



T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HATAY İLİNDE TURİZME AÇIK CAMİ, KİLİSE, FARKLI
İBADETHANELER, MÜZE ve BAZI TURİSTİK YERLERDE RADON
GAZI ÖLÇÜMÜ**

NİLGÜN KUTLU

**FİZİK ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HATAY
TEMMUZ-2016**



T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HATAY İLİNDE TURİZME AÇIK CAMİ, KİLİSE, FARKLI
İBADETHANELER, MÜZE ve BAZI TURİSTİK YERLERDE RADON
GAZI ÖLÇÜMÜ**

NİLGÜN KUTLU

FİZİK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

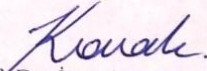
**HATAY
TEMMUZ-2016**

T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

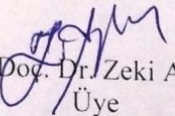
**HATAY İLİNDE TURİZME AÇIK CAMİ, KİLİSE, FARKLI
İBADETHANELER, MÜZE ve BAZI TURİSTİK YERLERDE RADON GAZI
ÖLÇÜMÜ**

Nilgün KUTLU
FİZİK ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. İsmail Hakkı KARAHAN danışmanlığında hazırlanan bu tez 15/07/2016 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr. İsmail Hakkı KARAHAN
Başkan


Yrd. Doç. Dr. H. Zehra AKBAŞ
Üye


Yrd. Doç. Dr. Zeki AYDIN
Üye

Kod No:

Prof. Dr. Okan ŞENER
Enstitü Müdürü

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 9401

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.

15/ 07/ 2016

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akedemik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılmayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Nilgün KUTLU

ÖZET

HATAY İLİNDE TURİZME AÇIK CAMİ, KİLİSE, FARKLI İBADETHANELER, MÜZE VE BAZI TURİSTİK YERLERDE RADON GAZI ÖLÇÜMÜ

Hatay ilinde yürütülen bu çalışmanın amacı, belirlenen turistik ve tarihi mekânları ziyarete gelen ve bu mekânlarda çalışan insanların maruz kaldığı radon gazı miktarını belirlemek ve bu gazın uzun süre solunduğu takdirde insan sağlığı açısından tehlikesine dikkat çekebilmek ayrıca halkı radon gazı hakkında bilinçlendirmektir. Bu çalışma çok sayıda turist tarafından ziyaret edilen ve dünyaca tanınan Hatay ili sınırlarındaki cami, kilise, müze, farklı ibadethanelerde yürütülmüştür.

Bu binalara CR-39 karbon dedektörleri yerleştirilmiştir. Yerleştirilen dedektörler 2 ay süre ile bu binalarda muhafaza edilmiştir. Detektörlerde bulunan filmlerin üzerinde Radon 'un bozunma ürünlerinin yaptığı alfa ışımaları sonucu izler oluştuğu gözlenmiştir. Film üzerinde oluşan bu izler daha görünür hale getirilerek bilgisayar ortamında sayılmıştır. Bu sayımlar doğrultusunda elde edilen konsantrasyon değerleri radonun akciğer kanseri riskini artırıcı etkileri göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre dünya genelinde izin verilen sınır değerler referans alındığında Hatay ilinde halka ve turizme açık bu yerlere gelen ziyaretçilerin ve bu yerlerde çalışanların radon gazı yüzünden akciğer kanserine yakalanma riski taşımadığı tespit edilmiştir.

2016, 49 sayfa

Anahtar Kelimeler: Radon, radyasyon, CR- 39 dedektörü, kanser

ABSTRACT

RADON GAS MEASUREMENT in THE PROVINCE of HATAY in MOSQUES WHICH OPEN to TOURISM, CHURCHES, DIFFERENT CHURCHES, MUSEUMS and SOME TOURISM ATTRACTIONS

The aim of the this study which was carried out in the province of Hatay is to determine the amount of Radon gas of which people are exposed working in this field and the people coming to visit tourist attractions and historical places and to able to draw attention to the danger to human health and to raise awareness about Radon gas in public. This study was carried out in mosques, church, and museum, different places of worship in the province of Hatay which is world renowned and visited by many tourists.

CR-39 carbon detectors are located to these buildings. Detectors placed in these buildings were maintained for 2 months. On the films contained in the detector Radon were observed to occur scars which are caused by alpha rays which are made of the decomposition products.

According to the obtained results, when the permitted limit values through the world get reference, it has been identified that the people coming to visit the place opened to the public and tourism in Hatay and working in these places don't have the risk of the developing lung cancer because of the Radon gas.

2016, 49 pages

Key Words: Radon, radiation, CR-39 dedektor, cancer

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. İsmail Hakkı KARAHAN' a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasına başlarken deneyimini esirgemeyen ve her konuda yönlendirip bu çalışmayı tamamlamama yardımcı değerli hocalarım Doç. Dr. Ayhan KARA' ya ve Prof. Dr. Eyyüp TEL' e ve Doç. Dr. Nevzat DAMLA' ya sonsuz teşekkürler sunarım.

Tez çalışmam sırasında desteğini esirgemeyen değerli aileme, dedektörlerin yerleşimi ve alımında yardımcı olan başta değerli eşime, eniştem Ersin AYCIL' a ve tezin yazımı sırasında yardımcı olan değerli arkadaşım Arş Gör. Selma ÖZARSLAN' a sonsuz teşekkürler sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	10
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	12
3.1. Hatay Arkeoloji Müzesi (Mozaik Müzesi).....	12
3.2. St. Pierre Kilisesi.....	13
3.3. Titüs Tüneli.....	14
3.4. Han-Kanuni Sultan Süleyman Belen Kervansarayı.....	16
3.5. Mahremiye Cami.....	18
3.6. Habibi Neccar Camisi.....	18
3.7. Antakya Eski Meclis Binası.....	20
3.8. Antakya Belediye Binası.....	21
3.9. Katolik Kilisesi.....	22
3.10. Ortodoks Kilisesi.....	23
3.11. Protestan Kilisesi.....	24
3.12. Antakya Ulu Cami.....	25
3.13. İskenderun Mithat Paşa İlköğretim Okulu.....	26
3.14. İskenderun Karasun Manuk Ermeni Kilisesi.....	27
3.15. İskenderun Kaptan Paşa Cami.....	27
3.16. Antakya Defne Hanı (Çelengoğlu Sabunhanesi).....	28
3.17. Binalardaki Radon Gazı Ölçümleri.....	29
3.18. Kimyasal Kazıma İşlemi.....	31
3.19. Alfa İzlerinin Sayılması ve Değerlendirilmesi.....	32
3.20. Kalibrasyon Faktörü Ve Eşdeğer Doz Oranının Hesaplanması.....	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	36
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	44
KAYNAKLAR.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	49

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Hatay Arkeoloji Müzesi Mozaik Salonu.....	12
Şekil 3.2. St.Pierre Kilisesinin İbadet Yeri (Taht ve Sulak)	13
Şekil 3.3. St. Pierre Kilisesinin İçeriden Görünüşü.....	14
Şekil 3.4. Titüs Tüneli.....	14
Şekil 3.5. Beşikli Mağaranın Sol Bölümü ve Kaya Mezarları.....	15
Şekil 3.6. Beşikli Mağaranın Sağ Bölümü.....	16
Şekil 3.7. Han Kanuni Sultan Süleyman Belen Kervansarayı.....	17
Şekil 3.8. Mahremiye Cami.....	18
Şekil 3.9. Habibi Neccar Camisi.....	19
Şekil 3.10. Antakya Eski Meclis Binası.....	20
Şekil 3.11. Antakya Belediye Binası	21
Şekil 3.12. Katolik Kilisesi Dışardan Görünüşü.....	22
Şekil 3.13. Katolik Kilisesi.....	22
Şekil 3.14. Ortodoks Kilisesi.....	23
Şekil 3.15. Protestan Kilisesi.....	24
Şekil 3.16. Antakya Ulu Cami İçi.....	25
Şekil 3.17. Antakya Ulu Cami Avlusu.....	25
Şekil 3.18. İskenderun Mithat Paşa İlköğretim Okulu.....	26
Şekil 3.19. İskenderun Karasun Manuk Ermeni Kilisesi.....	27
Şekil 3.20. İskenderun Kaptan Paşa Cami.....	28
Şekil 3.21. İskenderun Kaptan Paşa Cami içi.....	29
Şekil 3.22. Defne Hanı (Çelengoğlu Sabunhanesi).....	30
Şekil 3.23. CR-39 PADC Dedektörü.....	30
Şekil 3.24. Folyo Ambalajla Muhafaza Edilmiş CR-39 Dedektörü.....	31
Şekil 3.25. Radon Gazının Dedektör Filmi Üzerinde Bıraktığı İzler.....	31
Şekil 3.26. Kimyasal Banyo Ünitesi (Radobat Ünitesi).....	32
Şekil 3.27. Film Tutucu.....	32
Şekil 3.28. Radoslide Film Tutucu Ünitesi.....	33
Şekil 3.29. Radosys Değerlendirme Ünitesi.....	33
Şekil 3.30. Bilgisayar Monitöründe Gözlenen Alfa İzleri.....	41
Şekil 4.1. Hatay İlinde Dedektör Yerleştirilen Yerlerin Jeolojik Haritası.....	43
Şekil 4.2. Hatay İli İlçe Bazında Radon Yoğunluğu Dağılım Haritası.....	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1.Hatay ili Bina İçi Radon Ölçüm Sonuçları.....	36
Çizelge 4.2.Radon Ölçümü Alınan Yerlerin Listesi ve Yerleştirme Tarihleri.....	39
Çizelge 4.3.Hatay İli İlçe Bazında Radon Konsantrasyonu Ortalama Değerleri.....	42



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Bq : Becquerel

Ci : Curie

Sv : Sievert

KISALTMALAR

ÇANEM : Çekmece Nükleer Araştırma Ve Eğitim Merkezi

ICRP : Commision On Radiological Protection

NCRP : National Council On Radiation Protection And Measurements

NRPB : National Radiation Protection Board

PADC : Pasif Alil Diglikol Karbonat

RAK : Radon Aktivite Konsantrasyonu

SANAEM : Sarayköy Nükleer Araştırma Ve Eğitim Merkezi

TAEK : Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

UNSCEAR : United Nations Scientific Committe On The Effects Of Atomic Radiation (Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi)

USEPA :United States Environmental Protection Agency (Amerika Birleşik Devletler Çevre Koruma Kurumu)

WHO : Dünya Sağlık Örgütü

WL : Work Level

WLM : Work Level Month

IAEA : International Atomic Energy Agency

1. GİRİŞ

Yaşadığımız dünya oluşumuyla birlikte radyoaktiftir. Bu radyoaktifliye sebep olan evrende bazı kararsız atomlar vardır. Radyoaktivite, kararsız olan bu çekirdeklerin, çeşitli parçacıklar veya elektromanyetik dalga yayması olarak adlandırdığımız olaydır. Bu kararsız çekirdeklerin dışarıya saldıdığı enerji radyasyon olarak bilinir.

Başka bir ifadeyle Radyasyon veya Işınım, elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerji yayımı ya da aktarımıdır. "Radyoaktif maddelerin alfa, beta, gama gibi ışınları yaymasına veya Uzayda yayılan herhangi bir elektromanyetik ışını meydana getiren unsurların tamamına da radyasyon denir (Anonim, 2016).

Radyoaktif çekirdekler bozunarak daha kararlı atomlara dönüşürler. Radyoaktif çekirdeklerin saniyede bir bozunma meydana getiren herhangi bir radyoaktif madde miktarı Aktivite olup aktivite birimi Becquerel' dir. Eskiden kullanılan aktivite birimi Curie'dir. Herhangi bir radyoaktif madde miktarı eğer saniyede $3,7 \times 10^{10}$ bozunma hızına sahipse 1 Curie olarak tanımlanmaktadır. Ancak Curie çok büyük bir birimdir. Bu nedenle alt birimleri kullanılmaktadır. Curie'nin yaygın olarak kullanılan alt birimleri microcurie ve picocurie'dir. Becquerel ve Curie arasındaki bağıntı şöyledir:

$$1\mu Ci = 10^{-6} Ci = \text{bozunma/saniye} \quad (1.1)$$

$$1pCi = 10^{-12} Ci = 0,037 \text{ bozunma/sn} \quad (1.2)$$

$$1Bq = 2,7.10^{-11} = 27pCi \quad (1.3)$$

Radyasyonun biyolojik etkileri göz önünde bulundurularak tanımlanan birim rem'dir. Doku ve organlarda, birim kütlede soğurulan enerji miktarlarıyla orantılı bir değerdir. Vücut için eşdeğer doz olarak tanımlanır. SI birim sisteminde eşdeğer doz birimi Sievert (Sv)' dir.

$$1Sv = 1J.kg^{-1} \quad (1.4)$$

$$1Sv = 100 \text{ rem} \quad (1.5)$$

Havadaki bozunma ürünlerinin potansiyel α enerji konsantrasyonu için kullanılan SI birimi (Joules) J/m^3 'tür. $1 J/m^3$, $6,24 \times 10^9$ MeV/l havaya eşdeğerdir. Bunun için kullanılan başka bir çalışma birimi WL, 1 litre havada 1×10^5 MeV α enerji yayılımı

sağlayan kısa ömürlü radon bozunma ürünlerinin herhangi bir kombinasyonu olarak tanımlanır.

$$1 \text{ WL} = 1.3 \times 10^5 \text{ MeV/l} = 2.08 \times 10^{-5} \text{ J/m}^3 \quad (1.6)$$

1 WL yaklaşık olarak $3,7 \times 10^3 \text{ Bq radon/m}^3$ hava (100 pCi/l hava) konsantrasyonuyla radyoaktif bir dengede olan kısa ömürlü radon bozunma ürünlerinin potansiyel α enerji konsantrasyonuna karşılık gelir. Radyoaktif denge, bütün kısa ömürlü radon bozunma ürünleri, radonla aynı aktivitede olduğunda gerçekleşir.

Kararsız yapı gösteren atomların çekirdeğindeki nötronlar α , β , ve γ gibi çeşitli ışınlar yaymak suretiyle ışınlarına parçalanmaktadırlar. Çevresine bu şekilde ışın yayarak (saçarak) parçalanmış maddelere radyoaktif madde; radyoaktif bozunma ile salınan radyasyon ile çevreye yayılan α , β ve γ ışınlarına da α radyasyonu, β radyasyonu, γ radyasyonu denir. Bu tez çalışmasında konu olan radon gazının saldırdığı parçacık alfa'dır. Alfa parçacıklarının diğer parçacıklara göre giricilikleri karşılaştırıldığında alfa parçacıklarının giricilikleri en azdır. Örneğin bir alüminyum ve kurşun levhadan geçemediği gibi bir beton duvardan da geçememektedir. Bir kağıt parçasıyla durdurulabilecek kadar giriciliği azdır. Alfa ışınlarının giricilikleri çok azdır ancak fotoğraf filmine etki ederler.

Bir atom çekirdeğinin parçalanmasından meydana çıkan helyum çekirdeklerine (2 proton, 2 nötron) alfa parçacıkları denir. Alfa ışınları bu parçacıkların yayılmasından oluşur Pozitif yüklü oldukları için elektrik ve manyetik alanda negatif kutba doğru saparlar Karşılaştıkları moleküllerden elektron kopararak, iyonlaşmaya neden olurlar. Alfa (α); Kütlesi MeV/c^2 cinsinden yaklaşık olarak 3752 olup +2 kadarlık bir yük değerine sahiptir (Anonim, 2016).

Radyasyonun madde üzerinde meydana getirdiği etkiyi iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon şeklinde iki grupta incelersek alfa tanecikleri iyonlaştırıcı radyasyon grubuna girmektedir.

İyonlaştırıcı radyasyon, iyonlaşabilen atomlardan veya iyonlaşabilen moleküllerden elektron koparmak için yeterli enerji taşıyan kuantumlara sahip olan herhangi bir elektromanyetik radyasyon türüdür. X- ışınları, Gama ışınları, Alfa tanecikleri, Beta tanecikleri, Kozmik ışınlar ve Nötronlar bu radyasyon türündendir.

İyonlaştırıcı olmayan radyasyon bir atomdan veya molekülden bir elektronu tamamen koparabilmek için atomları veya molekülleri iyonlaştırabilecek yeterli enerji taşıyan kuantumlara sahip olmayan herhangi bir elektromanyetik radyasyon türüdür. Elektromanyetik radyasyon, maddenin içinden geçerken yüklü iyonlar üretmez. Ultraviyole ışınlar, Kızılötesi ışınlar, Radyo dalgaları, Kozmik ışınlar, Baz istasyonları, Cep telefonları, Mikrodalga fırınlar, Radarlar, Yüksek gerilim hatları iyonlaştırıcı olmayan radyasyon grubundadırlar.

Radyasyon, doğal radyasyon ve yapay radyasyon kaynakları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Dünya genelinde doğal ve yapay radyasyon kaynaklarından alınan dozların oranları doğal radyasyon için belirlenen oran % 88 iken yapay radyasyon kaynakları için oran % 12 olarak belirtilmiştir (TAEK, 2012).

Bütün canlılar radyasyonla birlikte yaşamını devam ettirmekte dış uzay ve güneşten gelen kozmik ışınlar, yerkabuğunda bulunan radyoizotoplar dolayısıyla toprak ve yapı malzemeleri, su ve gıdalar gibi doğal kaynaklardan ve bunlarla birlikte yapay kaynaklardan ışınlanıp radyasyona maruz kalmaktadırlar. İnsanlar; yaşam standartları, yaşadıkları ortamların fiziksel özellikleri ve coğrafi şartlara bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte yaklaşık 2.8 mSv yıllık doz miktarına maruz kalmaktadırlar. Bu dozun yaklaşık % 87'si doğal radyasyon, % 12'si tıbbi uygulamalardan, geri kalan kısmı ise mesleki ışınlamalar ve diğer yapay kaynaklardan meydana gelmektedir (TAEK, 2009).

Doğal kaynaklardan alınan radyasyon dozunun en önemli payı yaklaşık %50'lik değerle radon gazı ve onun kısa yarı ömürlü bozunma ürünleridir. Radon gazının sebebiyet verdiği yaklaşık yıllık doz 1,3 mSv'dir (TAEK, 2012).

Doğal radyasyon kaynakları; Kozmik radyasyon, Gama radyasyonu, vücut içi ışınlama ve Radon olarak sınıflandırılmaktadır

Doğal radyasyon kaynaklarından olan vücut içi ışınlama radyoaktif maddelerin sindirim ya da solunum yolu ile alınmasından kaynaklanır. Havada bulunan U-238 ve Th-232 bozunum zincirlerindeki radyoizotoplardan oluşan toz parçacıkları solunum yoluyla vücuda alınırlar. Solunum yolu ile iç ışınlamanın en kayda değer miktarını radonun ürünleri oluşturur. Radon dışındaki doğal radyoizotopların solunum yoluyla vücuda alınmasından kaynaklı iç ışınlamaya katkısı oldukça azdır.

Yiyecek ve içeceklerde bulunan K-40, U-238 ve Th-232 serileri, sindirim yoluyla alınan dozun temelini oluştururlar. Doğal radyoizotopların sindirim yoluyla vücuda alınması yiyecek ve içeceklerin tüketim hızına ve radyoizotop konsantrasyonuna bağlı olarak, besin maddelerinin içinde bulunduğu radyoizotoplara, bölgenin iklimine ve tarımsal uygulamalara göre değişiklik gösterir.

Kapalı mekânlarda ve havası sınırlı alanlarda; maden ocakları, evler ve deniz seviyesine yakın yerlerde bozunma ürünü olan radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonları hiçbir zaman radonla radyoaktif dengeye ulaşmaz. Bunun başlıca sebebi havalandırma ve bu ürünlerin yüzeyde birikmesidir. Bunu hesaplamak için bir denge faktörü (F) kullanılır. F, radonla denge durumunda olmaları halinde, bozunma ürünlerinin potansiyel α enerji konsantrasyonunun benzer konsantrasyona oranıdır (Kuru, 2003; Uludağ, 2010).

İç ortamlardaki radon bozunma ürünlerinin konsantrasyonu radonun denge eşdeğer konsantrasyonu birimleriyle veya dengedeki radonun aktivite konsantrasyonlarıyla belirtilir. EEC_{Rn} , radonun aktivite konsantrasyonunun karşılığıdır. Bozunma ürünleri, radonla dengede olduğunda bozunma ürünlerinin asıl konsantrasyonuyla aynı potansiyel α enerjisine sahiptir. Şu birimlerle belirtilir:

$$EEC_{Rn} = F \times aRn \quad (1.7)$$

aRn : Radon aktivite konsantrasyonu

Solunan radon bozunma ürünlerine kümülatif maruziyet, solunan havadaki kısa ömürlü radon bozunma ürünlerinin potansiyel α konsantrasyonlarıdır ve o ortamda bulunma süreciyle doğru orantılıdır. Radonun denge eşdeğer konsantrasyon terimleriyle kümülatif maruziyet, Bqh/m^3 olarak belirtilir (Kuru, 2003; Uludağ, 2010).

Uranyum minerali üzerinde yapılan araştırmalar sırasında bu madenden 900 defa daha radyoaktif bir atomun varlığı ortaya çıkarılmış ve adına radyum adı denilmiştir.

Bir radyum-226, 88 proton ve 138 nötrona sahiptir. Bu durumda nötron sayısı, proton sayısına göre daha fazla olduğu için, atomun çekirdek yapısı dışarıya enerji verip kararlı olmaya müsaittir. Bu yüzden radyum, çekirdeğinden bir helyum çekirdeği ayırarak parçalanır ve radyumdan, 86 proton ve 136 nötrona sahip olan yeni element olan radon oluşur. Radyum çekirdeğinden ayrılan 2 protonlu helyumdan alfa ışınları

oluşur. Doğal radyasyon kaynaklarından Uranyum bozunma zincirinin bir elemanı olan radon kendisinden önce gelen Radyum 'un bir alfa bozunmasından ortaya çıkmaktadır

Radon elementinin ilk kez 1900 yılında Alman Kimyacı Friedrich Ernst Dorn tarafından bulunduğu kabul edilmektedir. Ancak esasen ilk kez 1898 yılında ünlü Fizikçi Ernest Rutherford tarafından keşfedilmiştir.

Radon atom numarası 86 dır. Gözle görülmez, renksiz, tatsız radyoaktif bir gazdır. Helyum, Neon, Argon gibi soy gazlar grubuna dâhildir ve soy gazların en ağırıdır. Erime noktası -71 °C, kaynama noktası ise – 61,8 °C'dir. Havadan 7,5 kez, hidrojenden ise 100 kez daha ağırdır. Bu özelliğinden dolayı yükseklerde konsantrasyonu azalır (Makinen ve Hanste, 2009).

Radonun ana çekirdeği olan Uranyum yer kabuğunun içinde hemen her yerinde dağılmış haldedir. Uranyum sıklıkla yeraltı suları tarafından taşınır ve kireçtaşlarında ve mermerlerde birikir. Uranyum ve Radyumun bozunma ürünü olan Uranyum radyoaktif serisi içinde yer alan radon, yeraltından, toprak ve kayalardaki çatlaklardan ve yeryüzüne çıkan sulardan havaya karışmaktadır. Ancak bir kısmı yüzey altında kalır ve suda çözünerek yeraltı sularına karışmaktadır. Havadaki radonun dağılımı meteorolojik şartlara bağlı olmakla birlikte radon konsantrasyonu yükseklikle düşüşe uğramaktadır (Mowlavi ve ark., 2009).

Radon bir dizi bozunma ile yine radyoaktif olan kısa ömürlü bozunma ömürleri üretir. Bu radyoaktif maddeler Po, Bi, ve Pb elementlerinin radyoizotoplarıdır. Bu ürünlerin radondan farkı, gaz halinde olmamalarıdır (Mowlavi ve ark., 2009).

Atmosfer basıncının düşmesiyle aynı zamanda toprak havasından da basıncı düşer bu da radon göçünü artırır. Yağışlı havalarda yüzeydeki topraklar nemlenir ve toprak gözenekleri kapanır. Radonun yükseklerle doğru difüzyon yoluyla çıkması zorlaşır ve toprak yüzeyindeki radon yoğunluğunun düşüşüne neden olur. Sıcaklık yükselmesi toprağın kurummasına ve gözeneklerin çoğalmasına neden olduğundan, radonun topraktan kaçması kolaylaşmaktadır. Radon konsantrasyonunun mevsimsel değişimi deniz seviyesinden yüksekliğe göre de farklılıklar göstermektedir. Dağlık bölgelerde, sıcaklık ve rüzgâr değişimine bağlı olarak konsantrasyonda dalgalanmalar gözlenmektedir. Bütün bu etkenler radon yoğunluğu değiştirmektedir (Akyıldırım, 2005).

Radon salınımı toprağın geçirgenliği, toprağın fiziksel durumu (kuruluk, suyla tıkanmış olma, donma, karla örtülü olma), meteorolojik koşullar (toprak ve hava sıcaklığı, hava basıncı, rüzgâr hızı, rüzgârın yönü), bölgenin yüksekliği ile ilişkilendirilmekte olup ayrıca; yer altı suları, doğal gazlar, kömür, okyanuslar sınırlı da olsa radon salınımı yapabilmektedir.

Jeolojik faktörler (deprem, toprak kayması, volkan (tektonik sorunlar) radon kaynağı olma özelliği taşımaktadır (TAEK, 2012; Uludağ, 2010).

Daha önce de belirttiğimiz gibi Radonun bir kısmı toprak yüzeyinin altında kalıp, suda çözünerek yeraltı sularına karışmaktadır. Radon suda çözünebilen bir gaz olduğu için içilen suyla ve uçuculuğu sebebiyle havaya karışıp solunum yoluyla vücuda girer ve bütün hücrelere yayılır. Radon asal bir gaz olduğundan dolayı hücrelerdeki diğer maddelerle kimyasal etkileşime girmez fakat yaydığı alfa ışınlarıyla ve bozunarak ürettiği ağır metallerle vücuda etki eder. Radon bozunarak oluşturduğu kısa yarı ömürlü radyoaktif bozunma ürünleri: Polonyum (Po), Bizmut (Bi) ve Kurşun (Pb) elementlerinin radyoizotoplarıdır. Radon bozunma ürünlerinin havadaki tozlara ve su damlacıklarına tutunarak aerosoller oluşturmakta ve solunum yoluyla akciğerlere taşınabilmektedir (Ahmed, 1994; TAEK, 2012).

Yukarıda açıklandığı gibi radonun reaktivitesi düşüktür. Bu nedenle teneffüs edildiğinde dokulara kimyasal olarak bağlanmaz. Ayrıca, dokulardaki çözünürlüğü çok düşük olduğundan solunmuş radonun gaz olmayan radyoizotoplara (radon bozunma ürünlerine) göre reaktivitesi daha düşüktür. Ancak radon ve bozunma ürünlerinin solunması önemli bir sağlık riski oluşturabilmektedir (Axelson 1995; Field ve ark. 2000; UNSCEAR, 2000; Lazar ve ark. 2003; Özdemir, 2006).

Radon ve bozunma ürünleri içeren hava teneffüs edildiğinde solunum yolları ve deri önemli miktarda doz almakla birlikte en yüksek oranda radyasyon dozu bronşal epiteller tarafından alınır. Solunum sisteminde ortaya çıkan bozunma sonucunda, bozunma ürünleri kararlı hale gelinceye kadar ışınlama devam etmekte ve bu süreçte bronşal epiteller radyasyona maruz kalmaktadır. Dünya Sağlık Örgütünün raporuna göre bazı ülkelerde, akciğer kanseri nedeni olarak radonun sigaradan sonra ikinci sırada yer aldığı belirtilmektedir. Radonun akciğer kanserine sebep olma ihtimali sigara içen ya da bırakmış insanlarda daha yüksek olmakla birlikte hiç sigara içmemiş kişilerde de akciğer kanseri olma nedenidir. Radon gazından dolayı vücuda alınan radyasyon kısa

vadede etkisini göstermez uzun süre radon kaynaklı radyasyona sürekli olarak maruz kalındığı takdirde bu riskten bahsedilebilir. Bu radyasyonun etki ettiği hücreler radon gazının defalarca solunması ve vücuda alındıktan sonra hücrelere yerleşen yıllarca biriken radonun ve radonun bozunması sonucu oluşan ürünlerinin hücreyi uzun süre işgal edip burada hücre dokusunda mutasyona sebep olarak kanserli hücrelerin oluşumuna sebep olabilmektedir.

Epidemiyolojik çalışmalar, yüksek seviyede radon ve bozunma ürünlerine maruz kalmış bireylerin akciğer kanserine yakalanma oranlarının yüksek olduğu göstermiştir. İngiltere Milli Radyasyondan Korunma Komitesi (NRPB), İngiltere'deki yıllık toplam 41,000 akciğer kanserinden en az 2,500'ünü, ABD Halk Sağlığı Servisi ise yıllık akciğer kanseri vakalarının, sigara içmeyenlerden 5,000, sigara içenlerden ise 15,000'i, Uluslararası Radyolojik Korunma Komitesi (ICRP) ise toplam akciğer kanserlerinin %10'unu radona bağlamaktadır. Dünya Sağlık Örgütü akciğer kanseri vakalarından radonla ilişkilendirilen vaka oranının hesaplama yöntemine ve ülkede radon konsantrasyonuna bağlı olarak % 3-14 arasında değiştiğini belirtmektedir. Ancak bu durum yüksek dozda radon gazına maruz kalmış herkesin akciğer kanserine yakalanacağı anlamına gelmemekte ve maruz kalınma ile hastalığın oluşması arasında geçen zaman yıllarca sürebilmektedir. Hem sigara içip hem de yüksek dozda radona maruz kalmış kişilerde kansere yakalanma riski oldukça yüksektir. Sigaranın bırakılıp, maruz kalınan radon seviyesinin düşürülmesiyle kanser riski azaltılacaktır (WHO, 2004; WHO, 2009; TAEK, 2012).

Solunum sistemi bozunma ürünleri kararlı hale gelinceye kadar bozunma devam etmekte ve bu sürecin her aşamasında radyasyona maruz kalınmaktadır. Bazı bilimsel deneylerde ortaya çıkan bozunma sonucunda, bronşsal epiteldeki radyasyon dozu artmakta, araştırmalar, daha sık soluk alıp verdikleri ve hücrelerinin daha hızlı bölünmesi nedeniyle çocukları radondan daha çok etkilendiğini göstermektedir (NIEHS, 2001; Okur, 2011).

Radyasyon etkisinde kalan hücreler aldıkları radyasyon enerjisine bağlı olarak canlılıklarını yitirebilir, sterilize olabilir veya mutasyona uğrayabilir. Bu mutasyona bağlı olarak meydana gelen kanser süreci diğer karsinogenlerin neden olduğu sürecin hızlanmasına da neden olabilir (Güler ve Çobanoğlu, 1997; Okur, 2011).

Radonun kapalı ortamlarda yeterince havalandırma yapılmadığında miktarı giderek artar, bu sebepten dolayı düşük dozlarda olsa bile kişi açısından tehlikeli olabilmektedir. Radon yoğunluğunu azaltmanın en iyi yolu bina havalandırmasıdır. Fakat Radon seviyesi 10 pCi/L üzerinde ise havalandırma yapılması yetersiz kalabilir. Dış ortamda havada yaklaşık olarak $0,3\text{ pCi/L}$ radon gazı bulunmaktadır. Uluslararası kuruluşlar bu değerin 2 pCi/L 'i geçmemesi gerektiğini tavsiye eder. Bu yüzden havalandırma yetersiz kaldığında ortamdaki kirli havayı azaltmak için önerilen farklı yöntemleri kullanmak gerekir (Çilingiroğlu, 2010).

Çevremizde ve toprakta bol miktarda bulunan radon binaya; zemin ve duvar çatlakları, yapının birleşme noktaları, asma kat boşlukları, tesisat boru boşlukları, içme suyu, yapı malzemeleri, doğal gaz gibi yollarla girebilmektedir.

İnsanlar vakitlerinin büyük bir kısmını kapalı mekânlarda geçirdiklerinden radonun etkisinde kalırlar. Binalardaki radon gazının yaklaşık %90'ı binanın temelindeki toprak ve kayalardan, geri kalan kısmı ise binanın yapıldığı yapı malzemelerinden kaynaklanmaktadır. Yapılan araştırmalara göre Granit ve volkanik kayaçların bulunduğu kapalı mekânlardaki radon konsantrasyonu tortul kayaçların bulunduğu yerlere göre daha fazladır (Damla, 2005; Kara, 2008).

Uranyum içerikli bazı kayaçlar; granit, fosfat, tortul ve monazittir. Bina altındaki toprakta oluşan radon gazı, toprak boyunca yükselerek, binanın altında yoğunlaşmaktadır. Özellikle soğuk iklimli yerlerdeki bina içlerindeki havanın dış havaya göre daha sıcak olması, oluşan basınç farkı sebebi ile baca ve diğer bina çıkışlarındaki hava dolaşımı gibi yollarla binanın altındaki gazlar yerden ve duvarlardan, özellikle çatlak ve boşluklardan, bina içlerine yayılırlar. Eğer radyoaktif metaryalden yapılmışsa duvardan da radon sızabilmektedir. Özellikle volkanik kayaların kullanıldığı inşaat malzemeleri ve musluk suyu da evlerde bulunan radonun yoğunluğunu etkilemektedir (TAEK,2012; Uludağ, 2010).

Sonuç olarak radon gazının aktivite konsantrasyonunu etkileyen etmenleri şu şekilde sıralayabiliriz; topraktaki ve yapı malzemelerindeki radyum miktarı, toprak ve yapı malzemelerinin nem oranı, difüzyon potansiyeli, toprakla temasta olan yapının yüzey alanı ve yalıtım niteliği, bina zemini, binadaki havalandırma kapasitesi, iklim koşulları, iç-dış hava sıcaklık ve basınç farkı, ülkelerin jeolojik ve coğrafik yapısı, inşaat kalitesi, yaşam alışkanlıklar, evin ısıtılma şekli, sosyoekonomik durum.

Uluslararası Radyasyon Komitesi (UNSCEAR) Radondan etkilenme konusunu inceleyerek “Evde ve İşyerinde Radon Gazına Karşı Korunma” konusunda 65 nolu rapor hazırlanmıştır. Bu raporda Radondan etkilenme sınırları belirlenerek, bazı sınır değerler tavsiye edilmiş ve senelik doz için bir eylem seviyesi tespit edilmiştir. Eylem seviyesi 3-10 mSv/yıl arasında kabul edilmiştir. Bu dozlara karşılık gelen Radon yoğunluğu evlerde $200 - 600 \text{ Bq/m}^3$, işyerlerinde ise $500 - 1500 \text{ Bq/m}^3$ arasındadır. Avrupa ülkelerinde bu değer yılda 400 Bq/m^3 , Kanada’da ise 800 Bq/m^3 olarak kabul edilmiştir. Ülkemizde TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) Güvenliği Yönetmeliği’nde solunum yoluyla izin verilen Radon yoğunluğu sınırlarının, yıllık ortalama evlerde 400 Bq/m^3 , işyerlerinde ise 1000 Bq/m^3 değerini aşmayacağı bildirilmiştir.

Türkiye’de kapalı ortamlarda radon yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla “Akciğer Kanseri Epidemiyolojisi için Radon Ölçümleri” projesi 1984 yılında ÇNAEM Sağlık Fiziği Bölümünde başlamış 2004 yılında Radosys firmasından temin edilen pasif radon ölçüm sistemi ile (banyo ve otomatik iz sayım sistemi) çalışmalar hızlanmıştır. SANAEM Sağlık Fiziği Bölümü de 2006 yılında Radosys sistemini temin ederek projeye katkıda sağlamıştır. Şimdiye kadar 59 ilde, 5500 evde ölçümler yapılmıştır. Dedektörler genellikle evlerin bodrum ya da giriş katlarına konulmuştur. Buralara konulmasının nedeni radon yoğunluğunun yere yakın yerlerde yoğun daha yükseklerde daha az yoğun olmasıdır. İl bazında ölçüm sonuçlarına göre Türkiye’de evlerin ortalama radon konsantrasyonu 82.66 Bq/m^3 ’ tür. Bu değer Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinde evler için izin verilen 400 Bq/m^3 değerinden oldukça düşüktür (TAEK, 2012).

Bu tez çalışmasının amacı daha önce yapılan çalışmalarda akciğer kanseri tetikleyicisi olduğu belirtilen radon gazının Hatay İli’nde bulunan insanların yoğun olarak ziyaret ettiği tarihi binaların ve bu binalarda çalışan insanların maruz kaldığı radon seviyesini tespit etmek ve uluslararası sağlık kuruluşları tarafından müsaade edilen izin değerler ve yapılan önceki çalışmalar sonucu çıkan değerlerle karşılaştırarak insan sağlığı üzerindeki etkilerine dikkat çekerek halkı radon gazı hakkında bilinçlendirmektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Akyıldırım (2005) Isparta İli'nde Radon Yoğunluğunun Ölçülmesi ve Haritalandırılması adlı yüksek lisans tez çalışmasında Isparta ili sınırları içerisinde belirlenen noktalarda ALPHAGUARD radon dedektörü kullanarak radon yoğunluklarını ölçmüştür. Dedektör yerleştirilen noktalar arasında en yüksek değerin Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkelerinde 372 Bq/m^3 olarak ölçülen değerdir olduğunu belirtmiştir. Bu değerin yüksek çıkmasında havalandırmanın az olması neden olarak gösterilmiştir.

Özdemir (2006) Afyon ve Çevresindeki Kuyu Sularında Radon (Rn-222) Aktivitesi Tayini adlı yüksek lisans tez çalışmasında Afyonkarahisar ve civarındaki kuyu sularının radon ve radyum konsantrasyonlarını belirlemiştir. Örnekler günlük ve haftalık periyotlarla alınarak Pylon Electronics tarafından üretilen AB-5R model dedektör ile tahlil edilmiştir. Elde edilen maksimum değerler sırasıyla $28,82 \text{ Bq/L}$ ve $7,16 \text{ Bq/L}$ iken minimum değerler $0,42 \text{ Bq/L}$ ile $0,07 \text{ Bq/L}$ olarak belirlenmiştir. Radon ve Radyum konsantrasyonu arasında bir lineer korelasyon olduğu gözlenmiştir. Radon ve Radyum konsantrasyonu arasında $0,85'$ den $0,99'$ a değişen lineer korelasyon katsayıları elde edilmiştir. Elde edilen değerlerin değişkenlik gösterdiğini belirtip USEPA tarafından izin verilen değeri geçtiği görülmüştür.

Kara (2008) Karaca ve Çal Mağaraları'nda Radon Konsantrasyonu ve Radyoaktivite Seviyesinin Belirlenmesi adlı yüksek lisans tez çalışmasında Karaca ve Çal Mağaralarında LR-115 pasif radon dedektörü kullanmıştır. Yapılan bu çalışmada Karaca Mağarasının genelinde radon konsantrasyonu yaz sezonunda ortalama 823 Bq/m^3 , kış sezonunda 1023 Bq/m^3 olarak ölçülmüştür. Çal mağarasında ise mağara genelinde ortalama yaz sezonunda 473 Bq/m^3 , kış sezonunda ise 320 Bq/m^3 olarak ölçmüştür. Bu sonuçlara bakıldığında Karaca Mağarası'nın Çal Mağarası'na göre radon konsantrasyonu daha yüksek çıktığını saptamıştır.

Bozkurt (2008) Niğde İlinde Bulunan Tarihi Binalardaki Radon Gazı Ölçümleri adlı yüksek lisans tez çalışmasında Niğde ilinde bulunan Sungur Bey Camii, Alaeddin Camii, Dışarı Camii, Ak Medrese gibi tarihi mekânlarda radon gazı ölçümleri yapılarak bu yerlerde sürekli yaşayan, çalışan ve ziyaret eden insanların ne kadarlık radon konsantrasyonuna maruz kaldığını belirlemiştir. Radon ölçümleri için CR-39 dedektörü kullanılmıştır. Sungur Bey Camii $31,6 \text{ Bq/m}^3$, Alaeddin Camii, 52 Bq/m^3 Dışarı

Camii, 47 Bq/m^3 Ak Medrese 31 Bq/m^3 olarak ölçülmüştür. Ve bu değerler ICRP'in belirlediği sınır değerlerin altında kaldığı tespit edilmiştir.

Kürkçüoğlu ve ark. (2009) Karaelmas Yerleşkesi Merkez Kütüphanesi Radon Ölçümleri adlı çalışmalarında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Merkez Kütüphanesi'nin 12 ayrı noktasına CR-39 pasif nükleer iz dedektörleri yerleştirilerek 2008 yılı yaz mevsimine ait radon gazı konsantrasyonları ölçülmüştür. Merkez Kütüphanedeki ortalama radon konsantrasyonunun $67,1 \text{ Bq/m}^3$ olduğu ölçülmüştür. Zemin kattaki yeni çalışma salonunda TAEK'in kapalı mekânlar için belirlediği 400 Bq/m^3 lük alt sınır değerinden daha yüksek bir değer ölçülmüş ve bu değer kullanıcılar ve özellikle de kütüphane çalışanları açısından riskli olabileceği bildirilerek bu durum karşısında alınması gereken koruyucu önlemler hakkında bilgi verilmiştir

Can (2011) Kilis İlindeki Evlerde Radon Gazı Ölçümü adlı yüksek lisans tez çalışmasında bina içi radon aktivite seviyesi ve radon efektif doz hızı katıhal nükleer iz dedektör tekniğini kullanarak Kilis bölgesindeki evlerde belirlemiştir. Evlerde ortalama radon konsantrasyonu 47 Bq/m^3 olarak ölçülmüştür. Çalışılan evlerdeki radon efektif doz hızının 0.0756 ile $4,3 \text{ mSvy}^{-1}$ arasında değiştiği görülmüştür. İlde yaşayan insanların radon gazından dolayı akciğer kanserine yakalanma riski NCRP'ye göre il genelinde % 0.20, il merkezinde % 0.18, Polateli ve Musabeyli ilçesinde % 0.267, İlbeyli ilçesinde ise % 0.219 olarak hesaplanmıştır.

Okur (2011) Tokat İli İçme ve Yüzey Sularında Radon Gazı Konsantrasyonu Ölçümü adlı yüksek lisans tezi çalışmasında AB-5R dedektörü kullanarak çeşme suyu, pınar suyu ve Tokat il merkezi içinden geçen Yeşilırmak nehir suyundan alınan numunelerle radon yoğunluk ölçümlerini elde etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; musluk suyu 0.42 ± 0.28 ile $1.41 \pm 0.37 \text{ Bq/L}$ aralığında, pınar suyu 0.13 ± 0.17 ile $1.20 \pm 0.29 \text{ Bq/L}$, Yeşilırmak suyu 0.09 ± 0.12 ile $0.83 \pm 0.17 \text{ Bq/L}$ olarak ölçülmüştür. Çıkan bu değerlerin uluslararası yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçlara göre düşük çıktığını belirtmiş buna sebep olarak ise bölgenin jeolojik yapısını öne sürmüştür.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1. Hatay Arkeoloji Müzesi (Mozaik Müzesi)

Açık hava müzesi olarak bilinen şehirlerimizden birisi olan **Antakya**, özellikle yöre civarında yapılan kazılarda bulunan eserlerin sergilenmesi için sahip olduğu müzesinin yapımına 1934 yılında başlanmış ve 1938 yılında tamamlanmıştır. **Antakya Müzesi** 23 Temmuz 1948’de ziyaretçilere açılmıştır. 1970’li yıllarda çevre kazılarından gelen eserleri sergileyecek yer kalmadığı için 1975 yılında müzeye ek bina yapılması gereği hissedilmiştir.

Antakya Müzesi, Türkiye’nin hatta dünyanın en önemli mozaik müzelerinden birisi olma özelliğini taşımaktadır. Bu çalışma sırasında müzenin yeri Cumhuriyet alanında, Asi Irmağı kenarında bulunmaktaydı şunda Maşuklu mahallesine taşınmıştır. Müzede, Roma, Bizans, Mitanni, Hitit ve Asur dönemlerine ait eserler bulunmaktadır. Bu eserler genelde Amik Ovasında yapılan 183 civarında höyüklerden çıkartılmıştır (Anonim, 2016).



Şekil 3.1. Hatay Arkeoloji Müzesi Mozaik Salonu (Anonim, 2016).

Dedektörler; 7. Salon sikke teşir, mozaik salonu, iskelet vitrini üstü olmak üzere 3 adet mozaik müzesine yerleştirilmiştir (30.03.2012).

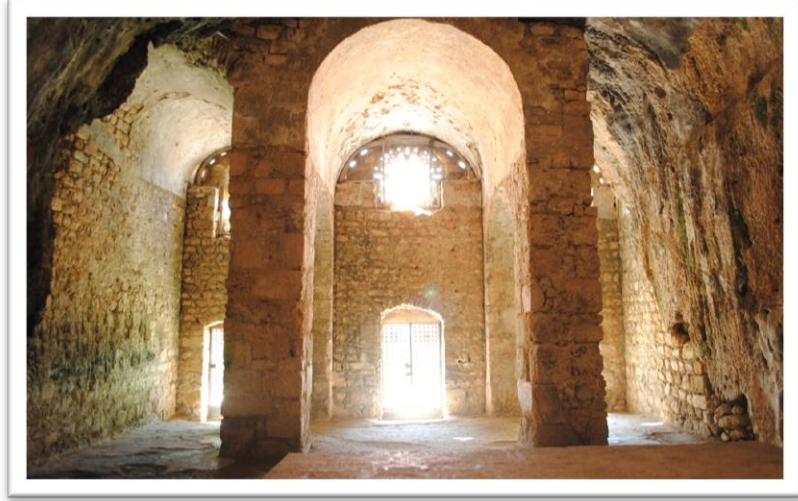
3.2. St. Pierre Kilisesi

Saint Pierre Kilisesi, Stauris Dağı'nın batısında kayalara oyulmuş 13 metre derinliğinde, 9,5 metre genişliğinde ve 7 metre yüksekliğinde bir mağaradan oluşmaktadır. Antakya'daki ilk Hristiyanların gizli toplantıları için kullandıkları bu mağara Hristiyanlığın en eski kiliselerinden biri olarak kabul edilir. Kilisenin erken döneminden günümüze sadece taban mozaığının parçaları ve sunağın sağında, duvar boyamalarının izleri kalmıştır.

Kilisenin ortasındaki taş sunağın üstünde eskiden 21 Şubat tarihinde Antakya'da kutlanan Saint Pierre Kürsüsü Bayramı için yerleştirilen taştan bir kürsü vardır. Sunağın üzerindeki mermer Saint Pierre heykeli 1932 yılında yerleştirilmiştir. 1098 yılında Antakya'yı ele geçiren haçlılar kiliseyi birkaç metre daha uzatıp iki kemerle ön cepheye bağlamışlardır. Bu cephe 1863 yılında, Papa IX. Pius'un isteğiyle restore işlerine girişen Kapuçin rahipleri tarafından yeniden yapılmıştır. Restorasyona III. Napolyon da katkıda bulunmuştur. Kilise girişinin solunda duran kalıntılar bir zamanlar ön cephenin önünde bulunan revaktan geriye kalmıştır. Bahçenin birkaç yüzyıl mezarlık olarak kullanıldığı bilinmektedir. Kilisenin iç kısmında da özellikle sunağın çevresinde de mezarlar bulunmuştur. Günümüzde bir müze olan kilisede valiliğin izniyle müze müdürlüğü denetiminde ayin yapılabilmektedir (Anonim, 2016).



Şekil 3.2. St. Pierre Kilisesinin ibadet yeri (taht ve sulak)

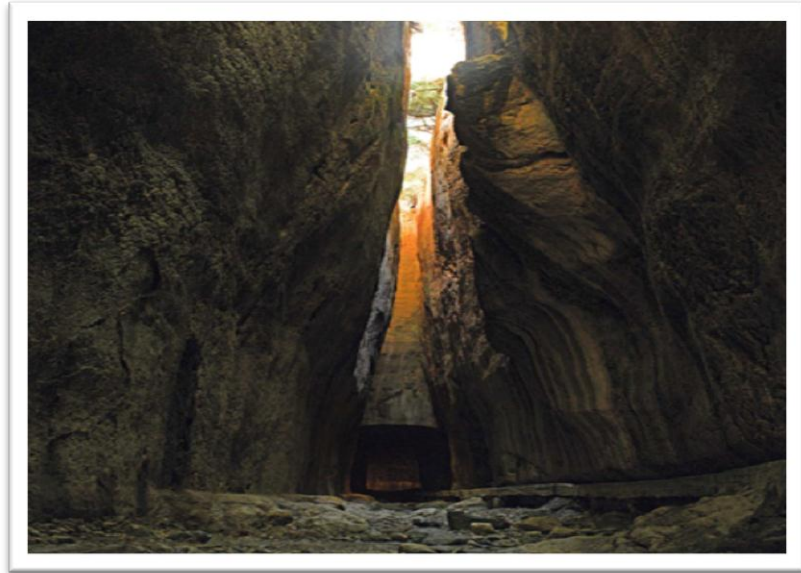


Şekil 3.3. St. Pierre Kilisenin içerden görünüşü

Sulak üstü ve taht üstü olmak üzere iki adet dedektör yerleştirilmiştir (Tarih: 30.03.2012).

3.3. Titüs Tüneli

Samandağ'ın 5 km kuzeyinde denize hakim yamaçlarda M.Ö. 300 yıllarında Seleuykos Nikator tarafından kurulan ve kurucusunun adı ile anılan şehirdir. Şehrin, dağın hemen bitiminde, dağdan gelen derelerin ağzında bir iç limanı vardı. 130 m'si tünel, kalanı açık kanal halinde olan tünelin uzunluğu girişten Çevliğe kadar 1380 m'dir.



Şekil 3.4. Titüs tüneli

Tünelin deniz tarafındaki girişine göre sağ tarafta, 100 m kadar uzaklıkta kaya mezarları vardır. Burada kayalara oyulmuş mağaraların içinde bulunan çok sayıda mezarın en çok ilgi çeken, çukurun tabanındaki geniş mağaradır. İçinde çok sayıda mezar bulunan bu mağara diğerlerinden farklı yapılmış yüksek ve gösterişli bir mezar yüzünden halk arasından **"Beşikli Mağara"** olarak anılmaktadır. Antik şehrin yerleşim yerinin yukarı kısımlarında tapınak kalıntılarına da rastlanır (Anonim, 2016).

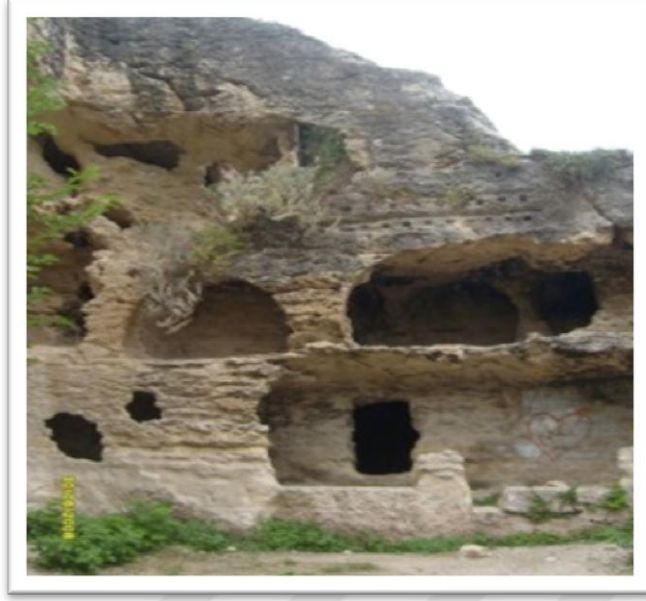
Dedektör yerleştirilen yerler: ilk mağara ilk kapı, tünelde köprüden sonraki bölüm tünelin sol tarafı, tünelin sağ tarafı su kanalı üstündeki oyuk olmak üzere üç adet yerleştirilmiştir (Tarih: 01.04.2012).

Vespasianus-Titus Tüneli yakınında bulunan Beşikli Mağara Roma dönemine ait bir mezarlıktır. Bu mezarlık kayalık yamaçlardaki kalker tabakaları içerisinde oyulmuş on iki mezar bulunmaktadır.



Şekil 3.5. Beşikli mağaranın sol bölümü ve kaya mezarları

Beşikli Mağara bu kaya mezarlarının en geniş ve en ünlülerinden olup, içerisinde bölümler halinde on iki mezar vardır. Mezarlar birbirlerinden duvarlar ile ayrılmıştır. Bu taş mezarlar, taş sütunlar ve kemerlerin birbirine bağladığı bölümler halinde olup, yukarıdan aşağıya yine taş merdivenlerle inilmektedir. Kayaların oyulması ile meydana getirilen, yer yer kapıların açıldığı bölümlerdeki sütunlar, sütun başlıkları, kademeler ve üst örtüyü kısmen süsleyen motifler orijinallerine uygun biçimde yapılmıştır. Beşikli mağara Samandağ'ın Kuzey ucunda olup ilçe merkezine uzaklığı yaklaşık 5 km'dir (Anonim, 2016).



Şekil 3.6. Beşikli Mağaranın Sağ Bölümü

Dedektörler; sağ giriş ilk oyuk, sol taraf en içteki kaya mezarlığı, sağ taraf ortadaki mezar altı olmak üzere toplam üç adet olarak yerleştirilmiştir (Tarih: 01.04.2012).

3.4. Han- Kanunu Sultan Süleyman Belen Kervansarayı

Kervansaray Kanuni Sultan Süleyman Han tarafından yaptırılmıştır (Şekil.3.1).. Belen merkez cami karşısında yer almaktadır. Geçmişte içerisinde birçok insan ve hayvanı barındıran bu tarihi yapı, bir ara çay bahçesi olarak tanzim edilmiştir. Günümüze kısmen yıkılmış durumda ve yapılan onarımlarla da değişikliğe uğrayarak yapının restore çalışmaları 2005 yılında tamamlanmıştır.



Şekil 3.7. Han- Kanunu Sultan Süleyman Belen Kervansarayı

Kervansarayın ilk planına göre, günümüzde kaymakamlık binasının bulunduğu batı yönde devam ederek daha geniş bir alanı kaplamakta ve güney cephe eksenindeki girişin her iki yanında da simetrik olarak planlanmış ikişer mekân daha yer almaktadır. Buna ilaveten bugün örtüsü yıkılmış mekânlarında plana işlendiği dikkat çekmektedir.

Planda 70x31 metre (2240 m²), bugün ise 35.40 x 30 metre (1062 m²) boyutlarında avlusuz kapalı tipteki hana, güney cephede eksenden batıya kayak yönde açılan taç kapı ve onun gerisindeki giriş mekânıyla ulaşılır. Kapalı bölümde boyuna 4, enine 3 sahnalı denilebilecek paye atılımı ve kemer bağlantısı göze çarpar. Sivri kemerle caddeye açılan ve üzeri tonoz örtülü taç kapıyla 4.20 x 3.70 metre boyutlarında, köşe üçgenleriyle geçilen kubbeli bir mekâna girilir.

Bu kubbeli mekânın batı duvarında bir kısmı ayakta kalan 1.40 metre derinliğinde bir niş karşımıza çıkar. Doğu tarafta ise kemerli bir kapıyla pandantif geçişli kubbeyele örtülü bir mekâna geçilir. 25 m² boyutundaki bu mekân, güney duvarın üst seviyesinde yer alan mazgal tipinde iki pencereyle dışa açılmakta, kuzey duvarında ise bir niş (ocak nişi) bulunmaktadır. Eski yol ve giriş bölümüyle yakın bağlantılı odanın, han personeline ait olabileceği kuvvetle muhtemeldir.

Özgününde hanın içine kapı ile açıldığı anlaşılan bitişikteki ikinci kubbeli oda, yakın bir tarihte değişiklik geçirerek farklı bir işlev için kullanılmıştır. Yapılan değişiklikle odanın kuzeyinde bulunan kapı örülmüş, onun yerine güney duvarda sağır kemer içine oldukça büyük bir pencere ve kapı açılmıştır. Tahminen bu mekân, hanın

kapalı bölümüyle olan bağlantısından dolayı seçkin konukların kaldığı oda olarak düzenlendiği varsayılmaktadır (Anonim, 2016).

3.5. Mahremiye Cami

Mahremiye Cami medreselidir. Cami avlusuna Uzun Çarşıdan bir tünelle geçilir. Ahşap çatı ortadaki üç kemer üzerine oturmuştur. 14-15. yüzyıllar arasında yapıldığı tahmin edilir. Minarenin altındaki taş kapıdan girilen bir tünel ve on bir basamaklı bir merdivenle şadırvanlı avluya ulaşılır. Harimi örten ahşap çatı ortadaki üç kemer üzerine oturmuştur. Mihrabın iki yanında kendi eksenini etrafında döndürülebilen iki taş sütüncesi bölgede mevcut tek örnektir. 10 yıl önce restore edilmiştir (Anonim, 2016).

Dedektörler; cami kapı karşısı, imam okuma yeri saat üzerine olmak üzere iki adet olarak yerleştirilmiştir (29.03.2012).



Şekil 3.8. Mahremiye cami

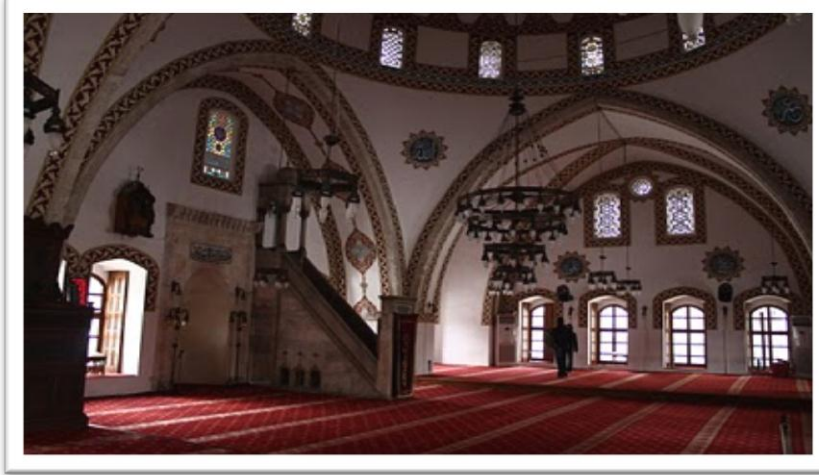
Dedektörler; cami kapı karşısı, imam okuma yeri saat üzerine olmak üzere iki adet olarak yerleştirilmiştir (29.03.2012).

3.6. Habibi Neccar Cami

Antakya'da bulunan tarihi cami, Anadolu'da yapılan ilk cami olarak bilinir. Cami Roma dönemine ait bir pagan tapınağının üzerine inşa edilmiştir. Günümüzde ki cami Osmanlı dönemi eseridir, etrafı medrese odaları ile çevrilidir. Avlusunda 19.yy eseri bir şadırvan bulunur. Caminin kuzeydoğu köşesinde İsa'nın havarilerinden Yunus

(Yuhanna) ve Yahya (Pavlos) ile onlara ilk inanan ve şehit edilen ilk kişi olan Antakyalı Habib-i Neccar'ın türbesi bulunur.

Antakya şehri, İslam Devleti'nin lideri Halife Ömer'in komutanlarından Ebu Ubeyde Bin Cerrah tarafından 636 yılında fethedildiği dönemde fethin simgesi olarak, Habib-i Neccar ve İsa'nın iki havarisinin mezarının bulunduğu yerde, bir cami inşa edilmiştir. 1098 yılında Haçlılar'ın eline geçen ve 1099'da Antakya Prenslığı halini alan şehri Memluk Sultanı Melik Zahir Baybars fethedince camiye yeniden yaptırmıştır. Caminin medrese duvarlarında üzerinde Baybars'ın adı olan bir kitabe vardır. Depremlerden zarar gören cami ve minaresi birçok kez yenilenmiştir (Anonim, 2016).



Şekil 3.9. Habibi Neccar Camisi

Dedektörler, İmam okuma yeri, kapı girişi sağ taraf, sol taraf ve alt katında türbe üstüne iki tane olmak üzere toplam 5 adet olarak yerleştirilmiştir (Tarih: 26.03.2012).

3.7. Antakya Eski Meclis Binası

Romalılar döneminden kalma yapı Hatay devleti döneminde meclis binası iken şimdilerde kültür ve sanat merkezi olarak hizmet vermektedir (Anonim, 2016).



Şekil. 3.10. Antakya Eski Meclis Binası

Dedektörler, Teknik bölümü, sahne girişi, balkon olmak üzere 3 adet olarak yerleştirilmiştir (Tarih: 28.03.2012).

3.8. Antakya Belediye Binası

Antakya Belediye Binasının yapımı 1936 yılında tamamlanmıştır. Şuanda kent müzesi haline getirilmiş ziyarete açılmıştır (Anonim, 2016).

Dedektörler, piyano odası ve sekreteryaya olmak üzere iki adet olarak yerleştirilmiştir (Tarih: 28.03.2012).



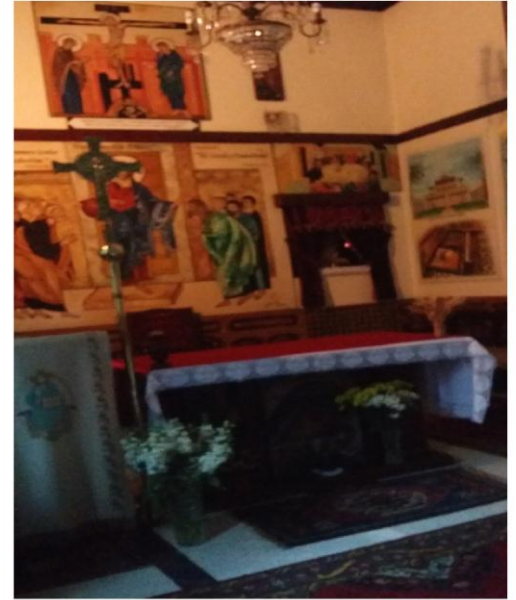
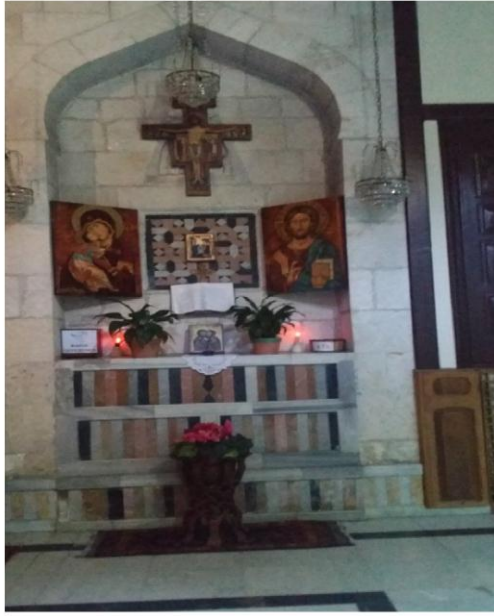
Şekil 3.11. Antakya belediye binası

3.9. Katolik Kilisesi

Antakya şehir merkezinde Kurtuluş caddesinde bulunmaktadır. Katolikler 600 yıl aradan sonra tekrar Antakya'ya yerleştiler. Buraya ilk gelenler bir kilise ve Avrupalıların çocukları için bir okul açtılar; daha sonra Antakya'ya gelen Fransız Rahipler buraya küçük bir manastır kurdular. 1852 yılında dönemin sultanlarından bir Katolik Kilisesi kurmak için izin aldılar, kilise birkaç yıl sonra yapıldı (Anonim, 2016).



Şekil 3.12. Katolik Kilisesi dışardan görünüşü



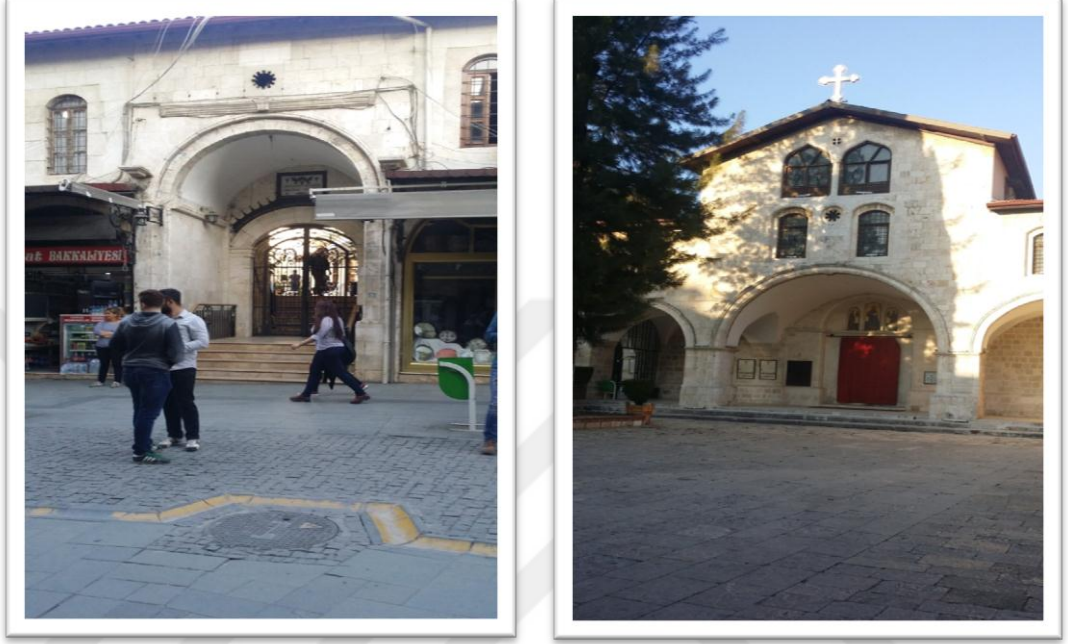
Şekil. 3.13. Katolik Kilisesi

Dedektörler, kitaplık ve avize olmak üzere 2 adet olarak yerleştirilmiştir. (Tarih: 29.03.2012).

3.10. Ortodoks Kilisesi

Kilisenin yapılışı ve mimarisi hakkında bir bilgi sahibi olunmamakla beraber, ahşaptan yapılan kilisenin 1872 yılındaki depremle yıkılmış ve yanmıştır. Yanmasının nedeni yere dökülen yağ kandillerinin ahşap mimariyi tutuşturmasıdır. Şimdiki Kilise, yanmış olan Kilisenin yerine yapılmış taş yontusu ustalığının Bizans mimari tarzının çok iyi bir örneğidir. Patrikhane merkezi olması dolayısıyla, Antakya Azizler Petrus ve

Pavlus Katedrali Doğu Ortodoks Kilisesinin en büyük ve en güzelidir. Bizans imarına uygun olarak inşa edilmiştir. Ancak 1872 yılındaki depremde büyük zarar görmüş, Rus mühendislerin etkisi ve yardımı ile tekrar inşa edildiğinde Rus imar tarzını biraz almıştır. Kilisenin yapımı 1900’lü yıllara doğru tamamlanmıştır (Anonim, 2016).

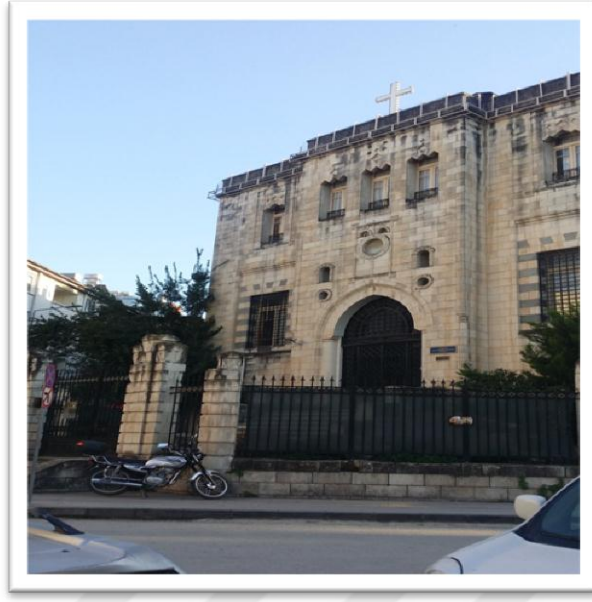


Şekil.3.14. Ortodoks kilisesi

Dedektörler, papaz odası, ahşap duvar üstü, saat arkası, soba yanı koltuk arası, ön protokol duvar arkası olmak üzere 4 adet olarak yerleştirilmiştir (Tarih:28.03.2012).

3.11. Protestan Kilisesi

Taş bina olan kilise Fransızlar döneminde elçili ve Fransız Bankası olarak kullanılmıştır. 2000 yılında Güney Kore Kwong Lim Metodist Kilisesi tarafından Protestan Kilisesi olarak kullanılmaya başlanmıştır (Anonim, 2016).



Şekil 3.15. Protestan kilisesi

Dedektörler, ziyaretçi odası ve papaz koltuğu arkası olmak üzere 2 adet olarak yerleştirilmiştir (Tarih: 30. 03. 2012).

3.12. Antakya Ulu Cami

16.yüzyılda yapılmış olup, Selçuklu tarzını anlatır. Tonozlu ve düz çatılıdır. Kitabesinde Hicri 1117 tarihi bulunmaktadır. Antakya camilerinin en eskisi ve en büyüğü Ulu Camidir. Asi kenarındaki bu caminin içi, diğer tüm Türk camilerinde olduğu gibi çok sadedir. İçi kıymetli halılar ile kaplı caminin duvarlarında altın harflerle yazılmış ayetler vardır. Bu caminin Memlûk dönemi eseri olduğu, Osmanlı döneminde bir kaç defa onarım gördüğü sanılmaktadır. Doğu- batı yönünde uzanan dikdörtgen planlıdır. Caminin Osmanlı tarzında yapılmış silindirik geniş gövdeli ve yüksek minaresi şerefeli, sivri külahlıdır ve bir kaç defa tamir görmüştür. Üzerindeki 1704 tarihli kitabe bir kaç onarımdan birine ait olmalıdır. Gravürlerde, minarenin 200 yıl önce de aynı stilde olduğu görülmektedir. Avlusu geniş, taş döşeli, şadırvanlıdır. Mimarı ve yapılış yılı bilinmemektedir. Üzerinde, 1872 depreminden sonra onarıldığını gösteren 1874 tarihli bir kitabe bulunmaktadır (Anonim, 2016).



Şekil 3.16. Antakya Ulu Cami içi



Şekil 3.17. Antakya Ulu Cami avlusu

Dedektörler, erkek namaz yeri soldaki büyük tablo arkası, kapı karşısı imam okuma yeri tablo üstü olmak üzere 2 adet olarak yerleştirilmiştir (Tarih: 03.04.2012).

3.13. İskenderun Mithat Paşa İlköğretim Okulu

İskenderun'da 1923 yılında inşa edilen ve Hatay'ın Anavatana ilhakına kadar rahibe okulu olarak kullanılıyordu. 1939'dan itibaren de ilkokul olarak görev yapılmaya başlanmış (Anonim, 2016).



Şekil 3.18. İskenderun Mithat Paşa İlköğretim Okulu

Dedektörler, Arşiv odası kapı arkası, fen laboratuvarı kapı arkası, spor odası, müdür odası olmak üzere 4 adet olarak yerleştirilmiştir (Tarih: 31.03.2012).

3.14. İskenderun Karasun Manuk Ermeni Kilisesi

1872 tarihinde yapılmıştır. Daha sonra restore edilen bu kilise Ermeni cemaati tarafından kullanılmaktadır (Anonim, 2016).



Şekil 3.19. İskenderun Karasun Manuk Ermeni Kilisesi

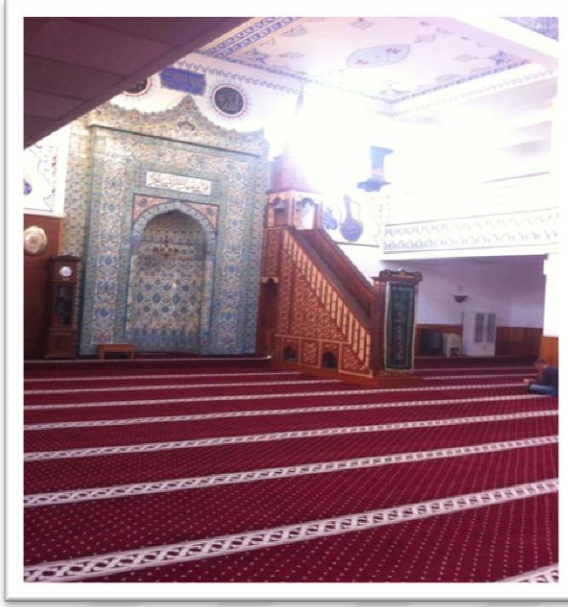
Dedektörler, klima arkası ve sol sunaktaki tablonun arkası olmak üzere 2 adet olarak yerleştirilmiştir (Tarih: 02.04.2012).

3.15. Kaptan Paşa Cami (İskenderun)

Mülkiyeti Vakıflar Genel Müdürlüğüne ait olan Merkez Kaptanpaşa Camii Hicri 1280 (Miladi 1864) yılında Kaptan Mehmet Paşa tarafından ahşap bina ve tek şerefeli taştan minare olarak yaptırılmıştır. 1974 yılında ahşap kısım yıkılarak bu günkü şekliyle betonarme ve tek kubbe ek olarak yeniden inşa edilmiş, eski taş minareye dokunulmadan yeniden 40 metre yüksekliğinde ikişer şerefeli iki minare daha ilave edilmiştir. Ortaya çıkan çatlaklar yüzünden tehlikeli durum arz etmesi sebebiyle sonradan yapılmış olan iki adet çift şerefeli minare Vakıflar Bölge Müdürlüğünün yıkım kararı ile 2005 yılı sonu itibariyle tamamen yıktırılmıştır. Yıkılan Minarelerin yerine yeniden bir minare yapılmıştır. 1864 yılından günümüze ulaşan bu caminin sadece eski taş minaresi tescilli tarihi eserdir (Anonim, 2016).



Şekil 3.20. Kaptan Paşa Cami



Şekil.3.21. Kaptan Paşa Cami içi

Dedektörler, sağ en arka köşe klima arkası, minare içi, sağ en ön köşe klima arkası olmak üzere 3 adet olarak yerleştirilmiştir (Tarih: 02.04.2012).

3.16. Defne Hanı (Çelenkoğlu Sabunhanesi)

Sabunhanenin kesme taşlarla ve iki katlı olarak 17. ve 19. Yüzyıllarda inşa edildiği sanılmaktadır. 2006 yılında restore edilerek iş hanına dönüştürülmüştür (Anonim, 2016).

Dedektörler çay ocağına yerleştirilmiştir (Tarih: 28.03.2012).



Şekil 3.22. Defne Hanı (Çelenkoğlu Sabunhanesi)

3.17. Binalardaki Radon Gazı Ölçümleri

Radon gazı ölçümleri Aktif ve Pasif olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilir. Aktif ölçüm tekniğinde radon ölçümü anlık olarak yapılmaktadır. Bu teknikte radon gazı konsantrasyonu belirlenecek olan yerden hava numunesi alınır ve numune bir radyasyon sayıcısı ile sayılarak radon gazı konsantrasyonu hesaplanmaktadır. Bu yöntemin sınırlılıkları hesaba katıldığında pek tercih edilmediği görülmektedir. Tercih edilmemesinin en temel sebebi radonun dış etkenlerden (nem, basınç, hava sıcaklığı vs.) çok fazla etkilenmesidir. Bu nedenle radon ölçümlerinde bir ortalama değer belirlemek için pasif yöntem tercih edilmektedir. Ölçümler uzun süreli (günlük, aylık, mevsimlik, yıllık) yapılır. Bu çalışmada belirlenen yerlerde yaklaşık 2 aylık zaman aralığını 60 gün olarak belirlenerek biraz daha geniş zaman aralığında daha hassas ölçümler için radon konsantrasyon değerleri elde edilmesi amaç edinilmiştir.

Pasif ölçüm yöntemlerinde kullanılan nükleer iz dedektörleri selüloz asetat, polikarbonat veya allil diglikol karbonat gibi plastik maddelerden yapılmış film tabakalarından elde edilmiştir. Dedektörün içindeki plakalar, elektrostatik korumaya sahip bir plastik materyalin (radon difüzyon kabının) kapağına konumlanmıştır. Kabın ağzı radon bozunma ürünlerini filtre ederek yalnız radon gazını geçirecek bir kapakla kapatılmıştır. Bu kap içerisine giren radon gazı, radyoaktif bozunmalar sonucunda açığa

ıkan alfa tanecikleri detektörle etkileşerek dedektörün film tabakasına iz bırakmaktadır. Oluşan izlerin sayısı, dedektör kabındaki radon yoğunluğu ile orantılıdır (Baldık, 2005).

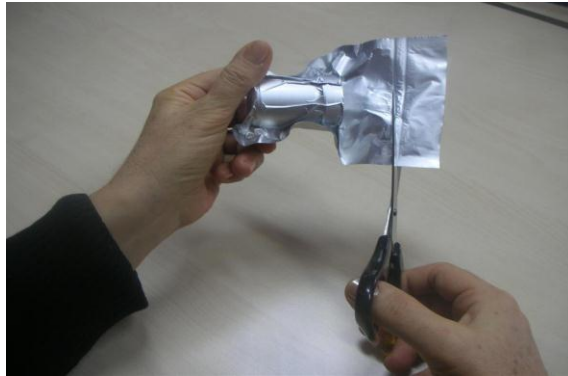
Bu alışmada Radon ölçümleri için nükleer iz dedektörü olan alfa ışınlarına duyarlı CR-39 (Alil diglikol karbonat) dış kısmı plastik bir malzemeden yapılı dedektörler kullanılmıştır (Şekil.3.23) .Plastik dedektörlerin kullanımı radon gazı konsantrasyonu ölçümleri için geliştirilmiş bir pasif ölçüm yöntemidir. Pasif radon dozimetreleri adını alan bu kaplar, radon konsantrasyonu belirlenecek olan ortamda belli bir süre bekletilir ve sonra toplanarak, dedektörler üzerinde oluşan alfa izleri nükleer iz kazıma metodu ile mikroskopta görünür bir hal alarak daha sonra sayılmakta ve havadaki radon gazı yoğunluğu hesaplanmaktadır.

Bu çalışmada ölçüm alma süresi 2 ay olarak belirlenmiştir. Dedektör içindeki radon ile etkileşen film kalınlığı 1 mm’ dir (Bozkurt, 2008).



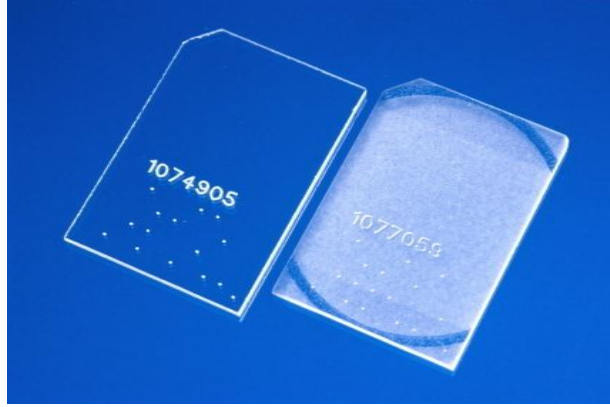
Şekil 3.23. CR-39 PADC dedektörü

Radon ‘un pasif ölçümünde hava ile temasının engellenmesi için ve radonun çıkışının engellenmesi için dedektör folyo ambalaj ile ölçüm anına kadar muhafaza edilir (Şekil 3.24.).



Şekil 3.24. Folyo ambalajla muhafaza edilmiş CR-39 dedektörü

Dedektör içindeki filmin üzerinde alfa parçacıklarının bıraktığı izlerin bir örneği Şekil 3.25’ te gösterilmektedir.



Şekil 3.25. Radon gazının dedektör filmi üzerinde bıraktığı izler (TAEK, 2012).

3.18. Kimyasal Kazıma İşlemi

Dedektörde oluşan alfa izlerinin tarayıcıda daha net bir şekilde algılanması için kimyasal kazıma yöntemi ile izler büyütülür ve bilgisayar (optik mikroskop) ortamında bu izler sayılır (Kazınmış dedektör üzerindeki iz çapları tipik olarak 1mm civarındadır) (Şekil 3.26).

Kazıma işlemi % 25’lik NaOH sulu çözeltisi (ya da KOH) sıcaklığı 40 °C ile 70 °C arasında değişen bazik bir film banyosunda gerçekleştirildi. %4’lük asetik asitle yıkandı. Saf su ile yıkandı. Kendi haline bırakılarak kurutuldu.

Dedektör içindeki filmin üzerinde alfa parçacıklarının bıraktığı gözle görülmeyen izler öncelikle dedektör kabı açılarak kimyasal banyo ünitesi yardımıyla büyütülerek iz sayma ünitesi için hazır hale getirilir.



Şekil 3.26. Kimyasal Banyo Ünitesi (Radobat ünitesi)

Kimyasal banyo ünitesinin içerisinde 32 adet film tutucu bulunmaktadır. Bu film tutuculardan bir tanesinin örneği şekil 3.27’ te verilmektedir. Film tutucunun içerisinde 12 tane film yeri vardır.



Şekil 3.27. Film tutucu

Film tutucuların içine yerleştirildiği Radoslide film tutucu ünitesi Şekil 3.28’ de verilmektedir. Bu ünite 32 adet film tutucu alabilmektedir.



Şekil 3.28. Radoslide film tutucu ünitesi

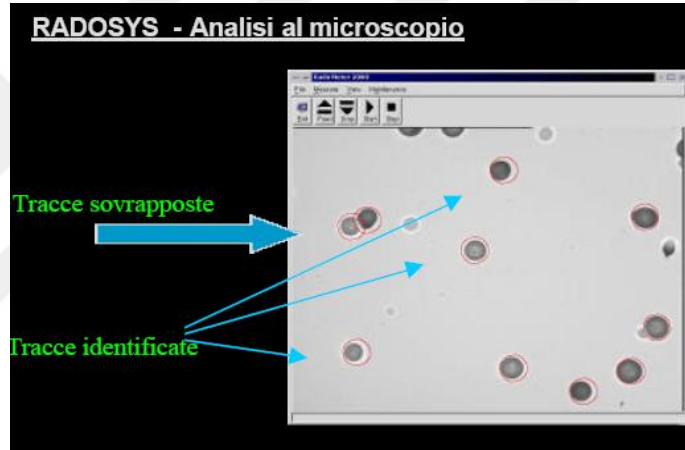
3.19. Alfa İzlerinin Sayılması ve Değerlendirilmesi

Kimyasal kazıma işlemi ile büyütülen alfa izleri sayılmak üzere Radosys değerlendirme ünitesine alınır. Bu değerlendirme ünitesi optik mikroskopta izler 100 kat büyütmeli bir kameradan ve bu kameradan elde edilen bu görüntüyü dijital hale getiren bir monitörden oluşmaktadır (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Radosys değerlendirme ünitesi

Aşağıda Şekil.3.30’da bir çalışmaya ait bilgisayar ekranında gözlenen ve sayılan alfa izleri görülmektedir.



Şekil. 3.30. Bilgisayar monitöründe gözlenen alfa izleri (TAEK, 2012)

Mikroskobun saydığı izlerin değerlendirilmesi yapılırken denklem 3.1 kullanılmıştır (Kapdan, 2009; Can, 2011).

$$RAC = iz\ yoğunluğu \times CF \times 1000 / Gün\ sayısı \times 24 \quad (3.1)$$

RAC: Radon Konsantrasyonu, Bq / m³

CF: Kalibrasyon faktörü

Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğine göre radon konsantrasyon limitleri aşağıda ki gibidir:

Evlerde: 400 Bq/m³

İşyerlerinde: 1000 Bq/m³

Radon konsantrasyonunun değerlendirilmesi yapılırken bu değerler göz önüne alınmıştır.

3.20. Kalibrasyon Faktörü ve Eşdeğer Doz Oranının Hesaplanması

Birim alan başına iz sayısı cinsinden bulunan değerler Bq/m^3 cinsinden hesaplamak için kalibrasyon faktörü kullanılmıştır. Daha önceki çalışmalarda kullanılan kalibrasyon faktörünü aşağıdaki gibidir:

$$F = 1,41 \times \frac{D_M}{C_i} \quad (3.2)$$

$$D_M = \text{iz sayısı}/cm^2 \quad (3.3)$$

$$C_i = \frac{kBqh}{m^3} \quad (3.4)$$

$$F = \frac{\text{iz}/cm^2}{kBq/m^3} \quad (3.5)$$

h, saat

F, denge faktörü

C_i , kümülatif maruziyet

Filmler üzerindeki mm^2 başına iz sayısı, cm^2 başına iz sayısına dönüştürülmüştür.

Birim alan başına iz sayısına X dersek,

$$X = (\text{iz}/mm^2) \rightarrow (\text{iz} \times 10^2/cm^2) \quad (3.6)$$

Birim alan başına iz sayısını kalibrasyon faktörüne böldükten sonra filmlerin maruz kaldığı süreye (saat) böldüğümüz zaman kBq/m^3 cinsinden sonuçlar elde edilir.

$$\frac{X}{F} = \frac{(\text{iz} \times 10^2/cm^2)}{(\text{iz}/cm^2)/(kBq/m^3)} \quad (3.7)$$

$$\frac{X/F}{h} = \frac{kBq}{m^3} \quad (3.8)$$

Yukarıda verilen (3.2), (3.3), (3.4), (3.5), (3.6), (3.7), (3.8) denklemler yardımıyla aktif radon kaynağının konsantrasyonu elde edilebilir.

Pasif ölçüm aşamalarını özetleyecek olursak:

Dedektör ölçüm alınacak binaya dedektörün yerleştirildiği yer insan boyunu geçmeyecek yüksekliğe yerleştirildi. Dedektör binada iki ay muhafaza edildi. 2 ay sonra dedektör içindeki filmin üzerinde oluşan nükleer izler sayılmak üzere gönderildi. Bu izler radonun radyoaktif parçalanması sonucu salınan alfa parçacıklarına ait izlerdir. Bu izlerin elektron tarayıcı mikroskobunda net algılanması için bazik bir kimyasal banyo ünitesi yardımıyla büyütülmesi sağlandı. Büyütülen bu izlerin bulunduğu film tabakası film tutucu ile Radosys değerlendirme ünitesi' ne aktarıldı ve bilgisayar ortamında izler LINUX işletim sistemi üzerinde çalışan program aracılığı ile bilgisayarda değerlendirilip veri tabanına kaydedildi.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu çalışmada ölçüm bölgesi Hatay'ın Antakya, Samandağ, İskenderun ve Belen ilçeleri seçilmiştir ve bu ilçelerinde bazı tarihi turistik mekânların radon konsantrasyonları deneysel olarak belirlenmiştir. Bina içlerine 3-4 adet dedektör yerleştirilmiştir. CR-39 dedektörleri Mart 2012 ile Haziran 2012 tarihleri arasında 2 ay süre binalarda bırakıldıktan sonra toplanmıştır. Dedektör filmlerinde oluşan alfa izlerine bağlı olarak hesaplanan radon gazı konsantrasyonları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Radon gazı ölçümü için yerleştirilen dedektörlerin (numune) yerlerinin belirtildiği liste Çizelge 4.2'de verilmiştir. Antakya, Samandağ, Belen ve İskenderun ilçelerinde toplanan dedektörlerden elde edilen radon yoğunluklarının ortalaması alınarak elde edilen ilçe bazında ortalama radon yoğunlukları ve bu yoğunlukların dağılımını gösteren harita sırasıyla Çizelge 4.3 ve Şekil 4.2' de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Hatay ili bina içi radon ölçüm sonuçları

Dedektör No	İz Sayısı	İz Yoğunluğu	Süre (gün)	RAK (Bq/m^3)	Yer
W51386	34	0.7265	60	24	Mahremiye Cami
W51456	36	0.7692	60	25	Titüs Tüneli
W51672	37	0.7906	60	26	Kaptan Paşa Cami
W52666	39	0.8333	60	28	Mithat Paşa İ.Ö.O
W51367	40	0.8547	60	28	Antakya Evi
W51717	40	0.8547	60	28	Mithat Paşa İ.Ö.O
W52842	47	1.0043	60	33	Mahremiye Cami
W51753	48	1.0256	60	34	Antakya Evi
W51389	50	1.0684	60	35	Habib-İ Neccar Cami
W51694	53	1.1325	60	37	Kervansaray
W52162	54	1.1538	60	38	Eski Meclis Binası
W51681	56	1.1966	60	40	Karasun Manuk Kilisesi
W51449	56	1.1966	60	40	Habibi Neccar Cami
W51733	57	1.2179	60	40	Habibi Neccar Cami
W51415	58	1.2393	60	41	Kervansaray

Çizelge 4.1. (Devam) Hatay ili bina içi radon ölçüm sonuçları

W51711	58	1.2393	60	41	Kaptan Paşa Cami
W52143	59	1.2607	60	42	Mithat Paşa İ.Ö.O
W51719	59	1.2607	60	42	Mithat Paşa İ.Ö.O
W51726	60	1.2821	60	42	Kaptan Paşa Cami
W52693	62	1.3248	60	44	Eski Meclis Binası
W52501	63	1.3462	60	45	Antakya Belediyesi
W51704	64	1.3675	60	45	Antakya Belediyesi
W51437	64	1.3675	60	45	Kervansaray Camii
W51342	65	1.3889	60	46	Kervansaray
W51720	69	1.4744	60	49	Ortodoks Kilisesi
W51483	73	1.5598	60	52	Kervansaray
W51690	74	1.5812	60	52	Protestan Kilisesi
W51730	77	1.6453	60	54	Karasun Manuk Kilisesi
W52875	79	1.6880	60	56	Mozaik Müzesi
W51913	79	1.6880	60	56	Ortodoks Kilisesi
W51738	80	1.7094	60	57	Ortodoks Kilisesi
W52580	82	1.7521	60	58	Mozaik Müzesi
W51691	93	1.9872	60	66	Habib-i Neccar Camii
W51488	102	2.1795	60	72	MKU Fen Edebiyat Fakültesi
W51405	102	2.1795	60	72	Katolik Kilisesi
W51676	103	2.2009	60	73	St. Pierre Kilisesi
W52849	109	2.3291	60	77	Ortodoks Kilisesi
W51703	116	2.4786	60	82	Katolik Kilisesi
W52490	117	2.5000	60	83	Protestan Kilisesi
W52478	118	2.5214	60	83	Mozaik Müzesi
W52673	121	2.5855	60	86	Kervansaray Hamam
W51431	124	2.6496	60	88	Kervansaray Camii
W52492	183	3.9103	60	129	Defne Hanı
W51447	204	4.3590	60	144	Beşikli Mağara
W51349	286	6.1111	60	202	St. Pierre Kilisesi

Sistemin belirsizliği ≤ 20 %'dir.

Çizelge 4.1'e bakıldığında radon konsantrasyon miktarı bakımından dedektör yerleştirilen yerler arasında en yüksek değerler sırasıyla Hatay'ın Antakya ilçesinde yer alan Defne hani (çay ocağı), Samandağ İlçesi'nde yer alan Beşikli Mağara ve yine Antakya İlçesi'ndeki St. Pierre Kilisesi olarak ölçülmüştür. Bu değerlerin diğer ölçülen noktalara göre yüksek çıkmasında jeolojik faktörlerin etkisinden söz edilebilir. Bu binalar Uranyum Kaynaklı kaya ve kayalardan oluşmuş taş yapılar olduğundan burada çıkan değerlerin yüksek çıkması olası bir durumdur. Radon gazı Uranyum kaynaklı bir gaz olduğundan Uranyum kaynaklı toprak ve kayalarda birikmesi önceki araştırmalarda da desteklendiği bilindiğine göre çıkan sonuç önceki araştırma sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Tabi ki bu radon seviyelerinin yüksek çıkmasında başka faktörlerin de etkisi vardır. Örneğin bu binalar yerin biraz altında olduğundan (St. Pierre Kilisesi hariç) ve ağır olan radon gazı çok yükseklerle çıkamadığından bu bulgu da bu sonucu desteklemektedir. Bu binalar arasında St. Pierre Kilisesi, Defne Hanı ve Beşikli Mağara ile karşılaştırıldığında bu binanın havalandırılma bakımından yetersiz olduğu görülmektedir. Radon gazı havalandırmanın yetersiz olduğu kapalı mekânlarda fazlaca birirmektedir.

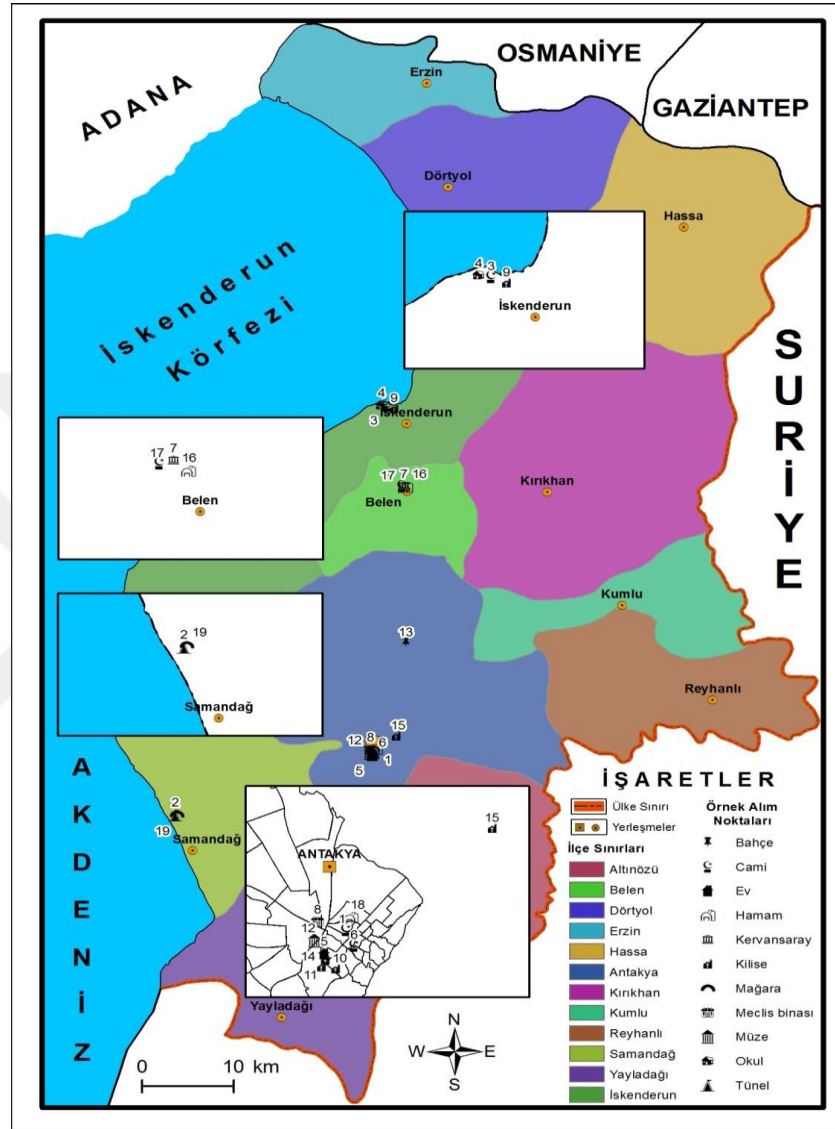
Çizelge 4.2. Radon ölçümü alınan yerlerin listesi ve yerleştirme tarihleri

Numune Listesi Yer	Seri kod	Yerleştirme-Alınma Tarihi (2012)
Mustafa Kemal Üni. Fen-Edebiyat Fak. Bahçesi (Antakya)	W51488	26 Mart-26 Mayıs
Habib-i Neccar cami (Antakya)	W51733 W51389 W51449 W51746(Kayıp) W51691	26 Mart-26 Mayıs
Mado evi (Antakya)	W52044(kayıp) W52675(kayıp) W52125(kayıp)	28 Mart-28 Mayıs
Eski Meclis binası (Antakya)	W52162 W52693 W51742 (kayıp)	28 Mart-28 Mayıs
Antakya Belediye Binası	W52501 W51704	28 Mart-28 Mayıs
Antakya evi	W51367 W51753	29 Mart-29 Mayıs
Katolik Kilisesi (Antakya)	W51405 W51703	29 Mart-29 Mayıs
Savon Oteli (Antakya)	W51365 (kayıp)	29 Mart-29 Mayıs
Mahremiye Cami (Antakya)	W52842 W51386	29 Mart-29 Mayıs
Defne hanı (Antakya)	W52492	28 Mart-28 Mayıs
Protestan kilisesi (Antakya)	W52490 W51690	30 Mart-30 Mayıs

Çizelge 4.2. (Devam) Radon ölçümü alınan yerlerin listesi ve yerleştirme tarihleri

Mozaik müzesi (Antakya)	W52478	30 Mart-30 Mayıs
	W52580	
	W52875	
St. Pierre Kilisesi (Antakya)	W51676	30Mart-30 Mayıs
	W51349	
Titüs tüneli (Samandağ)	W51709 (kayıp)	1Mart-1 Mayıs
	W51715(kayıp)	
	W51456	
Beşikli mağara (Samandağ)	W51447	1 Nisan-1 Haziran
	W52808(kayıp)	
	W51710	
Ulu Cami (Antakya)	W51381 (kayıp)	3 Nisan-3 Haziran
	W52151(kayıp)	
Mithat Paşa İlköğretim (İskenderun)	W52666	31 Mart-31 Mayıs
	W52143	
	W51717	
	W51719	
Karasun Manuk Ermeni Kilisesi, Kaptan Paşa Cami (İskenderun)	W51681	2 Nisan-2 Haziran
	W51730	
	W51672	
	W51726	
	W51711	
Kervansaray Hamam/Cami (Belen)	W51415	30 Mart-30 Mayıs
	W513342	
	W51483	
	W51694	
	W52673	
	W51431	
	W5143	

Radon konsantrasyon ölçümleri Hatay’ ın İskenderun, Antakya, Belen ve Samandağ ilçelerinden alınan dedektörlerden elde edilmiştir Bu yerler şekil 4.1’de harita üzerinde gösterilmiştir.



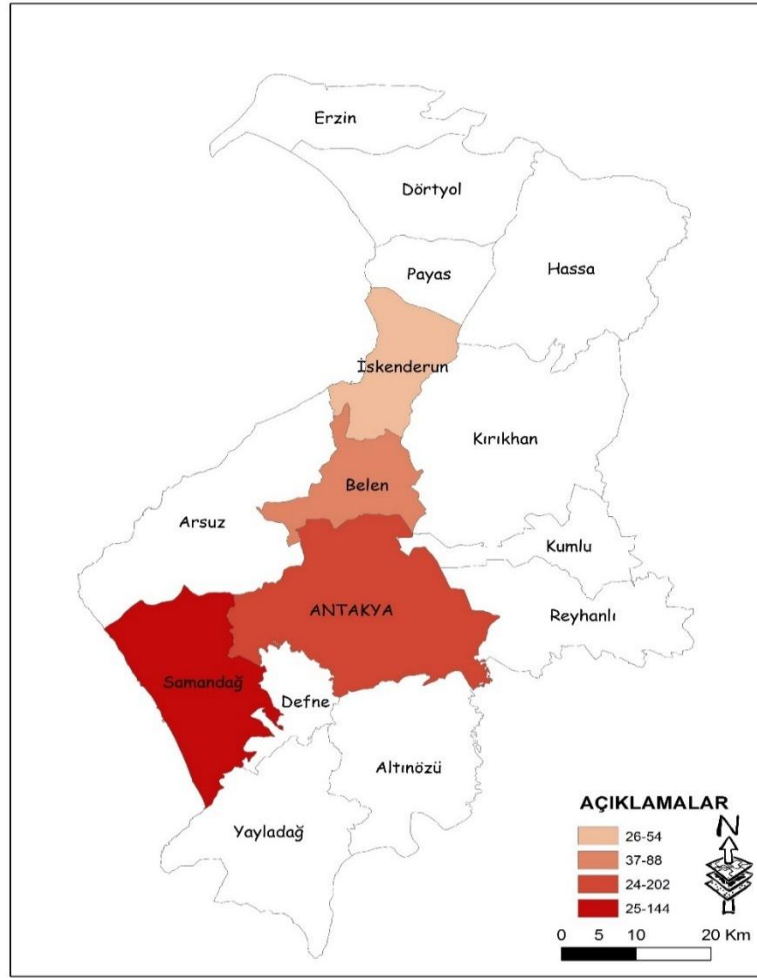
Şekil 4.1. Hatay ilinde dedektör yerleştirilen yerlerin jeolojik haritası

Dedektörler Çizelge 4.2 ve Şekil 4.1’ de gösterildiği gibi yoğunluklu olarak Antakya ilçesine 30 adet, Samandağ ilçesine 6 adet, Belen ilçesine 7 adet, İskenderun ilçesine 9 adet yerleştirilmiştir. 11 adet dedektör ise yerinde bulunamamıştır.

Çizelge 4.3. Hatay ili ilçe bazında radon konsantrasyonu ortalama değerleri

İlçeler	Min.(RAK) (Bq/m^3)	Mak.(RAK) (Bq/m^3)	ORT. (RAK)(Bq/m^3)
Antakya	24	202	64,8
Samandağ	25	144	84,5
Belen	37	88	56,42
İskenderun	26	54	38,11

Çizelge 4.3 ‘te Antakya, Belen, Samandağ ve İskenderun ilçelerinde toplanan dedektörlerden elde edilmiş olan radon yoğunluklarının ortalamasına bakıldığında en yüksek değerler Samandağ ilçesinde $84,5 Bq/m^3$ ve Antakya ilçesinde ise $64,8 Bq/m^3$ olarak belirlenmiştir. Samandağ ilçesinde bulunan Beşikli Mağara ve Titüs Tüneli’nin jeolojik yapısına bakıldığında bu değer diğer ilçelere göre yüksek çıkması beklenen bir durumdur. Bu tarihi ve turistik mekanların çoğunlukla kalklar, taş ve oyuklardan oluştuğu düşünülürse radon gazının burada birikmesi muhtemeldir. Önceki çalışmalarda belirtildiği gibi Radon gazı Uranyum içeren toprak,kaya, kayaçlardan havaya sızan bir gaz olduğu için daha çok bu yapılarda birikmesi beklenen bir durumdur.



Şekil 4.2. Hatay ili ilçe bazında radon yoğunluğu dağılım haritası

Şekil 4.2’ de Antakya, Samandağ, Belen ve İskenderun ilçelerindeki Radon gazı yoğunluk dağılımına bakıldığında en koyu renkte gösterilen Samandağ ilçesinde Radon gazı yoğunluğunun ortalama değerinin en yüksek bu ilçede çıktığı sonucuna ulaşılabilir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

29 Mart - 29 Mayıs 2012 tarihleri arasında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi ve Mustafa Kemal Üniversitesi akademisyenleri tarafından gerçekleştirilen, Hatay ilinde bulunan turistik mekânlarda radon konsantrasyonunun belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmanın sonucunda elde edilen veriler, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK), United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) ve Uluslararası Atom Enerji Ajansının belirttiği radon gazına bağlı müsaade edilebilir sınır değerinin altındadır. Türkiye’de TAEK’in müsaade edilebilir sınır değer, konutlarda 400 Bq/m^3 olduğu düşünülürse, ölçüm yapılan tüm mekânların herhangi bir risk taşımadığı anlaşılmaktadır.

Sistem belirsizliğinin %20 olarak hesaplandığı bulgulara bakıldığında dedektör yerleştirilen noktalar arasında en yüksek değerler Defne Hanı 129 Bq/m^3 , Beşikli Mağara 144 Bq/m^3 , St. Pierre Kilisesi 202 Bq/m^3 olarak bulunmuştur. Bu değerler izin verilen sınır değerleri aşmamakla birlikte bu değerlerin diğer noktalara göre yüksek çıkması bazı sebeplere bağlanabilir. Örneğin Defne Hani çay ocağı olarak işletilmekte ve oldukça havasız ve nemli olmakla birlikte yeraltında bulunmaktadır. Bilindiği gibi radon gazı yer altından sızar ve ağır bir gaz olduğu için fazla yükseklerle çıkamamaktadır. Bu nedenledir ki Defne hanı zemin katta olması sebebiyle ve yeterince havalandırılmadığından dolayı bu değer yüksek çıkması olası bir durumdur.

Beşikli Mağara’da mağaranın yerin çok altında olmaması ve pencereli bir doğal yapısının olması yani yarı açık sayılabilecek bir bina yapısında olması düşünüldüğünde çıkan değer beklenen bir değer değildir. Ancak binanın çok eski ve taş malzemeden yapılı olması bu değer çıkmasında etkili olabilir. Radon gazı taş, toprak ve kayalardan sızıp havaya karışan bir gaz olduğundan olası bir durum olarak düşünülebilir.

St. Pierre Kilisesi dağ eteğinde duran bir yapıdır büyük bir kapısı vardır sadece ziyaret sırasında açıldığı için bu ortamda radon gazı birikmesi ve yoğunlaşması muhtemel bir durumdur. Havalandırmanın yetersizliğinden bu değer çıkması beklenen bir durumdur.

Hatay ilindeki dedektör yerleştirilen noktalarda ölçülen radon yoğunlukları irdelendiğinde bu mekânlarda çalışan, bu mekânları ziyarete gelen insanların radon yüzünden bir sağlık riski taşımadığını söyleyebiliriz ancak bu noktalarda çıkan radon yoğunluk değerlerini azaltabilmek veya artmasını önlemek amacıyla koruyucu önlemler

alınması gerekir. Alınabilecek önlemlerin en başında bu mekânlarda sık sık havalandırma yapılması gelmektedir. Fakat bunu her yerde yapabilmek pek mümkün değildir. Rehberler, diğer çalışanlar ve ziyaretçilerin radona maruz kalma seviyelerini azaltabilmek için bu toplu mekânlarda harcanan zamanın olabildikçe azaltılması ve ayrıca radyasyondan korunma sistemlerinin uygulanmasıdır. Radon gazı yüzünden vücuda alınan radyasyon bu gazın uzun süreli ve sürekli solunması halinde akciğer kanser riskini tetikleyici bir özelliğe sahiptir. Bu yüzden bu tip mekânlarda uzun süre kalınmamalıdır bu mekânlar her fırsatta mutlaka havalandırılmalıdır.

Antakya ilçesinde daha birçok eski bina bulunup bu eski binaların çoğu işletilmekte ve bu işletme sahipleri radon gazı ile ilgili yeterince bilinçlendirilmediği için birçok yerde dedektör kaybı yaşanmıştır. Dedektör yerleştirmek istenilen birkaç yerdeki işletme sahipleri dedektör yerleştirilmesine izin vermemiştir. Özellikle bu nedenle halkımızın radon ölçümü ile ilgili bilgilendirilmesi ile ilgi çalışmalara daha fazla yer verilmesinin çok büyük önem arz ettiğini söylemek gerekir. Sağlık açısından riski bulunan radon gazının insanlar tarafından daha çok tanıtılması için çalışmalar sürdürülmeli riskini azaltıcı önlemler alınması konusunda insanlar bilgilendirilmelidir.

Çalışmanın genelinde eski, tarihi ve kapalı binalar tercih edilmiş olup bu binaların insanlar tarafından sık sık ziyaret edildiği düşünüldüğünde alınabilecek en etkili yöntem yukarıda da belirttiğimiz gibi binaların sık sık havalandırılmasıdır. Ancak TAEK'in 2012 yılı Radon ve Radon Ölçüm Kursu'nda verilen eğitimde daha çok evlerde ve işyerlerimde aşağıdaki gibi tedbirlerin alınması üzerinde durulmuştur.

- Giriş çatlaklarının çimento ile kapatılması
- Havanın bina içinden toprağa doğru akışının sağlanması
- Sudaki radon konsantrasyon miktarının düşürülmesi için su karbon filtresinden geçirilip havalandırılmaya alınması
- Yeni bina inşaatlarının yapımında radon içerikli ve radyoaktif içeriği düşük dozlu materyaller kullanılması
- Havalandırma mekanizmasının duvarın üst kısmından havayı dışarıya verip, alt kısmından temiz havayı almak şeklindeki döngüyü tersine çevirme ve tabana yakın olan radon gazının oda havasının üst tabakalarına çıkmasının engellenmesi.
- Binanın doğal havalandırma sistemlerine ağırlık verilmesi

- Radon emici cihazların ölçümünün yaptırılabilceğı merkezlerin kurulması
- Toplumu oluşturan insanların radon gazına karşı hassasiyetinin artırılması ve bu konu bilinçlendirilmesi
- Radon yoğunluğu yüksek yerlerde tabanında toprak olan evlerin tabanına çimento dökmeden önce polietilen denilen tabaka örtülmelidir.
- Yapı malzemelerinin radyoaktivite analizleri yapıp değerlendirilmeli, değerlendirme sonuçları izin verilen radyoaktivite seviyelerinin üzerinde olan yapı malzemeleri bina inşasında kullanılmamalıdır.
- Evlerin duvarlarında, su ve kanalizasyon borularının bulunduğu yerlerde bulunan çatlaklar, açıklıklar onarılmalı ve kapatılmalıdır.
- Binaların projelendirme safhasında zemin yapısı ve jeolojik yapı dikkate alınmalı ve radon gazının binaya girmeden dışarıya transfer edileceğı sistemler tasarlanmalıdır.
- Bina içine sızan radon gazı bina içindeki konsantrasyonu arttırması sebebiyle kapalı ortamların havalandırılmasına önem verilmelidir (TAEK, 2012).

KAYNAKLAR

- Ahmed J.U., 1994. Radon in the human environment: Assessing the Picture, Iaea Bulletin, 2/32-35.
- Akyıldırım, H., 2005. Isparta İlinde Radon Yoğunluğunun Ölçülmesi ve Haritalandırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- Alphaguard Cihazı El Kitabı,1998. Saphymo GmbH, Frankfurt.
- Anonim, 2001. Radon Ninth Report on Carcinogens, NIEHS 10045-92-2, USA.
- Anonim, 2008. http://www.taek.gov.tr/sanaem/html/saglik_fizik_birimi.html, Erişim tarihi: 10.02.2008.
- Anonim, 2016. https://tr.wikipedia.org/wiki/Saint_Pierre_Kilisesi Erişim tarihi: 2.04.2016
- Anonim, 2016. https://tr.wikipedia.org/wiki/iyonlaştırıcı_radyasyon, Erişim tarihi: 2.04.2016.
- Anonim, 2016. https://tr.wikipedia.org/wiki/iyonlaştırıcı_olmayan_radyasyon, Erişim tarihi: 2.04.2016.
- Anonim, 2016. https://tr.wikipedia.org/wiki/iyonlaştırıcı_olmayan_radyasyon, Erişim tarihi: 2.04.2016.
- Anonim, 2016. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Radyasyon>, Erişim tarihi: 2. 04. 2016.
- Anonim, 2016. <http://www.hatayarkeolojimuze.gov.tr>, Erişim tarihi: 2. 04. 2016.
- Anonim, 2016. http://nukleer.akdeniz.edu.tr/_dinamik/135/343.png, Erişim tarihi: 24.04.2016
- Anonim, 2016. http://www.defne-rotary.org/hatay_turistik.html, Erişim tarihi: 24.06.2016
- Anonim,2016.[http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/7f2a4ea3bedd425_ek.pdf?d](http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/7f2a4ea3bedd425_ek.pdf?dergi=966)
ergi=966 Erişim tarihi: 14.07.2016.
- Axelson, O., 1995. “ Cancer Risks from Exposure to Radon in Homes”, Environ Healt Perspect 103(suppl 2): 37-43.
- Baldık, R., 2005. Gökgöl ve Cehennemağzı Mağaraları ile Amasra Taşkömürü İşletmesinde Radon-222 Ölçümü, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Bozkurt, V., 2008. Niğde İlinde Bulunan Tarihi Mekanlardaki Radon Gazı Ölçümleri, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Can, B., 2011. Kilis İlindeki Evlerde Radon Gazı Ölçümü, Yüksek Lisans Tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Kilis.
- Çelebi, N., 1995. Çevresel Örneklerde Uranyum, Radyum ve Radon Ölçüm Tekniklerinin Geliştirilmesi. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çilingiroğlu S., 2010. İç Hava Kalitesi, 23.
- Damla, N., 2005. Doğu Karadeniz Bölgesi İçme Sularında Toplam alfa , Toplam Beta ve Gama aktivitesi , Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Güler, C., Çobanoğlu, Z., 1997. 'Radon Kirliliği', Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi: 441.
- IAEA, 1989. Measurement of Radionuclides in Food and Environment, Vienna.
- IAEA, 2003. Safety Reports Series No. 33 Radiation Protection Against Radon in Workplaces Other Than Mines, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- Kapdan, E., 2009. Adapazarı Merkezi Kış Dönemi Radon Ölçüm ve Analizleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Kara, A., 2008. Karaca ve Çal Mağaraları'nda Radon Konsantrasyonu ve Radyoaktivite Seviyesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Köksal, E., M., 1998. Endüstriyel Radyografi için radyasyon Korunması, Türkiye.
- Kuru, S. 2003. Radon Kirliliği ve Halk Sağlığı İlişkisi, E.U. Diş Hekimliği Fakültesi, Bitirme Tezi.
- Kürkçüoğlu, 2009. M.E., Haner, B., Yılmaz, A., Toroğlu, İ., Sdü Fen Dergisi (E-Dergi), 4(2), 177-188.
- Makinen ve Hanste, 2009. Nations sales publication No. E. 88. IX.7, New York.
- Mowlavia, A.A, Shahbahrami A. ve Binesh A., 2009. Dose Evaluation on Measurement of Radon Concentration in Some Drinking Water Sources of The Ramser Region in Iran, Isotopes in Environmental and Health Studies, 45, 269-272.
- NRBP. 2000. Health Risks from Radon, Bilgi dökümanı, Chilton.
- Okur A., 2011. Tokat İli İçme Sularında ve Yüzey Sularında Radon Gazı Konsantrasyon Ölçümü, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Tokat.
- Özdemir, F.B., 2006, Afyon Ve Çevresindeki Kuyu Sularında Radon (Rn-222) Aktivitesi Tayini, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Radosys El Kitabı, 2007. Radosys Ltd., Budapeşte.
- Radyasyon, İnsan ve Çevre, 2009. İyonlaştırıcı radyasyon, etkileri ve kullanım alanları, güvenli kullanımı için uygulamada olan tedbirler, TAEK, Ankara.
- Sainz, C., Quindos, L.S., Fuente, I., Nicolas, J. ve Quindos, L., 2007. Analysis of the main tourist caves, Journal of Hazardous Materials, 145, 368 – 371, 2012/3.
- TAEK, 2000. Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği, 24.03.2000, sayı: 23999, Madde 37.
- TAEK, 2012. Teknik Rapor. Kapalı Ortamlarda Radon Gazı, 20.04.2012/1-2.
- Uludağ, H.İ., 2010. Radon Kirliliği ve Halk Sağlığı İlişkisi. Bitirme Tezi, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı, İzmir.
- UNSCEAR, 2000. Sources, Effects of Ionizing Radiation. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly, With scientific annexes. United Nations, New York.
- UNSCEAR, 1997. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources, Effects, and Risks of Ionizing Radiation. United Nations sales publication No.E.77.IX.1. New York
- WHO, 2004. Information Sheet Radon and Health, March 2004.
- WHO, 2009. Handbook on indoor radon; a public health perspective, edited by Hajo and Ferid Shannoun.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar, 1986 yılında Antakya’da doğdu. İlkokul, Ortaokul ve Liseyi Antakya’da tamamladı. Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü’nü 2004’te kazandı. Üniversiteden 2009 yılında mezun oldu. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalında 2011 yılında Yüksek Lisans Öğrenimine başladı ve 2016 yılında Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı.

