SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ

T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RADON KONSANTRASYONLARININ ÖLÇÜMÜ VE SÜREKSİZLİKLERİN ARAŞTIRILMASI

Fikret TÜFEKCİOĞLU

DOKTORA TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Kasım-2015

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

DOKTORA TEZİ
RADON KONSANTRASYONLARININ ÖLÇÜMÜ VE SÜREKSİZLİKLERİN ARAŞTIRILMASI

FİKRET TÜFEKCİOĞLU

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2015, 102 Sayfa

DANIŞMANLAR

Prof. Dr. Veysel ZEDEF

Doç. Dr. Mehmet ERDOĞAN

JÜRİ

Prof. Dr. Veysel ZEDEF

Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT

Prof. Dr. Mehmet Kemal GÖKAY

Doç. Dr. Kaan MANİSA

Yrd. Doç. Dr. Adnan DÖYEN

ÖZET

Radon renksiz, kokusuz ve duyu organlarıyla algılanamayan radyoaktif bir gazdır. Kayaçlarda ve topraktaki doğal radyoaktif uranyum elementi, radyum ve radonunu oluştuğu uranyum bozunma serisinin birinci üyesidir. Kayaçlardaki ^{238}U bozunması sonucu üretilen radon gazı difüzyon yoluyla toprağa, oradan da atmosfere veya çevreye yayılmaktadır. Radon kayaçlar ve topraktan ayrılarak toprak zerresi arasındaki boşluklara kolayca geçebilmektedir. Ayrıca suda ve organik çözücülerde oldukça kolay çözünebilmektedir. Buna bağlı olarak radon bozunmadan önce uzun mesafeler katedebilir. Doğada bulunan birçok radon izotopundan en önemlisi ^{222}Rn'dir. Radon hakkında ilk çalışmalar 1956 yılında İsviçre'de başlamış ve özellikle 1980 sonrasında yapılan araştırmalarla radon gazının çevresel radyasyon üzerindeki katkısı ve ortama yayılma mekanizması anlaşılmıştır.

Bu çalışmada Konya ili sınırları içinde belirlenen bazı yerlerde Alpha GUARD radon dedektörü kullanılarak radon yoğunlukları ölçülmüş ve veriler irdelenmiştir. Günümüze kadar birçok çalışma, radon anomalilerinin gözlenmesinin fay hatlarının takibi için yararlı bir metot olduğunu göstermiştir. Radon yüksek taşınabilirliğine ve yüksek doğal oluşumuna bağlı olarak süreksizliklerin araştırılabilmesi için kullanılabilmektedir. Yüksek dozlarda maruz kalındığında özellikle akciğer kanseri riskini artırdığı ileri sürülen radon, yoğunluğu fazla olan yerleşim birimlerinde tehlike yaratmaktadır.

Toprak gazındaki radon konsantrasyonu profesyonel radon monitörü AlphaGUARD PQ2000 PRO ile Konya'nın iki farklı alanında ölçülmüştür. Çalışma alanlarında radon anomalileri vardır. Toprak gazındaki radon konsantrasyonlar Ilgın'da 170 ile 32 631 Bq/m^3 arasında değişmekte ve bu değerlerin aritmetik ortalaması 11 547 Bq/m^3'tür. Konya şehir merkezinde (Selçuklu-Meram-Karatay) ölçülen toprak gazı radon konsantrasyonları 201 ile 58 522 Bq/m^3 arasında değişmekte ve bu değerlerin aritmetik ortalaması 18 667 Bq/m^3'tür. Toprak gazı radon seviyesi fay hatlarına yakın bölgelerde daha yüksek ölçülmüştür. Ölçülen radon konsantrasyonları yükseklik, nem ve sıcaklıktan etkilenmemektedir.

Bu çalışmanın amacı Konya ve civarındaki toprakta ^{222}Rn konsantrasyonlarını belirlemek ve süreksizliklerle ilişkilendirmektir. Bu çalışmada Konya'nın farklı alanlarında 84 noktada toprak gazı radon ölçülmüştür. Çalışma boyunca, sıcaklık, basınç ve nem gibi meteorolojik parametreler sürekli olarak gözlenmiştir.

Bu çalışma verileri Coğrafi Bilgi Sistemleri çalışma yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. Toplanan arazi verileri bilgisayar ortamına girilmiş ve sayısal haritalar oluşturulmuştur.

Bu çalışma, Türkiye'nin radon haritasının hazırlanmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Radon gazı, fay, radon anomalisi, süreksizlikler, Konya

ABSTRACT

PH. D. THESIS

THE MEASUREMENT OF RADON CONCENTRATION AND INVESTIGATION OF DISCONTINUITIES

FİKRET TÜFEKCİOĞLU

DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

UNIVERSITY OF SELCUK

2015, 102 Pages

SUPERVISORS

Prof. Dr. Veysel ZEDEF

Assoc. Prof. Dr. Mehmet ERDOĞAN

JURY

Prof. Dr. Veysel ZEDEF

Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT

Prof. Dr. Mehmet Kemal GÖKAY

Assoc. Prof. Dr. Kaan MANİSA

Asist. Prof. Dr. Adnan DÖYEN

ABSTRACT

Radon is a colorless, odorless and radioactive gas that can not be observed by human sense. Natural radioactive uranium is the first element in a long series of decay that produces radium and radon placed in rocks and soil. The radon gas produced by the decay of ^{238}U in rocks diffuses into soil and than atmosphere or environment. Radon can leave the rocks and the soil easily into the pore spaces between the grains of soil. It is also fairly soluble in qater and organic solvents. It can accordingly travel a great distance before it decays. Radon exists in many isotopic forms, the most important being ^{222}Rn. The first studies on radon had started in Switzerland in 1956 and the effects of radon on environmental radiation and its diffusion mechanism had been understood by researches soon after 1980s.

In this thesis, the radon concentrations in some predetermined places in Konya city had been measured using AlphaGUARD radon detector and the obtained data were discussed. Until recently, many studies had shown that the observation of radon anomalies is a useful tool for following fault zones. Radon can be used for the investigation of discontinuities because of the high mobility characteristics and its high natural production rate. In case of exposure to high concentration, radon increases especially the lung cancer risk, which is why radon becomes danger in localities of high concentration.

Radon concentration in soil gas measured by professional radon monitor AlphaGUARD PQ2000 PRO in two areas of Konya. There have been some radon anomalies met on the study areas. For Ilgın, radon (^{222}Rn) concentrations in soil gas range from 170 to 32 631 Bq/m^3 and the aritmetic mean of registered concentration values was 11 547 Bq/m^3. For city center of Konya (Selçuklu-Meram-Karatay), radon (^{222}Rn) concentrations in soil gas range from 201 to 58 522 Bq/m^3 and the aritmetic mean of registered concentration values was 18 667 Bq/m^3. The radon level in soil gas was found to be higher in the vicinity of geologic fault zone. The radon concentrations in the study areas, may not affected by altitude, humidity and air temperature.

The main goal of this present work is to determine ^{222}Rn concentration of soil measured around Konya region and correlation with the discontinuities. In this work, soil radon gas concentrations at 84 locations were measured from different areas of Konya. At the monitoring site, the meteorological parameters such as pressure, air temperature and humidity have also been observed in the course of the study.

Data set utilized in this study is prepared in accordance with the Geographical Information Systems methodology. Numerical maps are formed by collecting the land data and entering them into the computer.

This work is thought to contribute the preparation of radon map of Turkey.

Keywords: Radon gas, fault, radon anomaly, discontinuities, Konya.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında büyük bir özveriyle tecrübesini ve emeğini ortaya koyan değerli Danışman hocalarım Prof. Dr. Veysel ZEDEF ve Doç. Dr. Mehmet ERDOĞAN'a teşekkür eder ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım esnasında karşılaştığım sorunları sabırla dinleyen ve çözüm yolları hususunda desteklerini esirgemeyen tüm Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Çalışmamın grafiksel kısımlarını yapmam için $ArcGIS_{10}$ Paket programını açarak kullanmama olanak veren başta Araştırma Görevlisi Ceren YAĞCI olmak üzere Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında karşılaştığım güçlüklerde bana yeterli zamanı ayıran ve gerekli teknolojik desteği sağlayan başta Selçuk Üniversitesi İstatistik Bölümü öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Neslihan İYİT olmak üzere Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi İstatistik Bölümü öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Çalışmayı oluşturan verileri toplama esnasında beni yalnız bırakmayan, her türlü maddi ve manevi desteği bana sabırla veren biricik kızım Deniz TÜFEKCİOĞLU ve sevgili eşim Aysel Arefe TÜFEKCİOĞLU'na en içten ve sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine 12201003 numaralı projeme sağladığı maddi destekten dolayı teşekkürlerimi iletirim.

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bq: Becquerel, radyoaktivite birimi

Ci: Curie, radyoaktivite birimi

E: Enerji (KeV, MeV)

Gy: Gray, absorblanmış doz birimi

R: Röntgen, radyasyon şiddet birimi

Sv: Sievert, eşdeğer doz birimi

Rem : Röntgen Equivalent Man

$T_{1/2}$: Yarılanma süresi

α : Alfa ışını

β : Beta ışını

γ : Gama ışını

^{238}U : Uranyum

^{234}Pa : Protaktinyum

^{230}Th : Toryum

^{226}Ra : Radyum

^{222}Rn : Radon

^{220}Rn : Toron

^{40}K : Potasyum

^{214}Bi :Bizmut

^{214}Pb:Kurşun

ppm: Parts per million (Milyonda parçacık)

GIS: Geographical Information Systems

ÇNAEM : Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi

PRMA: Portatif Radon Monitörü "Alpha GUARD" Kullanım Kılavuzu.

TAEK : Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

ICRP : International Commission on Radialogical Protection

ICRU: International Commission on Radiation Units And Measurements

NCRP: National Council on Radiation Protection

UNSCEAR: United Nations Scientific Committee on The Effects of Atomic Radiation

WHO : World Healt Organization

KYF : Konya Yazır Fayı

KKD : Kuzey – Kuzeydoğu

GGB : Güney – Güneybatı

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT iv
TEŞEKKÜR vii
SİMGELER VE KISALTMALAR viii
İÇİNDEKİLER x
ŞEKİLLER LİSTESİ xiii
ÇİZELGELER LİSTESİ xv
1. GİRİŞ 1
1.1. Çalışmanın Amacı 1
1.2. Kaynak Araştırması 2
1.2.1. Radyoaktivitenin Kısa Tarihçesi 2
1.2.2. Radyoaktivite ve Radyasyon 2
1.2.3. Radyoaktif Bozunma Türleri 3
1.2.3.1. Alfa Bozunumu 3
1.2.3.2. Beta Bozunumu 4
1.2.3.3. Gama Bozunumu 4
1.2.4. Radyoaktif Bir Numunenin Yarı Ömrü 4
1.2.5. Radyoaktif Bir Numunenin Ortalama Ömrü 4
1.2.6. Radyasyon Çeşitleri 5
1.2.7. Radyasyon Kaynakları 5
1.2.7.1. Yapay Radyasyon Kaynakları 5
1.2.7.2. Doğal Radyasyon Kaynakları 6
1.2.8. Yüksek Doğal Fon (Background) Radyasyon Alanları 7
1.2.9. Radyasyon Doz Birimleri 8
1.2.9.1. Aktivite Birimi 9
1.2.9.2.Işınlama Birimi 9
1.2.9.3. Soğrulma Doz Birimi 9
1.2.10. Bazı Radyoaktif Elementler ve Özellikleri 10
1.2.10.1. Uranyum 10
1.2.10.2. Radyum 11
1.2.10.3. Radon Gazı ve Özellikleri 11

1.2.11. Radonun Bulunduğu Yerler 13
1.3. Literatürdeki Çalışmalar..... 15
2. İNCELEME ALANLARININ TANITILMASI 28
2.1 İklim ve Bitki Örtüsü 29
2.2. Selçuklu – Meram – Karatay (Konya) Bölgesinin Jeolojik Durumu 30
2.2.1. Genel Jeoloji..... 30
2.2.2. Jeomorfoloji 33
2.2.3. Stratigrafi..... 33
2.2.3.1. Kuvaterner Yaşlı Konya Gölü Ve Kara Oluşumlu Çökeller..... 33
2.2.3.2. Göl Ortası Çökelleri (Qg)..... 34
2.2.3.3. Göl Kenarı Kum Barları (Qk) 34
2.2.3.4. Göl Kenarı Çökelleri (Ogk)..... 34
2.2.3.5. Alüvyon Yelpazeleri (Oyz) 36
2.2.4. Selçuklu – Meram – Karatay (Konya) Çalışma Alanındaki Uyumsuzluklar, Kıvrımlar ve Faylar. 36
2.3. Ilgın Çavuşçu Gölü Çalışma Alanının Jeolojisi 37
2.3.1. Ilgın Çavuşçu Gölü Çalışma Alanındaki Çatlaklar, Faylar ve Kıvrımlar 40
2.4. Konya ve Çevresinde Mevcut Faylar ve Bunların Yerleşim Merkezine Etkileri 41
2.4.1. Sultandağı Fayı..... 41
2.4.2. Tuz Gölü Fayı..... 41
2.4.3. Ecemiş Fayı 41
2.4.4. Sultanhanı Fayı..... 41
2.4.5. Ilgın Fayı 41
2.4.6. Karaömerler Fayı..... 41
2.4.7. Divanlar Fayı..... 41
2.4.8. Konya Yazır Fayı (KYF)..... 42
2.5. Hidrojeolojik Özellikler 43
2.5.1. Yeraltı Suyu Durumu 43
3. MALZEME VE YÖNTEM 44
3.1. AlphaGUARD Radon Dedektörü ve Yapısı 44
3.2. AlphaGUARD Radon Dedektörünün Teknik ve Fiziksel Özellikleri 45
3.3. AlphaGUARD Radon Dedektörü ile Toprak Gazı Ölçüm Yöntemi 47

3.4. Toprak Gazı Sondası 53
3.5. AlphaGUARD Detektörünün Kalibrasyon Tekniği ve Bazı Fiziksel Özellikleri 54
4. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ 55
4.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Nedir? 55
4.2. Madende CBS Kullanımı 56
5. BULGULAR VE TARTIŞMA 57
5.1. AlphaGUARD Detektörü İle Yapılan Ölçümler 60
5.1.1. Konya İli Selçuklu-Meram-Karatay İlçelerinden Alınan Toprak Gazı Ölçüm Sonuçları 60
5.1.2. Konya'nın Ilgın İlçesinden Alınan Toprak Gazı Ölçüm Sonuçları 74
5.2. Arazi Verilerinin Değerlendirilmesi 84
5.2.1. Konya'nın Yazır Fayı ve Civarında Alınan Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi 84
5.2.2. Konya'nın Ilgın Fayı ve Civarında Alınan Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi 85
5.2.3. AlphaGUARD Cihazı Tarafından Ölçülen Parametrelerle Hazırlanan Basınç, Nem ve Sıcaklık Değişim Grafikleri 86
5.2.4. AlphaGUARD Cihazı Tarafından Ölçülen Parametrelerle Hazırlanan Radon Konsantrasyonu Değişim Grafikleri 89
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 92
KAYNAKLAR 96
ÖZGEÇMİŞ 102

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Radon Gazı ve Özellikleri 12

Şekil 1.2. Radon Oluşum Serisi 14

Şekil 1.3. Radonun Toprak Gazı ile Hareketi 15

Şekil 2.1. Çalışma Alanlarının Türkiye Haritasındaki Yerleri..... 30

Şekil 2.2. Konya ve Dolayının Genelleştirilmiş Stratigrafi Kesiti..... 34

Şekil 2.3. Konya Çöküntüsü (Grabeni) ve Çevresinin Basitleştirilmiş Jeoloji ve Genç Fay Haritası 37

Şekil 2.4. Konya'nın Ilgın İlçesini Kapsayan Çalışma Alanının Stratigrafik Dikme Kesiti 41

Şekil 3.1. AlphaGUARD PQ 2000 PRO Radon Dedektörü 46

Şekil 3.2. AlphaGUARD ile Toprakta Radon Ölçümü için Kullanılan Sistem..... 47

Şekil-3.3. AlphaGUARD Radon Dedektörünün Ölçüm Alanına Yerleştirilmesi 49

Şekil 3.4. AlphaGUARD Cihazının Önden Şematik Görünüşü ve Ebatları 51

Şekil 3.5. AlphaGUARD Cihazının Alttan Şematik Görünüşü ve Ebatları 52

Şekil 3.6. AlphaGUARD Cihazının Sağ Yandan Şematik Görünüşü ve Ebatları ... 53

Şekil 3.7. AlphaGUARD İyonizasyon Odasının Şematik Gösterimi 54

Şekil 3.8. Genitron AlphaPUMP (P.R.M.A. Kullanım Kılavuzu)..... 55

Şekil 3.9 Toprak Gazı Sondası ve Ürünleri (P.R.M.A. Kullanım Kılavuzu)..... 56

Şekil 5.1 Ilgın Çavuşçu Gölü Çalışma Alanı Faylar ve Ölçüm Noktaları 60

Şekil 5.2 Konya Selçuklu-Meram-Karatay Çalışma Alanı Faylar ve Ölçüm Noktaları61

Şekil 5.3. Konya Selçuklu Meram Karatay 1. Hat (1,2 ve 3. lokasyonlar)..... 67

Şekil 5.4. Konya Selçuklu Meram Karatay 2. Hat (4,5,6 ve 7. lokasyonlar)..... 67

Şekil 5.5. Konya Selçuklu Meram Karatay 3. Hat (8,9,10,11 ve 12.lokasyonlar)..... 68

Şekil 5.6. Konya Selçuklu Meram Karatay 4. Hat (13,14,15,16 ve 17. lokasyonlar)68

Şekil 5.7. Konya Selçuklu Meram Karatay 5. Hat (18,19,20 ve 21. lokasyonlar)..... 69

Şekil 5.8. Konya Selçuklu Meram Karatay 6. Hat (22,23,24 ve 25. lokasyonlar)..... 69

Şekil 5.9. Konya Selçuklu Meram Karatay 7. Hat (26,27,28,29 ve 30 lokasyonlar) 70

Şekil 5.10. Konya Selçuklu Meram Karatay 8.Hat (31,32,33,34 ve 35. lokasyonlar)70

Şekil 5.11. Konya Selçuklu Meram Karatay 9. Hat (36,37,38,39,40,41 ve 42. lokasyonlar) 71

Şekil 5.12. Konya Selçuklu Meram Karatay 10. Hat (43,44,45,46,47, ve 48. lokasyonlar) 71

Şekil 5.13. Ilgın 1. Hat (1,2,3,4,5 ve 6. lokasyonlar) 80
Şekil 5.14. Ilgın 2. Hat (7,8,9,10,11 ve 12. lokasyonlar) 80
Şekil 5.15. Ilgın 3. Hat (13,14,15,16 ve 17. lokasyonlar) 81
Şekil 5.16. Ilgın 4. Hat (18,19,20,21, ve 22. lokasyonlar) 81
Şekil 5.17. Ilgın 5. Hat (23,24,25,26 ve 27. lokasyonlar) 82
Şekil 5.18. Ilgın 6. Hat (30,31,32,33,34,35 ve 36. lokasyonlar) 82
Şekil 5.19. Konya İli Selçuklu-Meram-Karatay İlçeleri Çalışma Alınanından Alınan Radon Konsantrasyonları ve Aritmetik Ortalaması 85
Şekil 5.20. Ilgın Çavuşçu Gölü Çalışma Alanı Alınanından Alınan Radon Konsantrasyonları ve Aritmetik Ortalaması 86
Şekil 5.21. Örnek Konya İli Meram Selçuklu Karatay ilçelerinden ölçülen Basınç Değişim Grafiği (30. Lokasyon) 87
Şekil 5.22. Örnek Konya İli Meram Selçuklu Karatay ilçelerinden ölçülen Nem Değişim Grafiği (9. Lokasyon) 88
Şekil 5.23. Örnek Konya Ilgın İlçesinden Ölçülen Sıcaklık Değişim Grafiği (4. Lokasyon)..... 89
Şekil 5.24. Örnek Konya Ilgın İlçesinden Ölçülen Radon Konsantrasyonunun Zamansal Değişim Grafiği (11. Lokasyon)..... 90
Şekil 5.25. Örnek Konya İli Meram Selçuklu Karatay ilçelerinden ölçülen Radon Konsantrasyonunun Zamansal Değişim Grafiği (24. Lokasyon)..... 90
Şekil 5.26. Örnek Konya İli Meram Selçuklu Karatay ilçelerinden ölçülen Radon Konsantrasyonunun Zamansal Değişim Grafiği (3. Lokasyon)..... 91
Şekil 5.27. Örnek Konya İli Meram Selçuklu Karatay ilçelerinden ölçülen Radon Konsantrasyonunun Zamansal Değişim Grafiği (27. Lokasyon)..... 91

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Radyasyon Çeşitleri 5
Çizelge 1.2. Radyasyon Kaynakları 6
Çizelge 1.3. Doğal Fon (background) Radyasyondan Alınan Ortalama Yıllık Doz.... 8
Çizelge 1.4. Radyasyon Doz Birimleri 10
Çizelge 3.1. AlphaGUARD Monitörünün Bazı Teknik ve Fiziksel Özellikleri 46
Çizelge 5.1. Konya İli Selçuklu-Meram-Karatay İlçelerinden Alınan Toprak Gazı Ölçüm Sonuçları 61
Çizelge 5.2. Konya Ilgın İlçesinde Alınan Toprak Gazı Ölçüm Sonuçları 75

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Konya kenti merkez olmak üzere yaklaşık 120 km çaplı bir alanda yer alan yakın çevresi için tehlike oluşturabilecek aktif faylarda, toprak radon gazı hareketi ile süreksizlikler arasındaki ilişkileri saptamaktır.

Türkiye'de bugüne kadar aktif fayların incelenmesine yönelik yapılan çalışmalar daha çok, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay sistemleri üzerine yoğunlaştırılmıştır. Ancak Konya ili ve çevresinde bu tip bir çalışma henüz gerçekleştirilmemiştir. Konya ili Ilgın ilçesi Çavuşçu Gölü civarı ve Konya İli Selçuklu-Meram-Karatay ilçelerinde yoğunlaştırılan bu çalışma, bölgenin diri tektonik aktivitesine ışık tutacak birincil verileri içereceğinden jeoloji, jeofizik, inşaat, şehir bölge planlama ve mimarlık alanlarında çalışanlar, proje sonuçlarını doğrudan kullanabileceklerdir.

Ayrıca sağlık sorunlarının oluşumunda temel çevresel etmenler ve bunlara neden olan öğeler halk sağlığı açısından giderek daha önemli olmaktadır. Bu etmenlerin, toplum sağlığı üzerinde oluşturacağı etkileri kontrol altında tutması gerekmektedir. Akciğer kanserine bağlı ölümlerin en önemli nedenlerinden birisi de radon gazıdır.

Radon gazı sürekli iç içe olduğumuz ve yaşadığımız çevrenin bir parçasıdır. Radonun temel kaynaklarından birisi de kayalar ve topraklardır. Bu çalışma ile aynı zamanda radon kaynaklı sağlık sorunlarına da ışık tutabilecektir.

1.2. Kaynak Araştırması

1.2.1. Radyoaktivitenin Kısa Tarihçesi

Radyoaktivite ilk kez 1896 yılında H. Becquerel tarafında keşfedilmiş ve 1911 yılında E. Rutherford'ın çekirdekli atom teorisi ile bu alandaki çalışmalar ivme kazanmıştır.

Becquerel'in radyoaktiviteyi buluşu atomun proton ve elektronlardan oluştuğunu doğrulamıştır. Ayrıca 1909' da iki bilim adamı H. Geiger ve E. Marsden alfa taneciklerinin ince metal levhalardan saçılmalarını araştırırken, alfa parçacıklarından birçoğunun sadece, küçük sapmalara metal levhayı delip geçtiğini, ancak 1/10.000 'inin neredeyse gerisin geriye saçıldıklarını deneysel olarak gözlemlemiştir. Bu gözlemler Thomson atom öngörüsüne pek uymuyordu çünkü kütle bakımından bir elektronun 7300 katı olan alfa parçacıklarının kendisine nazaran çok küçük olan elektronlar nedeniyle 180 derecelik açılarla saçılmaları mümkün değildi. Thomson modeline göre alfa tanecikleri sadece küçük açılarla saçılmalıydı (Değerlier, 2007; Akyıldırım, 2005).

Bu gelişmeler ışığında olaya en uygun açıklama 1911 yılında Rutherford tarafından yapılmıştır. Rutherford benzeri bir deneyi ince altın yapraklarını alfa tanecikleriyle bombardıman ederek gerçekleştirmiş ve meşhur deneyi sonucunda Geiger ve Marsden ile aynı sonuca ulaşmıştır. Rutherford, atomun artı yükünün ve kütlesinin neredeyse tamamının çekirdek adı verilen küçük bir hacimde toplandığını ve çekirdek çevresindeki kısmın boş olduğu tezini ileri sürmüştür. Böylece alfa taneciklerinin küçük ve büyük açılı saçılmalarının açıklaması yapılabilmiştir. (Değerlier, 2007; Akyıldırım, 2005).

1.2.2. Radyoaktivite ve Radyasyon

Kararsız atom çekirdeğinin kararlı duruma geçebilmesi için çeşitli ışın veya parçacık yaymasına radyoaktivite, yayınlanan ışın veya parçacıklara da radyasyon denmektedir.

Her atomun çekirdeği şüphesiz kararsız değildir; yani radyoaktivite çekirdek için ayırt edici fiziksel bir özelliktir. Kararsız olan çekirdekler alfa (α), beta (β) ve

gamma (γ) gibi yüksek enerjili parçacıklar salarak kararlı hale gelirler.

Radyoaktif bozunmaya uğrayan bir çekirdek, eğer doğada kendiliğinden bulunuyor veya kendiliğinden bozunan bir çekirdeğin ürünü ise bu doğal radyoaktifliktir. İnsanların laboratuvarlarda, nükleer reaktörlerde veya hızlandırıcılarda bir atomun çekirdeğini nötron veya yüklü parçacıklar ile bombardıman etmesi sonucunda o elementin farklı çekirdeklerini üretmesine de yapay radyoaktiflik denir (Arıcı, 1996).

1.2.3. Radyoaktif Bozunma Türleri

1.2.3.1. Alfa Bozunumu

Dört kütle birimi ile iki elektrik yük birimine sahip olan Helyum çekirdeğine denk bir parçacığın çekirdekten atılmasına alfa bozunması adı verilmektedir. Radyoaktif bozunumlar arasında çekirdeğin en büyük kütle, elektriksel yük ve enerji kaybı alfa bozunumu ile olur. Alfa bozunumu ile çekirdeğin fiziksel ve kimyasal özellikleri değişir. Alfa parçacıkları madde içerisinden geçerken iyonlaşma meydana getirerek tamamen soğurulurlar ve enerjilerini kaybederler.

Alfa bozunumu,

$$\frac{A}{Z}X \rightarrow \frac{A-4}{Z-2}Y + \frac{4}{2}He$$

şeklindedir. Burada X ana çekirdek Y ise ürün çekirdektir.

Örnek olarak; $^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + ^{4}_{2}He$

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}He$$

bozunumları verilebilir (Kulalı, 2009).

1.2.3.2. Beta Bozunumu

Çekirdek içindeki kararsızlık, proton veya nötron sayısının diğerine göre fazla gelmesinden ileri geliyorsa, fazla olanın diğerine dönüşmesiyle çekirdeğin kararlı hale gelmesi beta bozunumu olarak ifade edilir.

Beta bozunumlarının şematik gösterimleri

$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + e^{-} + \bar{\nu}$ β^- bozunumu (Örnek; $^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + e-$)

$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + e^{+} + \bar{\nu}$ β^+ bozunumu ($^{25}_{13}Al \rightarrow {}^{25}_{12}Mg + e-$) (Değerlier,2007; Akyıldırım, 2005).

1.2.3.3. Gama Bozunumu

Atom çekirdeği yüksek enerji durumdan düşük enerji durumuna bir alfa veya beta parçacığı yayınlayarak geçer. Ancak çoğu kez hemen kararlı duruma geçemez. Çekirdekte kalan fazla enerji bir foton veya elektromanyetik dalga halinde yayınlanır ve gama ışını adını alır. Gama ışınlarının elektriksel yükleri yoktur.

Gama bozunumunun şematik gösterimi $\left({}^{A}_{Z}X\right)^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma$ şeklindedir (Akyıldırım, 2005).

1.2.4. Radyoaktif Bir Numunenin Yarı Ömrü

Radyoaktif maddenin ayırt edici bir özelliği olan yarı ömür radyoaktif bir elementin başlangıçtaki çekirdek sayısının yarıya inmesi için geçen zamandır. $T_{1/2}$ ile gösterilen yarı ömrü bulmak için $N=N_{0/}/2$ alınırsa

$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t}, e^{-\lambda t} = \frac{1}{2}$ $T\,1\!\!/\!_{2} = \frac{0{,}693}{\lambda}$ olacaktır.

Yarı ömür çekirdeğin kimyasal ve fiziksel etkilerle değişmeyen bir özelliğidir (Özderya, 2009).

1.2.5. Radyoaktif Bir Numunenin Ortalama Ömrü

Tek bir radyoaktif atomun ne kadar yaşayacağı bilinmez, ancak bir grup atomun ortalama ömründen söz edilebilir. Ortalama ömür radyoaktif atomların sayısının başlangıç değerinin $e^{-1} = 0{,}368$ katına indiği ana kadar geçen süredir.

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{0{,}693} = 1{,}44.T$$

Ortalama ömür, radyoaktif sönüm sabitinin tersi veya yarı ömrün 1,44 katına eşittir. Bu üç kavramdan birinin bilinmesi diğerlerinin bulunması için

yeterlidir (Akyıldırım, 2005).

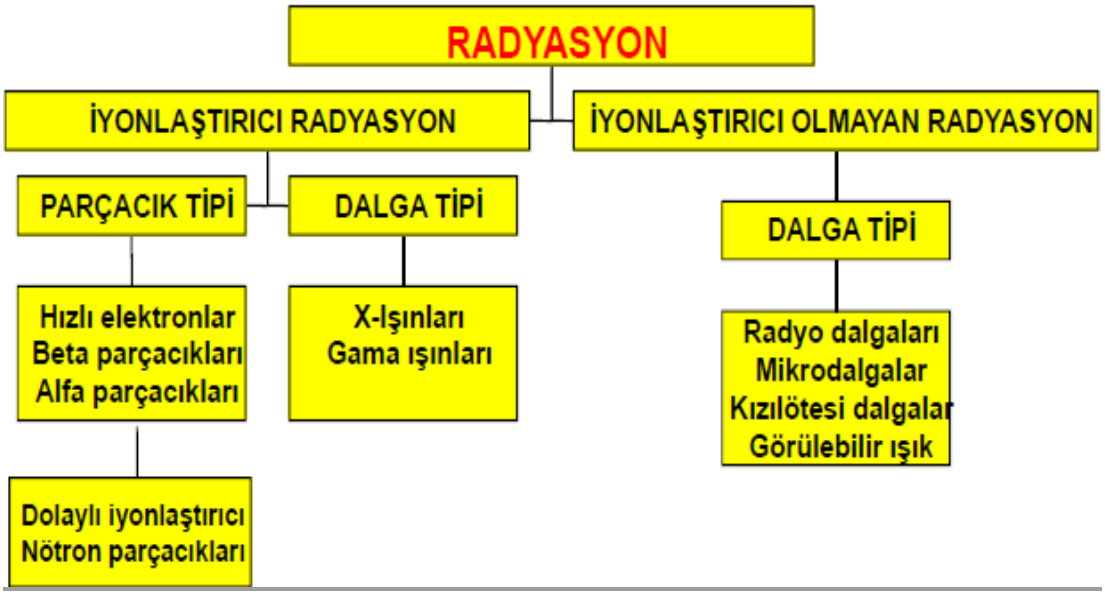
1.2.6. Radyasyon Çeşitleri

Radyasyon, madde üzerinde meydana getirdiği etkilere göre iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak ikiye ayrılır. Gama ışınları, alfa, beta radyasyonları ayrıca X-ışınları, kozmik radyasyon ve nötron radyasyonu iyonlaştırıcı özelliktedirler.

İyonlaştırıcı olmayan radyasyon; ultraviyole, kızılötesi, radyo dalgaları, mikrodalgalar gibi sıralanabilir (Çizelge 1.1).

Ultraviyole ışınlarının temel kaynağı güneştir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Çizelge 1.1. Radyasyon Çeşitleri



1.2.7. Radyasyon Kaynakları

1.2.7.1. Yapay Radyasyon Kaynakları

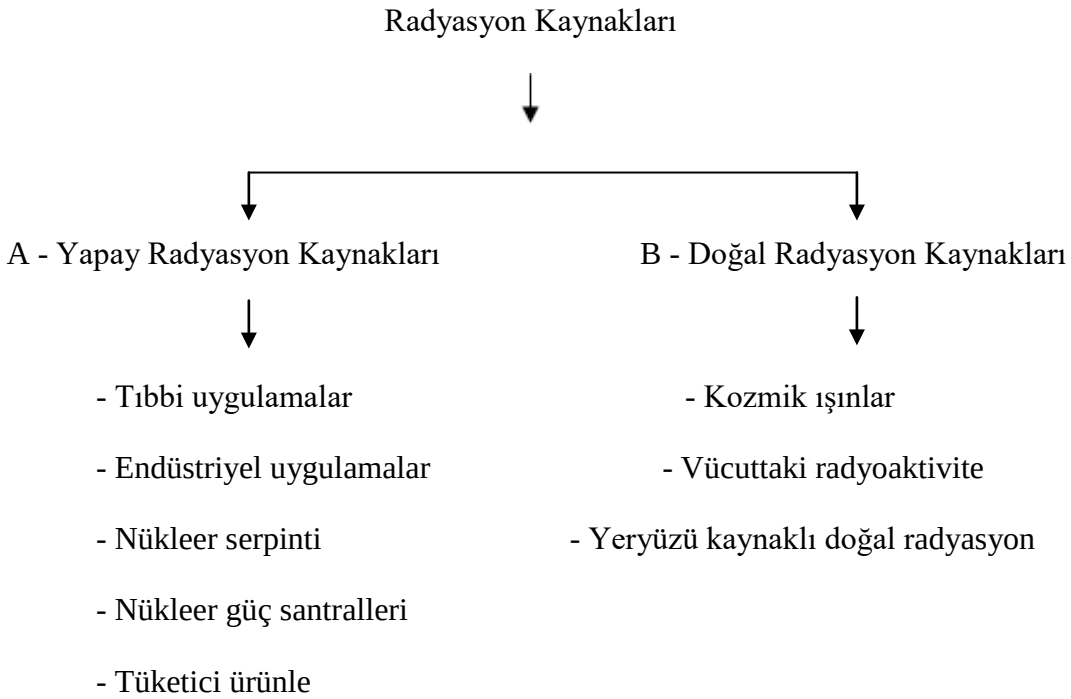
Yapay yollarla, hızlandırıcılarda veya nükleer reaktörlerde radyoaktif çekirdek üretilmesi sonucunda meydana çıkan radyasyona yapay radyasyon denir. Gelişmekte olan nükleer enerji endüstrisi ve radyoaktif maddelerin tıp, endüstri, tarım gibi çeşitli araştırma alanlarında kullanılması sonucu meydana gelen radyoaktif atıklar sebebiyle yapay yollarla üretilen radyasyon insan hayatına olumsuz yönde girmiştir (Çizelge 1.2) (Kulalı, 2009).

1.2.7.2. Doğal Radyasyon Kaynakları

Doğada kendiliğinden bulunan kararsız çekirdeğin bozunması sonucunda ortaya çıkan radyasyona doğal radyasyon denir. Doğal radyoaktif elementler genel olarak kara ve uzay kökenli olmak üzere iki grupta toplanır.

İnsanoğlu ve diğer canlılar, milyonlarca yıldan beri gelen kozmik ışınlar ve yerkürede bulunan doğal radyoaktif maddelerden yayılan radyasyonla ışınlanmakta olup; tüm canlıların varoluşlarından bu yana sürekli olarak doğal radyasyonla iç içe yaşamaktadırlar (Kulalı, 2009).

Çizelge 1.2. Radyasyon Kaynakları



1.2.8. Yüksek Doğal Fon (Background) Radyasyon Alanları

Dünya üzerinde kuvvetli, yüksek doğal fon (background) radyasyon seviyelerine sahip büyük nüfuslu bazı alanlar vardır. En yüksek olanları Brezilya, İran, Hindistan ve Çin'de bulunmaktadır (Çizelge 1.3). Yüksek radyasyon seviyesi, topraktaki yüksek radyoaktif mineral konsantrasyonları nedeniyledir.

İlmenit minerali ile birlikte deniz kumunda oluşan, karakteristik renkli ve az bulunan bir çeşit kum olan monazit minerali, yüksek çözünürlüğe sahip değildir.

Monazitteki temel radyonüklitler ^{232}Th serisindendir.

İran'ın Ramsar bölgesinde yaşayan kişiler, dış karasal kaynaklardan yılda 132 mSv kadarlık yüksek radyasyon dozuna maruz kalırlar. Bu bölgedeki yüksek doğal fon radyasyonunun temel nedeni, sıcak kaynak sularının yüzeye akmasıyla ^{226}Ra ve onun bozunum ürünlerinin suda çözülmesi ve bu suların yüzeyde oluşturdukları travertenlerdir. Ramsar'da turistler ve bölge yaşayanları tarafından içme suyu olarak kullanılan çeşitli radyum konsantrasyonuna sahip dokuz farklı sıcak kaynak suyu vardır.

Çizelge 1.3. Doğal Fon Radyasyondan Alınan Ortalama Yıllık Doz (Değerlier, 2007)

Alan	Ortalama (mGy/yıl)	Maksimum (mGy/yıl)
Ramsar, İran	10,2	(260)
Guarapari, Brezilya	5,5	(35)
Kerala, Hindistan	3,8	(35)
Yangjiang, Çin	3,51	(5,4)
Hong Kong, Çin	0,67	(1,00)
Norveç	0,63	(10,5)
Fransa	0,60	(2,20)
Çin	0,54	(3,0)
İtalya	0,50	(4,38)
Dünya Ortalaması	0,50	
Hindistan	0,48	(9,6)
Almanya	0,48	(3,8)
Japonya	0,43	(1,26)
USA	0,40	(0,88)
Avusturya	0,37	(1,34)
İrlanda	0,36	(1,58)
Danimarka	0,33	(0,45)

1.2.9. Radyasyon Doz Birimleri

Radyasyon birimlerinin başlıcaları aktivite, ışınlama, soğrulan doz ve eşdeğer dozdur (Çizelge 1.4).

İyonlaştırıcı radyasyonun madde üzerindeki etkisi, radyasyonun maddede ne kadar iyonizasyon meydana getirdiğine bağlıdır. Etki ise radyasyon tipine ve enerjisiyle ilgilidir. Ölçülebilmesi için radyasyonun soğurulmalarını ölçebilecek birimlerin bulunması gerekir. ICRU (International Commity of Radiation Units - Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi) önce aktivite için Curie (Ci), soğurulan doz için Rad, eşdeğer doz birimi için rem ve ışınlama için de Roentgen birimlerini

kabul etmiştir. 1971 yılında ICRU MKS birim sisteminin kabulüyle SI birimlerini tanımlamıştır (Akyıldırım, 2005).

1.2.9.1. Aktivite Birimi

Özel Birim: Curie (Ci)

SI Birimi: Becquerel (Bq)

Curie: Saniyede $3,7x10^{10}$ parçalanma veya bozunma gösteren maddenin aktivitesidir. Radyoaktivite ölçümü için kullanılan aktivite birimidir.

Bequerel: Saniyede 1 parçalanma yapan çekirdeğin aktivitesidir.

1 Ci = $3,7xl0^{10}$ Bq

1.2.9.2.Işınlama Birimi

Özel Birim : Röntgen (R)

SI Birimi: Coulomb/kg (C/kg)

Röntgen: Normal hava şartlarında havanın 1 kg'ında $2,58x10^{-4}$ C'luk elektrik yükü değerinde pozitif ve negatif iyonlar oluşturan x ve gama ışını miktarıdır.

1 R = $2,58xl0^{-4}$ C/kg

1.2.9.3. Soğrulma Doz Birimi

Özel Birim : Rad

SI Birimi: Gray (Gy)

Rad: Işınlanan maddenin 1 kg'ına 10^{-4} joule'lük enerji veren radyasyon miktarıdır. Soğurulan enerji parçacık veya foton olabilir. Herhangi bir tip radyasyonun madde tarafından absorbe edilen doz miktarıdır.

Gray : Işınlanan maddenin 1 kg'ına 1 joule'lük enerji veren radyasyon miktarıdır.

1 Rad = 0,01 Gy

Rem **:** Ölçülmüş radyasyon ışımasının biyolojik etki oluşturan doz eşdeğeridir.

1 Sv = 100 Rem = 1 J/kg

Çizelge 1.4. Radyasyon Doz Birimleri (Akyıldırım, 2005; Değerlier, 2007)

Ölçü Miktar	Yeni Birim Sembol	SI Birimi	Eski Birim Sembol	Eski/Yeni Birim Birbirleri ile ilgisi
Işınlama	…….	C/kg	Röntgen (R)	1 R=2,58.10-4
Soğurulan doz	Gray (Gy)	j/kg	Rad(rad)	1 rad=0,01 Gy
Eşdeğer doz	Sievenrt (Sv)	j/kg	Rem (rem)	1 rem=0,01 Sv
Aktivite	Becquerel (Bq)	Sn^{-1}	Curie (Ci)	1 Ci=3,7.10

1.2.10. Bazı Radyoaktif Elementler ve Özellikleri

1.2.10.1. Uranyum

Uranyum, doğada hiçbir zaman serbest olarak bulunmaz ancak çeşitli elementlerle birleşerek uranyum minerallerini meydana getirir. En kolay oksijenle birleşmesidir. Hemen her tip kayaç içerisinde ve sularda az miktarda da olsa bulunabilir. Yeraltı su tablasının üstünde, yüzey ve yüzeye yakın yerlerdeki mevcut oksidasyon şartlarında +6 değerlikli uranyum içeren ikincil uranyum mineralleri kolayca eriyebilirler (sudaki pH değerinin artmasıyla) ve uranil iyonları halinde solüsyona geçerek yeraltı suları vasıtasıyla uzun mesafelere taşınırlar. Uranyum, doğada +6 ve +4 değerlikli olarak bulunur. +4 değerlikli olan uranyum mineralleri birincil uranyum mineralleri olup suda erimezler. Uygun şartlarda +6 değerlikli uranyum içeren ve suda eriyen ikincil uranyum minerallerine dönüşürler (Değerlier, 2007).

Uranyum doğal elementlerin en ağırıdır. Atom çekirdeğinde 92 proton, 146 nötron ve 7 enerji düzeyinde 92 elektron bulunur. Atom yarıçapı 1,43 A^0'dur. Erime noktası 1132°C ve kaynama noktası 3818 °C'dir. Uranyum allotropik bir metaldir yani değişik sıcaklıklarda farklı özellikler gösterir. Bu farklılık kristal yapısındaki değişmeden ileri gelir.

Uranyumun doğada kütle sayıları 230, 234, 235 ve 238 olmak üzere 4 izotopu bulunur. Bunlardan ^{238}U 'in bulunma oram % 99,28 olup genellikle ^{234}U ile dengededir.

1.2.10.2. Radyum

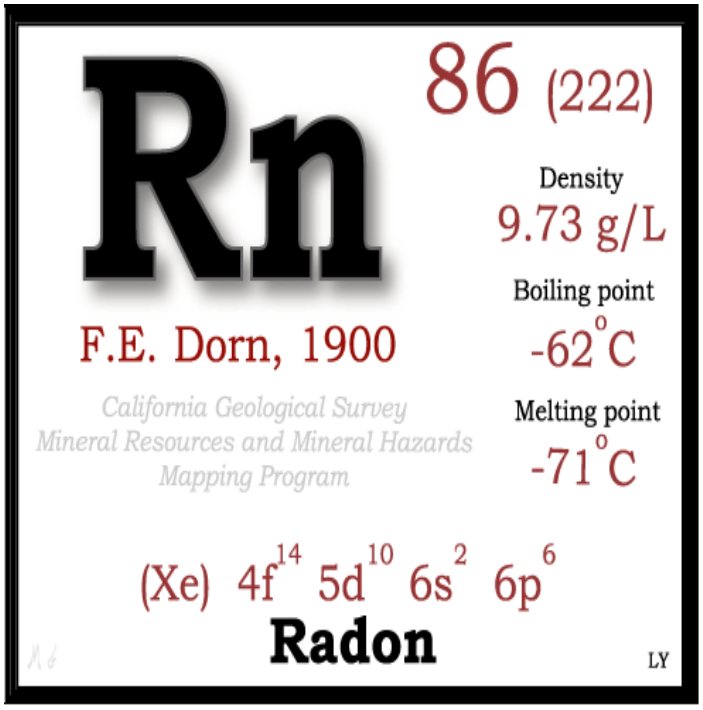
Radyum elementi 1898'de Marie ve Pierre Curie tarafından keşfedilmiştir. Doğal olarak bulunan 4 izotopu vardır ve ^{238}U ve ^{232}Th bozunma serilerinin birer üyesi olan ^{226}Ra ve ^{228}Ra doğada en çok bulunan radyum izotoplarıdır.

Radyum α ve β ışınları ile γ fotonları yayar. Berilyum ile karıştırıldığı zaman nötron üretir. Radyumun bütün izotopları radyoaktiftir. 10 ton uranyum minerali içerisinde 1 g radyum bulunmaktadır. Uranyumun radyoaktif parçalanması sonucunda ve radyum klorür tuzunun elektrolizi ile elde edilebilir. Atom numarası 88'dir. Kütle numarası 213'den - 230'a kadar, yarı ömrü ise 10^{-3} saniyeden 1620 yıla kadar değişir.

^{236}Ra bir α yayınlayıcısı olup, yarı ömrü 1600 yıldır. Uzun yarı ömürlü olması nedeniyle , 3,84 gün yarı ömürlü ^{222}Rn oluşumunda bir üreteç görevi yapar.

1.2.10.3. Radon Gazı ve Özellikleri

Doğal kaynaklardan alınan radyasyon dozunun en önemli bileşeni olan radon, 1898'de Fredrich Ernst Dorn tarafından bulunmuştur. Doğal kaynaklardan alınan radyasyon dozunun en önemli bileşenidir. Radon; uranyumun mevcut olduğu tüm kayalardan, topraktan gelmekte ve gaz olması nedeniyle bulunduğu ortamın boşluklarında ilerleyerek atmosfere ve sulara kaçma eğilimi göstermektedir. Radon 3,84 gün yarı ömrüyle, doğada bulunan tek radyoaktif gazdır (Akkurt, 2006).



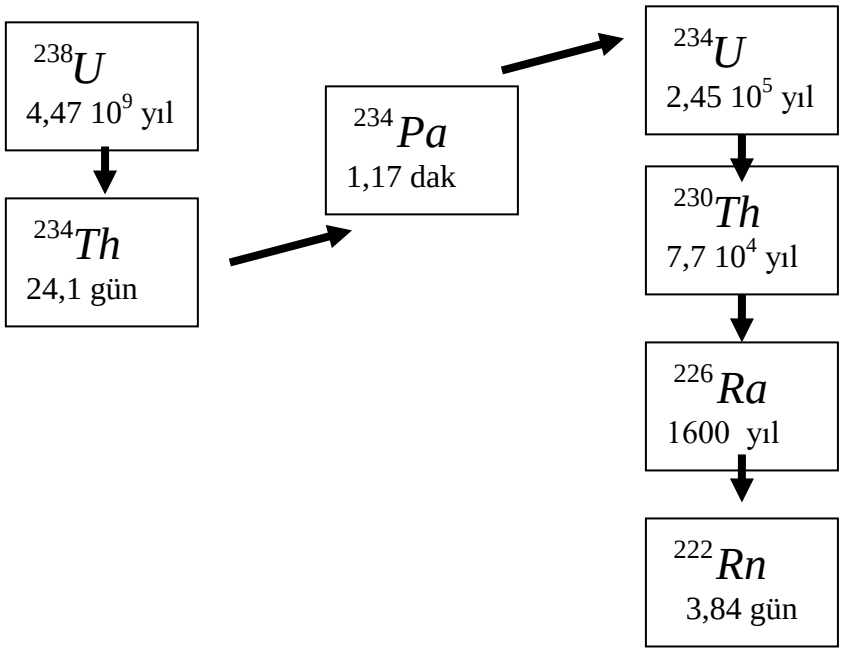
Şekil 1.1. Radon Gazı ve Özellikleri (www.conservation.ca.gov/cgs/)

Radon, normal sıcaklık ve atmosfer basıncında gözle görülemeyen renksiz, kokusuz, tatsız bir gazdır. Elementlerin periyodik tablosunda asal gazlar grubu denilen 8A grubu ve 6. periyotta bulunmaktadır. Elektron ilgisinin düşük ve iyonlaşma enerjisinin yüksek olması nedeniyle kolayca bağ yapamaz. Su ve organik çözücülerde iyi çözünür ve çözünürlüğü artan sıcaklıkla azalır. Erime noktası -71°C, kaynama noktası ise -61,8°C'dir. Bütün dünyada yalnız 100 ton, toprakta ise ortalama 1 pCi/l civarında bulunmaktadır (www.wikipedia org/wiki/radon).

Radon donma sıcaklığının altındaki sıcaklıklara kadar soğutulursa, sıcaklık düşüşüyle orantılı bir şekilde sarılığı artan parlak bir fosforesans görünümünü alır. Radon gazı elektrik iletkenliği hiç olmayan ve ısı iletkenliği de 0,0000364 W/cmK gibi çok düşük bir değere sahip olan bir asal gazdır. Radonun atomik yarıçapı $l,34x10^{-10}$ m ve atomik kesitinin alanı 0,72 x 10^{-24} cm^2 'dir. Havadan 9 kat yoğundur. Tek atomlu şekilde bulunur. Bu nedenle kağıt, deri, plastik, boya ve bina malzemeleri gibi materyallere kolayca nüfuz eder.

Ancak elektron ilgisi yüksek olan bazı atomlarla etkileşip kararlı bileşikler yapabilir. Uranyumun bozunması ile oluşan birçok radyonüklitten biri de radondur. Kimyasal olarak aktif bir gaz değildir.

^{222}Rn, Uranyumun yine doğada en çok bulunan izotopu olan ^{238}U ' in bir ürünüdür. ^{238}U - ^{222}Rn arasındaki bozunma zinciri öncelikle Uranyumun bir alfa yayınlayarak ^{234}Th 'e bozunmasıyla başlar. ^{234}Th, β ve γ salarak ^{234}Pa 'e (^{234}Protaktinyum) dönüşür. Protaktinyum yine β ve γ ile ^{234}U oluşturur. ^{234}U ise γ ve α bozunmasıyla ^{230}Th ' a; ^{230}Th ise γ ve α ile ^{226}Ra 'a bozunur. Son olarak ^{226}Ra yine bir γ ve α salarak ^{222}Rn oluşur (Şekil 1.2).



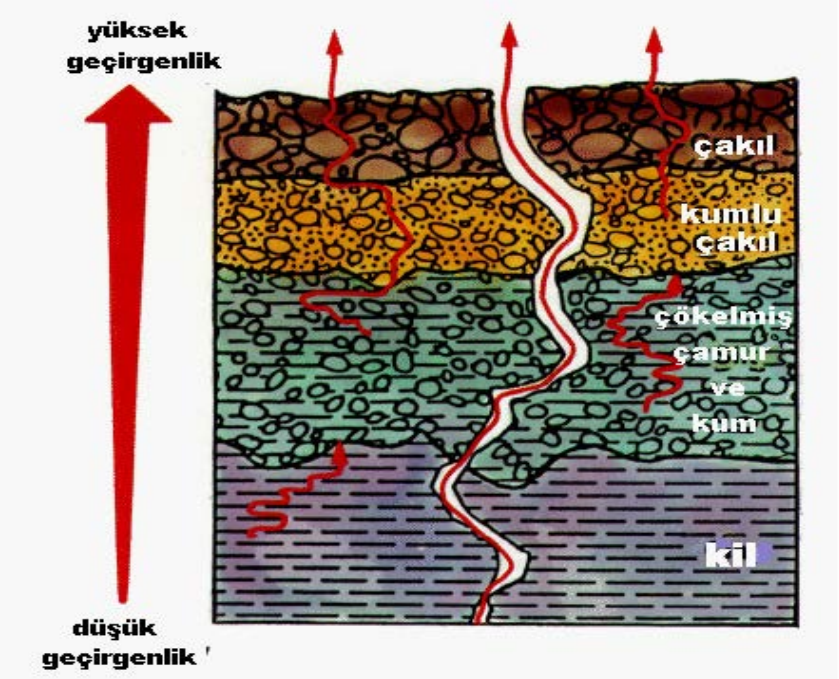
Şekil 1.2. Radon Oluşum Serisi (Özkorucuklu ve ark., 2006)

1.2.11. Radonun Bulunduğu Yerler

Radon gazının çoğunlukla bulunduğu yerler, toprak, hava, su, ve yapı malzemeleri başlıkları altında incelenebilir.

Radon gaz olması nedeniyle bulunduğu ortamın boşluklarında ilerleyerek

atmosfere ve sulara kaçma eğilimi göstermektedir. Radon topraktaki gözeneklerde, kayalarda yarıklarda, iri kum ve çakıl gibi geçirgen topraklarda daha hızlı hareket eder (Özkorucuklu ve ark., 2006).



Şekil 1.3. Radonun Toprak Gazı ile Hareketi (Kulalı, 2009)

Radon yer kabuğunu meydana getiren uranyum ve toryum içeren kayaçlarda ve toprakta çok yaygın olarak bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar metamorfik ve volkanik kayaçların radyoaktif madde içeriğinin, tortul kayaçlardan fazla olduğunu göstermiştir. Kayaçlarda bulunan uranyumun bozunması sonucunda zincirin bir parçası olan radyum difüzyona uğrayarak daha üst katmanlardaki toprağa karışır. Uzun ömürlü olan radyum da toprak içinde sürekli bozunup ^{222}Rn atomlarının toprak parçacıkları ve mineralleri arasında serbest kalmasını sağlar. Topraktan havaya sızan radon gazı miktarı toprak özelliklerine bağlıdır. Bunun yanı sıra radon gaz olduğu için kapalı ortamlar radon için uygun ortamlardır.

Doğal kaynaklardan alınan radyasyon dozunun en önemli bileşeni olan radon gazının başlıca kaynağı, yer kabuğunda bulunan uranyumun (^{238}U) bozunma zincirinde açığa çıkan uzun yarı ömürlü radyumun (^{226}Ra) bir izotopudur. Radyumun

bozunmasıyla açığa çıkan radon, topraktaki gözeneklerden atmosfere difüzyon yoluyla karışır ve atmosferik radon yoğunluğunu artırır. Yağmurlu ya da yağışlı havalarda yüzeydeki toprak nem oranı artar ve toprak gözenekleri kapanır. Alttan yüzeye yönelmiş radon toprağın üst gözeneklerinde tutulur ve radonun aşağıdan yukarıya difüzyon yoluyla geçişi zorlaşır. Sonuçta toprak yüzeyindeki radon yoğunluğunda azalma olur. Sıcaklığın yükselmesi toprağın kurumasını sağlayacağından gözenekler artar ve böylece radonun topraktan kaçışı kolaylaşır. Bazen radon atomları, kapalı gözeneklere girerler ve buralardan kaçamazlar. Radon izotoplarının hepsi uranyum kökenli olduğu için, radonun kaynağı da dolaylı olarak yer kabuğudur. Eğer suların bir kolu uranyum yatağından geçiyorsa yatağı yıkayan sularda uranyum ve radyum çözünür ve tabii ki radon gazı çıkışı gözlenir. Bu yüzden termal sularının çıkış noktalarında radon gazı yoğunluğu artar. Termal suların sıcak olmaları, geçtikleri yerlerde daha fazla minerali, dolayısıyla uranyum tuzunu çözebilmeleri ve yerin daha derin noktalarından yeryüzüne çıkmasından dolayı termal sularda ve derin kuyu sularında radon toprak gazı konsantrasyonunun daha fazla olması beklenmektedir.

1.3. Literatürdeki Çalışmalar

CR-39 katı nükleer iz dedektörü (SSTNDs) ile yaz aylarında Yunanistan'ın kuzey ve kuzeybatısında 5 aktif fayda radon gazı ölçülmüştür. Fay hatlarına en yakın istasyonda ölçülen maksimum radon gazı konsantrasyonu 13000 Bq/m^3'tür. Çalışma alanında ölçülen minimum radon gazı konsantrasyonu 2000 Bq/m^3'tür. Aktif fay alanlarında yapılan radon gazı haritalanması, toprak radon kesitlerinin, alttaki tabakanın morfolojisinden etkilendiğini göstermektedir. 5 aktif fayın tamamında fay ekseninin üzerindeki veya en yakınındaki noktalara yaklaştıkça radon seviyeleri artmaktadır. Bu radon artışının muhtemelen süreksizliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Detaylı bir radon haritası yaparak bilinmeyen fayların yerini saptamak için etkili bir araç ortaya konabilir (Ioannides ve ark., 2003).

Konya şehir merkezindeki kuyu sularının radon yoğunluk seviyeleri ölçülmüştür. Bu su kuyuları, Konya şehrindeki evlere çeşme suyu teminin de

kullanıldığından bu ölçümlerin toplum sağlığı için önemli görüldüğü ve bu çalışmada 16 ayrı noktada yapıldığı ve elde edilen ölçüm sonuçları 2,29 - 27,27 Bq/l aralığındadır. Bu ölçüm sonuçlarının Dünya Sağlık Örgütünün yayınladığı tehlike limitlerinin çok altında olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık düşüşü radon çözünürlüğünü artırdığı için kuyu sularının radon yoğunluk seviyelerinin genellikle yazın, ilkbahardan daha düşük olduğu söylenmektedir. Buna ek olarak radon seviyeleri ile kuyuların derinliği arasında pozitif bir bağlantı olduğu belirtilmiştir (Erdoğan ve ark., 2013).

Konya ilindeki termal sularda 2012 yılının ilkbahar ve yaz aylarında AlphaGUARD PQ 2000PRO cihazı ile radon konsantrasyonları ölçülmüştür. 10 tane örnek alınmıştır. Sonuçlar ilkbahar aylarında 0,60–73,89 kBq/m^3 aralığında ve yaz aylarında ise 0.67-41.11 kBq/m^3 aralığındadır. İlkbahar aylarındaki ölçümler sonucunun yaz aylarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.. Bütün ölçümlerin Dünya Sağlık Örgütü'nün yayınladığı tehlike sınırı değerlerinden daha düşük olduğu belirtilmiştir (Erdoğan ve ark., 2013).

Arazide morfolojik belirti vermeyen ancak son 10000 yıllık dönemde hareket etmiş kırık izlerinin tespit edilmesi, hendek çalışmalarında zaman ve ekonomiden kazandırması açısından çok önemlidir. Hendeklerin bu izleri üzerinde isabetli bir şekilde açılması, uzun yıllar deprem üretmemiş ve tortul depolanmanın fazla olduğu, gömülü yerlerde oldukça zor olmaktadır. Bu amaçla uygulanan toprak radon değerinin ölçümü yöntemi, pratik ve anında sonuç vermesi açısından önemlidir. Bu yöntemde arazide yapılan gözlemsel çalışmalarla aktif kırığın geçtiği yerin kabaca belirlenmesinden sonra, portatif Markus10 toprak radon ölçüm cihazı ile birkaç metrelik aralıklarla alınan ölçümlerle kırık izinin yeri hassas bir şekilde saptanmış ve ayrıca Adıyaman Gölbaşı Balkar beldesinin güneybatısında Karaçemçe deresinde KB-GD doğrultulu bir hat boyunca yapılan radon ölçümü örnek çalışmasında Markus10 toprak radon cihazı ile kBq/m^3 değerinden radon sayımı yapılmıştır. 0–36 kBq/m^3 arasında radon konsantrasyon değerleri elde edilmiştir. Fayın geçtiği hat boyunca ve yakınında yapılan ölçümlerde, radon değerinde yükselme görülmüş, muhtemel fay hattından uzaklaştıkça değerlerde çok net bir düşme gözlenmiştir. Bu

sonuçların muhtemel fay hattı hakkında verdiği bilgi ile arazide herhangi bir kazım işlemi olmadan zamandan ve ekonomiden kazanım sağlayarak uygun yer seçimi yapılabileceği düşünülmüştür (Erkmen ve ark., 2007).

Adana ili ve çevresinin çevresel doğal radyoaktivitesinin saptanması ve doğal radyasyonların yıllık etkin doz eşdeğerinin bulunması adlı doktora çalışmasında, Adana ili ve çevresinin toprağında, yüzeye yakın atmosferinde, deniz, göl ve içme sularında bulunan doğal radyonüklitlerin aktivite konsantrasyonları belirlenmiştir. Ayrıca yaz ve kış dönemi olmak üzere Adana ilinin en soğuk olduğu 2 ay ve en sıcak olduğu 2 aylık süreler içerisinde 60 farklı evde ^{222}Rn gazı incelemesi yapılmış ve sonuç olarak insanların bir yıl içerisinde bu doğal radyonüklitlerden yayınlanan radyasyonlardan ne oranlarda doz aldıkları saptanmıştır. Adana ili yüzey toprağı tüm il genelinde 38 ölçüm noktasından toplanmıştır. Adana ili için yapılan ölçümlerde ^{238}U, ^{226}Ra, ^{232}Th ve ^{40}K için bulunan değerler dünya ortalamasının altındadır. Suyun radyolojik yönden incelenmesi ve doğal radyasyon seviyelerinin belirlenmesi, insan sağlığını doğrudan ilgilendirdiği için önemlidir. Adana İlinde ölçümü yapılan deniz, göl ve nehir suları dahil tüm sularda toplam α radyoaktivite konsantrasyonu 0,0003 Bq/l ile 0,8463 Bq/l değerleri arasında toplam β radyoaktivite konsantrasyonu 0,0189 Bq/l ile 6,81 Bq/l değerleri arasında değişmektedir. Toplam α ve β radyoaktivite konsantrasyonu için en yüksek değerler Karataş ve İncirlik (Yumurtalık) bölgelerinden alınan deniz suyu örneklerinde bulunmuştur. Karataş deniz suyu örneğinde toplam α konsantrasyonu 0,8463 Bq/l, β konsantrasyonu 3,7395 Bq/l olarak bulunmuştur. İncirli (Yumurtalık) deniz suyu örneğinde ise toplam α 0,703 Bq/l ve toplam β konsantrasyonu 6,81 Bq/l olarak bulunmuştur. İçme suyu olarak kullanılan sularda ise toplam α aktivite konsantrasyonu 0,003 Bq/l ile 0,0229 Bq/l değerleri arasında toplam β aktivite konsantrasyonu 0,0189 Bq/l ile 0,2907 Bq/l değerleri arasında değişmektedir. Adana İli şehir merkezindeki evlerde yapılan kış dönemi ölçümlerinde (Ocak-Şubat 2005), radon konsantrasyonu 15 Bq/m^3 ile 97 Bq/m^3 değerleri arasında ölçülmüştür ve ortalama radon konsantrasyonu ise 49,3 Bq/m^3 olarak bulunmuştur. Yaz dönemi (Haziran–Temmuz 2005) ölçümlerinde ise radon konsantrasyonu 5 Bq/m^3 ile 64 Bq/m^3 değerleri arasındadır ve ortalama radon konsantrasyonu ise 26,8 Bq/m^3 olarak bulunmuştur. Adana ili

evlerinde kış dönemi ve yaz dönemi radon konsantrasyon ölçümlerinde hiçbir evde Dünya sağlık örgütünün tanımladığı 100 Bq/m^3'lük üst limit değeri aşılmamıştır. Yaz ve kış dönemi ortalama ev içi radon konsantrasyon değeri, Türkiye ortalamasının biraz üzerinde, 46 Bq/m^3 olan dünya ortalamasının ise altındadır (Değerlier, 2007).

Kuzey Anadolu fayında yapılan radon gazı ölçümleri iki şekilde uygulanmaktadır. Uzun süreli ölçüm yöntemi 6 ay ile 1 yılı kapsamaktadır. Kısa süreli ölçüm yöntemi ise net süre belirtilmemekle birlikte en az 1 haftadır. Bu ölçümlerde küçük plastik kaplar 15-20 cm'lik çukurlara yerleştirilip üstü toprakla örtülmektedir. Çukurlar birkaç metre aralıklarla varlığından şüphe edilen fayın doğrultusuna dik ve onu kesen bir hat boyunca açılmaktadır. Bu yöntem fay izini ortaya çıkarmada kullanılan kolay ve pratik bir yöntemdir. Radon ölçümleri, radon ve izotoplarının radyoaktif bozunması sonucu yayılan α partiküllerinin izlenmesiyle yapılmaktadır. Ölçümlerin tekrar edilebilirliği hava koşullarının özellikle ısının benzer olması şartına bağlıdır. Bu yöntem, sadece deprem üreten aktif fayların izlenmesinde değil aktif olmayan fayların izlenmesinde de yararlı olduğu hatta bu fayların da bir miktar radon aktif alanlar oluşturduğu sonucu elde edilmiştir. Aktif veya aktif olmayan bazı fay hatlarında yapılan ölçümlerde deniz, göl gibi su kenarlarında yapılan ölçümlerde yüksek değerler elde edilmiştir. Kuzey Anadolu fayında yapılan ölçümlerde alfa izi yoğunluğu normalin çok üzerindedir. Uzun süreli ölçümlerle bölgede elde edilen en yüksek değer kış aylarına rastlamaktadır. Her iki yöntemde de elde edilen alfa izi yoğunluğu Kuzey Anadolu fayında normalin çok üzerindedir (Kuşçu ve ark., 1992).

Radon gazı suda kolaylıkla çözünen asal bir gaz olduğundan bileşik yapmaz. Yeraltı sularındaki konsantrasyonu, suyun kompozisyonu ve mineralizasyonu gibi özelliklerinden etkilenmez. Bu nedenle yeraltı sularındaki radon konsantrasyonlarındaki değişimlerin büyük ölçüde tektonik hareketlere bağlı olarak geliştiği ileri sürülmektedir (Teng, 1980; Virk ve Singh.,1993).

Doğu Anadolu aktif fay hattında toprak ve suda radon ve uranyum konsantrasyonları CR-39 pasif nükleer iz dedektörü kullanılarak ölçülmüştür.

Topraktan alınan 14 tane örnekten elde edilen maximum uranyum konsantrasyonu 138 ± 6.1 Bq/kg olarak ölçülürken, minimum uranyum konsantrasyonu 12.4 ± 1.2 Bq/kg olarak ölçülmüştür. Ayrıca içme suları, yeraltı suyu ve akarsulardan da örnekler alınmıştır. Ölçülen radon konsantrasyonları 132.5 ile 3319.3 Bq/m^3aralığında değişim göstermektedir. Araştırmalar göstermiştir ki topraktaki radon (^{222}Rn) akışı sadece topraktaki uranyum içeriğine ve dağılımına bağlı değildir. Süreksizliklere, neme ve hava durumu parametrelerine göre değişkenlik gösterir. Ölçülen su örneklerinde yeraltı sularında radyum ve radon konsantrasyonlarının diğer sulardan daha yüksek olduğu görülmüştür. İçme sularında ise radyum ve radon konsantrasyonları en düşüktür. Yeraltı sularında radon konsantrasyonunun yüksek oluşu topraktaki uranyum konsantrasyonuna hidrotermal çözelti ve kayalardaki depreme bağlı stres ile orantılıdır ve diğer sulardan genellikle daha yüksektir. Fay hatlarına sahip bölgeler diğer bölgeleri çevreleyen kayalara göre yeryüzüne sıvı taşınmasında daha geçirgen bir özelliğe sahiptirler. Yeryüzüne sıvı taşınması esnasında radon gazı atmosfere sızmaktadır (Baykara ve Doğru, 2006).

Yeraltı sularında radon ölçümlerinin yapılması sonucunda Çin'de 7.3 büyüklüğündeki Haicheng depreminin önceden sezilmesiyle şehir depremden saatler önce boşaltılarak yüz binlerce kişinin hayatı kurtarılmıştır (Tanner, 1980).

Yunanistan'ın Midilli Adası'nda ölçülen topraktaki radon konsantrasyonunun 8000-20000 Bq/m^3 arasında değiştiği gözlenmiştir. Bu ölçülen değerler günlük, aylık olarak değerlendirilmiş, deprem verileri ile karşılaştırılmış ve meteorolojik etkilerin radon yoğunluğu üzerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında radon konsantrasyonundaki anomalilerin meydana gelecek olan depremin büyüklüğüne, uzaklığına ve sıklığına bağlı değişimler gösterdiği ve depremin habercisi olduğu görülmektedir. Deprem verileri ile radon konsantrasyonundaki değişimlerin karşılaştırılması depremin yerinin anlaşılması bakımından önemlidir. Ölçülen değerlerde basınç, hemen hemen sabit kabul edilebilecek kadar önemsiz değişimler göstermektedir. Sıcaklık ve nem ise birbiriyle ters orantılı değişimler göstermektedir. Sıcaklığın en yüksek olduğu saatlerde radon değerlerinin düşük olduğu söylenebilir. Yağmur şeklindeki yağışlar topraktaki gözeneklere inerek buradaki gazın ani çıkışını sağladığı için yüksek miktarda radon

çıkışı gözlenmektedir. Bu olayı izleyen günlerde ise toprağın barındırdığı aşırı nem gaz çıkışını tamamen engellemektedir (Kulalı, 2009).

Çalışma alanındaki en önemli fay, Kuaterner esnasında temel birimleri ile Konya göl çökelleri arasında oluşan Konya Fayı'dır. Fayın genel uzanımı kuzey - güney yönünde olup 40-50 km kadardır. Eğim yönü ise doğuya doğrudur. Konya fayı bir gravite fayı olup şiddetli deprem üretmesi mümkün görülmemektedir. Bunlar dışında tespit edilen ufak faylar bulunmaktadır. Bölge için KOSKİ'nin yapmış olduğu, yeraltı su seviyesi ölçümlerine göre bölgede yeraltı su seviyesinin 40-60 metre de olduğu belirtilmiştir (Tekdere ve ark., 2009).

Radon konsantrasyonları ile sismik olaylar ve volkanik patlamaları gözlemlemek amacıyla LR 115 tip II katı hal nükleer iz dedektörü ile uzun süreli bir izleme yapılmıştır. 13 farklı istasyonda yapılan ölçümlerde Meksika'nın Pasifik kıyısındaki sismik ve volkanik hareketliliğe bağlı olarak yüksek değerler gözlenmiştir. 0-35000 Bq/m^3 arasında değişim gösteren radon konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. Ölçülen radon konsantrasyon değerleri bölgede meydana gelen fırtına, tayfun ve ölçüm yapılan yerin jeolojik yapısına bağlı olarak değişim göstermektedir (Segovia ve ark., 1999).

Afyonkarahisar bölgesi kuyu sularında yapılan ölçümlerde radon ve radyum konsantrasyonları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre radyum konsantrasyonu 0,07-7,16 Bq/l arasında değişmektedir. Radon konsantrasyonu ise 0,42-28,82 Bq/l arasında değişmektedir. Yeraltı sularından alınan 10 örnekten 6'sı Ocak-Mart aylarında ve diğer 4'ü Haziran-Ağustos aylarında alınmıştır. En yüksek radon konsantrasyonu haziran ayında ölçülmüşken, en düşük radon konsantrasyonu mart ayında ölçülmüştür. Bu farklılığın nedeni bölgenin jeolojik yapısı, su kuyusunun derinliği ya da iklim şartları olabilir. Yeraltı sularında ve toprak gazında elde edilen radon anomalilerinin, süreksizliklerin tespitinde ve sismik olayların izlenmesinde önemli olduğu bilinmektedir (Yalım ve ark., 2007).

Doğu Karadeniz Bölgesi içme sularında radon (^{222}Rn) analizi yapılmıştır. İnsan sağlığını tehdit eden radyasyonu meydana getiren radyoaktif çekirdeklerden en önemlisi radon gazıdır. Radyumun (^{226}Ra) bozunma ürünü olan radon bazı yeraltı

sularında oldukça yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Doğadaki radyoaktif çekirdeklerin %89'unu radon gazı oluşturmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde 11 farklı yerleşim yerinden alınan su örnekleri, sıvı sintilasyon cihazı (Liquid Scintillation Counting-LSC) ile yapılan ölçümlerde radon (^{222}Rn) aktiflik konsantrasyonu ortalama 10,82 Bq/l olarak bulunmuştur. Radon konsantrasyonunun yüksek çıkmasının sebebi su depolarının bulunduğu bölgelerin toprak yapısıdır. Çünkü Doğu Karadeniz Bölgesi'nde gözeneksiz bir yapıya sahip olan ve aşınmaları oldukça zor olan volkanik kayaçlar hakimdir (Damla ve ark., 2005).

CR-39 nükleer iz dedektörü kullanılarak Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi merkez kütüphanesinde radon gazı ölçümleri yapılmıştır. Kütüphane iki katlı olup her kata 6 dedektör yerleştirilmiş, 61 gün süreyle radon gazına maruz bırakılmıştır. Toplanan dedektörler Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (SANAEM) radon ölçüm laboratuarlarında %25 sodyum hidroksit çözeltisinde, 90 ^{o}C sıcaklıkta 4 saat süreyle kimyasal iz kazıma işlemine tabi tutulmuştur. Temizlenip kurutulan CR-39 filmleri bilgisayara bağlı optik okuma sistemiyle otomatik olarak taranmış ve film üzerindeki izler sayılmıştır. Radon konsantrasyonu hesaplamalarında kullanılan kalibrasyon faktörü için 45,74 (KBq/m^3)/(iz/saat) değeri alınmıştır. Kütüphanedeki ortalama radon konsantrasyonu 67-417,2 Bq/m^3 değerleri arasında farklılık göstermektedir. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nde belirtilen 400 Bq/m^3'lük sınır değeri yalnızca bir ölçümde aşılmıştır. Bu bölüm merkez kütüphanenin kitap deposudur. Sağlık riskinin azaltılması için kütüphanenin havalandırılması, zeminde bulunan odaların tabanlarına şap ve beton dökülerek topraktan yalıtılması, varsa duvardaki çatlakların onarılması tavsiye edilmiştir (Kürkçüoğlu ve ark., 2009).

Radon hakkındaki ilk çalışmalar 1956 yılında İsviçre'de başlamıştır. Radon, kayaçlardaki uranyumun (^{238}U) bozunması sonucu toprağa karışmakta ve oradan da atmosfere yayılmaktadır. Isparta ilinde belirlenen bazı yerlerde AlphaGUARD radon dedektörü kullanılarak radon yoğunlukları ölçülmüş ve veriler değerlendirilmiştir. Yalıtımı iyi yapılmamış binaların bodrum katlarında radon konsantrasyonunun arttığı

gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, bol miktarda radon ihtiva eden ponza gibi yapı malzemelerinin kullanılmaması tavsiye edilmiştir (Özkorucuklu ve ark., 2006).

Polonya'nın Krakow şehrinde AlphaGUARD PQ2000 PRO radon dedektörü ve CR-39 pasif nükleer iz dedektörü ile yapılan toprak gazı radon (^{222}Rn) konsantrasyonu ölçülmüştür. Kaydedilen ortalama radon konsantrasyonu 39000 Bq/m^3 olarak bulunmuştur. Faya yakın rasgele seçilen noktalarda ölçülen radon konsantrasyonu, Krakow bölgesinde elde edilen ortalama radon konsantrasyonundan yaklaşık 2,5 kat daha yüksektir. Bu çalışmanın amacı Krakow bölgesinin fay zonlarındaki radon ölçüm sonuçlarını rapor etmektir. Elde edilen maximum radon konsantrasyonu 89000 Bq/m^3'tür. Radon konsantrasyonu, fay hatlarına yaklaşıldığında ve fay hattı boyunca maximum değerlere ulaşmaktadır. Radyum ve radon yeryüzüne doğru taşınırken bir kil tabakasının içinde birikmiş olabilir. Kalın killi tabakalar, çalışılan bölgede ölçülen yüksek radon konsantrasyonunun bir sebebi olabilir (Swakon ve ark., 2005).

İstanbul'da deniz suyundan 4, göllerden 4, kar ve yağmur sularından birer numune alınarak ^{226}Ra, ^{222}Rn, ^{214}Pb, ^{214}Bi, ^{40}K, ^{137}Cs aktivite konsantrasyonunu belirlemek için ölçümler yapılmıştır. Baraj ve göllerden elde edilen radon konsantrasyonu 0,019-0,048 Bq/l aralığında değişmektedir (Karahan ve ark., 2000).

İzmir Körfezi'ndeki aktif faylar ve bölgenin depremselliğine etkisi incelenmiştir. Faylar, yerkabuğundaki deformasyon enerjisinin artması sonucu, kayaç kütlelerinin, bir kırılma düzlemi boyunca yerlerinden kaymasıyla ortaya çıkan kırıklardır. Bir bölgenin, jeolojik ve jeomorfolojik yapısının oluşmasında fayların önemli etkileri vardır. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) çalışma yöntemi kullanılarak İzmir Körfezi'nde kuzey kenarında kuzeydoğu, kuzey-kuzeybatı ve yaklaşık doğu-batı uzanımlı 3 fay takımı saptanmıştır. Faylar, düşük kayma (rake) açılarına ve yüksek eğim derecelerine sahip doğrultu atımlı faylardır (Kılıç, 2006).

İzmir'in fay hatlarında yer alan termal sular, aylık periyotlarla incelenmiştir. Termal sularda radon ölçümleri, suyun çıktığı ana kaynaktan 100 ml'lik numuneler şişelere alınarak yapılmıştır. Cumalı istasyonu termal sularında radon konsantrasyonlarının 0,1-16,6 Bq/l, Karakoç istasyonu termal sularında radon

konsantrasyonlarının 0,3-10,2 Bq/l, Doğanbey 1 istasyonu termal sularında radon konsantrasyonunun 0,3-56,3 Bq/l ve Doğanbey 2 istasyonu termal sularında radon konsantrasyonunun 0,3-7,7 Bq/l arasında değiştiği gözlenmiştir. Çalışma alanındaki jeotermal suların fay hatlarından kaynaklandığı düşünüldüğünden belirli aralıklarla analiz edilip, rapor edilmesi gerekmektedir. Özellikle radon, kanser sebepleri arasında önemli bir yere sahiptir (Camgöz ve ark., 2010).

Mısır'ın başkenti Kahire'nin bir parçası olan Gize'yi (El Giza) çevreleyen antik Gize Mezar Kenti'nde bulunan üç anıtsal piramitten en eski ve en büyük olan Keops Piramidi (Büyük Piramit) içerisinde etkin doz ölçümleri ve radon aktivite konsantrasyonu LR-115 ve CR-39 pasif nükleer iz dedektörleri ile ölçülmüştür. Ocak ve Aralık 1998 tarihleri arasında ölçümler yapılmıştır. Kış aylarında özellikle şubat ayında en yüksek radon konsantrasyon değeri 170 Bq/m^3 olarak ölçülmüştür. Yaz aylarında (haziran ve temmuz) en düşük radon konsantrasyon değeri 20 Bq/m^3 olarak ölçülmüştür. Ayrıca piramit içerisindeki radon konsantrasyonunun yükseklikle arttığı gözlenmiştir (Hafez ve ark., 2003).

Afyonkarahisar ve civarındaki termal sularının radon ve radyum konsantrasyonları ölçülmüştür. Su numuneleri 10 farklı kuyudan değişik periyotlarla alınarak Pylon Electronics tarafından üretilen AB-5R model radon dedektör ile analiz edilmiştir. Bu çalışma sonucu elde edilen radon konsantrasyonu 0,085-44,57 Bq/l ve radyum konsantrasyonunu 0,062-4,94 Bq/l değerleri arasında değişmektedir. Bulduğumuz radon konsantrasyonları değerleri radyum konsantrasyonları değerlerinden daha fazla çıkmıştır. Bunun sebebi; radyum suda eriyerek yeraltı sularına kadar ilerleyemeden toprak tarafından emilmekte, radon ise toprak ve kayalardan suya karışmaktadır. Sular içerisinde bulunan en önemli doğal radyoaktif madde olan radyumun kaynağını suların içinden geçtiği kütleler içerisindeki radyoaktif maddeler oluşturmaktadır. Sularda bulunan radon gazının kaynağını sularda çözünmüş radyum tuzları oluşturur. Fakat bazı sular içerdikleri radyum tuzu yoğunluğuna göre çok daha yüksek yoğunluklarda radon gazı içermektedir. Bu suların fazla radon konsantrasyonuna sahip olmaları, kayalardan geçmeleri sırasında çatlaklardan sızan radon gazından kaynaklanmaktadır. Buna karşı radyum tuzlarının

ancak temas halindeki sularda süzülerek çözünmesiyle açıklanabilmektedir (Akkurt ,2006).

İngiltere'de Creswell Crags mağaralarında radon gazı ölçümü yapılmış ve değerler 27-7800 Bq/m^3 aralığında bulunmuştur. İnsan sağlığı açısından en önemli risklerden birisi olarak radyasyon gösterilmeye başlanmış ve buna en önemli katkıyı da radon gazının yaptığı belirtilmiştir (Gillmore ve ark., 2002).

İzmir kenti merkez olmak üzere yaklaşık 50 km yarıçaplı bir alanda yer alan aktif faylarda LR-115 nükleer iz kazıma dedektörü ile radon gazı ölçümleri yapılmış, termal sularda radon gazı hareketi ile sismolojik veriler arasındaki ilişkiler saptanmıştır. Deprem öncesi zamanlarda termal kaynaklardan alınan su örneklerinde ve toprak gazı radon konsantrasyonlarında dikkate değer değişimler gözlenmiştir. Depremlerin meydana geliş zamanlarının ve yerinin tahmin edilmesinde kullanılan önemli verilerden bir tanesi de toprakta ve sularda radon gözlemleridir. Ayrıca jeofiziksel, jeolojik, coğrafik ve kimyasal verilerden yararlanılarak depremlerin tahmin edilmesi daha sağlıklı bir şekilde yapılabilir (Güloğlu, 2007).

İtalya'da Calabria'nın kuzeyinde fay hatlarında yapılan radon konsantrasyonu ölçümlerinde gözlemlenen minimum ve maximum değerlerin 1-38,82 Bq/l arasında olduğu ve fay hatları ile radon anomalileri arasında net bir ilişkinin varlığından söz edilmiştir (Tansi ve ark.,2005).

İzmir'in Seferihisar bölgesinde meydana gelen deprem büyüklükleri ile radon konsantrasyonları arasındaki korelasyonlar değerlendirilmiştir. İzmir bölgesi aktif fay hatlarındaki radon düzeyleri RD-200 sintilasyon dedektörü ile ölçülmüş ve radon ölçüm sonuçları, İzmir ve çevresinde meydana gelen depremler ile karşılaştırılmıştır. Bazı istasyonlarda deprem büyüklükleri ile radon konsantrasyonları arasında değişimler gözlendiği, sonuçların değerlendirilmesinde, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından verilen sismik verilerden yararlanılmıştır. Depremin önceden tahmin edilmesinin radon çıkışının izlenmesiyle mümkün olabileceği belirtilmiştir (Saç ve Camgöz, 2005).

Hindistan'ın Himalayalar bölgesinin kuzey batısındaki Kangra vadisinde radon konsantrasyonu ölçümleri yapılmıştır. Radon konsantrasyonu ile atmosferik basınç arasında herhangi bir korelasyon olmadığı görülmüştür (Kumar ve ark., 2009).

Rusya'nın Sibirya bölgesinin Tomsk şehrinde 50 ayrı noktada radon konsantrasyonları ölçülmüş, 1700-24000 Bq/m^3 arasında değişen değerlere ulaşılmıştır. Ortalama radon konsantrasyonu 11000 Bq/m^3 olarak bulunmuştur. Meteorolojik parametrelerle radon konsantrasyonu arasındaki korelasyon katsayısının çok küçük olduğu tespit edilmiş, toprak gazı radon değerleri ile toprak sıcaklığı, nemi ve basıncı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiye rastlanılmamıştır (Iakovleva ve Ryzhakova, 2003).

Toprak gazı radon değerleri ile meteorolojik değişkenler (sıcaklık, basınç ve nem) arasındaki korelasyon katsayısı küçük olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (Shapiro ve ark., 1980; King ve ark., 1996; Toutain ve Baubron, 1999; Yaprak ve ark., 2003; Zmazek ve ark., 2003; Miklavcic ve ark., 2008;).

Yerkabuğundan atmosfere yayınlanan radon miktarı genellikle küçüktür, ancak fay hatlarında ve volkanik hareketler sırasında ölçülen radon miktarlarında anomaliler gözlenmektedir (King, C.Y., 1978; Khan, H.A. ve Qureshi, A.A., 1994) .

Aktif Gediz grabeninde yer alan Manisa'nın Alaşehir yöresinde 42 istasyonda radon gözlem ağı kurulmuş ve toprak gazı radon konsantrasyonlarındaki zamansal değişimler LR-115 katı hal nükleer iz dedektörleri ile ölçülmüştür. Çalışma boyunca, toprak gazı radonun yanı sıra barometrik basınç, sıcaklık, yağış ve nem gibi meteorolojik parametreler sürekli olarak gözlenmiştir. Bu çalışmada topraktaki radon gazı değişimi ile deprem şiddeti arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Alaşehir bölgesinde gelişen Mw=2,6 ve 2,9 büyüklüğünde depremlerle ilişkili radon anomalileri tanımlanmıştır. Faylarda ve fayların kesişme noktalarında yüksek radon gaz anomalileri, fay düzlemindeki dolgu malzemesinin geçirgenliğinin yanı sıra her bir kayanın kendine özgü bir stres geçmişi olması ve önceden var olan stresin anomali oluşturacak kritik seviyeye yakınlığı ile açıklanmaktadır (İnceoğlu, 2010).

Hindistan'da 1991 yılında Uttarkashi depremi (Mb=6.5, Ms=7.0) ve 1999 yılında ise Chamoli depremi (Mb=6.8, Ms=6.5) meydana gelmiştir. Her iki büyük deprem öncesinde bölgede yapılan helyum ve radon gazı ölçümlerinde anomaliler gözlenmiştir. Chamoli etrafında yeraltı sularında yapılan ölçümlerinde ortalama radon gazı değeri 56,69 Bq/L olarak bulunmuştur (Virk ve Walia., 2001).

Hindistan'da Himalayalar'ın kuzey batısında yeraltı su kaynaklarında radon gazı ölçümleri yapılmıştır. Depremden önce yapılan ölçümlerde radon gazı anomalileri gözlemlenmiştir. Radon gazı ile birlikte diğer gazların da ölçülmesi başarılı bir deprem tahmini için gereklidir (Singh ve ark., 2009).

Türkiye'nin Bursa ilinde kuyu suyu ve şebeke sularında radon konsantrasyonu ölçülmüştür. Ölçümlerde AlphaGUARD PQ2000 PRO radon dedektörü kullanılmıştır. Kuyu sularından 27, şebeke suyundan ise 19 numune alınmıştır. Kuyu sularından elde edilen radon konsantrasyonu 1,46-53,64 Bq/l ve şebeke sularından elde edilen radon konsantrasyonu 0,91-12,58 Bq/l aralığında değişim göstermektedir. Bu veriler ışığında kuyu sularından elde edilen radon konsantrasyon değerlerinin şebeke sularından elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Tarım ve ark., 2011).

Moğolistan'ın başkenti UlanBatur şehrinin etrafındaki faylarda radon konsantrasyonu ölçülmüş ve sismik aktivitelerle ilişkilendirilmiştir. Ölçüm sonucunda 1160 - 20200 Bq/m^3 arasında değişen değerler bulunmuştur. Fay hatlarının yakınlarında radon anomalileri gözlemlenmiştir (Seminsky ve Demberel, 2013).

Suriye'nin güneyinde (Darra, Sweda, Qunetra ve Şam civarında) 36'dan fazla örnek alınarak radon konsantrasyon ölçümleri yapılmıştır. En yüksek radon konsantrasyonu 32500 Bq/m^3 olarak Darra bölgesinde ölçülmüştür. Havada ölçülen radon konsantrasyonu ile topraktaki radon konsantrasyonu arasında herhangi bir korelasyon bulunamamıştır (Shweikani ve Hushari, 2005).

İtalya'nın Stromboli adasıyla aynı ismi taşıyan Stromboli aktif yanardağında 2002-2007 tarihleri arasında radon konsantrasyonları ölçülmüştür. 2002 yılının ilk ayında 470000 Bq/m^3'e ulaşan yüksek radon konsantrasyonu ölçülmüştür. 2003

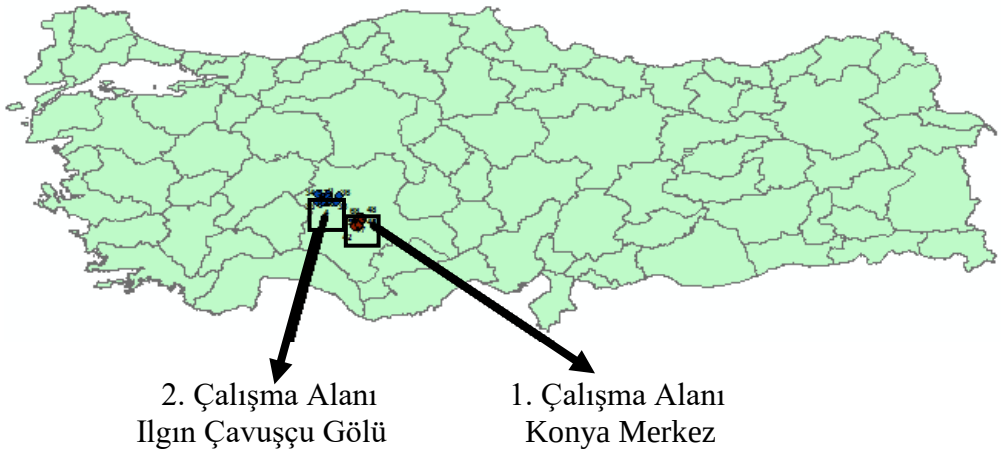
yılının ilk ayında ise 780000 Bq/m^3'e ulaşan yüksek radon konsantrasyonu ölçülmüştür. 27 Şubat 2007 tarihinde gerçekleşen yanardağ patlamasından önce radon konsantrasyon değeri yaklaşık 20000 Bq/m^3 olarak ölçülmüştür. Radon konsantrasyonlarının ölçülmesi yalnızca volkanik patlamaların önceden tahmin edilmesi için değil aynı zamanda volkanik aktivitedeki değişimleri incelemede de etkilidir (Cigolini ve ark, 2013).

İngiltere'nin güney batısında evlerde radon gazı ölçümü yapılarak, uranyum minerali ve fayların bulunduğu bölgelerde Radon (^{222}Rn) konsantrasyonunun yüksek çıktığı görülmüştür. Ayrıca zemin geçirgenliği azaldıkça radon geçişide azalmaktadır. Ortalama radon konsantrasyonu 150000 Bq/m^3'e yakın olduğu ve ölçülen en yüksek radon konsantrasyonu 900000 Bq/m^3 tür (Valey ve Flowers,1992).

Denizli bölgesinde fay hatları boyunca termal ve kaynak sularında radon gazı ölçümleri yapılmış, radon anomalileri ile deprem arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Kızıldere termal sularında radon gazı konsantrasyonları 700 – 2480 Bq/m^3, Kızılsu termal sularında 4440 – 7400 Bq/m^3, Pamukkale termal sularında 7770 – 25940 Bq/m^3, Yenice termal sularında 1440 – 5550 Bq/m^3, İnaltı termal sularında 700 – 3890 Bq/m^3, Tekke kaynak sularında 740 – 13510 Bq/m^3 ve Babacık kaynak sularında 670 – 3890 Bq/m^3 olarak ölçülmüştür. Denizli bölgesinde çalışılan sularda Mayıs ve Aralık 2000 tarihlerini kapsayan zaman diliminde 670 – 25940 Bq/m^3 arasında değişen değerlerde radon konsantrasyonu ölçülmüştür. Radon anomalileri ile deprem arasında ilişki mevcuttur. Depremin önceden tahmin edilmesinde yalnızca radon gazı ölçümleri değil, jeofizik ve jeokimyasal tekniklerde kullanılmalıdır (Erees ve ark, 2007).

2. İNCELEME ALANLARININ TANITILMASI

Coğrafi konum olarak çalışma alanı iki bölümden oluşmaktadır. Her iki alanda engebesiz bir morfolojiye sahiptir. Birinci kısım Konya ili Meram, Karatay ve Selçuklu belediye sınırları içerisini kapsamaktadır. İkinci kısım ise Konya ili Ilgın ilçesi Çavuşçu Gölü etrafını kapsamaktadır. Konya yerleşim alanının kuzeybatı kesimlerinde yer almaktadır. Ilgın ilçesindeki çalışma alanının Konya iline uzaklığı 95 km civarındadır. Ayrıca Ilgındaki çalışma alanında Konya - Afyon demiryolu geçmektedir. Ilgın ilçe toprakları genelde düz olmakla birlikte, kuzey ve güneyden hafif dalgalı engebelerle çevrilidir. Sultan Dağları'nın uzantısı güneybatıdan, Bozdağ'ın uzantıları da güneydoğudan ilçe sınırlarına girmektedir. Dağlık alanlarda yükselti 2000 m'ye kadar çıkmakta olduğu ve güneyde yaylaların egemen olduğu söylenebilir. Kuzeye doğru yükselti azalır ve geniş düzlükler 300 – 500 m dolayında değişen yükseltide tepelerle bölünmüştür. Orta kesimdeki düzlükler Ilgın Ovası adıyla anılmaktadır. Ilgın çalışma alanındaki önemli yerleşim merkezleri Yorazlar, Karaköy, Mecidiye, Boğazkent, Ilıca, Dereköy, Çavuşçu, Gölkaya, Tuzlukcu, Çömlek, Argıthanı, Mahmudiye, Konarı, Misafirli, Karaköy, Tekeler ve Gedikören köyleridir. Köyler arası ulaşım mevcut olup genelde stabilize kaplama türü karayollarıdır. Bazı lokasyonlara ise ancak patika yollar ve yaya olarak ulaşılabilmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Çalışma Alanlarının Türkiye Haritasındaki Yerleri

2.1 İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanı ve çevresinde morfoloji, yapısal ve litolojik özelliklere bağlı olarak değişmekle birlikte genelde kuzey-güney yükseltiler arasında geniş ovalık alanlar şeklindedir. Ortalama yükseklik 1000 m. ile 1500 m. arasında değişmektedir.

Çalışma Alanları ve çevresinde İç Anadolu bölgesinin karasal iklim şartlan etkilidir.

Bölge iklimi yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlıdır. Karasal iklim şartlarının oluşması, coğrafi konum, yeryüzü şekilleri, yükselti ve hava kütleleri ile cephelerin ortaklaşa etkilerinin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Konya, yılda 325,9 mm. ile Türkiye'nin en az yağış alan illerindendir. Yıllık yağışlı gün sayısı toplam 82 gündür. Günlük yağış şiddetinin en yüksek değeri sonbahara, en düşük değeri ise yaz aylarına rastlamaktadır. Yağışlar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde sağanaklar halinde olmaktadır. Yıllık ortalama kar yağışlı gün sayısı 11.8' dir. En çok kar yağışı Ocak'ta görülür (Tekdere ve ark., 2009).

Yağışlar ilkbahar mevsiminde konveksiyonel yağışlar şeklindedir. İlkbaharda kutbi karasal hava kütleleri doğuya çekilir. Böylece batı yönlü hava akımları ile Konya ve çevresine yağmur yağar. Şayet havada ısınma ani ve hızlı olursa konvektif yağışlar oluşur. Bu yağışlara "kırkikindi yağmurları" (Anadolu'da kış ve yaz başlarında genelde öğleden sonra, ikindi saatlerinde görülen yağışlar)

denir. Yaz mevsiminde kutbi hava kütleleri kuzeye kayar. Buna karşılık tropikal hava kütleleri etkili olur. Bununla birlikte çöl kökenli hava kütleleri etkisini artırırsa aşırı kurak iklim şartları ortaya çıkar. Ancak, bu dönemde kutbi hava kütleleri etki alanını genişletebilirse yağışlar görülebilir. Sonbaharda ise havalar değişkendir. Balkanlar üzerinden gelen gezici depresyonların etkisi ile yağışlar ve kuzey yönlü rüzgarlar görülür. Kış aylarında kutuplar çevresinde oluşan karasal ve denizel hava kütleleri ile tropikal hava kütleleri Anadolu üzerinde cephe sistemleri meydana getirir. Bu oluşuma bağlı olarak kar yağışları hakim olur.

Konya ili içerisinde geniş düzlükler olmakla birlikte ovalar ve platolar arasında iklim elemanlarının değerlerinde farklılıklar olmaktadır. Yüksekliğe bağlı olarak sıcaklık düşmekte, yükseltilerde ise tamamen farklı olmaktadır. Konya'da yıllık ortalama sıcaklık 11.5°C'dir. Temmuz ayında ortalama sıcaklık 23°C'dir. Ocak ayında ortalama sıcaklık 0 °C civarındadır. Yaz aylarında maksimum sıcaklık 40°C ve minimum sıcaklık 28.2°C'dir. Sıcaklığın 10°C'nin altına düştüğü gün sayısı ortalama 10, don olaylı gün sayısı ise yaklaşık 100'dür. Kapalı günlerin sayısı 67.2, ortalama nispi nem %60 olmaktadır. Yılda ortalama sisli günler 22.9'dır. Genellikle yağışın %72'si kış ve ilkbahar aylarında düşer. Bitki örtüsü bakımından fakir olan çalışma alanlarından Ilgın bölgesi kuzeyden beslenen dere yataklarında yayılım gösteren meşe, ardıç ve çam ağaçları gözlenir (Tekdere ve ark., 2009).

Selçuklu Meram- Karatay (Konya) bölgesinin en önemli akarsuyu ise Meram Deresi’dir.

2.2. Selçuklu – Meram – Karatay (Konya) Bölgesinin Jeolojik Durumu

2.2.1. Genel Jeoloji

Anadolu, çeşitli tektonik ve tortul olaylar zincirinin oluştuğu "Alp - Himalaya Dağ Oluş Kuşağı" üzerinde yer alır. Anadolu'nun Karadeniz kıyısında" Kuzey Anadolu Dağları (Pontidler)", güneyde ise "Toros Dağları (Toridler)" uzanır. Bu iki kuşak arasında Anatolidler yer alır. Anatolidlerin batı kesimindeki ana bölümünü oluşturan Menderes metamorfitlerinin yaklaşık Akşehir'den başlayarak kuzey ve doğu kenarını takip eden kuşağa "Kütahya-Bolkardağ Kuşağı" adı verilmiştir. Devoniyenden günümüze kadar olan yaş aralığındaki birimler görülür.

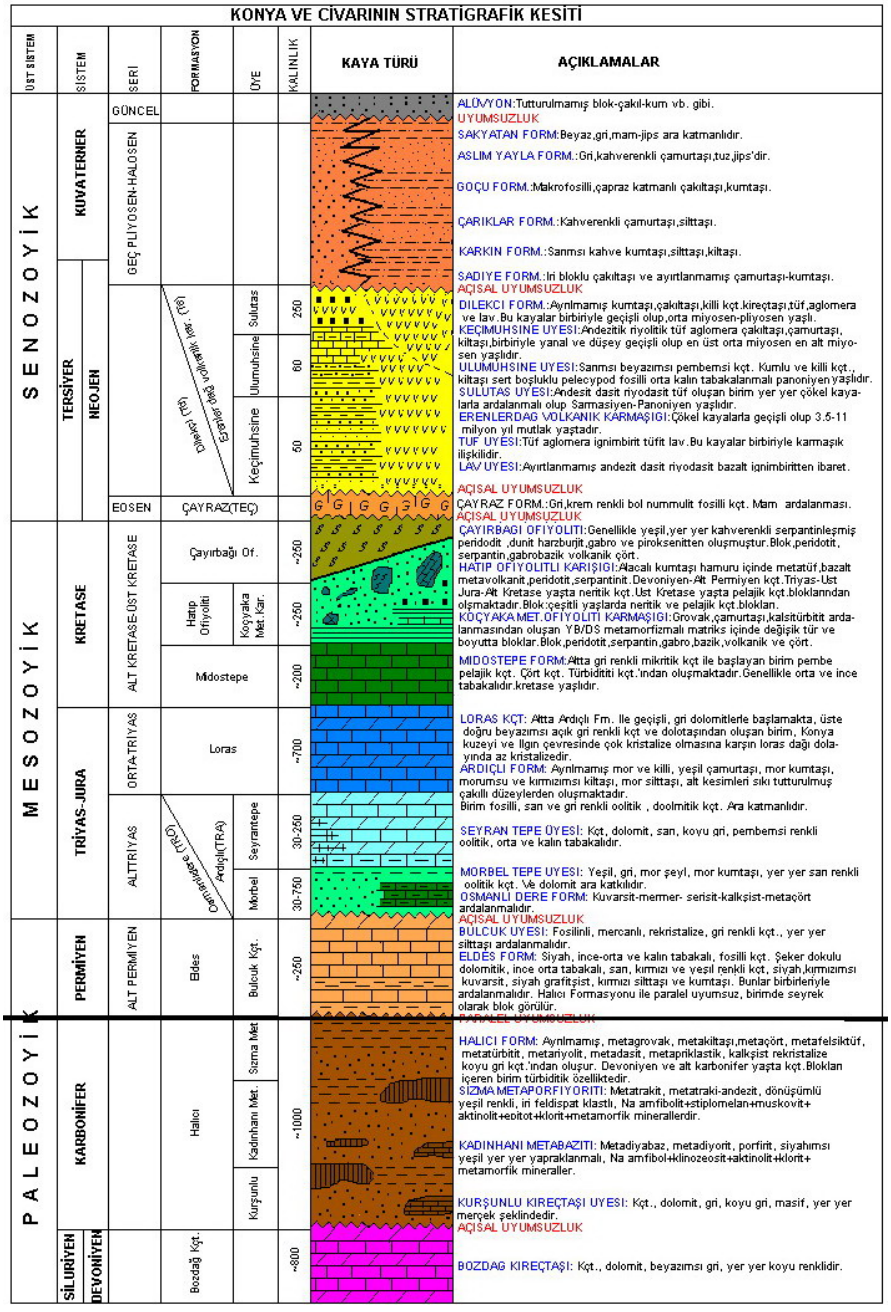
Kaya türü, istif, yapısal konum ve ilişkiler açısından bir bütünlük oluşturan, yüzlerce km süreklilik gösteren bu kuşak Neotetisin kuzey kolunun açılma - kapanma sürecinde kuzeye, bakan pasif kıta kenarı konumu kazanmıştır (Tekdere ve ark., 2009).

Çalışma alanında, "Kütahya - Bolkardağı Kuşağı" nın orta kesimine ait çok evreli, yoğun deformasyon geçirmiş bir istif yer almaktadır.İstifin görünür en alt bölümünü Konya kuzeyindeki Devoniyen yaşlı Bozdağ kireçtaşı oluşturur. Karbonifer yaşlı Halıcı formasyonu uyumsuz olarak bu birimin üzerine gelir.

Alt Triyas yaşlı Ardıçlı formasyonu yukarıda bahsedilen birimler üzerine açısal uyumsuzlukla gelir. Orta Triyas - Jura yaşlı Loras formasyonu uyumlu olarak Ardıçlı formasyonu üzerine oturur. Bunun üzerine de Kretase yaşlı Midostepe formasyonu uyumlu olarak gelir.

Maestrihtiyen - Daniyen (üst Kretase - alt Paleosen) yaş aralığında Çayırbağı ofiyoliti bölgeye tektonik olarak yerleşir. Çoğunlukla masif görünüşlü, yer yer parçalıdır. Bütün bu birimlerin üzerini karasal Dilekçi formasyonu orta Miyosen üstü - alt Pliyosen yaş aralığında uyumsuz olarak örter. Dilekçi formasyonu içinde karasal sedimanlar yanında volkanik katkılarda vardır. Konya civarındaki kayaçlar Hersiniyen-Alpin ve genç tektonik hareketlerden etkilenmişler, kıvrımlı, kırıklı ve naplı yapı kazanmışlardır. Konya civarındaki birimler, iki fazda kıvrımlanmışlardır. İlkinde kuzeye eğimli kıvrım eksenli, ikinci fazda ise KD' ya eğimli kıvrım eksenleri oluşturacak şekilde kıvrımlanmışlardır. Genç tektonik dönemine ilişkin kıvrımlar, K-G yönündeki sıkışmalar sonucu oluşmuştur. Bölgedeki önemli bindirmeler Hatip ofiyolit karmaşığı ile üzerinde yer alan Çayırbağı ofiyoliti arasında yer alır ve nap mertebesindedir. Çayırbağ ofiyoliti ile Midos Tepe formasyonu arasındaki tektonik Dokanak Loras Fayı olarak adlandırılır. Dikmentepe kuzeyinde, Kadınhanı çevresinde, Gökçeyurt güneyinde KD-GB ile KB-GD yönlerinde uzanan normal faylar yer almaktadır. Esirağılı yöresinde güneye, Ardıçlı yöresinde güneydoğuya eğimli iki ters fay gözlenir.

Neotektonik döneme ait, Meram'ın güneyinde üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Dilekçi formasyonu içinde yer alan normal fay, Karamağıl mevkiine kadar uzanır. Konya'nın batısında Kuvaterner yaşlı Konya fayı yer alır. K-G doğrultuludur. Kızılören fayı KD-GB doğrultuludur (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Konya ve Dolayının Genelleştirilmiş Stratigrafi Kesiti (http://www.mta.gov.tr)

2.2.2. Jeomorfoloji

Çalışma alanında farklı yaşta ve durumda jeomorfolojik yapılar görülür.

Alüvyon Yelpazeleri; Hatıp Bölgesinde basamaklı taraça görünümlü bir morfoloji sunmaktadır. Yüzey eğimleri 5° - 10° arasında değişen bu yelpaze çökelleri belirgin bir topoğrafik yükselim oluşturmadığından arazide tanınması zordur. İnceleme alanındaki yelpaze çökelleri dağ eteği yakınlarında kum boyutundan blok boyutuna kadar kötü boylanmış, yarı yuvarlak çakıltaşlarından oluşur. Havza yönüne doğru gidildikçe çakıl boyutu azalmakta kum ve silt seviyeleri artmaktadır. Akarsuların belirli bir akış kanalı yoktur, sürekli yatak değiştirerek akarlar. Sel karakterli akarsu önlerinde gelişmiş yelpaze düzlüklerinde çamur sellenmesi görülür. Sille ve Karacaören bölgelerindeki vadi yamaçlarında silt ve kum oranının artması nedeniyle küçük çapta kaymalar söz konusudur (Tekdere ve ark., 2009).

Kuaterner Göl Kenarı Kumlu Killer; Bu birimde daha düşük boyutlu ve iyi yuvarlanmış çakıllar ile silt ve çamurtaşı bol görülür. Bu birim göl içerisine delta şeklinde sokulur ve dolayısıyla yüzey eğimleri diğer birimlere göre daha düşüktür. Bölgede Derindere, Ardıçlı deresi, Meram ve Sille çayının havzaya açılan eğim kırıkları boyunca uzanırlar.

2.2.3. Stratigrafi

2.2.3. 1. Kuaterner Yaşlı Konya Gölü Ve Kara Oluşumlu Çökeller

Oluşan bu çukurluğa genellikle etraftaki yüksek alanlardan gelen sedimanlar doldurmuştur. Tabanda konglomera ve kumtaşı şeklinde başlayan birikim yukarıya doğru killi siltli ve karbonatlı birikimlere doğru geçiş gösterir. Göl kenarında özellikle akarsu ağızlarında delta oluşumları olması beklenir. Konya gölünün çekilmesiyle bu deltalar üzerine bu günkü alüvyon yelpazeleri gelmiştir. Gerek delta, gerekse yelpaze çökelleri göl ortasına doğru göl birimlerine tedrici geçiş gösterir (şekil 2.3).

Göl birimleri göl ortasından itibaren; 1- Göl ortası çökelleri 2- Göl kenarı kum barları 3- Göl kenarı çökelleri olarak gruplandırılabilir.

Göl çökelleri kendi aralarında yanal geçiş gösterir. Bu yanal geçiş dokunakları genelde düşey durumludur. Transgresif göllerde dokunak üste doğru kara istikametinde, regresif gölde ise göl ortasına doğru ilerler. Bu duruma göre fasiyes değişim dokunağı transgresif gölde göl ortasına doğru eğimli, regresif gölde ise kıyıya doğru eğimli olacaktır. Bu eğimlerin tespiti ile gölün ilerleyen veya çekilen şemaları belirlenebilir (Tekdere ve ark., 2009).

2.2.3.2. Göl Ortası Çökelleri

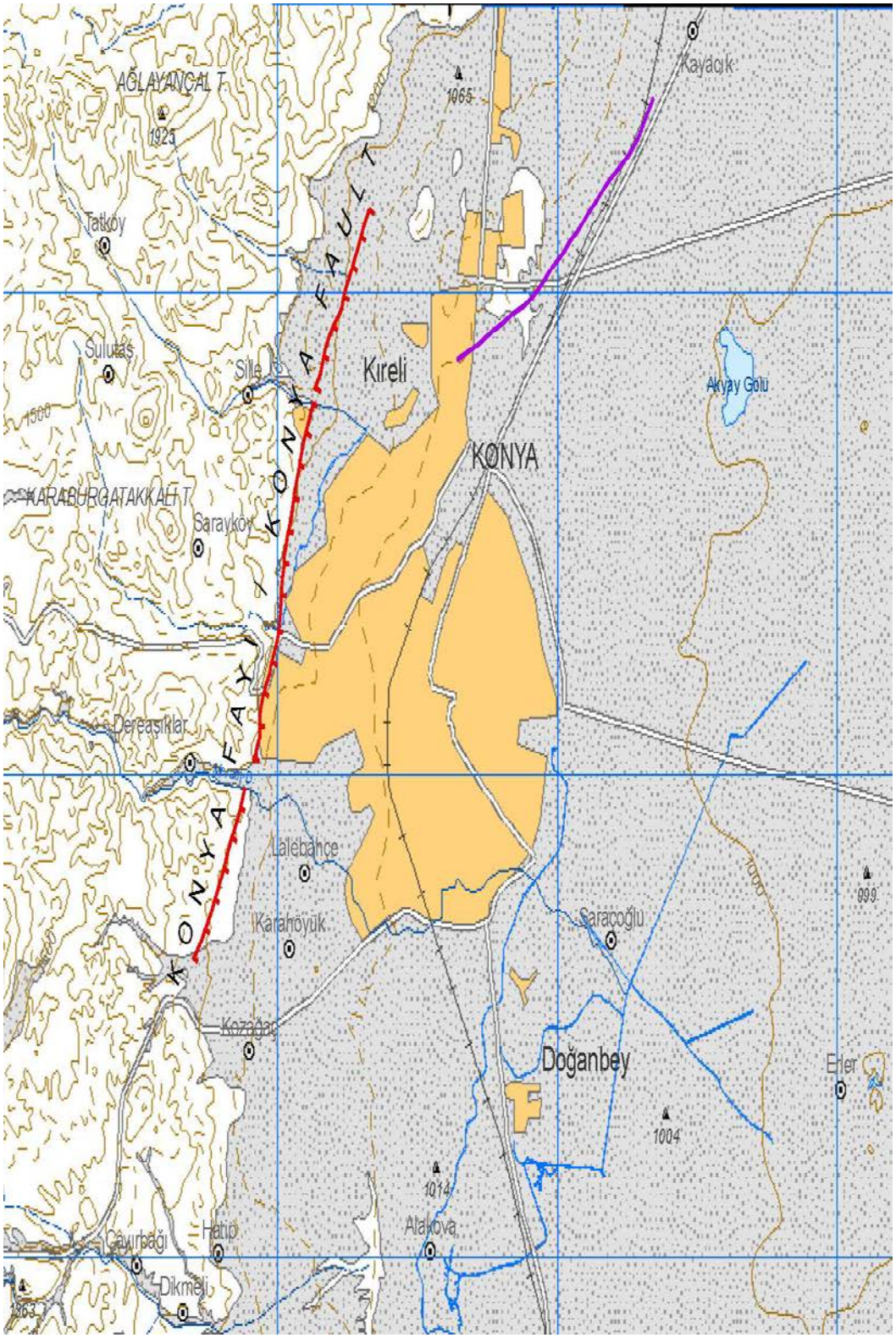
Göl ortası çökelleri hakim olarak kil ve çamurların bulunduğu çökellerdir. Göle malzeme taşıyan akarsu ağızlarına karşı gelen yerlerde, bu akarsuların enerjisine bağlı olarak içine şilt, ince kum, kum ve ince çakıl yaygıları girebilir. Birimde tabakalar yataydır. Birim düzenlidir.

2.2.3.3. Göl Kenarı Kum Barları

Konya gölü kenarından 5-7 km kadar mesafede göl içine doğru, 750-1500 m görünen mostra genişliği bulunan kum barları uzanmaktadır. Sarı, kırmızı ve kahverengi renklerdeki ince kum içerisine az miktarda iri kum ve ince çakıl mercekleri girer. Boylanma ve derecelenme gösteren bu kumlarda çapraz tabakalanmada gözlenir.

2.2.3.4. Göl Kenarı Çökelleri

Esas olarak göl ortası çökellerine benzer, ancak kil ve çamurun içerisinde oldukça fazla miktarda kum ve ince çakıl yaygıları bulunur. Batıya doğru altta delta üste ise yelpaze birimleri ile yanal geçişler gösterir. Yatay veya yataya yakın eğimlidir. Eğim yönü göl ortasına doğrudur.



Şekil 2.3. Konya Çöküntüsü (Grabeni) ve Çevresinin Basitleştirilmiş Jeoloji ve Genç Fay Haritası (Eren, 2004)

2.2.3.5. Alüvyon Yelpazeleri

Akarsuların Konya ovasına açılan ağızlarındaki kırıntılı ve killi sedimanlarıdır. Kil kum çakıl karmaşığı şeklindedir. Dere ağzından ovaya doğru yelpaze şeklinde bir açılım ve yükselti oluştururlar. Göl birimleri ve yamaç molozları ile geçişlidir. Dere ağzından göl içine doğru taneler incelir. Yelpaze çakılları yassı ve yataya yakın dizilimli olup genellikle kil çimentoludur.

Göl kuruduktan sonra ise tekrar alüvyon yelpazeleri şeklinde çökelmeye devam eder.

2.2.4. Selçuklu – Meram – Karatay (Konya) Çalışma Alanındaki Uyumsuzluklar, Kıvrımlar ve Faylar

İnceleme alanında bulunan kayaçlar, sedimantasyon ve tektonik hareketlere bağlı olarak farklı fasiyes ve yapılar kazanmışlardır. Miyosen ile Kuaterner arasındaki uyumsuzluklar, Alpin orojenik hareketlerinden Atiken (5 milyon yıl) veya Kaficas (4 milyon yıl) fazı ile oluşmuş olmalıdır. Kuaterner birimleri içindeki orojenik hareketler ayırt edilecek düzeyde değildir.

Konya civarındaki temel birimler en az iki fazda kıvrımlanmışlardır. İlk olarak kuzeye eğimli kıvrım eksenleri oluşmuş, ikinci fazda ise kuzeydoğuya eğimli kıvrım eksenleri oluşmuştur. Belirgin yapısal unsurlar güneye devrik kıvrımlardır. Miyosen birimlerinde görülen seyrek ondüle kıvrımlar, kuzey - güney yönünde sıkışmalarla meydana gelmiştir.

Üst Kretase - alt Paleosen de peridotit, dunit, serpantinden oluşan birim bindirme ile bölgeye yerleşmiştir. Kretase - Miyosen yaş aralığında Doğudağı batısında paralel durumda üç tane fay görülmektedir. Kocaderebaşı tepe horst durumundadır. Bunun doğusunda bulunan fay blokları doğuya, batısındaki bloklar ise batıya eğimli normal faylardır. Dibektepe de yanal veya oblik atımlı bir fay doğu-batı istikametinde bulunmaktadır.

Kuaterner esnasında temel birimleri ile Konya göl çökelleri arasında oluşan faya Konya Fayı adı verilmiştir. Temel birimleri ile Konya gölü çökelleri arasındaki fay hattı nispeten kolay görülür. Serpantin ve kireçtaşlarında yer yer kayma yüzeyleri ve fay çizikleri ile fay breşleri görülür. Kuaterner yaşlı birimler içinde fayın tespiti

çok zordur. Kırıntılı ve killi birimler kolayca fay çizgisini ve yüzeyini örtmesi sebebiyle fay ölçüsü alacak yer bulmak oldukça zordur. Ancak sıkı tutturulmuş konglomera türü kayaçların olduğu yerlerde fay düzlemi ölçülebilir. Fayın genel uzanımı kuzey - güney yönünde olup 40-50 km kadardır. Eğim yönü ise doğuya doğrudur (Eren, 2003).

Konya Yazır Fayı bir gravite fayı olup şiddetli deprem üretmesi mümkün görülmemektedir. Bunlar dışında tespit edilen ufak faylar bulunmaktadır. Bütün kayaçlarda eklem sistemleri gelişmiştir.

2.3. Ilgın Çavuşçu Gölü Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanını içine alan Ilgın (Konya) yöresi Batı ve İç Anadolu'daki metamorfik kuşaklardan birisi olan Afyon-Bolkardağ Zonu içinde yer almakta ve stratigrafik ve yapısal açıdan farklılıklar sunan litolojilerden oluşmaktadır.

Ilgın (Konya) civarında, Afyon-Bolkardağ zonuna ait kayaçlar, stratigrafik ve yapısal açıdan farklılıklar sunan ve birbirleri üzerinde uyumsuz olarak bulunan iki ana metamorfik grup ile bunların üzerinde yine uyumsuz yer alan örtü birimlerinden oluşmaktadır. Bu iki ana metamorfik grup Paleozoik yaşlı metasedimanter kayaçlar ve Mezozoik yaşlı metasedimanter ve metavolkanik kayaçlardır (Eren, 1996).

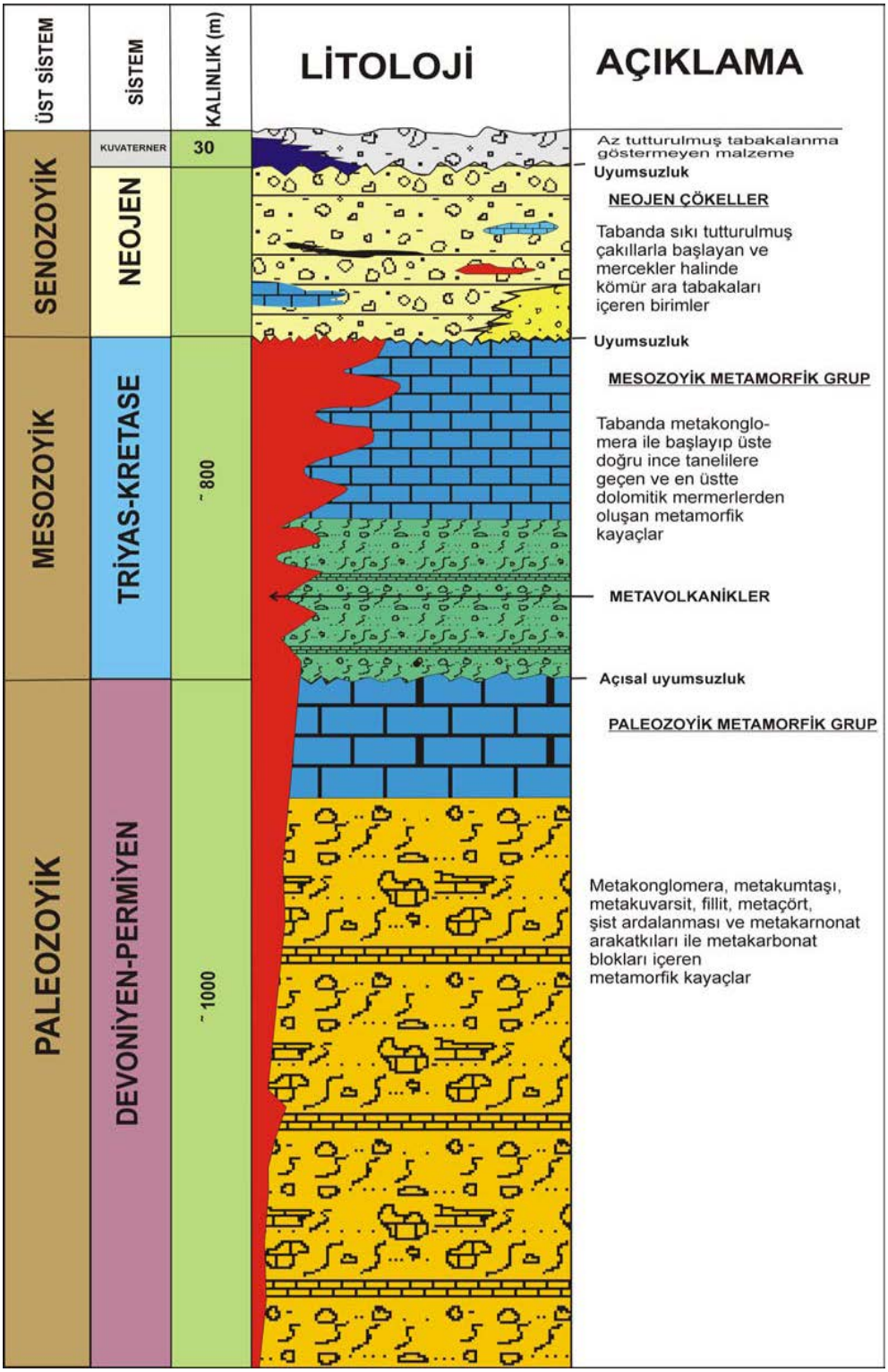
Paleozoik yaşlı metamorfikler, birbiriyle ardalanmalı konglomera, kumtaşı, kil taşı, çört ve karbonatların metamorfik türevlerinden oluşur. Paleozoik yaşlı metamorfiklerin alt seviyelerinde bulunan Devoniyen fosilleri nedeniyle bu grubun yaşının Devoniyen olduğu ileri sürülmüştür (Özdamar, 2008). Paleozoik metamorfikleri oluşturan litolojilerden metakonglomeralar sahada çok yaygın olmayan masif kütleler olarak izlenmektedir. Metaçörtler daha çok çalışma alanının orta kesiminde, Dereköy doğusu-Güzle Tepe'de mostra vermektedirler ve şistler ile ara seviyeler olarak görülürler. Metakumtaşları çalışma alanının batısında, Ağıltepe ve Fincandere'de en iyi yüzlek verirler. Fillitler haritalanamayacak ölçekte mostra veren ve genellikle şistler ile iç içe litolojilerdir. Şistler çalışma alanında geniş alanlarda mostra verirler ve genellikle mikaşist, kuvarşist, kalkşist, kloritşist, kloritoidşist ve kuvarsofeldispatikşistlerden oluşmaktadırlar. Metakuvarsitler genellikle dağınık ve çok büyük olmayan ölçekte mostralar vermektedir.

Metakarbonat kayaçları Paleozoik metamorfiklerin orta ve üst seviyelerinde yer alır ve çalışma alanında, daha çok yüksek tepeleri oluştururlar (Şekil 2.4) (Konya-Kadınhanı-Ilgın Dolayı Genel Jeoloji Raporu).

Mezozoik yaşlı metamorfikler, Paleozoik metamorfiklerin aksine düzenli bu transgresif istiflenme gösteren konglomera, kum taşı, kil taşı ve dolomitik karbonatların metamorfik türevlerinden ve metavolkaniklerden oluşmaktadır.

Bu gruba ait karbonat kayaçları genelde masif, yer yer tabakalıdırlar ve mermerleşmiş karakterde olup sahanın kuzeyinde dolomitik özelliktedir.

Çalışma alanındaki Paleozoik ve Mezozoik metamorfik kayaçlar; stratigrafik verileri, deformasyon yapıları, ilksel tabakalanmaları, renk ve görünümleri gibi saha özellikleriyle birbirinden ayrılabilmektedirler. Ayrıca, bu iki metamorfik kayaç grubu kıvrımlanma ve doku gibi mikro özellikleri, mineral bileşimleri ve kimyasal özellikleri bakımından da farklılıklar göstermektedirler.



Şekil 2.4. Konya'nın Ilgın İlçesini Kapsayan Çalışma Alanının Stratigrafik Dikme Kesiti (Özdamar, 2008)

2.3.1. Ilgın Çavuşçu Gölü Çalışma Alanındaki Çatlaklar, Faylar ve Kıvrımlar

Çalışma sahası içinde metavolkanik kayaçlarda yoğun çatlak sistemi gelişmiştir. Çatlak düzlemlerinin doğrultusuna göre yapılan gül diyagramı bu düzlemlerin yaklaşık K5°D doğrultuda geliştiğini gösterir. Buna göre, bu düzlemler K85°B doğrultulu gerilme kuvvetlerinin etkisi ile oluşmuştur

Çalışma alanı içinde 'birçok irili ufaklı fay mevcuttur. Önemli faylardan birisi çalışma alanının hemen dış batısında kalan Çavuşçu Gölü'nün oluşmasına da sebep olan faydır. Çavuşçu Gölü içinden geçmesi muhtemel olan bu fayın çalışma alanındaki verisi elde edilemediğinden haritaya işlenememiştir. Özel olarak Çömlekçi köyü doğusunda. Paleozoik birimleri ile Alt Mezozoik birimleri arasındaki faylı dokanak önemli yapısal unsurlardandır. Ayrıca, çalışma alanının güneybatısındaki Sivri Tepe'de Mezozoik yaşlı metakonglomera-metakumtaşı-şist serisi ile mermerler arasında önemli bir fay bulunmaktadır (Konya-Kadınhanı-Ilgın Dolayı Genel Jeoloji Raporu).

Çalışma alanının belirgin yapısal unsurlarından birisi de kıvrımlı yapılardır. Kıvrımlı yapılar tüm metasedimanterlerde, özellikle Paleozoik yaşlı olanlarda, yaygınca görülmektedir. Devrik kıvrımlarda zaman zaman devrik kanat incelmiş, kopmuş vs, ufak boyutta bindirmelere yol açmıştır. Dolayısıyla tüm çalışma alanında yapılmış olan kesitler boyunca, terslenmiş istifler sürekli olarak ortaya çıkmakta ve istifin genelleştirilmesini güçleştirmektedir. Çalışma alanında gözlenen megaskopik ölçekteki kıvrımlarda izlenen önemli olgulardan bir diğeri ise birimlerin, özellikle Paleozoik istife ait kayaçların birden fazla kıvrımlarıma evresi geçirmiş olmalarıdır.

2.4. Konya ve Çevresinde Mevcut Faylar ve Bunların Yerleşim Merkezine Etkileri

2.4.1. Sultandağı Fayı

Çay-Akşehir istikametinde Konya batısına doğru uzanan normal faydır. Kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı ve kuzeydoğu eğimlidir. Konya şehri, fayın uzanımına ters konumdadır. Fayın, Konya'ya etkisi azalarak gelecektir. Kuzeydoğu blok sürekli çökerek üzerine sediman birikimi yüklenmiştir. Argıthanı sismik boşluğu bu fay üzerinde bulunur.

2.4.2. Tuz Gölü Fayı

Bu fay Tuz gölünün doğusundan Aksaray yönüne doğru uzanmaktadır. Bu fayda meydana gelebilecek depremin Konya'ya mesafe olarak uzak olması nedeniyle etkisi az olur. Konya, Tuz gölü fayı doğrultusu üzerinde olmayıp, mesafesi de 140 km'dir.

2.4.3. Ecemiş Fayı

Kuzeyde Erciyes Dağı ile güneyde Mersin ili arasında $K25^0D$ doğrultusunda uzanan yaklaşık 300 km uzunluğunda Ecemiş fay zonu vardır. Konya yerleşim alanı bu fay doğrultusu üzerinde olmayıp uzaklığı 200 km kadardır. Bu sebeplerden dolayı fayın oluşturacağı deprem etkileri Konya'da az hissedilir.

2.4.4. Sultanhanı Fayı

Sultanhanı altından geçen ve Tuz gölü fayına paralel olan Sultanhanı fayı vardır. Konya bu fayında uzanım hattı üzerinde olmayıp mesafesi 100 km kadardır.

2.4.5. Ilgın Fayı

Konya'ya 90 km'den fazla mesafededir. Kuzey-güney uzanımlı olup doğu bloğu düşen bir normal faydır. Fay boyunca sıcak su çıkışları vardır. Bu fayın Konya'ya etkisi az olur.

2.4.6. Karaömerler Fayı

Doğu-batı doğrultulu güney bloğu düşen normal bir gravite fayıdır. Sıkışma etkisi olmadığı için büyük deprem üretmez.

2.4.7. Divanlar Fayı

Karaman Karadağ ile Divanlar arasında uzanan, kuzey-güney doğrultulu batı bloğu düşen normal bir faydır. Adakale-İsmil arasındaki alüvyon zonu altında sıcak su çıkışları vardır. Muhtemelen bu fayın taşıyıcı etkisi ile yüzeye yaklaşan ısınmış suların yeraltı suyunu ısıtmasıyla bu ısınma meydana gelmektedir.

Divanlar fayı-Konya fayı- Karaömerler fayı birlikte bir graben oluştururlar. Kuaterner yaşlı Konya gölü çökelleri de bu grabeni doldurmuştur. Söz konusu faylar gravite fayları olup yüksek şiddette deprem üretmezler. Diğer faylar ise Konya'ya uzak ve doğrultulan Konya istikametinde değildir.

2.4.8. Konya Yazır Fayı (KYF)

Konya şehrinin batısında Buzlukbaşı - Beşyüzevler - Sille kırı - Meram - Hatip istikametinde kuzey-güney doğrultusunda uzanan normal bir faydır. Eğim yönü doğuya doğrudur. Doğu düşen bloktur. Fayın oluşumu gravite etkisi iledir. Sıkışma ve gerilme yoktur, aksine rahatlama ve genişleme vardır. Bu sebeple büyük deprem üretmesi beklenmez. Fay yüzeyinin görülmesi ve ölçümü zordur. Fayın oluşum yaşı Kuaterner başıdır. Fay morfoloji olarak kolayca fark edilir. Temel kayalardaki kayma yüzeylerinin Konya fayı ile ilgisi yoktur. Kuaterner yaşlı Konya gölü, Konya fayının düşen bloğu üzerinde gelişmiştir

Konya ovasını batıdan sınırlamış Konya fay zonunun doğusunda yer alan ve toplam uzunluğu 10 km'ye varabilen kademeli olarak sıralanmış ve farklı uzunluklardaki bölümlerden oluşmuş bir faydır. Yörede yüzeyleyen Miyosen-Pliyosen yaşlı gölsel kireçtaşları ile Kuaterner yaşlı karasal kırıntılılardan yapılı ova çökellerini kesmektedir. Konya merkeze bağlı Parsana ve Yazır mahalleleri arasındaki taş ocağı yarmalarında, gölsel kireçtaşları ile ova çökellerini yan yana getirmiş ve bu faylanma ile gölsel kireçtaşları göreli olarak yükselirken;, Kuaterner yaşlı ova çökelleri çökmüştür. KYF, 3 km doğusundaki Çiftlikbaşı fayı ile, Konya ovası içinde üçgen geometrili küçük bir graben yapısı oluşturmuştur. Parsana ile Yazır mahalleri arasında KYF, yaklaşık düşeye yakın eğimli ve KKD-GGB yönelimlidir. Kayma çizikleri fayın çok az sağ yönlü doğrultu atıma sahip, düşeye yakın doğuya eğimli bir normal fay karakterinde olduğunu belgeler. Yüzey verilerine

göre en az 25-30 m'lik bir düşey atıma sahiptir. KYF'nın hareketlerine bağlı olarak biri faya paralel, diğeri ise faya dik olarak yönlenmiş iki takım genişleme kökenli yapılar (ekstensiyonel yarıklar) oluşmuştur. Yaklaşık düşey konumlu yarıkların içi üstteki alüvyal çökeller tarafından doldurulmuştur. Düşey kesitlerinde aşağıya doğru kapanan üçgen geometrin yarıkların genişlikleri 15 cm - 2 m arasında değişmekte, boyları ise 10 m'ye kadar varabilmektedir. Arazi gözlemleri, bu ekstensiyonel yapıların fayın Kuaterner esnasında en az farklı iki evredeki hareketlerine bağlı olarak yüzey kırıkları şeklinde geliştiğini ve Konya ovasının söz konusu kesiminin, yaklaşık kuzey-güney ve doğu-batı gidişli birbirine dik iki yönelimde tansiyonel gerilmelerden etkilendiğini ortaya koymaktadır (Eren, 2003).

2.5. Hidrojeolojik Özellikler

2.5.1. Yeraltı Suyu Durumu

İnceleme alanında yapılan sondajlarla yeraltı su seviyesi incelenmiştir. KOSKİ ’ nin yapmış olduğu yeraltı suyu seviye ölçümlerine göre çalışma alanlarını kapsayan bölgede yeraltı suyu seviyesinin 40-60 metre civarında olduğu belirlenmiştir (Tekdere ve ark., 2009).

3. MALZEME VE YÖNTEM

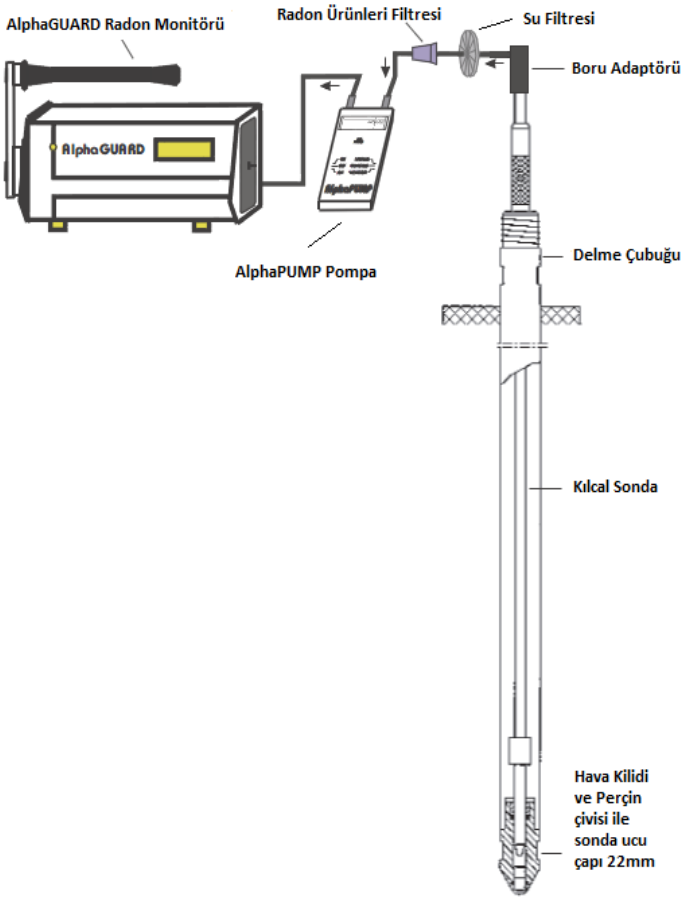
Radon toprak gazı ölçümlerinde kullanılan AlphaGUARD PQ 2000PRO dedektörün yapısı, çalışma ilkesi, teknik özellikleri ve kullanılan aparatlar şöyledir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. AlphaGUARD PQ 2000 PRO Radon Dedektörü

3.1. AlphaGUARD Radon Dedektörü ve Yapısı

Radon ölçümlerinde kul1anılan AlphaGUARD PQ 2000PRO temel olarak Radon (^{222}Rn), thoron (^{220}Rn) ve Radon yan ürünlerine ait radyasyon yoğunlukları ile Gamma (y) doz oranını ölçmekte kullanılan taşınabilir bir radyasyon dedektörüdür. AlphaGUARD havada, suda, toprakta ve yapı malzemelerinde radyasyon ölçümleri yapabilmektedir. Ölçüm sonuçlarını Bq (Becquerel) yani Bq/m^3 cinsinden veren AlphaGUARD dedektörü, eş zamanlı olarak sıcaklık, atmosfer basıncı ve nem oranı gibi üç farklı iklimsel parametreyi de ölçebilmektedir. Bu parametrelerin birimleri sırasıyla °C, mbar ve %rH'dir (Şekil 3.2) .



Şekil 3.2. AlphaGUARD ile Toprakta Radon Ölçümü için Kullanılan Sistem (P.R.M.A. Kullanım Kılavuzu)

3.2. AlphaGUARD Radon Dedektörünün Teknik ve Fiziksel Özellikleri

Taşınabilir nitelikte olan cihazla 2-2,000000 Bq/m^3 aralığında radon yoğunlukları ölçülmektedir. Bu geniş aralığa rağmen sistemin kendisinden gelen %3 gibi bir doğrusallık hata payı bulunmaktadır. AlpaGUARD Monitörünün bazı teknik ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.1. ‘de verilmiştir.

Çizelge 3.1. AlphaGUARD Monitörünün Bazı Teknik ve Fiziksel Özellikleri (P.R.M.A. Kullanım Kılavuzu)

Toplam ağırlık	4,5 kg
Rn dedektör tipi	İyonizasyon odası
Dedektör gerilimi	DC750V
İşletim modu	Akım modu ve 3D a spektroskopisi
Toplam dedektör hacmi	0,62 litre
Etkin dedektör hacmi	0,56 litre
Dedektör dolum mekanizması	Hızlı pasif difüzyon veya aktif adaptörle
Dedektör sinval isleme birimi	3 avrı ADC kanallı hızlı sinval isleme
Spektral sinval üretme birimi	DSP(Digital Signal Processing), on-line capraz korelasyon algoritması
Dedektör hassaslığı	1 CPM/20 Bq/m3
Rn222 ölçüm sınırları Alt sınır Üst sınır	 2 Bq/m3 2xl06Bq/m3
LCD ekran çözünürlüğü	1 Bq/m3
Sistem doğrusallık hatası	<%3
Rn222 kalibrasyon hatası	± % 3
Ölçüm sıklıkları Difüzyon modu Akış modu	 10veya60dak 1 veya 10 dak
Veri depolama kapasitesi	1 dak döngüyle 3 gün 10 dak döngüyle 1 ay 60 dak döngüyle 6 ay
Dahili batarya kapasitesi	10 gün
iklim parametreler Sıcaklık Atmosfer basıncı Nem	 -10°C.t+Ş(£Ç 700mbar HOOmbar 0 %rH - 95 %rH

3.3. AlphaGUARD Radon Dedektörü ile Toprak Gazı Ölçüm Yöntemi

Toprak gazı sondası, ucu yüzeyden 1 m. derinlikte olacak şekilde dik olarak yerleştirilen demir çubuk ve kılcal sondadan oluşmaktadır. Kılcal sonda, çubuk içine yerleştirildikten sonra uçtaki perçin çivisinin ayrılması sağlanacak kadar aşağı itilip daha sonra aynı miktar geri çekilir. Böylece demir çubuğun ucu açılır ve toprak gazının girişine olanak sağlar. Çubuğun ucundaki conta kılcal sondayı sararak gelen tüm havanın kılcal sondaya girmesine yardımcı olur. Kılcal sondanın üstüne gazın aktarımı için kullanılan plastik boruyu ve ölçüm araçlarını korumak maksadıyla su filtresi monte edilir. Bunu radon ürünleri filtresi izler çünkü AlphaGUARD tek başına sadece radon ölçümü yapmaktadır. Bir sonraki parça toprak gazını AlphaGUARD'a pompalayan AlphaPump'tır (Swakon, 2005).



Şekil-3.3. AlphaGUARD Radon Dedektörünün Ölçüm Alanına Yerleştirilmesi

Sürekli pompalama işlemini sağlamak için AlphaPump'un üzerindeki birinci anahtar 'ON' konumuna getirilir. Diğer anahtar 0,3 L/min konumuna getirilerek dakikada 0,3 litre gaz pompalanması sağlanır. Bağlantı kurulduktan sonra AlphaGuard menüden - min FLOW seçilerek dakikalık periyotta ölçülen radon konsantrasyonun kaydı sağlanır. Bu 40 dakikalık Periyotta ilk 10 dakika radon + thoronu ölçer. Kalan 30 dakikalık bölümde ise yalnızca radon ölçer. AlphaGUARD'ın ölçüm alanına yerleştirilmesi Şekil 3.3. 'de görülmektedir. AlphaGUARD üzerindeki monitörden ölçülen radon konsantrasyonu, radon hata payı, sıcaklık, nem ve basınç değerleri okunabilir. AlphaGUARD'ın 40 dakikalık periyot için veri depolayabileceği süre 21 gündür. Bu nedenle veriler bu süreden önce bilgisayara aktarılarak saklanmalıdır. Bu süreden sonra eskileri silinerek, yerine yenileri kaydedilmektedir (Kulalı, 2009).

Alfa radyasyonu, maddeyi iyonize edici özelliğe sahip olduğundan dedektör buna uygun iyonizasyon odalı bir cihazdır. İyonizasyon odası paslanmaz çelikten, silindir şeklinde yapılmıştır.

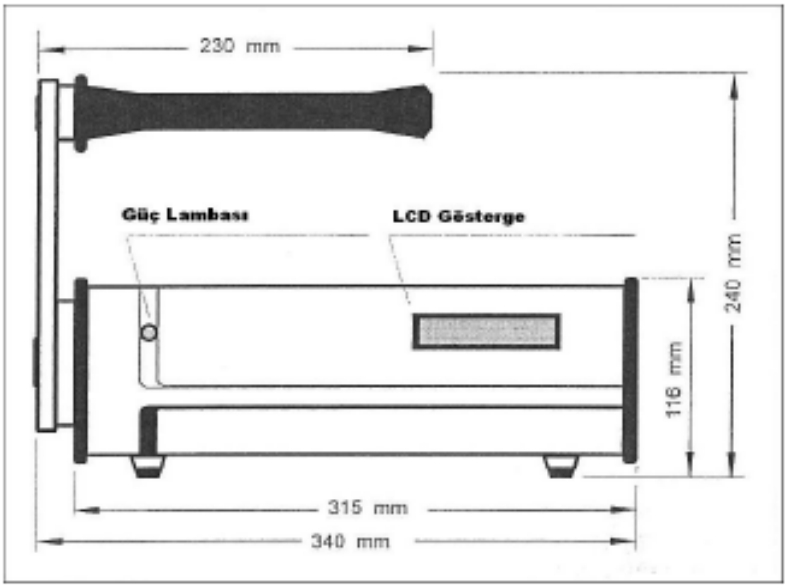
AlphaGUARD ile uzun süreli ölçümler yapılabilmekte ve ölçümler esnasında doğrudan bir güç kaynağına bağlanabildiği gibi yüksek kapasiteli piller sayesinde, seçilen ölçüm moduna göre 10 güne kadar sürekli ölçüm alınabilmektedir.

Cihaz amaca ve zaman seçimine göre ölçümleri difüzyon modu ve akış modu olmak üzere iki şekilde yapabilmektedir. Uzun süreli ve devamlı ölçümlerde difüzyon modu kullanılır. Çok kısa süreli ölçümlerde ise çok sayıda veri elde etmek için akış modu kullanılır. Ayrıca cihaz bilgisayara bağlanarak ölçüm sırasındaki değişimler gözlenebilmektedir.

AlphaGUARD radon dedektörü ölçüm ünitesine tümleşik olan bir emme pompası yardımı ile havayı iyonlaşma odasına çeker. Burada radon bozunarak oda içerisinde îyonizasyona sebep olur ve elektrik sinyalleri meydana getirir. Bunun sonucunda radonun yan ürünleri bir plaka şeklindeki filtre tarafından tutulur. Filtre plakası üzerinde biriken radon (alfa duyarlı TN-VYL-02) mikroçip modülü vasıtasıyla ölçülür.

Tüm ölçümlerden elde edilen sinyaller AlphaGUARD PQ 2000PRO 'nun Counter-Module sayacı birimine TTL sinyali olarak gönderilir ve dedektörün kalibrasyon bilgileri de kullanılarak DataEXPERT yazılım programı tarafından anlamlı bilgilere dönüştürülür.

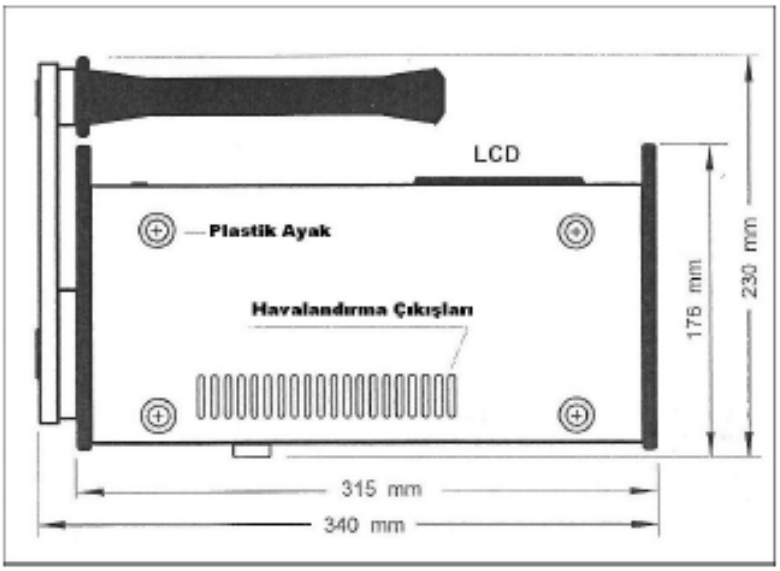
AlphaGUARD PQ 2000PRO radon dedektörünün ölçüm yapmasını sağlayan ölçüm ve elektronik aksam bileşenleri, dayanıklı bir alüminyum dış gövde içine yerleştirilmiştir. AlphaGUARD cihazın farklı görünüşleri ile ebatları aşağıdaki gibidir (Şekil 3.4, 3.5, 3.6).



Şekil 3.4. AlphaGUARD Cihazının Önden Şematik Kesit ve Ebatları (P.R.M.A. Kullanım Kılavuzu)

Cihazın arka kısmındaki vida yuvası plastik bir kapakla kapatılmıştır. AlphaGUARD PQ 2000PRO'da bu kapağın arkasında bulunan yuva cihazın iyonizasyon odasıyla buraya bağlanan etkin hava pompası arasındaki bağlantıyı sağlar. Yani buradan dedektör içerisine hava girişi sağlanmaktadır. Bu da AlphaGUARD ile yapılır.

Alt kısımda alüminyum gövdenin yerle temasını kesen plastik ayaklar ve havalandırma kanalları bulunmaktadır. İç kısımda bulunan bir fan sayesinde, özellikle uzun süreli kullanımlarda cihazın soğutulmasını sağlamak için sıcak hava buralardan dışarıya atılmaktadır.



Şekil 3.5. AlphaGUARD Cihazının Alttan Şematik Görünüşü ve Ebatları (P.R.M.A. Kullanım Kılavuzu)

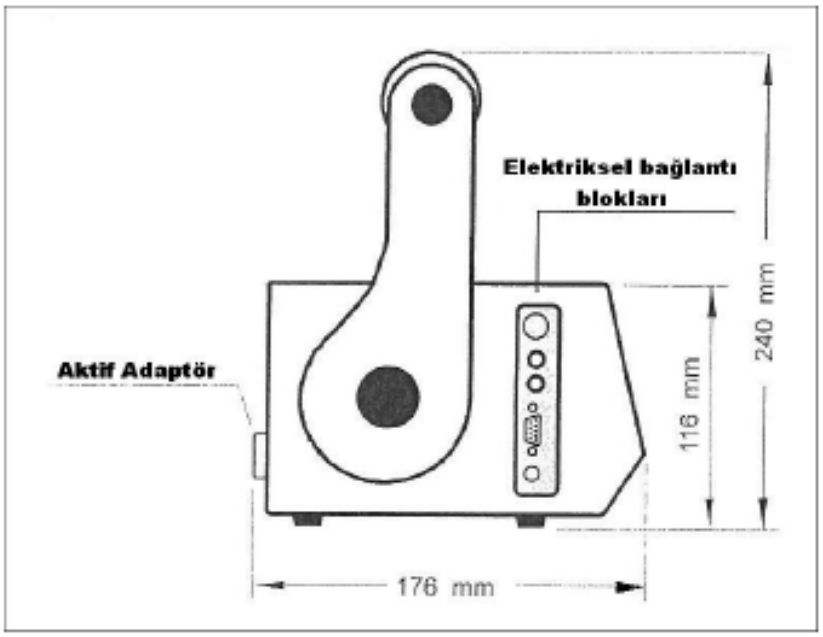
Cihazın alüminyum korumasının altında ölçüm yapılmasını sağlayan dedektör (iyonizasyon odası) ve dedektörden gelen sinyalleri işleyip sayısal veri haline getiren sinyal işleme birimi DSP (Digital Signal Processing - Sayısal Sinyal İşleme) bulunmaktadır.

Düzenli işletimde radon içeren hava iyonizasyon çemberi içerisine geniş yüzeyli bir cam fiber filtreden geçerek girmektedir. Burada sadece ^{222}Rn'nin

geçmesine izin verilirken yan ürünlerin iyonizasyon odasına girmesine engel olunmaktadır. Aynı zamanda filtre, iyonizasyon odasının iç kısmını, toz zerrecikleri birikmesiyle oluşacak kirlenme ve paslanmadan korur.

Buna destek olarak cihaz içine dışarıdan miktarı kontrol edilebilen temiz hava girişi sağlayacak pompa AlphaPUMP' da kullanılmaktadır.

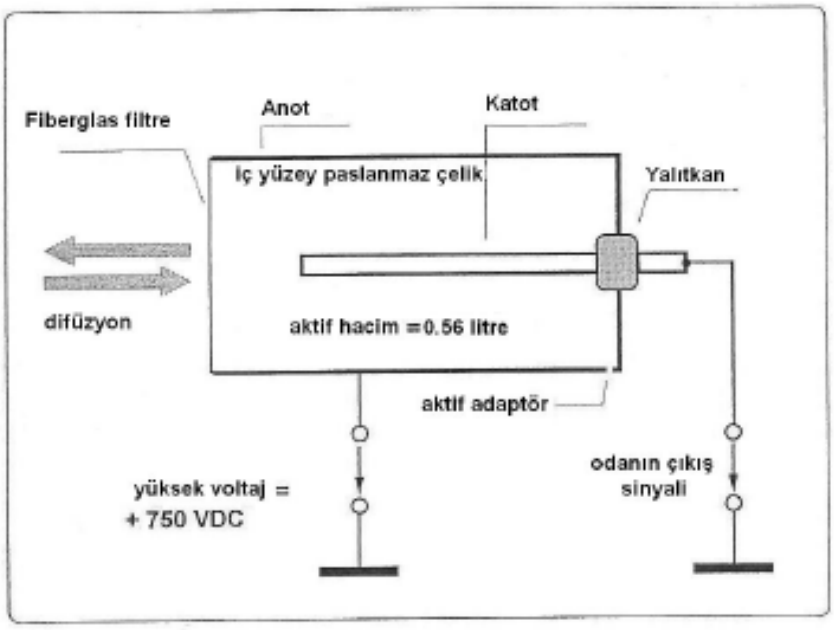
Toprak gazı ölçümünde cihaz 10 dakikalık akış (FLOW) modunda çalıştırılır.



Şekil 3.6. AlphaGUARD Cihazının Sağ Yandan Şematik Görünüşü ve Ebatları (P.R.M.A. Kullanım Kılavuzu)

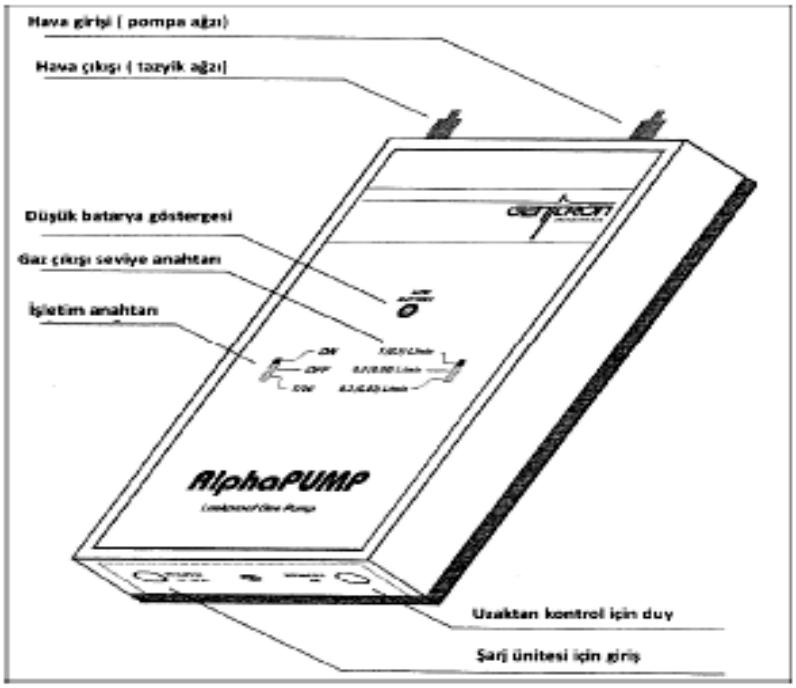
AlphaGUARD'ın silindirik iyonizasyon odası 0,56 litrelik aktif hacme sahiptir. Metalik iç kısmın gerilimi, alet açıkken + 750 volttur. Merkezde yatay eksen boyunca uzanan potansiyeli 0 volt olan elektrot yer almaktadır. Merkez elektrotu yüksek hassasiyetteki ön amplifikatörün sinyal girişi ile bağlantılıdır. Ön amplifikatörün işlenen ölçüm sinyalleri daha fazla dijital işlem için elektronik bir şebekeye iletilir (Şekil 3.7) (Kulalı, 2009).

AlphaGUARD PQ 2000PRO cihazının içyapısının ikinci temel bileşeni elektronik birimdir. Bu elektronik birim dedektör tarafından elektrik sinyallerine dönüştürülen radon verilerinin alıp işlemekle sorumlu birimdir.



Şekil 3.7. AlphaGUARD İyonizasyon Odasının Şematik Gösterimi (P.R.M.A. Kullanım Kılavuzu)

AlphaPUMP' in temel işlevi ise sistem için gerekli hava sirkülasyonunu sağlamaktır. Kalibrasyon işlemlerinin yanı sıra havada, suda, toprakta ve yapı malzemelerinde ölçüm yapılması esnasında AlphaGUARD ‘a hava giriş ve çıkışını sağlamakta kullanılır. 12 VDC ile çalışan bu pompa 0,03 litre/dk ile 1 litre/dk arasında hava akısı sağlayabilmektedir. Bu pompa sayesinde gaz AlphaGUARD’a gönderilir ve istediğimiz gaz miktarı ayarlanabilir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Genitron AlphaPUMP (P.R.M.A. Kullanım Kılavuzu)

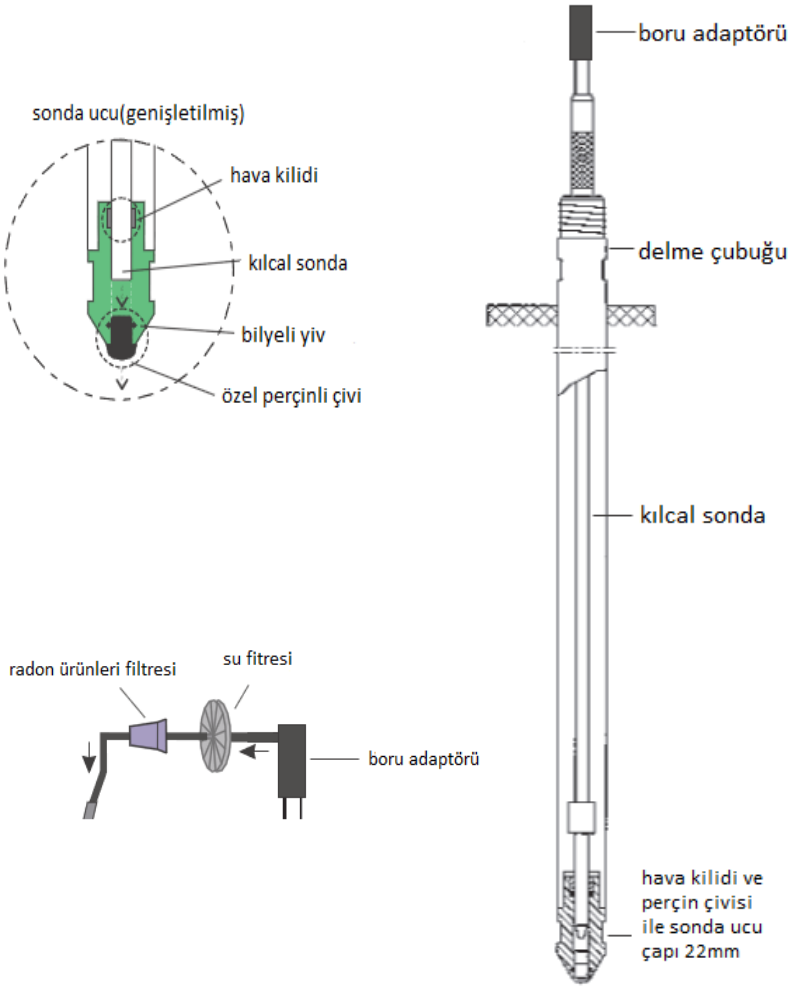
3.4. Toprak Gazı Sondası

Toprak gazı sondası ucu yüzeyden 1 m derinlikte olacak şekilde dik olarak yerleştirilen demir çubuk ve kılcal sondadan oluşmaktadır.

Kılcal sonda çubuk içine yerleştirildikten sonra uçtaki perçin çivisinin ayrılması sağlanacak kadar aşağı itilip daha sonra aynı miktarı geri çekilir. Böylece demir çubuğun ucu açılır ve toprak gazının girişine olanak sağlar.

Çubuğun ucundaki conta kılcal sondayı sararak gelen tüm havanın kılcal sondaya girmesine yardımcı olur. Kılcal sondanın üstündeki parça gazın laboratuara aktarımı için kullanılan plastik boruyla birleştirilmesinde kolaylık sağlar. Bu plastik boru yaklaşık 10 m uzunluğunda ve 0,5 cm çapındadır (Şekil 3.9).

AlphaGUARD'a ulaşan plastik boruya ölçüm araçlarını korumak maksadıyla su filtresi monte edilir. Bunu radon ürünleri filtresi izler, çünkü AlphaGUARD tek başına sadece radon ölçümü yapmaktadır.



Şekil 3.9 Toprak Gazı Sondası ve Ürünleri (P.R.M.A. Kullanım Kılavuzu)

3.5. AlphaGUARD Dedektörünün Kalibrasyon Tekniği ve Bazı Fiziksel Özellikleri

Kalibrasyon, cihazların değerinin doğru olduğuna inanılan bir referans maddesi veya bir düzeneğine göre ayarlanması işlemidir. Yapılan kalibrasyon sonucunda kalibrasyon faktörü veya standart sapma denilen bir değer elde edilir ve bu değer verilerin ayarlanmasında kullanılır. Bütün ölçüm yapan cihazlar daha doğru ölçüm sonuçları elde etmeleri için değeri büyük bir doğrulukla bilinen bir referansa göre ayarlanmak veya kalibre edilmek zorundadır.

4. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

4.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Nedir?

Dünya üzerinde yer alan her nesne belli bir coğrafik konuma sahiptir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) - [Geographical Information Systems (GIS)]; konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Kılıç, 2006).

Bugün birçok alanda ve değişik amaçlarla bu sistem kullanılmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemi, ileri teknolojiyi gerektiren bir sistemdir. Bunun yanında bilgiye kolay ulaşmayı, probleme kısa zamanda çözüm getirmeyi ve olaylar arasındaki ilişkileri daha net göstermeyi sağlar. Kolay veri güncellemesi ve hızlı bilgi akışı ile iş gücü ve zaman kaybını azaltır. Etkili ve doğru analiz ile iş verimliliğini artırır.

CBS'nin en önemli bileşenlerinde birisi de "veri"dir. CBS ’nin en temel verisi de jeodezik yöntemlerle üretilen haritalardır. Coğrafi konumlar için koordinat sisteminin, konum, yükseklik parametreleri, bunların doğruluklarının tanımlanması, gerçekleştirilmesi ve kalite güvencesine ilişkin çalışmaların tümü CBS ’nin jeodezik altyapısını oluşturmaktadır. Veri, herhangi bir nesne hakkındaki tanımlayıcı özelliktir. Enlem – boylam şeklindeki coğrafi koordinat gibi kesin değerleri veya adres, bölge ismi, yol ismi gibi tanımlanan referans bilgileri içerir. CBS yeryüzüne ait bilgileri, coğrafik anlamda birbiriyle ilişkilendirilmiş tematik harita katmanları gibi kabul ederek saklar. Verinin konumlandırılmasına yani koordinatı bilinen bir pozisyona yerleştirilmelerine olanak sağlar.

Coğrafi bilgi sistemi kullanılacak çalışmalarda istenilen sonuca ulaşabilmek için yapılması gereken işlem adımlarının, iyi bir şekilde yapılması gerekir.

CBS doğal afetlerde acil müdahaleleri kolaylaştırmak için de hesaplamalar yapmaya olanak tanır.

4.2. Madende CBS Kullanımı

Birçok alanda kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri son dönemlerde maden ve madencilik uygulamalarında kullanılmaktadır. Gerek kazalarla gerekse maden türevlerinin maddi değer kazançları ile gündeme oturmaktadır. Bu nedenledir ki, neredeyse tüm mühendislik uygulamalarında etkin bir biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Madencilik faaliyetleri ile ilgili karşımıza çıkan çalışmaların çoğunlukla metalik madenlerin (altın, bakır, kalay, krom, demir, vb.) aranmasına yönelik olduğu görülmektedir. CBS'nin madencilikte kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalarda ise, maden arama faaliyetlerine, maden havzasının tasarım ve yer seçimine, maliyet analizine, rezerv miktarının hesaplanmasına yer verilmektedir.

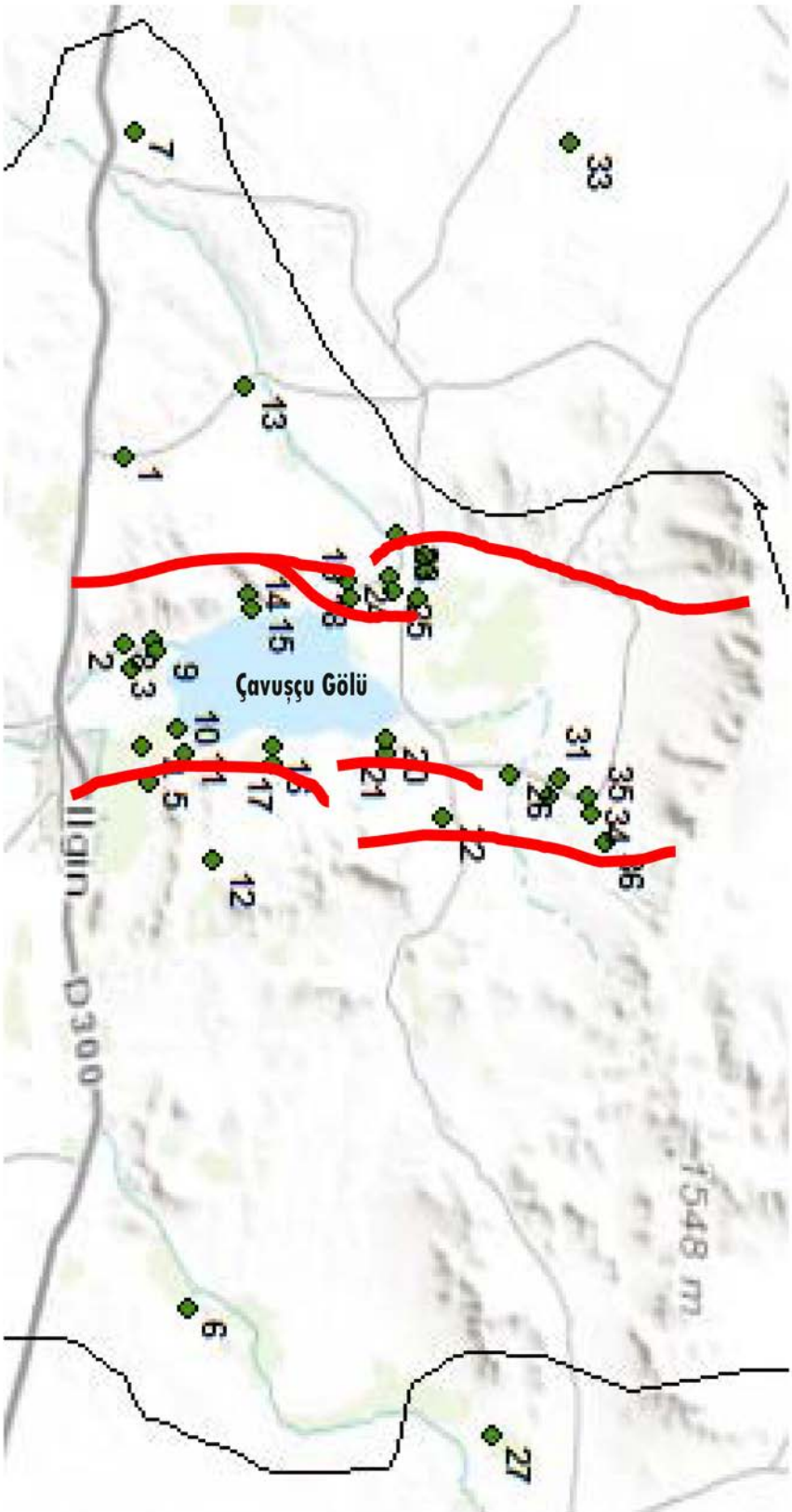
Kayaç tiplerinin tanınması, ana jeolojik birimlerin haritalanması, jeolojik haritaların revizyonu, magmatik kayaçların haritalanması, güncel volkanik yüzey istiflerinin haritalanması, jeomorfolojik haritalama, mineral zonları ve alterasyon alanlarının belirlenmesi, bölgesel yapıların incelenmesi, çizgisel yapıların haritalanması ve depremsellik dahil güncel tektonik çalışmalarda bu sistem kullanılmaktadır (Kılıç, 2006). Proje çalışmasının planlanması, toplanacak olan verilerin belirlenmesi ve bu verilerin toplanması (uydu görüntüleri, gerekli mercilerden haritaların temini, maden rezervi ile ilgili bilgiler, vb.), verilerin uzaktan değerlendirilmesi, sonuç ürünlerin yazılıma tanıtılması (grafik ve grafik olmayan verilerin ilişkilendirilmesi) maden yatağı ile ilgili sorgulama ve analizlerin yapılması (maden yatağının kullanılabilirliği, gerekli yapıların en uygun yer seçimi, maden rezerv miktarının sorgulanması, çalışma alanının haritalarının oluşturulması, vb.) gibi uygulamalarda da coğrafi bilgi sistemleri kullanılmaktadır.

Bir ülkenin en büyük yatırım sektörlerinden olan madencilik faaliyetlerinde kömür, linyit, bor, altın, petrol, bakır, mermer madenlerinin yanında mineral kaynaklarda doğadan elde edilmektedir. Maddi değer olarak çok önem arz eden bu madenler ve minerallerin verimli bir şekilde kullanılmasında ve özellikle karar vericiler açısından daha hızlı ve güvenilir bir karara varmada Coğrafi Bilgi Sistemi mantığı ile oluşturulan yazılımların çok güçlü bir araç olarak karşımıza çıktığı görülmektedir.

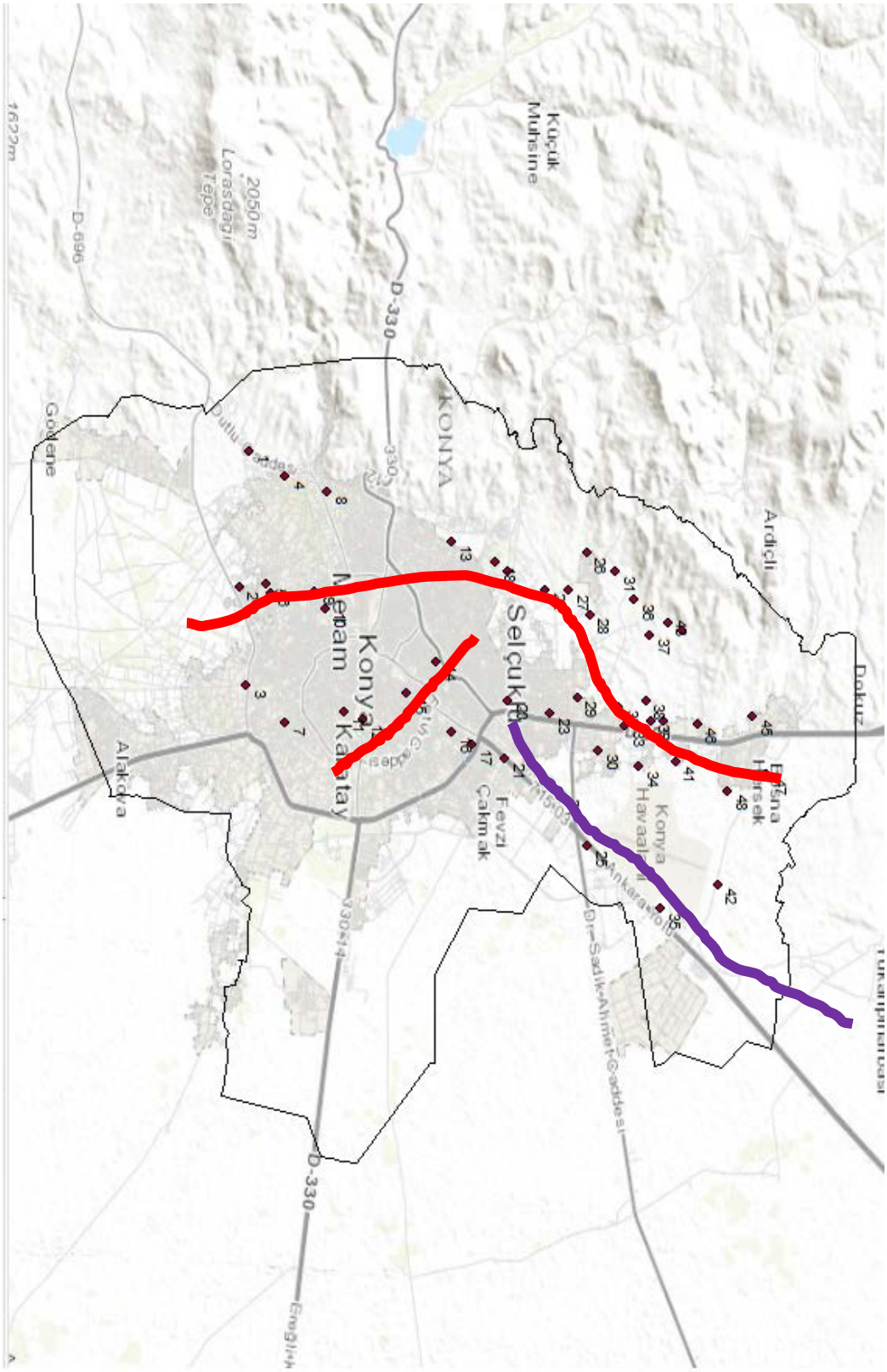
5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu doktora tez çalışmasında Konya ilinin Selçuklu, Meram, Karatay ve Ilgın ilçelerinde toprakta radon gazı ölçümleri yapılmış ve radon gazı seviyeleri belirlenmiştir. Konya bölgesindeki aktif fay hatları tespit edilerek radon gazı hareketi verileri ile karşılaştırılmıştır. Tespit edilen faylar haritalarda belirtilmiştir (Şekil 5-1,2).

Aktif Fay hatlarında ve civarında toprak gazı radon konsantrasyonları, AlphaGUARD Radon gazı görüntüleme cihazı ile ölçülmüştür. Arazilerdeki ölçüm sonucu elde edilen veriler değerlendirilerek süreksizliklerle aralarındaki ilişkiler incelenmiştir.



Şekil 5.1. Ilgın Çavuşçu Gölü Çalışma Alanı Faylar ve Ölçüm Noktaları



Şekil 5.2. Konya Selçuklu-Meram-Karatay Çalışma Alanı Faylar ve Ölçüm Noktaları

5.1. AlphaGUARD Dedektörü İle Yapılan Ölçümler

Bu bölümde ölçümler sonunda DataEXPERT yazılımı kullanılarak elde edilen sonuçlar verilmiştir. Grafiklerde x ekseni zaman y ekseni ise ^{222}Rn yoğunluk ölçümünü göstermektedir. ^{222}Rn yoğunluğu Bq/m^3, zaman ise saat cinsinden gösterilmektedir.

5.1.1. Konya İli Selçuklu-Meram-Karatay İlçelerinden Alınan Toprak Gazı Ölçüm Sonuçları

Konya İlinin Selçuklu – Meram – Karatay İlçelerinden 48 ayrı noktada ölçümler yapılmıştır (Çizelge 5-1). Data expert yazılım programı kullanılarak alınan toprak gazı ölçüm sonuçlarının grafikleri çıkarılmıştır (Şekil 5-3,4,5,6,7,8,9,10,11 ve 12). Toprak gazındaki radon konsantrasyonu profesyonel radon monitörü AlphaGUARD PQ2000 PRO ile fayları kesen ve faylara dik olmak üzere alınan ölçümlerde çalışma alanlarında radon anomalileri vardır. Konya ili şehir merkezinde (Selçuklu-Meram-Karatay ilçelerinde) ölçülen toprak gazı radon konsantrasyonları 201 ile 58522 Bq/m^3 arasında değişmekte ve bu değerlerin aritmetik ortalaması 18666,69 Bq/m^3'tür. Toprak gazı radon seviyesi fay hatlarına yakın bölgelerde daha yüksek ölçülmüştür. Ölçülen radon konsantrasyonları ile nem, sıcaklıktan ve basınç arasında herhangi bir korelasyon görülmemektedir.

Çizelge 5.1. Konya İli Selçuklu-Meram-Karatay İlçelerinden Alınan Toprak Gazı Ölçüm Sonuçları

Ölçüm No	^{222}Rn Bq/m^3	^{220}Rn Bq/m^3	Temperature ^{0}C	Air Pressure mbar	Humidity %	Altitude m.	Coordinate
1	10725	10457	31.3	892.8	20.01	1084	37^{0}49'43"N 32^{0}24'44"E
2	16410	2073	28.8	894.7	21.5	1032	37^{0}49'30"N 32^{0}27'45"E
3	39787	5499	24.3	898	32.6	1027	37^{0}49'39"N 32^{0}29'56"E
4	5952	2854	24.4	900.7	23.2	1072	37^{0}50'31"N 32^{0}25'18"E
5	24911	4081	27.2	895.2	25	1044	37^{0}50'06"N 32^{0}27'41"E
6	21109	3185	38.3	890.7	20.2	1071	37^{0}50'11"N 32^{0}27'54"E
7	397	658	22	898.4	36.7	1013	37^{0}50'31"N 32^{0}30'45"E
8	39727	11396	33.7	889.9	19.1	1055	37^{0}51'27"N 32^{0}25'39"E
9	1800	6476	26.6	895.1	24.6	1043	37^{0}51'10"N 32^{0}27'51"E
10	16635	33634	24.4	896.5	32.9	1034	37^{0}51'24"N 32^{0}28'13"E
11	18586	17414	24.2	903.1	22.6	1006	37^{0}51'49"N 32^{0}30'31"E
12	58522	5145	21.9	897.9	39.8	1012	37^{0}52'14"N 32^{0}30'41"E
13	22869	10001	36.3	891.1	18.2	1063	37^{0}54'12"N 32^{0}26'44"E
14	53786	18995	25.7	896.9	30.6	1015	37^{0}53'51"N 32^{0}29'23"E

Çizelge 5.1.'in Devamı Konya İli Selçuklu-Meram-Karatay İlçelerinden Alınan Toprak Gazı Ölçüm Sonuçları

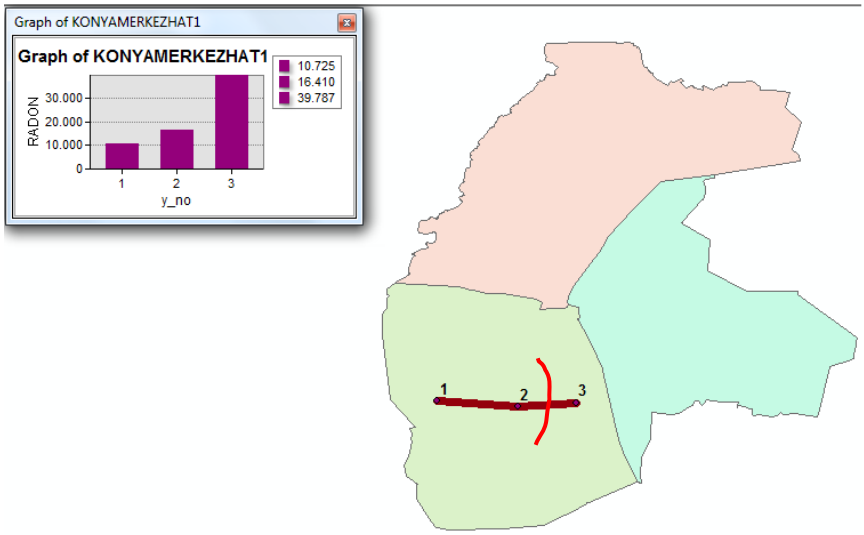
Ölçüm No	^{222}Rn Bq/m^3	^{220}Rn Bq/m^3	Temperature ^oC	Air Pressure mbar	Humidity %	Altitude m.	Coordinate
15	54289	21052	26.6	898.9	32.6	1023	37°53'12"N 32°30'06"E
16	874	8761	31.4	898.8	27.5	1016	37°54'12"N 32°30'57"E
17	15426	2558	36.7	897.8	17	1025	37°54'39"N 32°31'14"E
18	6243	5539	40.8	890	16.4	1050	37°55'10"N 32°27'12"E
19	12542	4239	38.7	889.4	17.1	1055	37°55'26"N 32°27'25"E
20	19599	2270	26.9	897.1	29.1	1024	37°55'26"N 32°30'15"E
21	16832	4768	35.8	897.1	17.6	1017	37°55'22"N 32°31'33"E
22	9573	12046	37.9	890.1	16	1045	37°56'16"N 32°27'48"E
23	8094	5229	30	896.9	24.4	1028	37°56'23"N 32°30'33"E
24	27917	9805	34.4	894.9	17.4	1019	37°56'35"N 32°32'20"E
25	15516	3409	21.8	903.6	29.1	1006	37°57'12"N 32°33'29"E
26	15748	14444	27	884	24	1159	37°57'11"N 32°27'00"E
27	38758	4295	22	891	32	1085	37°56'47"N 32°27'49"E
28	28599	2198	25.7	890.9	30.3	1052	37°57'15"N 32°28'21"E
29	21775	7038	32.1	896.6	22.3	1034	37°56'59"N 32°30'11"E

Çizelge 5.1.'in Devamı Konya İli Selçuklu-Meram-Karatay İlçelerinden Alınan Toprak Gazı Ölçüm Sonuçları

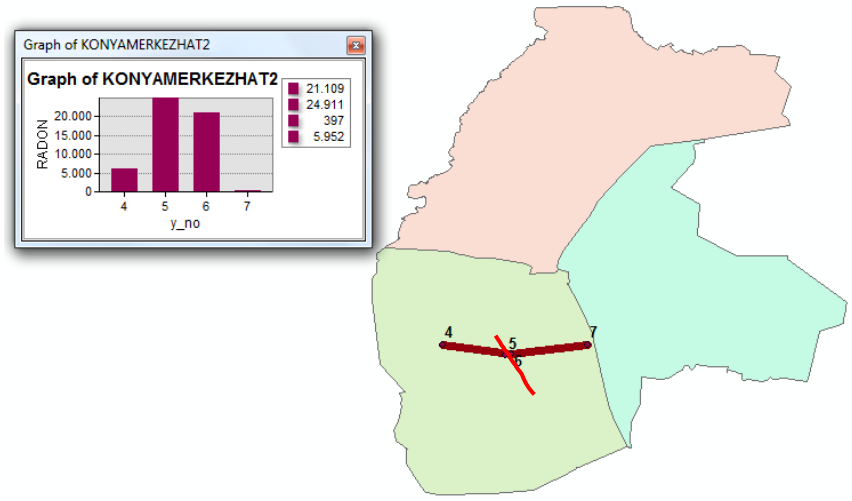
Ölçüm No	^{222}Rn Bq/m^3	^{220}Rn Bq/m^3	Temperature ^{0}C	Air Pressure mbar	Humidity %	Altitude m	Coordinate
30	2129	12376	35.1	893.2	16.2	1038	37^{0}57'27"N 32^{0}31'21"E
31	14287	2391	29	888	19	1110	37^{0}57'49"N 32^{0}27'25"E
32	23616	19264	35.4	895.8	20.7	1040	37^{0}57'53"N 32^{0}30'23"E
33	38076	13098	19.8	903.5	30	1009	37^{0}58'49"N 32^{0}34'51"E
34	15081	11236	30.9	892.2	17.5	1045	37^{0}58'21"N 32^{0}31'43"E
35	38076	13098	19.8	903.5	30	1009	37^{0}58'49"N 32^{0}34'51"E
36	13015	1542	30	891	22	1084	37^{0}58'14"N 32^{0}28'02"E
37	6674	4836	30	889	20	1104	37^{0}58'35"N 32^{0}28'48"E
38	24141	29376	31.7	896.3	22.8	1046	37^{0}58'30"N 32^{0}30'15"E
39	6375	22258	23.2	886.3	20.7	1042	37^{0}58'36"N 32^{0}30'42"E
40	14899	3053	30.2	895.5	24.1	1051	37^{0}58'54"N 32^{0}30'42"E
41	25515	8367	27.9	889.8	18.6	1057	37^{0}59'09"N 32^{0}31'37"E
42	466	529	14.9	895.9	38.1	1015	38^{0}00'05"N 32^{0}34'19"E

Çizelge 5.1.'in Devamı Konya İli Selçuklu-Meram-Karatay İlçelerinden Alınan Toprak Gazı Ölçüm Sonuçları

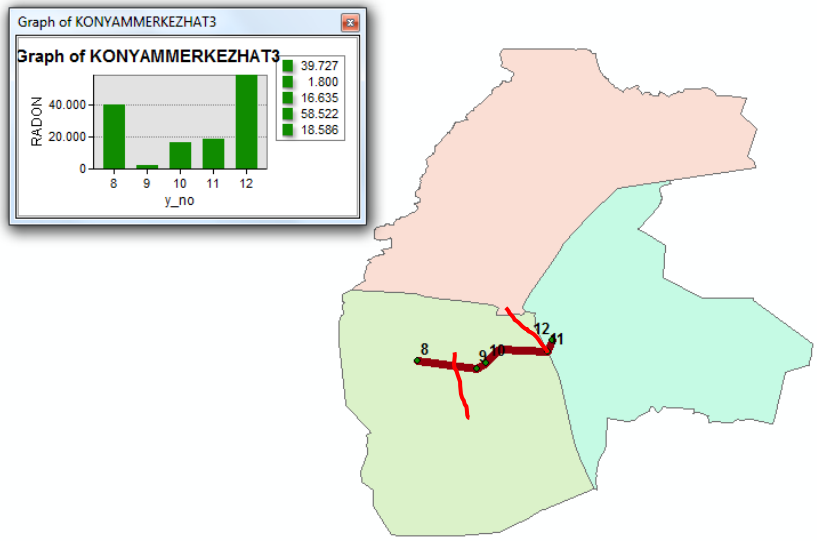
Ölçüm No	^{222}Rn Bq/m^3	^{220}Rn Bq/m^3	Temperature ^0C	Air Pressure mbar	Humidity %	Altitude m.	Coordinate
43	11959	2009	36	8866	16	1141	37^{0}58'59"N 32^{0}28'33"E
44	11357	1715	31	888	22	1124	37^{0}59'17"N 32^{0}28'42"E
45	708	3591	13.1	893.5	45.7	1138	38^{0}00'52"N 32^{0}30'36"E
46	201	57	18.8	894	26.2	1109	37^{0}59'38"N 32^{0}30'46"E
47	18071	3459	25.3	890.5	18.2	1113	38^{0}01'10"N 32^{0}31'54"E
48	8354	10222	26.8	887	17.1	1074	38^{0}00'18"N 32^{0}32'15"E



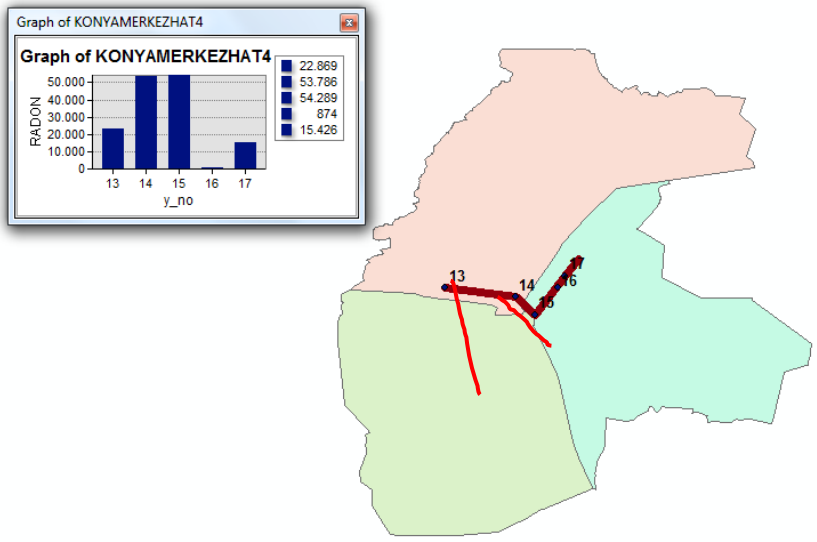
Şekil 5.3. Konya Selçuklu-Meram-Karatay 1. Hat (1,2 ve 3. lokasyonlar)



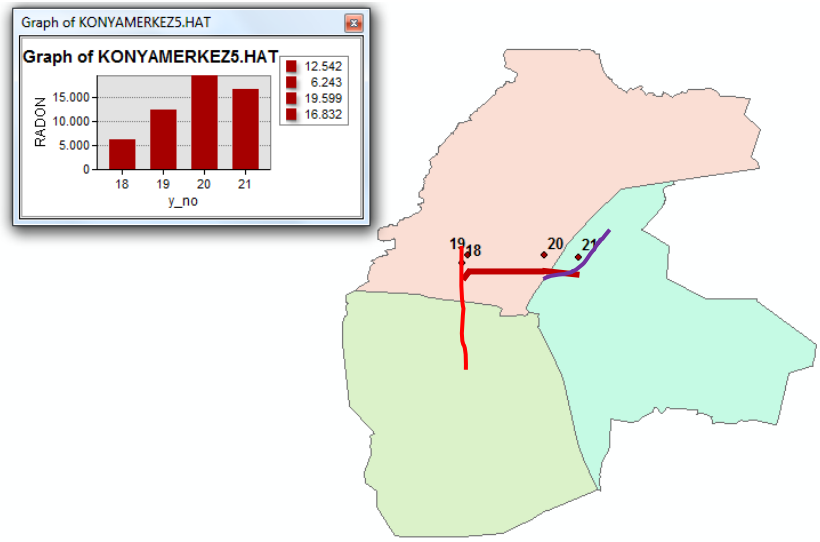
Şekil 5.4. Konya Selçuklu-Meram-Karatay 2. Hat (4,5,6 ve 7. lokasyonlar)



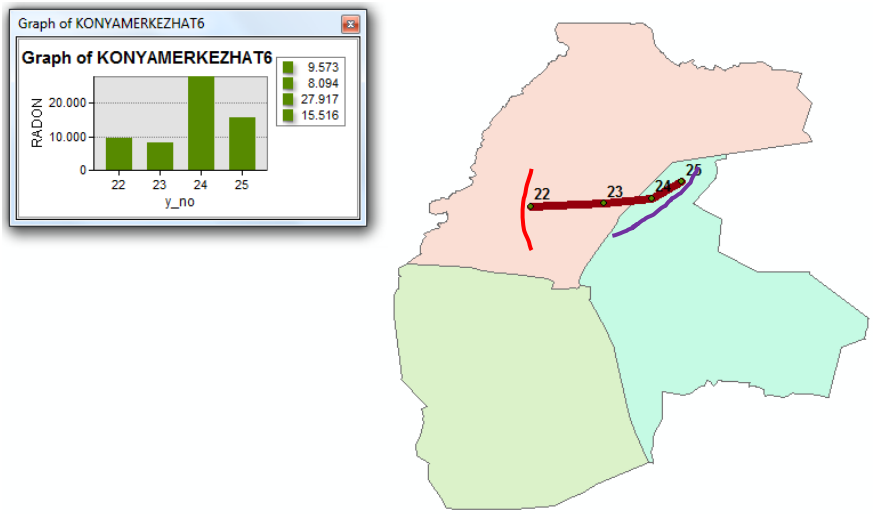
Şekil 5.5. Konya Selçuklu-Meram-Karatay 3. Hat (8,9,10,11 ve 12. lokasyonlar)



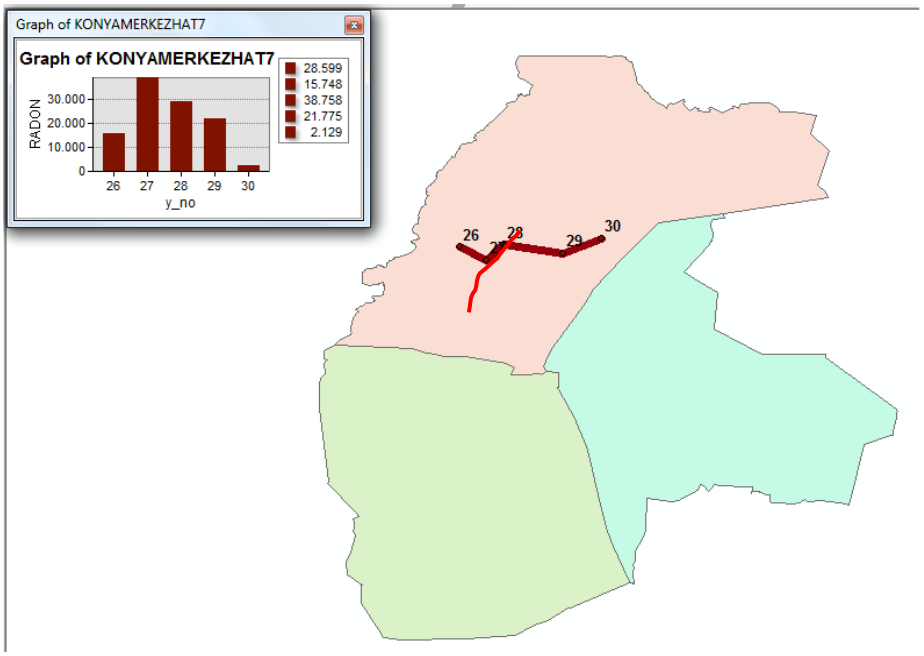
Şekil 5.6. Konya Selçuklu-Meram-Karatay 4.Hat (13,14,15,16 ve 17.lokasyonlar)



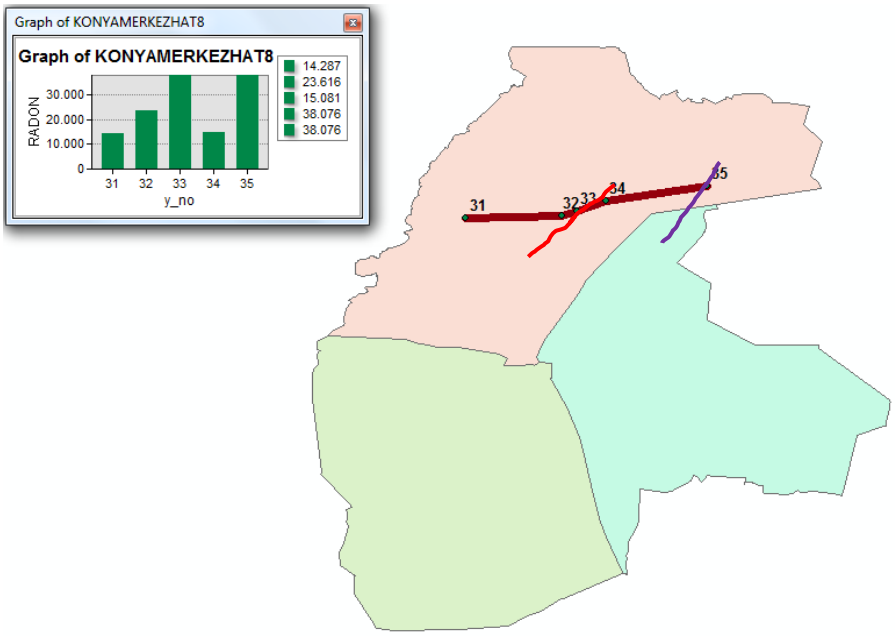
Şekil 5.7. Konya Selçuklu-Meram-Karatay 5. Hat (18,19,20 ve 21. lokasyonlar)



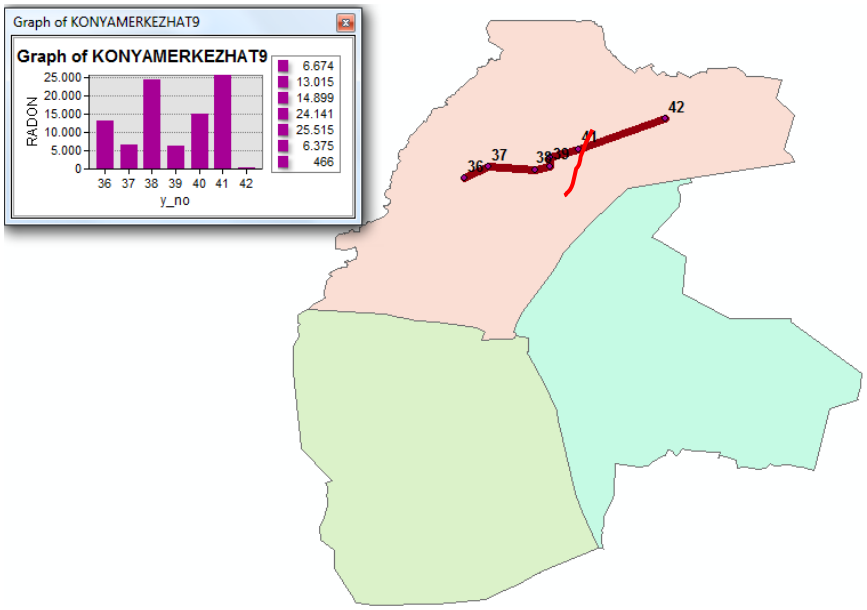
Şekil 5.8. Konya Selçuklu-Meram-Karatay 6. Hat (22,23,24 ve 25. lokasyonlar)



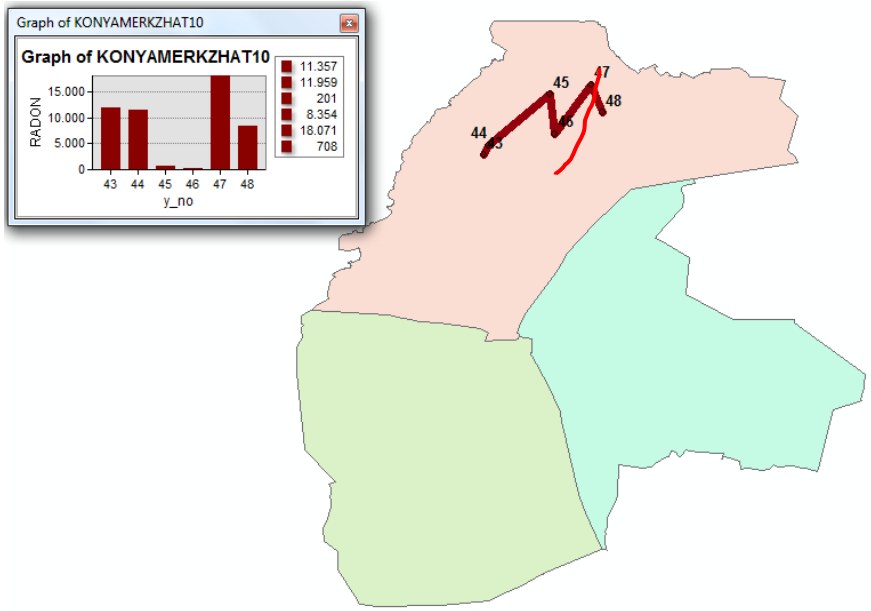
Şekil 5.9. Konya Selçuklu-Meram-Karatay 7. Hat (26,27,28,29 ve 30. lokasyonlar)



Şekil 5.10. Konya Selçuklu-Meram-Karatay 8. Hat (31,32,33,34 ve 35. lokasyonlar)



Şekil 5.11. Konya Selçuklu-Meram-Karatay 9. Hat (36,37,38,39,40,41 ve 42. lokasyonlar)



Şekil 5.12. Konya Selçuklu-Meram-Karatay 10. Hat (43,44,45,46,47 ve 48. lokasyonlar)

Konya ili Selçuklu, Meram ve Karatay ilçelerinde 10 ayrı hat belirlenerek ölçümler yapılmıştır. 1. hattan alınan ölçümlerde 1, 2 ve 3. lokasyonlardan sıcaklık, basınç, nem ve yükseklik değerleri sırasıyla, 31.3, 28,8 ve 24,3 ^{0}C – 892,8, 894,7 ve 898 milibar - %20,01, %21,5 ve %32,6 nem ile yükseklik 1084, 1032 ve 1027 metre olarak ölçülmüştür. 1. lokasyondan toprak gazı radon (^{222}Rn) 10 725 Bq/m^{3}, 2. lokasyondan toprak gazı radon (^{222}Rn) 16 410 Bq/m^{3} ve 3. lokasyondan toprak gazı radon (^{222}Rn) 39 787 Bq/m^{3} değerleri ölçülmüştür. Fay 2. ve 3. lokasyonların arasından ve 3. lokasyona yakın geçmektedir (Şekil 5.3).

Konya ili Selçuklu, Meram ve Karatay ilçelerinde 2. hattan, 4 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır. 4. lokasyondan 31,3 ^{0}C sıcaklık - 900,7 mbar. basınç - %23,2 nem – 1072 metre yükseklik ve 5 952 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 5. lokasyondan 27,2 ^{0}C sıcaklık - 895,2 mbar. basınç - %25 nem – 1044 metre yükseklik ve 24 911 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 6. lokasyondan 38,3 ^{0}C sıcaklık - 890,7 mbar. basınç - %20,2 nem – 1071 metre yükseklik ve 21 109 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ve 7. lokasyondan 22 ^{0}C sıcaklık - 898,4 mbar. basınç - %36,7 nem – 1013 metre yükseklik ve 397 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. 5. ve 6. lokasyonlar , faya çok yakın ve kesen noktalardır. 7. noktadaki düşük radon (^{222}Rn) konsantrasyonu faya olan uzaklığı ile açıklanabilir (Şekil 5.4).

Konya ili Selçuklu, Meram ve Karatay ilçelerinde 3. hattan, 5 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır. 8. lokasyondan 33,7 ^{0}C sıcaklık - 889,9 mbar. basınç - %19,1 nem – 1055 metre yükseklik ve 39 727 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 9. lokasyondan 26,6 ^{0}C sıcaklık - 895,5 mbar. basınç - %24,9 nem – 1043 metre yükseklik ve 1 800 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 10. lokasyondan 24,4 ^{0}C sıcaklık - 896,5 mbar. basınç - %32,9 nem – 1034 metre yükseklik ve 16 635 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 11. lokasyondan 24,2 ^{0}C sıcaklık - 903,1 mbar. basınç - %22,6 nem – 1006 metre yükseklik ve 18 586 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ve 12. lokasyon 21,9 ^{0}C sıcaklık - 897,9 mbar. basınç - %39,8 nem – 1012 metre yükseklik ve 58 522 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. 8. ve 12. lokasyonlarda yüksek radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. 8.

lokasyon faya yakınlığı ile 12. lokasyon ise fayı kesen nokta olduğu düşünülmektedir (Şekil 5.5).

Konya ili Selçuklu, Meram ve Karatay ilçelerinde 4. hattan, 5 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır. 13. lokasyondan 36,3 ^{0}C sıcaklık - 891,1 mbar. basınç - %18,2 nem – 1063 metre yükseklik ve 22 869 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri, 14. lokasyondan 25,7 ^{0}C sıcaklık - 896,9 mbar. basınç - %30,6 nem – 1015 metre yükseklik ve 53 786 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 15. lokasyondan 26,6 ^{0}C sıcaklık - 898,9 mbar. basınç - %32,6 nem – 1023 metre yükseklik ve 54 289 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 16. lokasyondan 31,4 ^{0}C sıcaklık - 898,8 mbar. basınç - %27,5 nem – 1016 metre yükseklik ve 874 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ve 17. lokasyon 36,7 ^{0}C sıcaklık - 897,8 mbar. basınç - %17 nem – 1025 metre yükseklik ve 15 426 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) değerleri ölçülmüştür. Fayın geçtiği yerlerde anomaliler gözlenmektedir. 13. ve 14. lokasyonlarda yüksek radon konsantrasyonları ölçülmüştür (Şekil 5.6).

Konya ili Selçuklu, Meram ve Karatay ilçelerinde 5. hattan, 4 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır. 18. lokasyondan 40,8 ^{0}C sıcaklık - 890 mbar. basınç - %16,4 nem – 1050 metre yükseklik ve 6 243 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 19. lokasyondan 38,7 ^{0}C sıcaklık - 889,4 mbar. basınç - %17,1 nem – 1055 metre yükseklik ve 12 542 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 20. lokasyondan 26,9 ^{0}C sıcaklık - 897,1 mbar. basınç - %29,1 nem – 1024 metre yükseklik ve 19 599 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ,ve 21. lokasyondan 35,8 ^{0}C sıcaklık - 897,1 mbar. basınç - %17,6 nem – 1017 metre yükseklik ve 16 832 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ölçülmüştür (Şekil 5.7).

Konya ili Selçuklu, Meram ve Karatay ilçelerinde 6. hattan, 4 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır. 22. lokasyondan 37,9 ^{0}C sıcaklık - 890,1 mbar. basınç - %16 nem – 1045 metre yükseklik ve 9 573 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 23. lokasyondan 30 ^{0}C sıcaklık - 896,9 mbar. basınç - %24,4 nem – 1028 metre yükseklik ve 8 094 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 24. lokasyondan 34,4 ^{0}C sıcaklık - 894,9 mbar. basınç - %17,4 nem – 1019 metre yükseklik ve 27 917 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ,ve 25.

lokasyondan 21,8 ^{0}C sıcaklık - 903,6 mbar. basınç - %29,1 nem – 1006 metre yükseklik ve 15 516 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. 24. Ölçüm noktasında yüksek radon gazı konsantrasyonu mevcuttur (Şekil 5.8).

Konya ili Selçuklu, Meram ve Karatay ilçelerinde 7. hattan, 5 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır. 26. lokasyondan 27 ^{0}C sıcaklık - 884 mbar. basınç - %24 nem – 1159 metre yükseklik ve 15 748 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 27. lokasyondan 22 ^{0}C sıcaklık - 891 mbar. basınç - %32 nem – 1085 metre yükseklik ve 38 758 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 28. lokasyondan 25,7 ^{0}C sıcaklık - 890,9 mbar. basınç - %30,3 nem – 1052 metre yükseklik ve 28 599 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 29. lokasyondan 32,1 ^{0}C sıcaklık - 896,6 mbar. basınç - %22,3 nem – 1034 metre yükseklik ve 21 775 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ve 30. lokasyon 35,1 ^{0}C sıcaklık - 893,2 mbar. basınç - %16,2 nem – 1038 metre yükseklik ve 2129 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) değerleri ölçülmüştür. 27. ve 28. lokasyonlarda radon anomalileri gözlemlenmiştir (Şekil 5.9).

Konya ili Selçuklu, Meram ve Karatay ilçelerinde 8. hattan, 5 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır. 31. lokasyondan 29 ^{0}C sıcaklık - 888 mbar. basınç - %19 nem – 1110 metre yükseklik ve 14 287 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 32. lokasyondan 35,4 ^{0}C sıcaklık - 895,8 mbar. basınç - %20,7 nem – 1040 metre yükseklik ve 23 616 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 33. lokasyondan 19,8 ^{0}C sıcaklık - 903,5 mbar. basınç - %30 nem – 1009 metre yükseklik ve 38 076 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 34. lokasyondan 30,9 ^{0}C sıcaklık - 892,2 mbar. basınç - %17,5 nem – 1045 metre yükseklik ve 15 081 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ve 35. lokasyon 19,8 ^{0}C sıcaklık - 903,5 mbar. basınç - %30 nem – 1009 metre yükseklik ve 38 076 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) değerleri ölçülmüştür. 32. 33. ve 34. Ölçüm noktaları fayın geçtiği, faya yakın noktalardır (Şekil 5.10).

Konya ili Selçuklu, Meram ve Karatay ilçelerinde 9. hattan, 7 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır. 36. lokasyondan 30 ^{0}C sıcaklık - 891 mbar. basınç - %22 nem – 1084 metre yükseklik ve 13 015 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 37. lokasyondan 30 ^{0}C sıcaklık - 889 mbar. basınç - %20 nem – 1104 metre yükseklik ve 6 674 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 38. lokasyondan 31,7 ^{0}C

sıcaklık - 896,3 mbar. basınç - %22,8 nem – 1046 metre yükseklik ve 24 141 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 39. lokasyondan 23,2 ^{0}C sıcaklık - 886,3 mbar. basınç - %20,7 nem – 1042 metre yükseklik ve 6 375 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 40. lokasyondan 30,2 ^{0}C sıcaklık - 895,5 mbar. basınç - %24,1 nem – 1051 metre yükseklik ve 14 899 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri 41. lokasyondan 27,9 ^{0}C sıcaklık - 889,8 mbar. basınç - %18,6 nem – 1057 metre yükseklik ve 25 515 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , ve 42. lokasyon 14,9 ^{0}C sıcaklık - 895,9 mbar. Basınç - %38,1 nem – 1015 metre yükseklik ve 466 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) değerleri ölçülmüştür. 38. ve 41. Ölçüm noktalarında yüksek radon konsantrasyonu ölçülmüştür (Şekil 5.11).

Konya ili Selçuklu, Meram ve Karatay ilçelerinde 10. hattan, 6 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır. 43. lokasyondan 36 ^{0}C sıcaklık - 886,6 mbar. basınç - %16 nem – 1141 metre yükseklik ve 11 959 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 44. lokasyondan 31 ^{0}C sıcaklık - 888 mbar. basınç - %22 nem – 1124 metre yükseklik ve 11 357 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 45. lokasyondan 13,1 ^{0}C sıcaklık - 893,5 mbar. basınç - %45,7 nem – 1138 metre yükseklik ve 708 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 46. lokasyondan 18,8 ^{0}C sıcaklık - 894 mbar. basınç - %26,2 nem – 1109 metre yükseklik ve 201 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 47. lokasyondan 25,3 ^{0}C sıcaklık - 890,5 mbar. basınç - %18,2 nem – 1113 metre yükseklik ve 18 071 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ve 48. lokasyon 26,8 ^{0}C sıcaklık - 887 mbar. basınç - %17,1 nem – 1074 metre yükseklik ve 8 354 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) değerleri ölçülmüştür. 47. lokasyonda yüksek radon konsantrasyonu ölçülmüştür (Şekil 5.12).

Konya ilinin Selçuklu-Meram-Karatay ilçelerini kapsayan bölgedeki aktif fay hatları tespit edilerek radon gazı ölçülen verileri incelendiğinde, basınçta çok küçük değişimler olduğu, sıcaklık ile toprak neminin arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu, Bu bölgede elde edilen radon toprak gazı değerleri ile iklim parametreleri arasında kayda değer bir ilişki bulunamamıştır. Süreksizliklerin radon gazı çıkışında etkili olduğu gözlemlenmiş ve fay hatlarında radon anomalileri tespit edilmiştir.

5.1.2. Konya'nın Ilgın İlçesinden Alınan Toprak Gazı Ölçüm Sonuçları

Konya ili Ilgın ilçesinden 36 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır (Çizelge 5. 2). DataExpert yazılım programı kullanılarak elde edilen sonuçların grafikleri çıkartılmıştır (Şekil 5-13,14,15,16,17 ve18). Toprak gazındaki radon konsantrasyonu profesyonel radon monitörü AlphaGUARD PQ2000 PRO ile fayları kesen ve faylara dik olmak üzere alınan ölçümlerde çalışma alanlarında radon anomalileri vardır. Toprak gazındaki radon konsantrasyonları Ilgın'da 170 ile 32631 Bq/m^3 arasında değişmekte ve bu değerlerin aritmetik ortalaması 11547 Bq/m^3'tür. Toprak gazı radon seviyesi fay hatlarına yakın bölgelerde daha yüksek ölçülmüştür. Ölçülen radon konsantrasyonları ile nem, sıcaklık ve basınç arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Çizelge 5.2. Konya Ilgın İlçesinde Alınan Toprak Gazı Ölçüm Sonuçları

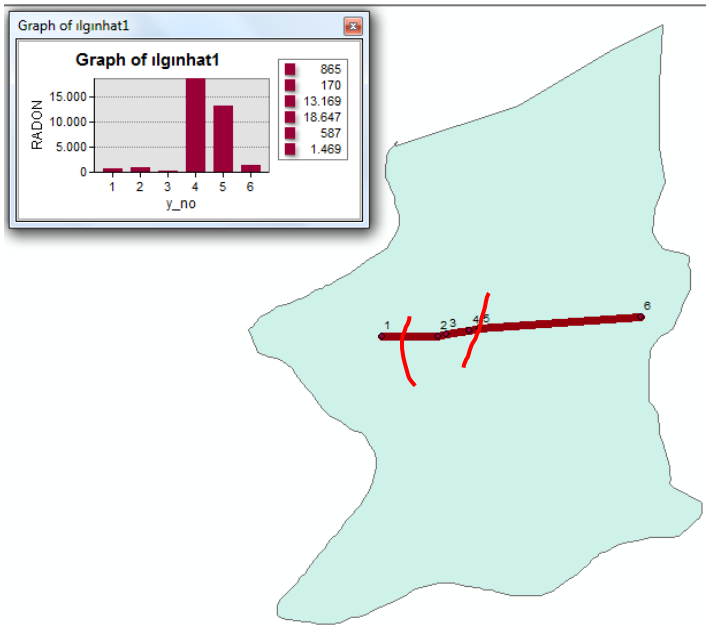
Ölçüm No	^{222}Rn Bq/m^3	^{220}Rn Bq/m^3	Temperature ^0C	Air Pressure mbar	Humidity %	Altitude m.	Coordinate
1	587	3669	21,0	890,9	34,7	1089	38^{0}18'03"N 31^{0}48'21"E
2	865	224	27.3	901.1	15.7	1059	38^{0}18'05"N 31^{0}51'52"E
3	170	122	24,5	899,5	16,7	1037	38^{0}18'12"N 31^{0}52'23"E
4	18647	4828	20,2	899,7	22,3	1030	38^{0}18'25"N 31^{0}53'50"E
5	13169	1436	23,7	899,8	18,3	1036	38^{0}18'32"N 31^{0}54'28"E
6	1469	10303	19,6	895,0	41,0	1007	38^{0}19'16"N 31^{0}41'26"E
7	19767	10505	22,5	895,5	38,3	1103	38^{0}18'16"N 31^{0}42'13"E
8	258	264	17.8	902	46	1053	38^{0}18'38"N 31^{0}51'50"E
9	27420	103	19.4	900.6	39.4	1040	38^{0}18'41"N 31^{0}52'02"E
10	6185	196	13,8	899,2	26,3	1034	38^{0}19'06"N 31^{0}53'28"E
11	18539	8136	14.8	899,1	34,7	1042	38^{0}19'13"N 31^{0}53'59"E
12	5411	10211	16,3	895,5	34,6	1155	38^{0}19'45"N 31^{0}55'58"E
13	12768	407	21,4	888,7	32,3	1058	38^{0}20'22"N 31^{0}47'01"E
14	6686	7858	19.5	900,8	37,8	1053	38^{0}20'26"N 31^{0}50'59"E

Çizelge 5.2.'nin Devamı Konya Ilgın İlçesinde Alınan Toprak Gazı Ölçüm Sonuçları

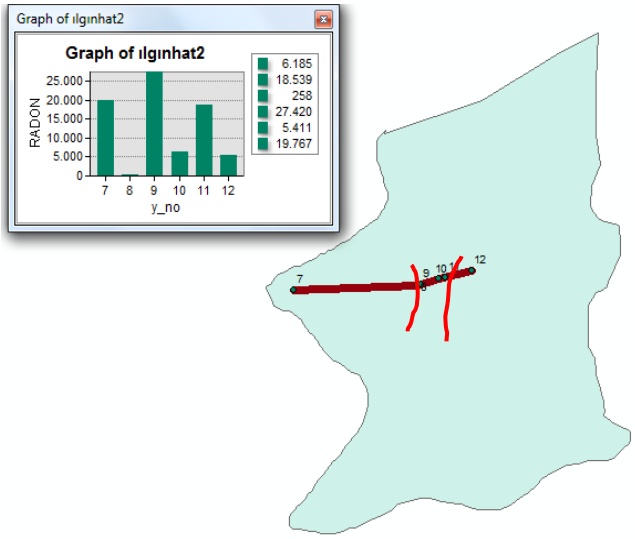
Ölçüm No	^{222}Rn Bq/m^3	^{220}Rn Bq/m^3	Temperature ^{0}C	Air Pressure mbar	Humidity %	Altitude m.	Coordinate
15	6868	2191	22,2	900,4	39,3	1035	38^{0}20'30"N 31^{0}51'12"E
16	9163	10773	19,3	900,1	36.2	1042	38^{0}20'52"N 31^{0}53'49"E
17	13193	2282	21.6	900.3	38.1	1058	38^{0}20'52"N 31^{0}54'09"E
18	8556	826	16,4	899,5	38	1047	38^{0}22'18"N 31^{0}50'42"E
19	10133	9681	12,7	900,9	52,5	1030	38^{0}22'20"N 31^{0}51'00"E
20	15211	6690	14	900,7	59.6	1031	38^{0}23'00"N 31^{0}53'40"E
21	18238	17268	15.8	900,7	41,5	1060	38^{0}23'02"N 31^{0}53'58"E
22	12975	11127	20,4	891,5	37,5	1067	38^{0}24'06"N 31^{0}55'08"E
23	11611	15781	19,5	893,9	29,9	1041	38^{0}2314"N 31^{0}49'50"E
24	15637	5282	15,5	898,2	39,3	1045	38^{0}23'05"N 31^{0}50'36"E
25	16277	3505	15,4	896,4	42,7	1023	38^{0}23'07"N 31^{0}50'55"E
26	3595	3931	15,7	898.4	39.6	1014	38^{0}26'21"N 31^{0}54'17"E
27	4647	12364	8,2	897,4	54,6	1038	38^{0}25'22"N 31^{0}54'20"E
28	4052	623	16,8	898,7	37,2	1030	38^{0}26'09"N 31^{0}54'35"E

Çizelge 5.2.'nin Devamı Konya Ilgın İlçesinde Alınan Toprak Gazı Ölçüm Sonuçları

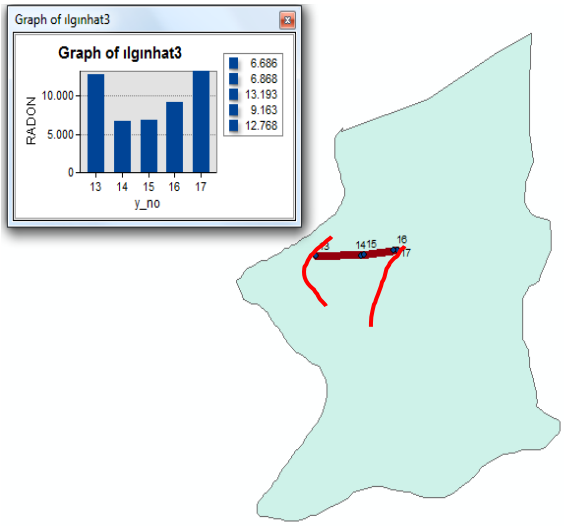
Ölçüm No	^{222}Rn Bq/m^3	^{220}Rn Bq/m^3	Temperature ^0C	Air Pressure mbar	Humidity %	Altitude m.	Coordinate
29	15302	5200	20,5	894,3	41,9	1014	38^{0}24'59"N 31^{0}06'49"E
30	29316	11183	22,1	890,4	34,5	1023	38^{0}26'34"N 31^{0}42'17"E
31	17542	5165	13,8	897,9	42,3	1027	38^{0}23'43"N 31^{0}50'12"E
32	32631	6499	17,1	899,2	40,2	1024	38^{0}23'45"N 31^{0}50'31"E
33	4993	4245	14,8	899,7	40,4	1028	38^{0}23'42"N 31^{0}50'52"E
34	4281	2311	15,1	899,8	44,5	1030	38^{0}26'52"N 31^{0}54'38"E
35	5470	3423	13,5	900,3	50,2	1042	38^{0}26'57"N 31^{0}54'55"E
36	24073	9501	20,4	888,6	33,9	1166	38^{0}27'11"N 31^{0}55'29"E



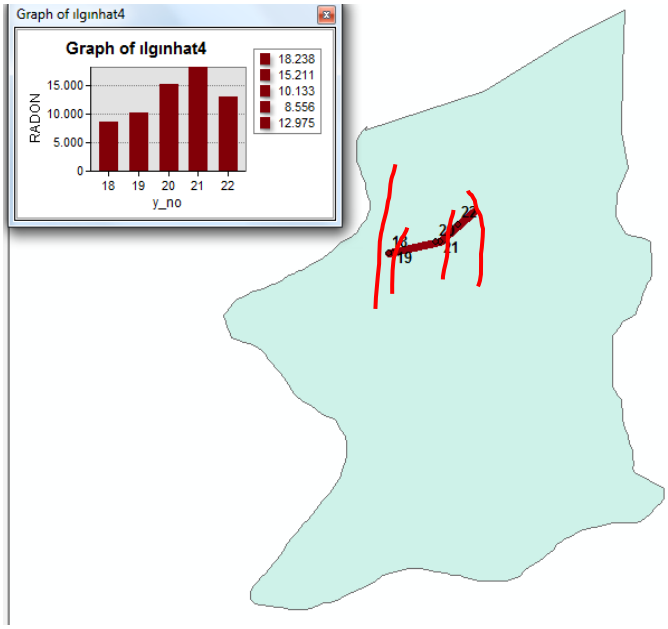
Şekil 5.13. Ilgın 1. Hat (1,2,3,4,5 ve 6. lokasyonlar)



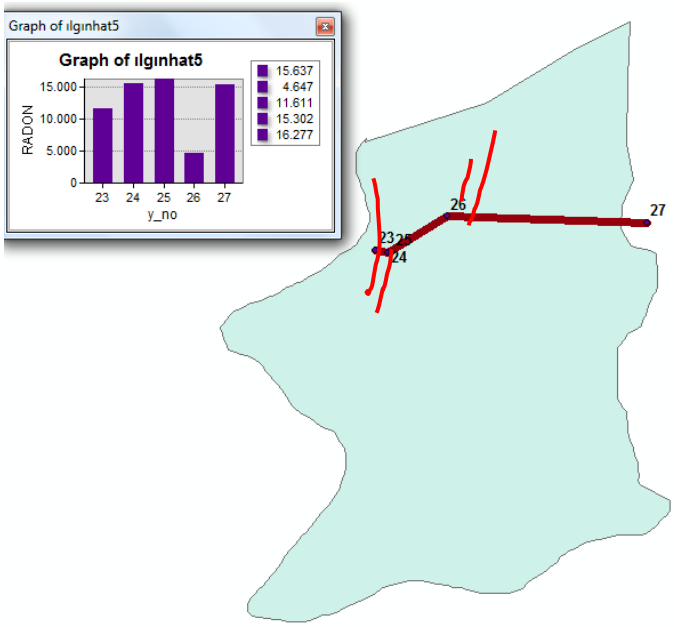
Şekil 5.14. Ilgın 2. Hat (7,8,9,10,11 ve 12. lokasyonlar)



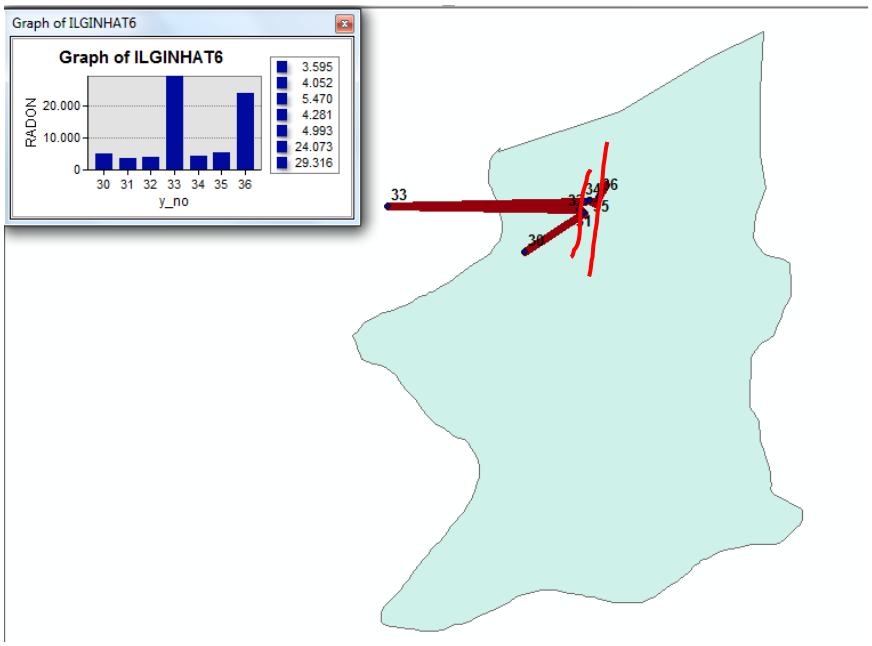
Şekil 5.15. Ilgın 3. Hat (13,14,15,16 ve 17. lokasyonlar)



Şekil 5.16. Ilgın 4. Hat (18,19,20,21, ve 22. lokasyonlar)



Şekil 5.17. Ilgın 5. Hat (23,24,25,26 ve 27. lokasyonlar)



Şekil 5.18. Ilgın 6. Hat (30,31,32,33,34,35 ve 36. lokasyonlar)

Konya ili Ilgın ilçesi Çavuşçu Gölü etrafında 6 ayrı hat belirlenmiştir. Tesbit edilen 1. hat üzerinde bulunan 6 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır. 1. lokasyondan 21 ^{0}C sıcaklık - 890,9 mbar. basınç - %34,7 nem – 1089 metre yükseklik ve 587 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 2. lokasyondan 27,3 ^{0}C sıcaklık - 901,1 mbar. basınç - %15,7 nem – 1059 metre yükseklik ve 865 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 3. lokasyondan 24,5 ^{0}C sıcaklık - 899,5 mbar. basınç - %16,7 nem – 1037 metre yükseklik ve 170 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri 4. lokasyondan 20,2 ^{0}C sıcaklık - 899,7 mbar. basınç - %22,3 nem – 1030 metre yükseklik ve 18 647 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 5. lokasyondan 23,7 ^{0}C sıcaklık - 899,8 mbar. basınç - %18,3 nem – 1036 metre yükseklik ve 13 169 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ve 6. lokasyondan 19,6 ^{0}C sıcaklık - 895 mbar. basınç - %41 nem – 1007 metre yükseklik ve 1469 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. Fay hattının geçtiği noktalar olması sebebi ile 4. ve 5. lokasyonlarda yüksek radon konsantrasyonu ölçülmüştür (Şekil 5.13).

Konya ili Ilgın ilçesi Çavuşçu Gölü etrafında tesbit edilen 2. hat üzerinde bulunan 6 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır. 7. lokasyondan 22,5 ^{0}C sıcaklık - 895,5 mbar. basınç - %38,3 nem – 1103 metre yükseklik ve 19 767 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 8. lokasyondan 17,8 ^{0}C sıcaklık - 902 mbar. basınç - %46 nem – 1053 metre yükseklik ve 258 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 9. lokasyondan 19,4 ^{0}C sıcaklık - 900,6 mbar. basınç - %39,4 nem – 1040 metre yükseklik ve 27 420Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 10. lokasyondan 13,8 ^{0}C sıcaklık - 899,2 mbar. basınç - %26,3 nem – 1034 metre yükseklik ve 6 185 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 11. lokasyondan 14,8 ^{0}C sıcaklık - 899,1 mbar. basınç - %34,7 nem – 1042 metre yükseklik ve 18 539 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ve 12. lokasyondan 16,3 ^{0}C sıcaklık - 895,5 mbar. basınç - %34,6 nem – 1155 metre yükseklik ve 5 411 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. En yüksek radon gazı konsantrasyonu 9. lokasyonda tespit edilmiştir (Şekil 5.14).

Konya ili Ilgın ilçesi Çavuşçu Gölü etrafında tesbit edilen 3. hat üzerinde bulunan 5 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır. 13. lokasyondan 21,4 ^{0}C sıcaklık - 888,7 mbar. basınç - %32,3 nem – 1058 metre yükseklik ve 12 768 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 14. lokasyondan 19,5 ^{0}C sıcaklık - 900,8 mbar. basınç - %37,8 nem – 1053 metre yükseklik ve 6 686 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 15. lokasyondan 22,2 ^{0}C sıcaklık - 900,4 mbar. basınç - %39,3 nem – 1035 metre yükseklik ve 6 868 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 16. lokasyondan 19,3 ^{0}C sıcaklık - 900,1 mbar. basınç - %36,2 nem – 1042 metre yükseklik ve 9 163 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ve 17. lokasyondan 21,6 ^{0}C sıcaklık - 900,3 mbar. basınç - %38,1 nem – 1058 metre yükseklik ve 13 193 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. Faylar 13. ve 17. lokasyonlardan geçmektedir. Bu noktalarda radon anomalisi vardır (Şekil 5.15).

Konya ili Ilgın ilçesi Çavuşçu Gölü etrafında tesbit edilen 4. hat üzerinde bulunan 5 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır. 18. lokasyondan 16,4 ^{0}C sıcaklık - 899,5 mbar. basınç - %38 nem – 1047 metre yükseklik ve 8 556 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 19. lokasyondan 12,7 ^{0}C sıcaklık - 900,9 mbar. basınç - %52,5 nem – 1030 metre yükseklik ve 10 133 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 20. lokasyondan 14 ^{0}C sıcaklık - 900,7 mbar. basınç - %59,6 nem – 1031 metre yükseklik ve 15 211 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 21. lokasyondan 15,8 ^{0}C sıcaklık - 900,7 mbar. basınç - %41,5 nem – 1060 metre yükseklik ve 18 238 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ve 22. lokasyondan 20,4 ^{0}C sıcaklık - 891,5 mbar. basınç - %37,5 nem – 1067 metre yükseklik ve 12 975 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. Bu hat bir çok parçalı fayların geçtiği kısımdır. Ölçüm noktalarının tamamında kayda değer radon toprak gazı konsantrasyonları ölçülmüştür (Şekil 5.16).

Konya ili Ilgın ilçesi Çavuşçu Gölü etrafında tesbit edilen 5. hat üzerinde bulunan 7 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır. 23. lokasyondan 19,5 ^{0}C sıcaklık - 893,9 mbar. basınç - %29,9 nem – 1041 metre yükseklik ve 11 611 Bq/m^3 radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 24. lokasyondan 15,5 ^{0}C sıcaklık - 898,2 mbar. basınç - %39,3 nem – 1045 metre yükseklik ve 15 637 Bq/m^3 radon (^{222}Rn)

konsantrasyon değerleri , 25. lokasyondan 15,4 ^{0}C sıcaklık - 896,4 mbar. basınç - %42,7 nem – 1023 metre yükseklik ve 16 277 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 26. lokasyondan 15,7 ^{0}C sıcaklık - 898,4 mbar. basınç - %39,6 nem – 1014 metre yükseklik ve 3 595 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 27. lokasyondan 8,2 ^{0}C sıcaklık - 897,4 mbar. basınç - %54,6 nem – 1038 metre yükseklik ve 4 647 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 28. lokasyondan 16,8 ^{0}C sıcaklık - 898,7 mbar. basınç - %37,2 nem – 1030 metre yükseklik ve 4 052 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ve 29. lokasyondan 20,5 ^{0}C sıcaklık - 894,3 mbar. basınç - %41,9 nem – 1014 metre yükseklik ve 15 302 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. Faylar geçtiği noktalarda radon anomalileri vardır (Şekil 5.17).

Konya ili Ilgın ilçesi Çavuşçu Gölü etrafında tesbit edilen 6. hat üzerinde bulunan 7 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır. 30. lokasyondan 22,1 ^{0}C sıcaklık - 890,4 mbar. basınç - %34,5 nem – 1023 metre yükseklik ve 29 316 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 31. lokasyondan 13,8 ^{0}C sıcaklık - 897,9 mbar. basınç - %42,3 nem – 1027 metre yükseklik ve 17 542 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 32. lokasyondan 17,1 ^{0}C sıcaklık - 899,2 mbar. basınç - %40,2 nem – 1024 metre yükseklik ve 32 631 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 33. lokasyondan 14,8 ^{0}C sıcaklık - 899,7 mbar. basınç - %40,4 nem – 1028 metre yükseklik ve 4 993 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 34. lokasyondan 15,1 ^{0}C sıcaklık - 899,8 mbar. basınç - %44,5 nem – 1030 metre yükseklik ve 4 281 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri , 35. lokasyondan 13,5 ^{0}C sıcaklık - 900,3 mbar. basınç - %50,2 nem – 1042 metre yükseklik ve 5 470 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ve 36. lokasyondan 20,4 ^{0}C sıcaklık - 888,6 mbar. basınç - %33,9 nem – 1166 metre yükseklik ve 24 073 Bq/m^{3} radon (^{222}Rn) konsantrasyon değerleri ölçülmüştür (Şekil 5.18).

Konya ili Ilgın ilçesi Çavuşçu Gölü etrafını kapsayan bölgedeki aktif fay hatları tespit edilerek ölçülen radon gazı verileri incelendiğinde, süreksizliklerin radon gazı çıkışında etkili olduğu gözlemlenmiş ve fay hatlarında radon anomalileri tespit edilmiştir. Fay hattının geçmediği bazı noktalarda da yüksek radon konsantrasyonu ölçülmüştür. Bu sonuçların birçok nedeni olmakla birlikte, Ilgın

fayının tek bir kırıktan değil birden fazla kırıktan meydana geldiği ayrıca çalışılan bölgenin termal su kaynaklarına yakın olması nedeniyle de açıklanabilir. Ilgın bölgesinde de ölçülen meteorolojik parametreler ile radon toprak gazı anomalileri arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır.

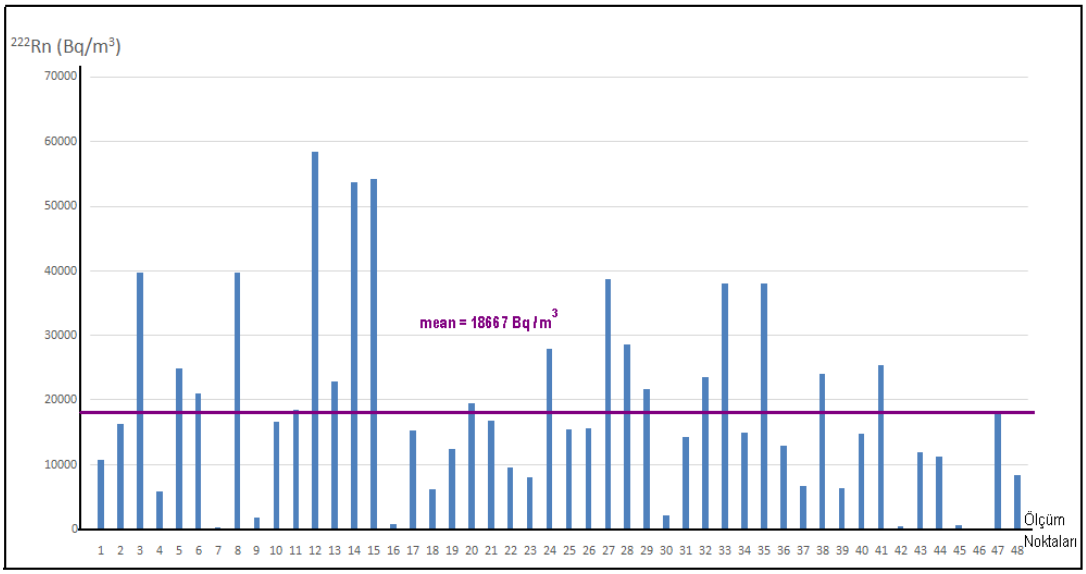
5.2. Arazi Verilerinin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Konya şehir merkezinden geçen Yazır fayı ve civarı ile Konya ili Ilgın ilçesinden geçen Ilgın fayı ve civarı olmak üzere iki ayrı bölgede yapılan toprak gazı radon ölçüm verilerinin istatistiksel değerlendirilmesi sonucunda aktif ve aktif olmayan fay hatları üzerinden alınan ölçümlerde yüksek radon gazı tespit edilmiştir. Toprak nemi fazla olan yerlerde su gözenekleri kapattığı için alttan yüzeye yönelmiş olan radon gazının geçişi zorlaşır. Bu durum Ilgın ili Çavuşçu Gölü civarında bulunan Ilgın fayı ve etrafında yapılan ölçümlerde dikkate alınmalıdır. Ayrıca Ilgın bölgesinde termal sular mevcuttur. Ilgın fay hattı boyunca sıcak su çıkışları vardır. Termal suların sıcak olması ve geçtikleri yerlerde daha fazla minerali, dolayısıyla uranyum tuzunu çözebilmeleri ve yerin daha derin noktalarından yeryüzüne çıkmalarından dolayı radon gazı çıkışı artabilir. Her iki bölgede de sıcaklığın yükselmesi toprağın kurumasını sağlayacağından gözenekler artar ve böylece radonun topraktan kaçışı kolaylaşır. Her iki ölçüm alanındaki toprak gazı radon aktiviteleri bir ölçüm noktasından diğerine çok farklılıklar göstermektedir. Bu çalışma alanları çoğunlukla insanların yaşam alanıdır. Bu bölgelerde ölçülen toprak gazı radon değerlerindeki çeşitlilik aynı zamanda jeolojik şartların (toprak tipi, toprak kalınlığı, yeraltı formasyonları vb.) çok kısa mesafede değişmesi ile de açıklanabilir. Özellikle yeraltındaki süreksizlikler, hidrolik kanallar olarak radon gazının yayılmasında önemli rol oynar.

5.2.1. Konya Yazır fayı ve Civarında Alınan Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi

Konya Yazır fayı ve civarında 48 ayrı lokasyonda ölçümler yapılmış ve Şekil 5.19'daki grafikte toplu olarak gösterilmiştir. Bu grafikte x ekseni çalışma alnındaki ölçüm noktalarını, y ekseni ise Radon (^{222}Rn) toprak gazı konsantrasyonunu göstermektedir.

Çalışma alanındaki toprak gazı radon değerleri 201 ile 58 522 Bq/m^3 arasında değişmekte olup ortalama radon (^{222}Rn) değeri 18 667 Bq/m^3'tür. Arazide radon gazı ölçülen noktaların 18 tanesi ortalama radon değerinden daha yüksektir. Radon değerlerinden aritmetik ortalamayı aşanlar anomali kabul edilmiştir. Bu anormal değerlerin çalışma alanındaki fay zonları ile iyi bir uyumu vardır. Bu bulgular Eren, 2003'te belirtilen faylar ile de eşleşmektedir. Bu bölgedeki bütün fayların birbirine paralel olduğu düşünülmektedir. Çalışma alnında muhtemelen iki ana fay vardır. Örneklenen alanın kuzey bölgesinde 2 ya da 3 küçük fay olabilir. Bir olasılıkta şudur çalışma alanının kuzey bölgesinde ki fay zonunun daha geniş olduğudur.



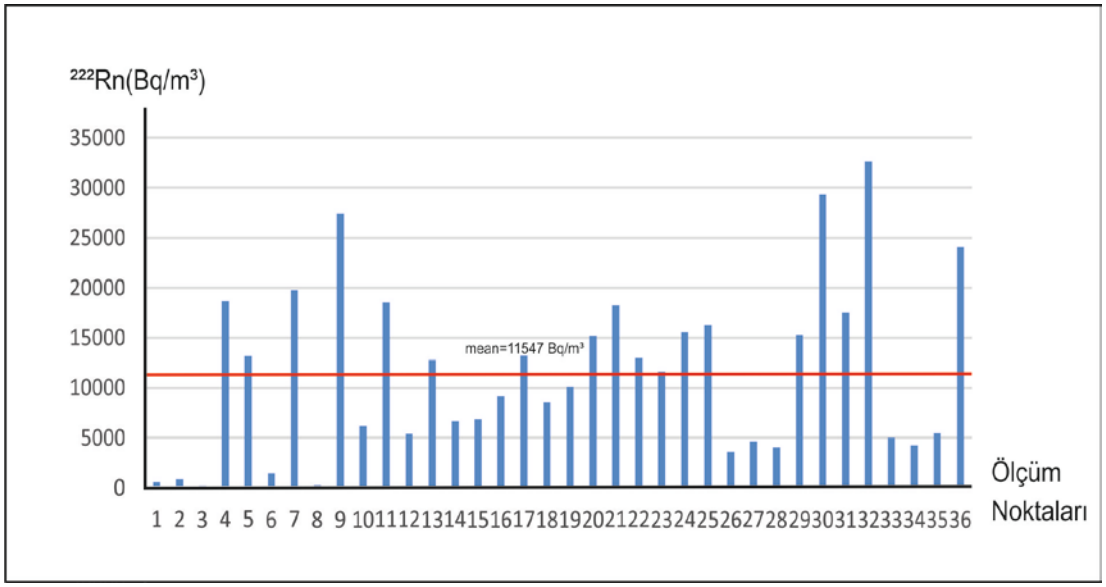
Şekil 5.19. Konya İli Selçuklu-Meram-Karatay İlçeleri Çalışma Alanından Alınan Radon Konsantrasyonları ve Aritmetik Ortalaması

5.2.2. Konya Ilgın fayı ve Civarında Alınan Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi

Konya Ilgın fayı ve civarında 36 ayrı lokasyonda ölçümler yapılmış ve Şekil 5.20'deki grafikte toplu olarak gösterilmiştir. Bu grafikte x ekseni çalışma alnındaki ölçüm noktalarını, y ekseni ise Radon (^{222}Rn) toprak gazı

konsantrasyonunu göstermektedir.

Çalışma alanındaki toprak gazı radon değerleri 170 ile 32 631 Bq/m^3 arasında değişmekte olup ortalama radon (^{222}Rn) değeri 11 547 Bq/m^3'tür. Arazide radon gazı ölçülen noktaların 18 tanesi ortalama radon değerinden daha yüksektir. Radon değerlerinden aritmetik ortalamayı aşanlar anomali olarak kabul edilmiştir. Bu anormal değerler çalışma alanındaki fay zonları ile uyumludur. Ilgın Çavuşçu Gölü içine alan çalışma alanında bazı ölçüm noktalarından elde edilen radon toprak gazı anomalileri fay zonları ile uyumlu değildir. Yüksek anomali beklenen bazı ölçüm noktalarında ise düşük radon toprak gazı değerleri ölçülmüştür. Bu durum Kuzey-Güney doğrultusu şeklinde görülen Ilgın fayı'nın tek bir kırıktan değil, farklı uzunluklara sahip birçok segmentlerden meydana geldiğini göstermektedir. Ayrıca bölgede termal suların mevcudiyeti ile de açıklanabilir. Her iki çalışma alanındaki bütün fayların birbirine paralel olduğu düşünülmektedir.

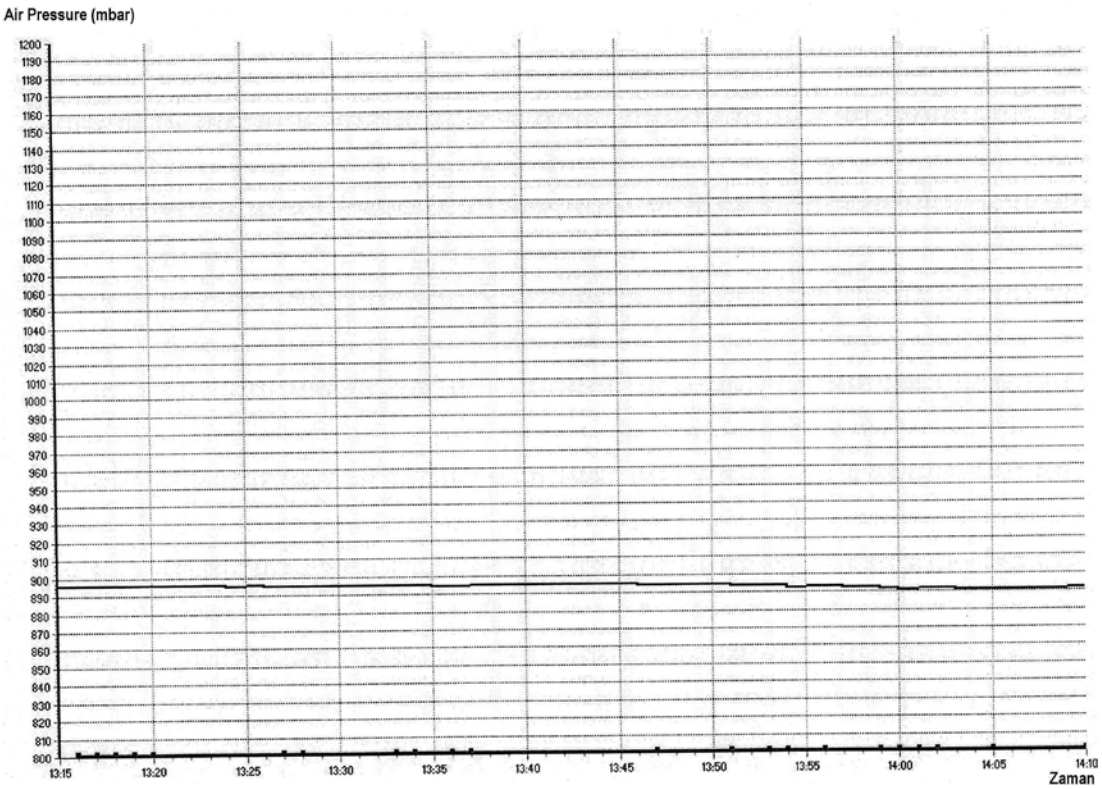


Şekil 5.20. Ilgın Çavuşçu Gölü Çalışma Alanından Alınan Radon Konsantrasyonları ve Aritmetik Ortalaması

5.2.3. AlphaGUARD Cihazı Tarafından Ölçülen Parametrelerle Hazırlanan Basınç Nem ve Sıcaklık Değişim Grafikleri

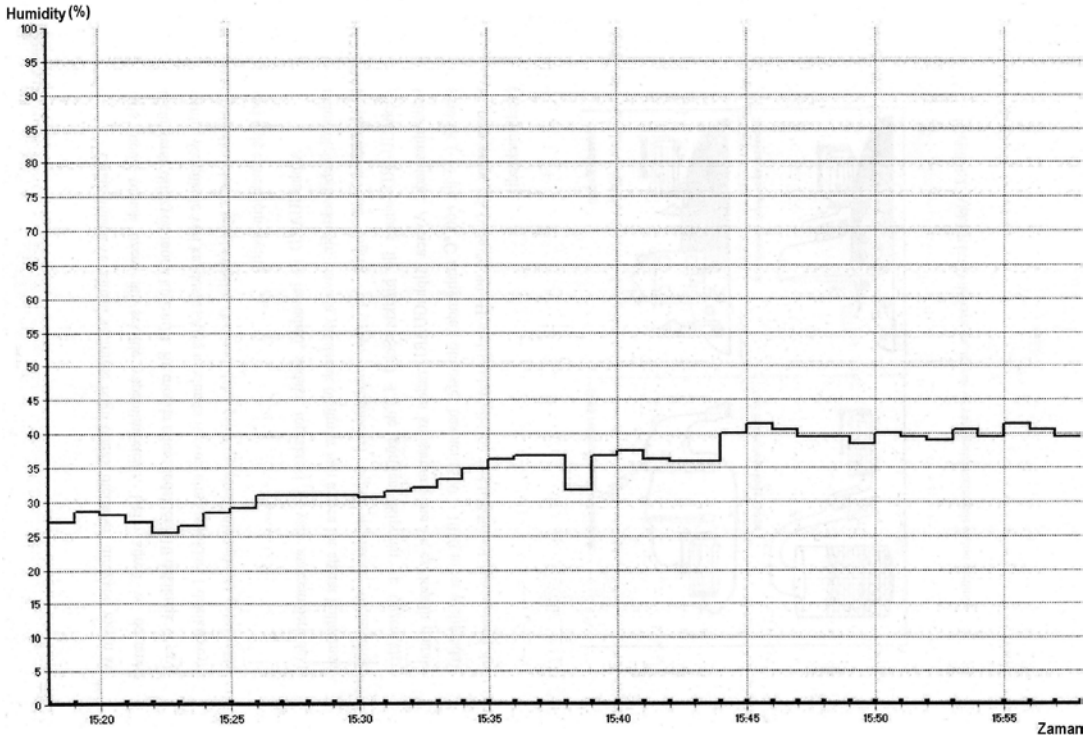
Şekil 5.21'de Konya ili Selçuklu-Meram-Karatay ilçelerindeki ölçümler arasında elde edilen atmosferik basınç verilerinin zamana karşı değişim grafiği

görülmektedir. X ekseni saat cinsinden zamanı, y ekseni ise milibar cinsinden basıncı göstermektedir. Grafik incelendiğinde ölçülen değerlerde basınç hemen hemen sabit kabul edilebilecek kadar önemsiz değişimler göstermektedir. Bütün ölçümlerde basıncın çok fazla değişmediği görülmektedir. Basınç ile radon toprak gazı konsantrasyonu arasında her hangi bir korelasyonun olmadığı gözlenmiştir.



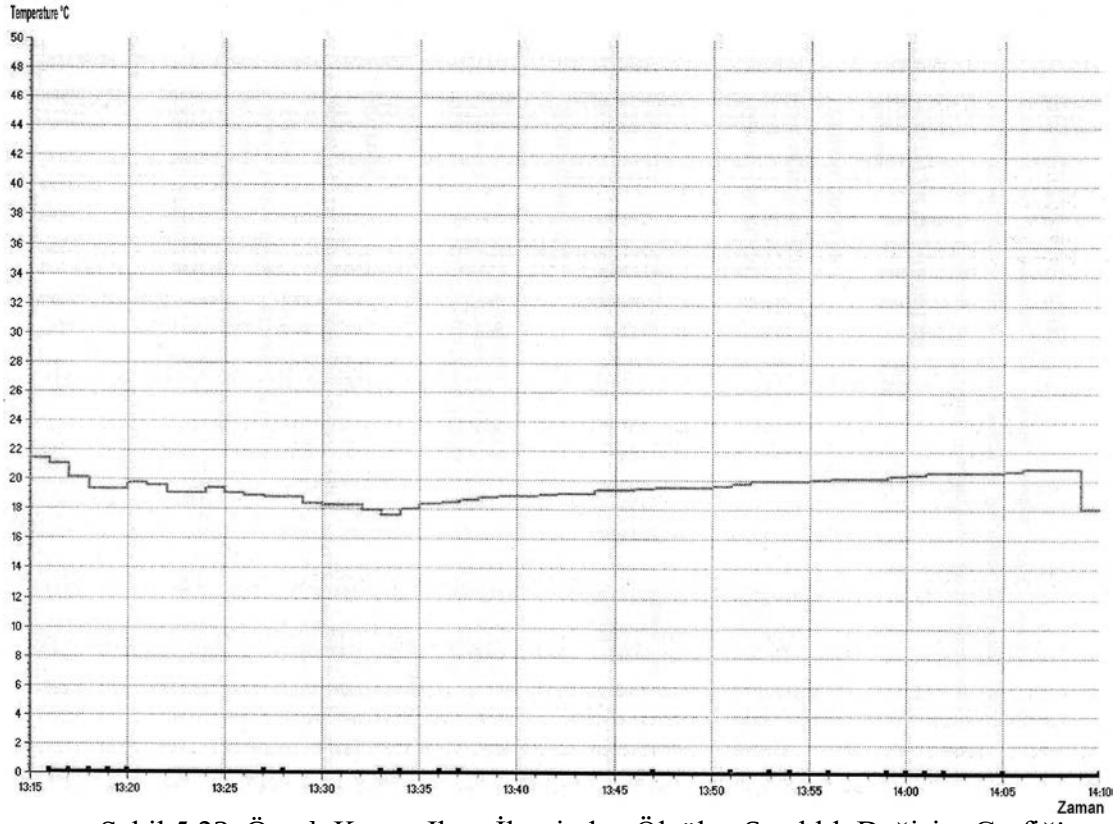
Şekil 5.21. Örnek Konya İli Selçuklu-Meram-Karatay ilçelerinden ölçülen Basınç Değişim Grafiği (30. Lokasyon)

Şekil 5.22'de Konya ili Selçuklu-Meram-Karatay ilçelerindeki ölçümler arasında elde edilen nem verilerinin zamana karşı değişim grafiği görülmektedir. Y ekseni nemi (%), x ekseni saat cinsinden zamanı göstermektedir. Radon toprak gazı ile nem arasında dikkate değer her hangi bir ilişki olmadığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5.22. Örnek Konya İli Selçuklu-Meram-Karatay ilçelerinden ölçülen Nem Değişim Grafiği (9. Lokasyon)

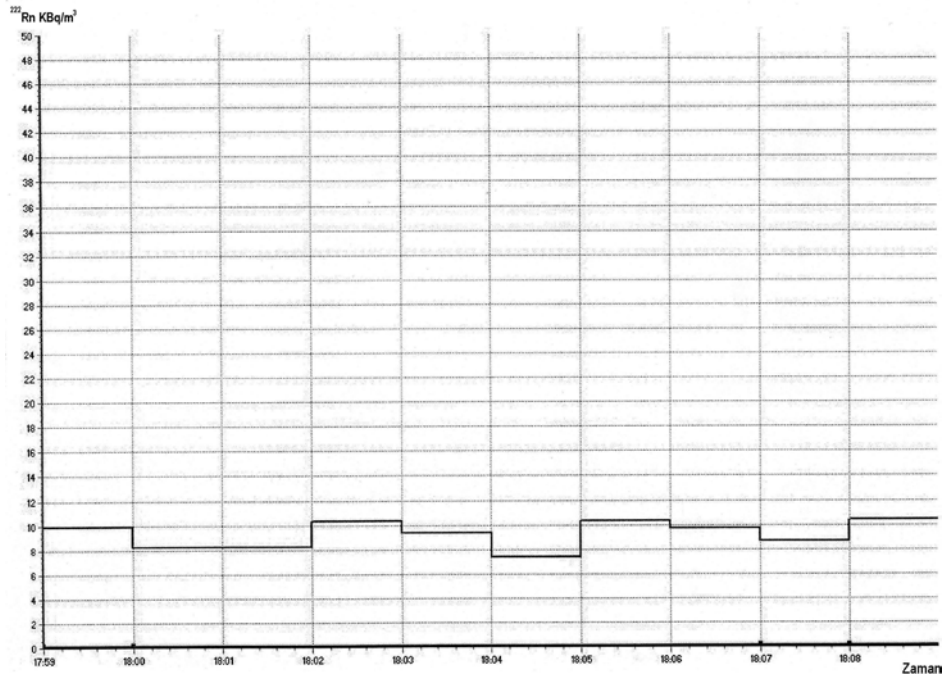
Şekil 5.23'te Konya ili Ilgın ilçesi çalışma alanındaki ölçümler arasında elde edilen sıcaklık verilerinin zamana karşı değişim grafiği görülmektedir. X ekseni saat cinsinden zamanı, y ekseni ise santigrat (^{0}C) cinsinden sıcaklığı göstermektedir. Sıcaklık ile radon konsantrasyonu arasında her hangi bir ilişki kurulamamıştır.



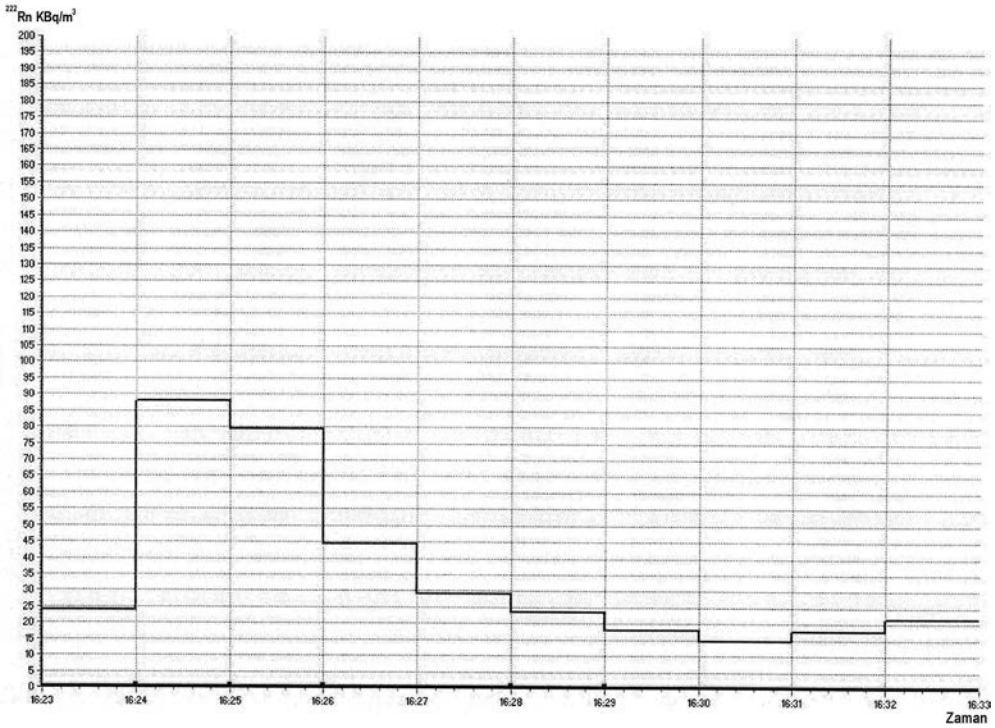
Şekil 5.23. Örnek Konya Ilgın İlçesinden Ölçülen Sıcaklık Değişim Grafiği (4. Lokasyon)

5.2.4. AlphaGUARD Cihazı Tarafından Ölçülen Parametrelerle Hazırlanan Radon Konsantrasyonu Değişim Grafikleri

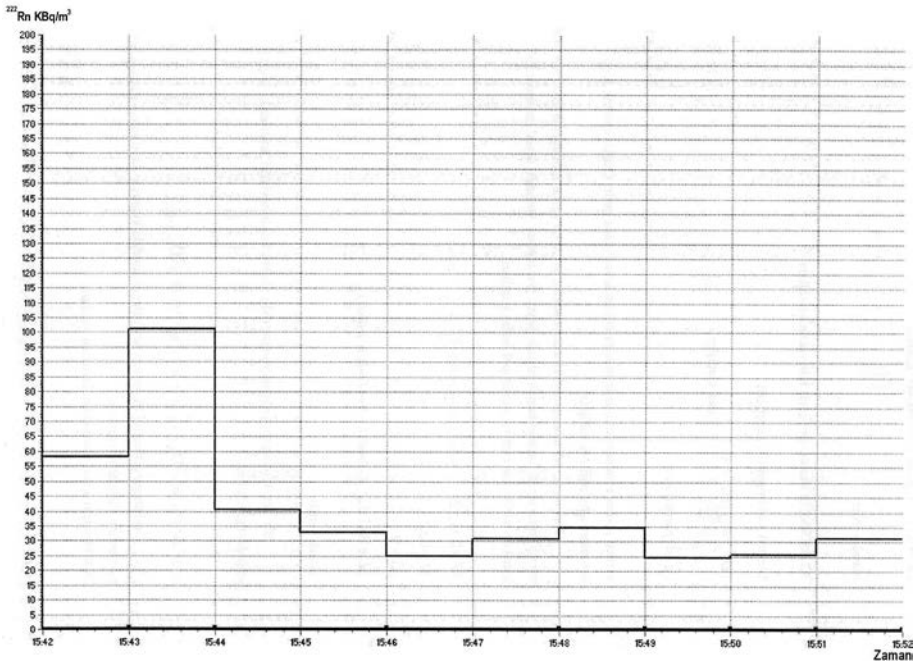
Şekil 5-24,25,26 ve 27'de Konya ili Selçuklu-Meram-Karatay ilçelerindeki çalışma alanındaki ölçümler ile Konya ili Ilgın ilçesi Çavuşçu Gölü çalışma alanından elde edilen radon konsantrasyon verilerinin zamansal değişim grafikleri görülmektedir. Her iki çalışma alanında AlphaGUARD cihazı ile yapılan ölçümlerde elde edilen veri sinyalleri, AlphaGUARD için geliştirilmiş yazılım paketi olan DataEXPERT programı ile anlamlı bilgilere dönüştürülmüştür.



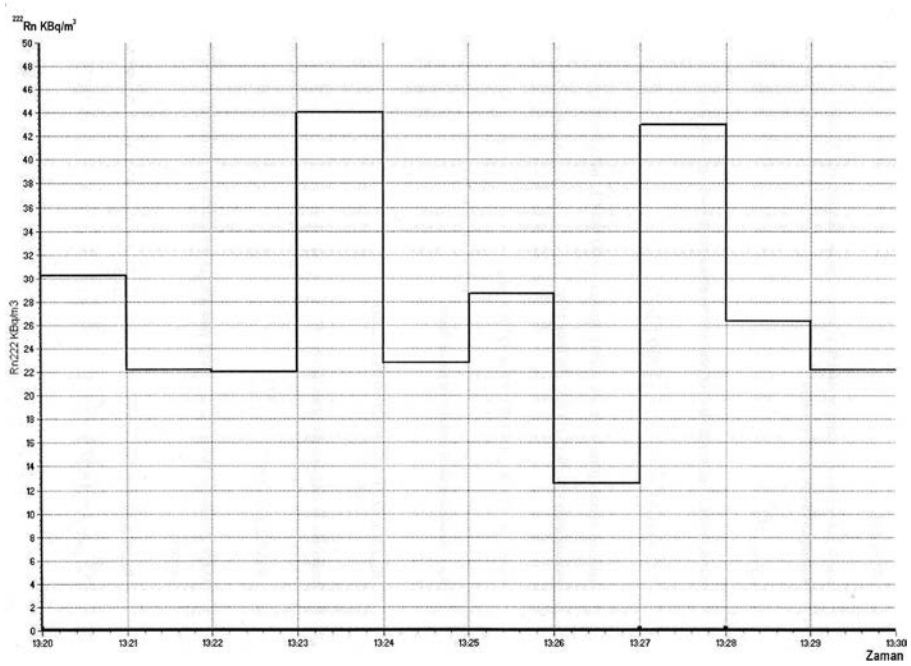
Şekil 5.24. Örnek Konya Ilgın İlçesinden Ölçülen Radon Konsantrasyonunun Zamansal Değişim Grafiği (11. Lokasyon)



Şekil 5.25. Örnek Konya İli Selçuklu-Meram-Karatay ilçelerinden ölçülen Radon Konsantrasyonunun Zamansal Değişim Grafiği (24. Lokasyon)



Şekil 5.26. Örnek Konya İli Selçuklu-Meram-Karatay ilçelerinden ölçülen Radon Konsantrasyonunun Zamansal Değişim Grafiği (3. Lokasyon)



Şekil 5.27. Örnek Konya İli Selçuklu-Meram-Karatay ilçelerinden ölçülen Radon Konsantrasyonunun Zamansal Değişim Grafiği (27. Lokasyon)

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Konya ili Selçuklu-Meram-Karatay ve Ilgın ilçelerini kapsayan çalışma alanında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda özetlenmiştir.

12201003 proje sırasında Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Biriminin vermiş olduğu maddi destekten yararlanılmıştır.

Bu çalışmada, Konya bölgesindeki aktif fay hatları tespit edilerek toprakta radon gazı hareketine ait veriler karşılaştırılmış ve bu parametrelerdeki anomalilerin olası ilişkileri belirlenmiştir. Aktif fay hatlarında toprak gazı radon konsantrasyonları, AlphaGUARD radon gazı görüntüleme cihazı ile ölçülmüştür. Arazideki ölçüm sonucu, elde edilen veriler değerlendirilerek süreksizliklerle aralarındaki ilişkiler incelenmiştir.

İnceleme alanı iki ayrı bölgeye ayrılmıştır. Konya ili Selçuklu-Meram-Karatay ilçelerini kapsayan birinci bölgeden 48 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır (Çizelge 5.1). Konya ili Ilgın ilçesi Çavuşçu Gölü çevresini kapsayan ikinci bölgeden 36 ayrı noktadan ölçümler alınmıştır (Çizelge 5.2). Parametrelerin ortalama değer hesapları, radon gazı ölçümlerinde kullanılan AlphaGUARD radon dedektörü için geliştirilmiş DataExpert yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Çalışma alanına ait veriler toplanmış, bunlar haritalar, arazi verileri ve bilgisayar yan donanım elemanları kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. DataExpert yazılım programı kullanılarak elde edilen verilerin çıktıları alınmıştır. Bu çalışma verilerinin grafiklendirilmesinde ArcG1S$_{10}$ (Coğrafi Bilgi sistemleri çalışma yöntemi) paket programı kullanılmıştır.

Yukarıda belirtildiği gibi $37^0\ 49^{'} - 38^0\ 01^{'}$ Kuzey enlemleri ve $32^0\ 24^{'} - 32^0\ 35^{'}$ Doğu boylamları arasında ayrıca $38^0 18^{'} - 38^0 27^{'}$ Kuzey enlemleri ve $31^0\ 41^{'} - 31^0\ 56^{'}$ Doğu boylamları olmak üzere iki ayrı bölümde bu çalışma incelenmiştir. Yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlardan, kaynakların içerdiği radon konsantrasyon seviyeleri elde edilmiştir. Sonuçlar ile ilgili grafiklerden de görüldüğü gibi (Şekil 5.1.) bölgelerden alınan toprak gazı radon konsantrasyonlarında dikkate değer değişimler gözlenmiştir. Konya'nın Ilgın ilçesi Çavuşçu Gölü civarında yapılan

ölçümlerde radon konsantrasyonu 170 Bq/m^3'ten – 32631 Bq/m^3' e kadar değerler ölçülmüştür ayrıca, Konya'nın Selçuklu Meram- Karatay ilçelerinde ise 201 Bq/m^3'ten – 58 522 Bq/m^3'e kadar ulaşan değerler tespit edilmiştir. Konya'nın Ilgın ilçesindeki yüksek radon konsantrasyonu bölgede termal suların mevcudiyeti ve Ilgın'da aktif fay hattlarının olması ile açıklanabilir. Selçuklu – Meram ve Karatay ilçelerindeki yüksek radon konsantrasyonu Konya Yazır Fayı ile açıklanabilir. Yapılan bu tez çalışması, bir ön çalışma niteliğinde olup, bölgeden temin edilen örneklerin alındığı Konya ili Meram, Selçuklu, Karatay ve Ilgın ilçelerinin radon seviyelerinin değişkenlik gösterdiği gözlenmiştir. Bölgede daha fazla örnekleme ile kapsamlı bir inceleme yapılabilir.

Çalışma alanındaki en önemli fay kuaterner esnasında temel birimleri ile Konya göl çökelleri arasında oluşan Konya fayıdır. Fayın genel uzanımı Kuzey - Güney yönünde olup 10 km kadardır. Eğim yönü ise doğuya doğrudur. Konya fayı bir gravite fayı olup şiddetli deprem üretmesi mümkün görülmemektedir. Bunun dışında Ilgın fayı ve tespit edilen ufak faylar bulunmaktadır.

Yapılan arazi çalışmaları sonucu incelenen, ikinci çalışma bölgesindeki Ilgın fayı'na ait ölçümler ve faya ait önceki veriler göz önünde bulundurularak fayın yapısı tanımlanmıştır. Kuzey-Güney doğrultusu şeklinde görülen Ilgın fayı'nın tek bir kırıktan değil, farklı uzunluklara sahip birçok segmentlerden meydana geldiği düşünülmektedir.

Toprak gazında anormal radon değişimleri, süreksizlik tahmininde kullanabilecek en önemli jeokimyasal izleyici olarak sınıflandırılmaktadır. Bu doğrultuda sunulan tez çalışmasında Konya'da ölçülen toprak gazı radon konsantrasyonlarındaki değişimlerin atmosferik sıcaklık, nem ve barometrik basınç gibi meteorolojik parametrelerle ilişkisi incelenmiştir. Toprak gazı radon değerleri ile sıcaklık, nem ve basınç arasında anlamlı herhangi bir ilişkiye rastlanmamıştır. Ölçülen değerlerde basınç hemen hemen sabit kabul edilebilecek kadar önemsiz değişimler göstermektedir.

Konya bölgesinde elde edilen toprak gazı radon konsantrasyonlarının toprakların uranyum ve toryum içeriklerine dayalı değil, derin gaz kaynaklı olduğu

görülmektedir. Ölçüm noktalarındaki bazı bölgelerin diğerlerine göre radon anomalisinin farklı olması ölçüm alanındaki toprağın jeolojik yapısının farklı oluşuna bağlı olabilir.

Radon takibi gerçekleşecek süreksizliklerin yeri ve durumunun tespit edilmesinde tek başına yeterli olmasa da süreksizlik tespiti ile ilgili yürütülen jeolojik çalışmalara eşlik edebilecek önemli bir yardımcı olacaktır. Radon gazının konsantrasyonunu, kayalar ve yer katmanlarının geçirgenliğini önemli derecede etkilemektedir. Süreksizliklerin ölçüm noktasına öncelikle Konya'nın bölgesel jeolojik özellikleri incelenmiş daha sonra varlığı önceden bilinen fay hatlarına dik olarak alınan hatlarda ölçümler yapılarak süreksizlikler incelenmiştir.

Radon konsantrasyonlarının her bölge için belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Yeryüzündeki ve yerkabuğu katmanlarında radon konsantrasyonundaki anormallikler ve depremle bağlantısının incelenmesi, deprem sonucu insanların uğradıkları maddi ve can kayıplarının en aza indirilmesinde yarar sağlaması açısından da önem arz etmektedir. Ayrıca uygun yerleşim yeri seçiminde de dikkate alınması, insan sağlığı ve güvenliği açısından önem arz etmektedir.

Bu araştırmada, Konya'da iki bölgede toprak gazı radon düzeyleri belirlenmiştir. Bundan sonra Konya'nın diğer bölgelerinde de ölçüm yapılması yararlı olacaktır. Ayrıca, mevsimsel farklılıkları belirlemek üzere Konya sınırları içinde yaz dönemi ve kış dönemli ölçümlerin yapılması da önerilmektedir. Her iki dönemden ayrı ayrı ölçümler alınıp, yaz ve kış dönemleri karşılaştırılabilir.

Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu 1977 ve 1990 yıllarında yayımladığı tavsiye raporlarında, gereksiz olarak hiçbir radyasyon dozuna maruz kalınmaması önerilmiştir. İnsanların, düşük oranda olsa dahi sürekli olarak radyasyona maruz kalmasının toplum sağlığını olumsuz yönde etkileyeceği görüşü, Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi tarafından yayınlanan UNSCEAR raporları ile de desteklenmiştir. Yapılan epidemiyolojik ve istatistik çalışmalardan, toplumda görülen kanser vakalarının belirli bir oranının iyonlaştırıcı radyasyonlardan meydana gelebileceği ileri sürülmüştür. Özellikle akciğer kanser vakalarının %20 kadarı havadaki radyoaktif radon (^{222}Rn) gazı ve

bunun bozunma ürünlerinin solunumu sonucu akciğer bronşlarının aldığı doza bağlanmaktadır. Radon gazının ortama yayılması ve solunumu sonucu insanların maruz kaldığı sağlık problemlerini değerlendiren birçok çalışma yapılmıştır.

Her deneysel çalışmada olabileceği gibi bu çalışma sırasında da kişisel veya sistemden kaynaklanan bazı hatalar olmuş olabilir. Bunlardan en önemlisi, ölçüm yapılan alanların kazılmamış olması gerekmektedir. Ayrıca ölçüm cihazının ölçüm sırasındaki yapılan işlemlerinden, sürekli kullanımından ve kalibrasyon işleminin zamanında yapılmamasından kaynaklanan hatalar olarak belirtilebilir.

Çalışılan bölgenin fay hatları civarında olması ve termal kaynakların bulunmasından dolayı radon konsantrasyonlarının sistematik olarak takip edilmesi, süreksizliklerin durumunun tespiti ve bölgenin radon haritasının çıkarılması için sürekli olarak ölçümlerin yapıldığı ölçüm istasyonlarının kurulması tavsiye olunur. Ayrıca radon gazına maruz kalan insanların sağlıklarında ciddi tehlikeler oluştuğu, birçok çalışma ile ortaya konmuş bilinen bir gerçektir.

KAYNAKLAR

Akkurt, A., 2006, Afyon Jeotermal Sularında Radon (Rn – 222) Aktivitesi Tayini, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar.

Akyıldırım, H., 2005, Isparta İlinde Radon Yoğunluğunun Ölçülmesi ve Haritalandırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

Arıcı K., 1996, Adıyaman İlinde Radon Gazı Konsantrasyonları Ölçümü, K.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.

Baykara, O. ve Doğru, M., 2006, "Measurements of Radon and Uranium concentration in water and soil samples from East Anatolian Active Fault Systems (Turkey) "Radiation Measurements 41, s.362-367.

Camgöz, B., Saç, M. M., Bolca, M., Özen, F., Oruç, Ö. E. ve Demirel, N., 2010, Termal Suların Radyoaktivite ve Kimyasal İçeriklerinin İncelenmesi: İzmir, Seferihisar Bölgesi Örneği Ekoloji ISSN: 1300-1361.

Cigolini, C., Laiolo, M., Ulivieri, G., Coppola, D. ve Ripepe, M., 2013, Radon Mapping, Automatic Measurements and Extremely High ^{222}Rn Emissions During the 2002-2007 Eruptive Scenarios at Stromboli Volcano, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 264, s. 49-65.

Damla, N., Çevik, U., Karahan, G., Tıraşoğlu, E., Kobya, A. İ. ve Çelebi, N., 2005, Doğu Karadeniz Bölgesi İçme Sularında 222Rn Analizi, Türk Sucul Yaşam Dergisi, Turkish Journal of Aquatic Life, Ulusal Su Günleri, Yıl:3 Sayı:4.

Değerlier, M., 2007, Adana İli ve Çevresinin Doğal Radyoaktivitesinin saptanması ve Doğal Radyasyonların Yıllık Etkin Doz Eşdeğerinin Bulunması, Çukurova Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, doktora Tezi.

Erdoğan, M., Eren N., Demirel, S. ve Zedef, V., 2013, Determination of Radon Concentration Levels In Well Water In Konya, Turkey, Radiation Protection Dosimetry, s. 1-6, April 17.

Erdoğan, M., Ozdemir, F., Eren, N., 2013, ‘‘Measurementsof Radon Concentration Levels in Thermal Waters in The Region of Konya, Turkey’’.Isotopes in Environmental and Health Studies, 49, s. 567-574.

Erees, F. S., Aytas, S., Sac, M. M., Yener, G. ve Salk, M., 2007, Radon Concentrations in Thermal Waters Related to Seismic Events Along Faults in The Denizli Basin, Western Turkey, Radiation Measurements, 42, s. 80-86.

Eren, Y., 1996, Ilgın – Sarayönü (Konya) Güneyinde Bozdağlar Masifinin Stratigrafisi ve Jeoloji Evrimi, K.T.Ü. 30. Yıl Sempozyumu Bildirileri, s. 694-707

Eren, Y., 2003, Yazır Fayının (Konya) Neo – Tektonik Özellikleri, Pamukkale Üniversitesi.

Eren, Y., 2004, Konya Çöküntüsünün (Grabeni) Yapısal Özelliği ve Depremselliği, Konya Ticaret Odası, Yeni İpekyolu Dergisi , 17/196, 24-26.

Erkmen, C., Kuterdem, N. K., Özsaraç, V., Tekin, B. M., Eravcı, B., Yaman, M., Aktan, T., Albayrak, H. ve Tepeuğur, E., 2007, Doğu Anadolu Fayı’nın Gölbaşı – Türkoğlu Arasında Kalan Kesiminin Tektonik Özellikleri ve Paleosismolojisi, Esen Arpat Doğu Anadolu Fay Zonu Sempozyumu, 24-27 Mayıs, Diyarbakır.

Gillmore, G. K., Phillips, P. S., Denman, A. R. ve Gilbertson, D.D., 2002, “Radon in The Creswell Crags Permian Limestone Caves” Journal of Environmental Radioactivity 62, s.165– 179.

Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1997. Radon Kirliliği. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, Sağlık Bakanlığı, Ankara, No:44, s.9-11.

Güloğlu, A., 2007, Çeşme Bölgesi Aktif Fay Hatlarındaki Kaplıcalarda Radon Anomalileri İle Sismik Aktiviteler Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, İzmir.

Hafez, A. F., Bıshara, A. A., Kotb, M. A. ve Husseın, A. S., 2003, Regular Radon Actıvıty Concentration and Effective Dose Measurements Insıde The Great Pyramid With Passive Nuclear Track Dedectors, Health Physics, 85(2):210-215.

Iakovleva, V. S. and Ryzhakova, N. K., 2003, Spatial and Temporal Variations of Radon Concentration in Soil Air, Radiation Measurements, 36:385-388s.

Ioannides, K., Papachristodoulou, C., Stamoulis, K., Karamanis, D.,. Pavlides, S., Chatzipetros, A. ve Karakala, E., 2003, Soil Gas Radon: A Tool for Exploring Active Fault Zones, Applied Radiation and Isotopes, 59, s.205-213.

İnceoğlu, F., 2010, Alaşehir Çevresinde KB-GD ve D-B Uzanımlı Graben Faylarında Depremle İlişkili Radon Anomalilerinin Tanımlanması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

Karahan, G., Öztürk, N. ve Bayulken, A., 2000, Natural Radioactivity in Various Surface Waters in İstanbul, Turkey, Water Res., Vol. 34, No: 18, 4367-4370s.

Khan, H. A. ve Qureshi, A. A., 1994, Solid State Nuclear Track Detection: A Useful Geological / Geophysical Tool, Nucl. Geophys. Vol.8, No.1, 1-37.

Kılıç, M., 2006, İzmir Körfezi'nin oluşumu : Körfezi Denetleyen Aktif Faylar ve Bölgenin Depremselliğine Etkisi GIS ortamında Değerlendirilmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

King, C. Y., King, B. S. and Evans, W. C., 1996, Spatial Radon Anomalies on Active Faults in California, Applied Geochemistry, 11:497-510s.

King, C. Y., 1978, Radon Emanation on San Andreas Fault, Nature Volume 271, s.516-519.

Konya – Kadınhanı – Ilgın Dolayı Genel Jeolojisi, Rapor No : 42135, 42126, 42252, Orta Anadolu 2. Bölge Müdürlüğü Kütüphanesi, KONYA.

Kulalı, F., 2009, Topraktaki Radon Konsantrasyonu Ölçümü ve Deprem İlişkisinin Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

Kumar, A., Singh, S., Mahajan, S., Bajwa, B. S., Kalia, R. and Dhar, S., 2009, Earthquake Precursory Studies in Kangra Valley Of North West Himalayas,

India, With Special Emphasis On Radon Emission, Applied Radiation and Isotopes, 67:1904-1911s.

Kuşcu, İ. Barka, A. A. ve Kato, H., Mayıs 1992, Kuzey Anadolu Fayı Zonundaki Bazı Faylarda Radon Gazı (Alpha İzi) Ölçümleri, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı, Jeoloji Mühendisliği, Ankara, 33-40.

Kürkçüoğlu, M. E., Haner, B., Yılmaz, A. ve Toroğlu, İ., 2009, Karaelmas Yerleşkesi Merkez Kütüphanesi Radon Ölçümleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Dergisi (E- Dergi), 4(2), 177-188.

Miklavcic, I., Radolic, V., Vukovic, B., Poje, M., Varga, M., Stanic, D. and Planinic, J., 2008, Radon Anomaly in Soil Gas As An Earthquake Precursor, Applied Radiation and Isotopes, 66:1459-1466s.

Özdamar, Ş., 2008, Ilgın (Konya) Kuzeyindeki Yüksek Potasyumlu Metamorfik Kayaçların Jeolojik ve Petrolojik İncelenmesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ulusal Tez Merkezi, Tez No :252213.

Özderya, F., 2009, Samsun İli Ev İçi Radon Konsantrasyonu ve Çevresindeki Topraklarda Radyoaktivite Tayini, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

Özkorucuklu, S., Akyıldırım, H. ve Çapalı, V., 2006, Isparta İlinde Radon Yoğunluk Ölçümleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10-3 , s.323-327.

P.R.M.A (Portatif Radon Monitörü "Alpha GUARD" Kullanım Kılavuzu.

Saç, M. M., Camgöz, B., Ekim 2005, İzmir'de Sismik Aktiviteler ile Radon Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyonun İncelenmesi, Dokuz Eylül Ünüversitesi, Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi cilt:7 sayı:3, 49-51.

Segovia, N., Mena, M., Pena, P., Tamez, E., Seidel, J. L., Monnin, M. and Valdes, C., 1999, Soil Radon Time Series: Surveys in Seismic and Volcanic Areas, Radiation Measurements 31, s.307-312.

Seminsky, K. Zh. ve Demberel, S., 2013, The first Estimations of Soil Radon Activity Near Faults in Central Mongolia, Radiation Measurements, 49,19-34.

Shapiro, M. H., Melvin, J. D., Copping, N. A., Tombrello, T. A. and Whitcomb, J. H., 1980, Automated Radon - Thoron Monitoring for Earthquake Prediction Research, in The Natural Radiation Environment III. Symposium Proceedings, Houston, TX, 23-28 April (Ed. Gesell F.F. and Lowder W.M.), Rep. CONF-780422, U.S. Dept. of Energy, Washington, D.C., 1137-153s.

Shweikani, R. ve Hushari, M., 2005, The Correlations Between Radon in Soil Gas and its Exhalation and Concentration in Air in The Southern Part of Syria, Radiation Measurements, 40, s.699-703.

Singh, S., Kumar, A., Bajva, B. S., Mahajan, S., Kumar, V. and Dhar, S., 2009, Radon Monitoring in Soil Gas And Ground Water For Earthquake Prediction Studies in Nortwest Himalayas, İndia, Terrestrial Atmospheric And Oceanic Siences, 21, s.685-695.

Swakon, J., Kazak, K., Paszkowski, M., Gradzinski, M., Gradzinski, R., Loskiewicz, J., Mazur, J., Jonik, M., Bogacz, J., Horwacik, T. ve Olko, P., 2005, Radon Concentration in Soil Gas Around Local Disjunctive Tectonic Zones in The Krakow Area, Journal of Environmental Radioactivity, 78, s.137-149.

Tanner, A. B., 1980, Radon migration in the ground. A supplementary review. In The Natural Radiation Environment III. Symposium Proceedings, Houston, TX, 23-28 April (Ed. Gesell F.F. and Lowder W.M.), Rep. CONF-780422, U.S. Department of Energy, Washington, D.C. 1, s.5-56.

Tansi, C., Tallarico, A., Iovine, G., Folino Gallo, M. and Falcone, G., 2005, Interpretation of Radon Anomalies in Seismotectonic and Tectonic- Gravitational Settings: The South-Eastern Crati Graben (Northern Calabria, Italy), Tectonophysics, 396:181-193s.

Tarım, U. A., Gürler, O., Akkaya, G., Kılıç, N., Yalçın, S., Kaynak, G. ve Gündoğdu, O., 2011, Evaluation of Radon Concentration in Well and Tap Waters in Bursa, Turkey, Radiation Protection Dosimetry, s.1-6.

Tekdere, M., Horasan, Ö., Solak, N., Süzer, C., Kul, H.H. ve Örge Ö., 2009, Konya Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı, Konya İli Meram İlçesi Güneyi Uygulama İmar Planına Esas Jeolojik – Jeoteknik Etüt Raporu.

Teng, T.L., 1980, Some Recent Studies on Groundwater Radon Content as an Earthquake, Journal of Geophysical Research, Volume 85, No. B6, s.389- 399.

Toutain, C.P. and Boubron, J.C., 1999, Geochemistry And Seismotectonics, a Review Tecnophysics 304, s.1-27.

Valey, N.R. ve Flowers, A.G., 1992, Radon and Its Correlation With Some Geologıcal Features of The South – West of England, Radiation Protection Dosimetry Vol:45, s.245-248.

Virk, H. S. and Singh, B., 1993, Radon Anomalies in Soil Gas and Groundwater as Earthquake Precursor Phenomena, Tectonophysics, 227, s.215-224.

Virk, H. S. and Walia, V., 2001, Hellium/Radon Precursory Signals of Charmoli Eartquake, İndia, Radiation Measurements, Vol:34, s.379-384.

Yalım, H. A., Akkurt, İ., Özdemir, F.B., Ünal R., Sandıkçıoğlu A. ve Akkurt A., 2007, The Measurement of Radon and Radium Concentrations in Well Water in The Afyonkarahisar Area of Turkey, Indoor Built Environ, 16; 1, 77- 81.

Yaprak, G., Candan, O., Gür, F., Batmaz, İ. ve Camgöz, B., 2003, Aktif Gediz Grabeninde Yer Alan Alaşehir/Manisa Yöresinde Tektonik Aktiviteye Dayalı Radon Anomalilerinin İncelenmesi, VIII. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, 15-17 Ekim, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

Zmazek, B., Todorovski, L., Dzeroski, S., Vaupoti, J. and Kobal, I., 2003, Application of Decision Trees to the Analysis of Soil Radon Data for Earthquake Prediction, Applied Radiation and Isotopes, 56, s.697-706.

http://www.mta.gov.tr

http://www.conservation.ca.gov/cgs/

http://www.wikipedia.org/wiki/radon

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	: Fikret TÜFEKCİOĞLU
Doğum Yeri	: KONYA /CİHANBEYLİ
Doğum Tarihi	: 29.05.1969
E Posta	: fikret_ayfide@hotmail.com fikrettufekcioglu@gmail.com
Lisans	: Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Konya
Doktora	: 2008-2009/Bahar döneminde Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik Fakültesi Maden Anabilim Dalında doktora eğitimime başladım.
Görevi	: 17 Ocak 1997 yılında Sınıf Öğretmeni olarak atandım. Halen bu görevde Uzman Öğretmen olarak çalışmaktayım.