T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜRE (BALIKESİR) JEOTERMAL ALANININ JEOLOJİSİ, HİDROJEOKİMYASI VE AKTİF TEKTONİK ÖZELLİKLERİ

Belgin KAÇAR

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: **12/01/2015**

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Süha ÖZDEN

ÇANAKKALE

Belgin KAÇAR tarafından Prof. Dr. Süha ÖZDEN yönetiminde hazırlanan ve **12/01/2015** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Güre (Balıkesir) Jeotermal Alanının Jeolojisi, Hidrojeokimyası ve Aktif Tektonik Özellikleri"** başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. Süha ÖZDEN

Başkan ……

Doç. Dr. Ziya Sedat ÇETİNER

Üye ……

Doç. Dr. Tolga BEKLER

Üye ……

Sıra No:……

Bu tez çalışması, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından FYL-2014-188 numaralı projeden desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Belgin KAÇAR

TEŞEKKÜR

Bir yüksek lisans tezi olan bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Prof. Dr. Süha ÖZDEN denetiminde hazırlanmıştır. Çalışma konumun seçiminde ve çalışmalarımın tüm aşamalarında beni teşvik eden ve çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Süha ÖZDEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Gerek arazi çalışmaları sırasında gerek diğer aşamalarında yardımlarını benden esirgemeyen jeoloji yüksek mühendisi Özkan ATEŞ'e teşekkürlerimi sunarım.

Tüm yaşantım boyunca maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgemeyen ve beni her konuda destekleyen sevgili annem Ayten ve babam Cemal Kaçar'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Belgin KAÇAR

Çanakkale, Ocak 2015

ÖZET

GÜRE (BALIKESİR) JEOTERMAL ALANININ JEOLOJİSİ, HİDROJEOKİMYASI VE AKTİF TEKTONİK ÖZELLİKLERİ

Belgin KAÇAR

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Süha ÖZDEN

12/01/2015, 74

Bu çalışmada Güre jeotermal sahası ve yakın çevresinin jeolojik özellikleri ve termal suyun hidrojeokimyası ve aktif tektonikle olan ilişkisi araştırılmıştır. Çalışma sahasının temelini Paleozoyik yaşlı Kazdağ Grubu'na ait Alakeçili milonit zonu, Sütüven Formasyonu ve Mermer üyesi oluşturmaktadır. Temel kayaların üzerinde uyumsuzlukla Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu yer almaktadır. Kretase yaşlı Çetmi melanjı bu temelin üzerinde tektonik olarak durmaktadır. Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Hallaçlar volkaniti ve Oligo-Miyosen yaşlı granodiyoritleri, tüm yaşlı birimleri keserek yerleşmişlerdir. Kuvaterner yaşlı alüvyon çalışma alanındaki tüm birimleri uyumsuz olarak üzerlemektedir. Güre jeotermal alanı, DKD-BGB doğrultulu ve güneye eğimli bir normal fay tarafından kontrol edilmektedir.

Güre jeotermal ısı merkezine İGJ-1, İGJ-2, İGJ-3 ve İGJ-4 isimli dört adet sıcak su sondajından gelen jeotermal sular, 21.09.2013-16.08.2014 tarihleri arasında (12 dönem) yerinde ölçüm ve hidrojeokimyasal analizler sonucunda bu jeotermal suyun sıcaklıkları 45–63 °C, EC değerleri 851–1356 µS/cm, pH değerleri 8.2–8.6 arasında değişen ve kullanılabilir ve aynı zamanda içme suları iletkenliği seviyesinde ve nötr-hafif bazik sular sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Yapılan hidrojeokimyasal çalışmalar sonucu incelenen sıcak su kaynaklarında suda hakim katyon Na (sodyum) ve Ca (kalsiyum), hâkim anyon ise SO_4 (sülfat) ve HCO_3 (bikarbonat)'dür.

Güre Jeotermal sahası ve yakın civarında, bu çalışma dönemi içerisinde meydana gelen depremlerin öncesi ve sonrasında, suyun fiziko-kimyasında bir değişimin (azalış-artış) görülmesi, bir depremin önceden tahmin edilmesinde jeotermal sahaların sürekli izlenmesi bir yol gösterici olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar sözcükler: Jeotermal, Aktif Fay, Deprem, Hidrojeokimya, Güre.

ABSTRACT

GEOLOGY, HYDROGEOCHEMISTRY AND ACTIVE TECTONICS OF THE GÜRE (BALIKESİR) GEOTHERMAL AREA

Belgin KAÇAR

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Science and Engineering

Chair for Geological Engeneering Thesis of Master of Science

Supervisors: Assoc. Prof. Dr. Süha ÖZDEN

12/01/2015, 74

In this study, geological features of Güre Geothermal Field and surrounding, hydrochemistry of thermal water and its relation with active tectonics were investigated. In the study area, basement rocks consist of Alakeçili milonite zone, Sütüven Formation and marble unit of Paleozoic aged Kazdağ Group. Triassic aged Karakaya Formation overlies the basement rocks with an unconformity. Cretaceous aged Çetmi mélange overlies these rocks with a tectonically. Upper Oligocene-Lower Miocene aged Hallaçlar Volcanics and Oligo-Miocene aged granodiorite cut the all old rock units as formed. Quaternary aged alluvium is the youngest deposits of study area and overlies all rocks with a unconformity. Güre geothermal field is controlled by a normal fault has ENE-WSW strike and north dipping.

Thermal waters comes from four thermal water drillings named İGJ-1, İGJ-2, İGJ-3 and İGJ-4 to Güre geothermal heat center which have 45-63 °C temperature, 851-1356 µS/cm electrical conductivity and 8,2-8,6 pH hdyrochemical values were monitored and in-situ measurement were done between 21.09.2013-16.08.2014 by 12 period. Also, usable of these thermal waters, drinking water level conductivity and neutral-slightly basic water class of these thermal waters were determined. Dominant cations are Na (sodium) and Ca (calcium), dominant anions are SO_4 (sulfate) and HCO_3 (bicarbonate) of thermal waters.

With this study it was seen that changes (increasing-decreasing) in physico-chemical parameters of thermal water before and after an earthquake during the monitoring period in Güre geothermal field, thermal water can be continuously monitored; a possible earthquake can be predicted by changes in water hydrochemistry.

Keywords: Geothermal, Active Faults, Hydrogeochemistry, Earthquake, Gure.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAV SONUÇ FORMU ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI iii
TEŞEKKÜR iv
ÖZET v
ABSTRACT vii
ŞEKİLLER DİZİNİ xii
ÇİZELGELER DİZİNİ xiv
BÖLÜM 1 – GİRİŞ 1
1.1. Çalışmanın Amacı ve İçeriği 3
1.2. Çalışmanın Konusu ve Kapsamı 4
1.3. Çalışma Alanının Genel Özellikleri 5
1.3.1. Coğrafik konum ve ulaşım 5
1.3.2. Yerleşim 6
1.3.3. Morfoloji, akarsular ve bitki örtüsü 6
1.3.4. İklim ve meteoroloji 8
1.3.5. Yağış ve sıcaklık 8
1.4. Çalışma ve Değerlendirme Yöntemleri 9
1.4.1. Jeolojik saha çalışmaları 10
1.4.2. Su kimyası Çalışması 11
1.4.3. Büro çalışmaları 11
BÖLÜM 2 – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 12
2.1. Genel Jeolojik Çalışmalar 12
2.2. Hidrojeolojik Çalışmalar 16
BÖLÜM 3 – ÇALIŞMA SAHASININ JEOLOJİK ÖZELLİKLERİ 18
3.1. Bölgesel Jeoloji 18
3.2. İnceleme Alanının Jeolojisi 20
3.2.1. Kazdağ grubu (Pzk) 22
3.2.1.1. Alakeçili milonit zonu (AMZ) 23
3.2.1.2. Sutüven formasyonu (Cs) 24
3.2.1.3. Mermer üyesi (Csm) 25
3.2.2. Karakaya karmaşığı (Trkk) 26
3.2.3. Çetmi melanjı (Kç) 27

3.2.4. Oligosen-Miyosen granodiyoritleri (Tg) 29
3.2.5. Hallaçlar volkaniti (Toh) 29
3.2.6. Alüvyon ve kıyı çökelleri (Qal) 30
3.3. Yapısal Jeoloji 31
3.4. Tarihsel Jeoloji ve Jeolojik Evrimi 35
BÖLÜM 4 – DEPREMSELLİK 38
4.1. Tarihsel Depremler 38
4.2. Aletsel Dönemde Kaydedilen Depremler 40
BÖLÜM 5 – HİDROJEOKİMYA 45
5.1. Analiz Yöntemleri 45
5.2. Örnek Noktasının Seçimi ve Özellikleri 46
5.3. Güre Sıcak Su Kaynağı 47
5.4. Güre Jeotermalini Etkileyen Depremler 48
5.5. Suların Fiziksel Özellikleri 49
5.5.1. Sıcaklık (T) 49
5.5.2. Elektriksel iletkenlik (EC) 51
5.5.3. H^+ iyonu aktivitesi (pH) 52
5.5.4. Redoks potansiyeli (Eh) 54
5.6. Suların Kimyasal Özellikleri 54
5.6.1. Majör İyonlar 54
5.6.1.1. Sodyum (Na^+) 55
5.6.12. Potasyum (K^+) 57
5.6.1.3. Kalsiyum (Ca^{+2}) 58
5.6.1.4. Magnezyum (Mg^{+2}) 59
5.6.1.5. Alkalinite (HCO_3^- ve CO_3^{-2}) 60
5.6.1.6. Klorür (Cl^-) 62
5.6.1.7. Sülfat (SO_4^{-2}) 63
5.7. Su Kimyası 64
5.7.1. Güre jeotermal sahası'ndaki sıcak suların genel ve hidrojeokimyasal özellikleri 64
5.7.2. Suların hidrokimyasal fasiyes tipleri ve dairesel diyagramlar 66
5.7.3. Piper diyagramı 67
5.7.4. Schoeller diyagramı 69
BÖLÜM 6 – TARTIŞMA VE SONUÇLAR 70
KAYNAKLAR 72

EKLER.....I
EK 1. Güre yerleşim yerine 20 km uzaklıkta olan depremler.....I
EK 2. Güre yerleşim yerine 30 km uzaklıkta olan depremler..... II
EK 3. Güre yerleşim yerine 40 km uzaklıkta olan depremler.....III
EK 4. Güre yerleşim yerine 50 km uzaklıkta olan depremler.....IV
EK 5. Güre yerleşim yerine 100 km uzaklıkta 3'ten büyük olan depremler VI
EK 6. Güre yerleşim yerine 120 km uzaklıkta 4'ten büyük olan depremler VIII
ÖZGEÇMİŞ IX

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Dünyadaki önemli jeotermal alanlar 1
Şekil 1.2. Türkiye'de genç tektonik hatlar ile sıcak ve mineralli su kaynaklarının dağılımı 2
Şekil 1.3. Balıkesir ili jeotermal kaynakları haritası 3
Şekil 1.4. Çalışma alanının yer bulduru haritası 5
Şekil 1.5. İnceleme alanına yakın yerleşim yerleri 6
Şekil 1.6. Güre Jeotermal Sahası'nın drenaj haritası 7
Şekil 1.7. Balıkesir ili yıllık yağış değerleri (1970-2013) 9
Şekil 1.8. Çanakkale ili yıllık yağış değerleri (1970-2013) 9
Şekil 1.9. Eutech Cybercscan PCD cihazı ile arazide fiziksel parametre ölçümü 11
Şekil 3.1. Biga Yarımadası'nın genelleştirilmiş jeoloji haritası 19
Şekil 3.2. Çalışma sahasının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti 20
Şekil 3.3. Çalışma sahasının jeolojik haritası 21
Şekil 3.4. Güre jeotermal alanının K-G doğrultulu jeolojik kesiti 23
Şekil 3.5. Sütüven formasyonunundan bir görünüm 25
Şekil 3.6. Mermer üyesinden bir görünüm 26
Şekil 3.7. Karakaya formasyonu içerisindeki boz, kahverenkli kumtaşı 27
Şekil 3.8. Çetmi melanjından bir görünüm 28
Şekil 3.9. Altere olmuş Oligosen-Miyosen granodiyoritleri 29
Şekil 3.10. Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Hallaçlar volkaniti 30
Şekil 3.11. Alüvyon ve kıyı çökelleri 31
Şekil 3.12. Biga Yarımadası'ndaki bilinen aktif faylar 32
Şekil 3.13. Yassıçalı Köyünde gözlenen normal fayın morfolojik görünümü 34
Şekil 3.14. Güre-Ilıca normal fayına Güre jeotermal sahasından Güneyden Kuzeye bakış 35
Şekil 3.15. Türkiye'nin tektonik birimleri haritası 36
Şekil 4.1. Biga Yarımadasındaki Tarihsel depremler 39
Şekil 4.2. Edremit civarında tarihsel dönemde meydana gelen depremler (yıllara dağılım, M≥4.0; M.S. 11-1900) 39
Şekil 4.3. Edremit civarında tarihsel dönemde meydana gelen depremler (büyüklük dağılımı, M≥4.0; M.S. 11-1900) 40
Şekil 4.4. Edremit civarında aletsel dönemde meydana gelen depremler (büyüklük dağılımı, M≥4.0; M.S. 1900-2000) 41

Şekil 4.5. Edremit civarında aletsel dönemde meydana gelen depremler (USGS odak derinliği dağılımı, M≥4.0; M.S. 1900-2000) 41
Şekil 4.6. Edremit ve civarında, 1900 ve sonrasında meydana gelmiş olan, büyüklükleri 2.0 ile 9.0 arasında olan depremlerin dağılımları 43
Şekil 4.7. Edremit ve civarında 21.09.2013 ve 16.08.2014 tarihlerinde meydana gelmiş olan, büyüklükleri 3.0 ile 9.0 arasında olan tüm depremlerin dağılımı 44
Şekil 5.1 Güre jeotermal ısı merkezi 46
Şekil 5.2 Güre sıcak su kuyu yerlerine ait Google Earth görüntüsü 47
Şekil 5.3 Güre sıcak su kaynağının dönemsel sıcaklık değişimleri 50
Şekil 5.4 Güre sıcak su kaynağının dönemsel elektriksel iletkenlik değişimleri 52
Şekil 5.5 Güre sıcak su kaynağının dönemsel pH değişimleri 53
Şekil 5.6 Güre sıcak su kaynağının dönemsel Na değişimleri 56
Şekil 5.7 Güre sıcak su kaynağının dönemsel K değişimleri 58
Şekil 5.8 Güre sıcak su kaynağının dönemsel Ca değişimleri 59
Şekil 5.9 Güre sıcak su kaynağının dönemsel Mg değişimleri 60
Şekil 5.10 Güre sıcak su kaynağının dönemsel HCO_3 değişimleri 61
Şekil 5.11 Güre sıcak su kaynağının dönemsel Cl değişimleri 63
Şekil 5.12 Güre sıcak su kaynağının dönemsel SO_4 değişimleri 64
Şekil 5.13 Güre sıcak su kaynağının majör iyonlarının örnekleme dönemlerine göre değişimleri 65
Şekil 5.14 Sıcak sulardaki majör iyon dağılımını gösterir dairesel diyagramlar (derişimler meq/l dir) 67
Şekil 5.15 Çalışma sahasındaki sıcak sulardan alınan verilere göre hazırlanmış Piper diyagramı 68
Şekil 5.16 Çalışma sahasındaki sıcak suların aylık elde edilen Piper diyagramları 68
Şekil 5.17 Çalışma sahasındaki sıcak sulardan elde edilen Schoeller diyagramı 69

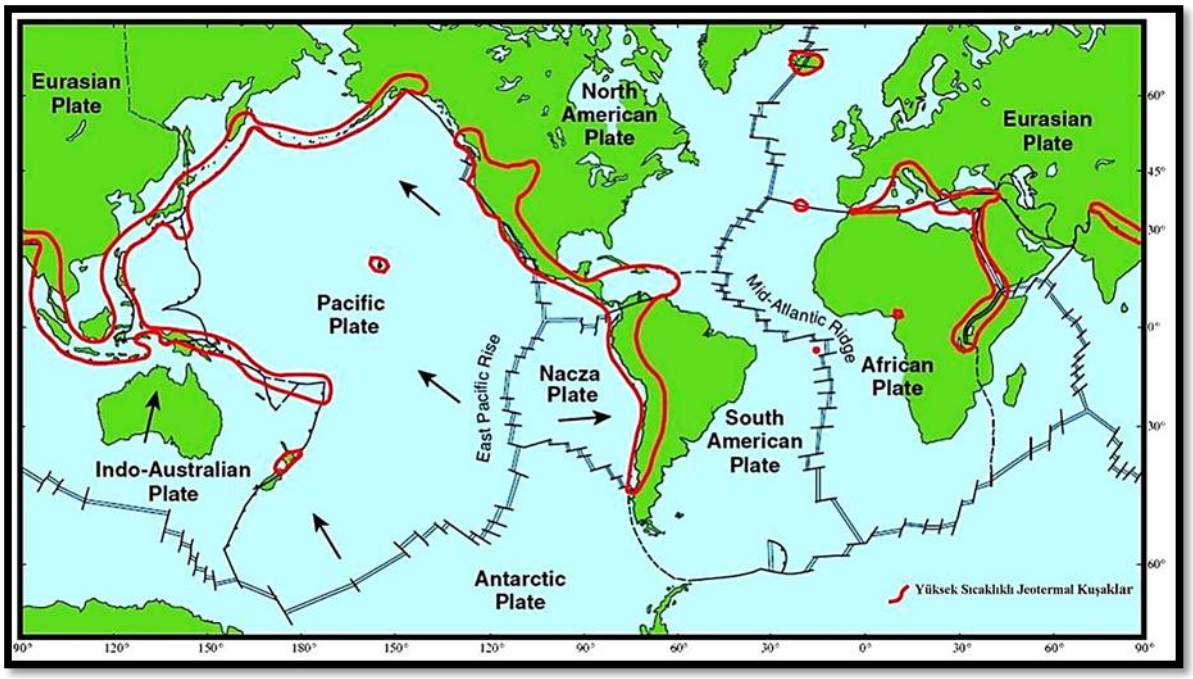
ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 4.1. 1900 yılından sonra Edremit yerleşimini etkileyebilecek depremler 42
Çizelge 5.1. Güre jeotermaline bağlı olan 4 adet sıcak su sondajlarının özellikleri..... 48
Çizelge 5.2. Güre jeotermalini etkileyen depremler 48
Çizelge 5.3. Çalışma sahasında düzenli örnekleme yapılan suların fiziksel parametre değerleri 49
Çizelge 5.4. Hidrojeosferdeki bazı suların tipik pH değerleri 53
Çizelge 5.5. Çalışma sahasındaki sıcak su kaynağının oniki farklı dönemde analiz edilen majör anyon-katyon değerleri (mg/lt)..... 55
Çizelge 5.6. Çalışma sahasındaki sıcak suların fiziksel özellikleri 65
Çizelge 5.7. Çalışma sahasındaki sıcak su kaynağının iyon sıralaması..... 66

BÖLÜM 1
GİRİŞ

Jeotermal sistemlere sahip ülkeler, yerkabuğundaki bazı aktif tektonik ve/veya volkanik kuşaklar üzerinde bulunmaktadır (Şekil 1.1). Ülkemizde de genç tektonizma ve volkanizma yaygın olarak bulunmaktadır. Aktif faylarla sınırlı alanlar ve yaygın genç volkanizmaya bağlı olarak gelişen doğal buharların, hidrotermal alterasyonların ve sıcaklığı 25-103°C arasında değişen 600'ün üzerindeki sıcak su kaynağının varlığı, ülkemizin önemli bir jeotermal enerji potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 1.1. Dünyadaki önemli jeotermal alanlar (Rybach ve Muffler, 1981)

Dünya'da; İtalya Larderello sahasında 1904 yılından beri, Kaliforniya Geyser sahasından 72 yıldır jeotermal sahalardan elektrik üretilmektedir. 1890'dan beri Boise Idaho'da (ABD) ve 1934'den bu yana Reykjavik-İzlanda'da merkezi ısıtma sistemi bulunmaktadır.

Türkiye tektonik ve volkanik özellikleri nedeniyle Dünya jeotermal kuşağı üzerinde bulunmaktadır (Şekil 1.1). Ege bölgesinin tektonik çöküntü alanları, Kuzey Anadolu Fay kuşağı ve diğer volkanik yörelerimiz jeotermal kaynaklar ve akışkanlar bakımından başlıca potansiyel alanları teşkil etmektedir (Ülker, 1994). Türkiye'de bilinen jeotermal alanların %95'i ısıtmaya ve kaplıca kullanımına, diğerleri de elektrik üretimine uygundur. Bununla

birlikte jeotermal sahalarda meydana gelen depremler, onları kontrol eden aktif faylar üzerinde meydana geldiği bilinmektedir.



Şekil 1.2. Türkiye'de genç tektonik hatlar ile sıcak ve mineralli su kaynaklarının dağılımı (Şimşek, 2000)

Şekil 1.2'de jeotermal kaynakların sıcaklık dağılımları çeşitlilik göstermektedir. Yapılan rezervuar sıcaklığı hesaplamalarına göre Doğu Anadolu'da maksimum rezervuar sıcaklığı 136 °C, Orta Anadolu'da 125 °C, Kuzey Anadolu'da 110°C, Ege Bölgesi'nde ise 251 °C'dir (Mutlu ve Güleç, 1998). Bu farklılık nedeni Türkiye'nin genel tektonik çerçevesi içinde en yüksek sıcaklığa sahip alanların Batı Anadolu Gerilme Sistemi içinde gelişiminden kaynaklanmaktadır. Buna karşılık Orta Anadolu'nun doğusundan-batısına sıkışma rejiminin genişlemeye tedrici geçişi (Batı Anadolu'daki gibi etkin olmayan genişlemeden dolayı) (Mutlu ve Güleç, 1998) ve kalın sedimanter istifin (Görür ve ark., 1998), kabuk kalınlığını arttırması, buna ilaveten Doğu Anadolu'da sıkışma rejimi ile Doğu Anadolu'nun Batı ve Orta Anadolu'ya göre daha kalın kabuk kalınlığından dolayı düşük sıcaklıklı alanlar gelişmiştir (Akkuş, 2002).

Çalışma alanı olan Edremit-Güre bölgesi, tektonizma ve jeolojik koşullar nedeniyle jeotermal kaynak imkânları olan bir bölgededir. Doğusunda Edremit-Havran-Derman'da batısında ise Altınoluk-Doyuran'da termal kaynaklar mevcuttur (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Balıkesir ili jeotermal kaynakları haritası

1.1. Çalışmanın Amacı ve İçeriği

Bu tez çalışmasında Güre jeotermal alanının yer aldığı bölgenin jeolojisi, kaynak sularının hidrojeokimyası ve bu jeotermal kaynağın aktif tektonizma ile olan ilişkileri ele alınarak bir depremin önceden tahmin edilebilirliği araştırılmıştır.

Biga Yarımadası, birden çok aktif fay segmenti ile aynı zamanda aktif faylar tarafından kontrol edilen birden çok jeotermal alanla örülüdür. Bu çalışmada su kimyasının bir depremi önceden haber verip vermedeki başarısı araştırılmak istenmiştir. Bu sebeple, Güre (Balıkesir) jeotermal sahasının bölgedeki aktif faylar ile olan ilişkisi araştırılmıştır. Güre jeotermal sahasındaki sıcak su kaynağından; yerinde periyodik ölçüm, periyodik örnekleme ve analiz çalışmaları sonucunda, bölge ve yakın civarında olabilecek bir

depremi haber veren parametreler ve onların eşik değerlerinin belirlenmesi bu çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır. Bunun yanısıra; Güre ve yakın civarındaki eski deprem verileri irdelenirken, 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası oluşturulmuştur. Bu amaç doğrultusunda aşağıda belirtilen çalışmalar yapılmıştır;

- Arazi çalışmalarından önce, bölgenin genel jeolojisi ve hidrojeolojisi ile ilgili yapılmış olan çalışmalar incelenmiştir. MTA Jeolojik Etüdler Dairesi tarafından hazırlanan, 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Ayvalık-İ17 paftası irdelenerek, inceleme alanının 1/25.000 ölçekli genel jeoloji haritası revize edilmiş (Şekil 3.3), haritadan ve sahada yerinde jeolojik enine kesitleri hazırlanarak bölgenin jeolojik özellikleri ortaya konulmuştur.
- Bölge ve civarında deprem üretebilecek potansiyele sahip faylar belirlenmiş ve haritalanmıştır.
- Güre jeotermal sıcak su kaynağında yerinde ölçümler ile su örneklemesi amaçlı suların sıcaklık (T-°C), pH, elektriksel iletkenlik (EC-µS/cm), redox (mV), tuzluluk (NaCl-pp7), toplam çözünmüş tuzlar (TDS-ppm) ve rezistivite (Ω) gibi fiziksel özellikleri ölçülmüştür. Bu sıcak su kaynağından alınan örneklerden anyon ve katyon analizleri (Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+}, K^{+} ve Cl^{-}) Acme Analytıcal Laboratories Ltd.'e yaptırılmıştır. Laboratuvar da ise HCO_3 ve SO_4 analizleri yapılmıştır.

1.2. Çalışmanın Konusu ve Kapsamı

Bu çalışmanın konusu, depremlerin önceden tahmin edilmesinde, aktif faylar üzerinde gelişebilecek deformasyona (deprem) bağlı olarak su kimyasındaki değişimlerin, bir depremin önceden belirlenip belirlenemeyeceğinin araştırılmasını konu almaktadır. Güre jeotermal sahasını kontrol eden fay ve fay sistemleri üzerinde olabilecek bir depremden belli bir süre önce suyun fizikokimyasının değişmeye başlayabileceği olgusu üzerinden hareketle, depremlerin önceden tahminlerine yönelik bir araştırma konusu üzerinde çalışılmıştır. Araştırma konusunun kapsamı, öncelikle jeotermal suyun fiziksel ve kimyasal parametrelerinin periyodik takip edilmesi ve varsa değişimlerin izlenmesidir. Bunun yanısıra bölge ve civarında deprem üreten kaynak fayların belirlenmesi ve haritalanması da bu kapsama girmektedir. Bölgede su örneklemesi yapılan dönemde meydana gelen depremler irdelenerek, bu depremlerin olduğu tarihlerde su kimyası değerinde değişim olup olmadığı araştırılmıştır.

1.3. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

1.3.1. Coğrafik konum ve ulaşım

İnceleme alanı, Marmara Bölgesi'nin güney kesiminde bulunan Balıkesir ili, Edremit ilçesine bağlı Güre beldesindedir. Güre beldesi Çanakkale–İzmir karayolunun üzerinde olup deniz kenarında yer almaktadır. Balıkesir ilinin ikinci büyük ilçesi olan Edremit ilçesinin dört beldesinden biri olan Güre, güneyde Edremit Körfezi, kuzeyde Kaz Dağları, doğuda Akçay ve Kızılkeçili köyü, batıda ise Çamlıbel köyü ve Altınoluk beldesi tarafından çevrelenmiştir (Şekil 1.4). İnceleme alanının deniz seviyesinden yüksekliği 10 metredir. 1/25000 ölçekli i17-C_3 ve i17-C_4 paftalarında yer almaktadır.

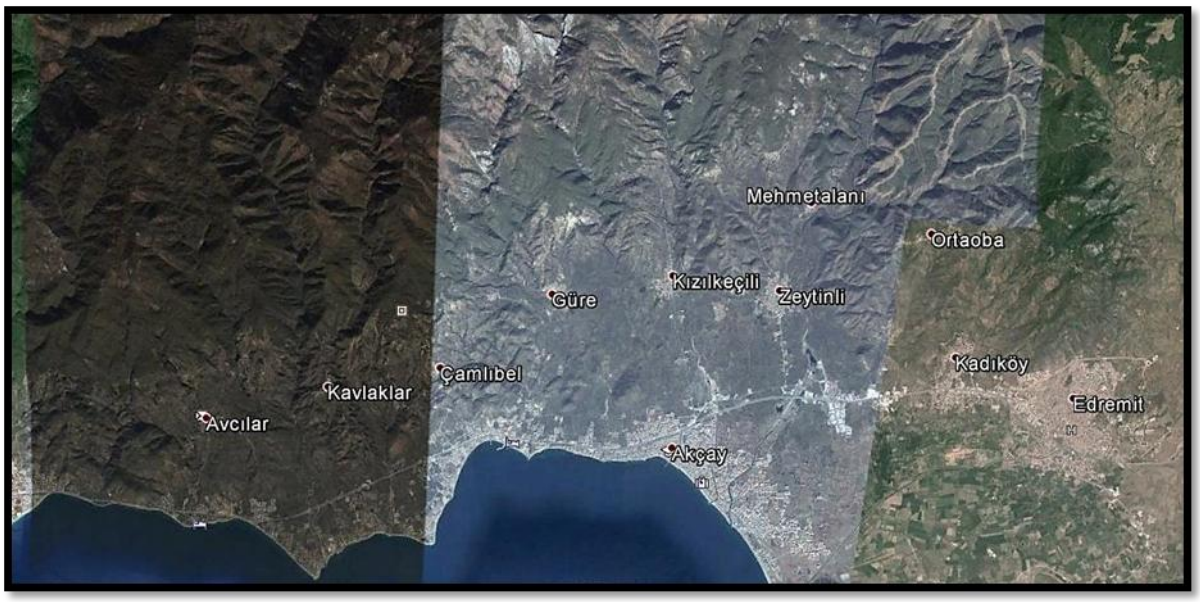
Bölgeye ulaşım kara, deniz ve hava yolundan sağlanabilir. Çanakkale – İzmir karayolu üzerinde bulunan Güre'ye; İstanbul'dan çok çeşitli güzergâhlarla buraya gelinebilir. Yalova – Bursa – Balıkesir güzergâhının yanı sıra Tekirdağ – Çanakkale üzerinden ya da deniz otobüsüyle Bandırma – Balıkesir – Edremit istikametiyle ilçeye rahatlıkla varılabilir (Şekil 1.4). Ayrıca 10 km mesafedeki Körfez Havaalanı sayesinde hava yolu ile ulaşım şansı vardır.



Şekil 1.4. Çalışma alanının yer bulduru haritası

1.3.2. Yerleşim

İnceleme alanı içerisindeki en büyük yerleşim yeri Güre ‘dir. Çalışma sahası yakın civarında ise Altınoluk beldesi yer alır. Doğu ve batısında 50–100 hanelik Avcılar, Arıtaşı, Kavlaklar, Tahtakuşlar, Çamlıbel, Kızılkeçili, Zeytinli, Mehmetalan, Ortaoba köyleri bulunmaktadır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. İnceleme alanına yakın yerleşim yerleri

1.3.3. Morfoloji, akarsular ve bitki örtüsü

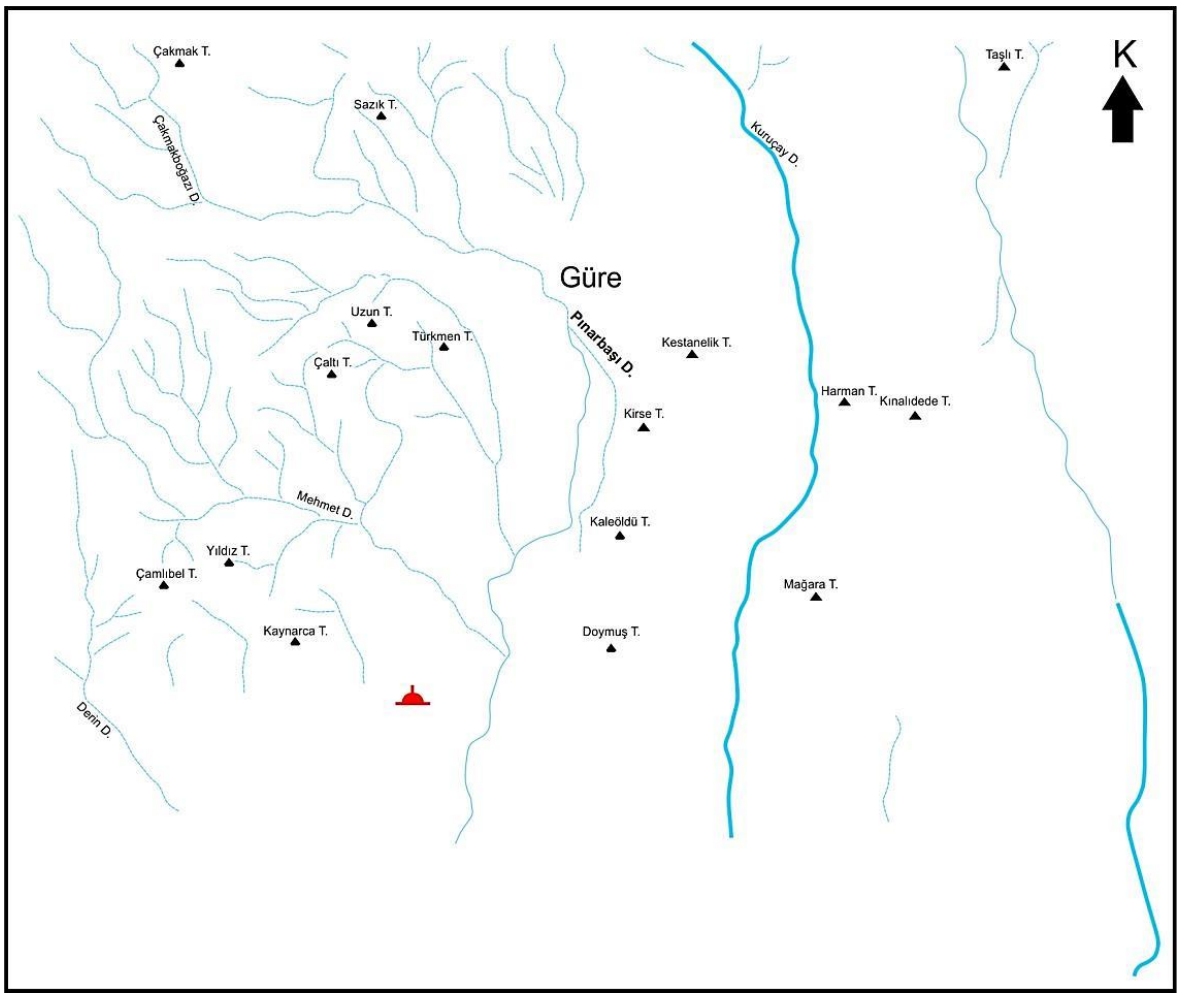
Güre Jeotermal sahası, Balıkesir ili, Edremit ilçesinin batısında yer alır. Çalışma sahasında en önemli yükseltiler; kuzeyinde Kaz Dağı (1767 m.), batısında Dede Dağı, doğusunda Eybek Dağı (1298 m.)’dır. Kaz Dağı, batıdan Tuzla Çayı ve Menderes Çayı, kuzeyden Gönen Çayı tarafından çeşitli düzeylerde aşındırılarak şekillenmiş olan Paleozoyik yaşlı eski bir masiftir.

Çalışma sahası ve dolayı, morfolojik açıdan genelde sarp, yer yer de düzlük alanlardan oluşmaktadır. Yükseklikler 100 m. ile 300 m. arasında değişmektedir. Arazinin en yüksek topografyasını 154 m. kotundaki Kaynarca Tepe ile 193 m. kotundaki Çamlıbel Tepe oluşturmaktadır. Çalışma sahasındaki en düşük kotlu tepe ise yaklaşık 90 m. olan Mağara Tepe oluşturmaktadır.

Edremit grabeni asimetriktir. Güney kenarındaki topografya, pek çok körfez ve koy oluşturarak çökmüştür. Körfezin kuzey kenarı, Kaz Dağı'nın 1774 m.’ye ulaşan çizgisel uzanışlı cephesi ile sınırlanır. Kesilmiş ve ötelenmiş akarsu yatakları ve fayın uzanışını izleyen drenaj örneği mevcuttur. Buradaki fayların önünde gelişmiş olan eski ve yeni

birikinti konileri ve yelpazeleri, bazı yerlerde dağ eteği ovası görünümü sergilemektedir.

Çalışma alanında bulunan akarsular dendiritik drenaj ağına sahiptir (Şekil 1.6). Çalışma sahasındaki en önemli akarsu Pınarbaşı Deresidir. Diğer su taşıyan önemli dereler; Kuruçay Dere, Çakmakboğazı Deresi ve Mehmet Deresi'dir.



Şekil 1.6. Güre Jeotermal Sahası'nın drenaj ağı haritası

Kazdağ'ın güney cephesinde alçak, dar bir şerit halinde kıyı ovaları yer alır. Bu kıyı ovalarından Kazdağ cephesine doğru uzanan vadiler ovaların kuzeye doğru devamıdır. Bu vadilerden Edremit Körfezi'ne deltalar uzanır. Bunlar Küçükkuyu, Mıhlı ve Altınoluk deltalarıdır. Doğuya doğru kıyı ovaları arasında yer alan deltalar daha geniş alanları kaplar. Edremit Ovası çalışma sahasındaki ovalar içinde en geniş alanı kaplar.

Çalışma alanı, deniz seviyesinden 500 metreye kadar genel olarak zeytin ağaçları, bundan sonra çam ağaçları ile kaplıdır. Ayrıca üst yokuşlardaki ormanlar başlıca Kazdağı göknarı (Abies nordmanniana subsp. equi-trojani) Türkiye'de yalnızca Kazdağı'nda yetişen endemik bir göknar alt türünden oluşur.

1.3.4. İklim ve meteoroloji

İnceleme alanı ve dolaylarında Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Bölgenin kuzeyindeki ılıman, nemli orta kuşak iklimleriyle; güneydeki tropikal çöl iklimleri arasında geçiş tipi olan Akdeniz ikliminin başlıca özelliği kışları yağışlı ve genelde ılık, yazları ise kurak ve sıcak geçişlidir. Çoğunlukla ekim ayında başlayan yağışlar kasım ayından itibaren büyük artışlar gösterir. Yağışlı dönem nisan ayına kadar devam etmektedir. Nisan ayından itibaren yağışlar giderek azalır. Bu azalma ekim ayına kadar kurak bir dönem geçmesine neden olur.

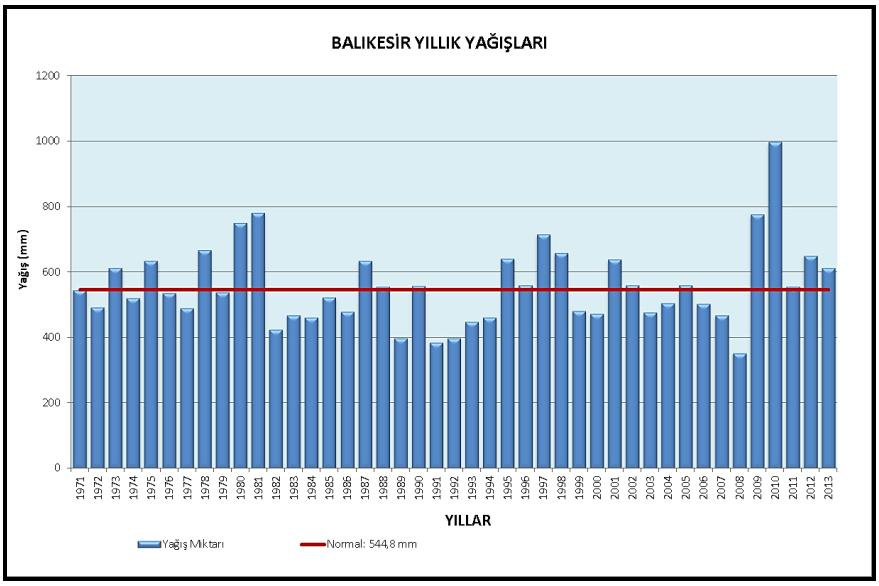
Isı en sıcak aylarda gölgede 30.35 derece, soğuk günlerde –5 dereceyi geçmez. Ortalama sıcaklık +20 derecedir. Rutubet ortalaması 65 olup, hava basınçları 740-770 arasında değişir (http://www.mgm.gov.tr/).

1.3.5. Yağış ve sıcaklık

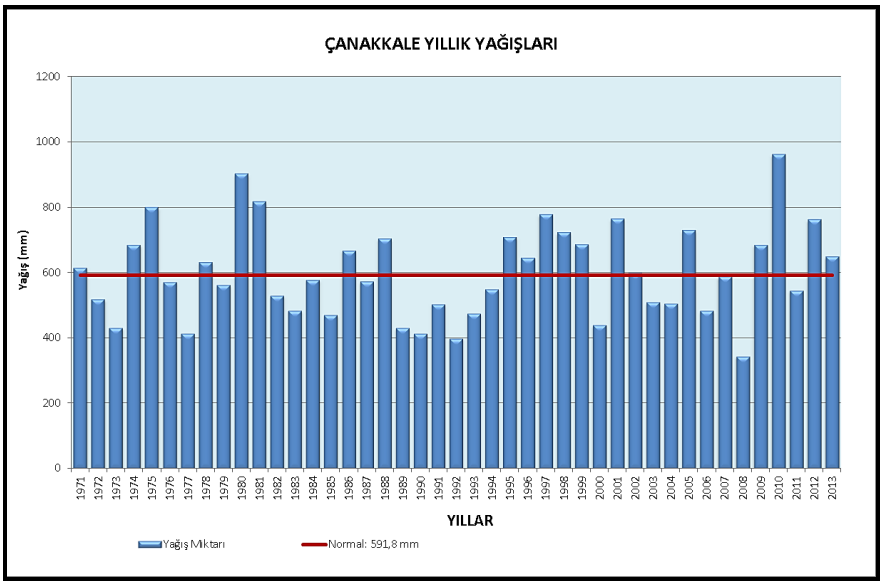
Araştırma sahasında bir meteoroloji istasyonu mevcut olmaması sebebiyle Güre'ye en yakın bulunan Balıkesir ve Çanakkale Meteoroloji istasyonlarındaki yağış gözlem verilerinden faydalanılmıştır (Şekil 1.7; Şekil 1.8).

Buna göre yağışlar mevsimler itibariyle düzgün bir dağılış göstermekte olup yıllık yağışın (688.4 mm) büyük bir kısmı (347.3 mm) kışa isabet etmekte, bunu sonbahar (179.1 mm), ilkbahar (143.4 mm) ve yaz (18.6 mm) ayları takip eder (http://www.mgm.gov.tr/).

Tespit edilen günlük maksimum yağış ekim ayında 134.1 mm, en düşük yağış ise 2.37 mm ile temmuz ayındadır. Genel olarak ekim ayında başlayan yağışlar mart ayında da devam etmekte, nisan ayından itibaren giderek azalmaktadır (http://www.mgm.gov.tr/).



Şekil 1.7. Balıkesir ili yıllık yağış miktarları (1970-2013)



Şekil 1.8. Çanakkale ili yıllık yağış miktarları (1970-2013)

1970–2013 yılları arasında ölçülen sıcaklık ortalaması 16.51 ºC' dir. Gözlemsel sonuçlara göre ölçülen en yüksek sıcaklık 42.8 °C olup, Temmuz ayında tespit edilmiştir. En düşük sıcaklık ise – 8.5 °C ile Ocak ayında kaydedilmiştir (http://www.mgm.gov.tr/).

1.4. Çalışma ve Değerlendirme Yöntemleri

'Güre (Balıkesir) Jeotermal Alanının Jeolojisi, Hidrojeokimyası ve Aktif Tektonik Özellikleri' başlıklı yüksek lisans tezinin hazırlanması amacıyla yapılan çalışma; saha, su kimyası çalışmaları ve büro çalışmaları şeklinde üç aşamada yapılmıştır.

Arazi çalışmalarından önce bölgede yapılmış olan jeoloji haritaları, kesitleri, raporları ve bölgedeki kaynaklarla ilgili daha önceden elde edilmiş jeokimyasal veriler derlenerek incelenmiş gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Eski incelemeleri de göz önünde bulundurarak inceleme alanının jeoloji haritası hazırlanmış litolojilerinin yeraltındaki dağılımı enine kesitler ile açıklanmaya çalışılmıştır.

İnceleme alanında bulunan sıcak su kaynağından alınan 12 dönemlik su örneklerinin analiz sonuçları ile önceki yıllarda yapılmış olan sıcak su analizleri birlikte değerlendirilmiştir.

Piper (üçgen) ve Schoeller (yarı logaritmik) diyagramları kullanılarak inceleme alanındaki su kaynaklarının benzer veya farklı kökenli olup olmadıkları karşılaştırılmıştır.

1.4.1. Jeolojik saha çalışmaları

Saha çalışmaları Balıkesir iline bağlı Edremit ilçesi, Güre beldesi 1/25000 ölçekli i17-C_3 ve i17-C_4 paftalarında yaklaşık 30 km^2'lik bir kesimi kapsamaktadır. 1/25000 ölçekli topografik haritalar üzerine jeolojik haritalama çalışmaları yapılmıştır. Bu amaçla 2013-2014 yaz döneminde saha çalışmasında bulunulmuştur. Çalışmalar sırasında Garmin Colorado 300 markalı GPS kullanılmıştır. Bu cihaz ile uzaydaki gerçek konumundan maksimum ± 5m'lik bir hata payı ile gözlem ve numune yerleri tespit edilmiştir. Birimlerin en iyi gözlenebildiği yerlerde resimler çekilmiştir. Jeolojik enine kesitler çizilerek jeolojik yapı ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Saha çalışmaları sırasında belirlenen sıcak su kaynağında yerinde ölçümler ve su örneklemeleri çalışmaları farklı dönemlerde yapılmıştır. Su örneklemesi amaçlı arazi çalışmalarında, sıcak su kaynağı başında Eutech Cybercscan PCD 650 pH-iletkenlik-iyon ölçer cihazı ile suların sıcaklık (T-°C), pH, elektriksel iletkenlik (EC-µS/cm), redox (mV), tuzluluk (NaCl-pp7), toplam çözünmüş tuzlar (TDS-ppm) ve rezistivite (Ω) gibi fiziksel özellikleri ölçülmüştür (Şekil 1.9). Bu ölçüm ve örnekleme çalışmaları 12 farklı dönemde yapılmıştır.



Şekil 1.9. Eutech Cybercscan PCD cihazı ile arazide fiziksel parametre ölçümü

1.4.2. Su kimyası çalışması

Belirlenmiş olan bu sıcak su kaynağından bir yıl boyunca 12 dönem örnekleme ve yerinde ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler pH, sıcaklık (T), elektriksel iletkenlik (EC-µS/cm), redoks potansiyeli (mV), tuzluluk (NaCl-ppm), toplam çözünmüş tuzlar (TDS-ppm) ve rezistivite (Ω) gibi fiziksel parametre ölçümleri su noktaları başında yapılmıştır. Su örneklerinin kimyasal içeriklerini belirlemek ve mineral değişimlerini düzenli bir şekilde izlemek amacıyla 50 ml polietilen şişelerle su örnekleri alınmıştır. Alınan bu örneklerden anyon ve katyon analizleri (Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+}, K^{+} ve Cl^{-}) Acme Analytıcal Laboratories Ltd.'e yaptırılmıştır. ÇOMÜ Jeoloji Mühendisliği Hidrojeoloji Laboratuvarın da ise HCO_3 ve SO_4 analizleri yapılmıştır.

1.4.3. Büro çalışmaları

Bu aşamada arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler, önceki çalışmalarla da karşılaştırılmıştır. Rapor yazım aşamasında da çalışmanın niteliğine uygun olarak, arazi gözlemlerine ve suların hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesine ağırlık verilmiş ve bunlardan elde edilen sonuçlar mümkün olduğunca sade bir şekilde sunulmaya çalışılmıştır. Büro ve rapor yazım çalışmaları sırasında şu yöntemler takip edilmiştir; önceki çalışmaların toparlanması ve değerlendirilmesi, arazi çalışmaları sonuçlarının belirlenmesi, bunların laboratuvar çalışmaları sonuçlarıyla birleştirilmesi ve tezin hazırlanarak yazılması çalışmalarıdır.

BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma sahası ve yakın çevresinde birçok araştırmacı değişik konularda çalışmalar yapmış ve halen yapmaktadır. Biga Yarımadasının zengin jeolojisi, yoğun aktif fay zonları ve endüstriyel hammadde potansiyelinin yüksek olması bölgenin çok sayıda araştırmacı tarafından çalışılmasına neden olmuştur. Bölgedeki çalışmalar yıllar öncesine dayanmakta olup bölgedeki önemli araştırmalar şöyledir:

2.1. Genel Jeolojik Amaçlı Yapılan Çalışmalar

Diller (1883), tarafından Kazdağ masifinin jeolojisi ve petrografisi hakkında yapılan çalışma bilinen ilk araştırmadır. Bu çalışmada Kazdağ masifi için detaylı 1/600.000'lik bir harita çizilmiştir. Araştırmacı, o zaman elde edilebilen bilgilere dayanarak yaş ilişkilerini ortaya çıkarmıştır.

Kaaden (1959), bölgeyi içine alan birçok araştırmayı irdeleyen çalışmasında Kazdağ Masifi ile Uludağ Masifi'ni karşılaştırmıştır. Araştırmacı, çalışmasında dağ oluşum evreleri çerçevesinde Kazdağı oluşturan kayaları mağmatik ve metamorfik evrimleri çerçevesinde değerlendirmiştir.

Schuiling (1959), Kazdağ Masifi'nde Hersiniyen öncesine ait kıvrımlanma ile ilgili bulgularını tartıştığı çalışmasında, Kazdağ çekirdeğini belirtmektedir. İlk defa Kazdağ gnayslarının K-G yönlü çizgisel yapılar gösterdiğini, çevresindeki epimetamorfik seriyle metamorfizma ve deformasyon farkından aradaki dokanaklarının tektonik olabileceği yorumunu yapmış ve Kazdağ'ın yapısını gösteren haritasını yayınlamıştır. Araştırmacı çalışmasında söz konusu ettiği Hersiniyen öncesi deformasyon ile bölgedeki mağmatizma arasında ilişki olduğuna dikkat çeken ilk araştırmacıdır.

Aslaner (1965), Kalabak Köyü'nden batıya doğru çalışan araştırmacı, Karakaya Karmaşığı'na ait metamorfik birimlerin tümünü Kazdağ Masifi'ne dahil etmiş, gnays ve amfibolitleri istifin alt kesimleri, yeşil şist fasiyesindeki mermer, spilit, fillat ve metakumtaşlarını üst kesimleri olarak yorumlamıştır. Eybek Granodiyoridi ve Çamlık Metagranodiyoridi'ni bir tek granit olarak tanımlamış ve Permiyen yaşlı, Hersinyen sonrası sıkışmanın ürünü olarak, bugün Kazdağ Grubu ve Karakaya Karmaşığı birimlerini kestiğini öne sürmüştür.

Bilgin (1969), Biga Yarımadasının jeomorfolojik özellikleri üzerine yaptığı

çalışmasında Kazdağ Masifi ve çevresindeki birimlerin morfolojideki izlerini anlatmış, Kazdağ'ın yüzey şekillerinin oluşmasında buzul ve buzullar arası dönemin izlerini göstermiştir. Edremit Körfezi'nde değişen eğim profilleri ve derlediği jeolojik kesitleri karşılaştırıp yaptığı morfoloji haritasında, Mıhlı Çayı ile Zeytinli Çayı arasında Kazdağ'ın güney yamacını kara kesiminde sınırlayan bir aktif bir tektonik süreksizlik olması gerektiğini öngörmüştür. Ayrıca, bu fay sisteminin Kuvaterner döneminde derin kanyonlar oluşmasında rol oynadığını öne sürmüştür.

Bingöl (1969), Kazdağ Masifi'ni anlatan çalışmasında kayaları iki grupta değerlendirmiştir. Bunlardan ilki genç volkanizmaya ait olan birimlerdir. Bunları kuvarslı bazaltlar, andezitik breşler, tüfler, riyolitler ve ignimbiritik kayalar olarak tanıtır. Çalıştığı kesimde Altınoluk, Avcılar, Kavlaklar, Tahtaköy civarında haritaladığı Kavlaklar granodiyoriti olarak adlandırdığı granodiyoritin kontak metamorfizması olmadığına işaret etmiştir. İkinci tanımladığı grup ise metamorfik kayaçlardır. Bunları da kendi içinde ikiye ayıran araştırmacı, mermer, gnays, amfibolit ve metaofiyolitleri kata-mezosomatik formasyonlar olarak gruplanmıştır. Düşük dereceli metamorfik kayaçları, formasyon olarak gruplanmıştır. Sahada üç ayrı kıvrım ekseni saptanmış bunların en yaşlı olanının K-G doğrultulu, daha genç olanın D-B ve en genç olanının KD-GB yönlü olduğunu belirtmiştir.

Bingöl ve ark. (1973), Biga Yarımadası'nın 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasını yaparak bölgedeki temel kayaçları 'Kazdağ Grubu' olarak adlandırmış ve birimlerin Rb-Sr ve K-Ar yöntemleriyle ilk yaş tayinlerini elde etmiştir. Araştırmacılar, Biga Yarımadası'nda yaptıkları gözlemlere göre Alt Triyas ve Permo-Karbonifer yaşlı rekristalize kireçtaşı blokları içeren, spilitli ve grovak hakimiyetindeki birimi Karakaya Formasyonu olarak tanımlamıştır.

Bingöl (1976), Yaptığı çalışmada, Batı Anadolu'da temeli oluşturan kayaçların Antekambriyen döneminde oluştuklarını ve farklı yaşlara sahip Menderes, Uludağ ve Kazdağ masiflerinin Permokarbonifer dönemine kadar kara olduklarını ve okyanuslaşmanın Permiyen-Alt Triyas döneminde başladığını ileri sürmüştür. Ayrıca Menderes masifinin Uludağ ve Kazdağ masifleri altına dalması sonucu G-GD'ya devrik bir yapının geliştiğini ve bu olayların Üst Kretase döneminde gerçekleşmiş olabileceğini belirtmiştir. Etkin dalma-batma rejimi etkisi altında Alt Tersiyer döneminde bölgedeki granitoyitlerin yerleştiğini, Eosen'den Pliyosen'e değin bölgenin yükseldiğini ve Neojen volkanizması ve sedimentlerinin oluştuğunu ifade etmiştir.

Krushensky ve ark. (1980), Jura yaşlı kireçtaşlarının bölgedeki Triyas yaşlı kumtaşlarının ve Tersiyer volkanitlerinin üzerine bindirmiş veya yatayda graviteyle kaymış olabileceğini öne sürmüştür. Araştırmacıya göre bölgede iki tektonik dönem bulunmaktadır. İlk dönem, Orta Permiyen sonrasındaki kıvrımlanma ve bindirme tektoniği, ikincisi ise Tersiyer yaşlı normal faylanma dönemi olarak tanımlanmıştır.

Siyako ve ark. (1989), Edremit Körfezi ve civarını kapsayan çalışmalarında bölgedeki Tersiyer istifinin Biga Yarımadası ölçeğinde korelasyonunu yapmıştır. Erken-Orta Miyosen'de bölgede kalkalkalen volkanizmanın hakim olduğunu belirtmiş, volkanizmayla eş zamanlı oluşan havzalarda bitümlü şeyller çökeldiğini belirtmiş, Kuzey Anadolu Fayı'nın yaşını Biga Yarımadasında Erken Miyosen olarak öngörmüştür. Kazdağ'ın yükselme mekanizmasını da doğrultu atımlı faylara bağlı basınç sırtı oluşumu ile açıklamıştır. Edremit Körfezi ile ilgili kesimde yapılan ayrıntılı haritalarda Kazdağ güney cephesindeki faylar, düşey atım bileşenli doğrultu atımlı faylar olarak belirtilmiştir.

Süzer (1990), Kazdağ Masifi'nde yaptığı mikrotektonik çalışmasında Kazdağ Masifi'nin birbiri üzerine kuzeyden itilerek bindirmiş dilimlerden oluştuğunu öne sürmüş, Kazdağ zirvesinde yüzeylenen metaofiyolitleri nap olarak düşünmüştür.

Okay ve ark. (1991), Karakaya Karmaşığı içinde dört tektonostratigrafik birim ayırmıştır. Bunlar, spilitlerden oluşan Nilüfer birimi, arkozik kumtaşlarından oluşan Hodul birimi, Kireçtaşı blokları içeren olistostromal nitelikli Çal birimi çalışma sahasında da bulunmaktadır. Çamlık Metagranodiyoridi'nin üzerinde uyumsuz olarak bulunan arkozik kumtaşlarını Hodul birimi olarak tanımlamış, Bayırköy kumtaşları ile bu birimin arasında paralel bir uyumsuzluk önermiştir.

İşseven ve ark. (1995), Edremit körfezini çevreleyen alanlarda topladıkları volkanik örneklerden elde ettikleri paleomanyetik ölçümlere göre, Biga Yarımadası'nın saatin tersi yönünde döndüğü ve bu dönme sırasında Edremit Körfezi'nin iki ayrı blok arasında dönmelerin farklı olmasından dolayı makas gibi açıldığını öne sürmüştür.

Barka (1997), Marmara Denizi bölgesinde yaptığı çalışmada, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Adapazarı doğusundan itibaren kollara ayrıldığını belirtmiş, Biga Yarımadası'nın Neotektonik çatısını ise Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun güney kollarına ait aşmalı geometrili segmentlerin oluşturduğunu belirtmiştir. Araştırıcıya göre bu faylardan en önemlileri, Biga-Çan Fay Zonu, Sarıköy-İnova Fayı, Yenice-Gönen Fayı ve Havran-Edremit Fayları'dır. Bu fayların sıçrama yaptığı kesimlerde ise irili ufaklı pull-apart havzalar gelişmiştir. Araştırıcı, bu çalışmasında, Pazarköy, Edremit ve Yenişehir

civarlarını sismik boşluk olarak değerlendirmiştir.

Sarp ve ark. (1998), Bu çalışmada; Biga Yarımadasında bulunan sıcak su kaynaklarının tektonizma ve volkanizma ile ilişkilerini araştırarak, sahaların potansiyellerinin belirlenmesine ışık tutacak verilerin toplanmasını amaçlanmıştır.

Yılmaz ve Karacık (1999), Edremit Körfezi ve dolayısıyla Biga Yarımadası güney kesimlerinin genç tektonik özelliklerini ve bunun Ege graben sisteminin gelişimine ait ipuçlarını ortaya koymuşlardır.

Okay ve Satır (2000), Biga Yarımadası'nın bütünü içinde Kazdağ Masifi ile ilgili yaptıkları çalışmalarında Kazdağ Çekirdek Kompleksi'nin batı cephesinde yaptıkları analizlerle Kazdağ masifi gnayslarında yüksek sıcaklık metamorfizmasının 19-22 my öncesinde (~24 my) ~7-14 km derinliğindeki makaslama zonunda gerçekleştiğini belirlemiştir. Bu makaslama zonunun da Kazdağ Sıyrılma Fayı ile yüzeylendiğini ortaya koymuşlardır.

Boztepe ve ark. (2001), Baba Burnu ve güneybatısında deniz alanlarında yaptıkları çalışmada sismik kesitlerde Edremit Körfezi'nin açılmasını kontrol ettiğini belirtikleri D-B yöndeki bir fayın, Geç Miyosen- Erken Pliyosen'de K-G yönlü gerilme tektoniğinin ürünü olduğunu ve bu fayın doğrultu atım bileşenli bir faya paralel olduğunu belirtmiştir.

Yılmaz ve Karacık (2001), Erken-Orta Miyosen'de bölgede kuzey-güney bir sıkışma rejimi ile asidik volkanizmanın geliştiğini, ardından Geç Miyosen-Erken Pliyosen'de KD-GB yönünde oblik faylarla kontrol edilen grabenlerin oluştuğunu, Edremit Grabeni'nin de Pliyo-Kuvaterner'de gelişen D-B yönlü Ege graben sisteminin bir parçası olduğunu belirtmişlerdir. Edremit körfezi kuzeyi ve doğusunu gösteren haritalarda Kazdağ güney cephesini sol yanal oblik bir normal fayın sınırladığını göstermişlerdir.

Genç (2002), Biga Yarımadası'nda geniş bir alanda yüzlek veren Karakaya kompleksinin Nilüfer biriminin metabazit-metatüf-mermer topluluklarından oluştuğunu, birimin Erken Triyas'ta oluştuğunu ve Geç Triyas'ta da metamorfizma geçirdiğini ileri sürmüştür. Ayrıca Nilüfer birimi içindeki bazalt lavlarının orojenik karakterli olmadıklarını tam tersine okyanus adası bazaltı (OIB), levha içi alkali ve toleyitik bazaltlar (WPA, WPT) özelliği sergilediklerini ortaya koymuştur.

Yaltırak (2003), Edremit Körfezi'nin çökmesi ve Kazdağ kütlesinin yükselmesinde, KD-GB doğrultulu atımlı fayların Edremit Körfezi bloğunun saatin ters yönünde döndürülmesi ile oluşan yerel bir K-G gerilmenin etkisi bulunmaktadır. Kaz dağı Edremit

Körfezi grabenin kuzeyinde asimetrik olarak yükselen bir horsta karşılık gelmektedir. Edremit Körfezi Kuzey sahili de bu sistemin oluşturduğu kademeli faylarla yükselmekte körfez orta kesimi de aynı şekilde çökmektedir. Çalışma alanında bulunan Güre-Ilıca ve Kavlaklar-Yassıçalı fayı Kazdağı yükselimini Edremit Körfezinin çöküşünü sağlayan basamak fayları oluşturmaktadır.

Okay ve Göncüoğlu (2004), Karakaya Kompleksini iki bölüme ayırmıştır. Alt Karakaya Kompleksi; Paleozoyik sonu veya Triyas'ta yeşilşist ve mavişist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş mafik lav, mafik piroklastik kaya, şeyl ve kireçtaşı ardalanmasından oluşur. Üst Karakaya Kompleksi ise şiddetli deforme olmuş Permiyen veya Triyas yaşta klastik, volkanoklastik ve volkanik kayalardan oluşmuştur. Karakaya Kompleksinin çökelme ortamını ve tektonik gelişimini açıklayan iki model ileri sürmüşlerdir. Rift modelinde, Karakaya Kompleksi kayaları Geç Permiyen yaşında bir riftte oluşmuş, bu rift daha sonra okyanusal bir kenar denize dönüşmüş ve en Geç Triyas'ta kapanmıştır. Dalma batma-eklenme modelinde ise Karakaya Kompleksi, Paleo-Tetis'in Triyas'ta kuzeye aktif kıta kenarı boyunca dalma-batmasıyla oluşmuş eklenir prizmayı temsil etmektedir.

Serpen ve ark. (2009), Kuzey-Batı Anadolu ve Biga Yarımadası, göreli olarak genç (Miyosen) volkanikleri, Kuzey Anadolu Fayı ve Kazdağ Masifi'nin yükselimi ve tükenmesi arasında geçiş karakteristiklerini göstermekte olduğunu belirtmişlerdir.

2.2. Hidrojeolojik Çalışmalar

Demirörer (1976), Balıkesir-Edremit-Güre Kaplıcası rezistivite etüt raporunu hazırlamıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda iki ayrı lokasyonda 300 metre derinliğinde iki adet kuyu önermiştir.

Erzenoğlu ve Yıldırım (1992), Balıkesir-Edremit-Güre Kaplıcası Jeoloji-Hidrojeoloji raporunu hazırlamışlar; jeoloji, jeofizik ve toprak gazı ölçümleri değerlendirilerek 250±50 metre derinliğinde kuyu önermişlerdir.

Güner ve ark. (1994), Balıkesir-Edremit-Güre (G-1 ve G-2) sondajları kuyu bitirme raporunu hazırlamışlardır. G-1 sondajından 55 ^{0}C 6.5 l/s debide sıcak su ve G-2 sondajından ise 33 ^{0}C, 7 l/s debide sıcak su elde edilmiştir.

Sarp ve ark. (1998), "Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları ile Balıkesir-Havran-Derman kaplıca sahasının detay jeotermal etüdü ve gradyan sondajları" isimli MTA raporunu Biga Yarımadası'nda bulunan sıcak su kaynaklarının volkanizma ve

tektonizma ile ilişkisini ortaya koymak amacıyla hazırlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda ayrıntılı jeolojik ve yapısal çalışmalarda bulunmuşlar, yarımadada yer alan 16 ayrı sıcak su kaynağında örneklemeler yaparak suların kimyasal özelliklerini belirlemişlerdir. Çalışmalar sonucunda Derman kaplıca alanının (Güre) çöküntü havzası içinde yer alması ve kaynak çıkış sıcaklığının 66 °C olması dolayısıyla bu bölgede detay etütler yapmışlardır.

Yalçın (2007), "Biga Yarımadası'ndaki termal suların jeokimyasal karakteri" isimli makalesinde Biga Yarımadası'nda bulunan termal suların bölgesel ölçekte jeokimyasal özelliklerinin ve jeotermal potansiyelini ortaya koymak için 20 adet sıcak su, 8 adet soğuk su kaynağından örnekleme yapmıştır. Alınan örneklerin kimyasal analizleri sonucunda sıcak suların çoğunlukla $NaSO_4$'ce zengin olduğunu, rezervuar sıcaklıklarının silis jeotermometresine göre 75 °C'nin üzerinde olduğunu belirtmiştir. Kazdağ masifindeki mermerlerin ana akifer özelliği sunduğunu, Karakaya karmaşığına ait birimlerin geçirimsiz örtü kayayı oluşturduğunu ifade etmiştir.

Serpen ve ark. (2009), Türkiye'deki jeotermal sistemlerin esas olarak genç ve bölgesel yapısal hatları izlemekte ve genç tektonik ve/veya metamorfizmden etkilenmiş bölgelerde daha sık olarak görülmekte olduğunu bununla birlikte, bu sistemlerin bölgeler arasında köklü olarak değişmekte ise de, belli bir bölgedeki sistemler arasında da önemli benzerlikler bulunmakta olduğunu belirtmiştir.

Talay (2010), Yüksek lisans tez çalışmasında Balıkesir iline bağlı, Edremit ilçesi Altınoluk-Doyran bölgesinin ve dolayının jeolojisi, bölgede mevcut kaynakların hidrojeokimyasal özellikleri çalışılmış, jeotermal kaynak oluşumunu sağlayan faktörler araştırılmış ve bu jeotermal sistemin tektonizma, volkanizma ve soğuk sular ile ilişkilerini ortaya koymuştur. İncelenen sıcak su ve soğuk su kaynaklarında hakim anyon Na (sodyum) ve Ca (kalsiyum), hakim katyon ise HCO_3 (bikarbonat) ve SO_4 (sülfat)'dür. Küçükçetmi kaynağında Çetmi melanjı, Güre'de Hodul birimi hazne kayayı oluşturduğunu ifade etmiştir.

BÖLÜM 3
ÇALIŞMA SAHASININ JEOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Biga Yarımadasının jeolojisi ile bu alan içerisinde yer alan, inceleme alanının jeolojik özellikleri genel jeoloji bölümünde açıklanmıştır. İncelemede Biga Yarımadasına ait genel jeolojik özellikler "Bölgesel Jeoloji", çalışma alanı ise "İnceleme Alanının Jeolojisi" alt başlığı altında detaylı olarak verilmiştir.

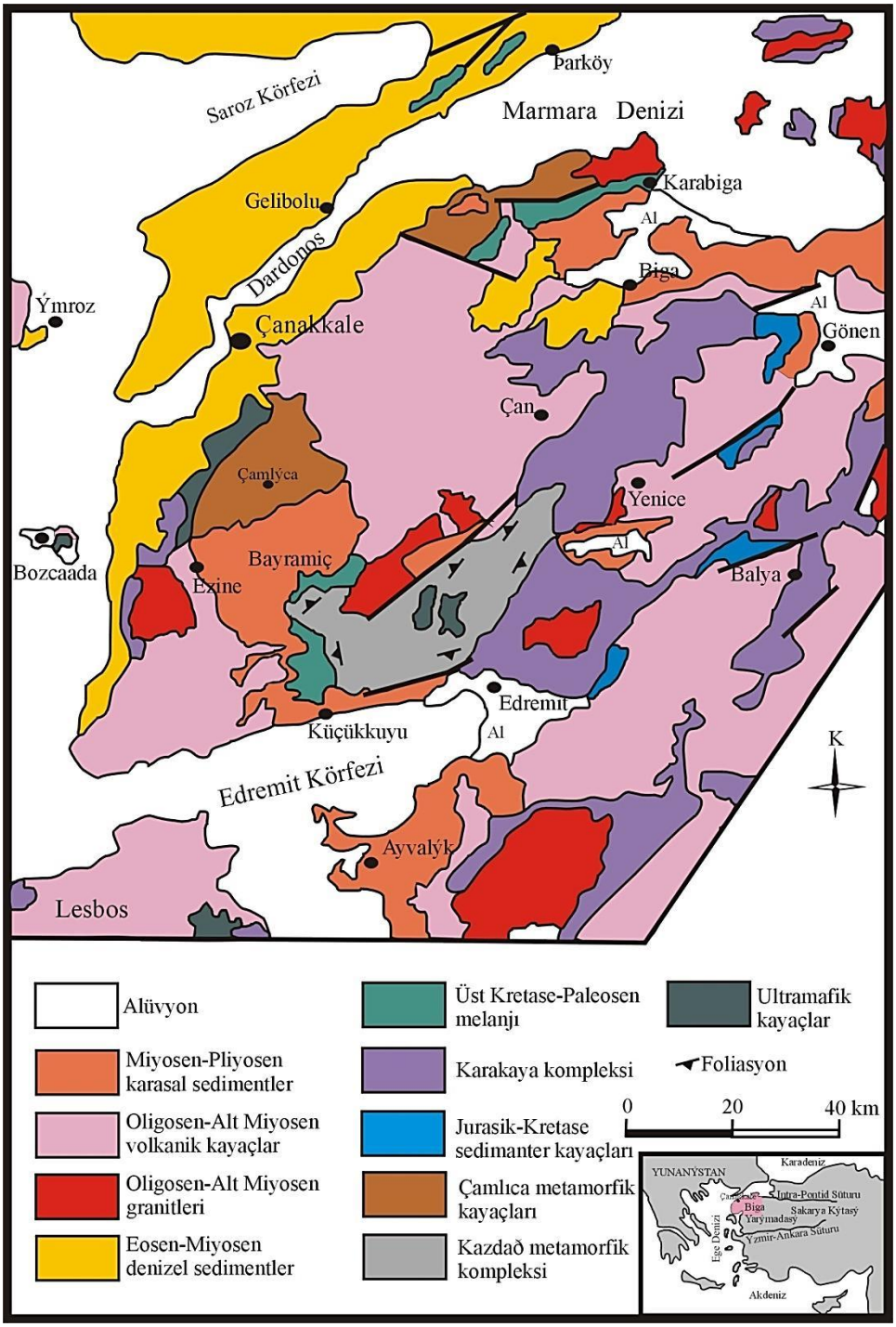
3.1. Bölgesel Jeoloji

Biga Yarımadasında ayırt edilen en yaşlı birim, Kazdağ Grubu olarak adlandırılan ve yüksek dereceli metamorfizmaya uğramış gnays, amfibolit, mermer ve metaofiyolitten oluşmuş, Paleozoyik yaşlı kayaçlardır (Bingöl ve ark., 1973).

Bu birimdeki hakim litolojiyi oluşturan gnayslar koyu gri, yeşilimsi siyah ve kirli sarı renkte olup, arazide genellikle bantlı veya gözlü yapıda folyasyonlar göstermektedir (Gözler, 1984). Gnays birimlerinin ara seviyelerinde ve en üst kısımlarında ise; gri, bej, beyaz ya da koyu renkli olan mermerler, sert, sıkı dokulu olup kırıklı ve çatlaklıdır. İçinde piroksen, amfibol, sfen, kuvars, skapolit ve iri taneli kalsit kristalleri gözlenmektedir.

Kazdağ Grubu kayaları üzerinde, Gözler (1984) tarafından Edremit grubu olarak adlandırılan, daha sonrada Karakaya Grubu ya da Karakaya Kompleksi (Bingöl, 1978) olarak belirtilen kaya birimleri, uyumsuz olarak yer almaktadırlar. Bu formasyon, Üst-Triyas yaşlı spilitik bazalt, diyabaz, çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ardalanmasından oluşan ve olistolit şeklinde Permiyen-Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları içeren Kaynarca Formasyonu bulunmaktadır.

Paleozoyik ve Triyas yaşlı birimler, Miyosen öncesi yaşlı Tahtaköy granodiyoritlerince kesilmiştir. Tüm bu birimlerin üzerinde uyumsuz olarak sırasıyla Miyosen yaşlı dasit, andezit, tüf ve aglomeradan oluşan Doyuran volkaniti, Pliyo-Kuvaterner yaşlı çakıltaşı, kiltaşı, silttaşı ardalanmasından oluşan Bayramiç Formasyonu yer almaktadır. En üstte ise Kuvaterner yaşlı taraça, traverten ve alüvyonlar yer almaktadır (Sarp ve ark., 1998).

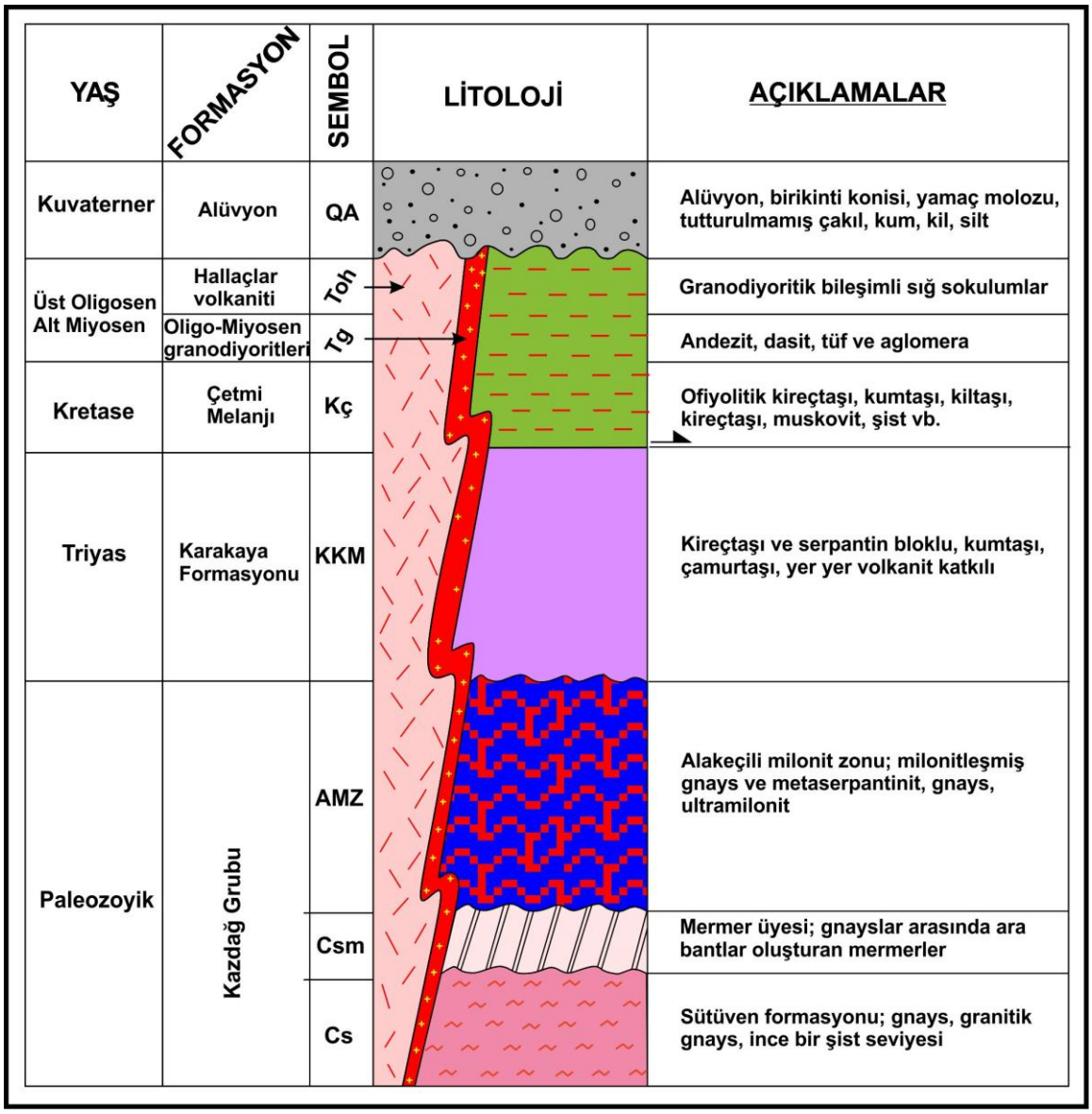


Şekil 3.1. Biga Yarımadası'nın genelleştirilmiş jeoloji haritası (Okay ve Satır, 2000)

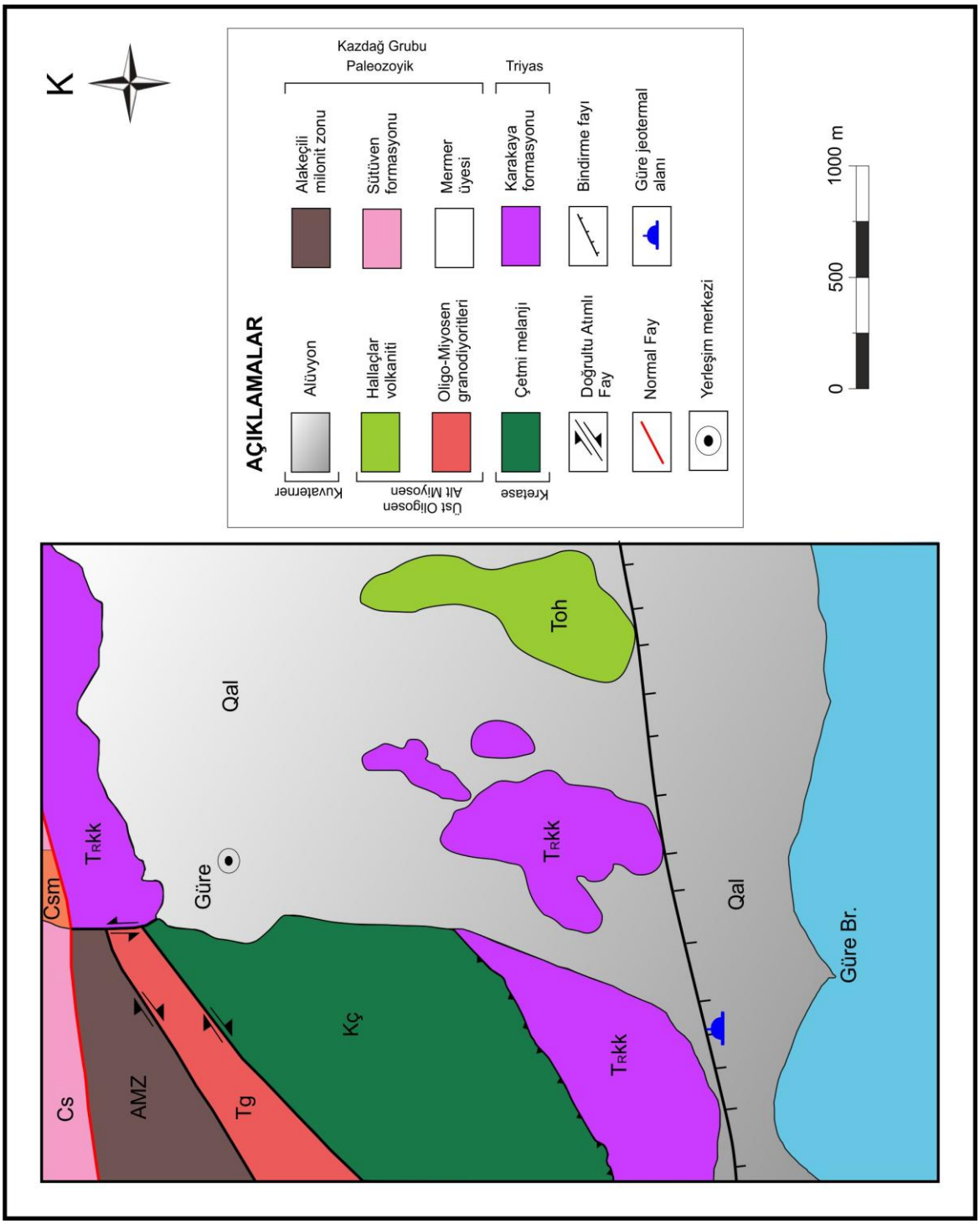
Biga Yarımadasında meydana gelen kıtasal ölçekli dilimlenmeler sonucu, kıta kabuğunun kalınlaşması ile bölge Oligosen'de yükselmiş ve yaygın bir Oligo-Miyosen kalkalkalen mağmatizması geçirmiştir (Okay, 1988). Erken Miyosen'den itibaren sıkışma tektoniği sonucunda KD-GB yönelimli doğrultu atımlı sağ yönlü faylar, KB-GD gidişli doğrultu atımlı sol yönlü faylar ve D-B doğrultulu normal faylar gelişmiştir.

3.2. İnceleme Alanının Jeolojisi

Çalışma sahasında yüzlek veren kayalar; saha nitelikleri ve önceki araştırmaların bulguları da dikkate alınarak dokuz farklı kaya birimine ayırtlanmıştır (Şekil 3.2). Bunlar; Paleozoyik yaşlı Kazdağ Grubunun (i) Alakeçili milonit zonu (ii), Sütüven Formasyonu (iii), Mermer üyesi (iv), Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu (v), Kretase yaşlı Çetmi melanjı (vi), Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı granodiyoritler (vii), Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Hallaçlar volkaniti (iix) ve Kuvaterner yaşlı Alüvyon ve kıyı çökelleri (ix) (Şekil 3.3).



Şekil 3.2. Çalışma sahasının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (Ölçeksiz)



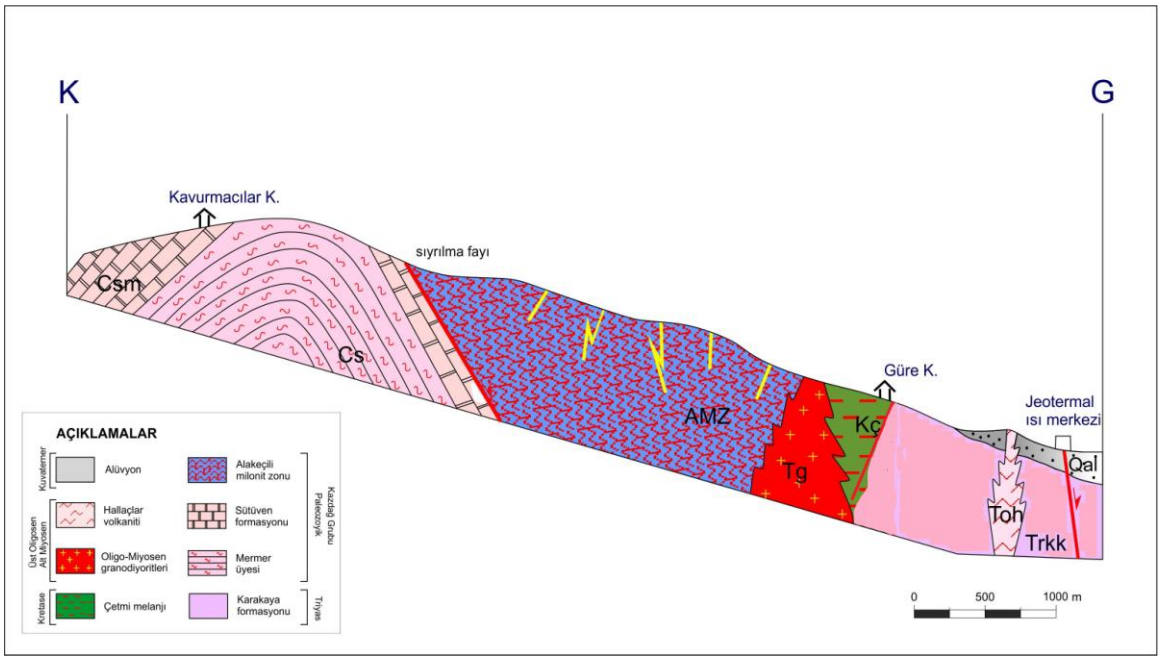
Şekil 3.3. Çalışma sahasının jeoloji haritası (M.T.A Jeotermal Envanteri, 2005'den düzenlenerek hazırlanmıştır.)

3.2.1. Kazdağ grubu (Pzk)

Biga Yarımadası'nın güneyinde ve Edremit Körfezi'nin kuzeyinde bulunan Kazdağı'nın çekirdeğini oluşturan ve Bingöl (1975) tarafından Kazdağ Grubu olarak adlandırılan gnays, amfibolit ve mermer; Okay ve ark. (1990) ve Okay ve Satır (2000b) tarafından Oligo-Miyosen metamorfik çekirdek kompleksi olarak ele alınmıştır. Miyosen sonrası gelişen gerilmeli tektonik rejimin bir sonucu olarak yükseldiği düşünülen Kazdağ Grubu, tektonik olarak Sakarya Zonu içerisinde yer almaktadır ve kuzeybatı Türkiye'deki en alt kabuk seviyelerini sergilemektedir (Duru ve ark., 2004). Kazdağ Masifi yapısal olarak, kıvrım ekseni KD-GB doğrultulu olan ve her iki yöne dalımlı bir antiklinoryumdur (Duru ve ark., 2004; Yücel-Öztürk ve ark., 2005). Metamorfizmaya uğramış ultramafik kayaçlar ve metagabro bu domun çekirdeğini oluşturur ve yukarı doğru mermer ve amfibolit arakatkılı felsik gnaysa geçen mermerce zengin seri tarafından örtülür (Bingöl, 1969; Pickett ve Robertson, 1996). Kazdağ Masifi, batı kesimlerde felsik gnays, kalk-silikat gnays, amfibolit, mermer, migmatit ve metaserpantinit arakatkıları içerir ve amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir (Okay ve Satır, 2000b).

Gözler ve ark. (1984)'nın yaptıkları çalışmada, alttan üste doğru granitik gnayslar, mermerler, amfibolitler, matadunit ve serpantinitlerden oluşan, aynı tür metamorfizma (almandin-amfibolit fasiyesinde) gelişmiş birim Kazdağ Formasyonu adı altında incelenmiştir. Tabanı görülmediğinden dolayı yaklaşık kalınlığının 1000-1200 m olduğunu belirtmişlerdir (Şekil 3.4.).

Kazdağ Masifi, 55 km uzunluğunda ve 15 km genişliğinde, kıvrım ekseni KD-GB doğrultulu ve her iki yöne dalımlı bir antiklinoryum şeklindedir (Okay ve Satır, 2000; Duru ve ark., 2004). Duru ve arkadaşlarının (2004) yaptıkları çalışmada amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olan Kazdağ Grubu metamorfitlerini alttan üste doğru Fındıklı ve Tozlu Formasyonları, Sarıkız mermeri ve Sütüven Formasyonu olarak ayırtlamışlardır. Masifin güney kesimlerinde yüzeyleyen amfibollü gnays, mermer ve yer yer amfibolit ardalanmasında oluşan Fındıklı Formasyonu içerisinde Altınoluk ve Babadağ mermer üyeleri tanımlanmıştır. Masifin orta kesimlerinde yer alan metadunit ve ortoamfibolit kapsayan metaofiyolitik kayaçlar Tozlu Formasyonu, ofiyolitler üzerinde yer alan mermer seviyesi Sarıkız mermeri gnays, biyotit gnays, granit gnays ve migmatit içerikli seviyeler Sütüven Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Sütüven Formasyonu içerisinde ayrıca ince mermer ile amfibolit seviye ve mercekleri vardır. Metamorfizma öncesi evrede muhtemelen tektono-stratigrafik olarak istiflenmiş olan bu formasyonların beraberce metamorfizma geçirmiş ve birlikte foliasyon kazandığı belirtilmiştir.



Şekil 3.4. Güre jeotermal alanının K-G doğrultulu jeolojik kesiti (Kesit yeri için şekil 3.3'e bakınız)

3.2.1.1. Alakeçili milonit zonu (AMZ)

İlk kez Okay (1987) tarafından adlandırılan Alakeçili milonit zonu, Kazdağ masifi etrafındaki sıyrılma fay zonlarında gelişen kataklastik kayaçlardan oluşmaktadır.

Birimin tip lokalitesi Kazdağ masifinin batısında Alakeçili Köyü (i17-d1) ile Bayramiç yolu güzergâhında yer almaktadır. Kazdağ masifinin güneyinde Narlı, Altınoluk ve Güre köyleri arasında yüzeylenmektedir. Kazdağ masifinin etrafında farklı kalınlıklarda görülen birim, Alakeçili Köyü civarında 2-3 km genişlikte zon oluşturmaktadır (Şekil 3.4).

Birim tip lokalitesinde Kazdağ masifi gnaysları ile Çetmi melanjı arasında milonitleşmiş gnays ve metaserpantinitlerden oluşmaktadır. Birim tabanda gri-kahverenkli; dayanımsız, kolayca parçalanabilen, ince taneli ultramilonitlerden oluşmaktadır. Arazide fillat görünümlü bu ultramilonitlerin, ilksel kayacını gnayslar oluşturmaktadır (Okay, 1987; Okay ve ark., 1991). Bu zondan alınan porfiroklastik dokulu milonitte plajiyoklas, serisit, biyotit, klorit, epidot, kuvars, opak mineralleri saptanmıştır. Milonitlerde iri taneli plajiyoklaslarla, ince taneli serisit, biyotit, klorit ve epidotlar birbirine paralel olarak uzanmaktadır. Ultramilonitler içerisinde milonitleşmiş mermerler ile serpantinit merceklerine sıkça rastlanmaktadır. Altta Kazdağ masifi gnaysları, üstte Çetmi melanjı ile oblik/sıyrılma fayı ile dokanak oluşturan ultramilonitlerde, yaklaşık olarak K-G/ 45 K konumlu çok iyi lineasyonlar gelişmiştir (Okay, 1987; Okay ve ark., 1991).

Kazdağ masifi güneyinde Edremit Fay zonu boyunca gelişen ve fay breşinden ultramilonite kadar değişen fasiyeslerin bulunduğu kataklazma gözlenmektedir (Duru ve ark., 2004). Kavlaklar civarında Kazdağ gnaysları ve mermerlerinde belirgin bir ezilme, tane boyunda incelme ve lineasyon gelişimi mevcuttur.

3.2.1.2. Sütüven formasyonu (Cs)

Kazdağ metamorfitlerinin en üst seviyesinde bulunan gnays ve migmatitler Sütüven Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim, Bingöl (1968 ve 1969)'ün Silikoalüminli seri ve Bingöl ve ark. (1973)'nın Bozağaçtepe Formasyonu olarak adlandırdığı gnayslara karşılık gelmektedir.

Kazdağ'ın kuzey ve doğu bölümünde geniş alanlarda yüzeyleyen birimin, litolojik özelliklerinin en iyi görüldüğü Zeytinli Köyü kuzeyindeki Sütüven Şelalesi Mevkii (i17-c2) tip yeri olarak seçilmiştir.

Sütüven Formasyonu, çoğunlukla gri-koyu gri renkli, iyi foliasyonlu, bantlı yapıların yaygın olarak görüldüğü kuvarso-feldispatik gnayslardan oluşmaktadır. Formasyonun ana litolojisini oluşturan gnayslar içerisinde ince mermer bantları ve amfibolit mercekleri ile granitik gnays ve migmatit düzeyleri görülmektedir (Şekil 3.5). Bu litolojilerden Mermerler (Csm) ve Granitik gnayslar (Gg) ayırtlanarak haritalanmıştır. Sütüven Formasyonu, Kazdağ'ın batısında Fındıklı Formasyonu, kuzey ve doğusunda Sarıkız mermeri üzerinde tektonik dokanaklıdır. Genellikle gnayslardan oluşan Sütüven Formasyonu içerisinde bu tektonik dokanağa yakın kesimlerde ince bir şist seviyesi yer almaktadır. Üzerindeki gnayslara göre daha ince taneli, iyi foliasyonlu bu şistler arazide, tektonik dokanağın altındaki ve üstündeki litolojilerin konumlarına paralel uzanmaktadır. 2-10 m kalınlığa sahip bu şistlerden alınan örneklerde mikaşist, mika-kuvarsşist, muskovit-kuvarsşist ve milonitik kuvarsşist saptanmıştır. Kayaçta yönlenme belirgin ve mikrokıvrımlar gözlenmektedir. Gnayslarda foliasyon yapıları iyi gelişirken, yer yer lineasyon yapıları da görülmektedir. Formasyon içerisinde gnayslar ve migmatitler arasındaki geçişi belirleyen yapısal, dokusal ve petrografik özelliklerin çoğu inceleme alanı içerisinde yer almaktadır (Yüzer ve Tunay, 2012).

Sütüven Formasyonu altta Sarıkız mermeri ve Fındıklı Formasyonu üzerinde tektonik dokanakla yer almaktadır. Kazdağ batısından Mıhlıdere Vadisi'ne kadar olan bölgede Sütüven Formasyonu, metaofiyolitler ve Sarıkız mermeri olmaksızın doğrudan Fındıklı Formasyonu üzerinde tektonik dokanakla yer almaktadır. Muhtemelen son metamorfizme öncesi bir bindirme dokanağına karşılık gelen bu sınırda yüksek dereceli

metamorfizma nedeniyle tektonik yapı ve dokular silinmiştir. Oligo-Miyosen yaşlı granitoyidik kayaçlar tarafından kesilen Sütüven Formasyonunun üst sınırı Geç Paleozoyik-Miyosen yaşlı kayaçlarla tektonik dokanaklıdır (Yüzer ve Tunay, 2012).



Şekil 3.5. Çalışma sahasının kuzeyinde yer alan Sütüven Formasyonunundan bir görünüm (Koordinat: 35S, 0490965E – 4386470N, Bakış yönü; KB'dan GD'ya)

3.2.1.3. Mermer üyesi (Csm)

Sütüven Formasyonu içerisinde gnayslar arasında 5-20 m kalınlıkta ara bantlar oluşturan mermerler, yanal yönde fazla yayılımı olmayan, gnaysların foliasyonuna uyumlu mercekler oluşturmaktadır. Sütüven formasyonunun alt seviyelerinde daha seyrek, istifin daha üst seviyesinde ise birkaç düzeyde görülmektedir. Beyaz renkli bu mermerler, ince taneli şekerimsi dokulu, iyi foliasyonlu ve bol plastik akma kıvrımlıdır (Yüzer ve Tunay, 2012) (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Çalışma sahasının kuzeyinde yer alan Mermer üyesinden bir görünüm (Koordinat: 35S, 0491192E – 4386533N, Bakış yönü; KB'dan GD'ya)

3.2.2. Karakaya formasyonu (TRkk)

Formasyon ilk kez Bingöl (1968) tarafından Karakaya serisi, daha sonra Karakaya formasyonu olarak tanımlanmıştır (Bingöl ve ark., 1973). Bu birim, Karakaya kompleksi içerisindeki detritik ve volkano-sedimanter kayaçlar ile Karakaya kompleksine ait diğer birimlerin ayırtlanmamış bölümlerini kapsamaktadır.

Birim İvrindi-Balya-Gönen arasında, Edremit kuzeyinde, Kalkım-Yenice ve Hodul arasında, genel olarak KD-GB yönlü topografik yükseltilerin yamaçlarında yüzeylemektedir. Birimin tip lokalitesi Zeytinli köyü (i17-c3) kuzeydoğusunda Karakaya mevkidir.

Birim genel olarak boz, alacalı kahverenkli kumtaşı, metakumtaşı, şeyl, çamurtaşı, radyolarit, metakonglomera, bazik volkanitler ve kireçtaşından oluşmaktadır. Düzenli bir istif göstermeyen birim içindeki litolojiler birbirleriyle yanal ve düşey yönde geçişli ve/veya blok konumunda yer almaktadır. Bloklar çoğunlukla Karbonifer ve Permiyen yaşlı değişik boyutlardaki kireçtaşı olistolit ve olistostromlarından oluşmaktadır (Şekil 3.7).

Karakaya Kompleksi içerisinde değişik boyutlarda (çakıl boyutu birakaç km), olistolit ve olistostromlar şeklinde Karbonifer-Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları yer almaktadır (Bingöl ve ark., 1975).



Şekil 3.7. Çalışma sahasının kuzeyinde yer alan Karakaya Formasyonu içerisindeki boz-kahverenkli kumtaşı (Koordinat: 35S, 0491192E – 4386533N, Bakış yönü; GB'dan KD'ya)

3.2.3. Çetmi melanjı (Kç)

İlk kez Okay ve ark. (1990) tarafından Ayvacık-Karabiga zonu olarak adlandırılan bu zon içerisinde Çetmi ofiyolitik melanjı olarak adlandırılmıştır. Sakarya ve Ezine zonları arasında, güneyden kuzeye Küçükkuyu, Ayvacık, Bayramiç, Biga ve Karabiga arasında yüzeylenen birim ofiyolitik kayaçlardan daha çok, farklı kökendeki kayaçların tektonik dilim veya olistostrom şeklinde karışık halde bir arada bulunduğu topluluktur. Bu nedenle birim bu çalışmada Çetmi melanjı olarak adlandırılmıştır.

Kazdağ Grubu metamorfitlerinin batısında geniş alanlarda mostra veren Çetmi Ofiyolit Melanjı başlıca spilitleşmiş bazik volkanik ve piroklastik kayalar, Üst Triyas, Üst Jura-Alt Kretase ve Üst Kretase kireçtaşı blokları, şeyl ve grovaktan oluşmaktadır.

Melanjın %90'dan fazlasını oluşturan bu litolojiler dışında az miktarda serpantinit ve radyolarlı çört, granatlı mikaşist ve eklojit dilimleri melanj içinde yer almaktadır (Okay ve ark., 1990).

Çetmi melanjı başlıca şeyl-fillat, grovak, radyolarit, mikaşist, spilitik bazalt ve serpantinit, kireçtaşı tektonik dilimleri ve olistolitleri yer almaktadır. Şeyller yer yer mikalı kumtaşı ara bantları da içermektedir. Şeyller içerisinde tektonik mercekler halinde hafif metamorfik, iyi foliasyonlu fillatlar görülmektedir (Okay ve ark., 1990).

Çetmi Ofiyolit melanjı içerisinde çeşitli tipte ve yaşta kireçtaşı blokları yer almaktadır. En çok bulunan kireçtaşı tipi krem renkte, ince taneli, ince tabakalı/masif, yerel olarak çörtlü Üst Triyas mikrit ve biyomikritleridir. Bunlar genellikle spilitler içinde tektonik dokanaklarla yer almaktadır ve boyları birkaç metreden iki kilometreye kadar değişmektedir (Okay ve ark., 1990) (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Çalışma sahasının kuzeyinde yer alan Çetmi melanjından bir görünüm (Koordinat: 35S, 0490721E – 4383754N, Bakış yönü; KD'dan GB'ya)

3.2.4. Oligosen–Miyosen granodiyoritleri (Tg)

Biga Yarımadası'nda Oligosen yaşlı volkanizmaya da köken oluşturmuş olan genellikle granodiyoritik bileşimli sığ sokulumlar Oligosen-Geç Miyosen aralığında bölgeye yerleşmişlerdir. Çeşitli araştırmacılar tarafından yaptırılan jeokronolojik yaşlandırmalardan birimin yaşının Oligosen-Geç Miyosen olduğu saptanmıştır (Duru ve ark., 2004).



Şekil 3.9. Çalışma sahasının kuzeyinde yer alan Altere olmuş Oligosen-Miyosen granodiyoritleri (Koordinat: 35S, 0490619E – 4385532N, Bakış yönü; KD'dan GB'ya)

3.2.5. Hallaçlar volkaniti (Toh)

Kuzeybatı Anadolu'da Oligosen volkanizması ilk kez Edremit doğusunda Krushensky (1976) tarafından gözlemlenmiş, "Hallaçlar formasyonu" olarak adlanmış ve radyometrik yaş tayini yapılarak 23.6±0 6 milyon yıllık bir yaş bulunmuştur.

Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Hallaçlar volkaniti andezitik domlar, dasit, riyodasit türde lav, tüf ve aglomeralardan meydana gelmiştir. Bir kayaçtan diğerine geçiş net değildir; buna rağmen, kayaçların renkleri (bazik tüfler için kırmızı ve beyaz; ignimbritler için gri-sarı; andezitler için mor) arazide büyük üniteleri birbirinden ayıran veri olarak kullanılabilir. Yer yer andezit ve bazaltik andezitik lav ve piroklastiklerden oluşurlar.

Küçükçetmi, Doyuran, Avcılar ve Güre civarında yüzeylenmektedir. Çoğu mostrası aşırı alterasyona uğramış olup arazide beyaz, sarı, kahverengi, kırmızı renkleri ile dikkat çekmektedir (Ercan ve ark., 1995).



Şekil 3.10. Çalışma sahasının kuzeydoğusunda yer alan Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Hallaçlar volkanitinden bir görünüm (Koordinat: 35S, 0489902E – 4382633N, Bakış yönü; KD'dan GB'ya)

3.2.6. Alüvyon ve kıyı çökelleri (Qal)

Çalışma sahasında en geniş alüvyon alanı Edremit Ovası'dır. Edremit ovası alüvyon kalınlığı 1–150 m arasında değişmektedir. DSİ sondajlarına göre tabanda çakıl ve bloklu akarsu çökelleri ile başlar, üste doğru kil ve siltli birimlerin hâkimiyetine geçmektedir. Güney cephesinde temel, kuzeye nazaran daha eğimlidir. Edremit ovasının bir uzantısı olan Akçay-Güre arasındaki kıyı ovası daha iri taneli malzemeden oluşmaktadır. Kalınlığı kıyı çizgisine paralel 120 metre civarındadır. Kuzeye doğru kalınlık 500 metrelik bir mesafede 20 m'ye kadar düşmektedir (Gözler ve ark., 1973).

Edremit ovası, engebeli bir topoğrafyanın gömüldüğü veya dolduğu bir alanda ortaya çıkmış bir akarsu dolgusudur. Altınoluk Şahinderesi deltası geriye doğru bloklu birimler içeren, kıyıya doğru kalın bir toprak örtüsü ile temsil edilmektedir. Karayolunun kuzeyinde kalan kesimi yapılaşma için doldurulma öncesinde bataklık ve göl olarak bilinen alanlardır. Kıyı kumlu ve çakıllı birimlerden oluşmaktadır. Deltaların kıyı gerisinde bulunan normal

fayın tavan bloğunda bulunmasından dolayı kesildiği ve denize gömüldüğü de gözlenmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Alüvyon ve kıyı çökelleri

3.3. Yapısal Jeoloji

Ege bölgesinde genç yapı unsurları, Batı Anadolu'da gözlenen K-G gerilme rejiminin ürünüdür. Ege Denizi'ndeki gerilmeyi açıklayan jeodinamik modeller kaçma tektoniği, bölgenin yükselmesi ve kayması ve Helenik-Kıbrıs dalma batma zonuna bağlı bir yay ardı yayılmasıdır **(**McKenzie ve Yılmaz, 1991).

Dewey ve Şengör (1979**)**'e göre Ege'deki gerilme rejimi Anadolu Bloğu'nun Arap ve Avrasya levhalarının çarpışması sonucunda Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay zonları boyunca batıya hareket etmesinin ürünüdür.

Yılmaz ve Karacık (2000) tarafından Edremit Körfezi'nin kuzeyinde yer alan yapılardan üç ana gidiş belirlemiştir:

1) KKD-GGB uzanımlı horst ve grabenler
2) KKB-GGD uzanımlı faylar

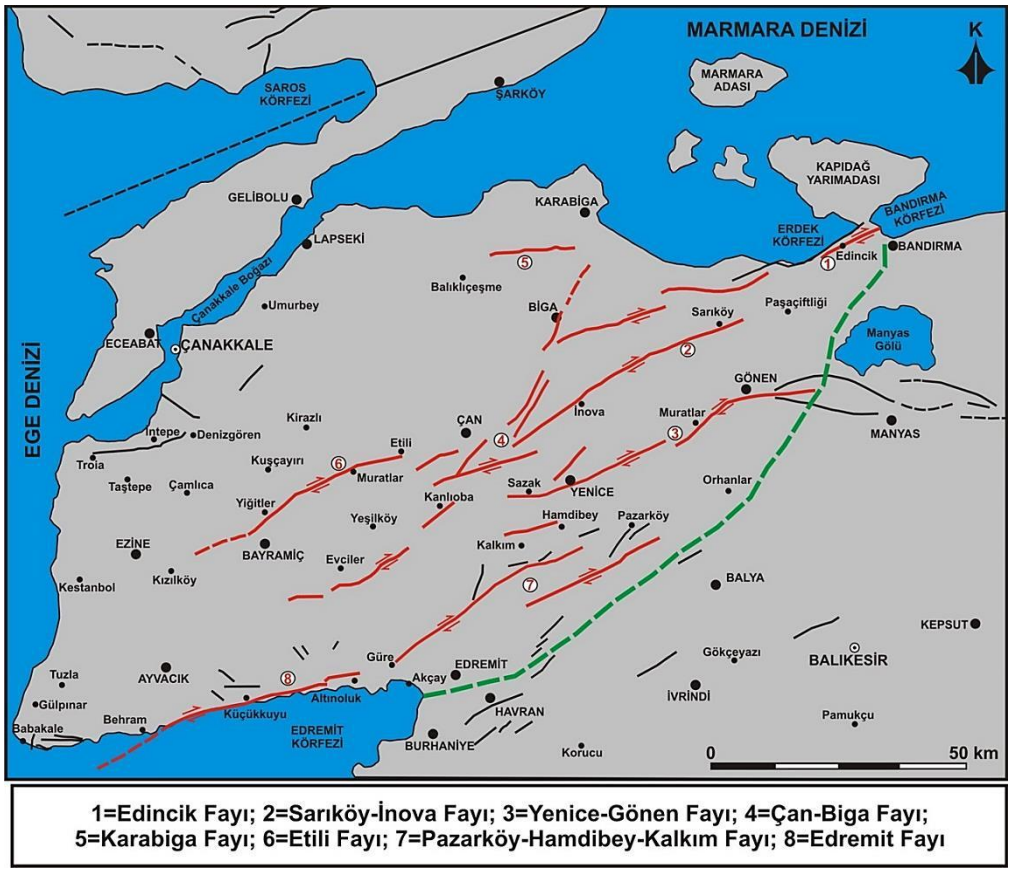
3) D-B uzanımlı Edremit havzası

Bu yapılardan elde edilen verilere dayanarak Yılmaz ve Karacık (2000) bölgeye özgü deformasyon süreci saptamıştır;

a) Yaklaşık olarak K-G gerilme rejimi; bu rejimin sonucu olarak Erken Miyosen döneminde KKD uzanımlı horst ve grabenler oluşmuştur.

b) K-G açılımın ilk dönemi; Geç Miyosen –Erken Pliyosen döneminde oluşmuş ve KKD-GBB uzanımlı fayları meydana getirmiştir ve daha önceden var olan bazı KKD uzanımlı yapıları aktif hale getirmiştir.

c) K -G açılımın geç dönemi; bölgeyi geç Pliyosen'den beri etkilemiş ve Edremit Körfezi'ni de içeren Batı Anadolu'nun mevcut D-B uzanımlı belli başlı graben yapılarını oluşturmuştur.



Şekil 3.12. Biga Yarımadası'ndaki bilinen aktif faylar (Şaroğlu ve ark., 1992)

Boztepe ve Güney ve ark. (2001) Edremit körfezi civarında toplanan sismik verilerin sonucu olarak Edremit körfezini kuzeyden sınırlayan D-B uzanımlı listrik normal bir fayın

varlığını işaret etmektedir. Bu fayın tavan bloğunda çok sayıda tali fay ile doğrultu atımlı bir fay daha mevcuttur. Bu özellikler Edremit Körfezi'nin kuzeyindeki karasal bölgede gözlenen özelikler ile uyumludur. Sismik profillerin güney kısmında Üst Miyosen–Alt Pliyosen yaşlı en üstte yer alan sismik stratigrafik birimler ana fay düzlemine doğru aşamalı olarak kalınlaşmaktadır. Faylar tarafından kesilen ve yer değiştirilen orta ve alt sismik stratigrafi birimleri daha yaşlıdır.

Çalışma sahasında gözlenen aktif uzanım DKD-BGB uzanımlı bir normal faydır. KD-GB ve K-G doğrultusunda doğrultu atımlı sağ ve sol yönlü doğrultu atımlı faylar ve D-B doğrultulu sıyrılma fayı gözlenmiştir. Bu faylar arazide birkaç metre atımlı olarak formasyon içinde gözlenebildiği gibi kilometreler boyunca saha ölçeğinde de gözlenebilir (Şekil 3.12).

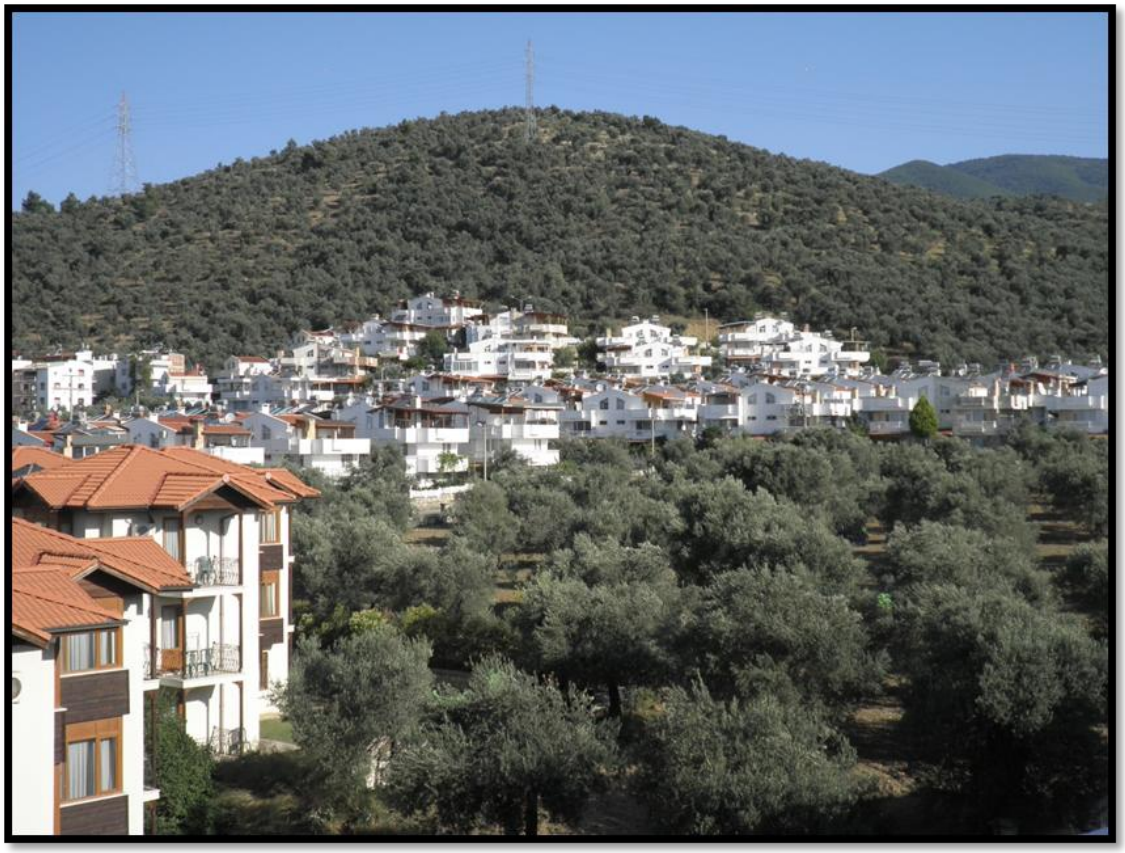
Vadiler ile Kazdağlarının arasında çok sayıda eğim atımlı normal fay bulunmaktadır. Vadilerin oluşumu bu faylar ile açıklanabilir. Metamorfitler vadi yamaçlarında, vadilerin genel gidişine uyan folyasyonlar göstermektedir.

Çalışma alanı Edremit Körfezi ile Kaz Dağları arasında kalmaktadır. Edremit Körfezi, Kuzeydoğu Ege'de Kuzey Anadolu Fayı'nın orta ve güney kolları arasında yer alan, kuzey sahili KDD-GBB doğrultulu normal fayların denetiminde tektonik olarak aktif bir genç havzadır (Yaltırak, 2003). Yaltırak (2003)'a göre, Edremit Körfezi'nin çökmesi ve Kazdağ kütlesinin yükselmesinde, KD-GB doğrultulu atımlı fayların Edremit Körfezi bloğunun saatin ters yönünde döndürülmesi ile oluşan yerel bir K-G gerilmenin etkisi bulunmaktadır. Kaz dağı Edremit Körfezi grabenin kuzeyinde asimetrik olarak yükselen bir horsta karşılık gelmektedir. Edremit Körfezi Kuzey sahili de bu sistemin oluşturduğu kademeli faylarla yükselmekte körfez orta kesimi de aynı şekilde çökmektedir. Çalışma alanında bulunan Güre-Ilıca ve Kavlaklar-Yassıçalı fayı Kazdağı yükselimini Edremit Körfezinin çöküşünü sağlayan basamak şekilli normal faylar oluşturmaktadır (Şekil 3.13 ve 3.14).



Şekil 3.13. Yassıçalı Köyündeki normal fayın morfolojik görünümü

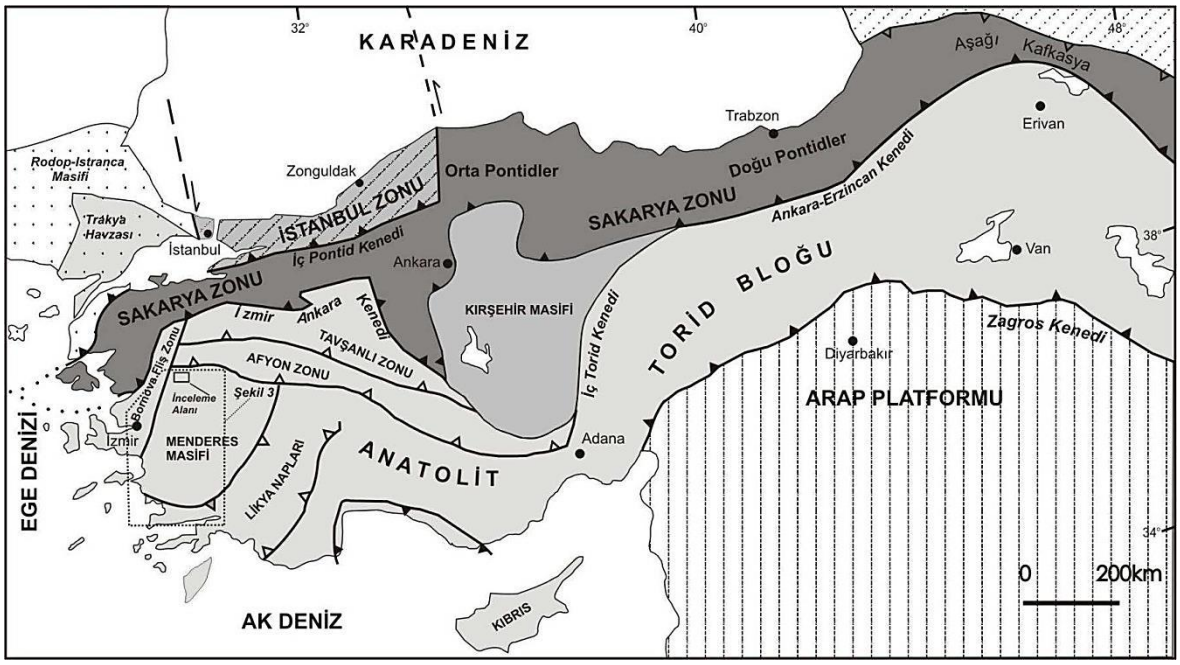
Güre-Ilıca Fayı; Güre kaplıca kaynakları üzerinden geçer ve DKD-BGB uzanımlıdır. Saha alüvyonla örtülü olduğundan yüzeyde gözlenememektedir. Fayın yüzeydeki en önemli belirtisi, çıkışını sağladığı kaplıca kaynaklarıdır. Yeri jeofizik ve radon gazı ölçümleriyle tespit edilmiştir (Erzenoğlu, 1985). Eğim atımlı normal fay olup, halen aktivitesini sürdürmektedir. Alüvyon örtünün kalınlığı ve Kaz Dağları ile Edremit Körfezi arasındaki yükselti farkı göz önüne alınırsa atımın oldukça yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca eğim miktarlarının da 60°-75° arasında olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.14. Güre-Ilıca normal fayına Güre jeotermal sahasından Güneyden Kuzeye bakış

3.4. Tarihsel Jeoloji ve Jeolojik Evrimi

Kuzeybatı Anadolu'da İzmir-Ankara Sütur Zonu boyunca Sakarya kıtası ile Menderes masifi arasında Kazdağ ve Uludağ masifleri doğu batı uzanımlı bir kuşak oluşturmaktadır. Bu iki metamorfik masifin iç stratigrafileri değişik tür mikaşistler, gnayslar, amfibolitler, metaofiyolitler ve mermerlerden oluşmuş kompleks olarak açıklanmaktadır (Erdoğan ve ark., 2009). Kazdağ masifinin önce Karbonifer, sonra Erken Triyas ve en son Tersiyer'de olmak üzere üç farklı metamorfizma geçirdiği öne sürülmüştür. Kazdağ masifi, orta basınç amfibolit ve yeşil şist fasiyesinde metadünit, metagabro, piroksenit, amfibolit, paragnays ve mermerlerden meydana gelmiştir. Son metamorfizma alçak basınç tipindedir ve yaşı 25–40 milyon yıl dolaylarındadır (Schuling, 1959; Aslaner, 1965; Bingöl, 1968, 1971, 1975; Bingöl ve ark., 1973).



Şekil 3.15. Türkiye'nin tektonik birimleri haritası (Okay ve Tüysüz, 1999)

Neotektonik dönemin başlangıcı ile birlikte Batı Anadolu ve özellikle Ege bölgesi yoğun bir kuzey-güney yönlü gerilmeye uğramış ve graben sistemleri oluşmuştur. Şengör (1980)'e göre batı Anadolu ve Ege'deki graben sistemleri Doğu Anadolu sıkışma bölgesi gibi Avrasya-Arabistan çarpışmasının bir yan ürünüdür ve Doğu Anadolu'daki sıkışma hareketinin Kuzey Anadolu Fay (KAF) ile batıya taşınması sonucunda oluşmuştur. Kuzey Anadolu Fay'ının kuzey kolu Gelibolu Yarımadasından, güney kolu ise Biga Yarımadasından geçmektedir. Günümüzde sürmekte olan açılma ve gerilme hareketleri sonucu Batı Anadolu'da birbirine paralel pek çok graben, küçük grabenler olarak Büyük ve Küçük Menderes vadileri, Saroz, Edremit, Gökova, Gemlik ve İzmit körfezleri ile İznik gölü ve Marmara Denizi'nin büyük bölümü sayılabilir. Ege'de DB yönünde uzanan grabenlerin kenar fayları derinliklere doğru eğimleri 30-35 dereceden 5-10 dereceye kadar azalan listrik normal faylar olarak davranmaktadır (Eyidoğan ve Jackson, 1985). Batı Anadolu açılma bölgesinde yer alan ve Ege graben sistemine dahil olan Edremit ve dolayında bulunan inceleme alanında aynı tektonik ve epirojenik olaylar görülmektedir. Kazdağlarının Üst Miyosende başlayan yükselmesine devam ettiği görülmektedir.

Bölge Permo-Karbonifer'e kadar karasal olmalıdır. Masiflerin deniz altında kalması Permo-Karbonifer'de olmuş ve inceleme alanının doğusunda izlenen Susurluk, Balıkesir ve İvrindi arasındaki bölge, Üst Permiyen –Alt Triyas'da oluşmaya başlamıştır. Bu okyanuslaşma sonucu spilit ve radyolaritler arakatkılı bir şekilde oluşmuşlar ve zaman zaman sığlaşıp derinleşen hareketli bir sedimantasyon ortamına sahne olmuşlardır. Bu

okyanuslaşmaya bağlı olarak şelf üzerinde gelişmekte olan karbonatları da etkileyen bir tansiyon sistemi etkili olmuştur. Bu tansiyon sistemine bağlı olarak denizlerde parçalanan bölümlerde oluşan spilitik volkanizmaya şelf üzerinde çökelmekte olan karbonatlar katılmaktadır. Bu arada okyanus tabanında ve tabana komşu çukurlarda pelajik kireçtaşı ve grovaklar çökelmiştir (Bingöl, 1983).

Bingöl (1976), Alt Triyas litolojisinin bölgede Tetisi etkileyen tansiyon kuvvetleriyle oluşmuş bir çöküntü havzasının varlığını işaret ettiğini belirtmiştir.

Tersiyer yaşlı volkanitler üzerinde yapılan izotopik ölçümler kalkalkalin volkanitlerde 0,708, 87Sr/86Sr oranları bulunmuştur. Bu oranlara göre Borsi ve ark. (1973) volkaniklerin litosferik okyanus tabanı malzemesi karışımı ile meydana gelmiş olabileceğini ileri sürmüştür.

Üst Jura'nın başlangıcıyla birlikte büyük bir transgresyon olmuş, tüm Kuzeybatı Anadolu sular altında kalmıştır. Bu esnada Üst Jura kireçtaşları çökelmiştir. Eosen – Oligosende bölge hemen hemen tümüyle yükselmiştir.

Alt Miyosene kadar bölge karasal özelliğini korumuş ve alt miyosen başlarında karasal-gölsel ortam koşulları egemen olmuştur. Uzun ve geniş göl havzasında karasal kırıntılar ve karbonatlarla birlikte kırıntılı volkanitler her zaman çökelmişlerdir. Volkanik faaliyetler orta-üst Miyosende devam etmiş, bazaltik, andezitik ve dasitik volkanik kayalar oluşmuştur (Bilgin, 1969).

Miyosen'de KD-GB jeolojik doğrultuya uygun olarak daha çok senklinaller içinde daha eski litolojilere faysız kontaklı Miyosen kaba klastik ve gölsel sedimentler çökelmiştir. Orta miyosen'den itibaren felsik, genellikle asidik volkanizma yine aynı trendler boyunca gelişmiştir. Genellikle kalkalkalin kimyasal bileşimindeki volkanik kayaçlar düşük Sr oranı nedeni ile üst kabuk ve üst kabuk ile okyanus tabanı malzemesi karışımından türemiş olmalıdır (Bilgin, 1969).

Pliyosen'de bölge yükselmeye devam etmiştir. Yükselmenin ve KKD-GGB doğrultulu genişleme rejiminin oluşturduğu grabenlerin kabaca D-B doğrultusunda yönlendiğine işaret etmektedir. Yükselen göl havzası üzerine akarsu kökenli ince taneli, kırıntılı kayalar depolanmıştır. Kuvaterner'de Edremit Körfezi çevresinde denize malzeme taşıyan akarsuların getirmiş olduğu alüvyal çökeller, birikinti konileri oluşmuştur.

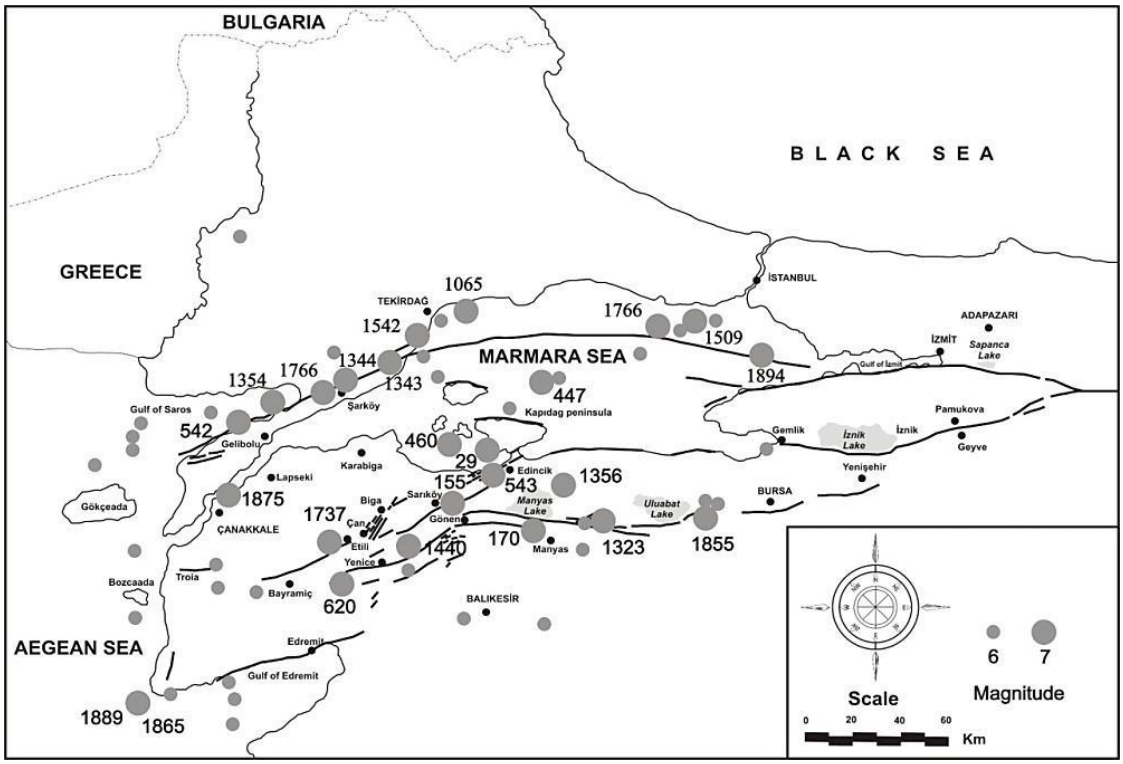
BÖLÜM 4
DEPREMSELLİK

Bu çalışmada kullanılan deprem parametreleri; deprem katalogları, depremsellik değerlendirmeleri, deprem etkinliği çalışmaları ve internet üzerindeki sanal arşivlerden alınan deprem kayıt ve listelerinden elde edilmiştir. Elde edilebilen deprem kayıtlarına göre, çalışma alanı ve civarında meydana gelen depremler ile ilgili en eski kayıt, USGS-NEIC (US Geological SurveyUS National Earthquake Information Center) verisine göre, Yunan kaynaklı ve M.Ö. 282 tarihli 7.0 Ms büyüklüğünde Saros Körfezi depremidir. En büyük deprem ise 18 Mart 1954 tarihli 7.3 Gönen depremidir.

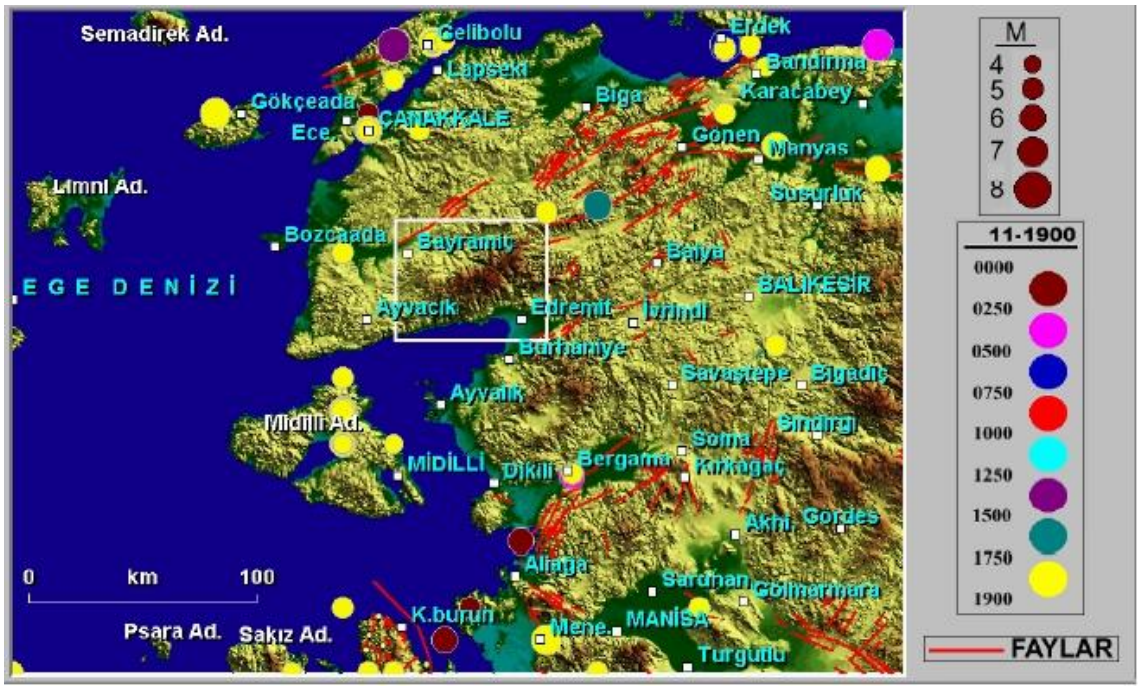
4.1. Tarihsel Depremler

Çalışma alanı ve civarında, 1900 yılından önce meydana gelen ve Edremit yerleşim birimini ve yakın civarını doğrudan etkileyebilecek 69 tarihsel deprem kaydı elde edilebilmiştir (Şekil 4.1). Bu 69 depremlerin % 67'sinin aletsel büyüklüğü 5.5'in altındadır. Bu dönemde 23 şiddetli deprem ($M \geq 5.5$; şiddeti VII ve daha büyük) meydana gelmiştir. Şiddetli depremlerden sadece 6'sının şiddeti (Mercalli) IX ve daha büyüktür (Şekil 4.2; Şekil 4.3). Bu dönemde meydana gelen en büyük deprem, yukarıda belirtilen IX şiddetinde ve 7.2 M büyüklüğündeki 1 Mart 1354 Çanakkale depremidir (www.koeri.boun.edu.tr).

1867 tarihinde 7 şiddetindeki deprem Midilli Adası, Edremit, Ayvalık'ta ve 1874 yılının Ağustos ayında 6 şiddetindeki deprem Çanakkale yöresi ve Edremit'te meydana gelen diğer depremlerdir (www.koeri.boun.edu.tr).



Şekil 4.1. Biga yarımadasındaki tarihsel depremler (Ambraseys ve Finkel, 1991'den değiştirilerek)



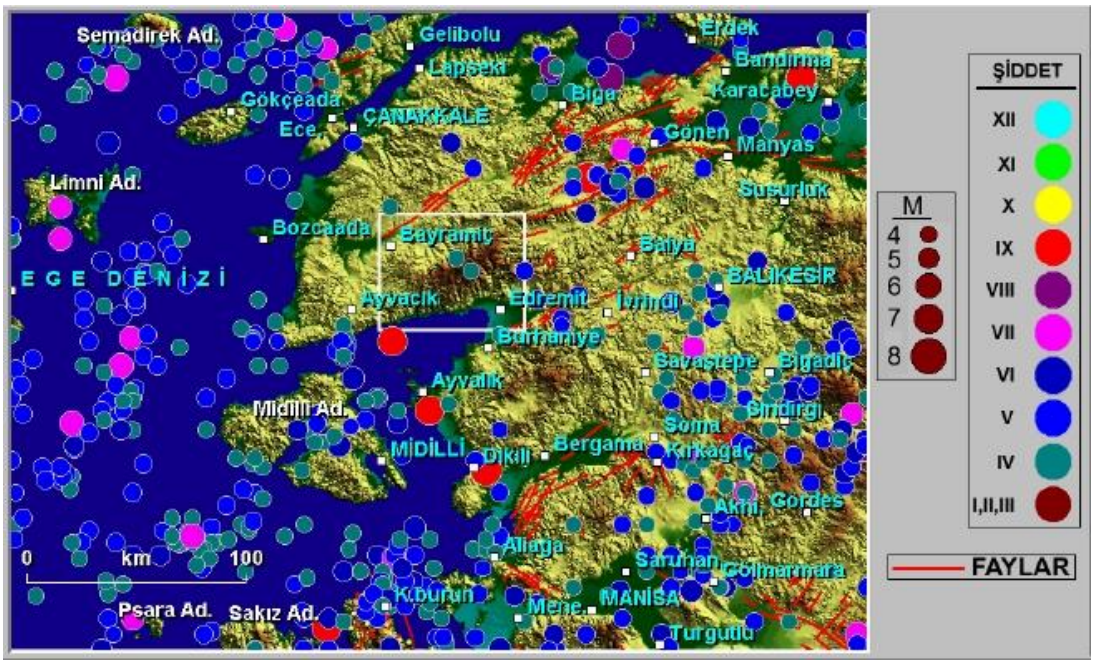
Şekil 4.2. Edremit civarında tarihsel dönemde meydana gelen depremler (yıllara dağılım, M≥4.0; M.S. 11-1900)



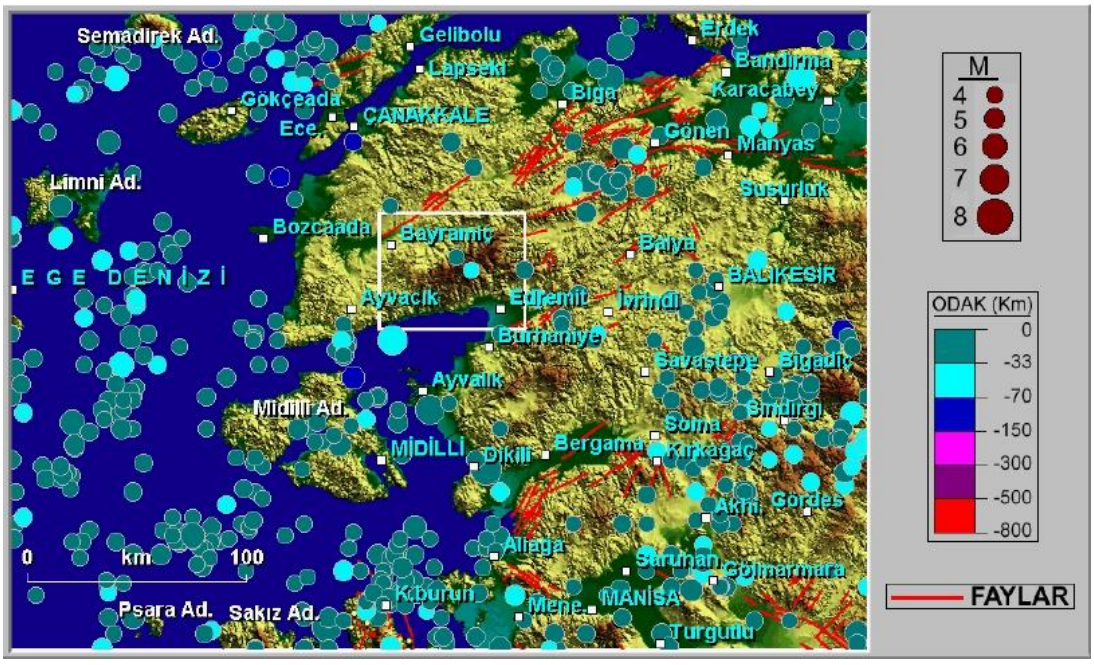
Şekil 4.3. Edremit civarında tarihsel dönemde meydana gelen depremler (büyüklük dağılımı, M≥4.0; M.S. 11-1900)

4.2. Aletsel Dönemde Kaydedilen Depremler

1900'lü yılların başından itibaren "Aletsel Dönem" olarak adlandırılan ve günümüze kadarki dönemi içeren zaman dilimi içerisinde Edremit ve yakın çevresini etkileyen magnitüdü 4 ve daha büyük 562 depremin 493'ü bu dönemde kaydedilmiştir (Şekil 4.4; Şekil 4.5).



Şekil 4.4. Edremit civarında aletsel dönemde meydana gelen depremler (büyüklük dağılımı, M≥4.0, M.S. 1900-2000)



Şekil 4.5. Edremit civarında aletsel dönemde meydana gelen depremler (USGS odak derinliği dağılımı, M≥4.0, M.S. 1900-2000)

Bu dönemde oluşan depremlerin büyük bir kısmı çalışma alanının kuzeyindeki Marmara Denizi'nde ve yakın çevresindeki Edremit Körfezi, Saros Körfezi, Şarköy-Tekirdağ ve Biga-Bandırma civarında toplanma göstermiştir.

Aletsel dönemde meydana gelen 1912 Saros Körfezi-Mürefte (M:7.3, M:6.3), 1935 Erdek Körfezi (M:6.4), 1935 Çan-Biga (M:6.3), 1944 Edremit Körfezi-Ayvacık (M:6.8), 1953 Yenice-Gönen (M:7,2), 1964 Gönen (M:5,8), 1971 Edremit-Bakırçay (M:5,5), 1983 Biga (M:5,8), 2006 Kuşgölü-Manyas (M:5,2) ve 2006 Bandırma (M:5.0) depremleri ve 2013 Kuzey Ege depremi (M:5.7) Biga Yarımadası, 24.05.2014 Gökçeada Açıkları-Ege Denizi (M:6.5) depremleri ve çevresinde belirgin bir sismik aktivitenin olduğunun göstergesidir (Çizelge 4.1).

Bu bölümde, 1900-2014 tarihleri arasında meydana gelen depremlerin, çalışma sahası ve yakın civarındaki dağılımları ile bu depremlere ait parametreler aşağıda çizelgeler ve şekiller halinde verilmiştir. Bu depremlere ait verilere ulaşırken Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü katalog bilgileri esas alınmıştır. Ayrıca, Edremit ve civarında 1900 ve sonrası yıllarda meydana gelmiş, büyüklükleri 2.0 ile 9.0 arasında olan tüm depremlerin dağılımları Şekil 4.6'da topluca verilmiştir.

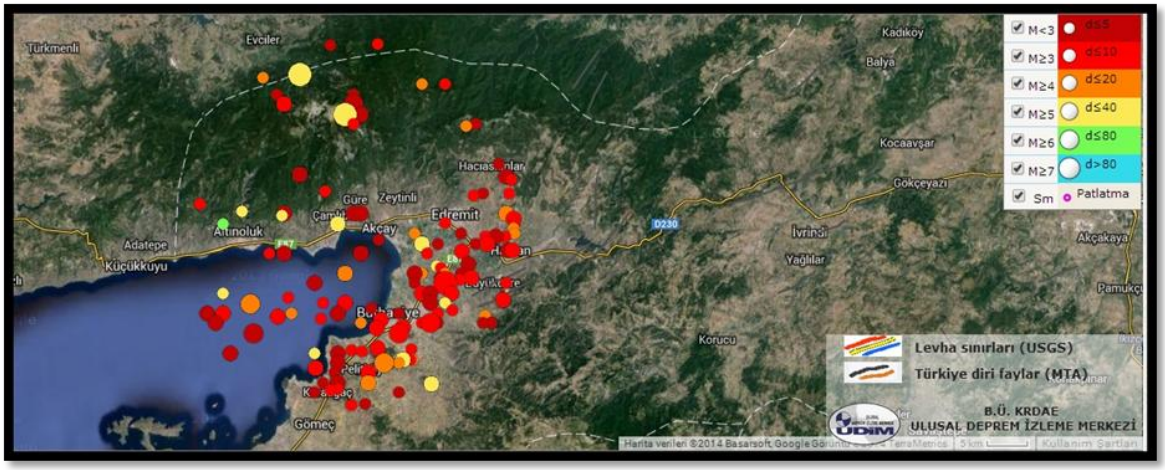
Çizelge 4.1. 1900 yılından sonra Edremit yerleşimini etkileyebilecek depremler

Tarih	Şiddet	Yer
1912	M:7.3	Saros Körfezi-Mürefte
1912	M:6.3	Saros Körfezi-Mürefte
1935	6.4	Erdek Körfezi
1935	6.3	Çan-Biga
1944	6.8	Edremit Körfezi-Ayvacık
1953	7.2	Yenice-Gönen
1964	5.8	Gönen
1971	5.5	Edremit-Bakırçay
1983	5.8	Biga
2006	5.2	Kuşgölü-Manyas
2006	5.0	Bandırma
2013	5.7	Kuzey Ege
2014	6.5	Gökçeada Açıkları-Ege Denizi

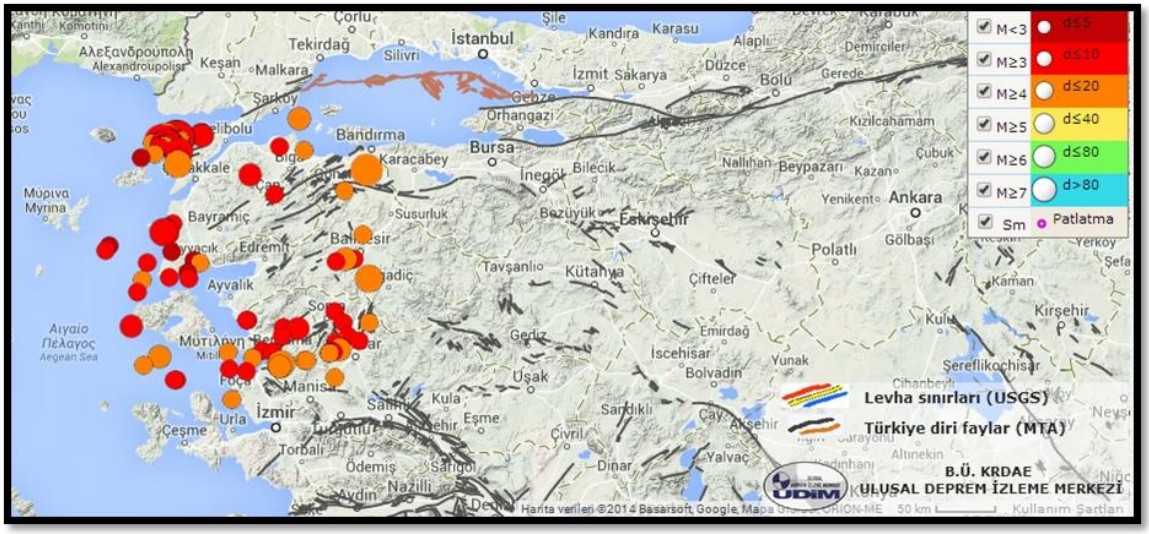
Batı Anadolu'daki jeotermal aktiviteler çoğunlukla graben sistemleri içerisinde yer almışlardır. Büyük Menderes, Gediz, Simav, Bakırçay, İzmir, Gönen ve Edremit çevresinde 123 sıcak su kaynağı ve 36 jeotermal saha tanımlanmıştır (MTA, 1980; Şimşek, 2002). Depremsellikle ilişkili olduğu saptanan bölgesel faylar özellikle kaplıcalarla paralellik göstermektedir.

Bölgedeki hasar yapıcı en büyük deprem büyüklüğü 7.0 (Ms), Enlem: 39.48 Boylam: 26.56 olan 6 Ekim 1944 Ayvalık-Edremit depremidir. Bu deprem Edremit Körfezi'nin kıyıları üzerinde yer alan köylerde, Ayvacık'ta ve Midilli Adası'nda ağır hasara neden olmuştur.

Ayrıca, 2013-2014 yıllarında arasında, çalışma alanı ve civarında meydana gelmiş çeşitli büyüklüklerdeki 126 adet depremler ve 24.05.2014 (M=6.5) Gökçeada açıkları-Ege Denizi depremi kaydedilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.6. Edremit ve civarında, 1900 ve sonrasında meydana gelmiş olan, büyüklükleri 2.0 ile 9.0 arasında olan depremlerin dağılımları (www.koeri.boun.edu.tr)



Şekil 4.7. Edremit ve civarında 21.09.2013 ve 16.08.2014 tarihlerinde meydana gelmiş, büyüklükleri 3.0 ile 9.0 arasında olan depremlerin dağılımı (126 sarsıntı) (www.koeri.boun.edu.tr)

Güre yerleşim yerine 20, 30, 40, 50, 100 ve 120 km uzaklıklarda 21.09.2013 ve 16.08.2014 tarihlerinde meydana gelmiş olan tüm depremlerin dağılımları eklerde topluca verilmiştir.

BÖLÜM 5
HİDROJEOKİMYA

Hidrojeokimya yeraltı sularının kimyasal özelliklerinin ve kalitelerinin belirlenmesi, kökenlerinin araştırılması, yüzey ve yağış suları ile olası ilişkilerinin incelenmesi, yeraltı sularının kirlenmesi ve iyileştirilmesi gibi problemlerin çözülmesi ve benzeri araştırmalarda kullanılan hidrojeolojik çalışmaların vazgeçilmez bir parçasını oluşturur. Her jeotermal araştırma programının önemli bir kısmını da hidrojeokimyasal teknikler oluşturur. Özellikle derin sondaj öncesinde yeraltındaki akışkan ve derinlerdeki koşulların saptanmasında, yeni jeotermometre tekniklerinin geliştirilmesiyle, ucuzluğu ve hızlı yorumlanabilmesi gibi birçok avantajı da beraberinde taşımaktadır. Kavram olarak hidrojeokimyasal teknikler birçok eser iyon ve izotop jeokimyasını, kaya kimyasını ve gazların jeokimyasını da kapsamaktadır (Tarcan, 2002).

Bu bölümde, çalışma sahasında yer alan Güre sıcak su kaynağının hidrojeokimyasal özelliklerinin, jeotermal sistem içerisinde geçirdikleri fizikokimyasal süreçlerin belirlenebilmesi amacı ile çalışma sahasında bulunan sıcak su kaynağından dönemsel örnekleme ve kimyasal analiz çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar Eylül ve Kasım 2013, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran ve Ağustos 2014 tarihleri olmak üzere 12 farklı dönemde gerçekleştirilmiştir.

5.1. Analiz Yöntemleri

Arazi çalışmalarında sıcak suların Eutech Cyberscan PCD 650 pH-iletkenlik- iyon ölçer cihazı ile sıcaklık (T-°C), pH, elektriksel iletkenlik (EC-µS/cm), redox (mV), tuzluluk (NaCl-ppm), toplam çözünmüş tuzlar (TDS-ppm) ve rezistivite (Ω) gibi fiziksel parametre ölçümleri su noktaları başında yapılmıştır. Bu ölçüm ve örnekleme çalışmaları 12 farklı dönemde yapılmıştır. Su örneklerinin kimyasal içeriklerini belirlemek ve mineral değişimlerini düzenli bir şekilde izlemek amacıyla 50 ml polietilen şişelerle su örnekleri alınmıştır. Alınan bu örneklerden anyon ve katyon analizleri (Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3, SO_4 ve Cl^{-}) Acme Analytical Laboratories Ltd.'e yaptırılmıştır.

Piper diyagramı, Schoeller diyagramı ve üçgen diyagramlar bu çalışmada kullanılmıştır. Ayrıca sıcak suların hidrojeokimyasal özelliklerinin değerlendirilmesinde, suda çözünmüş başlıca iyonlardan her birinin litrede miligram (mg/L) olarak analiz edilen derişimleri kullanılarak, anyon ve katyon yüzdeleri (mek/L) hesaplanmıştır.

5.2. Örnek Noktasının Seçimi ve Özellikleri

Çalışma sahasında arazide ölçülebilecek ve örnek alınabilecek sıcak su çıkışı bulunmadığından Güre jeotermal ısı merkezinden ölçüm ve örnekleme yapılmıştır (Şekil 5.1). Örnek alınan Güre jeotermal ısı merkezine bağlı dört adet sıcak su sondajı bulunmaktadır. Bu sıcak su sondajları İGJ-1, İGJ-2, İGJ-3 ve İGJ-4 olarak adlandırılmıştır (Çizelge 5.1).



Şekil 5.1. Güre jeotermal ısı merkezi iç ve dışından görünümler

Örnek alınacak su kaynakları seçilirken, suların fiziksel ve kimyasal tüm özelliklerini yansıtabilecek örnek noktaları tercih edilmiştir. Bu yüzden örnekleme yapılacak kaynaklarda herhangi bir karışım olmamasına dikkat edilmiştir.

5.3. Güre Sıcak Su Kaynağı

Güre sıcak su sondajları Edremit-Çanakkale yolu kaplıca mevkiinde bulunmaktadır. MTA'nın 1994 yılında yaptığı sıcak su sondajlarının kuyu bitirme raporuna göre; Güre'de bulunan 4 kaynak aynı orijinlidir. (Şekil 5.2) İki farklı kırık hattından çıkan güre G1 ve G2 kuyusuna ait sıcak sular bu kırık hattı boyunca yükselirken Kaz Dağları'ndan gelen soğuk sular ile karışmışlardır.

Güre kaplıca sahasında sıcak suların yüzeye çıkışını KD-GB, Güre Ilıca Fayı ve buna verev KB-GD uzanımlı tali bir fay sistemi kontrol etmektedir. Fayın yüzeydeki en önemli belirtisi, çıkışını sağladığı kaplıca kaynaklarıdır. Yeri jeofizik ve radon gazı ölçümleriyle tespit edilmiştir. Eğim atımlı normal fay olup, halen aktivitesini sürdürmektedir.



Şekil 5.2. Güre sıcak su kuyu yerlerine ait Google Earth görüntüsü

Çizelge 5.1. Güre jeotermaline bağlı olan 4 adet sıcak su sondajlarının özellikleri

Kuyu No	Koordinat	Derinlik (m)	Kuyu başı sıcaklık
İGJ-1	35 490224D/ 4832366K	167	64ºC
İGJ-2	35 490060D/ 4382174K	250	56,3ºC
İGJ-3	35 490215D/ 4382392K	206	67ºC
İGJ-4	35 490332D/ 4382392K	250	67ºC

5.4. Güre Jeotermalini Etkileyen Depremler

Çalışma alanı ve civarında, 21.09.2013 ile 16.08.2014 tarihlerinde meydana gelmiş olan depremlerin, Güre jeotermalinden ölçüm ve örneklemeler sonucu suların fiziksel özelliklerini ve majör iyonlarını etkileyen 12 deprem kaydı elde edilmiştir. Bu depremler çizelge 5.2 de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Güre jeotermalini etkileyen depremler

No	Tarih-Saat	Enlem (K)	Boylam (D)	Derinlik (km)	Büyüklük (Ms)	Açıklama
1	02.12.2013 06:11:25	39.5750	25.9735	5.3	3.4	Gülpınar Açıkları-Çanakkale (90 km)
2	08.04.2014 23:08:36	39.5948	27.7518	12.2	3.7	Küpeler (Balıkesir) (75 km)
3	24.04.2014 18:16:03	39.4508	25.9290	10.6	3.2	Gülpınar Açıkları-Çanakkale (90 km)
4	24.05.2014 09:31:18	40.4270	26.2398	7.2	5.1	Saros Körfezi (Ege Denizi) (120 km)
5	24.05.2014 09:33:48	40.4208	26.1673	7.6	4.0	Saros Körfezi (Ege Denizi) (120 km)
6	24.05.2014 09:34:16	40.3377	26.2567	5.4	4.1	Saros Körfezi (Ege Denizi) (120 km)
7	24.05.2014 10:35:01	40.4278	26.1382	4.9	4.2	Saros Körfezi (Ege Denizi) (120 km)
8	24.05.2014 12:25:00	40.2108	25.3073	10.2	6.5	Gökçeada Açıkları (120 km)
9	25.05.2014 11:38:38	40.4208	26.1515	13.0	4.9	Saros Körfezi (Ege Denizi) (120 km)
10	25.05.2014 11:47:55	40.4123	26.0925	6.8	4.5	Saros Körfezi (Ege Denizi) (120 km)
11	28.05.2014 03:59:51	40.4218	26.1343	13.2	4.5	Saros Körfezi (Ege Denizi) (120 km)
12	23.07.2014 14:14:33	39.4588	26.3410	6.0	3.0	Edremit Körfezi (30 km)

5.5. Suların Fiziksel Özellikleri

Arazi çalışmalarında sıcak su noktası başında ölçülen sıcaklık (T,°C), pH, elektriksel iletkenlik (EC, µS/cm), redox (mV), tuzluluk (NaCl-ppm), toplam çözünmüş tuzlar (TDS-ppm) ve rezistivite (Ω) gibi fiziksel parametre değerleri aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır (Çizelge 5.3). 09.04.2014 tarihinde arazide fiziksel ölçüm yapılamamıştır fakat 50 ml polietilen şişelerle su örnekleri alınmıştır ve alınan bu örneklerden anyon ve katyon analizleri yaptırılmıştır.

Çizelge 5.3. Çalışma sahasında düzenli örnekleme yapılan suların fiziksel parametre değerleri

No	Tarih	Lokasyon	T (°C)	pH	EC (µs/cm)	Redox (mV)
1	21.09.2013	İGJ-1	56.2	8.52	1113	-132.5
2	02.11.2013	İGJ-1	56.3	8.53	1043	-133.1
3	30.11.2013	İGJ-4	62.8	8.35	1356	-120.4
4	05.01.2014	İGJ-4	59.7	8.29	1343	-119.6
5	01.02.2014	İGJ-1 İGJ-4	58.4	8.48	1208	-132.2
6	08.03.2014	İGJ-1 İGJ-4	58.5	8.48	1210	-131.3
7	05.04.2014	İGJ-2	46.2	8.2	862.1	-106.5
8	26.04.2014	İGJ-2	46.7	8.65	851	-135.7
9	24.05.2014	İGJ-2	45.7	8.63	864.7	-135.6
10	24.05.2014	İGJ-2	46.2	8.63	865.7	-136.4
11	28.06.2014	İGJ-2	46.8	8.44	900.7	-128.9
12	16.08.2014	İGJ-1	55.8	8.54	1063	-134.5

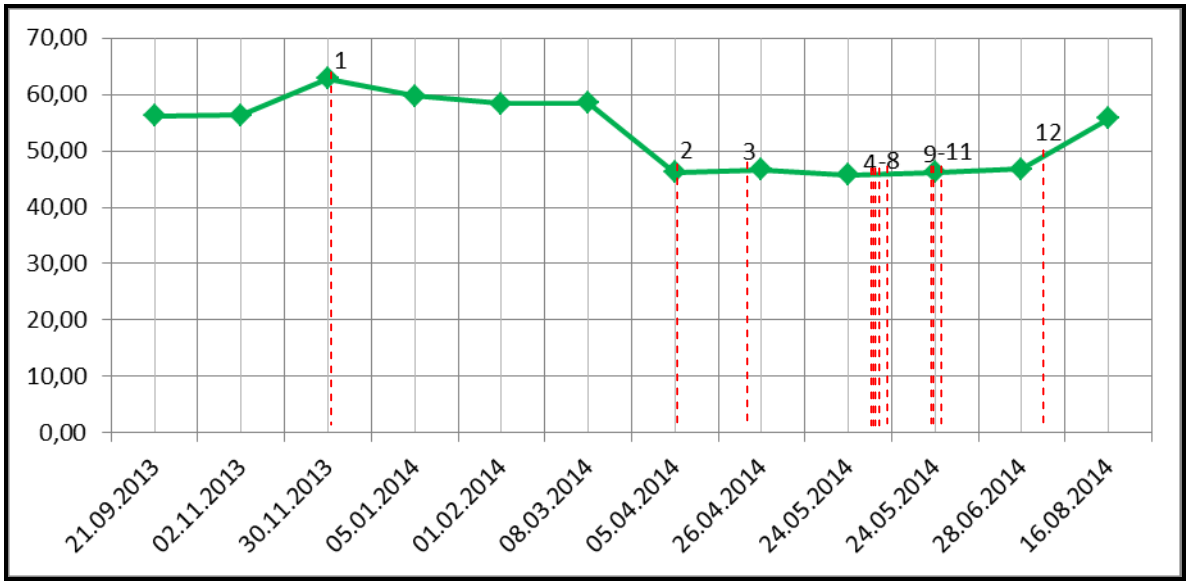
5.5.1. Sıcaklık (T)

Sıcak sular sıcaklık değerlerine göre sınıflandırılırlar. Uluslararası Hidrojeologlar Birliği Sıcak ve Mineralli Sular Komisyonunca, sıcaklığı 20 °C'den fazla olan suları "sıcak su" olarak tanımlanmaktadır.

Yüzey sularının sıcaklığı coğrafi konum, yükselti, mevsim, akarsu debisi, derinlik gibi parametrelere bağlı olarak değişim gösterir. Su ortamındaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler sıcaklığın etkisi altındadır. Sularda yapılan sıcaklık ölçümleri su kimyası ile ilgili bazı hesaplamalarda kullanılır (Doğdu, 2005). Sıcaklık ölçümleri alkalinite hesaplamalarında, kalsiyum karbonat doygunluğu ve stabilitesi incelemelerinde, tuzluluk hesaplamalarında ve diğer laboratuvar hesaplamalarında kullanılır (Apha ve ark., 1981).

Çalışma alanının kuzeyinde yüzeylenen Oligosen-Miyosen yaşlı granitik sokulum ve volkanik genç volkanizmanın olmasının bölgedeki jeotermal akışkana ısı kaynağı teşkil ettiği düşünülmektedir. Çalışma sahasındaki sıcak su kaynağının sıcaklığı 45-63 °C arasında değişmektedir (Çizelge 5.3; Şekil 5.3). Bogomolow (1955) sınıflamasına göre hipertermal (42°C<) su sınıfına girmektedirler. Sıcak su kaynağının dönemsel sıcaklık değişimi 5-6 °C arasında değişmektedir. Sıcaklık farklılıkları yerel yeraltı suyu seviyesinin mevsimsel değişimi sonucunda sıcak su kaynağına karışan soğuk su oranının değişmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Koçak (2002b)'ta jeotermal kaynağın başlangıç sıcaklık değerine ve ülkemizdeki kullanım olanakları göz önünde tutularak yapılmış sınıflamaya göre jeotermal alanlar; düşük entalpili alanlar (20-70°C), orta entalpili alanlar (70-150°C) ve yüksek entalpili alanlar (>150°C) olarak üç grupta toplanmaktadır. Buna göre Güre jeotermal alanındaki sıcak su kaynakları düşük entalpili alanlar olarak tanımlanabilir.



Şekil 5.3. Güre sıcak su kaynağının dönemsel sıcaklık değişimleri ve çizelge 5.3'deki depremler

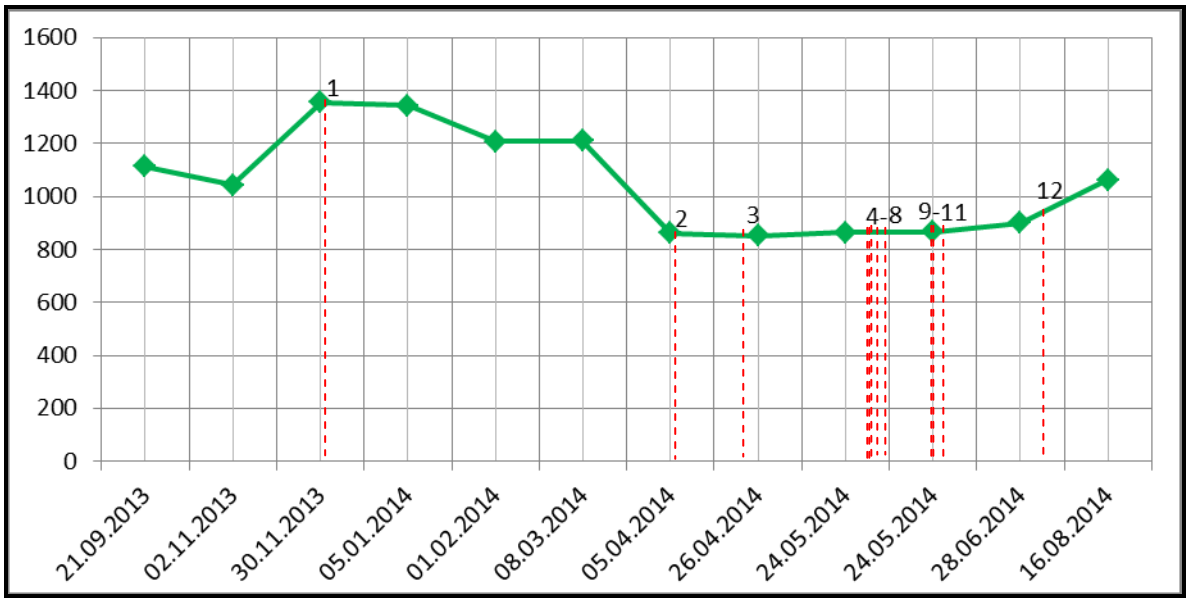
02.11.2013 tarihinden sonra sıcaklık değeri İGJ-1 kuyusundan İGJ-4 kuyusuna geçişten dolayı yaklaşık 7 derece artmıştır. 30.11.2013 örneklemesinden sonra İGJ-4 kuyusunda; 02.12.2013 Gülpınar açıklarında meydana gelen 3.4 büyüklüğündeki deprem sonrasında 3.1 derecelik düşüş gözlenmiştir. 08.03.2014 tarihinden sonraki sıcaklık değişimi ise İGJ1-İGJ4 kuyularından İGJ-2 kuyusuna geçişten dolayı yaklaşık 12 derece düşmüştür.

İGJ-2 kuyusunda; 24.05.2014 Gökçeada Açıkları Ege Denizi'nde yerel saat ile 12.25'de büyüklüğü Ml=6.5 olan deprem öncesinde yaklaşık olarak 26.04.2014 örneklemesine göre 1 derece düşüş meydana gelmiştir. Deprem sonrasında ise 24.05.2014 (deprem sonrasında alınan örnekleme) tarihinde yeniden 1 derece artış gözlenmiştir. 16.08.2014 tarihli örneklemede İGJ-1 kuyusundan ölçüm yapıldığı için bir önceki örneklemeye (28.06.2014, İGJ-2 kuyusu) göre yaklaşık 9 derece daha yüksektir.

5.5.2. Elektriksel iletkenlik (EC)

Elektriksel iletkenlik suyun elektrik akımını iletebilme özelliğinin sayısal olarak ifadesidir. Su analiz sonuçlarında EC, mikrosiemens/cm (µs/cm) cinsinden ve 25 ºC sıcaklıktaki değeri hesaplanarak belirtilmektedir. Genel olarak bütün sular elektriği iletmektedir. İyon derişimi ile bu iletkenlik artar. Laboratuarda elde edilen saf suların elektriksel iletkenlikleri 0.5 ile 5 mikromho/cm; içilecek suların 30–2000; çok tuzlu petrol sularının ise 10000 mikromho'dan fazladır (Şahinci, 1991). Yeraltı sularının içerdikleri iyonların toplam derişimi ve dolayısıyla elektriksel iletkenliği; suların yeryüzüne çıkıncaya kadar izledikleri yola, kayaçların cinsine ve çözünürlüklerine, iklime ve bölgedeki yağış koşullarına bağlıdır. Elektriksel iletkenlik, yeraltısularının içilebilme ve sulama özelliklerini önemli ölçüde denetlemektedir. Ayrıca elektriksel iletkenlik sıcaklıkla doğru orantılı olarak değişim göstermektedir. İçme sularında elektriksel iletkenlik için önerilen değer 400, izin verilen maksimum değeri ise 2000 µs/cm'dir (TSE, 1997).

Çalışma sahasında EC değerleri dönemsel olarak büyük farklılıklar göstermektedir. Sıcak suların EC değerleri 851–1356 µS/cm arasında değişmektedir ve kullanılabilir içme suları iletkenliği seviyesindedir (Çizelge 5.3; Şekil 5.4). Sıcak su kaynağındaki EC değeri, Kasım 2013'de 1356 µS/cm iken baharda yapılan Nisan 2014'de 862.1 µS/cm olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak Ec'deki değişim yağışlı dönemde beslenme miktarındaki artıştan dolayı sıcak su kaynağındaki suyun seyrelmesi ve sıcaklığındaki düşüşten kaynaklanmaktadır. Ve çalışma sahası dört farklı kuyudan beslendiği için EC değerleri kuyuların özelliklerine göre de farklılık göstermiştir.



Şekil 5.4. Güre sıcak su kaynağının dönemsel elektriksel iletkenlik değişimleri ve çizelge 5.3'deki depremler

02.11.2013 tarihinden sonra EC değeri İGJ-1 kuyusundan İGJ-4 kuyusuna geçişten dolayı yaklaşık 313 µs/cm artmıştır. 08.03.2014 tarihinden sonraki EC değişimi ise İGJ1-İGJ4 kuyularından İGJ-2 kuyusuna geçişten dolayı yaklaşık 348 µs/cm düşmüştür.

İGJ-2 kuyusunda; 24.05.2014 Gökçeada Açıkları Ege Denizi'nde yerel saat ile 12.25'de büyüklüğü Ml=6.5 olan deprem sonrasında yaklaşık olarak 35 µs/cm artmıştır. 16.08.2014 tarihli örneklemede İGJ-1 kuyusundan ölçüm yapıldığı için bir önceki örneklemeye göre (28.06.2014, İGJ-2 kuyusu) yaklaşık 163 µs/cm daha yüksektir.

5.5.3. H^+ iyonu aktivitesi (pH)

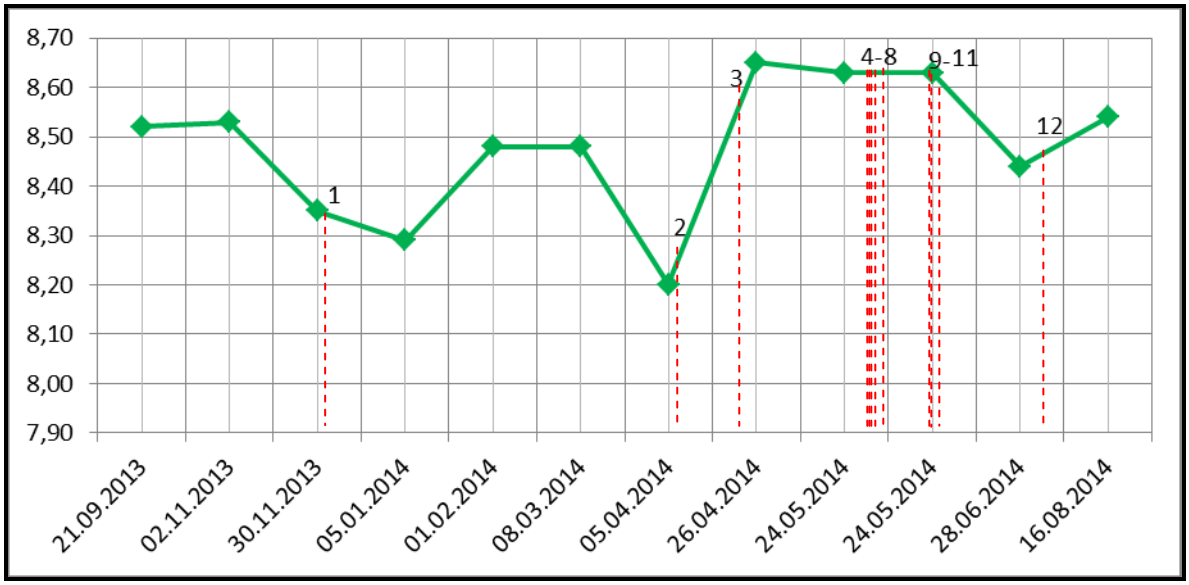
pH, sulu çözelti içerisindeki hidrojen iyonları (H^+) aktivitesinin (hidronyum iyonu; H_3O^+) eksi logaritması olarak tanımlanır (Savaşçın ve ark., 2005). Savaşçın ve ark. (2005) hidrosferdeki bazı suların pH değerleri ile ilgili bir sınıflama yapmıştır (Çizelge 5.4).

Suların pH'ı ortamdaki maddelerin bileşimini, besi maddelerinin varlığını ve iz elementlerin göreli aktivitelerini etkiler. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme sularının pH'ının 6.5–8.5 aralığında olmasını önermiştir (WHO, 1984a). TSE standartlarına göre içme sularının pH değeri için önerilen aralık 6.5–8.5, izin verilen maksimum pH değeri ise 6.5–9.2 arasındadır (TSE, 1997).

Çizelge 5.4. Hidrojeosferdeki bazı suların tipik pH değerleri (Savaşçın ve ark., 2005)

İçme Suları	6.5 < pH < 9.5
CO_2 içerikli mineral suları	4.5 < pH < 5.5
Deniz suyu	8
Yağmur suyu (temiz ortam)	5.6
Asidik yağmurlar	3.5 < pH < 4.5
Toprakta süzülen su	4.60
Kömür ocaklarındaki galeri suyu	> 2
Maden galerilerindeki su	> 0

Çalışma sahasındaki sıcak sular bazik karakterde olup, pH değerleri 8.2–8.6 arasında değişmektedir (Çizelge 5.3; Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Güre sıcak su kaynağının dönemsel pH değişimleri ve çizelge 5.3'deki depremler

02.11.2013 tarihinden sonra pH değeri İGJ-1 kuyusundan İGJ-4 kuyusuna geçişten dolayı yaklaşık 0.18 değer düşmüştür. 30.11.2013 örneklemesinden sonra İGJ-4 kuyusunda; 02.12.2013 Gülpınar açıklarında meydana gelen 3.4 büyüklüğündeki deprem sonrasında 0.6'lık bir düşüş gözlenmiştir. 08.03.2014 tarihinden sonraki pH değişimi ise İGJ1-İGJ4 kuyularından İGJ-2 kuyusuna geçişten dolayı yaklaşık 0.28 değer düşmüştür.

İGJ-2 kuyusunda; 05.04.2014 örneklemesinde 8.2 olan pH değeri 26.04.2014 örneklemesinde 8.65 değerine ulaştığı gözlenmiştir. 05.04.2014 örneklemesinden sonra 08.04.2014 Küpeler (Balıkesir)'de büyüklüğü 3.7 ve 24.04.2014 Gülpınar açıklarında büyüklüğü 3.2 olan depremlerin etkilemiş olabileceği düşünülmüştür.

İGJ-2 kuyusunda; 24.05.2014 Gökçeada Açıkları Ege Denizi'nde yerel saat ile 12.25'de büyüklüğü Ml=6.5 olan deprem sonrasında bir sonraki örneklemede yaklaşık olarak 0.19 değer düşmüştür.

5.5.4. Redoks potansiyeli (Eh)

Redoks potansiyeli, 1 mol oksidandan H_2'e elektron transferi sırasında kazanılan enerji olarak tanımlanır. Eh'taki E elektromotor kuvveti, h ise potansiyelin hidrojen ölçeğinde olduğunu ifade eder. İyonların denge durumlarını Eh ve pH cinsinden gösteren diyagramlara Eh-pH diyagramları denir ve bu diyagramlar yeraltı suyu kalitesi incelemelerinde birçok minör ve iz elementin oluşumu ve hareketini kontrol eden süreçler hakkında fikir verir (Freze ve Cherry, 2003). Olağan koşullarda (25°C ve 1Atm) ve kimyasal tepkime sonunda iyon etkinliği 1 olan bir ortamda meydana gelen elektriğe standart potansiyel denir. Ölçülen elektrovolt ortamda indirgenme varsa (-), yükseltgenme varsa (+) değer olarak alınır (Şahinci, 1991). Çalışma alanında ölçülen Eh değerleri sıcak sularda ölçüm yapılan dönemlerin tamamına yakınında ortalama -106.5 ile -136.4 mV aralığındadır (Çizelge 5.3).

5.6. Suların Kimyasal Özellikleri

Yeryüzünde bulunan sular hiçbir zaman saf halde bulunamazlar. Az ya da çok erimiş veya asılı madde içerirler. Bu maddelerin türü ve miktarları suların kalitesini karakterize eder. Suların bileşimlerinin bilinmesi kullanım açısından önemlidir. Bundan dolayı suların bileşimleri ve çeşitli şekillerde kirlenmeleri kendilerine özgü fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenerek belirlenmeye çalışılır. Suların içinde bulunan erimiş maddeler, kimyasal bileşikler ve bakteriler, suların geldikleri yerler, bölgenin genel jeolojisi, hareket ve akış yönleri, geçtikleri yollar ve çevrenin nitelikleri hakkında bilgi verir.

5.6.1. Majör iyonlar

Doğal suların toplam iyonik içeriğinin % 90'dan daha yüksek oranı oluşturan Na, Ca, Mg, K, Cl, HCO_3 ve SO_4 iyonları majör iyonlar olarak adlandırılmaktadır. Çalışma sahasındaki su kaynaklarının dönemsel kimyasal analiz sonuçlarına göre majör iyon derişim değerleri Çizelge 5.5 te sunulmuştur.

Çizelge 5.5. Çalışma sahasındaki sıcak su kaynağının oniki farklı dönemde analiz edilen majör anyon-katyon değerleri (mg/lt)

Lokasyon	Tarih	Na	Ca	K	Mg	Cl	SO_4	HCO_3
İGJ-1	21.09.2013	218.97	14.95	5.01	0.06	51.00	310.00	40.57
İGJ-1	02.11.2013	201.01	13.00	4.63	0.06	48.00	290.00	64.02
İGJ-4	30.11.2013	256.74	22.14	7.22	0.09	47.00	390.00	90.36
İGJ-4	05.01.2014	254.16	22.76	7.00	0.10	54.00	360.00	41.18
İGJ1-İGJ4	01.02.2014	241.34	22.79	6.79	0.12	52.00	370.00	35.99
İGJ1-İGJ4	08.03.2014	241.71	21.83	6.57	0.10	51.00	360.00	37.52
İGJ-2	05.04.2014	182.10	11.35	3.79	0.12	43.00	330.00	47.89
İGJ-4	09.04.2014	245.90	22.62	7.00	0.16	51.00	300.00	30.81
İGJ-2	26.04.2014	166.32	9.27	3.73	0.10	42.00	360.00	60.09
İGJ-2	24.05.2014	173.05	9.10	3.80	0.10	39.00	270.00	38.74
İGJ-2	24.05.2014	167.92	9.03	3.75	0.11	39.00	250.00	57.95
İGJ-2	28.06.2014	167.33	9.19	3.87	0.24	44.00	290.00	45.75
İGJ-1	16.08.2014	198,78	13,22	4,55	0,10	38,00	320.00	36.6

5.6.1.1. Sodyum (Na^+)

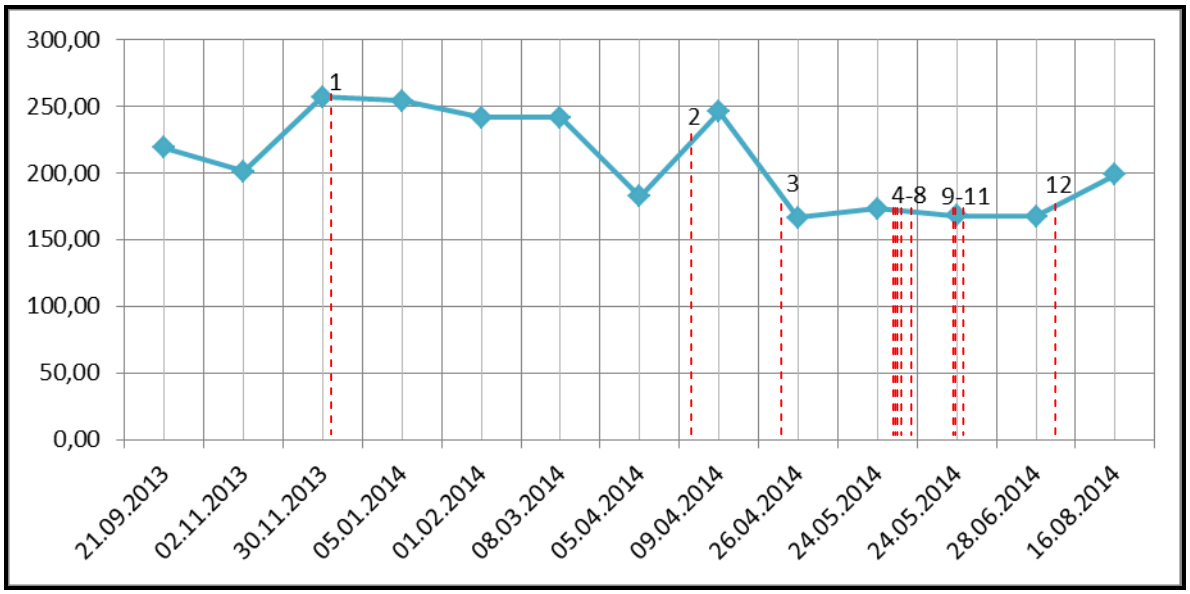
Na, periyodik tablodaki alkali metal grubu içinde en yaygın elementtir. Volkanik kayalarda Na, K'a göre biraz daha yaygındır, fakat tortullarda daha azdır. Na çözeltiye karıştıktan sonra durumunu koruma eğilimindedir. Na özellikle yüksek iyon değişimi kapasitesine sahip minerallerin (örneğin killer) yüzeylerinde, soğurma ile tutulur. Tatlı su sistemlerindeki katyon değişim süreçleri, çözeltiden iki değerlikli iyonları çekerek, tek değerli olanlarla değiştirme eğilimindedir. Yaygın feldispatlardan ($KAlSi_3O_8$) olan ortoklaz ile mikroklin ve bileşimi albitten ($NaAlSi_3O_8$) anortite ($CaAl_2Si_2O_8$) değişen plajioklas serilerinde yer değiştirmiş halde Na bulunabilir. K-feldispat yer değiştirme reaksiyonlarına karşı dayanıklıdır. Bununla birlikte Na ve Ca içeren türler ayrışmaya karşı daha hassastır. Ayrışırken çözeltiye metal katyonlar ve silis verirler ve yaygın olarak Al'lu bir kil minerali (Kaolinit, illit, montmorillonit) oluştururlar (Hem, 1985). Suda çözünmüş toplam katı madde miktarı 1000 mg/L'den az ise Na, Na^{+1} iyonu şeklinde bulunur. Tuzluluğun artısı ile kompleks iyonlar ve iyon çiftleri görülür (Hitchon, Perkins ve Gunter, 1999).

Magmatik kayaçlar, kil mineralleri, feldspatlar, feldspatoidler, evaporitler (NaCl gibi) sodyum içeren başlıca kayaç ve minerallerdir (Goldschmidt, 1958; Kaçaroğlu 1991). Doğal kaynaklar dışında sulardaki sodyumun bir kısmını antropojen kaynaklar sağlar. Sodyum tuzlarının kullanıldığı endüstrilerin atık suları, şehirsel atık sular, petrol

sahalarının drenaj suları, kıyı akiferlerine deniz suyu girişimi sulardaki sodyum içeriğine katkıda bulunur (McNelly ve ark., 1979).

Na^+/K^+ oranı yüksek sıcaklıklı zonlar için iyi bir yol göstericidir. Düşük Na^+/K^+ oranı yüksek sıcaklığı işaret eder. Düşük Na^+/K^+ oranı (<15) yüzeye hızlı ulaşan suları belirtir. Bu durum yüksek akışa sahip yapılarla veya daha geçirgen zonlarla ilgilidir. Na^+/K^+ oranının yüksek olması yanal akışın yüzeye yakın reaksiyonların varlığının ve jeotermal sularda iletken soğumanın göstergesidir (Nicholson, 1993).

İnceleme alanının büyük bir kısmı magmatik kayaçlarca zengin birimden (granit) oluşması nedeniyle sıcak su kaynağında hakim katyon sodyumdur. Güre sıcak su kaynağındaki sıcak suyun sodyum değerleri 166.32–256.74 mg/l olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.6. Güre sıcak su kaynağının dönemsel Na değişimleri ve çizelge 5.3'deki depremler

30.11.2013, 05.04.2014, 09.04.2014 ve 26.04.2014 tarihlerinde alınan örneklemelerdeki Na değerleri bir önceki dönemlere göre artış veya azalış göstermesi farklı kuyulardan örnekleme yapıldığı için ileri geldiği düşünülmektedir. Örneğin; 02.11.2013 tarihinde alınan örneklemeden sonraki örneklemede (30.11.2013) Na değeri İGJ-1 kuyusundan İGJ-4 kuyusuna geçişten dolayı yaklaşık olarak 55 ppm artış göstermiştir.

İGJ-2 kuyusunda; 24.05.2014 Gökçeada Açıkları Ege Denizi'nde yerel saat ile 12.25'de büyüklüğü Ml=6.5 olan deprem öncesinde alınan ilk örnekleme de Na değerinde yaklaşık olarak 7 ppm artış gözlenmiştir. Depremden birkaç saat sonra alınan örnekleme de

ise Na değeri yine eski seviyesine geldiği gözlenmiştir (Şekil 5.6).

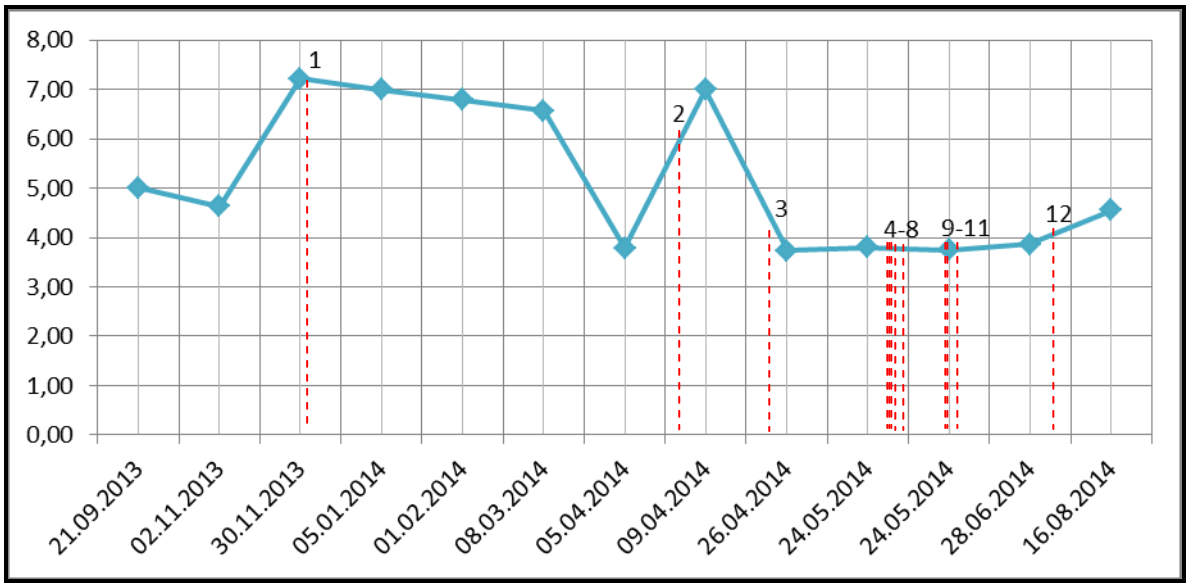
5.6.1.2. Potasyum (K^+)

Potasyum yer kabuğunun % 2.5'ini oluşturur ve esas olarak feldspatlarda (ortoklas, mikroklin), mikalarda, feldspatoyidlerde ve kil minerallerinde bulunur (Rankama ve Sahama, 1964). Bitki ve hayvanlarda bulunan ana elementlerden biridir (Hem, 1985). Yer kabuğunda oldukça yaygın bulunmasına karşın doğal sularda genellikle birkaç mg/l düzeyinde bulunur (Kaçaroğlu, 1991).

Bitki ve hayvan kalıntılarının yıkanması bazı endüstriyel atık sular ve potasyumca zengin topraklarda yüzey ve yeraltısuyundaki potasyum derişimine katkıda bulunurlar. Doğal ve yüzey yeraltısularındaki potasyum miktarı üzerinde biyolojik faktörlerin önemli kontrol edici etkisi vardır (Hem, 1985). Doğal yüzey sularında potasyum derişimi nadir olarak 20 mg/l'ye erişir ve genellikle 10 mg/l'den azdır (Kaçaroğlu, 1991). Bazı sıcak su kaynaklarında potasyum derişimi 100 mg/l'ye kadar yükselmektedir (McNelly ve ark., 1979). WHO ve TSE standartlarında, içme sularındaki potasyum derişimi için herhangi bir değer verilmemektedir.

Güre sıcak su kaynağının potasyum içeriği 3.73–7.22 mg/l değerleri arasında değişmektedir.

Potasyum değerinde belirgin değişimler gözlenmemiştir. Mevcut değişimlerin artış veya azalış göstermesi ise farklı kuyulardan örnekleme yapıldığı için ileri geldiği düşünülmektedir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7. Güre sıcak su kaynağının dönemsel K değişimleri ve çizelge 5.3'deki depremler

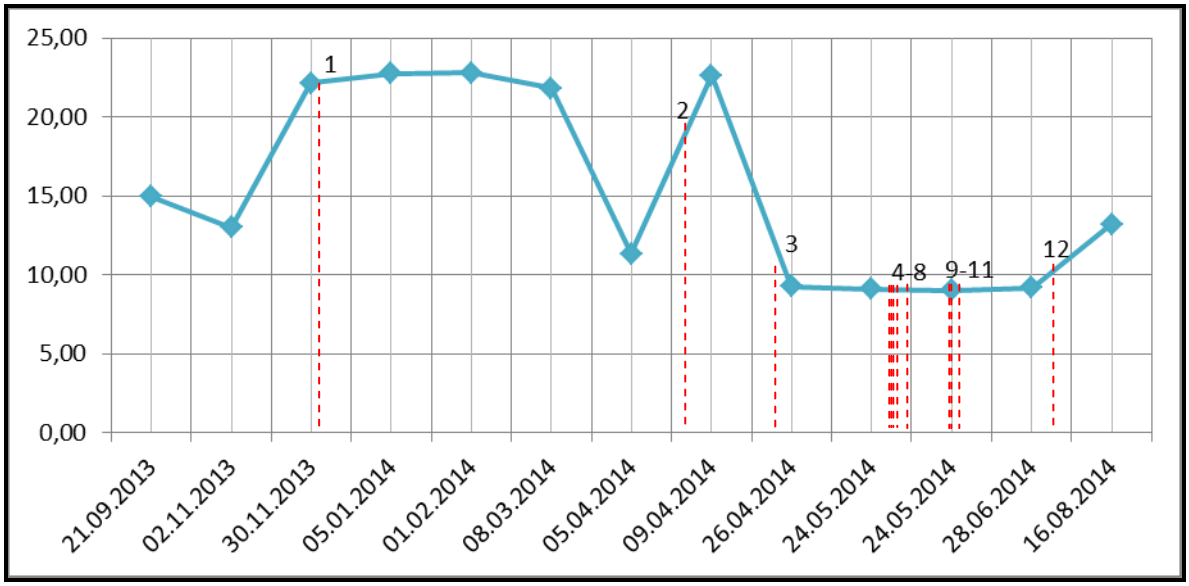
5.6.1.3. Kalsiyum (Ca^{+2})

Doğal sularda kalsiyumun kaynağı kalsit ($CaCO_3$), aragonit ($CaCO_3$), dolomit ($CaMg(CO_3)_2$), jips ($CaSO_4.2H_2O$), anhidrit ($CaSO_4$), florit (CaF_2), plajioklas (anortit, $CaAl_2Si_2O_8$), piroksen (diyopsit, $CaMgSi_2O_6$) ve amfiboller ($NaCa_2(Mg, Fe, Al)Si8O_{22}(OH)_2$) olabilir. Genellikle kalsit, jips ve montmorillonitlerde yer alır (Hounslow, 1995). Kalsiyum yeraltı sularına kalsit, aragonit, dolomit, jips, anhidrit, flüorit gibi silikatlı olmayan minerallerin ve albit, anortit, piroksen ve amfibol gibi silikatlı minerallerdeki kalsiyumun çözünmesi ile karışabilir (Erguvanlı ve Yüzer, 1973).

Kalsiyum yüzey ve yeraltısularında en bol bulunan katyonlardan biridir. Doğal kalsiyum miktarı, suyun bulunduğu ortamdaki kayaçların bileşimi ile yakından ilişkilidir. Karbonat kayaçlarının bulunduğu bir bölgedeki sularda kalsiyum derişimi 30–100 mg/l arasında değişmektedir (McNeely ve ark., 1979). Kalsiyum, suların sertliğini oluşturan ana iyonlardan biridir. İçme ve kullanma suları standartlarında (TS-266, 2005) Ca için sınır değer verilmemiştir.

Minerallerin çözünürlüğünü etkileyen faktörler jeotermal akışkanlarındaki Ca^{+2} seviyesini de etkiler. Burada özellikle CO_2 basıncı önemlidir. Sularda kaynama sırasında CO_2 miktarının azalışı, kalsit çökelimini ifade eder (Nicholson, 1993). Yüksek sıcaklıktaki akışlarda kalsiyum derişimi genellikle düşük seviyededir (<50 mg/kg). Buna karşın asitlik ve tuzlulukla Ca^{+2} artar. Na^+/Ca^{+2} oranı, Na^+/K^+ oranı gibi yüksek değerlerde daha fazla rezervuardan direkt beslenimi göstermek amacıyla kullanılabilir (Nicholson, 1993).

Çalışma sahasındaki sıcak suların kalsiyum içeriği 9.03–22.79 mg/l değerleri arasında değişmektedir. Kalsiyum değerinde belirgin değişimler gözlenmemiştir. Mevcut değişimler ise farklı kuyulardan örnekleme yapıldığı için ileri geldiği düşünülmektedir (Şekil 5.8).



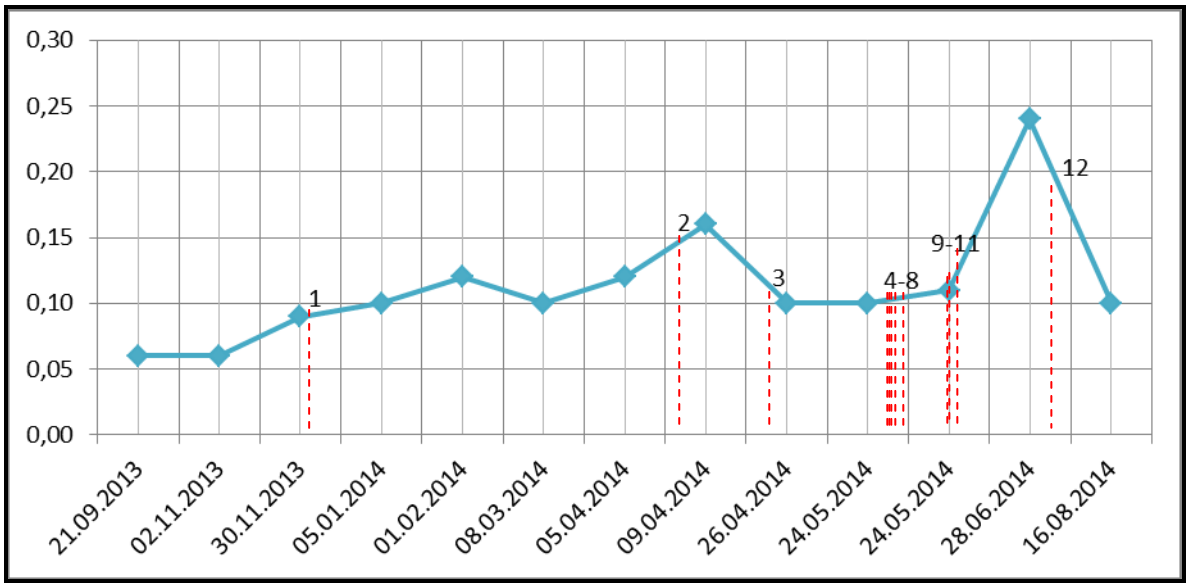
Şekil 5.8. Güre sıcak su kaynağının dönemsel Ca değişimleri ve çizelge 5.3'deki depremler

5.6.1.4. Magnezyum (Mg^{+2})

Doğal sularda magnezyumun kaynağı dolomitlerdir ($CaMg(CO_3)_2$). Ayrıca magnezyum; olivin ($(Mg,Fe)_2SiO_4$), piroksen (diyopsit, $CaMgSi_2O_6$), amfibol ($NaCa_2(Mg,Fe,Al)Si_8O_{22}(OH)_2$) ve mikalardan ($K(Mg,Fe)_3(AlSi_3)O_{10}(OH)_2$) da gelebilir (Altınkale, 2001). Başlıca montmorillonitlerde bulunur (Hounslow, 1995). Yüksek sıcaklıktaki jeotermal akışkanlarında Mg^{+2} seviyesi genellikle çok düşüktür (0,01- 0,1 mg/kg). Çünkü Mg^{+2} ikincil, alterasyon minerali olarak illit, montmorillonit ve özellikle kloritin yapısına kolayca katılır. Yüksek derişimdeki Mg^{+2} yüzeye yakın yersel kayaçlardan Mg^{+2} yıkanmasını (leaching) veya nispeten Mg^{+2}'ce zengin yeraltısularıyla ilişkiyi işaret eder (Nicholson, 1993).

Magnezyum tuzları oldukça yüksek çözünürlüğe sahiptir. Sulardaki magnezyum değişimi 1–100 mg/l aralığında büyük değişim gösterir (Kaçaroğlu, 1991). Suların sertliğini oluşturan ana iyonlardan biridir. Yüksek derişimleri suyun içme, endüstri veya sulama suyu olarak kullanımını sınırlamaktadır (McNelly ve ark., 1979).

Sıcak su kaynağında magnezyum derişimi 0.06–0.24 mg/l değerleri arasında değişmektedir.



Şekil 5.9. Güre sıcak su kaynağının dönemsel Mg değişimleri ve çizelge 5.3'deki depremler

Magnezyum değerinde meydana gelen değişim İGJ-2 kuyusunda; 24.05.2014 Gökçeada Açıkları Ege Denizi'nde yerel saat ile 12.25'de büyüklüğü Ml=6.5 olan deprem sonrasında alınan bir sonraki dönemde (28.06.2014) yaklaşık olarak 0.13 ppm artış gözlenmiştir (Şekil 5.9). Bunun dışında Magnezyum değerinde herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir.

5.6.1.5. Alkalinite (HCO_3^- ve CO_3^{-2})

Suların alkalinitesi, içerdiği çözünmüş maddelerin asitlerle tepkimeye girme ve nötralleştirme kapasitesidir. Hemen hemen bütün doğal sularda, alkalinite karbonat (CO_3^-), bikarbonat (HCO_3^-) ve hidroksit (OH^-) iyonlarından dolayı ortaya çıkar (Kaçaroğlu, 1991). Bunlar dışında borat, silikat, fosfat iyonları ve organik maddelerde alkaliniteye katkıda bulunur (Gamsız ve Ağacık, 1981; Hem, 1985).

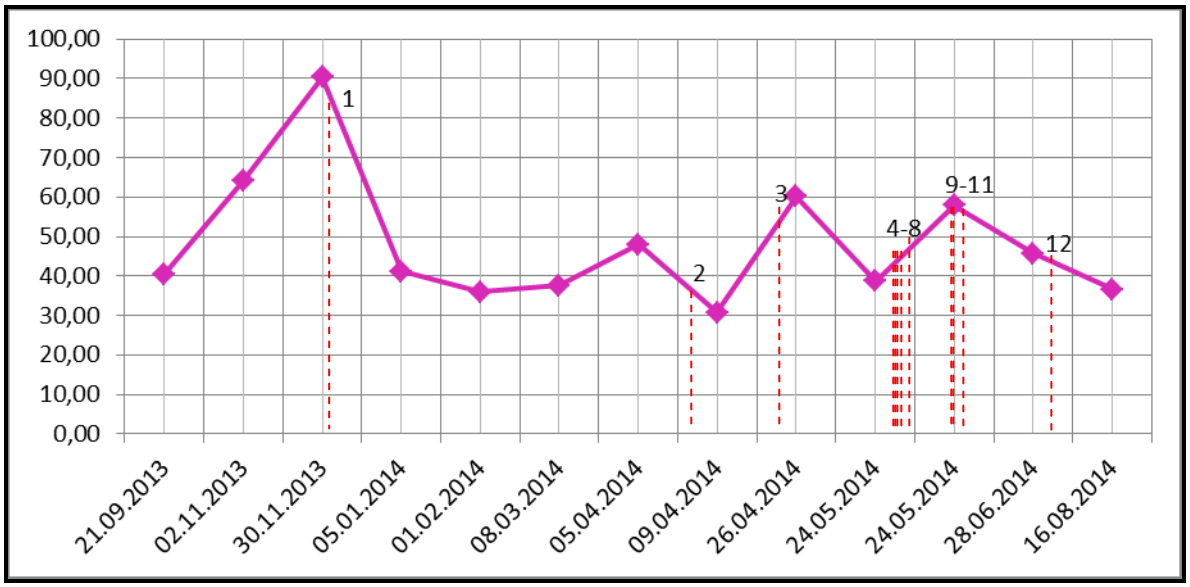
Doğal sularda alkaniteyi oluşturan temel unsurlar, atmosferik karbondioksit ile toprakta ve doygun olmayan bölgede üretilen gazlardır. Bunun dışında biyolojik olarak oluşan sülfat indirgenmesi ve karbonatlı kayaçlarının metamorfizması sunucunda da karbondioksit oluşabilmektedir (Hem, 1985).

Su analizlerinde alkalinite mg/l veya mek/l karbonat ve bikarbonat cinsinden ifade edilir. Bazen de toplam alkalinite eşdeğer miktarındaki ($CaCO_3$) olarak mg/l cinsinden verilmektedir.

Artan HCO_3 mevsimsel yağışların etkisiyle yüzeysel akiferlerin jeotermal sulara karışımı ile suların HCO_3'ca zenginleştiğini ve suların sığ yeraltısularıyla karışımın yağışlı dönemde arttığını gösterir.

Doğal suların alkalinitesi, nadir olarak 500 mg/l $CaCO_3$'ı aşar. Yüksek alkaliniteye sahip sular, sertliklerinin yüksek olması veya sodyum miktarının fazlalığı nedeniyle içme suyu olarak istenmez. 30–500 mg/l CaCO3 aralığındaki alkalinite değerleri genellikle kabul edilmektedir. Arıtma kontrolü için, alkalinitenin ani düşmemesi istenir. Sucul hayatın korunması açısından ise alkalinite ani değişimler göstermeden doğal düzeyini korumalıdır (McNeely ve ark., 1979). Yüksek alkaliniteye sahip sular uzun süre kaynatıldığında kireçlenme oluşturur ve tadı bozulur. Alkalinitesi çok düşük sular korozyona neden olur (McNeely ve ark., 1979). WHO ve TSE içme suyu standartlarında alkaliniteye ilişkin herhangi bir sınır belirtilmemiştir.

Güre sıcak suyunun HCO_3 içeriği 30.,81–90.36 mg/l değerleri arasında değişmektedir.



Şekil 5.10. Güre sıcak su kaynağının dönemsel HCO_3 değişimleri ve çizelge 5.3'deki depremler

İGJ-4 kuyusunda 30.11.2013 tarihinde alınan örneklemede 90.36 olan HCO_3 değeri 05.01.2014 tarihinde alınan örneklemede 41.18 değerinde bir azalış göstermiştir. Bu azalışın sebebinin 02.12.2013 tarihinde Gülpınar açıklarında meydana gelen ve büyüklüğü 3.4 olan depremden ileri geldiği düşünülmüştür.

İGJ-2 kuyusunda; 24.05.2014 Gökçeada Açıkları Ege Denizi'nde yerel saat ile 12.25'de büyüklüğü Ml=6.5 olan deprem öncesinde alınan ilk örnekleme de HCO_3 değerinde yaklaşık olarak 21.35 ppm azalış göstermiştir. Depremden birkaç saat sonra alınan örnekleme de ise HCO_3 değeri 19.21 ppm artış göstermiştir (Şekil 5.10).

5.6.1.6 Klorür (Cl^-)

Klorür genel olarak deniz suyunda, sedimanter kayaçlardan özellikle evaporitlerde bulunmaktadır. Ayrıca sodalit, biyotit, hornblend gibi magmatik kökenli minerallerde ve şeyllerde klorür iyonu bulunur (Feth, 1981; Hem, 1985). Kirlenmemiş doğal sularda klorür çoğunlukla 10 mg/l'den daha düşük derişimlerde bulunur (WHO, 1984b). Yağışlı bölgelerde 10 mg/l'den düşük klorür derişimleri görülürken, yarı kurak ve kurak bölgelerde derişim birkaç yüz mg/l düzeyine ulaşabilir (McNelly ve ark., 1979). Ayrıca bu değer yağışın Cl içeriği ile yakından ilişkilidir.

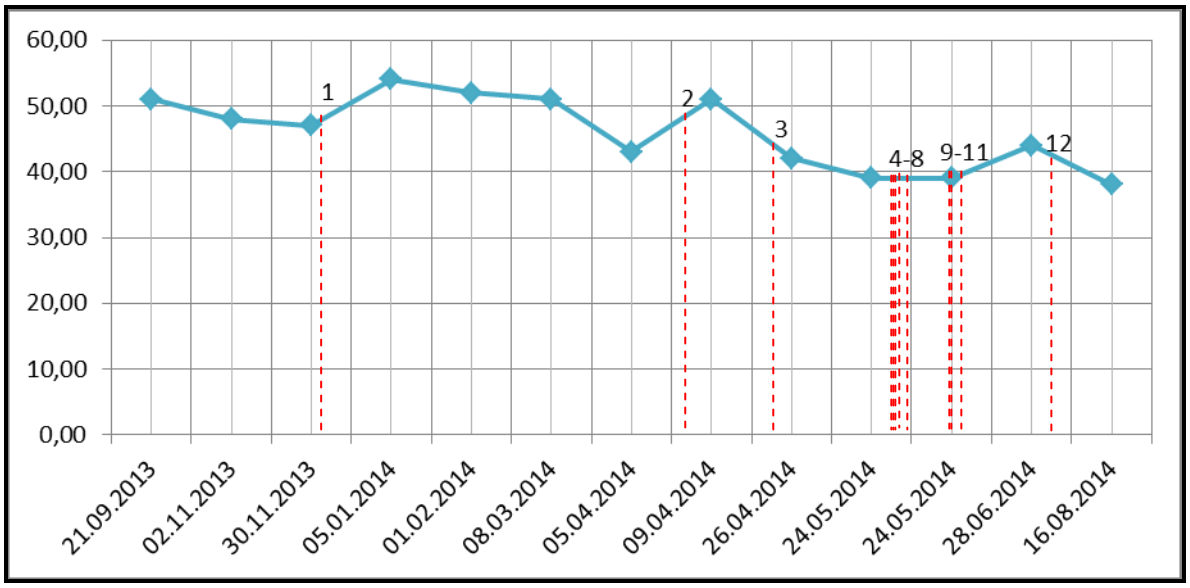
Yeraltı sularındaki klorür derişimi 1 mg/l'den az olabileceği gibi 200000 mg/l'nin üzerine de çıkabilir. Düşük klorür derişimleri magmatik kayaçlardaki yeraltı sularında görülür. Çok yüksek değerler ise evaporitlerle (halit yatakları ile) ilişkilidir (White ve ark., 1963; Feth, 1981). Yüzey sularında klorür derişimi bölgenin iklimine bağlı olarak da değişir.

Jeotermal kaynaklarda yüksek klor (Cl^-) derişimleri, doğrudan derin bir rezervuar kayaçtan beslenmeyi işaret eder (Nicholson, 1993). Bu durumda soğuma veya soğuk su ile karışım en alt düzeyde olmalıdır. Sıcak veya kaynayan sulardaki düşük Cl^- seviyeleri yeraltısuyu seyrelmelerini yansıtır (Yaman, 2005).

Güre sıcak suyunun klorür içeriği 39-54 mg/l değerleri arasında değişim göstermektedir. Klorür değeri yeraltısuyunun rezervuarda kalış süresine ve sıcaklığa bağlı olarak artış göstermektedir (Doğdu ve Çelik, 1999).

30.11.2013 örneklemesinden sonra İGJ-4 kuyusunda; 02.12.2013 Gülpınar açıklarında meydana gelen 3.4 büyüklüğündeki deprem 05.01.2014 örneklemesinde 7.0 ppm artış olduğu gözlenmiştir.

İGJ-2 kuyusunda; 24.05.2014 Gökçeada Açıkları Ege Denizi'nde yerel saat ile 12.25'de büyüklüğü Ml=6.5 olan depreminden önce 3.0 ppm azalmıştır. Depremden bir sonraki dönemde alınan örneklemede (28.06.2014) yaklaşık olarak 5.0 ppm artış gözlenmiştir (Şekil 5.11).



Şekil 5.11. Güre sıcak su kaynağının dönemsel Cl değişimleri ve Çizelge 5.3'deki depremler

Bunun dışında Klorür değerinde belirgin değişimler gözlenmemiştir. Mevcut değişimler ise farklı kuyulardan örnekleme yapıldığı için ileri geldiği düşünülmektedir.

5.6.1.7 Sülfat (SO_4^{-2})

Kükürt elementi, indirgenmiş halde metal sülfürleri olarak magmatik ve sedimanter kayaçlarda yaygın olarak bulunmaktadır. Kükürtlü mineraller su ile temas ederek bozundukları zaman oksitlenerek SO_4 iyonları oluşur ve bu iyonlar suya geçmektedir. İçme ve kullanma suları standartlarında sülfat 250 mg/l'yi aşmamalıdır. (TS-266, 2005)

Doğal sulardaki sülfatın başlıca kaynakları sedimanter kayaçlar (özellikle jips, anhidrit, şeyl), magmatik kayaçlar ve organik maddelerdir (Kaçaroğlu, 1991).

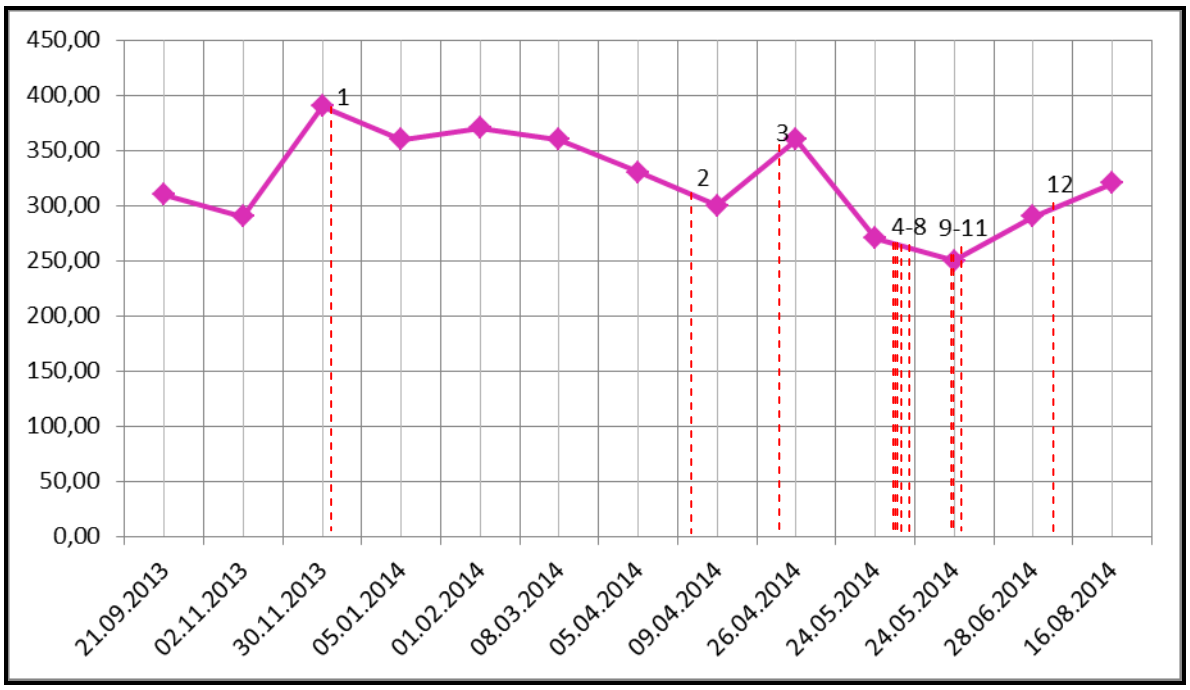
Yüzey sularında sülfat derişimi birkaç mg/l ise binlerce mg/l arasında değişim gösterir. Yüksek derişimlere sülfat minerallerinin yaygın olduğu kurak bölgelerde rastlanır (McNelly ve ark., 1979). ABD, Kanada ve çoğu Avrupa ülkelerinde doğal sularda 20-50 mg/l arasındaki sülfat miktarları yaygındır (WHO, 1984b).

Güre sıcak suyunun SO_4 içeriği 250-390 mg/l arasında değişmektedir. SO_4 iyonunun sıcak sularda hâkim anyondur.

Sülfat değerinde meydana gelen değişim İGJ-2 kuyusunda; 24.05.2014 Gökçeada Açıkları Ege Denizi'nde yerel saat ile 12.25'de büyüklüğü Ml=6.5 olan depreminden önce alınan örneklemede 90 ppm azalmıştır. Deprem sonrasında ise 24.05.2014 (deprem sonrasında alınan örnekleme) tarihinde yeniden 20 ppm azalma gözlenmiştir. Depremden

sonraki dönemde alınan örnekleme de (28.06.2014) Sülfat değeri 40 ppm bir artış göstermiştir (Şekil 5.12).

Bunun dışında Sülfat değerindeki mevcut değişimler farklı kuyulardan örnekleme yapıldığı için ileri geldiği düşünülmektedir.



Şekil 5.12. Güre sıcak su kaynağının dönemsel SO_4 değişimleri ve Çizelge 5.3'deki depremler

5.7. Su Kimyası

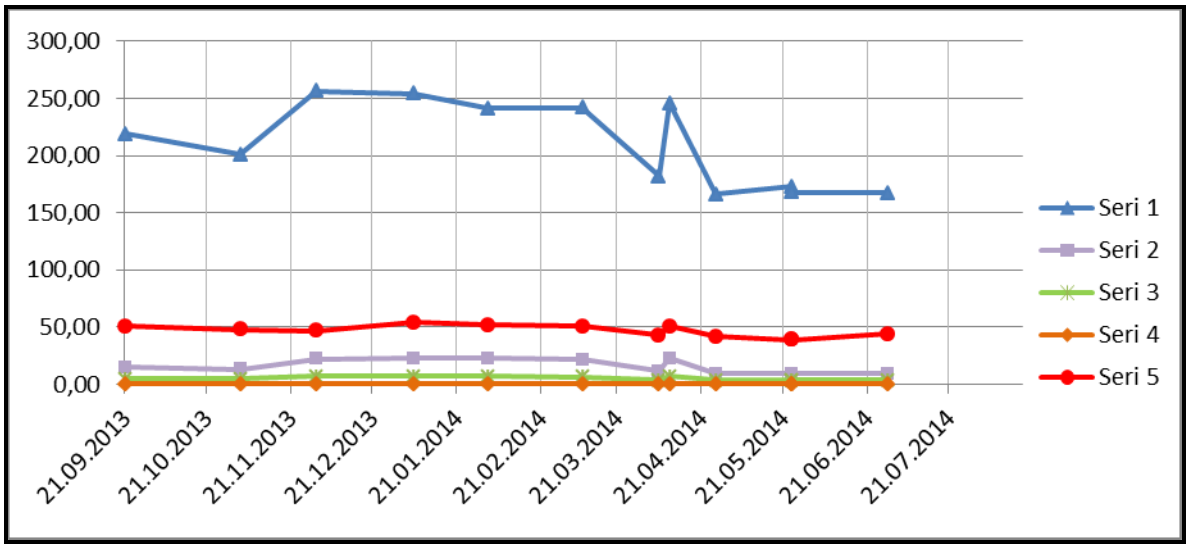
Bu çalışma kapsamında Güre Jeotermal Sahası'ndaki su kaynaklarında yapılan arazi ölçüm sonuçları ve alınan su numunelerinin laboratuvarlarda yapılan kimyasal analizler sonucu elde edilen majör iyon derişimleri, çeşitli su kimyası diyagramları ile değerlendirilmiştir.

5.7.1. Güre jeotermal sahası'ndaki sıcak suların genel ve hidrojeokimyasal özellikleri

İnceleme alanında sıcak su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kaynaklardan Eylül ve Kasım 2013, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran ve Ağustos 2014 tarihlerinde olmak üzere oniki ayrı dönemde örnekleme ve kimyasal analiz çalışmaları yapılmıştır. Arazide su kaynakları başında yapılan analiz sonuçları ve suların fiziksel özellikleri (sıcaklık, elektrik iletkenliği, pH ve redoks) çizelge 5.5 de verilmiştir.

Bu lokasyonlardan alınan su örneklerinin laboratuvarlarda yapılan kimyasal analizler sonucu suların majör ve minör iyon derişimleri saptanmıştır.

Doğal suların toplam iyonik içeriğinin % 90'dan daha yüksek oranı oluşturan Na, Ca, Mg, K, Cl, HCO_3 ve SO_4 iyonları majör iyonlar olarak adlandırılmaktadır. İnceleme alanındaki su kaynaklarının dönemsel kimyasal analiz sonuçlarına göre majör iyon derişimleri (Çizelge 5.6; Şekil 5.13) da sunulmuştur.



Şekil.5.13. Güre sıcak su kaynağının majör iyonlarının (Seri 1:Na, Seri 2:Ca, Seri 3:K, Seri 4:Mg, Seri 5:Cl) örnekleme dönemlerine göre değişimleri

Çizelge 5.6. Çalışma sahasındaki sıcak suların fiziksel özellikleri

No	Tarih	Lokasyon	T (°C)	pH	EC (µs/cm)	Redox (mV)	Salinity NaCl (ppm)	TDS (ppm)	Ressistivity (Ω)
1	21.09.2013	İGJ-1	56.2	8.52	1113	-132.5	1093	1071	467,9
2	02.11.2013	İGJ-1	56.3	8.53	1043	-133.1	1020	1006	498,0
3	30.11.2013	İGJ-4	62.8	8.35	1356	-120.4	1331	1298	382,8
4	05.01.2014	İGJ-4	59.7	8.29	1343	-119.6	1320	1285	378,1
5	01.02.2014	İGJ-1 İGJ-4	58.4	8.48	1208	-132.2	1217	1158	423,8
6	08.03.2014	İGJ-1 İGJ-4	58.5	8.48	1210	-131.3	1205	1192	425,3
7	05.04.2014	İGJ-2	46.2	8.2	862.1	-106.5	841,3	829,1	604,5
8	26.04.2014	İGJ-2	46.7	8.65	851	-135.7	828,2	817,6	612,3
9	24.05.2014	İGJ-2	45.7	8.63	864.7	-135.6	842,4	833	589,8
10	24.05.2014	İGJ-2	46.2	8.63	865.7	-136.4	841,5	836,2	598
11	28.06.2014	İGJ-2	46.8	8.44	900.7	-128.9	878	866	577,8
12	16.08.2014	İGJ-1	55.8	8.54	1063	-134.5	1038	1023	490,6

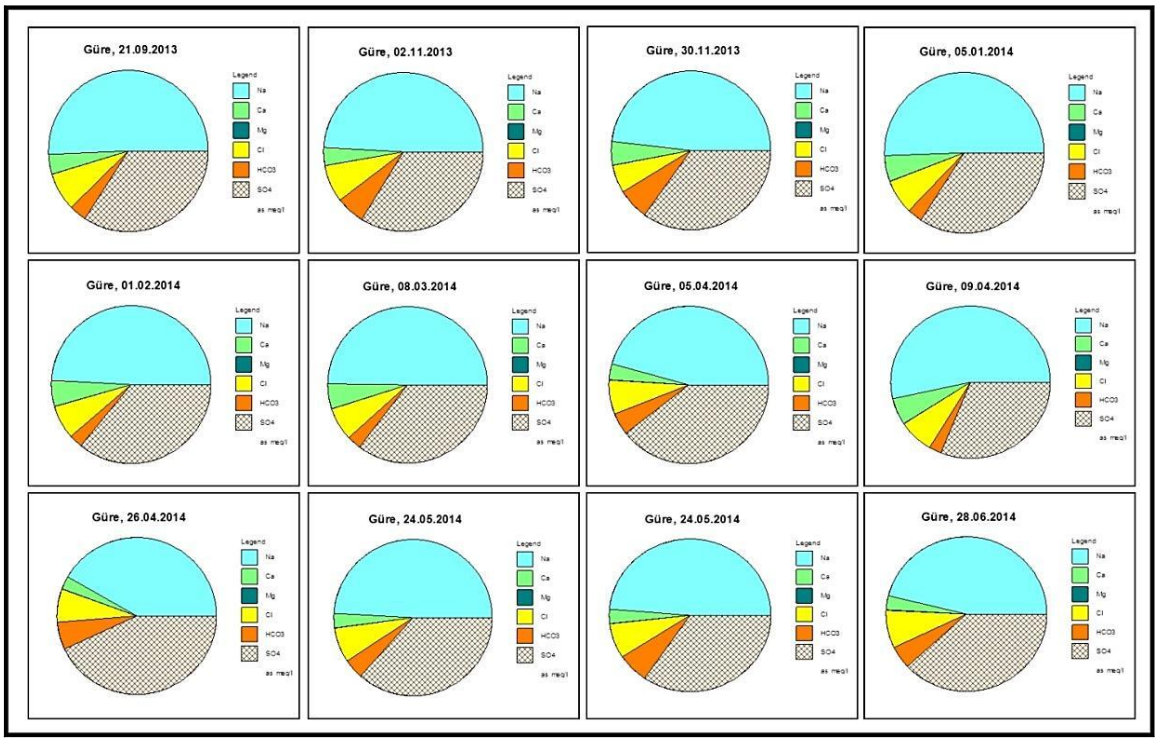
5.7.2. Suların hidrokimyasal fasiyes tipleri ve dairesel diyagramlar

Hidrokimyasal fasiyes kavramı ilk olarak suların üçgen diyagramlardaki izdüşümü yerine göre Back (1966) tarafından geliştirilmiştir. Suda çözünen başlıca iyonlardan anyonlar ve katyonlar ayrı ayrı olmak üzere litrede eşdeğer gram cinsinden toplam çözünmüşlerin % 50 sinden fazla olan iyonlar hidrokimyasal fasiyes tipini belirtmektedir. İyonların hiçbirisi miktar olarak % 50'yi geçmiyorsa karışık su tipini belirtmektedir. Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) Sıcak ve Mineralli Sular Komisyonu Çalışma Raporu'nda belirtilen sınıflamada ise; suda çözünmüş başlıca iyonlar, anyon ve katyonlar ayrı ayrı olmak üzere yine litrede eşdeğer gram olarak % 20 sinden fazla çözünmüş bulunan iyonlara göre (önce katyonlar sonra anyonlar sırasıyla yazılarak) su tipi belirlenmektedir (Başkan ve Canik, 1983). Bu çalışmada belirtilen hidrokimyasal fasiyes kavramı, IAH sınıflamasına göre yapılmıştır.

Sıcak sulardaki majör iyonların meq/l derişimlerine göre belirlenen hâkim iyon sıralaması ve sıcak suların hidrokimyasal fasiyes tipleri çizelge 5.7 da verilerek, hazırlanan dairesel diyagramlar Şekil 5.14 de belirtilmiştir.

Çizelge 5.7. Çalışma sahasındaki sıcak su kaynağının iyon sıralaması

Lokasyon	Tarih	Katyon sıralaması	Anyon sıralaması	Su tipi
İGJ-1	21.09.2013	Na>Ca>K>Mg	SO_4>HCO_3>Cl	Na-SO_4
İGJ-4	02.11.2013	Na>Ca>K>Mg	SO_4>HCO_3>Cl	Na-SO_4
İGJ-4	30.11.2013	Na>Ca>K>Mg	SO_4>HCO_3>Cl	Na-SO_4
İGJ-1 İGJ-4	05.01.2014	Na>Ca>K>Mg	SO_4>HCO_3>Cl	Na-SO_4
İGJ-1 İGJ-4	01.02.2014	Na>Ca>K>Mg	SO_4>HCO_3>Cl	Na-SO_4
İGJ-2	08.03.2014	Na>Ca>K>Mg	SO_4>HCO_3>Cl	Na-SO_4
İGJ-4	05.04.2014	Na>Ca>K>Mg	SO_4>HCO_3>Cl	Na-SO_4
İGJ-2	09.04.2014	Na>Ca>K>Mg	SO_4>HCO_3>Cl	Na-SO_4
İGJ-2	26.04.2014	Na>Ca>K>Mg	SO_4>HCO_3>Cl	Na-SO_4
İGJ-2	24.05.2014	Na>Ca>K>Mg	SO_4>HCO_3>Cl	Na-SO_4
İGJ-2	24.05.2014	Na>Ca>K>Mg	SO_4>HCO_3>Cl	Na-SO_4
İGJ-2	28.06.2014	Na>Ca>K>Mg	SO_4>HCO_3>Cl	Na-SO_4
İGJ-2	16.08.2014	Na>Ca>K>Mg	SO_4>HCO_3>Cl	Na-SO_4



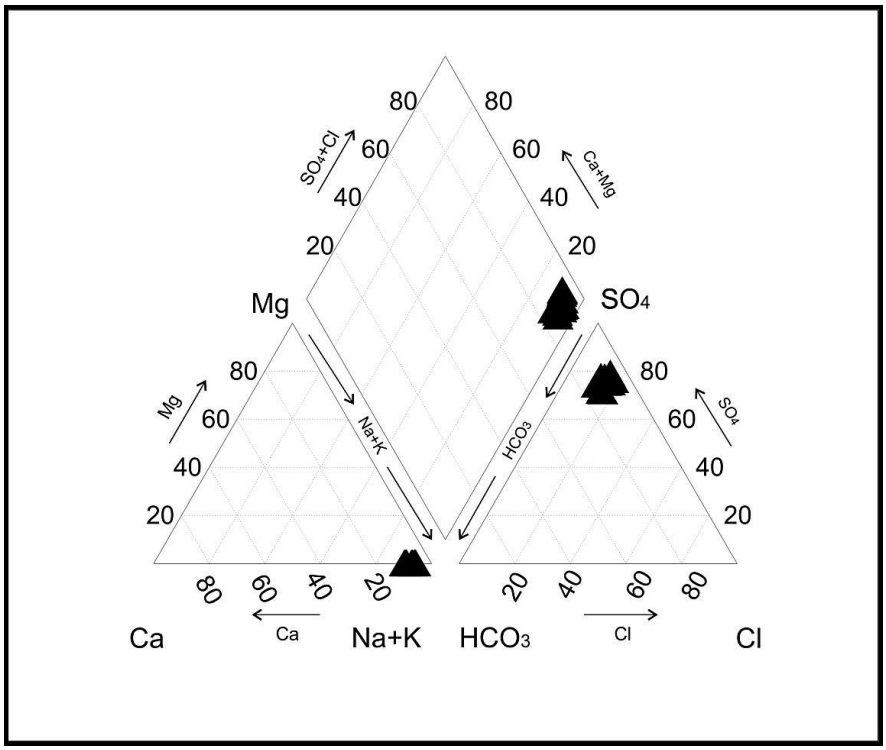
Şekil 5.14. Sıcak sulardaki majör iyon dağılımını gösterir dairesel diyagramlar (derişimler meq/l dir)

Güre Jeotermal Sahası'nda incelenen tüm sıcak sularda ana katyon Na olup derişim sıralamasına göre bunu Ca, K ve Mg takip etmektedir. Ana anyon ise SO_4 olup, bunu HCO_3 ve Cl takip etmektedir.

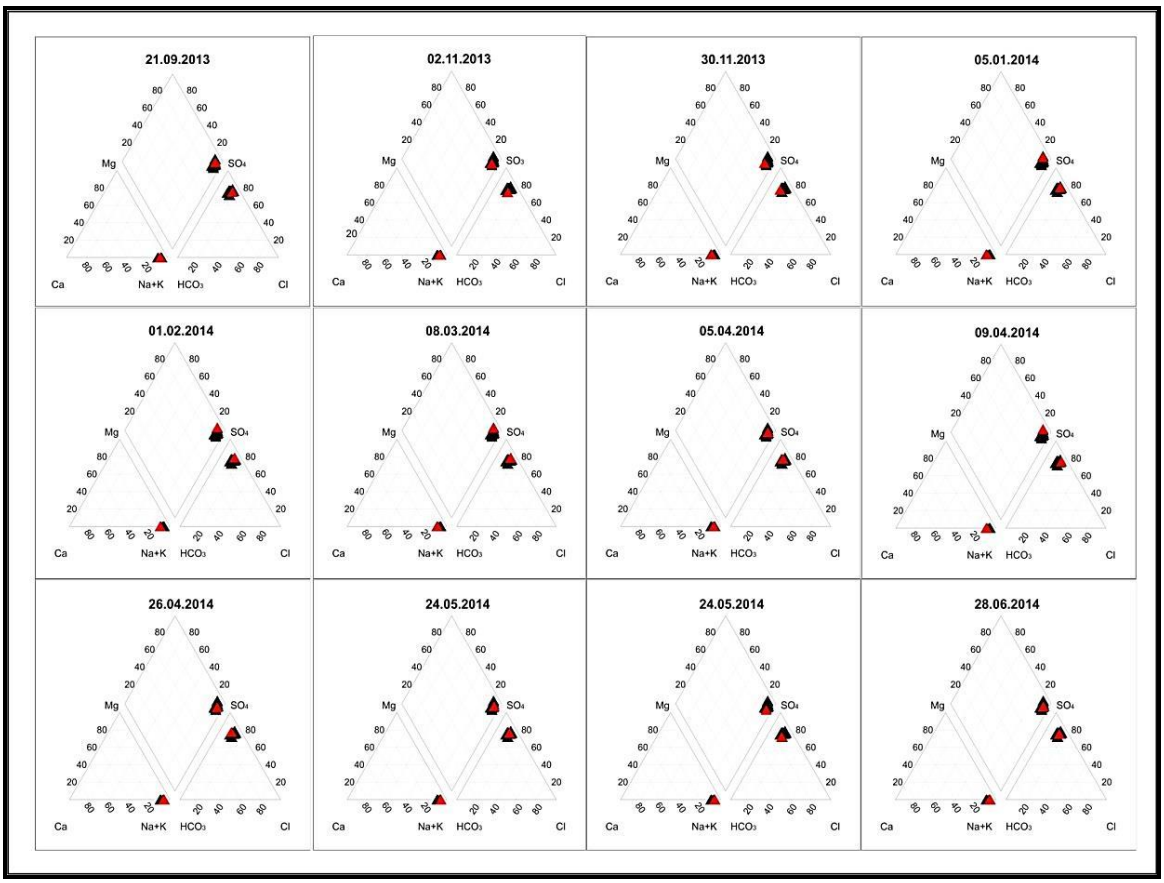
5.7.3. Piper diyagramı

Sıcaksu kaynaklarının litoloji ile ilişkileri ve dolaşım sistemleri boyunca meydana gelen hidrojeokimyasal evrim süreçleri Piper diyagramları kullanılarak da açıklanmaya çalışılmıştır. Piper diyagramı anyon ve katyonların (% eşdeğer gram cinsinden) ayrı ayrı gösterildiği iki ayrı üçgenden ve tüm iyonların ortaklaşa gösterildiği bir dörtgenden oluşmaktadır. Üçgen diyagramlar suların hidrokimyasal fasiyes tiplerinin görülmesinde, dörtgen ise suların sınıflamasında ve karşılaştırılmasında kolaylık sağlamaktadır.

Çalışma alanındaki sıcaksu kaynaklarının grafikte aynı bölgede toplanmaları bu suların benzer kökene sahip oldukları anlamına gelmektedir. Dolayısıyla sıcak sular aynı kayaç grubundan beslenmekte olup, rezervuar kayacı aynıdır. Çalışma sahasındaki sıcak sular Na-SO_4'lı su tipini yansıtmakta olup, karbonat olmayan alkalinitesi %50'den fazla olan suların bulunduğu alana düşmektedir.



Şekil 5.15. Çalışma sahasındaki sıcak sulardan alınan verilere göre hazırlanmış Piper diyagramı

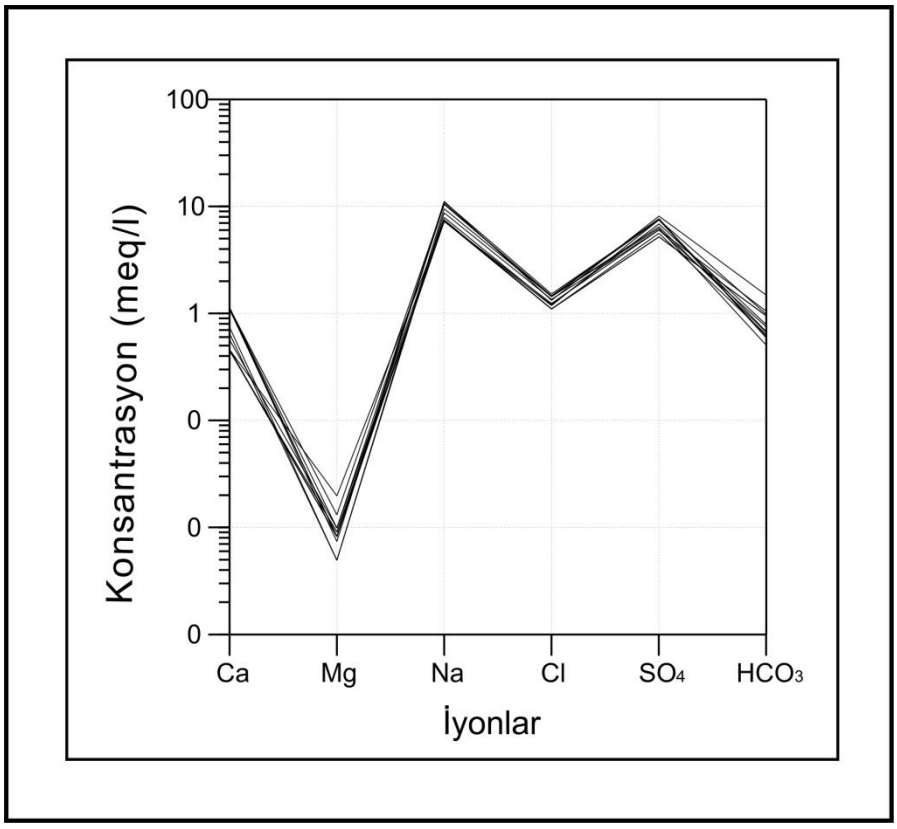


Şekil 5.16. Çalışma sahasındaki sıcak suların aylık elde edilen Piper diyagramları

5.7.4 Schoeller diyagramı

Schoeller yarı logaritmik diyagramlar gerek iyonların topluca tek bir diyagramda görüntüleme kolaylığı açısından, gerekse benzer ve farklı kökenli suların karşılaştırılması kolaylığı açısından hidrojeolojide oldukça sık kullanılan diyagramlardır. Schoeller yarı logaritmik diyagramında benzer kökenli, aynı hazneye ve beslenme alanına ait sular benzer pik verirler.

Çalışma sahasından alınan örneklerin analiz sonuçları ile hazırlanan Schoeller diyagramından Şekil 5.17' de görüleceği üzere, çalışma sahasındaki sıcak sular Na-SO_4 lı su tipini yansıtmaktadır ve kendi aralarında gösterdikleri paralellikten dolayı bu üç ayrı sıcak su kaynağı için benzer kökenli, aynı hazneye ve beslenme alanına ait sular olarak yorum yapılabilir.



Şekil 5.17. Çalışma sahasındaki sıcak sulardan elde edilen Schoeller diyagramı

İncelenen sıcak su kaynağında katyon dizilimleri ($Na^+ + K^+$) > (Ca^{+2}) > (Mg^{+2}) şeklindedir. Anyon dizilimleri ise (SO_4) > (HCO_3) > (Cl^-) şeklindedir.

BÖLÜM 6
TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği bölümünde yüksek lisans tezi olarak gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda Güre bölgesinin jeolojik ve jeotermal özellikleri araştırılmış, arazi ve laboratuar çalışmaları ile desteklenmiş ve belirli sonuçlar ortaya konulmuştur. Tez süresince elde edilen tüm bu sonuçlar bu bölümde özetlenmiştir.

İnceleme alanında daha önce yapılmış çalışmalar ışığında bölgenin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası ve jeolojik kesitleri hazırlanmıştır. Çalışma sahasında yüzlek veren kayalar; saha nitelikleri ve önceki araştırmaların bulguları da dikkate alınarak dokuz farklı kaya birimine ayırtlanmıştır. Çalışma sahasının temelini Paleozoyik yaşlı Kazdağ Grubu'na ait Alakeçili milonit zonu, Sütüven Formasyonu ve Mermer üyesi oluşturmaktadır. Temel kayaların üzerinde uyumsuzlukla Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu yer almaktadır. Kretase yaşlı Çetmi melanjı, Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu üzerine tektonik dokanakla gelmektedir. Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Hallaçlar volkaniti ve Oligo-Miyosen granodiyoritleri alttaki tüm yaşlı birimleri kesmektedir. Kuvaterner yaşlı alüvyon çalışma alanındaki tüm birimleri uyumsuz olarak üzerlemektedir. Ayrıca sahada başlıca KD-GB ve K-G yönlü doğrultu atımlı faylar ve DKD-BGB doğrultulu eğim atımlı normal fayların ve sıyrılma fayının geliştiği gözlemlenmiştir.

Kuzey Anadolu Fay zonunun batı uzanımında yer alan bölge, tektonizmadan oldukça etkilenmiştir. Edremit Körfezi ile Kazdağları arasında KD-GB uzanımlı doğrultu atımlı fay sistemleri gelişmiştir. Bu doğrultu atımlı faylar, Geç Miyosen sonuna kadar bölgede etkin olan sıkışma rejimiyle ilişkilidir. Edremit Körfezi ile Kazdağları arasındaki yükselti farkı Kazdağlarının Paleozoyik yaşlı temel birimlerini sınırlandıran sıyrılma fayları etkisiyle oluşmuştur. Bu yükselimin de günümüze kadar devam ettiğini, Pliyosen'den beri ise KKD-GGB yönlü genişleme rejiminin aktif olduğu düşünülmektedir. Bu tektonik rejim, DKD-BGB doğrultulu eğim atımlı normal fayları ve sıyrılma fayını oluşturmuştur.

Eğim atımlı bir normal fay tarafından kontrol edilen Güre Jeotermal alanında yer alan 3 adet sondaj kuyusundan elde edilen sıcak sular, çeşitli su kimyası grafikleri kullanılarak hidrojeokimyasal fasiyes tiplerine bakıldığında; çalışma sahasındaki sıcak sular Na-SO_4'lı su tipini yansıtmaktadır ve kendi aralarında gösterdikleri benzer özelliklerden dolayı bu üç ayrı sıcak su kaynağı için eş kökenli, aynı hazneye ve beslenme alanına ait sular olarak yorum yapılabilir.

İnceleme alanındaki kuyu ve kaynakların pH değerleri 8.2–8.6 arasında değişmektedir. Bu tanıma göre nötr-hafif bazik sular sınıfına girmektedir. Çalışma alanında bulunan EC değerleri ise 851–1356 μS arasında değişmektedir ve kullanılabilir içme suları iletkenliği seviyesindedir.

Bu çalışmada 12 dönem (yaklaşık 1 ay ara ile) boyunca yapılan su fiziko-kimyası ölçüm ve deneysel çalışmalar sırasında Güre jeotermal alanında eş zamanlı (21.09.2013-16.08.2014 arasında) olarak bölgede olan depremler (24 Mayıs 2014 depremi ve artçılarıyla birlikte 12 adet deprem) öncesi ve sonrasında; bu termal suda özellikle sıcaklık, tuzluluk, pH ve özgül elektriksel iletkenlik değerlerinde bir değişim olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte, bu suyun kimyasal analizleri sonucunda özellikle başta klorür (Cl), sodyum (Na) ve sülfat (SO_4) olmak üzere birçok elementel düzeyde artış ya da azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Bu artış ve azalmanın (değişimin), bölgedeki aktif tektonik rejim ile doğrudan ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, suyun fiziko-kimyasal değişimlerini iyi anlayabilmek için, depremlerin dışındaki diğer faktörleri (kuyu değişimi, mevsimsel etkiler, hazne kaya özellikleri, okuma-uygulama-ölçme hataları vb.) dikkatli bir şekilde ayırtlamak ve bundan sonra bu değişimleri yorumlamak gerekmektedir.

Bu çalışma ile Güre jeotermal sisteminin hidrojeokimyasal bileşenlerinin sürekli ve uzun izlenmesi (monitoring) sayesinde bir depremin önceden tahmin edilebilmesi ile ilgili "tekrarlanabilir" önemli bilgiler elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Akkuş İ., Akıllı H., Ceyhan S., Dilemre A., Tekin Z., 2005. Jeotermal Kaynaklar Envanteri. MTA Genel Müdürlüğü, Envanter Serisi-201, Ankara, 849.

Akyürek B., Soysal Y., 1980. Biga Yarımadası ve Güneyinin 1/100000'lik Kompliasyonu. *MTA Rap.* No:7847, Ankara, 1-13.

Bingöl E., 1968. Contribution a L' e' tude ge'ologiue de la Partir Centrale et sud-est du Massif de Kazdağ (Turquei). PhD Dissertation (Doktora Tezi). Nancy Univ. Fransa.

Bingöl E., 1969. Kazdağ Masifinin Merkezi ve Güneydoğu Kesiminin Jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi,* 72: 110-123.

Bingöl E., Akyürek B., Korkmazer B., 1973. Biga Yarımadasının Jeolojisi ve Karakaya Formasyonun Bazı Özellikleri. Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, Ankara, 70-76.

Bingöl E.,1978. Batı Anadolu'nun Jeotektonik Evrimi. *MTA Dergisi* No: 86, 14-34 .

Diller J. S., 1883. Notes on the Geology of the Troad. *Quarterly Journal Geological Society of London*, XXXIX, 627-639.

Duru M., 2004. Türkiye Jeoloji Haritaları İ17 Paftası, 1:100000, M.T.A, Ankara.

Gözler M.Z., Ergül E., Akçören F., Genç S., Akat V., Acar Ş., 1984. Çanakkale Boğazı Doğusu-Marmara Denizi Güneyi-Bandırma-Balıkesir-Edremit ve Ege Denizi Arasındaki Alanın Jeolojisi ve Kompliasyonu. *MTA Rap.* No:7430, Ankara.

Gözler M.Z., 1986. Kazdağ Batısı Mıhlıdere Vadisinin Jeolojik ve Petrografik İncelemesi. *TJK Bülteni*, 29/1: 133-142.

İşseven T., Tapırdamaz M.C., Özçep F., Hisarlı M., Orbay N., Sanver M., 1995. Kuzeybatı Anadolu'nun Tektoniği ve Paleomanyettik Sonuçlar. *Jeofizik 9-10:* 201-2012.

Kaaden G., 1957. Çanakkale-Biga-Edremit Yarımadası Bölgesindeki Jeolojik Saha Çalışmaları ve Maden Yatakları Hakkında Rapor. *MTA Rap.* No:2661.

Ketin İ., 1968. Türkiye'nin Genel Tektonik Durumu İle Başlıca Deprem Bölgeleri Arasındaki İlişkiler. *M.T.A. Enst. Derg.* No. 71, s. 129-134, Ankara.

Krushesky R.D., Akçay Y., Karaeğe E., 1980. Geology of the Karalar-Yeşiller Area, Northwest Anatolia,Turkey. Geological Survey Bulletin,72.

Mckenzie D.P, Yılmaz Y., 1991. Deformation and Volcanism in Western Turkey And The Agean. Bull. Tech. Univ. İstanbul, 44: 345-373.

Mutlu H., Güleç N., 1998. Geochemical Characteristics of Thermal Waters from Anatolia (Turkey). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85: 495-515.

Okay A.İ., Siyako M., Bürkan K.A., 1990. Biga Yarımadasının Jeolojisi ve Tektonik Evrimi. TPJD Bült., 2/1: 83-121.

Okay A.İ., Mostler H., 1994. Carboniferous ve Permian Radiolarite Blocs in the Karakaya Complex in Northwest Turkey. *TUBİTAK Doğa Yerbilimleri*, 3: 23-28.

Saka K., 1979. Edremit Körfezi ve Civarı Neojen 'inin Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları. *TPAO Arama Grubu Raporu* No:1341, 17.

Sarp S., Burçak M., Yıldırım T., Yıldırım N., 1998. Biga Yarımadasının Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları İle Balıkesir-Havran-Derman Kaplıca Sahasının Detay Jeotermal Etüdü ve Gradyan Sondajları. *MTA Raporu,* Ankara.

Schoeller H., 1977. Geochemistry of Groundwaters. In: Goundwater Studies and International Research and Practice. UNESCO, Paris, Ch. 15: 1-18.

Schuling R. D., 1959. Kazdağı Kristalininin Arzettiği Bir pre-Hersinyen İltiva Safhası. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi,* 53: 87-91.

Sezer L.İ., 2006. Seismic Activity and Risks in the Kaz Dagi Region. *Aegean Geographical Journal, 15*: 17-29.

Siyako M., Bürkan K.A., Okay A.İ., 1989. Biga ve Gelibolu Yarımadalarının Tersiyer Jeolojisi Ve Hidrokarbon Olanakları. *TPJD Bült*., 1/3: 183-199.

Şengör A.M.C.,1980. Türkiye Neotektoniğinin Esasları. *TJK Yay.*, 40.

Şentürk Y., Ünlü T., 2009. Geology of Metaophiolite at Kazdağ Massive (Balıkesir) and the Its Evaluation in Terms of Titanium Content. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*.75-116.

Talay N., 2010. Altınoluk - Güre Dolayının Jeolojisi Ve Jeotermal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Türkiye.

Yaltırak C., Okay A. İ., 2004. Edremit Körfezi Kuzeyinde Paleotetis Birimlerinin Jeolojisi. *İtü dergisi/d* 1: 67-79.

Yılmaz Y., Karacık Z., 2001. Geology of the Northern Side of the Gulf of Edremit and its Tectonic Significance for the Development of the Aegean Grabens. *Geodinamica Acta*, 14: 31-43.

Yüzer E., Tunay G., 2012. *Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 28: 19-59.

EKLER

EK 1. Güre yerleşim yerine 20 km uzaklıkta olan depremler

Tarih-Saat	Enlem (K)	Boylam (D)	Derinlik (km)	Büyüklük (Ms)	AÇIKLAMA
22.05.2014 09:54:49	39.6340	27.0958	6.2	2.0	Hacıaslanlar-Edremit
28.03.2014 12:27:56	39.5027	27.0190	7.8	2.8	Borezli-Burhaniye
28.01.2014 06:46:25	39.4612	26.9010	8.6	2.1	Pelitköy-Burhaniye
23.11.2013 00:04:31	39.5223	26.9895	5.6	1.9	Çoruk-Burhaniye

EK 2. Güre yerleşim yerine 30 km uzaklıkta olan depremler

Tarih-Saat	Enlem (K)	Boylam (D)	Derinlik (km)	Büyüklük (Ms)	AÇIKLAMA
10.07.2014 12:17:27	39.3770	26.8172	8.8	2.7	Hacıosman-Gömeç
14.06.2014 09:05:34	39.4993	27.1860	13.9	1.8	Taşarası-Havran
22.05.2014 09:54:49	39.6340	27.0958	6.2	2.0	Hacıaslanlar-Edremit
03.05.2014 09:52:48	39.6215	27.1072	10.3	2.2	Tepeoba-Havran
21.04.2014 12:57:15	39.6285	27.1050	5.0	1.9	Tepeoba-Havran
28.03.2014 12:27:56	39.5027	27.0190	7.8	2.8	Borezli-Burhaniye
23.02.2014 18:30:36	39.3167	26.8642	9.1	2.6	Yeniköy-Ayvalık
13.02.2014 18:10:32	39.3972	26.8525	10.3	2.0	Gömeç
11.02.2014 01:26:05	39.3852	26.7618	7.9	2.5	EdremitKörfezi (Ege Denizi)
28.01.2014 06:46:25	39.4612	26.9010	8.6	2.1	Pelitköy-Burhaniye
30.12.2013 00:32:28	39.7765	26.6875	8.4	1.8	Akçakıl-Bayramiç
01.12.2013 05:13:07	39.5848	26.5575	10.2	2.3	Nusratlı-Ayvacık
23.11.2013 00:04:31	39.5223	26.9895	5.6	1.9	Coruk-Burhaniye
29.10.2013 19:26:55	39.8330	26.8292	5.4	2.2	Yeşilköy-Bayramiç

EK 3. Güre yerleşim yerine 40 km uzaklıkta olan depremler

Tarih-Saat	Enlem (K)	Boylam (D)	Derinlik (km)	Büyüklük (Ms)	Açıklama
16.07.2014 02:38:24	39.6328	27.2900	5.4	2.2	Büyükşapçı-Havran
10.07.2014 12:17:27	39.3770	26.8172	8.8	2.7	Hacıosman-Gömeç
17.06.2014 17:12:25	39.3280	27.1810	12.9	1.9	Kıranlı-Bergama
14.06.2014 09:05:34	39.4993	27.1860	13.9	1.8	Taşarası-Havran
13.06.2014 02:43:48	39.7977	27.1748	7.4	2.0	Akköy-Yenice (Çanakkale)
29.05.2014 03:17:04	39.5840	26.4758	8.3	2.0	Demirci-Ayvacık (Çanakkale)
22.05.2014 09:54:49	39.6340	27.0958	6.2	2.0	Hacıaslanlar-Edremit
16.05.2014 22:00:59	39.6698	26.5278	9.1	2.0	Dağahmetçe-Bayramiç (Çanakkale)
09.05.2014 17:44:53	39.5687	26.4462	13.1	3.0	Hüseyinfakı-Ayvacık (Çanakkale)
03.05.2014 09:52:48	39.6215	27.1072	10.3	2.2	Tepeoba-Havran
21.04.2014 12:57:15	39.6285	27.1050	5.0	1.9	Tepeoba-Havran
28.03.2014 12:27:56	39.5027	27.0190	7.8	2.8	Borezli-Burhaniye
23.02.2014 18:30:36	39.3167	26.8642	9.1	2.6	Yeniköy-Ayvalık
13.02.2014 18:10:32	39.3972	26.8525	10.3	2.0	Gömeç (Balıkesir)
11.02.2014 01:26:05	39.3852	26.7618	7.9	2.5	Edremit Körfezi (Ege Denizi)
28.01.2014 06:46:25	39.4612	26.9010	8.6	2.1	Pelitköy-Burhaniye
21.01.2014 19:58:33	39.2828	26.8987	5.4	2.6	Çamoba-Ayvalık
30.12.2013 00:32:28	39.7765	26.6875	8.4	1.8	Akçakıl-Bayramiç (Çanakkale)
05.12.2013 01:12:45	39.6930	27.2040	5.1	2.5	Armutçuk-Yenice (Çanakkale)
01.12.2013 05:13:07	39.5848	26.5575	10.2	2.3	Nusratlı-Ayvacık (Çanakkale)
23.11.2013 00:04:31	39.5223	26.9895	5.6	1.9	Çoruk-Burhaniye
30.10.2013 05:09:06	39.6558	26.4740	7.5	1.8	Akçın-Ayvacık (Çanakkale)
29.10.2013 19:26:55	39.8330	26.8292	5.4	2.2	Yeşilköy-Bayramiç (Çanakkale)

EK 4. Güre yerleşim yerine 50 km uzaklıkta olan depremler

Tarih-Saat	Enlem (K)	Boylam (D)	Derinlik (km)	Büyüklük (Ms)	AÇIKLAMA
16.07.2014 02:38:24	39.6328	27.2900	5.4	2.2	Büyükşapçı-Havran
13.07.2014 10:46:15	39.2872	27.2770	8.8	1.9	Tırmanlar-Bergama
10.07.2014 12:17:27	39.3770	26.8172	8.8	2.7	Hacıosman-Gömeç
03.07.2014 17:23:17	39.1657	26.8752	7.1	2.1	Gökçeağıl-Dikili (İzmir)
30.06.2014 20:05:22	39.6063	26.4230	9.1	2.1	Ayvacık (Çanakkale)
20.06.2014 23:41:19	39.3032	27.2182	5.5	2.0	Çobanlar-Bergama
14.06.2014 09:05:34	39.4993	27.1860	13.9	1.8	Taşarası-Havran
13.06.2014 02:43:48	39.7977	27.1748	7.4	2.0	Akköy-Yenice (Çanakkale)
09.06.2014 15:46:31	39.5858	26.3890	5.0	3.2	Söğütlü-Ayvacık (Çanakkale)
01.06.2014 04:09:28	39.4617	26.3893	16.2	2.5	Edremit Körfezi (Ege Denizi)
31.05.2014 20:53:58	39.5212	26.3480	8.9	2.8	Paşaköy-Ayvacık
29.05.2014 03:17:04	39.5840	26.4758	8.3	2.0	Demirci-Ayvacık
22.05.2014 09:54:49	39.6340	27.0958	6.2	2.0	Hacıaslanlar-Edremit
20.05.2014 19:16:15	39.9327	27.1822	13.6	2.1	Çınarcık-Yenice (Çanakkale)
16.05.2014 22:00:59	39.6698	26.5278	9.1	2.0	Dağahmetçe-Bayramiç
15.05.2014 15:51:02	39.4505	26.3715	5.5	2.2	Edremit Körfezi
14.05.2014 02:36:11	39.4272	26.4703	9.7	2.8	Edremit Körfezi (Ege Denizi)
14.05.2014 02:35:11	39.4312	26.4730	9.8	2.7	Edremit Körfezi (Ege Denizi)
09.05.2014 17:44:53	39.5687	26.4462	13.1	3.0	Hüseyinfakı-Ayvacık
03.05.2014 09:52:48	39.6215	27.1072	10.3	2.2	Tepeoba-Havran
21.04.2014 12:57:15	39.6285	27.1050	5.0	1.9	Tepeoba-Havran
28.03.2014 12:27:56	39.5027	27.0190	7.8	2.8	Borezli-Burhaniye
22.03.2014 06:59:16	39.2347	26.6828	7.3	2.2	Küçükköy-Ayvalık
20.03.2014 17:37:38	39.6677	27.4183	11.6	2.2	Gökçeler-İvrindi (Balıkesir)
17.03.2014 04:45:51	39.5100	27.3568	5.6	2.1	Ayaklı-İvrindi (Balıkesir)
16.03.2014 18:09:27	39.1848	26.8707	6.3	2.4	Salihler-Dikili
16.03.2014 17:45:51	39.1545	26.8447	6.1	2.0	Kıratlı-Dikili (İzmir)
16.03.2014 17:41:04	39.1730	26.8647	7.9	3.1	Kıratlı-Dikili (İzmir)
16.03.2014 14:56:46	39.1760	26.8695	6.2	3.2	Gökçeağıl-Dikili
24.02.2014 07:08:54	39.6142	26.4310	8.7	2.0	Tartışık-Ayvacık (Çanakkale)
23.02.2014 18:30:36	39.3167	26.8642	9.1	2.6	Yeniköy-Ayvalık

21.02.2014 09:58:42	39.1872	26.8652	5.1	2.2	Salihler-Dikili (İzmir)
13.02.2014 18:10:32	39.3972	26.8525	10.3	2.0	Gömeç (Balıkesir)
11.02.2014 01:26:05	39.3852	26.7618	7.9	2.5	Edremit Körfezi (Ege Denizi)
09.02.2014 23:18:20	39.2362	26.6775	6.6	2.2	Küçükköy-Ayvalık
28.01.2014 06:46:25	39.4612	26.9010	8.6	2.1	Pelitköy-Burhaniye
21.01.2014 19:58:33	39.2828	26.8987	5.4	2.6	Çamoba-Ayvalık
10.01.2014 03:42:25	39.4203	26.4837	12.7	1.6	Edremit Körfezi (Ege Denizi)
06.01.2014 07:22:38	39.2787	27.2248	5.4	1.9	Çurukbağ-Bergama (İzmir)
06.01.2014 02:37:52	39.3068	27.2227	10.0	1.9	Çobanlar-Bergama(İzmir)
30.12.2013 00:32:28	39.7765	26.6875	8.4	1.8	Akçakıl-Bayramiç (Çanakkale)
06.12.2013 07:07:29	39.4780	26.4540	3.0	1.5	Sazlı-Ayvacık (Çanakkale)
05.12.2013 01:12:45	39.6930	27.2040	5.1	2.5	Armutçuk-Yenice
03.12.2013 10:49:40	39.6330	27.3852	5.4	2.7	Kocaoba-İvrindi (Balıkesir)
03.12.2013 10:27:30	39.6115	27.4250	6.1	2.5	Osmanlar-Ivrindi (Balıkesir)
01.12.2013 05:13:07	39.5848	26.5575	10.2	2.3	Nusratlı-Ayvacık
23.11.2013 00:04:31	39.5223	26.9895	5.6	1.9	Çoruk-Burhaniye
19.11.2013 12:45:46	39.5908	26.3710	12.5	2.0	Cemaller-Ayvacık (Çanakkale)
30.10.2013 05:09:06	39.6558	26.4740	7.5	1.8	Akcin-Ayvacık (Çanakkale)
01.12.2013 05:13:07	39.5848	26.5575	10.2	2.3	Nusratlı-Ayvacık (Çanakkale)
29.10.2013 19:26:55	39.8330	26.8292	5.4	2.2	Yeşilköy-Bayramiç
13.10.2013 17:35:33	39.4327	26.4552	6.6	1.9	Edremit Körfezi (Ege Denizi)
12.10.2013 04:08:34	39.4623	26.3595	7.0	1.8	Edremit Körfezi (Ege Denizi)
05.10.2013 23:55:25	39.5717	26.4318	7.9	2.1	Hüseyinfakı-Ayvacık
05.10.2013 21:19:57	39.2002	26.7488	7.6	1.9	Altınova-
22.09.2013 21:30:41	39.9220	27.1395	9.0	2.5	Sazak-Yenice (Çanakkale)

EK 5. Güre yerleşim yerine 100 km uzaklıkta 3'ten büyük olan depremler

Tarih-Saat	Enlem (K)	Boylam (D)	Derinlik (km)	Büyüklük (Ms)	Açıklama
28.07.2014 19:42:32	39.8398	26.2038	8.2	3.0	Çamoba-Ezine (Çanakkale)
27.07.2014 14:09:33	40.1787	26.8918	6.6	3.8	Ramazanlar-Biga (Çanakkale)
23.07.2014 14:14:33	39.4588	26.3410	6.0	3.0	Edremit Körfezi (Ege Denizi)
16.07.2014 11:59:28	40.2580	26.2477	12.3	4.2	Kocadere-Eceabat(Çanakkale)
09.07.2014 06:38:13	40.3483	27.3798	11.4	3.0	Bozlar-Biga (Çanakkale)
29.06.2014 01:15:19	38.8613	27.1715	16.0	4.0	Karaahmetli- (Manisa)
24.06.2014 13:49:39	39.4725	26.1708	9.6	3.2	Koyunevi-Ayvacık (Çanakkale)
09.06.2014 15:46:31	39.5858	26.3890	5.0	3.2	Söğütlü-Ayvacık (Çanakkale)
09.06.2014 00:20:06	38.8507	27.1667	14.9	3.1	Karaahmetli- (Manisa)
08.06.2014 21:07:25	38.8502	27.1630	12.6	3.7	Karaahmetli- (Manisa)
05.06.2014 14:24:00	39.5005	26.3352	3.3	3.0	Behram-Ayvacık (Çanakkale)
05.06.2014 11:12:09	39.1560	27.7285	8.8	3.4	Musahoca-Kırkağaç (Manisa)
02.06.2014 04:23:57	38.8810	27.3727	13.8	3.0	Sakallı- (Manisa)
27.05.2014 03:34:23	38.9532	27.0968	9.1	3.1	Orlemiş-Bergama
26.05.2014 18:03:23	38.8872	27.3957	14.6	3.2	Sakallı- (Manisa)
25.05.2014 02:55:07	40.3038	26.2523	8.2	3.1	Saros Körfezi (Ege Denizi)
09.05.2014 17:44:53	39.5687	26.4462	13.1	3.0	Hüseyinfakı-Ayvacık
02.05.2014 02:44:04	39.5682	27.8325	7.4	3.1	Gökköy- (Balıkesir)
24.04.2014 18:16:03	39.4508	25.9290	10.6	3.2	Gülpınar Açıkları-Çanakkale
08.04.2014 23:08:36	39.5948	27.7518	12.2	3.7	Küpeler- (Balıkesir)
04.04.2014 15:55:48	39.0592	27.1802	6.1	3.0	Armağanlar-Bergama (İzmir)
01.04.2014 18:00:25	39.7643	27.9018	16.0	3.1	Fethiye-(Balıkesir)
18.03.2014 23:45:12	39.5778	27.6680	5.4	3.0	Sarıalan- (Balıkesir)
16.03.2014 17:41:04	39.1730	26.8648	7.9	3.1	Kıratlı- Dikili (İzmir)
16.03.2014 14:56:46	39.1760	26.8695	6.2	3.2	Gökçeağıl- Dikili (İzmir)
13.03.2014 12:46:03	38.9530	27.6365	6.9	3.2	Erdelli-Akhisar (Manisa)
12.03.2014 08:29:41	39.4867	27.9622	6.2	3.0	Başçeşme-Bigadiç (Balıkesir)
14.02.2014 05:23:15	38.9437	27.6000	13.2	3.3	Surtköy-Akhisar (Manisa)
14.02.2014 03:41:06	38.9583	27.6193	8.6	3.2	Erdelli-Akhisar (Manisa)
13.02.2014 19:04:57	38.9413	27.6102	14.1	3.3	Surtköy-Akhisar (Manisa)
13.01.2014 10:51:26	39.7833	26.1328	7.8	4.2	Dalyan-Ezine (Çanakkale)
11.01.2014 20:08:07	39.7788	26.1382	6.1	3.0	Dalyan-Ezine (Çanakkale)

11.01.2014 19:57:59	39.7862	26.1290	10.3	3.7	Dalyan-Ezine (Çanakkale)
10.01.2014 07:20:46	39.4637	27.9588	12.0	4.1	Yeşildere-Bigadiç (Balıkesir)
07.01.2014 19:41:21	39.7792	26.1185	7.1	4.1	Dalyan-Ezine (Çanakkale)
07.01.2014 14:51:22	39.7958	26.1455	8.8	3.4	Dalyan-Ezine (Çanakkale)
06.01.2014 23:47:46	39.7822	26.1327	6.2	3.4	Dalyan-Ezine (Çanakkale)
06.01.2014 08:23:38	39.7853	26.1312	7.9	3.9	Dalyan-Ezine (Çanakkale)
05.01.2014 22:44:05	39.0283	27.6598	12.1	3.0	Üçavlu- Akhisar (Manisa)
31.12.2013 07:56:06	39.6483	26.1955	1.8	3.2	Kösedere-Ayvacık (Çanakkale)
31.12.2013 06:44:25	39.0212	27.6647	6.6	3.1	Üçavlu- Akhisar (Manisa)
21.12.2013 21:43:51	38.9528	26.6973	12.7	3.3	Denizköy- Dikili (İzmir)
14.12.2013 09:39:40	38.9598	27.0063	9.3	3.0	Zeytindağ-Bergama(İzmir)
03.12.2013 19:10:11	40.0715	27.7437	17.8	3.3	Koçbayırı-Gönen(Balıkesir)
02.12.2013 06:11:25	39.5750	25.9735	5.3	3.4	Gülpınar Açıkları-Çanakkale
18.11.2013 12:16:47	39.2307	27.6525	8.8	3.3	Evciler-Soma (Manisa)
06.11.2013 19:52:43	38.8155	26.8602	6.4	3.0	Çandarlı Körfezi (Ege Denizi)
06.11.2013 01:15:04	39.3668	25.8832	7.1	3.1	Bademli Açıkları-Canakkale (Ege Denizi)
03.11.2013 12:46:38	40.3705	27.1635	5.8	3.3	Çakırlı-Biga (Çanakkale)
28.10.2013 19:34:02	38.9048	26.9160	14.4	3.4	Çandarlı Körfezi (Ege Denizi)
07.10.2013 19:23:28	39.1232	27.1922	9.8	3.4	Bergama(İzmir)
04.10.2013 05:01:15	40.0438	27.1127	5.2	3.0	Hacılar-Çan (Çanakkale)
29.09.2013 01:13:06	39.1105	27.3238	9.7	3.5	Dündarlı-Kınık (İzmir)
23.09.2013 09:36:08	38.8295	26.7083	8.0	3.3	Çandarlı Körfezi (Ege Denizi)

EK 6. Güre yerleşim yerine 120 km uzaklıkta 4'ten büyük olan depremler

Tarih-Saat	Enlem (K)	Boylam (D)	Derinlik (km)	Büyüklük (Ms)	Açıklama
16.07.2014 11:59:28	40.2580	26.2477	12.3	4.2	Kocadere-Eceabat (Çanakkale)
09.07.2014 23:45:01	40.4298	26.2558	15.0	4.3	Saros Körfezi (Ege Denizi)
03.07.2014 05:04:46	40.2088	27.9333	11.8	4.5	Kuş Gölü
29.06.2014 01:15:19	38.8613	27.1715	16.0	4.0	Karaahmetli-(Manisa)
28.05.2014 03:59:51	40.4218	26.1343	13.2	4.5	Saros Körfezi (Ege Denizi)
25.05.2014 11:47:55	40.4123	26.0925	6.8	4.5	Saros Körfezi (Ege Denizi)
25.05.2014 11:38:38	40.4208	26.1515	13.0	4.9	Saros Körfezi (Ege Denizi)
24.05.2014 12:25:00	40.2108	25.3073	10.2	6.5	Gökçeada Açıkları (Ege Denizi)
24.05.2014 10:35:01	40.4278	26.1382	4.9	4.2	Saros Körfezi (Ege Denizi)
24.05.2014 09:34:16	40.3377	26.2567	5.4	4.1	Saros Körfezi (Ege Denizi)
24.05.2014 09:33:48	40.4208	26.1673	7.6	4.0	Saros Körfezi (Ege Denizi)
24.05.2014 09:31:18	40.4270	26.2398	7.2	5.1	Saros Körfezi (Ege Denizi)
13.01.2014 10:51:26	39.7833	26.1328	7.8	4.2	Dalyan-Ezine (Çanakkale)
10.01.2014 07:20:46	39.4637	27.9588	12.0	4.1	Yeşildere-Bigadiç (Balıkesir)
07.01.2014 19:41:21	39.7792	26.1185	7.1	4.1	Dalyan-Ezine (Çanakkale)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Belgin KAÇAR

Doğum Yeri: BİGADİÇ

Doğum Tarihi: 30.08.1990

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Çukurova Üniversitesi

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce, Almanca

İLETİŞİM

E-posta Adresi : kacarbelgin12@hotmail.com