

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÜLCÜLER (BAYRAMIÇ-ÇANAKKALE)
JEOTERMAL SAHASININ
HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ

Yasemin ŞİMŞEK

Danışman:
Doç. Dr. Alper BABA

Eylül, 2007
ÇANAKKALE

**KÜLCÜLER (BAYRAMIÇ-ÇANAKKALE)
JEOTERMAL SAHASININ
HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

**Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

Yasemin ŞİMŞEK

**Danışman:
Doç. Dr. Alper BABA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Yasemin ŞİMŞEK tarafından **Doç. Dr. Alper BABA** yönetiminde hazırlanan **“Külcüler (Bayramiç-Çanakkale) Jeotermal Sahasının Hidrojeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi ”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Alper BABA
Yönetici

Prof. Dr. Doğan PERİNÇEK
Jüri Üyesi

Doç. Dr. Ünsal GEMİCİ
Jüri Üyesi

Sıra No:.....

Tez Savunma Tarihi:03/09/2007

Prof. Dr. Mehmet Emin ÖZEL
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Çalışmanın tüm aşamalarında sağlamış olduğu yardımlardan dolayı hocam Doç. Dr. Alper BABA'ya teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarından elde edilen jeolojik verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanmasında katkıda bulunan, manevi anlamda da desteğini esirgemeyen hocam Doç. Dr. Süha ÖZDEN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tezin her aşamasında yapıcı eleştiri ve katkılarından dolayı Jeo. Yük. Müh. Akın KÜRÇER'e ayrıca teşekkür ederim.

Tez çalışmasının çeşitli aşamalarında katkıda bulunan hocam Yrd. Doç. Dr. Ayten ÇALIK'a, Yrd. Doç. Dr. Mustafa BOZCU'ya, Arş. Gör. Ozan DENİZ'e, Arş. Gör. Özkan ATEŞ'e ve Arş. Gör. Mustafa AVCIOĞLU'na teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları sırasında bana destek veren arkadaşlarım Mevhibe BİNGÖL'e ve Fatih İŞ'e teşekkür ederim.

Çalışma süresince Manevi desteklerini benden esirgemeyen her zaman yanımda olan kardeşim Alev ŞİMŞEK'e, amcam Sadık ŞİMŞEK'e, arkadaşlarım Mevlüde ÇAKIR'a, Ümit IŞIKLI'ya, jeoloji Müh. Özgür AKTİ'ye, jeoloji Müh. Erdem BOR'a, jeoloji Müh. Özden SAKA'ya, Çiğdem KESKİN'e, Fidan BAYBAŞ'a, ve Gökan ÇAK'a, teşekkür ederim.

Maddi Manevi desteklerini hiç esirgemeyen değerli Babam Akif ŞİMŞEK'e, kardeşim Ali ŞİMŞEK'e ve sonsuz sabrından dolayı **değerli Annem'e** teşekkürlerimi sunarım.

SİMGE VE KISALTMALAR

δ	İzotop derişiminin V-SMOW (vienna Standart Mean Ocean Water)'dan sapma miktarı
^2H	Döteryum
^3H	Tritiyum
^{18}O	Oksijen-18
Ei	Elektriksel iletkenlik
$\mu\text{S/cm}$	Mikrosiemens/santimetre
meq/l	Miliiekivelan/litre
mg/l	Miligram/litre
ppm	Part per milion (milyonda bir kısım)
r	Korelasyon katsayısı
SI	Doygunluk indeksi
TU	Tritiyum birimi
SAR	Sodyum adsorpsiyon oranı
DMİ	Devlet Meteoroloji İstasyonu
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
MTA	Maden Tetkik ve Arama
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
YGi	Yağış gözlem istasyonu

KÜLCÜLER (BAYRAMIÇ-ÇANAKKALE) JEOTERMAL SAHASININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZ

Külcüler Jeotermal alanı, Kuzey Anadolu Fayı'nın batı uzantıları ve Batı Anadolu Graben sisteminin birlikte etkilediği Biga Yarımadası içinde yer alır. Çanakkale ili Bayramic ilçesinin yaklaşık 17 km güneydoğu kesiminde bulunan Külcüler (Bayramiç-Çanakkale) jeotermal kaynağı Biga Yarımadası'ndaki önemli jeotermal alanlardan biridir.

Çalışma alanında Üst Oligosen yaşlı granitik kayalar (Evciler Plütonu) ile Çan volkanikleri olarak adlandırılan andezit, tuf ve bazaltik birimler yer almaktadır. Granitik kayalar volkanik kayaları kesmektedir. Kuvaterner yaşlı alüvyon çökeller ise bu birimlerin üzerine uyumsuz bir dokanakla yerleşmiştir.

Çalışma alanında termal suların ortalama debisi 5 lt/sn olup yüzeye çıktıkları Külcüler köyü mevkiinde kullanıma açık olan bir kaplıca bulunmaktadır. Külcüler kaplıcasına ait kaynakların yüzeye çıkış sıcaklıkları 28-34 °C arasında, pH değerleri 8.88-9.71 ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 885-1049 µS/cm arasında ölçülmüştür. İnceleme alanındaki soğuk suyun yüzey sıcaklığı 15- 24 °C, pH değerleri 6.20-7.95 ve EC değerleri 366-1287 µS/cm arasında değişmektedir. Sıcak sular bazik karakterli olup, düşük elektriksel iletkenlikleri akifer ile uzun süre temas geçmediklerini göstermektedir. Külcüler jeotermal sahasındaki sıcak su kaynaklarının ısıtıcı kayacı inceleme sahasının kuzeybatısında yüzlek veren granitoidlerdir. Akifer kayacını ise kaplıcanın güneydoğusunda mostra veren bol kırıklı çatlaklı volkanik kayalar oluşturmaktadır.

Elde edilen veriler piper ve schoeller diyagramlarına yerleştirildiğinde sıcak suyun Na-SO₄, soğuk suyun Ca-HCO₃ bakımından zengin olduğu saptanmıştır. Sıcak sular, oksijen-18 (¹⁸O) ve Döteryum (D) içeriklerine göre beslenme alanlarının aynı, sığ dolaşım, meteorik su bileşimindedir. Tritiyum (T) izotopu analiz sonuçlarına göre ise sıcak suların 50 yıldan daha yaşlı olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Külcüler, jeotermal, hidrojeokimya, izotop

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi TUBİTAK tarafından 104Y082 no'lu projeden desteklenmiştir.

INVESTIGATION OF HYDROGEOCHEMICAL PROPERTIES OF KÜLCÜLER(BAYRAMIÇ-ÇANAKKALE) GEOTHERMAL FIELD

ABSTRACT

Külcüler geothermal area, which is affected by the North Anatolian Fault's western extensions and West Anatolian Graben systems, is located in Biga Peninsula. Külcüler (Bayramic-Çanakkale) geothermal spring, located approximately 17 km southeast of Bayramiç, is one of the important geothermal areas in Biga Peninsula.

The lithologic units in the study area consist of granitic rocks (Evciler Plutonic) and Çan volcanic units which are upper Oligocene age. The Evciler unit mainly consists of granite. The Çan units consist of andesite, tuff and basalts. Granite rocks intersect volcanic rocks. Quaternary alluvium overlies these units unconformably.

The average discharges of the thermal waters in study area are 5 lt/sec. They form a thermal bath at the Külcüler village where they discharge at the surface. The surface temperature of Külcüler spring's are between 28-34⁰C, pH values are 8.88-9.71 and electrical conductivity (EC) values are 885-1049 µS/cm. The surface temperature of the cold water springs in the study area changes between 15- 24⁰C, pH values 6.20-7.95 and electrical conductivity values 366-1287µS/cm. Hot water springs have basic character, and low electrical conductivity shows that they are not reacted with aquifer for a long time. The hot resources of geothermal area are granodiorite that is identified by outcrops in the northwest of study area. The reservoir rocks are volcanic which crop out in the southeast of the Külcüler hot spring where they contain many cracks.

When results are plotted on piper and Schoeller diagrams it seen that hot and cold waters are enriched with Na-SO₄ and Ca-HCO₃, respectively. Thermal waters have the same recharge area, shallow circulation and meteoric in origin as depicted by their Oxygen 18 (¹⁸O) and Deuterium (D) contents. Tritium (T) isotope analysis results showed that hot waters are older than 50 years.

Key words: Külcüler, geothermal, hydrogeochemistry, isotope

The present M.Sc. thesis was supported by TUBİTAK under the project no of 104Y082

İÇERİK

	Sayfa
TEZ SINAV SONUÇ BELGESİ.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	iv
ÖZ.....	v
ABSTRACT.....	vi
BÖLÜM 1- GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	1
1.2. Çalışma ve Değerlendirme Yöntemleri.....	1
1.2.1. Saha Çalışması.....	1
1.2.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	2
1.3. Önceki Çalışmalar.....	2
1.3.1. Jeolojik Çalışmalar.....	2
1.3.2. Hidrojeolojik Çalışmalar.....	4
BÖLÜM 2 - İNCELEME ALANININ TANITILMASI	5
2.1. İnceleme Alanının Yeri.....	5
2.2. Drenaj alanı ve Hidrografya.....	5
2.3. İklim ve Bitki Örtüsü.....	6
2.4. Ulaşım Olanakları.....	8
BÖLÜM 3 – JEOLojİ	9
3.1. Bölgesel Jeoloji.....	9
3.2. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	19
3.2.1. Çan Volkanitleri.....	22
3.2.1.1. Litoloji ve Tanım.....	23
3.2.1.2. Dokanak İlişkisi.....	32
3.2.1.3. Yaş.....	32
3.2.2. Evciler Plütону.....	33
3.2.2.1. Litoloji ve Tanım.....	34
3.2.2.2. Dokanak ilişkisi.....	37
3.2.2.3. Yaş.....	37
3.3. Bölgesel Tektonik.....	38

3.3.1 Külcüler jeotermal sahasının tektoniği.....	40
BÖLÜM 4 – HİDROJEOLJİ.....	48
4.1. Su Noktaları.....	48
4.1.1. Akarsular.....	48
4.1.2. Kaynaklar.....	48
4.2. Hidrojeoloji Birimleri.....	55
4.2.1. Hazne Kaya.....	56
4.2.2. Isı Kaynağı.....	56
4.2.3. Beslenme.....	56
4.3. Hidrojelojik Bütçe.....	57
4.3.1. Yağış Analizleri.....	57
4.3.1.1. Yağışın Alansal Dağılımı.....	57
4.3.1.2. Yağışın Zamansal Dağılımı.....	58
4.3.1.3. Yağışın yıl içindeki dağılımı.....	61
BÖLÜM 5 – SU KİMYASI ÇALIŞMALARI.....	63
5.1. Suların Fiziksel Özellikleri.....	63
5.1.1. Sıcaklık (S).....	63
5.1.2. Elektriksel İletkenlik(EC).....	67
5.1.3. Hidrojen İyon Aktivitesi (pH).....	68
5.2. Suların Kimyasal Özellikleri.....	70
5.2.1. Majör ve minör iyonlar.....	70
5.2.2. Ağır metal analizleri.....	74
5.3. Su Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	79
5.3.1. Piper diyagramı.....	79
5.3.2. Schoeller diyagramı.....	81
5.3.3. Langelier-Ludwig diyagramı.....	83
5.3.4. Gibbs diyagramı.....	83
5.3.5. Cl- SO4-HCO3 diyagramı.....	84
5.3.6. Sulardaki majör iyonlar arasındaki ilişki.....	85
5.3.7. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı.....	86
5.3.8. Wilcox diyagramı.....	89
5.4. Suların Mineral Doygunlukları.....	90

BÖLÜM 6 - JEOTERMOMETRE	95
6.1. Silis jeotermometreleri	97
6.2. Katyon jeotermometreleri.....	98
BÖLÜM 7- İZOTOP HİDROLOJİSİ	103
7.1. Oksijen 18 (18O) ve Döteryum (2H).....	103
7.2. Trityum (³ H).....	105
7.3. Sıcaksuların kökeninin belirlenmesi.....	105
7.4. İzotop verilerinin değerlendirilmesi.....	105
7.4.1. Oksijen -18 (18O) –Döteryum (² H) ilişkisi.....	106
7.4.2. Oksijen18 (18O) – Sıcaklık (°C) ilişkisi.....	107
7.4.3. Oksijen18 (18O)- Elektriksel İletkenlik (EC) İlişkisi.....	107
7.4.4. Trityum (³ H)- Sıcaklık (°C) ilişkisi.....	108
7.4.5. Trityum (³ H)-Klorür (Cl) ilişkisi.....	108
BÖLÜM 8 – KAVRAMSAL HİDROTERMAL MODEL	110
8.1. Jeotermal Sistemlerin Oluşum Şekilleri.....	110
8.2. Külcüler sıcaqsu kaynağının Hidrotermal Sistemi.....	110
BÖLÜM 9 – SONUÇ VE ÖNERİLER	113
KAYNAKLAR	116
EKLER	
EK 1. Granitlerdeki Eklemlerin ve Aplit Dayklarının Konumu	
EK 2. Yağış Gözlem İstasyonları Aylık Toplam Sıcaklık Değerleri	
EK 3. Yağış Gözlem İstasyonları Aylık Toplam Yağış Değerleri	
EK 4. Yağış Gözlem İstasyonları Aylık Toplam Buharlaşma Değerleri	
TABLolar LİSTESİ	
ŞEKİLLER LİSTESİ	
ÖZGEÇMİŞ	

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışma kapsamında Külcüler jeotermal sahasında yer alan sıcak ve minerali su kaynaklarının kimyasal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi, jeotermal sistemdeki akışkanların kimyasal karakteri, rezervuar sıcaklığı, ısı kaynağının belirlenmesi gibi jeotermal sistemin yorumlanmasında gerekli olan verilerin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu verilerden yararlanılarak sistemin kavramsal jeotermal modeli tanımlanmıştır.

Külcüler jeotermal sahasının hidrojeolojisine ve su kimyasına ait ayrıntılı bir çalışma yapılmamıştır. Jeotermal alandaki sıcaksu kaynağına akifer olan kayaların litolojileri, yayılımları, beslenme alanları hakkında yeterli bilgi bulunmaktadır. Bu çalışmada; Külcüler jeotermal alanda yer alan suların fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenip, izotop verileri değerlendirilerek bölgedeki suların beslenme ve dolaşım sistemi incelenmiştir.

İncelemeler doğrultusunda, sahaya ait jeoloji haritası yapılmıştır. Sıcak ve soğuk su kaynaklarından çeşitli periyotlarda su örnekleri alınarak kimyasal ve fiziksel analiz çalışmaları yapılmıştır.

1.2. Çalışma ve Değerlendirme Yöntemleri

İnceleme alanında yapılan çalışmalar saha ve laboratuvar çalışmaları olarak iki başlık altında incelenmiştir.

1.2.1. Saha Çalışması

İnceleme alanı Ayvalık-İ17-a3-b4 paftaları içinde kalan yaklaşık olarak 40 km² lik bir alandır. Bu alanın 1/25000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Saha çalışmalarında bölgede 53 adet su noktası belirlenmiştir (Sıcak su kaynağı, soğuksu kaynağı ve çeşmeler). Arazide 30 adet su noktasının sıcaklık, pH, EC ve Eh

ölçümleri yapılmıştır. İki adet sıcak su ve iki adet de soğuk su kaynaklarından Ekim-2005, Ocak-2006, Ağustos-2006 ve Mart-2007’de su örnekleri alınmıştır.

1.2.2. Laboratuvar Çalışmaları

İnceleme alanından alınan su örneklerin kimyasal analizleri ÇOMÜ Bilim ve Teknoloji Uygulama Merkezi (ÇOBİLTEM) Laboratuvarı ve ACME (Kanada) Laboratuvarına gönderilmiştir.

Su örneklerinin iz element analizleri (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Ca, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cs, Cu, DY, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, Ir, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, Os, P, Pb, Pd, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr) ACME (Kanada) Laboratuvarına gönderilmiştir. Oksijen-18 (¹⁸O) ve Döteryum (D) izotop analizi Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi İzotop Laboratuvarları’nda, Tritiyum (TU) analizi ise Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği Laboratuvarları’nda yaptırılmıştır.

1.3 Önceki Çalışmalar

1.3.1 Jeolojik Çalışmalar

Bingöl ve diğ. (1973), Biga Yarımadası’nın temelini Paleozoyik yaşlı Kazdağ metamorfik topluluğunun oluşturduğunu vurgulamaktadır. Kazdağ metamorfik topluluğu, paleontolojik ve stratigrafik yaş verilerine göre, Paleozoyik – Triyas yaşlı olduğu belirtilmiştir.

Krushensky (1976), İnceleme alanında yüzlek veren volkanik kayaları Hallaçlar formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Dayal (1984), Yenice dolaylarındaki andezitik lavlardan yapılan radyometrik yaş tayini (K/Ar) sonucunda 28.2 ± 1.4 ve 28.0 ± 0.97 milyon yıl arasında olduğunu belirtmiştir.

Birkle (1992), Evciler plütону’nda yapmış olduğu Rb / Sr yaş tayini sonucunda $25 \pm 0,3$ my yaş bulmuştur ki, bu dönem Oligosen sonuna karşılık gelir.

Kontak metamorfik zondan kenarlara doğru gidildikçe, önce hornfelslere ardından da volkanik kayalara geçildiğini belirtmiştir.

Ercan ve diğ. (1995), Biga Yarımadası'nda Üst Eosen'den başlayıp Üst Miyosen sonlarına kadar devam eden süreçte oluşan volkanik kayalar, saha ve laboratuvar çalışmalarına dayandırılarak altı gruba ayrılmışlardır. Bunlar; Eosen yaşlı Balıklıçeşme volkanitleri, Orta – Üst Oligosen yaşlı Çan volkanitleri, Üst Oligosen yaşlı Kirazlı volkanitleri, Alt – Orta Miyosen yaşlı Behram volkanitleri, Orta Miyosen yaşlı Hüseyinfaki volkanitleri ve Üst Miyosen yaşlı Ezine bazaltları olarak isimlendirilmiştir. Bunlara ilaveten, daha genç dönemde oluşmuş ve Taştepe bazaltı olarak adlandırılmış olan (Şentürk ve Karaköse, 1987) alkali bazaltik kütleler de yer almaktadır.

Okay ve diğ. (1996), Gnays – mikaşist ve amfibolit birimi; Kazdağ metamorfik topluluğunun en ileri derecede metamorfik birimlerini temsil ettiğini, masifin çekirdek kayalarına karşılık geldiğini belirtmiştir. Egemen mostralarını, Evciler güneyinde ve Kazdağları'nın zirvelerinde görmek mümkündür. Birim; açık renkli gnayslar ile yeşilin tonlarında amfibolitlerden oluşur.

Genç (1998), Evciler plütону, Kazdağ Metamorfitleri'nin kuzeyinde, DKD-BKB yönünde uzanan, yaklaşık 180 km² lik bir alanda yüzeyleyen eliptik bir kütle olduğunu, temel kayaları ve volkanitler içerisine sokulmuş olduğunu belirtmiştir.

Özden ve diğ. (2006), Biga Yarımadası bölgesel sıkışma yönleri BKB-DGD ve bölgesel açılma yönleri KKD-GGB doğrultusunda günümüzde değiştiğini belirtmiştir.

Yılmaz (1998), Tersiyer mağmatizmanın ürünü olan plütонların KD-GB uzun eksenli eliptik magmatik kütleler olup, bunların ince taneli, benzer bileşimli volkanik kayalarla çevrelenmiş olduğunu belirtmiştir.

Kürçer (2006), Çalışma sahasının da içerisinde yer aldığı Biga Yarımadası, günümüzde hem Batı Anadolu Gerilme Sistemi'nin hem de Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) batı uzantılarının etkisiyle biçim değiştirmekte olup, bu tür kompleks tektonizmanın ürünleri normal bileşimli sağ-yanal doğrulu atımlı faylar olduğunu belirtmiştir.

Özden ve diğ. (2006), Biga Yarımadası'ndaki tektonik kuvvetlerin oluşturduğu bölgesel sıkışma yönleri BKB-DGD ve bölgesel açılma yönlerinin KKD-GGB doğrultusunda günümüzde etkin olduğunu belirtmiştir

1.3.2 Hidrojeolojik Çalışmalar

Erdoğan (1966), Çanakkale- Tuzla sahasının ayrıntılı tektonik çalışmasını yapmış, Neojende püsküren hiyalotrakitlerin fay ve çatlaklarını inceleyerek 1/5000 ölçekli haritada göstermiştir.

Şamilgil (1966), Tuzla sahasındaki kaynakların 102 ° C ve 20 lt/sn debileri ile buhar enerjisi yönünden dünyanın sayılı havzalarından birisi olduğunu ileri sürmüş, suların kökensele olarak köne tipte 1500-2000 m Mesozoyik sedimanları içinde hapsolan denizel ve lagünel sular olduğu tanımlamasını getirmiştir.

Ürgün (1971), Edremit körfezinden kuzeye doğru 1200 km² lif alanının etüdünü yapmıştır. Bu çalışmanın hedefi Tuzla ve Kestanbol sahaslarına ait hazne ve örtü kaya hakkında yorum getirmiştir.

Mützenberg (1990), Tuzla ve Kestanbol jeotermal sistemlerinin hidrokimyasal özelliklerini çalışmıştır. Jeotermal sisteminin ana kaynağının eski bir evapolitik göl olduğunu vurgulamıştır.

Baba (2003), Tuzla jeotermal sahasının çevresel özellikleri ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmada yöredeki sıcak su kaynaklarının bazı ağır metalleri, toprak ve soğuk su kaynaklarını etkilediğini vurgulamıştır.

Baba ve Armannsson (2006), Tuzla yöresindeki sıcak sulardaki ağır metallerin varlığı ile ilgili detaylı çalışma yapmıştır. Çalışmada Tuzla jeotermal sahasının Cr ve Bor içeriğinin çok yüksek olduğunu vurgulamıştır.

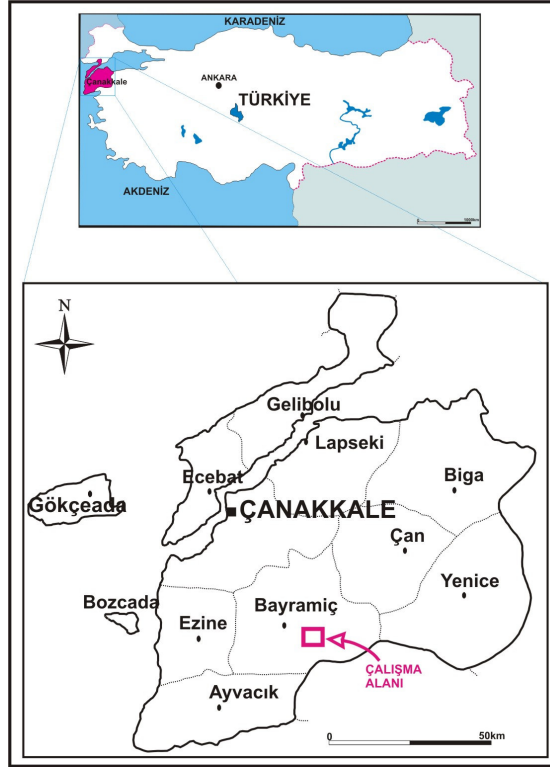
Yukardaki çalışmalar dışında Öngür, 1973; Karamenderesi ve Öngür, 1974; Karamenderesi, 1986; Karamenderesi, 1994; Gevrek ve Şener, 1985; 1997; Şener ve Gevrek 2000; Şanlıyüksel ve Baba, 2007' tarafından Külcüler jeotermal sahası dışındaki sahalarda (Tuzla, Kestanbol ve Kırkgeçit) jeotermal sistemlerin hidrojeokimyasal, alterasyon ve çevre etkileri irdelenmiştir.

BÖLÜM 2

İNCELEME ALANININ TANITILMASI

2.1 İnceleme Alanının Yeri

İnceleme alanı Batı Anadolu Bölgesi'nin Çanakkale ili sınırları içinde olup Bayramiç ilçe merkezinin güneyinde yer almaktadır (Şekil 2.1). 1/25000 ölçekli Ayvalık-İ17-a3-b4 paftaları içinde kalan yaklaşık olarak 40 km² lik bir alandır.



Şekil 2.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası.

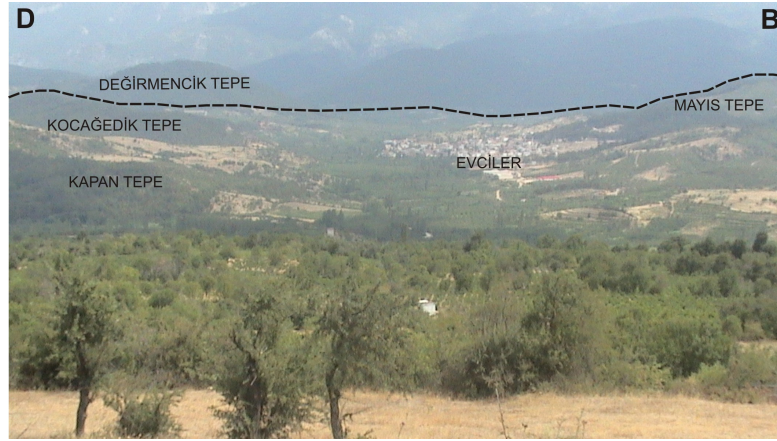
2.2 Drenaj alanı ve Hidrografya

İnceleme alanındaki en önemli yükseltiler; KB 'da Kıran Tepe (527 m) , Beşler Tepe (376 m), Ağıtlar Tepe (408 m) , Kara Tepe (580 m) , GB 'da Mayıs Tepe (370 m), Kürence Tepe (274 m), Arapça Tepe (280 m), Akça kayrak Tepe (310 m) G 'de

Kocakıran Tepe (382 m), Kocagedik Tepe (360 m), Bahçe Tepe (380 m), Doğan Tepe (380 m), Kapan Tepe (330 m) dir (Şekil 2.2).

İnceleme alanımızda en büyük akarsu Menderes Çayıdır. Doğuda Yeşilköy civarından doğan Menderes Çayı, sahamızın güneyinde D-B doğrultusunda akarak batıda Ege Denizine birleşir. Debisi düzensiz olup bahar aylarında taşkına sebep olmaktadır. Yazın suyu azdır. Menba kısmında Evcilere kadar dik yarı vadilerde coşkun akan Menderes çayı, inceleme alanı içindeki Evciler beldesinden sonra geniş ve yayvan bir vadiye yayılarak akmakta ve tipik örgülü akaçlama örneği meydana getirmektedir (Şekil 2.3).

Ayrıca, inceleme alanında Menderes çayına bağlanan küçük çapta bir çok dere vardır. Bunların en önemlileri; Ilıca dere, Evciler Dere, Çaltıgedik Dere ve Atarlık Deredir. Bunlardan başka yazın suyu bulunmayan küçük çapta dereler vardır ki önemlileri; Çınarcık Dere, Sarı Dere, Oluk Dere, Yanık Dere, Döllük Dere Bozboyun Dere ve Girişli Dere'dir



Şekil 2.2 Evciler civarındaki en önemli yükseltiler.

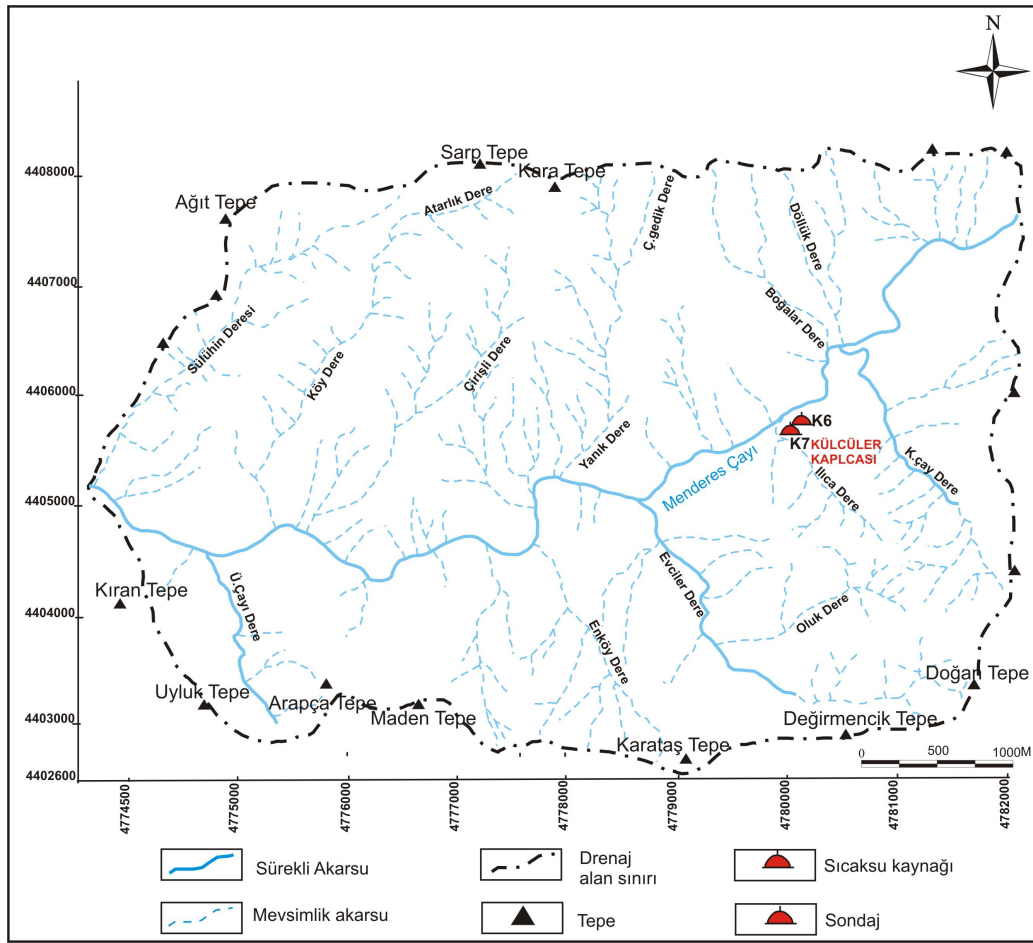
2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Genel olarak bölgede yazlar sıcak ve az yağışlı, kışlar yağışlı olan bir iklim hüküm sürer. Kar yağışı azdır.

İnceleme alanı bitki örtüsü bakımından zengindir. Oldukça büyük çam ve meşe ormanları vardır. Yerleşme yerlerine yakın su başlarında, vadi boylarında bitki örtüsü

zengin ve çeşitlidir. Buralarda üzüm bağları, armut, elma, kiraz, şeftali ağaçları yetiştirilmektedir. Tarımda ürün çeşidi bol olup başlıcaları buğday, arpa ve çavdar yetiştirilmektedir. İnceleme alanının güneyinde bağcılık çok gelişmiştir. Evciler yöresinde elma, kiraz ve şeftali üretimi günden güne artmaktadır. Su kenarlarında yapılan sebzeçilik halkın ihtiyacını karşılamakla beraber geçim kaynağı da olmaktadır.

Engebesiz yerlerde (özellikle Bayramiç ilçesi yakınlarında) tarımla, yüksek yerlerde ise hayvancılıkla uğraşılır.



Şekil 2.3. İnceleme alanının drenaj ağı haritası

2.4. Ulaşım Olanakları

İnceleme alanı içindeki en önemli yollar; Çanakkale-Çan, Bayramiç -Çan, Bayramiç- Ezine karayollarıdır (Şekil 2.4). Külcüler sahası Bayramiç ilçesinin yaklaşık 17 km güneydoğusunda yer alır. Külcüler - Evciler arasında yaz kış kullanılan toprak yol vardır. Köyleri kazalara ve ilçeye bağlayan diğer yollar yazın kullanılıp kışın da yer yer kullanılmaktadır.



Şekil 2.4. İnceleme alanının yol haritası

BÖLÜM 3

JEOLOJİ

3.1. Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanı, Kuzeybatı Anadolu bölgesinde, Biga Yarımadası'nın orta kesimlerinde yer alır. Bu alan coğrafik olarak Kazdağ yükseliminin kuzey yamaçlarına karşılık gelir. Bölgesel jeoloji açısından değerlendirildiğinde, bu bölgenin temelini Paleozoyik yaşlı Kazdağ metamorfik topluluğu oluşturmaktadır (Şekil 3.1). Kazdağ metamorfik topluluğu, paleontolojik ve stratigrafik yaş verilerine göre, Paleozoyik – Triyas yaşlıdır (Bingöl ve diğ., 1973; Gözler ve diğ., 1984; Okay, I.A., 1987; Okay ve Satır, 2000). Kazdağ metamorfikleri; birkaç farklı seviyeden oluşmaktadır. Yukarıda isimleri verilen araştırmacıların çalışmalarından yararlanılarak aşağıda Biga Yarımadasının Jeolojisi özetlenmiştir (Şekil 3.1). Genel olarak, Biga Yarımadasında alttan üste doğru;

- Gnays - mikaşist ve amfibolit birimi
- Metamorfize olmuş ofiyolit birimi ve
- Metamorfik volkano-sedimanter birlikler yüzlek vermektedir.
- Karakaya kompleksi
- Çetmi Ofiyolitik Melanjı
- Denizel sedimentler
- Volkanik kayalar
- Karasal sedimentler

Gnays – mikaşist ve amfibolit birimi; Kazdağ metamorfik topluluğunun en ileri derecede metamorfik birimlerini temsil etmekte olup, masifin çekirdek kayalarına karşılık gelmektedir. Egemen mostralarını, Evciler güneyinde ve Kazdağları'nın zirvelerinde görmek mümkündür. Birim; açık renkli gnayslar ile yeşilin tonlarında amfibolitlerden oluşur. Gnaysların bazı kesimlerinde kısmi ergimeye uğradıkları ve bunun sonucunda pitigmatik kıvrımlı migmatitik granitlerin geliştikleri rapor edilmiştir (Okay ve diğ., 1996). Bunun dışında, gnayslarla uyumlu olan gnaysik granitler bulunmaktadır. Bunlar olasılıkla daha yaşlı bir granitten

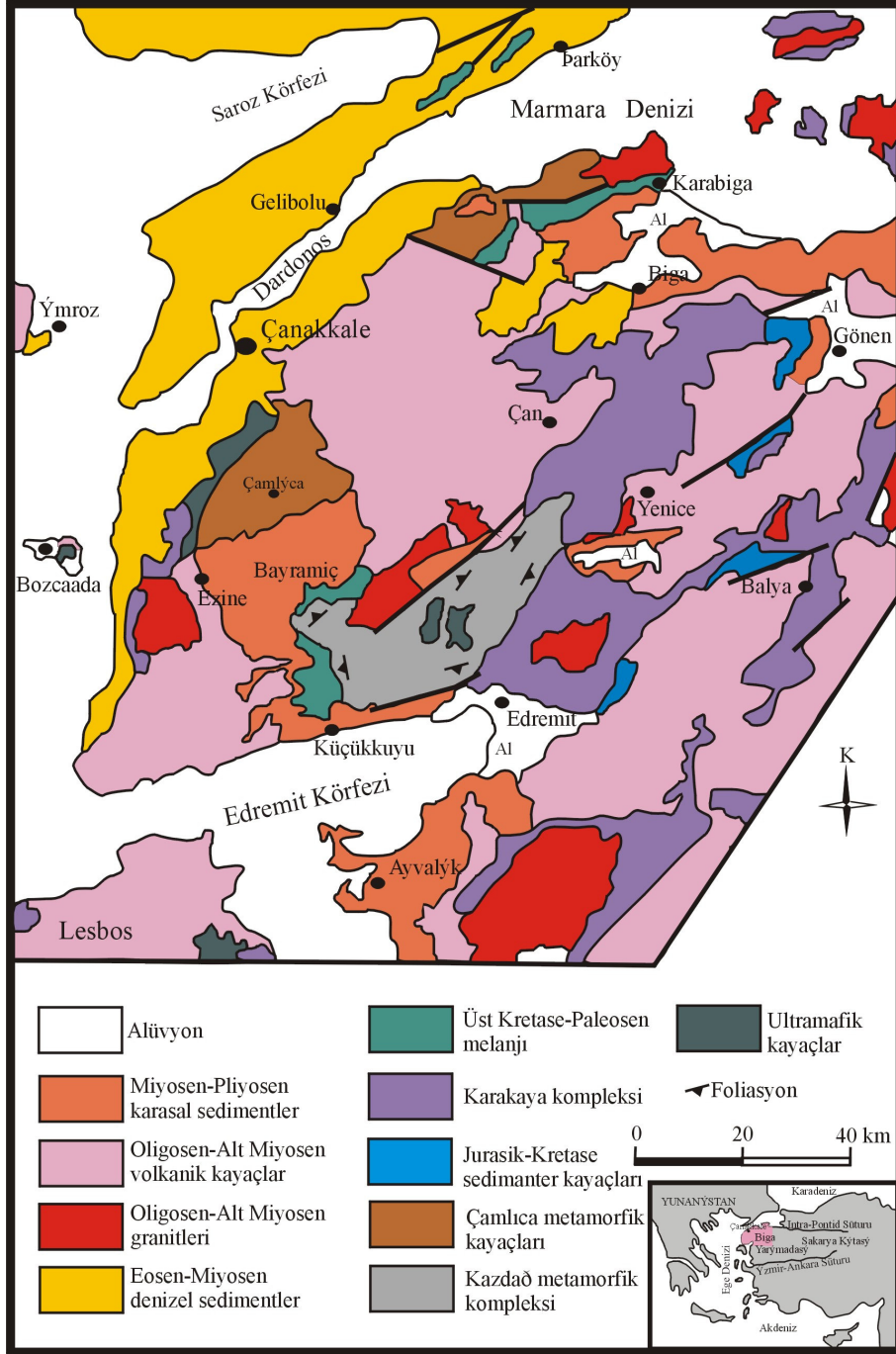
türemişlerdir. Okay ve diğerlerinin (1996) Kazdağ masifinin gnaysik kayalarından yaptığı radyometrik yaş tayinleri, bunların Orta Devoniyen yaşlı olduklarını (308 ± 16 my) ortaya koymuştur. Gnaysların egemen oldukları düzeyin üstünde kalın bir mermer dizisinin yer aldığına bu alanda yüzeyleyen kayaçlardan gnays ve mikaşistlerin dokanaklarının belirgin olmadığına değinilmiştir. Daloba köyü (Bayramiç) dolaylarında mermerler, muskovitli ve kloritli kuvarsitlerle geçişli görülür. Bu alanda, Evciler plütünü yörede yüzlek veren metamorfik birimleri kesmiş olup, dokanaklarında vollastonitli skarn zonları görülmektedir.

Metamorfize olmuş ofiyolit birimi; metabazit, mikaşist ve metaultramafit kayalarından oluşmakta olup, Karaköy ve dolayları ile Bardakçılar (Çan) güneybatısında yüzeyler.

Metabazitler; yeşil ve tonlarında, iyi yapraklı kayalardır. Karaköy kuzeyindeki mostralarda bantlı dokuludurlar. Çoğunlukla mikaşistlerle aralanmalı bulunurlar. Metaultramafitler; koyu yeşil renkli ve gnaysik foliasyonlu olup, gnays ve diğer metamorfik kayalarla uyumlu durmaktadırlar.

Metamorfik volkano-sedimenter birlik; Kazdağ yöresinde gözlenen en düşük dereceli metamorfik birimdir. Kızıltepe ile Saraycık köyleri arasında ve daha doğuda Çırpılar köyü dolaylarında mostra verir. Birimin ana litolojileri; metagrovak, arkozik metakumtaşı, metasilttaşı, metaşeyl – metaçamurtaşı ve metaspilitlerdir. Kırıntılı kökenli kayalar yeşil, gri – bej renkli, nispeten iyi yapraklı ve oldukça homojendir. Metaspilitler mor – yeşil renkli olup, masif yapıdadır. Çırpılar köyü civarında seyrekçe rekrystalize kireçtaşı blokları içerir. Birimi oluşturan sedimenter kayalarda çökel yapı ve dokular belirgindir. Bu birimin en geniş mostralalarının görüldüğü yer olan Kızıltepe köyü civarında birimin alt düzeyleri kuvars, kloritşist, kalkışist ve mikalı metasilttaşı aralanmasından oluşur. Üste doğru silttaşı katmanları metaşeyl ve metagrovak ara katkıları kapsar. İstifin bu seviyeleri makaslanmalı olup, parçalanmış filiş görünümündedir. Bu nedenle metagrovaklar, silttaşı ve şeyler arasında buden ve fakoyit halini almışlardır. Bu düzeyin üstünde orta – kalın katmanlı arkozik kumtaşlarının egemen olduğu bir zona ulaşılır. Arkozlar daha üstte grimsi – bej renkli, şeyl ve spilitik ultramilonit zonu geliştirmiş olan büyük bir fay ile kesilmiştir. Fayın kuzeyinde metaspilitik kayalar egemen hale gelir (Okay, 1989). **Kazdağ metamorfik topluluğunu** oluşturan bu litoloji grupları, Tersiyer yaşlı

magmatik kayalarca (plütonik ve volkanik) kesilmekte ve/veya volkanik ve Neojen yaşı, kaba kırıntılı çökel kayalarla örtülmektedir.



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

Kazdağ grubu üzerinde tektonik bir dokanakla, aktif kıta kenarı çökelleri ile temsil edilen değişik tektonostratigrafik birimlerden oluşan Alt-Orta Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi bulunmaktadır. Karakaya kompleksi içerisinde, birbirleriyle olan ilişkileri çok net olmamakla birlikte, benzer yaşta fakat değişik havza koşulları ve tektonik ortamları yansıtan dört farklı birim adlanmıştır. Bu birimler alttan üste doğru, Nilüfer birimi, Hodul birimi, Orhanlar Grovakı ve Çal birimidir (Okay, 1989).

Karakaya kompleksi birimleri üzerinde, tabanda konglomera ile başlayan, üste doğru kireçtaşları ile devam eden ve ammonica rosso fasiyesinde gelişmiş neritik kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarıyla son bulan Jura yaşlı karbonatlı kayalar yer alır (Okay, 1989). Bu birimlerden, taban konglomerası ile başlayan üste doğru kireçtaşlarına geçen birim, Okay (1989) tarafından Bayırköy Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Bayırköy Formasyonu üzerine gelen açık renkli, kalın katmanlı, yer yer masif görünümlü birimin ismi ise Bilecik kireçtaşlarıdır.

Tüm bu birimlerin üzerinde tektonik bir kontakla Neotetis'in kuzey kolunun ürünleri, Üst Kretase-Paleosen yaşlı Çetmi ofiyolitik melanji durmaktadır. Çetmi Ofiyolitik Melanji, başlıca spilitleşmiş mafik volkanik kayalardan (% 45), çeşitli türde kireçtaşlarından (% 32), grovak - şeylerden (%15), düşük oranda radyolarit, çört, serpantinitle büyük eklojit mikaşist ve eklojit tektonik dilimlerinden oluşur (Okay ve Satır, 2000). Birim alacalı, düzensiz, polilitolojik karakterini yansıtmaktadır. İnceleme alanı yakınlarında, Bayramiç güneyinde Kazdağ metamorfitlelerinin batısında geniş bir alanda mostra veren Çetmi Ofiyolitik Melanji başlıca spilit, kireçtaşı, şeyl ve grovaktan oluşur. Melanjin %90'ını oluşturan bu kayalar dışında az miktarda serpantinitle ve radyolarit de bulunur. Spilitler koyu yeşil, siyahımsı yeşil renkli, genellikle ince taneli ve serttir. Spilitlerden sonra ikinci önemli litolojiyi ise kireçtaşları oluşturur.

Biga Yarımadası'nda Tersiyer dönemi, yaygın bir magmatik aktiviteye sahne olmuştur. Bu magmatik aktivitenin ürünleri hem plütonik hem de volkanik kayalardır. Çeşitli evrelerde etkin olan asidik magmatizmanın ürünleri çoğunlukla granit, granodiyorit ve diyorit bileşimlidir. Önceki yıllarda bölgede çalışan araştırmacılar (Öngen, 1978; Dayal, 1984; Birkle ve Satır, 1995; Genç ve Yılmaz, 1995; Genç, 1998; Bozkurt, 2000) Kestanbol, Evciler, Karaköy plütonlarını Tersiyer

magmatizmasının ürünü ve Biga Yarımadası'nda Alt Miyosen volkanizmasına bağlı olarak gelişen sığ sokulumlar olarak tanımlamışlardır. Plütonlar KD-GB uzun eksenli eliptik magmatik kütlelerdir ve bunlar ince taneli, benzer bileşimli volkanik kayalarla çevrelenmiştir (Karacık, 1995 ve Yılmaz,1998). Biga Yarımadası'nda Üst Eosen'den başlayıp Üst Miyosen sonlarına kadar devam eden süreçte oluşan volkanik kayalar, saha ve laboratuvar çalışmalarına dayandırılarak altı gruba ayrılmışlardır (Ercan ve diğ., 1995). Bunlar; Eosen yaşlı Balıklıçeşme volkanitleri, Oligosen yaşlı Çan volkanitleri, Üst Oligosen yaşlı Kirazlı volkanitleri, Alt – Orta Miyosen yaşlı Behram volkanitleri, Orta Miyosen yaşlı Hüseyinfaki volkanitleri ve Üst Miyosen yaşlı Ezine bazaltlarıdır. Bunlara ilaveten, daha genç dönemde oluşmuş ve Taştepe bazaltı olarak adlandırılmış olan (Şentürk ve Karaköse, 1987) alkali bazaltik kütleler de yer almaktadır.

Volkanik kayalarda petrografik ve jeokimyasal çalışmaların yanı sıra, K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş ölçümleri ile Stronsiyum ve Neodmiyum izotop oranı ölçümleri de ($^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ ve $^{143}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd}$) yapmışlardır (Ercan ve diğ.,1995); Bu çalışmaya göre, Eosen – Orta Miyosen aralığında oluşan tüm volkanitler kalkalkalen, sadece Üst Miyosen yaşlı volkanitler alkali niteliktedir. Jeokimyasal ve izotopsal çalışmalar, kalkalkalen volkanizmayı oluşturan magmanın yüksek derecede kabuksal kirlenmeye uğrayıp melez bir nitelik kazandığını, alkali volkanizmayı oluşturan kaynağın ise farklı olup heterojen bir manto malzemesinin kısmi ergimesi ile meydana geldiğini göstermektedir. Volkanitler, bölgedeki tektonik rejim ile de ilişkili olup, kalkalkalen volkanitler, sıkışma rejiminin egemen olduğu bir ortamda, alkali volkanitler ise gerilme rejiminin etkisiyle meydana gelmişlerdir.

Biga Yarımadası'nda Tersiyer volkanizması ilk olarak Eosen'de başlar. Biga Yarımadasının kuzey kısmında Lapseki – Biga ilçeleri arasında, daha batıda yer alan Gelibolu Yarımadası'nda yüzlek vermektedir. Bu bölgede andezitik lav ve tüfler Fıçıtepe Formasyonu olarak adlandırılan (Siyako ve diğ., 1989) ve delta düzlüğü – flüviyal çökeller olarak tanımlanan ince kömür arakatlı konglomera, kumtaşı ve şeyllerle ardalanmalı olarak ortaya çıkmışlardır. Bu birimler tipik olarak Lapseki ilçe merkezi dolaylarında yer almakta ve bazen de ofiyolitli melanaj birimleri ile yaşlı fosillerle saptanmış Orta Eosen yaşlı Soğucak Kireçtaşı arasında bulunmaktadır.

Orta Eosende bölgede önemli bir transgresyon başlamış, sıg denizel kireçtaşları (Soğucak kireçtaşı) çökelmiştir. Bu sırada Eosen volkanizması devam etmesi nedeniyle andezitik türde lavlar oluşmuştur. Daha sonra Üst Eosene doğru Biga ve Gelibolu yarımadalarını kapsayan havzanın güney şelfi giderek derinleşmekte ve genellikle türbiditlerden oluşan Ceylan Formasyonu (Ünal,1967; Siyako ve diğ., 1989) çökelmeye başlamıştır. Alt Eosenden başlayarak tüm Eosen boyunca yüzlekler veren, andezitik ve dasidik lav ve tüflerden oluşan Eosen volkanizması, tipik olarak gözlendikleri Balıklıçeşme yerleşim merkezinden (Biga KB'sı) dolayı "Balıklıçeşme volkanitleri" olarak adlandırılmıştır (Ercan ve diğ., 1995).

Eosen volkanitlerinden alınan örneklerde yapılan petrografik incelemeler sonucunda; andezitik lavların porfirik dokulu, kloritleşmiş ve killeşmiş plajiyoklas mikrolitleri, piroksen ve opak mineral bulunduran hamur içerisinde plajiyoklas fenokristalleri, biyotitleşmiş ve opaklaşmış hornblend kırıntıları ve diyopsitik öjit kristalleri ile belirgin oldukları, dasidik lavların ek olarak kuvars kristalleri içerdikleri saptanmıştır. Plajiyoklaslar egemen durumda olup, dilinimlerinden itibaren değişime, bozuşmaya başlamışlardır. Zonal yapı sunanlarda kaolenleşme bu yapıya uyumludur ve andezin-oligoklas türdedir. Hafif biyotitleşme ve kloritleşme sergileyenlerle, kenarlarında turuncu renkli opaklaşma içerenler de bulunmaktadır (Ercan ve diğ., 1995). Kuvars kristalleri özşekilsiz ve yuvarlağımsıdır. Yer yer de küçük apatit kristalleri bulunmaktadır. Tüfler genellikle litik tüf özellikleri taşırlar. Üst Eosen yaşlı Ceylan Formasyonu içinde bulunan ve "Ceylan Tüfleri" olarak adlandıkları tüf birimlerinde inceleme yapan Uygur (1994), bunların çoğunlukla vitrik, nadiren kristalin tüf olduklarını belirterek denizel ortamda oluşan iki farklı litofasiyes ürünü ayırtlamışlardır. Bunlar, iyi yataklanmış laminasyon gösteren yeşil renkli tüfler ile yer yer karbonatlı – silisli beyaz tüflerdir.

Eosen volkanizmasının ait son evrelerinde oluşmuş, Balıklıçeşme yakınından alınan dasidik bir lav örneğinde K/Ar yöntemiyle radyometrik yaş tayini yapılmış ve $37,3\pm 0,9$ milyon yıllık (Üst Eosen sonu) bir yaş elde edilmiştir (Ercan ve diğ.,1995).

Çan Volkanitleri

Bölge, Alt Oligosenden itibaren tamamen kara haline geçerek yükselmiş ve özellikle Çan-Etili çevresinde, Edremit dolaylarında, Çanakkale doğusunda ve Gökçeada'da yaygın alanlar kaplayan andezit, dasit, riyodasit türde lav, tüf ve aglomeralardan meydana gelen karasal bir volkanik evre etkin olmuştur. Tüf ve lavların büyük bir kısmı alterasyona uğramış, pek çoğu da silisleşmiştir. Bunlar arazide beyaz, sarı, kırmızı, kahve, yeşil ve mavi renklerde çok farklı konumlarda bulunurlar. Silisleşen tüfler sert ve midye kabuğu kırılmalıdır. Ayrışmamış olan lavlar çoğunlukla koyu renklerde olup, kayada çubuklar şeklinde kahverengi plâjiyoklaz kristalleri, gri-siyah biyotit ve koyu gri piroksen fenokristalleri izlenir. Hamur da genellikle bozuşmuştur ve çoğunlukla siyah renklidir. Lavların büyük bir kısmı silisleşmiş, arjilitleşmiş, yer yer de piritleşmiştir. Tüfler içinde yer yer de hidrotermal kuvars damarları bulunmaktadır. Bölgedeki tüm metalik maden yatakları genellikle bu Oligosen volkanizması ile ilişkilidirler. Ayrıca tüflerin ayrışmasıyla da, zengin kaolen yatakları oluşmuştur. Kuzeybatı Anadolu'da Oligosen volkanizması ilk kez Edremit doğusunda Krushensky (1976) tarafından gözlenmiş, "Hallaçlar formasyonu" olarak adlanmış ve radyometrik yaş tayini yapılarak 23.6 ± 0.6 milyon yıllık bir yaş bulunmuştur. Daha sonra Dayal (1984), Yenice dolaylarındaki andezitik lavlarda radyometrik yaş tayinleri yaparak 28.2 ± 1.4 ve 28.0 ± 0.9 milyon yıllık yaşlar saptamış ve Üst Oligosen volkanizmasının varlığı ortaya çıkmıştır. Ercan ve diğerleri (1995) Ayvalık bölgesinde, Ercan ve diğerleri (1986) Bigadiç yöresinde, Ercan ve Günay (1984) ile Ercan ve Gedik (1986), Gelibolu yarımadasında ve Trakya'da, Ercan ve diğerleri (1990) ise Balıkesir'de Oligosen yaşlı volkanizmanın varlığına değinmişlerdir. Ercan ve diğ., (1995)'nin yaptıkları çalışmada ise Oligosen volkanizması, tipik olarak Çan çevresinde görüldüğünden "Çan volkanitleri" olarak adlanmış ve Gökçeada'daki yüzleklerinden alınan iki örnekte K/Ar yöntemi ile yapılan radyometrik yaş ölçümü sonucunda 34.3 ± 1.2 ile 30.4 ± 0.7 milyon yıllık iki yaş saptanarak volkanizmanın Alt Oligosen sonlarından itibaren etkin olduğu saptanmıştır.

Önceki araştırmacılar tarafından ölçülen 28.2 ± 1.4 ve 23.6 ± 0.6 milyon yıllık yaşlar ise volkanizmanın Üst Oligosen sonlarına değin devam ettiğini

göstermektedir. Ancak kimi araştırmacılar bölgedeki Oligosen volkanizması ile daha sonra etkin olan Miyosen volkanizması birbirinden ayırmayıp bütünüyle Miyosen yaşlı olarak düşünmektedir. Örneğin Siyako ve diğ., (1989) Çan volkanitlerle ait yüzlekleri "Doyran volkanitleri" olarak adlandırmış ve Alt Miyosen yaşta olduklarını kabullenmişlerdir. Çan volkanitleri Kuzeybatı Anadolu'da zengin metalik maden yatakları içermeleri açısından büyük önem taşırlar. Hidrotermal alterasyon son derece yoğun olup, alterasyonun geliştiği yörelerde silisleşmiş zonlar içinde Au, Ağ, Pb, Cu, As, Mo ve Hg yataklanmaları oluşmuş ve binlerce yıldan beri işletilmektedir. Özellikle Edremit dolaylarında ve Çanakkale-Bayramiç arasındaki altın yatakları önemlidir. Edremit dolaylarında çalışan Koç ve diğ., (1994) volkanitlerin, alterasyon derecesine göre, hafif altere volkanitler, arjilit zon, silisifiye zon ve sülfidik zon olmak üzere 4 farklı üniteye ayırtılabileceklerini belirtmişlerdir. Epitermal metalik maden yatakları daha çok silisifiye zonlarında bulunmaktadır.

Üst Oligosen yaşlı Çan volkanitlerinden alınan örneklerde petrografik incelemeler sonucunda; örneklerin çoğunun andezitik, ender olarak da dasitik türde olduklarını, porfirik ve mikrolitik-porfirik dokulu olup, plajiyoklazların mikrolitler ve fenokristaller şeklinde genellikle zonlu yapı gösterdiklerini, çoğunlukla andezin, yer yer oligoklaz türde olduklarını ve kaolenleşme gösterdiklerini saptamışlardır (Ercan ve diğ., 1995). Plajiyoklazlar yer yer de silisleşme ve kloritleşme gösterirler. Amfiboller, hornblend türde olup, irili-ufaklı kristalleri yarı özşekilli veya özşekilsizdir ve opaklaşma şeklinde altere olmuştur. Yeşil-sarı tonda pleokrizma sunarlar. Klinopiroksenler (ojit) irili, ufaklı olup, özşekilsiz, yarı özşekilli ve bazı kristalleri çatlaklıdır. Bazen de küçük özşekilli ojit kristalleri bir araya gelerek kümelenme yapmışlardır. Biyotitler, daha az olarak bulunurlar ve kenarlarından ve dilinimlerinden itibaren opaklaşma izlenir. Bir kısmı da kloritleşmiştir. Talî mineral olarak da ufak kristaller şeklinde apatitler ve opak mineraller bulunmaktadır. Gaz boşluklarında yer yer ikincil kuvars dolgusu görülmektedir. Ender olarak dasitik türde olan lavlarda özşekilsiz ve yuvarlağımsı kuvars kristalleri yer almaktadır. Hamur, kristalen ve çok ince mikrolitlerden oluşmuş, silisleşmiş ve karbonatlaşmıştır (Ercan ve diğ., 1995).

Kirazlı volkanitleri

Çan volkanitlerinin yaygın yüzlekler meydana getiren andezitik ve yer yer de dasitik nitelikli lav, tuf ve aglomeralarının oluşumlarının son evrelerinde, volkanizma nitelik değiştirmiş ve genellikle dayklar, yer yer de lav akıntıları şeklinde, trakiandezit ve bazaltik türde siyah renkli küçük yüzlekler meydana getirmişlerdir. Biga yarımadasının orta kesiminde KB-GD yönde kırık hatları boyunca gözlenen bu küçük yüzlekler en iyi izlendikleri Kirazlı yerleşme merkezi göz önüne alınarak "Kirazlı volkanitleri" olarak adlandırılmışlardır (Ercan ve diğ., 1995). Kirazlı volkanitleri bazen bazaltik bazen de trakiandezitik bileşimdedirler. Ancak çoğunluğu oluşturan trakiandezit türde olanları da arazide, içerdikleri mafik minerallerin bolluğu, siyah ve çok koyu yeşil renkte olmaları, dayklar şeklinde izlenmeleri ve altigen sütunsal soğuma biçimleri gibi özellikleriyle bazaltik lavları andırmakta; ayrıntılı petrografik ve jeokimyasal çalışmalar sonucunda trakiandezit, bazaltik andezit, ender olarak da hyaloandezit ve latit olarak adlanabilecekleri belirlenmektedir. Yer yer de ignimbrit türde yapılar sunmaktadırlar.

Behram volkanitleri

Biga Yarımadasında Alt-Orta Miyosen boyunca çeşitli evrelerle yoğun bir volkanizma egemen olmuş ve andezit, dasit, riyodasit, latit türde lav, tuf ve aglomeralar ile geniş alanlar kaplayan ignimbritler meydana gelmiştir. Kuzeybatı Anadolu'da iyi tanınan ve geniş alanlar kaplayan Alt-Orta Miyosen volkanizması, ilk kez Akyürek ve Soysal (1983) tarafından Bergama güneyinde "Yuntdağ volkanitleri" olarak adlandırılmış, daha sonra Dikili dolaylarında Ercan ve diğ., (1984a) tarafından, Edremit Korucu dolaylarında Ercan ve Günay (1984) tarafından, Bigadiç dolaylarında Ercan ve diğ., (1984b) tarafından ve Ayvacık çevresinde Gevrek ve diğ., (1986) tarafından çalışılmış ve tanımlanmıştır. Biga yarımadasında Alt-Orta Miyosen volkanizması Siyako ve diğerleri (1989) tarafından "Ezine volkanitleri" olarak adlandırılmış, ancak yaşlarının Orta-Üst Miyosen olduğu öne sürülmüştür. Buna karşın, yapılan tüm radyometrik yaş belirlemeleri 21.5 ile 16.8 milyon yıl arasında (Borsi ve diğ., 1972) Alt-Orta Miyosen yaşını vermektedir. Ercan ve diğ., (1995) tarafından "Behram volkanitleri" olarak adlandırılan Alt-Orta Miyosen

volkanizmasının lavları andezit, dasit, riyodasit, latit türde olup gri, siyah, sarı, pembe ve bordo renklerde izlenir. Yer yer çok sert, bol çatlaklı olan lavlarda tipik akma yapıları gözlenir. Bazen de domsal yapı ve volkan çivileri (neck) yapıları tipiktir. Tüfler, gri, sarı ve beyaz renklerde olup yer yer kaolenleşmiştir.

Hüseyinfaki volkanitleri

Biga Yarımadasının güney kısmında Behram (Assos) dolaylarında, Alt-Orta Miyosen yaşlı Behram volkanitlerini meydana getiren volkanizmanın son evrelerinde bunları keserek dayklar ve lav akıntıları şeklinde küçük yüzlekler veren bazalt ve trakiandezit türde lavlar da saptanmış ve "Hüseyinfaki volkanitleri" olarak adlandırılmışlardır (Ercan ve diğ., 1995). Gerek arazi görünümleri, gerekse petrografik ve jeokimyasal özellikleri ile Üst Oligosen yaşlı Kirazlı volkanitleri ile büyük ölçekte benzeşme göstermekte olup, ayırtlanmaları çok güçtür. Hüseyinfaki volkanitleri de Kirazlı volkanitleri gibi bazalt ve trakiandezit türde olup, trakiandezitik lavlar çoğunluğu oluşturmakta ve arazide bazalt görünümünde yüzlekler vermekte, ancak yapılan ayrıntılı çalışmalarla trakiandezit, bazaltik andezit, ender olarak da hiyalandezit ve latit türde oldukları belirlenmektedir.

Ezine bazaltı

Biga yarımadasında Üst Miyosen sonlarına doğru meydana gelen Tersiyer volkanizmasının son evresi ile alkali olivin bazaltik lavlar oluşmuştur. Bunlar genç açılma çatlakları boyunca yeryüzüne çıkarak yayılmış ve küçük yüzlekler oluşturmuşlardır. Bazen de ender olarak dayk ve domsal yapı da göstermektedirler. Ayvacık-Ezine arasında ve Tavsan adalarında yüzlekler verirler. Ezine yakınlarındaki bir örnekte Borsi ve diğ., (1972) tarafından yapılan radyometrik yaş belirlenmesiyle 9.7 milyon yıllık bir değer (Üst Miyosen) elde edilmiştir. Buna karşın bölgede çalışan Bingöl ve diğerleri (1973), bu bazaltların Kuvaterner yaşta olduklarını öne sürmüşler, ayrıca Siyako ve diğerleri (1989) ile Ertürk ve diğ., (1990) gibi bazı araştırmacılar, bu birimleri "Taştepe bazaltı" olarak adlandırmış ve Pliyo-Kuvaterner yaşta meydana gelmiş olabileceklerini belirtmişlerdir. Ercan ve diğ., (1995) tarafından değişik yüzleklerden alınan 5 farklı örnekte K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş ölçümleri yapılarak 11.0 ± 0.4 ; 10.1 ± 0.2 ; 9.9 ± 0.6 ;

9.5±0.3 ve 8.4±0.3 milyon yıllık sonuçlar elde edilerek bölgede 'Ezine bazaltı" olarak adlandırılan bu alkali bazaltların salt Üst Miyosen sonlarına doğru yüzlekler verdikleri saptanmıştır. Ezine bazaltı yüzleklerine daha kuzeybatıda Trakya Yarımadasında da rastlanmaktadır.

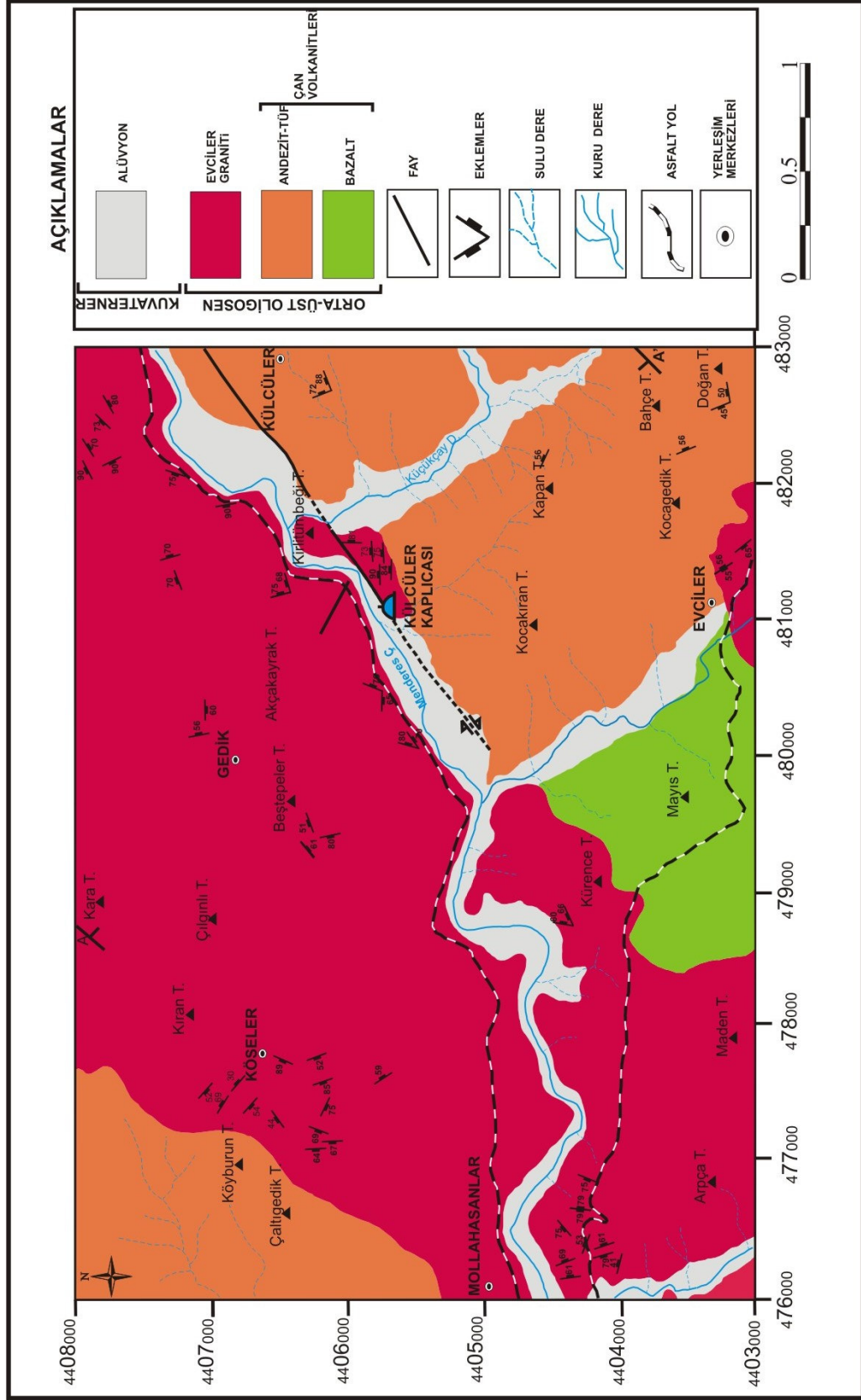
Biga Yarımadası'nda Orta-Üst Miyosen'den Kuvaterner'e kadar geçen sürede çökelmiş tortul kayaçlar da mevcuttur. Bu çökeller, çoğunlukla karasal yer yer de gölsel ortam çökelleridir. Karasal çökeller, Biga Yarımadası'nın iç kesimlerinde, Erken – Orta Miyosen volkanizması ile eş zamanlı veya bu birimlerin oluşumunu takip eden dönemde oluşmuşlardır. Karasal ve gölsel birimler, faylarla sınırlandırılmış yükselimlerle birbirlerinden izole edilmiş kapalı göl havzalarında çökelmişlerdir. Çan çevresinde, bitümlü şeyl, silttaşı, kumtaşı ve kömürlerden oluşan bu birimler Çan Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Siyako ve diğ., 1989). Biga ve Gelibolu Yarımadaı'nda, Pliyo-Kuvaterner döneminde çakıtaşı, kumtaşı ve şeylden oluşan flüviyal sedimanlar ile gölsel karbonatlardan oluşan Bayramiç Formasyonu çökelmiştir (Siyako ve diğ., 1989). Birimin en iyi gözleendiği alan Menderes Çayı'nın kuzeyi, Manyas ve Gönen arasındadır.

3.2. Çalışma Alanının Jeolojisi

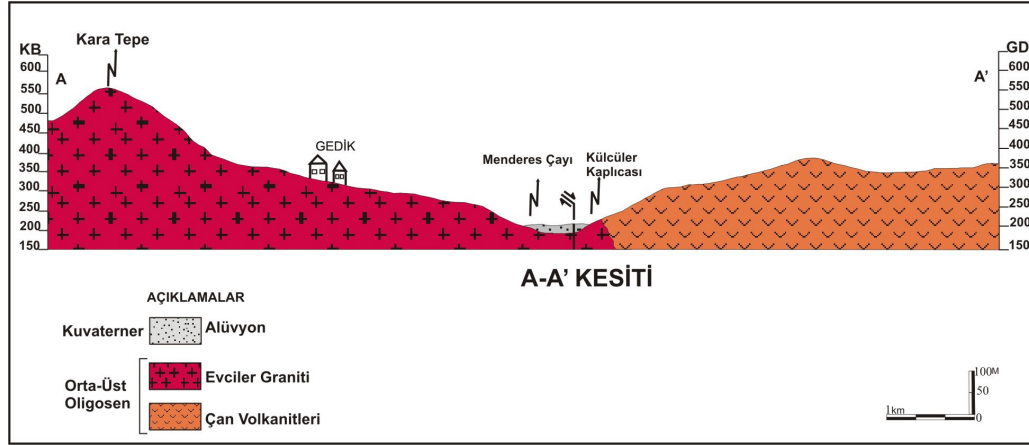
İnceleme sahasının da içerisinde yer aldığı Biga Yarımadası Tersiyer başlarından itibaren yoğun bir magmatik aktiviteye maruz kalmıştır. Bu magmatik aktivitenin ürünleri hem volkanik hem de plütonik kayaçlardır. Literatürde Evciler plütönu olarak isimlendirilen (Genç, 1998) birime ait granit, granodiyorit türü kayaçlar, inceleme sahasının büyük bir bölümünde mostra verir (Şekil 3.2). Özellikle Köseler, Gedik ve Mollahasanlar köyleri civarında yoğun olarak izlenebilen Evciler plütönu, aplit dayklarınca kesilmektedir. Magmatik aktivitenin diğeri ürünleri ise, değişik litoloji ve karakterdeki volkanik kayaçlardır. İnceleme sahasında birbirlerinden farklı karakterlerde olduğu, petrografik incelemelerle belgelenen iki farklı volkanik kayaç ayrımlanmıştır. Bunlardan birincisi, altere rengi yeşilimsi, sarı, kırmızı, taze yüzeyi beyazımsı, sarımsı, bej, renkli tuf, andezitik tuf ve grimsi, morumsu, yeşilimsi andezitlerdir. Diğeri ise; siyah renkli bazaltlar ve yeşilimsi kahve renkli spilitik bazaltlar olarak tanımlanmıştır. Petrografik tanımlamalar önceki

çalışmalarla deneştirilmiştir. Buna göre volkanik kayaçların, Çan volkanitleri (Ercan ve diğ., 1995)'nin eşdeğeri olduğu düşünölmektedir. Çan volkanitlerinden yapılan radyometrik yaş tayinleri (Ercan ve diğ., 1995), bu kayaçların 28.2 ± 1.4 ile 28.0 ± 0.97 milyon yıl arasında bir dönemde yani Orta-Üst Oligosen döneminde geliştiklerini göstermiştir. İnceleme alanında bu volkanitleri kesen Evciler plütönu ise radyometrik yaş verilerine göre 25 ± 0.3 milyon yıl (Üst Oligosen) (Genç, 1998) olduğunu vurgulamaktadır (Şekil 3.3).

İnceleme sahası içerisinde en genç birimler ise; Menderes çayı ve onun uzantısı niteliğindeki diğör çayların etrafında, akarsu teras çökelleri ve taşkın ovası çökellerinden oluşan alüvyonal birimler gözlenmektedir.



Şekil 3.2. Çalışma Alanının Jeolojisi Haritası



Şekil 3.3. İnceleme alanına ait jeolojik kesit

3.2.1. Çan Volkanitleri

İnceleme alanı içerisindeki volkanik kayalar, ilk defa Krushensky (1976) tarafından Hallaçlar formasyonu olarak adlandırılmıştır. Ercan ve diğ. (1995) birimi, “Çan Volkanitleri” olarak isimlendirilmiştir. Volkanitlerin yaşı, Dayal (1984) tarafından Yenice dolaylarındaki andezitik lavlardan yapılan radyometrik yaş tayini (K/Ar) sonucunda 28.2 ± 1.4 ve 28.0 ± 0.97 milyon yıl bulunmuş olup, Orta-Üst Oligosen’dir.

Çan volkanitleri içerisindeki tüf ve lavların büyük bir kısmı alterasyona uğramış, pek çoğu da silisifiye olmuştur. Tüfler arazide beyazımsı, sarımsı, bej renklerde; Andezitler ise grimsi, yeşilimsi renklerde.

İnceleme sahasında birbirlerinden farklı karakterlerde olduğu, petrografik tayinlerle belgelenen iki farklı volkanik kayac ayımlanmıştır. Volkanik kayalardan, andezit ve tüfden oluşan birim arazi ve petrografik çalışmalar sonucunda Çan Volkanitleri olarak tanımlanmıştır. Diğer birim ise bazik bir magmadan meydana gelmiş bazalt ve spilitik bazaltlardan oluşmaktadır.

3.2.1.1. Litoloji ve Tanım

Andezit-Tüf

Çalışma sahasında andezit-tüfler, Evciler beldesinin kuzeyinde, Kocakıran Tepe, Kapan Tepe, Kocagedik Tepe civarında, Köseler köyünün batısında, Çaltıgedik Tepe ve Köyburun Tepe dolaylarında mostra vermektedir. Birim en iyi, Kocakıran Tepeden Külçüler kaplıcasına doğru akan dere boyunca gözlenmektedir (Şekil 3.4). Birim tabanda, grimsi renkli, masif görünümlü andezitler ile başlamakta, üste doğru ara seviyeler halinde beyazımsı, sarımsı, bej renkli, genellikle masif yer yer tabakalı tüfler ile devam etmekte, tüfler içerisinde silisleşmelerde gözlenmektedir. Üste doğru ise yeşilimsi renkli, masif yapılu andezitlerle son bulmaktadır. Andezit-tüf birimi içerisindeki andezit ve tüfler arazide girift bir görünüm sergilediklerinden ayrımlanmamış ve tek bir birim olarak haritalanmıştır.

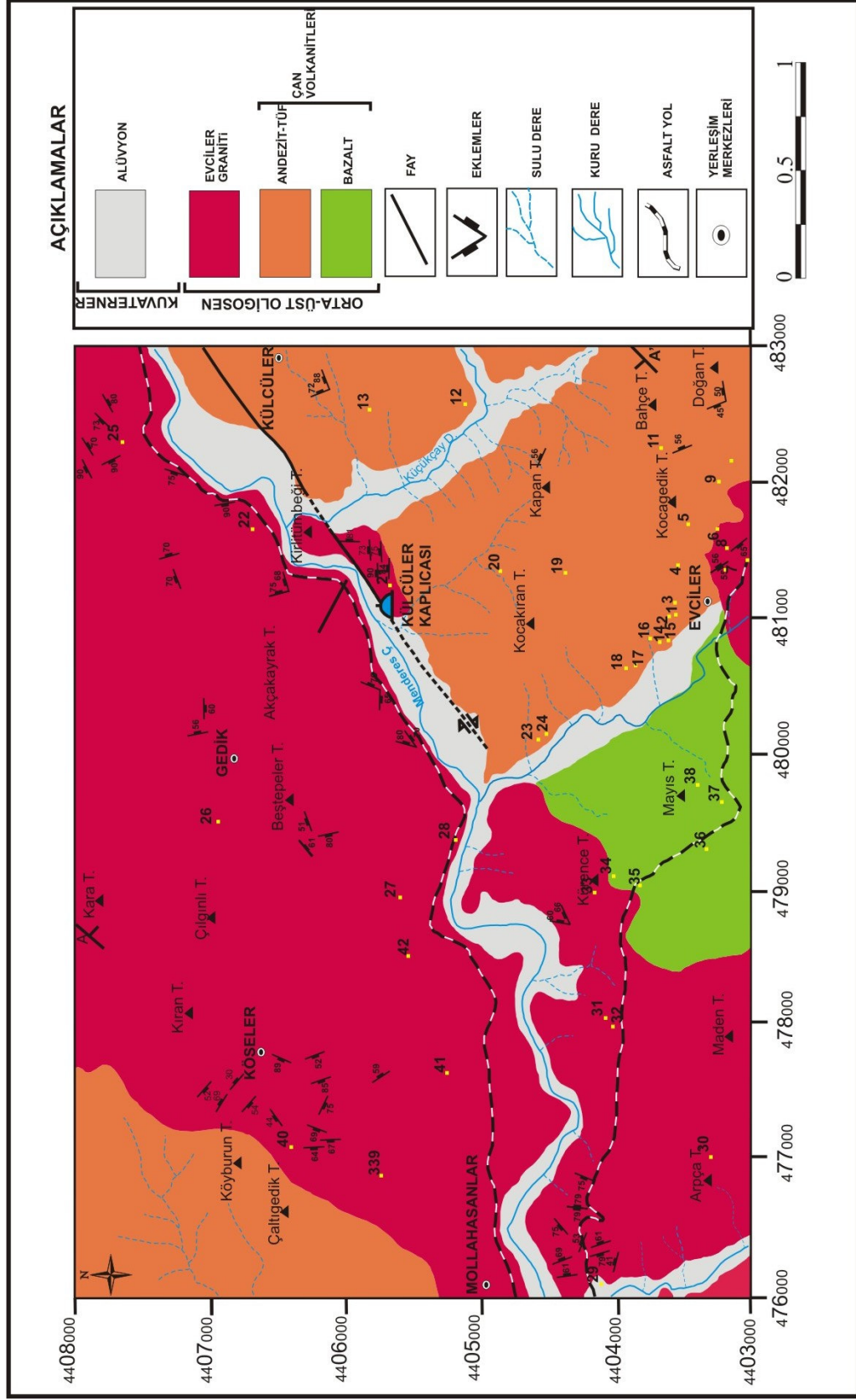
İnceleme alanından petrografik amaçlı 42 adet numune alınmış olup, bu numunelerden 20 tanesine incekesit yapılmıştır. Numunelere ait lokasyon haritası Şekil 3.5’de sunulmuştur. Tablo 3.1’de ise bu numunelere ait petrografik tanımlama sonuçları verilmiştir.



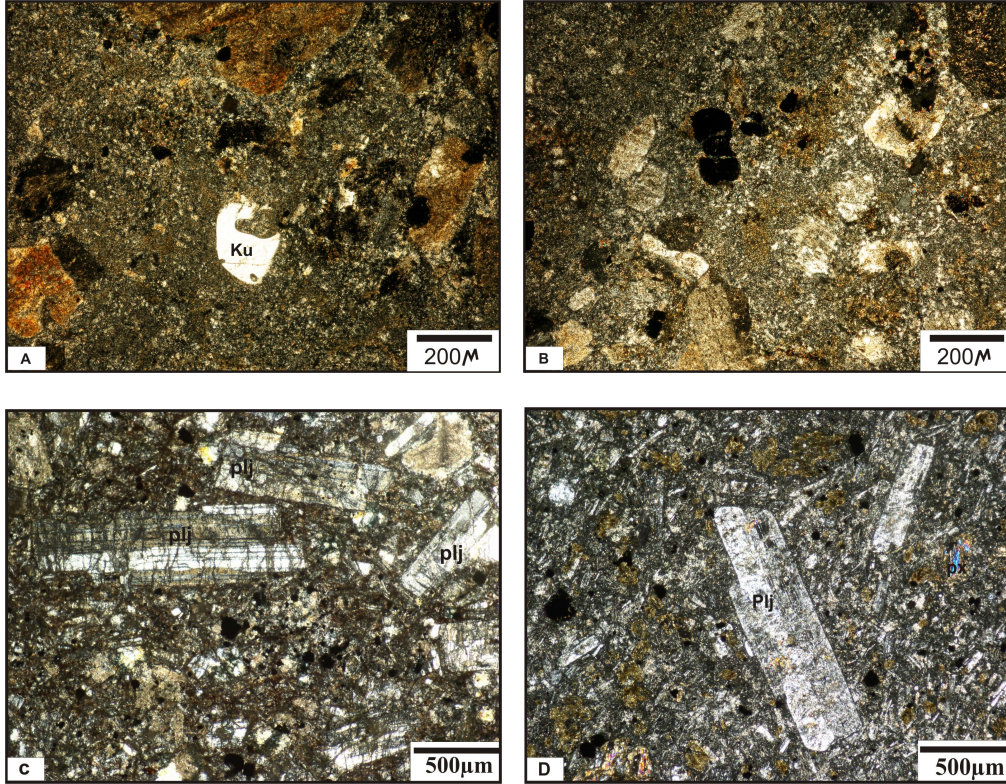
Şekil 3.4. Kocagedik Tepe civarındaki andezit ve tüf birimlerinden bir görünüm (GB’den KD’ya bakış (UTM Koordinatları: 81026 - 03524))

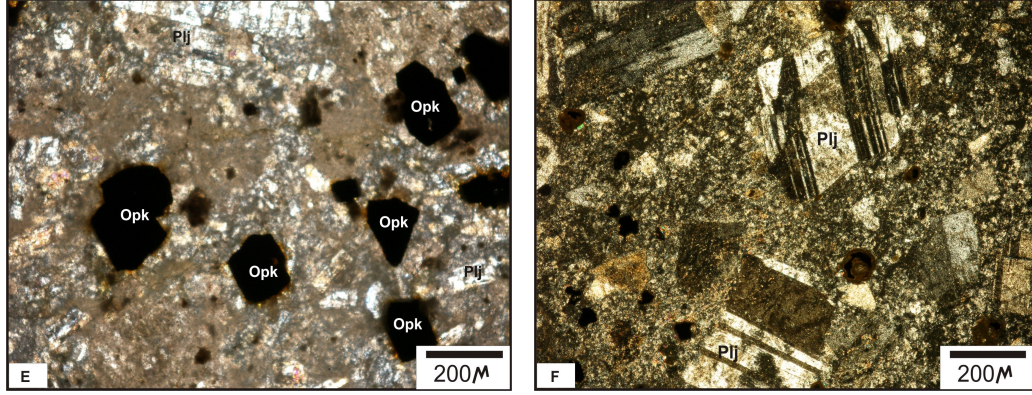
Tablo 3.1. Numune örneklerine ait petrografik sonuçlar

Numune No	Koordinatlar	Mevkii	Kaya türü	Mineralojik bileşim
3	81119 - 03522	Evciler'in B'sı	Tüf	oligoklas, biyotit, yer yer de kuvars parçaları
9	82048 - 03213	Kocagedik Tepe	Andezit	plajioklas, piroksen, opak mineral
10	82131 - 03126	Evciler'in GB'sı	Andezit	plajioklas, piroksen, opak mineral
14	80822 - 09609	Evciler'in KB'sı	Tüf	silisifiye olmuş matriks içinde kuvars fenokristalleri
17	80607 - 03861	Evciler'in KB'sı	Andezit	fenokristaller halinde biyotit ve hornblend min.
18	80607 - 03861	Evciler'in KB'sı	Andezit	plajioklas, piroksen, opak mineral
20	81329 - 04746	Kocakıran Tepe	Tüf	silisifiye olmuş matriks içinde kuvars fenokristal
34	79041 - 03994	Kürencia Tepe	Bazalt	plajioklas, klinopiroksen, opak mineral
35	79069 - 03823	Kürencia Tepe	Bazalt	plajioklas, klinopiroksen, opak mineral
37	79560 - 03060	Evciler GB'sı	Bazalt	plajioklas, klinopiroksen,
38	79831 - 03335	Mayıs Tepe	Bazalt	plajioklas, klinopiroksen, opak mineral
43	77560 - 05149	Kürencia Tepe KD'su	Bazalt	plajioklas, klinopiroksen, opak mineral
7	81372 - 03186	Evciler'in GD'su	Granit	kuvars, biyotit, hornblend
22	81659 - 06594	Külcüler'in KB'sı	Granit	kuvars, biyotit, hornblend
28	79571 - 05100	Gedik'in G'yi	Granodiyorit	plajioklas, kuvars, alkali feldspat, biyotit, hornblend, opak mineral
30	77066 - 03261	Arapça Tepe	Granodiyorit	plajioklas, kuvars, alkali feldspat, biyotit, hornblend, opak mineral
33	77991 - 04221	Kürencia Tepe	Granodiyorit	plajioklas, kuvars, alkali feldspat, biyotit, hornblend, opak mineral
39	76950 - 05851	Köseler'in GB'sı	Granit	plajioklas, hornblend, biyotit
41	77574 - 05208	Köseler'in GB'sı	Granit	plajioklas, kuvars, biyotit



Evciler 400 m KB'sından alınan 3, 9, 10, 14, 17, 18 ve 20 numaralı numunelerden yaptırılan ince kesitlere göre (Tablo 3.1), bu bölgedeki birimlerin bir kısmının andezit bir kısmının ise tuf olduğu anlaşılmıştır. Tüflerden alınan numuneler petrografik incelemeler sonucunda litik ve silisifiye tuf içermektedir. Litik tuf içerisinde andezit, trakit türü kayaç parçacıkları ve oligoklas, biyotit, yer yer de kuvars türü mineral parçaları mevcuttur (Şekil 3.6 A ve B). Andezitler içerisinde biyotit ve hornblend mineralleri belirgindir. Fenokristaller halinde gözlenen hornblend mineralleri yer yer opaklaşmıştır. Bazı andezit örneklerinde ise; kayacın ana mineralini plajyoklas oluşturur. Plajyoklas mineralleri fenokristaller halinde kayaçta gözlenmektedir (Şekil 3.6 C ve D). Plajyoklas kristallerinde polisentetik ikizlenme gözlenir. Piroksen kristalleri tanınması oldukça zor, altere kristaller halinde bulunmaktadır.





Şekil 3.6. Evciler civarından alınan andezit-tüf örneklerinin ince kesit görüntüleri. (A,B) silisifiye olmuş tüf. (A) tüf içerisinde ikincil oluşum olarak bulunan kuvars minerali. (C,D) fenokristaller halinde bulunan plajjoklas minerali, polisentetik ikizlenme göstermektedir. (E) opak mineraller. (F) Aşırı altere olmuş plajjoklas mineralleri. (Çift optik eksen, Plj:Plajjoklas, Opk: opak mineraller px: piroksen)

Fenokristaller çevresindeki hamur ise çok fazla miktarda camsı materyal ile az miktarda feldispat ve opak minerallerden oluşmaktadır(Şekil 3.6 C ve E). Opak minerallerin galenit, kalkopirit, çinkoblend olabileceği düşünülmektedir. El örneklerinde de andezitler içerisinde metalik renkte parlak mineraller bulunmaktadır (Şekil 3.6 E).

Bahçe Tepe eteklerinde ve çevresinde andezitler içerisinde düşey eklem sistemleri gözlenmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Bahçe Tepe eteklerindeki andezitlerde gözlenen düşey eklem sistemleri (UTM Koordinatları: 82240 - 03582)

Evciler köyü'nün 400 m kuzeydoğusunda, Kocagedik Tepe eteklerinde andezit-tüf birimi içerisinde dayk şeklinde uzanan silisli zengin zonlar gözlenmiştir. Bu zonların dış yüzeyi kırmızımsı renkte olup, Fe_2O_3 'ce zengindir. Bu zonlar inceleme alanında 7-8 m uzunluğunda, ortalama 2 m kalınlığında 3 damar şeklinde gözlenmektedir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Evciler'in 400 metre kuzey doğusundaki silisli zonlar (UTM Koordinatları: 81182 - 03474).

Çalışma sahası içerisindeki andezitler arazide sert, tüfler ise daha yumuşak bir görünüm sunmaktadır ve arazide değişik renklerde gözlenmektedir. Silisifiye tüf ise, silisifiye olmuş matris içinde kuvars fenokristalleri ile karakteristiktir. Bu tüfler, çeşitli renklerde olup, genellikle ayrılmış yer yer de sert görümlü olup, midye kabuğu kırılmalıdır (Şekil 3.9 ve Şekil 3.10).



Şekil 3.9. Evcilerin kuzey batısındaki andezitler içerisindeki beyaz tüfler (UTM Koordinatları: 80822 - 03609)



Şekil 3.10. Kocakıran Tepe eteklerindeki bej renkli tüfler (UTM Koordinatları: 80607 - 03861)

Bazaltlar

Çalışma sahası içerisindeki diğer bir volkanik birim ise bazaltlardır. İnceleme sahasında, Evcilerin batısındaki Mayıs Tepe ve Kocasık sırtı civarında yüzlek vermektedir. Bazaltlar siyah, yeşilimsi renklere gözlenmiştir. El örneği düzeyinde tanımlanabilen bileşenleri, sarı benekler şeklinde gözlenen olivin mineralleri içermektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Mayıs Tepe civarındaki yeşil renkli sipilitik bazaltlar (UTM Koordinatları: 79980-03232).

Bazaltlar içerisinde aşırı altere olmuş seviyeler bulunmaktadır (Şekil 3.12).



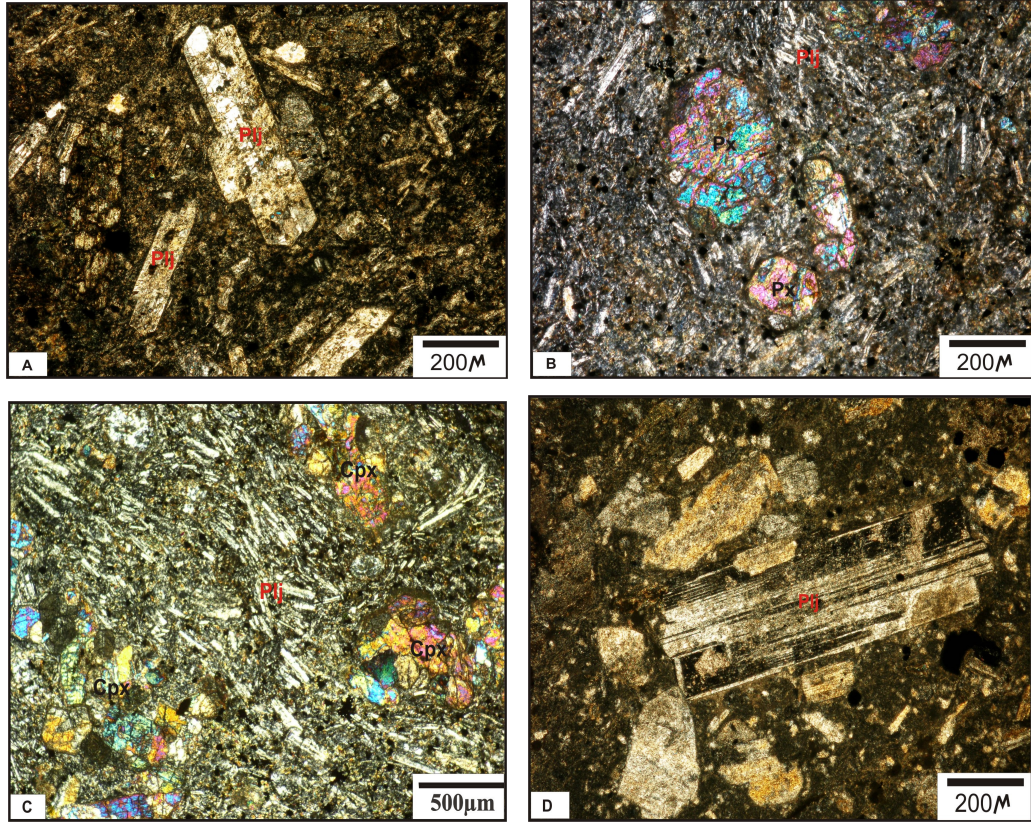
Şekil 3.12. Dış yüzeyleri kırmızımsı renkte aşırı altere olmuş bazaltlar.(UTM Koordinatları:79126-03757)

Evciler KB'sı, Mayıs Tepe civarından alınan 34, 35, 37, 38 ve 43 Numaralı numunelerden yaptırılan incekesitlere göre (Tablo 3.1); Opak mineraller öz şekilli ve özşekilsiz kristal formlarda hamurda dağınık ve yaygın olarak izlenir (Şekil 3.13A

ve D). Kayacın ana mineralojik bileşimini başlıca plajioklas ve klinopiroksen oluşturmaktadır. Piroksen kristalleri örneklerde fenokristaller halinde yer alır. Altere olmamış örneklerinde klinopiroksen kristalleri, canlı girişim renkleri, dilinim izleri ve eğik sönmeleri ile tanınır(Şekil 3.13B ve C). Altere olmuş kristalleri, demiroksit minerallerine ve kalsit minerallerine dönüşmüştür, tanınmaları oldukça zordur.

Plajioklas kristalleri örneklerde fenokristal kristalleri ve hamurda mikrolit kristalcikleri şeklinde yer alır. Albit ikizlenme gösterirler. Hamurda yer alan plajioklas mikrolit kristalleri yönlenme göstererek akma dokusu (trakitik doku) oluştururlar (Şekil 3.13B ve C).

Petrografik incelemelerde albit hamuru içerisinde albit fenokristalleri görülmüştür. Beraberinde ojit Fenokristalleri de bulunmaktadır. Epidotlaşma ve Albitleşme gösterirler.



Şekil 3.13 Evcilerin batısından Mayıs Tepe civarından alınan bazalt numunelerinin ince kesit görüntüleri. (A,D) Ana mineralojik bileşimi plajioklas mineralleri oluşturmaktadır. (B;C) Plajioklas mikrolit kristalleri yönlenme göstererek akma dokusu (takitik doku) oluştururlar. Piroksen kristalleri örneklerde fenokristaller halinde yer alır.(Plj-Plajioklas, Px-Piroksen, Cpx-Klinopiroksen Çift optik eksen)

İnceleme alanındaki bu volkanik kayalar Granitik batolitin etkisi altında kalarak değişime uğramış oldukları düşünölmektedir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Bazalt birimi içerisinde yoğun şekilde gözlenen alterasyonlu seviyeler (UTM Koordinatları: 79560 -0060)

3.2.1.2. Dokanak İlişkisi

İnceleme sahasında, volkanik kayalar ile granitik kayaların dokanak ilişkisi net olarak izlenememiştir. Ancak, daha önceki çalışmalardan derlenen yaş verileri göz önüne alındığında, granitik kayaların, volkanitler içerisinde sokulmuş olabileceği düşünölmektedir. Volkanitler içerisindeki silisleşmiş seviyeler bu görüşü destekler niteliktedir.

3.2.1.3 Yaş

Çalışma sahasındaki volkanik kayalardan gerek andezit-tüf gerekse bazaltlar için bir yaş verisi elde edilememiştir. Petrografik tanımlamaların önceki çalışmalarla denestirilmesi sonucunda volkanik kayalardan Andezit-tüf biriminin daha önceki çalışmalarda “Çan volkanitleri” (Ercan ve diğ., 1995) Olarak tanımlanan kayaların eşdeğeri olduğu anlaşılmıştır. Çan volkanitlerinden yapılan radyometrik yaş tayinleri (Ercan ve diğ., 1995) bu kayaların 28.2±1.4 ve 28.0±097 milyon yıl arasında bir dönemde yani Orta-Üst Oligosen döneminde geliştiklerini göstermiştir.

3.2.2. Evciler Plütönu

Evciler plütönu, Kazdağ Metamorfitleri'nin kuzeyinde, DKD-BKB yönünde uzanan, yaklaşık 180 km² lik bir alanda yüzeyleyen eliptik bir küttedir. Temel kayaları ve volkanitler içerisine sokulmuştur. Kazdağ metamorfitleri ile olan dokanağında 150 – 200 metre genişliğinde albit – epidot- hornfels fasiyesinde bir zon gelişmiştir. Volkanik kayaları ile olan dokanağında ise 100 – 150 metre genişliğinde bir kontak zon gelişmiştir (Genç, 1998). Birkle (1992) yapmış olduğu Rb / Sr yaş tayini sonucunda 25 ± 0,3 my yaş bulmuştur ki, bu dönem Oligosen sonuna karşılık gelir. Kontak metamorfik zondan kenarlara doğru gidildikçe, önce hornfelslere ardından da volkanik kayalara geçilir.

Evciler plütönu başlıca granodiyorit, kuvars monzonit, monzodiyorit ve diyoritten oluşmaktadır. Plütönu başlıca mineralleri plajiyoklas (%35-60) (An% 20-50)+ K-feldispat (Ortoklas –Mikroklin)(%5- 35)+ Kuvars (%35-40)+ Hornblend (magnesio hornblend-aktinolit hornblend)+biyotit± Klinoproksen (ojit-diyopsitojit) dir. ± Sfen, apatit, turmalin, epidot, opak. alterasyonla oluşan ikincil mineraller, epidot, serisit, klorit, kalsittir. Plütönu merkez kısmındaki kayalar orta taneli ve granüler, kenarlara doğru ise doku yavaş yavaş iyi taneli ve porfirittir. Bu doku içerisinde diyorit ve kuvars-diyorit anklavları içerir. Anklavların minerolojik ve kimyasal özellikleri ve plütönik kayaların dokularındaki bu açık farklılığa rağmen aynı kökenli olan anklavlara benzerdir. Aplit dayk ve damarları eklem düzlemleri boyunca plütöna enjekte olmuşlardır (Genç, 1998).

Aşağıdaki verilerin temelinde, Evciler plütönu derin olmayan bir intrüzif kütle olarak yorumlanabilir (Genç, 1998);

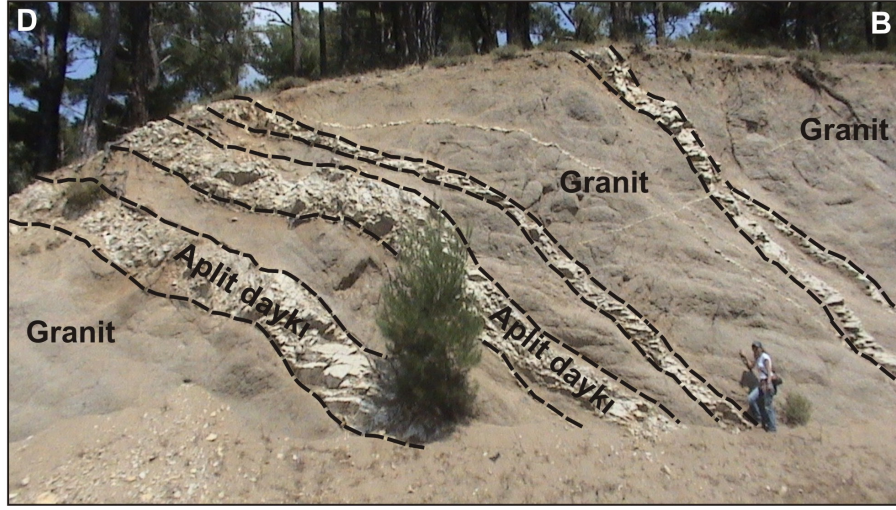
1. Evciler plütönu, Yeşilköy civarında olduğu gibi çatı kalıntıları şeklinde mostra vermektedir.
2. Plütönik kayalar, kenarlara doğru gittikçe porfiritik ve iyi dokuya geçerken merkezde orta taneli ve granülerdir.
3. Plütönu, alt volkanik birlik kayalarını kesmekte ve geniş bir kontak metamorfik zon oluşturmaktadır.
4. Plütönu, mikrodiyorit ve mikro granodiyoritik kayalarla temsil edilmektedir.

3.2.2.1. Litoloji ve Tanım

Çalışma sahası içerisinde granit-granodiyoritler, Köseler, Gedik, Külcüler köyü ve Evciler beldesi güney kesimlerinde yüzlek verir. Arazide granit-granodiyoritler, altere yüzeyi grimsi beyaz renkli, taze yüzeyi ise açık grimsi renkte, bazı yerlerde sert, dayanımlı iken fay zonuna yakın kesimlerde ve volkanitlerle olan kontak kesimlerinde aşırı derecede altere olmuş kum gibi kolaylıkla dağılabilen bir görüntü sunmaktadır (Şekil 3.15). Hornblendli, biyotitli, iri kuvarslı, eklemli bazen arenalanmış halde olup yer yer apolit damarlarıyla kesilmiştir (Şekil 3.16).



Şekil 3.15. Köseler Köyü'ndeki arenitleşmiş granitler (UTM Koordinatları : 77665 - 06421)



Şekil 3.16. Granitler içerisine sokulmuş aplit daykları (UTM Koordinatları: 81954 - 06965)

Granitler içerisine sokulan aplit damarlarının kalınlıkları arazide yaklaşık 10 cm ile 6m arasında değişmektedir. Ayrıca granitler ve aplit daykları üzerinde, bölgesel tektonizmanın etkisiyle düzensiz eklem takımları mevcuttur (Şekil 3.17). Arazi çalışması sırasında bu eklem takımlarından doğrultu ve eğim ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.17. Aplit daykı içindeki eklem takımları.(UTM K ordinatları: 81209 - 05765)

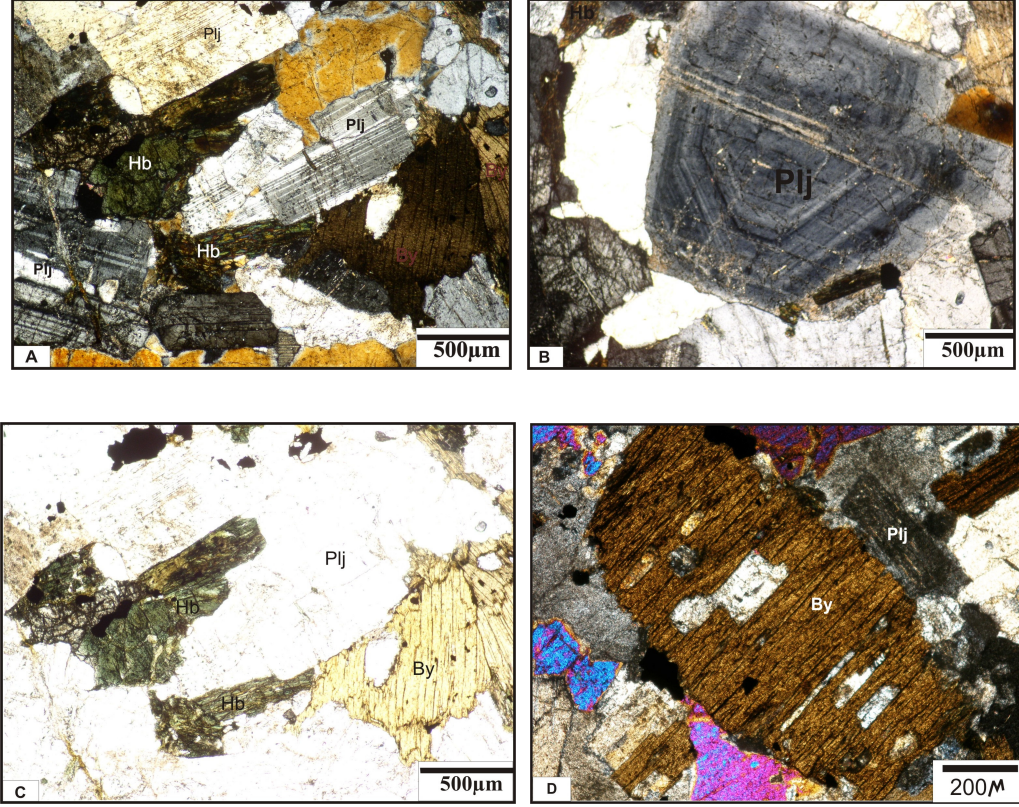


Şekil 3.18. Granitler içindeki eklemeler gösterilmiştir (UTM Koordinatları: 76425 - 04260).

Araziden alınan 7, 22, 28, 30, 33, 39 ve 41 numaralı örneklerinden yapılan ince kesitlerde (Tablo 3.1) Koyu renkli mineral olarak yaygın biyotit ve hornblend bulunur. Levha şekillerinde bulunan kahve renkli biyotit kristalleri (Şekil 3.19A ve C) kuvvetli pleokroizma göstermeleri ve çok iyi gelişmiş dilinim izleri ile kolaylıkla tanınabilmektedirler.

Hornblend kesitlerde izlenen diğer bir koyu renkli mineral olarak biyotit kristallerine eşlik eder. Yeşil renkli, çift yönde izlenen tipik baklava şekilli dilinim izleri ve kuvvetli pleokroizma renkleri ile kolay tanınmaktadır (Şekil 3.19A ve C). Altere olmuş kristallerinde kloritleşme izlenir.

Yarı özşekilli alkali feldispat kristalleri plajioklas kristallerine nazaran daha az miktarda ve karlsbad ikizlenme gösterirler. Kuvars kristalleri feldispat ve koyu renkli mineraller arasında özşekilsiz kristaller olarak bulunurlar. Kesit alanının ana minerali olarak plajioklas yaygın olarak izlenir. Yarı özşekilli ve özşekilli kristallerinde albit ikizlenme izlenir. Zonlu kristalleri (Şekil 3.19B) de yaygın olarak kesitlerde gözlenir. Granitlerde; biyotit, hornblend ve kuvars mineralleri bulunmaktadır (Şekil 3.19D).



Şekil 3.19 Granit–granodiyorit numunelerinin ince kesit görüntüleri.(A) Polisentetik ikizlenme gösteren yarı özşekilli plajyoklas kristalleri, hornblend ve biyotit kristallerinin izlendiği granodiyorit örneği (çift optik eksen). (B) Granodiyorit örneklerinde izlenen zonlu plajyoklas kristali (çift optik eksen X4). (C) Granodiyorit örneklerinde yaygın olarak izlenen biyotit ve hornblend kristalleri (tek optik eksen). (D) Granit örneklerindeki biyotit ve plajyoklas kristali (Çift optik eksen; Hb – hornblend, By – biyotit, plj- plajyoklas).

3.2.2.2 Dokanak ilişkisi

İnceleme sahasında, granitik kayalar ile volkanik kayaların dokanak ilişkisi net olarak izlenememiştir. Ancak, daha önceki çalışmalardan derlenen yaş verileri göz önüne alındığında, granitik kayaların, volkanitler içerisine sokulmuş olabileceği düşünülmektedir.

3.2.2.3.Yaş

Çalışma sahası içerisinde birimle ilgili yaş verisi elde edilememiştir. Petrografik tanımlamaların önceki çalışmalarla karşılaştırılması sonucunda granit-

granodiyorit biriminin Evciler plütönu (Genç, 1998) olarak tanımlanan kayaların eşdeğeri olduğu düşünölmektedir. Evciler plütönu ile ilgili yapılan radyometrik yaş tayinleri ise bu biriminin yaşının 25 ± 0.3 milyon yıl (Üst Oligosen) olduğunu göstermektedir (Genç, 1998).

3.3. Bölgesel Tektonik

Biga Yarımadası'nda yapılar birbirini izleyen üç tektonik dönemde oluşmuştur. Bunlar sırasıyla; Karakaya Orojenez, Tersiyer-Alpid Orojenez ve Geç Tersiyer yaşlı tektonik hareketlerdir. Karakaya Orojenez'in ilk evresinde değişik Karakaya Kompleksi birimleri üst üste gelmiş ve derinde gömülen alt Karakaya Kompleksi birimleri metamorfizmaya uğramış ve kıvrımlanmıştır. Orojenezin ikinci evresinde ise yapısal istif faylanmalara bağlı olarak kesilmiş ve parçalanmıştır. Biga Yarımadası'ndaki en önemli Erken Tersiyer-Alpid olayı ofiyolitik melanj birimlerinin kıtasal kökenli kayalar üzerine yerleşmesidir. Bu iki birim arasındaki tektonik dokanaların çoğu ya Neojen yaşlı kayalar tarafından örtölmüş ya da Geç Tersiyer yaşta dike yakın eğimli faylar halinde canlanmıştır. Biga Yarımadası'nda Erken Miyosen'de başlayan yaygın kalkalkalen volkanitlerin üzerinde yer alan Çan, Kalkım, Yenice ve Etili gibi ufak gölsel havzalar doğrultu atımlı faylarla kontrol edilmiştir. Çöküntü alanlarının etrafında genç fayların bulunması bunların Oligosen ve Pleyistosen'de de etkin olan tektonik dönemde önemli ölçüde çöktüğünü gösterir. Biga Yarımadası'ndaki çizgisellikler Pliyosen sedimantasyonu sırasında çökel havzalarının gelişimini yapısal olarak kontrol etmiştir (Herece, 1985; Kürçer, 2006). Bu doğrultu atımlı faylanma Edremit Körfezi ile Bandırma arasında yer alan KD-GB gidişli bir zonda yoğunlaşmıştır. Bu zon yanal atımı 1,5 km ile 8 km arasında değişen bir çok doğrultu atımlı fayı kapsar (Siyako ve diğ., 1989).

Bölgedeki yeryüzü şekilleri ve drenaj sistemi tektonizma denetiminde gelişmiştir. Bölgede bazı belirgin morfolojik unsurlar dikkat çekmektedir. Bunlar arasında en belirgin olanları, kuzeyde yaklaşık DKD-BGB uzanımlı Saroz Körfezi ve güneyde Edremit köfzidir. Bunlar yaklaşık K-G uzanımlı ve daha düz sahil çizgisiyle birbirlerine birleşirler. İki büyük denizi birbirine bağlayan Çanakkale boğazı çizgisel ve dik yarlarla sınırlanmış, zikzaklı bir sığ deniz yoludur. Kara

üzerinde ise Bayramiç alçalımı ile birbirinden ayrılan Kazdağ ve Ezine yükselimleri gibi farklı morfolojik unsurlar vardır. Bunlar horst ve grabenlere karşılık gelen yapılardır. Bu bölgedeki en geniş graben çöküntüsü olan Edremit Körfezi bu yapılara verev olarak gelişmiştir. Sahil çizgisi düzdür ve fay kontrolünde gelimiştir. (Yılmaz ve diğ., 2000)

Çalışma sahasının da içerisinde yer aldığı Biga Yarımadası, günümüzde hem Batı Anadolu Gerilme Sistemi'nin hem de Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) batı uzantılarının etkisiyle biçim değiştirmekte olup, bu tür kompleks tektonizmanın ürünlerinden bir bölümü normal bileşenli sağ-yanal doğrulu atımlı faylardır (Kürçer, 2006).

Karlıova'dan başlayarak yaklaşık 1200 km² lik çizgisel bir zon şeklinde Adapazarı doğusuna ulaşan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), buradan itibaren bir at kuyruğu yapısı (horsetail structure) sunarak kuzey, orta ve güney kol olmak üzere üç kola ayrılmaktadır. Kuzey kol Sapanca Gölü güneydoğusundan başlayıp, İzmit Körfezi güneyinden geçerek, Marmara Denizi içerisinde Saros Körfezi'ne, oradan da Kuzey Ege'ye uzanır. Biga Yarımadası'ndaki KD-GB gidişli, düşey atım bileşenli, sağ-yanal doğrultu atımlı faylar, KAFZ' nun orta ve güney kollarını temsil eder. Orta kol, Sapanca Gölü güneydoğusundan başlayarak Geyve, Pamukova, İznik Gölü güneyini takip ederek Marmara Denizi güney kıyı şeridinden Kapıdağ Yarımadası'na kadar uzanır. Buradan itibaren Kapıdağ Yarımadası'nı GB yönünde keserek, KD-GB gidişli birkaç en-echelon fay ile Biga Yarımadası'nı kat eder. Bu faylar, kuzeyden güneye doğru sırasıyla Edincik Fayı, Biga-Çan Fay Zonu, Sarıköy-İnova Fayı ve Etili Faylarıdır. Güney kol ise Bursa, Uluabat, Manyas-Mustafa Kemalpaşa, Yenice-Gönen (Kürçer ve Tutkun, 2004) Edremit ve Evciler segmentlerinden (Emre ve diğ., 2007) oluşur. İnceleme alanı, Evciler segmentinin hemen kuzeyinde yer almakta olup, bu alanda Evciler segmentinden ayrılan bir splay fay niteliğinde olan Külcüler fayı yer almaktadır. Külcüler Jeotermal sahası, Külcüler fayının üzerinde yer alır.

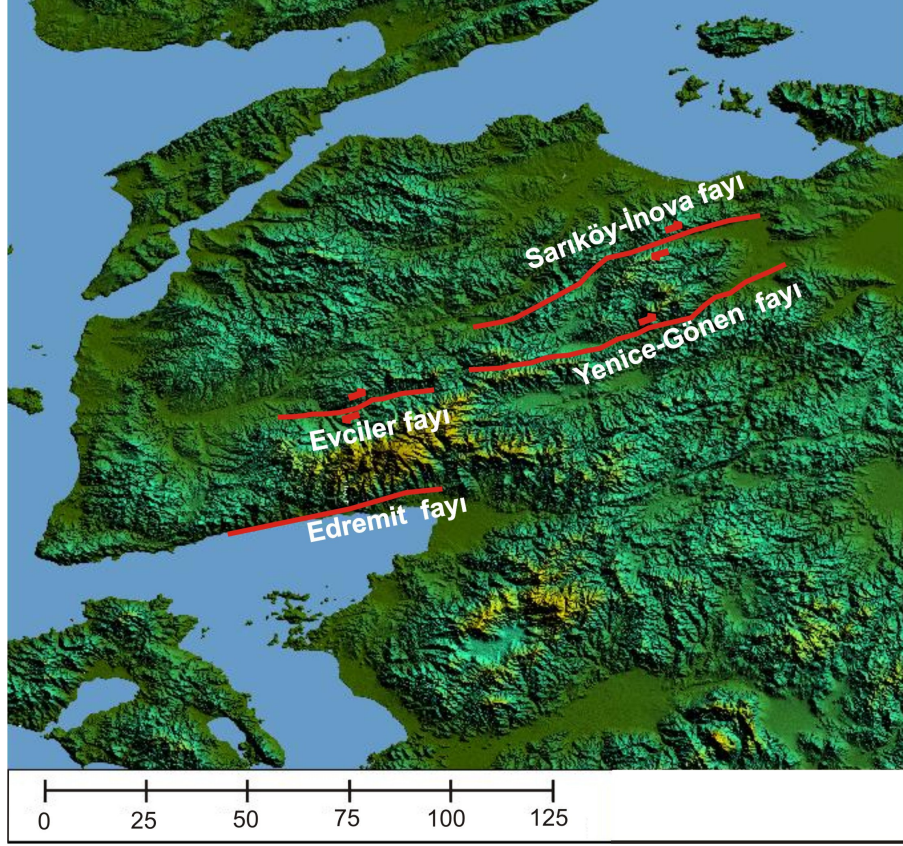
3.3.1 Külçüler jeotermal sahasının tektoniği

Çalışma sahasındaki jeolojik birimler, oldukça altere olmuş, ezik breşik bir dokuya sahip olup, pek çok eklem sistemi ile parçalanmıştır. Bu deformasyonun, kısmen litoloji, çoğunlukla da tektonizma ile ilişkili olduğu düşünölmektedir. Örneğin, granitlerin volkanitler içerisine intrüzyonu sırasında volkanitler içerisinde bazı eklem sistemleri gelişmiş, dokanağa yakın kesimlerde bazı alterasyonlara neden olmuş olabilir. Ya da granitlerin soğuması esnasında, granitik kütle içerisinde soğumaya bağlı olarak bazı eklem sistemleri gelişmiş, daha sonra bu eklem sistemleri boyunca aplitik dayklar yerleşmiş olabilir. Bölgeyi en son etkileyen genç tektonizmaya bağlı olarak tüm kayalar ve yapılar etkilenmiş, bir takım eklemler oluşmuş ya da fay zonuna yakın kesimlerde bir takım alterasyon zonları gelişmiş olabilir.

İnceleme sahasının dışında, güneyde Kazdağ metamorfitleri ile Evciler plütönünü ayıran KD-GB uzanımlı Evciler fayı bölgedeki en önemli tektonik yapı olup, sağ-yanal doğrultu atımlı faylanma karakterindedir (şekil 3.20). İnceleme alanı içerisinde yer alan bir başka fay ise, Evciler fayının kuzeye doğru bir splay fayı olarak nitelendirilebilecek olan Külçüler fayıdır.

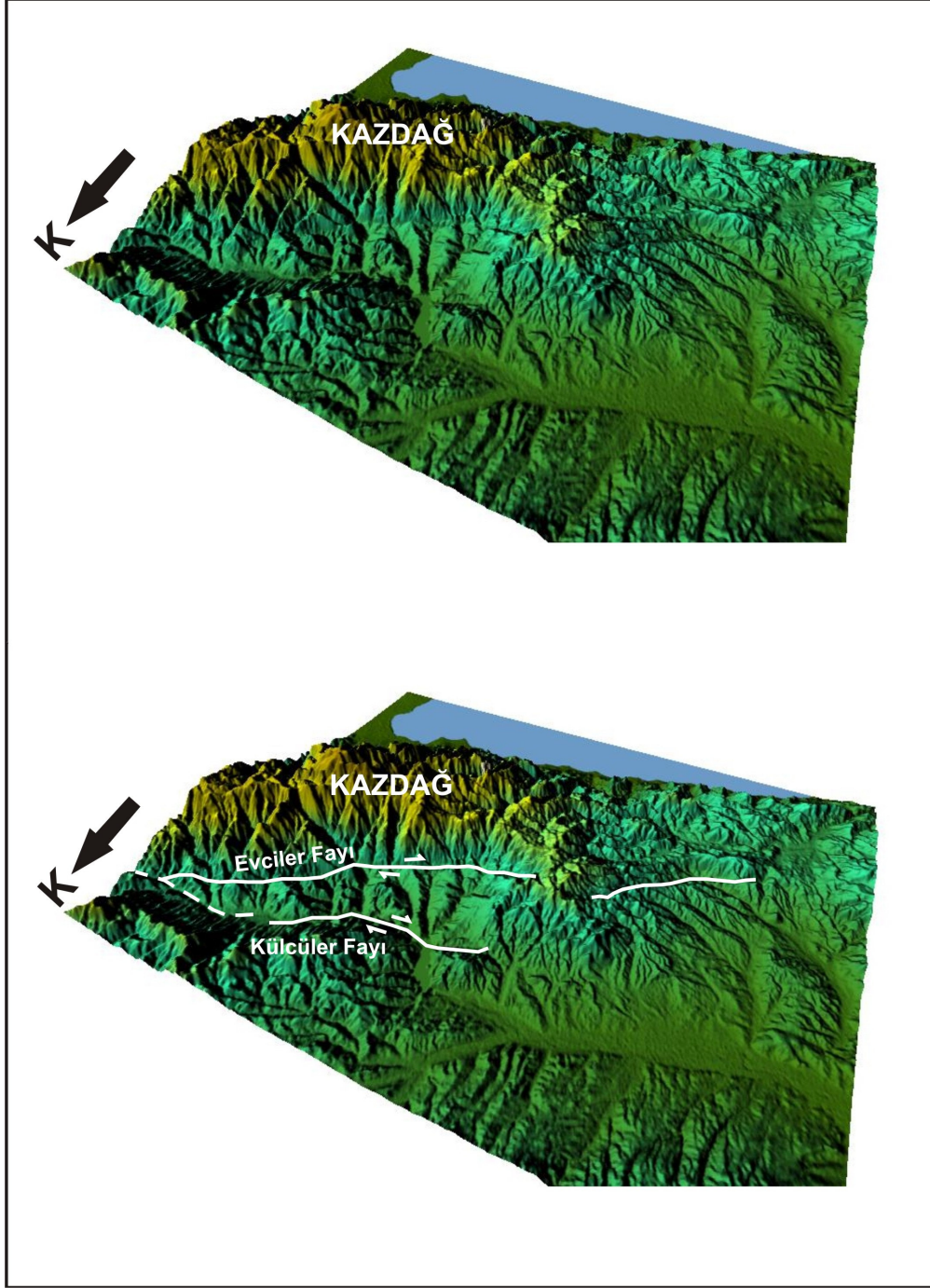
Külçüler fayı, Külçüler ile Evciler KB'sı arasında K70D doğrultusunda uzanmakta olup, Külçüler GB'sındaki granitleri yaklaşık 700m sağ-yanal ötelemiştir. Bu tez çalışmasının konusunu da oluşturan Külçüler kaplıcasının da bu fay üzerinde yer alıyor olması, Külçüler Fayı'nın aktif bir yapı olduğunu düşöndürmektedir. Hem Külçüler hem de Evciler fayının aktivitesine dair bir başka veri ise, bölgede yoğun olarak izlenen güncel heyelanlardır. Örneğin, Evciler belde merkezinde bu heyelanlara ait örnekleri görmek mümkündür.

Külçüler jeotermal alanının, Evciler ve Külçüler fay sistemlerinin birlikteliği ile oluştuğu düşünölmektedir. Atmosferik yüzey sularının güneydeki Evciler fayı boyunca yer altına sızdığı, derinlerde granti ve / veya volkanitler tarafından ısıtıldığı ve kuzeydeki Külçüler fayı boyunca da yüzeye ulaşarak Külçüler Jeotermal Alanının oluşturduğu düşünölmektedir (şekil 3.21). Külçüler fayı, Evciler fayından ayrılan bir

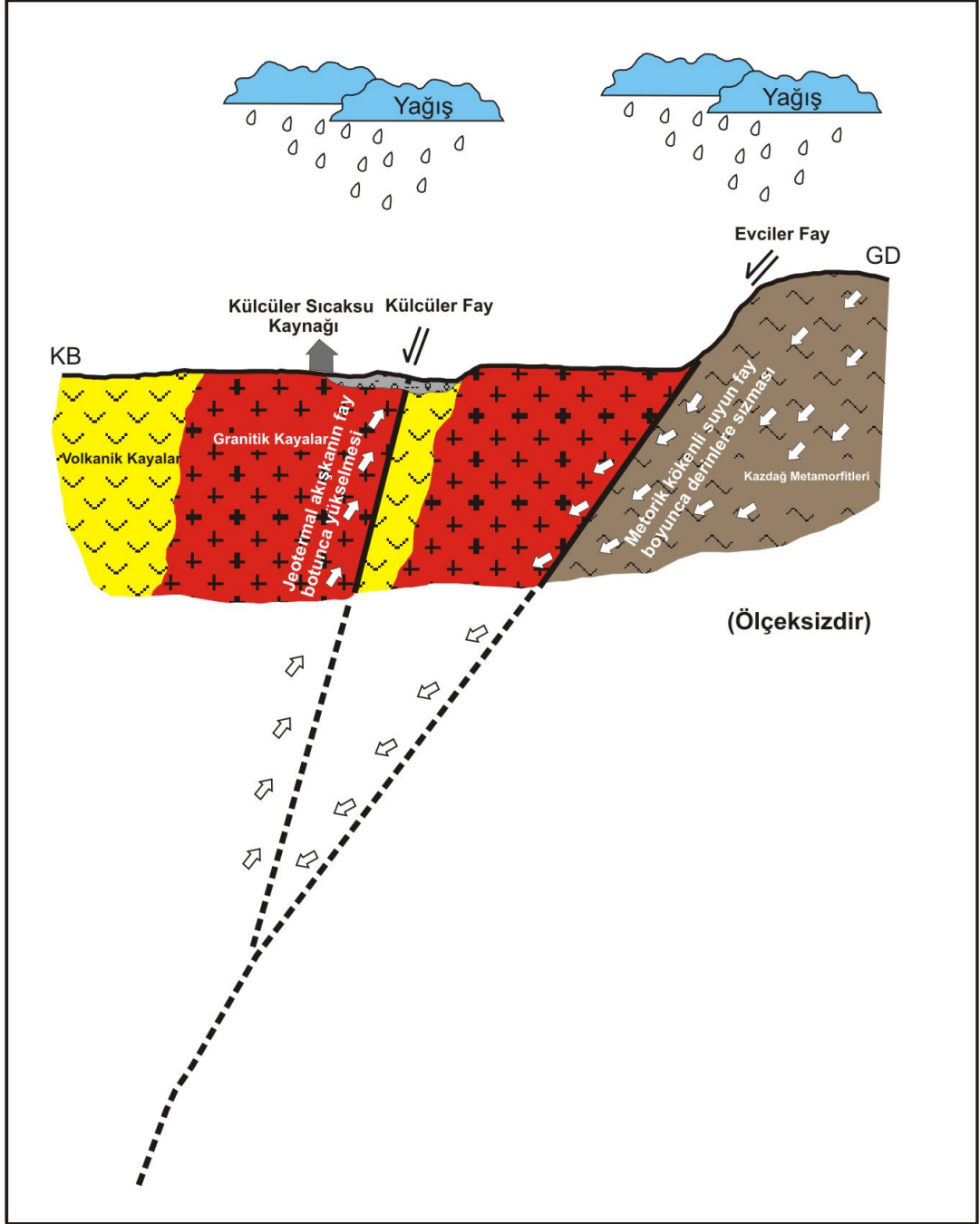


Şekil 3.20 Evciler Fayı'nın Biga Yarımadası'nın sayısal yükseklik modelindeki görünümü (Sayısal Yükseklik Verileri SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission* verileridir)

splay fay olduğu için, Külcüler fayının derinde Evciler master fayı ile birleşiyor olması gerekir. Dolayısıyla, Evciler fayı boyunca derine sızan yüzey suları, Külcüler fayı ile kesişim noktasına geldiğinde daha fazla derine gidemez ve burada mevcut olan hidrodinamik koşullar nedeniyle (derinlerde sıcaklık ve basınç çok fazla olduğu için), uygun bulunduğu kırıklar boyunca sıcaklık ve basıncı fazla olduğu yönden az olduğu yöne doğru yani yukarılara doğru hareket ederek yüzeye ulaşır ve jeotermal alanları oluşturur (Şekil 3.22)



Şekil 3.21 Evciler fayı ve kuzeyindeki Külcüler fayının morfolojik görüntüsü. Sayısal Yükseklik Verileri SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission* verileridir (KB'dan eğik açı ile bakış).



şekil 3.22 Külcüler jeotermal sahasının hidrotermal modeli

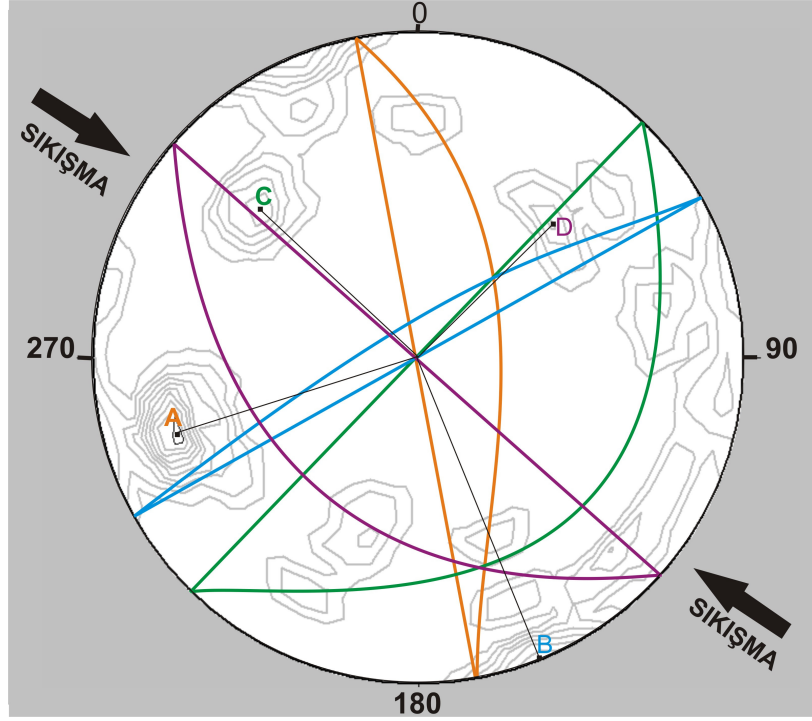
Çalışma alanında geniş yüzlekler veren granit-granodiyorit birimi içerisinde düzensiz eklem sistemleri gözlenmiştir. Ayrıca birim yer yer 5cm ile 1.5 metre arasında değişen kalınlıklara sahip aplit daykları tarafından kesilmiştir. Bu birimin tektonizmaya maruz kalmış seviyeleri oldukça kırıklı ve çatlaklıdır. Granit birimi ile aplit dayklarındaki eklemlerin konumları ölçülmüş, EK-1 'de verilmiştir.

Elde edilen veriler Stereo programına aktarılıp gül diyagramları çizilmiştir.Yapılan değerlendirmeler sonucunda granitler içerisinde 4 farklı eklem takımı görülmektedir (Bunlar; A, B, C ve D eklemleri) (Şekil 3.23). Biga Yarımadası bölgesel sıkışma yönleri BKB-DGD ve bölgesel açılma yönleri KKD-GGB doğrultusunda günümüzde değiştiği bilinmektedir (Özden ve diğ., 2006).

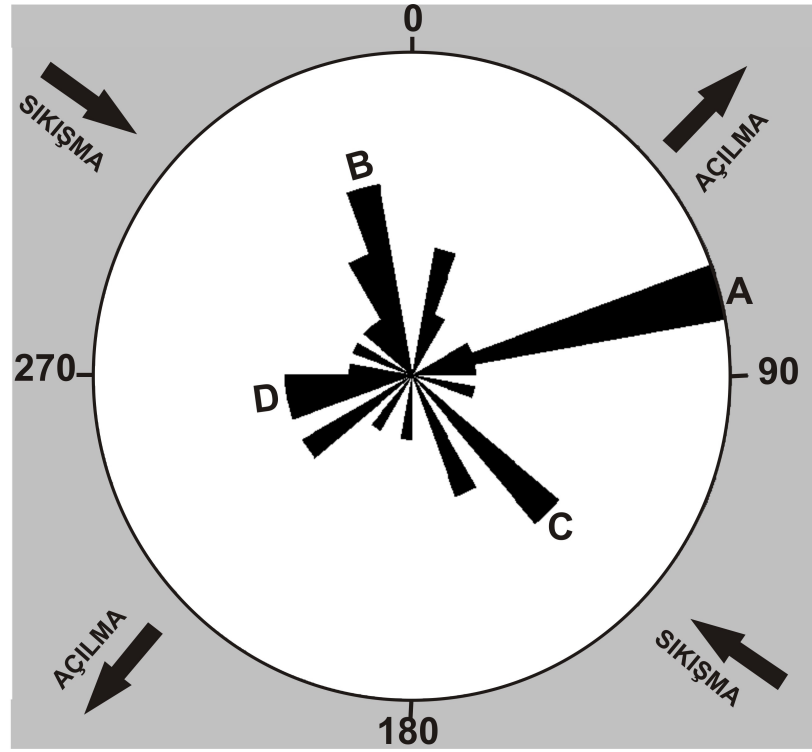
Çalışma sahasındaki granitlerden elde edilen eklem takımları bu bölgesel sıkışma ve açılma yönleriyle birlikte değerlendirildiğinde birinci eklem takımı (A) (Şekil 3.23) K10-20 B, 70-80 KD'ya eğimli düzlemlerden oluşmaktadır. Bu eklem takımı bölgesel sıkışma yönü ile 45°'lik bir açı oluşturduğu için makaslama (oblik, verrev) türü eklemleri oluşturmaktadır (Şekil 3. 24).

İkinci eklem takımı (B) (Şekil 3.23) K60-70D, 80-89 KB ya eğimli düzlemlerle temsil edilmektedir. İkinci eklem takımı bölgesel sıkışma yönü ile 30-40°'lik açılar yaptığı için makaslama türü eklemleri oluşturur (Şekil 3.24).

Üçüncü eklem takımı (C) (Şekil 3.23) K30-40D, 30-40 GD'ya eğimli olup bu eklem takımının BKB-DGD doğrultulu sıkışma yönüyle olan ilişkisi hemen hemen dik doğrultudadır. Bu durumda bu eklem takımı boyuna gelişen eklemleri oluşturur (Şekil 3.24)



Şekil 3.23 Granitlerden ölçülen eklem takımlarının gül diyagramında gösterimi

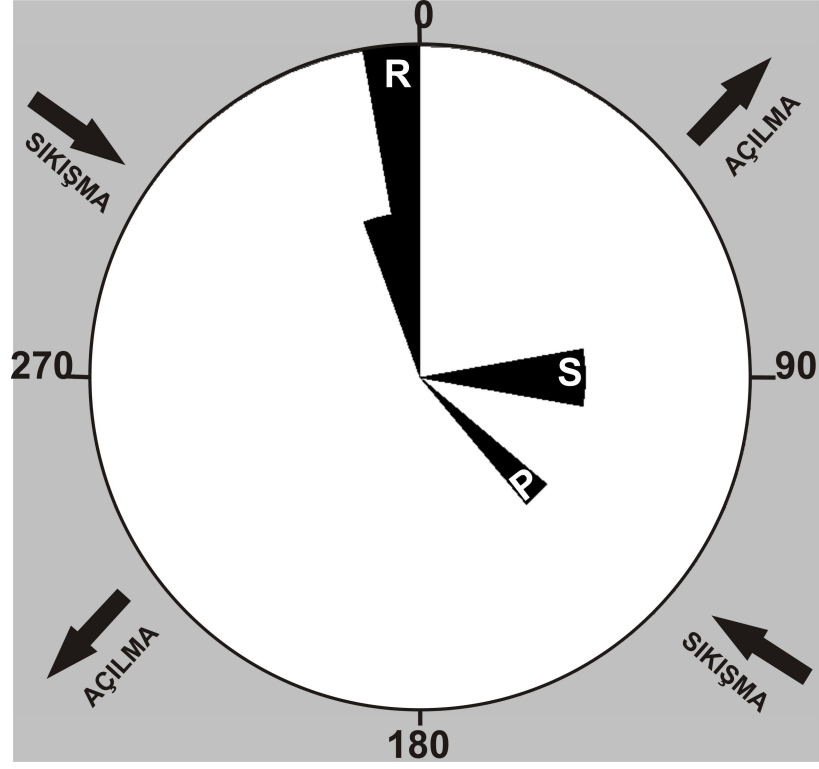


Şekil 3.24. Granitlerden ölçülen eklem takımlarının gül diyagramında gösterimi

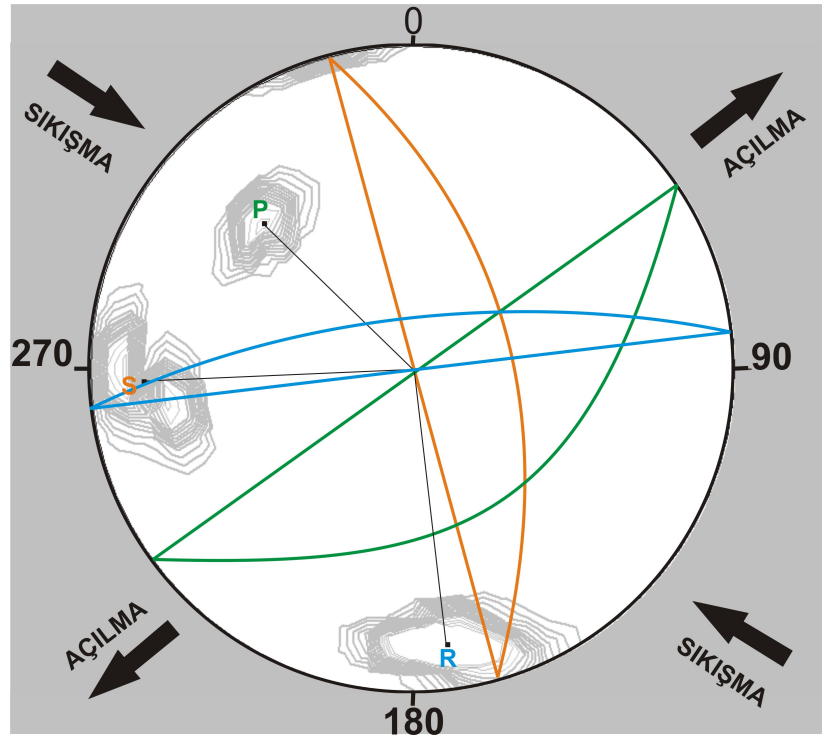
Dördüncü eklem takımı K40-50 B, 40-50 GB'ya eğimli düzlemlerden meydana gelmiş ve bölgesel sıkışma yönüyle 20-30° lik dar açılar oluşturan doğrultularda uzanmaktadır. Bu eklem takımının yukarıdaki konumları ile makaslama türü eklemler olduğunu söyleyebiliriz.

Çalışma sahasında granitler içerisinde üç farklı aplit daykının yerleşimi görülmektedir. (Bunlar; P,R ve S) (Şekil 3.25). Aplit dayklarının yerleşimi granitlerideki eklemler boyunca olmuştur. Karşılaştırma yapıldığında;

Birinci egemen aplit dayklarını (P) (Şekil 3.25) temsil eden durum K45D /50GD durumunda olup, bu dayk üçüncü eklem takımı boyunca gelişmiştir. İkinci egemen aplit daykları (R) (Şekil 3.25) K70D/80KB durumunda olup, ikinci eklem takımı boyunca gelişmiştir. Bölgede granitler içerisinde gözlenen üçüncü tür aplit daykları (S) (Şekil 3.26) K10B/70KD durumudur. Bu dayklar bölgedeki en belirgin aplit yerleşimlerini temsil etmekte olup, yine bölgede en egemen eklem takımı olan (A) (Şekil 3.24) makaslama eklemleri boyunca gelişmiştir.(Aplit dayklarından alınan ölçümler EK-1'de sunulmuştur).



Şekil 3.25. Aplit dayklarının konumlarının gül diyagramındaki gösterimi



Şekil 3.26 Aplit dayklarının konumlarının gül diyagramındaki gösterimi

BÖLÜM 4

HİDROJEOLOJİ

4.1. Su Noktaları

4.1.1. Akarsular

İnceleme alanındaki ana akarsu Menderes Çayı'dır. Menderes Çayı inceleme alanını ikiye ayırmaktadır. Çayın kuzey kesiminde yer alan Evciler granitindeki kırık ve çatlaklarından çıkan birçok soğuk su kaynağı tarafından beslenmektedir. Menderes Çayı'nın uzantısı olan diğer iki büyük dere ise Evciler dere ve Küçükçay deredir. Bunun dışında saha içinde Ilıca dere, Oluk dere, Çirişli dere, Yanık dere, Köy dere ve Çınarcık dere gibi bir çok kuru dere bulunmaktadır.

4.1.2 Kaynaklar

Çalışma sahası içerisinde yer alan sıcak ve soğuk su kaynaklarının genel özellikleri aşağıda anlatılmıştır.

Sıcaksu kaynakları

İnceleme alanında bir adet sıcaksu kaynağı vardır (Şekil 4.1). Kaynakla ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

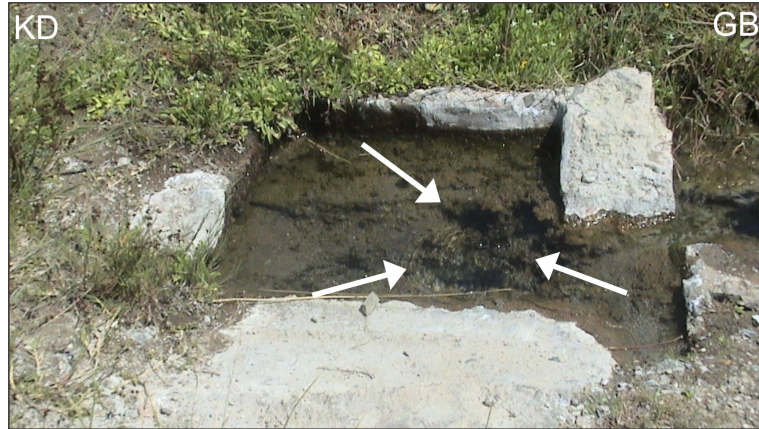
Külcüler sıcak su kaynağı

Külcüler Köyü'nün GB'sında yer almaktadır. Külcüler sıcaksu kaynağı, sağ-yanal doğrultu atımlı faylanma karakterinde, K70D doğrultusunda uzanmakta olan külcüler fayının üzerinde bulunmaktadır. Sıcak su kaynağı ile ilgili önceki çalışmalar ve farklı dönemlerde yapılan ölçümler Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Külçüler sıcak su kaynağından farklı dönemlerde ölçülen fiziksel parametreler

ÖLÇÜM DÖNEMLERİ	SICAKLIK(C°)	pH	DEBİ(lt/sn)	EC (µS/cm)
Müler, 1957	21-33	-	1	-
Öktü, 1990	35.1	-	1	-
Öktü, 1997	26-35	-	1	-
22.10.2005	30	9.07	0.7	1005
21.01.2006	28	9.18	0.8	1002
01.08.2006	30	9.71	0.7	885
28.03.2007	33.9	8.88	1	1011
12.05.2007	33.7	9.04	1	1049

Sıcak su kaynağının bulunduğu yerdeki tesis kullanılmamakla birlikte bakımsız bir durumda olup, hijyenik açıdan da kullanıma uygun değildir (Şekil 4.2 ve 4.3).



Şekil 4.1 Külçüler sıcak su kaynağının yüzeye çıkış noktası (UTM Koordinatları: 81064-05635)



Şekil 4.2. Külçüler kaplıcasının yanındaki tesisin görünümü (UTM Koordinatları: 81068 -05625)



Şekil 4.3. Tesis deki banyonun görünümü. (UTM Koordinatları: 81068 - 05625)

Sondaj

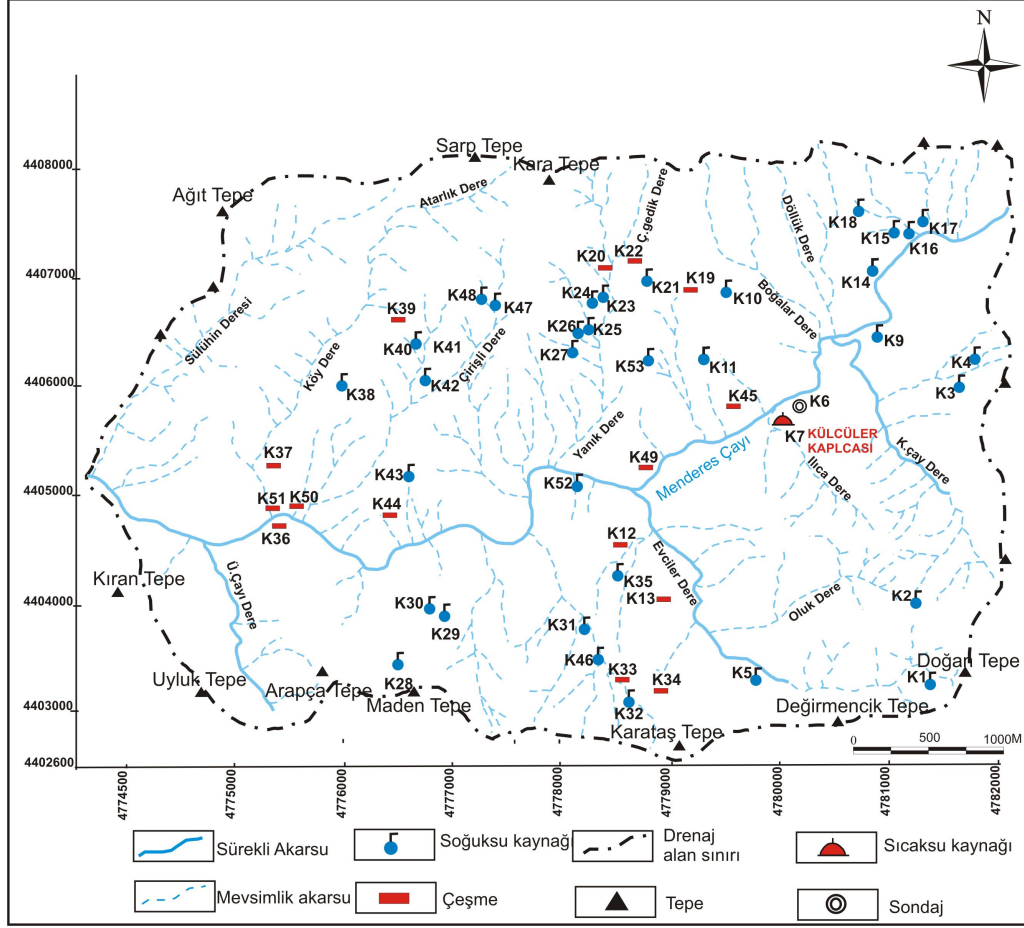
Külçüler kaplıcasının 5m GB'sında bulunmaktadır. Bu kuyu köy halkı tarafından açılmıştır, yaklaşık olarak 5m derinliğindedir. Sondaj olarak isimlendirilen bu kuyu ile ilgili farklı dönemlerde yapılan bazı fiziksel parametrelere ilişkin ölçümler Tablo 4.2'de verilmiştir

Tablo 4.2. Sondajdan farklı dönemlerde ölçülen fiziksel parametreler

ÖLÇÜM DÖNEMLERİ	SICAKLIK(C°)	pH	EC (µS/cm)
22.10.2005	33.2	9.09	1014
21.01.2006	33.8	9.16	1012
01.08.2006	34	9.14	952
28.03.2007	32.3	8.89	1007
12.05.2007	31.36	8.95	1032

Soğuksu Kaynakları

Çalışma sahasında çok sayıda soğuksu kaynağı bulunmaktadır. Kaynakların çoğu granit birimi içinde, kırık ve çatlak zonalarında çıkmaktadır. Saha içerisinde 52 adet kaynak noktası belirlenmiştir (Şekil 4.4) Bu kaynaklardan iki tanesi için kimyasal analiz yapılmıştır (*K20;*K49). Bu kaynaklar ise Gedik köyü yakınlarındadır (Şekil 4.5 ve 4.6). Diğer kaynaklardan 30 adet kaynağın sıcaklık, pH, debi, Eh ve EC ölçümleri arazide yapılmıştır (Şekil 4.7). Elde edilen veriler Tablo 4.3’de sunulmuştur. İnceleme alanındaki bu kaynakların çıktığı lokasyonlarda yöre halkının içme suyu ihtiyacı için çeşmeler yaptırılmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.4. Kaynak noktalarının lokasyon haritası.



Şekil 4.5. Gedik Köy'ündeki Soğuksu1 kaynağının yanına yapılmış çeşme (UTM Koordinatları 79726-06884)



Şekil 4.6. Gedik Köyü girişindeki Soğuksu2 kaynağının yanına yapılmış çeşme (UTM Koordinatları79880-05250)



Şekil 4.7. Arazideki kaynakların fiziksel özelliklerinin WTW cihazıyla ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 4.8. Çalışma sahası içindeki kaynakların çıkışına yakın kesimlerde bulunan çeşmeler

Tablo 4.3. inceleme sahasında belirlenen 30 adet soğuksu kaynağına ait fiziksel parametreler

KAYNAKLAR	UTM KOORDİNATLARI	SICAKLIK(C°)	DEBİ(lt/sn)	pH	EC(μS/cm)	Eh (mv)
K5	80793-03364	23.9	0.20	6.36	366	23.9
K9	81933-06481	19.3	0.04	6.20	526	33.4
K10	80562-06756	20.5	0.11	7.20	715	-27.5
K14	81910-06971	17.1	0.04	7.22	759	-26
K15	82120-07321	19.5	0.05	7.18	699	-27
K16	82165-07309	21.2	0.28	7.57	678	-46.6
K18	81750-07500	18.2	0.10	7.32	703	-25
K19	80209-06817	20.3	0.10	7.27	718	-28.9
*K20	79726-06884 (2006)Ağustos	17		7.49	540	-51.1
*K20	79726-06884 (2007) Mayıs	20.9	0.02	7.68	538	-50.8
K21	79686-06932	17.2	0.04	7.09	542	-18.5
K22	79692-06947	20.6	0.06	7.50	705	-42.5
K29	77811-03902	18.5	0.05	6.95	1020	-8.5
K30	77811-03902	19.4	0.04	6.98	1105	-9.1
K31	79063-03842	21.7	0.04	6.94	1123	-9.6
K32	79638-03061	17.6	0.03	6.70	722	4.3
K33	79742-03216	19.6	0.05	7.95	226	-68.6
K34	79822-03227	19.03	0.05	7.94	232	-68.1
K35	79575-04341	22.4	0.08	7.88	250	-63.2
K36	76455-04840	18.5	0.13	6.87	1037	-5.5
K39	77570-06506	20.2	0.05	7.53	1074	-44.1
K40	77666-06421	19.1	0.04	7.20	1003	-25
K42	77828-06163	19.5	0.06	7.26	1287	-28.7
K43	77560-05149	17.4	0.08	6.66	859	6.6
K44	77680-04855	18.3	0.14	6.69	930	4.6
K46	79350-03497	23	0.04	6.99	499	-12.7
*K49	79880-05250 (2007)Nisan	15.1	0.1	6.87	530	-6.2
*K49	79880-05250 (2007)Mayıs	18.9	0.07	6.92	523	-8.4
K50	76450-04860	17.3	0.01	6.86	1063	-5.0
K51	76465-04860	17.2	0.03	6.95	1149	-10.6
K52	79311-05198	21.2	0.04	6.96	829	-10.7
K53	79884-06573	18.9	0.01	7.26	1050	-28.3

4.2. Hidrojeoloji Birimleri

Jeotermal sistemler akışkanın kökenine bağlı olarak isimlendirilirler. Bunlar; magmatik, fosil ve meteorik kökenli olmak üzere üç jeotermal sistemdir. Ülkemizdeki jeotermal sistemler meteorik kökenli akışkana sahip sistemler içerisinde değerlendirilmektedir. Diğer adıyla devirli sitem olarak ifade edilen bu sistem de yağış suları derinlere süzülüp orda ısıtıcı kayaç tarafından ısımp,tekrar yüzeye çıkar. Bu sistemde; ısı kaynağı, hazne kaya, örtü kaya ve beslenme faktörleri sistemi

oluşturan temel öğelerdir. Külcüler jeotermal sahasındaki bu temel öğeler aşağıda incelenmiştir.

4.2.1 Hazne Kaya

Jeotermal sistemlerin oluşmasında önemli etkenlerde birisi hazne kayadır. Derinlere süzülen yeraltı sularının depolanabileceği gözenekli ve geçirimli kayalardır. Kayaçların gözenekli ve geçirimli oluşları, litolojik özelliklerinin yanı sıra sonradan bazı faktörlerin etkisiyle ikincil olarak da ortaya çıkabilmektedir. İnceleme sahası içerisinde yüzlek veren volkanik kayalar tektonizmanın etkisiyle kırık ve çatlaklı özellik kazanmış ve hazne kaya özelliğine sahip olmuştur.

4.2.2 Isı Kaynağı

Jeotermal alanlarda yer kabuğunun derinliklerinde bulunan ısı kaynağı genç bir volkanizmaya veya tektonik etkilere bağlı olarak oluşabilir. Çalışma sahası içerisinde en önemli yapısal öge Külcüler fayıdır. Külcüler fayı; Külcüler ile Evciler KB'sı arasında K70D doğrultusunda uzanmakta olup, sağ-yanal doğrultu atımlı faylanma karakterindedir .

İnceleme alanı içerisinde genç granodiyorit intrüzyonları yer almaktadır. Bu intrüzyonların tektonizmadan etkilendiği yer, derinlerdeki mağmanın sıcaklığının kondüktif veya konvektif olarak yükselmesini sağlar. Bu özelliğinden dolayı granodiyorit intrüzyonları ısıtı özelliğe sahiptir.

4.2.3 Beslenme

Külcüler jeotermal sahasında yeraltısularını besleyen en önemli kaynak meteorik sularıdır. Ayrıca bölgede yer alan akarsularda önemli ölçüde yeraltı suyunu besleyen kaynaklardır. Çalışma sahasındaki meteorik sular tektonizmanın etkisiyle oluşmuş kırık ve çatlaklardan süzülerek derinlere ulaşmaktadır. Fayların derinliğine de bağlı olarak kayaçlarla temas edip zenginleşen sular tekrar yüzeye ulaşır. Ayrıca

inceleme alanı güneyinde yüzlek veren Kazdğı Metamorfik kayalar içerisinde yer alan karstik kireçtaşları da bu alandaki jeotermal sistemi beslemektedir.

4.3. Hidrojelojik Bütçe

4.3.1 Yağış Analizleri

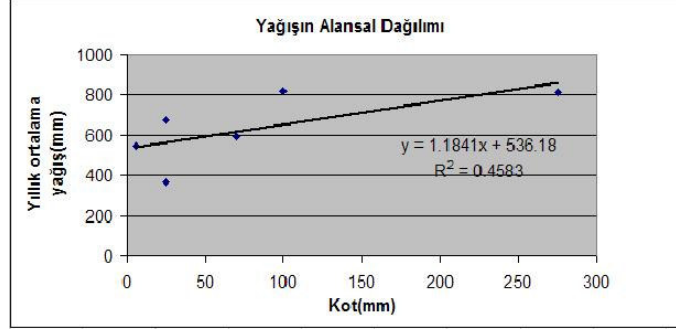
İnceleme alanının yakın çevresinde 6 adet Devlet Meteoroloji İstasyonu'na (DMİ) ait Yağış Gözlem İstasyonu (YGI) bulunmaktadır (Tablo 4.4). Bu istasyonlar Biga, Bayramiç, Ezine, Çan, Çanakale ve Yenice (YGI)'dir. İstasyonlara ait genel bilgiler EK-2, EK-3 ve EK-4'de verilmiştir.

Tablo 4.4. Çalışma alanının bulunduğu bölgedeki YGI'larına ait bilgiler

KURUM	KOT(m)	ADI	VERİ ARALIĞI	YILLIK ORT. YAĞIŞ(mm)
DMİ	25	BİGA	1970-1995	672.8
DMİ	70	BAYRAMIÇ	1970-2006	590.35
DMİ	25	EZİNE	1986-1994	364.47
DMİ	100	ÇAN	1970-1994	821.92
DMİ	6	ÇANAKKALE	1970-2006	543.94
DMİ	275	YENİCE	1986-1990	816.82

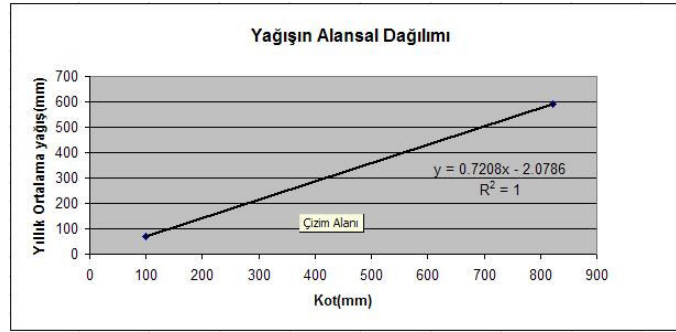
4.3.1.1 Yağışın Alansal Dağılımı

Yağışın alansal dağılımının belirlenebilmesi amacıyla yağış ile yükseklik arasındaki ilişki incelenmiştir. İnceleme alanı ve çevresindeki tüm YGI'larına ait yıllık ortalama yağış ve yükseklik değerleri kullanılarak yapılan analizler sonucunda yağış ile yükseklik arasında belirgin doğrusal bir ilişki görülmemektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. YGI'ları arasındaki yağış yükselti ilişkisi

İnceleme alanının çevresindeki Çan, Bayramiç YGI'ları arasında ise yağışla yükseklik arasında doğrusal bir ilişki görülmektedir. Bu bölgede her 100 m de 72 mm lik bir yağış artışı olmaktadır (Şekil 4.10).



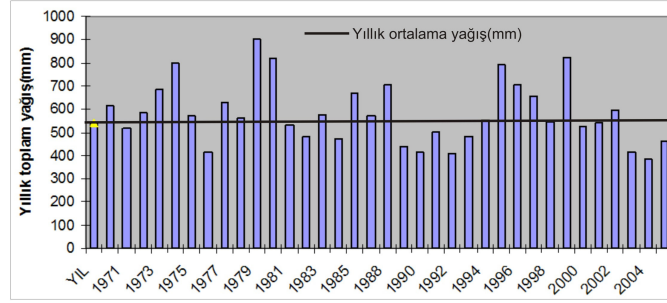
Şekil 4.10. Bayramiç- Çan YGI'ları arasındaki yağış yükselti ilişkisi

4.3.1.2 Yağışın Zamansal Dağılımı

Yağışın Uzun Süreli Değişimi

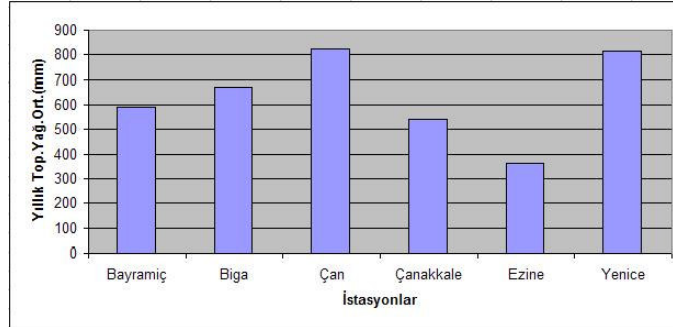
Çalışma alanı ve çevresinde bulunan 6 adet YGI'nun uzun dönem yağış verileri incelenerek, yağış rejiminin uzun dönemli zamansal değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. Bayramiç, Çan, Ezine, Yenice ve Biga YGI'larındaki veriler 1994 yılına kadar alınmış sonra bu istasyonlar kapatılmıştır. Çanakkale YGI'daki veriler 1970-2006 yılları arasında kaydedilmiştir. Yağışın uzun süreli değişiminin belirlenmesinde bu istasyona ait yağış verileri kullanılmıştır.

Çanakkale istasyonunun 1970-2006 yılları arasında kaydedilen verilere göre yıllık yağış ortalaması 543.94 mm'dir. Bu dönemdeki en büyük yağış 903.3 mm (1979), en düşük yağış ise 386.6 mm (2004) dir (Şekil 4.11).



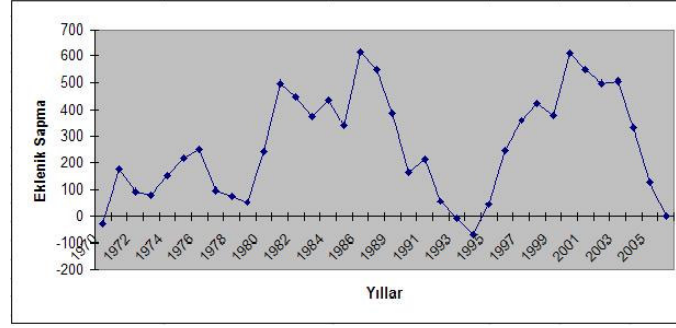
Şekil 4.11. Çanakkale YGI uzun dönem yıllık ortalama yağış grafiği

İnceleme alanı ve çevresindeki YGI'larının yıllık ortalama yağışları karşılaştırıldığında, Çan YGI'nun 821 mm ile en yüksek, Ezine YGI'nun ise 360 mm ile en düşük yağışa sahip olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. İnceleme Alanı çevresindeki yer alan YGI'larının yıllık ortalama yağışları

Bayramiç YGI'nundan ölçülen yağış değerlerinden yararlanılarak ortalama yağıştan sapma ve eklenik sapma değerleri hesaplanmıştır (Tablo 4.5). Bu değerler yardımıyla oluşturulan eklenik sapma grafiği, incelendiğinde grafik üzerinde yağışlı, kararlı ve kurak dönemler belirlenmektedir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Bayramiç YGI'nuna ait yıllık ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

En belirgin kurak dönemler 1987-1995 (8 yıl), 2001-2006 (5 yıl) arasındadır. En belirgin yağışlı dönemler 1979-1983 (4 yıl), 1995-2001 (6 yıl) arasındadır. 1970-1980 arasında kararlı evre yaşanmıştır.

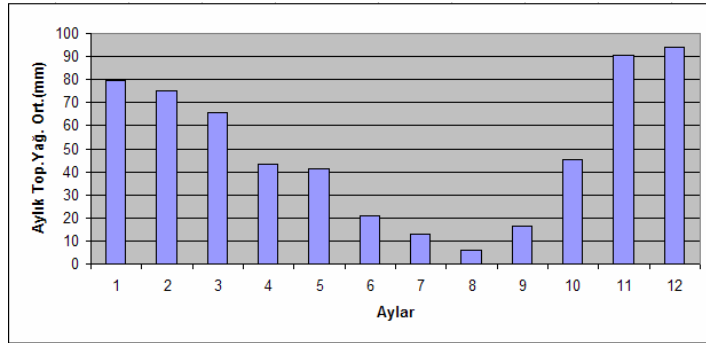
Tablo 4.5. Bayramiç YGI'nuna ait yıllık ortalama yağıştan eklenik sapma tablosu

YIL	TOPLAM YAĞIŞ	ORT. YAĞIŞTAN SAPMA	ORT.YAĞŞ.EKLENİK.SAPMA
1970	560.3	-30.05	-30.05
1971	796.4	206.05	176
1972	506.6	-83.75	92.25
1973	577.1	-13.25	79
1974	663.1	72.75	151.75
1975	655.6	65.25	217
1976	622.3	31.95	248.95
1977	439.3	-151.05	97.9
1978	569.6	-20.75	77.15
1979	563	-27.35	49.8
1980	784.3	193.95	243.75
1981	842.8	252.45	496.2
1982	543	-47.35	448.85
1983	515	-75.35	373.5
1984	654.1	63.75	437.25
1985	491	-99.35	337.9
1986	865.6	275.25	613.15
1988	523.1	-67.25	545.9
1989	432.5	-157.85	388.05
1990	365.8	-224.55	163.5
1991	638	47.65	211.15
1992	436.1	-154.25	56.9
1993	522.8	-67.55	-10.65
1994	529.1	-61.25	-71.9
1995	704.1	113.75	41.85
1996	792.4	202.05	243.9

1997	704	113.65	357.55
1998	654.4	64.05	421.6
1999	547	-43.35	378.25
2000	822.1	231.75	610
2001	528.9	-61.45	548.55
2002	539.8	-50.55	498
2003	596.6	6.25	504.25
2004	415	-175.35	328.9
2005	386.6	-203.75	125.15
2006	465.3	-125.05	0.1

4.3.1.3 Yağışın yıl içindeki dağılımı

Bayramiç YGI'dan elde edilen 36 yıllık verilere göre en fazla yağış Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında (90.54mm, 93.83mm, 79.47mm ve 75.05mm), en az yağış ise Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında (12.72mm, 6.08mm ve 16.39mm) olduğu görülmektedir (Şekil 4.14).



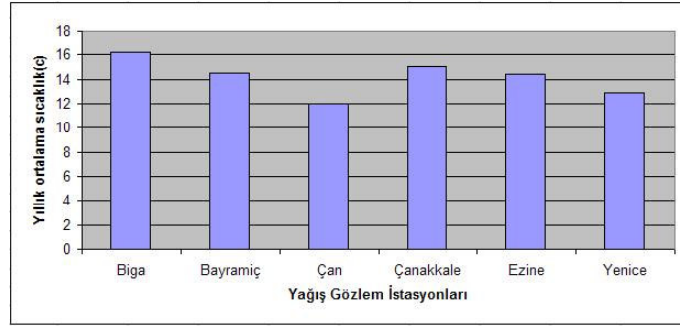
Şekil 4.14. Yağışın yıl içindeki dağılımı

Sıcaklık ve Buharlaşma

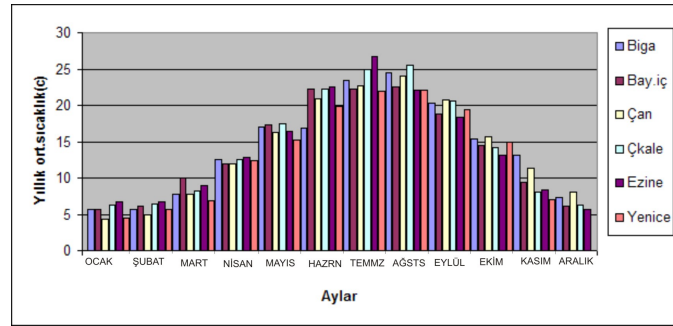
İnceleme alanındaki istasyonlarda yapılan sıcaklık ölçümleri sonucunda yıllık ortalama sıcaklık değeri 14.2 °C'dir. İstasyonlara ait yıllık ortalama sıcaklık verileri Şekil 4.15'de verilmiştir. Bu verilere dayanarak en yüksek sıcaklık değerine sahip istasyon; Biga, en düşük sıcaklık değerine sahip istasyonsa Çan'dır. Şekil 4.16'de görüldüğü gibi en sıcak aylar Haziran, Temmuz ve Ağustos (24°C), en soğuk aylar ise; Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarıdır (5.2 °C).

Şekil 4.17'de Ocak, Şubat, Aralık ve Ekim ayları gerçek buharlaşmanın en az gerçekleştiği dönemdir. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ise artan sıcaklık

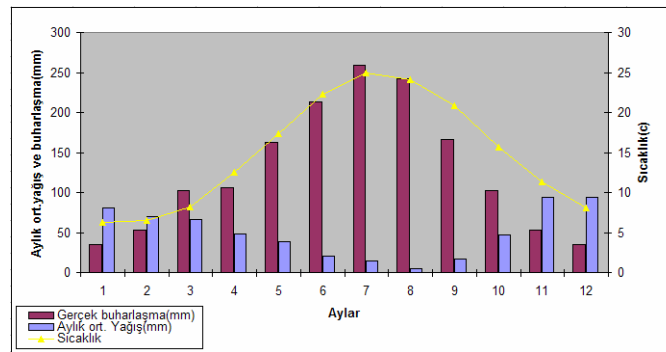
değerine karşın yağış miktarında düşüş, buharlaşma miktarında da artış gözlenmektedir.



Şekil 4.15. İnceleme alanı çevresindeki YGİ'lerinin ortalama sıcaklık değerleri



Şekil 4.16. İnceleme alanı yakın çevresindeki YGİ'lerinin yıllık ortalama sıcaklık değerleri



Şekil 4.17. İnceleme alanı ve yakın çevresinde bulunan YGİ'lerine ait aylık ortalama sıcaklık değerinin yıl içindeki dağılımı

BÖLÜM 5

SU KİMYASI ÇALIŞMALARI

İnceleme alanında sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kaynaklardan Ekim-2005, Ocak-2006, Ağustos-2006 ve Mart-2007 tarihlerinde olmak üzere dört ayrı dönemde örnekleme ve kimyasal analiz çalışmaları yapılmıştır. Soğuksu ve sıcak su kaynakları ile sondaj kuyusundan su örnekleri alınmış ve yerinde pH, sıcaklık, Eh ve EC ölçümleri yapılmıştır. Alınan örnekler 500 ml, 1lt ve 250 ml'lik şişelerde muhafaza edilmiştir. Katyon ve ağır metal içeriklerini korumak için pH<2 koşulu sağlanacak şekilde HNO₃ ile asitlenerek ÇOMÜ Bilim ve Teknoloji Uygulama Merkezi (ÇOBİLTEM)-Merkez Laboratuvarı ve ACME (Kanada) Laboratuvarına gönderilmiştir. İnceleme alanından alınan örneklerin kimyasal ve fiziksel analiz sonuçları Tablo 5.1 ve 5.2'de sunulmuştur.

Su örneklerinin iz element analizleri (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Ca, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cs, Cu, DY, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, Ir, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, Os, P, Pb, Pd, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr)ACME (Kanada) Laboratuvarına gönderilmiştir. Oksijen-18 (¹⁸O) ve Döteryum (D) izotop analizi Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi İzotop Laboratuvarları'nda, Tritiyum (TU) analizi ise Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği Laboratuvarları'nda yapılmıştır. Ayrıca, majör anyon ve SiO₂ analizleride ÇOMÜ Bilim ve Teknoloji Uygulama Merkezi (ÇOBİLTEM)-Merkez Laboratuvarında yapılmıştır.

5.1. Suların Fiziksel Özellikleri

5.1.1.Sıcaklık (S)

İnceleme sahası içerisinde 1 adet sıcak su kaynağı mevcuttur. Külçüler Kaplıcası sıcak ve mineralli su kaynağının sıcaklık değeri, Ekim-2005'de 30°C, Ocak-2006'da

28°C, Agustos-2006'da 30°C ve Mart-2007'de 33,9°C olarak ölçülmüştür. Kaynağın sıcaklığı mevsimsel değişimlerden etkilenmiştir. Ayrıca bu değişim soğuk yeraltısularının karışmasındanda kaynaklanabilir. Bogomolow sınıflamasına göre sıcak su kaynağı epitermal (20-34 °C) sular sınıfına girmektedir. Diğer soğuksu kaynaklarının sıcaklığı 12 °C ve sondajın sıcaklığı ise; 33-34 °C arasında değişmektedir (Tablo 5.3).

Tablo 5.1. İnceleme alanındaki sıcak ve soğuksu kaynaklarına ait majör iyon derişimleri

ÖLÇÜM DÖNEMLERİ	LOKASYON	SICAKLIK (°C)	İLETKENLİK (µS/cm)	Na (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Cl (ppm)	HCO ₃ (ppm)	SO ₄ (ppm)
22-10-2005	SICAKSU	30	1005	187,65	2,99	43,75	0,48	25	48,8	410
	SONDAJ	33,2	1014	188,44	2,88	41,19	0,08	24	73,2	390
21-01-2006	SICAKSU	28	1002	187,77	3,43	42,12	0,48	31	55	402
	SONDAJ	33,8	1012	193,31	3,51	41,91	0,10	33	84	388
01-08-2006	SICAKSU	30	885	188,25	2,58	39,69	0,29	27	45	392,42
	SONDAJ	34	952	187,51	2,69	38,72	0,05	26	75	416,75
	SOĞUKSU 1	9	540	25,76	1,49	85,79	17,46	16	344	12,56
28-03-2007	SICAK SU	33,9	1011	185,75	3,17	39,35	0,07	26	121,45	394,94
	SONDAJ	32,6	1007	178,79	3,14	38,60	<0,05	26	162,06	405,39
	SOĞUKSU 2	12,9	320	18,19	1,86	36,74	10,46	19	324,03	13,88

Tablo 5.2. İnceleme alanından alınan sıcak ve soğuksu kaynaklarına ait ağır metal analizleri

ÖLÇÜM DÖNEMLERİ	ELEMENT	ELEMENT													
		Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Br	Ca	Cd	Ce	Cl	
LOKASYON		ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	
22-10-2005	SICAKSU	<.05	163	7.8	<.05	594	2.27	<.05	<.05	65	43750	<.05	0.01	25	
	SONDAJ	<.05	7	8	<.05	583	1.37	<.05	<.05	61	41185	<.05	0.01	24	
21-01-2006	SICAKSU	<.05	18	8.3	<.05	698	1.43	<.05	<.05	74	42115	<.05	0.01	31	
	SONDAJ	<.05	52	8.7	<.05	725	2.59	<.05	<.05	76	41907	<.05	0.08	33	
01-08-2006	SICAKSU	<.05	32	2	<.05	519	1.14	<.05	<.05	47	39698	<.05	0.05	27	
	SONDAJ	<.05	10	1.1	<.05	488	1.12	<.05	<.05	61	38720	<.05	0.05	26	
	SOĞUKSU1	<.05	46	<.5	<.05	13	1.38	<.05	<.05	75	85795	<.05	0.07	16	
28-03-2007	SICAKSU	<.05	16	8.4	<.05	511	1.29	<.05	<.05	58	39359	<.05	0.02	26	

	SONDAJ	<.05	5	7.8	<.05	559	1.11	<.05	<.05	57	38606	<.05	0.01	26
	SOĞUKSU2	<.05	6	<.5	<.05	5	20.26	<.05	<.05	39	36741	<.05	0.03	10

ÖLÇÜM DÖNEMLERİ	ELEMENT	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er	Eu	Fe	Ga	Gd	Ge	Hf
	LOKASYON	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
22-10-2005	SICAKSU	0.03	<.5	5.55	1.5	<.01	<.01	<.01	20	0.77	<.01	6.05	<.02
	SONDAJ	0.04	<.5	5.86	1.1	<.01	<.01	<.01	16	0.7	<.01	6.14	<.02
21-01-2006	SICAKSU	<.02	<.5	5.79	3	<.01	<.01	<.01	<10	0.75	<.01	6.35	<.02
	SONDAJ	0.06	<.5	5.78	2.1	0.01	<.01	<.01	36	0.73	0.01	6.33	<.02
01-08-2006	SICAKSU	<.02	<.5	5.2	1	<.01	<.01	<.01	36	0.72	0.01	5.34	<.02
	SONDAJ	<.02	<.5	5.69	1	<.01	<.01	<.01	<10	0.66	<.01	5.96	<.02
	SOĞUKSU1	<.02	<.5	0.88	1	0.01	0.01	<.01	34	<.05	0.01	<.05	<.02
28-03-2007	SICAKSU	<.02	<.5	5.92	1.5	<.01	<.01	<.01	11	0.79	0.01	6.72	<.02
	SONDAJ	<.02	<.5	5.86	1.6	<.01	<.01	<.01	<10	0.73	<.01	6.94	<.02
	SOĞUKSU2	<.02	2	0.25	1.2	0.01	0.01	<.01	<10	<.05	0.01	<.05	<.02

ÖLÇÜM DÖNEMLERİ	ELEMENT	Hg	Ho	In	Ir	K	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo	Na
	LOKASYON	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
22-10-2005	SICAKSU	<.1	<.01	<.01	<.05	2992	<.01	125	<.01	484	2.27	23.5	187651
	SONDAJ	0.1	<.01	<.01	<.05	2884	<.01	124.7	<.01	80	4.44	21.6	188436
21-01-2006	SICAKSU	<.1	<.01	<.01	<.05	3433	0.01	123.6	<.01	480	2.72	22.1	187770
	SONDAJ	<.1	<.01	<.01	<.05	3505	0.05	129.9	<.01	101	99.85	20.8	193311
01-08-2006	SICAKSU	<.1	<.01	<.01	<.05	2581	0.02	105.4	<.01	295	3.26	20.4	188252
	SONDAJ	<.1	<.01	<.01	<.05	2688	0.02	113.7	<.01	<50	4.12	22.2	187511
	SOĞUKSU1	<.1	<.01	<.01	<.05	1487	0.04	11.9	<.01	17459	3	1.1	25759
28-03-2007	SICAKSU	0.1	<.01	<.01	<.05	3172	0.01	121.7	<.01	70	5.4	23.8	185759
	SONDAJ	0.1	<.01	<.01	<.05	3144	0.01	125.8	<.01	<50	4.78	23.7	178797
	SOĞUKSU2	<.1	<.01	<.01	<.05	1862	0.05	11.6	<.01	10469	2.12	0.3	18195

ÖLÇÜM DÖNEMLERİ	ELEMENT	Nb	Nd	Ni	Os	P	Pb	Pd	Pr	Pt	Rb	Re	Rh	Ru	S
	LOKASYON	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm
22-10-2005	SICAKSU	<.01	0.01	<.2	<.05	29	0.3	<.2	<.01	<.01	18.01	<.01	<.01	<.05	164
	SONDAJ	<.01	<.01	<.2	<.05	<20	0.2	<.2	<.01	<.01	17.75	<.01	<.01	<.05	163

21-01-2006	SICAKSU	0.01	0.01	<.2	<.05	26	0.1	<.2	<.01	<.01	19.53	0.02	<.01	<.05	185
	SONDAJ	0.01	0.04	0.4	<.05	34	0.5	<.2	0.01	<.01	19.85	0.01	<.01	<.05	184
01-08-2006	SICAKSU	0.02	0.01	<.2	<.05	<20	0.1	<.2	0.01	<.01	17	<.01	<.01	<.05	142
	SONDAJ	<.01	0.01	<.2	<.05	<20	0.1	<.2	<.01	<.01	17.81	<.01	<.01	<.05	138
	SOĞUKSU1	<.01	0.04	<.2	<.05	<20	0.3	<.2	0.01	<.01	3.47	0.01	<.01	<.05	7
28-03-2007	SICAKSU	<.01	0.01	<.2	<.05	<20	0.1	<.2	<.01	<.01	18.68	<.01	<.01	<.05	156
	SONDAJ	<.01	<.01	<.2	<.05	<20	0.2	<.2	<.01	<.01	18.61	<.01	<.01	<.05	163
	SOĞUKSU2	<.01	0.06	<.2	<.05	21	0.1	<.2	0.01	<.01	6.97	<.01	<.01	<.05	6

ÖLÇÜM DÖNEMLERİ	LOKASYON	Sb	Sc	Se	Si	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Te	Th	Ti
		ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
22-10-2005	SICAKSU	0.07	<.1	0.6	25286	<.02	<.05	350.25	<.02	<.01	<.05	<.05	<10
	SONDAJ	0.07	<.1	0.6	25304	<.02	<.05	334.92	<.02	<.01	<.05	<.05	<10
21-01-2006	SICAKSU	0.09	6	<.5	24721	<.02	<.05	352.98	<.02	<.01	<.05	<.05	<10
	SONDAJ	0.07	7	0.5	24602	<.02	<.05	361.78	<.02	<.01	<.05	<.05	<10
01-08-2006	SICAKSU	0.07	4	<.5	19488	<.02	<.05	330.14	<.02	<.01	<.05	0.07	<10
	SONDAJ	0.06	3	<.5	20243	<.02	<.05	357.16	<.02	<.01	<.05	<.05	<10
	SOĞUKSU1	<.05	2	0.5	9461	<.02	<.05	253.2	<.02	<.01	<.05	<.05	<10
28-03-2007	SICAKSU	0.08	4	<.5	25186	<.02	<.05	358.31	<.02	<.01	<.05	<.05	<10
	SONDAJ	0.06	4	<.5	25117	<.02	<.05	368.82	<.02	<.01	<.05	<.05	<10
	SOĞUKSU2	<.05	2	<.5	13045	<.02	<.05	141.49	<.02	<.01	<.05	<.05	<10

ÖLÇÜM DÖNEMLERİ	LOKASYON	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr		
		ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb		
22-10-2005	SICAKSU	<.01	<.01	0.12	0.2	51.65	0.01	<.01	22.8	<.02		
	SONDAJ	<.01	<.01	<.02	<.2	51.53	<.01	<.01	3.3	0.03		
21-01-2006	SICAKSU	<.01	<.01	0.23	0.2	53.55	0.01	<.01	2.1	<.02		
	SONDAJ	<.01	<.01	<.02	0.2	51.71	0.03	<.01	5.4	0.06		
01-08-2006	SICAKSU	<.01	<.01	0.11	0.3	50.14	0.02	<.01	2.1	<.02		
	SONDAJ	<.01	<.01	<.02	<.2	54.12	<.01	<.01	2	<.02		
	SOĞUKSU	<.01	<.01	4.69	2.8	<.02	0.11	0.01	2	0.02		
28-03-2007	SICAKSU	<.01	<.01	0.02	<.2	60.87	0.01	<.01	1.7	0.02		
	SONDAJ	<.01	<.01	<.02	0.2	62.46	<.01	<.01	1.6	<.02		
	SOĞUKSU2	0.01	<.01	5.56	3.3	<.02	0.13	0.01	<.5	<.02		

5.1.2. Elektiriksel İletkenlik(EC)

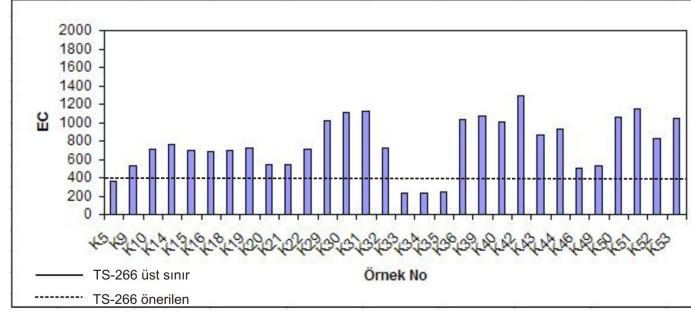
Elektiriksel iletkenlik suyun elektirik akımını iletebilme özeliğinin sayısal ifadesi olarak 25C°'de mikromoho/cm veya mikrosiemens/(μ S/cm) olarak verilmektedir. Suların EC'leri , suda toplam çözünmüş madde miktarına, suların yeryüzüne çıkıncaya kadar izledikleri yola, temasta oldukları kayaçların cinsine, çözünlüklerine, iklime, bölgedeki hidrojeolojik koşullara ve suyun sıcaklığına bağlıdır.

Derişim aynı olsa bile sıcaklık arttıkça çözeltilinin ölçülen Ec'side artmaktadır.Toplam Çözünmüş Madde ile artış gösteren EC değeri, sudaki toplam iyon derişiminin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Türk Standartları Enstitüsü (TS-266) içme suyu için 2500 μ S/cm sınır değeri olarak belirmiştir.

İnceleme alanında örneklenen sıcak su kaynağı, soğuk su kaynakları ve sondajdaki EC değerleri 320-1014 μ S/cm arasında değişmektedir. En düşük EC değeri soğuk su kaynağında 320 μ S/cm olarak ölçülmüştür. Bu durum, kaynağın mevsimsel yağışlardan beslendiği yada su kayaç ilişkisinin kısa süreli olabileceğini belirtmektedir .

Sıcak su kaynağındaki EC değeri, Ekim 2005'de 1005 μ S/cm iken baharda yapılan ölçümlerde 885 μ S/cm olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak Ec'deki değişim yağışlı dönemde beslenme miktarındaki artıştan dolayı sıcak su kaynağındaki suyun seyrelmesi ve sıcaklığındaki düşüşten kaynaklanmaktadır (Tablo 5.3).

İnceleme alanındaki soğuk suların elektiriksel iletkenlik açısından içme suyu standartlarına uygunluğu değerlendirildiğinde; K5, K33, K34, K35 nolu örnekler dışındaki tüm örnekler TS-266'nın içme sularında elektiriksel iletkenlik için önerdiği değer olan 400 μ S/cm'nin üstünde değerlere sahip olmakla birlikte, üst sınır değeri olan 2000 μ S/cm'nin altında kalarak içme suyu niteliği taşımaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. İnceleme alanındaki Suların elektiriksel iletkenlik (EC) açısından içme suyu standartlarına uygunluğu.

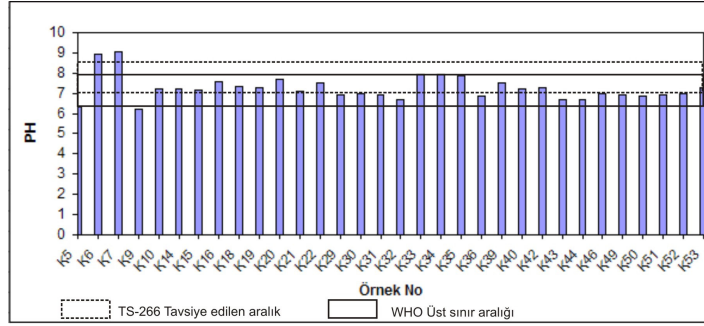
5.1.3 Hidrojen İyon Aktivitesi (pH)

pH , suyun hidrojen iyonu derişiminin bir ölçüsü olup sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi gösterir. Doğal yeraltısularının pH değeri 6.0-8.5 arasında değişmektedir. Sudaki karbannat, hidroksit, ve bikarbonat iyonları suyun bazik özelliğini arttırırken, serbest mineral asitleri ve karbonik asit suyun asit özelliğini artırmaktadır.

Suların aşındırıcı (düşük pH), ve kabuk bağlayıcı (yüksek pH) özellikleri suların pH değerlerinden kaynaklanmaktadır. Atmosferdeki CO₂ gazı fiziksel çözünme ile sulara geçer ve hidratasyon sonucunda karbonik aside dönüşerek sulara çözüldürücü - aşındırıcı özellik kazandırır.

İnceleme alanındaki sıcak su kaynağının pH değeri; Ekim 2005’de 9.07, Ağustos 2006’da 9.71 ve Mart-2007’de 8.88 olarak ölçülmüştür. Bu değerler kaynak suyunun bazik özellikte olduğunu göstermektedir. Soğuk su kaynaklarının pH’ları 7.6 - 7.8 ve sondajdan alınan pH değeri ise 9.09 - 9.14 arasında değişmekte bazik özellik sunmaktadır (Tablo 5.3).

İnceleme alanındaki suların Ph değerine göre içme suyu standartlarına uygunluğu değerlendirildiğinde; K5, K9, K32, K36, K43, K44, K46, K49, K50, K51 ve K52 nolu soğuksu kaynakları TS-266’nin içme sularında, pH için tavsiye ettiği aralık olan 7-8.5 aralığının altında yer almakla birlikte,tüm örnekler üst sınır aralığı 6.5-9.2 aralığı içinde kalmakta, dolayısıyla içme suyu niteliği taşımaktadır. WHO standartlarına göre K6, K7 ve K9 nolu örnekler hariç tüm sular pH değeri bakımından içme suyu sınıfında yer almaktadırlar (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. İnceleme alanındaki Suların pH değerine göre içme suyu standartlarına uygunluğu

Tablo 5.3. İnceleme alanındaki sıcak ve soğuksu kaynaklarına ait fiziksel özellikler

ÖLÇÜM DÖNEMLERİ	LOKASYONLAR	SICAKLIK (°C)	İLETKENLİK (µS/cm)	Ph	DEBİ (l/sn)
22-10-2005	SICAKSU	30	1005	9.07	1.2
	SONDAJ	33.2	1014	9.09	1.5
21-01-2006	SICAKSU	28	1002	9.18	1
	SONDAJ	33.8	1012	9.16	1.6
01-08-2006	SICAKSU	30	885	9.71	1.2
	SONDAJ	34	952	9.14	1.8
	SOĞUK SU 1	9	540	7.46	0.05
29-03-2007	SICAK SU	33.9	1011	8.88	1.3
	SONDAJ	32.6	1007	8.89	2
	SOĞUK SU 2	12.9	320	7.8	0.14
12-05-2007	SICAK SU	33.7	1049	9.04	1
	SONDAJ	31.6	1032	8.95	2
	SOĞUKSU 1	20.9	538	7.68	0.02
	SOGUKSU 2	18.9	523	6.92	0.07

Tablo 5.4. Soğuksu kaynağına ait fiziksel özellikler (12.05.2007)

KAYNAKLAR	UTM KOORDİNATLARI	SICAKLIK(C°)	DEBİ(lt/sn)	pH	EC(µS/cm)	Eh (mv)
K5	80793-03364	23.9	0.20	6.36	366	23.9
K9	81933-06481	19.3	0.04	6.20	526	33.4
K10	80562-06756	20.5	0.11	7.20	715	-27.5
K14	81910-06971	17.1	0.04	7.22	759	-26
K15	82120-07321	19.5	0.05	7.18	699	-27
K16	82165-07309	21.2	0.28	7.57	678	-46.6
K18	81750-07500	18.2	0.10	7.32	703	-25
K19	80209-06817	20.3	0.10	7.27	718	-28.9
*K20	79726-06884 (2006)Ağustos	17		7.49	540	-51.1
*K20	79726-06884 (2007) Mayıs	20.9	0.02	7.68	538	-50.8
K21	79686-06932	17.2	0.04	7.09	542	-18.5
K22	79692-06947	20.6	0.06	7.50	705	-42.5
K29	77811-03902	18.5	0.05	6.95	1020	-8.5
K30	77811-03902	19.4	0.04	6.98	1105	-9.1
K31	79063-03842	21.7	0.04	6.94	1123	-9.6
K32	79638-03061	17.6	0.03	6.70	722	4.3
K33	79742-03216	19.6	0.05	7.95	226	-68.6
K34	79822-03227	19.03	0.05	7.94	232	-68.1
K35	79575-04341	22.4	0.08	7.88	250	-63.2
K36	76455-04840	18.5	0.13	6.87	1037	-5.5
K39	77570-06506	20.2	0.05	7.53	1074	-44.1
K40	77666-06421	19.1	0.04	7.20	1003	-25
K42	77828-06163	19.5	0.06	7.26	1287	-28.7
K43	77560-05149	17.4	0.08	6.66	859	6.6
K44	77680-04855	18.3	0.14	6.69	930	4.6
K46	79350-03497	23	0.04	6.99	499	-12.7
*K49	79880-05250 (2007)Nisan	15.1	0.1	6.87	530	-6.2
*K49	79880-05250 (2007)Mayıs	18.9	0.07	6.92	523	-8.4
K50	76450-04860	17.3	0.01	6.86	1063	-5.0
K51	76465-04860	17.2	0.03	6.95	1149	-10.6
K52	79311-05198	21.2	0.04	6.96	829	-10.7
K53	79884-06573	18.9	0.01	7.26	1050	-28.3

5.2 Suların Kimyasal Özellikleri

5.2.1 Majör ve minör iyonlar

Doğal suların toplam iyon içeriğinin %90'ından daha fazlasını oluşturan Na, Ca, Mg, K, Cl, HCO₃ ve SO₄ iyonları majör iyonlar olarak adlandırılmaktadır. İnceleme alanında bulunan suların kimyasal analiz sonuçlarında (Tablo 5.1) yer alan majör iyonlar ve dağılımları aşağıda açıklanmıştır.

Sodyum (Na) ve Potasyum (K)

Sodyum, doğal sularda en yaygın olarak bulunan alkali metaldir. Bütün sodyum bileşikleri suda kolayca çözünürler. Magmatik kayalar, kil mineralleri, feldispatlar, feldispatoidler ve evaporitler sodyum içeren başlıca kayaç ve minerallerdir. İçme ve kullanma suları standartlarında sodyum için 200 mg/l maksimum değer verilmiştir (TSE-266, 2005) Potasyum ise esas olarak feldispatlarda, mikalarda, feldispatoyidlerde ve kil minerallerinde bulunur. Doğal sularda potasyum içeriği genelde 20 mg /l aşmamaktadır. Ancak sıcak su kaynaklarında bu değer 100 mg/l'ye ulaşabilmektedir (Doğan, 1981). İnsani Tüketim amaçlı Sular Standartlarında (TS-266, 2005) K ile ilgili bir sınır değeri verilmemiştir.

İnceleme alanının büyük bir kısmı magmatik kayalarca zengin birimden (granit) oluşması nedeniyle sıcak ve soğuk su kaynaklarında hakim katyon sodyumdur. Külcüler sıcak su kaynağındaki sıcak suyun Na değeri 187.65 ppm (Ekim-2005), 188.25 ppm (Ağustos-2006), 187.77 ppm (Ocak-2006) ve (Mart-2007)'de 185.75 ppm olarak ölçülmüştür. Soğuk su1 25.76 ppm (Ağustos-2006), Soğuksu2 değeri ise 18.19 ppm (Mart-2007) dir.

Sondajdan alınan suyun Na değeri 188.44 ppm (Ekim- 2005), 193.31 ppm (Ocak- 2006), 187.51 ppm (Ağustos-2006) ve 178.79 ppm (Mart-2007) olarak ölçülmüştür.

Potasyum(K) değeri sıcak su kaynağında 2.58- 3.43 ppm, sondajda 2.69 - 3.51 ppm, soğuksular da ise 1.49-1.86 ppm olarak ölçülmüştür.

Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum (Mg)

Kalsiyum, doğal sularda en bol bulunan katyonlardan biridir. Ca birçok magmatik kayaç minerallerinin, özellikle piroksen, amfibol ve feldispatların asıl bileşenidir. Tortul kayalarda kalsiyum genellikle karbonatlar (kalsit, dolomit vb.) şeklinde bulunmaktadır. Doğal sulardaki miktarı, suyun bulunduğu ortamdaki kayaların bileşimi ile yakından ilgilidir. Karbonatlı kayaların bulunduğu bir bölgedeki sularda kalsiyum miktarı 100 mg/l kadar değişebilmektedir. Kalsiyum,

suların sertliğini oluşturan ana iyonlardan biridir. İçme ve kullanma suları standartlarında (TS-266, 2005) Ca için sınır değeri verilmemiştir.

Magnezyum tuzları ise genelde dolomit ve ofiyolitik kayalarda bol miktarda bulunmakta ve oldukça yüksek bir çözünürlüğe sahiptirler. Kalsiyum tuzları çökdikten sonra da çözeltide kalmaya devam ederler. Doğal sularda 100 mg/l'ye kadar değişen derişimlerde bulunan magnezyum, suların sertliğini oluşturan diğeri bir iyondur. İçme ve kullanma suları standartlarında (TS-266, 2005) Mg için sınır değeri tanımlanmamıştır. Kalsiyum ve magnezyumun zehirleyici özellikleri bulunmamaktadır (Doğan, 1981).

Sıcak su kaynağında Ca değeri 43.75 ppm (Ekim- 2005), 42.12 ppm (Ocak-2006), 39.69 ppm (Ağustos-2006) ve 39.35 ppm (Mart-2007). Soğuksu1 kaynağında 85.79 ppm (Ağustos-2006), soğuksu2 kaynağında ise 36,74 ppm (Mart-2007). Sondajdan alınan su örneklerinde Ca değeri 41.19 ppm (Ekim-2005), 41.91 ppm (Ocak -2006), 38.72 ppm (Ağustos-2006), ve 38.60 ppm (Mart-2007)

Sıcak su ve sondajdan alınan örneklerde Mg değeri oldukça düşüktür. Sıcaksu kaynağında 0.29-0.48 ppm , sondajda ise 0.05- 0.48 ppm arasında değişmektedir. Soğuksu1 kaynağında 17.46 ppm (Ağustos 2006), soğuksu2 kaynağında ise 10.46 ppm (Mart-2007) olarak ölçülmüştür.

Alkalinite (HCO₃ ve CO₃)

Suların alkanitesi, içerdığı çözülmüş maddelerin asitlerle tepkimeye girme ve nötrleştirme kapasitesidir. Hemen hemen bütün doğal sularda, alkalinite karbonat (CO₃⁻) bikarbonat (HCO₃⁻) ve hidroksit (OH⁻) iyonlarından dolayı ortaya çıkmaktadır. Doğal sularda alkaniteyi oluşturan temel unsurlar atmosferik karbondioksit ile toprakta doymun olmayan zonda üretilen gazlardır. Bunun dışında biyolojik olarak oluşan sülfat redüksiyonu ile karbonat kayalarının metamorfizması sonucu da karbondioksit oluşabilmektedir.

Sıcaksu kaynağında 48.8, 55, 45, 121.45 ppm (Ekim 2005; Ocak 2006; Ağustos 2006 ve Mart 2007) , sondajda 73.2, 84, 75, 162.02 ppm (Ekim 2005; Ocak 2006; Ağustos 2006 ve Mart 2007) arasında değişmektedir. Soğuksularda bu değeri 324-344 ppm (Ağustos 2006; Mart-2007) arasındadır.

Klorür (Cl) ve Florür (F)

Klorürün doğadaki dağılımı oldukça geniştir. Klorür, esas olarak deniz suyunda, sedimanter kayalarda ve özellikle evaporitlerde bulunmaktadır. Ayrıca, sodalit, biyotit, hornblend gibi magmatik kökenli minerallerde ve şeyllerde klorür iyonu bulunmaktadır. Kirlenmemiş doğal sularda klorür içeriği genellikle 10–20 mg/l arasındadır. Bu değer yağışın klorür içeriği ile yakından ilişkilidir.

Sularda görülen florürün başlıca kaynağı ise volkanik kayaların bileşiminde bulunan kalsiyum florürdür (Doğan, 1981). İnsani tüketim amaçlı sular Standartlarında (TS-266, 2005) Cl 250 ppm ve F ise 1.5 ppm'i aşmamalıdır.

Külcüler sıcak kaynağındaki Cl derişimi 25 ppm (Ekim 2005), 31 ppm (Ocak 2006), 27 ppm (Ağustos 2006), 20 ppm (Mart 2007) olarak ölçülmüştür. Sondajda ki Cl derişimi ise 24-33 ppm arasında değişmektedir. Soğuksu1 kaynağında 16 ppm (Ağustos 2006), soğuksu2 kaynağında ise 10 ppm (Mart 2007)'dir.

F ise sıcak ve soğuk su kaynaklarında derişimi 0.1-2.2 değişim göstermektedir. Bu değer İnsani Tüketim Amaçlı sular Standartlarında (TS-266, 2005) göre yüksektir.

Sülfat (SO₄)

Kükürt elementli, indirgenmiş halde metal sülfürleri olarak magmatik ve sedimanter kayalarda yaygın olarak bulunmaktadır. Sülfürlü mineraller su ile temas ederek bozdukları zaman oksitlenerek SO₄⁻² iyonları oluşur ve bu iyonlar suya geçmektedir. İçme ve kullanma suları standartlarında sülfat 250 mg/l'yi aşmamalıdır (TS-266, 2005).

SO₄⁻² Külcüler kaplıcasında Na dan sonra en fazla bulunan ikinci iyonudur. Sıcak suda 392-402 ppm, sondajda ise 388 - 416 ppm aralığında değişim göstermektedir. Soğuksular da bu oran oldukça düşüktür. 12.56 -10 ppm (Ağustos- 2006 ; Mart-2007) olarak ölçülmüştür.

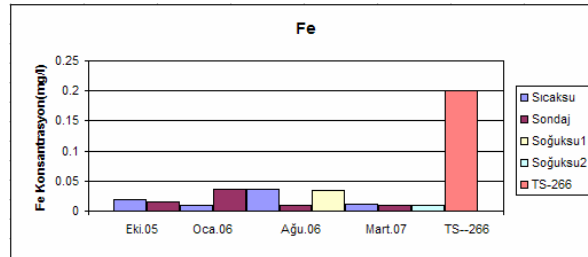
5.2.2 Ağır metal analizleri

Doğal sulara majör iyonlar dışında eser miktarlarda bulunan bazı maddeler minör bileşenler olarak adlandırılmaktadır. Demir dışında diğer ağır metaller sulara genellikle 1 mg/l'den daha düşük derişimlerde bulunur (Freeze and Cherry, 1979). Doğal sulara evsel ve endüstriyel atık suları ve madencilik faaliyetleri atıklarının aracılığı ile bazen önemli miktarlarda ağır metal katılabilir. Suyun dolaşımı sırasında temasta olduğu litolojik birimlerin mineralojik yapısı da, sulardaki ağır metal içeriğinin kaynaklarından birini oluşturmaktadır. İnceleme alanındaki su kaynakların dan alınan numunelerden, demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn), krom (Cr), kurşun (Pb), nikel (Ni) ve kadminyum (Cd) gibi analizleri ile (Tablo 5.2)'deki iz elementler ölçülmüştür. Söz konusu bazı elementlerle ilgili kısaca bilgi aşağıda özetlenmiştir.

Demir (Fe) ve Mangan (Mn)

Demir, magmatik, metamorfik ve sedimanter kayaçlardaki birçok mineralde ve toprakta bulunmaktadır. İnsani Amaçlı Tüketim Suları Standartlarına (TS-266, 2005) göre Fe için izin verilen en fazla değer 0.2 ppm'dir. Demirin su içerisindeki çözünürlüğü ortamın pH ve redoks koşullarına bağlıdır. İnceleme alanındaki sıcaksuda ölçülen Fe miktarı 0.02 ppm (Ekim 2005), 0.01 ppm (Ocak 2006), 0.036 ppm (Ağustos- 2006) ve 0.011ppm (Mart-2007) dir. Sondajda ise 0.01-0.036 ppm arasında ölçülmüştür.

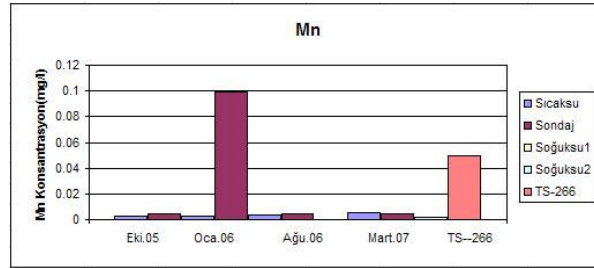
Soğuksular da bu değer 0.034-0.010 ppm (Ağustos 2006; Mart 2007) dir. Soğuk ve sıcak su kaynaklarında Fe miktarı TSE'nin önerdiği standartları geçmemektedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Numunelerin farklı dönemlerdeki demir konsantrasyonları.

Mangan ise genel olarak metamorfik ve magmatik kayalarda olivin, piroksen ve amfibol minerallerinde bulunur. Yeraltısularında bulunan Mn miktarı su içerisinde çözünmüş oksijen miktarına bağlı olarak değişmektedir. Mangan çözünmüş oksijene doymun yeraltı sularında çökelirken, oksijensiz ortamlarda demirle birlikte bol miktarda bulunmaktadır. İnsani Amaçlı Tüketim Suları Standartlarına (TS-266,2005) Mn için izin verilen en fazla değer 0.05 ppm'dir.

Mn derişimi sıcaksu da 0.002 ppm (Ekim 2005), 0.272 ppm (Ocak 2006), 0.295 pmm (Ağustos 2006). Sondaj suyunda 0.004 pmm (Ekim 2005) , 0.099 pmm (Ocak 2006), <0.05 ppm (Ağustos 2006), 0.0047 ppm (Mart 2007) olarak ölçülmüştür (Şekil 5.4). Soğuksular da bu değer 0.0003-0.0021 ppm (Ağustos 2006; Mart 2007) olarak ölçülmüştür.



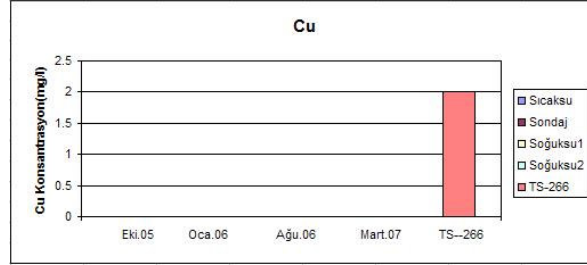
Şekil 5.4. Numunelerin farklı dönemlerdeki Mangan konsantrasyonları

Bakır (Cu)

Bakır, yer kabuğundaki kayalarda doğal bakır veya bakır içeren sülfür ve karbonat mineralleri halinde bulunur. Bununla birlikte, bakır minerallerinin çözünebilirlikleri çok düşük olduğundan, sulardaki bakırın çok az bir kısmı doğal kökenlidir (Hem, 1985). Çeşitli sanayi atıklarından gelebilen bakır, içme ve kullanma suları standartlarında 2 mg/l'yi aşmamalıdır (TS-266 , 2005)

İnceleme alanından alınan numunelerde bakır için ölçülen minimum ve maksimum değerler 0.0015 –0.001 ppm dir. Sıcak sularda Cu derişimi 0.0015 ppm (Ekim 2005), 0.003 ppm (Ocak 2006), 0.001ppm (Ağustos 2006), 0.0015ppm (Mart 2007) şeklinde değişim gösterir. Sondajdan alınan örneklerde ise 0.0011 ppm (Ekim 2005), 0.0021 ppm (Ocak 2006), 0.001 ppm (Ağustos), 0.0016 ppm (Mart 2007) olarak

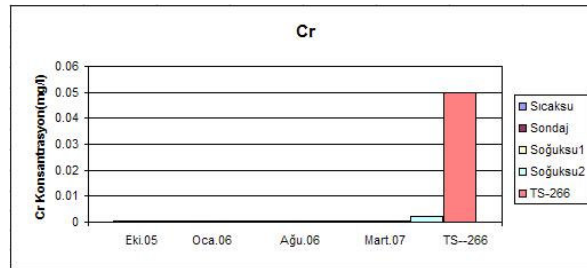
ölçülmüştür. Soğuksular daki Cu derişimi 0.001-0.0012 ppm (Ağustos 2006; Mart 2007) dir. Ölçülen değerler içme ve kullanma standartlarının altındadır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Numunelerin farklı dönemlerdeki bakır konsantrasyonları

Krom (Cr)

Suların bileşiminde bulunan krom, kayalardan, endüstriyel atıklardan ve tarımdan kaynaklanabilir. Doğal sulardaki derişimi genellikle 0.01 mg/l'nin altındadır. Bununla birlikte suyun temasta olduğu kayacın bileşime bağlı olarak bu derişim 0,2 mg/l'ye kadar artabilmektedir. Türkiye'de içme suyu standartlarında krom içeriği için önerilen üst sınır 0.05 mg/l olarak verilmektedir (TS -266, 2005). İnceleme alanındaki sıcak, soğuk ve sondaj suyundaki Cr derişimi < 0.0005 ppm dir (Şekil 5.6).



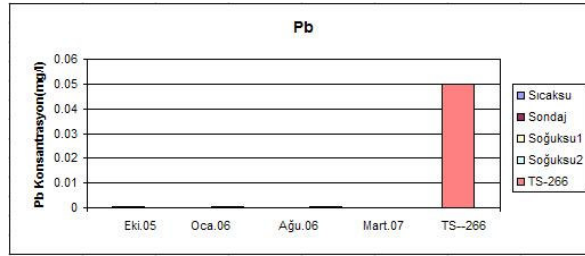
Şekil 5.6. Numunelerin farklı dönemlerdeki Krom konsantrasyonları

Kurşun (Pb)

Kayaç oluşturan birçok mineralin asıl yapısında yer alan kurşun, sularda doğal olarak bulunmakta, kayalardan ve insan faaliyetlerden sağlanmaktadır. Doğal sulardaki kurşun nadir olarak yüksek değerlere ulaşır (Hem, 1985) İnsan vücudunda birikim

yaparak zehirli bir etkiye sahip olan kurşun için TSE, İnsani Amaçlı Tüketim Suları standartlarında (TS -266, 2005) kurşun için önerilen sınır değer 0.01 ppm'dir.

İnceleme alanındaki sıcak su kaynağında 0.0003 ppm (Ekim 2005), 0.0001 ppm (Ocak 2006), 0.0001 ppm (Ağustos 2006), 0.0001 ppm (Mart 2007), Sondajda 0.0002 ppm (Ekim 2005), 0.0005 ppm (Ocak 2006), 0.0001 ppm (Ağustos 2006), 0.0002 ppm (Mart 2007) ve soğuksu kaynakların da ise 0.0003 -0.0001 ppm (Ağustos 2006; Mart 2007) olarak ölçülmüştür (Şekil 5.7).



Şekil 5.7. Numunelerin farklı dönemlerdeki kurşun konsantrasyonları

Çinko (Zn)

Doğal sularda bulunan çinko genellikle, suyun temasta olduğu kayalardan, topraktan, endüstriyel atıklardan, gübreden ve atmosferden kaynaklanabilir, Çinko, insan için görece olarak zehirli olmayan bir element olup 25 ppm derişimlere kadar olumsuz bir etkiye sahip olmadığı gözlenmiştir (McNeely ve diğ., 1979). İnsani amaçlı tüketim suları standartlarında (TS -266, 2005) çinko için sınır değeri verilmemiştir.

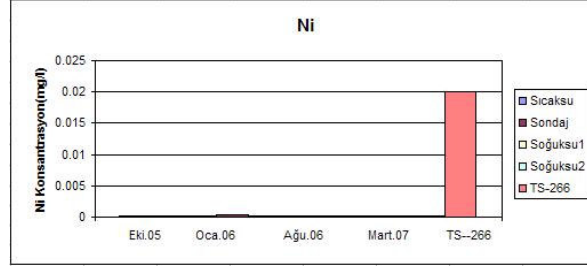
İnceleme alanından alınan su numunelerinde Zn derişimi 0.0021-0.0054 ppm arasında değışim göstermektedir.

Nikel (Ni)

Nikel, magmatik kayalarda bulunan birçok mineralin yapısında bulunmaktadır. Nikelin doğal sularda, 1 mg/l' ye kadar yükselen derişimlerin yanında, genellikle 0.005 ile 0.020 mg/l arasındaki derişimlerde bulunduğu

belirlenmiştir (WHO,1984). İçme ve kullanma suları standartlarında nikel 0.02 mg/l'yi aşmamalıdır (TS-266, 2005).

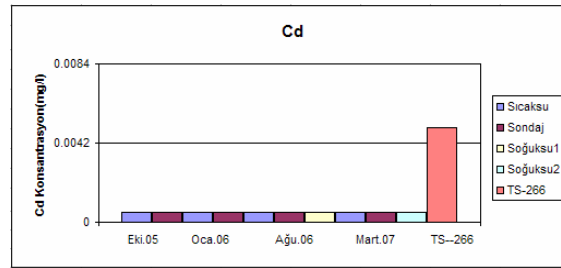
Ni derişimi sıcak su ve soğuk su kaynağında < 0.0002 ppm olarak değişim göstermektedir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Numunelerin farklı dönemlerdeki nikel konsantrasyonları

Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum yer kabuğunda eser miktarda bulunan ve özellikle çinkoya benzeyen bir elementtir. Doğal suların kadmiyum içerikleri genellikle 0.001 mg/l'den daha azdır. Bununla birlikte bazı sularda 0.001 mg/l'ye kadar ulaşan derişimlerde bulunabilmektedir (McNeely ve diğ., 1979). TSE, İnsani tüketim amaçlı sular standartında (TS-266 , 2005) Cd derişimi en fazla 0.005 ppm olarak belirtilmiştir. İnceleme alanından derlenen numunelerde Cd derişimi < 0.005×10^{-3} ppm'dir (Şekil 5.9)



Şekil 5.9. Numunelerin farklı dönemlerdeki kadmiyum konsantrasyonları

5.3 Su Kaynaklarının Sınıflandırılması

Çalışma sahasında alınan su örneklerinin analiz sonuçları Piper (üçgen), Schoeller, ABD Tuzluluk Laboratuvarı ve Wilcox diyagramlarında değerlendirilmiştir.

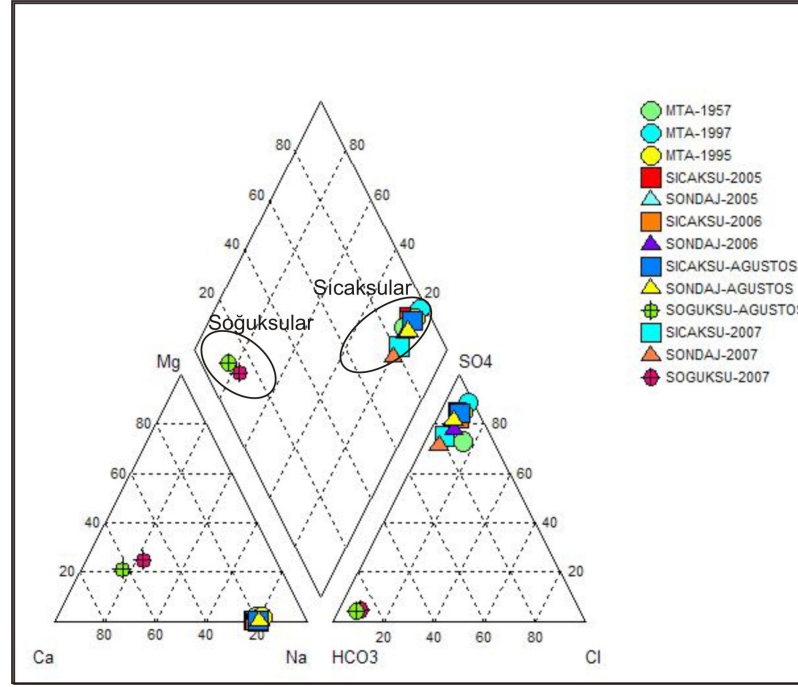
5.3.1 Piper diyagramı

İyonların topluca tek bir diyagramda görüntüleme kolaylığı açısından hidrojeolojide oldukça sık kullanılan diyagramlardan biri piper üçgen diyagramıdır. Soğuk ve sıcak su kaynakların litolojisi ile ilişkileri ve dolaşım sistemleri boyunca meydana gelen hidrojeokimyasal süreçlerin belirlenmesi amacıyla çizilmiştir.

İnceleme alanından derlenen sıcak ve soğuksu kaynaklarından elde edilen analiz sonuçları ile önceki araştırmacıların (MTA, 1957; MTA, 1995 ve MTA,1997) yapmış olduğu analiz sonuçları Piper diyagramına yerleştirilmiştir (Şekil 5.7).

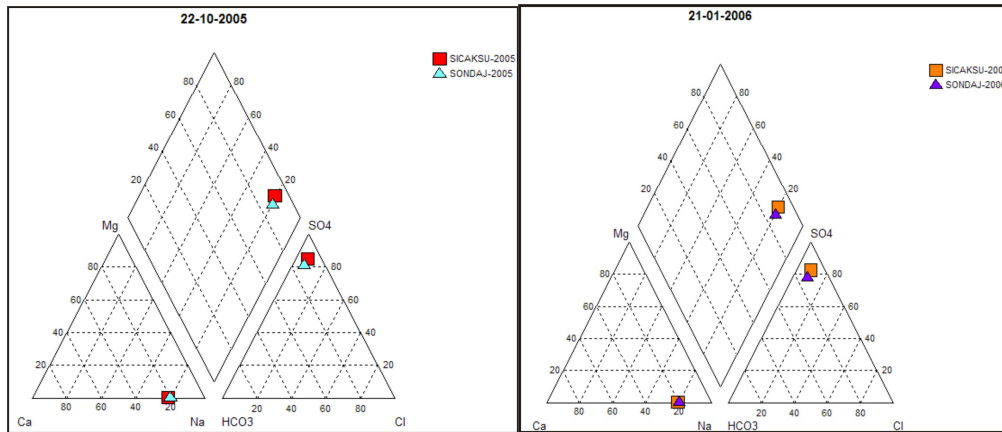
Çalışma alanındaki sıcaksu ve sondaj kaynaklarının grafikte aynı bölgede toplanmaları bu suların benzer kökene sahip oldukları anlamına gelmektedir. Dolayısıyla sıcak sular aynı kayaç grubundan beslenmekte olup, rezervuar kayacı aynıdır. Bölgedeki sıcaksu ve sondaj kaynakları Na-SO₄ tipi sular sınıfında olup, karbonat olmayan alkalinitesi %50'den fazla olan suların bulunduğu alana düşmektedir. İyon karakteristikleri sıcaksu ve sondaj kaynağında ; Na+K>Ca>Mg ve SO₄ > HCO₃ >Cl soğuksu kaynağında ise Ca>Na+K> Mg ve HCO₃ >Cl> SO₄ şeklindedir.

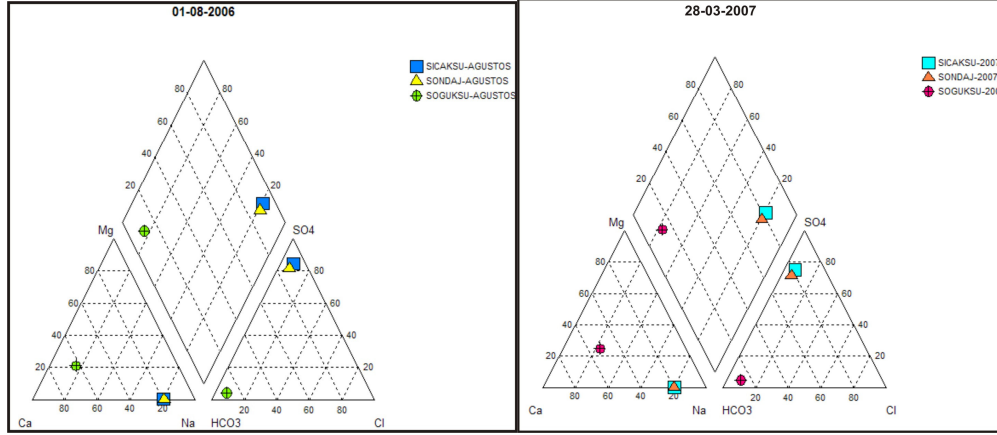
Çalışma alanındaki soğuksu örneği ise Ca-HCO₃ tipi sular sınıfında olup, karbonat sertliği % 50'den fazladır.



Şekil 5.10. İnceleme alanındaki su kaynakları için oluşturulan Piper diyagramı

İnceleme alanından farklı dönemlerde (22-10-2005 ; 21-01-2006 ; 01-08-2006 ve 28-03-2007) alınan örnekler ayrı ayrı Piper diyagramına yerleştirilmiştir (şekil 5.10). Piper diyagramında olduğu gibi inceleme alanındaki sıcak sular Na-SO₄ tipi sular sınıfında, soğuk su kaynakları ise Ca-HCO₃ tipi sular sınıfına girmektedir.



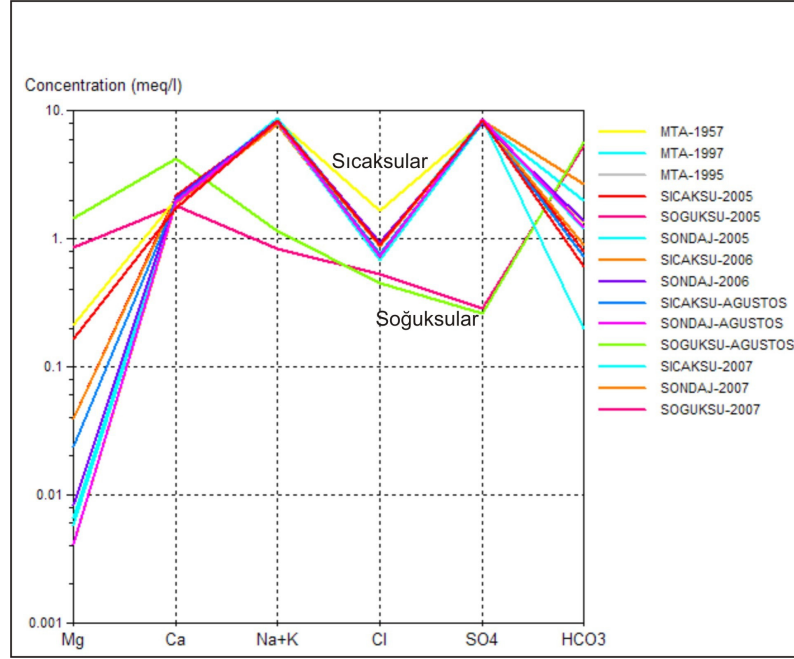


Şekil 5.11. İnceleme alanındaki su kaynakları için oluşturulan Piper diyagramı

5.3.2 Schoeller diyagramı

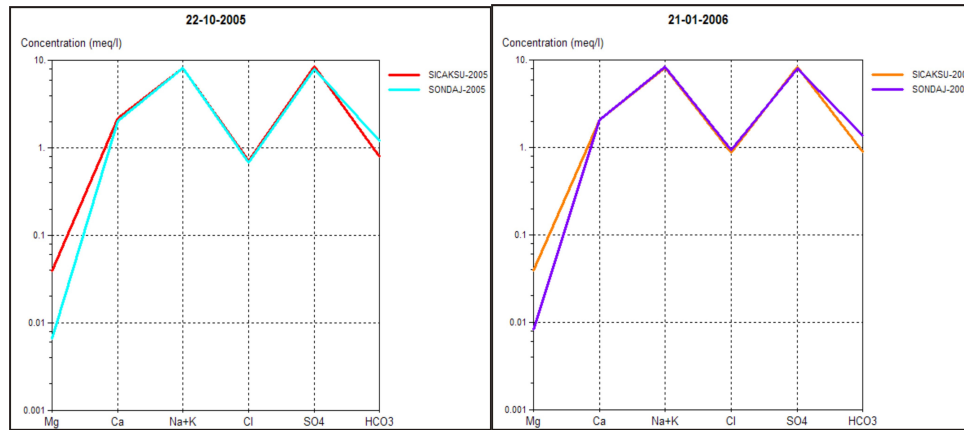
İnceleme alanından alınan sıcak ve soğuk su kaynaklarına ait su örnekleri, önceki çalışmalarla birlikte Schoeller diyagramında karşılaştırılmıştır (Şekil 5.12). Bu diyagram gerek iyonların topluca tek bir diyagramda görülme, gerekse benzer ve farklı kökenli suların karşılaştırılması açısından oldukça sık kullanılmaktadır. Schoeller diyagramında aynı kökenli, aynı akifer ve beslenme alanına sahip suların iyon dağılımlarının paralellik göstermesi beklenmektedir.

İnceleme alanında sondaj suyu ile sıcak su kaynaklarının paralellik gösterdiği görülmektedir. Dolayısıyla aynı kökenlidir. Şekil 5.12.'deki SO_4 ve Na-K oranındaki belirgin farklılık suyun SO_4 ve Na-K içeren formasyonla uzun süre temas etmesinden kaynaklanmaktadır.

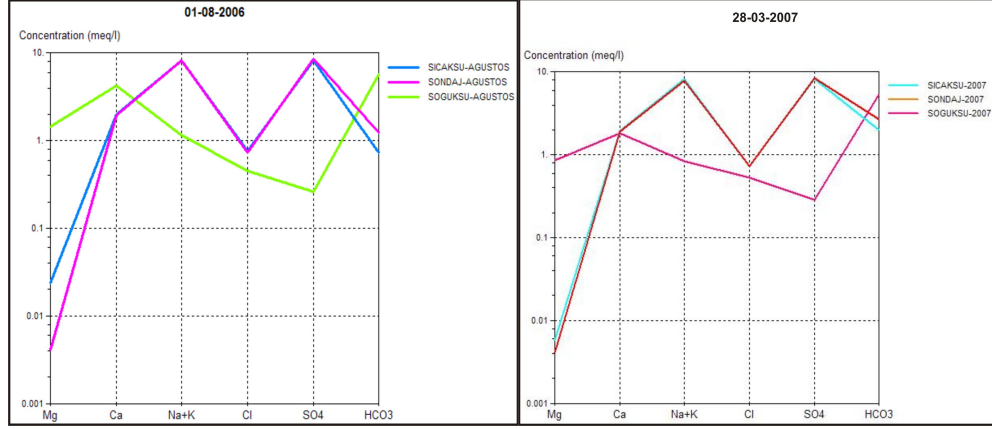


Şekil 5.12. İnceleme alanındaki su kaynakları için oluşturulan Schoeller diyagramı

İnceleme alanından farklı dönemlerde (22-10-2005; 21-01-2006; 01-08-2006; 28-03-2007) alınan örnekler ayrı ayrı Schoeller diyagramına yerleştirilmiştir (Şekil 5.13 ve 5.14).dönemsel olarak alınan bu örneklerde büyük farklılıklar gözlenmemektedir.



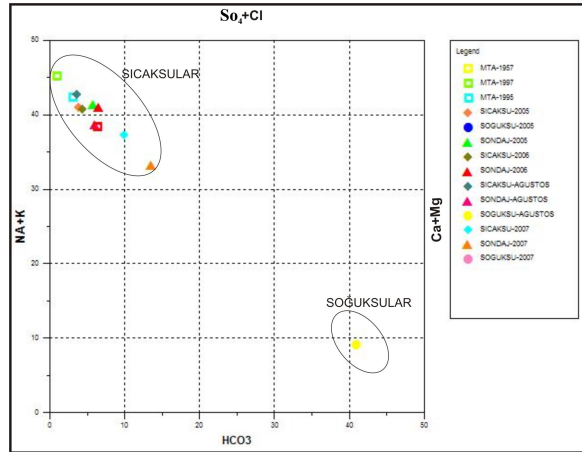
Şekil 5.13. inceleme alınındaki su kaynaklarının dönemsel olarak Schoeller diyagramında gösterimi.



Şekil 5.14. inceleme alanındaki su kaynaklarının dönemsel olarak schoeller diyagramında gösterimi.

5.3.3. Langelier-Ludwig diyagramı

Sıcak ve soğuk su kaynaklarına ait su örnekleri, önceki çalışmalarla birlikte Langelier –Ludwig (1942) diyagramına yerleştirildiğinde sıcakların Na-SO₄ bölgesinde, soğuksuların ise Ca-HCO₃ bölgesinde yer aldığı görülür (Şekil 5.15).

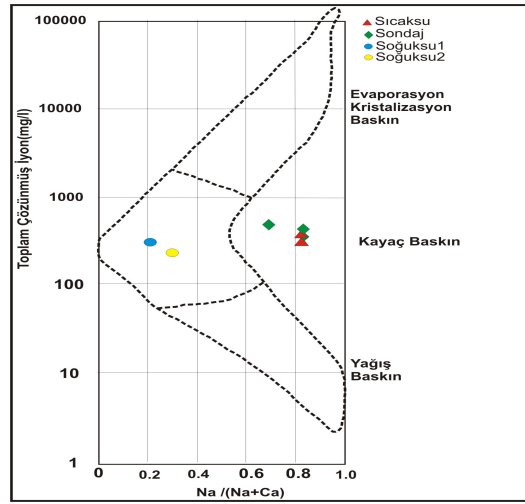


Şekil 5.15 İnceleme alanındaki suların Langelier –Ludwig diyagramındaki konumları

5.3.4 Gibbs diyagramı

Gibbs diyagramı iyonik oranların kullanıldığı bir diyagramdır. Gibbs diyagramında, Külçüler jeotermal sahasındaki sıcak ve soğuksuların tamamı kayaç baskın bölgeye

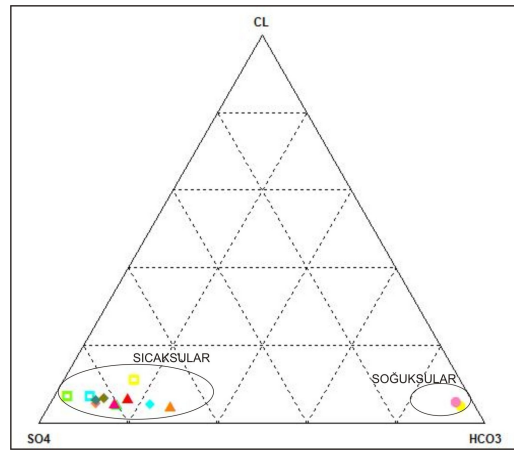
düşmektedir. Bu da, su kimyasını kontrol eden ana mekanizmanın, kayaç yapıcı minerallerin kimyasal ayrışması olduğunu göstermektedir (Şekil 5.16).



Şekil 5.16. İnceleme alanındaki suların Gibbs diyagramındaki konumları

5.3.5 Cl- SO₄-HCO₃ diyagramı

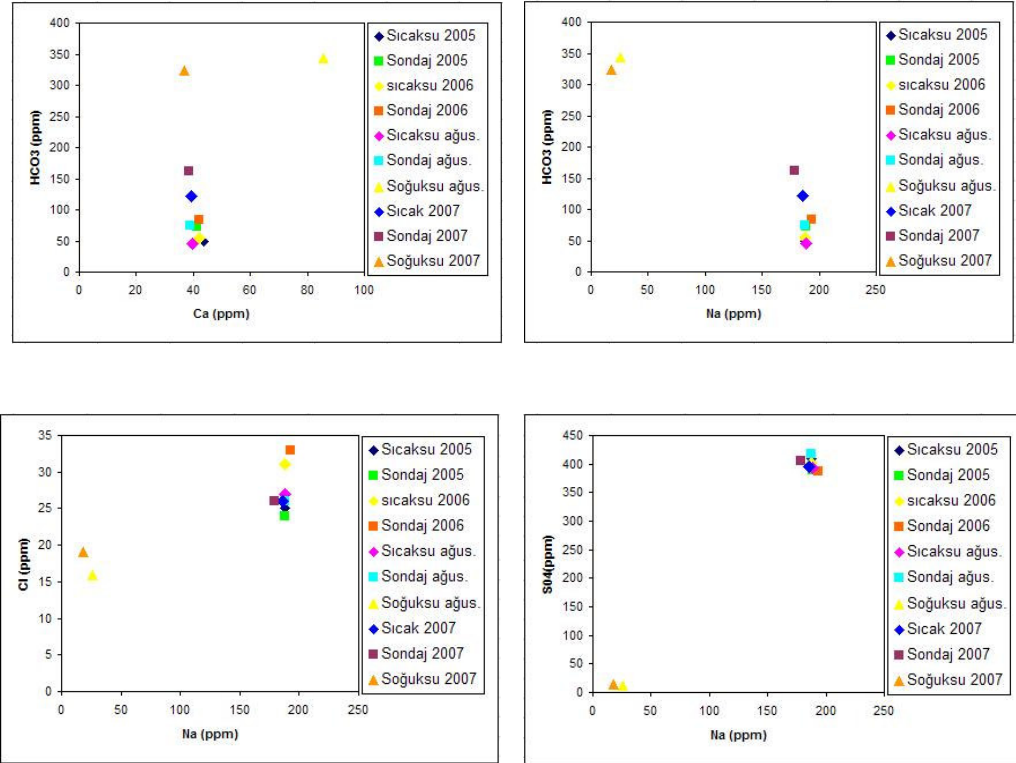
Külcüler jeotermal sahasında sulardan elde edilen majör anyon verileri Cl-SO₄-HCO₃ üçgen diyagramla değerlendirilmiştir (Şekil 5.17). Diyagramdan da görüldüğü gibi sıcak sular SO₄, soğuk sular ise HCO₃ köşesinde yer almaktadır. Soğuk sularda HCO₃ iyon konsantrasyonunun ağırlıklı olması jeotermal akışkanı besleyen CO₂ yüklü yeraltısuyundan yada magmatik kayaçlardan aldığını, sıcak sularda ki SO₄ konsantrasyonunun ağırlıklı olması ise magmatik kayalar içerisindeki sülfid minerallerinden aldığını düşündürmektedir.



Şekil 5.17. İnceleme alanındaki suların Cl- SO₄-HCO₃ diyagramı

5.3.6 Sulardaki majör iyonlar arasındaki ilişki

Sularda bulunan majör iyonlardan Ca-HCO₃, Na-HCO₃, Na-Cl ve Na-SO₄ arasındaki ilişkiler araştırılmıştır (Şekil 5.18). Ca-HCO₃ grafiğinde incelendiğinde soğuk sularda HCO₃ konsantrasyonu sıcak sulara göre fazladır. Sıcak sularda Ca konsantrasyonunun fazla değişiklik olmazken yağışlı mevsimlerde HCO₃ miktarında artış gözlenmektedir.



Şekil 5.18 İnceleme alanındaki sularda Ca-HCO₃, Na-HCO₃, Na-Cl ve Na-SO₄ ilişkisi

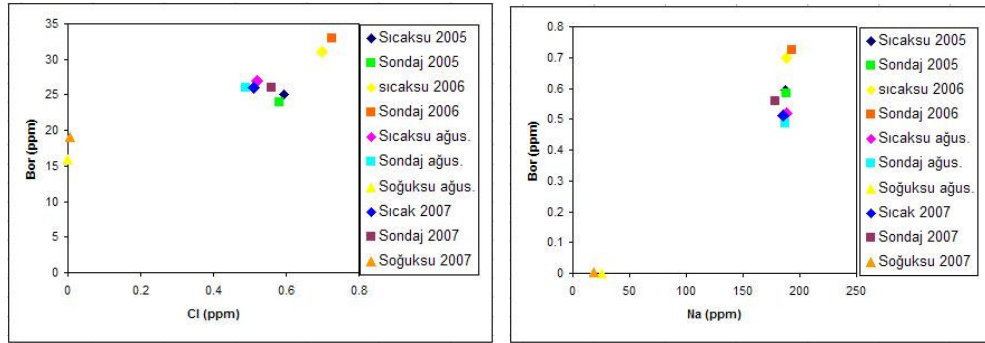
Na-HCO₃ ilişkisi açısından incelendiğinde sıcak sularda Na konsantrasyonunun fazla değişiklik olmazken yağışlı mevsimlerde HCO₃ miktarında yine artış gözlenmektedir. Soğuksularda ise yüksek HCO₃ değerine karşılık düşük Na değeri gözlenmiştir

Na-Cl ilişkisine bakıldığında soğuksuların iyon miktarlarının sıcaklara göre daha düşük olduğu gözlenmektedir. Sıcaklarda Na miktarında fazla değişiklik gözlenmezken HCO₃ çok az artış gözlenmektedir.

Na-SO₄ ilişkisine bakıldığında sıcaklarda Na-SO₄ belirgin bir korelasyon gözlenmemektedir. Soğuksulara Na ve SO₄ konsantrasyonu sıcaklara göre düşüktür.

Bor-Cl grafiğinde soğuk sularda bor konsantrasyonun oldukça düşük olduğu gözlenmektedir. Sıcaklarda ise Bor-Cl arasında belirgin bir korelasyon kurulamamıştır (Şekil 5.19).

Na-Bor grafiğinde sıcaklarda Na-Bor konsantrasyonu soğuksulara oranla oldukça yüksek dolayısıyla farklı bölgelerde gruplanmışlardır (Şekil 5.19)



Şekil 5.19 İnceleme alanında ki sularda Na- Bor, Cl-Na ilişkisi

5.3.7 ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı

ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı üzerinde, sodyum (alkali) tehlikesi ve tuzluluk tehlikesinin belirlenmesi amacıyla Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) ve EC değerleri işaretlenmiştir.

SAR; Sodyum iyonunun iyon tabakası (ion exchange) reaksiyonlarındaki aktifliğinin ifadesi olup, sodiklik tehlikesi yönünden suların sınıflamasında kullanılan genel bir ölçüdür. Bikarbonat ve karbonat değerleri nispeten düşük olan suların değerlendirilmesi için SAR kullanılan bir kriterdir. İyon derişimleri meq/l olmak üzere;

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca + Mg)}{2}}} \text{ eşitliğiyle hesaplanabilir.}$$

SAR kavramı sodyumu tek başına değil, Ca ve Mg ile karşılıklı etkileşimi ve kation takas reaksiyonlarındaki aktifliğini dikkate aldığı için %Na'a göre daha hassastır. Ca ve Mg suda sodyum tehlikesini azaltıcı etki gösterir.

ABD laboratuvarı diyagramında geçen tuzluluk ve sodyum sınıflarının anlamları şu şekildedir;

C1: Az tuzlu suları göstermektedir. EC değeri 0–250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasındadır. Çoğu toprakta her türlü bitkinin sulanmasında kullanılabilir.

C2: Orta derecede tuzlu suları göstermektedir. EC değeri 250–270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasındadır. Orta derecede bir yıkama varsa, tuzluluk kontrolüne gerek kalkmaksızın, tuza orta derecede dayanıklı bütün bitkilerin sulanmasında kullanılabilir.

C3: Yüksek tuzlu, EC değeri 750- 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında olan suları göstermektedir. Drenaj durumu iyi olmayan topraklarda ve tuza hassas bitkiler için kullanılmamalıdır. Tuza dayanıklı bitkiler seçilerek ve tuz kontrolü yapılarak kullanılabilir.

C4: Çok yüksek tuzlu, EC değeri 2250- 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında olan suları ifade etmektedir. Normal şartlarda sulamaya uygun değildir. Yüksek permeabilite, çok iyi drenaj, tam yıkamayı sağlayacak kadar bol sulama ve tuzluluğa çok dayanıklı bitki seçimi gibi özel hallerde kullanılabilir.

S1: Az sodyumlu suyu göstermektedir. Bu sınıftaki bir su, sodyum tehlikesi yaratmaksızın kullanılabilir.

S2: Orta sodyumlu suyu temsil eder. Fazlaca değişebilir sodyum var demektir. İnce yapılı topraklarda özellikle jips yönünden fakir topraklarda önemli bir sodyum tehlikesi gösterebilir.

S3: Yüksek sodyumlu suları gösterir. Birçok toprakta sodyum tehlikesi yaratır ve sodikleşmeye yol açar. Bol jipsli topraklarda, çok iyi yıkama ve suya organik maddeler katmak üzere kullanılırsa sodyum tehlikesi önlenebilir.

S4: Çok yüksek sodyumlu suları ifade eder. Sulama amaçlarına uygun değildir. Ancak tuzluluğun orta ve düşük olması, jipsle birlikte kullanılarak suda kimyasal değişiklikler yapılması gibi çok özel bazı hallerde kullanılabilir.

Külcüler jeotermal alanında bulunan sıcaksu kaynakları diyagram üzerinde değerlendirildiğinde ; C3-S2 (Yüksek tuzlu-orta sodyumlu sular) grubunda, soğuksu

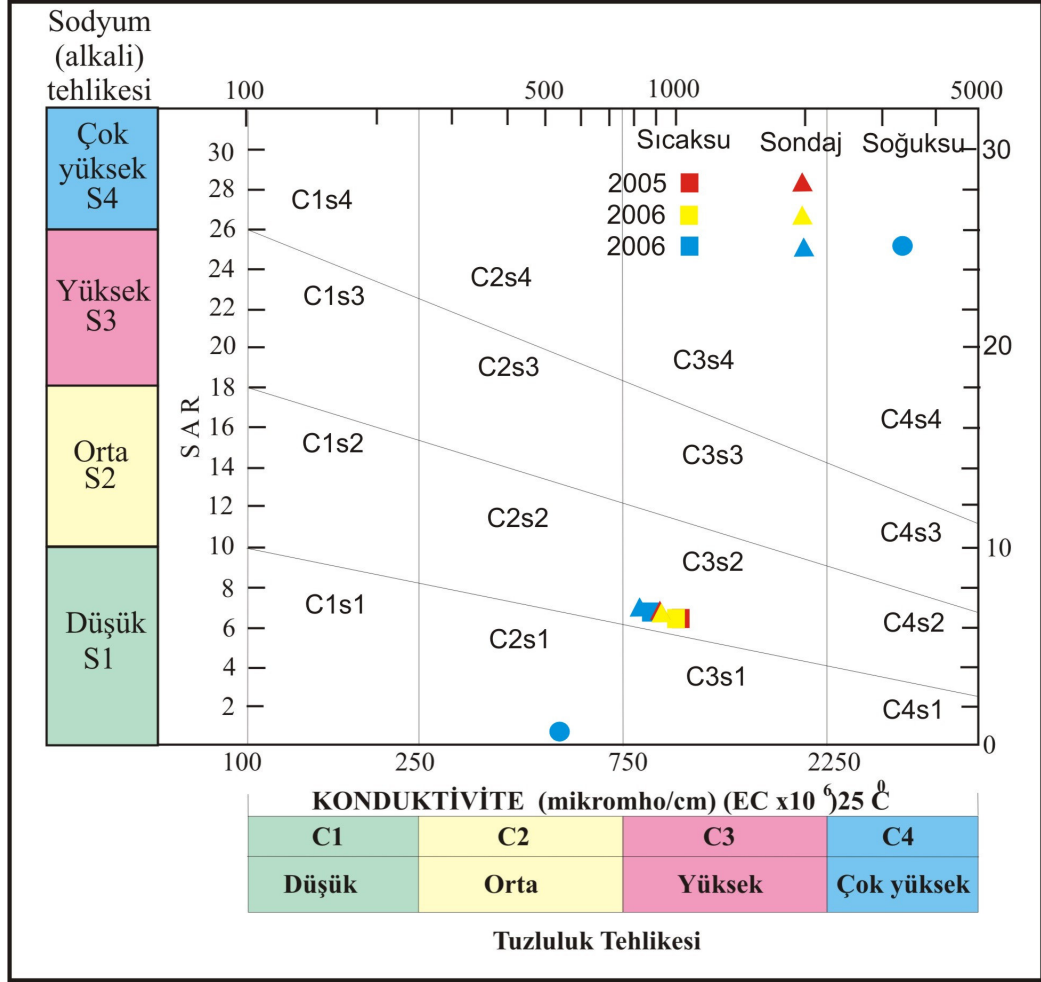
kaynağı ise C2-S1 (orta dereceli tuzlu-az sodyumlu sular) grubunda yer almaktadır. Bu sınıftaki sular sodyum tehlikesi yaratmaksızın kullanılabilir (Tablo 5.5 ve Şekil 5.20).

Tablo 5.5. SAR ve %Na değerlerinin hesaplanması

İyonlar (22-10-2005)	Atom Ağır.	Valans	Ekivelan (mek)	Sıcaksu (mg/l)	Sıcaksu (mek/l)	Sondaj (mg/l)	Sondaj (mek/l)
Na+	23	1	23	187.65	8.158695652	188.4	8.191304348
K+	39.1	1	39.1	2.99	0.076470588	2.88	0.073657289
Ca++	40.08	2	20.04	43.75	2.183133733	41.19	2.055389222
Mg++	24.32	2	12.16	0.48	0.039473684	0.08	0.006578947
Cl ⁻	35.46	1	35.46	25	0.705019741	24	0.676818951
SO ₄ ⁻	96.07	2	48.03	410	8.53633146	390	8.119925047
HCO ₃ ⁻	61.02	1	61.02	48.8	0.799737791	73.2	1.199606686
EC(µS/cm)				1005		1014	
SAR				6.67		6.83	
%Na				78.5		79.3	

İyonlar (21-01-2006)	Atom Ağır.	Valans	Ekivelan (mek)	Sıcaksu (mg/l)	Sıcaksu (mek/l)	Sondaj (mg/l)	Sondaj (mek/l)
Na+	23	1	23	187.77	8.163913043	193.31	8.404782609
K+	39.1	1	39.1	3.43	0.087723785	3.51	0.089769821
Ca++	40.08	2	20.04	42.12	2.101796407	41.91	2.091317365
Mg++	24.32	2	12.16	0.48	0.039473684	0.1	0.008223684
Cl ⁻	35.46	1	35.46	31	0.874224478	33	0.930626058
SO ₄ ⁻	96.07	2	48.03	402	8.369768894	388	8.078284406
HCO ₃ ⁻	61.02	1	61.02	55	0.901343822	84	1.376597837
EC(µS/cm)				1002		1012	
SAR				6.74		6.97	
%Na				78.5		79.32	

İyonlar (01-08-2006)	Ekivelan (mek)	Sıcaksu (mg/l)	Sıcaksu (mek/l)	Sondaj (mg/l)	Sondaj (mek/l)	Soğuksu (mek/l)	Soğuksu (mek/l)
Na+	23	188.2	8.182608696	187.51	8.152608696	25.76	1.12
K+	39.1	2.58	0.065984655	2.69	0.068797954	1.49	0.038107417
Ca++	20.04	39.69	1.980538922	38.72	1.932135729	85.79	4.280938124
Mg++	12.16	0.29	0.023848684	0.05	0.004111842	17.46	1.435855263
Cl ⁻	35.46	27	0.76142132	26	0.73322053	16	0.451212634
SO ₄ ⁻	48.03	392.42	8.170310223	416.75	8.676868624	12.56	0.261503227
HCO ₃ ⁻	61.02	45	0.737463127	75	1.229105211	344	5.637495903
EC(µS/cm)		885		952		540	
SAR		6.87		6.9		0.72	
%Na		79.8		80.2		16.2	



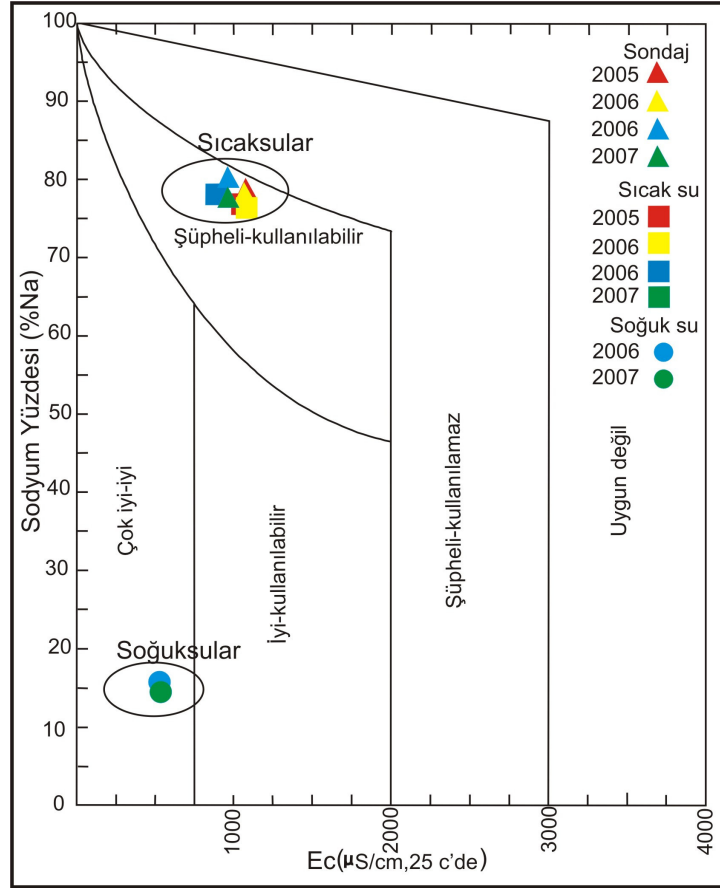
Şekil 5.20 İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramında gösterimi

5.3.8 Wilcox diyagramı

İnceleme alanında yer alan kuyu sularının sulama suyu amaçlı kullanımının uygun olup olmadığını belirlemek için bu suların Wilcox diyagramında; Sodyum yüzdesi (%Na) ve Eİ ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değerleri suların sulama suyu olarak kullanımı için “çok iyi-iyi”, “iyi kullanılabilir”, “şüpheli kullanılabilir”, “şüpheli” kullanılmaz” ve “uygun değil” bölümlerini kapsamaktadır. Sodyum yüzdesi; suyun toplam major katyonları içinde %Na değerini ifade eder. İyon derişimleri meq/l olmak üzere;

$$\%Na = 100 \times \frac{Na}{(Na + K + Ca + Mg)} \text{ Eşitliğiyle hesaplanabilir.}$$

İnceleme alanındaki sular Wilcox diyagramı üzerinde değerlendirildiğinde; sondaj suyu ve sıcak su kaynakları “şüpheli-kullanılabilir,” soğuksu kaynağı “ çok iyi-iyi” alanında yer almaktadır (Şekil 5.21).



Şekil 5.21 İnceleme alanındaki suların Wilcox diyagramı

5.4. Suların Mineral Doygunlukları

Yeraltısularındaki oluşan kimyasal tepkimeler, hidrokimyasal ortam hakkında yorum yapabilme olanağı sağlamaktadır. Bu amaçla inceleme alanındaki suların çeşitli minerallere göre doygunluk durumları incelenmiştir. Beslenme alanı granit andezit ve bazaltdan oluşan inceleme alanındaki sıcak su ve soğuk su kaynaklarının beslenme havzasına bağlı olarak gelişen çeşitli kayaç minerallerinin doygunluk değerleri hesaplanmıştır. Doygunluk indisi (Saturation Index, SI), iyonik aktivite

çarpımı (IAP) ile denge sabitinin (K) $\log (IA/K)$ şeklinde de gösterilen logaritmik bir kavramdır.

Her mineral için özellikle sıcaklıkla ve kısmen de basınçla değişen değerler içermektedir. Termodinamik yöntemlerle hesaplanan mineral doygunluk indisi sonuçları aşağıdaki gibi yorumlanmaktadır.

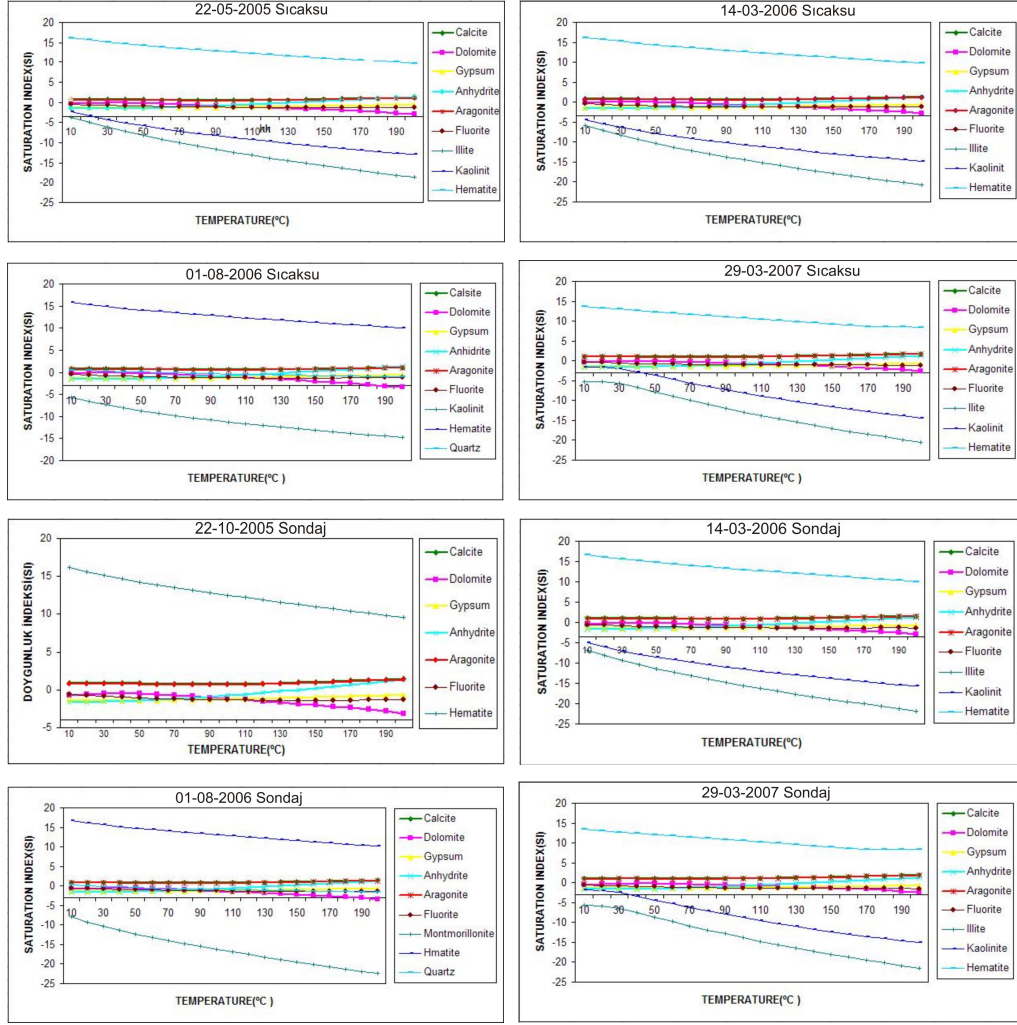
SI ($\log IAP/K$)=0 ise su ile ilgili mineral dengededir

SI ($\log IAP/K$) >0 ise su ile ilgili minerallerle aşırı doygun (mineral çöktürücü özelliktedir)

SI ($\log IAP/K$) <0 ise su ile ilgili minerallerle doygun değildir (mineral çözücü özelliktedir)

Mineral denge yaklaşımı yöntemi suyun kimyasal analizi sonucunda yukarıda belirtildiği gibi her bir sıcaklık değeri ve çeşitli mineraller için SI hesaplanması ve mineral denge diyagramlarının çizilerek yorumlanması ilişkisine dayanmaktadır. Bu sıcaklık denge diyagramında mineral grubu denge doğrusunu (SI=0 doğrusunu) belirli bir sıcaklık değeri civarında kesiyorsa, bu doğruların kesişim yerine karşılık gelen sıcaklık değeri en güvenilir akifer (hazne) sıcaklığını vermektedir. Mineral grubunun sıcaklığa bağlı doygunluk indisi eğrileri soğuk yeraltı suyu ile seyrelme veya CO₂ kaybı nedeniyle denge doğrusundan farklı bir bölümde de kesişebilmektedir.

İnceleme alanında yer alan suların mineral doygunluk indisleri hesaplanmasında PhreeqC (Parkhurst ve Appelo, 1999) adlı bilgisayar programı kullanılmıştır. Hesaplamalarda arazide ölçülen pH, sıcaklık değerleri ile kimyasal analiz sonuçları kullanılmıştır. Bilgisayar programında elde edilen SI sonuçları Tablo 5.6'da verilmiştir. İnceleme alanından alınan sondaj ve sıcak su örneklerinin kalsit, aragonit, hematit minerallerine doygun, Kaolonit, illit, kuvars minerallerine ise doygun olmadığı görülmektedir (Şekil 5.22). Bu durum sıcak suların rezervuar kayacının volkanik kayalarla birlikte kazdığı Metamorfiklerdeki kireçtaşlarından olduğunu düşündürmektedir. Bu verilere göre inceleme alanındaki sıcak suların rezervuar sıcaklığının 80°C ile 90°C olduğu söylenebilir.



Şekil 5.22 İnceleme alanından derlenen su örneklerine ait mineral doygunluk diyagramları

Tablo 5.6 İnceleme alanından derlenen su örneklerine ait mineral doygunluk hesaplamaları

Tarih	22-05-2005(sıcaksu)					14-03-2006(sıcaksu)				
	Kalsit	Dolomit	Jips	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Dolomit	Jips	Anhidrit	Aragonit
10	0.7526	-0.3187	-1.2902	-1.5458	0.5974	0.844	-0.1181	-1.3159	-1.5714	0.6889
20	0.7411	-0.1958	-1.3159	-1.5529	0.5936	0.8337	0.0073	-1.3414	-1.5785	0.6862
30	0.7188	-0.1408	-1.3292	-1.5271	0.5785	0.8129	0.0656	-1.3547	-1.5527	0.6726
40	0.6874	-0.1484	-1.3316	-1.4724	0.5539	0.7832	0.0619	-1.3572	-1.4979	0.6497
50	0.65	-0.2104	-1.3242	-1.3922	0.5229	0.7474	0.0035	-1.3498	-1.4177	0.6203
60	0.6112	-0.3159	-1.3081	-1.2896	0.4899	0.7098	-0.0991	-1.3336	-1.3151	0.5886
70	0.5758	-0.4529	-1.2844	-1.1673	0.4602	0.6752	-0.2343	-1.3097	-1.1927	0.5596
80	0.5487	-0.6099	-1.2537	-1.0277	0.4383	0.6483	-0.3909	-1.279	-1.0529	0.5379
90	0.5337	-0.7772	-1.2171	-0.873	0.4284	0.6328	-0.5595	-1.2421	-0.8979	0.5274
100	0.5333	-0.9483	-1.1758	-0.7056	0.4326	0.6311	-0.7334	-1.2005	-0.7302	0.5305
110	0.5494	-1.118	-1.1293	-0.5259	0.4532	0.6455	-0.9072	-1.1536	-0.5502	0.5493
120	0.5819	-1.2851	-1.0788	-0.3361	0.49	0.6759	-1.0793	-1.1028	-0.3601	0.5839
130	0.6299	-1.4502	-1.025	-0.1376	0.542	0.7216	-1.2499	-1.0486	-0.1612	0.6337
140	0.6916	-1.6159	-0.9684	0.0683	0.6076	0.781	-1.4212	-0.9917	0.045	0.6969
150	0.7645	-1.7862	-0.9097	0.2803	0.6841	0.8517	-1.5968	-0.9328	0.2572	0.7714
160	0.8455	-1.9663	-0.8499	0.4971	0.7686	0.9309	-1.7817	-0.8729	0.474	0.854
170	0.9305	-2.1631	-0.7899	0.7171	0.857	1.0144	-1.9827	-0.8132	0.6938	0.9409
180	1.0141	-2.3862	-0.7312	0.9384	0.9437	1.0968	-2.2093	-0.7551	0.9144	1.0265
190	1.0881	-2.6497	-0.6757	1.1586	1.0207	1.17	-2.475	-0.701	1.1334	1.1027
200	1.1406	-2.9735	-0.6263	1.3748	1.0762	1.2223	-2.7994	-0.6539	1.3472	1.1579

Tarih	29-03-2007(sıcaksu)					22-05-2005(sondaç)				
	Kalsit	Dolomit	Jips	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Dolomit	Jips	Anhidrit	Aragonit
10	1.1206	-0.3651	-1.3693	-1.6248	0.9654	0.9424	-0.688	-1.3383	-1.5939	0.7873
20	1.1209	-0.2174	-1.3955	-1.6326	0.9734	0.937	-0.5524	-1.3639	-1.601	0.7895
30	1.1142	-0.1289	-1.4103	-1.6082	0.9739	0.9224	-0.4808	-1.3775	-1.5754	0.7822
40	1.1011	-0.0966	-1.4145	-1.5553	0.9676	0.8998	-0.4693	-1.3802	-1.521	0.7663
50	1.0833	-0.116	-1.409	-1.4769	0.9562	0.8715	-0.5117	-1.3731	-1.4411	0.7444
60	1.0637	-0.1798	-1.3945	-1.3759	0.9425	0.8413	-0.5987	-1.3572	-1.3387	0.7201
70	1.0462	-0.2786	-1.3718	-1.2547	0.9306	0.8136	-0.7193	-1.3335	-1.2164	0.698
80	1.0352	-0.4019	-1.3417	-1.1157	0.9249	0.7932	-0.8625	-1.3026	-1.0766	0.6828
90	1.0347	-0.5402	-1.3049	-0.9608	0.9294	0.7838	-1.0187	-1.2656	-0.9215	0.6784
100	1.0474	-0.6863	-1.263	-0.7927	0.9468	0.7881	-1.1809	-1.2238	-0.7535	0.6875
110	1.0758	-0.8341	-1.2153	-0.6118	0.9796	0.8083	-1.3435	-1.1766	-0.5732	0.7121
120	1.1201	-0.9815	-1.1632	-0.4204	1.0282	0.8445	-1.5049	-1.1253	-0.3826	0.7526
130	1.1798	-1.1286	-1.1075	-0.2201	1.0919	0.896	-1.6652	-1.0706	-0.1833	0.8082
140	1.2531	-1.2776	-1.0491	-0.0125	1.169	0.9612	-1.8266	-1.0133	0.0233	0.8772
150	1.3373	-1.4328	-0.9894	0.2006	1.2569	1.0376	-1.9931	-0.9543	0.2358	0.9572
160	1.4286	-1.6001	-0.9301	0.4169	1.3517	1.1219	-2.1699	-0.8946	0.4524	1.0451
170	1.5221	-1.7873	-0.8734	0.6336	1.4485	1.21	-2.3641	-0.8358	0.6712	1.1364
180	1.6109	-2.0044	-0.8228	0.8468	1.5405	1.2959	-2.5854	-0.7799	0.8896	1.2255
190	1.6859	-2.2647	-0.7832	1.0512	1.6186	1.3712	-2.8473	-0.7301	1.1043	1.3039
200	1.7351	-2.5842	-0.7616	1.2395	1.6707	1.4242	-3.1681	-0.6905	1.3106	1.3598

Tarih	14-03-2006(sonda)					29-03-2007(sonda)				
	Sicaklk	Kalsit	Kalsit	Dolomit	Jips	Dolomit	Kalsit	Kalsit	Dolomit	Jips
10	1.0542	-0.3729	-1.3414	-1.5969	0.8991	1.1014	-0.5414	-1.3715	-1.627	0.9463
20	1.0497	-0.2352	-1.367	-1.6041	0.9023	1.105	-0.3869	-1.3984	-1.6355	0.9576
30	1.0362	-0.1609	-1.3808	-1.5787	0.896	1.1032	-0.2883	-1.4139	-1.6118	0.9629
40	1.015	-0.146	-1.3839	-1.5246	0.8815	1.0965	-0.2429	-1.4189	-1.5596	0.963
50	0.9883	-0.1846	-1.3771	-1.445	0.8611	1.0861	-0.2467	-1.4142	-1.4822	0.959
60	0.9595	-0.268	-1.3614	-1.3429	0.8383	1.0747	-0.2933	-1.4007	-1.3822	0.9535
70	0.9332	-0.3856	-1.3378	-1.2207	0.8175	1.066	-0.3735	-1.3792	-1.2621	0.9504
80	0.9137	-0.5268	-1.307	-1.0809	0.8033	1.0643	-0.4771	-1.3502	-1.1242	0.9539
90	0.9048	-0.6822	-1.2698	-0.9256	0.7994	1.0736	-0.5946	-1.3146	-0.9705	0.9682
100	0.9091	-0.8449	-1.2277	-0.7574	0.8084	1.0966	-0.7186	-1.2738	-0.8035	0.996
110	0.9288	-1.0094	-1.18	-0.5766	0.8326	1.1359	-0.8434	-1.2272	-0.6237	1.0397
120	0.9642	-1.1736	-1.1282	-0.3855	0.8722	1.1916	-0.967	-1.176	-0.4333	1.0997
130	1.0146	-1.3375	-1.073	-0.1857	0.9267	1.263	-1.0901	-1.1211	-0.2337	1.1751
140	1.0785	-1.5032	-1.0152	0.0215	0.9945	1.348	-1.2155	-1.0634	-0.0268	1.264
150	1.1535	-1.6742	-0.9558	0.2343	1.0731	1.4435	-1.3481	-1.0046	0.1855	1.3632
160	1.2363	-1.856	-0.8959	0.451	1.1594	1.5452	-1.4947	-0.9466	0.4004	1.4683
170	1.3226	-2.0555	-0.8374	0.6696	1.249	1.6473	-1.6641	-0.8925	0.6145	1.5737
180	1.4064	-2.2824	-0.7824	0.8871	1.336	1.742	-1.8673	-0.8469	0.8227	1.6716
190	1.4792	-2.55	-0.7344	1.0999	1.4119	1.8192	-2.1176	-0.8162	1.0182	1.7519
200	1.5292	-2.8763	-0.6981	1.303	1.4648	1.8667	-2.4299	-0.8094	1.1917	1.8023

BÖLÜM 6

JEOTERMOMETRE

Jeotermal sular yeraltından yüzeye erişirlerken temas ettiği kayaçlarla ısı alış verişi ve soğuk yeraltı suları ile karışımı gibi süreçler ile soğurlar ve akifer içindeki sıcaklıklardan daha düşük sıcaklıklara sahip olurlar. Akifer içerisindeki akışkan sıcaklığın tahmin edilmesi amacıyla kaynak veya kuyu başında yapılan kimyasal ve izotopik analizlerden yararlanılarak jeotermometre yöntemleri geliştirilmiştir. Jeotermometreler; kimyasal jeotermometreler ve izotopik jeotermometreler olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Kimyasal jeotermometreler kaynak veya kuyu başından alınan örneklerin kimyasal bileşimine (özellikle silis ve katyon derişimi ve buhar içerisindeki gazların bağıl oranlarına), izotopik jeotermometreler ise su-gaz-mineral fazları arasındaki izotopik değışime dayalıdır. Kimyasal analizlerin ucuz ve kısa sürede yapılabilmesi nedeniyle, jeotermal araştırmalarda akifer (hazne, rezervuar) sıcaklığının tahmininde kimyasal jeotermometreler yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kimyasal jeotermometrelerin kullanılmasında bazı temel varsayımlar dikkate alınmaktadır (Şimşek ve diğ. 1997). Bunlardan bazıları;

- Rezervuar sıcaklığı hesaplamalarında kullanılan sıcak sulardaki maddelerin oluşması için kimyasal tepkimeler, rezervuar kayaç-su (water-rock interaction) arasında gerçekleşmektedir.
- Sıcaklık saptamasında gerekli maddelerinde ortaya çıkması için oluşan kimyasal tepkimeler devamlıdır ve rezervuar kayaçta tepkimelerin hammaddesi boldur.
- Rezervuar sıcaklığında kayaç-su arasındaki kimyasal denge gerçekleşmektedir.
- Rezervuar kayaçtan yüzeye erişen sıcak suyun soğuma sonucu kimyasal yapısı değışmez veya yeni bir kimyasal denge gerçekleşemez.

- Rezervuar kayaktan gelen suların soğuk yeraltısuyu ve yüzey suları ile bir karışımı söz konusu değildir.

Bu varsayımlar ilk üç genellikle SiO_2 ve Na-K-Ca jeotermometreleri için geçerlidir. Hemen hemen tüm rezervuar kayalar kuvars içerirler ve 150°C nin üzerinde, birkaç gün veya hafta içerisinde rezervuar kayadaki sıcak su silisce doygunluğa ulaşır. Benzer şekilde, rezervuar kayadaki feldspatlar, kil mineralleri ile sıcak akışkan arasında Na, K ve Ca iyonları kimyasal dengeye geçerler CO_2 'ce zengin sıcak sular rezervuar kayaç ile dengeye erişemeyebilir. Düşük sıcaklıklarda silisin diğer şekilleri olan kalsedon veya amorf silis çözünebilir ve kuvars jeotermometresi ile hesaplanan tahmini sıcaklıkları çok yüksek değerler verebilir (Şimşek ve diğ., 1997).

Son iki varsayım tam olarak gerçeği yansıtmamaktadır. Çünkü rezervuar kayaktan yüzeye doğru yükselen termal suyun soğuma ile ve/veya soğuk suların karışımı ile kimyasal yapısı değişebilir. Bu gibi durumlarda rezervuar kayaç kimyasal yapısı ve sıcaklığı hakkında sınırlı (genellikle düşük sıcaklık) bilgi edinilir. Ayrıca asit-sülfatlı sıcak sular, yüzeye yakın kayaları bozundurarak kimyasal yapılarını değiştirirler. Bu gibi suların kimyasal analizleri jeotermometre olarak kullanılmaz. Ancak asit-sülfat-alkali klorürlü sıcak suların kimyasal analizleri yaklaşık rezervuar sıcaklıkları verebilir. Nötr alkali klorürlü sular jeotermometre hesaplamaları için uygundur.

Ancak, deniz suyu kökenli sular genellikle rezervuar kayaçta dengeye erişemediklerinden dolayı rezervuar sıcaklığı hakkında yanıltıcı bilgiler verebilir. Rezervuar kayacı terk eden sıcak akışkan, kimyasal dengeye erişmiş olsun veya olmasın yüzeye çıkarken az veya çok bazı kimyasal değişimlere uğrar. Bu değişimleri denetleyen faktörler, akışkanın debisi, sıcaklığı, izlediği yolun uzunluğu, geçtiği kayaların mineralojik yapısı ve meydana gelebilecek kimyasal tepkimelerin hızıdır (Şimşek ve diğ., 1997).

Kantitatif olarak jeotermometre ;

- Silis Jeotermometresi (kimyasal çözünürlük)

- Na-K, Na-K-Ca jeotermometresi (iyon değişim)
- Na-Li jeotermometresi (iyon etkinliği) olmak üzere üçe ayrılırlar

6.1. Silis jeotermometreleri

Silis jeotermometreleri, silisli su içerisindeki sıcaklığa bağlı çözünürlüğüne dayalıdır. Termodinamik olarak belirli bir kritik noktaya kadar sıcaklık artıkça silis çözünürlüğü önemli ölçüde artmaktadır. Kuvars, kristobalit, kalsedon ve amorf silis gibi değişik silis formlarının su içerisindeki çözünürlüğü farklı olduğu için farklı jeotermometre eşitlikleri geliştirilmiştir.

Silis için geliştirilen jeotermometre eşitliklerinin her biri farklı sıcaklık değer aralıkları için geçerlidir. Kuvars çözünürlüğü, sıcaklığı 120-180 °C'den daha yüksek olan jeotermal rezervuarlarda çözülmüş silisi kontrol eder (Fournier, 1991) Daha yüksek sıcaklıkta akifer kayaktan yüzeye doğru hareket eden sıcak akışkanda hızlı silis çökeli mi gözlenmektedir. Sıcaklığa 180 °C'den az olan jeotermal sistemlerde ise kuvarstan çok kalsedon ile bir denge söz konusudur. Bu nedenle sıcaklığı 180 °C'den düşük olan jeotermal sistemlerde ise kuvars jeotermometresinin uygulanması daha uygun görülmektedir (D'Aore and Amorsson, 2000). Doğal sularda çözülmüş olarak bulunan silis miktarı genellikle 20- 30 mg/l civarındadır. Yüzeye yakın deniz sularında, silis miktarı çok düşük olup, çoğu zaman 1 mg/l'nin altındadır. Bunun sebebi, mevcut silisin deniz canlılarının kabuk iskeletinin oluşturulmasında tüketilmiş olmasıdır (Doğan, 1981). Silis jeotermometreleri ile ilgili hesaplamalar Tablo 6.1'de sunulmuştur.

Tablo 6.1. Silis jeotermometre eşitlikleri (S:SiO₂ ppm)

No	Jeotermometre	Jeotermometre Eşitliği	Sıcaklık	Referans
1	Kuvars	$t^{\circ}C = -42.2 + 0.28832S - 3.6686 \times 10^{-4} S^2 + 3.1665 \times 10^{-7} S^3$	25-900	Fournier ve Potter, 1982
2	Kuvars (buhar kaybı)	$t^{\circ}C = (1309 / (5.19 - \log S)) - 273.15$	25-250	Fournier, 1977
3	Kuvars (100°C de Maks.buhar)	$t^{\circ}C = (1522 / (5.75 - \log S)) - 273.15$	25-250	Fournier, 1977

4	Kuvars	$t^{\circ}\text{C} = -55.3 + 0.36559S - 5.3954 \times 10^{-4} S^2 + 5.5132 \times 10^{-7} S^3$	0-350	D'Amore ve Arnórsson, 2000
5	Kalsedon (buhar kaybı)	$t^{\circ}\text{C} = (1032 / (4.69 - \log S)) - 273.15$	0-250	Fournier, 1977
6	Kalsedon (buhar kaybı)	$t^{\circ}\text{C} = (1112 / (4.91 - \log S)) - 273.15$	25-180	Arnórsson ve diğ., 1983
7	α -kristobalit	$t^{\circ}\text{C} = (1000 / (4.78 - \log S)) - 273.15$		Fournier, 1977
8	β -kristobalit	$t^{\circ}\text{C} = (781 / (4.51 - \log S)) - 273.15$	25-250	Fournier, 1977
9	Amorf silis	$t^{\circ}\text{C} = (731 / (4.52 - \log S)) - 273.15$	25-250	Fournier, 1977
10	Amorf silis	$t^{\circ}\text{C} = -121.6 + 0.2694S - 1.8101 \times 10^{-4} S^2 + 7.5221 \times 10^{-7} S^3$	0-350	D'Amore ve Arnórsson, 2000

İnceleme alanında Ağustos 2006 tarihinde sıcak su kaynaklarından alınan numunelerden ölçülen SiO_2 değerlerinden yararlanarak Külçüler sıcak suyunun rezervuar sıcaklığına ilişkin bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır (Tablo 6.2).

Tablo 6.2. Çalışma alanındaki sıcaqsu noktaları için silis jeotermometreleri ile hesaplanan rezervuar sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$, * Kaynak çıkış sıcaklığından daha düşük veya eşit)

01-08-2006	Jeotermometre Eşitliği($^{\circ}\text{C}$)										
Lokasyon	SiO_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sıcaqsu	27.4903	76	76	80	61	44	47	*	*	*	*
Sondaj	27.3491	76	76	80	61	44	47	*	*	*	*

Tablo 6.2 verilerine göre inceleme alanındaki tahmini rezervuar sıcaklığının 46-80 $^{\circ}\text{C}$ arasında değiştiği görülmektedir.

6.2. Katyon jeotermometreleri

Katyon jeotermometreler iyon tabakasına dayalı jeotermometrelerdir. İyon tabakası, sıcaklığa bağlı olan tepkime denge sabitinin(K) bir fonksiyonudur. İyon değişimine uğrayan katyon derişimleri oranı, denge sabitinin sıcaklıkla değişimine

bağlıdır. Akışkanın kimyasal bileşimi üzerinde etkin olan süreçler (soğuk su karışımı, su-kayaç etkileşimi vb.) nedeni ile katyon jeotermometreler sıcak su kaynakları için farklı rezervuar sıcaklıkları vermektedirler. Bu nedenle, sondaj kuyularından üretilen akışkanlar dışında bu eşitliklerin rezervuar sıcaklığı tahmininde kullanılması uygun görülmemektedir. Değişik araştırmacılar tarafından türetilen katyon jeotermometre eşitlikleri Tablo 6.3' da verilmiştir.

Tablo 6.3. Katyon jeotermometre eşitlikleri (derişimler ppm , ^aY= log([Na]/[K]) ; ^b log(K²/Mg)>1.25 ; ^c log(K²/Mg)<1.25; ^d t°C>100 °C ise β=1/3, t°C<100 °C ise β=4/3, t°C<100 °C ve [log (√Ca/Na)+2.06] < 0 ise β=1/3)

No	Jeotermometre	Jeotermometre Eşitliği (t= °C)	Sıcaklık Arahğı	Referans
1	Na-K	t°C =(856/(0.857+log(Na/K)))-273.15	100-275	Truesdell, 1976
2	Na-K	t°C =(833/(0.780+log(Na/K)))-273.15		Tonani, 1980
3	Na-K	t°C =(933/(0.993+log(Na/K)))-273.15	25 -250	Arnorrsson ve diğ., 1983
4	Na-K	t°C =(1319/(1.699+log(Na/K)))-273.15	250-350	Arnorrsson ve diğ., 1983
5	Na-K	t°C =(1217/(1.483+log(Na/K)))-273.15		Fournier, 1979
6	Na-K	t°C =(1178/(1.470+log(Na/K)))-273.15		Nieva ve
7	Na-K	t°C =(1390/(1.750+log(Na/K)))-273.15		Giggenbach,
8	Na-K	t°C =733.6-770.551Y+378.189Y ² -95.753Y ³ + 9.544Y ⁴	0-350	D' Amore ve Arnórsson,
9	K-Mg ^b	t°C =(2330/(7.35-log(K ² /Mg)))-273.15		Fournier, 1991
10	K-Mg ^c	t°C =(1077/(4.033+log(K ² /Mg)))-		Fournier, 1991
11	K-Mg	t°C =(4410/(14-log(K ² /Mg)))-273.15		Giggenbach,
12	Li-Mg	t°C =(2200/(5.47-log(Li/Mg ^{0.5})))- 273.15		Kharaka ve Mariner, 1989
13	Na-K-Ca ^d	t°C =(1647/(log(Na/K)+β[log(√Ca/Na) +2.06]+2.47))-273.15		Fournier ve Truesdell, 1973
14	K-Ca	t°C =(1930/(3.861-log(K/√Ca)))-273.15		Tonani, 1980
15	Na-Li	t°C =(1590/(0.779+log(Na/Li)))-273.15		Kharaka ve diğ., 1982

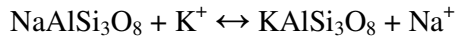
Tablo 6.4. Çalışma alanındaki sıcaqsu noktaları için katyon jeotermometreleri ile hesaplanan rezervuar sıcaklıkları (°C, * Kaynak çıkış sıcaklığından daha düşük veya eşit)

Numune dönemleri	Eşitlikler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14	15
	Lokasyon													β=1/3	β=4/3		
22-10-2005	Sıcaksu	49	50	61	104	98	87	119	89	110	*	73	81	-	51	186	129
21-01-2006		57	58	68	111	105	94	125	95	118	*	77	80	-	56	193	127
01-08-2006		42	42	54	97	91	80	112	83	116	*	76	83	-	49	181	121
22-10-2005	Sondaj	47	48	59	102	96	85	117	87	164	*	95	98	-	51	185	119
21-01-2006		56	57	68	110	104	94	125	95	170	*	97	102	-	57	195	129
01-08-2006		44	44	56	99	93	82	114	85	176	*	99	108	-	51	184	124

Bu verilere göre inceleme alanındaki sıcaqsuların rezervuar sıcaklıkları 42 °C-198 °C arasında değiştiği görülmektedir. Ancak K-Mg^b, Na-Li, K-Ca jeotermometrelerinin bu suların kullanımında gerçekçi değerler vermediği görülmektedir.

Na-K jeotermometreleri

Yaygın olarak kullanılan Na-K katyon jeotermometrelerin temeli, tepkime denge sabitine bağlı olan iyon takasıdır. Alkali feldispatlarda Na⁺ ve K⁺ iyonlarının değişimi buna tipik bir örnektir.



Alkali feldispatlar ile sulu çözelti arasındaki bu iyon değişimi 300 °C'den daha düşük sıcaklıklarda oldukça yavaştır. Bu nedenle bu jeotermometrelerin uzun süreli geçiş zamanına sahip yeraltı suları ile beslenen jeotermal akiferlerde kullanımı daha uygundur. Sıcak su kaynaklarında ve bazı değişiminin feldispatlar yerine kil mineralleri ile kontrol edildiği sedimanter havzalarda güvenilir sonuçlar vermemektedir.

Na-K jeotermometreleri (Tablo 6.4, 1-8 no'lu eşitlikler) Külçüler sıcak su kaynağı için 42-123 °C, sondaj için ise 44-125 °C aralığında rezervuar sıcaklığı vermektedir.

Na-K-Ca jeotermometresi

Fournier and Truesdell (1973) tarafından geliştirilen bu jeotermometre eşitliği feldispatlar, kalsit veya Ca içeren mineraller ile jeotermal akışkanlar arasındaki dengeye dayalıdır. Kuvars ve Na-K jeotermometrelerine göre en önemli özelliği düşük sıcaklıklarda veya dengeye ulaşmamış sulara yüksek veya hatalı sonuçlar vermemesidir.

Jeotermometre eşitliğinde: $\log(\text{Ca}^{0.5}/\text{Na})+2.06 < 0$ ise $\beta=1/3$; $\log(\text{Ca}^{0.5}/\text{Na})+2.06 > 0$ ise $\beta=4/3$ alınarak hesaplanır (Tablo 6.3 ve 13 nolu eşitlik).

Külcüler sıcağı kaynağı için 49-51 °C, sondaj için ise 51-57 °C aralığında hesaplanmıştır.

Li-Mg ve Na- Li

Khara ve Mariner (1989), Li-Mg oranına dayalı bir jeotermometre eşitliği önermişlerdir. (Tablo 6.3 ve 12 nolu eşitlik). Külcüler sıcağı kaynağı için 81-83 °C, sondaj için 98-108°C rezervuar sıcaklığı hesaplanmıştır. Yine Kharaka ve diğ (1982). tarafından önerilen ve Na-Li oranına dayalı jeotermometre ile Külcüler sıcağı kaynağının sıcaklığı 121-129 °C, sondaj için 119-129 °C rezervuar sıcaklığı hesaplanmıştır.

Na-K-Mg jeotermometresi

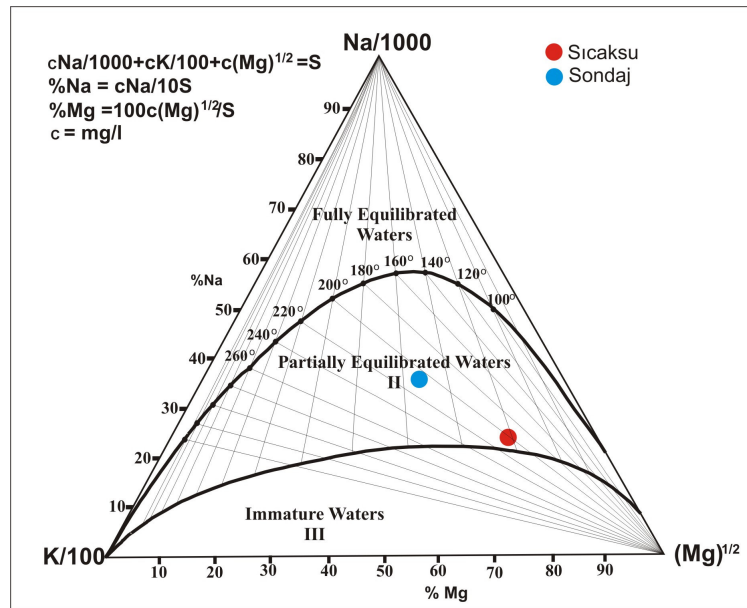
Na-K-Mg jeotermometre eşitliği jeotermal suların akifer sıcaklıklarının yani sıra suların ilişkide olduğu kayalar ve mineraller ile denge durumlarının belirlenmesi amacıyla Giggenbach (1988) tarafından geliştirilmiştir. Na-K-Mg jeotermometresi ile hem sıcak suların rezervuar sıcaklığı hızlı olarak yorumlanabilmekte, hem de katyon jeotermometrelerin rezervuar sıcaklığının hesab için jeotermal suya uygulanıp/uygulanamayacağı veya güvenilir sonuçlar verip/vermeyeceği değerlendirilebilmektedir. Giggenbach (1988)'a göre denge halinde olmayan (immature) seyrelmiş jeotermal sulara K-Na arasındaki denge

sıcaklığı kullanılarak değerlendirme yapılmasının uygun olamayacağı ancak denge durumunda olan sular (olgun sular “mature”) hattı ve bu hat üzerinde yer alan jeotermal sularda katyon jeotermometreleri daha doğru sonuçlar vermektedir.

Külcüler jeotermal sahasındaki sıcak su kaynağı için Na-K jeotermometresi (Tablo 6.4 ve 7 nolu eşitlik) ile hesaplanan rezervuar sıcaklığı 112-125 °C sondaj da ise 114-125°C aralığında, K-Mg jeotermometresi (Tablo 6.4 ve 11 nolu eşitlik) ile sıcak su kaynağı için hesaplanan değer 73-76°C, sondaj için bu değer 85 - 95 °C aralığında hesaplanmıştır.

Sonuç olarak katyon jeotermometreleri ile hesaplanan rezervuar sıcaklıklarının tümü güvenilir olarak kabul edilmemektedir. Sahanın yaklaşık rezervuar sıcaklığı 46-80 °C arasında değişebileceği düşünülmektedir.

Giggenbach üçgeninde (Şekil 6.1) Külcüler sahasındaki sondaj ve sıcak su kaynağı “kısmen denge durumunda olan sular” bölümünde yer alması nedeniyle rezervuar sıcaklığı 200-220 °C arasında değişim göstermiştir. Bu sıcaklıklar diğer jeotermometrelerle karşılaştırıldığında güvenilir olarak kabul edilmemektedirler.



Şekil 6.1 İnceleme alanındaki sıcak suların Na-K-Mg Üçgen diyagramı

BÖLÜM 7

İZOTOP HİDROLOJİSİ

İzotoplar, atom çekirdeklerinden nötron eksilmesi veya nötron eklenmesiyle oluşurlar. Weger çekirdeğinde aynı sayıda proton ve farklı sayıda nötron bulunan atomlara o elementin izotopu denir. Kararsız çekirdeğin kararlı duruma geçinceye kadar uğradığı nükleer değişime (bozunma)

Radyoaktivite denir. Bir radyoaktif izotop kararlı bir çekirdeğe dönüşürken bazı nükleer ışınlar yayarak radyoaktif parçalanmaya uğrar. (Unterweger and Lucas 2000).

Jeotermal akışkanların çevresel izotop içeriklerinin incelenmesi yoluyla jeotermal sistemlerin hidrojeolojik özellikleri belirlenmektedir. İzotop oranlarının sıcaklığa, su- kayaç etkileşimine ve diğer fizikokimyasal süreçlere duyarlı olmaları nedeniyle izotop teknikleri jeotermal araştırmalar için önemli katkılar sağlamaktadır. Duraylı oksijen -18 (^{18}O) ve döteryum (^2H) izotopları genel olarak jeotermal akışkan kökenlerinin (meteorik, fosil, metamorfik), beslenme alanlarının ve akifer içerisindeki akışkanın sıcaklığının belirlenmesinde kullanılırken radyoaktif trityum (^3H) akışkanın yaşının belirlenmesinde kullanılır.

7.1. Oksijen 18 (^{18}O) ve Döteryum (^2H)

Suyu oluşturan hidrojen ve oksijenin kararlı izotopları doğada belli oranda bulunurlar (Tablo 7.1).

Tablo 7.1. Hidrojen ve Oksijen izotop bolluk oranları

İzotop	Bolluk Oranı(%)
^1H	99.9852
^2H	0.015
^{16}O	99.76
^{17}O	0.04
^{18}O	0.20

Su örneklerindeki kararlı izotop oranlarının değişimi kütle spektrometresi ile ölçülmekte ve ‰(δ) ile ifade edilmektedir. Ölçümlerdeki hassasiyet ¹⁸O için ‰ 0.1 ve ²H için ‰ 1'dir. Jeokimyasal uygulamalarda, jeotermal akışkan örneklerinin duraylı oksijen ve hidrojen-izotop bileşimleri, referans standart bileşimlerinden olan sapmalar şeklinde, delta parametresi ile ifade edilmektedir. Referans olarak kullanılan standart ise Standart Ortalama Okyanus Suyu (Standart Mean Ocean Water, SMOW) bileşimidir.

$$\delta^{18}\text{O} = \left[\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{örnek}} - \left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{standart}} \right] / \left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{standart}} \times 10^3$$

$$\delta^2\text{H} = \left[\left(\frac{^2\text{H}}{\text{H}} \right)_{\text{örnek}} - \left(\frac{^2\text{H}}{\text{H}} \right)_{\text{standart}} \right] / \left(\frac{^2\text{H}}{\text{H}} \right)_{\text{standart}} \times 10^3$$

Standart SMOW (Standart Mean Ocean Water) okyanus suyunun ortalama izotopik bileşimini ifade etmektedir. Standart olarak okyanus suyunun seçilmesinin nedeni okyanusların hidrolojik çevrimin başlangıç ve bitiş noktalarının temsil edilmesi ve izotopik bileşim olarak homojenlik göstermesi ve aynı zamanda bol bulunmasıdır. Doğal suların yoğunlaşma ve buharlaşma süreçleri etkisi altında ²H/H ve ¹⁸O/¹⁶O oranlarında değişimler oluşmaktadır. Yüzey suyunun ağır izotop içeriğinin kontrol eden en önemli olaylardan biri, atmosferik su buharı ile yüzey suyu arasında oluşan moleküler yer değiştirmedir. Atmosferik buhar %100 mutlak neme eriştiğinde ve hava sıcaklığında azalmalar olduğunda yoğunlaşma olayı başlar. Yoğunlaşma olayı nedeniyle atmosferik su buharının bir kısmı sıvı faza dönüşür ve geri kalan su buharına göre izotop bileşimi bakımından zenginleşir. Atmosferik buharın yoğunlaşması ve soğuması sonucunda oluşan yağışın ağır izotop bileşimi, meydana geldiği buhar fazının ağır izotop bileşimine göre zenginleşmiş ancak kendisinden önceki yağışın ağır izotop içeriğine göre fakirleşmiştir. Buhar ve sıvı faz dönüşümleri sırasında oluşan izotopik ayrımlanmanın derecesi sıcaklık faktörü ile doğrudan ilişkilidir (Sayın, 1987).

Yükseklik arttıkça, yağışlardaki ağır izotop içeriği azalmaktadır. Yerel iklim ve topoğrafyaya bağlı olarak ¹⁸O değerleri her 100m için ‰ 0.15-0.5 ²H değerleri her 100 m için ‰ 0.1.5-4 arasında azalmaktadır. Yoğun yağışlar daha hafif olan yağışlara göre daha az ağır izotop içeriği göstermektedir. Yağışların ve yüzey sularının ¹⁸O ve ²H içeriklerinin değişimi paralellik gösterir.

7.2 Trityum (³H)

Trityum (³H) 12.43 yıl yarılanma ömrüne sahip bir hidrojen izotopudur. Atmosferdeki trityum tipik olarak H³HO molekülü formunda olup, yağışla beslenme sonucu yeraltısuyuna girer. Trityum izotop analizine göre bölgedeki sıcak su kaynağının ³H içeriği güncel yağışların ³H içeriklerinden (7-10 TU) daha düşük değerlerdedir.

Radyoaktif trityum izotopu ile hidrojeolojik sistemlerde yeraltısuyu dağılımı ve geçiş süresi hakkında bilgi edinilebilmekte geçiş süreleri ile suların göreceli yaşları ve aynı sisteme dahil olup olmadıkları belirlenebilmektedir.

7.3 Sıcaksuların kökeninin belirlenmesi

¹⁸O ve ²H izotopları, düşük sıcaklıklardan yoğunlaşma fazına geçişte bölündüklerinden, tropikal deniz suyunun buharlaşması ile oluşan bulutlar, kutuplara, kara içlerine ve yüksekliklere yağış olarak düşerken ağır izotoplarca zenginleşirler. Böylelikle denizden buldukları mesafe yer yer yükseltiye göre izotop içerikleri farklılaşır. Temiz su bileşimleri $\delta H(\text{‰}) = 8 * (\delta^{18}\text{O}) + \Delta$ ile tanımlanan “meteorik su çizgisi” çok yakın bir çizgi izlemektedir. Burada Δ 'nın 10'nun üzerinde olması kıyı bölgelerini, 10'nun altında olması ise kuru kara içi iklimini belirtmektedir. Kapalı havza göllerinin bileşimi bu çizginin genellikle sağında yer alması ile tanınmakta ve buharlaşma esnasında dengede olmayan bölünmeyi göstermektedir. Bu nedenle döteryum izotop bileşimleri yağmur sularını belirtir. Böylelikle, derin dolaşımly yer altı suları ile daha sıg ortamda bulunan yeraltısuları döteryum içeriği açısından karşılaştırılabilir (Sayın, 1987).

7.4 İzotop verilerinin değerlendirilmesi

Külcüler jeotermal alanında yapılan çalışma sürecinde Külcüler sondaj ve sıcak su kaynağından, Ekim-2005 ve Mart -2006 tarihlerinde alınan örneklerin Oksijen-18 (¹⁸O) ve Döteryum (D) izotop analizi Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi İzotop Laboratuarları'nda, Trityum (TU) analizi

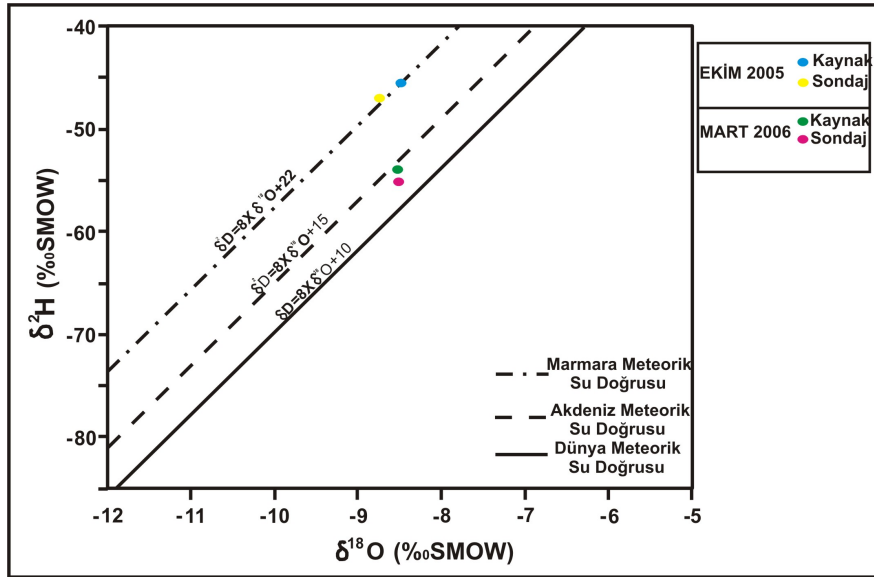
ise Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği Laboratuvarları'nda yapılmıştır. Sondaj ve sıcak su kaynağının çevresel izotop değerleri Tablo 7.2'de verilmiştir.

Tablo 7.2. İnceleme alanına ait çevresel izotop verileri.

Örnekleme Tarihi	Türü	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	δD	^3H (TU)	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Cl (ppm)	T ($^{\circ}\text{C}$)
22.10.2005	Sıcaksu	-8.57	-46.48	-0.09	1005	25	30
22.10.2005	Sondaj	-8.88	-47.56	0	1014	24	33.2
14.03.2006	Sıcaksu	-8.5	-54.89	-0.01	1002	31	28
14.03.2006	Sondaj	-8.54	-55.6	-0.38	1012	33	33

7.4.1 Oksijen -18 (^{18}O) –Döteryum (^2H) ilişkisi

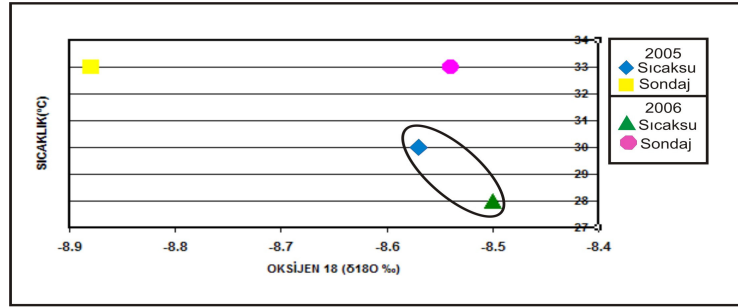
Külcüler sıcak sularının yerel meteorik doğru ile dünya Meteorik su Doğrusu arasında bir bölgede yer alması jeotermal sistemin meteorik yağışlardan beslendiğini göstermektedir (Şekil 7.1).



Şekil 7.1 Külcüler jeotermal alanına ait sıcak suların Oksijen 18 – Döteryum ilişkisi.

7.4.2 Oksijen18 (^{18}O) – Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ilişkisi

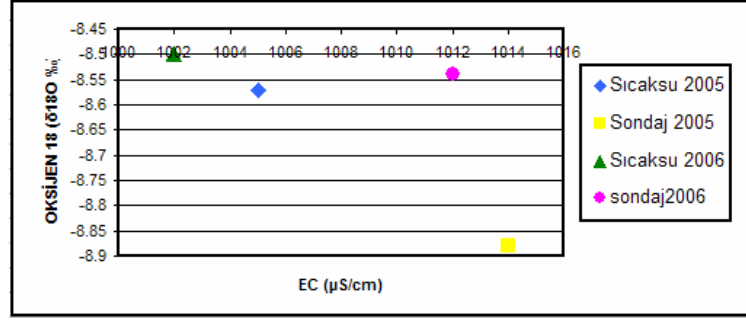
Külcüler kaplıcasından alınan su örneklerinin ^{18}O – sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) grafiği şekil 7.2’de verilmektedir. Yükseklik ile ^{18}O değeri arasında ters orantı vardır. Yükseklik artışına bağlı olarak sıcaklık değerinde düşme ve buna karşılık olarak ^{18}O değerinde azalma olduğu kuralı düşünülürse düşük ^{18}O değerine sahip sular, yüksek kotlardan beslenen suları temsil edecektir. İnceleme alanındaki sondaj ve sıcaksu kaynaklarının ^{18}O değerleri birbirine yakındır. Bölgedeki sıcaksu kaynağı (2005-2006) ve sondaj (2005-2006) su örneğine oranla daha alçak yükseltilerden beslenmektedir (Şekil 7.2).



Şekil 7.2 Oksijen18 (^{18}O) – Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ilişkisi.

7.4.3 Oksijen18 (^{18}O)- Elektriksel İletkenlik (EC) İlişkisi

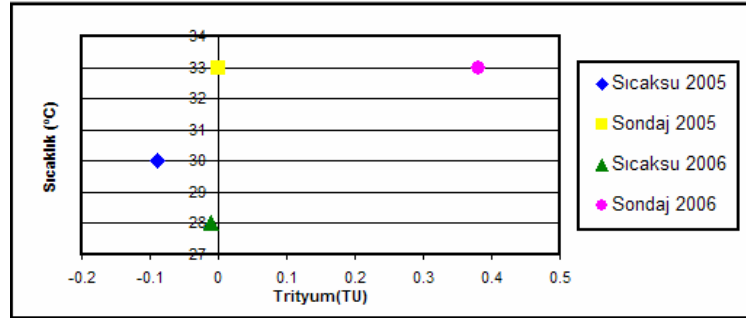
Elektriksel iletkenlikle iyon içeriği arasında paralellik bulunmaktadır. Elektriksel iletkenlik arttıkça iyon içerikleri de zenginleşmektedir. İyon içerik değeri, yeraltısuyunun akifer ile temas süresi arttıkça zenginleştiğinden, yüksek elektriksel iletkenlik değerine sahip suların akifer ile daha uzun süre temasta olduklarını ve uzun süre yeraltında kaldıklarını söylemek mümkündür. Külcüler jeotermal sahasındaki sıcak suların EC - ^{18}O ilişkisi şekil 7.3’de verilmektedir. Buna göre sondaj ve sıcak su örneklerinin EC değerleri farklılık göstermektedir. Ayrıca 2005’de alınan sondaj ve sıcak su örneklerinin ^{18}O değerleri 2006 yılında artış göstermiştir. Bu durum inceleme alanındaki sıcak su kaynağının soğuk su ile karışımının olduğunu düşündürmektedir.



Şekil 7.3. Oksijen18 (^{18}O)- Elektriksel İletkenlik (EC) ilişkisi

7.4.4 Trityum (^3H)- Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ilişkisi

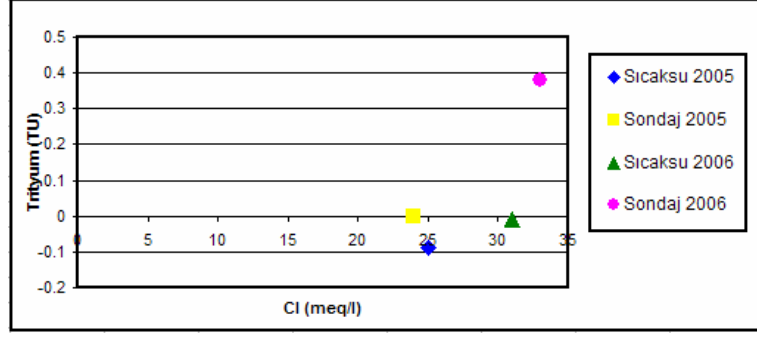
İnceleme alanına ait örneklerin Trityum –sıcaklık ilişkisi şekil 7.4’de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi Ekim -2005 döneminde alınan sıcaksu ve sondaj örnekleri yüksek sıcaklık ve daha az ^3H değerine sahip, yüksek kotlardan beslenen derin dolaşımli suları temsil etmektedir.



Şekil 7.4. Trityum (^3H)- Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ilişkisi

7.4.5 Trityum (^3H)-Klorür (Cl) ilişkisi

Sondaj ve sıcaksularda ^3H değerinin az bulunması yeraltında daha uzun süre dolaşım gösterdiklerini belirtmektedir. Sondaj ve sıcak suların klorür miktarlarının fazla olması, beslenme alanından süzülerek ısınan sıcak suların kayalarla daha uzun süre temas etmesi dolayısıyla daha derin sular olmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 7.5).



Şekil 7.5. Tritiyum (^3H)-Klorür (Cl) ilişkisi

BÖLÜM 8

KAVRAMSAL HİDROTHERMAL MODEL

8.1 Jeotermal Sistemlerin Oluşum Şekilleri

Jeotermal sistemler akışkanın kökenine bağlı olarak isimlendirilirler. Bunlar; magmatik, fosil ve meteorik kökenli olmak üzere üç jeotermal sistemdir. Ülkemizdeki jeotermal sistemler meteorik kökenli akışkana sahip sistemler içerisinde değerlendirilmektedir. Diğer adıyla devirli sistem olarak ifade edilen bu sistem de yağış suları derinlere süzülerek gözenekli ve geçirimli rezervuar özelliği taşıyan kayalarda toplanmaktadır. Bu özellikteki kayalar üzerine gelen geçirimsiz tabakalara örtü kaya denmektedir. Örtü kaya geçirimsiz olduğu için ısı kaybını önlemektedir. Isıtıcı kayacın etkisiyle sıvaksu ve buhar haline gelen akışkanlar kırık ve çatlaklar boyunca yükselerek jeotermal kaynakları oluşturur. Jeotermal sistemlerde ısı kaynağının rezervuar kayaca yakınlığı ve ısını rezervuara kadar yeterli sıcaklıkta yükselmesi önemlidir. Jeotermal akışkan kırık ve çatlaklardan yükselirken yan akiferlerdeki soğuk sularla karışarak onları da ısıtmakta yada kendisi soğuyup karışık jeotermal akışkanları oluşturmaktadır.

Meteorik sular yeryüzüne düştükten sonra tektonizmanın da etkisiyle oluşmuş kırık ve çatlaklardan süzülerek derinlere ulaşmaktadır. Fayların derinliğine de bağlı olarak kayalarla temas edip, kayaların kimyasal bileşimini kazanarak zenginleşen bu sular tekrar yüzeye ulaşır.

Meteorik sular derinlere süzülükçe sıcaklığı her 40-60 m'de bir yaklaşık olarak 1°C artar, buna jeotermal gradyan denir. jeotermal gradyan kayacın yapısına ve tipine bağlı olarak farklılık gösterir.

8.2 Külçüler sıvaksu kaynağının Hidrotermal Sistemi

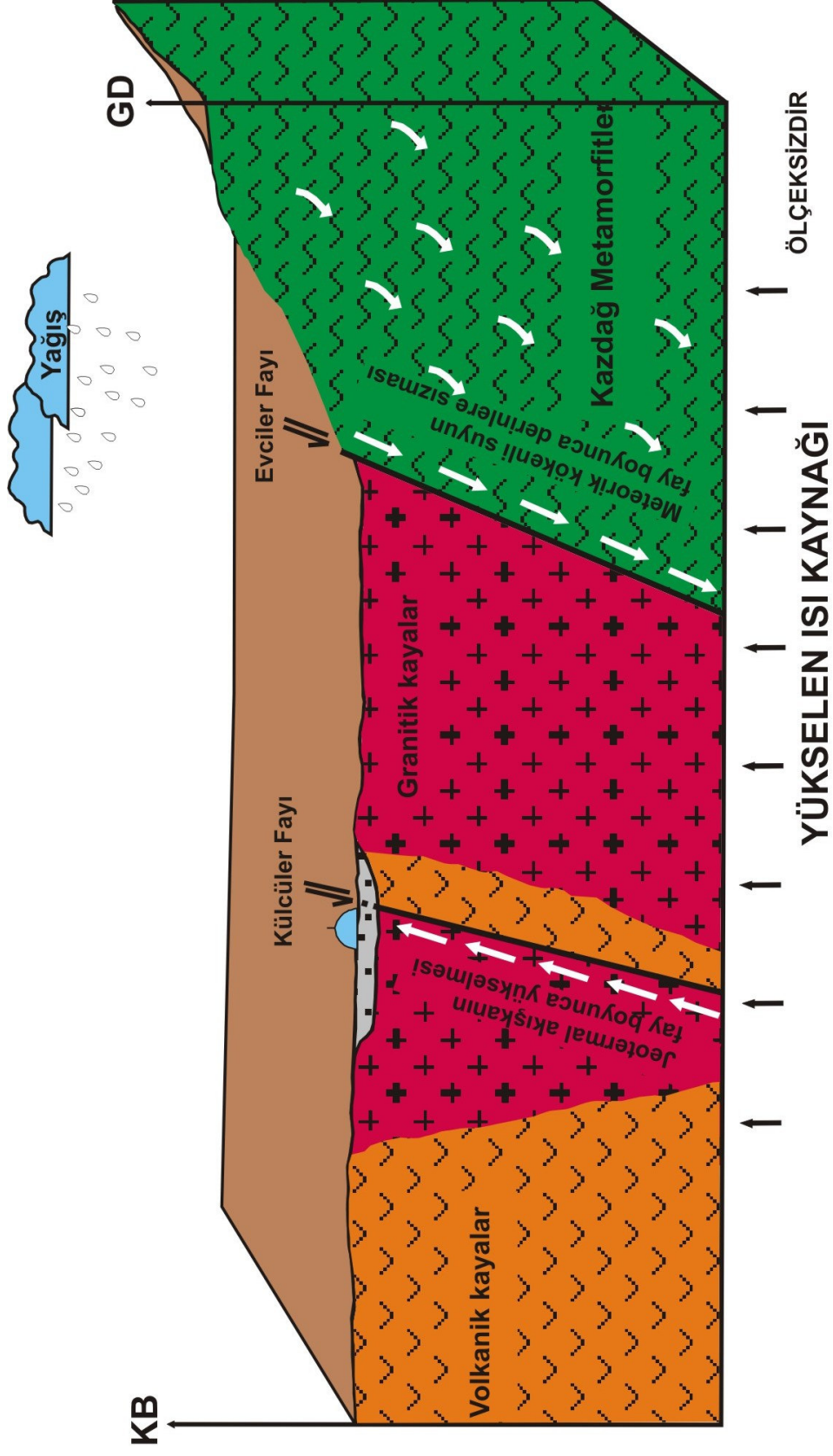
İnceleme alanı içerisinde genç granodiyorit intrüzyonları yer almaktadır. Bu intrüzyonların tektonizmadan etkilendiği yer ,derinlerdeki mağmanın sıcaklığının

kondüktif veya konvektif olarak yükselmesini sağlar. Bu özelliğinden dolayı granodiyorit intrüzyonları ısıtı özelliğe sahiptir. İnceleme sahası içerisindeki volkanikler ve granit-granodiyorit birimi tektonizmanın etkisiyle kırık ve çatlaklı özellik kazanmış ve hazne kaya özelliğine sahip olmuştur.

Külcüler sıcak sularının yerel meteorik doğru ile Dünya Meteorik su doğrusu arasında bir bölgede yer alması jeotermal sistemin meteorik yağışlardan beslendiğini göstermektedir. Ayrıca bölgede yer alan akarsularda önemli ölçüde yeraltısuyunu beslemektedir. Çalışma sahasındaki meteorik sular tektonizmanın etkisiyle oluşmuş kırık ve çatlaklardan süzülerek derinlere ulaşmaktadır.

Çalışma sahası içerisinde en önemli yapısal öge Külcüler fayıdır. Külcüler fayı; Külcüler ile Evciler KB'sı arasında K70D doğrultusunda uzanmakta olup, sağ-yanal doğrultu atımlı faylanma karakterindedir.

Külcüler jeotermal alanının, Evciler ve Külcüler fay sistemlerinin birlikteliği ile oluştuğu düşünülmektedir. Atmosferik yüzey sularının güneydeki Evciler fayı boyunca yer altına sızdığı, derinlerde granti ve / veya volkanitler tarafından ısıtıldığı ve kuzeydeki Külcüler fayı boyunca da yüzeye ulaşarak Külcüler Jeotermal Alanının oluşturduğu düşünülmektedir (Şekil 8.1). Külcüler fayı, Evciler fayından ayrılan bir splay fay olduğu için, Külcüler fayının derinde Evciler master fayı ile birleştiği düşünülmektedir. Dolayısıyla, Evciler fayı boyunca derine sızan yüzey suları, Külcüler fayı ile kesişim noktasına geldiğinde daha fazla derine gidemez ve burada mevcut olan hidrodinamik koşullar nedeniyle (derinlerde sıcaklık ve basınç çok fazla olduğu için), uygun bulduğu kırıklar boyunca sıcaklık ve basıncı fazla olduğu yönden az olduğu yöne doğru yani yukarılara doğru hareket ederek yüzeye ulaşır ve jeotermal alanları oluşturur.



Şekil 8.1 Külcüler jeotermal alanının kavramsal hidrotermal modeli

BÖLÜM 9

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnceleme alanında daha önce yapılmış çalışmalardan da yararlanılarak sahanın 1/25 000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış, jeolojik kesit çizilmiştir. İnceleme alanında yüzlek veren kayalar ve faylar tanımlanmıştır. İnceleme sahası volkanik ve plütonik kayalardan oluşmuştur. Evciler plütunu olarak isimlendirilen (Genç, 1998) granit ve granodiyorit türü kayalar inceleme alanının büyük bir bölümünde mostra verir. Volkanik kayalar ise saha içinde andezit-tüf, bazalt türü kayalardan oluşmaktadır. Bu birimler de literatürde Çan volkanitleri olarak isimlendirilmiştir. Granit ve aplit dayklarından doğrultu ve eğim ölçümleri yapılmış elde edilen veriler Stereo programında değerlendirilmiştir. Buna göre, sahada Külcüler ile Evciler KB'sı arasında K70D doğrultusunda sağ yanal doğrultu atımlı Külcüler Fayı'nın geliştiği saptanmıştır. Granitlerden ölçülen eklem takımlarının gül diyagramında değerlendirilmesi sonucu ise 4 farklı eklem sistemi belirlenmiştir.

İnceleme sahasının hidrojeolojik özellikleri incelendiğinde, yüzlek veren volkanik kayalar ile granit-granodiyorit birimi tektonizmanın etkisiyle kırıklı, çatlaklı bir yapı kazanmış ve hazne kaya özelliğine sahip olmuştur.

İnceleme alanında sıcak su kaynaklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ortaya konması, kökenleri ve birbirleriyle olan ilişkilerinin aydınlatılması amacıyla kaynaklardan Ekim-2005, Ocak-2006, Ağustos-2006 ve Mart-2007 tarihlerinde olmak üzere dört ayrı dönemde örnekleme ve kimyasal analiz çalışmaları yapılmıştır. Soğuksu ve sıcak su kaynakları ile sondaj kuyusundan su örnekleri alınmış ve yerinde pH, sıcaklık ve EC ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen fiziksel ve kimyasal verilerden yararlanılarak Piper, Schoeller, Langelier-Ludwig, Gibbs, Cl-SO₄-HCO₃, ABD tuzluluk ve wilcox diyagramları çizilmiştir.

Piper diyagramına göre; soğuk suların aynı bölgede kümelenmeleri aynı kökene sahip olduklarını göstermektedir. Ca-HCO₃ tipi sular sınıfına girmeleri ise bu kaynakların karbonat kökenli bir akiferden beslendiğini ve soğuksu akiferinin litolojisini oluşturan ana formasyonun inceleme alanının güney doğusunda yüzlek veren Kazdağı mermerleri olabileceğini işaret etmektedir. Sıcak sular ise Na-SO₄ tipi sular sınıfına girmektedir.

Schoeller diyagramına göre sıcak sular benzer kökenli olup, yüksek SO₄ ve Na-K derişimleri ile soğuk su kaynaklarından belirgin şekilde ayrılmaktadır.

Gibbs diyagramında, Külçüler jeotermal sahasındaki sıcak ve soğuksuların tamamı kayaç baskın bölgeye düşmektedir. Bu da, su kimyasını kontrol eden ana mekanizmanın, kayaç yapıcı minerallerin kimyasal ayrışması olduğunu göstermektedir. Langelier-Ludwig diyagramı Piper diyagramını desteklemektedir. Cl-SO₄-HCO₃ diyagramına göre; Soğuk sulara HCO₃ iyon konsantrasyonunun ağırlıklı olması jeotermal akışkanı besleyen CO₂ yüklü yeraltısuyundan yada magmatik kayaçlardan aldığını, sıcak sulara ki SO₄ konsantrasyonunun ağırlıklı olması ise magmatik kayalar içerisindeki sülfid minerallerinden aldığını düşündürmektedir.

Wilcox diyagramında sondaj ve sıcak su kaynağı “şüpheli-kullanılabilir”, soğuksu kaynağı “çok iyi-iyi” alanında yer almaktadır. ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre sondaj ve sıcak su kaynakları, C3-S2 (yüksek tuzlu-orta sodyumlu sular) grubunda, soğuksu kaynakları ise, C2-S1 (orta dereceli tuzlu-az sodyumlu sular) grubunda yer almaktadır. Bu sınıftaki sular sodyum tehlikesi yaratmaksızın kullanılabilir.

İnceleme alanından alınan sondaj ve sıcak su örneklerinin kalsit ve aragonit minerallerine doymun olduğu görülmektedir. Bu durum sıcak suların rezervuar kayacının volkanik kayaçlarla birlikte kazdağı Metamorfiklerindeki mermerlerden olduğunu düşündürmektedir. Doymunluk indeksi değerlerine göre rezervuar sıcaklığının 80°C ile 90°C arasında değıştiğı söylenilebilir.

İzotop çalışmalarında jeotermal sistemin yerel meteorik doğıru ile Dünya Meteorik su Doğırusu arasında bir bölgede yer alması meteorik yağışlardan beslendiğini göstermektedir.

¹⁸O – sıcaklık (°C) arasındaki ilişki değıerlendiğinde inceleme alanındaki sondaj ve sıcak su kaynaklarının ¹⁸O değıerleri birbirine yakındır. Bölgedeki sıcak su kaynağının (2005-2006), sondaj (2005-2006) su örneğine oranla daha alçak yükseltilerden beslendiğı düşünölmektedir.

EC-¹⁸O arasındaki ilişkide sondaj ve sıcak su örneklerinin EC değerleri farklılık göstermektedir. Ayrıca 2005’de alınan sondaj ve sıcak su örneklerinin ¹⁸O değerleri 2006 yılında artış göstermiştir. Bu durum inceleme alanındaki sıcak su kaynağının soğuk su ile karışımının olduğunu düşündürmektedir.

Tritiyum – sıcaklık (°C) ilişkisi incelendiğinde Ekim - 2005 döneminde alınan sıcağı ve sondaj örnekleri yüksek sıcaklık ve daha az ³H değerine sahip olup yüksek kotlardan beslenen derin dolaşımli suları temsil etmektedir.

Yapılan jeotermometre hesaplarına göre; Giggenbach üçgeninde Külçüler sahasındaki sondaj ve sıcağı kaynağı “kısmen denge durumunda olan sular” bölümünde yer alması nedeniyle rezervuar sıcaklığı 200-220 °C arasında değişim göstermiştir. Bu sıcaklıklar diğer jeotermometrelerle karşılaştırıldığında güvenilir olarak kabul edilmemektedirler.

Kasyon jeotermometreleri ile hesaplanan rezervuar sıcaklıklarının tümü güvenilir olarak kabul edilmemektedir. Sahanın yaklaşık rezervuar sıcaklığı 46-80 °C arasında değişebileceği düşünülmektedir.

İnceleme alanından elde edilen jeolojik, hidrojeolojik ve jeokimyasal veriler değerlendirilerek oluşturulan hidrotermal modele göre Külçüler sıcak sularının yerel meteorik doğru ile Dünya Meteorik su doğrusu arasında bir bölgede yer alması jeotermal sistemin meteorik yağışlardan beslendiğini göstermektedir. Ayrıca bölgede yer alan akarsularda önemli ölçüde yeraltı suyunu beslemektedir. Çalışma sahasındaki meteorik sular tektonizmanın etkisiyle oluşmuş kırık ve çatlaklardan süzülerek derinlere ulaşmaktadır.

Külçüler jeotermal alanının, Evciler ve Külçüler fay sistemlerinin birlikteliği ile oluştuğu düşünülmektedir. Atmosferik yüzey sularının güneydeki Evciler fayı boyunca yer altına sızdığı, derinlerde granti ve / veya volkanitler tarafından ısıtıldığı ve kuzeydeki Külçüler fayı boyunca da yüzeye ulaşarak Külçüler Jeotermal Alanının oluşturduğu düşünülmektedir.

Külçüler jeotermal sahası şu anda kullanılmamaktadır. Bu nedenle elde edilen arazi gözlemleri ve elde edilen verilerle bu kaynağın debisinin artırılabilmesi ve bu alanda yapılacak bir sondaj ile 80°C su alınabileceği mümkündür. Söz konusu jeotermal saha yöre turizme ve tarıma önemli katkılar sağlayabilecek özelliktedir.

KAYNAKLAR

- Akyürek, A., Soysal, Y., 1983. Biga Yarımadası güneyinin (Savaştepe–Kırkağaç-Bergama-Ayvalık) temel jeolojik özellikleri :MTA Dergisi, 95/96, 1-12.
- Amnorsson, S., Gunnlaugsson, E., Svavarsson, H., 1983. The chemistry of geothermal waters in Iceland. III. Chemical geothermometry in geothermal investigations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47, p 567-577.
- Baba, A., 2003. Geothermal environmental impact assessment with special reference to the Tuzla. Geothermal Area. Canakkale Turkey, Geothermal Training Programme, Iceland, pp. 75-114.
- Baba, A., ve Ármannsson, H., 2006. Environmental Impact of the utilization of a geothermal area in Turkey, *Energy Source*, volume 1. pp. 267-278.
- Bakır, N., 1991. Haymana (Ankara) Jeotermal alanının Hidrokimyasal İncelenmesi, H Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, jeoloji (Hidrojeoloji Mühendisliği Yüksek mühendislik tezi) Ankara.
- Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B., 1973. Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri, Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri Kitabı, Ankara, 70-76.
- Birkle, P., 1992. Petrologie-Geochemie and Geochronologie des Miozänen Magmatismus auf der Biga-halbinsel (Ezine, NW- Türkei). Diplomarbeit an der Geowissenschaftlichen Fakultät der Eberhard-Karls-Universität, Tübingen.
- Birkle, P ve Satır, M., 1995. Dating, geochemistry and geodynamic significance of the Tertiary magmatism of the Biga Peninsula, NW Turkey. *Geology of the Black Sea Region*, Min. Res. Expl. Inst. Turkey. pp.171-180.
- Bogomolow, G.V. et Silin Bektchourine, A.İ. (traduction javet, E.Castani, G.) 1955. *Hydrogeologie specialisee*, BRGM, Paris.
- Borsi, S., Ferrara, C., Innocenti, F. ve Mazzuoli, R., 1972. Geochronology and petrology of recent volcanics of Eastern Aegean Sea: *Bull. Voic.*, 36, 473-496.
- Bozkurt, E., 2000. Timing of extension on the Büyük Menderes graben, western Turkey and its tectonic implication. *Tectonics and Magmatism and surrounding area. Geol. Soc. Special Publ.*, 173, pp. 385-403.

- Bisritschan, K., 1957. Çanakkale Vilayetindeki sıcaksu ve maden suyu kaynakları hakkında rapor , M.T.A, Ankara.
- D'Amore F., and Amorsson, S., 2000. Geothermometry. isotopic and chemical techiques in geothermal exploration, development and use. Amorsson, S. (ed), IAEA, Vienna.pp. 152-199
- Dayal, A., 1984. Yenice (Çanakkale) granitinin petrografisi ve buna bağlı cevherleşmeler, Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi. Fen Bilimleri Ens. İzmir.
- Doğan, L., 1981, Hidrojeolojide su kimyası, DSİ yayınları, 178s, Ankara
- Emre, Ö., Doğan, A. ve Yıldırım, C., 2007. Türkiye Diri Fay Haritası, 1:250 000 Ölçekli Ayvalık (NJ 35-2) Paftası MTA 1:250 000 Ölçekli Diri Fay Haritaları Serisi, No:5, Ankara,
- Ercan ve Günay, E., 1984. Kuzeybatı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Oligo-Miyosen yaşlı volkanizmanın gözden geçirilişi: Türkiye Jeoloji Kurultayı 1984 bildiriler kitabı, 119-139.
- Ercan, T., Günay, E., ve Türkecan, A.,1984a. Edremit- Korucu yöresinin (Balıkesir) Tersiyer stratigrafisi, magmatik kayaların petrolojisi ve kökensel yorumu: TJK Bült., 27 (1), 21-30.
- Ercan, T., Çevikbaş, A., Ateş, M., Can, B., Küçükayman, A. ve Erkan, M., 1984b. Bigadiç çevresinin (Balıkesir) jeolojisi ve magmatik kayaların petrolojisi: Türkiye Jeoloji Kurultayı 1984 bildiriler kitabı, 75-85.
- Ercan ve Gedik, A., 1986. Karadeniz ve Trakya'da yapılan derin sondajlardan alınan karotlardaki volkanik kayaların petrolojisi volkanizmanın bölgesel yayılımı: Jeomorfoloji Derg., 14, 39-48.
- Ercan, T., Satır, M., Türkecan, A., Akyürek, B., Çevikbaş, A., Günay, E., Ateş, M. ve Can, B., 1986. Ayvalık çevresinin jeolojisi ve volkanik Kayaların petrolojisi: Jeoloji Müh. Derg., 27, 19-30.
- Ercan, T., Ergül, E., Akçören, F., Çetin, A., Granit, S. ve Asutay, J., 1990. Balıkesir Bandırma arasının jeolojisi, yılımı: MTA Derg., 110,113-130

- Ercan, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakioğlu, E., Adis, C., Valter, H.J. ve Yıldırım, T., 1995. Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer volkanizmasının özellikleri, MTA Dergisi, 117, 55-86.
- Erdoğan, E., 1966. Geothermal energy possibility of survey and tectonic mapping of Tuzla hot springs and surrounding, MTA report, Ankara (unpublished).
- Ertürk, O., Dinçöz, E. ve Alaygut, D., 1990. Petrology of the Cenozoic volcanics in the Biga Peninsula, NW Turkey: International Earth Saences Congress on Aegean Region Proceedings, II, 368-384.
- Fournier, R.O., 1991. Water geotermometers applied to geothermal energy, Aliciation of Geochemistry in Geothermal Reservoir Development, D'Amore, F. (coord), UNITAR/UNDP, Rome. Pp. 37-69.
- Fournier, R.O., Potter R.W. II, 1982. A revised and epanded (quartz) Geothermometer, Geothermal Research Council Bull. 11, p3-9
- Fournier, R.O., 1979. A revised equation for the Na-K geothermometer Geothermal Res. Council Trans. 3, 221-224.
- Fournier, R.O. and Potter, R.W. II, 1979. Magnesium Correction to the Na-K-Ca chemical geothermometer, Geochimica et Cosm. Acta. 43, p543-1550.
- Fournier, R.O., 1977. Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems Geothermics. 5, p41-50.
- Fournier, R.O. and Truesdell, AH., 1973, An emprical Na-K-Ca geothermometer for natural Waters, Geochimica et Cosm. Acta. 37, p1255-1275.
- Freze, R. A. and Cherry, J.A., 1979. Groundwater, Prentice- Hail, USA, 604p
- Genç, Ş.C. and Yılmaz, Y., 1995. Evolution of the Triassic continental margin, Northwest Anatolia. Tectonophysics 243, pp. 193–207.
- Genç, Ş.C, 1998. Evolution of the Bayramiç magmatic complex, Northwestern Anatolia, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85 (1-4), 233-249.
- Gevrek, A.I., Şener. M. ve Ercan, T., 1966. Çanakkale- Tuzla jeotermal alanının hidrotermal alterasyon etüdü ve volkanik kayaçların petrolojisi: MTA Derg. 103/104, 55-81.

- Gevrek A. I., and Sener M., 1985, The determination of hydrothermal alteration zones by clay minerals in Canakkale- Tuzla area, 2nd Turkish National Clay Symposium, Hacettepe University, Ankara, Turkey.
- Gevrek, A.İ., Şener, M. ve Ercan, T.,1986. Çanakkale-Tuzla jeotermal alanının hidrotermal alterasyon etüdü ve volkanik kayaçların petrolojisi: MTA Derg., 103-104, 55-81, Ankara.
- Giggenbach, W.F., 1991. Collection and Analysis of Geothermal and Volcanic Water and Gas Discharge, In Application of Geochemistry in Geothermal Reservoir Development (Edited by F. D'Amore) P. 119-144.
- Gözler, M.Z., Erül, E., Akçaören, F., Genç, Ş., Akat, U. Ve Acar, Ş., 1984. Çanakkale boğazı doğusu-Marmara denizi güneyi-Bandırma-Balıkesir-Edremit ve Ege Denizi arasındaki alanın jeolojisi ve komplikasyonu, MTA Raporu, Ankara.
- Hem, J.D., 1985. Study and Interpretation of the chemical characteristics of natural Water, USGS Water Supply Paper 2254, US Gov. Print. Office, 263 p
- Herece, E.,1985. The fault trace of 1953 Yenice-Gönen Earthquake and some examples of recent tectonic events in the Biga Peninsula of Northwest Turkey: Penn State University, Ms. S. Thesis 143 s. (yayımlanmamış).
- Karacık Z., 1995. Ezine-Ayvacık (Çanakkale) dolayında genç volkanizma-plütonizma ilişkileri, PhD thesis, İstanbul Technical University, Institute of Science.
- Karamandere I.H., and Öngür T., 1974, The report of gradient wells finished of Tuzla (Canakkale) geothermal field, MTA report, no: 5524, Ankara.
- Karamandere I.H., 1986. Hydrothermal alteration in well Tuzla T-2, Canakkale, Turkey, Report 3: Geothermal Training Programme in Iceland 1986. UNU G.T.P., Iceland, pp. 1-23.
- Karamandere I.H., 1994. Tuzla (Ayvacık-Çanakkale) Jeotermal sistemi jeolojisi, potansiyeli ve imkanları, Türkiye 6. Enerji Kongresi, İzmir, say. 89-103.
- Koç, Ş., Kadioğlu, Y.K. ve Erdoğan, S., 1994. Hydrothermal alterations of Köylüce and Hallaçlar volcanics (Havran-Balıkesir): IAVCEI Uluslararası Volkanoloji Kongresi Bildiri Özleri Kitabı, Ankara.

- Kürçer, A. ve Tutkun, S.Z., 2004. 18 Mart 1953 Yenice-Gönen Depremi (Mw: 7,2) YüzeY Kırığı'nın Geometrik Özellikleri ve Paleosismolojik Ön Çalışma Sonuçları, Aktif Tektonik Araştırma Grubu 8. Toplantısı (ATAG-8), Bildiri Özleri Kitabı, s:14, 22-24 Eylül 2004, Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ.
- Kürçer, A., 2006. Yenice-Gönen civarının neotektonik özellikleri ve 18 Mart 1953 Yenice-Gönen Deprem (Mw: 7.2) Fayı'nın paleosismolojisi, ÇOMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 157.
- Khara, Y. K., Lico, M.S. and Law, L.M., 1982. Chemical geothermometers applied to formation wates, Gulf of Mexico and California basins, Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 66, 558.
- Krushensky, R.D., 1976. Neogene Calc-alkaline extrusive and intrusive rocks of the Karalar-Yeşiller area, Northvest Anatolia: Bult. Volcan, 40,336-360
- Langelier, W, and Ludwig 1942. Graphical methods for indicating the mineral character of natural waters; J Amer, W, W.Assoc v, 34, p. 335-352
- Mc. Neely, R., N, Neimanis., V. P., Dwyer, L., 1979, Water quality source book-A Guide to Water Quality Parameters.
- Mutzenberg, S., 1990. Westliche Biga-Halbinsel (Çanakkale.Türkei) Beziehung zwischen Geologie. Tektonik und Entwicklung der Thermalquellen. PhD thesis. ETH-Zurich. No:9113.
- Mutzenberg, S., 1997. Nature and origin of the thermal springs in the Tuzla area, Western Anatolia, Turkey, Active Tectonic of Northwestern Anatolia- The Marmara Poly-Project (edited by Schindler C.. and Pfister M.). vdf hochschulverlag AG an der ETH, Zurich, 301-317.
- Okay, I.A., 1987. Biga Yarımadası'nın batı kesiminin jeolojisi ve tektoniği, TPAO Arama Grubu, Rapor no: 2374
- Okay, I.A., 1989. Edremit-Balya-Manyas arasının jeolojisi ve tektoniği, TPAO Arama Grubu, Rapor no: 2657.
- Okay, A.L., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Metzger, R. ve Akyüz, H.S.,1996 . Paleo-and Neo-Tethyan events in northvest Turkey: Geological and geochronolo gical Constraints: Yin, A. ve Harrison, T.M., eds. Tectonic Evolution of Asia: 420-441.

- Okay ve Satır , M., 2000. Coeval plütonism and metamorphism in a latest oligocene metamorphic core complex in northwest Turkey: Geological Magazine,137,495-516.
- Öktü, G., 1995. Çanakkale ilindeki sıcaksu ve madensuyu kaynakları. M.T.A
- Öktü, G., 1997. Türkiye termal mineralli sular envanteri. M.T.A
- Öngen, S., 1978. Petrographie und Petrochemie des Çavuşlu-Karaköy Granitoid Massiv, İstanbul Üniversitesi Fen. Fak. Mec., Seri A-B, p. 93-115.
- Öngür, T., 1973. Volcanology and geological report of Canakkale Tuzla geothermal area, MTA report, Ankara (unpublished).
- Özden, S., Kürçer., A., Ateş, Ö., Tutkun, S.Z., 2006. Kuzey Anadolu Fayı'nın güney kolu üzerinde yer alan Yenice-Gönen fayı ve yakın civarındaki geç senozoyik yaşlı gerilme durumları. Aktif Tektonik Araştırma Grubu 10. Toplantısı (ATAG-10), Bildiri Özleri Kitabı, s:108, 2-4 Kasım 2006, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- Parkhurst, D.L., and Appelo, C.A.J., 1999. User's guide to PHREEOC a computer program for speciation, batch-reaction, one- dimensional transport, and inverse geochemical calculations, USGS Water Resource Investigation Report 99-425, 312p.
- Piper, A., M., 1944. A graphiv procedure in geochemical interpretation of water analysis, Trans. Amer. Geophys. Union, Vol. 25, p 914-923
- Sayın, M., 1987. Yağışlarda trityum ve kararlı izotoplar, Hidrolojide izotoplar ve nükleer teknikler, DSİ-IAEA yayını s 27-47, Adana
- Schoeller, H., 1977. Geochemistry of groundwaters. In: Groundwater studies and international research and practice, UNESCO, Paris, Ch. 15, p 1-18.
- Sener M., and Gevrek A.I., 2000. Distribution and significance of hydrothermal alteration minerals in the Tuzla hydrothermal system, Canakkale, Turkey, Journal of Volcanology and Geothermal Research 96, 215-228.
- Siyako, M., Bürkan., K.A., Okay, I.A., 1989. Biga ve Gelibolu Yarımadaı'nın Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları, TPJD Bülteni, C.1/19, 183-189.
- Şamilgil E., 1966. Hydrogeological report of geothermal energy possibility survey of hot springs of Kestanbol and Tuzla village of Canakkale, MTA report, no: 4274. Ankara.

- Şanlıyüksel, D. ve Baba, A., 2007. Kırkgöçit Jeotermal Alanı (Biga-Canakkale) ve Çevresinin Hidrojeokimyasal ve İzotopik İncelenmesi, 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı, say. 89-92. Ankara.
- Şentürk, K. Ve Karaköse, C. 1987. Çanakkale Boğazı ve dolayının jeolojisi. MTA Rap. No:93333, Ankara
- Şimşek, Ş., Doğdu, M., Ş., Akan, B., 1997. HID 645 Hidrotermometreler ders notları, H.Ü., Mühendislik Fakültesi Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Bölümü, Ankara
- Tonani, F., 1980. Some remarks on the application of geochemical techniques in geothermal exploration. Adv. Eur. Geoth. Res. Second Symp Strasbourg, pp, 28-443
- Truesdell, A.h., and Hulston, J.R., 1980. Isotopic evidence of environments of geothermal systems. Handbook of Environmental isotope Geochemistry. Fritz, P. And Fontes J. Ch. (eds.), vol. 1, The Terrestrial Environment, Elsevir, pp. 179-226.
- Truesdell, A. H., 1976. Summary of section III geochemical techniques in exploration. Proc. Of second United Nations Symposium on the Development and use of Geothermal Resources, 1975, San Francisco, U.S. Gov. Print. Office, pp. 53-79
- TSE, 2005, İnsani Amaçlı Tüketim Suları Standartları, TS 266, Ankara
- Unterweger, M.P., Lucas, L.L., 2000. Calibration of the National Institute of Standards and Technology tritiated- Water standards, Applied Radiation and Isotopes USA.
- Uygur, E., 1994. Petrographical, sedimentological and diagenetic characteristics of the Ceylan tuffs and their reservoir potential, Thrace basin, Turkey: IAVCEI International volcanology Congress, Abstracts, Ankara.
- Ünal, D., 1967. Trakya jeolojisi ve petrol imkanları;TPAO Arama Grubu Rap. No:391
- Ürgün, S., 1971. The geology of Tuzla – Kestanbol (Canakkale) surrounding and geothermal energy possibility, MTA report, no: 4664. Ankara.
- Wilcox, L.V., 1955. Classification and Use of Irrigation Waters, U.S. Dept. Agric. Circ. 969, Washington D.C., 19 p

Yılmaz, Y., 1998. When did the Anatolian grabens begin to develop, Third international Turkish Geology Symposium, Middle East Technical University, Ankara-Turkey, Abstracts, 185.

Yılmaz, Y., Genç, Ş. C., Gürer, F. Ö., Bozcu M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş., Elmas, A. 2000. When did the Anatolian grabens begin to develop. Geol. Soc.London, Special publications, 173, 353-384

EKLER

EK-1 GRANİTLERDEKİ EKLEMLERİN VE APLİT DAYKLARININ
KONUMLARI

Ölçüm no	Granitler deki Eklemlerin Konumu	UTM Koordinatları
1	K35B /45 GB	81372 - 03186
2	K40B/65 GB	81442 - 03187
3	K20B/72 KD	82866 - 06205
4	K65D/88 KB	82866 - 06205
5	K65D/80 GD	82441 - 07778
6	K40D/78 KB	82441 - 07778
7	K65D/70 GD	82358 - 07865
8	K12B/90 GB	82358 - 07865
9	K70D/90 KB	82358 - 07865
10	K15B/70 KD	81452 - 07350
11	K9B/56 KD	80641 - 07084
12	D-B/60 G	80641 - 07084
13	K45D/61GD	79322 - 06492
14	K67D/51KB	79322 - 06492
15	K10B/89GB	79322 - 06492
16	K14B/73GB	76182 - 04238
17	K75B/41KD	76182 - 04238
18	K15B/61KD	76182 - 04238
19	K72B/53 KD	76485 - 04274
20	K20B/69 KD	76485 - 04274
21	K9B/61 GD	76485 - 04274
22	K52D/75KB	76485 - 04274
23	K6D/79 KB	76626 - 04228
24	K25D/75KB	76626 - 04228
25	K67D/44KB	77201 - 06266
26	K-G/64 B	77201 - 06266
27	K61B/54 GB	77201 - 06266
28	K20B/85 GB	77201 - 06266
29	K-G/ 67 B	77201 - 06266
30	K20B/52 GB	77688 - 06400
31	K20D/89 KB	77688 - 06400
32	K65B/69 KD	77796 - 06381
33	K51B/52 GB	77796 - 06381
34	K40D/59 GD	77796 - 06381
35	K43D/51 GD	77796 - 06381

36	K20D/69 KB	77146 – 96181
37	K65B/76 GB	77146 – 96181

Ölçüm no	Aplit Dayklarının Konumu	UTM Koordinatları
1	K82D / 73KB	81209 - 05765
2	K75D /84 KB	81209 - 05765
3	D-B / DİK	81209 - 05765
4	K89D /75 KB	81209 - 05765
5	K45D / 54GD	81501 - 05732
6	K10 B/ 65 KD	81501 - 05732
7	K-G / 81 D	81501 - 05732

EK-2 YAĞIŞ GÖZLEM İSTASYONLARI AYLIK TOPLAM SICAKLIK DEĞERLERİ

BİGA İSTASYONU SICAKLIK VERİLERİ												
YIL	OCAK	ŞUB.	MART	NIS.	MAY.	HAZ.	TEM.	AGU.	EYL.	EKİM	KAS.	ARA.
1970	7.7	8.5	9.4	14.9	16.8	21.4	24.5	2.8	19	14	10.4	6.8
1971	7.9	5.9	7.6	11.5	18.3	21.8	22.5	23.4	19.1	12.4	10.6	6.1
1972	4	4.3	7.5	14.6	16.9	21.8	24.2	23.3	19.4	11	10.4	5.9
1973	4.1	8.1	6.2	12.5	17.9	20.2	24.5	22	19.8	15.9	8.9	8.1
1974	2.6	6	7.2	10.8	17	21.5	23.1	22.8	19.9	18.2	10.8	6.7
1975	4.8	4.3	10.6	14.1	17.7	21.44	23.9	22.4	20.5	14.8	10.5	5
1976	5.9	3.4	6	12.5	16	20.2	22.8	20	18.1	14.8	11.2	7.9
1977	5.7	10.8	8.2	12.1	17.5	22.1	23.5	23.6	18.5	11.8	12.7	5.5
1978	5.2	8.6	8.9	12.3	17.8	22.4	23.5	21.8	17.8	14.8	9.9	8.8
1979	6.9	7.3	10.7	12	17.1	22.9	23.2	23.5	19.4	14.4	11	8
1980	3.9	4.3	6.8	11.7	16.8	21.1	23.5	22.9	17.7	16.7	12.4	7.7
1981	3.7	5	9.5	12.8	15.7	22.8	22.8	23	19.8	17.5	8.3	10.9
1982	6	3.6	7.1	11.2	15.7	22	22.4	23.1	21.3	15.8	9.4	8.9
1983	4.7	5.4	8.9	14.4	18.8	20.1	23.7	21.6	18.7	13.4	9.4	8.3
1984	7.3	6.3	7.4	10.2	18.5	20.9	22.2	21.4	20.5	16.3	11.6	6.7
1985	7.2	2.4	6.6	14.4	19	21.9	22.6	24.1	19	12.6	12	9.2
1986	8	7.3	7.2	13.9	16	22.2	23.5	24.6	19.8	14.1	7.4	5.6
1987	6.60	6.7	3.8	10.8	16.3	21.3	24.4	22.2	20	12.6	10.7	6.2
1988	6.60	4.2	8.5	11.7	16.3	21.4	24.7					
1989		6.3	9.5	15.1	15.9	20.3	23.5	23.4	19.8	13.4	8.5	5.9
1991	4.80	4.9	6.5	11.3	16	22.11	23.2	23.3	19.1	15.4	10.6	2.5
1990	3.70	6.2	8.3	12.8	15.8	20.9	23.3	22.9	18	14.6	113.2	8.5
1992	3.20	3	7.3	12	14.6	22.11	22	24.1	18.6	17.9	110	5.2
1993	3.50	2.4	6.9	12	16.1	21.1	22.2	23	18.9	16.3	8.7	8.7
1994	7.30	5.7	8.9	13.9	17.7	20.2	23.7	23.9	22.3	17.5	8.9	5.5
1995	6.70	7.8	8.8	12.1	17.8	23.4	24.1					

BAYRAMIÇ İSTASYONU SICAKLIK VERİLERİ												
YIL	OCAK	ŞUB.	MART	NIS.	MAY.	HAZ.	TEM.	AGU.	EYL.	EKİM	KAS.	ARA.
1970	8.1	8.9	9.7	14.9	16.2	21.7	25.1	24.3	19.6	13.8	10	6.4
1971	8.5	5.7	8.3	11.4	18.2	21.7	22.8	24.3	19.5	12.2	10.2	5.5
1972	4.5	5.1	7.5	14.5	17.4	23.2	24.6	23.8	20	13.3	10.4	5.3
1973	4.4	8.3	69.7	12.4	17.8	21.58	25.5	22.8	20.8	15.7	8.2	7.7
1974	2.2	6.8	7.8	11.4	16.9	22	24.1	23.9	20.2	17.9	10.3	6
1975	4.3	4	11	14.2	17.6	21.7	24.6	23.69	21.1	14.8	10.1	4.7
1976	5.2	3.5	6.4	12.7	16.8	20.8	23.8	20.9	18.4	15.4	10.8	7.6
1977	5.9	10.2	8	12.1	18	22.7	25	24.8	19.1	12.2	13	5.6
1978	4.8	8.8	9.4	12.6	17.7	22.4	25	23	18	14.6	9.5	8.3
1979	6.3	7.4	10.4	11.6	17.3	23.1	23.9	23.9	20.1	14.5	10.5	7.3
1980	3.5	4.3	7.1	10.9	16.5	21	24.7	23.7	18.2	16.4	12.4	7.9
1981	3.7	5.1	9.9	12.5	15.5	23.5	23.5	23.5	20.2	16.7	7.4	10.9
1982	5.9	3.1	6.8	11.4	15.8	22.2	22.9	23.9	21.8	15.3	9.3	8.4
1983	4	4.8	8.3	14.3	18.6	20.7	24.4	22.2	19.3	13	9.1	8
1984	6.8	6.6	7.4	10.2	18	21	23.2	22	20.9	16.3	11	6
1985	7.4	2.3	7.3	14.1	19.2	22	23.8	24.6	19.9	12.4	11.8	8.5
1986	7.7	7.2	7.6	14.5	16.6	22.6	24.8	25.5	20.9	14.3	7.1	5.4
1988	6.8	5.6	8.9	11.6	16.8	22.2	26.2	25	19.7	13.6	6.7	6.1
1989	3.1	6.4	9.6	16.2	16.7	20.7	24.1	24.5	20.3	13.7	8.7	6.4
1990	3.6	6.4	9.3	13.2	16.9	21.6	24.5	24	19.2	15.7	13.7	8.6
1991	4.7	5.8	8.5	12.2	15.6	22.3	23.6	24.1	19.9	15.6	11	2.2
1992	3.4	3.1	7.7	13	15.7	21.6	23.1	25.7	19.4	18.5	10	4
1993	4.5	3.6	6.9	12.3	16.8	21.9	24.1	24.6	20.5	17.7	9.3	10
1994	8.6	6.6	9.2	14.3	18	21.9	25.4	25.7	24.4	17.9	9.8	7
1995	7.1	8.6	9.3	12.2	18	24.2	25.5	24.7	21.1	14.8	8.9	8.7
1996	4.6	5.5	5.3	11.1	18.5	22.4	25.1	25	20.3	15	12.9	10.2
1997	7.4	6.5	7	9.8	17.9	22.6	25.3	23	18.9	14.3	11.8	8.4
1998	6.7	7.3	6.1	13.7	17.3	22.2	25.8	26.2	20.6	17.3	12.1	6.3
1999	7.3	7	9.1	14	18.2	23.8	26.7	26.1	21.8	17.4	12.4	11.5
2000	4.1	7	7.9	14.6	17.8	22.4	25.9	25.6	21.2	15.7	13.7	9.5
2001	8.7	8.6	13	13.3	18	22.8	27.4	27.2	22.4	17.5	11.1	3.9
2002	4.9	9.3	9.8	12.1	18.2	23.3	26.6	25.7	21.2	16.6	13.3	6.8
2003	8.5	2.2	5.5	9.8	18.5	24	25.6	26.4	20.2	16.9	11.1	7.5

EZINE İSTASYONU SICAKLIK VERİLERİ												
YIL	OCAK	ŞUB.	MART	NIS.	MAY.	HAZ.	TEM.	AGU.	EYL.	EKİM	KAS.	ARA.
1986	8.1	7.7	7.8	14.4	17.6	22.9	26.4	26.7	21	15.7	7.4	6
1987	7.4	6.5	5.2	10.1	13.8	21.3	27.9	25.6	21.7	13.9	11	7.6
1988	8.7	7.4	10.7	10.8	17.8	23.6	27.1	24	19.6	13.2	5.8	5.2
1989	2.5	5	12.2	16.1	16.2	22.3	25.5	25.7	20	14		
1991			9.5	12.2	13.9			24.3				

EK-3 YAĞIŞ GÖZLEM İSTASYONLARI AYLIK TOPLAM YAĞIŞ DEĞERLERİ

BAYRAMIÇ İSTASYONU YAĞIŞ VERİLERİ												
YIL	OCAK	ŞUB.	MART	NIS.	MAY.	HAZ.	TEM.	AGU.	EYL.	EKİM	KAS.	ARA.
1970	41.5	121.7	59.9	44.8	74.6	35.9	0.2	7.7	9.5	45.4	63.8	55.3
1971	73.1	96.6	143.8	36.2	34.1	115.3	28.8	2.4	10.5	30.5	142	83.1
1972	20.4	43.4	22.3	69.8	50.5	1	33	14.4	86.3	115.8	40.8	8.9
1973	70	176.4	108.3	78.1	4.7	9.4	1.1	1.4	26.8	29.1	13.1	58.7
1974	22.4	87.1	64.5	29.2	39.9	2.1	19.4	0	15.2	38.6	216.1	128.6
1975	139.8	41.7	92.6	61.4	58.7	43.7	11.3	4.4	0	20	94.7	87.3
1976	59.4	51.7	43.6	46	39.3	2.3	34.9	30.6	12.1	104.6	90.8	107
1977	49.9	62.7	41	27.6	40	27.7	6.9		28.4	25.9	88.5	40.7
1978	116.4	95.8	72.8	73.3	28.1	9.2	0.1	2.9	47.1	54.7	51.8	17.4
1979	120.1	57.2	33.9	36.3	65.5	15.1	0.6	1.5	0.4	37	147.3	48.1
1980	158.7	48.8	72.6	96.5	57.2	33.9	2.1	6	5	23.9	113.5	166.1
1981	168	76.9	23.8	8.5	122.1	0.9	13.9	0	21.5	47.8	179	180.4
1982	51.4	66.5	34.3	71.6	62.9	0.7	12		0.7	65.6	27.6	149.7
1983	60.8	98.1	28	28.4	22.4	40.5	33.1	20	19.7	20.2	75.9	67.9
1984	120.7	107.7	134.7	77.7	6.9	32.1	3.1	41.1	1.4	1.2	96.8	30.7
1985	170.5	47.1	52.1	13.6	32.8	25.4	0.6	0	0	36.3	17.1	95.5
1986	211.3	86.4	25.2	42	9.3	50.1	0.5	0	1.2	37.9	306.9	94.8
1988	34.5	100.5	99.7	47.9	10.8	26.6	3.4	0	11	15.3	70	103.4
1989	2.5	0.7	61	24.1	14.8	29.9	0.7	53.8	1.5	25.4	37.7	180.4
1990	2.9	19.9	21.1	32.4	15.7	31.1	6.9	1	12.4	23.6	92.8	106
1991	44.1	25.6	18.2	6.7	119.6	6.3	52.9	0	28	125.1	78.9	132.6
1992	0.2	12.3	73.9	41	23.5	44.5	24	3.4	0	48.7	110.7	53.9
1993	38.7	81.9	56.9	23.5	20.3	33.6	1.1	1.4	10.8	43	86.6	125
1994	68.6	39.9	34.9	42.7	39.3	26.7	26	6.9		53.6	94.6	95.9
1995	258	40.3	106.6	15.4	1.9	0.7	17.9	0	59.7	18	57.6	128
1996	16.7	128.9	46.4	47.5	163.3	9		0	39	9.8	62.4	269.4
1997	85.1	28.2	104.2	123.4	7.9	19.8	3.4	6.8	0.8	66.8	167.4	90.2
1998	39.3	58.8	176.6	9.3	62.2	17.3	7.6	0	40.3	53.8	54.1	135.1
1999	63.6	172	165.2	36.3	6.9	13.6	22	1	0.3	17.6	18.2	30.3
2000	17.5	103.1	86.8	26.5	11.8	8.3		5.3	0	131.1	192.5	239.2
2001	60.1	68.7	7.7	20.2	65.3	8.1	0.1	1.8	9.5	71.3	137.9	78.2
2002	58.1	73.6	58.4	33.5	1.5	21.9	23.9	0.4	54.9	87.6	6.9	119.1
2003	55.2	103.4	15.9	83.2	14.9	4.9		0	22.9	6.1	218.8	71.3
2004	218.4	50.3	28.3	51.3	14		1.3	4.4	0.2	46.8	0	0
2005	90.1	143.5	27.3	7.7	72.2	0	32.7	0.2	12.9	0	0	0
2006	53.2	84.7	124	51.3	72.2		32.7	0.2	0.2	46.8		

BİGA İSTASYONU YAĞIŞ VERİLERİ												
YIL	OCAK	ŞUB.	MART	NIS.	MAY.	HAZ.	TEM.	AGU.	EYL.	EKİM	KAS.	ARA.
1970	93.7	127.6	83.7	62.7	55	6.7	0.3	1.8	10	61.5	102	88.4
1971	86.2	86	198.6	33.8	13.9	17	2.1	3.6	60.3	74	194.5	52.8
1972	36.2	27.8	23.6	81.8	92.7	24	2.7	60.1	154.5	244.8	46.7	21.1
1973	64.1	133.5	86.6	66.3	7.9	14	3	3.8	57.2	106.4	29.6	86.6
1974	56.4	82.8	90.2	66.9	108.6	1.5	7.8	9	6.1	25.6	109.9	73.5
1975	141.8	93.4	75.7	82.9	47.7	69.6	3.4	103.7	0.8	41	94.6	96.4
1976	75.4	28.1	55.3	37.6	45.2	37.2	241.2	47.6	7.9	129.3	79	117.6
1977	84.4	51.1	92.1	30.3	25.9	14.8	41.8		86.3	26.3	70.3	86.5
1978	151.2	122.9	67.7	114.4	27.7	6.6	0.2	3.5	147.4	81.1	37.1	70.5
1979	120.8	50.6	34.1	51.8	57.5	13.6	3.1	22.4	24.7	122.2	37.1	42.1
1980	155.5	80.6	118.9	71.5	64.9	62	19.8	0.2	31.8	32.4	105.7	146.2
1981	233.9	101.7	30.6	11.7	71.7	4.2	16.2	0.2	27.1	88	131	202.9
1982	104.9	35.9	39.7	142.2	59.7	1.5	12.5	1.3	0.4	60.5	207.5	87.8
1983	73	113.6	11.2	30	34.3	111.2	84.7	4.1	25.8	51.4	38.1	76.5
1984	106.9	67.3	119.9	112.5	9.6	24.8	16.1	19.5	0.5	13.2	91.9	25.8
1985	149.2	50.1	24.5	30.3	30.2	4.2	3.3		0.8	144	93.2	46.1
1986	180.1	87.8	20.4	32.9	12.3	119.7	0.6		0.5	58.9	115.3	108.5
1987		32.9	107.2	47.8	31.5	30.7		1.5	1.1	58	107.5	29
1988	16.5	49.4	54.6	5	3	8.9						
1989		3.2	85.6	12.7	60.2	49.5	0.3	12.7	1.3	113.3	99.8	102.7
1990	18	27.3	30.3	37.7	46.6	59.8	6.9		51.8	45.7	72.1	185.9
1991	58.4	38.8	25.1	102	100.4	3.7	10.9	24.6	27	196.1	117.5	83
1992	8.8	29	94.4	50.9	18.1	93.2	12.8		0.5	43.4	72.9	124.8
1993	64.3	124.8	59.1	45.5	30	16.3	5.2	11.4	9	14.1	133.7	92.8

1994	74.2	79.5	38.1	57.4	75.4	37.3	16.9		0.6	89.3	62	99.4
1995	198.4	36.4	166.5	49.9	1.1	6.6	9.3					
ÇAN İSTASYONU YAĞIŞ VERİLERİ												
YIL	OCAK	ŞUB.	MART	NIS.	MAY.	HAZ.	TEM.	AGU.	EYL.	EKİM	KAS.	ARA.
1970	58.1	120	85.8	55	71.1	36.6	0.5	2.1	6.7	67.5	90.6	111.7
1971	68	64	176	38.5	21	56.4	2.3	0.2	38.4	85	165.3	62.9
1972	45.1	36.6	32.1	91.8	43.7	13.1	23.8	16	11.4	157.4	86.8	16.6
1973	56.1	142.8	101.1	60.7	13	5.3	3.2	2.1	88.2	89.7	26.3	82.6
1974	68.6	71.3	85.4	49.7	67	1.2	7.3		10.3	21.6	102.5	75.3
1975	181.6	80	67.8	73.9	43.8	76.9	22.2	31	0.3	24.4	106	110.3
1976										101.9	96.3	92.6
1977	59.5	59	78.2	19.5	22.5	11.8	31.58		80.3	32.3	94.5	80.2
1978	134.6	86.9	81.2	120.6	30.3	11.5	0.6	0.9	96.9	33.9	48.3	53.7
1979	117.2	39.2	32.3	51.7	43.9	11.6	20.3	33.3	56.7	65.9	88.2	44.7
1980	127.8	80	76.1	82.4	70.4	43.6	25.8	4.5	16.8	18.6	124.8	128.8
1981	259.3	84.7	28.8	6.8	80.6	3.7	35.4	6.7	52.4	62.8	165.9	201.6
1982	66.8	54.5	45.2	98.2	71.8	1	10.4	0.6		47.8	41.9	70.9
1983	85.6	112.1	10.8	19.8	15.9	30.1	28.5	17.3	24.6	42.3	79.2	67.2
1984	92.9	63	108	99	12.3	32.2	12.6	21.2		19.8	109.5	30.4
1985	139.4	56.5	42.7	16	26.3	2.8	0.3			49.5	103	4747.7
1986	197.4	79.5	23.6	35	18.7	56.9	3.8		0	55.2	19.3	108.5
1988	26.2	92.9	99.9	83.4	6.3	64.5	7.7	5.5	15.17	57	284.6	134.9
1989	7.7	2.4	86.3	9.3	30	33.8		14.1	2.5	51.6	53.3	118
1990	16.4	19.3	39.1	46.7	34	46.1	23.1	0.4	24.4	34.1	84.5	170.4
1991	45.1	40.2	20.9	112.2	104.9	3.9	19.2	22.5	15.4	179.5	110.3	145.8
1992	7.4	17.4	99.3	53.3	22.2	181.4	31.9			29.7	47.8	138.5
1993	69.7	12.5	52.3	40.4	16.7	24.8	7.2	36.7	5.5	12.9	83.3	68.6
1994	83.9	78.8	33	52.2	50.3	32.5	89.7	3.5		73	38.4	

ÇANAKKALE İSTASYONU YAĞIŞ VERİLERİ												
YIL	OCAK	ŞUB.	MART	NIS.	MAY.	HAZ.	TEM.	AGU.	EYL.	EKİM	KAS.	ARA.
1970	56.3	150.4	55.2	44.1	39.5	15.4	2	0.2	7.9	28.5	79.1	62.2
1971	90.7	91	145.8	19.8	66.3	28.8	12.8	2.3	19.2	13.9	69.7	55.1
1972	26.1	48.7	23.3	58.5	41.5	5	65.7	45.9	40	106.4	44.5	12.2
1973	50.6	117.5	53	52.3	5	0.4	2.4	1.7	32.1	30.2	173	67.7
1974	26.5	71	120.2	21.8	53.1	19.7	17.5		13.4	30.6	222.2	89.4
1975	97.1	65.8	78.1	58.6	53.8	65.4	5.8	7.9	3.2	43.8	191	129.3
1976	61.3	27.4	26.4	22.6	14.8	45.4	55.3	50.1	13.2	75.7	98.1	81.4
1977	67.2	41.8	42.9	19.7	10.8	9.5	30.7	0.4	39.4	18.4	66.2	68.2
1978	153.9	82.5	94.1	77.8	14.7	6.2		0.7	63.9	64.7	26.7	47.5
1979	169.8	33.5	24.7	58	34.8	1.8	2.6		19.8	45.3	118.9	53.9
1980	107.8	49.5	98.8	91	91.6	75.4	6	6.9	7.1	16.4	205.3	147.5
1981	153	76.9	36.7	9.6	93.3	0	53.8		22.2	71.6	164.6	135.5
1982	88.4	54.6	44.1	117.1	46.9	0.9	12		0.5	55.3	15.5	95.2
1983	52.5	66.3	26.8	36.9	33.4	40.1	30.7		11.2	34	61.9	90.1
1984	140.8	98.7	115.9	77.6	10.2	20.8	1.2	0.6	0.1		74	38.6
1985	137.2	34.7	67.5	10.3	11.5	10.8	2.4	0.1		50.4	114.3	31.6
1986	203.6	95.4	24.4	101.2	23.5	31.8			2.3	34.2	27.3	124.1
1988	150.1	27.6	65.7	39.5	11.7	10.2	2.7	2.1	1.1	18	73.6	171.1
1989	87.3	50.9	74.7	55.9	1.4	37.4	4.4		30.1	21	202	139.1
1990	9.2	2.7	58.3	9.1	28.3	19.3		24.9	32.8	84.6	76.2	94.1
1991	4.8	11.8	24.5	37.1	11.4	49.8	7	1.4	19.3	33.4	14.4	198.8
1992	33.5	13.7	46.5	82.2	62.8	2.4	53.8	6	11.8	97.8	45.2	48.5
1993	1.9	8	52.7	43.2	30.6	53.2	6.4	1.2		49	72.6	87.9
1994	38.7	81.9	56.9	23.5	20.3	33.6	1.1	1.4	10.8	43	119.7	53.9
1995	68.6	39.9	34.9	42.7	39.3	26.2	26	6.9		53.6	86.6	125
1996	16.7	128.9	46.4	47.5	163.3	9		0	39	9.8	62.4	269.4
1997	85.1	28.2	104.2	123.4	7.9	19.8	3.4	6.8	0.8	66.8	167.4	90.2
1998	39.3	58.8	176.6	9.3	62.2	17.3	7.6	0	40.3	53.8	54.1	135.1
1999	63.6	172	165.2	36.3	6.9	13.6	22	1	0.3	17.6	18.2	30.3
2000	17.5	103.1	86.8	26.5	11.8	8.3		5.3	0	131.1	192.5	239.2
2001	60.1	68.7	7.7	20.2	65.3	8.1	0.1	1.8	9.5	71.3	137.9	78.2
2002	58.1	73.6	58.4	33.5	1.5	21.9	23.9	0.4	54.9	87.6	6.9	119.1
2003	55.2	103.4	15.9	83.2	14.9	4.9		0	22.9	6.1	218.8	71.3
2004	218.4	50.3	28.3	51.3	14		1.3	4.4	0.2	46.8	0	0
2005	90.1	143.5	27.3	7.7	72.2	0	32.7	0.2	12.9	0	0	0
2006	53.2	84.7	124	51.3	72.2		32.7	0.2	0.2	46.8		

EZİNE İSTASYONU YAĞIŞ VERİLERİ												
YIL	OCAK	ŞUB.	MART	NIS.	MAY.	HAZ.	TEM.	AGU.	EYL.	EKİM	KAS.	ARA.
1986	170.4	107.6	10.5	30.2	25.9	18				20	19.6	111.6
1988	55.2	79	78.9	46.8	1.4	8.4	0		10.4	2.8	260.3	135
1990		0.5	48.6	13.3	53.4	21	16.5	14.1	7.3	30		
1991	44.4	24.5	21.5	76.2	84.8							
1992	1.9	8	52.7	43.2	30.6	53.2	6.4	1.2		49	72.6	87.9
1993	38.7	81.9	56.9	23.5	20.3	33.6	1.1	1.4	10.8	43	110.7	53.9
1994	68.6	39.9	34.9	42.7	39.3	26.2	26	6.9		53.6	86.6	125

YENİCE İSTASYONU YAĞIŞ VERİLERİ												
YIL	OCAK	ŞUB.	MART	NIS.	MAY.	HAZ.	TEM.	AGU.	EYL.	EKİM	KAS.	ARA.
1986	152.7	210.4	46.4	93.2	45.6	61.2				26.7	57.8	127
1987	169.4	43.8	150.8	61.8	38.5	38.7	37.2	2.8	0.2	36.4	135.5	169.2
1988	12.8	120.6	197	67.4	65.9	79	6.7		17.8	24.6	353.8	171.4
1989	15.8	61.5	100.8	49.2	39.1	30.3		57.5		49.8	104.4	167.5
1990	10.6	50.2		104.4	35.6	51.4	6.4		26.9	44.7	123.6	287.6
1986	152.7	210.4	46.4	93.2	45.6	61.2				26.7	57.8	127
1987	169.4	43.8	150.8	61.8	38.5	38.7	37.2	2.8	0.2	36.4	135.5	169.2

EK-4 YAĞIŞ GÖZLEM İSTASYONLARI AYLIK TOPLAM BUHARLAŞMA DEĞERLERİ

ÇANAKKALE İSTASYONU BUHARLAŞMA VERİLERİ												
YIL	OCAK	ŞUB.	MART	NIS.	MAY.	HAZ.	TEM.	AGU.	EYL.	EKİM	KAS.	ARA.
1975				109	121.1	186.4	259	201.9	183.3	105.4	65.4	
1976				100.2	156.7	211.9	234.2	159.8	139.3	79.2	41.6	50.7
1977				114.5	174.6	226.3	284.5	275.9	160	92.2	71.4	6.8
1978				82.7	152.5	223.3	264.3	229.4	123.7	101.1	64.4	11.7
1979				84.2	128.9	227.9	231	236.8	158.3	84.6	54.5	50.4
1980				105	133.8	196.6	268.8	268.5	161.8	127.1	68.1	32
1981				133.7	170.3	258.9	279.7	259.5	157.1	112.5	34.6	
1982				84.9	141.4	186.7	203.7	223.7	191	97	62.8	
1983				108.5	144.1	178.2	195.5	190.4	155.5	93.6	69.4	66.6
1984				93.9	146	202.9	235.3	194.8	168.2	95.8	53.9	21.8
1985				116.5	140.3	178.2	245	244.7	153.1	95.6	76.2	36
1986				130.4	169.5	217.5	272.5	290.1	170.2	115.3	20.8	
1987				95	141.8	224.4	266.1	248.8	205.1	86.7		
1989				120.8	139.4	144.2	229.7	207.9	145.7	90.9		
1990				91.5	144	172.8	236.9	212.2	137.8	96		
1991				75.4	125.2	183.8	204	203.6	124.1	79.3		
1992				99	151.6	160.3	226.8	233.8	164.9	99.6		
1993				103.1	136.3	203.3	237.8	220.5	163.5	97.9		
1994				110.6	154	217.8	287.5	262.8	197.4	108.8	50.8	
1995				110.8	212.9	244.4	266.6	249.5	141.8	113.1	13.9	
1996				93.3	152.9	220.3	262.7	230.5	143.5	97.9		
1997				91.1	211.3	216.8	318.9	254.8	204.5	108.1		
1998				122	146.2	227.8	303.7	309.2	186	109.4	51.2	
1999				108.3	180.7	216.8	294.2	280.1	204.7	141.1	92.1	
2000				108.2	245	271.1	323.6	370.1	193.6	103	71.1	
2001				141	211.6	330.7	326	283.4	222.6	147.4	63.2	
2002				110.8	238.9	267.4	240.5	224.8	150.4	92.1	49.3	
2003				85.8	186.8	217.7	262.2	259.1	160.6	96.5	58.5	
2004				95.8	186	189.3	265.2	215.4	168.4	111.7	41.3	
2005				128.6	129.4	218.8	234.3	219.7	163.3	98.9	48.8	
2006				132.2	170.6	194.9	268.8	262.6	164.4	83.7	8.9	

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa no
Tablo 3.1. Numune örneklerine ait petrografik sonuçlar	24
Tablo 4.1. Külçüler sıcaqsu kaynağından farklı dönemlerde ölçülen fiziksel parametreler.....	49
Tablo 4.2. Sondajdan farklı dönemlerde ölçülen fiziksel parametreler.....	51
Tablo 4.3. inceleme sahasında belirlenen 30 adet soğuksu kaynağına ait fiziksel parametreler.....	55
Tablo 4.4. Çalışma alanının bulunduğu bölgedeki YGİ'larına ait bilgiler...	57
Tablo 4.5. Bayramiç YGİ 'nuna ait yıllık ortalama yağıştan eklenik sapma tablosu.....	60
Tablo 5.1. İnceleme alanındaki sıcak ve soğuksu kaynaklarına ait majör iyon derişimleri.....	64
Tablo 5.2. İnceleme alanından alınan sıcak ve soğuksu kaynaklarına ait ağır metal analizleri.....	64
Tablo 5.3. İnceleme alanındaki sıcak ve soğuksu kaynaklarına ait fiziksel özellikler.....	69
Tablo 5.4. Soğuksu kaynağına ait fiziksel özellikler.....	70
Tablo 5.5. SAR ve %Na değerlerinin hesaplanması.....	88
Tablo 5.6. İnceleme alanından derlenen su örneklerine ait mineral doygunluk hesaplamaları.....	93
Tablo 6.1. Silis jeotermometre eşitlikleri.....	97
Tablo 6.2. Çalışma alanındaki sıcaqsu noktaları için silis jeotermometreleri ile hesaplanan rezervuar sıcaklıkları.....	98
Tablo 6.3. Katyon jeotermometre eşitlikleri.....	99
Tablo 6.4. Çalışma alanındaki sıcaqsu noktaları için katyon jeotermometreleri ile hesaplanan rezervuar sıcaklıkları.....	100
Tablo 7.1. Hidrojen ve Oksijen izotop bolluk oranları.....	103
Tablo 7.2. İnceleme alanına ait çevresel izotop verileri.....	106

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa no
Şekil 2.1. İnceleme alanın yer bulduru haritası.....	5
Şekil 2.2. Evciler civarındaki en önemli yükseltiler.....	6
Şekil 2.3. İnceleme alanın drenaj ağı haritası.....	7
Şekil 2.4. İnceleme alanının yol haritası.....	8
Şekil 3.1. Biga Yarımadası'nın basitleştirilmiş jeoloji haritası.....	11
Şekil 3.2. Çalışma alanın jeoloji haritası.....	21
Şekil 3.3. İnceleme alanına ait jeolojik kesit.....	22
Şekil 3.4. Kocagedik Tepe civarındaki andezit ve tüf birimlerinden bir görünüm. 23	23
Şekil 3.5. İnceleme alanındaki kaya numunelerin alındığı lokasyonlar.....	25
Şekil 3.6. Evciler civarından alınan andezit-tüf örneklerinin ince kesit görüntüleri.....	27
Şekil 3.7. Bahçe Tepe eteklerindeki andezitlerde gözlenen düşey eklem sistemleri.....	27
Şekil 3.8. Evciler'in 400 metre kuzey doğusundaki silisli zonlar.....	28
Şekil 3.9. Evcilerin kuzey batısındaki andezitler içerisindeki beyaz tüfler. 29	29
Şekil 3.10. Kocakıran Tepe eteklerindeki bej renkli tüfler.....	29
Şekil 3.11. Mayıs Tepe civarındaki yeşil renkli sipilitik bazaltlar.....	30
Şekil 3.12. Dış yüzeyleri kırmızımsı renkte aşırı altere olmuş bazaltlar.....	30
Şekil 3.13. Evcilerin batısından Mayıs Tepe civarından alınan bazalt numunelerinin ince kesit görüntüleri.....	31
Şekil 3.14. Bazalt birimi içerisinde yoğun şekilde gözlenen alterasyonlu seviyeler.....	32
Şekil 3.15. Köseler Köyü'ndeki arenitleşmiş granitler.....	34
Şekil 3.16. Granitler içerisine sokulmuş apilit daykları.....	35
Şekil 3.17. Aplit daykı içindeki eklem takımları.....	35
Şekil 3.18. Granitler içindeki eklem düzlemleri.....	36
Şekil 3.19. Granit–granodiyorit numunelerinin ince kesit görüntüleri.....	37
Şekil 3.20. Evciler fayı'nın Biga Yarımadası'nın sayısal yükseklik modelindeki görünümü.....	41
Şekil 3.21. Evciler fayı ve kuzeyindeki Külcüler fayının morfolojik görüntüsü 42	42

Şekil 3.22. Külçüler jeotermal sahasının hidrotermal modeli.....	43
Şekil 3.23. Granitlerden ölçülen eklem takımlarının gül diyagramında gösterimi.	45
Şekil 3.24. Granitlerden ölçülen eklem takımlarının gül diyagramında gösterimi.	45
Şekil 3.25. Aplit dayklarının konumlarının gül diyagramındaki gösterimi..	47
Şekil 3.26. Aplit dayklarının konumlarının gül diyagramındaki gösterimi...	47
Şekil 4.1. Külçüler sıcak su kaynağının yüzeye çıkış noktası.....	49
Şekil 4.2. Külçüler kaplıcasının yanındaki tesisin görünümü	50
Şekil 4.3. Tesis deki banyonun görünümü.....	50
Şekil 4.4. Kaynak noktalarının lokasyon haritası.....	52
Şekil 4.5. Gedik Köy'ündeki Soğuksu1 kaynağının yanına yapılmış çeşme.	53
Şekil 4.6. Gedik Köyü girişindeki Soğuksu2 kaynağının yanına yapılmış çeşme.....	53
Şekil 4.7. Arazideki kaynakların fiziksel özelliklerinin WTW cihazıyla ölçümleri yapılmıştır.....	53
Şekil 4.8. Çalışma sahası içindeki kaynakların çıkışına yakın kesimlerde bulunan çeşmeler.....	54
Şekil 4.9. YGİ'leri arasındaki yağış yükselti ilişkisi.....	58
Şekil 4.10. Bayramiç- Çan YGİ'leri arasındaki yağış yükselti ilişkisi.....	58
Şekil 4.11. Çanakkale YGİ uzun dönem yıllık ortalama yağış grafiği.....	59
Şekil 4.12. İnceleme Alanı çevresindeki yer alan YGİ'lerinin yıllık ortalama yağışları.....	59
Şekil 4.13. Bayramiç YGİ'nuna ait yıllık ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği.....	60
Şekil 4.14. Yağışın yıl içindeki dağılımı.....	61
Şekil 4.15. İnceleme alanı çevresindeki YGİ'lerinin ortalama sıcaklık değerleri	62
Şekil 4.16. İnceleme alanı yakın çevresindeki YGİ'lerinin yıllık ortalama sıcaklık değerleri.....	62
Şekil 4.17. İnceleme alanı ve yakın çevresinde bulunana YGİ'lerine ait aylık ortalama sıcaklık değerinin yıl içindeki dağılımı.....	62
Şekil 5.1. İnceleme alanındaki Suların elektiriksel iletkenlik (EC) açısından içme suyu standartlarına uygunluğu.....	68

Şekil 5.2. İnceleme alanındaki Suların pH değerine göre içme suyu standartlarına uygunluğu.....	69
Şekil 5.3. Numunelerin farklı dönemlerdeki demir konsantrasyonları.....	74
Şekil 5.4. Numunelerin farklı dönemlerdeki Mangan konsantrasyonları.....	75
Şekil 5.5. Numunelerin farklı dönemlerdeki bakır konsantrasyonları.....	76
Şekil 5.6. Numunelerin farklı dönemlerdeki Krom konsantrasyonları.....	76
Şekil 5.7. Numunelerin farklı dönemlerdeki kurşun konsantrasyonları.....	77
Şekil 5.8. Numunelerin farklı dönemlerdeki nikel konsantrasyonları.....	78
Şekil 5.9. Numunelerin farklı dönemlerdeki kadmiyum konsantrasyonları	78
Şekil 5.10. İnceleme alanındaki su kaynakları için oluşturulan Piper diyagramı	80
Şekil 5.11. İnceleme alanındaki su kaynakları için oluşturulan Piper diyagramı.....	81
Şekil 5.12. İnceleme alanındaki su kaynakları için oluşturulan Schoeller diyagramı.....	82
Şekil 5.13. inceleme alanındaki su kaynaklarının dönemsel olarak Schoeller diyagramında gösterimi.....	82
Şekil 5.14. inceleme alanındaki su kaynaklarının dönemsel olarak schoeller diyagramında gösterimi.....	83
Şekil 5.15. İnceleme alanındaki suların Langelier –Ludwig diyagramındaki konumları.....	83
Şekil 5.16. İnceleme alanındaki suların Gibbs diyagramındaki konumları.	84
Şekil 5.17. İnceleme alanındaki suların Cl- SO ₄ -HCO ₃ diyagramı.....	84
Şekil 5.18. İnceleme alanında ki sularda Ca-HCO ₃ , Na-HCO ₃ , Na-Cl ve Na-SO ₄ ilişkisi.....	85
Şekil 5.19. İnceleme alanında ki sularda Na- Bor, Cl-Na ilişkisi.....	86
Şekil 5.20. İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramında gösterimi.....	89
Şekil 5.21. İnceleme alanındaki suların Wilcox diyagramı.....	90
Şekil 5.22. İnceleme alanından derlenen su örneklerine ait mineral doygunluk diyagramları.....	92

Şekil 6.1. İnceleme alanındaki sıcaksuların Na-K-Mg Üçgen diyagramı....	102
Şekil 7.1. Külçüler jeotermal alanına ait sıcak suların Oksijen 18 – Döteryum ilişkisi.....	106
Şekil 7.2. Oksijen18 (¹⁸ O) –Sıcaklık (°C) ilişkisi.....	107
Şekil 7.3. Oksijen18 (¹⁸ O)- Elektriksel İletkenlik (EC) İlişkisi.....	108
Şekil 7.4. Trityum (³ H)- Sıcaklık (°C) ilişkisi.....	108
Şekil 7.5. Trityum (³ H)-Klorür (Cl) ilişkisi.....	109
Şekil 8.1. Külçüler jeotermal alanının kavramsal hidrotermal modeli.....	112

ÖZGEÇMİŞ

Adı soyadı : Yasemin ŞİMŞEK

Eğitim Durumu

Lise 1993-1996 : Özel Yüce Koleji (Ankara)

Ön Lisans 1998-2000 : Akdeniz Üniversitesi İnşaat teknikerliği

Lisans 2001-2005 : Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Yüksek lisans 2005-2007 : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik
Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Yabancı dil : İngilizce

Staj

M.T.A Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı (2003)

Çalıştığı Projeler

Biga Yarımadasındaki Jeotermal Kaynakların Potansiyeli, Kullanım Alanlarının Belirlenmesi ve Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi (Araştırmacı, TÜBİTAK 104Y082)

Katıldığı Kurslar:

Yeraltı Suları ve Jeotermal Sistemlerde Modellemeler, Erasmus Kursu, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir (2006)