

T.C.
CUMHUR YET ÜN VERS TES
FEN B L MLER ENST TÜSÜ
S VAS

TESP HDERE (ÇANAKKALE-LAPSEK) KUR UN Ç NKO YATA ININ SIVI
KAPANIM NCELEMELER

YÜKSEK L SANS TEZ
FAT H ÖZBA

TEZ DANI MANI
DOÇ.DR. GÜLCAN BOZKAYA

S VAS-2014

ÖZET

TESPİHDERE (ÇANAKKALE-LAPSEKİ) KURŞUN ÇİNKO YATAĞININ SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ

Fatih Özbaş

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Gülcan BOZKAYA

2014, 68 sayfa

Tespihdere (Çanakkale) kurşun - çinko yatakları Biga Yarımadası'nda Tersiyer yaşlı volkanik kayalar içinde gözlenen bakır - kurşun - çinko yataklarının tipik örneklerinden birisi olup, günümüzde kurşun - çinko üretimi amacıyla işletilmektedir.

Yatakların yakın çevresinde Tespihdere sahasında Akçaalan andezitleri (Eosen), diğer lokasyonlarda ise Adadağı piroklastikleri (Oligo-Miyosen) yüzeylemekte olup, cevherleşmeler BKB -DGD konumlu fay hattı boyunca damar tipi ve üst seviyelerdeki ileri derecede breşleşmiş kesimlerde stockwork tipi oluşumlar şeklindedir. Cevherleşmelerde kalkopirit, pirit, galenit, sfalerit cevher minerali olarak, kuvars, kalsit ve barit ise gang minerali olarak gözlenmektedir.

Sıvı kapanım incelemelerinden cevherleşmeleri oluşturan çözeltilerin ~360–170 °C arasında değişen geniş bir sıcaklık aralığına ve ~ %10–0.5 NaCl eşdeğeri tuzluluk oranına sahip oldukları, son buz ergime sıcaklıklarından da çözeltilerin NaCl'e ilaveten önemli miktarda Ca içerdikleri belirlenmiştir. Sıvı kapanım gruplarının bazılarında kaynama tespit edilmiştir.

LA-ICP-MS ve crush-leach analiz sonuçları çözeltilerde Na'un ana katyon olduğunu ve ona Mg, K ve Ca eşlik ettiğini göstermektedir. Çözeltilerin metal konsantrasyonlarının bakır için en fazla ~250 ila 550 ppm, Zn için ~150 ila 550 ppm, Pb için ise ~70 ila 500 ppm arasında olduğu belirlenmiştir. Tespihdere sahasında ki galeriden alınan iki örnekte Zn içerikleri açısından belirgin bir azalma tespit edilmiş olup, cevher taşıyıcı klorlu komplekslerde damardaki basıncın düşmesine bağlı olarak seyrelme olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Sulfür izotopları jeokimyası sonuçları kalkopirit örneklerinde $\delta^{34}\text{S}$ değerinin, Tespihdere sahasında -5.4 ile -2.4 ‰, arasında ve Azıtepe sahasında ise -5.6 ile -6.9 ‰ değişmekte olup, galenit örneklerinin $\delta^{34}\text{S}$ değeri ise Azıtepe sahasında -9.0 ile -9.8 ‰ arasında değişmektedir. Bu değerlerin cevherleşmelerin oluşumu sırasında hidrotermal çözeltilerde gözlenen kaynama ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Tespihdere, Biga Yarımadası, LA-ICP-MS, crush-leach, sıvı kapanım

ABSTRACT

FLUID INCLUSION STUDIES AT TESBİHDERE (ÇANAKKALE – LAPSEKİ) LEAD – ZINC DEPOSITS

Fatih Özbaş

Master of Science Thesis, Department of Geological Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Gülcan BOZKAYA

2014, 68 pages

Tesbihdere (Çanakkale) lead-zinc deposits are typical examples of the copper-lead-zinc deposits occurred in the Tertiary volcanic rocks outcropped in the Biga Peninsula, and are being mined for lead-zinc production.

Volcanic rocks around the investigated deposits are Akçaalan andesite (Eosen) at Tesbihdere mineralization and Adadağı pyroclastics (Oligo-Miocene) at other mineralizations and show two different mineralization styles such as; stockwork ore veinlets in the upper parts and ore veins along the fault zones in the deeper parts. Chalcopyrite, galena, sphalerite and pyrite are ore minerals and quartz, calcite and barite are gang minerals.

Microthermometry of fluid inclusions shows a wide range of temperatures, ~360–170°C, and salinities, ~10–0.5 wt.% NaCl, in the samples from different deposits studied. The small number of low eutectic melting temperatures indicates that the presence of a significant amount of cations, most likely Ca⁺⁺², in addition to NaCl in the fluid. There were also determined boiling at some Fluid Inclusion Assemblages FIA.

LA-ICP-MS and crush-leach analyse show the fluids are dominated by Na, with the concentrations of K>Ca>Mg combined equivalent to the concentration of Na. The Cu concentration is highest at ~500 ppm followed by Zn at ~300–500 ppm and Pb at ~100– 200 ppm. There is also a clear difference in the Zn concentrations for the two Tesbihdere samples, from the same gallery. Deposition of the ore metals from chloride complexes would be by cooling of the fluids due to adiabatic expansion on opening of the veins and or dilution of the chloride complexes by meteoric water.

The $\delta^{34}\text{S}$ values of chalcopyrite range from -5.4 to -2.4 ‰ in the Tesbihdere deposit and -5.6 to -6.9 ‰ in the Azitepe deposit; The $\delta^{34}\text{S}$ values of galena from Azitepe deposit are -9.0 to -9.8 ‰. These more negative $\delta^{34}\text{S}$ values can be explained because of boiling of the hydrothermal fluid.

Key Words: Tesbihdere, Biga Peninsula, LA-ICP-MS, crush-leach, fluid inclusions

TEŞEKKÜR

Öncelikle tezin her aşamasında benden yardım ve katkıları esirgemeyen, görüşleri ve tavsiyelerinden oldukça faydalandığım danışman hocam Doç. Dr. Gülcan BOZKAYA'ya teşekkür ederim.

Değerli zamanını ve tecrübesini benimle paylaşarak, yaptığım çalışmayı ve maden yataklarını bana sevdiren hocam Prof. Dr. Ahmet GÖKÇE'ye, Arazi ve laboratuvar çalışmalarında tecrübe ve bilgisi ile beni yönlendiren hocam Prof. Dr. Ömer BOZKAYA'ya, üniversitesinde bulunan gelişmiş laboratuvarlarda çalışmama olanak sağlayan , yapıcı eleştiri ve görüşleriyle teze katkı sağlayan Dr. David BANKS'e, tezin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Araş. Gör. Oktay CANBAZ'a, arazi çalışmaları sırasındaki yardımları için başta Jon Wallington olmak üzere Okyanus Mineral Madencilik A.Ş'ne, C.Ü. Jeoloji Mühendisliği İnce kesit laboratuvar personeli Ufuk KUŞ'a, benden her zaman olduğu gibi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	III
TEŞEKKÜR.....	IV
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç ve Kapsam	1
1.2 İnceleme Alanının Coğrafi Konumu	1
1.3 Önceki Çalışmalar	3
2. MATERYAL VE YÖNTEM	9
2.1 Saha İncelemeleri	9
2.2 Laboratuvar İncelemeleri	9
2.2.1 Minerolojik ve Petrografik İncelemeler.....	9
2.2.2 Cevher Mikroskopisi İncelemeleri.....	9
2.2.3 Sıvı Kapanım İncelemeleri	10
2.2.4 Öğütme-Süzme (Crush-Leach) İncelemeleri	10
2.2.5 Lazer- İndüktif Eşleşmiş Plazma- Kütle Spektrometresi (LA-ICP-Ms) İncelemeleri	10
2.2.6 Kükürt İzotopları İncelemeleri.....	12
3. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ.....	13
3.1 Bölgesel Jeoloji	13
3.1.1 Sakarya Zonu	14
3.1.1.1 Kazdağ Metamorfitleri	16
3.1.1.2 Kalabak Birimi	17
3.1.1.3 Jura Öncesi Granitoidler.....	17
3.1.1.4 Karakaya Kompleksi	18
3.1.2 Ezine Zonu	20

3.1.3	Çamlıca Metamorfitleri.....	20
3.1.3.1	Karadağ Birimi	21
3.1.3.2	Denizgören Ofiyoliti.....	21
3.1.4	Ayvacic- Karabiga Zonu	21
3.1.4.1	Çetmi Ofiyolitik Melanjı	23
3.1.5	Tersiyer-Kuvaterner Birimler	23
3.2	Yerel Jeoloji	25
3.3	Yapısal Jeoloji ve Tektonizma.....	28
3.4	Jeolojik Evrim	28
3.5	Petrografi.....	29
4.	MADEN JEOLJİSİ.....	31
4.1	Yatakların dağılımı ve isimlendirilmesi.....	31
4.2	Yataklanma Şekli ve Yapısal Özellikleri	31
4.3	Cevher Petrografisi.....	35
5.	SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ.....	40
5.1	Kapanımların Morfolojik Özellikleri	40
5.2	İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{FM})	43
5.3	Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri ($T_{m_{ICE}}$)	43
5.4	Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri (T_H).....	43
6.	SIVI KAPANIMLARDA KİMYASAL İNCELEMELER	53
6.1	Öğütme – Süzme (Crush-Leach) Analizleri.....	53
6.2	Lazer Aşındırma ile Endüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle-Spektrometresi Yöntemi (LA-ICP-MS)	53
7.	KÜKÜRT İZOTOPLARI İNCELEMELERİ.....	59
8.	SONUÇLAR.....	61
9.	Kaynaklar	64

ŞEKİLLER

Şekil 1.1 İnceleme alanı yerbulduru haritası	2
Şekil 2.1 Leeds Üniversitesindeki crush-leach analizlerinin yapıldığı laboratuvarın bir görünümü	11
Şekil 2.2 Leeds Üniversitesindeki LA-ICP-MS analizlerinin yapıldığı laboratuvarın bir görünümü	12
Şekil 3.1 Biga Yarımadası genelleştirilmiş dikme kesiti (Dönmez ve diğ., 2005).....	15
Şekil 3.2 İnceleme alanı yerel jeoloji haritası.....	22
Şekil 3.3 Basitleştirilmiş Biga Yarımadası jeoloji haritası (KR-TD = Koru-Tespirdere yatağı, (BA = Balcılar yatağı KU = Kumarlar yatağı, AUD = Arapuçandere maden yatağı.)	24
Şekil 3.4 İnceleme alanı karşılaştırmalı kolon kesiti (Bingöl ve diğ. (1973), Akyürek ve Soysal ve diğ. (1980), Okay (1987), Ercan ve diğ.(1979), Bozkaya (2001), Dönmez ve diğ. 2005)	25
Şekil 3.6 (a-b): Altere andezit örneğinde killeşmiş volkanik matriks içerisinde plajiyoklaz, opaklaşmış amfibol ve biyotit fenokristalleri ile çatlak dolgusu kuvars oluşumları (TRS-81,ince kesit, a- çift nikol, b- tek nikol).....	29
Şekil 3.6 (c-d): Camsı kül tuf örneğinde silisleşmiş volkan camı ve pomza-benzeri gözenekli görümlü volkanik akma dokusu (TRS-85,ince kesit, c- çift nikol, d- tek nikol).....	30
Şekil 1.6 (e-f): Kayaç parçacıklı (litik) kül tuf örneğinde altere volkanik matriks içerisinde farklı boyutlarda volkanik kayaç parçacıkları (SOM-85, ince kesit, e- çift nikol, f- tek nikol).....	30
Şekil 4.1 (a) : Altere piroklastik kayaçlarda gözlenen, kalkopiritçe zengin kuvars içeren cevher damarı. (Tespirdere galeri) (Ccp: kalkopirit, py: pirit, gn: galenit, qtz: kuvars, cal: kalsit, ba: barit, kln: kaolinit, ill: illit, smc: smektit).....	32
Şekil 4.1 (b) : Galenit, kalsit, kuvars ve limonit içeren andezit yan kayaçlı cevherleşme. (Basmakçı sahası) (qtz: kuvars, lim: limonit, gn: galenit, cal:kalsit).....	33
Şekil 4.1 (c): Kalkopiritli cevher damarları ile kesilmiş , silisçe zengin altere piroklastik kayaç. (Tespirdere galeri) (Ccp: kalkopirit, py: pirit, qtz: kuvars).....	33
Şekil 4.1 (d) : Lapilli kayaç ve altere aglomera blokları arasındaki boşluklarda gözlenen galenit mineralleri. (Sarioluk sahası).....	34
Şekil 4.1 (e) : Altere andezit ve piroklastik kayaçların dokanaklarını boyunca oluşmuş galenitler. (Azıtepe sahası) (kln: kaolinit, ill: illit, smc: smektit)	34

Şekil 4.1 (f) ; Oksidasyon zonunda oluşmuş azurit, malahit ve silisce zengin oluşumlar (Azitepe Sahası) (qtz: kuvars).....	35
Şekil 4.2 (a-b): Camsı kül tufün kırıklarında oluşmuş kuvarlar ve opak mineraller, (İnce kesit TN) (Azitepe Sahası)	36
Şekil 4.3 (c-d): Özşekilli kuvars kristalinin, demir oksitli piroklastik kayada bulunan kalsitten sonra gelişimi. (İnce kesit, TN) (Basmakçı Sahası).....	36
Şekil 4.2 (e): Galenitin dijenit tarafından onartılması şeklinde gelişmiş yüzeysel alterasyon. (Cpy: Kalkopirit, Ga: Galenit, Dg: Dijenit, Cv: Kovellin)	37
Şekil 4.2 (f): Kalkopirit tarafından kuşatılmış özşekilli pirit kristali (Parlatma, TN) (Py: Pirit, Ccp: Kalkopirit).....	37
Şekil 4.2 (g): Kalkopiritler tarafından çevrelenmiş kataklastik piritler. (Parlatma, TN) (Ccp: Kalkopirit, Py: Pirit),.....	38
Şekil 4.2 (h):Limonitleşmiş kalkopiritler (Gt : Götit, Ccp: Kalkopirit)	38
Şekil 5.1 (a): Kuvars kristalleri içindeki düşük S/G oranına sahip birincil kapanımlar (Örnek no: ATM-47, Azitepe Sahası).....	40
Şekil 5.1 (b) : Kuvars kristalleri içinde, katı faz içeren kapanımlar. (Örnek no: ATM-47, Azitepe Sahası).....	41
Şekil 5.1 (c) : Farklı sıvı-gaz oranlarına sahip sıvı kapanım toplulukları (FIA) (Örnek no: TDG-24, Tesbihdere Sahası).....	41
Şekil 5.1 (d): Farklı sıvı-gaz oranına sahip birincil veya yalancı ikincil kapanımlar (Örnek no: ATM-47, Azitepe Sahası).....	42
Şekil 5.1 (e): Farklı sıvı-gaz oranına sahip kapanımlar (Örnek no: TDG-24, Tesbihdere Sahası).....	42
Şekil 5.2 İncelenen örneklerdeki kuvars kristallerinde, birincil ve ikincil kapanımlarda ölçülmüş Th ve Tmice değerlerinin ikili diyagram üzerindeki dağılımları.....	52
Şekil 6.1 Ayrı kapanım topluluklarından LA-ICP-MS yöntemi ile saptanan, metal elementlerinin wt/wt oranlarını gösteren grafik.....	56
Şekil 7.7.1 Tespidere bölgesi galenit, kalkopirit ve sfalerit örneklerinin sülfür izotopları dağılımı. (Hoefs, 1987).....	59

TABLolar

Tablo 4.1 Tespihdere bölgesi cevher ve kuvars örneklerinde yapılan parajenez çalışmaları	38
Tablo 5.1 Sıvı kapanım incelemeleri sırasında ölçülmüş TFM, TICE ve TH değerleri.	44
Tablo 6.1 Sıvı kapanımların LA-ICP-MS analiz sonuçları. Ortalama elementer oranları (wt/wt oranının Na ile olan ilişkisi) ve ppm derecesinde konsantrasyonu.	54
Tablo 7.1 İnceleme alanındaki cevher damarlarından seçilen mineral örneklerinin kükürt izotopları bileşimi	60

1. GİRİŞ

1.1 Amaç ve Kapsam

Biga yarımadası maden zuhuru ve maden yataklarının yoğun olarak gözleendiği bir bölge olup, Tesbihdere Zn-Pb cevherleşmesi bu cevherleşmelerden bir tanesidir. Bölgedeki madencilik faaliyetlerinin geçmişi araştırıldığında M.Ö.1200'lü yıllara kadar uzandığı gözlenmektedir. Çalışma alanında metalik elementler bakımından 11 çeşit olmak üzere 205 maden yatağı ve zuhur bulunmakta olup, sayısal olarak en fazla bulunan metaller kurşun, çinko, bakır, demir, altın ve antimondur. Söz konusu yatakta yapılmış daha önceki çalışmalar temel jeolojik özelliklerin belirlenmesine yönelik olup, cevherleşmelerin kökeni ve cevherleşmeleri oluşturan çözeltilerin bileşimi hakkında yapılmış ayrıntılı bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu tez çalışmasında, yöredeki kurşun-çinko cevherleşmesinin dağılımı, yataklanma şekli, cevher-yan kayaç ilişkisi, mineralojik bileşimi, yapısal ve dokusal özellikleri belirlenerek elde edilen bulgularla, Tespihdere yöresindeki cevherleşmeleri oluşturan sıcak sulu çözeltilerin özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.2 İnceleme Alanının Coğrafi Konumu

Çalışma sahası Çanakkale iline bağlı Lapseki ilçesinin güney doğusunda yer alan Kuru köyü sınırları içerisinde yer almaktadır. 1/25.000 ölçekli Çanakkale H17 a3,d2,b4 ve c1 paftaları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1). Lapseki-Çanakkale yolu üzerinde bulunan Umurbey Kasabasından doğuya 25 km gidilerek Kuru köyüne ulaşılmaktadır. Kuru köyünden incelemenin yapıldığı bölgelere ulaşım, stabilize yollar ile sağlanmaktadır.

İnceleme alanının bağlı bulunduğu Çanakkale'de Akdeniz iklimiyle Karadeniz iklimi arasında geçiş özelliği gösteren Marmara iklimi gözlenir. Marmara kıyılarında yazlar ılık, kışlar serin; Ege kıyılarında ise yazlar daha sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçer. Güneydoğuda dağlık kesimde iklimin sertleştiği yazların serin ve kışların soğuk geçtiği görülür. Yıllık ortalama sıcaklık 14.9°C'dir. En soğuk ay 6°C ortalamayla ocak, en sıcak ay 24°C ortalamayla Temmuzdur.

Yörenin başlıca yükseltileri doğudan batıya doğru Kırılmış tepe (713 m), İncirlitaş tepe (529 m), Avcı tepe (471 m), Kuyutaşı tepe (431 m) ve Ada Dağı (442 m) olup, ortalama yükseklik yaklaşık 500 m'dir. İnceleme alanını güneydoğudan kuzeybatıya doğru kateden Kuru dere ve Ulu dere yılın büyük bölümünde su bulunduran en önemli dereler olup, mevsimsel su bulunduran diğer derelerin su toplama alanlarını oluşturmaktadır.



Şekil 1.1 İnceleme alanı yerbulduru haritası

1.3 Önceki Çalışmalar

Tespirdere Cu-Pb-Zn cevherleşmelerinin de bulunduğu Biga Yarımadası ve çevresinde çok sayıda jeolojik çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar kronolojik sıra ile aşağıda sunulmuştur.

Gjelsvik (1956), bölgede bilinen en eski maden jeolojisi araştırmasını yapmıştır. Yazar bölgedeki birimleri beşe ayırmıştır. Bunlar; Paleozoyik yaşlı şist, kuvarsit, mermer, gnays, amfibolit ve granodiyoritler, Mesozoyik yaşlı şist ve kalkerler, Kratase ve Tersiyer yaşlı volkanikler ile sedimenter ve tüflü kayalardan oluşan Tersiyer havzaları şeklindedir. Araştırmacıya göre şistler ve volkanikler KD-GB, faylar ise KD-GB, D-B ve KB-GD yatımlı olup, Kuru ve Balcılar madenleri KB-GD zonunda bulunmaktadır. Andezitik lav ve tüflerle kaplı sahadaki cevherleşmelerin galenit, sfalerit ve iri taneli baritlerden oluştuğunu ve kuzeye doğru yatımlı, 8 metre genişliğindeki bir filon veya dayk şeklinde olduğu, bu filon ve daykları oldukça breşleşmiş silisli kayaların takip ettiğini belirtmiştir.

Dinçer (1958), yazar bölgede bulunan ve cevherleşmelerle ilişkili tüf ve andezitlerin yaşını Eosen olarak kabul etmiştir. Tüfler içerisinde yer alan damarlar genellikle sfalerit, pirit, kalkopirit, barit, kalsit ve kuvars ile ikincil bakır zenginleşmeleri içerdiğini belirtmiştir. Cevherleşmeleri kuvarslı ve baritli çatlak dolgu tipi şeklinde ikiye ayırmıştır. Barit çatlak dolgulu cevherleşmelerde sfalerit ve galenitin bol olup, kuvars çatlak dolgulu olanlara göre daha sığ derinliklerin gözlendiğini belirtmiştir. Araştırmacı bölgede gözlenen cevherleşmelerin bir çoğunu 5-8 kilometre yarıçaplı bir çember üzerine düştüğünü ileri sürmektedir.

Tolun ve Baykal (1960), inceleme alanındaki cevherleşmeleri kuvars ve barit dolgulu olarak ikiye ayırıp, bu cevherleşmelerin çatlak dolgusu tipinde olduğunu belirtmiştir. Kuvars dolgulu damarların kalınlıkları 5 ila 15 cm arasında değişen ve galenit, pirit, kalkopirit, malahit ve bazen de sfalerit içeren damarlar şeklinde, barit dolgulu damarların ise sadece galenit içerdiğini belirtmiştir.

Alpan (1968), yazar çalışmasında cevherleşmelerin yankayacını trakit tüflerin oluşturduğunu, yer yer silisleştiklerini ve breş karakteri kazandıklarını söylemektedir.

Damar kalınlıklarının ise 1 cm ile 2 cm arasında değiştiiğini ve çoğunlukla galenit, barit ve kuvars, ender olarak da sfalerit, kalkopirit ve malahit içerdiğini belirtmiştir.

Bingöl (1968), Biga yarımadası'nda geniş bir alana sahip olan Kazdağı'nın güneybatısındaki kayaçların piroksenit ve amfibolit, güney doğusundaki kayaçların ise yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş epimetamorfikler olduğunu belirlemiştir. Bu birimler üzerinde ise 30 m kalınlığında feldispatik kumtaşı, siyah fillit ve kuvarsitten oluşan düşük dereceli metamorfik bir serinin bulunduğunu belirtmiştir.

Bingöl ve diğ., (1973), Biga yarımadası'nın temel kayaçlarını Kazdağ Grubu olarak belirlemiş ve Rb-Sr ve K-Ar yöntemleri ile radyoaktif yaş tayini elde ederek, an-Biga arasındaki bölgede olivinli bazaltik karakterdeki volkanizmanın yaşının Neojen sonu olarak belirlemiştir.

Siyako ve diğ., (1989), Biga Yarımadası'ndaki Tersiyer dönemi stratigrafisi detaylı bir şekilde incelenmiştir. alışmalarında Biga ve Gelibolu yarımadalarının Tersiyer birimlerinin temelinde yüksek dereceli metamorfikler, Triyas yaşlı Karakaya birimleri, bunların üzerine transgressif olarak gelen Jura-Kratese sedimanter istif ve Üsit Kratese-Paleosen yaşta ofiyolitli melanj oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu farklı birimleri ise aralarında önemli yükselme ve aşınma süreleri olan dört zaman aralığında tanımlamış olup, bu zaman aralıklarının; Maestrihtiyen- Erken Eosen, Orta Eosen-Oligosen, Miyosen, Pliyosen-Kuvaterner olarak belirlemiştir.

Yanagiya ve Sato (1989), araştırmacılar bölgede prospeksiyon amaçlı rapor hazırlamış ve 3400 km²'lik bir alanın Landsat TM imaj yöntemi ile alterasyon zonlarını ayırt etmişlerdir. Yaptıkları jeolojik ve jeokimyasal prospeksiyon çalışmaları sonucunda kıymetli metal zenginleşmeleri için iki hedef saha (A ve B zonları) ve metalik yataklanma için bir hedef saha (C zonu) ayırtlayarak detaylı araştırmalarda bulunmuşlardır. Araştırmacılara göre mineralizasyonlar geniş şekilde epitermal ve dissemine tipte olup, A zonunda yüksek tenörlü küçük ölçekte gümüş – kurşun – inko – bakır - barit damarları, B zonunda düşük tenörlü büyük ölçekte altın yatakları, C zonunda ise saçınımlı tip cevherleşmeler gözlemiştir.

Okay ve diğ., (1990), Biga Yarımadası'nın temelde Ezine Zonu ve Sakarya Zonu kayaçlarından oluştuğunu söylemiştir. Ezine zonunu kıtasal kökenli kayaçlardan oluştuğunu belirtip batı kesminde yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş, Permo-

Karbonifer yaşta sedimanter istifin bulunduğu ve bu istifin Permo-Triyas'ta ofiyolitler tarafından üzerlendiğini, doğuda ise sedimanter kökenli, yüksek dereceli metamorfik kayalardan oluştuğunu söylemiştir. Sakarya zonunu ise , başlıca Kazdağ grubu metamorfitlerden, bu metamorfitleri tektonik olarak üzerleyen Karakaya Kompleksi birimlerinden ve Triyas sonrası çökellerden oluştuğunu belirtmiştir.

Andiç ve Kayhan (1997), çalışmalarında masif cevher kütlelerinin riyoit ve andezit kontağı boyunca geliştiğini belirlemişlerdir. Tabanda kloritlemiş, az killeşmiş bol çatlaklarla ağsal görünüm kazanmış andezitlerin bulunduğunu, daha genç ve breşik yapılu riyoitlerin ise dissemine yer yer damar şeklinde cevher içerdiklerini belirtmektedir. Araştırmacılar Cu – Pb – Zn – As – Sb elementlerinin birinin veya birkaçının bir araya gelerek oluşturduğu 6 anomali sahası saptamışlardır.

Bozkaya (2001), çalışmalarında Kuru (Çanakkale) baritli kurşun-çinko yatağındaki cevherleşmelerin Adadağı piroklastikleri içerisinde, BKB-DGD konumlu fay hattı boyunca damar tipi ve üst seviyelerdeki ileri derecede breşleşmiş kesimlerde stockwork tipi olduğunu belirtmişlerdir. Cevherleşmelerde galenit, sfalerit ve barit hakim mineraller olup pirit, kalkopirit, fahlerz, markazit, kalkosin, kovellin, bornit, tenorit ve kuvarsın bileşime az miktarda katıldığını belirtip, bu minerallerin birbirleriyle olan sınır ilişkileri göz önüne alınarak, erken evre ve geç evre şeklinde ikiye ayırıp beş ayrı mineral oluşum evresi tanımlamışlardır. Bunlar; I.evre; barit ve pirit, II.ve III. evrelerler; galenit, sfalerit, kalkopirit, fahlerz, bornit ve markazit, IV.evre; barit,kuvars ve kalsit, V.evre ise kalkosin, kovellin ve tenorit oluşumu şeklindedir.

Aynı çalışmada sıvı kapanım incelemeleri sırasında ölçülen T_{fm} değerleri (-55.0 ile -49.0) değerleri ile mineral oluşturucu hidrotermal çözeltiler içinde CaCl₂ ve MgCl₂ gibi tuzların varlığını saptayıp, çözeltilerin ya deniz suyu kökenli veya denizel sedimanlar içinden geçerek ortama geldiklerini belirlemişlerdir. Ölçtükları T_{mice} değerleri ile baritlerin oluşumu sırasında hidrotermal çözeltilerin tuzluluklarının biraz yüksek olduğunu (ort: % 8.55 NaCl eşdeğeri), sülfürlü minerallerin oluşumu sırasında ise biraz düştüğünü. Th değerlerinde ise, baritlerin oluşumu sırasında çözelti sıcaklığının düşük olduğunu (80 °C'den daha düşük) buna karşın sülfürlü minerallerin oluşumu sırasında sıcaklığın 270 °C'ye kadar çıktığını belirlemişlerdir. Tuzluluk ve homojenleşme sıcaklıklarını birlikte değerlendirdiklerinde, baritlerin oluşumu sırasında çözeltilerin tuzluluklarının yüksek, sıcaklıklarının düşük olduğunu, sülfürlü minerallerin

oluşumu sırasında ise tuzlulukların düşük, sıcaklıkların yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Ana element jeokimyası incelemelerinde elde ettikleri bulgular ise; inceleme alanındaki volkanik kayalar, Karaömerler bazaltı hariç yüksek potasyumlu kalkalkali seriyi temsil ettiği, bu da gerilme sistemiyle kabuk incilmesi sonucu oluşan volkanik kayaların kıta kabuğundan malzeme olarak kirlenmeye maruz kaldığını göstermektedir. Orta potasyumlu kalkalkalen karakterli levha içi bazaltların ise daha sonraki dönemde kıta kabuğunun normal kalınlığa dönmesi sırasında kirlenmeden yeryüzüne ulaşımını göstermekte olduğunu belirtmişlerdir. Elde ettikleri eser element dağılımları sonucu ise yatak içinde zenginleşen kurşun ve çinkonun Akçaalan andeziti ile Adadağı piroklastiklerinden, bakırın ise Dededağı dasitinden kaynaklandığını sonucuna varmışlardır.

Atabey ve diğ., (2004), Çanakkale havzasında çökelen Orta-Üst Miyosen yaşlı karasal ve sedimanter kaya birimleri yüzeylendiğini ve bu çökellerin Çanakkale ve Truva arasında paleozoyik şistleri, mermerleri, kuvarsitleri, Permian-Triyas ofiyolitleri ve Eosen volkanik kayaları üzerinde, Çanakkale kuzeyindeki Lapseki çevresinde ise sadece Eosen volkanik ve volkanoklastik çökelleri üzerinde uyumsuzlukla yer aldığını belirtmiştir.

Aysal (2005), Biga'nın doğusunda yapmış olduğu çalışmada Nilüfer birimi içerisinde serpantin blokları saptamıştır. Ayrıca Nilüfer birimi ve Hodul biriminin dokanalarının tektonik olduğunu saha çalışmaları sırasında tespit etmiştir. Karakaya kompleksine ait Nilüfer birimindeki kayalar üzerinde yapmış olduğu petrografik çalışmalara göre birimin Abukuma tipi düşük yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirdiğini tespit etmiştir.

Dönmez ve diğ., (2005), Eosen yaşlı volkanik kayaları litolojik ve stratigrafik özelliklerine göre kendi içlerinde beş ayrı formasyona ayırmış ve detaylı olarak haritalamışlardır. Çanakkale ilinde bulunan Umurbey, Balıklıçeşme, Çan, Bayramiç ilçeleri arasında Eosen yaşlı asidik-ortaç bileşimli, volkanik aktiviteye bağlı olarak denizel otamlarda depolanmış ignimbiritlerin varlığı ilk kez tespit etmişlerdir.

Kasapçı (2005), çalışmasında Kuzeybatı Anadolu Pb-Zn yataklarının oluşumlarını karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Kuzeybatı Anadolu Pb-Zn yataklarının

bulunduğu alanların görünür temelini Karakaya kompleksi kayaçlarından olduğunu ve bölgeyi etkileyen KB-GD doğrultulu kırık hatlarının kontrolünde gerçekleştiğini belirtmiştir. Yaptıkları cevher mikroskobisi çalışmalarında ana cevher minerallerinin pirit, galenit, kalkopirit ve sfaleritten oluştuğunu belirlemişlerdir.

İncelemelerde buldukları Arapuçan Dere (Yenice-Çanakkale) ve Cehennem Dere (Gönen-Balıkesir) yataklarından aldıklarında yaptıkları sıvı kapanım incelemeleri sonucu, cevherleşmelerin yüksek sıcaklıklarda, pnömatolitik – hidrotermal dönemi geçiş koşullarında olduğunu saptamışlardır.

Bozkaya ve Gökçe (2008), Kuru (Çanakkale) kurşun-çinko yatağında kükürt ve kurşun izotopları jeokimyası incelemelerinde bulunmuşlardır. Kükürt jeokimyası incelemelerinde $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin baritlerde o/oo +14,9 ile +17,3 aralığında (ortalama o/oo +16.5), sfaleritlerde o/oo -1,9 ile 0.1 aralığında (ortalama o/oo -1.2), galenitlerde ise o/oo -5.2 ile -3.0 aralığında (ortalama o/oo -3.9) değiştiğini belirtmişlerdir. Barit ve sülfür mineralleri ile denge halindeki H_2S 'in izotopsal bileşimin farklı olması, galenitin ve sfaleritleri oluşturan çözeltilerdeki kükürtün kökeninin baritlerdekinden farklı olduğu sonucuna varmışlardır. Baritlerin $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin literatürde bulunan Tersiyer sonrası deniz suyundaki sülfat ve sedimanlar içinde çökelmiş sülfatlı mineraller için belirlenmiş kükürt izotopları ile uyumlu olduğu ve bu kayaçların gözeneklerinde hapsolmuş deniz suyu içinde çözülmesi sülfattan kaynaklandığını belirlemişlerdir. Galenit ve sfaleritlerin bileşimindeki kükürt değerinin sifıra yakın olması nedeniyle bölgede volkano-sedimanter kayaçların volkanik bileşenleri ile ilişkili olduğunu kabul etmişlerdir.

Kurşun izotopları jeokimyası sonuçlarında ise yöredeki cevherleşmelerde zenginleşen kurşunun manto kökenli malzemedan çok farklı ve orojenez etkisinde kalmış kıtasal kabukla yakın ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Hesapladıkları kurşun izotopları model yaş değerleri (70-1 milyon yıl) cevherleşmelerin olası jeolojik yaş aralığı (Oligosen sonrası) ve çevredeki Eosen-Kuvaterner volkanik ve volkano-sedimanter birimlerimizin yaşı ile uyumakta olduğunu, galenitin içindeki kurşunun bu birimlerden kaynaklandığını belirlemişlerdir.

Yıldız (2008), Kuru sahasında (Çanakkale) yaptıkları cevher arama çalışmaları ile tüm sahanın 1/5000'lik jeoloji haritasını yapmışlardır. Harita çalışmaları sonucu bölgede 16 adet jeolojik birim belirlemişler ve en alttaki Eosen yaşlı andezitik lav ve piroklastikler ile üstteki karasal felsik tüf arasında kalan birimlerin denizel olduğunu ve

kaldera faylarına bağılı olarak oluştuklarını dűřünmektedirler. Cevherleřmelerin anakayasını oluşturan sfeluritli porfiritik riyolitleri oluşturan magmanın ring ve radial fayların kesim noktalarından çıktığı, riyolitlerdeki cevherleşmeyi oluşturan hidrotermal eriyiklere kanal oluşturduklarını ve daha sonar reaktivite olarak cevher ve riyolitleri kestikleri dűřünmektedirler.

Eskikıřla, Tahtalı ve II. Viraj Pb-Zn-Ag yataklarında bulunan riyolit lavının altında, felsik tűf ile riyolit kontaęında, riyolit içinde bol baritli hidrotermal breřik ve onartma, yer yer aęsal, riyolit lavının űstüne doęru aęsal, yer yer breřik, aęsal, çatlak dolgulu ve saçınımlı barit, galenit ve sfalerit zonlarının oluřtuęunu gűzlemiřlerdir. Riyolit lavının altında gűrűlen bu cevherleřmelerin dűnyada sadece Kuru sahasında gűzlendięini belirtmiřtir ve çalıřmalarının sonucu riyolit lavının altında gűrűlen bu cevherleřmeye Kuru Tipi Pb-Zn-Ag cevherleřmesi olarak adlandırmıřlardır.

Yılmaz ve dię., (2010), řahinli ve Tespih Dere bűlgesinde yaptıęı çalıřmalarda altın-baz metal maden yataklarını incelemiř, cevher damarının toplam sűlfűr içeriklerini <1% ile %60 arasında deęiřkenlik gűsterdięini ve pirit, galenit, sfalerit, kalkopiritin hakim mineraller olduęunu belirtmiřlerdir. Kuvars minerallerindeki kapanımların çoęunlukla sıvıca zengin olduęunu ve homojenleřme ۆlűmlerinin 220 ile 332 ۆC arasında deęiřtięini fakat çoęunlukla 250 ile 300 ۆC arasında deęerler elde ettiklerini belirtmiřlerdir. Tuzluluk deęerlerinin 4,3 ile 6,9 wt.% NaCl eřdeęeri arasında olduęunu, ilk buz ergime sonuçlarının ise -24.5 ve -19.0 ۆC arasında deęiřtięini ve sıcak sulu ozeltile içerisinde NaCl-H₂O'un baskın olduęunu belirtmektedirler. Arařtırıcılar ³⁴S deęerlerinin, ortalama -2.9‰, pirit için -3.3‰, kalkopirit için -5,4‰, sfalerit için ise -7.6‰ olduęunu belirtip, cevherleřmelerdeki kűkűrtűn kűkeninin maęmatik olduęunu sűylemektedirler.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Saha İncelemeleri

Bu tez çalışmasına ait arazi çalışmaları 2011 yılının ilkbahar döneminde yapılmış olup, saha incelemelerinden önce bölgenin genel ve maden jeolojisi hakkında detaylı literatür taraması yapılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında inceleme alanı içerisinde yer alan cevherleşmelerden ve çevresindeki litolojik birimlerden el örnekleri alınıp, jeolojisi, tektonik durumu, alterasyonu ve diğer gerekli bilimsel veriler hakkında notlar alınmıştır.

2.2 Laboratuvar İncelemeleri

Araziden toplamda 110 adet cevher, yan kayaç ve Okyanus Mineral Madencilik A.Ş.'nin daha önce yapmış olduğu sondaj çalışmalarından elde edilen karot örnekleri alınmıştır. Bu örnekler aşağıda özetlemeye çalışılan yöntemlerle incelenmiştir.

2.2.1 Minerolojik ve Petrografik İncelemeler

Çalışma sahasından alınan örnekler minerolojik bileşimlerini, petrografik özelliklerini, alterasyonunu ve cevher yan kayaç ilişkilerini tespit etmek amacıyla 60 adet ince kesit yapılmıştır. Kesitler Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde bulunan ince kesit laboratuvarında hazırlanmış ve ince kesitler NIKON ve LEICA marka binoküler alttan aydınlatmalı polarizan mikroskobunda incelenerek kayaç adlamaları yapılmıştır.

2.2.2 Cevher Mikroskopisi İncelemeleri

Çalışma sahasındaki cevher damarlarından alınan örneklerden Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Cevher Mikroskopisi laboratuvarlarında parlak kesitler (40 adet) hazırlanmış ve NIKON marka üstten aydınlatmalı cevher mikroskobunda incelenmiştir. Bu çalışmalarda, cevherin mineral parajenezi, süksesyonu, cevher dokuları ve mineral dönüşümleri belirlenmeye çalışılmıştır.

2.2.3 Sıvı Kapanım İncelemeleri

Sıvı kapanım incelemeleri Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki Cevher Mikroskopisi ve Leeds Üniversitesi'ndeki (UK) sıvı kapanım laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. İnceleme alanındaki cevher damarlarından alınan örneklerdeki gang minerallerince zengin kısımlardan yaklaşık 100 mikron kalınlığında 32 adet iki yüzü parlatılmış kesit hazırlanmıştır. Öncelikle kesitlerde sıvı kapanım birlikleri belirlenmiş ve birincil, ikincil ve yalancı ikincil kapanımlar belirlenmiş ve 7 adet örnekte mikrotermometrik incelemeler gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde NIKON Labophot-pol tipi polarizan mikroskobu, LINKAM THMS-600 ve TMS-92 tipi ısıtma ve soğutma sistemi kullanılmış olup, ölçümlerde homojenleşme sıcaklıkları (Th), ilk buz ergime (Tfm) ve son buz ergime (Tmice) sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Buz ergime sıcaklığı ölçümleri sırasında kapanımı dondurmak için sıvı azot (nitrojen) kullanılmıştır.

2.2.4 Öğütme-Süzme (Crush-Leach) İncelemeleri

Crush-Leach analizleri İngiltere'de bulunan Leeds Üniversitesinde ki sıvı kapanım laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.1). Analizin amacı, cevherlerde bulunan anyonların (F, Cl, Br, SO₄) ve alkalilerin (Na, K) miktarını belirleyebilmektir. Bunun için ilk olarak cevherden alınan örnekler 1-2 mm boyutuna kadar kırılıp analizde istenmeyen taneler, binoküler mikroskop yardımıyla ayıklanmış ve 18.2 MΩ suda bir çok kez kaynatılarak tamamen yüzey kirlerinden temizlenmiş ve kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan taneler agat havanında kırılarak toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen örnekler Dionex DX 500 iyon kromatografisi ile analiz edilmesi için 24 saat bekletilmiş ve Na ve K elementleri alev emisyon spektroskopisi ile saptanmıştır.

2.2.5 Lazer- İndüktif Eşleşmiş Plazma- Kütle Spektrometresi (LA-ICP-MS) İncelemeleri

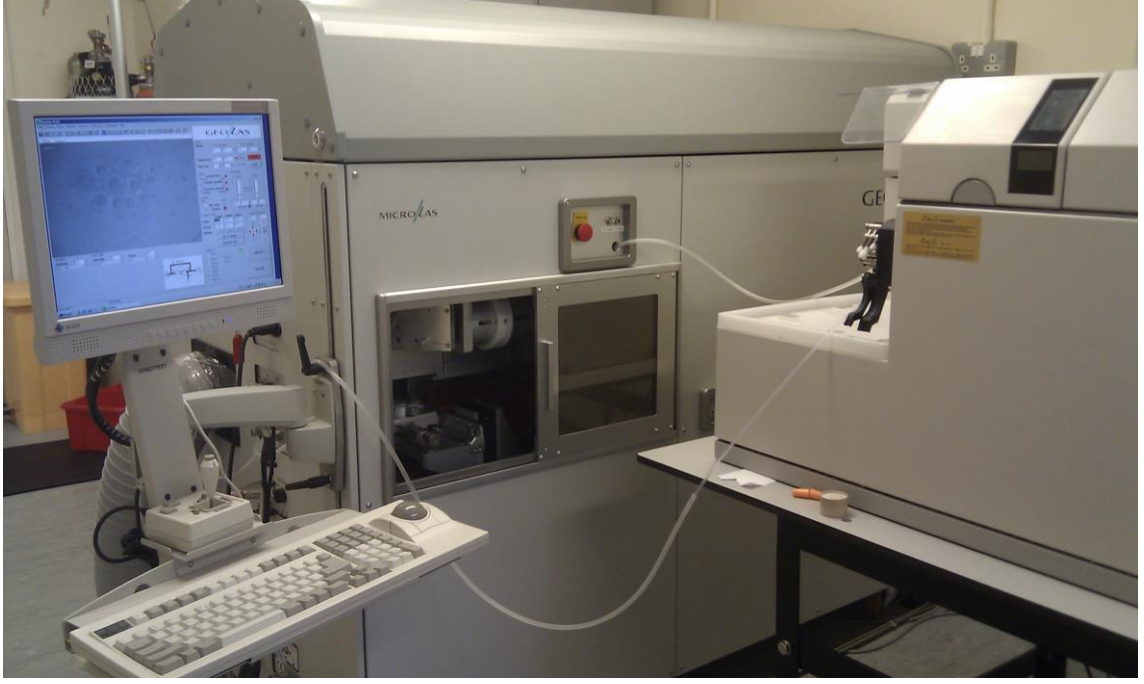
Kayaç örneklerinin iz element analizleri, İngiltere'de bulunan Leeds Üniversitesi, LA-ICP-MS (Laser Ablation- Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometer) laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Lazer-ablation sisteminde, Geoglas kapanım sistemine entegre edilmiş Agilent 7500c kütle spektrometresi ile sıvı kapanım ve sıvı kapanım ile ilişkili grupların bileşimi

belirlenmiştir. Geoglas ablation sistemi, 193 nm dalga boyunda Compex 103 ArF eksimer lazer kullanmaktadır. Bu sistem örnek yüzeyine 10-151J cm² enerji kütlesini, 5Hz darbe frekansında 25µm bazen de 50 µm nokta boyutunda ulaştırmaktadır. Nokta boyutu, sıvı kapanım yada sıvı kapanım gruplarının boyutuna göre belirlenir.



Şekil 2.1 Leeds Üniversitesindeki crush-leach analizlerinin yapıldığı laboratuvarın bir görünümü



Şekil 2.2 Leeds Üniversitesindeki LA-ICP-MS analizlerinin yapıldığı laboratuvarından bir görünüm.

2.2.6 Kükürt İzotopları İncelemeleri

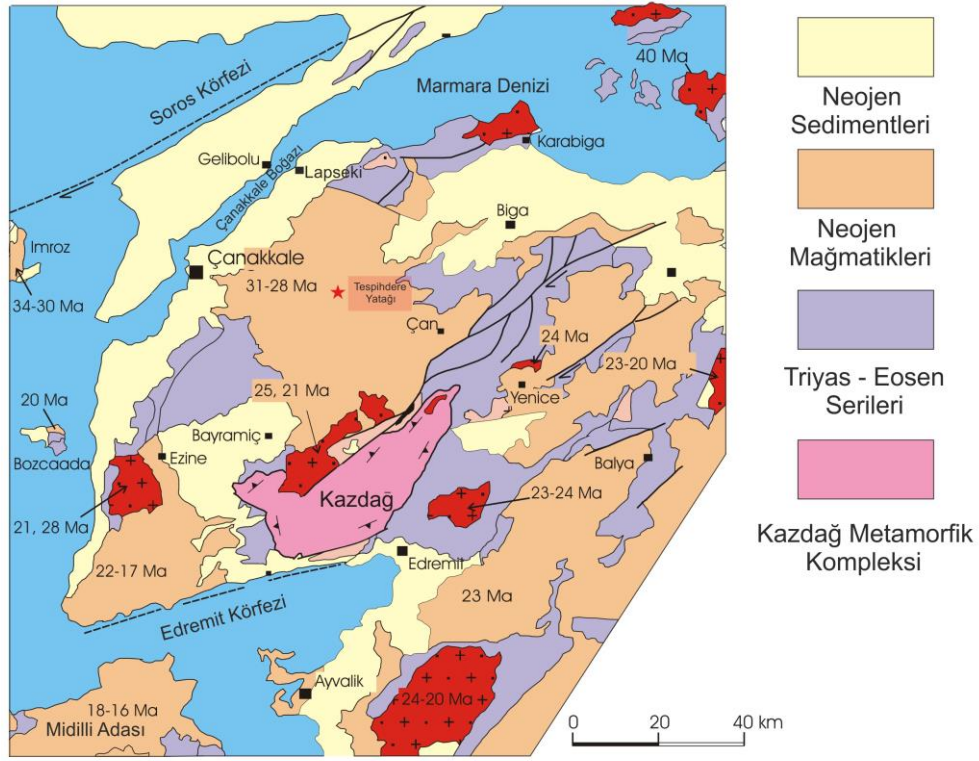
Kükürt izotopları analizleri Amerika’da bulunan Georgia Üniversitesi Kararlı izotoplar laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Analizler Tespihdere ve Azitepe sahalarından alınan örneklerden seçilen galenit ve kalkopiritler kristalleri ile yapılmıştır.

Sülfür izotopları VG SIRA 10 kütle spektrometresinde yaptırılmıştır. Sülfürlü mineraller Robinson ve Kusakabe (1975) tarafından geliştirilmiş metota göre hazırlanarak analiz edilmiştir. Sonuçlar CDT standartından sapma ($‰ \delta^{34}\text{S}$) değerleri şeklinde ifade edilmiş olup, yöntemin hassasiyeti ve tekrarlanabilirliğinin ($‰ 0.2$)’den daha iyi olarak olduğu belirlenmiştir.

3. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

3.1 Bölgesel Jeoloji

Dünyanın en fazla metalik maden üretildiği alanlardan birisi olan Tetis Avrasya Metalojenik Kuşağının bir parçası olan Biga Yarımadası tektonik olarak kuzeybatıdan güneydoğuya doğru Ezine, Ayvacık-Karabiga ve Sakarya zonu olarak üç zona ayrılmaktadır.(Okay ve diğ., 1990). Bunlardan Sakarya zonu; Kazdağ Metamorfitleri, Kalabak Birimi, Jura Öncesi Granitoidler, Karakaya Kompleksi ve Jura-Kretase Kayaçlarından Ezine Zonu ise Çamlıca Mikaşistleri, Karadağ Birimi, Denizgören Ofiyoliti, Çetmi Ofiyolitik Melanjı, Tersiyer Granitoidleri ve Tersiyer-Kuvaterner Birimlerinden oluşmaktadır. Bu birimlerin birbiriyle olan ilişkileri Biga Yarımadası'nın genelleştirilmiş kolon kesiti hazırlanarak gösterilmektedir (Şekil 3.2). 2005 yılında Dönmez ve diğ. tarafından hazırlanan kolon kesitte Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı temel birimler üzerinde Tersiyer yaşlı olarak gösterilen birimlerin (andezitik, dasitik ve piroklastik lavlar) yerleştiği görülmektedir. Biga Yarımadası'nda çalışan diğer araştırmacılar tarafından sahada gözlenen birimler için farklı adlamalar yapılmıştır (Bingöl ve diğ. (1973), Akyürek ve Soysal ve diğ. (1980), Okay (1987), Ercan ve diğ.(1979), Bozkaya (2001), Dönmez ve diğ.2005). (Şekil 3.3).



Şekil 3.1 Biga Yarımadası jeoloji haritası (Okay ve Satır 2000'den yararlanılarak çizilmiştir)

3.1.1 Sakarya Zonu

Biga yarımadası'nın temelini oluşturan ve oldukça geniş bir alana sahip olan kayalar Yılmaz vd .(1981) tarafından Sakarya Zonu olarak adlandırılmıştır. Sakarya zonu, Kazdağ metamorfikleri ve bu metamorfik kayalar ile tektonik dokanıklı olarak bulunan Kalabak grubu ve Karakaya kompleksinden oluşmaktadır. Sınırları kuzeyde Pontid içi kenedi, güneyde ise İzmir-Ankara kenedi olarak tespit edilmiştir. (Şengör ve Yılmaz 1971).

Sakarya zonunun temelinde genellikle Kazdağ ve Uludağ masiflerinde yüzeyleyen, yüksek dereceli metamorfik kayalar, bu masiflerle tektonik dokanıklı yeşilsit-mavişist metamorfizmasından etkilenmiş Kalabak grubu bulunmaktadır. Bu metamorfik birimleri örten Geç Karbonifer-Permiyen yaşlı arkoz ve karbonatlar, en üstte ise Karakaya kompleksinden oluşmaktadır. (Duru ve diğ., 2004)

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	ÜYE	SİMGE	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR		
SENONOZİK	KUVATERNER	PLİYOSEN	Bayramiç		Tplb		Alüvyon		
			Taştepe bazaltı		Tmt		Çakıtaşı, kumtaşı		
	MİYOSEN	ÜST	Çanakale		Tmçk		Bazalt, Bazaltik piroklastikler		
			Gazhanedere		Tmg		Sığ denizel kilitaşı, kireçtaşı		
		ALT - ORTA	Gösel çökelleri II	Çankabak İgnimbiriti		Tmçt		Karasal çakıtaşı, kumtaşı	
				Babadere dasiti		Tmçb		İgnimbirit	
				İşkeli riyoliti		Tmçs		Riyolitik-dasitik tuf, ignimbirit, dasit, riyolit, perlit	
				Ayvacı volk.		Tmçy		Gösel çökellerle ardanmalı, yumrulu İgnimbiritik tuf, bazaltik lav ve piroklastikler	
				Arıklı İgn.		Tmçr			
				Hüseyinfaki volkaniti		Tmçü			
				Yurekli dasiti		Tmçy		Gösel çakıtaşı, kumtaşı, kilitaşı	
				Gösel çökelleri I		Tmçö		Andezitik lav ve piroklastikler	
	OLİGOSEN	Granitoidler	Ezine		Tmçz		Andezitik, bazaltik, riyolitik dasitik lav ve piroklastikler		
			Behramkale		Tmçb				
			Araplar		Tmça				
			Babakale		Tmçb				
			Bademli		Tmçb				
			Ortatepe		Tmço				
			Halsazadağ		Tmçh				
			Şapçı		Tmçş				
			EOSEN	ÜST	Hallaçlar		Toh		Andezitik, bazaltik, riyolitik dasitik lav ve piroklastikler
					Bağburun		Tob		
	Saraycık				Tos		Granitoidik kayaçlar		
	Yeniköy				Toy				
Atikhisar		Toa							
Erdag volkaniti		Teer				Bazaltik lav ve piroklastikler			
	Beybaşı				Tebe		Kumtaşı, kilitaşı, resifal kireçtaşı		
ORTA	Ceylan	Dededag volkanitleri				Ted		Denizel türbiditik kayaçlar	
						Tedka		Denizel İgnimbiritler (Denizel piroklastikler), andezit, dasit	
						Tedk		Yeşil renkli tuf	
				Tedh					
				Tec					
			Soğucak		Tes		Nummulitli kireçtaşı		
				Şahini	Bilaller	Teşa		Bazaltik bileşimli lav ve piroklastikler volkaniklastikler, bazaltik dayklar	
			Teşab						
Tef		Delta düzlüğü ve fluviyal çökeller							
Teb		Andezitik lav ve piroklastikler							
Edincik volkaniti		Tee		Andezitik lav ve piroklastikler					
	Eosen granitoidleri		Teg						
MESOZOYİK	PALEOZOYİK		Temel kayaçlar			Tersiyer öncesi temel kayaçlar			

Şekil 3.2 Biga Yarımadası genelleştirilmiş dikme kesiti (Dönmez ve dig., 2005)

3.1.1.1 Kazdağ Metamorfitleri

Kazdağı oluşturan yüksek dereceli metamorfik kayalar ilk olarak Bingöl ve diğ. 1975 tarafından Kazdağ grubu olarak adlandırılmıştır. (Okay ve diğ., 1990). Kazdağ grubu metamorfik kayaları temelden üste doğru sıralandığında; gnayslı amfibolit içeren Fındıklı formasyonu, metaofiyolit içeren Tozlu formasyonu, Sarıkız mermeri ve gnays ve migmatit içeren Sutuven formasyonlarıdır. (Duru ve diğ., 2004).

Kazdağ grubu doğuda Karakaya Kompleksi'nin metatüfleri ve arkozik kumtaşları tarafından, batıda ve kuzeyde Geç kratese yaşlı Çetmi Ofiyolit melanjı tarafından tektonik olarak örtülür (Okay ve diğ., 1990). Kazdağ masifi 55 km uzunluğunda ve 15 km genişliğinde olup kıvrım eksenini KD-GB doğrultulu ve her iki yöne dalımlı antklinoryum şeklindedir. (Okay ve Satır 2000, Duru ve diğ., 2004)

Fındıklı Formasyonu; önceki çalışmalarda (Bingöl ve diğ., 1975) birimi oluşturan amfibolitler, metaofiyolitlere eklenmiş, ilk olarak (Duru ve diğ., 2004) tarafından adlandırılmıştır. Kazdağ masifinin en altında bulunan birim amfibolli gnays ve mermer aralanmasından meydana gelmiştir. Formasyon Tozlu ve Sutuven formasyonu tarafından sarılmıştır. Formasyonda bulunan gnayslar içerisinde, yaklaşık kalınlıkları 5-150 m arasında değişen 6-7 seviyede mermer bantları yer almaktadır. Formasyon içerisindeki gnayslar ise siyahımsı yeşil, koyu yeşil renkli, orta ince taneli, iyi gelişmiş foliasyonlu, mikro kıvrımlı ve aralarında bulunan mermerlerle geçişlidir. Fındıklı formasyonu Oligo-Miyosen yaşlı granitik kayalar tarafından kesilerek, yükseltilmiş ve Kazdağ metamorfitleri üzerine itilmiştir. (Duru ve diğ., 2004)

Tozlu Formasyonu: Metaofiyolitik kayalar içeren formasyon ilk olarak Bingöl ve diğ., (1975) tarafından adlandırılmıştır. Kazdağ bölgesinin üst kesimlerinde gözlenen formasyon daha çok metadunit ve amfibolit içermektedir. Üst ve alt kesimlerinde amfibolitler sıklıkla bulunurken orta kesimlerinde metadunitler yer almaktadır. (Duru ve diğ., 2004)

Sarıkız Mermeri; Tozlu formasyonu metaofiyolitleri üzerinde ince paragnayslar şeklinde başlamaktadır. Paragnayslar yukarıya doğru kademeli olarak mermelerin içine 25 ve 100 metre arasında değişen kalınlıkta geçişlidir. Mermerler iri - orta taneli olup 3 – 5 santimetre kalınlığında silisli nodüller gözlenmektedir.

Sütüven formasyonu; Kazdağ metamorfitlelerinin en üst seviyesinde bulunan gnayslar Sütüven formasyonu olarak adlandırılmıştır (Duru ve diğ., 2004). Gri-koyu gri, kahverenkli, iyi foliasyonlu, bantlı yapıların yaygın olarak görüldüğü kuvarsofeldispatik gnayslardan oluşan formasyonun ana litolojisini oluşturan gnayslar içerisinde ince mermer bantları, amfibolit mercikleri ile granitik gnays ve migmatit düzeyleri bulunmaktadır. Gnayslar içerisinde kuvars, plajiyoklaz, alkali feldispat, epidot, klorit, zirkon minerelleri bulunmaktadır. Ayrıca gnayslar içerisinde, budin yapıları kataklastik yapılar gibi yapısal unsular gözlenmiştir. (Duru ve diğ., 2004)

3.1.1.2 Kalabak Birimi

Kalabak Metamorfik istifi olarak bilenen birim düşük dereceli metamorfizma geçirmiş kayalardan meydana gelmiştir ve ilk olarak Krushensky ve diğ., tarafından 1980'de adlandırılmıştır. Güneyde Edremit ve Havran'dan Kuzeyde ise Pazarköye uzanan Paleozoik yaşlı birimi Batı'da Tersiyer granitoidlerinden olan Eybek Granodiyoriti, Doğu'da ise Jura Öncesi granitoidlerinden olan Çamlık Granodiyoritini keser (Okay ve diğ., 1990).

Havran'ın kuzeyinde bulunan Kalabak köyünden kuzeye uzanan sırtlar boyunca, ince taneli, sarımsı gri, gümüş grisi, koyu gri fillat, orta taneli, sarımsı gri, bileşimsel bantlaşma gösteren kuvarsofeldispatik şist ve birkaç metre kalınlıkta ara seviyeler halinde görülen mermer ve yeşil renkli metabazitten oluşur. Edremit'in kuzeyinde ise kuvars, albit, muskovit ve biyotitten oluşan koyu gri, mavimsi gri, kahverengi, mikaca zengin fillatlar şeklinde gözlenmiştir. (Okay ve diğ., 1990).

Formasyon doğuda Geç Triyas öncesi Çamlık Granodiyoriti, batıda ise Oligosen-Miyosen yaşlı Eybek Granodiyoriti tarafından kesilmiştir. Edremit kuzeyinde ise Karakaya kompleksinin Hodul birimini oluşturan distal türbiditleri üzerinde spilit, şeyl ve Karakaya Kompleksine ait Çal birimi altında tektonik olarak yer almaktadır. (Okay ve diğ., 1990)

3.1.1.3 Jura Öncesi Granitoidler

Çamlık metagranodiyoriti ile birlikte Biga Yarımadasının güneydoğusunda Jura öncesi iki tane büyük granitoid bulunmaktadır. Yolindi Metagranodiyoriti ve Sarıoluk Granodiyoriti olarak adlandırılan bu birimler Çamlık Metagranodiyoritin'den farklı

olarak, Karakaya Kompleksi birimleri ile olan ilişkileri tektonik veya intruziftir. (Okay ve diğ., 1990)

Çamlık Metagranodiyoritleri Havran'dan kuzeydoğuya doğru 4-5 km eninde bir zon oluşturan birimin ismi bölgede bulunan Çamlık Köyü'nden gelmektedir. Birim kuvars, plajiyoklas ve kloritten oluşmaktadır, orta taneli, afiritik ve tektonik kökenli folasyon gösteren bir dokusu vardır. Çamlık Metagronodiyoriti'nin ikinci büyük mostrası Eybek Dağı'nın kuzeyinde gözlenmektedir. (Okay ve diğ., 1990).

Yolindi Metagronodiyoriti Biga'nın güneydoğusunda 30 km²'lik bir alan kaplamaktadır. Gnaysikbir doku gösteren granodiyorit deforme olmuş, orta taneli, yerel olarak apilit damarları ile kesilmiştir. İsmi Yolindi köyünden gelmektedir. Yolindi Metagranodiyoriti ve Kalabak Formasyonu, batıda Karakaya Kompleksi'nin Çal biriminden , doğuda ise yine aynı kompleksin Hodul biriminden dik eğimli, doğrultu atımlı faylar ile ayrılmıştır. (Okay ve diğ., 1990).

Sarıoluk Granodiyoriti, Yolindi Metagranodiyoriti'nin hemen güneydoğusunda yer almaktadır. Yolindi Metagranodiyorit'inden farklı olarak foliasyon göstermemektedir. İsmi granodiyorit üzerinde bulunan Sarıoluk köyünden almaktadır. Sarıoluk granodiyoriti'nin eş tane boyulu, homojen bir magmatik dokusu vardır. Doğuda üzerine Jura yaşta Bakırköy Formasyonu gelmektedir. Kuzeyde ise doğrultu atımlı bir fay tarafında Hodul biriminden ayrılmaktadır. (Okay ve diğ., 1990)

3.1.1.4 Karakaya Kompleksi

Biga Yarımadası'nda içerisinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı bloklarını kapsayan, hafif metamorfizma geçirmiş Erken triyas yaşlı çakıltası, feldispatlı kumtaşı, kuvarsit, siltaşı, sleyt, radyolarit, çamurtaşı, metaspilit, spilitik bazalt ve diyabaz karmaşığı Karakaya formasyonu olarak adlandırılmış ve tanımlanmıştır (Bingöl ve diğ., 1973). Bingöl ve diğ., (1975) Karakaya formasyonu'nun Pontidlerde geniş bir yayılım gösterdiğini belirtmiş ve kompleksin Biga Yarımadası'ndan Ankara'ya kadar uzandığını belirtmiştir. (Okay ve diğ., 1990).

Permo-Karbonifer döneme ait fosillerin bulunduğu kireçtaşı blokları içeren Karakaya Kompleksi spilitik bazalt diyabaz, gabro, çamurtaşı, çört ve radyolaritler ile daha seyrek olarak ve araldanmalı görülen feldispatik kumtaşı-kuvarsit-konglomera-silt taşından oluşmuştur (Beşir, 2003). Çok az derecede metamorfizma geçirmiş olan

kompleksin altında uyumsuzlukla üzerlediği Kazdağ Grubu Kayaçları, üzerinde ise uyumsuzlukla örtüldüğünde Jura-Kretase yaşı birimler bulunmaktadır (Okay ve diğ., 1990).

Karakaya Kompleksi dört farklı tektonostratigrafik birimden oluşmaktadır. Yaşlıdan gence doğru ; yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş metabazit, mermer ve fillatlardan oluşan Permo-Triyas yaşlı Nilüfer Birimi, bunu tektonik olarak üzerleyen klastik kayalardan oluşmuş Triyas yaşlı Hodul Birimi ve Orhanlar Grovak ve bazik volkanik kaya, grovak ve taneakıntularından oluşan Permo-Triyas yaşlı Çal birimi şeklindedir. (Akyüz ve diğ., 1998)

Nilüfer Birimi, Karakaya Kompleksinin en alt tektonik birimini oluşturmaktadır. Seyrek mermer ve fillat ardalımalı, kalın metabazik ismine Nilüfer birimi adı verilmiştir. (Okay ve diğ., 1990) Geniş yayılımı olan bu birim (Akyüz ve diğ., 1998) tarafından iki formasyon ayrılmıştır. Bunlar, Kiraz metamorfiti ve bunu metamorfizma öncesi uyumsuzlukla üzerlemiş olan Çataltepe mermeridir.

Nilüfer birimi'nin büyük bir kesimi yeşil, koyu yeşil, ince taneli, genellikle foalasyon gösteren, yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş metabazik kayaçlardan oluşmaktadır. (Okay ve diğ., 1990). Nilüfer biriminin yaşı hakkında herhangi bir paleontoloji veri bulunamamıştır fakat Kozak civarında metabaziklerle ardalanan karbonat ara seviyelerinde Orta Triyas konodontları saptanmış bununla birlikte kuzeybatı Anadolu'nun değişik kesimlerinde Nilüfer Biriminin Liyas yaşlı kırıntılarla uyumsuzlukla örtülenmesinden dolayı (Okay ve diğ., 1990) birimin yaşını Triyas, metamorfizma yaşını ise Geç Trisyas olarak kabul etmiştir. (Akyüz ve Okay 1998). Biga yarımadasından Doğu karadeniz bölgesine kadar Pontidler'in büyük bir kesimini kaplayan Sakarya zonunda oldukça yaygın bir dağılıma sahiptir. (Okay ve diğ., 1990).

Hodul birimi; Birim açık gri-sarımsı beyaz arkozik kumtaşı ve şeylden, Permiyen kireçtaşı ve az oranda split bloklu olistostronamlardan oluşur. Hodul birimi, doğusunda Nilüfer Birimi ile dik bir tektonik dokanakla yan yana gelmiş, kuzey ve güneyden Miyosen volkanik kayaçlarıyla örtülmektedir. (Akyüz ve Okay 1998).

Biga yarımadası'nda geniş alanlarda mostra veren Hodul Birimi Okay ve diğ., (1990) tarafından yapılan çalışmada litolojik ve stratigrafik farklılıklar gösterdiği dört alanda ayrı ayrı tasvir etmişlerdir. Bunlar; Biga yarımadası'nda Hodul Birimi'nin

böylece Karakaya Kompleksi'nin stratigrafik temelinin gözleendiği tek bölge olan Havran bölgesinin kuzeydoğusu, KKD-GGB yönelimli 70 km'yi aşkın uzunlukta, 5-6 km eninde bir kuşakta gözlenen İvrindi ile Manyas arasındaki bölge, Edremiti'in kuzeyi'nde dereceli tabakalanma, türbidit istif özellikleri gösteren ince tabakalı arkozik kumtaşı ve siyah şeylden oluşan istif ve arkozik kumtaşı ve ardalanmalı laminalı siyah şeylerden oluşan Yenice ile Biga arasındaki bölgelerdir. (Okay ve diğ., 1990)

Orhanlar Grovakı; İlk kez Brinkmann (1966) tarafından Orhanlar Şisti daha sonra Okay ve diğ., (1990) tarafından Orhanlar grovağı olarak adlandırılan biriminin büyük bir kesimim sarımsı yeşil, sarımsı kahverengi, kahverengi, çok parçalanmış ve çok tabakalanma gösteren , ayrıışmış grovaplardan oluşmaktadır (Okay ve diğ., 1990)

Çal Birimi; Karakaya formasyonu ile eşzamanlı olan birim (Gözler ve diğ., 1984) spilitik bazik volkanik ve piroklastik kayalardan, spilit ve Üst Permiyen kireçtaşı bloklu olistostromlardan, grovak, şeyl ve seyrek kalsitürbidit, radyolarlı çört ve pelajik şeylerden oluşmaktadır. (Okay ve diğ., 1990). Birimin tipik ve ayırtman özelliği, boyları birkaç cm'den birkaç km'ye kadar değışen ve bazik volkanik veya daha seyrek olarak klastik bir hamur içinde yer alan Üst Permiyen kireçtaşı çakıl ve olistolitleri kapsamasıdır (Okay ve diğ., 1990). Çal birimi üzerine uyumsuzlukla Jura yaşta Bakırköy formasyonu'nun taban konglemeraları gelmektedir. (Okay ve diğ., 1990)

3.1.2 Ezine Zonu

Ezine, Bozcaada ve Karabiga arasında yüzeyleyen Ezine Zonu, Sakarya Zon'undan tektonik olarak Çetmi melanji ile ayrılır. Ezine Zonu kıtasal kökenli olup kıtasal kökenli kayaçlar yüksek dereceli metamorfizma geçirmiş Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı 3 birimi ile temsil etmektedir (Okay ve diğ., 1990). Bunlar; Karadağ grubu, Çamlıca metamorfitleri ve Denizgören ofiyolitidir.

3.1.3 Çamlıca Metamorfitleri

Çamlıca Metamorfitleri, Ezine'nin kuzeyinde ve Karabiga'nın batısında geniş alanlarda yüzeyleyen metasedimanter kayaçlardan oluşmaktadır. İsmi Ezine'nin kuzeydoğusunda bulunan Çamlıca Köyü'nden gelmektedir. (Okay ve diğ., 1990)

Çamlıca Metamorfikleri yaygın bir Miyosen yaşlı volkanik örtü ile ayrılmış iki bölgede yüzeylenmesinden dolayı Okay ve diğ., (1990) tarafından Ezine Kuzeyindeki, Karabiga batısındaki Çamlıca Metamorfikleri şeklinde incelenmiştir.

Ezine kuzeyinde 300 km² aşkın bir alanda yüzeyleyen metamorfikler çok büyük bir kısmı gri, kahverengi, yeşilimsi kahverengi, mikaca zengin kuvarşistlerden oluşur. Karabiga batısında ise yaklaşık 200 km² alanda mostra veren metamorfiklerin büyük bir kesimi mikaca zengin, iyi foliasyon gösteren, gri, koyu gri, kırmızı, kahverengi kuvarş mikaşist ve fillatlardan oluşmaktadır. (Okay ve diğ., 1990)

3.1.3.1 Karadağ Birimi

Ezine ile Çanakkale arasında mostra vermektedir ve birimin ismi Ezine'nin kuzeyindeki Karadağ köyü'nden gelmektedir. Denizgören Ofiyoliti tarafından tektonik olarak üzerlenen Karadağ Birimi, yeşilşist fasiyesinde hafif bir metamorfizma geçirmiştir (Okay ve diğ., 1990).

İstifin en alt kesiminde gümüş grimsi, yeşilimsi kahverengi metaşeyl; beyaz metakuvarşit ve kalkşist yer almaktadır. Metaklastikler üsre doğru rekristalize kireçtaşı-metaşeyl ardalanması ile gri, siyah, masif rekristalize kireçtaşına geçmektedir. (Okay ve diğ., 1990)

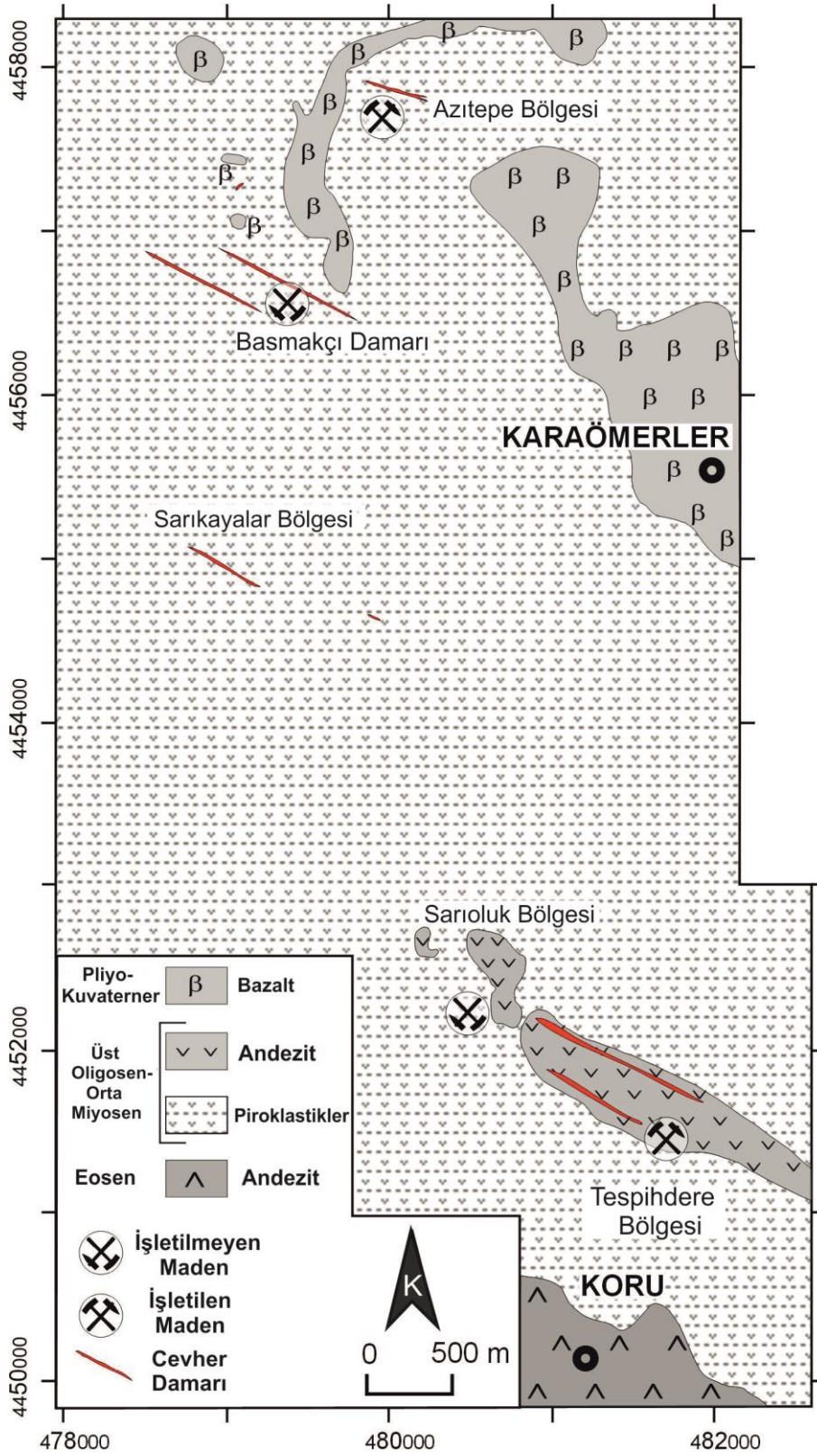
3.1.3.2 Denizgören Ofiyoliti

Karadağ Birimi'nin en üst kesimini oluşturan metaklastikler Denizgören Ofiyoliti tarafından tektonik olarak üzerlenmiştir. İsmi Denizgören Köyü'nden almaktadır. Denizgören ofiyoliti genel olarak serpantinleşmiş haarzurjit, bazalt ve küçük mostralar halinde gabrolardan oluşmaktadır. (Okay ve diğ., 1990)

Birim Karadağ grubu ile Çamlık metamorfikleri üzerinde KKD-GGB doğrultusunda 2-3 km genişlikte 25-30 km uzunlukta bir şerit halinde yüzeylenmektedir.

3.1.4 Ayvacık- Karabiga Zonu

Konum olarak Sakarya ve Ezine zonlarının arasında yer alan Ayvacık-Karabiga Zonu, Çetmi Ofiyolitik Melanjından oluşmaktadır.



Şekil 3.3 İnceleme alanı yerel jeoloji haritası

3.1.4.1 Çetmi Ofiyolitik Melanjı

İlk kez Okay ve diğerleri (1990) tarafından adlandırılmıştır. Melanj, Kazdağ Grubu metamorfitlelerinin batısında geniş alanlarda mostra vermektedir. Başlıca spilitleşmiş bazik volkanik ve piroklastik kayalar, Üst Triyas, Üst Jura-Alt Kratese ve Üst Kratese kireçtaşı blokları, şeyl ve grovaktak oluşur. Bu litolojiler melanjın %90'dan fazlasını oluşturmaktadır. (Okay ve diğ., 1990)

Serpantinit dilimleri ile bezenmiş, D-B ve KD-GB doğrultulu, dik eğimli iki fay Çetmi Ofiyolitik Melanjı'nın kuzeyde yer alan Çamlıca Metamorfitlelerinden ayırmaktadır. (Okay ve diğ., 1990). Yazar ayrıca bu fayların yaşını kesin olmamakla birlikte Geç Tersiyer yaşlı olduğunu belirtmiştir.

3.1.5 Tersiyer-Kuvaterner Birimler

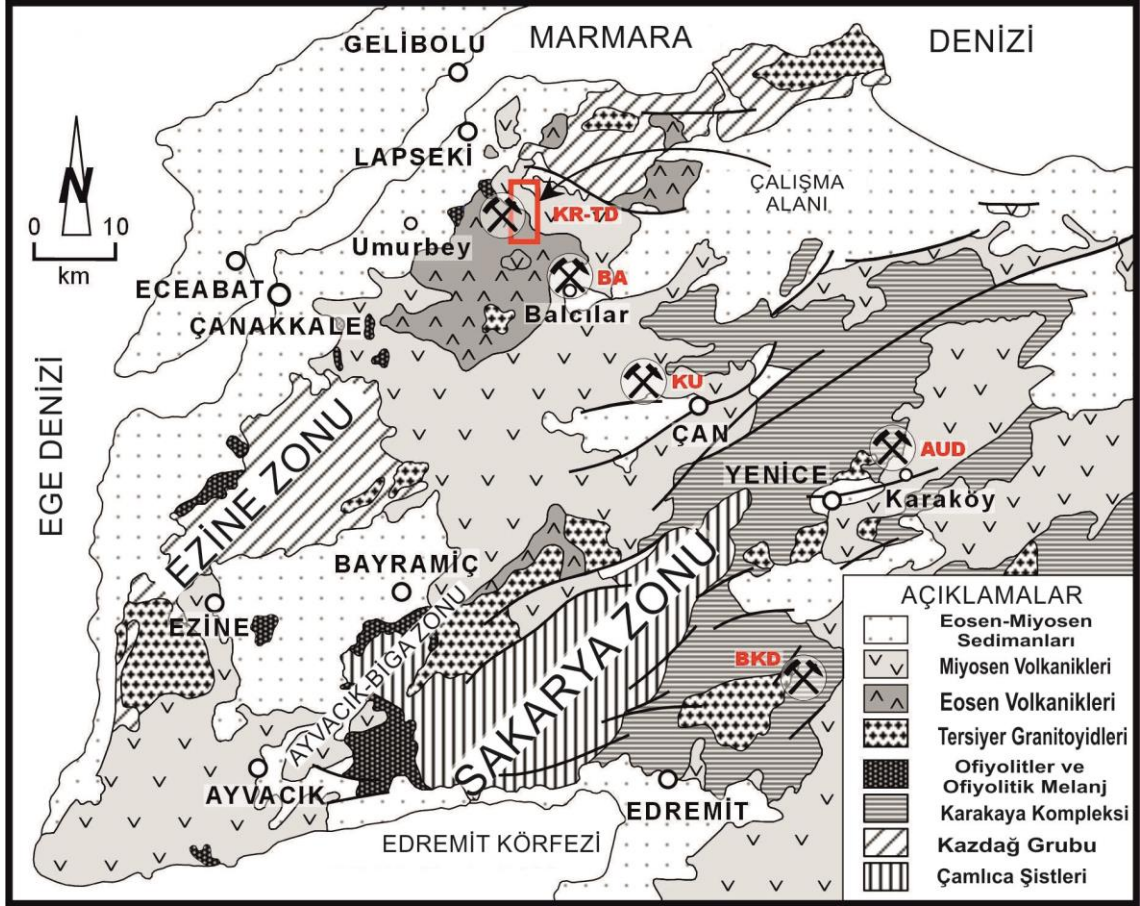
Biga Yarımadasının çok büyük bir kısmı bu birimlerden oluşmaktadır. Tersiyer-Kuvaterner birimlerinin en altında Üst Eosen yaşlı neritik kireçtaşları ve andezitik tuf içeren türbiditler yer almaktadır. Bu istif Ünal (1967) tarafından Ceylan Formasyonu olarak adlandırılmıştır. (Siyako ve diğ., 1989) Ceylan Formasyonu Soğukcak formasyonu üzerinde uyumlu bulunurken bu formasyon uyumsuz olarak Oligosen yaşlı volkanik kayalar tarafından üzerlenir.

Ceylan Formasyonu üzerine gelen Çan volkanitleri andezit, dasit ve riyodasit türde lav, tuf ve aglomeralardan oluşur. (Ercan 1979) Orta-Üst Oligosen'de bölgeye hakim olan karasal volkanizmanın sonucunda meydana gelmişlerdir (Ercan, 1979). Oligosen yaşlı bu volkanitlerde içerisinde hidrotermal alterasyon yoğun bir şekilde gözlenmektedir.

Bigadiç Formasyonu ise bu volkanitleri üzerine uyumsuzluklarla gelmektedir. Topografyanın az eğimli olduğu kesimlerde gözlenmekle birlikte bu karasal istif andezit, tuf, aglomera ve kömürden oluşmuştur.

Pliyo-Kuvaterner dönemde ise Biga yarımadası'nda kumtaşı ve şeylden oluşan fluviyal sedimanlar ile gölsel karbonatlar çökelmiştir. (Siyako ve diğ., 1989) Bayramiç Formasyonu olarak adlandırılan fluviyal birimin en iyi görüldüğü yerler Bayramiç çayını kuzeyidir. Formasyon genellikle daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuzdur

Bayramiç Formasyonu ile yanal geçişli olan 40-50 metre kalınlıktaki gösel karbonatlar Biga Yarımadası'nın en batı kısımlarında gözlenmektedir. Pliyo-Kuvaterner yaşta, Taştepe Bazaltı olarak adlandırılan az yayımlı bazaltik lavlar genç fay zonları boyunca yükselmiştir.



Şekil 3.4 Basitleştirilmiş Biga Yarımadası jeoloji haritası (KR-TD = Koru-Tespirdere yatağı, (BA = Balcılar yatağı, KU = Kumarlar yatağı, AUD = Arapuçandere maden yatağı.)

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	Ercan ve diğ. (1973)	Akyürek ve Soysal ve diğ. (1980)	Okay (1987)	Ercan ve diğ. (1987)	Bozkaya (2001)	Dönmez ve diğ. (2005)		
SENOZOYİK	Kuvaterner	Holosen	Alüvyon	Alüvyon	Alüvyon		Alüvyon	Alüvyon		
		Pleyistosen	Bazalt	Olivin Bazalt	Taştepe Bazaltı Gülpinar Formasyonu		Karaömerler Bazaltı	Alüvyon		
	Neojen	Pliyosen	Killi kireçtaşı, Konglomera Kumtaşı, Küllütaşı, Mann ardaşığı, Aglomera, Dasit, Rhyolit, Andezit-Tüf	Aglomera Dasit Silisik Tüf	Bayramiç Formasyonu Ergene Formasyonu			Bayramiç Formasyonu		
		Miyosen			Alçitepe Form. Kirazlı Form. Sazlıdere Form. Ezine Volkaniti Hisarlıdağ Volkaniti Kirazlı Volkaniti Çan Volkaniti				Ezine Bazaltı Hüseyinfakı Volkaniti Behram Volkaniti Kirazlı Volkaniti Adadağı Piroklastikleri	Dededağı Dasiti
	Paleojen	Oligosen			Yeniuhacı G. Keşan Grubu Volkaniti Ceylan Form. Soğucak Form. Koyunbaba Form.	Balıklıçeşme Volkaniti		Akçaalan Andeziti	Hallaçlar, Bağkurun, Sarayık, Yerliköy, Altıhisar Formasyonu	
		Eosen	Konglomera, Kumtaşı, Silttaşı, Mann, Küllütaşı, Killi Kireçtaşı, Andezit, Aglomera Karmaşığı	Kumtaşı Konglomera Andezit Tüf	Akçaalan Volkaniti Fiğı Tepe Formasyonu Karaağaç Formasyonu				Akçaalan Andeziti	Erdiğ Volkaniti Beybaşı Formasyonu Soğucak F. Şahinli F.
		Paleosen	Andezit							
	MESOZOYİK	Kretase		Alancık Formasyonu		Manyas Melanjı (Ofiyolitik Kireçtaşı) Vezirhan Formasyonu				
			Jura	Terzialan Kumtaşı		Bilecik Kireçtaşı Bakırköy Formasyonu				
		Triyas		Hasanlar Formasyonu	Hasanlar Formasyonu Granit	Granit				
			Çınarcık Kireçtaşı	Çınarcık Kireçtaşı	Karakaya Formasyonu Yöllüğü Formasyonu Çal Formasyonu Karaaşıklık Form. Sazak M.					
			Karakaya Formasyonu	Karakaya Formasyonu	Amuduluk Form. Kireçtaşı Silti Toroşan Form. Sazak M.					

Şekil 3.5 İnceleme alanı karşılaştırmalı kolon kesiti (Bingöl ve diğ. (1973), Akyürek ve Soysal ve diğ. (1980), Okay (1987), Ercan ve diğ.(1979), Bozkaya (2001), Dönmez ve diğ. 2005)

3.2 Yerel Jeoloji

İnceleme alanında yüzeyleyen birimler Bozkaya ve Gökçe 2001 tarafından Eosen yaşlı Akçaalan andeziti, Oligosen yaşlı Adadağı piroklastikleri, Miyosen yaşlı Dededağı dasiti, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Karaömerler bazaltı, ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar şeklinde beşe ayrılmıştır. (Şekil 3.3)

Akçaalan Andeziti; Birim, inceleme alanının batı kesiminde Akçaalan ve Hacıgelen köyleri arasında, güney kesiminde ise Hacıgelen ve Kuru köyleri arasında

oldukça geniş bir alanda yüzeylemektedir ve alanının en alt birimini oluşturmaktadır. Bu birim andezit, bazaltik andezit, bazı kısımlarında riyodasit ve dasit kayaçları. Volkanikler, incelenen çoğu örnekte tamamen arjillik ve serizitik alterasyona uğradığı gözlenmiştir. Alterasyon hidrotermal çözeltilerle ilişkilidir ve boşluk alanlarda silisler ve kloritler bulunabilmektedir. İnceleme alanı içerisinde yer alan andezitler tipik olarak Akçaalan Köyü göz önüne alınarak 'Akçaalan andeziti' olarak adlandırılmıştır. (Bozkaya ve Gökçe 2001). Önceki çalışmalarda (Ercan ve diğ. 1995) birimin yaşı Alt Eosen olarak belirlemiştir. Siyako ve diğ. (1989) birimi Akçaalan Volkanitleri olarak tanımlamış ve volkanizmanın Paleosen de başladığını ileri sürmüştür. Önal ve Yılmaz (1983) volkanitlerin yaşlarını Üst Eosen olarak belirtmiştir. Önal (1986) 'Gelibolu Volkanitleri' olarak adlandırdığı Üst Eosen yaşlı volkanik kayaçların andezit ve dasit türde olduklarını belirlemiştir. Ercan vd (1995) 'Balıklıçeşme Volkanitleri' olarak adlandırdıkları birimde radyometrik yaş tayini yapmış ve yaşını Üst Eosen olarak belirtmiştir Kireçtaşı arakatmanlarında bulunan gastropodlar ve algler (*Gypsina* sp., *Assilina* sp., *Rotalidae*,) bize bu birimin Orta Eosen yaşlı olduğunu göstermektedir. (Bozkaya 2009). Birim, aglomera, lapilli ve lav arakatlı tuf içeren Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı, Adadağı piroklastiklerinin altında uyumsuz olarak bulunmaktadır.

Adadağı piroklastikleri; İnceleme alanında en geniş yayılıma sahip birimdir. Kuzeyde Damlalı köyü, güneyde Adadağı ve Asmalı Köyü, doğuda ise Örencik Tepe alanlarında yüzeyleyen bu birim inceleme alanı içerisinde yer alan piroklastikler tipik olarak gözlemlenmiş Adadağı göz önüne alınarak bu çalışmada, 'Adadağı piroklastikleri' olarak adlandırılmıştır (Bozkaya ve Gökçe 2001). Adadağı piroklastikleri Akçaalan andeziti üzerinde uyumsuz olarak yer almakta, Dededağ dasitine ait lavlar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Aglomera, trakitik, trakiandezitik, dasitik, riyolitik ve riyodasitik bileşimli tuf, andezitik ve dasitik lavlar içermektedir. Tüfler beyaz, sarı, bordo ve koyu griden koyu yeşile kadar değişen renklerde gözlenmektedir. Pb - Zn cevherleşmelerinin bulunduğu kesimlerde tüflerde silisleşme ve kaolinleşme türü alterasyonlar yaygındır. Adadağı Piroklastikleri inceleme alanı dışında değişik yerlerde yapılmış çalışmalarda; ilk olarak Krushensky (1976) tarafından. Hallaçlar formasyonu olarak tanımlanmış ve Oligosen yaşı verilmiştir. Dayal (1984) Yenice dolaylarındaki andezitik lavlarda yaptığı radyometrik yaş ölçümlerinde Üst Oligosen Volkanizmasının varlığını ortaya çıkarmıştır.

Dededağı dasiti; Birim dasitik bileşimin yanı sıra ender olarak riyodasit bileşimli lavlar da bulunmaktadır. Adadağı piroklastikleri üzerinde örtü şeklinde gözlenmekte ve Pliyo - Kuvaterner yaşlı Karaömerler bazaltı tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Biga yarımadasında Alt - Orta Miyosen volkanizması Siyako ve diğ. (1989) tarafından 'Ezine volkanitleri' olarak adlandırılmış, ancak yaşlarının Orta - Üst Miyosen olduğu öne sürülmüştür fakat yapılan tüm radyometrik yaş tayinlerinde 21.5 ile 16.8 milyon yıl arasında (Borsi ve diğ., 1972) Alt - Orta Miyosen yaşını vermektedir. (Bozkaya ve Gökçe 2001).

Karaömerler Bazaltı; Birim inceleme alanının kuzeydoğusunda Karaömerler köyü çevresinde ve batıda Eskikışla köyü çevresinde yüzeylemektedir ve inceleme alanında bulunan bazaltlar tipik olarak gözlendikleri Karaömerler Köyü göz önüne alınarak Bozkaya ve Gökçe (2001) tarafından Karaömerler Bazaltı olarak adlandırılmıştır. Birim Adadağı piroklastiklerini kesmekte ve uyumsuz bir şekilde yaşlı birimleri çevrelemektedir. Hipo-Hyalin dokulu bazaltik lavlar içermektedir. Lav içerisinde, plajiyoklaz ve piroksen (ojit ve egirin ojit) fenokristalleri yaygın bir biçimde gözlenmektedirler. Borsi ve diğ. (1972) tarafından yapılan radyometrik yaş belirlemesiyle 9.7 milyon yıllık bir değer (Üst Miyosen) ,Bingöl ve diğ. (1973), bu bazaltların Kuvaterner,. Borsi ve diğ., (1972) tarafından yapılan radyometrik yaş belirlemesiyle 9.7 milyon yıllık bir değer (Üst Miyosen) , Bingöl ve diğ. (1973) ise bu bazaltların Kuvaterner yaşta olduklarını öne sürmüşlerdir. Siyako ve diğ. (1989) ile Ertürk ve diğ. (1990) gibi bazı araştırmacılar, bu birimleri 'Taştepe Bazaltı' olarak adlandırmış ve Pliyo - Kuvaterner yaşlı olabileceklerini belirtmişlerdir. Yanagiya ve Sato (1989) birimi 'Balaban Bazaltı' olarak adlandırmış ve yaşının ise Holosen olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ercan ve diğ. (1995) tarafından 'Ezine Bazaltı' olarak adlandırılan birimde yapılan radyometrik yaş ölçümleri birimin yaşını Üst Miyosen olarak vermiştir. Bozkaya ve Gökçe (2001) yaptıkları çalışmalarda birim yaşını Pliyo-Kuvaterner olarak belirlemiş ve bunun nedenini Akçaalan andeziti ve Adadağ piroklastiklerini uyumsuz olarak örtmesi ve Dededağ volkanizmasından daha genç bir volkanizmayı temsil etmesi şeklinde açıklamışlardır.

3.3 Yapısal Jeoloji ve Tektonizma

İnceleme alanı Ketin (1966) tarafından tanımlanmış olan Anatolitler Tektonik Birliği, Okay ve diğ. (1990) tarafından ayırtılan Ezine ve Sakarya zonu arasında bulunmaktadır. Ana kırık hatlarının ise bölgenin uydu fotoğraflarından elde edinilen bilgiye göre DKD – BGB doğrultulu olduğu belirlenmiştir.

İnceleme alanındaki birimler farklı volkanik evreleri temsil etmektedirler. Bunun sonucu olarak birimler uyumsuz ilişki sunmaktadırlar. Eosen dönemindeki volkanizmayı temsil eden Akçaalan andeziti üzerinde, Oligosen ve miyosen dönemindeki volkanizmayı temsil eden Adadağı piroklastikleri uyumsuz biçimde yer almaktadır. Dededağı dasiti, Adadağı dasitine ait volkanizmanın daha sonraki bir evresini temsil etmekte ve uyumsuz bir sınır ilişkisi sergilemektedir. En genç volkanik evre birimi olan Karaömerler bazaltı ise daha yaşlı birimlerle uyumsuz bir sınır ilişkisine sahiptir.

3.4 Jeolojik Evrim

İnceleme alanı Sakarya Zonu'nun en batısında yer almaktadır. Alanı tümüyle Eosen-Pliyosen dönemine ait volkanik – volkanosedimanter kayalar yüzeylemektedir. Bölgenin en yaşlı birimi olan Akçaalan andeziti'nin çökeldiği Eosen döneminde bölgede etkin olan önemli bir transgresyon meydana geldiği daha önceki araştırmacılarca belirtilmiştir (Siyako vd., 1989). Eosen döneminde bazaltik andezitik bileşimli lavlar ve piroklastik kayalar ile kireçtaşları mercekleri oluşmuştur. Oligosen döneminde Akçaalan andezitine ait epiklastik bileşenleri de içeren, lav ara katkılı Adadağı piroklastikleri adı verilen piroklastik kayalar çökelmiştir. Piroklastiklerin belirgin bir tabakalanma sunması denizel bir ortamda çökeldiğini işaret etmektedir. Miyosen döneminde lav ürünlü volkanizma gerçekleşmiş ve Dededağı dasiti olarak adlandırılan dasit ve riyodasit bileşimli volkanik kayalar oluşmuştur. Pliyo-Kuvaterner dönemde Karaömerler Bazaltına ait, bazaltik lav ve aglomeralar meydana gelmiştir.

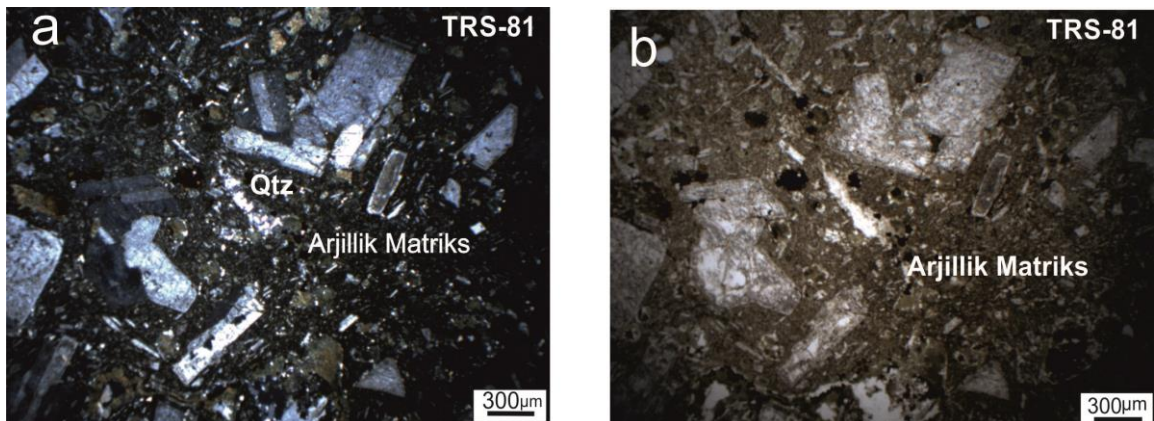
3.5 Petrografi

İnceleme alanı ve çevre kayalardan alınan örneklerden hazırlanan ince kesitler, polarizan mikroskop yöntemiyle incelenmiştir. Tespihdere, Azıtepe ve Basmakçı sahalarının tümü petrografik olarak tanımlanmaya çalışılmış bu kapsamda mineral bileşimi, hamur içeriği, dokusu varsa alterasyonları saptanmış ve Streckeisen (1976) 'ya göre kayalar adlandırılmıştır.

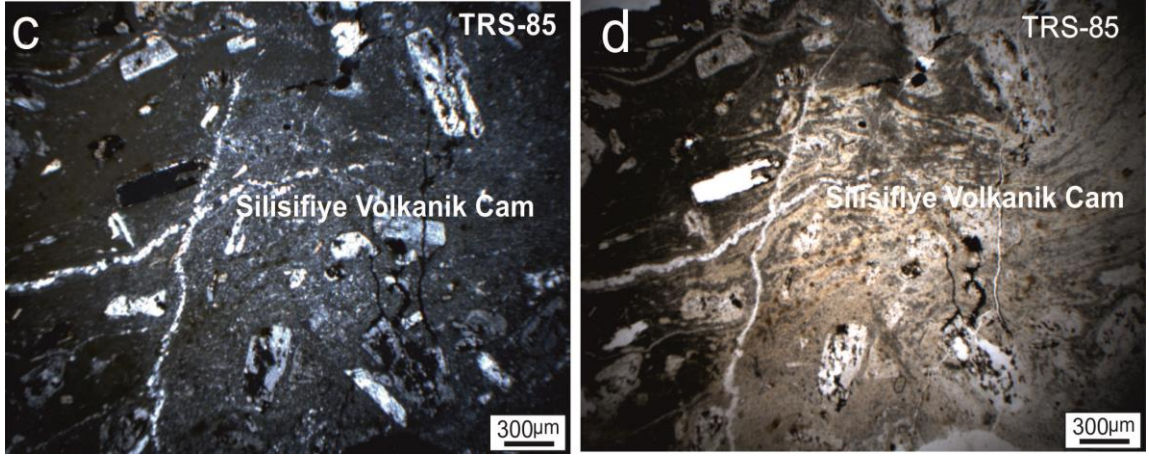
İnceleme alanında gözlenen andezitik kayalar genellikle hipohyalin ve hipokristalin porfirik dokuludur ve az miktarda plajiyoklaz , opasitik, biyotit , volkanik cam ile birlikte bulunan hornblend fenokristalleri ve plajiyoklaz mikrolit içeren matriks'den oluşmaktadır. (Şekil 3.6 a-b).

Porfiri piroklastik kayalar, volkanik cam ve pomza, volkanojenik klastikler ise plajiyoklaz, sanidin, kuvars, biyotit ve volkanik kayaç parçaları içermektedirler. (Şekil 3.6 c-f). Schmid, (1981) sınıflamasına göre piroklastik kayalar camsı, kristal ve litik tüf şeklinde sınıflandırılmıştır

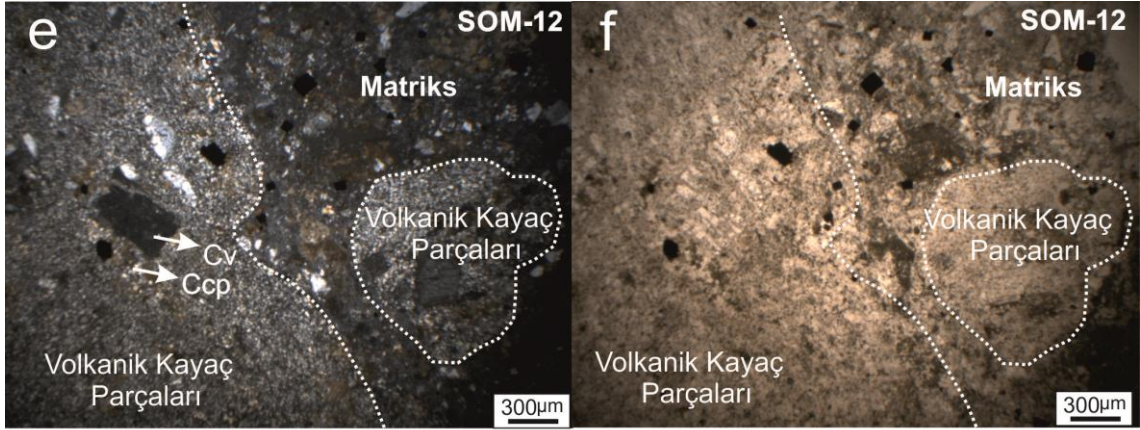
İnceleme alanında gözlenen dasitik kayaların hipohyalin porfirik dokulu olduğu, silileşmiş ve killeşmiş bir hamur içerisinde fenokristal olarak serisitleşmiş, killeşmiş ve karbonatlaşmış plajiyoklaz, hornblend, opaklaşmış biyotit, sanidin ve kuvars içerdiği gözlenmiştir.



Şekil 3.6 (a-b): Altere andezit örneğinde killeşmiş volkanik matriks içerisinde plajiyoklaz, opaklaşmış amfibol ve biyotit fenokristalleri ile çatlak dolgusu kuvars oluşumları (TRS-81,ince kesit, a- çift nikol, b- tek nikol)



Şekil 3.6 (c-d): Camsı kül tuf örneğinde silisleşmiş volkan camı ve pomza-benzeri gözenekli görünümlü volkanik akma dokusu (TRS-85,ince kesit, c- çift nikol, d- tek nikol)



Şekil 3.6 (e-f): Kayaç parçacıklı (litik) kül tuf örneğinde altere volkanik matriks içerisinde farklı boyutlarda volkanik kayaç parçacıkları (SOM-85, ince kesit, e- çift nikol, f- tek nikol).

4. MADEN JEOLJİSİ

4.1 Yatakların dağılımı ve isimlendirilmesi

İnceleme alanında bulunan Cu-Pb-Zn-Ag-Au cevherleşmeleri beş ayrı lokasyonda bulunmakta olup, bunlar kuzeyden güneye doğru; Azitepe, Basmakçı Sarıkayalar, Sarioluk ve Tespihdere mevkilerinde bulunmaktadır. Yatakların ve cevherleşmelerin isimlendirilmesinde yörede kullanılan isimler aynen kullanılmış olup, dağılımları şu şekildedir:

- i. Azitepe cevherleşmesi:
- ii. Basmakci cevherleşmesi:
- iii. Sarikayalar cevherleşmesi:
- iv. Sarioluk cevherleşmesi:
- v. Tesbihdere yatağı:

4.2 Yataklanma Şekli ve Yapısal Özellikleri

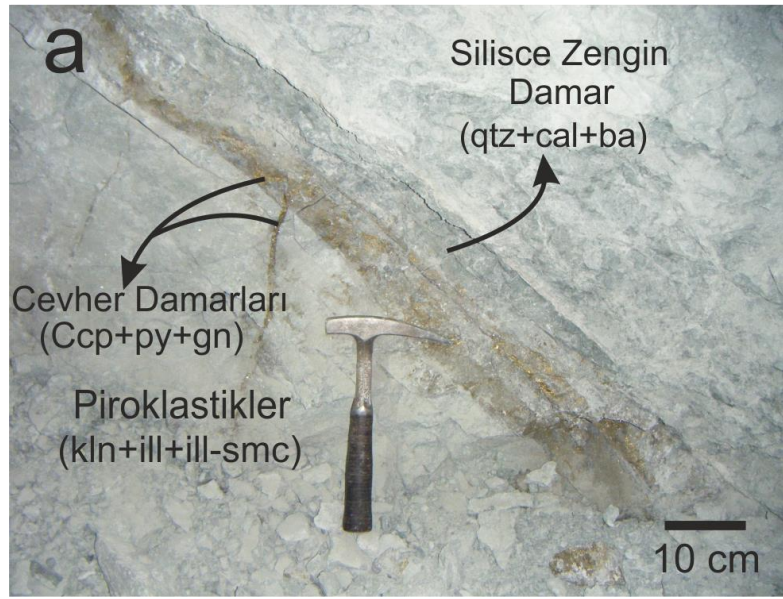
İnceleme alanı içerisinde hem işletilebilme hem de ocak içinde çalışılabilme açısından Tesbihdere yatağı dışındaki cevherleşmelerde ayrıntılı inceleme yapılamamıştır. Bölgedeki sahalar Okyanus Mineral Madencilik Ltd.Şti. tarafından işletilmektedir.

Tespihdere yöresindeki cevherleşmeler Eosen yaşlı Akçaalan andezitleri içerisinde gözlenirken; Azitepe, Sarıkayalar, Basmakçı ve Sarioluk sektörlerinde cevher damarları Oligosen yaşlı riyolitik ve dasitik lav ara katkılı, riyolit, dasitik ve trakiandesitik piroklastlardan oluşan Adadagi piroklastları içerisinde bulunmaktadır. (Şekil 3.3)

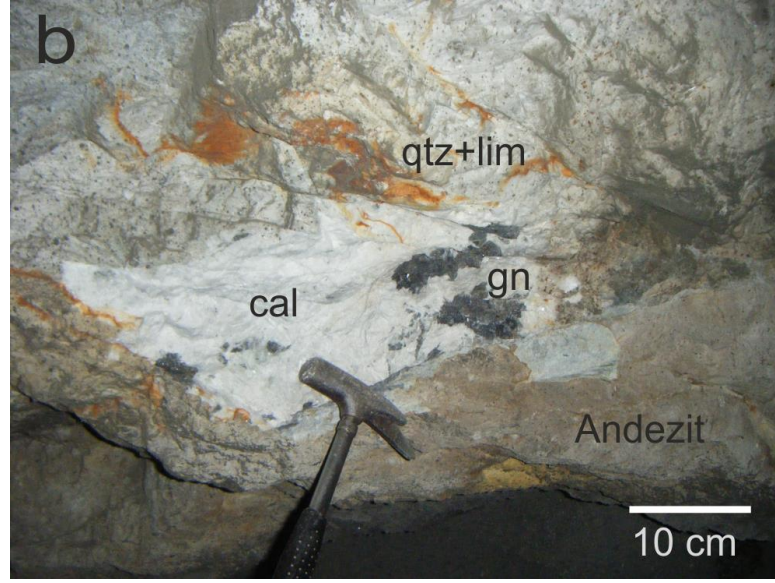
Tespihdere yatağı yeraltı işletme yöntemiyle 335 m kotundan açılan bir galeri ile işletilmektedir. Saha çalışmaları sırasında galeri içinden cevherleşmenin ve yan kayacın mineralojik bileşimini belirleyebilmek için çok sayıda örnek alınmıştır.

Tesbihdere yatağında iki farklı tip cevherleşme gözlenmektedir. (Şekil 4.1 a) Bunlardan birincisi yüzeye yakın kesimlerdeki stockwork tipi (ağsı) cevherleşmelerdir.

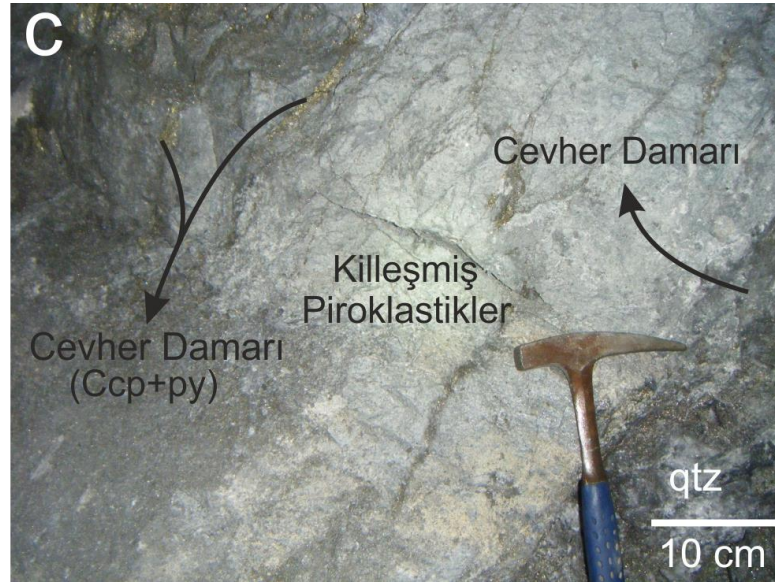
Bu cevherleşmeler aglomeratik kayaç parçaları ve piroklastik breşler arasındaki boşluklarda ince damarlar şeklindedir. Bu cevherleşmeden alınan el örneklerinde galenit ve sfalerit gibi cevher mineralleri ile kuvars gözlenmektedir.(Şekil 4.1 b) İkinci tip cevherleşmeler Adadağı piroklastikleri içinde, BKB-DGD doğrultulu kırık hatlarını dolduracak şekilde gelişmiş damar tipi oluşumlar şeklindedir. Damarın doğrultu ve eğim değerleri ile kalınlıkları sık sık değişmektedir. Cevher damarının kalınlığı 10 cm ile 150 cm arasında değişmektedir. Makroskopik olarak galenit ve kalkoprit ile kuvars, kalsit ve barit görülmektedir. (Şekil 4.1 c-d-e)



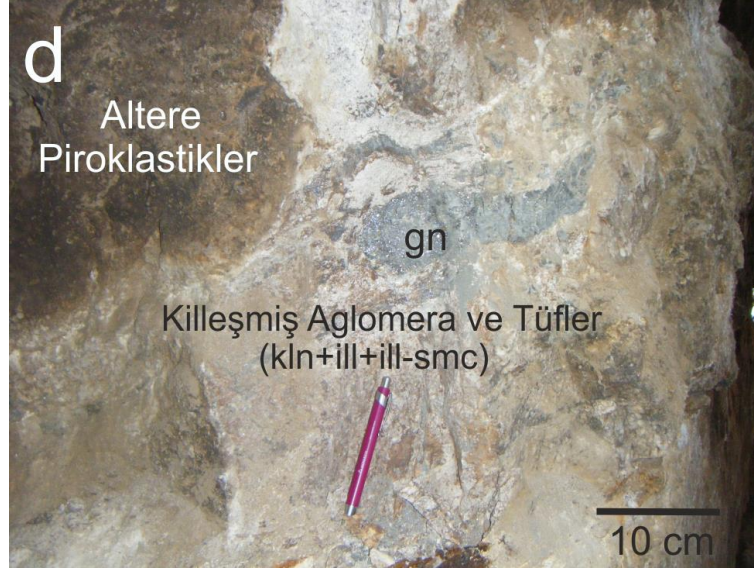
Şekil 4.1 (a) : Altere piroklastik kayalarda gözlenen, kalkopiritçe zengin kuvars içeren cevher damarı. (Tespirdere galeri) (Ccp: kalkopirit, py: pirit, gn: galenit, qtz: kuvars, cal: kalsit, ba: barit, kln: kaolinit, ill: illit, smc: smektit)



Şekil 4.1 (b) : Galenit, kalsit, kuvars ve limonit içeren andezit yan kayaçlı cevherleşme. (Basmakçı sahası) (qtz: kuvars, lim: limonit, gn: galenit, cal:kalsit)



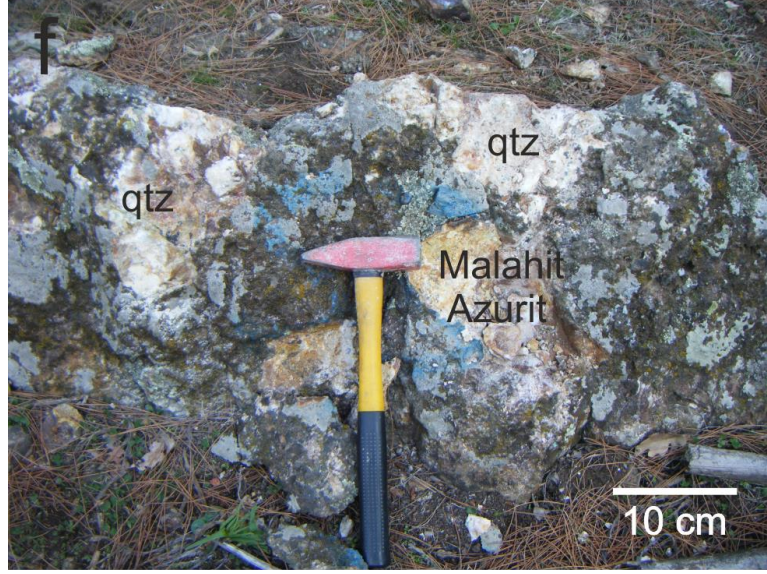
Şekil 4.1 (c): Kalkopiritli cevher damarları ile kesilmiş , silisce zengin altere piroklastik kayaç. (Tespirdere galeri) (Ccp: kalkopirit, py: pirit, qtz: kuvars)



Şekil 4.1 (d) : Lapilli kayaç ve altere aglomera blokları arasındaki boşluklarda gözlenen galenit mineralleri. (Sarıoluk sahası)



Şekil 4.1 (e) : Altere andezit ve piroklastik kayaçların dokanakları boyunca oluşmuş galenitler. (Azitepe sahası) (kln: kaolinit, ill: illit, smc: smektit)



Şekil 4.1 (f) ; Oksidasyon zonunda oluşmuş azurit, malahit ve silisce zengin oluşumlar (Azıtepe Sahası) (qtz: kuvars)

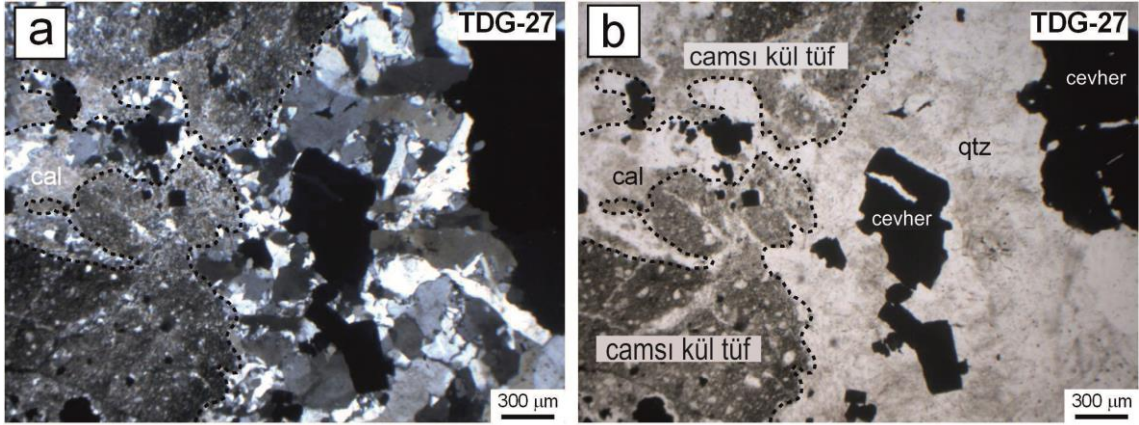
4.3 Cevher Petrografisi

Saha incelemeleri sırasında farklı sahalardaki cevher damarlarından, yüzeyden ve Tesbihdere'deki galerilerden, cevher damarlarını temsil edecek şekilde örnekler alınmıştır. Örneklerden hazırlanmış incekesit ve parlatmalar alttan ve üstten aydınlatmalı mikroskop yöntemleri ile incelenerek parajenez ve süksesyon belirlenmeye çalışılmıştır.

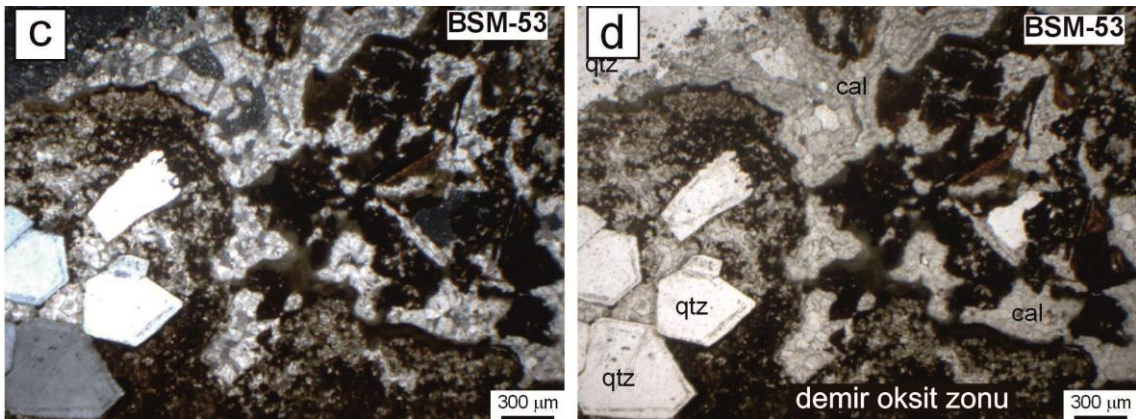
Tespihdere bölgesindeki cevherleşmeler, yoğun bir şekilde altere olmuş piroklastik kayaların kırık ve çatlaklarında gözlenmiştir. (Şekil 4.2 a,b) Cevherleşme kuvars ve diğer gang minerallerinin oluşumu ile eş zamanlıdır (Şekil 4.2 c,d). Azıtepe bölgesinde prizmatik barit kristalleri ve kuvars, gang mineralleri şeklinde gözlenmektedir. Basmakçı bölgesinden elde edilen cevher örneklerinde iki tip kalsit minerali saptanmıştır. Birincisi koyu renkli yüksek optik engebeli, ikincisi ise düşük optik engebeli ve açık renkli olup, renk farklılığı demir içeriği ile ilişkilidir. Sülfür yatakları ile ilişkili özşekilli kuvars kristalleri, kalsitten ve diğer bölgelerdeki ikincil kuvars oluşumlarından sonra oluştuğu düşünülmektedir. Sülfür damarları, öncelikli olarak kalkopirit, galenit, pirit ve sfalerit (Şekil 4.2 e,f) ve daha az oranda tetraetrit, kalkosin, kovellin, götit, dijenit ve serusitten oluşmaktadır.

Parajenez çalışmalarında gözlenen özellikler; pirit birinci fazda ve değişken boyutlu yarı özşekilli kristaller ile özşekilli kübik kristaller gibi baskın mineraller arasında en erken oluşan mineraldir. Erken evre piritlerin sonraki evrelerde çoğunlukla deforme olduğu gözlenmiştir. Piritten sonra en fazla bulunan mineral kalkopirittir. Kalkopiritin çatlaklarında tetraetrit ve tenorit minerallerin bulunmaktadır. Yaygın bir biçimde götütin kalkopiriti replase ettiği gözlenmiştir. Kalkopiritlerin kristal sınırları ve çatlaklarında ikincil olarak kalkosin ile kovellin mineralleri gözlenmiştir. (Şekil 4.2 g).

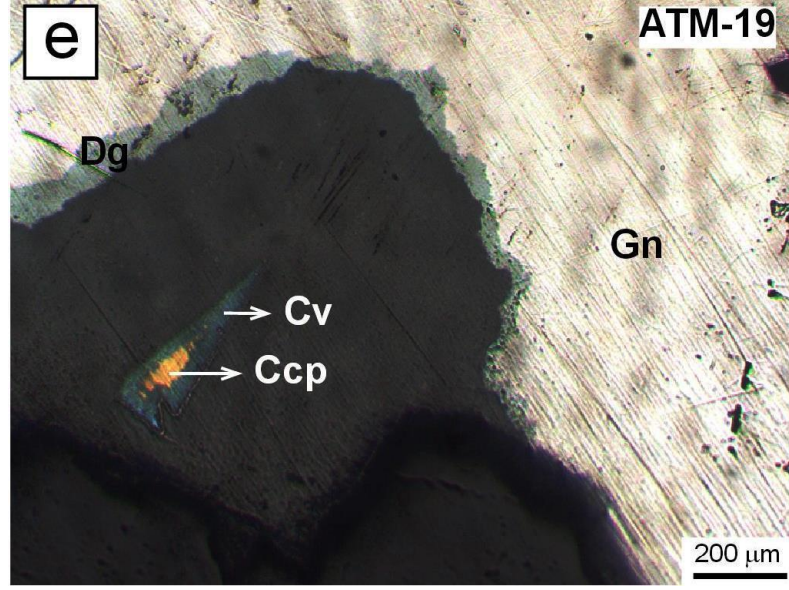
Kalkopirit genellikle sfaleritle birlikte ve kalkopirit kusmaları şeklinde gözlenmektedir. Galenitler hem kalkopirit hem de sfalerit ile birlikte bulunmakta ve yüzeysel koşulların etkisiyle kenar ve kırıklarından itibaren serusit ve anglesite dönüşmüş olarak gözlenmektedir.



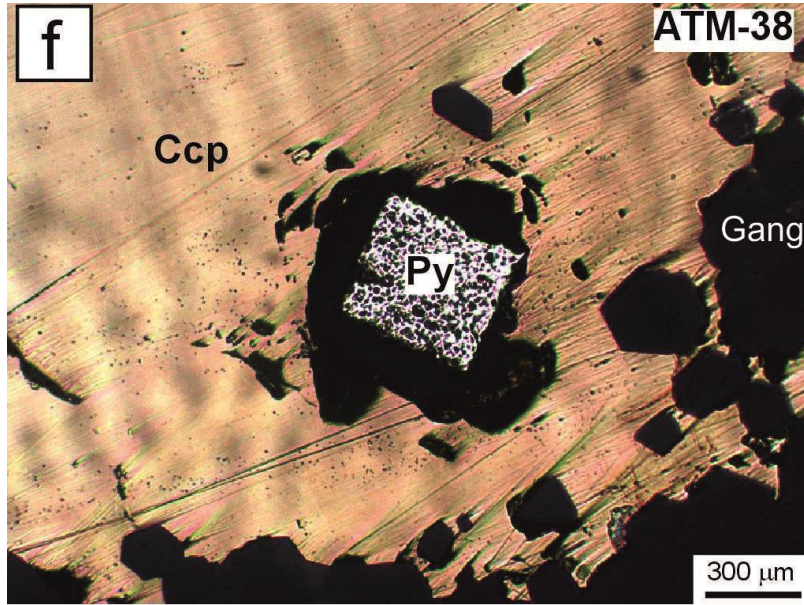
Şekil 4.2 (a-b): Camsı kül tuf'ün kırıklarında oluşmuş kuvarslar ve opak mineraller, (İnce kesit TN) (Azitepe Sahası)



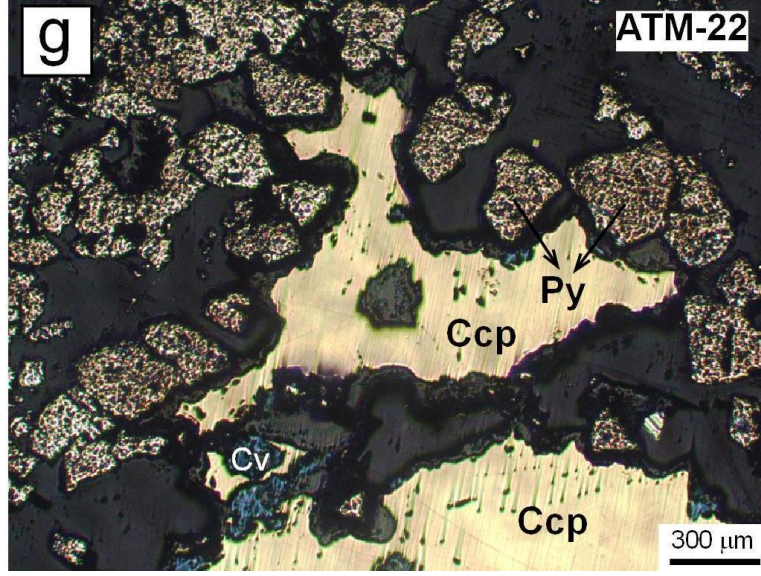
Şekil 4.3 (c-d): Özşekilli kuvars kristalinin, demir oksitli piroklastik kayaçta bulunan kalsitten sonra gelişimi. (İnce kesit, TN) (Basmakçı Sahası)



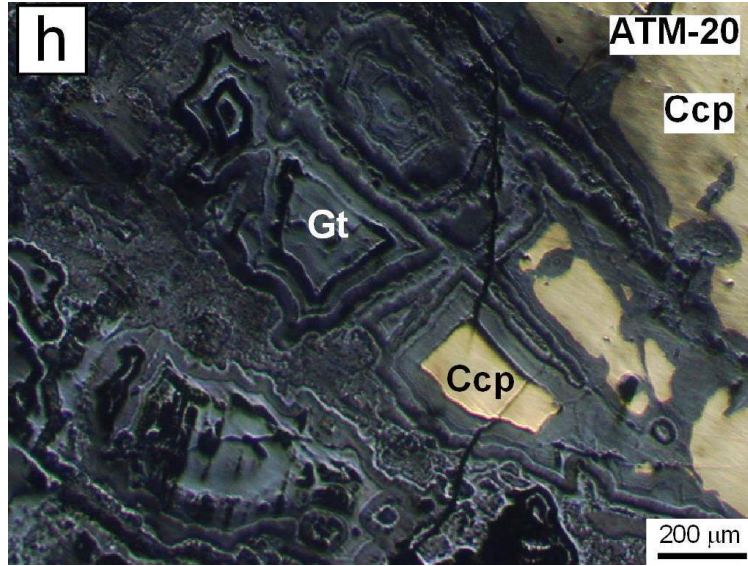
Şekil 4.2 (e): Galenitin dijenit tarafından onartılması şeklinde gelişmiş yüzeysel alterasyon. (Cpy: Kalkopirit, Ga: Galenit, Dg: Dijenit, Cv: Kovellin) (Parlatma, TN)



Şekil 4.2 (f): Kalkopirit tarafından kuşatılmış özşekilli pirit kristali (Parlatma, TN) (Py: Pirit, Ccp: Kalkopirit)



Şekil 4.2 (g): Kalkopiritler tarafından çevrelenmiş kataklastik piritler. (Parlatma, TN) (Ccp: Kalkopirit, Py: Pirit)



Şekil 4.2 (h): Limonitleşmiş kalkopiritler (Gt : Götit, Ccp: Kalkopirit) (Parlatma TN)

Tablo 4.1 Tespihdere bölgesi cevher ve kuvars örneklerinde yapılan parajenez çalışmaları

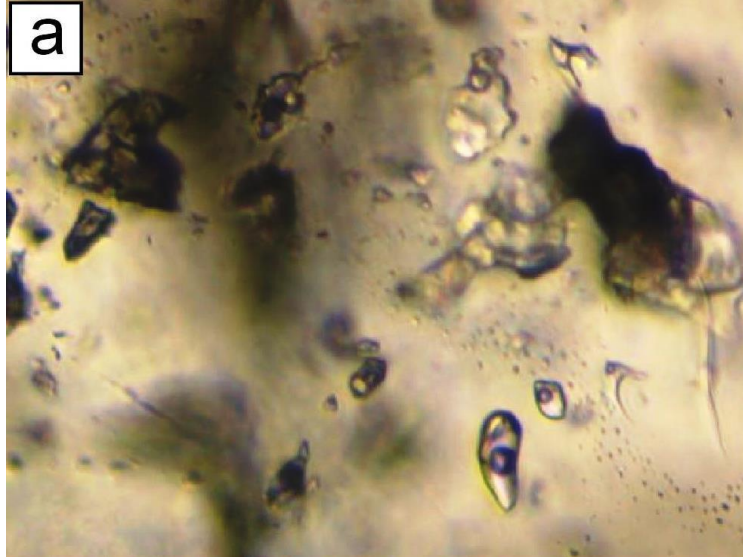
Mineral	Hidrotermal			Süperjen
	1. Evre	2. Evre	3. Evre	
Barit			—————	
Pirit	—————	—————		
Galenit		—————	—————	
Sfalerit		—————	—————	
Kalkopirit		—————	—————	
Tetrahedrit-Tenantit			—————	
Kuars		—————	—————	—————
Kalsit	—————			
Dijenit				—————
Kovellin				—————
Kalkosin				—————
Serüzit				—————

5. SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ

5.1 Kapanımların Morfolojik Özellikleri

Sıvı kapanımlar minerallerin oluşumu sırasında kristal yapı içine hapsolmuş yada mineral oluşumundan sonra gelişen kırıklarda bulunan çözeltilerdir. Sıvı kapanım incelemeleri maden yataklarının oluşum koşulları ve kökenlerinin araştırılmasında oldukça yararlı bir analiz yöntemidir.

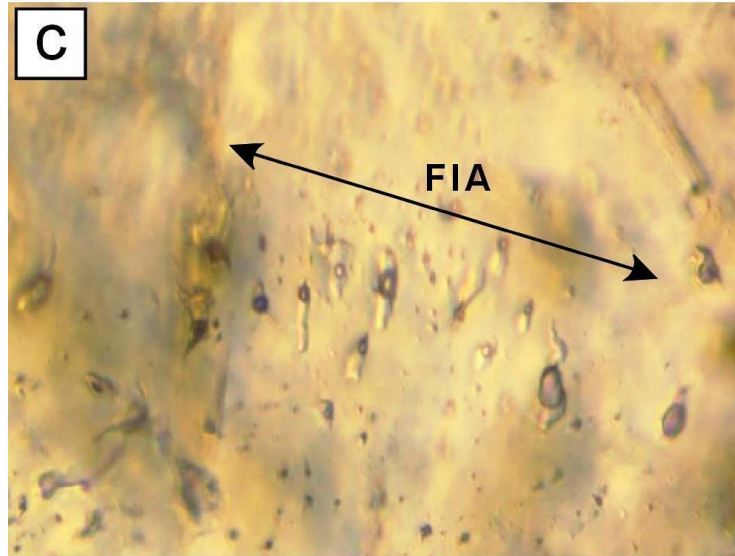
İncelenen kapanımlar başlıca Sıvı – Gaz (S-G) fazında gözlenmiştir. S/G oranı dikkate alındığında kapanımların çoğunluğunda sıvıların hacimsel oranı gazlardan fazla olduğu belirlenmiştir. Ender olarak gazların hacminin sıvılardan fazla olduğu ve çok ender olarakta sıvı-gaz-katı şeklinde olduğu gözlenmiştir. Kapanımlar genellikle 10-20µm boyutundadır. 10µm'den daha küçük boyutlu kapanımlarda fazla sayıda gözlenmektedir. Kapanımlar birincil, ikincil veya yalancı ikincil kapanımlar şeklinde gözlenmekte ve çoğu hemen hemen aynı sıvı-gaz oranına sahiptir. Bunun yanısıra ender olarak farklı sıvı-gaz oranına sahip sıvı kapanım toplulukları da gözlenmekte olup, bunlar kaynama özellikleri olarak değerlendirilmiştir. (Şekil 5.1. a. b. c.)



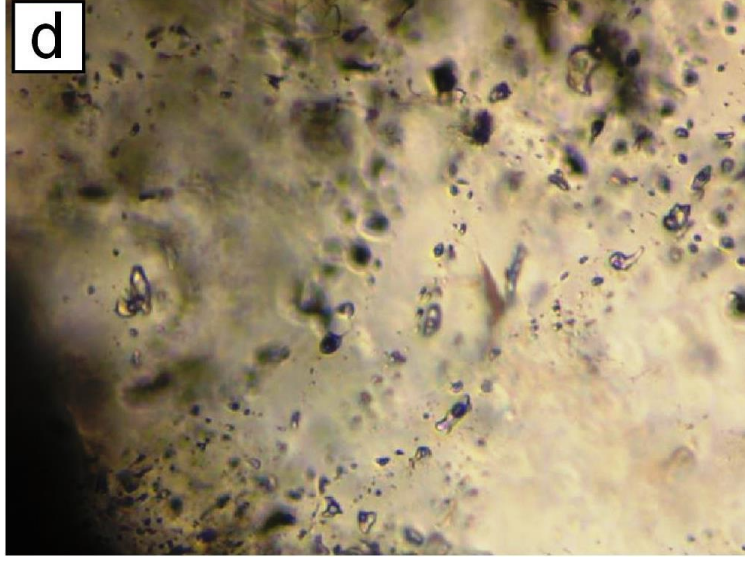
Şekil 5.1 (a): Kuvars kristalleri içindeki düşük S/G oranına sahip birincil kapanımlar (Örnek no: ATM-47, Azitepe Sahası)



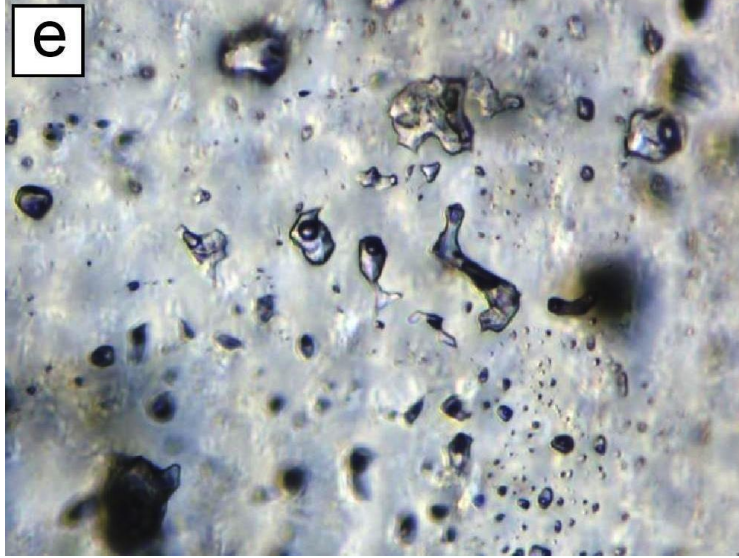
Şekil 5.1 (b) : Kuvars kristalleri içinde, katı faz içeren kapanımlar. (Örnek no: ATM-47, Azıtepe Sahası)



Şekil 5.1 (c) : Farklı sıvı-gaz oranlarına sahip sıvı kapanım toplulukları (FIA) (Örnek no: TDG-24, Tesbihdere Sahası)



Şekil 5.1 (d): Farklı sıvı-gaz oranına sahip birincil veya yalancı ikincil kapanımlar (Örnek no: ATM-47, Azıtepe Sahası)



Şekil 5.1 (e): Farklı sıvı-gaz oranına sahip kapanımlar (Örnek no: TDG-24, Tesbihdere Sahası)

5.2 İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{FM})

Tespirdere, Basmakçı, Azıtepe bölgelerinden alınan kuvars minerallerindeki sıvı kapanım ölçüm sonuçları (Tablo 5.1)'de gösterilmiştir. Sıvı kapanım ölçümleri çoğunlukla birincil kapanımlarda yapılmıştır. İkincil ve yabancı ikincil kapanımlarda yapılan ölçümlerde ise birincil kapanımlara göre gözle görülür bir farklılık gözlenmemiştir.

Sıvı kapanımlarında yaklaşık $-58/-55$ °C arasında değişen ilk ergime sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Bu sıcaklık değerleri çeşitli su - tuz sistemlerinin ötektik sıcaklıkları ile karşılaştırıldığında “ $H_2O-NaCl-CaCl_2$ ” sisteminin ötektik sıcaklıkları (Shepherd ve diğ., 1985; Gökçe, 2000) ile uyduğu ve hidrotermal çözelti içinde NaCl ile birlikte $CaCl_2$ gibi tuzların da bulunduğunu göstermektedir.

5.3 Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{MICE})

Tespirdere ve Azıtepe örneklerine ait kapanımlarda ölçülen son buz erime sıcaklığı (T_{MICE}) değerleri -7.4 ile -0.3 °C arasında değişmektedir ($-2,9$), Basmakçı bölgesine ait kapanımlarda ölçülen değerler ise -3.2 ile -2.0 °C arasında sınırlı kalmıştır. Son buz erime sıcaklığı değerlerinden yararlanılarak Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiş eşitlik yardımıyla, bu değerlere karşılık gelen % NaCl eşdeğeri olarak tuzluluk değerleri hesaplanmış olup değerlerin 11 ile 0.5 wt% NaCl eşdeğeri arasında olduğu saptanmıştır.

5.4 Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri (T_H)

Homojenleşme sıcaklıkları ölçümlerinden (Şekil 7), sıcaklıkların Tespirdere sahasına ait örneklerde 152 ile 335 °C arasında, Basmakçı sahasında 178 ile 272 °C arasında, Azıtepe sahasına ait örneklerde ise 244 ile 335 °C arasında olduğu görülmüştür. Basmakçı sahasına ait örneklerin homojenleşme sıcaklık değerleri diğerlerinden farklı olarak daha düşüktür.

Tablo 5.1 Sıvı kapanım incelemeleri sırasında ölçülmüş TFM, TICE ve TH değerleri
P: Primary (Birincil), S: Secondary (İkincil), PS: Pseudosecondary (Yalancı İkincil)

Örnek no	BİRİNCİL KAPANIMLAR			İKİNCİL KAPANIMLAR		
	Tfm	Tmice	Th	Tfm	Tmice	Th
TDG-24A			238			
			242,2			
		-6	242,3			
			243,7			
		-5,9	245,2			
			247,2			
			247,8			
			248,2			
			251,1			
			255			
			256,4			
			257,3			
			261,9			
			263,3			
			267,5			
			267,5			
		-2,7	267,8			
			267,8			
			269,2			
			269,7			
			270,7			
			273			
			279,6			
			281,4			
			281,5			
			282,3			
			284,3			
		-6,2	284,4			
			286,2			
		-1,6	287,2			
	-58	289				
	-55	290,2				
		290,6				
		292,3				
		292,4				
		294,3				

		294,6			
		295			
		295,7			
		298,7			
		300,1			
		301,2			
		301,6			
		302,5			265,4
		303,7			282,2
		304,1	-53,4		289
		304,4			297
		306,3			
		308,4			
		308,9			
		310,4			
		312,4			
		314,7			
		317,6			
		318,4			
		318,6			
		355,0			
		321,3			
		321,4			
	-0,8				
	-0,5				
	-5,2				
TDG-28		267			
		-4,9	276,9		
			283,4		
			286,2		
			286,3		
			291,2		
			293,3		
			296,7		
			298,1		
			299,4		
					252,3
					254,2
					259,2
				-3,1	264,1
					283,2
					284,5

			300,7			
			301,8			
			302,5			
			309,2			
			311,5			
			316,2			
	-0,3		234,3			
						194,2
						214,3
						223,1
						225,3
			152,0			
			168,4			
			242,3			
			244,3			
			202,4			
			183,4			
			194,6			
			258,2			
	-56,1	-2,1	214,4			
			227,2			
			256,2			
		-1,2	192,2			
			209,4			
						194,4
						223,4
						174,4
						205,2
		-0,7	272,2			
		-0,9	332,3			
				-55		378,2
				-55		368,7
				-55		
				-55		
				-55		
				-55		
				-55		
				-55		337,2
				-55		309,6
				-55		302,2
				-55	-7	307,3
				-55	-7,1	305,3

TDG-36

			-55		330,6	
		-2,9	305,5			
			311,8			
		-3,2	324,6			
		-2,9	295,7			
TDG35			283,5			
			259,6			
			237,9			
			258,7			
			171,9			
			152,5			
			316,5			
			318,8			
			317,5			
			322,3			
					266,7	
					270,4	
					248,9	
					252,3	
					221,1	
			332,4			
			193,2			
			236,8			
			175,2			
					273,6	
					275,2	
					284,2	
					315,8	
			345,3			
			340,0			
			342,2			
			333,2			
			332,6			
						276,6
						282,2
						280,2
				298,3		
			335,6			
			332,2			
			300,6			
			257,5			
			282,2			
			285,3			

TDG-24B		282			
		290,1			
		293,2			
		290,3			
		281,2			
		285,2			
		286,7			
		287,7			
		283,2			
		300			
		344			
		281,2			
		296,7			
		293			
		279,2			
		292,2			
		293,2			
		291,1			
		280,1			
		298,4			
		330,2			
		328,8			
		295,3			
		302,1			
		311,1			
		303,3			
		288,8			
		288,0			
		292,0			
					321,2
					298,6
					275,4
					278,2
					276,6
			309,8		
		-0,4	276,5		
			365,5		
			277,2		
			276,5		
			277,6		
		279,9			
		283,3			
		283,6			

	-0,4	279,2			
	-0,5	277			
	-0,5	277,5			
		279,5			
		285,6			
		286,1			
		284,2			
		285,2			
		286,1			
		289			
		284,4			
		298,6			
		299,7			
		334,5			
		309,9			
		289,5			
		287,2			
		289,1			
	-0,4	288,9			
		284,1			
		284,6			
	-0,5	282,2			
		340,6			
		297,2			
		262,6			
		228,2			
		255,4			
		238,2			
		254,9			
		192,8			
		217,2			
		194,2			
					178,2
					200,8
					192,2
					202,2
	-2,3	272,3			
	-2,2	236,4			
		221			
		226,3			
		225,1			
	-2,0	182,5			
		215,2			

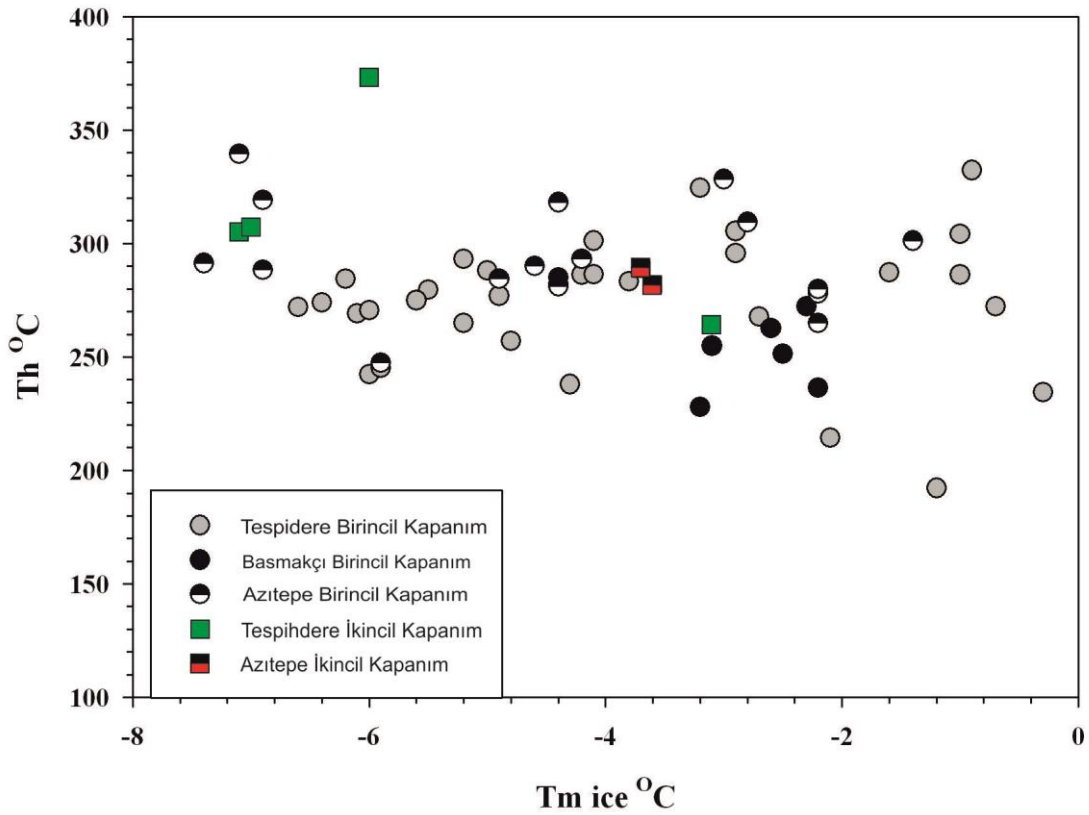
BSM52		263,5			
		253			
	-2,5	251,3			
	-3,2	228			
		240,6			
		222,3			
		234,6			
		241,5			
ATM47	-3,9				
		298,2			
		305,2			
		322,4			
	-6,9	288,4			
		290,5			
		303,3			
	-3	328,3			
		294,8			
		295,2			
		335,8			
		268,8			
		287,2			
	-1,4	301,2			
	-0,9	322,4			
		258,2			
		255,5			
		301,1			
		298,2			
		303,3			
	-4,4	318,2			
		311,2			
		330,3			
		333,2			
		326,0			
		316,3			
		285,2			
					300,1
					298,2
					298,6
					315,2
		364,5			
	295,2				
	299,2				
	260,2				

		259,2			
		272,3			
		289			
		315,2			
		303,3			
		273,2			
		272,1			
		274,2			
		273,2			
		285,6			
		281,2			
		331,9			
		303,7			
		301,2			
-58	-4,9	284,4			
-58	-7,4	291,3			
	-2,9	244,6			
		248,8			
	-5,9	247,5			
	-6,9	319,2			
		309,3			
		283,7			
		317,2			
		272,3			
		311,2			
		309,7			
	-7,1	339,6			
				-3,7	288,8
					295,2
					304,9
					294,7
					287,9
				-3,6	281,9
					272,4
					280,8
					269,1
					286,2
					287,3
					290
					310,6
					312,6
					335,3
		311,4			

		300,1			
	-2,8	309,4			
		295,6			
	-4,2	293,2			

(TDG: Tespihdere galeri, BSM: Basmakçı, ATM: Azıtepe)

Tuzluluk ve homojenleşme sıcaklığı ilişkisi birlikte incelendiğinde cevherleşmelerin oluşumunda iki farklı çözeltinin etkin olduğu söylenebilir (Şekil 5.2). Şekilde Tespihdere ve Azıtepe sahasına ait ölçümler çoğunlukla doğrusal bir ilişki gösterirken, Basmakçı sahasına ait örneklerde tuzlulukların ve homojenleşme sıcaklıklarının diğer sahalara göre daha düşük değerlerde olduğu gözlenmiştir.



Şekil 5.2 İncelenen örneklerdeki kuvars kristallerinde, birincil ve ikincil kapanımlarda ölçülmüş Th ve Tmice değerlerinin ikili diyagram üzerindeki dağılımları.

6. SIVI KAPANIMLARDA KİMYASAL İNCELEMELER

Sıvı kapanımların kimyasal analizleri crush-leach ve LA-ICP-MS yöntemleriyle kapanımlar içerisinde hapsolmuş çözeltiler serbestleştirilerek yapılmıştır. Analizler İngiltere'deki Leeds Üniversitesindeki Jeoloji bölümünde bulunan laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir.

6.1 Öğütme – Süzme (Crush-Leach) Analizleri

Crush-leach analizleri Tespihdere, Basmakçı, Azitepe yataklarından alınan kuvars örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda örneklerin tuz konsantrasyonlarının oldukça düşük olduğu görülmüş (yaklaşık 5ppm) ve sadece Tespihdere yatağından alınan 3 adet örneğe ait sonuçlar kullanılabilmiştir.

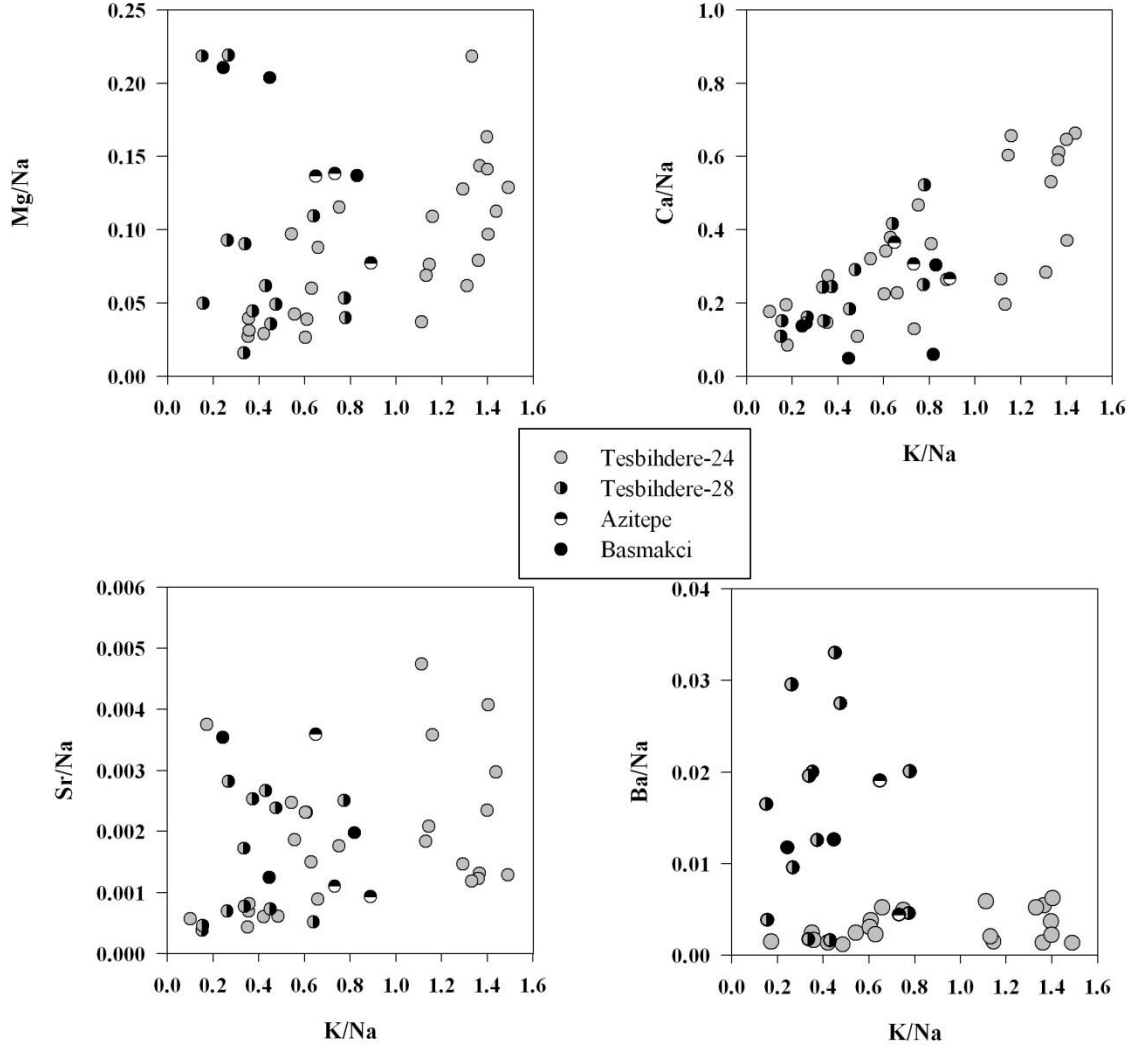
Tespihdere yatağından alınan kuvars örneklerinin crush-leach analizlerinde Cl/Br oranlarının ~2800 ile 15000 mol arasında, Na/Br oranlarının ise 2600 ile 10000 mol arasında değişen oldukça geniş bir dağılım aralığı sergilediği görülmüştür. SO₄ miktarı Cl konsantrasyonlarından çok daha fazla olmasına karşın mikron boyutunda sülfür tanelerinin gözlenmesi kirlenme olasılığından dolayı ihmal edilmiştir. Analizlerde Na/Cl oranı ~ 0.7 - 0.8 mol bulunmuş olup, hidrotermal çözeltiler içinde Cl'un baskın olduğuna işaret etmektedir.

6.2 Lazer-Endüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi Yöntemi (LA-ICP-MS)

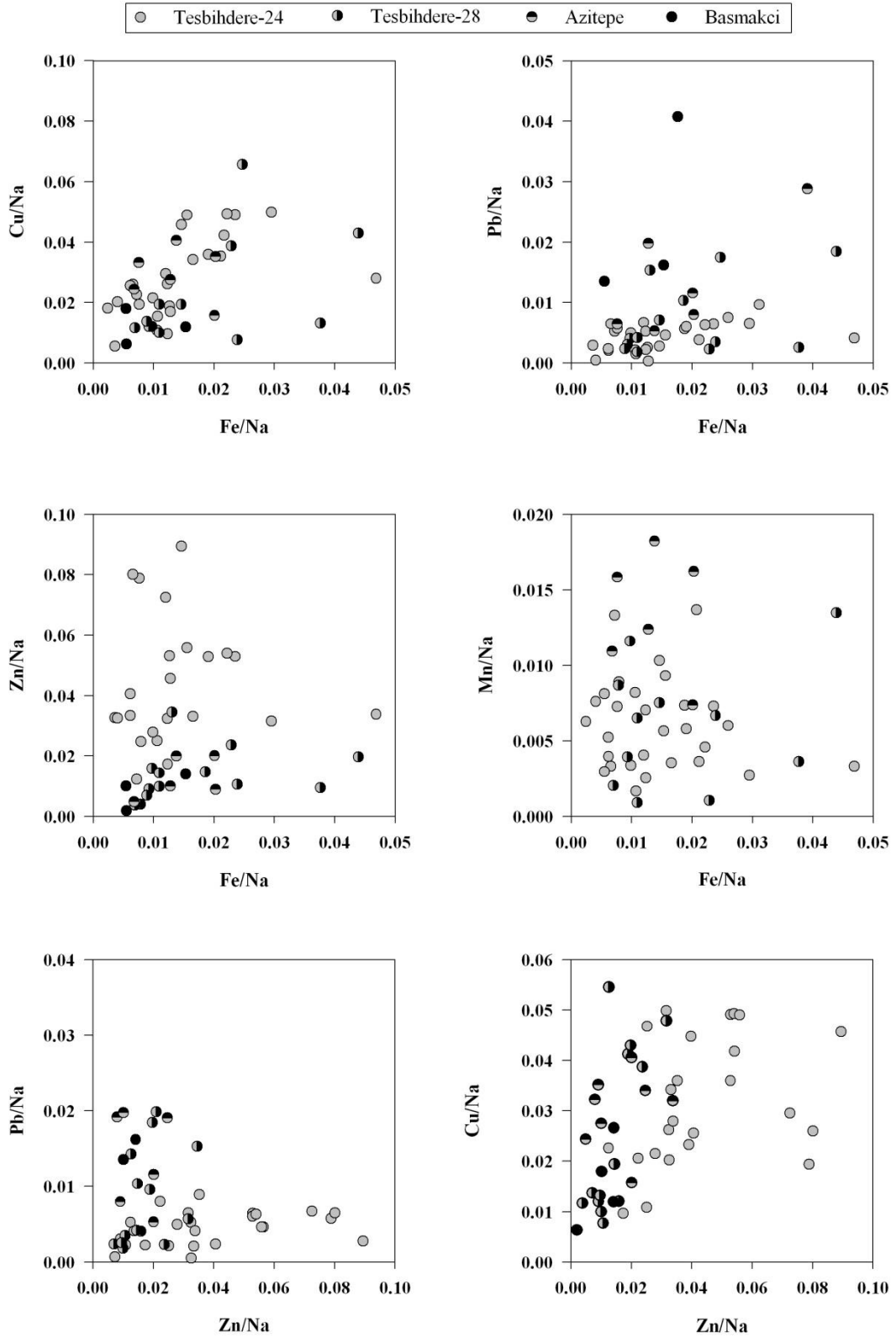
İncelenen sıvı kapanım topluluklarından elde edilen sonuçlar Tablo 6.1'de görülmekte olup sonuçlar elementlerin Na konsantrasyonuna oranı şeklinde verilmiştir. Genel olarak her örnekten yaklaşık 15 kapanım veya kapanım toplulukları seçilerek analiz edilmiştir. Her bir örnek için wt/wt oranı, alkali, alkali toprak ve geçiş metalleri eşleştirilerek Şekil 6.2'de gösterilmiştir. Element / Na (m) oranlarına göre Tespihdere, Azitepe ve Basmakçı sektörlerinden alınan örneklerin ortalama değerlerinin istatistiksel dağılımlarının benzerlik sunduğu görülmektedir.

Tablo 6.1: Sıvı kapanımların LA-ICP-MS analiz sonuçları. Ortalama elementer oranları (wt/wt oranının Na ile olan ilişkisi) ve ppm derecesinde konsantrasyonu.

Örnek	Tuzluluk	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Ag	Ba	Pb	
Tesbihdere bölgesi																
TDG-24A	10	ppm	16195	1322	13511	6514	<81	259	528	564	<126	<68	40	<6	63	71
		Std Dev		0.047	0.440	0.183	0.002	0.011	0.015	0.014	0.005	0.002	0.001	0.0003	0.003	0.002
		Ortalama	1	0.0816	0.8343	0.4022	<0.005	0.0163	0.0326	0.0348	<0.0078	<0.0042	0.0025	<0.0004	0.0039	0.0044
TDG-28	10	ppm	21109	1746	8710	5541	148	353	576	331	131	<82	46	4	378	194
		Std Dev		0.056	0.199	0.108	0.005	0.011	0.019	0.009	0.004	0.003	0.001	0.0001	0.011	0.007
		Ortalama	1	0.0827	0.4126	0.2625	0.007	0.0167	0.0273	0.0157	0.0062	<0.0039	0.0022	0.0002	0.0179	0.0092
Azitepe bölgesi																
ATM-47	10	ppm	18517	2174	11647	4863	231	270	470	274	<235	<276	44	<11	250	265
		Std Dev		0.066	0.243	0.100	0.007	0.010	0.011	0.009	0.005	0.007	0.001	0.0003	0.006	0.007
		Ortalama	1	0.1174	0.6290	0.2529	0.0125	0.0146	0.0254	0.0148	<0.0127	<0.0149	0.0024	<0.0006	0.0135	0.0143
Basmakci bölgesi																
BSM-54B	6	ppm	15308	2204	8940	2893	107	167	240	156	<230	<138	31	<58	184	488
		Std Dev		0.085	0.288	0.123	0.004	0.006	0.008	0.006	0.013	0.004	0.001	0.002	0.0006	0.021
		Ortalama	1	0.1444	0.5837	0.1895	0.007	0.0109	0.0157	0.0100	<0.0148	<0.0089	0.0022	<0.0025	0.0121	0.0319



Şekil 6.1 Ayrı kapanım topluluklarından LA-ICPMS yöntemi ile saptanan, alkali elementlerinin wt/wt oranlarını gösteren grafik.



Şekil 6.2 Ayrı kapanım topluluklarından LA-ICP-MS yöntemi ile saptanan, metal elementlerinin wt/wt oranlarını gösteren grafik.

Analiz sonuçları standart T-testi ile değerlendirilmiş ve Tespihdere, Azıtepe ve Basmakçı sahalarından alınan örneklerin Mg/Na, K/Na, Mn/Na ve Fe/Na oranlarının benzer olduğu (%99 kesinlikte) belirlenmiştir (özellikle Azıtepe ve Basmakçı için).

Şekil 6.1’de analiz edilen kapanım grupları için elde edilen veriler iki değişkenli wt/wt oranlarına göre grafiğe konulduğunda K/Na oranlarının dikkate değer bir şekilde yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeninin kapanımlar içinde gözlenen katı fazlardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bu tip kapanımlar sadece Tespihdere’den alınan örneklerde gözlenmekte olup, diğer lokasyonlardan alınan örneklerde tespit edilmemiştir. Söz konusu grafikte Ca/Na’a karşılık K/Na dışındaki verilerin dağılımında benzerlik gözlenmemekte olup, analiz edilen sıvıların $Na > K > Ca > Mg$ şeklinde önemli miktarda K ve Ca içerdiği belirlenmiştir.

Şekil 6.2’de Tespihdere, Azıtepe ve Basmakçı sahalarından alınan örneklerin analiz sonuçları görülmekte olup, Tespihdere bölgesinde aynı galeriden alınan 24 ve 28 numaralı örneklerde Zn ve Pb elementleri açısından farklılık gözlenmekte olup, 24 numaralı örnek, 28 numaralı örneğe göre belirgin bir biçimde yüksek Zn ve düşük Pb içermektedir. 28 numaralı örneğe ait değerler Azıtepe ve Basmakçı sahalarından alınan örnekler ile benzerlik sunmaktadır.

Tablo 6.1’de görülen sıvı kapanımlarının element konsantrasyonlarının hesaplanmasında mikrotermometrik ölçümlerde bulunan tuzluluk değerleri kullanılmıştır. Tespihdere ve Azıtepe sahalarına ait örneklerdeki kapanımların bileşimleri için tuzluluk değeri %10 NaCl eşdeğeri, Basmakçı sahasından alınan örnekler için ise %6 NaCl eşdeğeri tuzluluk değerleri kullanılmıştır. İncelenen üç sahaya ait örnekler de benzer özellikteki kapanım toplulukları karşılaştırıldığında Basmakçı sahasındaki kuvars damarlarına ait kapanımların, diğerleri kadar yüksek tuzluluk değerlerine sahip olmasına rağmen, onlardan daha farklı ve daha seyreltik çözeltiler içerdiği saptanmıştır.

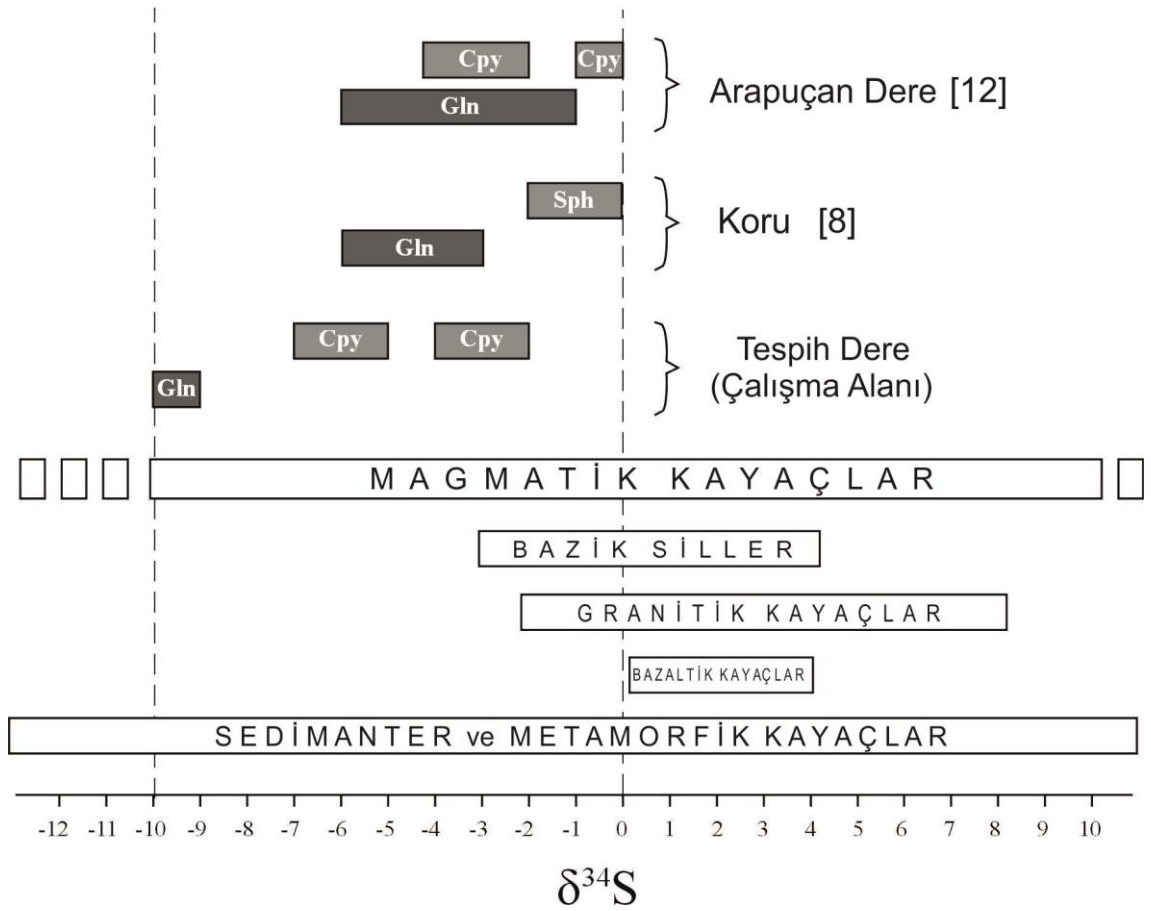
Yaklaşık 15.000 ile 20.000 ppm konsantrasyona sahip Na ana katyon olup, ona Mg, K ve Ca eşlik etmektedir. Fe konsantrasyonu Mn konsantrasyonuna göre bir miktar fazla olup, yaklaşık 200 ile 300 ppm arasında değişen bir konsantrasyona sahiptir.

İnceleme alanındaki cevherleşmeleri temsil eden sıvı kapanım kesitlerinde yapılan LA-ICP-MS analizleri Cu, Zn ve Pb konsantrasyonlarının oldukça yüksek

olduğunu göstermektedir. Bakır (Cu) 500 ppm ile en yüksek konsantrasyona sahip olup, onu ~ 300 - 500 ppm konsantrasyon ile Zn ve ~ 100 - 200 ppm ile Pb takip etmektedir. Basmakçı örneklerinin tuz miktarı diğer bölgelerin tuz miktarına göre daha az olmasına rağmen Pb içeriği yaklaşık 500 ppm ölçülmüş olup, diğer sahaların iki katı kadardır. Diğer elementler ya çok az veya deteksiyon limitinin altındadır.

7. KÜKÜRT İZOTOPLARI İNCELEMELERİ

Kükürt izotopları jeokimyası incelemeleri, saha incelemeleri sırasında cevher damarlarından alınmış örnekler arasından seçilmiş örneklerden ayrılmış saf kalkopirit ve galenit kristalleri üzerinde yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda, Tespidere sahası kalkopirit örneklerinde $\delta^{34}\text{S}$ değeri, -5.4 ile -2.4 ‰, Azıtepe sahasında -5.6 ile -6.9 ‰, galenit örneklerinde ise -9.0 ile -9.8 ‰ arasında değişen değerlerde bulunmuştur. (Tablo 7.1).



Şekil 7.7.1 Tespidere bölgesi galenit, kalkopirit ve sfalerit örneklerinin sülfür izotopları dağılımı. (Hoefs, 1987)

Elde edilen veriler farklı jeolojik malzemeler için belirlenmiş kükürt izotopları bileşimlerine (Hoefs, 1987) göre oldukça düşüktür. Magmatik sistemdeki cevherleşmeler için; -3 ile +1 ‰ (Hoefs, 2009), manto için; $0 \pm 3\%$, (Hoefs 2009), magmatik kayalar için; (+1‰ to +3‰), kabuk kaynaklı sülfürler için; (ortalama +7‰, (Chaussidon 1989), deniz suyundan kaynaklı kükürt için; (+20‰; (Rollinson 1993).

Böylesine negatif $\delta^{34}\text{S}$ değerleri düşük sülfidasyon tipi cevher damarlarında gözlenebilmekte ve biyolojik kökenli kükürt şeklinde yorumlanmakla birlikte inceleme alanında sedimanter kökenli sülfür değerleri gözlenmediğinden bu olasılık göz önünde alınmamıştır.

Elde edilen çok hafif kükürt izotopları değerlerine benzer veriler literatürde, hidrotermal sistemlerdeki kaynama ile ilişkili olarak açıklanmıştır. Kaynama, sistemden H_2 kaybına neden olmakta ve bu da oksidasyonda artmaya sebep olmaktadır. Oksidasyonla birlikte $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2^-$ oranında gözle görülür bir azalma olmakta ve sistemin kükürt izotop değerlerinde düşme meydana gelmektedir. Bu şekildeki kükürt değerleri dünyadaki farklı cevherleşmelerden elde edilen verilerde gözlenmekte olup, bunlar arasında Valles Caldera (McKibben 1990), Summitville ve White Island, (Hedenquist 2013) bölgelerindeki veriler örnek verilebilir.

Tablo 7.1: İnceleme alanındaki cevher damarlarından seçilen mineral örneklerinin kükürt izotopları bileşimi

Örnek No	Konum (Bölge)	$\delta^{34}\text{S}$ değerleri kalkopirit	$\delta^{34}\text{S}$ değerleri galenit	Sülfür İzotopları jeotermometrik sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$) (*)	Sıvı Kapanım mikrotermometri k sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$)	$\delta^{34}\text{S}$ değerleri H_2S	
						Kalkopirit	Galenit
TD-24	Tesbihdere	-3.6	-	-	290	-3.8	-
TD-25	Tesbihdere	-3.6	-	-	273**	-3.8	-
TD-30	Tesbihdere	-5.4	-	-	273**	-5.6	-
TD-35	Tesbihdere	-2.4	-	-	265	-2.4	-
TD-38	Azitepe	-5.6	-9.0	177	294***	-5.8	-7.0
TD-49	Azitepe	-6.9	-9.6	232	294***	-7.1	-7.6
TD-50	Azitepe	-	-9.8	-	294***	-	-7.8
TD-110	Azitepe	-	-9.3	-	294***	-	-7.3

(*) Önerilen eşitlenme değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. (Li, 2006)

(**) Tesbihdere bölgesi analiz örneklerinin ortalama sıcaklık değerleri

(***) Azitepe bölgesi analiz örneklerinin ortalama sıcaklık değerleri

8. SONUÇLAR

Biga Yarımadası, tez çalışmasında incelenen Tesbihdere, Azitepe ve Basmakçı'da gözlenen yataklara benzer pek çok cevherleşme ve zuhur içermektedir. Yarımada'daki farklı lokasyonlarda bulunan cevherleşmelerde yapılan sıvı kapanım incelemeleri çözeltilerin benzer tuzluluk ve sıcaklığa sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca cevherleşmelerde yapılan kararlı izotop çalışmaları da meteorik ve magmatik kökenli çözeltilerin farklı oranlarda karışımını işaret etmektedir. Yataklar hakkında yapılmış pek çok öncel çalışma olmasına rağmen söz konusu cevherleşmeleri oluşturan çözeltilerin kimyasal bileşimleri ve metal konsantrasyonları hakkında yapılmış herhangi bir inceleme bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasında Tesbihdere yöresindeki cevherleşmeleri oluşturan çözeltilerin kimyasal bileşimleri ve metal konsantrasyonları, cevherleşmeler üzerinde daha önce yapılmamış crush-leach ve LA-ICP-MS yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir.

İnceleme alanında bulunan Cu-Pb-Zn-Ag-Au cevherleşmeleri beş ayrı lokasyonda gözlenmekte olup, bunlar kuzeyden güneye doğru ; Azitepe, Basmakçı Sarıkayalar, Sarıoluk ve Tesbihdere mevkiilerinde bulunmakta olup cevherleşmeler stockwork ve damar tipi şeklindedirler. Tesbihdere bölgesindeki cevherleşmeler Eosen yaşlı Akçaalan andezitleri içerisinde gözlenirken; Azitepe, Sarıkayalar, Basmakçı ve Sarıoluk sahalarında cevher damarları Oligosen yaşlı riyolitik ve dasitik lav ara katkılı, riyolit, dasitik ve trakiandesitik piroklastlardan oluşan Adadağı piroklastları içerisinde bulunmaktadır. Cevher damarlarında kalkopirit, galenit, pirit, sfalerit ve daha az oranda tetraerit, kalkosin, kovellin, götit cevher minerali olarak gözlenirken, kuvars, kalsit ve baritler gang minerali olarak gözlenmektedir.

Sıvı kapanım incelemelerinden cevherleşmeleri oluşturan çözeltilerin ~ 360 – 370 °C arasında değişen geniş bir sıcaklık aralığına ve ~%10–0.5 NaCl eşdeğeri tuzluluk oranına sahip oldukları, son buz ergime sıcaklıklarından da çözeltilerin NaCl'e ilaveten önemli miktarda Ca içerdikleri belirlenmiştir. Elde edilen mikrotermometrik veriler inceleme alanına oldukça yakın olan Kuru baritli-kurşun-çinko yatağına ait veriler ile de uyumluluk göstermektedir (Bozkaya, 2001). Sadece tek bir örnekte farklı S/G oranlarına sahip sıvı kapanım toplulukları belirlenmiş olup, kaynamaya ait veriler olabileceği düşünülmüştür.

LA-ICP-MS ve crush-leach sonuçlarına göre;

- ✓ Çözeltilerin metal konsantrasyonları bakır için ~250 ila 550 ppm, Zn için ~150 ila 550 ppm, Pb için ise ~70 ila 500 ppm arasında olduğu belirlenmiş olup, söz konusu değerler kıtasal kaynaklı çözeltiler ile uyumludur. (Yardley, 2005)
- ✓ Çözeltilerde 15.000 ile 20.000 ppm konsantrasyona sahip Na ana katyon olup, ona Mg, K ve Ca eşlik etmektedir. Fe konsantrasyonu Mn konsantrasyonuna göre bir miktar fazla olup, yaklaşık 200 ile 300 ppm arasında değişen bir konsantrasyona sahiptir.
- ✓ Verilerin istatistiksel değerlendirilmesi sonucunda Zn ve Pb değerleri göz önüne alındığında Tespihdere ve Basmakçı arasında, Cu ve Pb değerleri içinse Tespihdere ve Azıtepe arasında önemli bir fark olduğu görülmüştür.
- ✓ Tespihdere sahasındaki galeriden alınan iki örnekte Zn içerikleri açısından belirgin bir farklılık tespit edilmiş olup, cevher taşıyıcı klorlu komplekslerde damardaki basıncın düşmesine bağlı olarak seyrelme olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.
- ✓ Düşük Fe/Me oranları daha fazla okside olmuş çözeltilere işaret etmekte olup bu izotop jeokimyası analizlerinden elde edilen veriler ile de uyumludur.

Sülfür izotopları jeokimyası sonuçlarından Tespihdere bölgesi kalkopirit örneklerinde $\delta^{34}\text{S}$ değerinin, -5.4 ile -2.4 ‰, Azıtepe bölgesinde -5.6 ile -6.9 ‰, galenit örneklerinde ise -9.0 ile -9.8 ‰ arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu kadar hafif kükürt izotop değerlerinin mikrotermometrik incelemelerden elde edilen veriler ile birlikte ele alınarak; cevherleşmelerin oluşumu sırasında hidrotermal çözeltilerde gözlenen kaynama ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Tespihdere yöresindeki cevherleşmeleri oluşturan çözeltilerin sıcaklıklarının geniş bir aralıkta gözlenmesi daha önceki araştırmacıların ileri sürdüğü magmatik su ve meteorik suyun karışımı şeklinde açıklanamamaktadır (Yılmaz 2008). Bu genişlikte bir dağılım ancak basınçta meydana gelecek bir değişim ile mümkün olabilir. Bu tez çalışmasında elde edilen veriler (kaynama, aynı damara ait farklı metal içerikleri ve çok hafif kükürt izotopları değerleri) bu savı doğrulamakta olup, bölgedeki tektonik hareketlerin cevherli damarlardaki basıncın litostatikten hidrostatığe dönmesine neden

olduğu ve yüksek tenörlü cevherleşmeleri oluşturduğu belirlenmiştir (Bozkaya ve diğ., 2014).

9. Kaynaklar

- Akyürek, B. ve Soysal, Y., 1980. Biga Yarımadası ve güneyinin 1/100.000 ölçekli komplikasyonu. M.T.A. Raporu, No: 7847, 13 s.
- Akyüz H. S., Okay A., 1998, Manyas Güneyinin (Balıkesir) Jeolojisi ve Mavişistlerin Tektonik Konumu, MTA Dergisi, 120, 105-120.
- Allan M. M., Yaardley B. W. D., Forbes L. J., Schulovich K. I., Banks D. A. And Shepherd T. J., 2005, Validation of LA-ICP-MS fluid inclusion analysis with synthetic fluid inclusion : American Minerologist 90, 2005 , 1767-1775
- Alpan, T., 1968. Kuru-Balcılar (Çanakkale) köyleri civarının jeoloji etüdü. M.T.A. Raporu, No: 6840, 28 s.
- Andiç, T. ve Kayhan, F., 1997. Çanakkale-Lapseki yöresinin genel jeokimyasal etüt raporu. M.T.A. Raporu, No: 10059.
- Atabey, E., Ilgar, A., Sakitaş, A., 2004, Çanakkale havzasının Orta-Üst Miyosen stratigrafisi, Çanakkale, KB Türkiye: MTA Dergisi 128, 79-97, 2004
- Aysal, N., 2005, Biga (Çanakkale) Doğusunun Mesozoyik ve Tersiyer Magmatizması ve Metamorfizmasının petrolojisi Doktora Tezi İ.Ü. Fen Bilimleri. Ens. 196 syf.
- Beşir, DM 2003. Kuru Köyü (Lapscki-Çanakkale) Pb-Zn-Ag Yatağının Jenetik İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir. Türkiye
- Bingöl, E., 1968, Contribution a l' etüde geologique de la partie centrale et Sud-Est du massif de Kazdağ (Turquie), These, L' Univ. Nancy.
- Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B., 1973, Biga yarımadasının jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri: Cumh. 50. Yılı Yerbilimleri kongresi tebliğler dergisi, MTA yayınları s.70-76.

- Borsi, S., Ferrara, C, Innocenti, F. ve Mazzuoli, R., 1972. Geochronology and petrology of recent volcanics of Eastern aegean Sea: Bull. Volc., 36, 473-496.
- Bozkaya,G., 2001. Koru (Çanakkale) Baritli Kurşun-Çinko Yataklarının Jeolojisi. Doktora Tezi, C.Ü. Fen Bil. Enst., 126 s (yayınlanmamış).
- Bozkaya, G., Gökçe, A., 2002, Koru kuşun çinko yataklarının ana, eser ve nadir toprak elementleri jeokimyası incelemeleri: Türkiye Jeoloji Bülteni,45,1-17.
- Bozkaya, G., 2009, Fluid inclusion and stable isotope (O, H and S) evidence fort he origin of the Balçılar vein type barite-galena mineralization in Çanakkale, Biga Peninsula, NW Turkey. VI. Sixth International Conference on Fluid Evolution, Migration and Interaction in Sedimentary Basins and Orogenic Belts, University of Adelaide, South Australia, Australia, 15-18 April: Journal of Geochemical Exploration, Abstracts of Geofluids VI, 101(1)
- Chaussidon M., Albarède F., Sheppard S. M. F., 1989, Sulphur isotope variations in the mantle from ion microprobe analyses of micro-sulphide inclusions, Earth and Planetary Science Letters 92, 144-156
- Dayal, A., 1984. Yenice (Çanakkale) granitinin petrografisi ve buna bağlı cevherleşmeler: Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir (yayınlanmamış).
- Diñçer, H., 1958. Çanakkale vilayeti Lapseki kazası Umurbey nahiyesi civarındaki barit cevherleşmeleri. M.T.A. Raporu.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Şentürk, Y., Yavaş, F. And Kar. H., 2004, New results on the lithostratigraphy of the Kazdağı masifin NW Turkey: TÜBİTAK, Turkish Journal of Earth Sciences, 13/2, 177-186
- Dönmez, M., Akçay, A.E., Genç, Ş.C., Acar, Ş., 2005, Biga yarımadasında Orta-Üst Eosen volkanizması ve denizel ignimbiritler: MTA Dergisi, 131,49-61.
- Ercan, T., 1979, Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Senozoyik volkanizması: Jeoloji Müh., 10, 117-137
- Ercan, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakioğlu, E., Adis, C., Walter, H. ve Yıldırım, T., 1995. Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan

- adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer volkanizmasının özellikleri. M.T.A. Dergisi, 117, 55-86.
- Ertürk , O., Dinçöz, E. ve Alaygut, D., 1990. Petrology of the Cenozoic volcanics in the Biga Peninsula, NW Turkey: International Earth Sciences Congress on Aegean Region, Proceedings, II, 368-384.
- Gjelsvik, T., 1956. Türkiye'nin Batısında Biga Yarımadası Bölgesinde Alpin Volkanizmaya bağlı Maden Yatakları Üzerinde Aramalar. MTA Raporu. No: 2480
- Guillong M., Meir D. L., Allan M. M., Heinrich C. A., Yardley B. W. D., 2008, SILLS: A Matlab based program for the reduction of Laser Ablation ICP-MS data of homogeneous materials and inclusions, Mineralogical Association of Canada Short Course, 40, 328-333.
- Hedenquist J. W., Simmons S. F., Giggenbach W. F. And Eldridge C. S., 2013, White Island, New Zealand, volcanic-hydrothermal system represents the geochemical environment of high-sulphidation Cu and Au deposition, Geology 21, 731-734.
- Hoefs J., 2009, Stable isotope geochemistry, 6th , Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 285
- Kasapçı, C, 2005. Kuzeybatı Anadolu Pb-Zn Yataklarının Jeolojisi ve Oluşumlanım Karşılaştırmalı incelemesi, Yüksek Lisans tezi, İ.Ü. Fen Bil. Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun tektonik birlikleri. M.T.A. Dergisi, 66, 20-34.
- Krushensky, R.D., 1976. Neogene calc-alkaline extrusive and intrusive rocks of the Karalar-Yeşiller area, Northwest Anatolia. Bull.Volc., 40, 336-360.
- Li Y. Ve Lui J., 2006, Calculation of sulfur isotope fraction in sulfides, Geochim. Cosmochim. Acta 70, 1789-1795
- McKibben M. A. Ve Eldridge C. S., 1990, Radical sulphur isotope zonation of pyrite accompanying boiling and epithermal gold deposition : A SHRIMP study of the Valles caldera, New Mexico, Economic Geology 85, 1917-1925

- Okay, A. İ., Siyako, M. and Burkan, K. A., 1990, Biga Yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi: TPJD Bült., 2/2, 83-121.
- Okay, A. İ. and Satır, M., 2000, Coeval plutonism and metamorphism in a Latest Oligocene metamorphic core complex in Northwest Turkey, Geol. Mag, 137/5. 495-5161.
- Önal, M., 1986. Gelibolu yarımadasındaki iki ana kayanın organik jeokimyası ve kil mineralleri ile incelenmesi. T.J.K. Bülteni, 29/1, 97-104.
- Rollinson H. R., 1993, Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Longman, Harlow, 352
- Schmid, R., 1981. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: Recommendations of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks, Geology, 9, 41-43.
- Siyako, M., Bürkan, K. A., Okay, A., 1989, Biga ve Gelibolu Yarımadaalarının Tersiyer Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları: TPJD Bült., C. 1/3, 83-121
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., 1981, Türkiye’de Tetisin Evrimine Levha Tektoniği açısından bir yaklaşım TJK yayınları, cilt :10
- Tolun, E. ve Baykal, F., 1960. Çanakkale-Lapseki-Umurbey-Koru Deresi Cu-Pb-Zn yataklarına ait rapor. M.T.A. Rap. No: 456.
- Yanagiya, K. ve Sato, J., 1989. Report on the mineral exploration in the Çanakkale area Republic of Turkey. M.T.A. Raporu, No: 8999. Phase I-II. 132 p.
- Yardley B. W. D., 2005, Metal concentrations in crustal fluids and their relationship to ore formation, Economic Geology, 100 (4), 613-632
- Yiğit O., A prospective sector in the Tethyan Metallogenic Belt: Geology and geochronology of mineral deposit in the Biga Peninsula, NW Turkey, Ore Geology Reviews 46, 118-148
- Yıldız, B., Yalçınkaya Ünal, N. K., Kılıç, S., Keskinler, S. Y., 2008. Kuru Pb- Zn- Ag Cevherleşmeler,, Biga Yarımadası, Türkiye. Türkiye Kurşun Çünko

Yataklarının Jeolojisi, Madenciliği ve Mevcut sorunları Sempozyumu
Bildirler Kitabı , 69-99

Yılmaz, H., Oyman, T., Sönmez, F.N., Arehart, G.B., Billor, Z., 2010, Intermediate sulfidation epithermal gold-base metal deposit in Tertiary subaerial volcanic, Sahinli/Tespil Dere (Lapseki/Western Turkey): Ore Geology Reviews., 37/3, 4/236.