



T.C.

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DEREDAM (ZARA) POLİMETALİK (Pb-Zn-Cu-Au-Ag)
CEVHERLEŞMESİNDE SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ

GÖKHAN ÇANAKLITAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Esra ÜNAL ÇAKIR

AĞUSTOS-2023

YOZGAT

T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DEREDAM (ZARA) POLİMETALİK (Pb-Zn-Cu-Au-Ag)
CEVHERLEŞMESİNDE SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ

GÖKHAN ÇANAKLITAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Esra ÜNAL ÇAKIR

AĞUSTOS-2023

YOZGAT



YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ONAY FORMU

T.C.

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Enstitümüzün Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi GÖKHAN ÇANAKLITAŞ'ın hazırladığı “**Deredam (Zara) Polimetalik (Pb- Zn- Cu- Au- Ag) Cevherleşmesinde Sıvı Kapanım İncelemeleri**” başlıklı tezi ile ilgili tez savunma sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri gereğince 21 / 08 / 2023 Pazartesi günü saat 11:00' da yapılmış, tezin onayına oy birliği ile karar verilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Gülcan BOZKAYA

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Esra ÜNAL ÇAKIR

(Danışman)

Jüri Üyesi :Doç. Dr. Güllü KIRAT

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı Enstitü Yönetim Kurulu Kararı ile onaylanmıştır.

...../...../.....

Prof. Dr. Hasan Güner BERKANT

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan eder, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Gökhan ÇANAKLITAŞ

21/08/2023

ÖN SÖZ

Bu çalışma, Yozgat Bozok Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı programında “Deredam (Zara) Polimetalik (Pb-Zn-Cu-Au-Ag) Cevherleşmesinde Sıvı Kapanım İncelemeleri” konulu yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez konusunun belirlenmesi, çalışmanın yürütülmesi ve yazım aşamasında beni yönlendiren, tecrübelerini paylaşan ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Dr. Esra ÜNAL ÇAKIR’a,

Örnek alımı ve örnek hazırlama konusundaki yardımları için Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü’ne

Akademik çalışmalarımın her evresinde maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen Ailem’e teşekkür ederim.

Gökhan ÇANAKLITAŞ

21/08/2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DEREDAM (ZARA) POLİMETALİK (Pb-Zn-Cu-Au-Ag) CEVHERLEŞMESİNDE SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ

GÖKHAN ÇANAKLITAŞ

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ ESRA ÜNAL ÇAKIR

Orta-Kuzey Anadolu'da bulunan Sivas ili metalik maden yatakları ve endüstriyel hammaddeler açısından ülkemizde önemli bir yere sahiptir. Bölge Pontid ve Anatolid tektonik birliklerinin sınırında, Orta Anadolu Kristalen Kompleksinin doğu ucunda bulunmakla birlikte, Paleozoik'ten Kuvaterner'e kadar değişik yaş ve litolojide (metamorfikler, granitoidler, ofiyolitler, volkanik ve sedimanter kayalar) birçok birimden ibarettir. Çalışma alanı yakın civarında Akıncılar Formasyonu, Karataş Volkanitleri, Kösedag Siyeniti ve İsola Volkanitlerine ait litolojiler gözlenmektedir.

Bölgedeki cevherleşme çoğunlukla Orta-Üst Eosen yaşlı siyenitler içerisindeki breşleşmiş silisifiye zonlarda gözlenmektedir. Birimden alınan örneklerde pirit, kalkopirit, sfalerit, galenit, manyetit, hematit, rutil, fahlerz ve eser miktarda altın gözlenmektedir.

Sıvı kapanım incelemelerinde hidrotermal çözeltiler içerisinde NaCl, CaCl₂ ve MgCl₂ gibi tuzların bulunduğu, tuzluluk değerlerinin %NaCl eşdeğeri olarak ortalama %30 olduğu, çözeltinin ortalama sıcaklığının ise 390 °C olduğu belirlenmiştir. Yüksek homojenleşme sıcaklığı ve tuzluluk değerleri, farklı opak minerallerin (hematit ve kalkopirit) varlığı ve farklı kapanım türlerinin bir arada gözlenmesi cevherleşmenin porfiri tip bir cevherleşme olduğunu göstermektedir.

2023, xii+38 sayfa

Anahtar Kelimeler: Deredam, Naldöken Tepe, Zara, Altın, Cevherleşme, Sıvı kapanım

ABSTRACT

MASTER THESIS

FLUID INCLUSION INVESTIGATIONS OF DEREDAM (ZARA) POLYMETALLIC (Pb-Zn-Cu-Au-Ag) MINERALIZATION

GÖKHAN ÇANAKLITAŞ

**YOZGAT BOZOK UNIVERSITY
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
DEPARTMENT OF GEOLOGY ENGINEERING**

SUPERVISOR: ASST. PROF. DR. ESRA ÜNAL ÇAKIR

Sivas province in Central-Northern Anatolia has an important place in our country in terms of metallic mineral deposits and industrial raw materials. Although the region is located on the border of Pontide and Anatolide tectonic deposits, at the eastern end of the Central Anatolian Crystalline Complex, it consists of many units of different ages and lithologies (metamorphics, granitoids, ophiolites, volcanic and sedimentary rocks) from Paleozoic to Quaternary. In the vicinity of the study area, lithologies belonging to Akıncılar Formation, Karataş Volcanites, Köseadağ Syenite and Isola Volcanites are observed. Mineralisation in the region is mostly observed in the brecciated silicified zones within the Middle-Upper Eocene aged syenites. Pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena, magnetite, hematite, rutile, fahlore and trace amounts of gold are observed in the samples taken from the unit.

In the fluid inclusion studies, it was determined that salts such as NaCl, CaCl₂ and MgCl₂ were present in the hydrothermal solutions, the salinity values were approximately 30% (as %NaCl equivalent) and the temperature of the hydrothermal solution was approximately 390°C. The high homogenisation temperature and salinity values, the presence of different opaque minerals (hematite and chalcopyrite) and the observation of different phase types of inclusions together indicate that the mineralisation is a porphyry type mineralisation.

2023, xii+38 Pages

Keywords: Deredam, Naldöken Tepe, Zara, Gold, Mineralisation, Fluid inclusion

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAY SAYFASI	ii
TEZ BEYANI.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	1
1.2. İnceleme Alanının Tanıtımı.....	1
1.3. Önceki Çalışmalar.....	2
2. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ.....	9
3. MADEN JEOLJİSİ.....	15
3.1. Yataklanma Şekli ve Yapısal Özellikleri	15
3.2. Cevherleşmenin Mikroskopik Özellikleri.....	18
4. SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ.....	25
4.1. Kapanımların Morfolojik Özellikleri	27
4.2. İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri (TFM)	29
4.3. Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri (TMICE).....	29
4.4. Homojenleşme Sıcaklı Ölçümleri (TH).....	29

	<u>Sayfa</u>
4.5. Sıvı Kapanım Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	30
5. ELEMENT JEOKİMYASI.....	31
5.1. Genel Bilgiler	31
5.2. Analiz Sonuçları ve Değerlendirme.....	31
6. SONUÇLAR.....	35
7. KAYNAKLAR.....	36



ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. Naldöken Tepe (Deredam) cevherleşmesinden alınan farklı örnekler içerisindeki kuvars kristallerindeki sıvı kapaçnımlara ait ölçüm değerler.	29
Çizelge 5.1. Naldöken Tepe-Deredam cevherleşmesi kayaç örneklerinin major oksit içerikleri (%).....	32



ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Yer bulduru haritası.....	2
Şekil 2.1. Çalışılan bölgenin yakın çevresinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası	10
Şekil 2.2. İnceleme alanı stratigrafik kesiti	11
Şekil 2.3. Karataş volkanitlerinden bir görünüm	11
Şekil 2.4. İsola volkanitlerinden bir görünüm	13
Şekil 2.5. Serizitleşmiş ortaklazların gözlendiği siyenitten bir görünüm	13
Şekil 2.6. Örneklerde yaygın gözlenen potasik alterasyon görünümü.....	14
Şekil 2.7. Serizitleşmiş plajiyoklaslar.....	14
Şekil 3.1. Naldöken Tepe civarı jeoloji haritası.....	16
Şekil 3.2. Naldöken Tepe'ye güneybatıdan bakış.....	17
Şekil 3.3. Alterasyon haritası.....	17
Şekil 3.4. Saçınımlı küçük kristalli piritlerden (pirit I) görünüm.....	19
Şekil 3.5. Kalkopirit – pirit – sfalerit dokanağından görünüm.....	19
Şekil 3.6. Fahlerz ve pirit dokanağından görünüm.....	20
Şekil 3.7. Serbest kovellin ve piritlerden görünüm.....	20
Şekil 3.8. Kalkopirit ve rutil dokanağından görünüm.....	21
Şekil 3.9. İğnemsî şekilli rutiller.....	21
Şekil 3.10. Hematit ve manyetitlerin görünümü.....	22
Şekil 3.11. Manyetit kristali içerisinde gözlenen ince hematit lamelleri.....	22
Şekil 3.12. Kovelline dönüşmüş kalkopiritler.....	23
Şekil 3.13. Kuvars damarı içerisinde gözlenen altın kristali.....	23

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.1. Sıvı kapanım türlerinin mikroskop altında görünümü.....	26
Şekil 4.2. Hazırlanan iki yüzü parlatılmış sıvı kapanım kesitlerinden görünüm.....	27
Şekil 4.3. Sıvı kapanımları içinde gözlenen a-b: gazca zengin iki fazlı; c-d: iki fazlı; e-f: çok fazlı kapanım türleri.....	28
Şekil 4.4. Kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı (TH) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.....	30
Şekil 5.1. Major oksitlerden yararlanılarak hazırlanan silis/alkali diyagramı.....	33
Şekil 5.2. İnceleme alanından alınan kayaç örneklerine ait major element (K_2O , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 , MgO) - SiO_2 değişim diyagramları.....	34

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış simgelerin kısaltmaları ve açıklamaları birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

Au

Altın

CaCl₂

Kalsiyum klorür

CO₂

Karbondioksit

Cu

Bakır

H₂O

Su

MgCl₂

Magnezyum klorür

MgO

Magnezyum oksit

NaCl

Sodyum klorür

Pb

Kurşun

Zn

Çinko

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

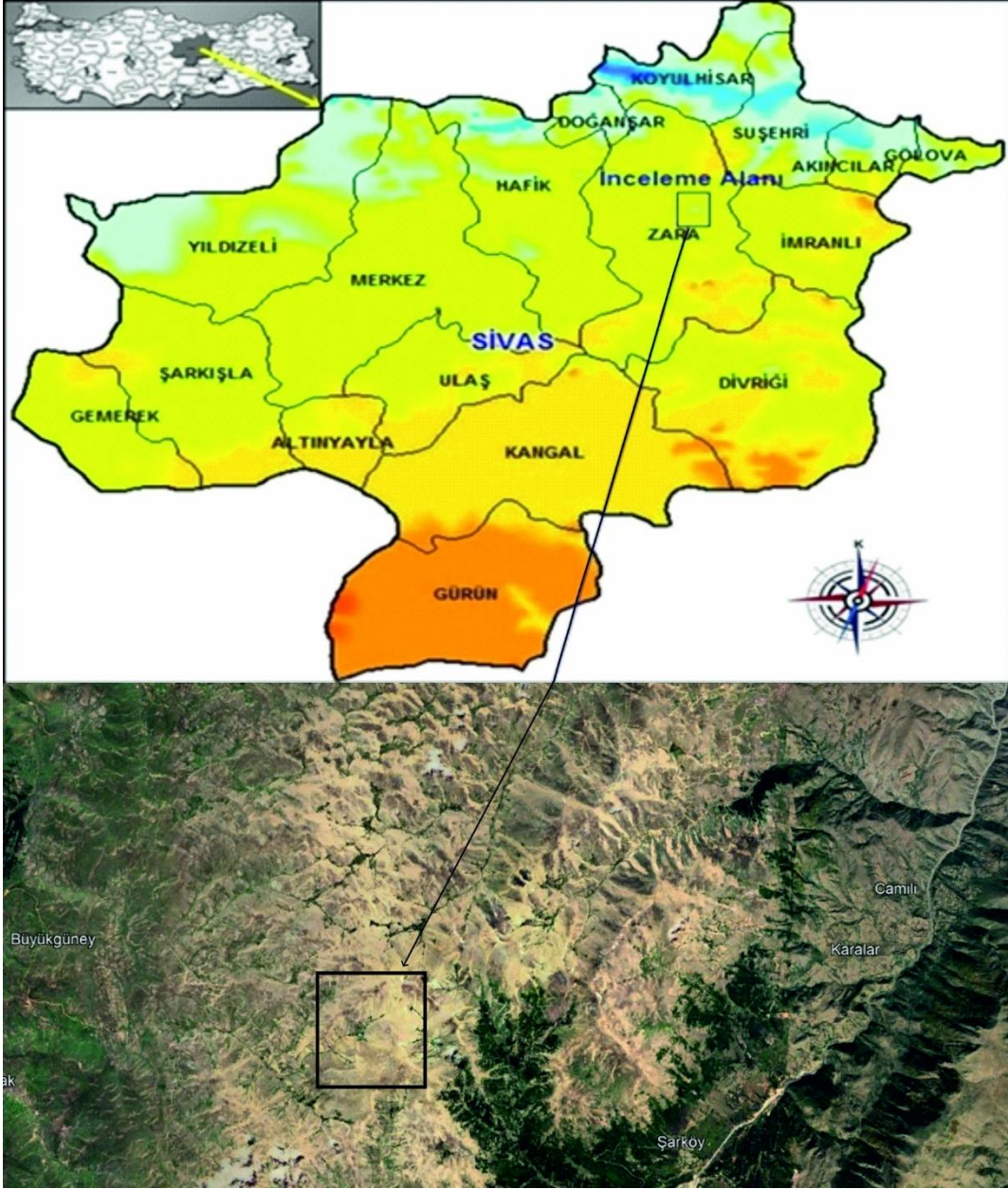
Sivas ili hem metalik maden yatakları hem de endüstriyel hammaddeler açısından ülkemizde önemli bir yere sahiptir. Zara-Suşehri arası bölge ise son zamanlarda maden arama faaliyetlerinin yoğunluk kazandığı bölgelerden biridir.

Yapılan bu tez çalışmasının amacı, Deredam köyü Naldöken Tepe yakınında bulunan cevherleşmenin temel jeolojik özelliklerini, yan kayaçların dokusal ve mineralojik özelliklerini ve cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin özelliklerinin belirlenmesidir.

Çalışmanın amacı doğrultusunda yaklaşık 10 km² lik bir alanın 1/10000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış, MTA Genel Müdürlüğü Maden Etütleri Dairesi tarafından yapılan 4 adet sondajdan ve cevherleşme yakın çevresinden örnekler alınmıştır. Elde edilen bulgular değerlendirilerek cevherleşmenin kökeni ve oluşum koşulları belirlenmeye çalışılmıştır.

1.2. İnceleme Alanının Tanıtımı

İnceleme alanı 1/25000 ölçekli Giresun H39-c3, Divriği İ39-b2 pafta sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1). Bölge, Orta-Kuzey Anadolu'ya ait karakteristik topoğrafik özellikler göstermekte olup, yer yer sarp ve engebelidir. İnceleme alanı yakın civarında yükseltileri 1500 m ile 2700 m arasında değişen Naldöken tepe (2698 m), Göbiş tepe (2412 m), Kurt tepe (2529 m), Dönelin taş tepe (2706 m) ve Cinoğluyurdu tepe (2654 m) gibi yüksek tepeler ve dere yatakları sarp bir topoğrafyaya neden olmaktadır. Bölge yazları kurak ve sıcak, kışları bol kar yağışlı ve soğuk, karasal iklim özellikleri göstermekte olup bitki örtüsünce fakirdir.



Şekil 1.1. Yer bulduru haritası.

1.3. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı ve yakın çevresinde ağırlıklı olarak genel jeoloji çalışmaları yapılmış olup hem bu çalışmalar hem de maden jeolojisi amaçlı çalışmalar aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Kurtman (1961), Sivas ile Divriği arasındaki sahanın jeolojisi ile ilgili yaptığı çalışmada bölgedeki birimleri ayırtlayıp, bölgenin Paleozoyik, Kretase, Eosen ile Miyosen sonu olmak üzere dört kez kıvrımlandığını belirtmiştir.

Nebert (1961), Kelkit çayı ve Kızılırmak nehirleri arasındaki bölgenin jeolojisini incelediği çalışmada, bölgedeki Eosen fliş dizisinin konglomera, kumtaşı, marn, kumlu marn, kalkerli marn ile volkanitlerden oluştuğu ve uyumsuzlukla üzerine Refahiye serpantin zonunun geldiğini belirtmektedir. Araştırmacı “İmranlı volkanik bölgesi” olarak adlandırdığı Eosen volkanitlerinin Pontik bölgeye (litoloji, stratigrafi ve yapısal özellikler açısından) dahil olduğunu ve bu bölgede de bazaltik ve andezitik kayaların yaygın olarak gözlendiği, Eosen yaşlı flişin volkanik masifler arasından erozyon pencereleri şeklinde adalar halinde yükseldiğini öne sürmektedir.

Kurtman (1973), Sivas-Hafik-Zara ve İmranlı bölgelerinde Tersiyer’in, Üst Kretase üzerine uyumsuz olarak geldiğini ve Paleosen yaşlı kalker tabakaları, Eosen yaşlı volkanik arakatlı fliş, Oligosen yaşlı jipsli kumtaşları ve silttaşları, Miyosen yaşlı jipsli kumtaşları, kalker ve marn ve Neojen yaşlı kaba taneli tatlı su kalker tabakalarından meydana geldiğini belirtmektedir. Bölgede kıvrımlanma yapılarının yoğun bir şekilde gözlendiğini ve bölgenin yükselim alanları arasındaki bir gerilim alanı olduğunu belirtmektedir.

Tokel (1977), Doğu Karadeniz Bölgesinde yaptığı çalışmada Tersiyerdeki volkanizmanın andezit, dasit ve piroklastiklerden meydana geldiğini, volkaniklerin silisyumca doymuş, sodik ve Al_2O_3 içeriği yüksek kalkalkalen serinin kalsik ucunda bulunduğunu tespit etmiştir. Elde ettiği verilerden yola çıkarak, bölgedeki Eosen volkanikleri kimyasal bileşimlerinin güncel litosfer yitim zonlarından itibaren oluşmuş volkaniklerin bileşimlerine benzediğini öne sürmüştür.

Kalkancı (1978), Zara-Suşehri (Sivas) bölgesinde yaptığı jeolojik incelemede tabanın Alt Kretase yaşlı serpantinleşmiş ofiyolit ve ultrabazik masifle başladığını, üzerine Lütesiyen’den Priaboniyen’e kadar kalın bir volkano-sedimanter istifin geldiğini, üzerinde Priaboniyen yaşlı andezitik volkaniklerin bulunduğunu ve bu volkanizmadan sonra siyenitik bir masifin oluşması ile sonlanan plütonik aktivitenin varlığını belirlemiştir. Siyenitik masifi; kenar fasiyesi (monzonitik siyenit), kuvarslı siyenit ve Biyotitli siyenit olmak üzere üç fasiyese ayırmıştır. Rb-Sr yaş tayini analizlerinden kuvars siyenitin 42 ± 4 m.a. biyotitli siyenitin $37 \pm 2,6$ m.a. yaşlı olduğunu belirtmiştir. Çalışmada porfirik andezitlerin (Priaboniyen) üst manto kökenli, kuvarslı siyenitin üst manto-kabuk kökenli, biyotitli siyenitin kabuk kökenli magmalardan oluştuğu ve magma kökeninin zamanla üst manto → manto-kabuk sınırı → kabuk yönünde bir gelişme gösterdiği ifade edilmektedir. Ayrıca keratofirik ve riyolitik karakterli volkanizma ile magmatik faaliyetlerin devam ettiği ve Priaboniyen’de görsel sediman çökelimlerinin olduğu söylenmiştir. Bölgede blend, pirit,

galenit, kalkopirit, stibnit ve pirolüsit içeren kuvars, barit ve limonitli filonlarının ve bakır (nabit bakır-tenorit-kuprit-malahit-azurit) zuhurlarının bulunduğunu belirtmektedir.

Yılmaz (1981a), Tokat ve Sivas arası bölgede ofiyolit karmaşığının iç yapısını ayrıntılı bir şekilde incelemiş ve doğu-batı uzanımlı ofiyolit karmaşığının ağırlıklı olarak serpantin olmakla birlikte tüften ve aglomeralardan oluşan bir hamur ve bu hamurun içinde mermer, fillit, kristalleşmiş kireçtaşı, radyolorit ve Üst Jura-Alt Kretase yaşlı tortullar ile Senomoniyen yaşlı pelajik kireçtaşı, peridotit, gabro, diyabaz bloklarından oluştuğunu belirtmiştir.

Yılmaz (1981b), Tokat ile Sivas arasındaki bölgede bazı volkanik kayaların petrokimyasal özelliklerini incelemiş ve volkanikleri üç gruba ayırmıştır. I. Grup volkanitler ofiyolitik karışık içinde yer almakta ve okyanus ortası sırt bölgesi toleyitik kayalarına benzer özellikler göstermekte, II. grup volkanitler Üst Kretase yaşlı olup yitim zonlarında oluşan volkanik kayalara benzer özellikler göstermektedir. Bu grup volkanik kayaların ada yayı oluşumunun ilk evresini ve devamını niteleyen kalkalkalen karakterli olduğunu, Eosen veya muhtemelen daha genç yaşlı III. grup volkanik kayaların ise kalkalkalen kayaların farklılaşmasının son ürünü olduğunu söylemektedir.

Gökçen (1981), Zara-Hafik sahasında yaptığı çalışmada, Celalli-Karayün çevresindeki Oligosen yaşlı istifin üst seviyelerinde ve jipsli serinin tabanında bulunan marnlardaki fosillerden Miyosen yaşını elde etmiştir. Araştırmacı ayrıca, Eosen yaşlı istifte yanal devamlılıklı petrolü kanal dolgularının varlığından bahsetmektedir.

Gökçen (1982), Refahiye ve Zara-Hafik bölgelerinde Eosen filişini incelemiş, Refahiyedeki kumtaşlarının çoğunlukla ultrabazik-ofiyolitik kayalardan, Zara-Hafik yöresindeki arenitlerin ise asidik karakterli magmatik ve metamorfik kayalardan türediğini belirtmiştir. Çalışmada, Refahiye ve civarında okyanusal kabuk, Sivas-Hafik çevresinde ise kıtasal kabuk kayalarından bir getirimin söz konusu olduğu öne sürülmüştür.

Gökçen ve Kelling (1982), Zara-Hafik bölgesinde Oligosen yaşlı birimleri dört bölüme ayırmış ve bu birimlerin 900 m kalınlığa ulaştığını belirtmişlerdir. Selimiye Formasyonu'nun tabanda mikritik kireçtaşları ve jipsle başlayıp, üste doğru kahverengi kumtaşları, çamurtaşı- kumtaşı ile devam edip en üstte kırmızı renkli kumtaşı ve çamurtaşları ile sonlandığını belirtmişlerdir.

Özçelik ve Altunsoy (1992), Zara-Sivas bölgesi Bolucan yöresinde Oligosen yaşlı Selimiye formasyonunun petrolojisini inceledikleri çalışmada birimin jips, kumtaşı, marn, ve

dolomitik kireçtaşlarından oluştuğunu, kumtaşlarında illit, klorit ve kaolinit gibi kil mineralleri ile biyotit, klorit, piroksen, muskovit ve demir oksit içeriği yüksek opak mineraller gibi ağır minerallerin varlığını belirlemişlerdir.

Boztuğ vd. (1994), Köseadağın (Suşehri-Sivas) doğusunda plütonun iki fasiyese ayrıldığını belirtmektedirler. Bu iki fasiyesten ana kütleli (orta-kaba taneli) oluşturan kısmın, siyenit, kuvars-siyenit ve daha az monzonitik bileşimli kayaçlardan oluştuğu, ana kütleli kısmın içerisinde küçük sokulumlar şeklinde siyenitik kayaçlardan oluşan ince taneli kısmın sokulum yaptığını belirtmektedirler. Araştırmacılar Köseadağ plütonunun, Neo-Tetisin kuzey kolunun kuzeye doğru yitimine bağlı gelişen çarpışmayla ilişkili kabuk kalınlaşmasının sonlarında, pasif kenarda meydana gelen gerilme rejimi ile gelişebilecek olan manto yükseliminden malzeme alan ve alt kabuktan da kirlenen bir petrojenez mekanizmasına sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Çubuk ve İnan (1998), Sivas havzasında İmranlı ve Hafik güneyinde yaptıkları çalışmada, Tersiyer yaşlı Sivas havzasının, Geç Eosen'de Kuzey-Güney sıkışmasına maruz kaldığını Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı jipslerin Erken Miyosen'de ilk tuz yükselim periyodunu başlattığı, Geç Pliyosen'e kadar tuz tektoniğinin havzada yoğun bir şekilde sürdüğü ve havzada bu dönemde birçok kıvrım ve bindirmeler ile bunlarla ilişkili tuz yükselimlerinin oluştuğunu belirtmektedirler.

Ocakoğlu (1999), Zara ve Bolucan bölgelerinde yaptığı çalışmada bölgede büyük tektonik hatlar ve evaporitlerde bir dizi sünümlü deformasyonun varlığından bahsetmiştir. Evaporitlerdeki sünümlü deformasyonda bölgede Geç Miyosende Kuzey-Güney doğrultulu bir sıkışma rejiminin etkili olduğu, Oligosen yaşlı Hafik jipslerinin yayılımının burada önemli bir rol oynadığı ve Geç Miyosen yaşlı volkanizmanın evaporitlerdeki ağdalılığı azaltan bir etmen olduğu ifade edilmiştir.

Efe ve Gökçe (1999), Maden köyü civarındaki kurşun-çinko yataklarında yaptıkları çalışmada, bölgedeki Pb-Zn yataklarının K45-50°B, 80-85°KD konumlu, Maden Volkanitleri'ni ve Köseadağ Siyeniti'ni kesen fay zonları boyunca oluşmuş damar tipi cevherleşmeler olarak tanımlamışlardır. Araştırmacılar cevherleşmelerde sfalerit, galenit, kalkopirit, fahlerz, polibasit-pearseit, pirit, arsenopirit, bornit, molibdenit, manyetit ve hematit gibi cevher minerallerinin yanı sıra kuvars ve barit gibi gang minerallerinin varlığından bahsetmektedirler. Kuvarslarda yaptıkları mikrotermometrik incelemelerde üç grup kapanımın olduğunu, çözeltide tuz cinsi olarak NaCl bulunduğunu, çözeltinin birinci

grup kapanımlarda düşük tuzlulukta (ort. % 3.61), ikinci grup kapanımlarda yüksek tuzlulukta (ort. % 8.76), üçüncü grup kapanımlarda ise düşük tuzlulukta (ort. % 3.03) olduğunu belirtmektedirler. Homojenleşme sıcaklığı ölçümlerine göre, 1. Grup kapanımlarda ortalama 338.1 °C sıcaklık, 2. Grup kapanımlarda ortalama 247.8 °C sıcaklık, 3. Grup kapanımlarda ise ortalama 205.6 °C sıcaklık ölçülmüş ve üç kapanım türünde sıcaklığın kademeli bir şekilde düştüğü belirtilmiştir.

Ocakoğlu (2001), Zara'nın güneydoğusunda yaptığı çalışmasında bölgede bulunan denizel Karacaören Formasyonunun (Erken-Orta Miyosen) iki adet transgressif-regressif çevrim sürecinde çökelmiş yaklaşık 100 metre kalınlığında bir sedimanter istiften oluşmuş olduğunu belirtmiştir. Bu sedimanter çökelimli istifin çoğunlukla fosilli çamurtaşı, daha az miktarda ise kireçtaşı ve yumrulu jipslerden oluştuğunu, evaporitik istifin dağılım deseninden evaporasyonun Sivas Havzası'nın orta ve doğu kesimi boyunca etkili olduğu ve bu dönemde, güneydeki yaygın kıyı sabkalarından kuzeye doğru uzanarak derinleşen resifal-çamurlu şelf ile biçimlenen bir paleocoğrafyanın geliştiği belirtilmektedir.

Çiftçi (2002), Kızıldağ (Sivas) Ofiyolitlerinin eser element içeriklerini incelemiştir. Kızıldağ (Sivas) Ofiyolitlerinin genel olarak serpantinleşmiş dunit-harzburgit; verlit; gabromikrogabro; meta - bazalt ve spilitik bazaltlardan oluştuğunu belirtmiştir. Bu birimlerin Neojen magmatizması ürünleri (granit, aplit, andezit, bazalt vb.) tarafından kesildiğini belirtmiştir. Kızıldağ ofiyolitlerinin içindeki Ni zenginleşmelerinin, nikel - sülfürlere bağlı olarak geliştiği ve Nikel'in % 0.46'ya kadar zenginleşme (ultramafik kayalarda genellikle % 0.2-0.3 oranlarında bulunur) gösterdiği, işletilebilir nikel zenginleşmelerinin bulunabilmesi için detay çalışma yapılmasının faydalı olabileceği belirtilmiştir.

Başbüyük (2006), Zara-İmranlı-Suşehri-Şerefiye yörelerindeki Eosen yaşlı siyenit ve volkanikler içerisinde kaolin oluşumlarını mineralojik-petrografik ve jeokimyasal açıdan incelemiştir. Hidrotermal bozunmanın sadece Karataş volkanitleri ile Köseadağ siyenitini etkilediği, alunitlerde yapılan K/Ar radyometrik yaş tayini yöntemi ile bozunmanın yaşının 38.0 ± 0.9 my olduğu belirtilmiştir. Silisli şapka ile örtülen kaolinit yataklarının demir oksit, alunit ve diğer kil minerallerince zengin seviyeler içerdiği ve bunların sınırlarının keskin olmadığı belirtilmektedir. Siyenitik ve volkanik kayalarda üç tip hidrotermal bozunma türü ayırt edilmiştir, bunlar piropilitik, fillik/serizitik ve arjilitik bozunmalardır. Yazarlar Orta-Üst Eosen magmatiklerin alkali karakterli, muhtemelen üst kıtasal kabuksal kirlenmeye

uğramış üst manto malzemesinin fraksiyonel kristalleşmesi ile oluşmuş, çarpışma ile eş zamanlı veya çarpışma sonrası levha içi magmatizmayı temsil ettiğini belirtmişlerdir.

Arslan (2012), Zara (Sivas)'da bulunan Cr cevherleşmelerine ait jeokimyasal, mineralojik ve petrografik incelemeler yapmıştır. Çalışma alanında bulunan ofiyolitik kayaçların, serpantinleşmiş dunit-harzburjetrodenjit daykları ve breşik serpantinlerden oluştuğunu, kromit damarlarının serpantinleşmiş dunitler içerisinde çoğunlukla masif damarlar halinde gözlendiğini, kromitlerin Cr₂O₃ içeriğinin % 33.94 – 51.71 arasında değiştiğini belirtmiştir.

Özdemir (2016), Sivas'ın doğusundaki Karataş (Eosen) ve Şerefiye (Neojen) volkanitlerinin petrolojisini incelediği çalışmada Karataş volkanitlerinin bazaltik trakiandezit ve trakiandezitlerden oluştuğunu, Şerefiye volkanitlerinin bölgedeki en genç volkanik evreyi temsil ettiğini belirtmiştir. Daha önce farklı araştırmacılar tarafından Şerefiye bazaltı olarak adlandırılan birimin farklı litodem birimlerinden oluştuğunu ve Şerefiye volkanitleri olarak düzeltilmesinin daha uygun görüldüğünü belirtmiştir.

Canbaz (2018), Ağmaşat Yaylası (Zara - Sivas) çevresindeki alterasyon zonlarının jeolojik, mineralojik, jeokimyasal ve metalojenik özelliklerini incelediği çalışmasında Karataş volkaniklerinin alkali karakterli bazaltik andezit bileşimli lav ve piroklastiklerden oluştuğunu belirtmektedir. Hidrotermal alterasyon incelemelerinde, serizitleşme, karbonatlaşma, kloritleşme ve opaklaşma gibi alterasyon türlerinin belirlendiği belirtmektedir. Alterasyonların özellikle fay zonlarına olmak üzere, hidrotermal çözeltiler etkisiyle geliştiği, çözeltilerin Karataş Volkanikleri ile Köseadağ Siyeniti'nin dokunağı boyunca damar tipi ve piroklastik seviyelerde stratabound tipi cevherleşmeleri geliştirebilecek şekilde gelişmiş olabileceği belirtilmektedir. Pirit, kalkopirit, kübanit, bornit, kovellin, kalkosin, manyetit, galenit ve nabit altın gibi cevher minerallerinin gözlendiği belirtilmektedir. Ayrıca sıvı kapanım incelemelerinden; hidrotermal çözeltilerin NaCl+CaCl₂ tuzlarını içerdiği, tuzluluklarının % 12.4 ile 13.1 NaCl eşdeğeri arasında değiştiği ve homojenleşme sıcaklıklarının ise birincil kapanımlarda ortalama 259.5 °C, ikincil kapanımlarda ise ortalama 182.5 °C olduğu belirtilmiştir. Oksijen ve hidrojen izotopları jeokimyası incelemeleri, yöredeki hidrotermal mineral oluşumlarında ya magmatik ve meteorik kökenli suların karışımı sürecinin etkili olduğunu veya yöredeki magmatik kayaçlar içine sızan meteorik kökenli suların yöredeki magmatik kayaçlarla izotopsal etkileşim reaksiyonları sonucu oksijen izotopları bileşiminin değişmiş olabileceğine işaret edilmektedir.

Canbaz vd. 2020, Zara-İmranlı-Suşehri arasında yüzlek veren Karataş volkanitlerinin alkalın karakterli bazik-ortaç magma ürünleri olmakla birlikte bazaltik trakiandezit - trakiandezit ve trakitlerden oluştuğunu belirtmektedirler. Volkanizmada fraksiyonel kristallenmeye bağı olarak, bazaltik trakiandezitden trakite doğru kabuksal kirlenme etkileri gözlenmektedir. Yapılan incelemelerle volkanizmanın astenosferik mantodan ziyade zenginleşmiş litosferik mantodan itibaren oluştuğı belirtilmektedirler. Jeokimyasal verilerden, zenginleşmenin önemli bir kısmının dalım ile ilişkili sıvılarla ve az da olsa sedimanter malzeme katkısıyla geliştiğini bu durumun da, çarpışma öncesi, olası N-OOSB veya OAB'den itibaren gelişen ve kıtasal kabuk içine yükselen eriyiklerin, çarpışma sonrası açılmalı tektonizma ve/veya delaminasyon süreçleri ile yeniden aktif hale gelerek, genellikle üst kıtasal kabuk içerisinde olası kısmi ergimelere neden olduğu ve Karataş volkanitlerini oluşturduğu şeklinde açıklanabileceğini ifade etmektedirler.

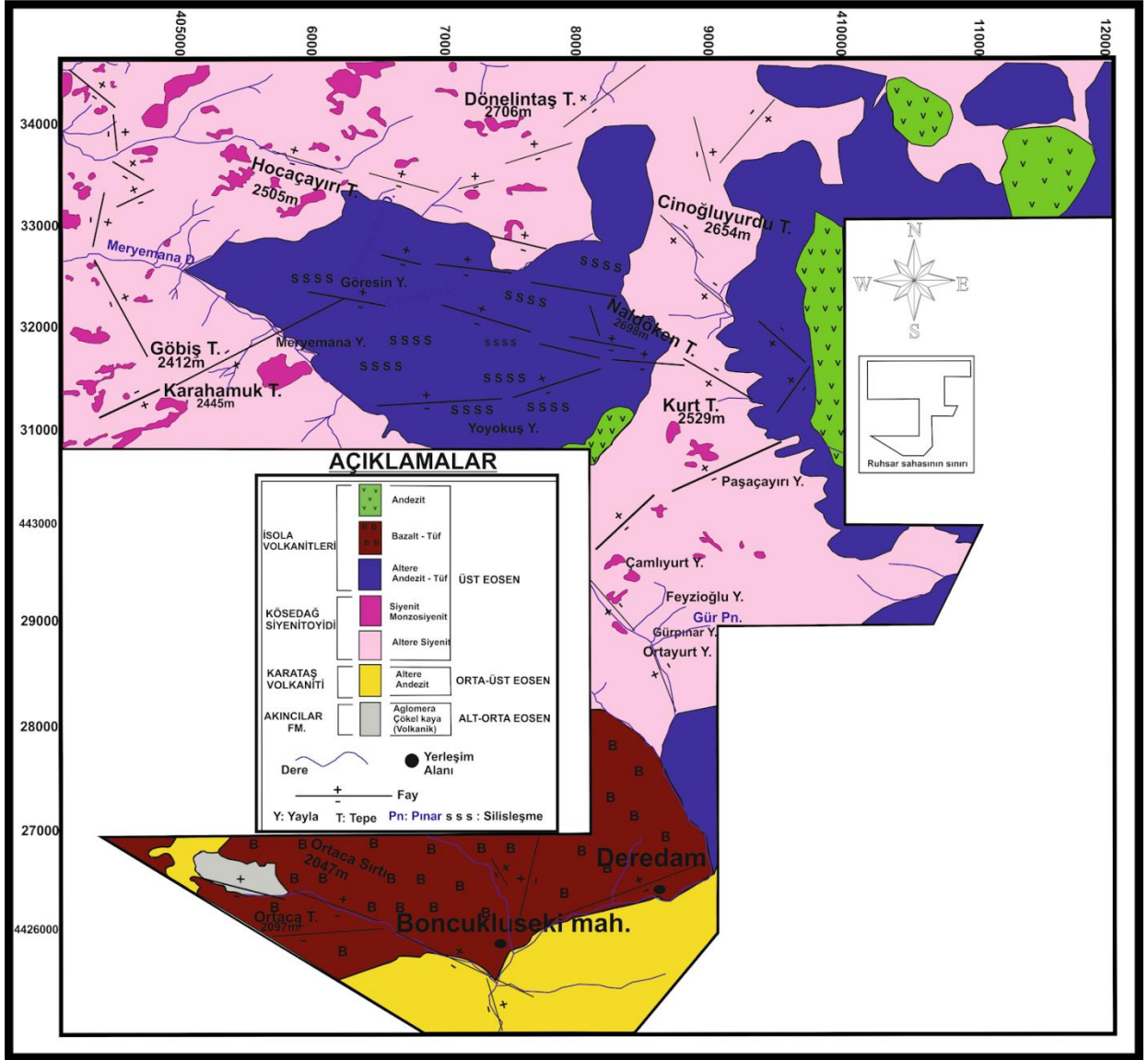
2. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

İnceleme alanı Sivas ili, Zara ile Suşehri ilçeleri arasında ve Köseadağ batolitinin güney-güneybatı bölümünde yüzeylemektedir. İnceleme alanı Orta-Kuzey Anadolu Bölgesinde bulunmakla birlikte farklı yaş, jeotektonik konum ve kayaç türlerine ev sahipliği yapmaktadır. Birim Ketin (1966) tarafından yapılmış tektonik sınıflamaya göre, Pontid ve Anatolitlerin sınırında, Okay ve Tüysüz (1999)'e göre, Kırşehir Masifinin en doğu ucunda İzmir - Ankara - Erzincan ve İç Torid kenetleri arasında, Göncüoğlu (2010)'na göre ise Orta Anadolu Kristalen Kompleksinin en doğu ucunda ve İAE zonunun güneyinde yer almaktadır. Bölgede Paleozoyikten Kuvaternere değişik yaş ve litolojide (metamorfikler, granitoidler, ofiyolitler, volkanik ve sedimanter kayaçlar) birçok birim yüzeylemektedir.

İnceleme alanı yakın civarında ise Akıncılar Formasyonu, Karataş Volkanitleri, Köseadağ Siyeniti ve İsola Volkanitlerine ait litolojiler gözlenmektedir (Şekil 2.1 ve 2.2).

Akıncılar Formasyonu; Yılmaz vd. (1985) tarafından adlandırılan birim, konglomera, kumtaşı, siltaşı, dolomit, tüflü kumtaşı, siltaşı, aglomera ve breşten oluşmaktadır. Birimin ilk volkanik evreye karşılık geldiği belirtilmektedir (Başbüyük, 2006). Fosil içeriğine bağlı olarak birimin yaşı farklı araştırmacılar tarafından; Lütesiyen (Kurtman,1973; Ulakoğlu 1985, 1986), Eosen (Yılmaz vd., 1985) ve Alt -Orta Eosen (Aktimur, 1986) yaşlı olarak belirtilmiştir. Başbüyük (2006) tarafından ise birimin yaşı kumtaşları içerisinde bulunan "Globorotalia sp" ve "globigerina sp" fosillerinden Orta-Üst Eosen olarak belirtilmiştir.

Karataş Volkanitleri; Birim Yılmaz ve diğ. (1985) tarafından, Karataş volkanitleri olarak adlandırılmakta ve birim bazalt, trakibazalt, bazaltik andezit, trakit, andezit, trakiandezit lav ve piroklastiklerden oluşmaktadır (Şekil 2.3). Lav akıntıları yer yer çok kalın akma düzlemleri içeren genellikle masif görünümlüdür. Birimin tabanını sedimanter, ofiyolitik ve volkanik kayaç parçacıkları içeren volkanik arakatlı sedimanterler oluşturmaktadır. Karataş volkanitlerinin bozulmamış kısımları genellikle yeşilimsi siyah, kahve-mor renkli olup yer yer belirgin çatlak sistemleri içermektedir (Başbüyük, 2006). Birim yüzeyde yoğun altere gözlenmektedir. Karataş volkanitleri, Köseadağ siyeniti ile ise sıcak-sıcak dokanak oluşturmaktadır. Kalkancı (1978) birimin yaşının Üst Eosen (Priaboniyen), Yılmaz vd. (1985) ise Orta-Üst Eosen olabileceğini belirtilmişlerdir. Başbüyük (2006), K/Ar yöntemiyle 38 ± 0.9 Ma yaş elde etmiştir ve buda Üst Eosen'e (Bartoniyen) karşılık gelip, bozuşma yaşını vermektedir.

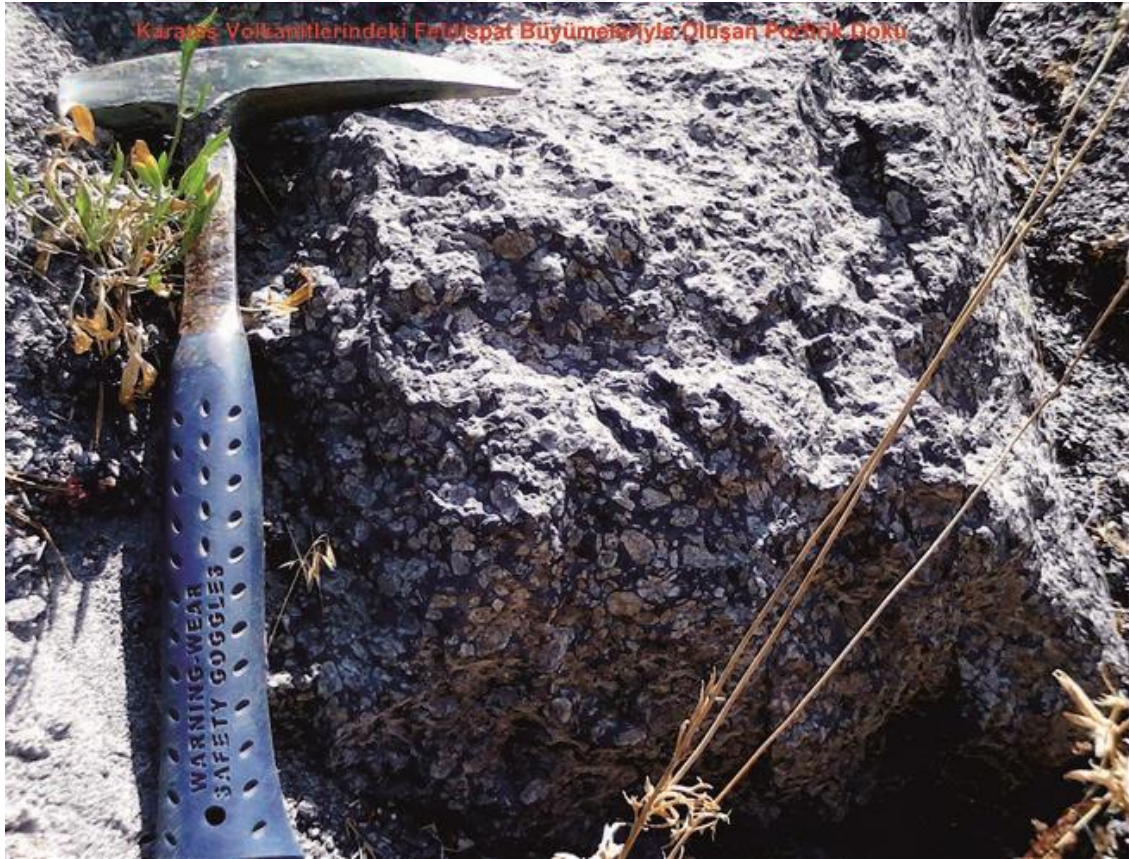


Şekil 2.1. Çalışılan bölgesinin yakın çevresinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası (Eryılmaz ve Haspolat 2019).

SERİ	BİRİM	KALINLIK (m)	LİTOLOJİK BİRİM	LİTOLOJİK AÇIKLAMALAR
QUVATERNER				
ÜST MİYOSEN PLİYOSEN	KADIKÖY FM.	500		Kiltaşı arakatlıları içeren orta-kalın tabakalı,gevşek çimentolu, turuncu-gri renkli çakıltaşı-kumtaşı araldanmalı Gri renkli kumtaşı katkılıları içeren beyaz-sarı renkli, ince-orta tabakalanmalı kireçtaşı-dolomit-kiltaşı araldanmalı
	ŞEREFİYE BAZALTI	50		Siyah renkli, üst seviyeleri bol gaz boşluklu bazalt
	İSOLA VOLKANİTİ	?		Yeşil-Kahverengi renklerde porfirik dokulu andezit-dasit +(riyolit-riyodasit)
ALT MİYOSEN	KIZIK FM.	500		Kumtaşı ve çakıltaşı arakatlıları sarımsı-gri renkli kireçtaşı,yer yer kumlu ve çakıllı kireçtaşı
	İBİK KAŞI	250		Sarımsı orta-ince tabakalı kireçtaşı ve kiltası/marn arakatlıları beyaz-gri renkli kalın tabakalı jips Kırmızı-turuncu renkli çakıltaşı
ORTA-ÜST EOSEN	KÖSEDAĞ SİYENİTOYİDİ KARATAŞ VOLKANİTLERİ	?		Kahverengi-gri renkli, bol eklemlili siyenit- kuvarsmonzosiyenit
	AKINLAR FORM.	250-500		Mor-yeşilimsi-siyah renkli porfirik dokulu bazaltik trakiandezit, trakit Siyah-gri-yeşil renkli kalın tabakalı aglomera Sarı renkli dolomit arakatlıları, gr-yeşil-siyah orta tabakalı kumtaşı, kahverengi-sarı-yeşil ince taneli, ince tabakalı tüflü kumtaşı-silttaşı Gri-siyah yeşil renkli kalın tabakalı çakıltaşı
ÜST KRETASE-PALEOSEN	REFAHİYE OFİYOLİTLİ KARİŞİĞİ	?		Yeşil-siyah renkli serpantinleşmiş, peridotit,serpantinitletler.

ÖLÇEKSİZ

Şekil 2.2. İnceleme alanı stratigrafik kesiti (Kurtman, 1973; Kalkancı, 1974; Yılmaz ve diğ., 1985; Uysal ve diğ., 1995; Başbüyük, 2006).

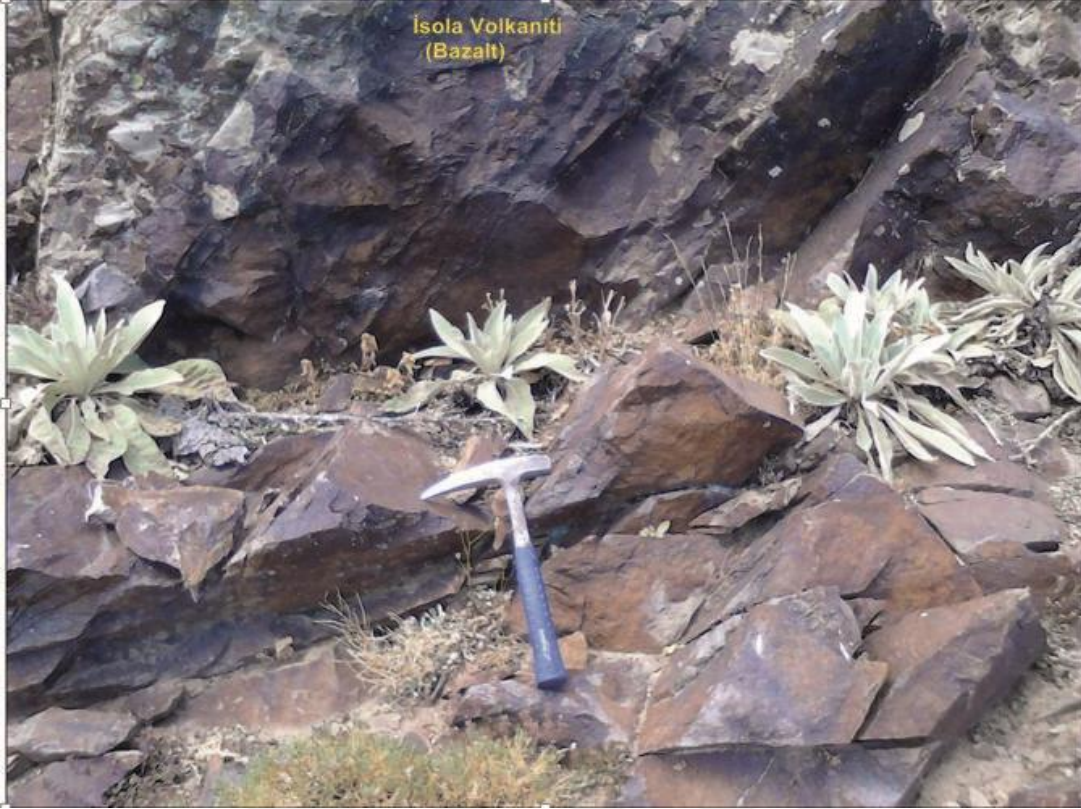


Şekil 2.3. Karataş Volkanitlerinden bir görünüm

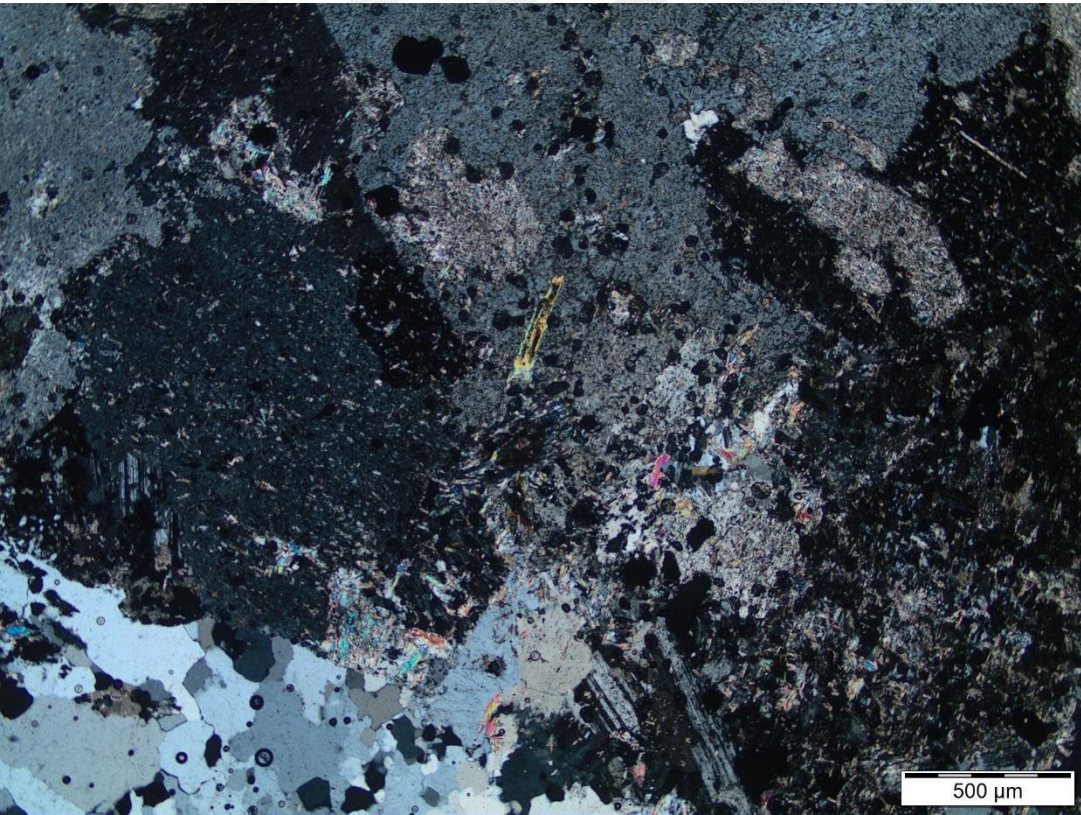
Kösedağ Siyeniti; Ulakoğlu (1985 ve 1986) tarafından, Kösedağ siyeniti olarak adlanan birim alkali feldispat siyenit, kuvarslı alkali feldispat siyenit, siyenit, kuvarslı siyenit ve monzonitlerden oluşmaktadır. Birimin taze yüzeyleri sarımsı pembemsi renkte olup altere olmuş bölümleri beyazımsı sarımsı renktedir. Genellikle kalın (0.5-2 m) soğuma düzlemleri (tabakaları) içerir (Başibüyük, 2006). Kösedağ siyenitinde Kalkancı (1974), Rb-Sr radyometrik yaş tayini ile, siyenitik masifin 42 ± 4 Ma, pegmatitik fasiyesin ise 37 ± 2.6 Ma yaşında olduğunu saptamıştır. Bu değerler Orta-Üst Eosen (Lütesiyen ve Bartoniyen) yaşına karşılık gelmektedir. Boztuğ vd. (2006) tek zirkon $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ yöntemi ile evaporasyon yaşını (magmanın yaklaşık 800 °C sıcaklığındaki yaşı) 52.1 ± 6.4 M.Y. ($n=4$, %95 conf. MSWD = 0.90) olarak belirlemiş olup, İpresiyen'e karşılık gelmektedir (Başibüyük, 2006). Karataş volkanitleri ile birimin sınırında, volkanitler içerisinde cm'den m'ye ulaşan onlarca damar (sokulum) bulunmaktadır (Başibüyük, 2006). Birimin üzerine uyumsuzlukla Onarı Formasyonu (Alt Miyosen) gelmekte olup bu birim inceleme alanı yakın civarında gözlenmemektedir.

İsola Volkanitleri; Yılmaz vd. (1985) tarafından İsola volkanitleri olarak tanımlanan birim tez çalışma alanı olan Deredam Köyü civarında Karataş volkanitleri içerisinde yüzeylenmektedir. Birim andezit ve bazalt lav ve tüflerinden oluşmaktadır (Şekil 2.4). İsola volkanitlerinin Kösedağ siyenitini keser durumda bulunması ve inceleme alanı dışında Oligo-Miyosen yaşlı Şebinkarahisar formasyonu üzerinde bulunması nedeni ile Miyosen veya daha genç yaşta olabileceği belirtilmiştir (Yılmaz vd., 1985, Başibüyük, 2006).

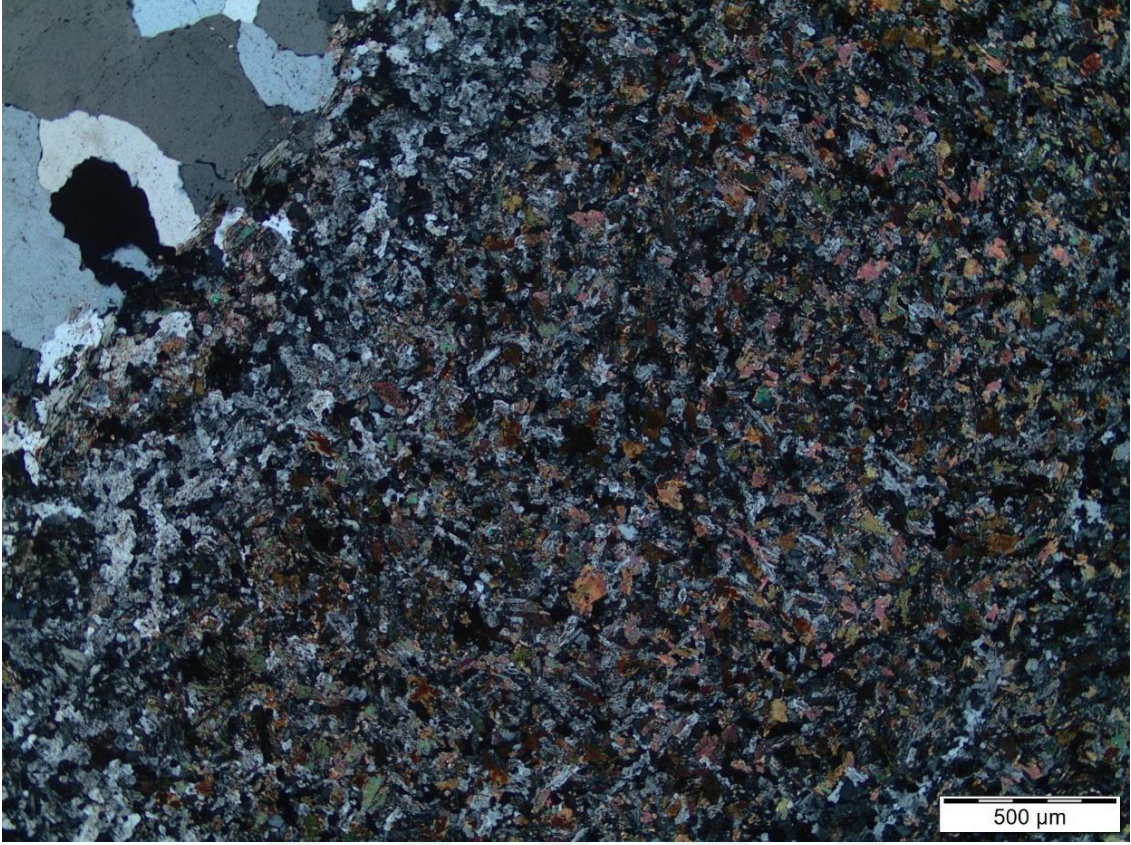
Yapılan petrografik incelemelerde alınan örneklerin çoğunlukla siyenit olduğu gözlenmiştir (Şekil 2.5). Örneklerde potasik alterasyon yaygın bir şekilde gözlenirken (Şekil 2.6), ortaklaz ve plajiyoklaslarda serizitleşme (Şekil 2.5 ve 2.7) ayrıca karbonatlaşma gözlenmiştir.



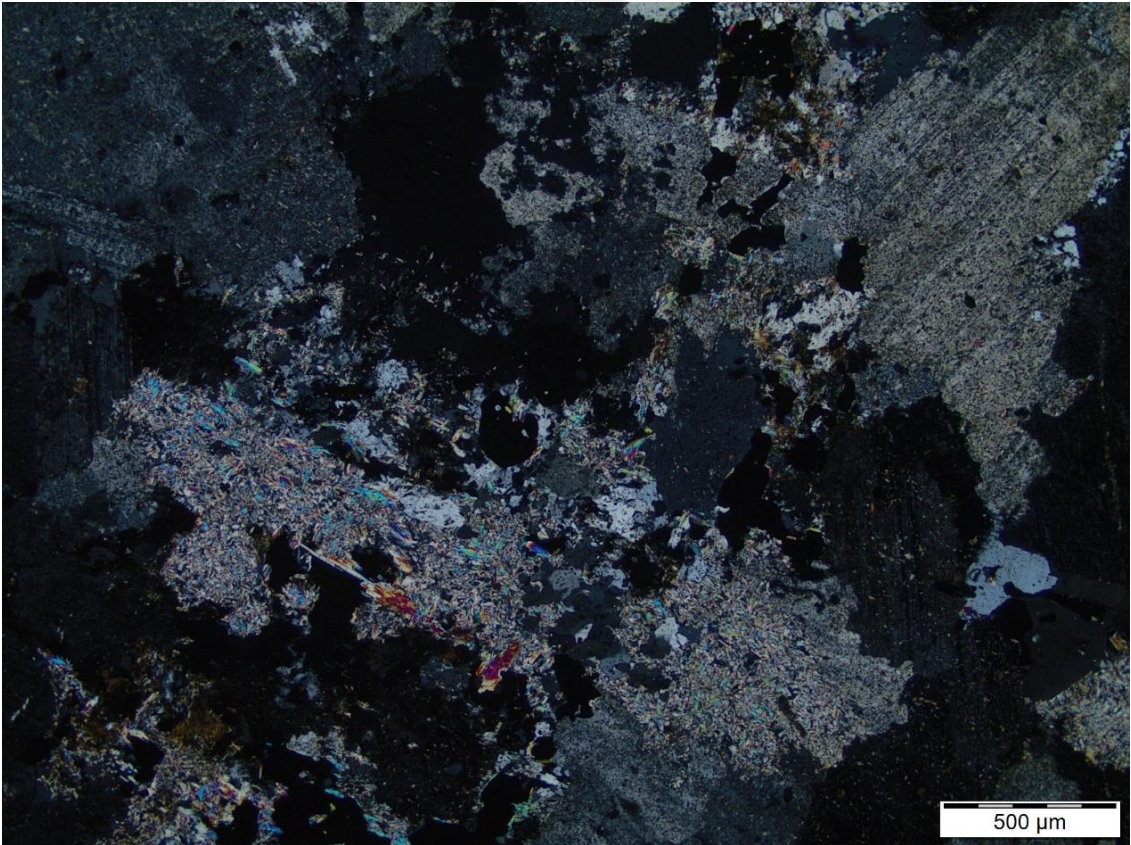
Şekil 2.4. İsola volkanitlerinden bir görünüm



Şekil 2.5. Serizitleşmiş ortaklazların gözleendiği siyenitten bir görünüm



Şekil 2.6. Örneklerde yaygın gözlenen potasik alterasyon görünümü



Şekil 2.7. Serizitleşmiş plajiyoklaslar

3. MADEN JEOLJİSİ

3.1. Yataklanma Şekli ve Yapısal Özellikleri

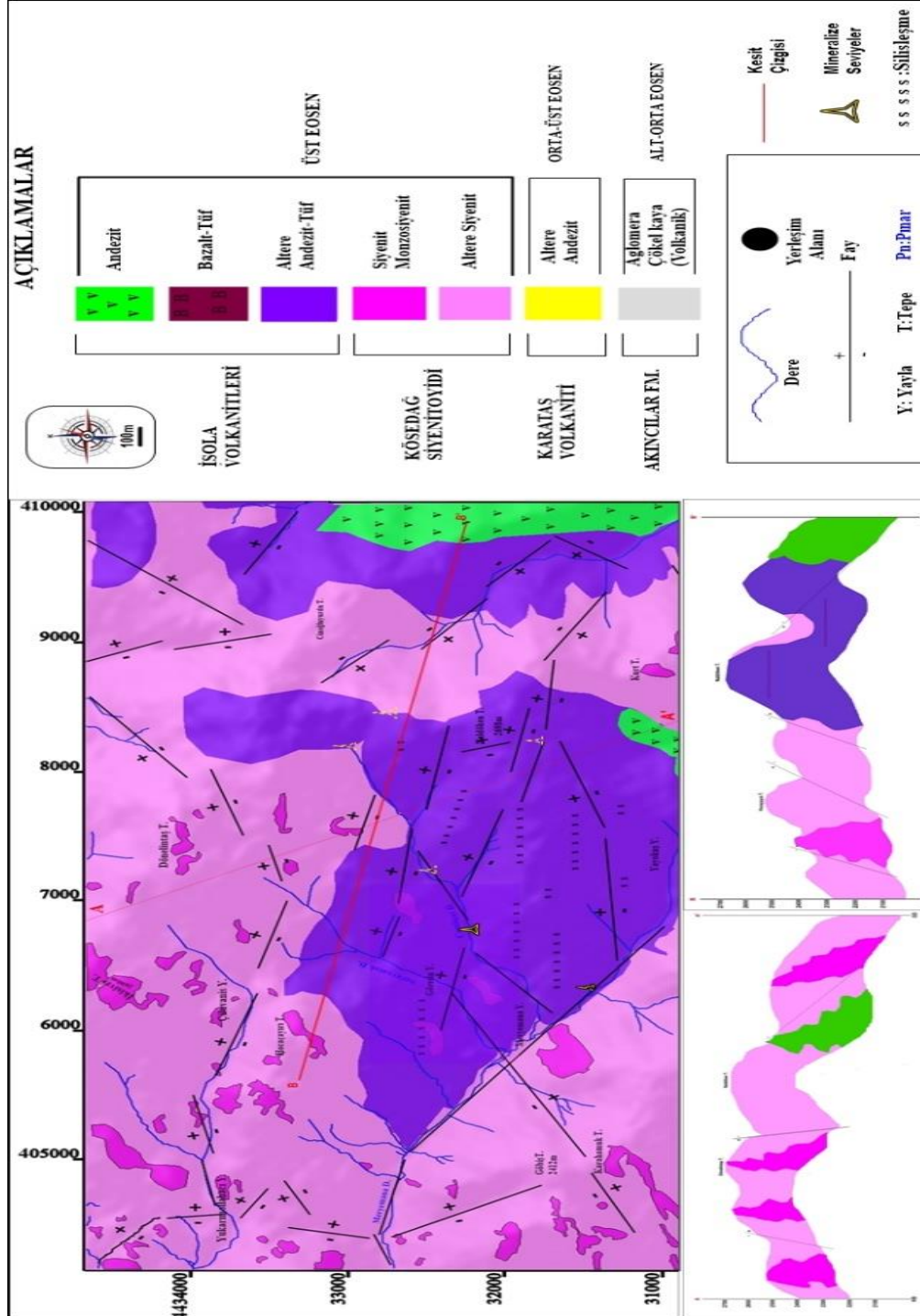
Kösedağ ve civarında çok sayıda damar tipi cevherleşme (Pb-Zn-Cu-Au-Ag) mevcut olup; Söğütluğul Pb-Zn-Ag, Tüylüdere polimetal, Aydınköy –Aksu Pb-Ag, Kaplan Cu-Pb-Zn, İkisivri mevkii Cu-Zn-Au ve Kaplan Yaylası polimetal cevherleşmeleri bilinen (yüksek sülfürlü) damar tipi cevherleşmelerdir. Deredam cevherleşmesi ise kurşun, çinko, bakır, altın ve gümüş element zenginleşmelerini içeren polimetalik bir cevherleşme olarak değerlendirilmektedir (Şekil 3.1 ve 3.2).

Bölgedeki mineralizasyon ve cevherleşme, Alt-Orta Eosen yaşlı volkanitler (andezit-dasit-trakiandezit), Orta-Üst Eosen yaşlı alkali granitoyitler içerisindeki süreksizlik düzlemleri ve bu kayaç gruplarının dokanaklarındaki alterasyon zonlarında gelişmiştir. Volkanitler içerisinde yüksek sülfürlü (Pb-Zn-Ag-As) ve magmatitlerde (Siyenitoyitler) üstte KD-GB hatlı magmatik dokanak hattında kırık hatları boyunca breşleşmiş silisifiye zonlar içerisinde (Naldöken Tepe) damar tipi Cu-Au zenginleşmeleri; daha altta ise (tüketilmiş volkanitler ve Siyenitoyitleri kesen kendi iç fazlarından oluşan granitik kayaç grubu ve İsola (Andezit-Dasit) volkanitleriyle dokanaklarında tektonik hatlar boyunca ağsı damarlar halinde yaygın silis dolguları ve bunlara eşlik eden) piritik alterasyonlar içerisinde gelişmiş baz ve değerli metal mineralizasyonu şeklindedir.

Zenginleşmeler mineralojik olarak; Siyenitoyitler içerisinde silis damarları ile birlikte, pirit-kalkopirit, sfalerit, arsenopirit, gümüş vb. sülfid minerallerinden, volkanitler içerisinde ise pirit- arsenopirit- ender galen-sfalerit minerallerinden oluşmaktadır. Volkanit-Granitoyit dokanaklarındaki breşleşmiş seviyelerdeki örneklerde pirit-arsenopiritle birlikte; kalsit-yaygın silis damarcık ve jelsi dolguları ve bunlara eşlik eden saçınımlı pirit ve daha az olarak kalkopirit-sfalerit gözlenmektedir.

Hidrotermal solüsyonlar, siyenitleri metasomatizmaya uğratarak feldispatları killeştirmiştir. Bu killeşmiş (hematitleşmiş-limonitleşmiş-kaolenleşmiş) seviyelere silisifiye zonlar ve yüksek sülfürlü mineraller (pirit-arsenopirit) gözlenmektedir. Kalsit ve potasyum Feldispat damarcıkları bozuşmamış ve/veya az bozuşmuş alkali siyenitleri kesmektedir. Volkanitlerdeki bozuşma ürünleri; distalde kaolinit, alünit, stokvork okside hematit-limonit damarcıkları, silisleşme şeklinde, derinlere doğru ise sırasıyla; serizit, yoğun pirit-arsenopirit, klorit-epidot ve kalsit damarcıkları şeklindedir.

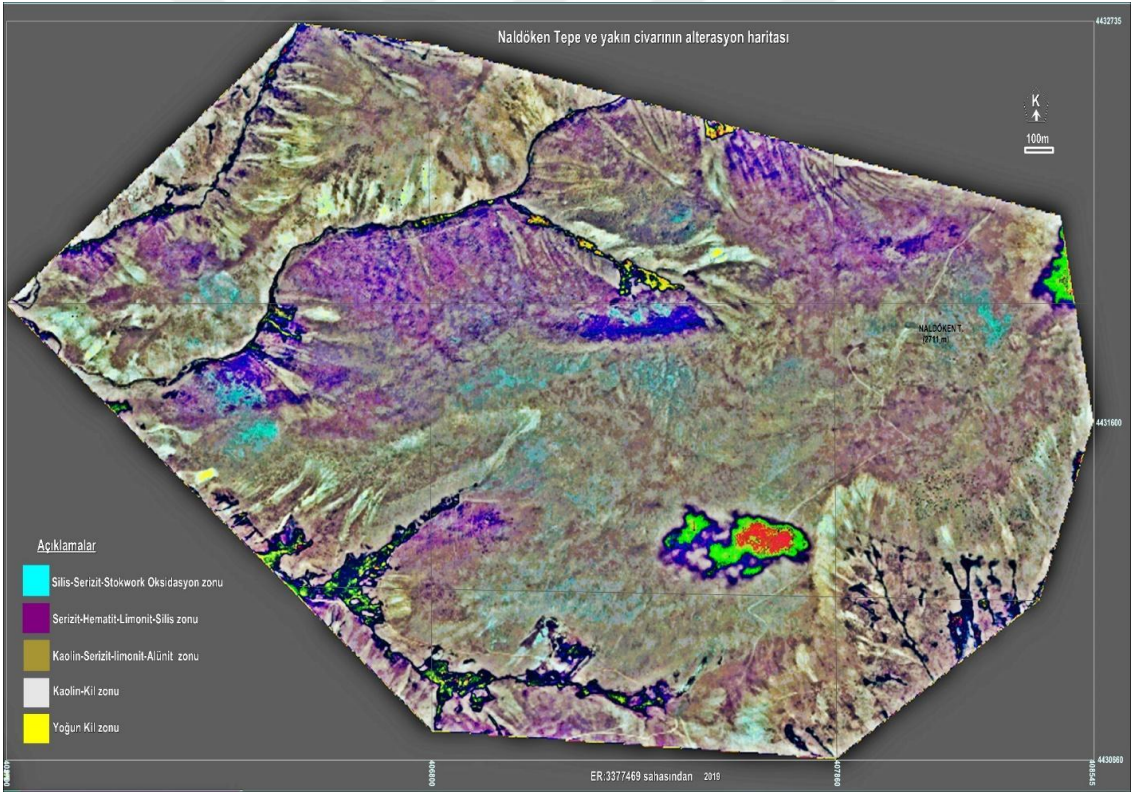
Cevherleşmeler alkali (monzo) siyenitler, altere granitler ve andezitler içerisinde ve bu kayaların dokanak zonlarında izlenmektedir. Cevher minerallerinin bulunduğu seviyelerde; siyenitlerde sodik-kalsik (Na-Ca), potasik (K) ve silisik alterasyonlar yoğun olarak gözlenirken, volkanitlerde serizitik (Ca) ve Potasik (K) alterasyonlar yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.1. Naldöken Tepe civarı jeoloji haritası (Eryılmaz ve Haspolat 2019).



Şekil 3.2. Naldöken Tepe'ye güneybatıdan bakış



Şekil 3.3. Alterasyon haritası (Eryılmaz, 2019'den alınmıştır).

3.2. Cevherleşmenin Mikroskobik Özellikleri

Tez çalışması kapsamında, MTA tarafından yapılan sondajların farklı metrajlarından alınan örneklerin üstten aydınlatmalı polarizan mikroskobu incelemeleri sonucu cevher minerali olarak pirit, fahlerz, rutil, galenit, kalkopirit, manyetit, hematit, limonit, sfalerit ve eser miktarda nabit altın olduğu belirtilmiştir.

Piritler sarı renkli, özşekilli-yarı özşekilli-özşekilsiz, orta-küçük taneli kristaller (pirit-I) ve iri taneli kristaller (pirit-II) şeklinde gözlenmektedir. Bazı piritlerin içinde çok küçük taneli rutil, kalkopirit, fahlerz ve galenit mineralleri gözlenirken, yer yer kalkopirit ile kenetlenmiştir (Şekil 3.4 ve 3.5).

Fahlerzler, piritlerle ve galenitlerle birlikte ya da serbest halde yada piritlerin kenarlarında- içlerinde yada saçınımlı olarak özşekilli - özşekilsiz taneler halinde bulunmaktadır ve yer yer bu minerallerde kovelline dönüşümler gözlenmiştir (Şekil 3.6 ve 3.7).

Rutiller yarı özşekilli - özşekilsiz orta-küçük taneler halinde piritlerle birlikte-pirit kenarlarında ve içlerinde ya da saçınımlı halde ve yer yer piritler ve kalkopiritler ile dokanaklı yer yer piritler tarafından kuşatılmış, yer yer gang minerallerinin dilinim yüzeyleri boyunca dizilmiş iğnemi şekillere sahip mineraller olarak bulunmaktadır (Şekil 3.8 ve 3.9).

Hematitler, yarı özşekilli, özşekilsiz kristaller şeklindedir ve hematitlerin çoğunun iç kısımlarında manyetit kalıntılarına rastlanıldığından bu minerallerin manyetitlerin martitleşmesi sonucu oluştuğu düşünülmüştür. Bazı hematitlerin boşluklarında pirit ve kalkopirit minerallerine rastlanılmıştır (Şekil 3.10).

Manyetit yarı özşekilli-özşekilli, yer yer özşekilsiz iri-küçük taneler halinde olup gang mineralleri tarafından kuşatılmış, kenarlarından itibaren hematite dönüşmüş ayrıca eksolusyon lamelleri şeklinde hematitler içermektedir. Bu minerallerin hemen hepsinde martitleşmeler tespit edilmiştir. Bazı manyetitlerin içinde kalkopiritlere rastlanılmıştır, manyetitlerden ölçülebilen maksimum tane boyu 300 mikrondur (Şekil 3.10 ve 3.11)

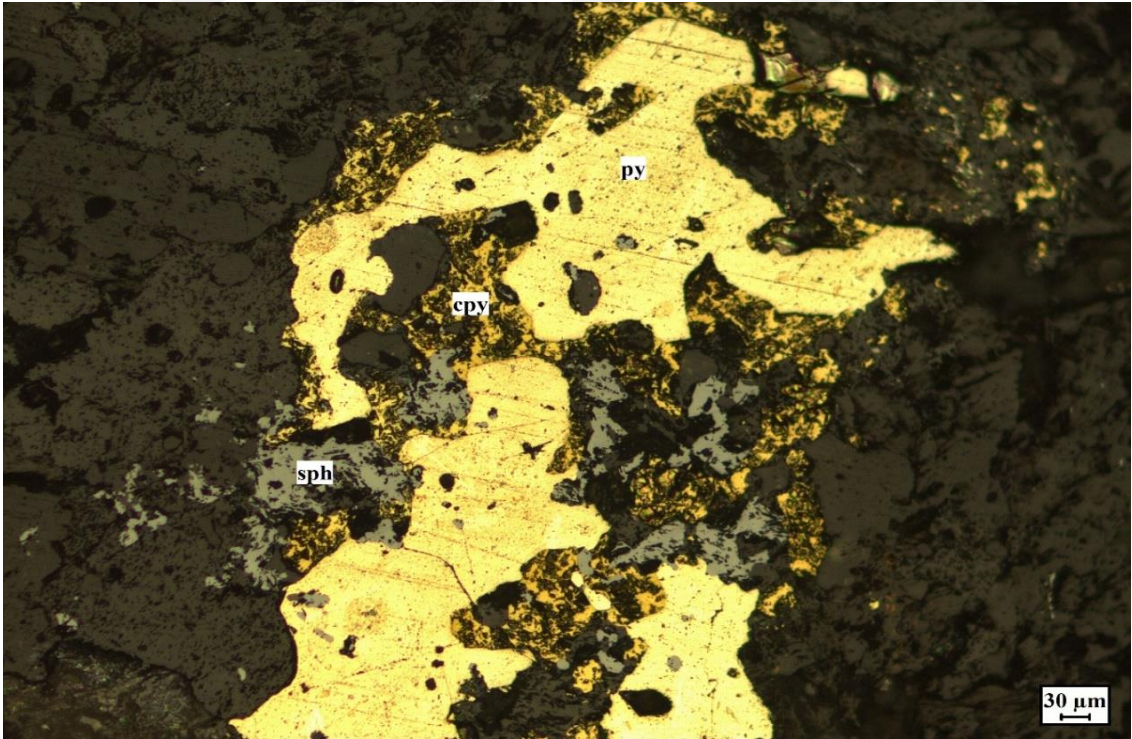
Kalkopiritler eser miktarda ve özşekilsiz yer yer iri-küçük, yer yer orta-küçük taneler şeklinde izlenmiştir. Kalkopiritlerin kenarlarında kovellin dönüşümleri gözlenmiştir (Şekil 3.12).

Sfalerit özşekilsiz, orta-küçük taneli pirit ve kalkopiritler ile kenetlenmiş olarak gözlenmektedir (Şekil 3.5).

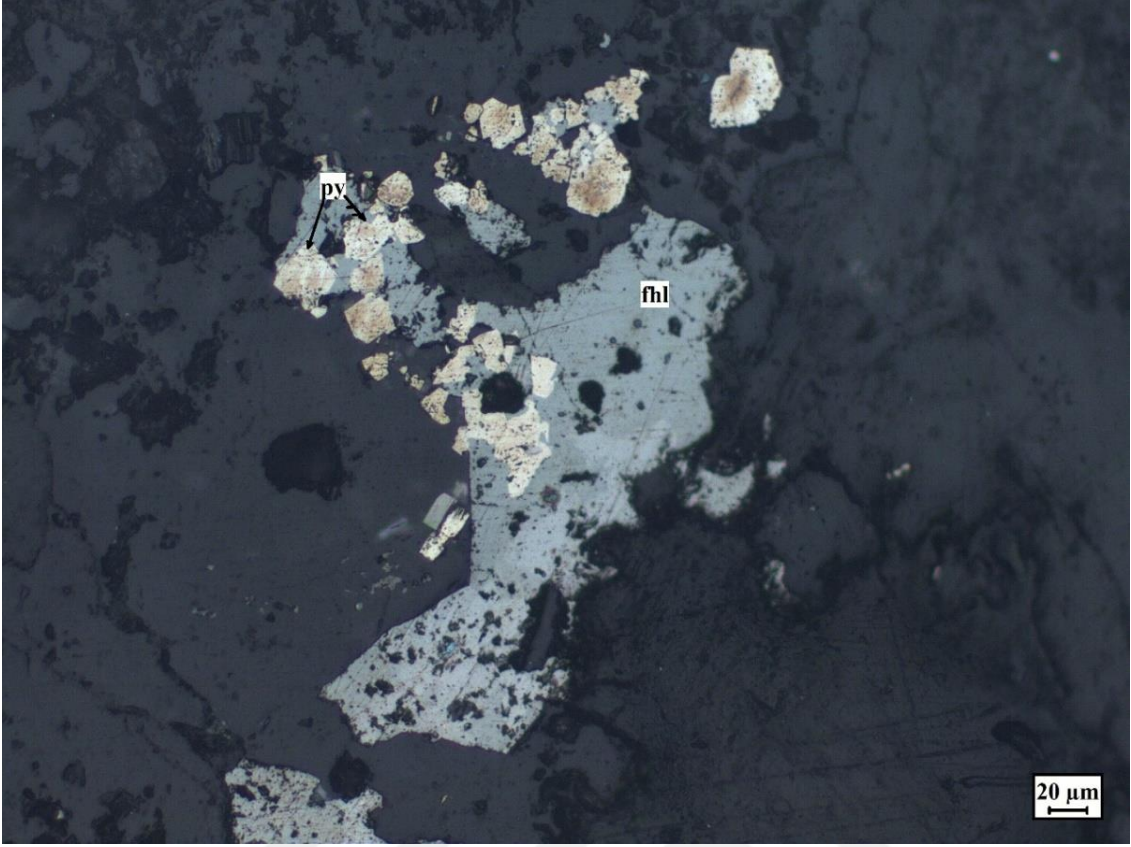
Altın eser miktarda ve çok küçük tane boyulu olarak gözlenmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.4. Saçınımlı küçük kristalli piritlerden (pirit-I) görünüm. (py: pirit)



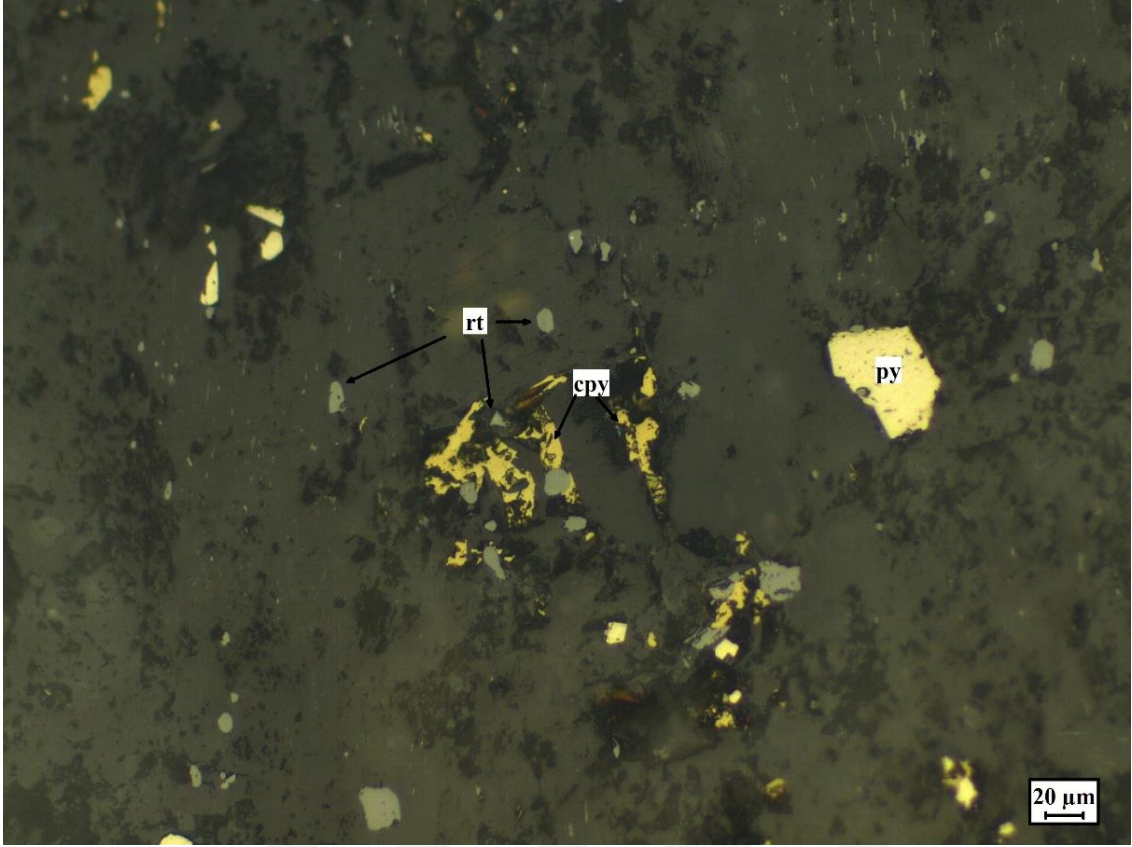
Şekil 3.5. Kalkopirit-pirit-sfalerit dokanağından görünüm. (py: pirit, cpy: kalkopirit, sph:sfalerit).



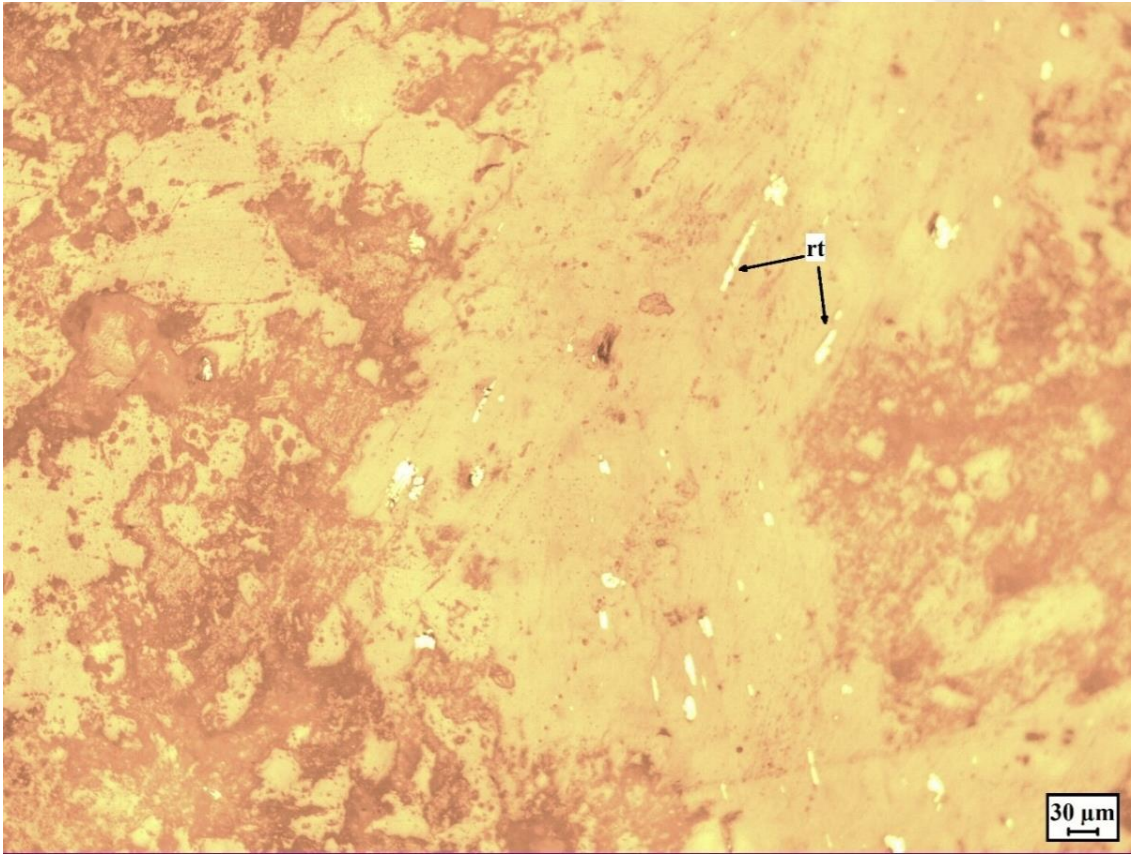
Şekil 3.6. Fahlerz ve pirit dokanağından görünüm. (fhl: fahlerz, py: pirit).



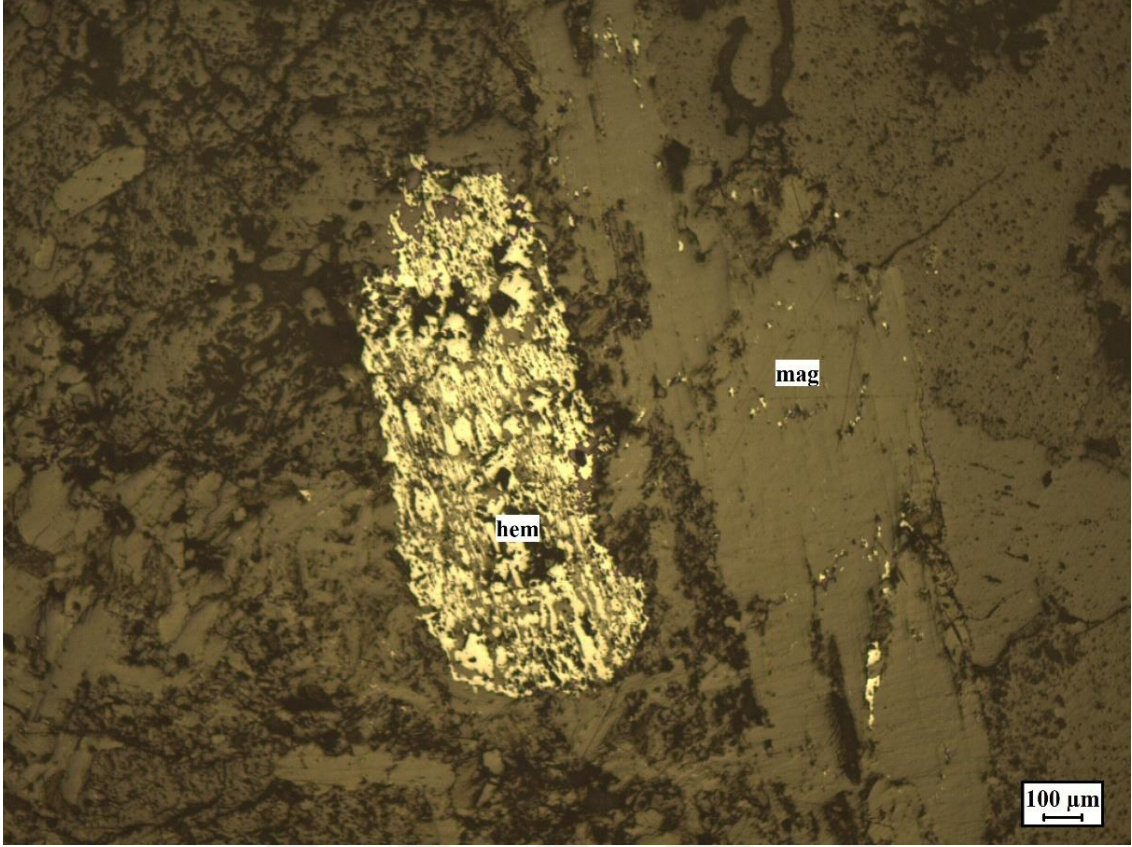
Şekil 3.7. Serbest kovellin ve pirit'lerden görünüm. (ko: kovellin, py: pirit).



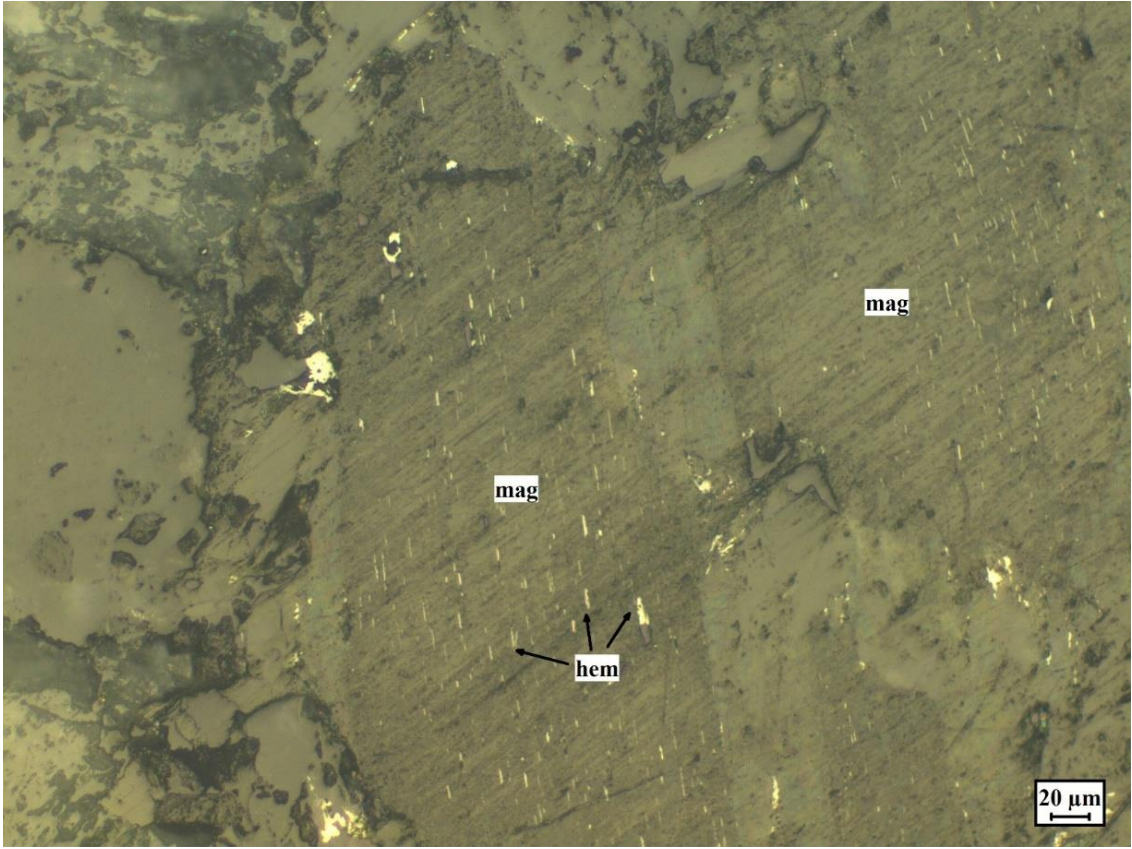
Şekil 3.8. Kalkopirit ve rutil dokanağından görünüm. (rt: rutil, cpy: kalkopirit, py: pirit).



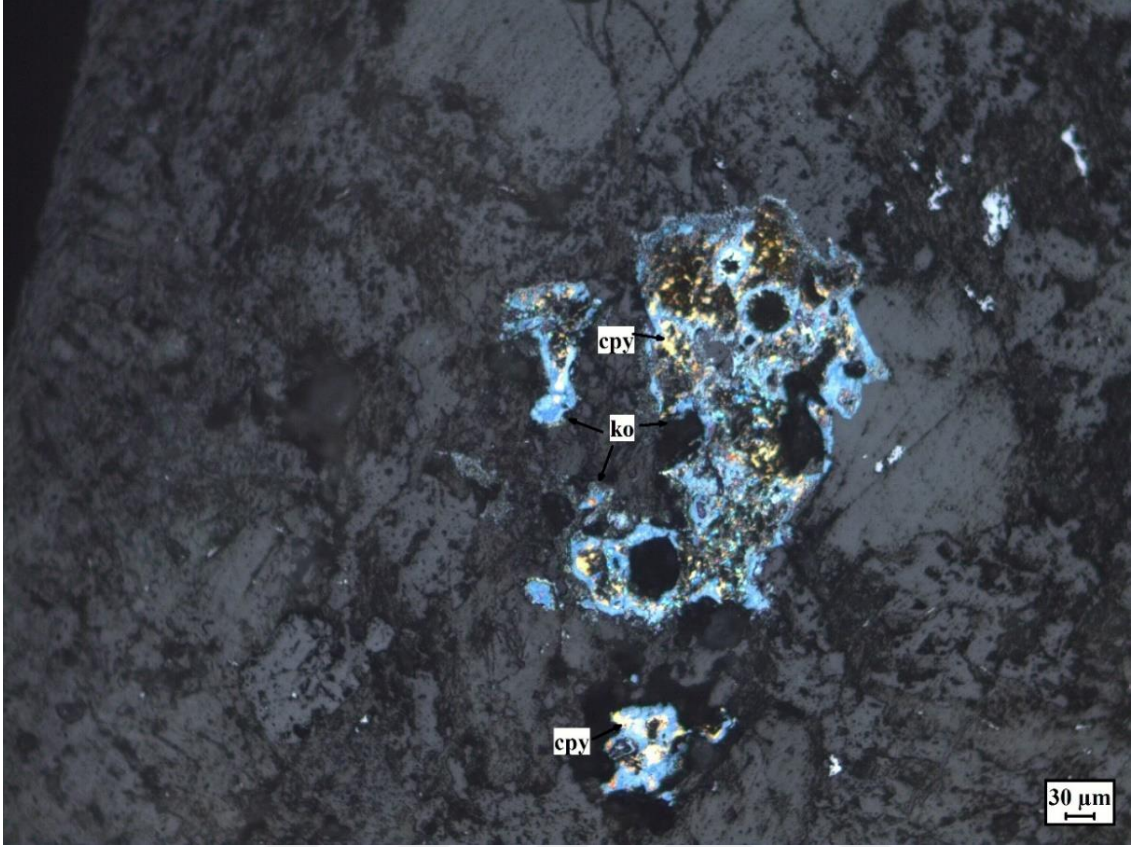
Şekil 3.9. İğnemsli şekilli rutiler. (rt: rutil).



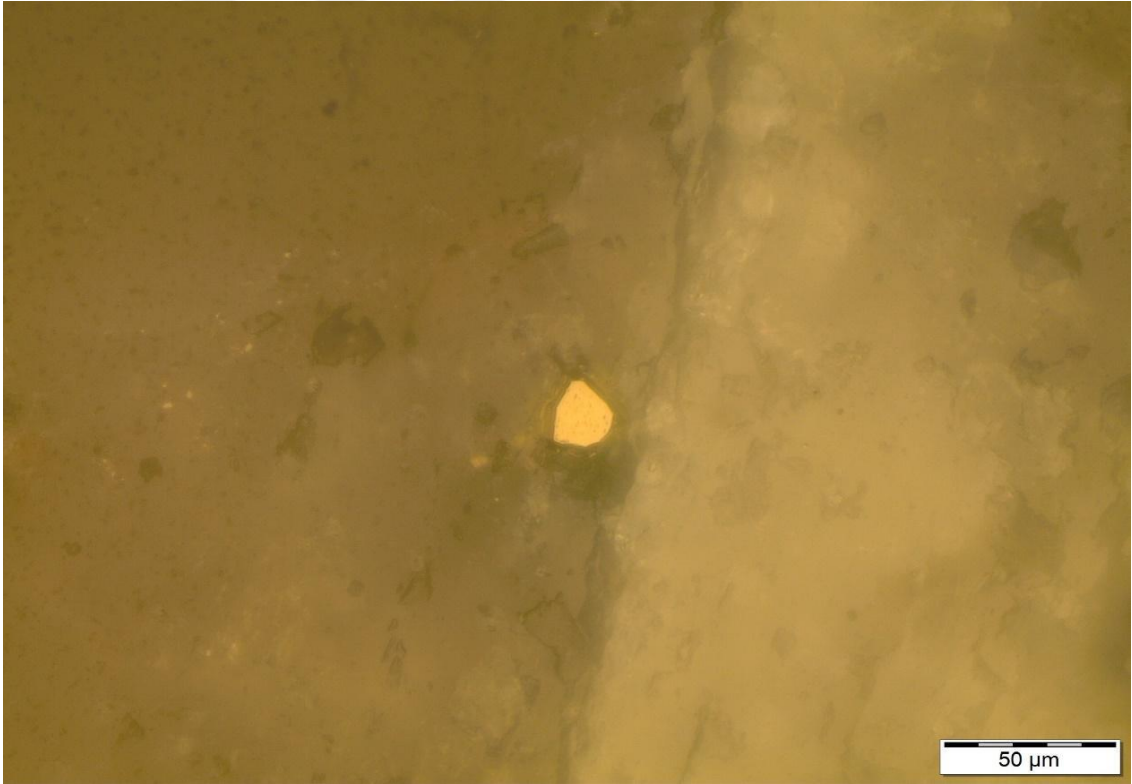
Şekil 3.10. Hematit ve manyetitlerin görünümü. (hem: hematit, mag:manyetit).



Şekil 3.11. Manyetit kristali içerisinde gözlenen ince hematit lamelleri. (hem: hematit, mag: manyetit).



Şekil 3.12. Kovelline dönüşmüş kalkopiritler. (ko: kovellin, cpy: kalkopirit).



Şekil 3.13. Kuvars damarları içinde gözlenen altın kristali. (au: altın).

Deredam cevherleşmesinde mineral bollukları bakımından cevher minerallerinin sırasıyla; pirit, rutil, fahlerz, manyetit, hematit, kalkopirit, galenit ve kovellin şeklinde olduğu belirlenmiştir.

İncelenen örneklerde cevher minerallerinin oluşum sırasının ise; pirit-I – rutil – kalkopirit – fahlerz - manyetit - galenit – pirit-II şeklinde olduğu gözlenmiştir.



4. SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ

Derin ve yüzeysel ortamlarda oluşan cevherleşmelerin çoğunluğu sıcak ve/veya soğuk sulu çözeltilerden itibaren oluşmaktadır. Sıvı kapanımları cevherleşmeyi oluşturan minerallerin oluşumu esnasında kristal yapı içerisine soğuma anında hapsolmuş/kapanlanmış çözeltiler damlacıklarıdır. Bu kapanımlar mineral oluşturuç çözeltilerin oluşumunu simgeleyen çözeltiler oldukları için sıcak ve soğuk sulu çözeltilerden itibaren oluşan cevherleşmelerin oluşum koşulları ve kökenlerinin araştırılmasında faydalı bilgiler vermektedirler. Cevher oluşturuç çözeltilerin bileşimi, yoğunluğu ve oluşum sıcaklığı gibi bilgilere sıvı kapanımlarından ulaşılabilmektedir.

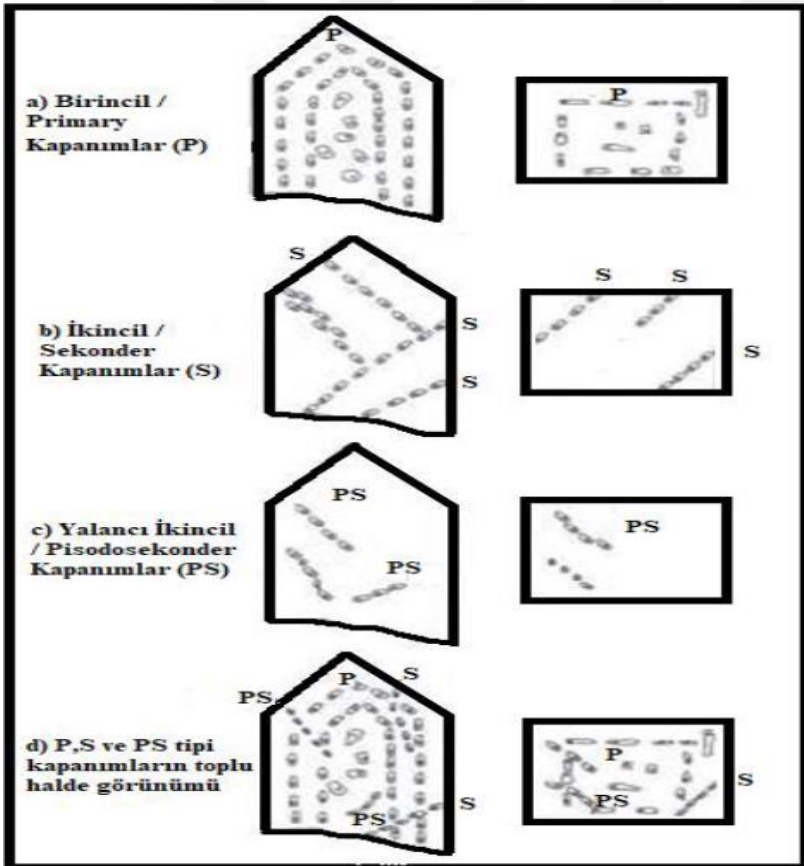
Sıvı kapanımları oluşurken önce homojen bileşimde kapanlanma olmaktadır. Sıcaklıktaki düşmeye bağlı olarak hacim azalması sıvı ve gaz fazlara oranla, katı fazlarda daha az olduğu için kapanımların içinde bir boşluk (sıvı ve gaz fazdan kaynaklanan) oluşmakta ve sıvı içindeki çözülme gazı zamanla ayrılarak bu boşlukta toplanmaktadır.

Sıvı kapanımlar kökenlerine göre; birincil (primary), ikincil (secondary) ve yalancı ikincil (pseudo secondary) olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Mineral kristallenirken, kristal kenarına (büyüme zonlarına) paralel veya kristaller içinde gelişigüzel kapanlanmalar birincil kapanım olarak tanımlanırlar. Kristal büyüme zonlarını ve/veya kristallerin kenarını keserek kristal kenarından dışarı çıkan kılcal çatlaklar boyunca çizgisel dizilim gösteren kapanlanmalar ikincil kapanım olarak tanımlanırlar. Kristalin büyüme zonlarının kenarlarında sonlanan, kristal kenarından dışarı çıkmayan, fakat bunları kesmeyen kapanımlar ise yalancı ikincil kapanımlar olarak tanımlanırlar (Şekil 4.1).

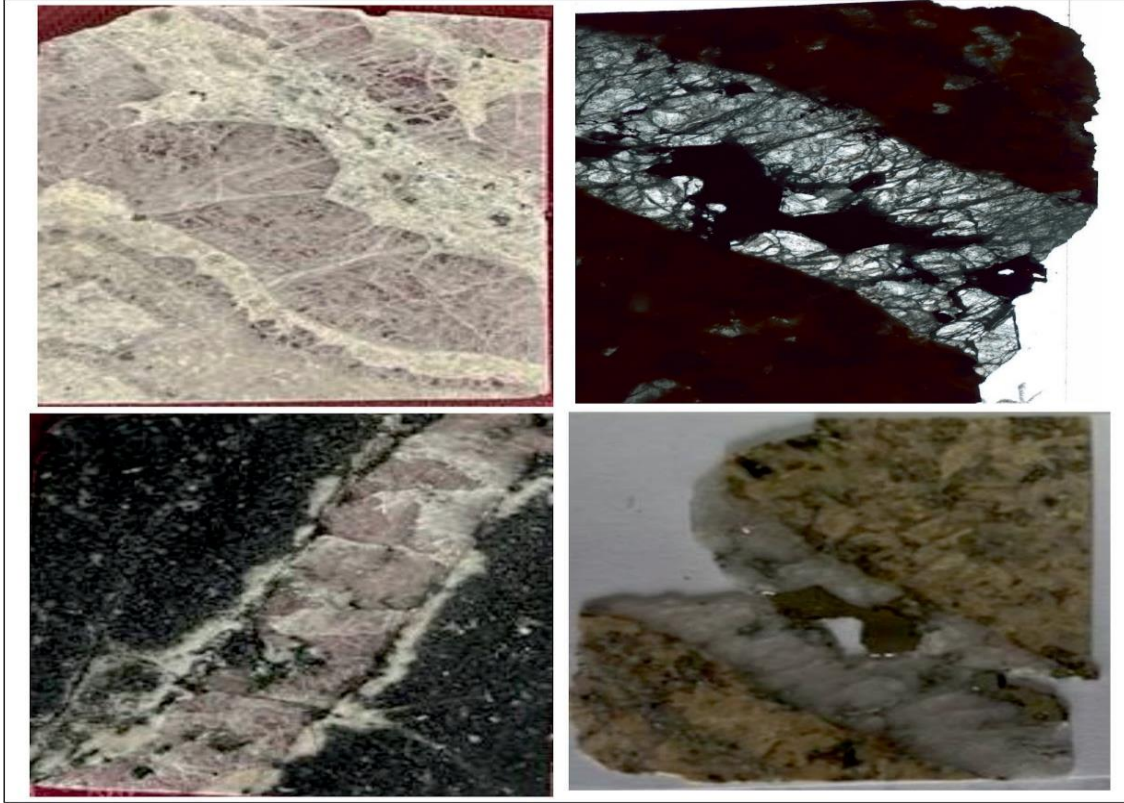
Kapanımlar, Shepherd v.d. (1985) tarafından bileşimleri dikkate alınarak 6 farklı tipe ayrılmıştır. Tamamı gaz ya da sıvı faz ile dolu olan kapanımları “V” veya “L” tipi kapanımlar (monofaz kapanımlar) olarak; gaz ve sıvı faz oranlarına göre iki fazlı olanlar gaz fazla ise “VL” sıvı faz fazla ise “LV” olarak tanımlanmıştır. Gaz ve sıvı faza ilave katı fazın (örn: halit, silvit) gözlendiği kapanımlar “multifaz kapanımlar” olarak tanımlanmaktadır. Karışmaz iki farklı sıvı faz içeren (örn: biri H₂O’ca, diğeri de CO₂’ce zengin) kapanımları da “karışmaz iki sıvı fazlı kapanımlar” olarak tanımlanmıştır.

Sıvı kapanım incelemeleri, sondajlardan alınan örneklerdeki cevherleşme ile ilişkili olan kuvars damarlarında, kuvars kristalleri üzerinde yapılmıştır. Mikrotermometrik incelemeler Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maden Yatakları-Jeokimya Ana Bilim Dalında bulunan Sıvı Kapanım Laboratuvarında yapılmıştır. Sondajlardan alınan

temsili örneklerden yaklaşık 100 µm kalınlıkta 5 adet iki yüzü parlatılmış kesitler hazırlanmıştır (Şekil 4.2). Hazırlanan iki yüzü parlak kesitlerde ilk önce sıvı kapanım birlikleri (FIA) belirlenmeye çalışılmış daha sonra kesitler üzerinde mikrotermometrik incelemeler yapılmıştır. Ölçümlerde Olympos Bx51 model polarize mikroskoba entegre edilmiş Linkam THMS-600 ve LNP-95 tipi ısıtma ve soğutma sistemi kullanılmış olup, homojenleşme sıcaklıkları (TH), ilk buz ergime (TFM) ve son buz ergime (TmICE) sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Isıtma ve soğutma düzeneği, ölçümlere başlamadan önce sentetik sıvı kapanımı standartları (, Leoben Üniversitesi tarafından hazırlanan, Saf su; H₂O-NaCl; H₂O-CO₂) ile kalibre edilmiştir. Ölçüm sonuçları Çizelge 4.1’ de toplu halde görülmektedir. Her üç ölçümde de hata payı ± 0.5 °C’den daha azdır. Buz ergime sıcaklığı ölçümleri esnasında kapanımı soğutmak için sıvılaştırılmış azot/nitrojen kullanılmıştır.



Şekil 4.1. Sıvı kapanım türlerinin mikroskop altında görünümü (Gökce 2000’den alınmıştır).



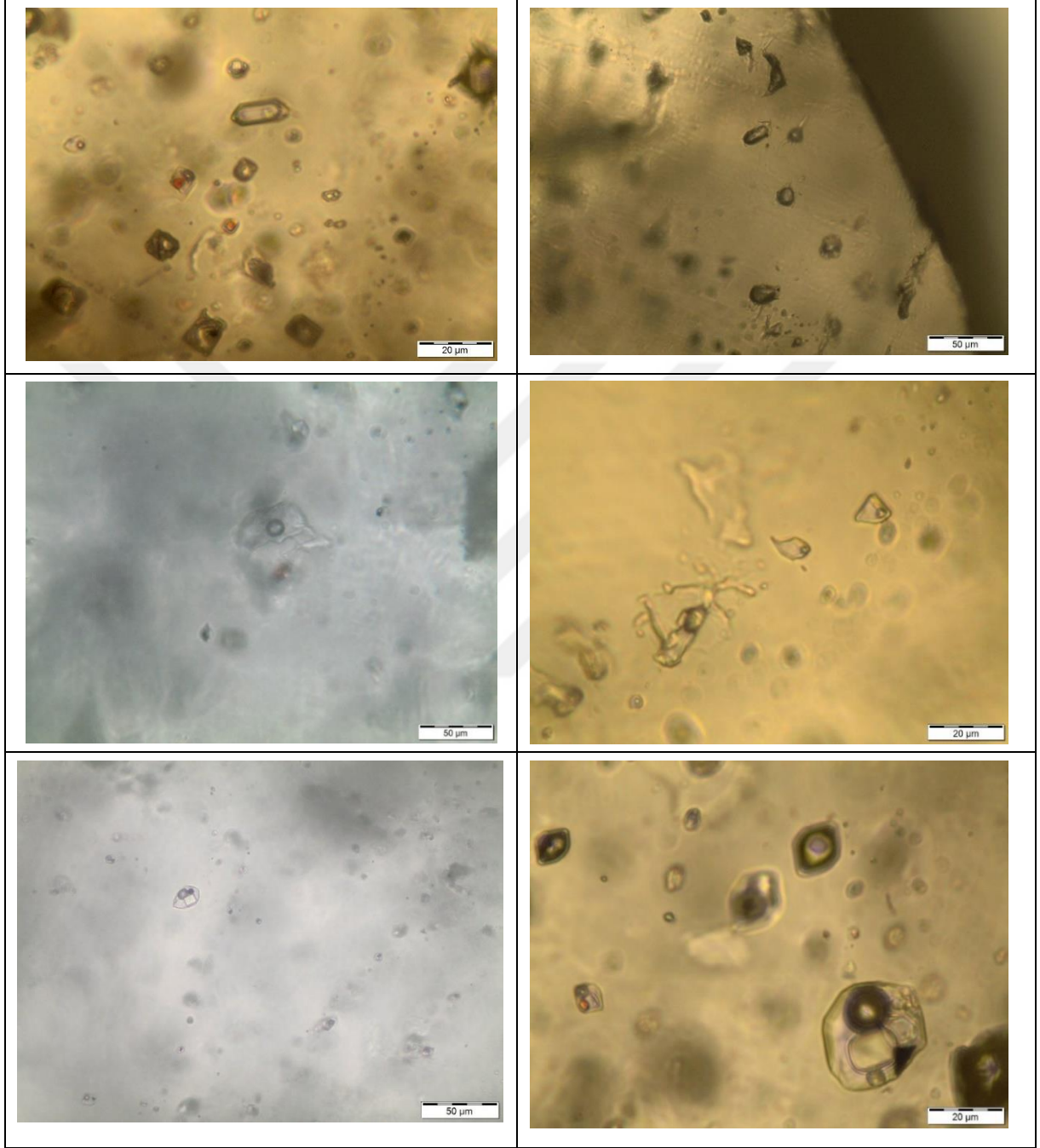
Şekil 4.2. Hazırlanan iki yüzü parlatılmış sıvı kapanım kesitlerinden görünüm.

4.1. Kapanımların Morfolojik Özellikleri

İki yüzü parlatılmış sıvı kapanım kesitlerinde kapanımların petrografisi; Van den Kerkhof ve Hein (2001) ile Goldstein (2003) tarafından belirtilen kriterlere göre yapılmıştır. Sıvı kapanımı petrografisi incelemelerinde kuvars kristallerinde, iki fazlı LV (sıvı faz ve gaz içeren) ve VL (gazca zengin) ve çok fazlı (tuz kristali, opak mineral gibi katı faz içeren) kapanımlar tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Sıvı kapanımlar kökensel olarak birincil, ikincil ve yalancı ikincil olarak ayırt edilmiştir. Ölçümlerin tamamı birincil kapanımlarda gerçekleştirilmiştir.

İki fazlı LV kapanımlarda gaz sıvı oranı %40-25 gaz %60-75 sıvı olarak, gazca zengin VL kapanımlarda bu oran %90-95 gaz %10-5 sıvı olarak gözlenmiştir. Kapanımların boyutları 5-40 μ arasında değişmekte olup, genellikle yuvarlak, elipsoidal ve çoğunlukla düzensiz şekillidir. Çok fazlı kapanımlarda birden fazla katı faz içerdiği tespit edilmiş olup kübik kristal şekline sahip olanlar halit, opak minerallerin kırmızı-turuncu renktekilerin hematit, üçgen kristal şekle sahip olanların ise kalkopirit olduğu belirlenmiştir.

İki fazlı kapanımların tuzluluk değerleri son buz ergime sıcaklık değerlerine (T_{mICE}) göre hesaplanırken, çok fazlı kapanımların tuzlulukları tuz (halit) kristalinin ergime sıcaklık derecesine göre hesaplanmıştır (Steele MacInnis vd., 2012).



Şekil 4.3. Sıvı kapanımları içinde gözlenen a-b: gazca zengin iki fazlı; c-d: iki fazlı; e-f: çok fazlı kapanım türleri

Çizelge 4.1. Naldöken Tepe (Deredam) cevherleşmesinden alınan farklı örnekler içerisindeki kuvars kristallerindeki sıvı kapanımlara ait ölçüm değerleri.

Örnek No	TH-gaz		TH-tuz1		TH-tuz2	
	Aralık	Ort. (n)	Aralık	Ort. (n)	Aralık	Ort. (n)
NT-1/17	354-522	431 (11)	327-420	368 (7)	430	430 (1)
NT-1/19	280-494	379 (4)	315-387	347 (3)	380	380 (1)
NT-2/20	323-495	409 (10)	350-473	380 (9)	436	436 (1)
NT-3/24	446	446 (1)	338	338 (1)		
NT-3/26	380-460	432 (3)	340-360	349 (7)	370	370 (1)

4.2. İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri (TFM)

İki fazlı kapanımlarda -56.5 °C ile -55 °C arasında değişen TFM (ilk erime sıcaklık) değerleri ölçülmüştür. Ölçülen sıcaklık değerleri, çeşitli su-tuz sistemlerinin öteklik sıcaklıkları ile karşılaştırılmış ve çözelti içinde NaCl, CaCl₂ ve MgCl₂ gibi tuzların bulunduğu belirlenmiştir (H₂O - NaCl - CaCl₂ sistemi için ötektik sıcaklık; - 55.0 veya - 52.0 °C; Shepherd vd. 1985).

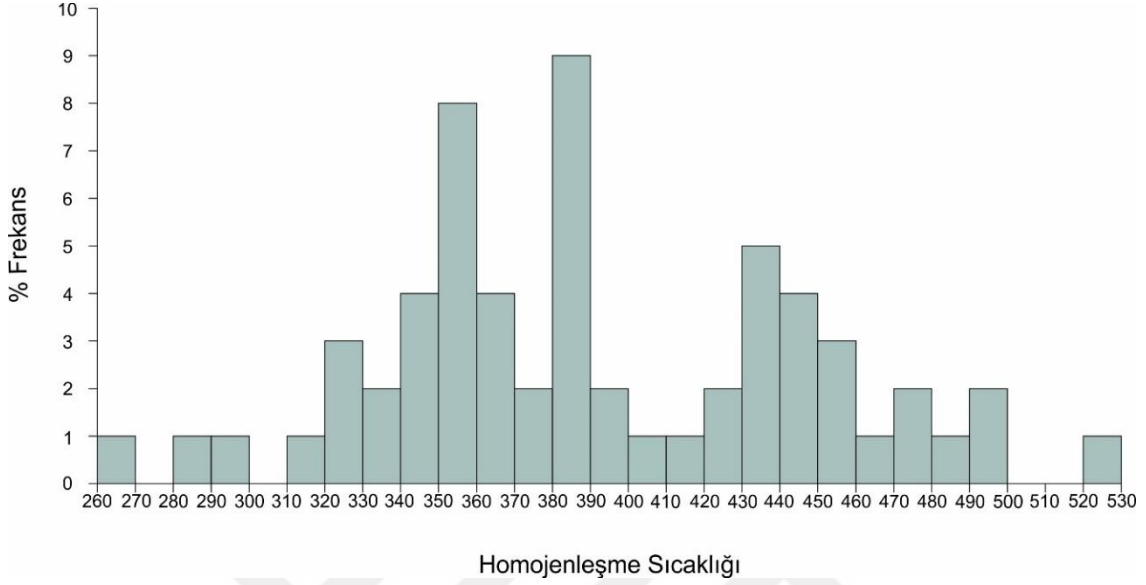
4.3. Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri (TMICE)

Tuz kristali içeren çok fazlı kapanımlarda tuz kristallerinin ergime sıcaklıkları 315 ila 473 °C arasında değişmektedir. Tuz kristali içeren kapanımların tuzluluklarının hesaplanmasında, Steele MacInnis vd. (2012) tarafından hazırlanan HokieFlincs_H₂O-NaCl programı kullanılarak t% 29 - 32 NaCl eşleneği arasında değişen tuzluluk değerleri hesaplanmıştır.

4.4. Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri (TH)

Kuvars kristalleri içinde hapsolan sıvı kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklığı (TH) değerlerinin istatistiksel değerlendirme grafiği Şekil 4.4'de görülmektedir. Kuvarslar içerisindeki kapanımlarda; 260 °C ile 522 °C (n = 37, ort = 400 °C) arasında değişen TH_{gaz}

ve 315 °C ile 473 °C (n= 24, ort= 375 °C) arasında değişen TH_{tuz} değerleri olmak üzere ortalama homojenleşme sıcaklığı 390 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.4. Kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı (TH) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.

4.5. Sıvı Kapanım Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kuvars kristalleri içindeki sıvı kapanımlarında yapılan mikrotermometrik ölçümler sonucu; homojenleşme sıcaklığı değerleri çözelti içinde NaCl'e ilave CaCl₂ ve MgCl₂ gibi tuzların bulunduğunu bununda doğrudan veya dolaylı olarak hidrotermal çözeltilerin deniz suyu ile ilişkili olduklarına veya denizel çökeller içindeki sirkülasyonuna işaret edebilir. Homojenleşme sıcaklığı değerleri geniş bir aralıkta değişmekte olup, ortamda iki ayrı çözeltinin etkin olduğu düşünülebilir. Elde edilen sıcaklık değerleri ve sıvı kapanım tür ve birlikteliklerine göre cevherleşmenin porfiri tip yataklara benzer özellikler gösterdiği düşünülmektedir. Yüksek homojenleşme sıcaklığı ve tuzluluk değerleri, farklı opak mineraller (hematit ve kalkopirit) içermesi, farklı kapanım türlerinin bir arada gözlenmesi bu durumu destekleyen göstergelerdir.

5. ELEMENT JEOKİMYASI

5.1. Genel Bilgiler

Yerkabuğunda bulunan elementler bolluklarına göre jeokimyasal açıdan Birincil (majör), İkincil (minör) ve İz (trace) elementler olmak üzere üç gruba ayrılır. Majör elementler yerkabuğunda bulunan kayaçların ana bileşenini oluştururlar. Bunlar; Si, Fe, Mg, Al, K, Ca, Na elementleridir ve oksijenle bileşik oluşturarak % oksit cinsinden ifade edilirler. Minör elementler kayaçlar içinde % 0.1-0.01 arasında bulunurlar. Bunlar, H, S, C, Cl, Mn, Ba, Ti, F, P, Rb, Sr, Zr, V ve Cr elementleridir, % ve/veya ppm olarak ifade edilir. İz (Trace) elementler kayaçlar içinde miktarca % 0.01'den az bulunan ppm ve/veya ppb olarak ifade edilen ve normalin dışında konsantrasyonlar meydana getiren elementlerdir.

İnceleme alanında 4 adet sondajdan alınan kayaç örneklerinden seçilmiş 12 adet temsili MTA- Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesinde proje kapsamında XRF yöntemiyle belirlenmiştir.

5.2. Analiz Sonuçları ve Değerlendirme

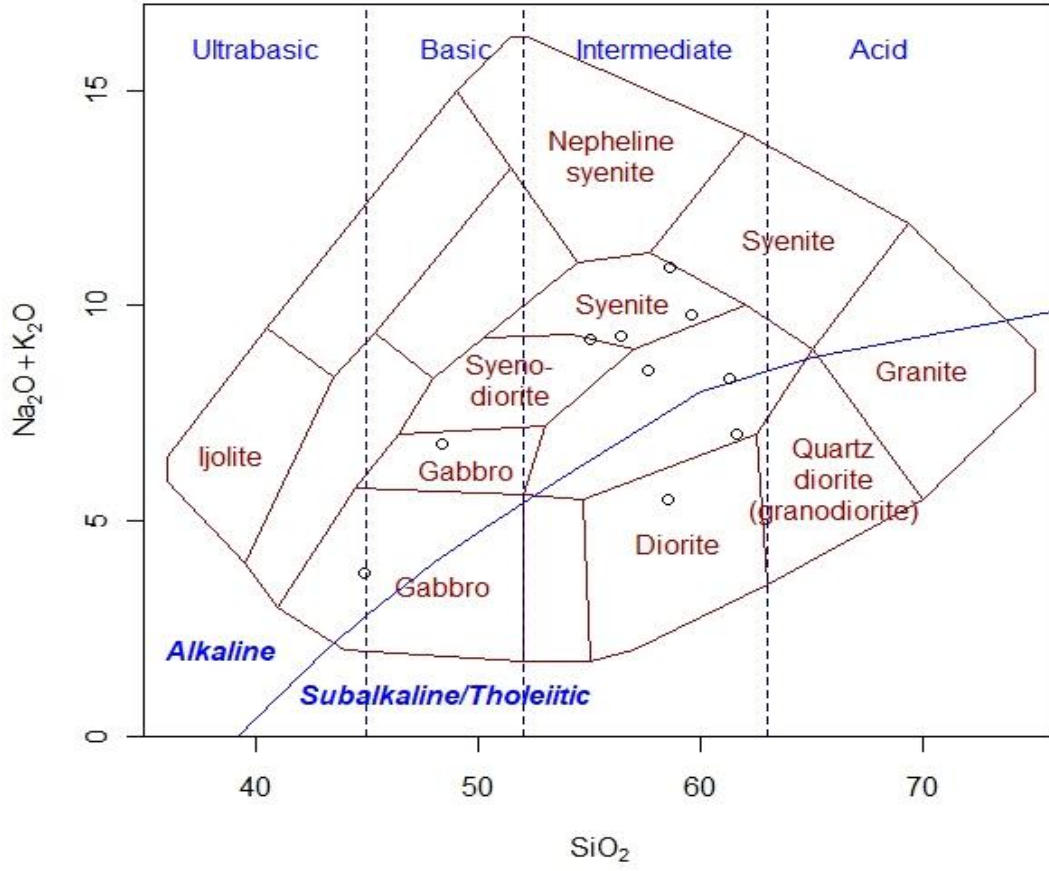
Kayac örneklerinin ana oksit içerikleri Çizelge 5.1' de verilmiştir. Tüm bu verilerden yararlanılarak bölgedeki cevherleşmelerin oluşumlarıyla kökenlerine ilişkin verilere ulaşabilmek için diyagramlar çizilerek yorumlamaları yapılmıştır.

Majör oksit içeriklerine göre örneklerin siyenit monzonit alanlarına düştüğü ve çoğunlukla alkali karakterli olduğu görülmektedir (Şekil 5.1). Fraksiyonel kristallenme süreçlerinde eriyikler ilk ayrılan minerallerin bünyesinde bulunan CaO, Fe₂O₃, TiO₂, MgO ve MnO bakımından fakirleşirken SiO₂, Al₂O₃ ve K₂O bakımından zenginleşir. SiO₂ miktarındaki artışa bağlı olarak beklendiği gibi MgO, CaO, Fe₂O₃, TiO₂ ve MnO değerlerinde azalma (negatif ilişki) söz konusu iken K₂O ve Al₂O₃ değerlerinde artış gözlenmiştir (Şekil 5.2).

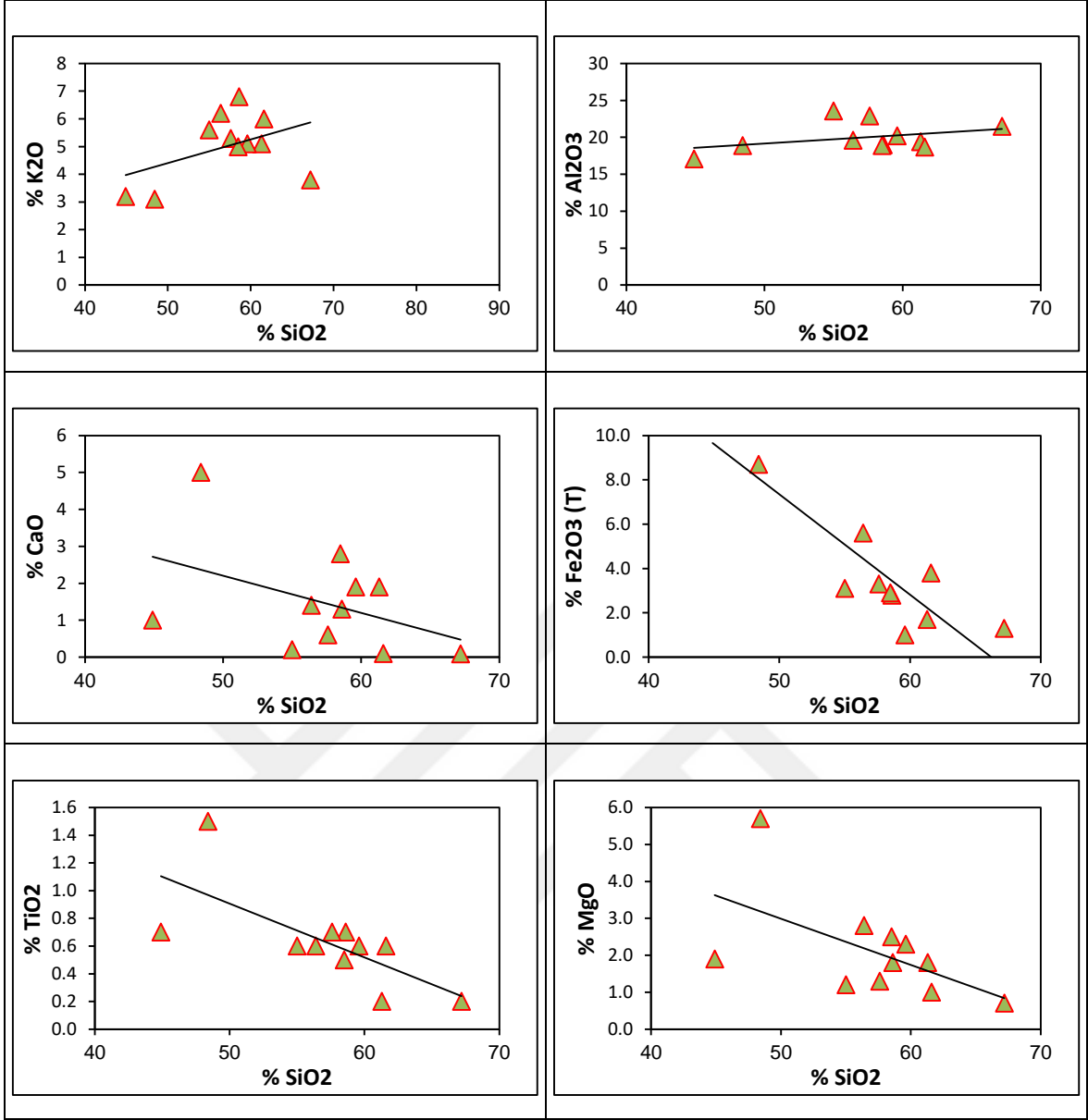
Çizelge 5.1. Naldöken Tepe - Deredam cevherleşmesi kayaç örneklerinin major oksit içerikleri (%)

Örnek No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	LOI
NT-1/1	67.2	21.5	<0.1	1.3	3.8	0.7	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	4.00
NT-1/2	61.3	19.4	1.9	1.7	5.1	1.8	<0.1	3.2	0.2	0.2	3.90
NT-1/3	87.6	2.9	0.3	3.0	0.7	0.6	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	1.90
NT-1/4	48.4	18.9	5.0	8.7	3.1	5.7	0.2	3.7	0.9	1.5	3.30
NT-2/5	61.6	18.7	0.1	3.8	6.0	1.0	<0.1	1.0	0.1	0.6	4.75
NT-2/6	59.6	20.2	1.9	1.0	5.1	2.3	<0.1	4.7	0.3	0.6	3.10
NT-2/7	58.6	19.0	1.3	2.8	6.8	1.8	<0.1	4.1	0.3	0.7	2.80
NT-3/8	57.6	22.9	0.6	3.3	5.3	1.3	<0.1	3.2	<0.1	0.7	3.80
NT-3/9	55.0	23.6	0.2	3.1	5.6	1.2	<0.1	3.6	<0.1	0.6	4.50
NT-3/10	44.9	17.1	1.0	10.8	3.2	1.9	<0.1	0.6	0.7	0.7	10.70
NT-4/11	56.4	19.6	1.4	5.6	6.2	2.8	<0.1	3.1	0.3	0.6	3.10
NT-4/12	58.5	18.9	2.8	2.9	5.0	2.5	<0.1	0.5	0.2	0.5	6.55

TAS (Cox et al. 1979)



Şekil 5.1. Major oksitlerden yararlanılarak hazırlanan silis/alkali diyagramı



Şekil 5. 2. İnceleme alanından alınan kayaç örneklerine ait major element (K₂O, Al₂O₃, CaO, Fe₂O₃, TiO₂, MgO) - SiO₂ değişim diyagramları.

6. SONUÇLAR

Deredam - Naldöken Tepe (Zara) polimetalik (Pb-Zn-Cu-Au-Ag) cevherleşmesinde İç Anadolu bölgesinde Sivas ilinde bulunan bir cevherleşmedir. Bölgede Akıncılar Formasyonunun klastik-volkanoklastik, Karataş Volkanitlerinin bazaltik trakiandezit-trakiandezit, Köseadağ Siyenitinin siyenit-monzosiyenit ve İsola Volkanitlerinin andezitleri yüzelemektedir.

Kuvarslı damarların yaygın gözleendiği örneklerde yapılan petrografik incelemelerde cevher minerali olarak pirit, hematit, manyetit, fahlerz, rutil, kovellin, kalkopirit, sfalerit, galenit, limonit ve eser miktarda nabit altın gözlenmiştir. Majör oksit içeriklerine göre alınan örneklerin siyenit monzonit alanlarına düştüğü ve çoğunlukla alkali karakterli olduğu görülmektedir.

Arazi ve laboratuvar çalışmaları kapsamında yapılan incelemelerde, propilitik (klorit, kalsit, epidot), fillik (serizit, arjillik (kaolinit, hallosite gibi) ve potasik alterasyon (ikincil biyotit, ikincil ortoklaz) türlerini temsil eden tespitler yapılmıştır.

Sıvı kapanım incelemelerinde hidrotermal çözeltiler içerisinde NaCl, CaCl₂ ve MgCl₂ gibi tuzların bulunduğu, tuzluluk değerlerinin %NaCl eşdeğeri olarak ortalama %30 olduğu, çözeltinin ortalama sıcaklığının ise 390°C olduğu belirlenmiştir. Yüksek homojenleşme sıcaklığı ve tuzluluk değerleri, sıvı kapanımlarında farklı opak minerallerinin (hematit ve kalkopirit) varlığı ve farklı kapanım türlerinin bir arada gözlenmesi cevherleşmenin porfiri tip bir cevherleşme olduğuna işaret etmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Aktimur, H.T. (1986). Erzincan, Refahiye ve Kemah dolayının jeolojisi. MTA Rapor No:7932, (Yayınlanmamış).
- Arslan, E. (2012). *Beypınarı–Zara (SİVAS) bölgesinde bulunan kromit yataklarının jeolojik ve mineralojik olarak incelenmesi*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, 76s. Adana.
- Başbüyük, Z. (2006). *Eosen volkaniklerinin hidrotermal alterasyon mineralojisi petrografisi ve jeokimyası: Zara-İmranlı-Suşehri-Şerefiye Dörtgeni'nden bir örnek (Sivas Kuzeydoğusu, İç-Doğu Anadolu, Türkiye)*. C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, (s. 269).
- Boztuğ, D., Yılmaz, S. ve Kesgin, Y. (1994). *İç-Doğu anadolu alkalin provensindeki Köseadağ plütonu (Suşehri-KD Sivas) doğu kesminin petrografisi, petrokimyası ve petrojenezi*. Türkiye Jeoloji Bülteni, 37, (s.1-14).
- Boztuğ, D., Tichomirowa, M. ve Bombach, K., (2006). *207Pb - 206Pb single-zircon evaporation ages of some S-I-A-type granitoid rocks in Central Anatolia, Turkey*. Contrib. Mineral. Petrol., (İncelemede).
- Canbaz, O. (2018). *Ağmaşat Yaylası (Zara - Sivas) çevresindeki alterasyon zonlarının jeolojik, mineralojik, jeokimyasal ve metalojenik özellikleri*. Doktora Tezi. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Sivas. (s.1-50).
- Canbaz, O., Gökce, A., Ekici, T. ve Yılmaz, H. (2020). *Geochemical characteristics of the Eocene Karataş volcanics (Northeast Sivas, Turkey) in the İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone*. Bulletin of the Mineral Research and Exploration 162, (s.55-74). (<https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.669717>).
- Çiftçi, Y. (2002). *Sivas - Kızıldağ Ofiyolitlerinin (Orta Anadolu) eser element, Ni, PGE ve Au jeokimyası*. Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt 45, Sayı 1.
- Çubuk, Y. ve İnan, S. (1998). *İmranlı ve Hafik güneyinde (Sivas) Miyosen havzasının stratigrafik ve tektonik özellikleri*. MTA Dergisi, 120, (s.45- 60).
- Efe, A. ve Gökçe, A. (1999). *Maden köyü (İmranlı-Sivas) çevresindeki Pb-Zn yataklarının jeolojisi ve sıvı kapanım incelemeleri*. C.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri, 16, (s.29-38).
- Eryılmaz, R. (2019). *Sivas – Zara Köseadağ bölgesinin cevherleşme potansiyeli*. MTA Sözlü Sunum Yayınlanmamış.
- Eryılmaz, R. ve Haspolat, Z. (2019). *Sivas - Zara (Deredam) bölgesinin jeolojik etüt raporu*. MTA Raporu Yayınlanmamış.
- Gökçen, S.L. (1981). *Zara - Hafik Güneyindeki paleojen istifinin sedimentolojisi ve paleocoğrafik evrimi*, Yerbilimleri, 8, (s.1-25).
- Gökçen, S.L. (1982). *Zara-Hafik (SE-Sivas) ve Refahiye (SW-Erzincan) bölgeleri Eosen filişinin sedimanter petrolojik karşılaştırılması*. Yerbilimleri, 9, (s.141-147).

- Gökçen, E., ve Kelling, G. (1982). *Hafik kuzeyinde senozoyik istifinin stratigrafisi ve tektoniği: Sivas-Refahiye havzası kuzey sınırında tektonik kontrol*. A. Acar Jeoloji Sempozyumu, bildiri özleri kitabı, (s.113-123).
- Göncüoğlu, M.C. (2010). *Introduction to the Geology of Turkey: Geodynamic evolution of the pre-Alpine and Alpine Terranes*. MTA Dergisi: (s.1–69).
- Kalkancı, Ş. (1974). *Etüde geologique et petrochimique du sud de la region de Suşehri. Geochronologie du massif syenitique de Köseadağ (Sivas Turquie)*. These de doctoral de 3 e cycle, L'universite de Grenoble.
- Kalkancı, Ş. (1978). *Suşehri güneyinin jeolojik ve petrokimyasal etüdü. Köseadağ siyenitik masifinin jeokronolojisi (NE Sivas-Türkiye)*. TJK 32. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Bildiri Özetleri, (s.33–34).
- Ketin, İ. (1966). *Anadolu'nun tektonik birlikleri*. MTA Dergisi 66: (s.20–34).
- Kurtman, F. (1961). *Sivas - Divriği arasındaki sahanın jeolojisi ve jipsli seri hakkında müşahedeler*, MTA Derg., 56, (s.14 – 25).
- Kurtman, F. (1973). *Sivas-Hafik -Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı* MTA Derg., 80, (s.1-32).
- Nebert, K. (1961). *Kelkit çayı ve Kızılırmak (Kuzeydoğu Anadolu) nehirleri mecrası bölgelerinin jeolojik yapısı*. MTA Dergisi, 57, (s.1-49).
- Ocakoglu, F. (1999). *Evaporitlerden kaynaklanan sünümlü deformasyona ilişkin bazı veriler (Zara, Sivas Doğusu)*. Maden Etüt ve Arama Dergisi, Say. 121, (s.83 – 96).
- Ocakoglu, F. (2001). *Doğu Sivas Havzası'ndaki bir alt-orta miyosen deniz dizisinde tekrarlayan subtidal-kıyı sabkha döngüleri*. Türk Yer Bilimleri Dergisi 1, Cilt10, Say.1, (s.17-34).
- Okay, A.I., ve O. Tüysüz. (1999). *Tethyan sutures of northern Turkey*. Geological Society, London, Special Publications 156(1) : (s.475–515). (<http://sp.lyellcollection.org/lookup/doi/10.1144/GSL.SP.1999.156.01.22>).
- Özdemir, K.F. (2016). *Sivas'ın Doğu'sundaki Eosen yaşlı Karataş ve Neojen Yaşlı Şerrefi Volkanitlerinin petrolojisi*. Yüksek Lisans Tezi. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Sivas. (s.1-76).
- Özçelik, O. ve Altunsoy, M. (1992). *Bolucan (Zara - Sivas) yöresinde Oligosen yaşlı Selimiye formasyonu kumtaşlarının sedimanter petroloji incelemesi*, Jeoloji Mühendisliği Say. 41, (s.31-137).
- Tokel, S. (1977). *Doğu Karadeniz bölgesinde Eosen yaşlı kalk-alkalen andezitler ve jeotektonizma*. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 20, (s.49-54).
- Ulakoğlu, S. (1985/1986). *Suşehri (Sivas) dolayının jeolojisi*. İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, 5, (s.1-19).
- Yılmaz, A., Okay, A. ve T. Bilgiç. (1985). *Yukarı Kelkit Çayı yöresi ve güneyinin temel jeolojik özellikleri ve sonuçları*. MTA Rapor No: 7777, 124.

Yılmaz, A. (1981a). *Tokat ile Sivas arasındaki bölgede ofiyolitli karışığın iç yapısı ve yerleşme yaşı*. Türkiye Jeoloji Bülteni 24(Şubat): (s.31–36).

Yılmaz, A. (1981b). *Tokat ili Sivas arasındaki bölgede bazı volkanitlerin petrokimyasal özellikleri*. Türkiye Jeoloji Bülteni 24 (Ağustos): (s.51–58).

