

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EFEMÇUKURU (MENDERES-İZMİR)
EPİTERMAL ALTIN YATAĞI'NI OLUŞTURAN
HİDROTERMAL SIVILARIN KÖKENİ VE
EVİRİMİ

Ömer İLGIN

Mart, 2020

İZMİR

**EFEMÇUKURU (MENDERES-İZMİR)
EPİTERMAL ALTIN YATAĞI'NI OLUŞTURAN
HİDROTHERMAL SIVILARIN KÖKENİ VE
EVRİMİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Ekonomik Jeoloji Programı**

Ömer ILGIN

Mart, 2020

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ÖMER ILGIN, tarafından **PROF. DR. TOLGA OYMAN** yönetiminde hazırlanan “**EFEMÇUKURU (MENDERES-İZMİR) EPİTERMAL ALTIN YATAĞI’NI OLUŞTURAN HİDROTERMAL SIVILARIN KÖKENİ VE EVRİMİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Tolga OYMAN

Yönetici

Prof. Dr. Helya İNANER

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Ozan ÜNSALAN

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Metalik madencilik sektöründe olmamı sağlayan ve danışmanlığıyla bu çalışmaya katkı sunan Prof. Dr. Tolga OYMAN teşekkürlerimi sunarım.

2008-2012 yılları arasında lisans eğitimim ve 2014-2020 yılları arasında yüksek lisans eğitimim süresince bana jeoloji bilimini öğrenmekte yol gösteren “Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Bölümü”nde görevli hocalarıma teşekkürlerimi sunarım

İş hayatının arasında bu akademik çalışmayı yapabilmem için tüm imkanları seferber eden, çalışma kapsamında ya da dışında her türlü yardımını esirgemeyen Çağlar ACIMAZ’a teşekkürlerimi sunarım.

Efemçukuru Altın Madeni verilerini paylaşan ve bu tez kapsamında çalışmalara destek olan TÜPRAG A.Ş.’ne teşekkürlerimi sunarım.

Destegiyle her zaman yanımda olan sevgili eşim Burçak ILGIN’a ve eğitim hayatımın üzerine titizlikle önem veren aileme teşekkür ederim.

Bu zorlu süreçte yanımda olup bilimsel ya da manevi desteklerini esirgemeyen tüm sevdiklerime teşekkür ederim.

Ömer ILGIN

EFEMÇUKURU (MENDERES-İZMİR) EPİTERMAL ALTIN YATAĞI'NI OLUŞTURAN HİDROTERMAL SIVILARIN KÖKENİ VE EVRİMİ

ÖZ

Batı Tetis Metalojenik Kuşağı içerisinde yer alan Efemçukuru Altın Madeni bu kuşağın Batı Anadolu Genişleme Zonu'nda yer almaktadır. Seferihisar ve Orhanlı doğrultu atımlı fay zonları ile sınırlı Geç Kretase yaşlı Bornova Filiş Zonu'ndan oluşan Seferihisar yükseltisinde bulunan Efemçukuru Altın Madeni, başlıca Kestanebeleni ve Kokarpınar adı verilen çok fazlı ortaç sulfidasyon epitermal damar sistemlerinden oluşmaktadır.

İşletilen Kestanebeleni, ileri seviye araştırma aşamasında olan Kokarpınar ve araştırması devam eden diğer epitermal damarlar, Bornova Filişi içinde yer alan şist, fillit ve hornfels türü kayalara yerleşmiştir. Cevherleşme, KKD eğimli (30-45) BKB doğrultulu ve DKD eğimli (45-65) KKB doğrultulu, listrik yapılarla yerleşmiştir. Cevherleşmenin yerleştiği BKB yönlü yapıların KKB yönlü aktarım rampalarına odaklanan hidrotermal sıvılar, zengin cevher gövdeleri oluştururlar.

Cevherleşmenin merkezinde yer alan hornfelsin ilksel kayası Bornova Filişine ait pelitik-psammatik kayalardır. Hornfels oluşumunun ve sonrasındaki hidrotermal aktivitenin kaynağı, gömülü sokulum kayası olarak düşünülmektedir. KKD eğimli (25-55) BKB doğrultulu üç set halindeki Miyosen Cumaovası volkanikleri ile eş yaşlı riyolit daykları, cevherleşmenin yapısal kontrolüne etki eder. Hornfelsde ve çevresinde bulunan, kalk-silika (kuvars-klorit-epidot-amfibol-feldispat) alterasyonu ile ilişkili pirit-pirotin-galen-sfalerit-kalkopirit-manyetit-hematit içerikli saçınım ve damar tipi epitermal öncesi ekonomik olmayan mineralizasyon, hidrotermal aktivitenin son ürünü olan epitermal damarlar tarafından kesilmektedir.

Rodonit-rodokrozit-kuvars-kalsit-sülfit (pirit-galen-sfalerit-kalkopirit) mineralleri damar tipi cevherleşmenin başlıca gang mineralleridir. Ayrıca geç evre hidrotermal çözeltilere bağlı kil minerallerinin baskın olduğu alterasyon birliktelikleri saptanmıştır. Altın sülfit minerallerinin içerisinde ve/veya serbest halde bulunur. Kokarpınar damarındaki sıvı kapanım çalışmalarında cevherleşmenin homejenleşme

sıcaklığı 199-309 derece ve yüzde tuzluluk oranı 0,8-4,8 arasında gözlemlenmesi, Kestanebeleni damarındaki cevherleşme ile benzerlik gösterir.

Anahtar kelimeler: Epitermal, hidrotermal, kalk-silika



GENESIS AND SOURCE OF ORE-FORMING HYDROTHERMAL FLUIDS IN EFEMÇUKURU (MENDERES-İZMİR) EPITHERMAL GOLD DEPOSIT

ABSTRACT

The Efemçukuru Gold Mine, located in the Western Tethys Metallogenic Belt, is in the Western Anatolia Extension Zone. The Mine, which is located in Seferihisar Uplift that consists of Late Cretaceous Bornova Flysch Zone bounded two side by Seferihisar and Orhanlı strike-slip fault zones, comprise mainly of Kestanebeleni and Kokarpınar multi-phase intermediate sulfidation epithermal vein systems.

Kestanebeleni which is being operated, Kokarpınar which is in advanced exploration stage and the other epithermal veins which are in exploration stage are hosted by schist, phyllite and hornfels of the Bornova Flysch. Mineralization was formed in listric structures strikes WNW, dip mostly 30-45 degrees toward the NNE, and strikes NNW and dip mostly 45-65 degrees towards the ENE. NNW-oriented relay ramps related to WNW-oriented structures were filled by ore-bearing hydrothermal fluids and formed rich ore bodies.

Protholith of the hornfels in the center of the Mineralization is the pelitic-psammatic rocks of the Bornova Flysch. The hornfels formation and the following hydrothermal activity is considered a result of buried intrusive. Three sets of rhyolite dikes with NNW dipping (25-55) and WNW-striking, which is coeval with Miocene Cumaovası Volcanics, shows important influences on the structural control of the mineralization. Non-economic disseminated and vein type mineralization are comprised of pyrite-pyrrhotite-galena-sphalerite-chalcopyrite-magnetite-hematite, which is related to calc-silicate (quartz-chlorite-epidote-amphibole-feldspar) alteration in and around hornfels and cut by epithermal veins of the late hydrothermal phase.

Rhodonite, rhodochrosite, quartz, calcite and sulfide (pyrite, galena, sphalerite and chalcopyrite) minerals are the main gangue minerals of the vein type mineralization. In addition, clay mineral predominated alteration assemblages, are in association with the late phase hydrothermal fluid. Gold is observed in the sulfide minerals and / or in free form. Fluid inclusion studies from quartz yields homogenization temperatures in

a range between 99 and 309°C with salinities between 0.8 and 4.8 wt.% NaCl equivalent which is similar to those of Kestanebeleni vein.

Keywords: Epithermal, hydrothermal, calc-silicate



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
TABLolar LİSTESİ.....	xvi

BÖLÜM BİR - GİRİŞ..... 1

1.1 Çalışma Alanının Yeri.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı	1
1.3 Yöntemler.....	2
1.3.1 Arazi Çalışmaları	2
1.3.2 Laboratuvar Çalışmaları	3
1.3.3 Büro Çalışmaları.....	3
1.4 Önceki Çalışmalar	3
1.5 Efemçukuru Altın Madeni Tarihçesi.....	6

BÖLÜM İKİ - ÇALIŞMA ALANI ÇEVRESİNİN JEOLojİSİ 8

2.1 Bölgesel ve Paleo Jeoloji.....	8
2.2 Tektonik Ortam	9
2.3 Yerel Jeoloji	11
2.3.1 Bornova Karmaşığı	12
2.3.2 Çatalca Formasyonu	13
2.3.3 Yamanlar Volkanikleri	13
2.3.4 Ürkmez Formasyonu	13
2.3.5 Yeniköy Formasyonu.....	13
2.3.6 Cumaovası Volkanikleri	13
2.3.7 Görece-Güzelbahçe Formasyonu.....	14

	Sayfa
2.3.8 Alüvyonlar	14
2.4 Maden Ölçeğinde Jeoloji	14
2.4.1 Serpantin Birimi.....	16
2.4.2 Spilit Birimi	16
2.4.3 Mermer Birimi	17
2.4.4 Şist Birimi.....	17
2.4.5 Fillit Birimi	18
2.4.6 Geçiş Zonu Birimi	19
2.4.7 Hornfels Birimi.....	19
2.4.8 Riyolit Birimi.....	20
2.4.9 Polimiktik Birimi.....	21
2.4.10 Cevher Damarları.....	21
BÖLÜM ÜÇ - ERKEN HİDROTERMAL EVRE	23
3.1 Hornfels	23
3.2 Kalk-Silika Alterasyonu	26
BÖLÜM DÖRT - GEÇ HİDROTERMAL EVRE.....	29
4.1 Epitermal Cevherleşme	29
4.2 Kuvars Fazları	30
4.3 Kuvars-Karbonat Fazları	30
4.4 Kuvars-Rodonit Fazları	31
4.5 Sülfür Zengini Fazlar.....	32
4.6 Sülfür Fazları	32
4.7 Oksit Fazları	33
BÖLÜM BEŞ - KESTANEBELENİ DAMARI.....	34
5.1 SOS-2 Cevher Zonu	35

	Sayfa
5.2 SOS Cevher Zonu.....	36
5.3 MOS Cevher Zonu	37
5.4 NOS Cevher Zonu	38
5.5 KBNW Cevher Zonu.....	39
BÖLÜM ALTI - KOKARPINAR DAMARI.....	41
6.1 Fazların Doku ve Süksesyon Ayrımı.....	42
6.1.1 Kısır Faz.....	43
6.1.2 Çoklu Faz.....	43
6.1.3 Epitermal Dokulu Çoklu Faz	44
6.1.4 Baz Metal Zengini Masif Sülfid Faz	45
6.1.5 Pirit Zengini Masif Sülfid Faz	45
6.2 KPS Cevher Zonu.....	46
6.3 KPM Cevher Zonu	47
6.3.1 KPM Cevher Mikroskobisi.....	48
6.4 KPNW Cevher Zonu	59
BÖLÜM YEDİ - DİĞER EPİTERMAL DAMARLAR	61
7.1 Batı Damar Sistemi	61
7.2 Dedebağ Damar Sistemi	62
7.3 Göktepe Damarı	62
BÖLÜM SEKİZ - HİROTERMAL SIVILARIN İZLEDİĞİ YOLLAR.....	63
8.1 Yankaya Deformasyonları.....	63
8.2 Riyolit Daykları.....	67
8.3 BKB ve KKB Doğrultulu Kırıklar	68
8.4 KD-GB Doğrultulu Kırıklar	69

	Sayfa
BÖLÜN DOKUZ - SIVI KAPANIM.....	70
9.1 Sıvı Kapanım Örnek Seçimi.....	70
9.2 Sıvı Kapanım Örnekleri Üzerine Olan Eski Çalışmaların İncelenmesi	70
9.3 Sıvı Kapanım Örnekleri Üzerine Makroskobik ve Mikroskobik incelemeler	72
9.4 Sıvı Kapanım Örnekleri Üzerine Mikrotermometre Çalışmaları	80
BÖLÜM ON - TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	86
10.1 Efemçukuru Altın Cevherleşmesinin Kökeni ve Evrimi Üzerine	86
10.1.1 Alterasyon.....	86
10.2 Kestanebeleni-Kokarpınar Damarları Karşılaştırılması	86
10.2.1 Yapısal	86
10.2.2 Cevher Minerolojisi ve Kimyası.....	87
10.2.3 Sıvı Kapanımı	88
10.3 Kokarpınarı Araştırması	88
10.4 Efemçukuru Çevresi Araştırması	88
KAYNAKLAR	89

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Efemçukuru Altın Madeni Google Earth üzerindeki görüntüsü.....	1
Şekil 1.2 Kestanebeleni damarındaki eski madencilğe ait izler.....	6
Şekil 2.1 İzmir ve çevresindeki magmatik kayalar	11
Şekil 2.2 Çalışma alanı çevresi kolon kesiti.....	12
Şekil 2.3 Efemçukuru Altın Madeni litolojik haritası.....	15
Şekil 2.4 Serpantin birimi HQ çap karot fotoğrafı.....	16
Şekil 2.5 Spilit birimi HQ çap karot fotoğrafı.....	17
Şekil 2.6 Şist birimi HQ çap karot fotoğrafı	18
Şekil 2.7 Fillit birimi HQ çap karot fotoğrafı	18
Şekil 2.8 Geçiş zonu birimi HQ çap karot fotoğrafı	19
Şekil 2.9 Hornfels birimi HQ çap karot fotoğrafı	19
Şekil 2.10 Riyolit birimi HQ çap karot fotoğrafı	20
Şekil 2.11 Polimiktik Breş birimi HQ çap karot fotoğrafı	21
Şekil 2.12 Epitermal damar birimi HQ çap karot fotoğrafı	22
Şekil 3.1 Çalışma sahasında QAF alterasyonunun dağılımını gösterir harita.....	25
Şekil 3.2 Haritalama çalışmalarında kullanılan litoloji ve yapısal katmanına örnek.	27
Şekil 3.3 Haritalama çalışmalarında kullanılan alterasyon katmanına örnek	28
Şekil 4.1 Kuvars fazlarına örnek HQ çap karot fotoğrafı	30
Şekil 4.2 Kuvars-karbonat fazlarına örnek HQ çap karot fotoğrafı	31
Şekil 4.3 Kuvars-rodonit fazlarına örnek HQ çap karot fotoğrafı	32
Şekil 4.4 Sülfid zengini fazlarına örnek HQ çap karot fotoğrafı	32
Şekil 4.5 Sülfid fazlarına örnek HQ çap karot fotoğrafı	33
Şekil 4.6 Oksit fazlarına örnek HQ çap karot fotoğrafı	33
Şekil 5.1 Kestanebelene damarındaki cevher zonları içerisinde incelenen örnek sayıları	34
Şekil 5.2 Kestanebeleni damarı cevher zonları gösterir haritası	35
Şekil 5.3 SOS-2 cevher zonunda incelenen örneklerin faz birlikteliklerine göre ayrımı	36
Şekil 5.4 SOS cevher zonunda incelenen örneklerin faz birlikteliklerine göre ayrımı	37

Şekil 5.5 MOS cevher zonunda incelenen örneklerin faz birlikteliklerine göre ayrımı	38
Şekil 5.6 NOS cevher zonunda incelenen örneklerin faz birlikteliklerine göre ayrımı	39
Şekil 5.7 KBNW cevher zonunda incelenen örneklerin faz birlikteliklerine göre ayrımı	40
Şekil 6.1 Kokarpınar damarındaki ana kırık ve cevher zonları içerisinde incelenen örnek sayıları	41
Şekil 6.2 Kokarpınar damarı cevher zonları gösterir haritası	42
Şekil 6.3 Kısır faza örnek HQ çap karot fotoğrafı	43
Şekil 6.4 Çoklu faza örnek HQ çap karot fotoğrafı	43
Şekil 6.5 Epitermla dokulu çoklu faza örnek HQ çap karot fotoğrafı	44
Şekil 6.6 Baz metal zengini masif sülfid faza örnek HQ çap karot fotoğrafı	45
Şekil 6.7 Pirit zengini masif sülfid faza örnek HQ çap karot fotoğrafı	45
Şekil 6.8 KPS cevher zonunda incelenen örneklerin faz birlikteliklerine göre ayrımı	46
Şekil 6.9 KPM cevher zonunda incelenen örneklerin faz birlikteliklerine göre ayrımı	47
Şekil 6.10 380708 numaralı örneğin tarayıcı fotoğrafı	49
Şekil 6.11 380708 numaralı örnekten hazırlanan E isimli parlak kesitin makroskobik görünümü	51
Şekil 6.12 E isimli parlak kesit örneğinin 2 numaralı zonuna ait // nikol mikrofotografı	52
Şekil 6.13 E isimli parlak kesit örneğinin 3-4 numaralı zonuna ait // nikol mikrofotografı	52
Şekil 6.14 E isimli parlak kesit örneğinin 5 numaralı zonuna ait // nikol mikrofotografı	54
Şekil 6.15 380708 numaralı örnekten hazırlanan D isimli parlak kesitin makroskobik görünümü	55
Şekil 6-16. D isimli parlak kesit örneğinin 1 numaralı zonuna ait // nikol mikrofotografı	56

Şekil 6.17 380708 numaralı örnekten hazırlanan B isimli parlak kesitin makroskobik öğrünüğü	58
Şekil 6.18 B isimli parlak kesit örneğinin 1, 2 ve 3 numaralı zonlarına ait // nikol mikrofotografaları	59
Şekil 6.19 KPNW cevher zonunda incelenen örneklerin faz birlikteliklerine göre ayırımı	60
Şekil 8.1 Saha genelindeki foliasyonlara ait stereonet diyagramı	64
Şekil 8.2 Şist-spilit birimlerinin foliasyonlarına ait stereonet diyagramı	64
Şekil 8.3 Hornfels mineral katmanlarının yönlerine ait stereonet diyagramı	65
Şekil 8.4 Fillit biriminin foliasyonlarına ait stereonet diyagramı	65
Şekil 8.5 Riyolit biriminin kontak ölçümlerine ait stereonet diyagramı	67
Şekil 8.6 Polimiktik breş biriminin kontak ölçümlerine ait stereonet diyagramı	67
Şekil 8.7 Epitermal damar biriminin kontak ölçümlerine ait stereonet diyagramı	68
Şekil 9.1 Sıvı kapanım kesitlerinin ve cevher mikroskobisi parlak kesitlerinin(KV- 499) alındığı kuyuların harita üzerindeki izdüşümleri	72
Şekil 9.2 FI-215 sıvı kapanım örneğinin alındığı KV-502 isimli kuyunun X-X' enine kesiti	74
Şekil 9.3 FI-229 sıvı kapanım kesiti örneğinin alındığı KV-417 ve parlak kesit örneklerinin alındığı KV-499 isimli kuyuların Y-Y' enine kesiti.....	74
Şekil 9.4 FI-214 sıvı kapanım örneğinin alındığı KV-416 isimli kuyunun Z-Z' enine kesiti	75
Şekil 9.5 Sıvı kapanım örneklerine ait HQ çaplı karot fotoğrafları	75
Şekil 9.6 FI-215 isimli kesitin hazırlık aşamalarına ait fotoğraflar	77
Şekil 9.7 FI-229 isimli sıvı kapanım kesitinin hazırlık aşamalarını gösteren fotoğraf	78
Şekil 9.8 FI-214 isimli sıvı kapanım örneğine ait parlak kesit mikrofotografaları....	79
Şekil 9.9 FI-229 numaralı sıvı kapanım örneğine ait mikrofotografalar	79
Şekil 9.10 FI-215 ve FI-229 numaralı sıvı kapanım örneklerine ait mikrofotografalar	81
Şekil 9.11 Sıvı Kapanım örneklerinin homojenleşme sıcaklıklarına ait Histogram ..	82
Şekil 9.12 Sıvı Kapanım örneklerinin yüzde tuzluluklarına ait Histogram	83

Şekil 9.13 Sıvı kapanım örneklerine ait % NaCl- Th °C grafiği..... 85



TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 9.1 Sıvı kapanım örneklerinde gözlenen kaynama unsurları.....	71
Tablo 9.2 Sıvı kapanım örneklerinin isim ve konum bilgileri tablosu.....	73
Tablo 9.3 Mikrotermometrik analizlerde kullanılan kısaltmaların açıklamaları ve birimleri.....	80
Tablo 9.4 Sıvı kapanım örneklerinin analiz sonuçları.....	83

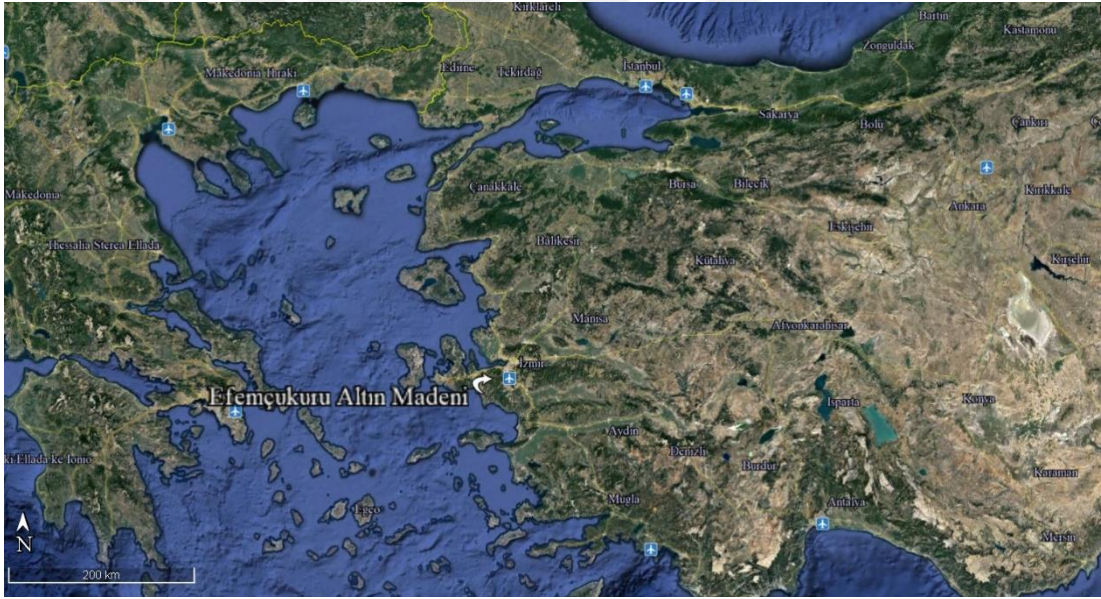


BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanının Yeri

Çalışma alanı, İzmir ili'nin yaklaşık 20 km güneybatısında yer alan, Seferihisar yükseltisinin üzerindedir. Yaklaşık 10 km² alanı kapsayan çalışma alanı, 1/25000 ölçekli topografik haritada L18-b3 paftasında ve UTM zone 35 ED50 projeksiyon sisteminde 4237500N-4240250N / 496500E-500000E koordinatları arasındadır. Ulaşım karayolu ile Menderes, Karabağlar ve Seferihisar ilçeleri üzerinden sağlanabilir. Ayrıca İzmir Adnan Menderes Havaalanı'ndan çalışma sahası yaklaşık 30 km uzaklıktadır. Çalışma alanının batı Anadolu üzerindeki yeri Şekil 1-1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Efemçukuru Altın Madeni Google Earth üzerindeki görüntüsü

1.2 Çalışmanın Amacı

Efemçukuru Altın Madeni, 2011 yılından beri Türag Metal Madencilik A.Ş. tarafından işletilmekte olan epitermal damar tipi bir altın yatağıdır. Maden yatakları belirli bir kaynak ile sınırlıdır. Maden yataklarının bulunması ve kaynaklarının artırılması için yapılan araştırma çalışmaları büyük risk sermayeleri gerektirir. Türkiye ekonomisine ve madencilğine yüksek katkısı bulunan Efemçukuru Altın

Madeni’nde kaynak arttırımı için çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmaların stratejisini belirlemek ve yatırım riskini azaltmak için, cevherleşmenin oluşum mekanizmasını anlamak önemlidir. Bu çalışma kapsamında Efemçukuru Altın Madeni’ni oluşturan sıvıların kökeni ve evrimi anlaşılmaya çalışılmıştır.

1.3 Yöntemler

Bu çalışmada, arazi çalışmaları ile haritalama, loglama ve örnek toplama yapılmıştır. Toplanan örnekler laboratuvar çalışmalarında incelenmiş ve analiz edilmiştir. Sahadan ve laboratuvardan toplanan ve daha önceki çalışmalardan elde edilen veriler, ofiste çeşitli coğrafi bilişim sistemleri, 3B modelleme programları, Jeo-istatistik programları, grafik programları ve ofis programları kullanarak işlenmiştir.

1.3.1 Arazi Çalışmaları

İşletilen Kestanebeleni damarı etrafında büyük ölçekli haritalar mevcutken işletme sahasından uzaklaştıkça detay azalmaktadır. Bu kapsamda mevcut haritalar sahada tekrar kontrol edilerek yüzlek haritasına dönüştürülmüş ve eksik görülen yerlerde 1/1000 ölçekli yüzlek haritaları hazırlanmıştır. Yapılan arazi çalışmalarında Çağlar Acımaz’ın çalışmalarından ve gözlemlerinden yararlanılmıştır.

Haritalama çalışmalarında Tüprag Metal Madenciliğe ait uydu görüntüleri ve topografik veriler, haritanın altlığı olarak kullanılmıştır. Bu altlığın üzerine jeolojik veriler 2 ayrı katmanda işlenmiştir. Yüzlekler, litolojik birimler, kontaklar ve yapısal ölçümler 1. katmana işlenmiştir. Erken ve geç evre alterasyon ile ilgili veriler 2. katmanda işlenmiştir. Çalışma sahasındaki yoğun bitki örtüsü konum bulmayı zorlaştırdığı için yüzlek haritaları, Trimble R10 modelindeki GNSS cihazında RTK yöntemi kullanılarak çizilmiştir. Bitkiler ve organik toprak, çalışma sahasının birçok yerinde kayaçların yüzleklerini örter. Bu sebeple epitermal damarları takip edebilmek için kazma ve kürekle ortalama 0,5m derinliğinde 3m ile 5m arasında genişlikte trençler kazılmıştır. Brunton marka pusula ile birçok kontak, foliasyon, bantlaşma vb. yapıların konumları ölçülmüştür.

Çalışma sahasında Tüprag A.Ş.'nin araştırma ve rezerv genişletmesi için yaptığı HQ çapında karotlu sondajların detaylı jeolojik loglaması yapılmıştır. Bu sondajlardan cevher mikroskobisi ve sıvı kapanım çalışmaları için örnekler alınmıştır.

1.3.2 Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları kapsamında cevher mikroskobisi için Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Bölümü Sıvı Kapanım Laboratuvarı'nda parlak kesitler hazırlanmıştır. Bu kesitler aynı laboratuvarında bulunan üstten aydınlatmalı polarizer mikroskop ile incelenmiştir.

Sıvı kapanım örnekleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Bölümü Sıvı Kapanım Laboratuvarı'nda hazırlanmıştır. Sondaj karotlarından alınan örnekler, laboratuvarında yaklaşık 200 mikron kalınlığına kadar inceltilmiş ve her iki yönü de kademeli aşındırma ve cilalama aşamalarında geçirilerek parlatılmıştır. Hazırlanan örnekler mikrotermometre özelliği olan mikroskop ve buna bağlı bilgisayar ile ölçülmüştür.

1.3.3 Büro Çalışmaları

Sahanın Tüprag Metal Madencilik'e ait 1/5000, 1/2000, 1/1000 ve 1/500 ölçeklerindeki eski haritaları incelenmiş, mapinfo CBS programı ile sayısallaştırılmış ve birleştirilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan haritalar yine aynı program ile sayısallaştırılıp eski haritalara entegre edilmiştir.

Araziden ve laboratuvardan toplanan veriler üzerinde, leapfrog 3d, geosoft target ve microsoft excel programları ile istatistik ve jeo-istatistik çalışmaları yapılmıştır.

Karotlu sondajlardan yapılan jeolojik loglar ve kuyunun konumsal bilgileri Microsoft excel programı ile kayıt edilip leapfrog 3d programı ile 3B modellemesi yapılmıştır ve geosoft target programı ile kesit alma çalışmaları yapılmıştır. Üç boyutlu modelleme konusunda Çağlar Acımaz'ın çalışmalarından yararlanılmıştır.

1.4 Önceki Çalışmalar

Oyman 2003, çalışmasına göre; bölgedeki altın cevherleşmesi geç magmatik hidrotermal aktivite ile ilişkilidir. Cevherleşme dom şekilli küçük bir sokulumun

etrafında hidrolik breşleşmeye eşlik eden damar veya ağsı yapılarda (stokvörk) bulunur. Sokulum ve sonraki epitermal mineralizasyon, KB-GD doğrultulu faylar ile kontrol edilmektedir. Cevherleşme, bu doğrultu üzerinde 60⁰-80⁰ KD eğimli oluşmuştur. Ayrık kuvars damarlarına eşlik eden sülfid mineralleri ve hornblent fasiyesi hornfels diğer önemli cevher içeren formasyonlardır. Mineralizasyona eşlik eden alterasyon, damarlarda ve ağsı damar (stokvörk) zonlarında rodonit, rodokrosit, aksinit, kuvars, kalsit ve adularya olarak gözlenirken, yankayaçta klorit, serizit, illit ve kaolinit olarak gözlenir. Homojenleşme sıcaklığının 200 ile 300 °C arasında olması, cevher yerleşmesinin magmatik ısı kaynağından uzakta olmasını yansıtır. Geniş aralıklı tuzluluk değerleri (0-9 eq.wt.% NaCl) ve yataklanmadaki sülfid dağılımı, düşük sülfidasyonlu epitermal yataklara göre daha zengindir. Sıvı kapanım verileri karmaşık jeotermal sistemin varlığını gösterir. Gaz ve mikrotermometre verileri, cevher oluşturan sıvıların meteorik ve jeotermal sıvıların karışımından (fluid mixing) oluştuğunu gösterir. Pirit (markazit), sfelarit, galen ve kalkopirit cevherleşmenin ana mineralleri iken, pirotin, fahler grubu, sfen, rutil ve altın aksesuar mineralleri olarak oluşmuşlardır. Pirilozit, limonit (götit, lepidokrosit), kovallit-kalkozit, malakit ve azurite ikincil kökenli minerallerdir. Cevherleşme, Alaniçidere mineralizasyonu (Kokarpınar Damarı) ve Kestanebeleni Tepe mineralizasyonu (Kestanebeleni Damarı) olarak ikiye ayrılmıştır.

Efemçukurunda hidrotermal sisteme eşlik eden manganaksinit ve tinzenit varlığı, bor içeren ve uçucularca zengin, yüksek sıcaklıklardaki sıvı fazların varlığına işaret edebilir olmasına rağmen metamorfik çevrede bor miktarı yeterli olduğunda aksinit Efemçukuru gibi düşük sıcaklıklarda epidotun eşleniği olabilir.

Geniş ölçekte derinliğe bağlı ayırt edici bir sıcaklık değişimi olmaması, örneklerin kaynama zonunun alt kotlarından alındığının ve kaynama zonunun büyük bir kısmının aşınmış olabileceğini gösterir.

Boucher (2016) çalışmasına göre; Efemçukuru Altın Madeni, KB uzanımlı mineralize iki kuvar-rodokrosit damardan (Kestanebeleni ve Kokarpınar) oluşmaktadır. Bu yapılar karbonat zengini fillit içerisinde yer almaktadır. Bu damarlar benzer uzanımlı riyolit dayklarını, 200 ile 500 metre genişliğindeki silisleşme ve kloritleşme haresini kesmektedir.

Damarlar; minerolojisi, dokuları ve kesen-kesilen ilişkileri baz alınarak 6 ana evreye ayrılmıştır. İlk olarak kuvars, rodokrozit ve kalk-silikattan oluşan (1. Evre) damarları, breşleşmenin iki evresi ve bantlı kuvars damarları, rodokrozit, rodonit ve pirit tarafından kesilmiştir (2. Ve 3. Evre). Sonraki damarlar saçınımlı sülfür (4. Evre) ve masif sülfür (5. Evre) daha önceki fazları keser. Son olarak da kuvars-karbonat damarları (6. Evre) gözlenir. Altın, electrum olarak 3., 4. ve 5. Evrede pirit ve galen ile bulunur.

Kestanebeleni ve Kokarpınar damarları, orta eğim ile dik eğim arasında eğimi olan, KB ve KKB uzanımlı faylar tarafından kontrol edilir. Fay desenlerinin analizleri, damar ve dayk konumları, kaya ve toprak numunelerinin jeokimyası ile birleştirilmesi, en zengin altın tenörlerinin dik eğimli KKB uzanımlı yapılara eşlik ettiğini gösterir. Bu zengin damar segmelerinde 4. ve 5. Evre cevherleşme baskındır. Bu damar segmeleri fay birleşim zonları olarak tanımlanır ve hidrotermal sıvılar bu noktalara odaklanır.

Damarlardaki Karbonatlardan yapılan karbon ve oksijen izotop analizleri, hidrotermal sıvıların kökeninin meteorik ve magmatik sıvıların karışımından olduğunu gösterir. $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ isitoplarındaki değişkenlikler iki farklı eğilim gösterir. Bunlardan bir tanesi; meteorik sıvıların anakayaç ile etkileşimini gösterirken diğeri; magmatik sıvıların kaynamasına işaret eder.

Seferihisar yükseltisinde Efemçukru Altın Madeninin 5 km kuzeyinde bulunan granitin U-Pb yaşı erken triyastır ($251,0 \pm 2,8$ Ma.). Granitin bu yaş verisi, Senezoyik yaşlı Anadolu genişlemesinden, Paleotetis Okyanusu'nun dalması ile bağlantılı olduğunu gösterir.

Bornova Fillişi şistlerinden Ar-Ar metodu ile yapılan analiz, $49,31 \pm 0,12$ ve $47,71 \pm 0,13$ My. yaşlarını verir. Bu şistler; Eosende, Türkiye'nin batısını ve Yunanistan'daki Kikladikleri etkileyen yeşil-şist fasiyesi metomorfizmayı temsil eder.

Efemçukuru riyolit daykları ($13,17 \pm 0,25$ My.) ve Cumaovası Volaniklerinin ($13,32 \pm 0,23$ My.), U-Pb yaşlandırması, benzer zamanlarda yerleştiklerini gösterir.

Efemçukuru cevherleşmesi riyolit dayklarını kestiği için Orta Miosen Efemçukuru'nun yaş limitidir.

Moncada ve Bodnar'ın (2014) raporu; cevher damarlarından alınan sıvı kapanım örneklerinin mikroskopi incelemelerine dayanır. Sıvı kapanımların özellikleri ve mineral dokularının incelenmesi sonucunda kaynama zonuna ait veriler incelenmiş ve ortaya konulmuştur.

1.5 Efemçukuru Altın Madeni Tarihçesi

Efemçukuru Altın Madeni ve çevresinde, tarihi bilinmeyen zamanlardan günümüze kadar yapılmış olan madencilik faaliyetlerinin izlerini gözlemek mümkündür (Şekil 1.2). MTA'nın bölgede 1980'li yıllarda birçok maden araştırma faaliyeti olmuştur.



Şekil 1.2 Kestanebeleni damarındaki eski madencilige ait izler (Tüprag A.Ş. arşivi, 2019)

Efemçukuru Altın Madeni 1992 yılında Tüprag A.Ş. tarafından yeniden keşfedilmiştir. 1992-1993 yılları arasındaki keşif, lisans alma ve ilk araştırma çalışmalarını, 1993-1997 yılları arasındaki araştırma dönemi izlemiştir. Tüprag A.Ş. tarafından 1998-2005 yılları arasında gerçekleştirilen ÇED hazırlık çalışmalarının

sonucunda, 2005 yılında ÇED olumlu belgesi alınmıştır. Firmanın, 2006-2007 yılları arasındaki yoğun fizibilite ve araştırma sondaj çalışmalarını, 2008 yılında tüm izinlerin alınması ve inşaat faaliyetlerinin başlaması izlemiştir. 2011 yılında başlayan deneme üretimini takiben 2012 yılında üretim başlamıştır. 2015 yılında kapasite arttırımı ÇED olumlu belge alınmıştır. İşletilen damar ile yakın çevresinde, yeni keşif ve rezerv arttırımı için araştırma çalışmaları çeşitli evrelerde olmak üzere halen devam etmektedir.



BÖLÜM İKİ

ÇALIŞMA ALANI ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ

2.1 Bölgesel ve Paleo Jeoloji

Tetis dağ silsilesi kuzeybatı Afrika ve batı Avrupa'dan güneybatı Pasifik Okyanusu'na kadar uzanarak dünyadaki en uzun devamlılığı olan orejenik kuşağı oluşturur. Toplumsal yarar için çeşitli topluluklar tarafından madenciliği yapılan, çok farklı jeodinamik ortamlarda ve geniş bir çeşitliliğe sahip cevher yatağı tipleri içeren, aşırı derecede zengin bir metalojenik kuşaktır. Kretase ve Senozoik yaşlı batı Tetis magmatik kuşağı güneydoğu Avrupa'dan, Türkiye'nin doğusuna kadar uzanır (Jankovic, 1977; Jankovic, 1997; Richards, 2015; Richards, 2016; Moritz ve Baker, 2019). Efemçukuru Altın Madeni bu metalojenik kuşak içerisinde yer alır.

Batı Anadolu'nun jeolojik evrimini anlayabilmek için Tetisit orojenik birlikteliğinin üzerinde durulması gerekiyor. Godvana ve Lavrasya süper kıtaları arasında bulunan Tetisit orejenik birlikteliğini; Erken Karbanifer-Orta Jurasik, Triyas-Orta Jurasik ve Triyas-Holosen arasında evrilen; sırasıyla Paleo-Tetis okyanusu, Kimmer kıtası ve Neo-Tetis okyanusu oluşturur. Bu birliktelik Kimmerit ve Alpit adında iki adet orojenizma oluşturmuş (Şengör, Altiner, Cin, Ustaömer ve Hsü, 1988) ve Alpit orojenizması sonucunda Oligosende Türkiye birleşik kara parçasına dönüşmüştür (Okay, 2008). Çalışma alanının kuzeyinde Kimmerit orojenizması etkiliyken, çalışma alanı Alpit orojenizmasının etkisi altında kalmıştır.

Karakaya Kompleksinin güneyinde kalan Bornova Filliş Zonu ve BFZ'nin kuzeyinde bulunan İzmir-Ankara Suture Zonu, Neo-Tetisin kapanmasına yol açan Alpit orojenizmasının bir ürünüdür. BFZ'nin güneyinde ise Menderes Masifi yer almaktadır (Şengör, Altiner, Cin, Ustaömer ve Hsü, 1988; Okay, 2008)

Batı Anadolu'daki ofiyolitik kayalar; çamurtaşları, çeşitli kireçtaşları, bol miktarda glokafan şistler vb. kayaçların oluşturduğu matrikste, bloklar halinde Üst Kretase yaşlı melanji oluşturmaktadır (Bingöl, 1976). İzmir-Ankara suture zonu ile Menderes Masifi arasında yer alan Bornova Filliş Zonu'nun (Okay, 2008); Manisa'dan Seferihisar'a kadar uzanan bölgesindeki en belirgin özelliği; filliş fasiyesinde bir matriks ile boyları

20 km'ye varan kireçtaşı platformları içeren karmaşık birimin yer almasıdır. Karmaşığı oluşturan matriks, deforme olmuş çamurtaşı ve yer yer kumtaşları ve çakıltaşlarından meydana gelmiştir ve bu matriksin içerisinde mafik volkanitler ile kireçtaşı blokları bulunmaktadır. (Erdoğan, 1990b) Bornova Karmaşığı olarak isimlendirilen bu birim çalışma alanının anakayasını oluşturur.

Geç Kretase yaşlı Bornova Karmaşığı (Erdoğan, 1990b), Neotetis okyanusunun denizel çökelleridir (Genç, Altunkaynak, Karacık, Yazman ve Yılmaz, 2001).

Seferihisar yükseltesinin batısında, Karaburun kuşağı kireçtaşları ve Neojen volkanitler yer alır (Erdoğan, 1990a).

Cumaovası bölgesi (çubukludağ grabeni), Seferihisar yükseltesinin doğusunda kalır. Bölgenin temel kayalarını Menderes Masifi ve Bornova Karmaşığı oluştururken, örtü kayalarını neojen kayalar oluşturur (Genç, Altunkaynak, Karacık, Yazman ve Yılmaz, 2001). Bu örtü kayalarından Cumaovası volkanitleri 12,5 My. yaşındadır (Borsi, Ferrara, Innocenti ve Mazzuoli, 1972). Bu volkanitler, çalışma alanındaki cevherleşme ile yakından ilgili olan riyolit dayk ve silleri ile yerleşme zamanı ve jeokimyasal olarak benzerlik (Boucher, 2016) gösterirler.

2.2 Tektonik Ortam

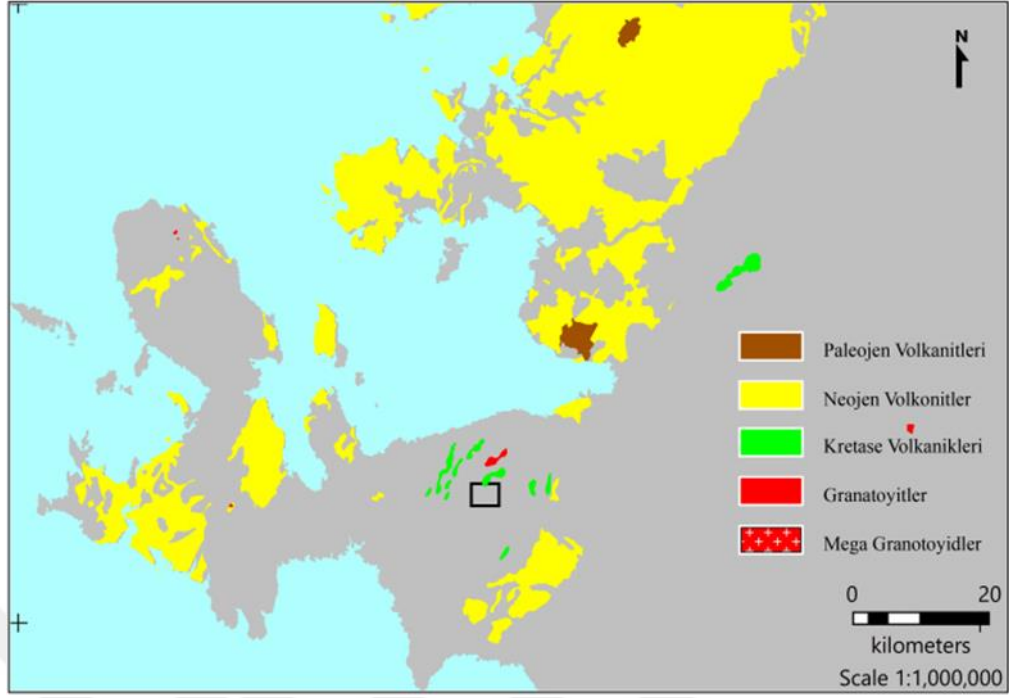
Batı Anadolu'nun tektonik evrimi çok tartışmalıdır. Bu evrimi açıklamak için birçok tez ortaya atılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda Batı Anadoludaki genişleme tektoniğinin önemli faktörleri olarak; Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı, Ölü Deniz Fayı, İzmir-Balıkesir Transfer Fay Zonu ile Kıbrıs ve Hellenik yay sistemleri gösterilir (Şengör, 1987; Bozkurt, 2001; Jolivet ve diğer., 2013; Uzel ve diğer., 2015).

Tavşanlı Zonu (88-80Ma) ile Afyon Zonu (65-60Ma) ndaki batmaya bağlı metamorfizmayı ve Anatolit-Torit bloklarını, Geç Kretase yaşlı ofyolitlerin üzerlemesini; Pontitlerdeki erken Eosen kıtasal çarpışması ve Eosendeki kabuk kalınlaşması izler (Jolivet ve diğer., 2013). Bu sıkışma dönemini Batı Anadolu'daki genişleme tektoniği izler.

Açılma tektoniğini açıklayan tezleri (Bozkurt, 2001) 4 ana başlıkta incelemiştir: 1."Tektonik Kaçış Modeli", Anadolu bloğunun sınırlarındaki yapısal ögeler nedeniyle batıya doğru yönelmesi sonucunda oluşmasıdır. 2."Yay Ardı Dağılımı Modeli", Ege trenç sisteminin G-GB yönlü göçü sonucu oluşmasıdır. Blok geri çekilmesi(roll-back) bu göçün nedeni olarak görülür. 3. "Orejenik Çöküş Modeli", Neotetis boyunca, geç paleoendeki kıtasal çarpışma, kabuğun aşırı kalınlaşmasına neden olmuş; geç oligosen ve erken miyosen boyunca kabuğun dağılması ve incilmesi genişleme rejimine neden olmuştur. 4. "İki Aşamalı Model", Miyosen-erken pliosen ve Pliosen-Kuvarterner dönemlerde iki farklı evrede iki farklı faktörle geliştiğini söyler.

Bölgedeki horst ve graben sistemlerinin, KD-GB ve D-B olmak üzere iki hakim yönü vardır. Bu farklı yöndeki horst ve graben sistemlerinin oluşumunu açıklayan birçok farklı tez vardır. KD-GB yönlü havzalarda (Gördes, Demirci vb.) Neojen yaşlı volkano-sedimenter birikimler gözlenirken, D-B yönlü havzalarda (Gediz, Büyük Menderes vb.) Plio-Kuvarterner yaşlı sediman birikimler gözlenir (Uzel, Sözbilir ve Özkaymak, 2012). Bölgedeki Grabenlerin oluşumunu açıklayan "İki Aşamalı Model" e göre; İBTFZ, KD yönlü grabenlere yükselti kazandırmıştır. Çalışma alanının içerisinde bulunduğu Seferihisar yükseltisi KD yönlüdür. Orhanlı ve Seferihisar doğrultu atımlı fay zonları bu yükseltiyi sınırlar.

Batı Anadolu'daki Neojen volkanizmasında (Şekil 2.1) kuzeyden güneye doğru gençleşme gözlenir. Bu gençleşmenin nedeni olarak Helenik yaydaki geri çekilme (roll-back) olabilir ve bu çekilme sırasındaki batan bloktaki yırtılma (slap tear) Kikladik ve Menderes Masiflerini birbirinden ayırıp, yüzeyde İBTFZ yi karşılayıp, KD trendli neojen volkanizmasını kontrol ediyor olabilir (Uzel ve diğer., 2015; Jolivet ve diğer., 2013).



Şekil 2.1 İzmir ve çevresindeki magmatik kayalar, Akbaş (2019) çalışmasından sadeleştirilerek, siyah çerçeve çalışma alanını gösterir

2.3 Yerel Jeoloji

Seferihisar Yükseltisi'nin içerisinde bulunan çalışma alanın doğusunda Cumaovası Havzası bulunurken, batısında Urla Havzası bulunur. Çalışma alanındaki cevherleşmenin ana kayasını oluşturan Geç Kretase-Paleosen Bornova Karmaşığı, Cumaovası ve Urla Havzalarının temel kayalarını oluşturur (Uzel, Sözbilir ve Özkaymak, 2012). Uzel'in Cumaovası havzaları için yaptığı genelleştirilmiş kolon kesitine göre, Cumaovası Havzası'nda; Bornova Karmaşığı'nın üzerinde açılal uyumsuzlukla Erken-Orta Miyosen Çatalca Formasyonu bulunur. Erken-Orta Miyosen Yamanlar volkanikleri Çatalca Formasyonu'nu keser. Orta-Geç Miyosen Ürkmez ve Yeniköy Formasyon'ları, Yamanlar volkaniklerini açılal uyumsuzlukla örter. Orta-Geç Cumaovası volkanikleri Yeniköy formasyonunu keser ve üzerler. Plio-Pliyistosen Görece-Güzelbahçe formasyonu Cumaovası volkaniklerini açılal uyumsuzlukla örter. Holesen'de ise güncel aluvyonlar gözlenir (Şekil 2.2).

Yaş	Birim	Litoloji
Geç Pliyosen - Kuvarterner	Alüvyonlar	
	Görece-Güzelbahçe Formasyonu	
Geç Miyosen-Pliyosen	Cumaovası Volkanikleri	
	Yeniköy Formasyonu	
	Ürkmez Formasyonu	
Erken-Orta Miyosen	Yamanlar (Karaburun) Volkanikleri	
	Çatalca Formasyonu	
Geç Kretase	Bornova Karmaşığı	

Şekil 2.2 Çalışma alanı çevresi kolon kesiti (Uzel ve Sözbilir, 2008)'den sadeleştirilmiştir

2.3.1 Bornova Karmaşığı

Bornova Karmaşığı'nı, deforme olmuş ve yerel olarak metamorfizmaya uğramış, Maastrichtiyen-Paleosen yaşlı fillitik matriks ve bu matriksin içerisinde bulunan Mesozoik yaşlı, kireçtaşı, serpantinitle ve denizel volkaniklerin blokları oluşturur (Erdoğan, 1990b).

2.3.2 Çatalca Formasyonu

Çatalca formasyonu, inceden kalına tabakalı, liyint mercekleri içeren, konglemera, kumtaşı, silttaşı ve şeylden oluşur. Bu formasyon paleontolojik ve palinolojik verilere göre, Alt-Orta Miyosen olarak yaşlanlandırılmıştır (Uzel ve Sözbilir, 2008).

2.3.3 Yamanlar Volkanikleri

Kalk-alkalen yamanlar volkanikleri, piroklastik kayalar, dayklar ve domlardan oluşur. Bu volkaniklerin içerikleri dasidik, andazitik, riyoitik ve basaltiktir. K-Ar metodu ile yapılan yaş analizleri, 19,-14,7 My. vermesi Erken-Orta Miyosen yaşı gösterir (Uzel, Sözbilir ve Özkaymak, 2012).

2.3.4 Ürkmez Formasyonu

Ürkmez Formasyonu, kırmızı renkli, blok-çakıl boylu konglemera, kumtaşı ve çamurtaşından oluşur. Konglemeranın parçaları; Bornova Karmaşığı, metamorfik kayalar ve Çatalca formasyonundan türemiştir. Bu formasyon yukarıya doğru tane boyunda incelmeye gösterir. Konglemeraların tane boyu sekansın üst tarafına doğru incelirken geçişli olarak kumtaşı ve kireçtaşı mercekleri gözlenir. Bu birimin Orta Miyosen(?)-Geç Miyosen yaşlı olduğu düşünülüyor (Genç, Altunkaynak, Karacık, Yazman ve Yılmaz, 2001; Uzel ve Sözbilir, 2008).

2.3.5 Yeniköy Formasyonu

Yeniköy formasyonu, açık renkli marn, şeyl ve marn benzeri kireçtaşlarından oluşur. İnce taneli kumtaşı ve kilaşları da gözlemlenir. Sekansın üst kısımlarında Cumaovası volkaniklerinin piroklastik kayaları ile geçişli tabakalanmalar sunar. Paleontolojik çalışmalar, birimin yaşının Geç Miyosen-Pliosen olduğunu gösterir (Genç, Altunkaynak, Karacık, Yazman ve Yılmaz, 2001; Akartuna, 1962).

2.3.6 Cumaovası Volkanikleri

Cumaovası volkanikleri, patlayan asidik volkanik aktivitenin ürünüdür. Domlar, piroklastik kayalar ve bu kayalar arasındaki lav akıntılarında oluşur (Genç, Altunkaynak, Karacık, Yazman ve Yılmaz, 2001). Bu volkaniklerden yapılan

yaşlandırma çalışmaları; $17,9 \pm 0,6 - 17,2 \pm 0,5$ My. (Karacık ve Genç, 2013), $11,9$ My. (Borsi, Ferrara, Innocenti ve Mazzuoli, 1972) ve $13,32 \pm 0,23$ My. (Boucher, 2016) yaş aralıklarını belirtir.

2.3.7 Görece-Güzelbahçe Formasyonu

Görece-Güzelbahçe formasyonu, matriks destekli masif breşler, masif konglemeralar ve çapraz katmanlı masif kumtaşı mercekleri içeren konglemeralardan oluşur. Matriks destekli konglemeralar kırmızı renklidir (Uzel, Sözbilir ve Özkaymak, 2012).

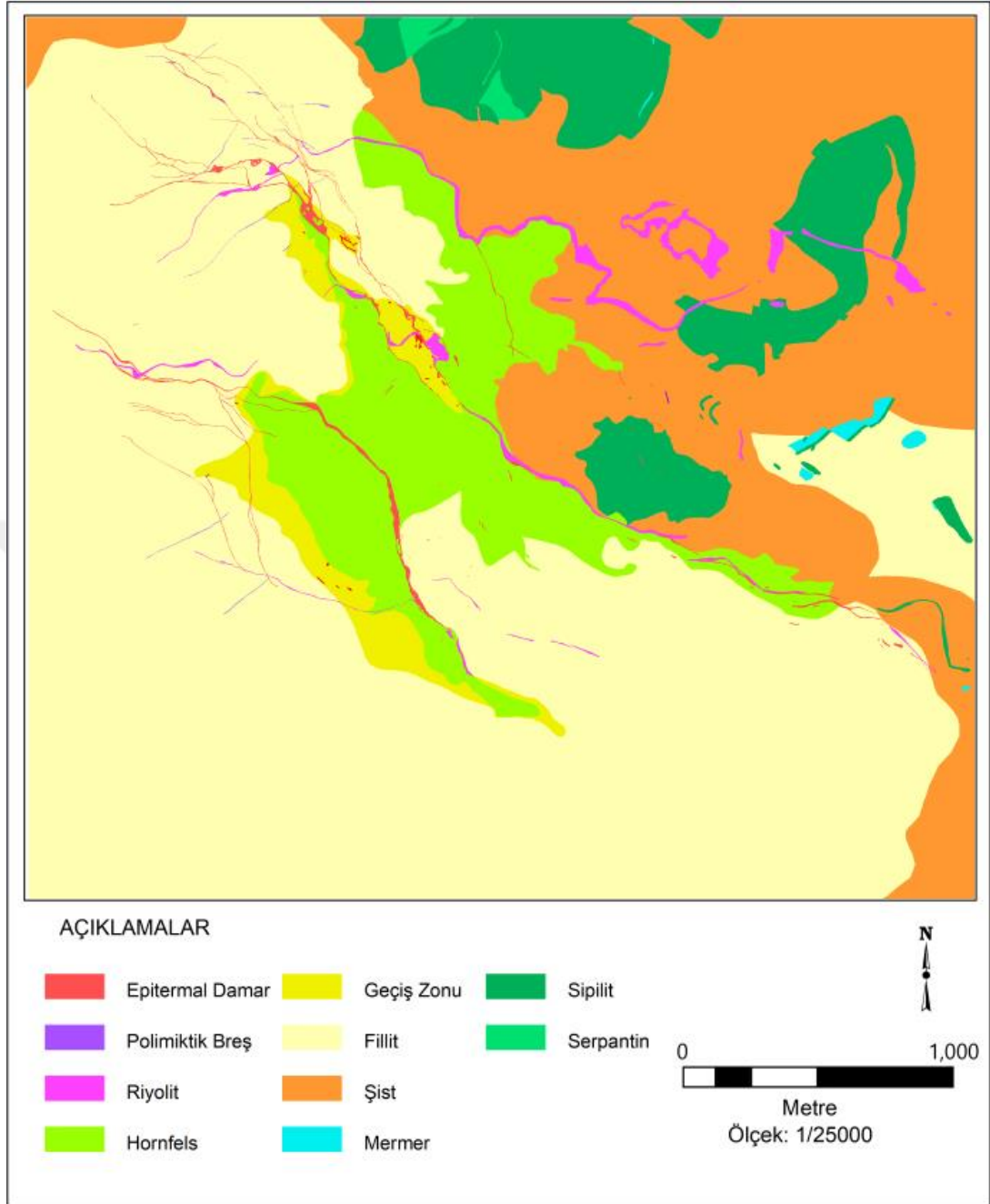
2.3.8 Alüvyonlar

Sahanın etrafından, birçok farklı kontrol mekanizması ile alüvyonlar çökelmeye devam etmektedir.

2.4 Maden Ölçeğinde Jeoloji

Efemçukuru Altın Madeni'nin ruhsat sahası ile sınırlı olan çalışma alanı, Seferihisar yükseltisi üzerindedir. Bu alanda, "Yerel Jeoloji" bölümünde bahsedilen formasyonlardan yalnızca Bornova Karmaşığının ve Cumaovası volkaniklerinin kayaçları gözlenmektedir.

Çalışma sahasında bulunan şist ve fillit birimleri, Bornova Karmaşığının matriksi olan kumtaşı-çamurtası ardalanmasının metamorfizması sonucunda oluşan birimlerdir. Bölgedeki şist ve fillitlerin foliasyon yüzeylerinde mika gözlenebilmektedir. Şist birimi çalışma alanının kuzey doğusunda baskındır. Şist biriminin içerisinde, Bornova Karmaşığı'nın bloklarını karşılayan, spilit birimi, serpantin birimi, kireçtaşı birimi, sahada bloklar ve mercekler halinde, şist biriminin içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanının merkezinde ise, kabaca KB uzanımlı hornfels birimi bulunmaktadır. hornfels ile şist-fillit birimi arasında geçişli bir zon vardır. Hornfels ile fillit arasında ince bir hare olarak bulunan bu geçişli zon, hem hornfelsin hem de fillitin izlerini taşıdığı için, geçiş zonu birimi olarak isimlendirilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Efemçukuru Altın Madeni litolojik haritası

Çalışma alanında BKB uzanımlı birbiri ile neredeyse paralel üç set riyolit daykı bulunur. Çalışma alanında tanımlanan bu üç riyolit daykı haricinde, bazıları yüzeyleyen bazıları ise yüzeylemeyen daha küçük riyolit daykları da bulunmaktadır. Ayrıca bu riyolit daykları ile konumsal ve kökensel ilişkisi bulunan fareatik breşler de gözlenmektedir. Saha jeolojisinde bu breşler polimiktik breş birimi olarak tanımlanmıştır. Sahada gözlemlenen riyolit dayklarının, yaş verileri ve jeokimyasal

benzerlikleri (Boucher, 2016), yerleşiminin Cumaovası volkanikleri ile ilişkili olabileceğini gösterir.

Sahadaki en genç birimler olan epitermal damarların yerleşmesi yapısal kontrollüdür. Çok fazlı olan cevher damarları, birden fazla yapısal ve kimyasal unsur tarafından kontrol edilmektedir.

2.4.1 Serpantin Birimi

Serpantin birimi çalışma alanının kuzeyinde mercekler ve bloklar halinde, spilit birimi ile birlikte şist biriminin içerisinde gözlemlenir. Koyu yeşil ve açık yeşil renkler sahada serpantin için karakteristiktir. Üzerinde ince tabakalar halinde talklaşma gözlenir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Serpantin birimi HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

Sahada bulunan serpantin birimi, İzmir-Ankara sutur zonunda bulunan ofiyolitik kayalara karşılık gelir. Sahadaki cevherleşme üzerinde fiziksel ya da kimyasal bir etkisi gözlemlenmemiştir.

2.4.2 Spilit Birimi

Spilit terimi, altere olmuş denizel mafik volkanik kayalar için kullanılır. Çalışma sahasında spilit, şist biriminin içerisinde geniş yüzlekler vermektedir. Sahada yeşilimsi ve kırmızımsı rengi ile gözlenir. Şist birimi ile birlikte metamorfizmaya uğramıştır (Şekil 2.5).

Çalışma sahasında Kokarpınar damarının kuzeyinde bulunan spilitin, stokvörk cevherleşmeler ve bazı ince damarlar için anakaya olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 2.5 Spilit birimi HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

2.4.3 Mermer Birimi

Bu birim Tüprağ A.Ş.'nin eski çalışmalarında; mikritik, dolomitik, rekristalize kireçtaşı ve mermer olmak üzere 4 farklı birimi ayrılmıştır. Dolomitik olanlar açık kahverengindeyken, diğerleri bej ve açık mavi renklidir. Şist biriminin içinde bulunan bu karbonatlı kayaların, çalışma alanındaki cevherleşme ile herhangi bir fiziksel ya da kimyasal etkileşimi tespit edilememiştir. Bundan dolayı mermer birimi olarak tek birim adı altında anılmıştır.

2.4.4 Şist Birimi

Çalışma alanının KD yönünde bulunan şist birimi, genellikle açık gri rengindedir. Kum ile çamur arasında tane boylanması vardır. Fillitik ve sipilitik kayalar ile ardalanması gözlenir.

Şist birimi, ince taneli biyotit ile muskovit içerir ve 1-5 cm arasında kalınlığı olan, sıklıkla budinajlanan beyaz kuvarsitler, şistin içerisinde, muvkovitler ile belirlenen genel şistozite ile benzer yerleşime sahiptir. Şist birimi için yapılan mineralojik çalışmaya göre; kuvars, feldispat, klorit ve muskovitten oluşur (Boucher, 2016).

Bornova Karmaşığı'nın matriks bölümü bu birimden oluşmaktadır. Blok ve mercerler halinde bulunan spilit, serpantin ve mermer, şist biriminin içerisinde gözlemlenir. Bu ilişkinin ispatı için yapılan $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ toplam füzyon yaşlandırma tekniği (Boucher, 2016) $49,31 \pm 0,12$ ve $47,71 \pm 0,13$ My. Sonucunu verir. Çalışma alanında, fillit ve hornfels birimine göre daha yüksek kottara yerleşmiştir. Fillit birimi

ile geçişli dokanağa sahiptir. Fillit ve hornfels arasında gözlenen geçiş zonu birimi, Şist ile hornfels arasında da mevcuttur. Şist birimi, sahada stokvörk tipi cevherleşme ve bazı damarlar için yankayadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Şist birimi HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

2.4.5 Fillit Birimi

Fillit birimi, pelitik (ilksel kayası kil ve çamurcaca zengin düşük sıcaklık metamorfik kayalar) kayalardan oluşur ve siyahtan koyu griye renklerde gözlemlenir. Çalışma alanının GD yönünde bulunan fillit birimi, hornfelsin ilksel kayasıdır. Fillit biriminin içerisinde birçok ilksel kalsit damarcığı bulunur. Pre-epitermal olan bu damarcıkların bazıları fillit ile beraber deforme olmuşken bazıları filliti keser.

Mineralojik çalışmalara göre (Boucher, 2016); genel olarak ince taneli kuvars ve feldispatlar (40-60%), ince taneli muskovit (< 15%), klorit (< 15%) ve kalsitten (< 5%) oluşurken, nadiren biotit (< 7%) ve organik materyal (< 5%) gözlenir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Fillit birimi HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

2.4.6 Geçiş Zonu Birimi

Çalışma alanında hornfels birimi ile Kokarpınar damarının kuzeyi etrafında genişliği 50 m ile 200 m arasında değişen bir hare olarak bulunur. Kendisine özel mineralojik ve petrografik özellikleri olmayan bu birim diğer kayaçların hornfelse dönüşümünün geçiş zonudur. Hornfels ve diğer kayalar arasındaki ardalanmalı ve derecelenmeli geçiş zonları, sahadaki loglama ve modelleme çalışmalarını zorlaştırdığı için haritalama ve log çalışmalarında bu zonlara geçiş zonu denilmiştir. (Şekil 2.8)



Şekil 2.8 Geçiş zonu birimi HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

2.4.7 Hornfels Birimi



Şekil 2.9 Hornfels birimi HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

Hornfels birimi, çalışma alanının merkezinde yer alır. KB uzanımlı olan hornfels biriminin uzunluğu ~2.5 km'ye, genişliği ise ~1.5 km'ye uzanır. Açık yeşil, koyu yeşil ve açık gri renklerinde gözlemlenen hornfels bantlı bir dokuya sahiptir. Bu

bantlaşmalar yer yer deforme olmuştur. Koyu renkli bu bantları amfibol grubu mineraller oluşturur (Şekil 2.9).

2.4.8 Riyolit Birimi

Genel olarak BKB uzanımlı olan riyolit birimi, çalışma alanında, dayk olarak 3 ana set halinde bulunur. Bu setler dışında, Kestanebeleni damarı güneyinde BKB doğrultulu daha küçük riyolit daykı bulunurken, sondaj kuyularının kestiği, yüzlek vermediği için tam olarak uzanımları bilinmeyen birden çok gömülü riyolit daykaları da mevcuttur. Bu daykların kalınlıkları 0.5 ile 10m arasında değişir. Sahada toplanan yüzey ölçümleri stereonette incelendiğinde KKD yönüne 25-55⁰ eğimli dayklar olduğu görülür. Faylı kontakları daha dik ve KB doğrultulu iken faysız dokanakları daha düşük eğimli ve DB doğrultuludur.

Riyolit dayklarının en kuzeyde bulunanı Göktepe riyoliti, merkezde bulunanı Kokarpınar riyoliti ve en güneyde bulunanı Kestanebeleni riyoliti olarak isimlendirilmiştir (Şekil 2.3).

Taze kayaları krem renginde, altere kısımları yeşilimsi olan, porfiritik doku ile gözlenen riyolit dayklarında, silisik matriks içerisinde kuvars ± feldispat fenokristalleri gözlemlenir. Kesen-kesilen ilişkisine göre sahada, polimiktik breşler ve cevher damarlarından sonra en genç birimdir (Şekil 2.10).

Kestanebeleni güneyinde yüzlek veren riyolit daykı KKB yönlüdür.



Şekil 2.10 Riyolit birimi HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

Efemçukuru riolitlerinden yapılan, U-Pb zirkon yaş analizine göre (Boucher, 2016), riolit $13,17 \pm 0,25$ My. yaşındadır. Tüm kaya ve iz element jeokimyasal analizlerinden yapılan tablolara göre Cumaovası riolitleri ile benzer alkali-riolitler (Karacık ve Genç, 2013; Boucher, 2016).

2.4.9 Polimiktik Birimi

Polimiktik breşler, sahada riolitlerin etkisi ile oluşmuş fareatik breşlerdir (Rhys, 2012). Oluşum esnasında içeriğine kestiği bütün birimlerden parçalar almıştır. İnceden kabaya değişken tane boyuna sahip olan bu breşler bazen tane destekli iken bazen de matrik desteklidir. Matriks destekli breşlerin matriksini kuvars-klorit oluşturur. Klorit alterasyonuna uğradıkları için çoklukla yeşilimsi bir renge sahiplerdir. Derin kotlardan türeyen parçaları yüzey jeokimyasında farklı anomolilere neden olurlar (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Polimiktik Breş birimi HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

2.4.10 Cevher Damarları

Çalışma alanının merkezinde bulunan cevher damarları BKB ve KKB yönleri ile karakteristiktir. Çok fazlı cevher damarları için, bolca yankaya ile damar parçaları içeren breşleşme ve bantlı damar dokusu karakteristiktir. Bu damarlar; kuvars, rodokrozit, rodonit, kalsit, sülfür minerallerinden oluşan epitermal cevherleşmenin ürünleridir. Damarların zengin mangan ve baz metal içermesi bu epitermal yatağın orta çap sülfidasyon olabileceğini gösterir. Cevher damarları, içeriğindeki mineraller ve

alterasyona bağlı olarak beyaz, pembe, kahverengi, siyah, sarı ve yeşil gibi farklı renklerde gözlemlenebilir (Şekil 2.12).

Sahanın en genç birimi olan cevher damarlarının üzerinde direk olarak yapılmış bir yaş analizi yoktur. Fakat riyoliti kestiği için riyolitin yaşı cevher damarı için üst yaş sınır olarak düşünülebilir.

Yerleşimi yapısal unsurlarla kontrol edilen cevher damarları, ekonomik altın mineralizasyonunu içerir.



Şekil 2.12 Epitermal damar birimi HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

BÖLÜM ÜÇ

ERKEN HİDROTERMAL EVRE

Çalışma alanındaki hidrotermal aktivitenin kaynağı asidik bir sokulum kayası olarak düşünülmektedir. Yüzlek vermeyen sokulum kaynaklı hidrotermal aktiviteyi erken ve geç evre olmak üzere kabaca ikiye ayırmak mümkündür. Kalk-silika alterasyonu ve bu alterasyonun üzerine gelişen hornfels kayasının oluşumu erken hidrotermal evrede anlatılmıştır. Cevherleşmeden sorumlu epitermal evre, ilerleyen bölümlerde geç hidrotermal evre olarak ele alınacaktır.

Hornfelsin, Uluslararası Jeoloji Bilimleri Birlikteliği'nin (IUGS) Metamorfik Kayaların Sistematiği Alt Komisyonu'na (SCMR) göre tanımı (Callegari ve Pertsev, 2007); herhangi bir tane boyunda, sert, kompakt, baskın olarak çeşitli oranlarda silikat ve oksit minerallerinin birlikteliğinden oluşan, boynuzumsu görünüm sunan ve subkonkoidal ile dişli (jagged) arasında kırılma yapısı olan kayadır. Birçok özel anlamda da kullanılan hornfels terimi, çalışma sahasında yukarıdaki anlamı ile kullanılmış ve harita çalışmalarında ayırtlanmıştır.

Skarn, IUGS-SCMR'ye göre, silikat kaya (ya da magmatik eriyik) ile karbonat kayanın arasındaki kontakta oluşan metasomatik kayadır. Skarn, başlıca Ca-Mg-Fe-Mangan-silikatları içerir (Zharikov, Pertsev, Rusinov, Callegari ve Fettes, 2007). Skarn terimi ayrıca bir metalik maden tipi olarak da kullanılır. Çalışma sahasında ekonomik bir skarn cevherleşmesi mevcut değildir. Fakat ekonomik olmayan skarn cevherleşmesi mevcuttur.

Hornfels ve skarn gibi birçok anlamı olan birbiri ile içiçe geçmiş terimler çalışma alanındaki tanımlamaları zorlaştırmıştır. Çalışma sahasında litolojik olarak birimler ayırtlanırken hornfels terimi kullanılmıştır. Skarn özellikleri gösteren mineral birliktelikleri, ekonomik cevherleşme sunmadığı için kalk-silika alterasyonu adı altında anılmıştır.

3.1 Hornfels

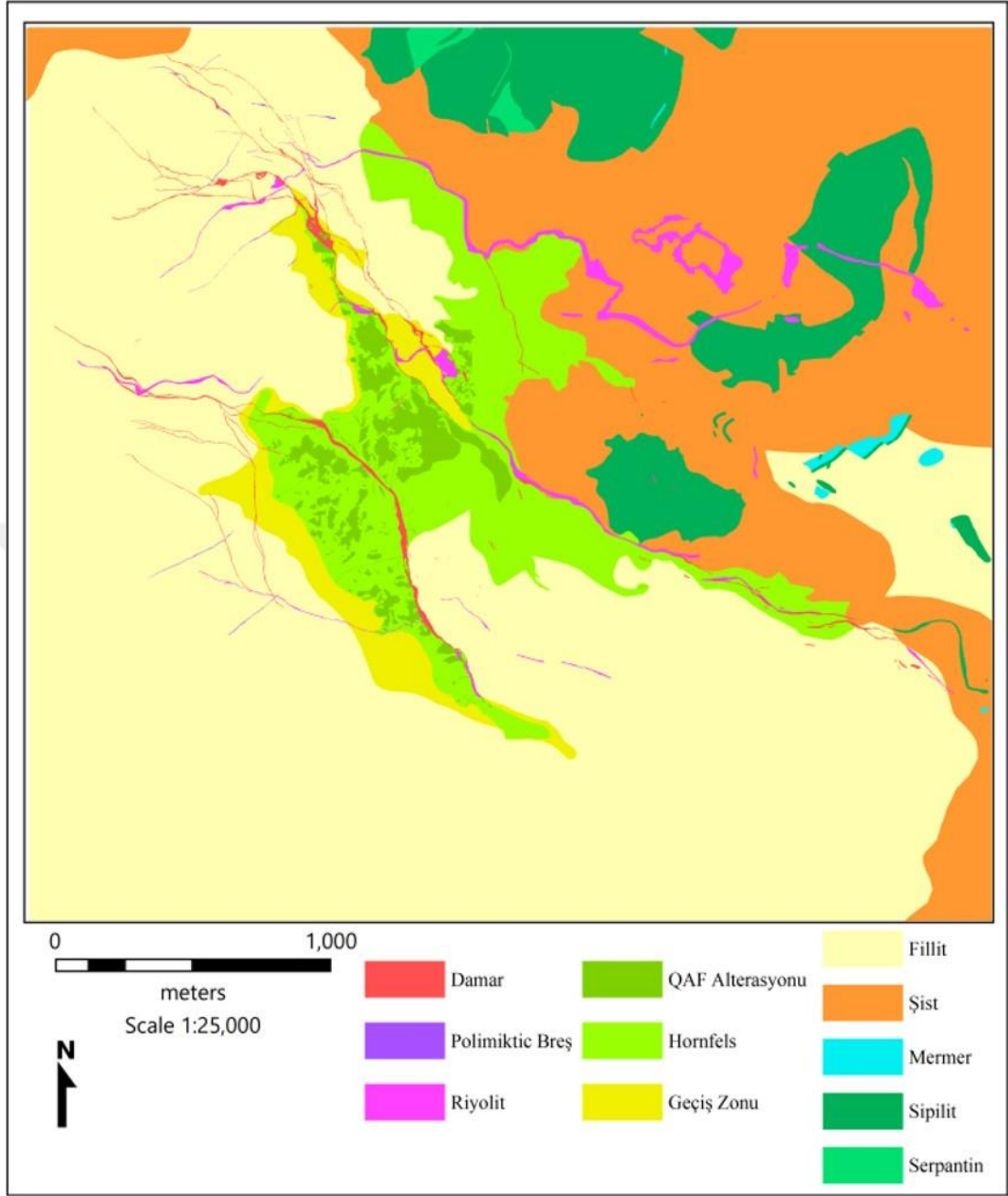
İlksel kayası olan fillit-şist birimi ile geçişli bir kontağı olan hornfels; riyolit dayakları ve epitermal cevher damarları tarafından kesilir. Kokarpınarı ve

Kestanebeleni damarlarının kontaklarındaki büyük atımlar yer yer hornfels ile şist-fillit birimini geçiş zonu gözlenmeksizin yanyana getirir. Kalk-silika alterasyonu yer yer hornfels kayasının içerisine nüfus etmiş yer yer de çatlakları doldurmuş ve çatlaklar boyunca yankayaya nüfus etmiştir.

Yapılan petrografik çalışmaların ve spektrum analizlerin raporu (Richards, 2007; Boucher, 2016), sahadaki koyu yeşil renkli çubuksu minerallerin amfibol grubu mineraller olduğunu göstermektedir. Bu amfibol mineralleri ile birlikte kuvars, feldispat ve klorit varlığı da ortaya konulmuştur. Açık yeşilimsi ve sarımsı mineral birlikteliklerinde ise kuvars, feldispat klorit ve epidot minerallerin baskın olduğu ortaya konulmuştur.

Bu çalışma kapsamında yapılan harita çalışmalarındaki makroskobik gözlemler yukarıdaki çalışmalar göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Koyu yeşil çubuksu minerallerin gözlemlendiği alanlar kuvars-feldispat-amfibol (QAF) minerallerince zengin alterasyon olarak ele alınmış, açık yeşilimsi ve sarımsı renkli mineral birlikteliğinin bulunduğu alanlar kuvars-epidot-klorit (QEC) alterasyonu olarak ele alınmıştır. Bu iki alterasyon birlikteliğine ise “Kalk-Silika Alterasyonu” adı verilerek haritaya işlenmiştir. (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3).

Yapılan harita çalışmalarında QAF alterasyonu hornfels biriminde baskın olarak gözlemlenmiştir. QEC alterasyonunu ise, QAF alterasyonunun dış zonlarında ve polimiktik breşlerdeki, riyolitteki, hornfelsteki, geçiş zonundaki, şist-fillit birimindeki kırıklarda ve bu kırıkların yakınındaki kayaların içerisine nüfus etmiş halde gözlemlenmek mümkündür (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Çalışma sahasında QAF alterasyonunun dağılımını gösterir harita

Epitermal cevherleşme ile ilgili yapılan mikrotermometri çalışmalarında maksimum homojenleşme sıcaklığı 309°C olarak ölçülmüştür. Oysaki çalışma sahasında oluşum ortamı için 450-650°C arasında sıcaklıklara ihtiyaç duyan amfibol-plajyoklas mineral birliktelikleri mevcuttur (Plyusnina, 1982). Bu yüksek sıcaklığın kaynağı olarak riyolit daykları gösterilebilir. Fakat QAF alterasyonunun sahadaki dağılımı gözlemlendiğinde, hornfels birimi ile olan konumsal ilişkileri çok kuvvetli

iken riyolit ile açık bir ilişki gözlenmemiştir. Amfibol-plajioklas birlikteliğinin bollaşması bir jeotermometre olarak ele alındığında, sıcaklığın merkezinde epitermal damarlar ve riyolitlerden ziyade hornfels biriminin yer aldığı gözlemlenir. Kesken kesilen ilişkilerinde riyolit daykları ve cevherleşmeden yaşlı olan hornfels biriminin içerisindeki yüksek sıcaklık mineral birliktelikleri için riyolit ve cevher damarlarından daha fazla sıcaklığa sahip ve hacimsel olarak daha büyük bir kaynağa ihtiyaç duyduğu ortadadır. Çalışma sahasındaki gibi bir karmaşık ve yüksek sıcaklıktaki alterasyonları oluşturan sistemin kaynağı asidik bir sokulum olabilir. Bu sokulum, hornfels biriminin oluşumunun, riyolit dayklarının ve epitermal cevherleşmenin kaynağı olabilir.

3.2 Kalk-Silika Alterasyonu

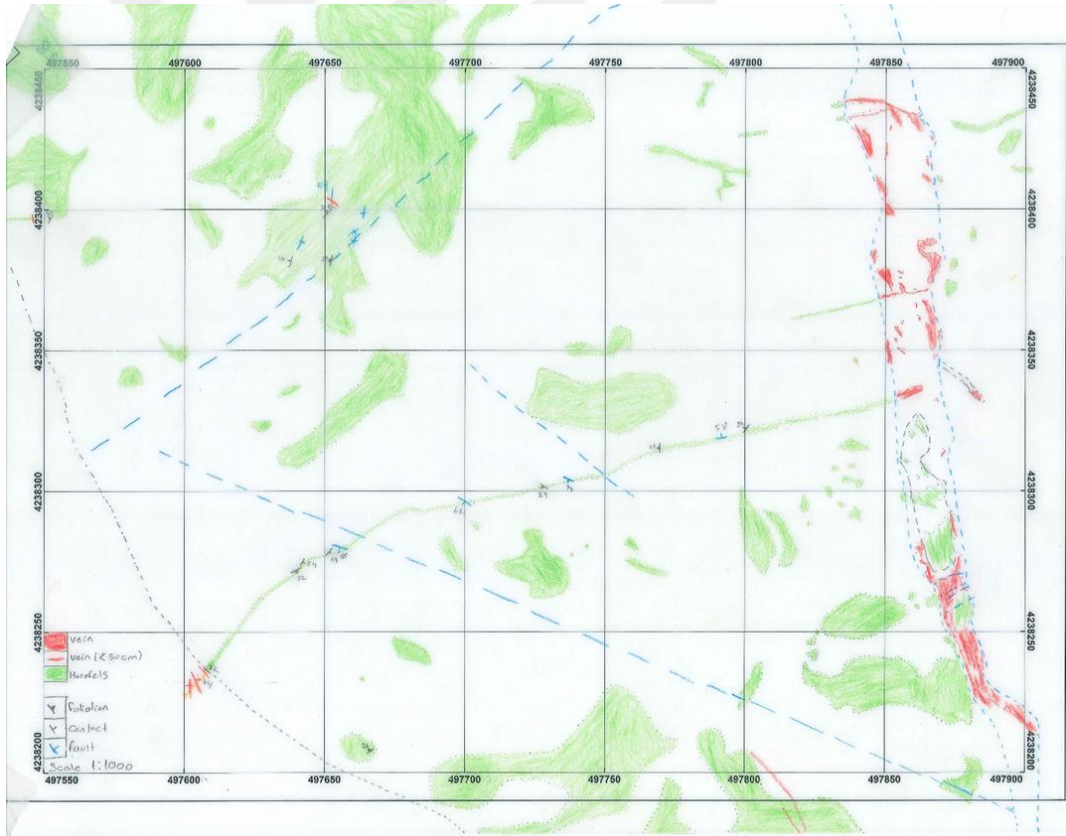
Birlikte kalk-silika alterasyonunu oluşturan QAF ve QEC alterasyonun hornfels ile ilişkisine yukarıdaki bölümlerde değinilmiştir. Bu bölümde ise kalk-silika alterasyonu ile ilişkili ekonomik olmayan metalik mineralizasyondan söz edilecektir.

Sahada yapılan harita çalışmalarında ve karot loglamalarında, QAF alterasyonun gözlemlendiği hornfels biriminde, saçınım ve damar halinde pirit ± pirotin ± kalkopirit metalik mineral parajenezini makroskobik olarak gözlemek mümkündür. Bu metalik minerallere hematit ve manyetit minerallerinin eşlik ettiği de saptanmıştır. Bu parajenez bazen yalnızca pirit ± pirotin ± kalkopirit metalik minerallerinden oluşan damarlarda gözlemlenirken bazen de kuvars-amfibol damarcıklarının içerisinde gözlemlenmiştir. Epitermal cevherleşme ile herhangi bir konumsal ilişki saptanamamıştır.

Saha çalışmalarında pre-epitermal faz olarak da tanımlanan QEC alterasyonuna eşlik eden metalik mineral birlikteliği ise makroskobik olarak pirit ± galen ± sfalerit ± kalkopirit olarak gözlemlenmiştir. QEC alterasyonunun epitermal cevherleşme ile kuvvetli konumsal ilişkisi saptanmıştır. Sahadaki haritalama ve karotlu sondaj loglama çalışmalarında epitermal breşik cevher damarlarının içerisinde breş parçaları olarak, epitermal cevher damarlarının kullandığı süreksizliklerde yankaya ve cevher damarı arasında ve bu süreksizlerin kontak bölgelerinde stokvörk yapılar halinde gözlemlenmiştir. Epitermal damarların yerleşmediği kırılanmanın dar olduğu fay

segmentlerinde de gözlemlenmiştir. Bu alterasyonun riyolit daykları ve polimiktik breşleri de etkilediği gözlemlenmiştir. QAF alterasyonu hornfels birimi içinde gözlemlenirken, QEC alterasyonu QAF alterasyonunun dış zonlarında ve epitermal damarların kestiği diğer birimlerin kontak bölgelerinde de gözlemlenmiştir. Epitermal damarlarla olan yakın konumsal ilişkisi yüzünden epitermal aktivite bir çok yerde bu alterasyonun üzerine gelişmiştir. ve epitermal cevherleşmeden ve epitermal klorit alterasyonundan ayrılmasını zorlaştırmıştır.

Hornfels birimini kalk-silika alterasyonu olarak tanımlayan çalışmada (Boucher 2016), elementlerin kütle aktarımı incelenmiş ve altere olmuş kaya Si, Na ve Mn elementlerince zenginleşirken, Ca, C, Cu, Ni, Mg, Pb ve Zn elementlerince fakirleştiği ortaya konmuştur. Hornfelsin zengin cevherleşme için sahadaki en iyi yankaya olmasının bir sebebi de bu kimyasal değişimler olabilir.



Şekil 3.2 Haritalama çalışmalarında kullanılan litoloji ve yapısal katmanına örnek

BÖLÜM DÖRT

GEÇ HİDROTERMAL EVRE

4.1 Epitermal Cevherleşme

Hidrotermal bir oluşum olan epitermal cevherleşmelerin gelişimi için sıcaklık ve sıvı kaynağına ihtiyaç vardır. Teorik olarak bölgede bunu sağlaması gereken kaynağın bir sokulum kayası olduğu düşünülmektedir. Çalışma alanının dışarısında, cevherleşmenin kuzeyinde bulunan altere olmuş granitin bu kaynak olabileceği düşünülmüştür. Fakat yapılan yaş analizleri (Boucher, 2016) bu altere granitin Triyas yaşlı olduğunu ve cevherleşme ile ilişkili olmadığını gösterir. Bu görüşe alternatif olarak gömülü bir sokulum bulunma olasılığı vardır. Yukarıda bahsedilen hornselsdeki mineralojik zonların sokulum yeri ile ilgili bir ipucu verebileceği düşünülmektedir.

Sahada Tüprag A.Ş. tarafından terraspec cihazı ile yapılan SWIR ölçümleri sonucunda illit, smektit, montmorillonit ve kaolinit gibi epitermal cevherleşmelerde gözlemlenen kil mineralleri ve kloritik alterasyon zonları tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında SWIR ölçümü yapılmamıştır. Fakat eski çalışmalar incelendiğinde sülfat minerallerinin yakınlarındaki beyaz kil minerallerinin kaolinit olabileceği görülmüştür.

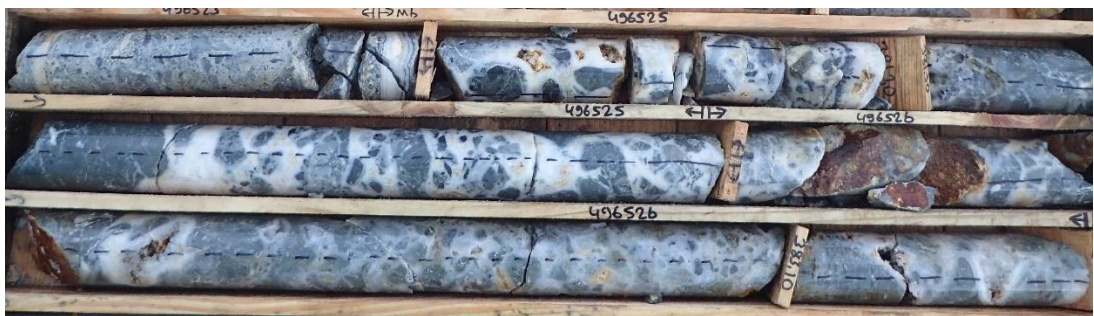
Haritalama ve loglama çalışmalarının sonucunda Efemçukuru Altın Madeni'nin sahada bulunan faylara yerleştiği gözlemlenmiştir. Faylar üzerindeki segmentasyon cevheri kontrol etmektedir. Bundan dolayı cevherleşme uzunlukları 200-1000 metre arasında değişen fay segmentlerine ayrılarak incelenmiştir. Bu segmentler boyunca benzer doğrultu ve eğime sahip olan cevher damarlarının cevher ve mineral parajenezleri de birbirine benzer. Bazı uzun segmentler alt kollara da ayrılmıştır. Fakat bu alt kollarda birbirine benzemektedir. Ayıklanan bu fay segmentleri cevherleşme zonlarının odaklandığı süreksizliklerdir.

Ayrıca cevherleşme güneyden kuzeye doğru ve alt kotlardan yüzeye doğru sıcaklık ve sıvı kaynağına olan uzaklık farklılıklarından dolayı bir takım değişiklikler gösterir. Kuvars dokularındaki çeşitlilik, tane boylarındaki, gang mineral parajenezlerindeki değişimler ve metal zonlanması bu değişikliklere örnektir.

Kestanebeleni, Kokarpınar ve diğer damarların cevher zonları Tüprag A.Ş. Araştırma Şef Jeoloğu Çağlar Acımaz'ın yorumları ve eski çalışmaları doğrultusunda loglama ve modelleme çalışmaları yapılarak ayrılmıştır. Bu kapsamda loglama çalışmalarında epitermal damarlar 6 ayrı faz birlikteliğine ayrılmıştır. Bu faz birliktelikleri cevher karakterini yorumlamakta yardımcı olan mineral topluluklarına göre yapılmıştır. Bu ayrımlar yapılırken bu çalışma kapsamı dışında yapılacak olan jeokimyasal analizlere kolaylık sağlaması açısından damarlar 50 cm'den küçük 100 cm'den büyük olmamasına özen gösterilen aralıklar ile tanımlanmıştır. Yine aynı nedenden ötürü belirlenen aralıklarda epitermal damar oranı %10'dan az ise yankaya, %10-%20 arasında ise stokvörk, %20-%49 arasında ise zengin stokvörk, %50'den fazla ise damar olarak tanımlanmıştır. Stokvörk tipi cevherleşme hangi yankaya içerisindeyse o kayanın stokvörkü olarak isimlendirilmiştir.

4.2 Kuvars Fazları

Kuvars mineralince baskın, sülfid mineralince zengin fazların %10'dan az olduğu damar aralıkları kuvars fazları olarak tanımlanır. Genellikle cevherleşmenin ilk aşamalarını temsil ederken çatlak dolgusu halinde son aşamalarda da gözlemlenebilir. Kuvars tane boyları iridir. Kuvars minerallerinde tarak dokusu (comb texture) karakteristik iken bazen kokart dokusu (cockade texture) da gözlemlenebilir. Altın cevherleşmesi bu fazlarda çok nadirdir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Kuvars fazlarına örnek HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

4.3 Kuvars-Karbonat Fazları

Kuvars ve karbonat mineral birlikteliğinin baskın olduğu fazlardır. Karbonat minerali olarak çoğunlukla kalsit ve rodokrozit mineralleri gözlemlenir. sülfid

mineralince zengin damarların toplamı %10'dan azdır. Cevherleşmenin bütün aşamalarında gözlemlenir. Bu aşamalar arasındaki farklı epitermal mineral dokularındaki farklılıkları takip ederek ayırt etmek mümkündür. İlk fazlar masif taneli (saccharoidal) bir dokuya sahipken, altın çökelişinin başladığı aşamalarda cevherleşmenin önemli aşamaları olan sıvı karışımını (fluid mixing) ve kaynamayı (boiling) gösteren; bantlı, kokart ve bladed epitermal dokuları gözlemlenir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Kuvars-karbonat fazlarına örnek HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

4.4 Kuvars-Rodonit Fazları

Kuvars ve rodonit mineral birlikteliğinin baskın olduğu fazlardır. Sülfür minerallerince zengin damarların toplamı %10'dan azdır. Cevherleşmenin bütün aşamalarında gözlemlenir. Cevherleşmenin ilk aşamalarında iri ve özşekilli mineraller baskındır. Altın çökelişinin başladığı aşamada bantlı kokart ve bladed epitermal dokuları gözlemlenir. Bu fazlarda gözlemlenen karbonat minerallerine özgü olan bladed dokusu silika içeren mineraller tarafından ornatılmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Kuvars-rodonit fazlarına örnek HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

4.5 Sülfid Zengini Fazlar

Sülfid minerallerince zengin damarların %10 ile %50 arasında değişen oranlarla diğer damar tiplerini kestiği fazlardır. En yüksek tenörlü cevherleşmeler fazlarda gözlemlenir. Önceden yerleşen epitermal damarları keserek oluştuğu için geç aşamalarda gözlemlenir. Bantlı, kokart ve bladed epitermal dokuları sıkça gözlemlenir (Şekil 4-4).



Şekil 4.4 Sülfid zengini fazlarına örnek HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

4.6 Sülfid Fazları

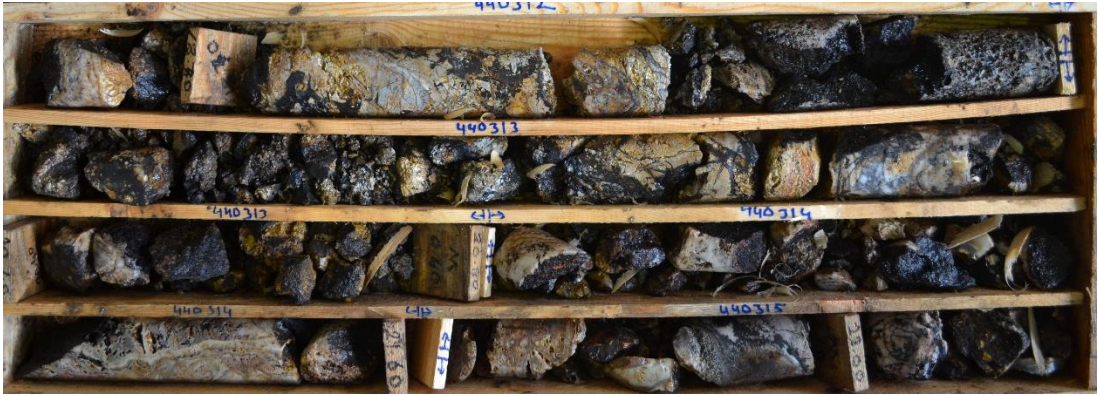
Sülfid içeren damarların %50'den fazlasını oluşturan fazlardır. Düşük-orta tenörlü altın cevherleşmesi oluşturan ilk ve son aşamalarda gözlemlenir. Bu damarlar metalik zonlanma nedeni ile madenin alt kotlarında baskınlaşırlar (Şekil 4-5).



Şekil 4.5 Sülfür fazlarına örnek HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

4.7 Oksit Fazları

Oksit fazları, diğer damarların yüzeyde ya da yeraltında çatlaklar boyunca su ve oksijene maruz kalması sonucunda ikincil olarak oluşur. Yersel olarak, özellikle yukarıda bahsedilen sokulumun tahmini yerine yakın alanlarda sülfür damarları ile birlikte birincil olarak da oluştuğu gözlemlenmiştir. İkincil oksit fazlar genellikle limonit, hematit, Mangan-oksitleri ve diğer sülfür minerallerinin oksitlerinden oluşurken, birincil olarak oluşanlar hematit ve manyetit minerallerini içerir (Şekil 4-6).

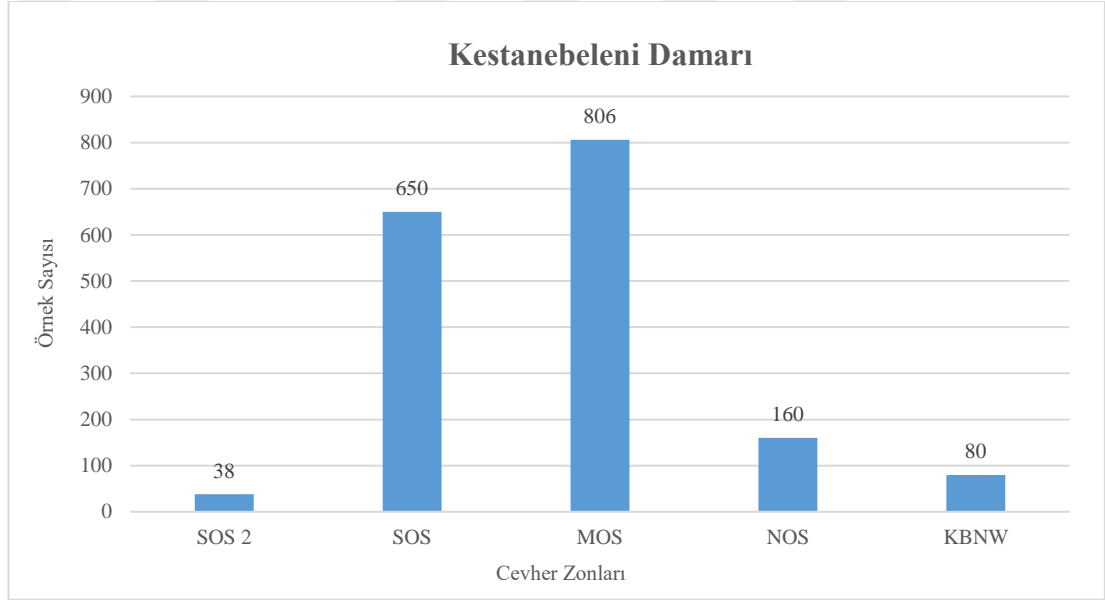


Şekil 4.6 Oksit fazlarına örnek HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

BÖLÜM BEŞ

KESTANEBELENİ DAMARI

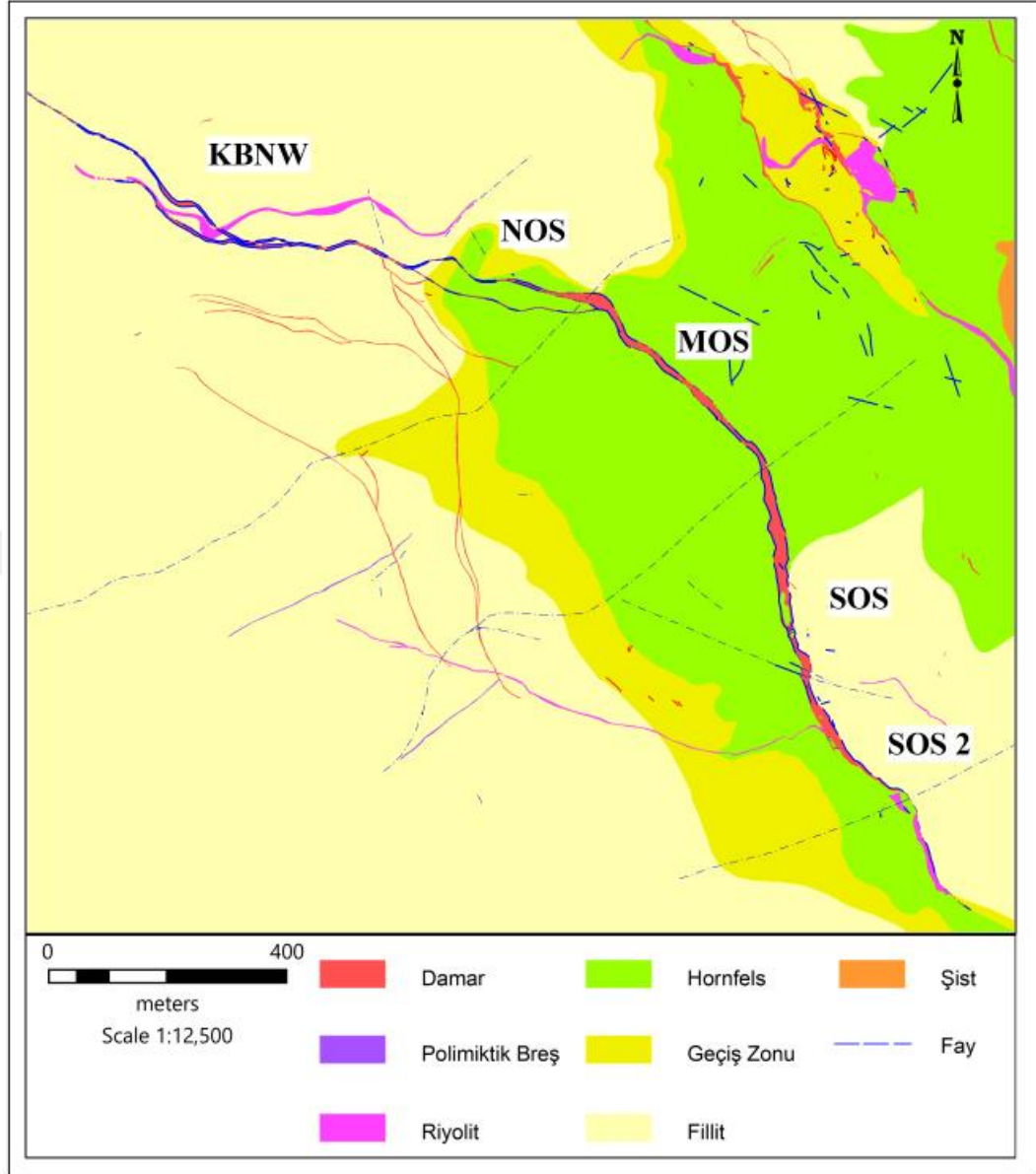
Kestanebeleni damarı çalışma alanının merkezinde bulunan, Tüprağ Metal Madencilik A.Ş. tarafından yeraltı madencilik metotları ile 2011 yılından günümüze işletilmeye devam eden, epitermal altın cevherleşmesidir. Bu çalışmada Kestanebeleni damarı en güneyden kuzeye doğru sırasıyla, SOS-2 (South Ore Shoot 2), SOS (South Ore Shoot), MOS (Middle Ore Shoot), NOS (North Ore Shoot), KBNW (Kestanebeleni Northwest) olmak üzere 5 bölüme ayrılmıştır (Şekil 5.1) ve bu bölümlerde altın cevherleşmenin ekonomik olduğu bölümler cevher zonu olarak adlandırılmıştır. Şekil 5.2’de cevher zonlarını gösteren harita mevcuttur.



Şekil 5.1 Kestanebelene damarındaki cevher zonları içerisinde incelenen örnek sayıları

Kestanebeleni damarı çok karmaşık fay ve kırık sistemlerinden meydana gelmiştir. Bu çalışmada yalnızca cevherleşmenin ekonomik değeri yüksek olan cevher zonlarındaki epitermal damarlar incelenmiş ve bu incelemelere ait örnek sayıları ile ilgili veriler tabloda verilmiştir. Örnek sayıları arasındaki sayısal farklılıklar incelenen bölgedeki sondaj sıklığı ve damar kalınlığından kaynaklanmaktadır.

Çalışmada kullanılan modellemelerde ve loglamalarda Çağlar ACIMAZ’ın çalışmalarından yararlanılmıştır.

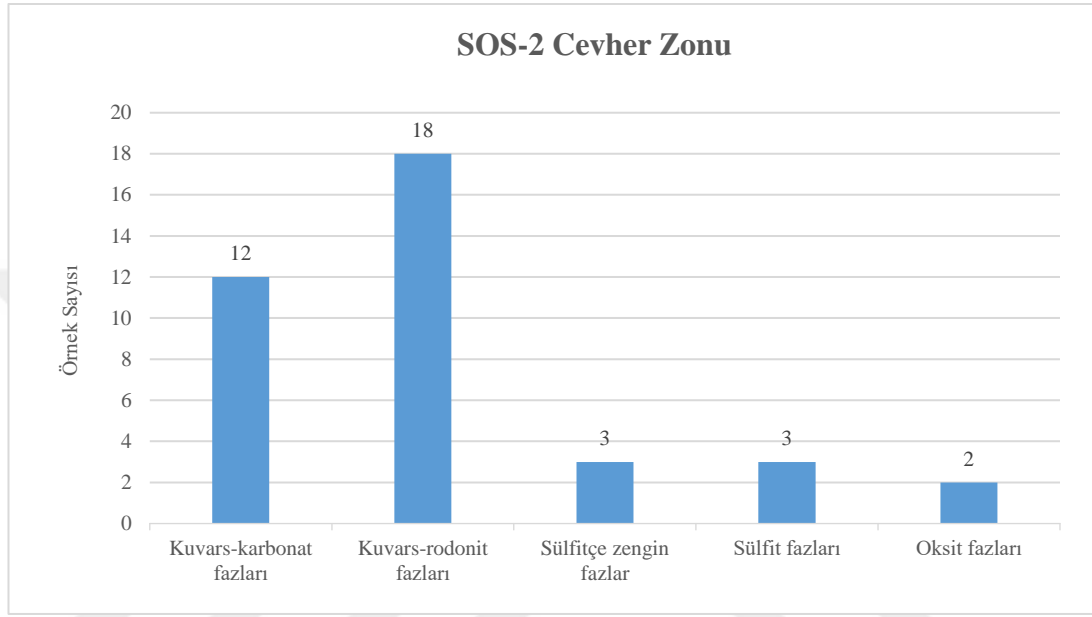


Şekil 5.2 Kestanebeleni damarı cevher zonları gösterir haritası

5.1 SOS-2 Cevher Zonu

Kestanebeleni damarının en güneydeki kısmı olan SOS-2 cevherleşmesi, kuzeyde D-B doğrultulu Kestanebeleni riyoliti ile sınırlanır. Yapılan modelleme çalışmaları sonucunda Kuzey 60 - 45° Batı arasında doğrultuya sahip ve kuzey doğuya doğru 40-47° arasında eğimli olduğu gözlemlenir.

Loglama çalışmalarında SOS-2 cevher zonunda incelenen 38 adet epitermal damar örneğinin; 18 tanesi kuvars-rononit fazlarına, 12 tanesinin ise kuvars-karbonat fazlarına ait olduğu gözlenmiştir. Şekil 5.3’de örneklerin ait olduğu fazlara ait grafik yer almaktadır. Yapılan çalışmaların sonucunda SOS-2 cevherleşmesinde Mangan zengini minerallerin baskın oluşu gözlenmiştir.



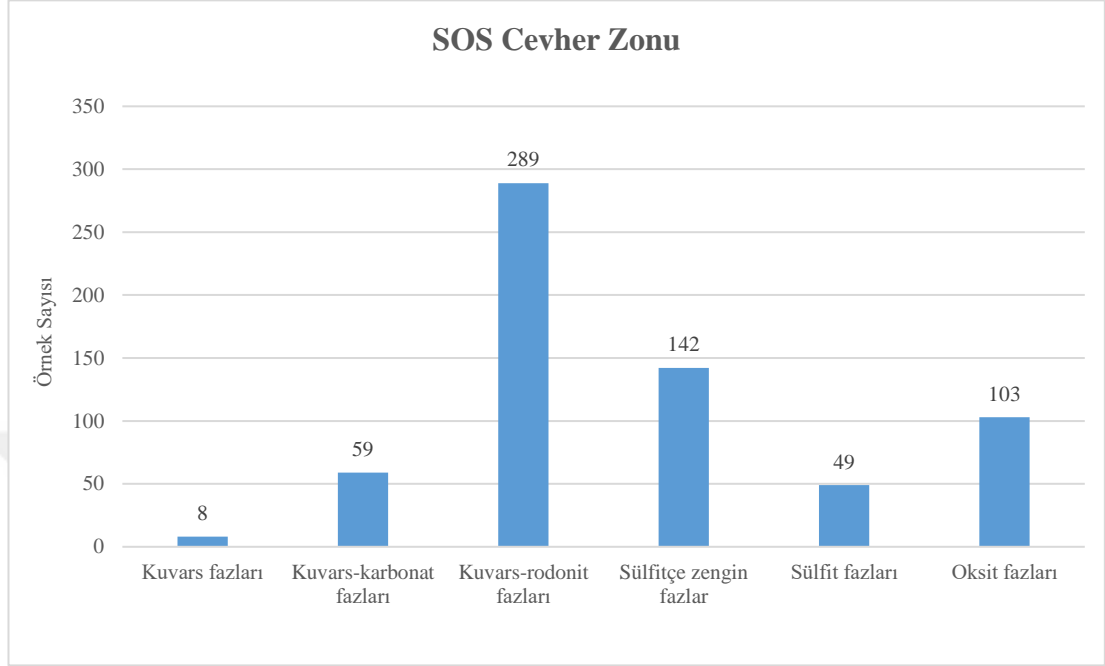
Şekil 5.3 SOS-2 cevher zonunda incelenen örneklerin faz birlikteliklerine göre ayrımı

5.2 SOS Cevher Zonu

Güneyindeki kestanebelini riyliti ile SOS-2 cevher zonundan ayrılan SOS cevher zonu, kuzeyde harita çizilen KD yönlü fay ile sınırlanarak MOS cevher zonundan ayrılır. Kuzey 30 - 15° Batı arasında doğrultulu ve kuzey doğuya doğru 55-64° arasında eğimlidir.

SOS cevher zonu içerisinde incelenen 650 epitermal damar örneğinin; 289 tanesinin Kuvar-rononit fazlarına ait olduğu gözlenmiştir. Ayrıca incelenen örneklerin 142 tanesi sülfite zengin fazlara ve 103 tanesinin oksit fazlarına ait olduğu gözlemlenmiştir. Sülfite zengin fazlara ve oksit fazlarına ait örneklerde Mangan zengini mineraller (rononit, rodokrozit ve Mangan-oksit) baskındır. İncelenen örneklerin fazlara ait dağılımı aşağıdaki şekil 5.4’de yer almaktadır.

SOS-2 cevher zonuna göre daha fazla sülfür minerali içeren SOS cevher zonunda Mangan zengini mineraller baskındır.

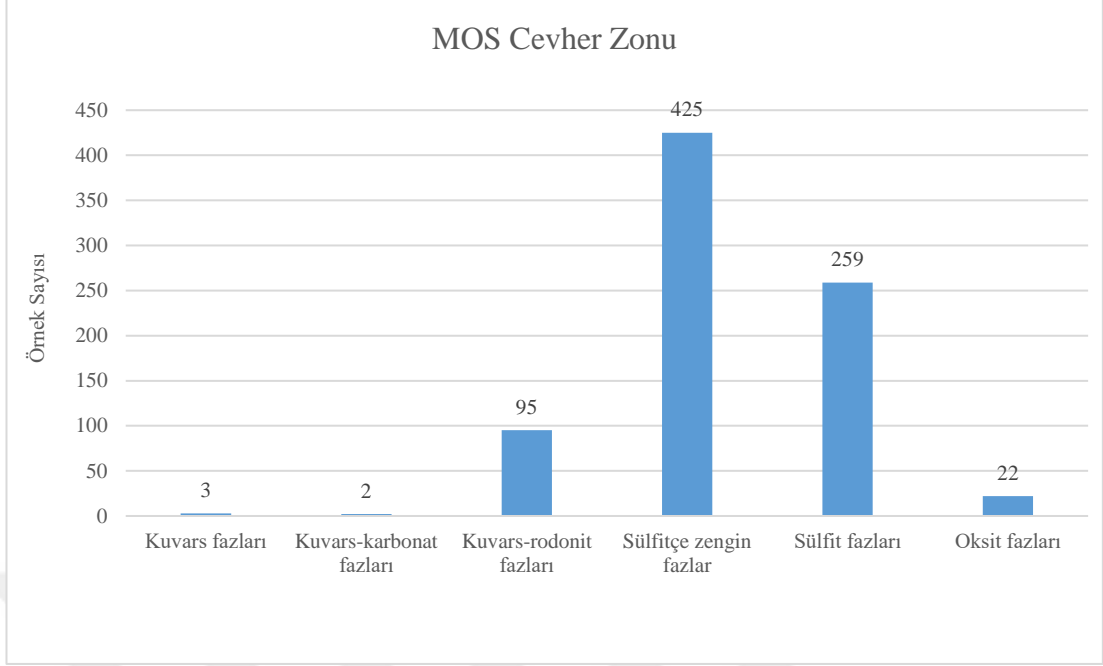


Şekil 5.4 SOS cevher zonunda incelenen örneklerin faz birlikteliklerine göre ayrımı

5.3 MOS Cevher Zonu

Güneyinde harita’da çizilen KD doğrultulu faz ile SOS cevher zonundan ayrılan MOS cevher zonu kuzeyinde başka bir KD doğrultulu fay ile NOS cevher zonundan ayrılır. Kuzey 50 - 30° Batı arasında doğrultulu ve kuzey doğuya doğru 60-68° arasında eğimlidir.

MOS cevher zonu içerisinde incelenen 806 adet epitermal damar örneğinin; 425 tanesini sülfür zengin fazlara ait olduğu MOS cevher zonunda, 259 tanesinin sülfür fazlarına ve 95 tanesinin kuvars-rodonit fazlarına ait olduğu gözlemlenmiştir. SOS-2 ve SOS cevher zonlarına nazaran sülfür minerallerin arttığı bu cevher zonunda Mangan zengini mineraller de baskınlığını korur. Fazlara ait ayrıntılı dağılım aşağıdaki şekil 5.5 verilmiştir.

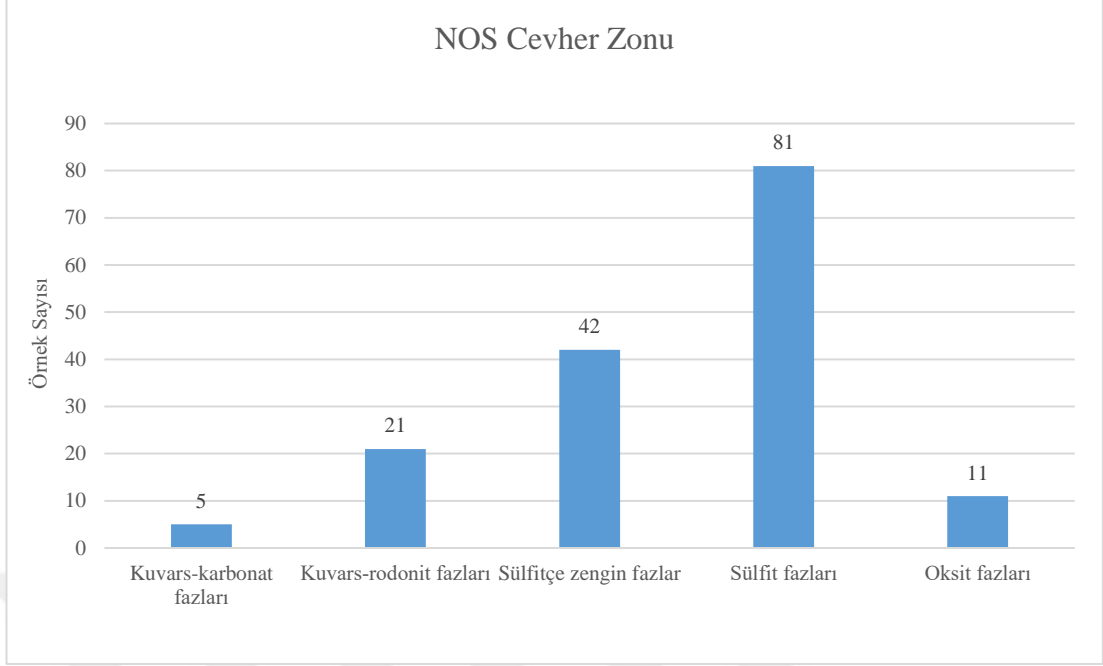


Şekil 5.5 MOS cevher zonunda incelenen örneklerin faz birlikteliklerine göre ayrımı

5.4 NOS Cevher Zonu

Güneyinde harita’da çizilen KD doğrultulu fay ile MOS cevher zonundan ayrılan NOS cevher zonu, kuzeyinde başka bir KD doğrultulu fay ile KBNW cevher zonundan ayrılır. Kuzey 70 - 50° Batı arasında doğrultulu ve kuzey doğuya doğru 52-57° arasında eğimlidir.

NOS cevher zonu içerisinde incelenen 160 adet epitermal damar örneğinin; 81 tanesini sülfite fazlarına ait olduğu, 42 tanesinin sülfite zengin fazlara ve 21 tanesinin kuvars-rodonit fazlarına ait olduğu gözlemlenmiştir. Kestanebeleni damarı üzerinde sülfite minerallerinin en baskın olduğu cevher zonu olan NOS cevher zonunda sülfite mineralleri mangan minerallerinden de baskındır. Fazlara ait ayrıntılı dağılım şekil 5.6’da verilmiştir.

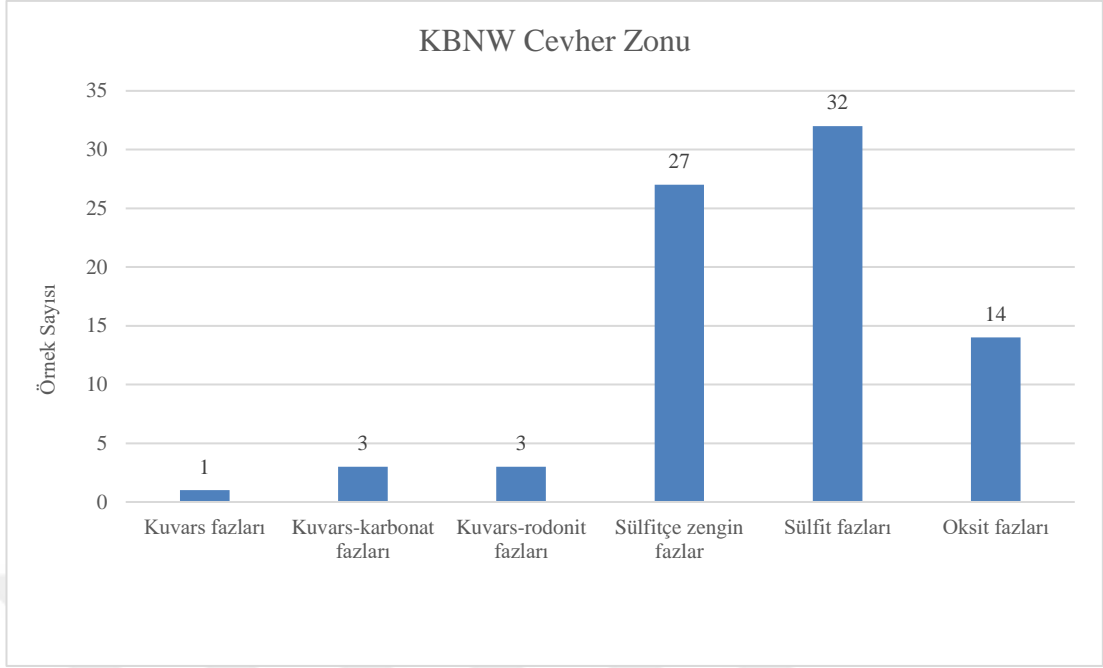


Şekil 5.6 NOS cevher zonunda incelenen örneklerin faz birlikteliklerine göre ayrımı

5.5 KBNW Cevher Zonu

Güneyinde harita’da çizilen KD doğrultulu fay ile NOS cevher zonundan ayrılan KBNW cevher zonu kuzeyde sönmülenir. Kuzey 90 - 70° Batı arasında doğrultulu ve kuzey doğuya doğru 47-59° arasında eğimlidir.

KBNW cevher zonunda incelenen 80 adet epitermal damar örneğinin; 32 tanesinin sülfid fazlarına ait olduğu ve 27 tanesinin sülfite zengin fazlara ait olduğu gözlemlenmiştir. Sülfite zengin fazlarda Mangan zengini mineraller baskındır. Fazlara ait ayrıntılı dağılım aşağıdaki şekil 5.7’de verilmiştir.



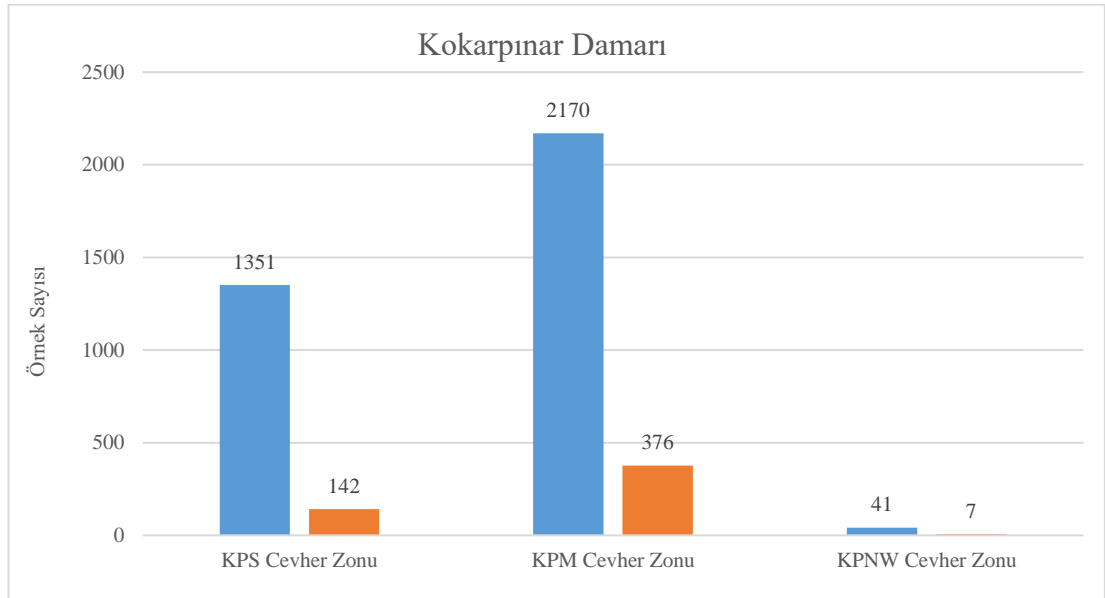
Şekil 5.7 KBNW cevher zonunda incelenen örneklerin faz birlikteliklerine göre ayrımı

BÖLÜM ALTI

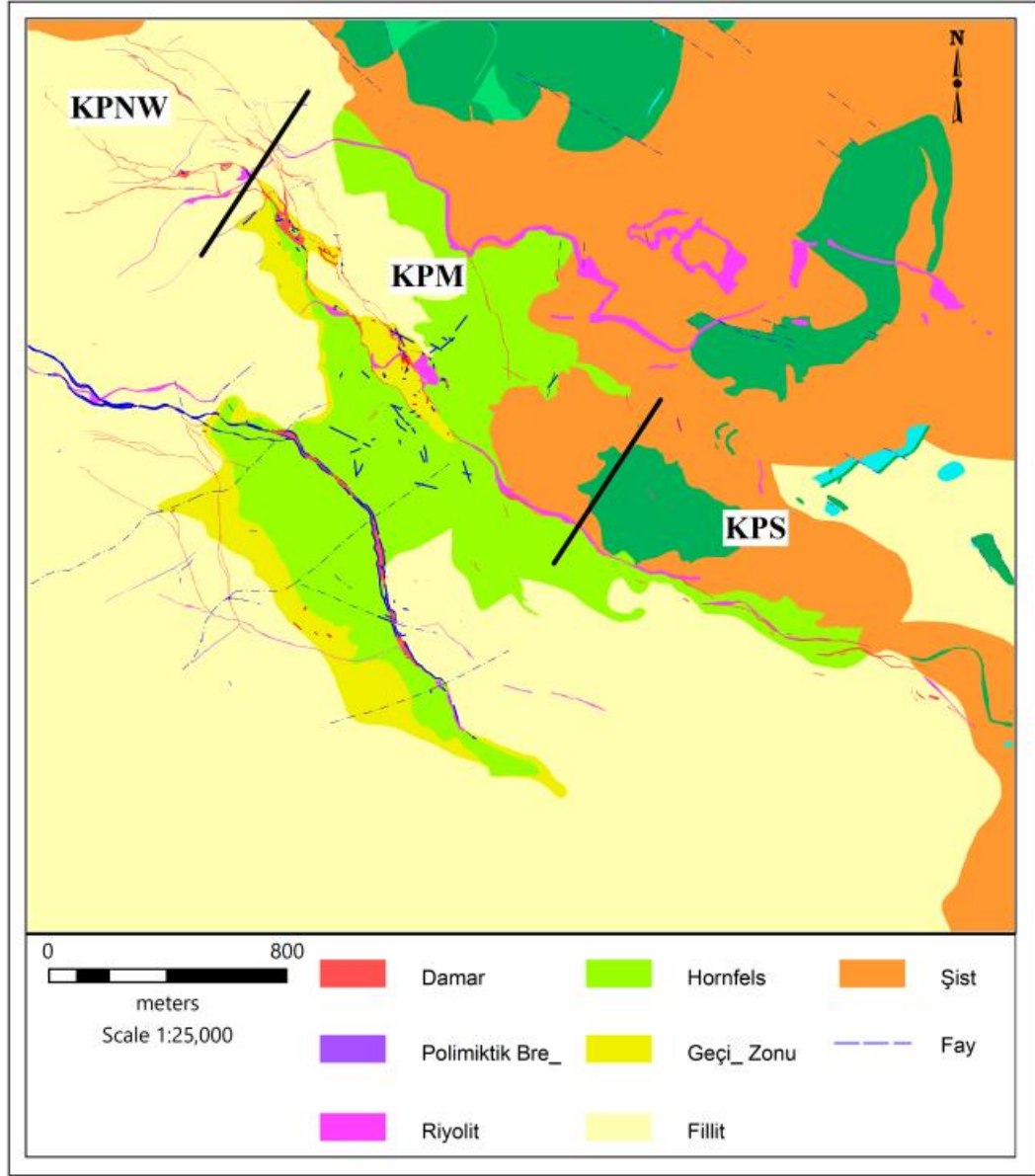
KOKARPINAR DAMARI

Kokarpınarı damarı 3,5 km uzunluğuyla çalışma alanının en uzun damarıdır. Tüprağ A.Ş. tarafından 1992 yılında başlayan arama faaliyetleri, günümüzde halen ileri seviyede devam etmektedir. Kestanebeleni damarından uzun olmasına rağmen üç adet cevher zonuna ayrılmıştır. Fakat bu cevher zonları kendi içerisinde bir çok cevher gövdesine ayrılmıştır. Birbirinden farklı özellikler gösteren cevher zonlarına ayrılan cevher gövdelerinin jeolojik karakterleri birbirine daha çok benzemektedir. Buna göre güneyden kuzeye doğru cevher zonlarının isimleri; Kokarpınar güney cevher zonu (KPS), Kokarpınar orta cevher zonu (KPM) ve Kokarpınar kuzeybatı cevher zonudur (KPNW). Bu cevher zonları şekil 6.2’de harita üzerinde gösterilmiştir.

Efemçukuru sahasındaki eski çalışmalar işletme aşamasında olan Kestanebeleni damarı üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmada Kokarpınar damarı üzerine daha detaylı çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda Kestanebeleni damarında sadece cevher zonlarındaki epitermal damarlar incelenirken, Kokarpınarı damarının yerleştiği kırıktaki ekonomik olan ve olmayan tüm epitermal damarlar incelenmiştir. Fakat ana kırık dışındaki epitermal damarlar bu çalışmada yer almamıştır. (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 Kokarpınar damarındaki ana kırık ve cevher zonları içerisinde incelenen örnek sayıları



Şekil 6.2 Kokarpınar damarı cevher zonları gösterir haritası

6.1 Fazların Doku ve Süksesyon Ayrımı

Kestanebeleni damarındaki loglama çalışmalarında 6 faz birlikteliğine ayrılarak yapılan loglama çalışmasına ek olarak Kokarpınarı damarında fazların dokularının da ayrımına gidilmiştir. Cevherleşmenin aşamaları hakkında bilgi veren epitermal doku ve mineralojik birlikteliklere dayanan fazlar ayrılırken (Acımaz, 2015) raporundan yararlanılmış ve aşağıdaki bölümlerde anlatılmıştır.

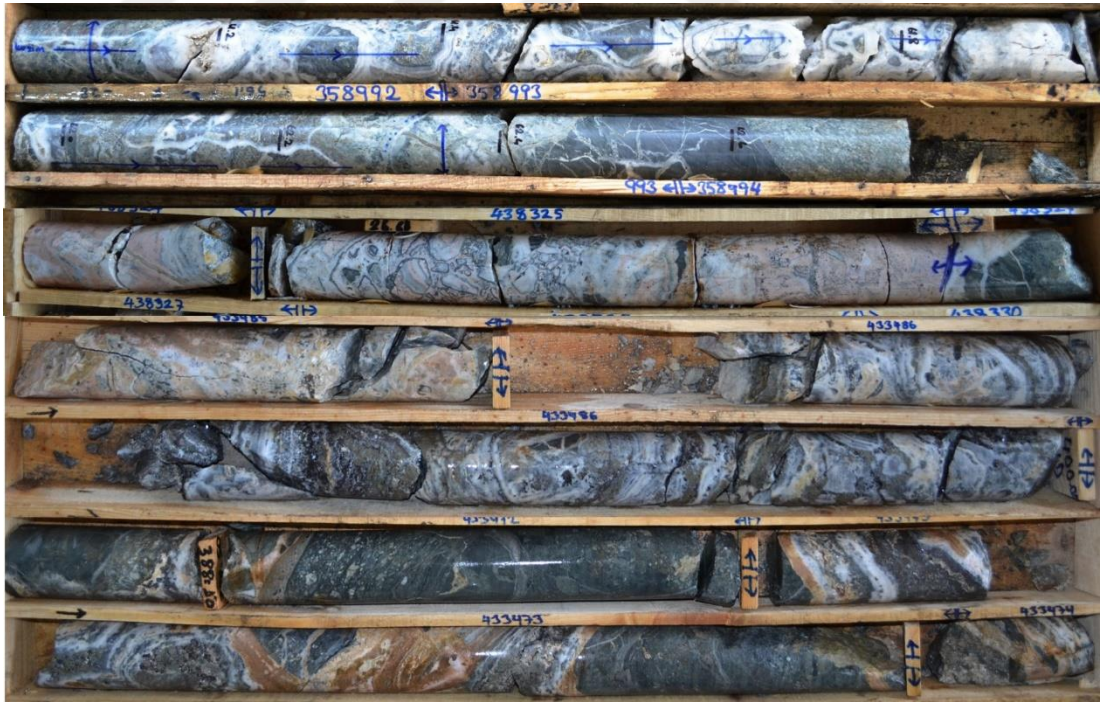
Kuars fazlarının, kuvars-rodonit fazlarının, kuvars-oksit fazlarının ve rodokrozitin baskın olduğu kuvars-karbonat fazlarının altın çökelişi sırasında oluşan sülfid fazları tarafından kesilmesi sonucunda oluşan fazdır. Masif ve breşik olarak gözlemlenebilir (Şekil 6.4).

Mineral boyutlarının ince taneli olduğu bu fazda masif dokular baskındır.

6.1.3 Epitermal Dokulu Çoklu Faz

Epitermal cevherleşmenin önemli aşamaları olan sıvı karışımı (fluid mixing) ve kaynama (boiling) olaylarını gösteren bantlı, kokart ve bladed dokularının baskın olduğu kuvars fazlarının, kuvars-rodonit fazlarının, kuvars-oksit fazlarının ve rodokrozitin baskın olduğu kuvars-karbonat fazlarının altın çökelişi sırasında oluşan sülfid fazları tarafından kesilmesi sonucunda oluşan fazdır. Masif ve breşik olarak gözlemlenebilir (Şekil 6.5).

En yüksek tenörlü cevherleşmeler bu fazda gözlemlenir.



Şekil 6.5 Epitermal dokulu çoklu faz örnek HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

6.1.4 Baz Metal Zengini Masif Sülfid Faz

Baz metallerce zengin masif sülfid minerallerinin baskın olduğu fazdır. Altın çökeltiminin devam ettiği en genç fazdır. Yer yer epitermal için önemli olan dokular da gözlemlenebilir (Şekil 6.6).

Epitermal dokulu çoklu faza göre daha düşük cevher tenörüne sahiptir.



Şekil 6.6 Baz metal zengini masif sülfid faza örnek HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

6.1.5 Pirit Zengini Masif Sülfid Faz

Pirit mineralinin baskın olduğu masif sülfid damarlarından oluşan fazdır. Yer yer epitermal sistemi yansıtan önemli olan dokular da gözlemlenebilir. Erken ve geç evreleri vardır. Erken evrelerinde altın çökeltimi yoktur (Şekil 67).

Epitermal dokulu çoklu faza göre daha düşük cevher tenörüne sahiptir.



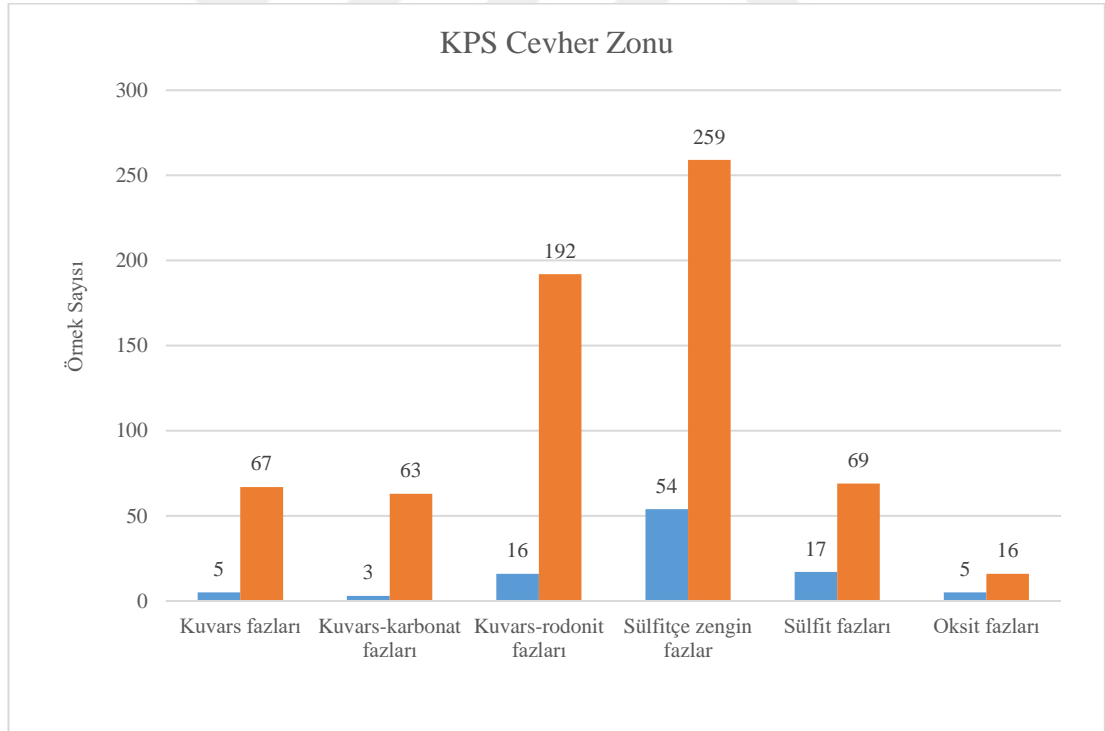
Şekil 6.7 Pirit zengini masif sülfid faza örnek HQ çap karot fotoğrafı (Kişisel arşiv, 2019)

6.2 KPS Cevher Zonu

Kokarpınar damarının en güneydeki kısmı olan KPS cevherleşme zonu güneyinde sönümlenerek sona ererken kuzeyinde KPM cevherleşme zonu ile sınırlanır. Kuzey 80 - 70° Batı arasında doğrultulu ve kuzey doğuya doğru 42-47° arasında eğimlidir.

KPS cevher zonunun yerleştiği ana kırık içerisindeki epitermal damarların fazları ve KPS cevher zonunun fazları şekil 6.8'deki grafikte gösterilmiştir. Epitermal damar gövdesi ve içerisindeki cevher zonunun faz dağılımı benzerlik gösterir. Manganeve karbonat zengini minerallerin baskın olduğu sülfite zengin fazlar ve kuvars-rononit fazlarının baskınlığı göze çarpar. Epitermal damar gövdesinde cevher zonlarına göre sülfite fazlarının oranı azalırken kuvars ve kuvars-karbonat fazlarının oranı artar.

KPS cevher zonu loglamaları sonucunda çıkan faz birliktelikleri SOS ve SOS-2 cevher zonları ile benzerlik gösterir.



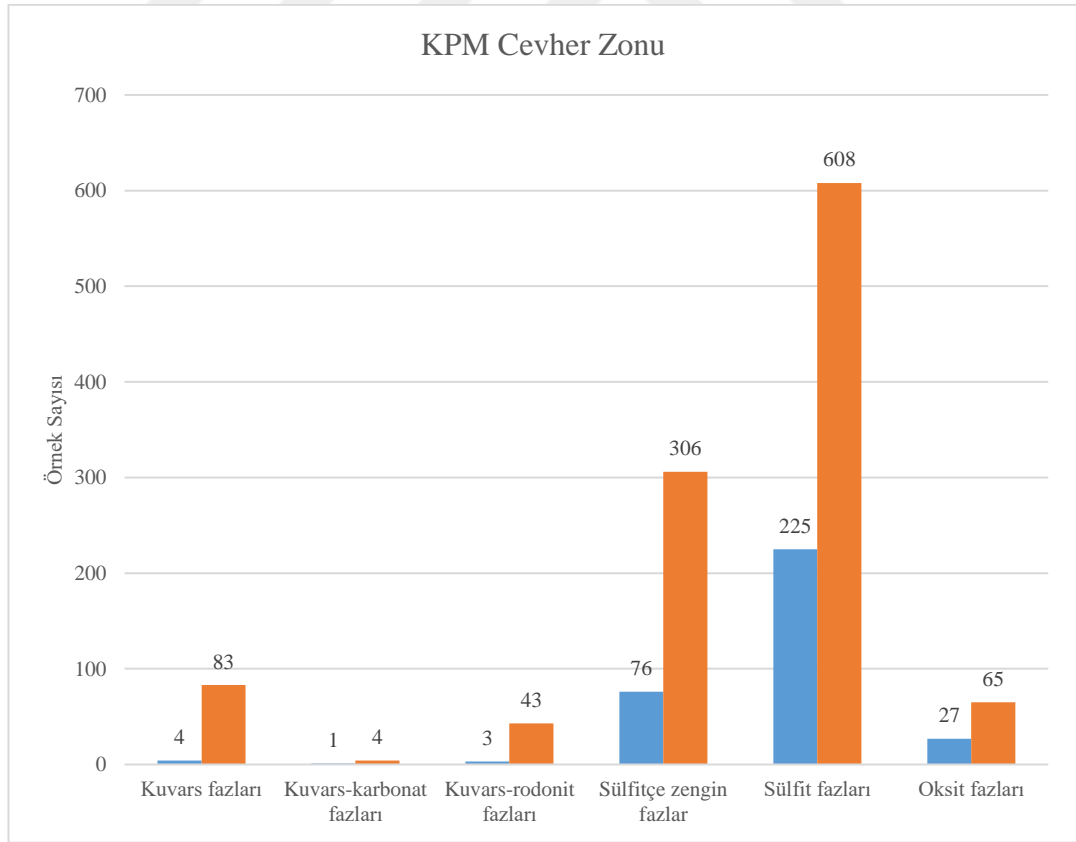
Şekil 6.8 KPS cevher zonunda incelenen örneklerin faz birlikteliklerine göre ayrımı

6.3 KPM Cevher Zonu

Kokarpınar damarının orta kısmında yer alan KPM cevher zonu, güneyinde KPS cevher zonu, kuzeyinde ise KPNW cevher zonu ile sınırlanır. Kuzey 50 - 40° Batı arasında doğrultulu ve kuzey doğuya doğru 38-43° arasında eğimlidir. Fakat bazı dar cevher gövdelerinde eğimi 49°'ye kadar ulaşır.

KPM cevher zonunun yerleştiği ana kırık içerisindeki epitermal damarların fazları ve KPM cevher zonunun fazları Şekil 6.9'daki grafikte gösterilmiştir. Epitermal damar gövdesi ve içerisindeki cevher zonunun faz dağılımı benzerlik gösterir. Sülfite zengin ve sonrasında sülfite zengin fazların baskınlığı belirgindir. KPS cevher zonuna göre mangan içeriği azalmış sülfite içeriği ise artmıştır. Epitermal damar gövdesinde cevher zonlarına göre kuvars ve kuvars-karbonat fazlarının oranı artar (Şekil 6.9).

KPM cevher zonu loglamaları sonucunda çıkan faz birliktelikleri MOS ve NOS cevher zonları ile benzerlik gösterir.



Şekil 6.9 KPM cevher zonunda incelenen örneklerin faz birlikteliklerine göre ayrımı ve bollukları

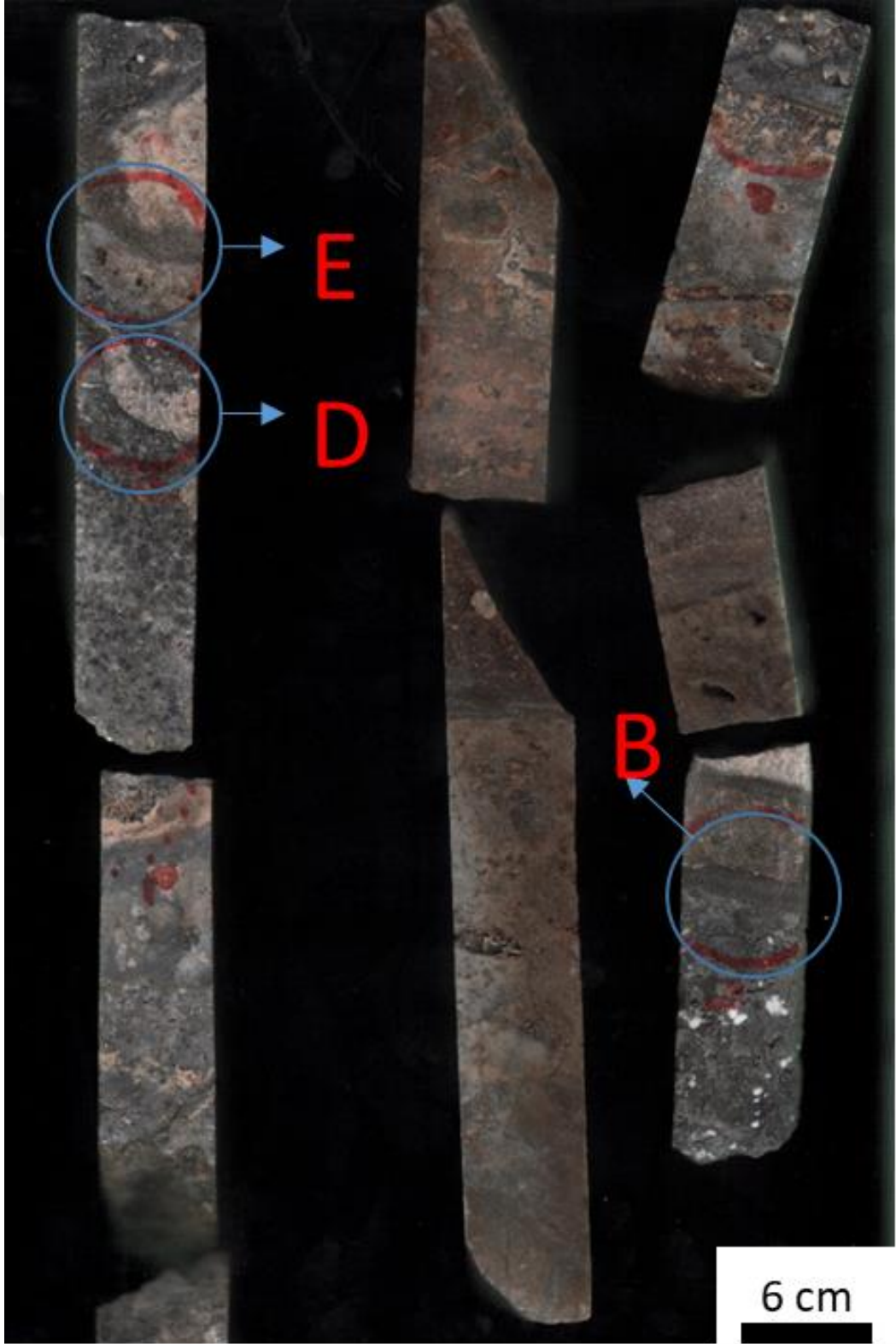
6.3.1 KPM Cevher Mikroskobisi

Kokarpınarı damarındaki KPM cevher zonunu kesen KV-499 isimli HQ çaptaki karotlu sondaj kuyusundan (şekil 9.1 ve şekil 9.3) cevher mikroskobisi için bir adet jeokimyasal örnek seçilmiştir. KPM cevher zonunun içerisindeki 380708 numaralı örnekten 3 adet parlak kesit örneği hazırlanarak altın cevherleşmesinin ilişkili olduğu sülfür parajenizi ve süksesyonu ortaya konulmaya çalışılmıştır.

380708 numaralı jeokimyasal örneğin makroskobik incelemesine göre, örnek 0,75 cm uzunluğundadır. Breşik bir yapısı vardır. Breşlerin taneleri eski fazlara ait epitermal damar parçalarıdır. Bu breşlerin matriksini baskın olarak kuvars-sülfür fazları ve az miktarda kuvars-karbonat ve kuvars-rodonit fazları oluşturmaktadır. Damarı oluşturan mineraller gözlemsel olarak yüzdelendiğinde; % 40 sülfür minerallerinden, % 30 kuvars mineralinden, % 20 karbonat minerallerinden ve % 10 rodonit mineralinden oluştuğu belirlenmiştir. Sülfür mineralleri bolluk sırası ile; pirit, sfalerit, galen ve kalkopiritir.

Epitermal sistemlerde önemli bir belirteç olan kuvars renkleri, boyutları ve dokuları makroskobik olarak ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Makroskobik incelemede örneğin % 50'sinin kuvars mineralinden oluştuğu ortaya konmuştur. Bu kuvars minerallerinin % 60'ı gri renkli iken % 40'ı beyaz ya da saydamdır. Tane boyları ele alındığında örnekte bulunan kuvars minerallerinin yüzde dağılımı sırasıyla; % 70 ince taneli mikrokristalen kuvars (mineral tanelerinin sınırları ancak lup yardımı ile seçilen), % 20'si kaba taneli kristalen kuvars (mineral tanelerinin sınırları gözle seçilebilen) ve % 10'u kalsedonik ya da kriptokristalen kuvarstan (mineralin tane sınırları ancak mikroskop altında belirlenebilen) oluştuğu gözlemlenmiştir. Epitermal kuvars dokuları baskınlık sırası ile ele alındığında; masif taneli (saccharoidal), bladed, bantlı ve kokart doku olarak sıralanabilir.

Yapılan dokusal gözlemlere ek olarak (Rhys, 2012) raporunda "Oatmeal texture" isimli bir doku tanımlanmıştır. Bu dokunun hidrotermal sıvılar içerisindeki damar parçalarının sedimantasyona uğraması ile oluştuğu belirtilmiştir. İncelenen örnekte bahsedilen doku gözlemlenmiştir.



Şekil 6.10 380708 numaralı örneğin tarayıcı fotoğrafı

Kestanebeleni damarında yapılan alterasyon çalışmaları (Richards, 2007; Boucher, 2016) sülfid fazları ile birlikte bulunan beyaz renkli killerin kaolinit olduğunu ortaya koymuştur. Bu kapsamda örnekte gözlemlenen beyaz killerin kaolinit olduğu düşünülmektedir.

Yapılan makroskobik gözlemler sonucunda; 380708 numaralı karot örneğinin yukarıdaki bölümlerde anlatılan sülfid fazlarına ve epitermal dokulu çoklu faza ait olduğu gözlemlenmiştir.

Seçilen 3 parlak kesit örneği Şekil 6.10'da mavi daire ile işaretlenmiş ve isimleri okla gösterilmiştir.

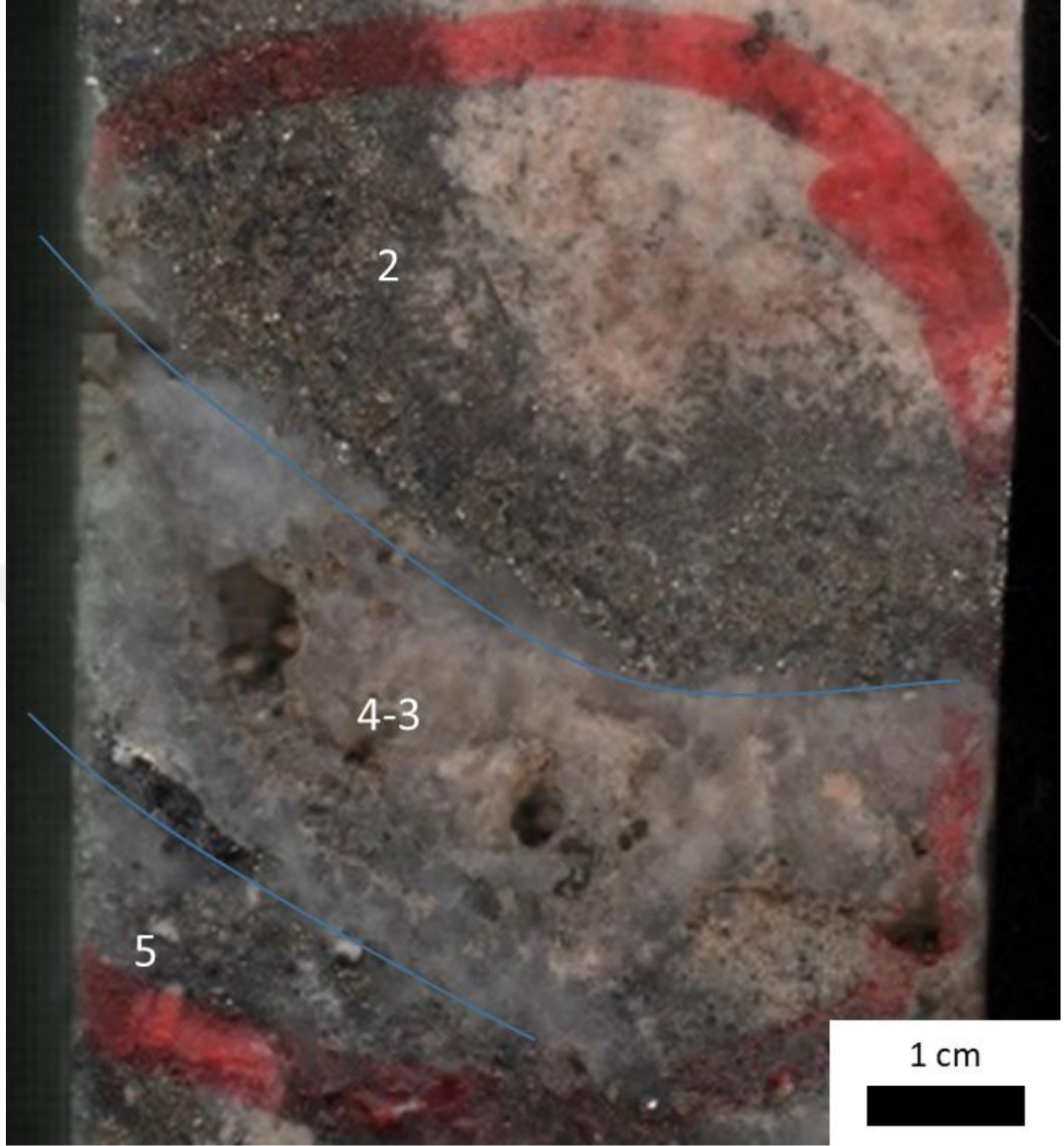
6.3.1.1 E İsimli Parlak Kesit

Cevher mikrokobisi çalışmasında 3 bölgeye ayrılarak incelenmiştir. Şekil 6.11'deki makroskobik tarayıcı görüntüsünde E isimli parlak kesit örneği ve inceleme bölgelerinin numaraları yer almaktadır.

2 numaralı bölgenin makroskobik incelemesinde, kuvars-rodonit fazında saçınım halinde sülfid mineralleri ve damar halinde bolluk sırasıyla pirit, sfalerit, galen ve kalkopiritten oluşan masif sülfid mineralleri saptanmıştır.

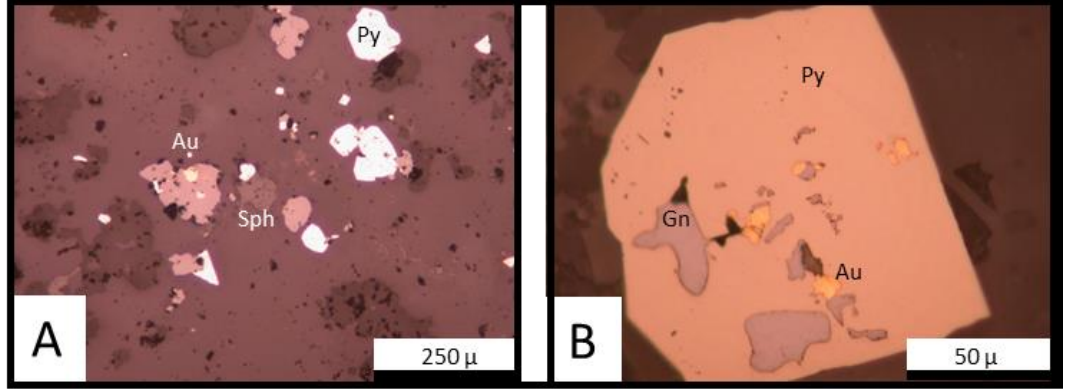
3-4 numaralı bölgenin makroskobik incelemesinde kovuklu prizmatik kaba taneli kuvarsın içinde saçınım halinde az miktarda sülfid minerali belirlenmiştir.

5 numaralı bölgenin makroskobik incelemesinde kuvars-sülfid fazı gözlemlenir.



Şekil 6.11 380708 numaralı örnekten hazırlanan E isimli parlak kesitin makroskobik görünümü

İki numaralı bölgenin cevher mikroskobisine ait mikrofotoları Şekil 6.12’de gösterilmiştir. Şekil 6.12’nin A bölümünde serbest halde ve galen ile birlikte altın gözlenmiştir. B bölümünde ise özşekli kovuklu pirit içerisinde altın ve galen (Gümüş içeren mineral?) varlığı saptanmıştır.



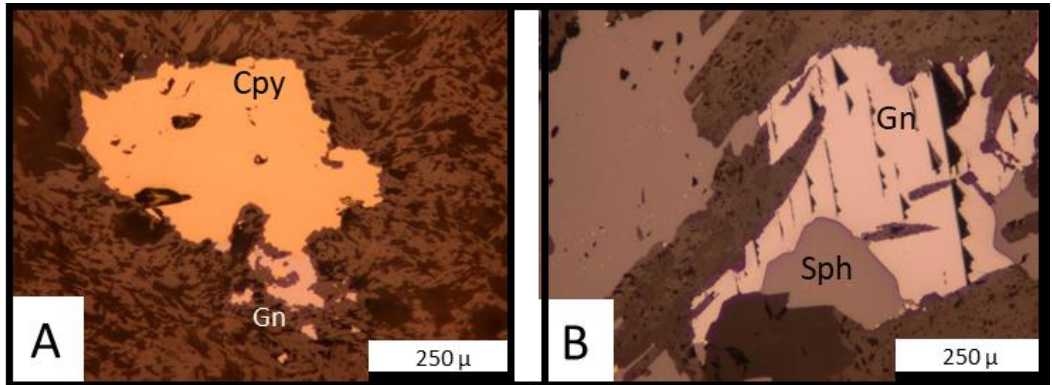
Şekil 6.12 E isimli parlak kesit örneğinin 2 numaralı zonuna ait // nikol mikrofotografaları

2 numaralı bölgedeki cevher mikroskobisi çalışmaları sonucunda bolluk sırası ile parajanez aşağıdaki gibidir:

- İnce taneli özşekilli kovuklu pirit > ince taneli özşekilsiz sfalerit > ince taneli yarı özşekilli galen > ince taneli yarı özşekilli kalkopirit > Altın

Kesitin bu bölgesinde sülfid minerallerin tane boyutu kesitin kalanına göre daha ince taneli ve birbirlerinden ayırık bulunmaktadır. Bundan dolayı süksesyon tanımlanamamıştır. Bu bölgede ~5-10 µ boyutunda altın taneleri saptanmıştır.

3-4 numaralı bölgenin cevher mikroskobisine ait mikrofotoları şekil 6.13’de gösterilmiştir. Şekil 6.13’ün A bölümünde kalkopirit ve galenin B bölümünde ise galen ve sfaleritin birbiriyle ilişkileri belirlenmiştir.



Şekil 6.13 E isimli parlak kesit örneğinin 3-4 numaralı zonuna ait // nikol mikrofotografaları

3-4 numaralı bölgedeki cevher mikroskobisi çalışmaları sonucunda bolluk sırası ile parajenez aşağıdaki gibidir:

- Sfalerit > galen > kalkopirit > pirit

3-4 numaralı bölgeden elde edilen süksesyon ise yaşlıdan gence aşağıdaki gibidir:

- Pirit > galen > kalkopirit > sfalerit

3-4 numaralı bölgede sülfid mineralleri çok nadirdir ve altın gözlenememiştir.

5 numaralı bölgenin cevher mikroskobisine ait mikrofotoları şekil 6.14'de gösterilmiştir. Şekil 6.14'ün A bölümünde altının pirit ile birlikteliği, B bölümünde galen-pirit ile altın birlikteliği, C-D-E bölümünlerinde kalkopirit-pirit-galen-sfalerit ile altın birlikteliği gözlemlenmiş ve son olarak F bölümünde altın serbest halde olduğu belirlenmiştir.

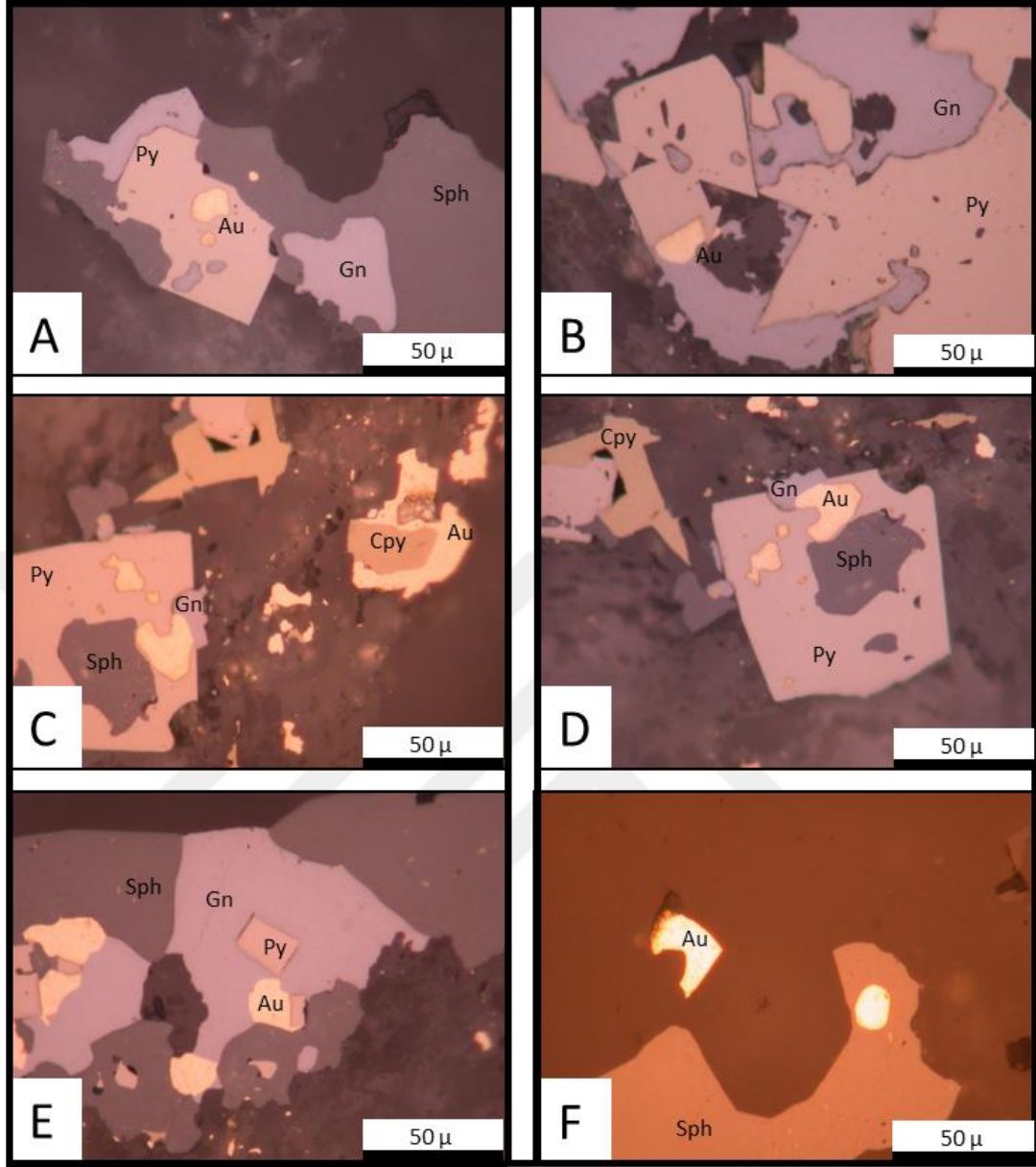
5 numaralı bölgedeki cevher mikroskobisi çalışmaları sonucunda sülfid minerallerinin bolluk sırası ile parajenez aşağıdaki gibidir:

- Pirit > sfalerit > galen > kalkopirit > altın

5 numaralı bölgeden elde edilen süksesyon ise yaşlıdan gence aşağıdaki gibidir:

- Pirit > galen > kalkopirit > sfalerit > altın

5 numaralı bölgede sülfid minerallerinin tane boyutları kesitin kalanına göre daha iridir. Kesitte en fazla altın bu bölgede saptanmıştır. Bölgede gözlenen altının boyutları ~50 μ 'a kadar ulaşmaktadır.



Şekil 6.14 E isimli parlak kesit örneğinin 5 numaralı zonuna ait // nikol mikrofotografaları

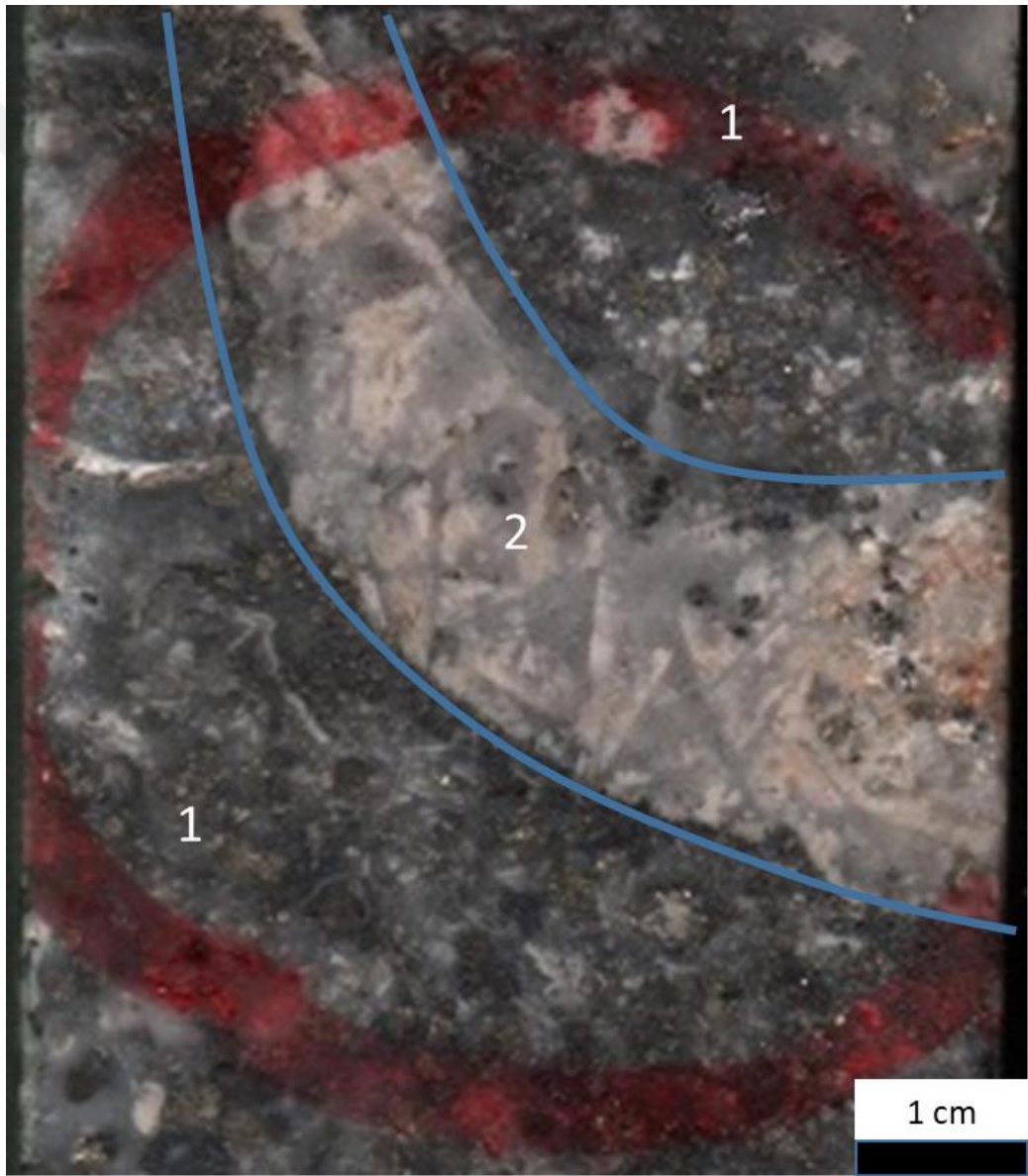
6.3.1.2 D İsimli Parlak Kesit

Cevher mikrokobisi çalışmasında 2 bölgeye ayrılarak incelenmiştir. Şekil 6.15'deki makroskobik tarayıcı görüntüsünde D isimli parlak kesit örneği ve inceleme bölgelerinin numaraları yer almaktadır.

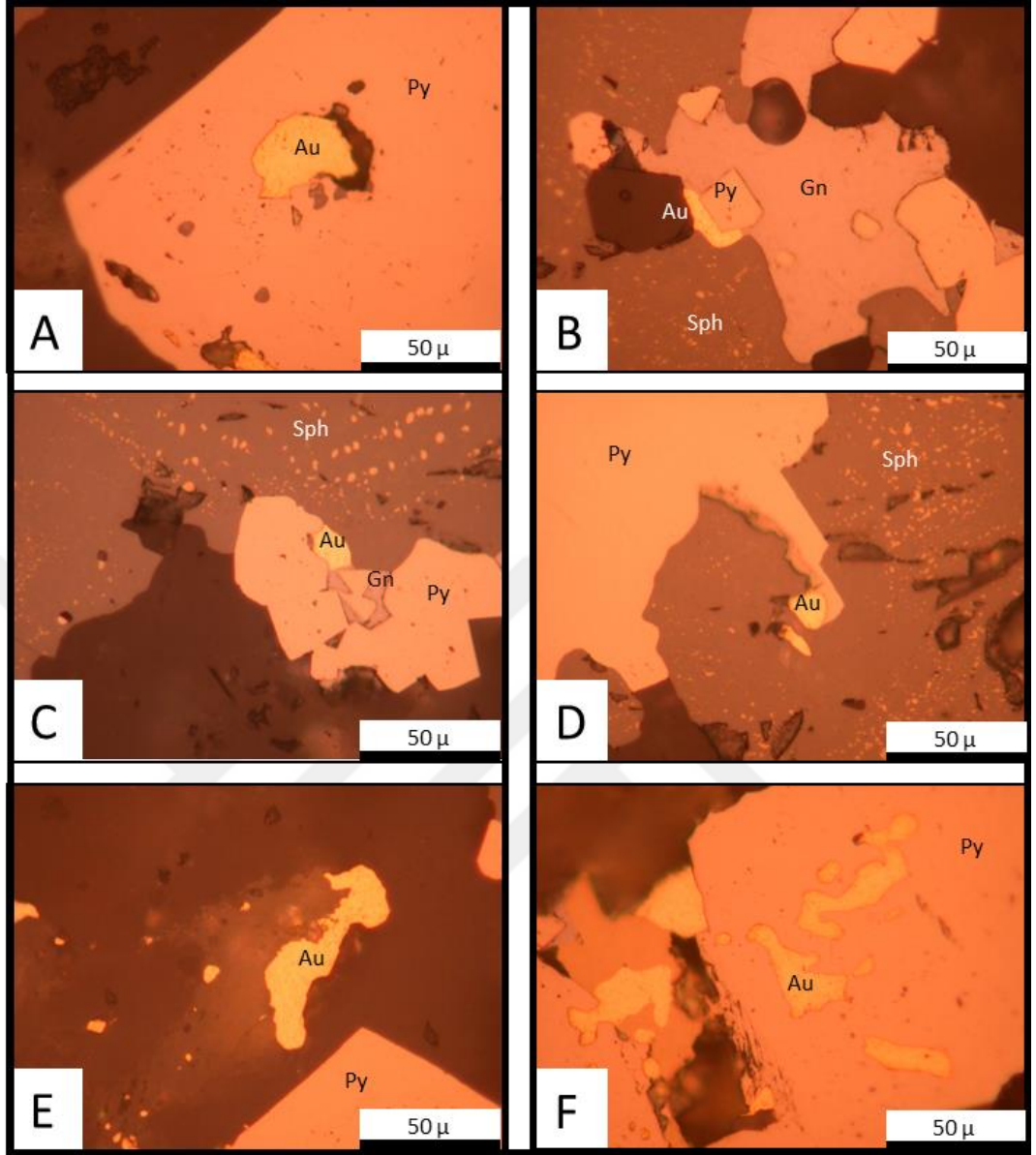
Bir numaralı bölgenin makroskobik incelemesinde, kuvars-sülfür fazı gözlemlenmiştir. Bu fazın içerisinde saçınım halinde bolluk sırasına göre; pirit,

sfalerit, galen ve kalkopirit ayırt edilmiştir. Yukarıdaki bölümlerde bahsedildiği üzere beyaz renkli kil mineralleri kaolinit olabilir. Örnekteki kuvars mineralleri ince tanelidir.

2 numaralı bölgenin makroskobik incelemesinde kuvars-rononit fazı gözlemlenir. Karbonat minerallerine özgü kaynamayı gösterir bladed dokusu kuvar ve rononit mineralleri tarafından ornatılmıştır. Bu bölgede sülfid mineralleri daha seyreklerdir.



Şekil 6.15 380708 numaralı örnekten hazırlanan D isimli parlak kesitin makroskobik görünümü



Şekil 6-16. D isimli parlak kesit örneğinin 1 numaralı zonuna ait // nikol mikrofotografaları

Bir numaralı bölgenin cevher mikroskobisine ait mikrofotoları şekil 6.16'da gösterilmiştir. Şekil 6.16'nın A bölümünde altının pirit ile birlikteliği, B-C-D-F bölümünlerinde pirit-galen-sfalerit ile altın birlikteliği gözlemlenmiş ve son olarak E bölümünde altın serbest halde gözlemlenmiştir.

Bir numaralı bölgedeki cevher mikroskobisi çalışmaları sonucunda sülfid minerallerinin bolluk sırası ile parajanezi aşağıdaki gibidir:

- Pirit > sfalerit > galen > kalkopirit > altın

1 numaralı bölgeden elde edilen süksesyon ise yaşlıdan gence aşağıdaki gibidir:

- Pirit > galen > kalkopirit > sfalerit > altın

Kesitte en fazla altın bu bölgede gözlenmiştir. Bölgede gözlenen altının boyutları ~50 µ'a kadar ulaşmaktadır.

Altın gözlemlenemeyen 2 numaralı bölgede sülfid mineralleri daha seyrek gözlemlenmiş ve bolluk sırasına göre parajenezi 1 numaralı bölge ile benzerdir.

6.3.1.3 B İsimli Parlak Kesit

Cevher mikrokobisi çalışmasında 3 bölgeye ayrılarak incelenmiştir. Şekil 6.17'deki makroskobik tarayıcı görüntüsünde B isimli parlak kesit örneği ve inceleme bölgelerinin numaraları yer almaktadır.

1 numaralı bölgenin makroskobik incelemesinde, kuvars-sülfid fazı gözlemlenmiştir. Bu fazın içerisinde saçınım ve masif halde bolluk sırasına göre; pirit, sfalerit, galen ve kalkopirit gözlenmiştir. Yukarıdaki bölümlerde bahsedildiği üzere beyaz renkli kil minerallerinin kaolinit olduğu düşünülmektedir. Bölgedeki kuvars minerallerinin yapraksı (tabular) dizilimi göze çarpar. Breşik bir görünüm vardır.

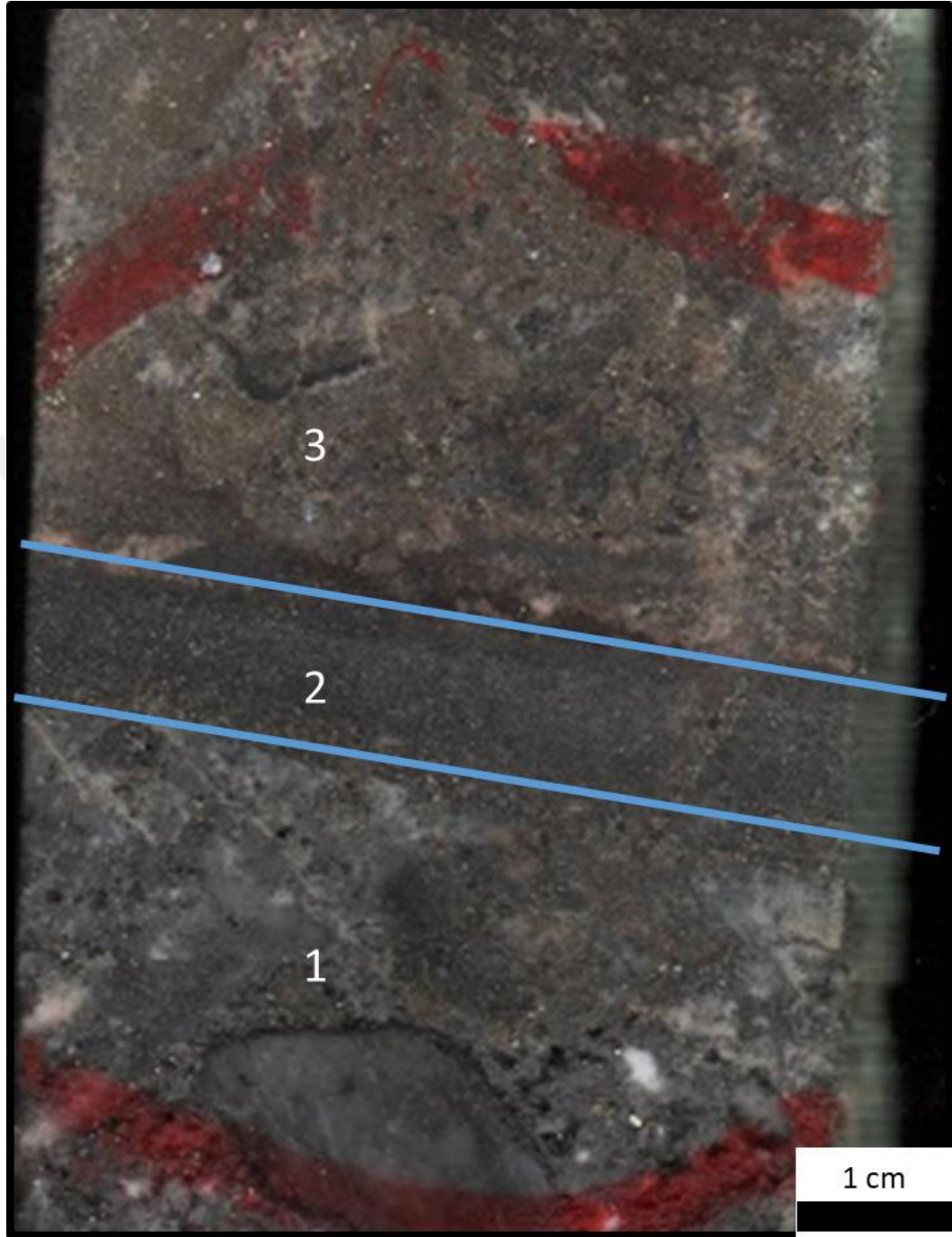
2 numaralı bölgenin makroskobik incelemesinde, pirit zengini masif sülfid fazı gözlemlenir. Sülfid mineralleri çok ince tanelidir.

3 numaralı bölgenin makroskobik incelemesinde, pirit zengini masif sülfid faz ile birlikte az miktarda rodonit ve kuvars mineralleri gözlemlenir. Tane boyları 2 numaralı bölgeden kaba 1 numaralı bölgeden incedir.

1, 2 ve 3 numaralı bölgelerin cevher mikroskobisine ait mikrofotoları şekil 6-18'de gösterilmiştir. Şekil 6.18'in A ve B bölümünde pirit, galen, kalkopirit ve sfaleritin ilişkileri gözlemlenmiştir. C bölümünde 2 numaralı bölgenin, D bölümünde ise 3 numaralı bölgenin sülfid minerallerinin ilişkileri gözlemlenmiştir.

1 numaralı bölgedeki cevher mikroskobisi çalışmaları sonucunda bolluk sırası ile parajenez aşağıdaki gibidir:

- Pirit > sfalerit > galen > kalkopirit



Şekil 6.17 380708 numaralı örnekten hazırlanan B isimli parlak kesitin makroskobik görünümü

2 numaralı bölgedeki cevher mikroskobisi çalışmaları sonucunda sülfür minerallerinin bolluk sırası ile parajanezi aşağıdaki gibidir:

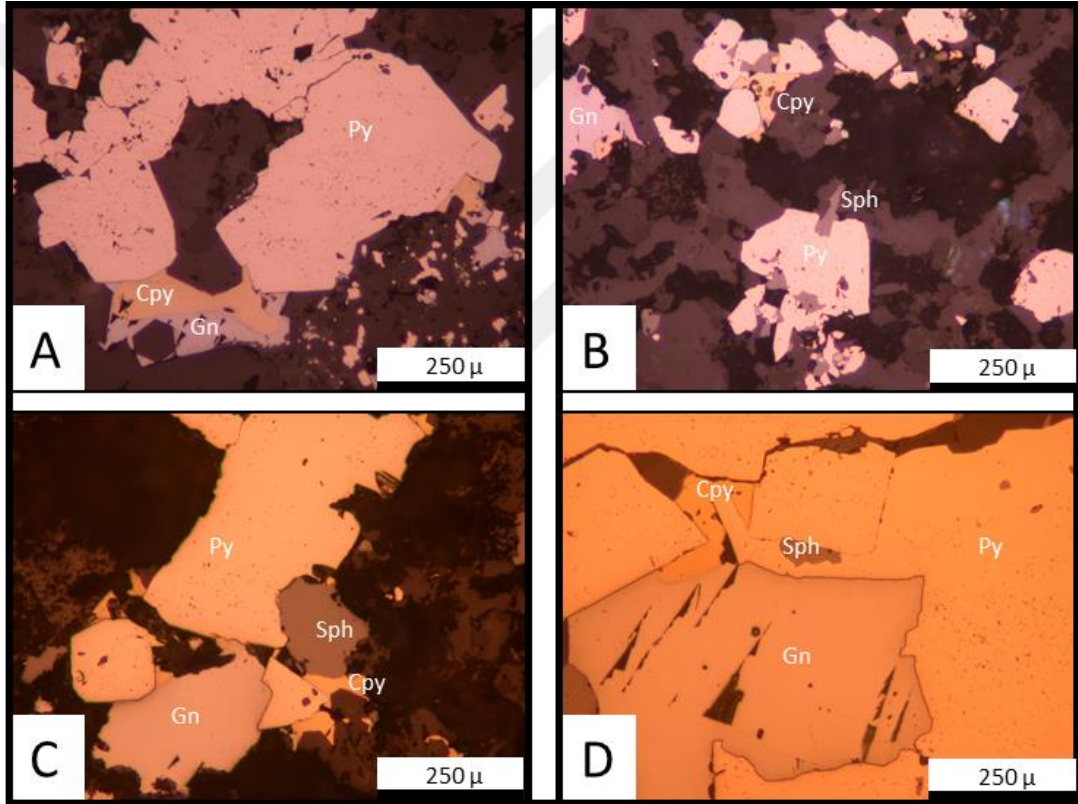
- Pirit > kalkopirit > galen > sfalerit

3 numaralı bölgedeki cevher mikroskobisi çalışmaları sonucunda sülfür minerallerinin bolluk sırası ile parajanezi aşağıdaki gibidir:

- Pirit > galen > kalkopirit > sfalerit

1, 2 ve 3 numaralı bölgelerden elde edilen süksesyonu aynıdır ve yaşlıdan gence aşağıdaki gibidir:

- Pirit > galen > kalkopirit > sfalerit

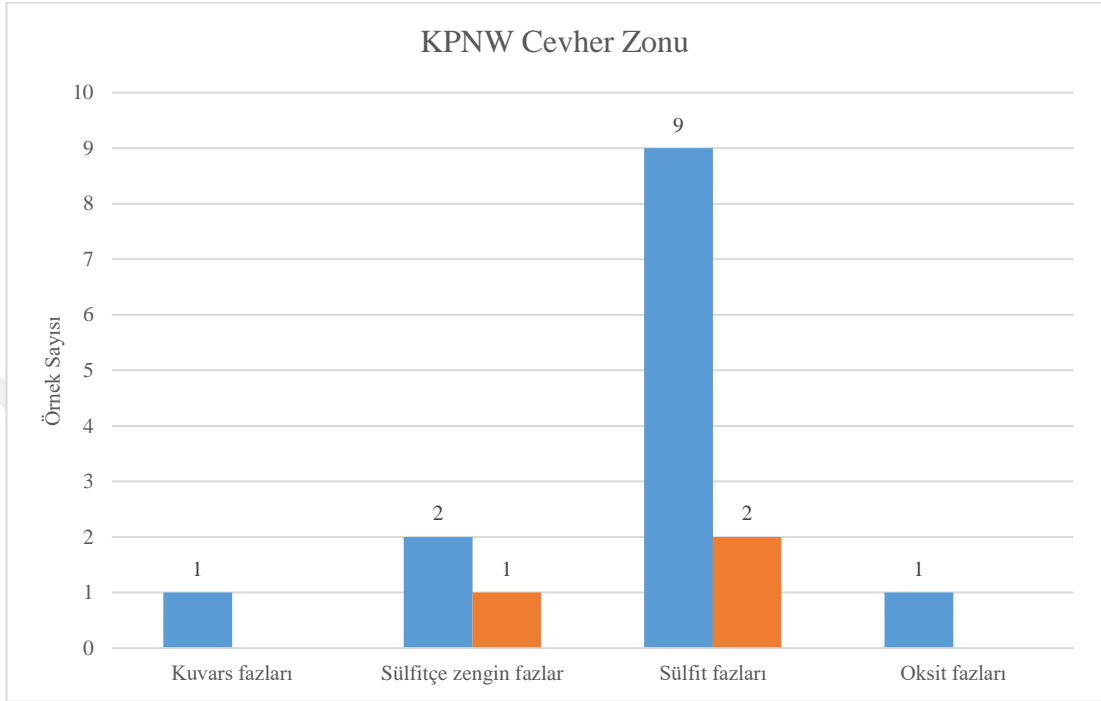


Şekil 6.18 B isimli parlak kesit örneğinin 1, 2 ve 3 numaralı zonlarına ait // nikol mikrofotografaları

6.4 KPNW Cevher Zonu

Kokarpınar damarının en kuzey kısmında yer alan KPNW cevher zonu kuzeyde daha ince damarlara ayrılarak sönümlenirken, güneyinde KPM cevher zonu tarafından sınırlanır. Doğu-Batı doğrultulu ve kuzeye doğru 50-55° arasında eğimlidir.

KPNW cevher zonunda çok fazla örnek yoktur. Fakat var olan örneklerde şekil 6.19’da görüldüğü üzere cevherleşmede sülfür fazları ve sülfür zengin fazlar baskındır.



Şekil 6.19 KPNW cevher zonunda incelenen örneklerin faz birlikteliklerine göre ayrımı

BÖLÜM YEDİ

DİĞER EPİTERMAL DAMARLAR

Çalışma sahasında, Kestanebeleni ve Kokarpınar dışında çeşitli araştırma evrelerinde olan birçok epitermal damar daha mevcuttur. Bunlardan başlıcaları Kestanebeleni damarının batısında kalan Batı damar sistemi, Kokarpınarın kuzeyinde kalan Göktepe damarı, Kestanebeleni'nin güneybatısında kalan Dedebağ damar sistemidir. Bu damar haricinde aynı zamanda gerek Kestanebeleni damarından gerekse Kokarpınar damarından ayrılmış ve modellenmiş damar kolları mevcuttur.

Bu çalışma kapsamında ayrıntılı incelemeleri yapılmayan bu damar sistemleri ve damarlar ile ilgili aşağıdaki bölümlerde kısa açıklamalar yapılmaya çalışılmıştır.

7.1 Batı Damar Sistemi

Kestanebeleni damarının batısında bulunan Batı epitermal damar sistemi birbirine yarı paralel iki adet ana kırıktan oluşur. Bu iki ana kırıktan Kestanebeleni'ne yakın olanı Batı-1, diğeri ise Batı-2 olarak isimlendirilmiştir. Ayrıca bu kırıklar ve Kestanebeleni damarı arasında oluşan fay segmentlerine yerleşen epitermal damarları da bu sisteme dahil edilebilir. Kuzeyinde Kokarpınar riyolitine ulaşmadan sönmülenen sistem, güneyde Kestanebeleni riyolitini keser fakat riyolit'in güneyinde zayıflayarak sönmülenir. MOS cevher zonu ile NOS cevher zonunun arasındaki ayrım bölgesinde bulunan KD doğrultulu fay bu sistemin de 2 farklı zona ayrıldığı bölgede bulunur. Bu fayın kuzeyinde bulunan kısımler Batı-Kuzeybatı damarları olarak isimlendirilir.

Güneyde bulunan Batı damarlarında sülfite zengin fazlar ve karbonat fazları baskındır. Pirit, sfalerit ve galen yaygın sülfite mineralleridir. Yüzeysel koşullarına bağlı oksidasyonu limonit ve Mangan-oksit olarak gözlemlenmektedir.

Kuzeyde bulunan ve Batı-Kuzeybatı olarak isimlendirilen kısımlarında sülfite fazları ve sülfite zengin fazlar baskındır. Pirit, sfalerit ve galen baskın sülfite mineralleridir. Yüzeysel koşullarına bağlı limonit ve Mangan-oksit mineralleri gözlemlenir.

7.2 Dedebağ Damar Sistemi

Kestanebelene damarının güneybatısında kalan Dedebağ damar sisteminin ayrıntılı haritası ve modellenmesi mevcut değildir. Erken evre araştırma aşamasında olan damar sistemi kuzeybatı doğrultulu ve KD eğimlidir. Karbonatça zengin (kalsit ve rodokrozit) mineral parajenezine sahip damarlar atmosfer koşullarına bağlı olarak okside olmuşlardır. Yüzeyleri limonit ve Mangan-Oksit ile kaplı yüzleklerin taze yüzeylerinde, rodonit-rodokrozit ve pirit-galen-sfalerit gözlemlenir.

7.3 Göktepe Damarı

Kokarpınar Damarı ve Göktepe riyoliti arasında bulunan Göktepe Damarı, KKB doğrultulu ve DKD eğimlidir. Kalınlığı 0,5 m ile 2 m arasında değişirken genellikle 1 m kalınlığındadır. Bantlı ve kokart epitermal dokusunu yüzleklerde gözlemlemek mümkündür. Kuvars fazlarının baskın olduğu damarda yüzey koşullarına bağlı olarak limonit ve Mangan-oksit mineralleri gözlemlemek mümkündür. Pirit, galen ve sfalerit yaygın sülfür mineralleridir. Saha çalışmalarında bu damara paralel ya da yarı paralel olabilecek damarlara ait bazı yüzlekler görülmüş fakat harita çalışmaları tamamlanamamıştır.

BÖLÜM SEKİZ

HİROTERMAL SIVILARIN İZLEDİĞİ YOLLAR

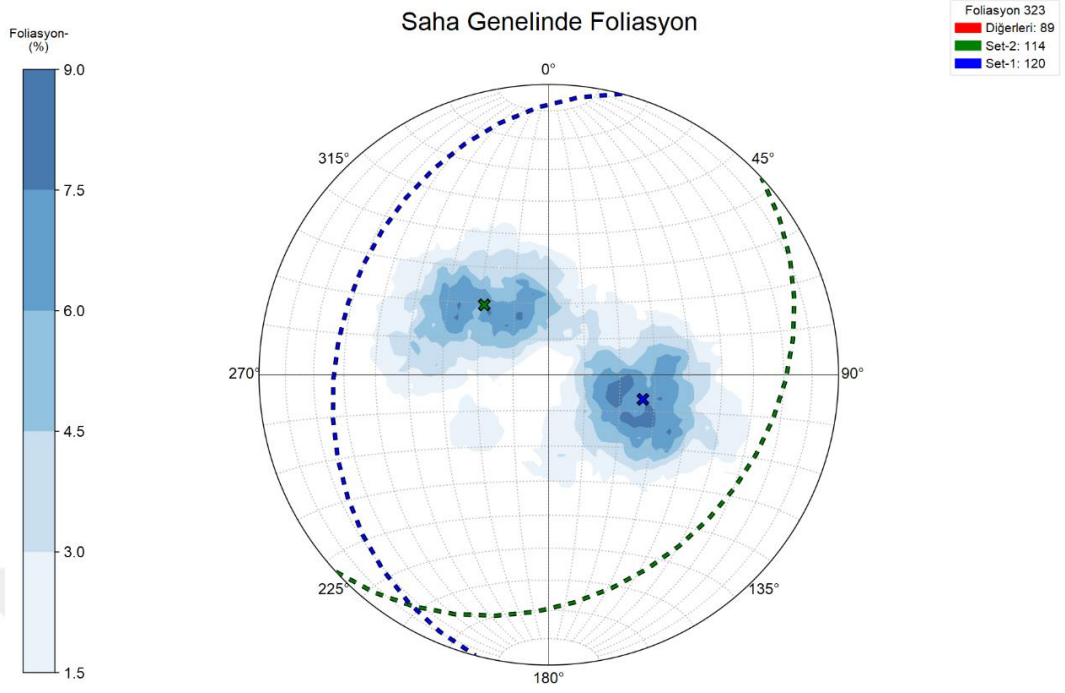
Çalışma alanında hidrotermal aktivite erken ve geç evre olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Erken evredeki kalk-silika alterasyonu QAF ve QEC olarak ikiye ayrılmıştır. QEC alterasyonu ve geç evre epitermal cevherleşmeyi oluşturan sıvıların bölgedeki yapısal unsurların yarattığı süreksizliklere yerleştiği gözlemlenmiştir. Bu bölümde QEC alterasyonunun ve epitermal cevherleşmenin yerleştiği yapısal unsurlar anlatılmaya çalışılacaktır.

Yukarıdaki bölümlerde anlatıldığı üzere QAF alterasyonu hornfels biriminin içerisine nüfuz etmiştir. QEC alterasyonu ise bölgedeki kırıklara yerleşmiştir. QEC alterasyonun kullandığı kırıklara daha sonraki evrelerde epitermal damarlar da yerleşmiştir. Bundan dolayı epitermal damarlar ve QEC alterasyonu aynı yapısal unsurlar tarafından kontrol edilmiştir.

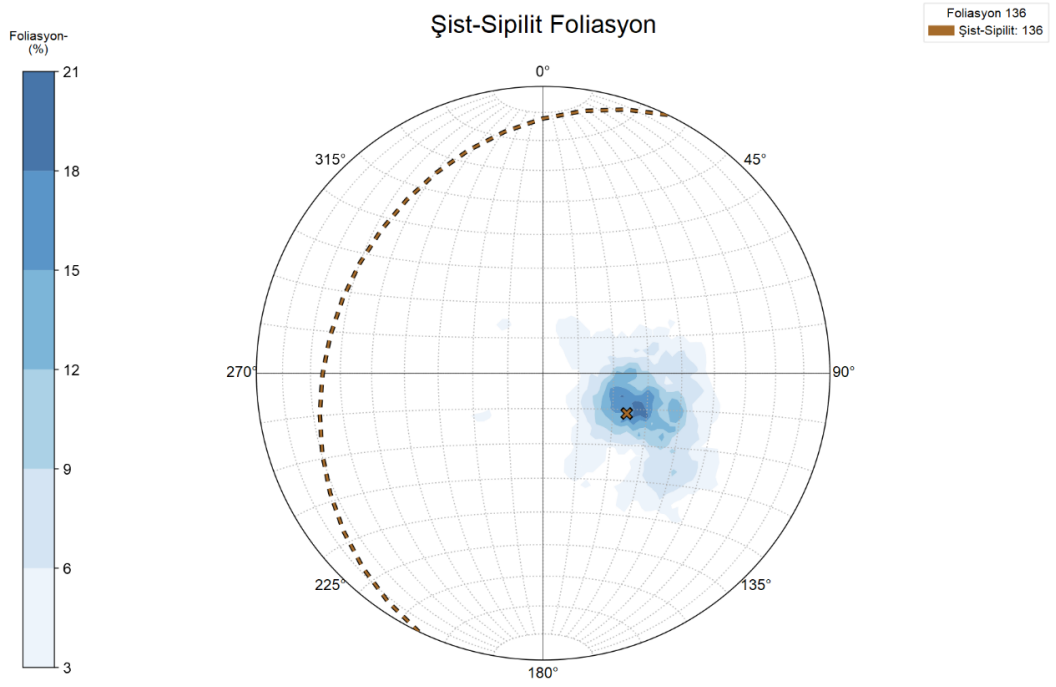
Cevherleşme üzerinde etkisi olan yapısal unsurlar 4 farklı başlık altında aşağıdaki bölümlerde incelenmiştir.

8.1 Yankaya Deformasyonları

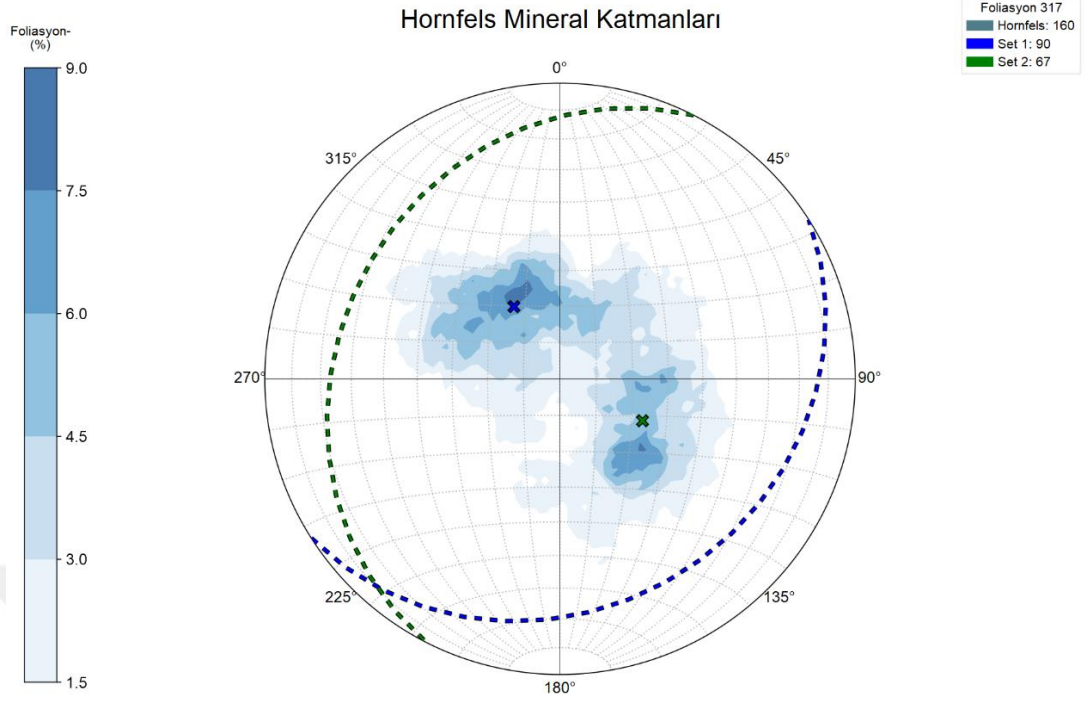
Cevherleşme öncesi deformasyonların cevherleşme ile direk etkisi gözlemlenmemiştir. Fakat dolaylı ilişkiler gözlemlenebilir. Şekil 8.1'de gösterilen çalışma sahası genelindeki yankayaya ait katmanlanmaya paralel S0 foliasyonlarını gösteren stereonetlerinden anlaşılacağı üzere, BKB yönüne düşük açılı eğimi olan foliasyonlar bölgeye hakimdir. Fakat cevherleşmeyi kontrol eden yapısal unsurların hakim olduğu bölgelerde bu hakim yönde farklılıklar gözlemlenir. Bu bölgelerde DGD yönüne doğru düşük eğim açılı foliasyonlar hakimdir. Şekilde Set-1 ve Set-2 olarak ikiye ayrılmıştır. Set-1 için ortalama eğim ve eğim yönü sırasıyla 27°/284°'dir. Set-2 için eğim ve eğim yönü sırasıyla; 27°/ 137°'dir. Bu farklılıklara cevherleşmeyi kontrol eden fayların sürüklenme etkileri neden olabilir.



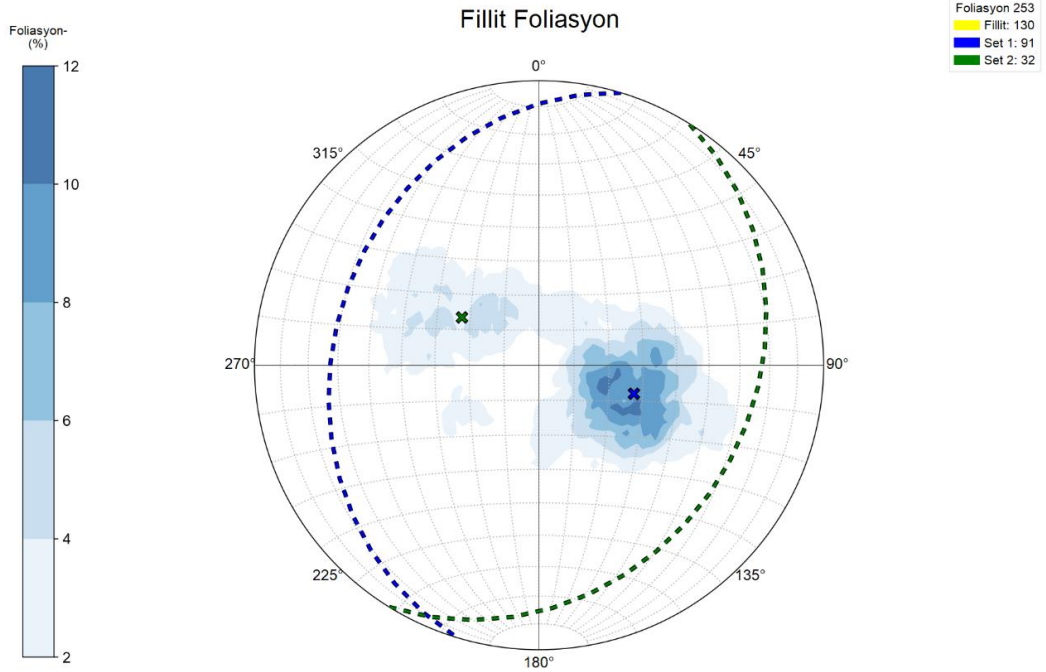
Şekil 8.1 Saha genelindeki foliasyonlara ait stereonet diyagramı



Şekil 8.2 Şist-sipilit birimlerinin foliasyonlarına ait stereonet diyagramı



Şekil 8.3 Hornfels mineral katmanlarının yönlerine ait stereonet diyagramı



Şekil 8.4 Fillit biriminin foliasyonlarına ait stereonet diyagramı

Şist biriminin ve içersinde merceğimsi olarak bulunan ve benzer deformasyonlara uğrayan spilit biriminin sahadaki foliasyonları incelendiğinde ortalama eğim ve eğim yönünün sırası ile; 26°/ 295° olduğu şekil 8.2'de görülmektedir. Yapılan foliasyon ölçümlerinde BKB yönüne düşük açı ile eğimli olan oryantasyon seti dışında başka bir set gözlemlenmemiştir.

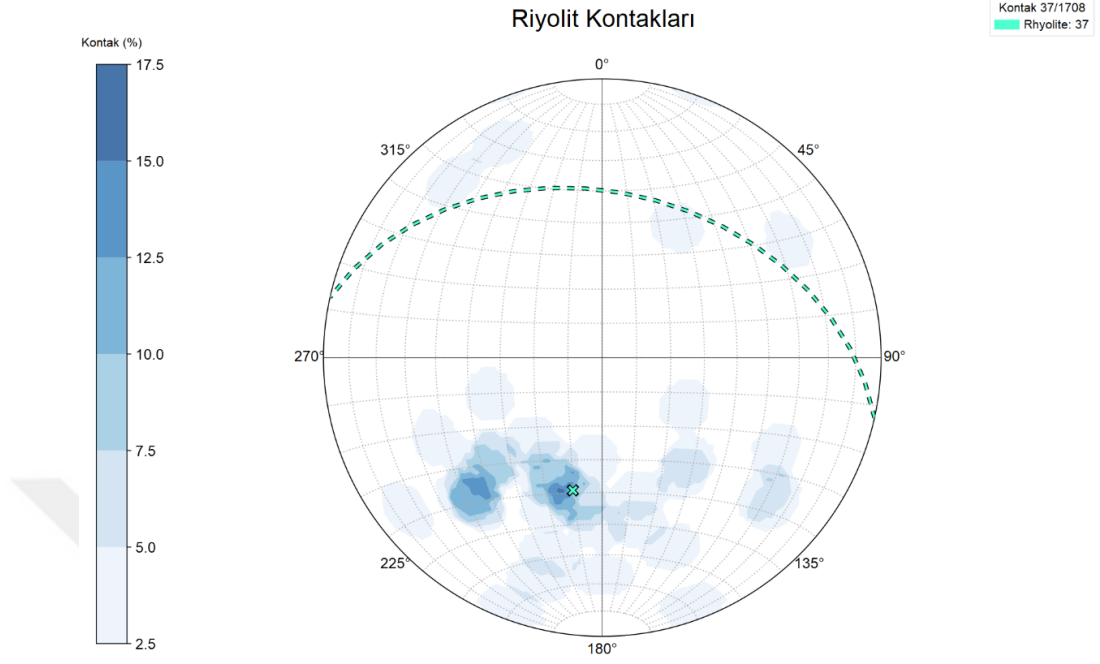
Hornfels birimindeki foliasyonlar incelendiğinde, 2 farklı hakim yön bulunmuştur. Set-1 ve Set-2 olarak ayrılan mineral katmanlarının yönleri; cevherleşmenin yanında eğim açısı ve yönü sırası ile 24°/147° iken , cevherleşmeden uzaklaşıldığında sahanın geneline hakim olan foliasyonlarla benzer olan 26°/297° ortasyonu şekil 8.3'deki stereonet diyagramında gözlemlenmektedir.

Çalışma alanındaki en zengin tenörlü cevherleşme hornfels birimi içerisinde gözlemlenir. Cevherleşme için uygun ve önemli bir yankadır. Gevrek yapısı geniş kırıklara olanak sağlayarak cevherleşme için geniş alanlar oluşturur. Kaynama prosesinin önemli olduğu (Hedenquist, Arribas ve Gonzalez-Urien, 2000) epitermal sistemlerde bu geniş kırıklar ani basınç düşümü ve hızlı kaynamaya olanak sağlayarak zengin cevherleşme bölgeleri yaratır.

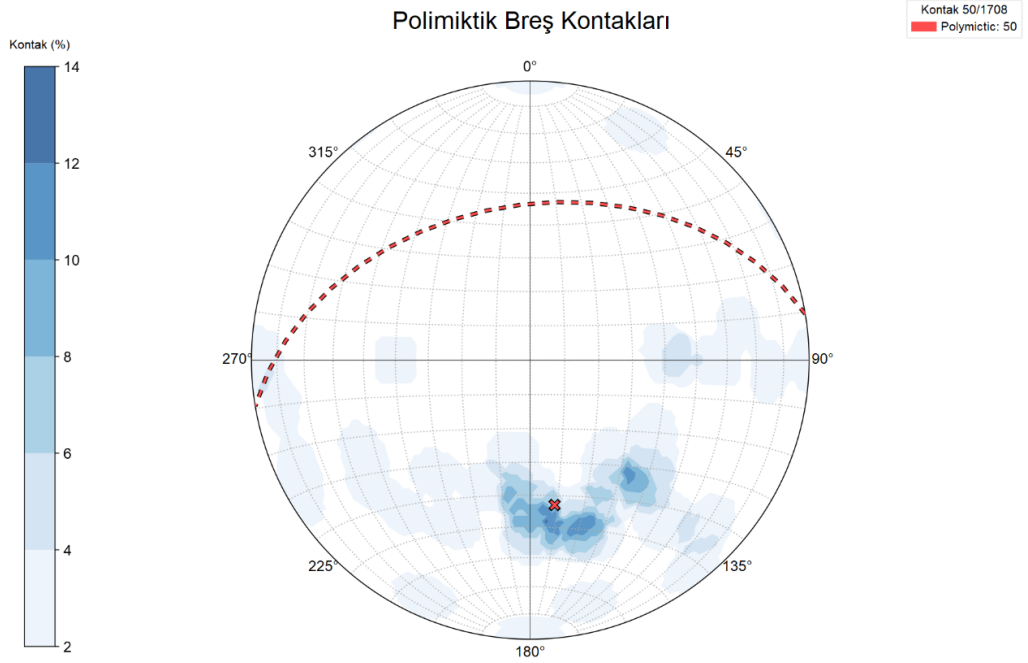
Fillit birimindeki foliasyonlar incelendiğinde, 2 farklı hakim yön bulunmuştur. Set-1 ve Set-2 olarak ayrılan klivaj yönleri yönleri; cevherleşmenin yanında eğim açısı ve yönü sırası ile 26°/122° olan set-2 klivajları gözlemlenirken, cevherleşmeden uzaklaşıldığında sahanın geneline hakim olan foliasyonlarla benzer olan set-1 klivajları 29°/287° ortasyonu ile şekil 8.4'deki stereonet diyagramında gözlemlenmektedir.

Yapılan haritalama, loqlama ve modelleme çalışmalarına göre hornfelse göre daha sünek bir deformasyona sahip olan fillit birimi, stres altında tek ve geniş bir çatlak yerine dar ve daha çok sayıda çatlak yapısı sergiler. Bu da fillit birimini epitermal cevherleşme için hornfelse göre porozitesi daha düşük bir yankaya olduğunu gösterir.

8.2 Riyolit Dayları



Şekil 8.5 Riyolit biriminin kontak ölçümlerine ait stereonet diyagramı

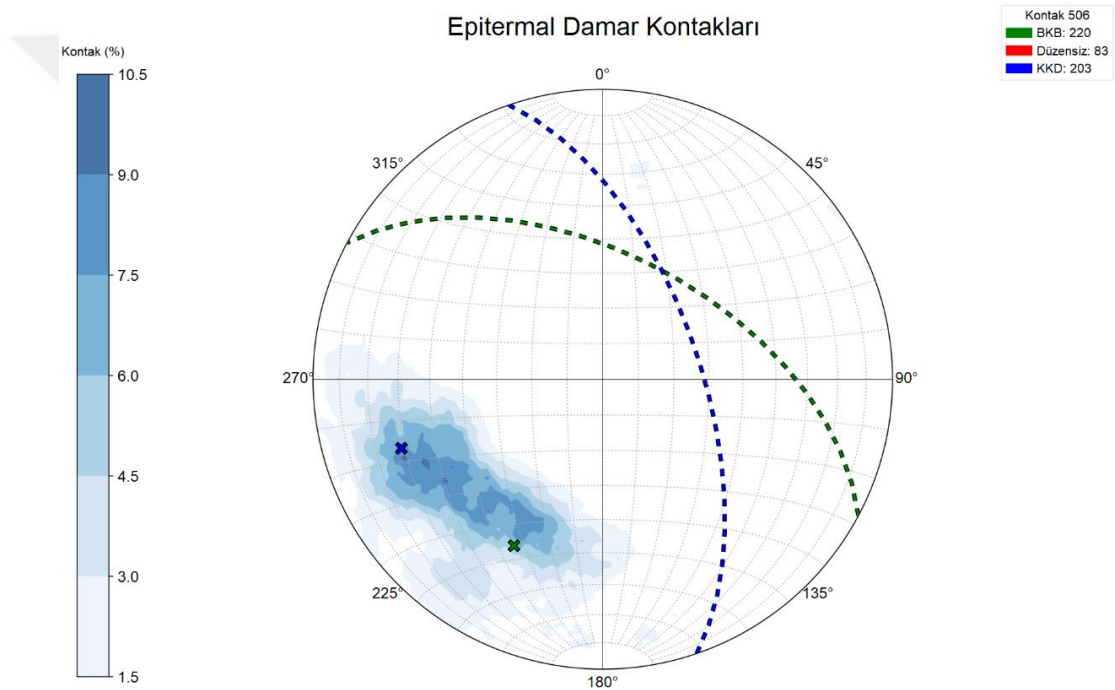


Şekil 8.6 Polimiktik breş biriminin kontak ölçümlerine ait stereonet diyagramı

Saha genelinde riylit dayklarından alınan kontak ölçümlerinin hakim oryantasyonu eğim açısı ve eğim yönü sırası ile 40°/13° olduğu şekil 8-5'deki streonet diyagramında gözlenmektedir.

İlk önce kaotik olduğu düşünölen fakat riylit daaykları ile konumsal ilişkisi olduğu görölen polimiktik breşlerin, bazı doğrultular boyunca yerleştiği gözlemlenmiştir. Yapılan kontak ölçümlerini gösterir şekil 8.6'daki stereonette görörlüdüğü üzere eğim açısı ve eğim yönünün 40°/13° olduğu görölmektedir

8.3 BKB ve KKB Doğrultulu Kırıklar



Şekil 8.7 Epitermal damar biriminin kontak ölçümlerine ait stereonet diyagramı

Çalışma sahasında BKB ve KKB doğrultulu kırıklara epitermal damarlar yerleşmiştir. Bu damarlara ait kontak ölçümleri şekil 8.7'deki stereonet üzerinde 2 sete ayrılarak gösterilmiştir. BKB seti için ortalama eğim açısı ve eğim yönü sırası ile 55°/28°'dir. KKB seti için ise ortalama eğim açısı ve eğim yönü sırası ile 62°/71° olduğu gözlemlenir. BKB doğrultulu kırıklara göre daha dik eğim açısına sahip olan KKB doğrultulu kırıklar epitermal cevherleşme için daha uygun ortam sağlar.

Harita ve loglama çalışmaları BKB doğrultulu kırıkların erken evre fay segmentleri olduğunu ve KKB doğrultulu kırıkların BKB doğrultulu fay segmentlerinin arasındaki aktarım rampası olduğunu ortaya koyar

8.4 KD-GB Doğrultulu Kırıklar

Çalışma sahasında, yukarıda sayılan birimler ve yapısal unsurlar dışında, KD yönlü fay setleri gözlenir. Bu setlerde ekonomik olmayan mineralizasyon ve oksidasyon mevcuttur. KD yönlü bu fayların, cevher damarlarının üzerindeki etkisi gözlemlenir. Bu fayların göreceli yaşı için daha fazla kesen kesilen ilişkisine ihtiyaç vardır.



BÖLÜN DOKUZ

SIVI KAPANIM

9.1 Sıvı Kapanım Örnek Seçimi

Bu çalışma kapsamında, sıvı kapanımı için örnek seçimi yapılırken daha önce yapılan iki çalışma dikkate alınmıştır. İncelenen örnekler ile daha önceki çalışmalar hakkındaki eksik hususlar giderilmeye çalışılmıştır. Bundan dolayı örnekler daha önce bu iki çalışmada kullanılan örneklerden seçilmiştir. Bu iki çalışma dışında Kokarpınar damarı üzerinde sıvı kapanım çalışması olmamasından dolayı örnekler Kokarpınarı damarından seçilmiştir.

Yukarıda bahsedilen çalışmaların birincisi, Efemçukuru Altın Madeni için 2014 yılında Moncada ve Bodnar tarafından hazırlanan (Moncada ve Bodnar, 2014) raporudur. Rapor kapsamında cevherleşme üzerinde sıvı kapanım ve mineral verilerine dayanarak gelecekteki araştırma bölgeleri için hedef belirlenmeye çalışılmıştır. Raporda araştırma çalışmaları için hızlı verilerin önemli olmasından dolayı, kapanımlardan yüzde tuzluluk ve homojenleşme sıcaklığı gibi veriler toplanmamıştır. Bu çalışma kapsamında bu eksiklikler giderilmeye çalışılacaktır.

Diğer çalışma ise; C ve O isotop (Boucher, 2016) çalışmasıdır. Bahsedilen çalışma kapsamında ortam sıcaklıklarına göre yapılan düzeltmeler Kestanebeleni damarı üzerindeki eski çalışmalara (Oyman, Minareci ve Pişkin, 2003) dayanmaktadır. Çalışmaya ait örnek üzerinde yapılan mikrotermometri çalışmaları ile varsayılan düzeltmelerin doğruluğu test edilecektir.

9.2 Sıvı Kapanım Örnekleri Üzerine Olan Eski Çalışmaların İncelenmesi

Moncada ve Bodnar, 2014 çalışmasında kaynamayı belirten 9 adet unsur belirlenmiş ve bu unsurların 7 tanesi bu çalışmada kullanılan örneklerde de gözlenmiştir (Tablo 9.1). Gözlenen unsurlar:

a) Gaz zengini kapanım; sadece gaz-zengini kapanım birlikteliklerinin varlığı aşırı ya da hızlı kaynamanın belirtisidir.

b) Sıvı ve gaz zengini kapanım; sıvı-zengini ile gaz-zengini kapanımların beraber bulunması kaynama belirtisidir.

c) Sıvı zengini ve illit içeren kapanım; tutarlı sıvı-buhar oranlı sıvı-zengini kapanımlar ve illit kristali kapanlanmış sıvı kapanımları, kaynama ile açıklanan sıvıdaki pH değişiminin belirtisidir.

Tablo 9.1 Sıvı kapanım örneklerinde gözlenen kaynama unsurları (Moncada ve Bodnar, 2014)

Kaynama Unsurları	Sıvı Kapanım Kesit Adı		
	FI-215	FI-229	FI-214
Sıvı ve gaz zengini kapanım	X	X	X
Sıvı zengini ve illit içeren kapanım		X	X
Gaz zengini kapanım	X	X	
Kolloform doku	X	X	
Yapboz doku	X	X	X
Rombik adularya	X	X	X
Tüysü doku	X		X
Damar Fazı (Boucher, 2016)	V	IV	IV

d) Kolloform doku; kolloform dokulu kuvars, kaynama nedeniyle ilksel olarak amorf silika halinde çöker.

e) Yapboz doku; yapboz (jigsaw) kuvars dokusu, daha ince taneli ya da amorf silikadan rekrystalize olan kuvarlar için karakteristiktir.

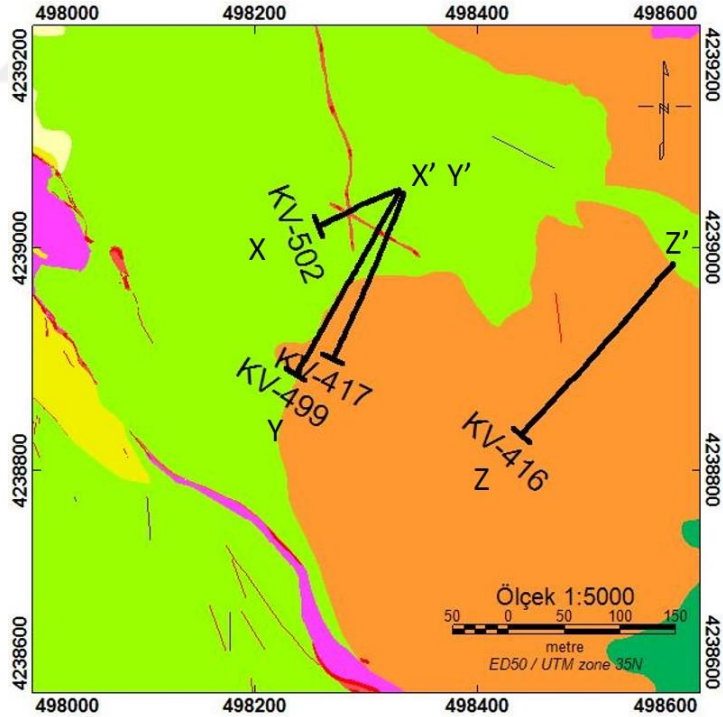
f) Tüysü doku; tüysü kuvars dokusu (plumose texture) kaynayan sıvılardan hızlı mineral çökelişiminin göstergesidir.

g) Rombik adularya; rombik adularya ya yassı biçimler hızlı çökelişimi gösterir ve bu biçimler kaynayan bir sistemdeki çökelişimin belirtisidir.

Boucher (2016) çalışmasında bu örnekleri 4. Ve 5. evre olarak isimlendirmiş ve buna göre hesaplamalarını 270 °C sıcaklığa göre yapmıştır.

9.3 Sıvı Kapanım Örnekleri Üzerine Makroskobik ve Mikroskobik incelemeler

Çalışma kapsamında KPM cevher zonu üzerindeki 3 adet HQ çaplı karotlu sondaj kuyusundan sıvı kapanım analizleri için örnek alınmıştır. Örneklerin alındığı kuyuların isimleri ve örneklerin koordinatları aşağıdaki tablo 9.2’de verilmiştir.

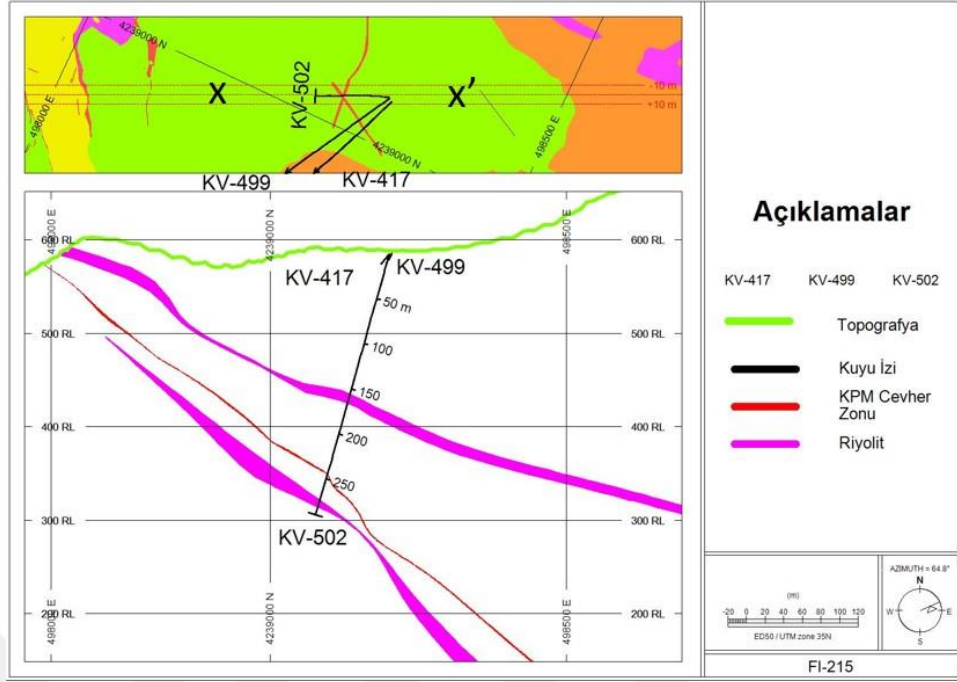


Şekil 9.1 Sıvı kapanım kesitlerinin ve cevher mikroskobisi parlak kesitlerinin (KV-499) alındığı kuyuların harita üzerindeki izdüşümleri (açıklamalar için şekil 2.3’e bakınız)

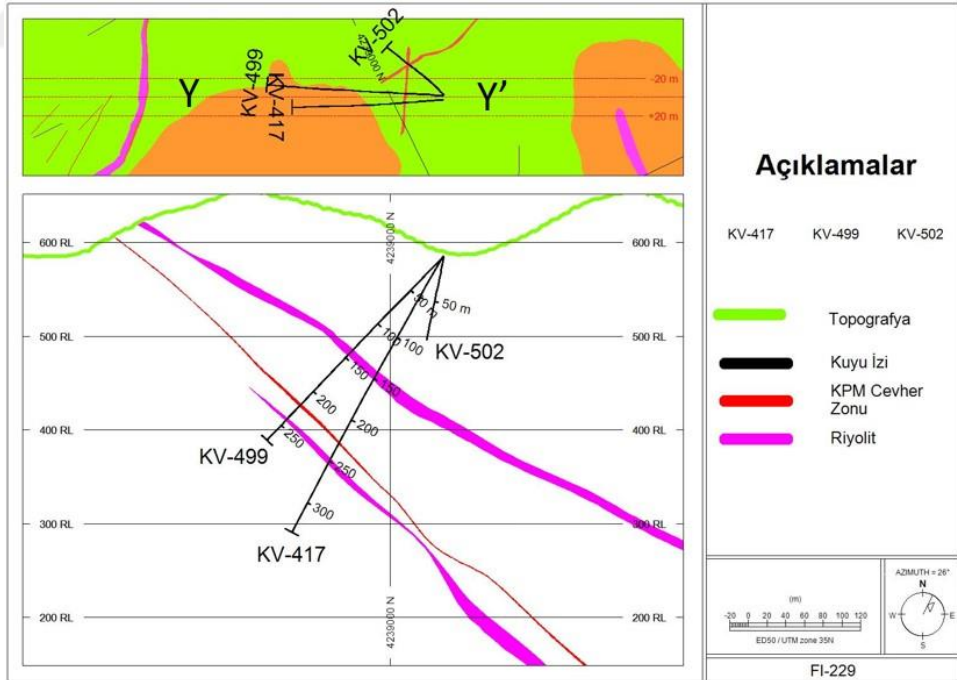
Şekil 9.1’de sıvı kapanım kesitleri alınan kuyuların jeolojik harita üzerine izdüşümleri gösterilmiştir. Şekil 9.2, 9.3 ve 9.4’de sıvı kapanım kesitleri alınan kuyuların enine kesitleri gösterilmiştir.

Tablo 9.2 Sıvı kapanım örneklerinin isim ve konum bilgileri tablosu

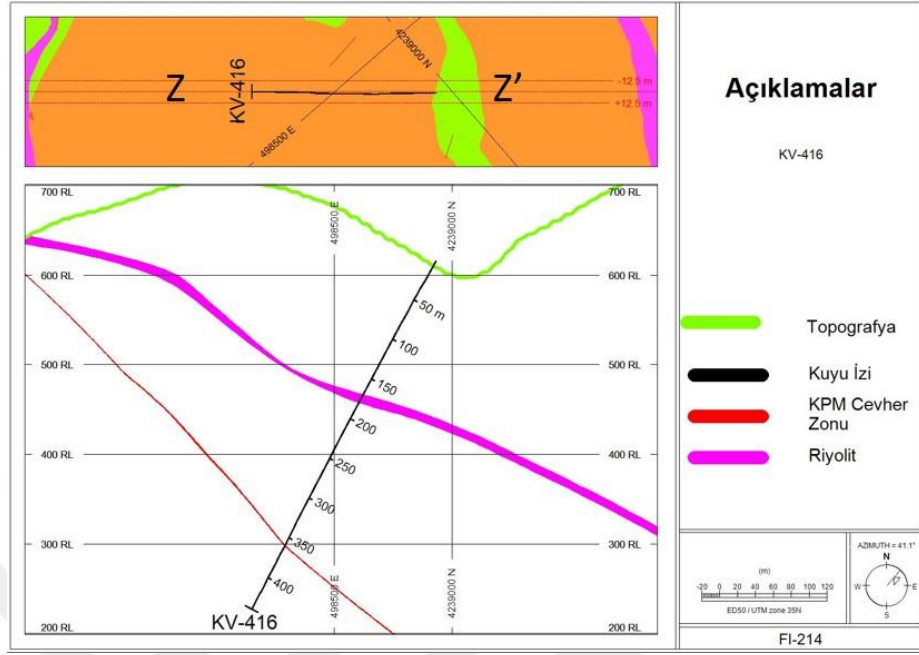
Kuyu Adı	KV-416	KV-502	KV-417
Başlangıç (m)	359,5	244,95	231,8
Bitiş (m)	360,5	245,95	232,8
Jeokimyasal Örnek Numarası	359237	381077	358956
Sıvı Kapanım Kesit Adı	FI-214	FI-215	FI-229
X	498463,79	498268,24	498290,08
Y	4238859,46	4239025,34	4238944,65
Z	298,62	349,43	383,37
Au_ppm	0,86 ppm	54 ppm	13,4ppm



Şekil 9.2 FI-215 sıvı kapanım örneğinin alındığı KV-502 isimli kuyunun X-X' enine kesiti

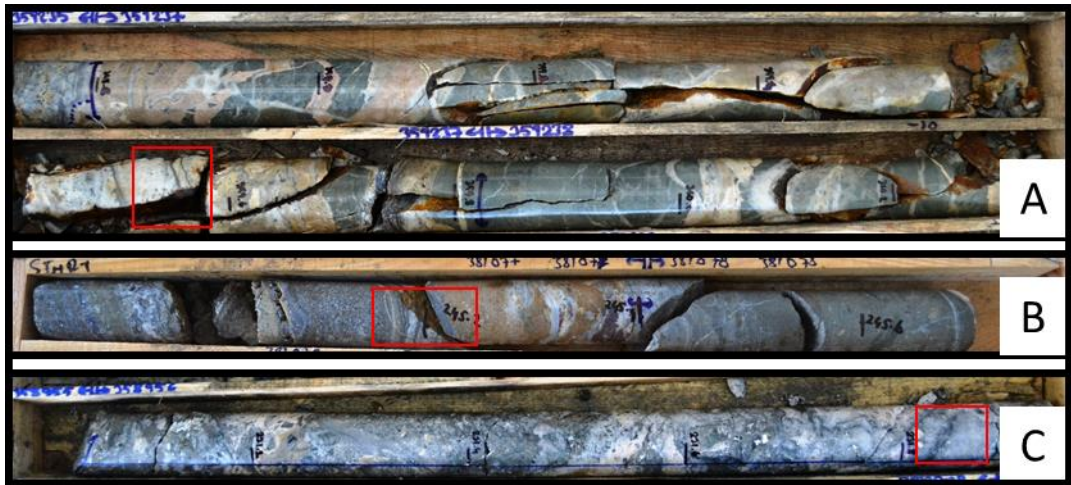


Şekil 9.3 FI-229 sıvı kapanım kesiti örneğinin alındığı KV-417 ve parlak kesit örneklerinin alındığı KV-499 isimli kuyuların Y-Y' enine kesiti



Şekil 9.4 FI-214 sıvı kapanım örneğinin alındığı KV-416 isimli kuyunun Z-Z' enine kesiti

Şekil 9.5'de sıvı kapanım kesitlerinin alındığı bölgeler kırmızı dörtgenler ile işaretlenen jeokimyasal örnekler gösterilmiştir. Şekil 9.5'in A bölümünde, FI-214 isimli kesitin alındığı 359237 numaralı jeokimyasal örnek gösterilmiştir. B bölümünde FI-215 isimli kesitin alındığı 381077 numaralı, C bölümünde ise FI-229 isimli kesitin alındığı 358956 numaralı jeokimyasal örnekler gösterilmiştir.

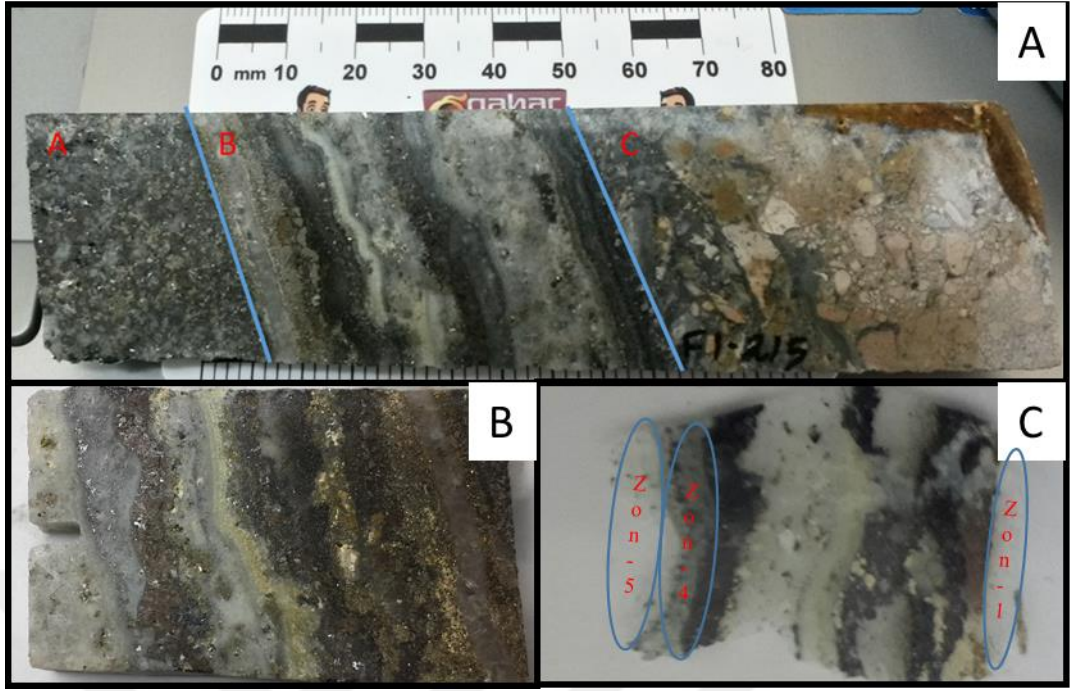


Şekil 9.5 Sıvı kapanım örneklerine ait HQ çaplı karot fotoğrafları (Kişisel arşiv, 2019)

359237 numaralı jeokimyasal örnek sıvı kapanım kesiti alınmadan önce makroskobik olarak incelenmiştir. Örneğin % 80'i epitermal damarlardan, % 20'si ise hornfels biriminden meydana gelmektedir. Epitermal damarlar bolluk sırası ile; kuvars-rodonit, kuvars, kuvars-sülfite ve kuvars-karbonat fazlarından oluşur. Gözlemlenen sülfite mineralleri bolluk sırası ile; pirit, sfalerit ve galendir. Örneğin % 30'nu oluşturan kuvars minerallerinin %65'i beyaz ve iri taneli iken % 35', gri ve ince tanelidir. Epitermal kuvars dokuları bolluk sırası ile; masif taneli, bantlı ve tarak dokularıdır. Örnek bütün olarak ele alındığında sülfite zengin faz birlikteliğinin epitermal dokulu çoklu fazına ait olduğu belirlenmiştir.

381077 numaralı jeokimyasal örneğin makroskobik incelemesinde örneğin % 95'nin epitermal damarlardan, % 5'nin ise yan kayaç hornfels biriminden meydana geldiği gözlenmiştir. Epitermal damarlar bolluk sırası ile; kuvars-sülfite, kuvars-karbonat, kuvars ve kuvars-rodonit fazlarından oluşur. Gözlemlenen sülfite mineralleri bolluk sırası ile; pirit, galen, sfalerit ve kalkopirittir. Örneğin % 25'ni oluşturan kuvars minerallerinin % 40'i beyaz, % 60'ı ise gri kuvarstır. İnce taneli kuvars minerallerinin baskın olduğu örnekte gözlenen epitermal kuvars dokuları bolluk sırası ile; bantlı, masif taneli ve tarak dokularıdır. Örnek bütün olarak ele alındığında sülfite fazları birlikteliğinin baz metal zengini masif sülfite fazına ait olduğu belirlenmiştir.

358956 numaralı jeokimyasal örneğin makroskobik incelemesinde örneğin %95'nin epitermal damarlardan, %5'nin ise hornfels biriminde meydana geldiği gözlenmiştir. Epitermal damarlar bolluk sırası ile; kuvars-sülfite, kuvars-karbonat ve kuvars fazlarından oluşur. Gözlemlenen sülfite mineralleri bolluk sırası ile; pirit, galen, sfalerit ve kalkopirittir. Örneğin %45'ni oluşturan kuvars minerallerinin %55'i beyaz, %45'ı ise gri kuvarstır. İnce taneli kuvars minerallerinin baskın olduğu örnekte gözlenen epitermal kuvars dokuları bolluk sırası ile; masif taneli, tarak ve bladed dokularıdır. Örnek bütün olarak ele alındığında sülfite fazları birlikteliğinin baz metal zengini masif sülfite fazı olduğu saptanmıştır.



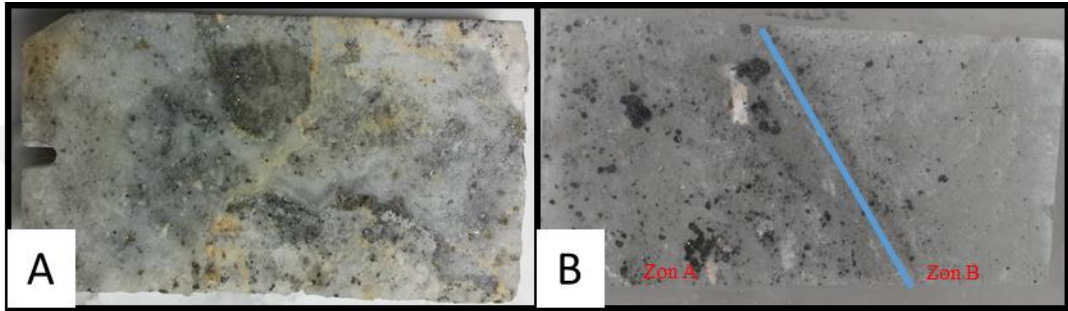
Şekil 9.6 FI-215 isimli kesitin hazırlık aşamalarına ait fotoğraflar (Kişisel arşiv, 2019)

FI-215 isimli sıvı kapanım kesitinin alındığı karot parçası, Şekil 9.6'nın A bölümdeki fotoğrafta görüldüğü üzere, 3 bölüme ayrılarak incelenmiştir. A bölgesinde masif kuvars-sülfid damarından meydana gelmiştir. Sülfid mineralleri bolluk sırası ile; pirit, sfalerit galendir. Sülfid ve kuvars minerallerinin tane boyları iridir. Mineraller homojen bir dağılım gösterir. B bölgesi ise bantlı kuvars-sülfid damarından oluşur. Krastiform-kolloform dokunun hakim olduğu örnekte bantlarda; ince taneli kuvars, kaba taneli kuvars, beyaz kuvars, gri kuvars ve sülfid bantları gözlemlenmiştir. Sülfid minerallerinden galen, sfalerit ve pirit bantlar halinde gözlenirken kalkopirit saçınım olarak gözlenmiştir. C bölgesinde rodokrozit breşleri bulunmaktadır. Tane destekli breşin matriksi kuvars ve kuvars-sülfid fazlarından oluşur. Saçınım halindeki sülfid mineralleri; pirit, galen, sfalerit ve kalkopirittir.

Şekil 9.6'nın B bölümünde kesit için kesilen örneğin parlatılmış yüzü görülmektedir. Şekil 9.6'nın C bölümünde ise 200 µ inceliğinde iki yüzü de parlatılmış FI-215 nolu kesit görülmektedir. Mavi renkli elipsoidler ile gösterilen alanlar sıvı kapanım analizlerinin yapıldığı bölümlerdir.

Şekil 9.7'nin A bölümünde FI-229 isimli kesit için kesilen örneğin parlatılmış yüzü görülmektedir.

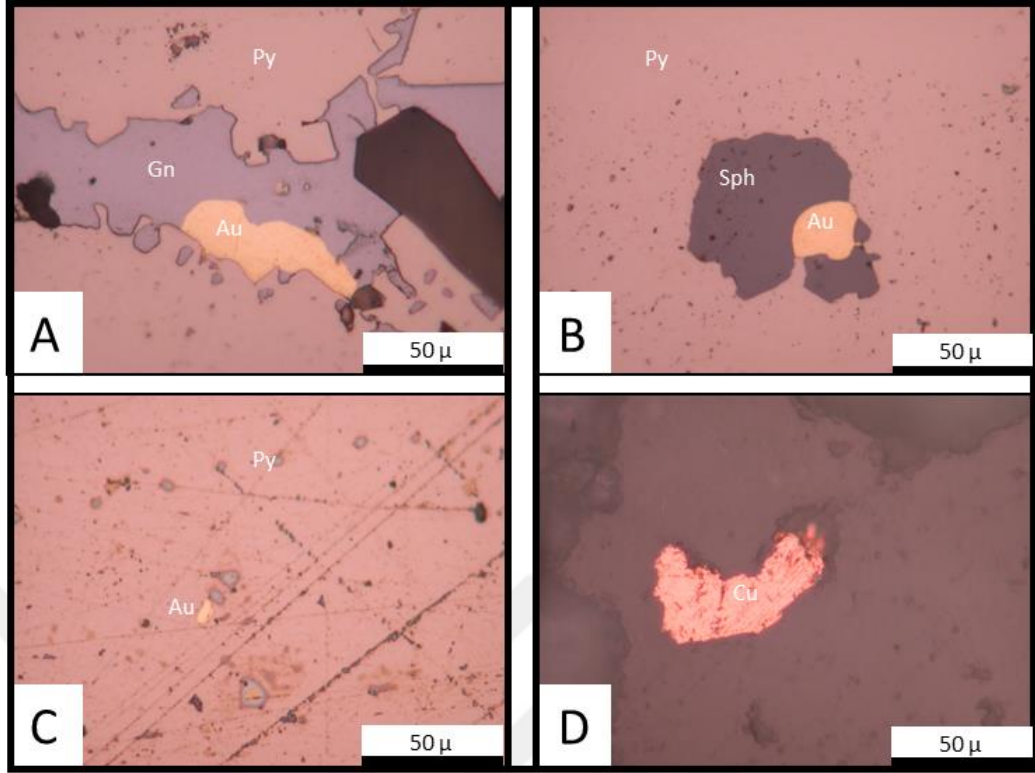
Şekil 9.7'nin B bölümünde iki yüzü de parlatılmış kesit görülmektedir. Sıvı kapanım analizleri için mavi çizgi ile A ve B zonlarına ayrılmıştır. A zonunda ince taneli kuvars mineralleri içerisinde saçınım halinde zengin ve iri taneli pirit, galen, sfalerit ve kalkopirit mineralleri gözlemlenir. B zonunda ise daha kaba taneli kuvars mineralleri içersinde saçınım halinde pirit, galen ve sfalerit gözlemlenir.



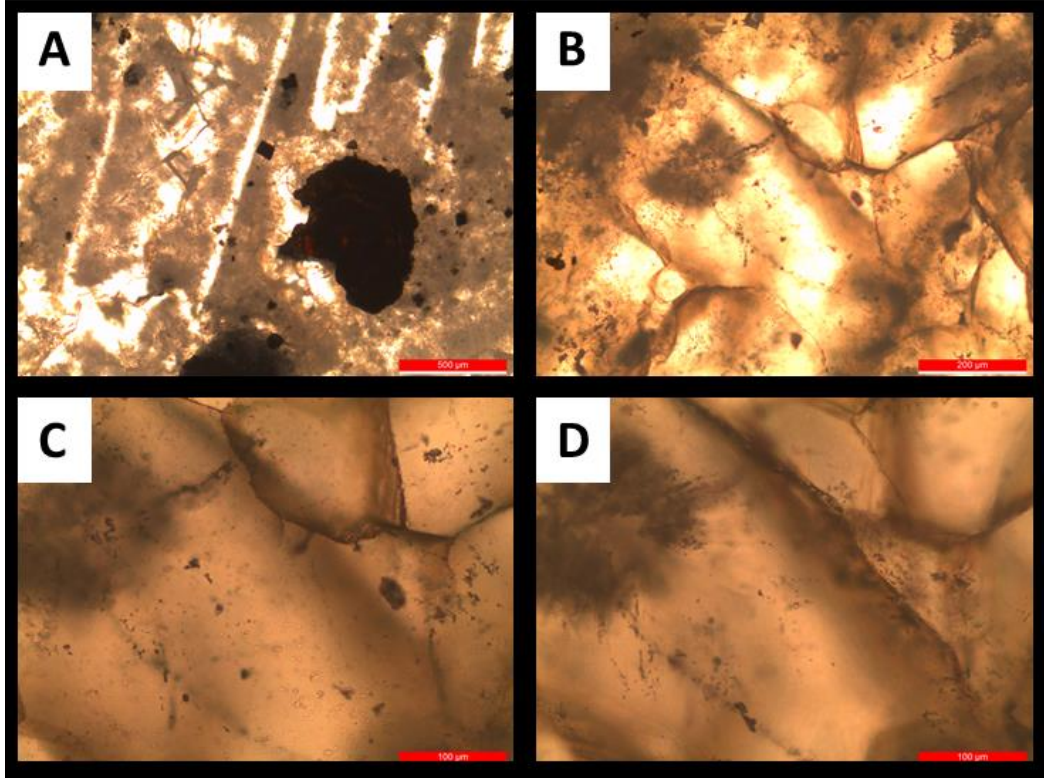
Şekil 9.7 FI-229 isimli sıvı kapanım kesitinin hazırlık aşamalarını gösteren fotoğraf (Kişisel arşiv, 2019)

Şekil 9.8'de FI-214 isimli sıvı kapanım kesitinin hazırlık aşamasında elde edilen parlak kesit incelemeleri yer almaktadır. Kesitte bulunan kuvars fazlarında gözlemlenen altın Şekil 9.8'nin A, B ve C bölümlerinde görülmektedir. D bölümünde ise nabit bakır gözlemlenmektedir. Kesit hazırlık aşamalarında bozulduğu için bu kesitten mikrotermometri çalışması yapılamamıştır.

Şekil 9.9'nin A bölümünde, FI-229 isimli kesitin A bölgesine ait 4X objektifli mikroskop görüntüsü vardır. Kaba taneli kuvarlarda çizgisel yapılar gözlemlenir. B bölümünde çizgisel yapılu kuvarların 10X objektif ile inceleme görüntüsü vardır. C ve D bölümünde ise bu kuvarlar 20X objektif inceleme görüntüsü vardır. İri taneli kuvarların merkezlerinde sıvı kapanımları gözlemlenmek mümkündür.



Şekil 9.8 FI-214 isimli sıvı kapanım örneğine ait parklak kesit mikrofotografılar



Şekil 9.9 FI-229 numaralı sıvı kapanım örneğine ait mikrofotografıları

9.4 Sıvı Kapanım Örnekleri Üzerine Mikrotermometre Çalışmaları

Sıvı kapanım için alınan örnekler yukarıdaki bölümde makro ve mikro boyutlarda incelenmiştir. Bu örnekler içerisinde 50X objektifli mikroskop ile sıvı kapanımlar aranmış ve bulunan kapanımlardan mikrotermometrik analizler yapılmıştır.

Bu bölümde kullanılan bazı kısaltmalar aşağıdaki tablo 9-3’de açıklanmıştır.

Tablo 9.3 Mikrotermometrik analizlerde kullanılan kısaltmaların açıklamaları ve birimleri

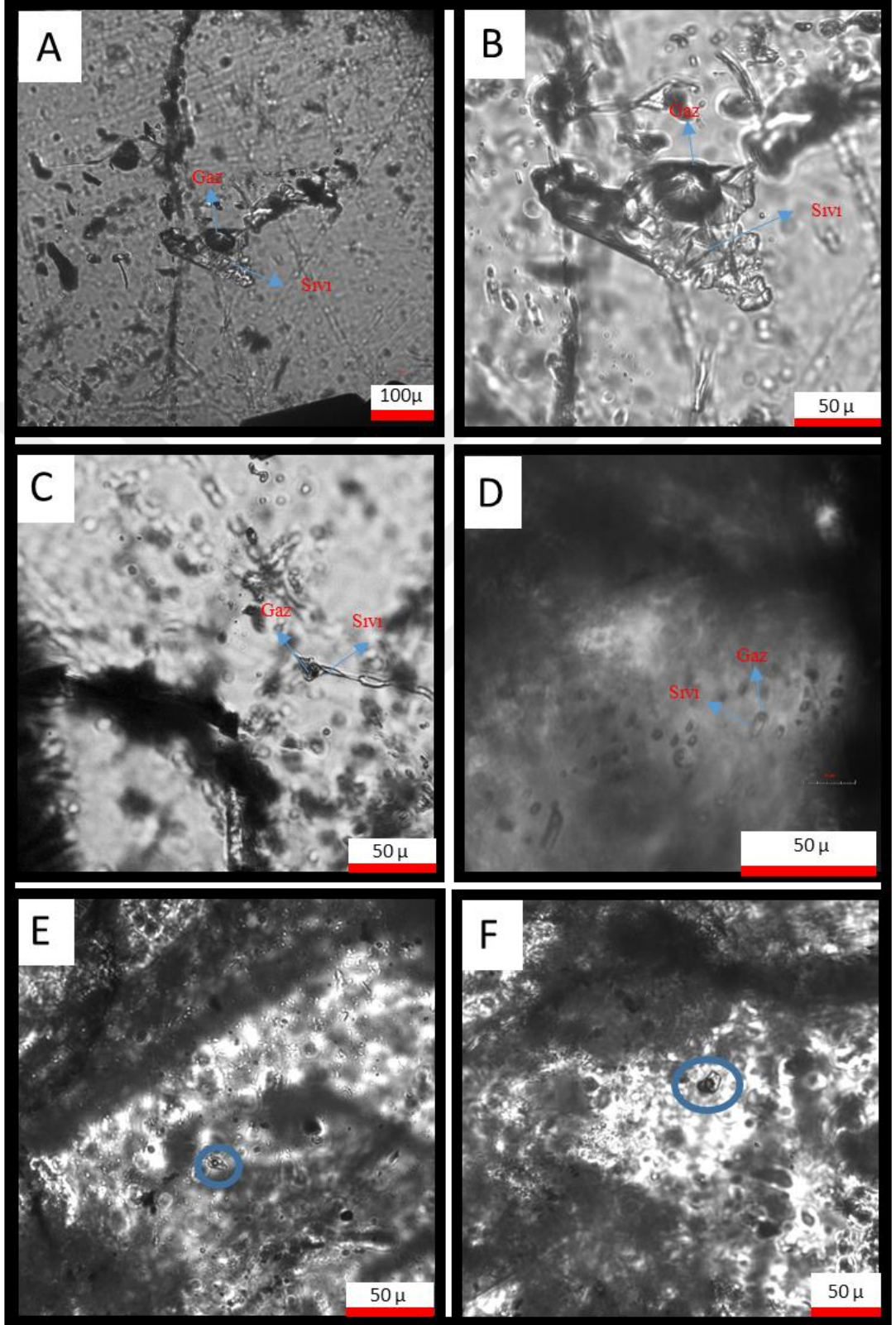
Kısaltma	İngilizce Açılımı	Türkçe Açılımı	Birimi
T_{fm}	First melting	İlk ergime	Santigrat derece (°C)
T_{m-ice}	Ice melting temperature	Son buz ergime sıcaklığı	Santigrat derece (°C)
T_h	Homogenization temperature	Homojenleşme sıcaklığı	Santigrat derece (°C)

Şekil 9.10’un A , B ve C bölümlerinde FI-215 isimli kesiti zon-1 bölümüne ait kapanımlar ve bu kapanımların sıvı ve gaz fazları gösterilmiştir. D bölümündeki görsel ise zon-4 bölümüne aittir. E bölümünde mavi halka içerisindeki kapanım FI-229 isimli kesitin A zonuna aittir. Bu kapanıma ait mikrotermometre verileri aşağıda verilmiştir:

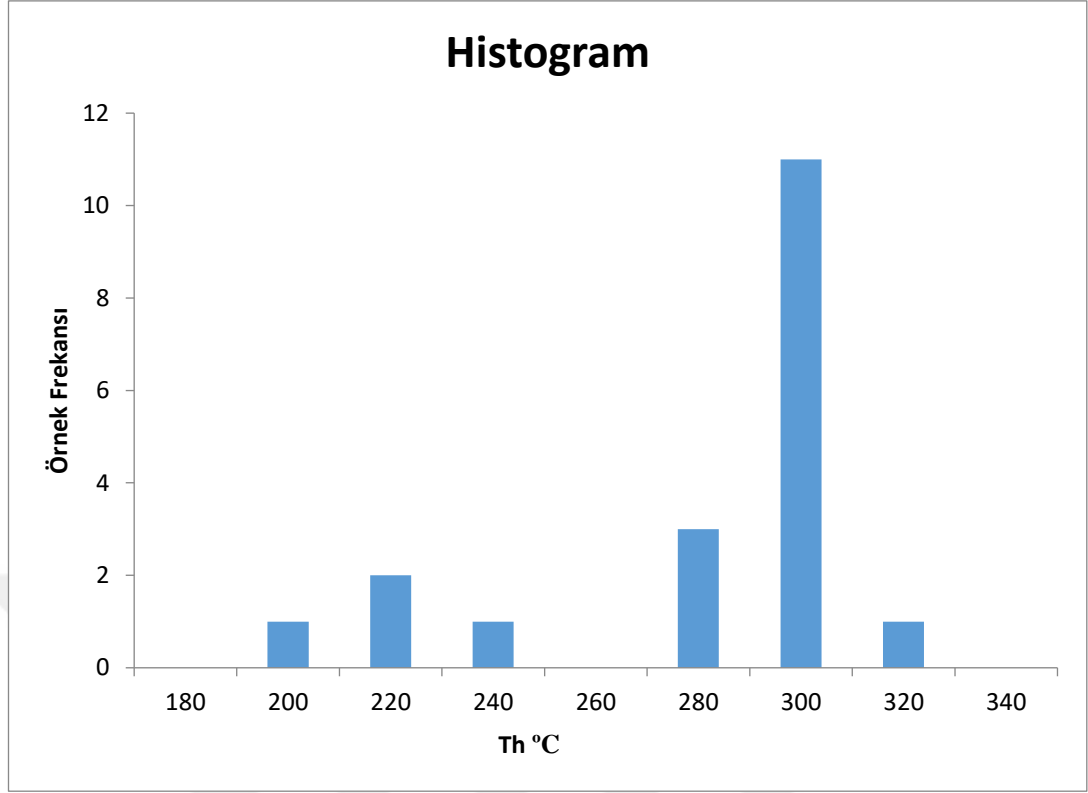
- T_{fm} : -42 °C T_{m-ice} : -2.1 °C T_h : 287 °C

Şekil 9.10’un F bölümünde mavi halka ile gösterilen kapanım, FI-229 isimli kesitin B zonuna aittir. Bu kapanıma ait mikrotermometre verileri aşağıda verilmiştir:

- T_{fm} : -44.6 °C T_{m-ice} : -2.2 °C T_h : 284 °C



Şekil 9.10 FI-215 ve FI-229 numaralı sıvı kapanım örneklerine ait mikrofotografılar



Şekil 9.11 Sıvı Kapanım örneklerinin homojenleşme sıcaklıklarına ait Histogram

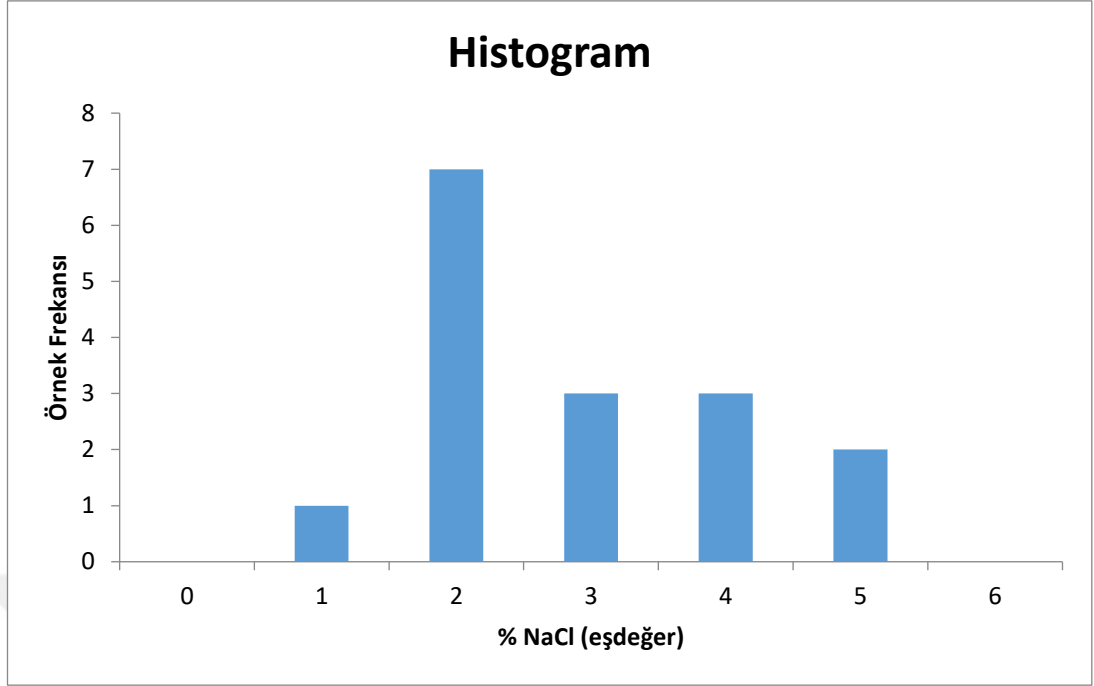
Kapanımlar üzerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen T_h sıcaklıklarının Histogram yapılmıştır. Şekil 9.11’de görüldüğü üzere birisi 220 °C diğeri ise 300 °C olan iki adet popülasyon saptanmıştır.

Bu çalışma kapsamında eşdeğer %NaCl hesaplaması için aşağıdaki formül kullanılmıştır (Bodnar, 1993):

$$\%NaCl = 0,00 + 1,78\theta - 0,0442\theta^2 + 0,000557\theta^3$$

(9.1)

Formül (9.1)’de kullanılan θ , donma noktası alçalımının (depression of the freezing point) santigrat derece cinsidir.



Şekil 9.12 Sıvı Kapanım örneklerinin yüzde tuzluluklarına ait Histogram

Elde edilen eşdeğer %NaCl verilerinden şekil 9.12'deki histogram elde edilmiştir. %1 ile %5 arasında değişen tuzluluk değerleri %2 aralığında pik yapmıştır.

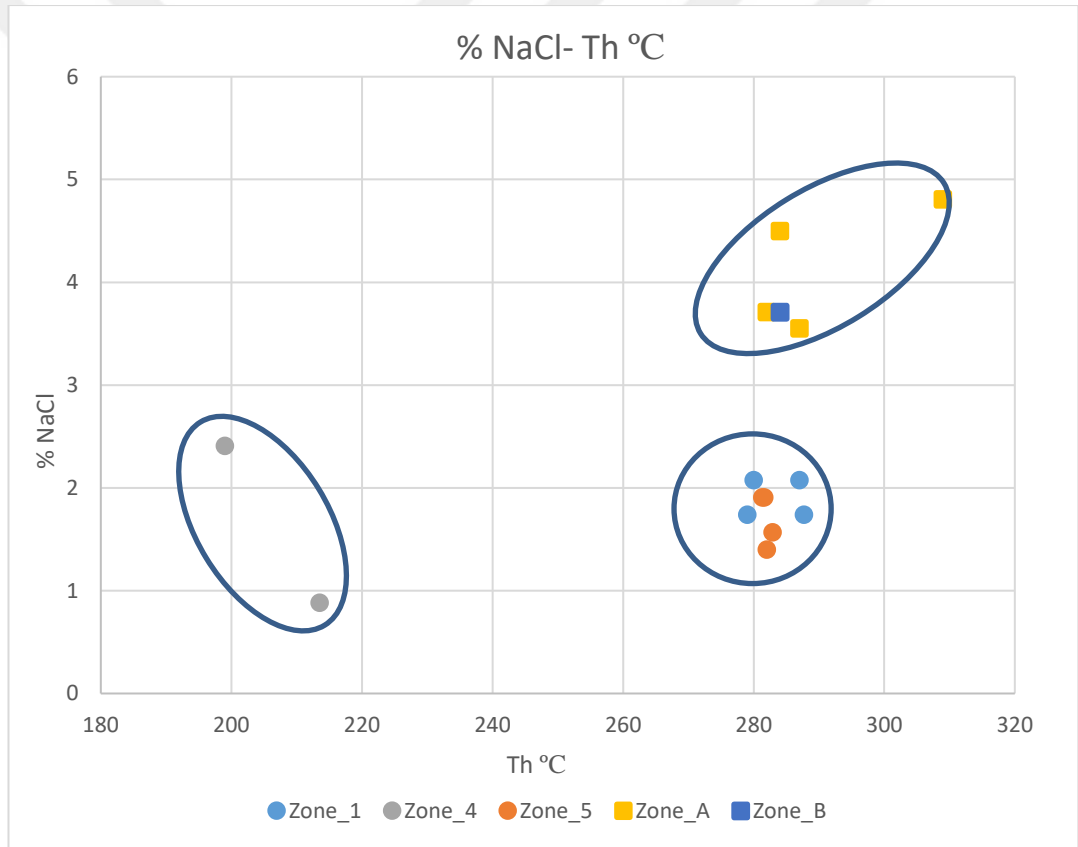
Tablo 9.4 Sıvı kapanım örneklerinin analiz sonuçları

Örnek	Mineral	Bölge	T _{fm} °C	T _{m-ice} °C	T _h °C	% Tuzluluk
FI-215	Kuvars	Zon-1	-50	-1	279	1,7
FI-215	Kuvars	Zon-1	-49	-1,2	280	2,1
FI-215	Kuvars	Zon-1	-44	-1	287,7	1,7
FI-215	Kuvars	Zon-1	-49	-1,2	287	2,1
FI-215	Kuvars	Zon-1			239	

Tablo 9.4 devamı

FI-215	Kuvars	Zon-1			279	
FI-215	Kuvars	Zon-5		-1	282	1,7
FI-215	Kuvars	Zon-5		-0,8	282,9	1,4
FI-215	Kuvars	Zon-5		-0,9	281,3	1,6
FI-215	Kuvars	Zon-5	-42	-1,1	281,6	1,9
FI-215	Kuvars	Zon-5	-50,4	-1,1	283,5	1,9
FI-215	Kuvars	Zon-4		-0,5	213,5	0,9
FI-215	Kuvars	Zon-4		-1,4	199	2,4
FI-215	Kuvars	Zon-4			211,3	
FI-229	Kuvars	Zon-A	-42	-2,1	287	3,5
FI-229	Kuvars	Zon-A		-2,2	282	3,7
FI-229	Kuvars	Zon-A	-44	-2,7	284	4,5
FI-229	Kuvars	Zon-A		-2,9	309	4,8
FI-229	Kuvars	Zon-B	-44,6	-2,2	284	3,7

Yapılan sıvı kapanım analizleri sonucunda elde edilen veriler tablo 9.4'de verilmiştir. Bu veriler ile tuzluluk-homojenleşme sıcaklığına ait grafik şekil 9.13'de ölçüm bölgelerine ayrılarak verilmiştir. Grafikte üç ayrı topluluk göze çarpar. Bunlardan birincisi FI-229 isimli kesite ait zon-A ve zon-B bölgelerindeki kuvarlardan elde edilen 282 - 309 °C derece arasında T_h sıcaklığı ve 3.5-4.8 arasında % NaCl (eşdeğer) tuzluluğu olan topluluktur. İkincisi FI-215 kesitine ait zon-5 ve zon-1 bölgelerindeki kuvarlardan elde edilen 279 - 287 °C derece arasında T_h sıcaklığı ve 1.4 – 2.1 arasında % NaCl (eşdeğer) tuzluluğu olan topluluktur. Son topluluk ise FI-215 kesitine ait zon-4 bölgesindeki kuvarlardan elde edilen 199 - 213 °C derece arasında T_h sıcaklığı ve 0.9 – 2.4 arasında % NaCl (eşdeğer) tuzluluğu olan topluluktur.



Şekil 9.13 Sıvı kapanım örneklerine ait % NaCl- T_h °C grafiği

BÖLÜM ON

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

10.1 Efemçukuru Altın Cevherleşmesinin Kökeni ve Evrimi Üzerine

Efemçukuru Altın Madenini oluşturan hidrotermal sıvıların kökeni, sahada yerleşiminin yeri üzerine QAF alterasyonunun belirteç olduğu (şekil 3.1) gömülü asidik sokulum kayasıdır. Kestanebeleni ve Kokarpınar damarları farklı kırıklara yerleşmelerine rağmen her iki damarda da güneyden kuzeye doğru mangan zengini minerallerin baskınlığının yerini sülfid mineralleri alır. Bu kademeli geçiş sıvı ve ısı kaynağına olan uzaklı değişiminden kaynaklanıyor olması muhtemeldir.

Efemçukuru hidrotermal aktivitesinde ilk faz olarak QAF alterasyonu görülmüştür. Bu aktivitenin sonrasında gelen ve süreksizlikler boyunca gözlemlenen QEC alterasyonu tespit edilmiştir. Yapısal kontrollü epitermal cevherleşme QEC fazlarını keserek kırıklara yerleşmiştir.

10.1.1 Alterasyon

Efemçukuru Altın Madeninde alterasyon iki ana evreye ayrılır. Epitermal cevherleşme öncesi kalk-silika alterasyonu hornfels ve çevresinde gözlemlenir. Kalk-silika alterasyonu QAF ve QEC olmak üzere ikiye ayrılır. Epitermal cevherleşme ile birlikte cevher damarları ve etrafında illit, smektit, montmorillonit ve kaolinit gibi kil mineralleri ve kloritik alterasyon zonları tespit edilmiştir.

10.2 Kestanebeleni-Kokarpınar Damarları Karşılaştırılması

10.2.1 Yapısal

Kestanebeleni damarında SOS 2 ve SOS cevherleşmesinin yüzeyde tavantaşı fillit birimidir fakat derin kotlarda ve diğer cevher gövdelerinde cevherleşme hornfels birimi içerisinde yer alır. Kestanebeleni damarının genel doğrultusu K20B ve eğimi ortalama 60 derecenin üzerinde KD yönündedir. Yüksek eğim açısı cevherleşme için önemli olan geniş kırıkların oluşmasına olanak sağlar. Saha genelindeki devamlılığı uzun kırıkların BKB yönlü olduğu göz önüne alındığında Kestanebelenin tamamının iki BKB doğrultulu kırık olan Kokarpınar riyoliti ve Kestanebeleni riyoliti arasında

aktarım rampası olabileceği düşünülebilir (Şekil 2.3). Kokarpınar damarının genel doğrultusu K60B yönündedir ve eğimi ortalama 45 derece KD yönündedir. Tabantaşında hornfels birimi, tavan taşında ise geçiş zonu birimi yer alır. Kokarpınar damarının içerisindeki fay segmentlerinin arasındaki aktarım rampalarına yerleşen cevher zonları (Şekil 6.2) Kestanebeleni damarı ile benzerlik gösterir.

Saha gelenelindeki önceki çalışmalar ve bu çalışmadaki bulgular KD doğrultulu yapıları açıklamaya yetmemiştir. KD doğrultulu yapıların cevher gövdeleri için sınır oluştururken belirgin bir atımın gözlemlenememesi bu yapıların cevherleşmeyi oluşturan yapılar ile sintektonik olabileceğini gösterir. Bu yapıları anlamak için daha detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulur.

10.2.2 Cevher Minerolojisi ve Kimyası

Kestanebeleni damarında SOS 2 ve SOS cevher gövdelerinde, Kokarpınar damarında ise KPS cevher gövdesinde mangan zengini rodonit ve rodokrozit gibi gang mineralleri baskındır. MOS cevher gövdesinin tamamında, KPS cevher gövdesinin ise kuzey kısımlarında mangan zengini mineraller ile birlikte sülfid ve kuvars minerallerinin de baskınlığı gözlemlenir. NOS ve KPM cevher gövdelerinde ise baskın gang mineralleri kuvars ve sülfid mineralleridir. Kestanebeleni ve Kokarpınar damarlarının gang minerallerinin saha üzerindeki dağılımları ve parajenezleri benzerlik gösterir.

Her iki cevherleşemede de benzer damar fazları bulunmuştur. Kestanebeleni damarı için petrografik çalışmalar (Oyman ve Acımaz, 2019) altının hem serbest halde ve/veya sülfid mineralleri ile birlikte bulunduğunu göstermiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan cevher mikroskobisi bölümünde benzer sonuçlar elde edilmiş ve gösterilmiştir.

Epitermal fazları kendi içerisinde bölümlere ayırdığımızda ilk yerleşen kısır fazda cevherleşme görülmemektedir. Çoklu faz epitermal damarları ile başlayan cevherleşme, epitermal dokulu çoklu faz ile devam etmiş ve masif sülfid ve masif pirit fazları ile sona ermiştir. Bu fazların sonrasında gelişen geç kuvars ve karbonat damarlarında cevherleşmeye rastlanmamıştır.

10.2.3 Sıvı Kapanımı

Sıvı kapanım bölümündeki FI-215 isimli kesitte krastiform damar örneğinin farklı bantlarında değişken homojenleşme sıcaklıkları ve tuzluluk oranlarının tespit edilmesi sıvı karışımı olarak tabir edilen atmosferik sıvılar ile sokulundan türeyen sıvıların karışmasından kaynaklanıyor olabilir.

Önceki çalışmalar bölümünde sözü edilen (Oyman, Minareci ve Pişkin, 2003) çalışmasında Kestanebeleni damarı için 200° ile 300° arasında değişen homojenleşme sıcaklığı ve 0 ile 9 arasında değişen yüzde tuzluluk belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında Kokarpınarı üzerine ilk defa sıvı kapanım çalışması yapılmıştır. Örneklerin seçildiği bölge Kokarpınar damarının kalanına göre daha dik eğimli ve KKB yönlü olan aktarım rampası üzerinden seçilmiştir. Buradan elde edilen analiz sonuçlarında homojenleşme sıcaklığının 199° ile 309° arasında olduğu ve yüzde tuzluluk değerinin 0.9 ile 4.8 arasında değiştiği görülmüştür. Bu aralıklar yüksek tenörlü cevherleşmeden elde edilmiştir ve Kestanebeleni damarı ile benzerlik gösterir.

10.3 Kokarpınarı Araştırması

İleri seviye araştırma aşamasında olan Kokarpınar damarı için aktarım rampalarının önemli bir hedef olduğu yukarıdaki çalışmalar sonucunda ortaya konulmuştur.

10.4 Efemçukuru Çevresi Araştırması

Diğer damarlar bölümünde görüldüğü üzere Efemçukuru cevherleşmesinin etrafında bulunan bütün epitermal damarlar haritalanıp ayrıntılı bir şekilde çalışılmamıştır. Bu durum cevherleşme etrafında halen ekonomik potansiyeli olabilecek cevher damarlarının detaylı araştırmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

- Acımaz, Ç. (2015). *Detail and textural logging*. İzmir: Tüprağ A.Ş.
- Akartuna, M. (1962). İzmir-Torbalı-Seferihisar-Urla bölgesi jeolojisi hakkında. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 59, 1-18.
- Akbaş, B., Akdeniz, N., Aksay, A., Altun, İ., Balcı, V., Bilginer, E., . . . Yurtsever, A. (2019). *Yerbilimleri harita görüntüleyici ve çizim editörü*. (MTA) Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü: <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>
- Bingöl, E. (1976). Batı Anadolu'nun jeotektonik evrimi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 86, 14-34.
- Bodnar, R. J. (1993). Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57, 683-684.
- Borsi, S., Ferrara, G., Innocenti, F. ve Mazzuoli, R. (1972). Geochronology and petrology of recent volcanics in the eastern Aegean Sea (Western Anatolia and Leshos Islands). *Bulletin of Volcanology*, 3, 473-496.
- Boucher, K. S. (2016). *The structural and fluid evolution of the Efemçukuru epithermal gold deposit, western Turkey*. Yüksek Lisans Tezi, The University of British Columbia, The Faculty of Graduate and Postdoctoral Studies (Geological Sciences), Vancouver.
- Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey – a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14, 3-30.
- Callegari, E. ve Pertsev, N. N. (2007). *Recommendations by the IUGS subcommission on the systematics of metamorphic Rocks: 10. contact metamorphic rocks*. IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks: <https://www.bgs.ac.uk/scmr/products.html>

- Erdoğan, B. (1990a). İzmir-Ankara zonu ile Karaburun kuşağının tektonik ilişkisi. *MTA Dergisi*, 110, 1-15.
- Erdoğan, B. (1990b). İzmir-Ankara zonu'nun, İzmir ile Seferihisar arasındaki bölgede stratigrafik özellikleri ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2, 1-20.
- Genç, C. Ş., Altunkaynak, Ş., Karacık, Z., Yazman, M. ve Yılmaz, Y. (2001). The Çubukludağ graben, south of izmir: Its tectonic significance in the Neogene geological evolution of the western Anatolia. *Geodinamica Acta*, 14, 45-55.
- Hedenquist, J. W., Arribas, A. R. ve Gonzalez-Urien, E. (2000). Exploration for epithermal gold deposits. *SEG Reviews*, 13, 245-277.
- Jankovic, S. (1977). The copper deposits and geotectonic setting of the Tethyan Eurasian metallogenic belt. *Mineralium Deposita*, 12, 37-47.
- Jankovic, S. (1997). The Carpatho-Balkanides and adjacent area: A sector of the Tethyan Eurasian metallogenic belt. *Mineralium Deposita*, 32, 426-433.
- Jolivet, L., Faccenna, C., Huet, B., Labrousse, L., Pourhiet, L. L., Lacombe, O., . . . Driussi, O. (2013). Aegean tectonics: Strain localisation, slab tearing and trench retreat. *Tectonophysics*, 597-598, 1-33.
- Karacık, Z. ve Genç, C. Ş. (2013). Petrochemical features of Miocene volcanism around the Çubukludağ graben and Karaburun peninsula, western Turkey: Implications for crustal melting related silicic volcanism. *Journal of Asian Earth Sciences*, 73, 199-217.
- Moncada, D. ve Bodnar, R. J. (2014). *Identification of target areas for future exploration in the Efemçukuru, Turkey, epithermal gold system based on fluid inclusions and mineral textures*. Virginia Tech, Yerbilimleri Departmanı. Blacksburg: Tüpraç A.Ş.
- Moritz, R. ve Baker, T. (2019). Metallogeny of the Tethyan orogenic belt: From Mesozoic magmatic arcs to Cenozoic back-arc and postcollisional settings in

- southeast Europe, Anatolia, and the lesser Caucasus: An introduction. *The Society of Economic Geologists*, 114, 1227-1235.
- Okay, A. (2008). Geology of Turkey: A Synopsis. *Anschitt*, 19-42.
- Oyman, T. ve Acımaz, Ç. (2019). *A petrographic study on Efemçukuru ore types*. İzmir: Tüprag A.Ş.
- Oyman, T., Minareci, F. ve Pişkin, Ö. (2003). Efemçukuru B-rich epithermal gold deposit (İzmir, Turkey). *Ore Geology Reviews*, 23, 35-53.
- Plyusnina, L. P. (1982). Geothermometry and geobarometry of plagioclase-hornblende bearing assemblages. *Contributions to mineralogy and petrology*, 80, 140-146.
- Rhys, D. (2012). *Efemçukuru gold mine: Geological observations and recommendations from a site*. İzmir: Tüprag A.Ş.
- Richards, J. P. (2007). *Alteration associated with the Efemçukuru gold deposit, Turkey*. Alberta: Türag A.Ş.
- Richards, J. P. (2015). Tectonic, magmatic, and metallogenic evolution of the Tethyan orogen: From subduction to collision. *Ore Geology Reviews*, 70, 323-345.
- Richards, J. P. (2016). Tectonics and metallogeny of the Tethyan orogenic belt. *Society of Economic Geologists*, 19, 387.
- Şengör, C. A. (1987). Cross-faults and differential stretching of hanging walls in regions of low-angle normal faulting: examples from western Turkey. *Geological Society, Special Publication* 28, 575-589.
- Şengör, C. A., Altiner, D., Cin, A., Ustaömer, T., ve Hsü, K. (1988). Origin and assembly of the Tethyside orogenic collage at the expense of Gondwana land. *Geological Society Special Publication*, 37, 119-181.

Uzel, B. ve Sözbilir, H. (2008). A first record of a strike-slip basin in western Anatolia and its tectonic implication: The Cumaovası basin. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 559-591.

Uzel, B., Sözbilir, H. ve Özkaymak, Ç. (2012). Neotectonic evolution of an actively growing superimposed basin in western Anatolia: The Inner Bay of İzmir, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21, 439-471.

Uzel, B., Langereis, C. G., Kaymakçı, N., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç. ve Özkaptan, M. (2015). Paleomagnetic evidence for an inverse rotation history of western Anatolia during the exhumation of Menderes core complex. *Earth and Planetary Science Letters*, 414, 108-125.

Zharikov, V. A., Pertsev, N. N., Rusinov, V. L., Callegari, E. ve Fettes, D. J. (2007). *A systematic nomenclature for metamorphic rocks: 9. Metasomatic rocks. Recommendations by the IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks. IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks :* <https://www.bgs.ac.uk/scmr/products.html>