

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÜÇÜKDERE (HAVRAN-BALIKESİR) ALTIN
YATAĞININ JEOLojİSİ MİNERALojİSİ VE
JEOKİMYASI

Gökhan ÇİÇEK

Kasım, 2009

İZMİR

**KÜÇÜKDERE (HAVRAN-BALIKESİR) ALTIN
YATAĞININ JEOLJİSİ MİNERALOGİSİ VE
JEOKİMYASI**

Dokuz Eylül Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ekonomik Jeoloji Anabilim Dalı

Gökhan ÇİÇEK

Kasım, 2009

İZMİR

,YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

GÖKHAN ÇİÇEK tarafından **YRD. DOÇ. DR. TOLGA OYMAN** yönetiminde hazırlanan “**KÜÇÜKDERE (HAVRAN-BALIKESİR) ALTIN YATAĞININ JEOLJİSİ MİNERALOGİSİ VE JEOKİMYASI** ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Tolga Oyman

Yönetici

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu alıőma, Dokuz Eylöl Üniöersitesi Mühendislik Faköltesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans Tezi kapsamında hazırlanmıőtır.

Bu çalıőmayı yöneten ve yönlendiren Yrd. Doç. Dr. Tolga OYMAN' a, çalıőmaya sunmuő olduğu katkılardan dolayı teşekkür ediyorum.

Tezin yazılması sırasında benden desteğini hiç esirgemeyen jeoloji mühendisi, moral kaynağım Pınar ŐENLİ' ye teşekkür ediyorum.

Çalışma süresince, jeolojik verilerin ortaya konması için tüm verileri aan Koza Altın İşletmeleri Jeoloji Bölümüne teőekkürlerimi sunuyorum.

Gökhan ÇİÇEK

KÜÇÜKDERE (HAVRAN-BALIKESİR) ALTIN YATAĞININ JEOLJİSİ MİNERALJİSİ VE JEOKİMYASI

ÖZ

Bu çalışma Batı Anadolu' da Edremit Grabeni' nin güney kenarında yer alan ekonomik boyutta altın ve gümüş içerikli epitermal düşük sülfidasyon tip kuvars damarının alterasyon, mineralojisi ve jeokimyasını araştırmayı amaçlar. Çalışma alanının temelini Karakaya Kompleksi' ne ait metamorfik kayalar oluşturur. Bölgedeki volkanik fasiyese ait andezitik ve dasidik volkanizma ürünleri temel kayalarını uyumsuzlukla üzerler.

KD doğrultulu epitermal düşük sülfidasyon tip kuvars damarı andezitik volkanikler içerisine yerleşmiştir. Altın ve gümüş içerikli bu damar sistemi, doğrultusu boyunca kesikliklere uğrayarak, mercekler şeklinde 5,4 km takip edilebilmektedir. Damar sisteminin ana gang mineralleri kuvars, kalsit, ankerit, barit, rodonit, mangan, hematit ve limonittir. Damar çeperi boyunca dar bir alanda silisleşme, arjilik ve propilitik alterasyon gözlenmektedir. Cevherleşme sonrası gelişen oblik ve düşey atımlı faylar nedeniyle damar sistemi ötelenmiştir.

Küçükdere Altın Yatağı halen Koza Altın İşletmeleri AŞ tarafından işletilmektedir. Şirket verilerine göre bölgedeki toplam kaynak 2,99 g/t Au ve 7,74 g/t Ag ortalama tenörlü 2 475 513 ton' dur

Anahtar sözcükler: Altın, Küçükdere, Altın Jeokimyası, Alterasyon, Mineralizasyon

GEOLOGY MINEROLOGY AND GEOCHEMISTRY OF KÜÇÜKDERE (HAVRAN-BALIKESİR) GOLD MINE

ABSTRACT

This research aims to explore the geochemistry and mineralogy of gold and silver bearing low sulfidation type quartz vein in the south of Edremit graben in Western Anatolia. Region's basement composed of metamorphic rocks of Karakaya Complex. Andesitic and dasitic volcanism products shield the basement rocks with unconformity.

Low sulfidation epithermal type quartz vein with NE strike is settled in andesitic volcanics. That lens shaped, gold and silver bearing vein system can be followed for 5.4 km. Main gangue minerals of the vein system are quartz, calcite, ankerite, barite, manganite, rodonite, hematite and limonite. Through the vein's boundry, silisification, argilic and propylitic alteration are observed.

Kucukdere Gold Mine is already managed by Koza Altin Isletmeleri A.S. According to compony's data, total ore resource is 2 475 513 tones, avarage 2.99 g/t Au and 7.74 g/t Ag.

Keywords: Gold, Küçükdere, Gold Geochemistry, Alteration, Mineralization.

İÇİNDEKİLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
1.1.Çalışma Alanının Yeri	1
1.2. Amaç ve Yöntemler	1
1.3.Önceki Çalışmalar	3
BÖLÜM İKİ – JEOLJİ	6
2.1.Bölgesel Jeoloji	6
2.2. Lokal Jeoloji ve Cevherleşme	8
2.3. Damar Doku ve Çeşitleri	17
BÖLÜM ÜÇ – ALTERASYON.....	19
BÖLÜM DÖRT – JEOKİMYA.....	21
4.1. Damar Sisteminin Jeokimyası.....	21
4.1.1. Germe Tepe Jeokimyası	21
4.1.2. Karayanık Tepe Jeokimyası	22
4.1.3. Çengelli Tepe Jeokimyası	23
4.1.4.Çoraklık Tepe Jeokimyası	23
4.2. Jeoistatistik.....	24

BÖLÜM BEŞ – MİNERALOJİ.....	26
5.1.Cevher Mikroskobisi	26
5.2. Altın Mikroskobisi	29
BÖLÜM ALTI – MADEN JEOLJİSİ.....	34
BÖLÜM YEDİ – SONUÇLAR.....	37
KAYNAKLAR.....	41

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1.Çalışma Alanının Yeri

Çalışma alanı Balıkesir ili batısında, Havran ilçesi güneyinde Küçükdere, Büyükdere ve Dutluca köyleri arasında kalır (Şekil 1.1).

Çalışma, 1/25.000 ölçekli Balıkesir-İ18-d4 pafta numaralı topografya haritasının 4373000-4378000 yatay / 506000-510400 düşey koordinatlarının sınırladığı alanlarda yürütülmüştür.

Havran ilçe merkezi. Balıkesir iline 69 km uzaklıktadır. Ulaşımın tamamı asfalt yol üzerinden sağlanabilir. Asfalt yol engebeli arazi yapısından dolayı oldukça virajlıdır. Havran ilçe merkezinden Küçükdere' ye 4 km, Büyükdere' ye 6 km' lik asfalt yol ile ulaşılmaktadır. Bölgede jeotermal ve turizm nedeniyle konaklama için uygun pansiyon ve oteller bulunabilmektedir.

1.2. Amaç ve Yöntemler

Bu çalışmanın amacı, Havran' ın güneyinde yer alan Küçükdere Altın Yatağı' nın jeoloji, mineraloji, alterasyon ve jeokimyasını ortaya koymaktır. Mineralizasyonun oluşum modelinin ortaya konması ile mevcut rezervin düşey ve yatay zonlanmada değişimini açıklamak hedeflenmiştir. Son yıllarda metalik maden fiyatlarının artmasına paralel olarak dünyada ve ülkemizde bu tür yatakların araştırılıp ortaya konması için pek çok özel şirket faaliyetlerde bulunmaktadır. Yapılan bu araştırma faaliyetlerine bağlı olarak, metalik maden yataklarının oluşum modelleri hakkında pek çok yeni fikirler ortaya konmaya başlanmıştır. Tüm bu verileri kullanarak Küçükdere Altın Yatağı' nın oluşum modeli irdelenmiştir. Yüksek altın ve gümüş tenörlü Küçükdere epitermal kuvars damarı andezitik volkanikler içerisine yerleşmiştir. Damar çevresi boyunca silisleşme, arjilik ve propilitik alterasyon gelişmiştir. Damarın ana gang mineralleri kuvars, kalsit, ankerit, barit, rodonit,

mangan, limonit ve hematittir. Cevherleşmenin daha çok yüzey koşullarına yakın sığ derinlikte (maksimum 80m) gözleendiği bölgede halen altın ve gümüş üretimi Koza Altın İşletmeleri AŞ tarafından yürütülmektedir.

Çalışmalar sırasında Koza Altın İşletmeleri AŞ nin izni ile haritalama çalışmaları ve örneklemeler tamamlanmıştır.

Şirketin damar boyunca aldığı örnekler jeokimyasal analizleri için ALS Chemex laboratuvarına gönderilmiştir. Bu çalışmalar kapsamında alınan örnekler ise ACME Laboratuvarında analiz ettirilmiştir.

Petrografik çalışmalar için alınan örnekler Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümüne ait laboratuvarında incelenmiştir. Parlak kesit örnekleri yaklaşık 4 cm çaplı plastik kaplar içinde polyesterlenerek kesme işlemleri için hazır hale getirilmiştir. Bu işlem sırasında Dewilux sanayi tipi polyester ve sertleştirici – hızlandırıcı kullanılmıştır. Örnekler uygun olarak hazırlanan polyester karışım 1-2 gün içinde yavaş sertleşmesi sağlanarak örneklerin polyester sertleşmesi sırasında açığa çıkan ısıdan etkilenmesi engellenmiştir.

Polyesterlenen örnekler, döner diskler üzerinde kabadan inceye doğru sırasıyla aşındırılarak elmas macun yardımıyla parlatılmışlardır. Hazırlanan parlak kesit örnekleri bölüm mikroskop laboratuvarında incelenerek fotoğraflandırılmıştır.

Hazırlanan ince kesit örnekleri polarizan mikroskopta incelenerek cevher minerallerine eşlik eden minerallerde meydana gelmiş alterasyon, ornatma, psödomorf gibi mineralojik değişimler incelenmiştir.

SEM ve EDS çalışmalarının tamamı DEU Malzeme ve Metalurji Mühendisliği Bölümü'nde yapılmıştır.

1.3.Önceki Çalışmalar

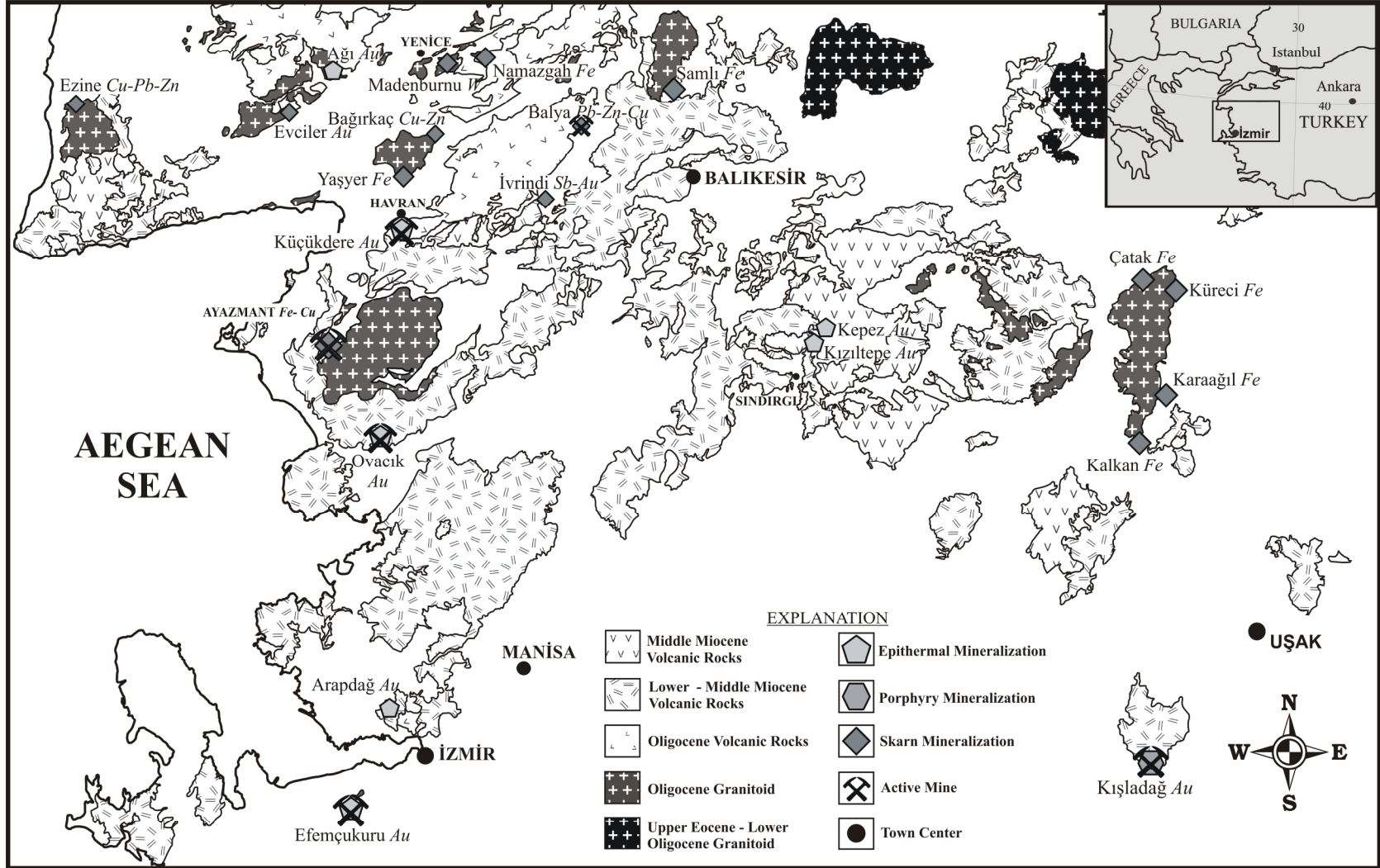
Küçükdere Altın Yatağı çevresinde bugüne kadar yapılan çalışmalar daha çok genel jeoloji, volkanizma ve tektonizma üzerine yapılmıştır. Doğrudan yatak ile ilişkili tek yayın Çolakoğlu (2000)'in çalışmasıdır. Bölgenin genel jeolojisi, volkanizma ve tektonizması ile ilgili yayınlar ise Altunkaynak ve Yılmaz (1998), Yılmaz ve Karacık (1999), Yılmaz ve diğerleri (2001)'dir.

Çolakoğlu (2000), Küçükdere Altın Damarı' nın yapısal, dokusal özellikleri ve damarın çevre kayacının özelliklerini incelemiştir. Dokusal özelliklerine göre damarı andezit parçalı breşik damar, breşik damar, bantlı damar ve masifkarbonat olarak dört tipe ayırmıştır. Altın bakımından bantlı damarın önemini vurgulamıştır. Bölgede yaşlıdan gence doğru kireçtaşı, andezit, bazalt ve alüvyon ayırtlanmıştır. Kil alterasyonu ve silisleşme olmak üzere iki farklı alterasyon tanımlamıştır.

Altunkaynak ve Yılmaz (1998), Kozak Magmatik Kompleksi ile ilgili çalışma yapmıştır. Bölgedeki kaya gruplarını plutonik topluluklar, hipabisal topluluklar ve volkanik birlikler şeklinde sınıflandırmıştır. Bölgedeki magmatik aktivitenin Geç Oligosen-Erken Miyosen aralığında gerçekleştiğini ileri sürmüştür. Erken Miyosen periyodunda magmatik kompleksin kenarını çevreleyecek şekilde volkanik aktivitenin geliştiğini düşünmektedir. Bölgedeki magmatik aktivite K-G yönlü Anadolu'nun hala sıkışma rejiminin etkisinde olduğu dönemde yerleştiğini ve volkanik aktivitenin KD-GB ve K-G yatay atım bileşenli yapısal hatlar boyunca çıkış yaptığını ileri sürmektedir.

Yılmaz ve Karacık (1999), Bu çalışmada Ege bölgesindeki grabenleri ve özellikle KB Anadolu'daki Edremit Grabeninin tektonik evrimini açıklamayı amaçlamıştır. Kalk alkali ortaç lav ve piroklastiklerin KKD fay ve kırıklar boyunca yerleştiğini öne sürmüştür. Erken – Orta Miyosen birimlerin bu periyotta Orta Miyosen sonuna kadar sıkışma rejiminin etkisinde kaldığını düşünmektedir. Üst Miyosen Erken Pliyosen birimlerin KD-GB trendi boyunca K-G açılma tektoniğinin etkisinde graben dolgusu şeklindedir. Grabenin kenar fayları doğrultu atımlı ve oblik faylardır.

Yılmaz ve diğeri (2001), KB Anadolu' daki magmatik birlikleri ve tektonik evrimlerini açıklamıştır. KB Anadolu' da iki farklı magmatik aktivite tanımlamıştır. Oligosen – Erken Miyosen periyodunda ortaç-felsik kalk alkali birliktelik gelişmiştir. Bu magmatik aktivite Geç Kretase-Eosen dönemindeki Tetis Okyanusu' nun kapanımına bağlı K-G sıkışma rejiminin son evre ürünleridir. Bu periyotta kabukta kalınlaşma meydana gelmiştir. İkinci magmatik aktivite Geç Miyosen – Pliyosen periyodundadır. Bu aktivite K-G yönlü Batı Anadolu' da D-B grabenlerine neden olan açılma rejiminin etkiyle gelişmiştir. İkinci magmatik aktivite rift tipi bazaltik volkanizma üretmiştir.



Şekil 1.1 Küçükdere Altın Madeni yerbuldur haritası

BÖLÜM İKİ

JEOLOJİ

2.1.Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanının temel kayaçlarını Karakaya Kompleksine dahil edilen düşük dereceli metamorfik kayalar oluşturur (Okay ve diğ., 1990; Kaya ve Mostler, 1992). Karakaya kompleksine ait metamorfik kayaç toplulukları düşük dereceli metasedimenter ve metavolkanik birimlerden oluşur. Okay ve diğ. (1990)' a göre Karakaya Kompleksi okyanus içi (intra-oceanic) yay-önü (fore-arc) çökelleridir. Çalışmacılar bu kompleksi üç farklı birimde inceler: Nilüfer Birimi (Orta Triyas; Kaya ve Mostler, 1992), Ortaoba Birimi ve Çal Birimi (Üst Permiyen). Nilüfer birimi yeşil renkli spilitik bazaltlardan, volkaniklastik sedimanter kayalardan, ignimbritlerden ve rekristalize kireçtaşlarından oluşur. Bazalt, silisik çamurtaşları, gri çörtler ve kumtaşlarından oluşan Ortaoba Birimi Nilüfer Birimi'ni tektonik olarak üstler. Bu birimler Çal Birimi'nin Üst Permiyen yaşlı platform tipi karbonat kayaçları ve taban çakıltışı tarafından tektonik olarak üstlenir.

Karakaya Kompleksine ait temel kayaçları Kozak magmatik kompleksine ait plütonik, damar (hipabisal) ve volkanik kayaçlar tarafından kesilir. Plütonik kayaçlar Kozak granodiyoriti, aplogranit ve mikrogranitden oluşur ve hepsi birlikte literatürde Kozak plütönu olarak isimlendirilir. Kozak plütönu yaklaşık 300–350 km² lik bir alan kapsar. KD–GB yönünde uzun eksene sahip eliptik şekilli bir geometriye sahiptir. Kozak plütönünü oluşturan granodiyorit ve adamellit bileşimli kayaçların yanı sıra, geçişli dokanaklar boyunca granitler, kuvars-diyoritler ve kuvars-monzonitler de görülür (Altunkaynak ve Yılmaz, 1998; 1999).

Granodiyoritik kayaçlar genelde hipidiyamorfik taneli ve holokristalen porfiritik (iri-orta taneli kuvars, alkali feldispat kristallerinden oluşan matriks içinde iri plajyoklas kristalleri) doku sunar. Mineralojik bileşimleri genel olarak plajyoklas (%45–56; An27–46), kuvars (%7–20), alkali feldispat (ortoklas; %15–22), hornblend (%5–15), biyotit (%5–10) ve az miktarda klinopiroksen ile karakterize olur. Sfen,

zirkon, apatit ve magnetit ile bazı alterasyon mineralleri aksesuar minerallerini oluşturur. Aplogranitler genelde ince taneli ve lökokratik kayaçlar olup kenar zonu boyunca yüzlek verir.

Aplogranitler %25–40 kuvars, %25–30 alkali feldispat, % 20–25 plajiolklas bileşiminde olup Kozak plütonunun geç evre ürünleridir. Aplogranitler aplitik ve granofrik doku sunar. Mikrogranitler plütonun merkezinde yüzlek verir. Gri renkli granitik ve granodiyoritik kayaçlar olup grafik ve granofrik doku sunarlar. Bunların yanı sıra, kenar zonlarında aplitik dayklar da gözlenir. Bazı bölgelerde pegmatitik damarlar da görülür (Altunkaynak ve Yılmaz, 1998; 1999). Kozak plütonunun sığ yerleşimli bir magmatik sokulum olduğu kabul edilir (Altunkaynak ve Yılmaz, 1998; 1999). Bunun verileri: (a) metamorfik kayalarda gelişen fay düzlemlerini kullanmış olması (plütonun kabuk içindeki kırılma zonu ulaştığını gösterir); (b) eş yaşlı ve jeokimyasal açıdan benzer hipabisal kayalarla çevrelenmiş olması; (c) Kenarlarında pişme zonu sunması; (d) çevre kayaçların grafik ve granofrik dokular sunması; (e) “*roof pendant*” olarak isimlendirilen çevre kaya kalıntılarının plüton merkezinde varlığıdır. Radyometrik yaş verileri Kozak plütonunun 24–20 My (Rb/Sr; Ataman, 1974; Bingöl ve diğ., 1982, 1992) yaşında olduğunu göstermiştir.

Bölgesel ölçekte Türkiye ve yakın çevresinin bugünkü şeklini almasını sağlayan ana neotektonik yapılar sağ yönlü Kuzey Anadolu fay zonu, sol yönlü Doğu Anadolu ve Ölüdeniz doğrultu atımlı fay zonları ve güneyde Ege-Kıbrıs aktif dalma-batma zonudur. Bu yapılar boyunca Afrika ve Avrasya levhaları birbirine yaklaşırken, Anadolu levhası batı-güneybatıya doğru saat yönünün tersi yönde hareket eder ve böylece Afrika ve Arap levhaları; Ege yayı, Kıbrıs yayı ve Bitlis-Zagros suture zonu boyunca Anadolu ve Avrasya levhalarının altına dalar (Şengör, 1979; Barka, 1999; Bozkurt, 2001). Bu tektonik kuvvetler etkisinde batıya hareket eden Anadolu levhasının batısında, dünyanın sismik yönden en aktif bölgelerinden biri olan “Batı Anadolu genişleme bölgesi” olarak isimlendirilen bir bölge yer alır (Dewey and Şengör, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Seyitoğlu ve Scott, 1991; Bozkurt, 2001). Son yıllarda yapılan GPS çalışmalarında elde edilen

veriler bu hareketin Avrasya levhasına göre bağıl hızlarını Anadolu, Ege ve Afrika levhaları için sırasıyla 25mm' yıl batıya , 35mm' yıl güneybatıya ve 10 mm' yıl kuzey-kuzeybatıya olduğunu göstermektedir (Nyst & Teacher, 2004).

Edremit Körfezi' ne geldiğimizde bölgedeki yapısal hatlar KD uzanımlı faylar olarak göze çarparlar. Bu fayların büyük bir kısmı bölgedeki magmatik kayaların oluşumu ve yüzeylemesi ile ilişkili olsa da, Edremit Fayı bölgenin güncel tektoniği için önemli bir süreksizliktir. Edremit Körfezi' nin kuzey sınırını oluşturarak DKD-BGB ile D-B arasında değişen doğrultular sunan Edremit Fayı, aletsel dönemde birçok deprem üretmiştir. Yılmaz ve diğerleri (2001) bu fayı sol doğrultu atımlı bileşenine sahip oblik bir fay olarak tanımlar.

2.2. Lokal Jeoloji ve Cevherleşme

Küçükdere Altın Yatağı Balıkesir ili Havran ilçesi güneyinde Küçükdere ve Büyükdere Köyleri sınırları içerisinde yer alır.

Küçükdere altın yatağı Edremit ve Havran'dan D-KD trendi boyunca Balıkesir'e doğru uzanan Edremit Grabeninin kenarında yer alır. Bu hat Pliyosenden bu yana aktif olan sağ doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay sisteminin bir parçasıdır.

Çalışma alanının temelini ilk olarak Bingöl (1975) tarafından tanımlanan Karakaya Kompleksine ait düşük dereceli metamorfik kayalar oluşturur (Okay ve diğ., 1990; Kaya ve Mostler, 1992). Karakaya kompleksi dalma batma zonu ile ilişkili Permiyen ve Triyas yaşlı, baskın olarak volkanik ve sedimenter kökenli melanj türü kayalarından oluşur (Tekeli 1981; Pickett & Robertson 1996; Okay 2000). Karakaya kompleksine ait kayalar çalışma alanının doğusunda KD doğrultulu epitermal damar sistemine paralel uzanan kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Bölgedeki volkanik birimler Küçükdere Epitermal Damar sisteminde içerisine yerleştiği porfiritik dokulu andezitik volkanikler (Çolakoğlu, 2000) ve doğuda yer alan cevherleşme sonrası gelişen dasidik volkanik birimler

olarak ayrılmıştır. Bölgedeki en genç birimler Kuvarterner yaşlı alüvyondur (Çolakoğlu, 2000).

Çalışma alanı içerisinde iki farklı epitermal sistem mevcuttur. Bunlar düşük sülfidasyon damar tip cevherleşme ve yüksek sülfidasyon tip mineralizasyondur. Bu çalışmanın konusunu epitermal düşük sülfidasyon tip cevherleşme ile sınırlıdır.

KD-GB doğrultulu Küçükdere Epitermal Damar Sistemi porfiritik dokulu andezitler içerisinde yerleşmiştir. Kesikliklere uğrayarak birbirine paralel damarlar şeklinde yaklaşık 5,4 km lik bir zon boyunca takip edilebilmektedir. KD-GB doğrultulu ve açık uçlu 'S' şeklinde bir yapı sunan damar sisteminin en güney ve en kuzey uçlarında doğrultusu D-B şeklinde yön değişmektedir ve uçlarda birbirlerine paralel damarlar yer almaktadır. Bu geometrik yapısı atkuyruğu (Horsetail fracture) yapısı ile benzerlik sunmaktadır. Damar sistemi merkezde kalınlaşmakta (50m), kuyruklarında ise daralmaktadır (1m). KD-GB doğrultulu ana damar sistemi Germe tepe civarında farklı eğim ve doğrultuları ile ayırt edilen üç farklı geometrik yapı sunmaktadır.

Bunlar;

- 1)KD-GB doğrultulu GD ye yüksek eğimli (60-75°) ana damar sistemi,
- 2)KD-GB doğrultulu ana damar sisteminin doğusunda kalan ve aşağıya doğru ana damar sistemi ile birleşen KB ye düşük eğimli (30-40°) damar sistemi,
- 3)Ana damar sistemi ile düşük eğimli damar sistemi arasında kalan yatay damar(3-10°,K ye eğimli) sistemleridir.

Epitermal damar sistemi kuvars, kalsit, ankerit, manganez, barit, rodonit, hematit, limonit ve kuvars-kalsit ganglarından oluşmaktadır. Damar sisteminin güneyinde baskın gang minerali kuvars iken, kuzeye doğru ilerledikçe karbonatlı gang mineralleri göreceli olarak artmaktadır. Karbonatlı gang mineraller daha çok

tavanbloğu (hangingwall) mineralizasyonunda, kuvars gangı ise tabanbloğu (footwall) mineralizasyonunda yayılım sunmaktadır. Özellikle tavan bloğunda stokvork kuvars damarları yaygınlaşmaktadır. Kuvars doku ve çeşitleri itibariyle; bantlı yapı (colloform-crustiform), breşik yapı (kuvars breşi/andezitik breş), tarak yapısı (comb texture), kokard doku, iri taneli kristalin kuvars, sugary kuvars, vuggy kuvars ve nadiren kalsedonik kuvars gözlenmektedir. Sitemin kuvars doku ve çeşitliliği itibariyle bonanza zonuna kadar aşındığı düşünölmektedir.

Küçükdere damar sistemi porfiritik dokulu andezitik sokulumlar içerisine yerleşmiştir. İntrüzif, yüksek eğimli damar çeperi boyunca geniş alanlarda propilitik, arjilik alterasyona uğramıştır. Düşük sülfidasyon tip cevherleşmenin doğusunda yüksek sülfidasyon tip cevherleşme yer almaktadır. Yüksek sülfidasyon tip cevherleşme ürünleri bu çalışmanın konusunu oluşturmamaktadır. Ancak güneyde Çoraklık Tepe mevkiinde epitermal düşük sülfidasyon tip damar sistemi, yüksek sülfidasyon tip cevherleşmeye bağlı gelişen arjilik ve ileri arjilik alterasyon içerisine yerleşmiştir. Yine çalışma alanının KD' sinda Arapalanı mevkiinde yüksek sülfidasyon tip cevherleşmeye bağlı olarak gelişen düşük eğimli silis şapka yer almaktadır. Bu silis şapka çevresinde arjilik ve ileri arjilik alterasyon zonlanması mevcuttur.

Küçükdere'nin jeolojik evrimi Tüprag Metal Madencilik ve Koza Altın İşletmeleri tarafından jeokronolojik olarak aşağıdaki şekilde yorumlanmıştır;

1. Subvolkanik andezitik intrüzifler Erken Paleojen yada düşük olasılıkla Geç Kretase zamanında yerleşmiştir.
2. Erozyon evresi
3. Jurasik yaşlı kireçtaşlarının düşük açılı ters faylarla (bindirmelerle) bir veya birden fazla allokton kütleinin yerleşimi
4. Erozyon evresi

5. Kireçtaşlarının yerleşimi sırası veya sonrasındaki Küçükdere damarının yerleşimi.

a. Andezitik kayaların makaslanması ve K-KD hattı boyunca açılması.

b. Akışkanların etkisinde kırıklanma ve breşleşme ve ilk fazdaki silikatlı sıvıların yerleşimi.

c. Akışkanlara bağlı kırıklanma ile ikinci faza ait kalsit formundaki karbonatça zengin sıvıların, manganokalsit ve yersel barit yerleşimi.

d. Akışkanlara bağlı kırıklanma ve breşleşme ile üçüncü faz ve altınlı silikatlı sıvıların yerleşimi.

e. Altınlı silikatlı sıvıların tekrar yerleşimi ve breşleşme.

f. Yatağın geometrisinin normal ve daha sonraki evrede gerçekleşen sol doğrultu atımlı faylanmaya bağlı değişimi.

6. Erozyon evresi

7. Miyosen periyodundaki yarıkarasal alt dasitlerin yerleşimi.

8. Faylanma (normal ve doğrultu atımlı) ve Edremit Grabeninin oluşumu.

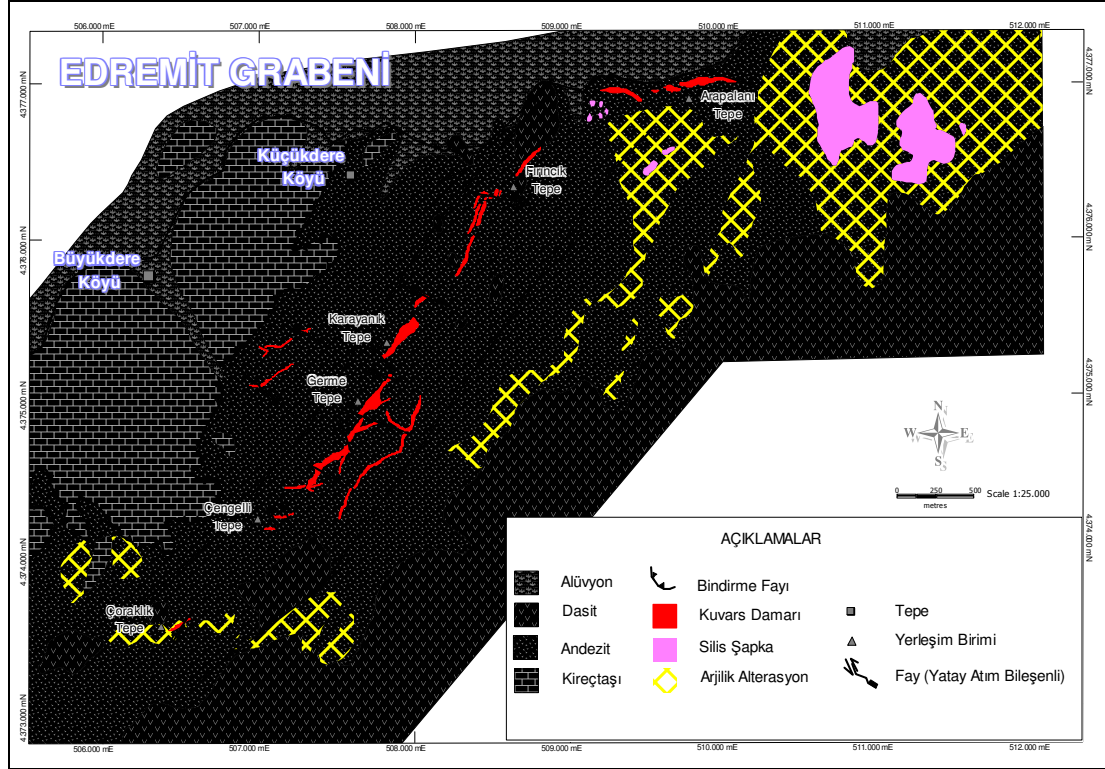
9. Andezit ve dasitlerin güçlü arjilik alterasyonu ve silisleşmesi, süperjen Au,Ag,As,Sb mineralizasyonu

10. Erozyon evresi

11. Andezitleri üzerleyen yarı karasal üst dasitlerin oluşumu ve bölgenin morfolojisinin şekillenmesi (bu evrede damar sistemi gelişmiyor).

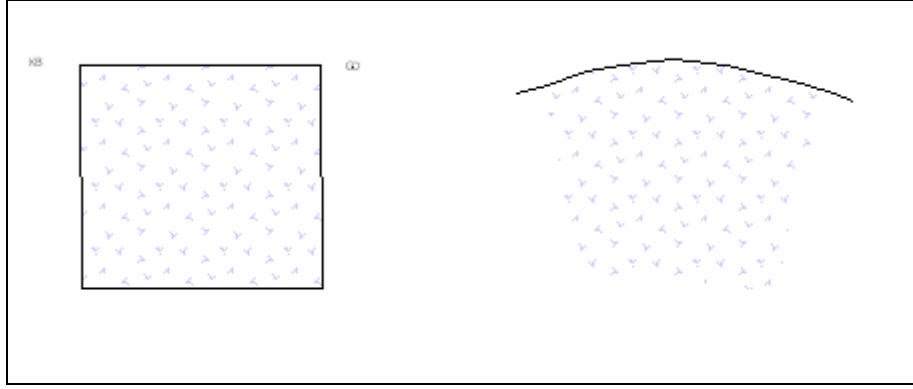
12. Kuvaterner periyodundaki alüvyon ve yamaç molozunun oluşumu.

Küçükdere Epitermal Damar Sistemi bölgedeki cevherleşme sonrası maruz kaldığı yoğun tektonizmanın etkisiyle ötelenmelere uğramıştır. Edremit grabeninin Güney kenarında KD doğrultulu çizgisellikler içerisinde yer alan damar KB-GD ve D-B cevherleşme sonrası oblik ve sol doğrultu atımlı tektonik hatlarla 120 metreye varan ötelenmelere uğramıştır. Özellikle Germe Tepe civarında KB-GD doğrultulu birbirlerine paralel uzanan yatay atım bileşenli faylar tarafından basamaklar şeklinde sürüklenmiştir. Bu sürüklenmelere bağlı olarak en Güneyde K-KB ye doğru eğimli olan damar, kuzeye doğru ilerledikçe GB ye doğru eğimini değiştirmektedir.

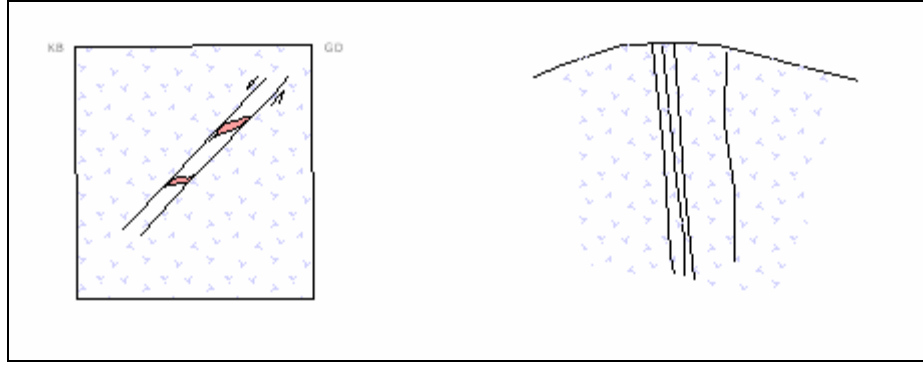


Şekil 2.1 Küçükdere damar sistemi ve çevresinin jeoloji haritası (Çolakoğlu 2000'den güncellenmiştir)

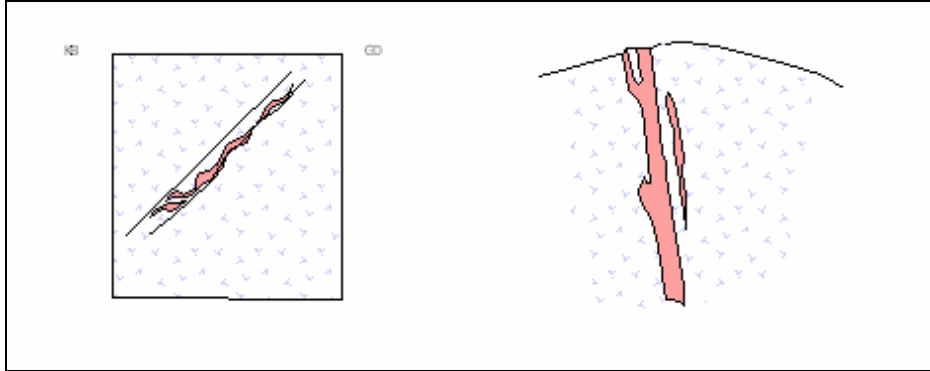
a)



b)

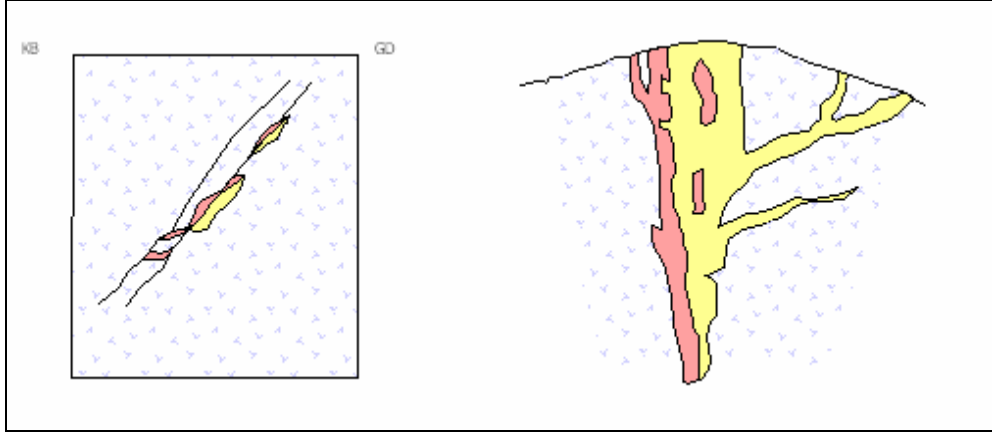


c)

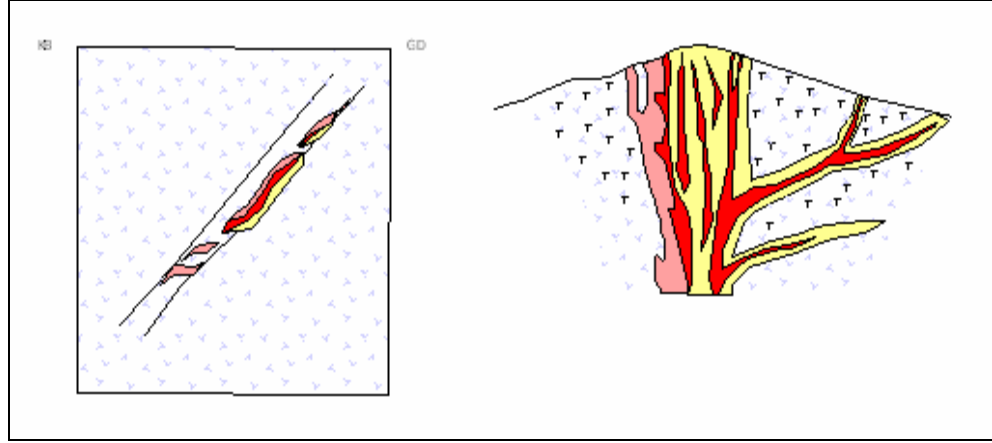


Şekil 2.2 Küçükdere damar sistemi oluşum modeli. a) Andezitik volkaniklerin yerleşimi, b) K45D doğrultulu sağ atımlı makaslamanın oluşumu c) Altın içermeyen kuvarsların yapısal hatlara yerleşimi (Tüprağ Metal Madencilik ve Koza Altın İşletmeleri raporları)

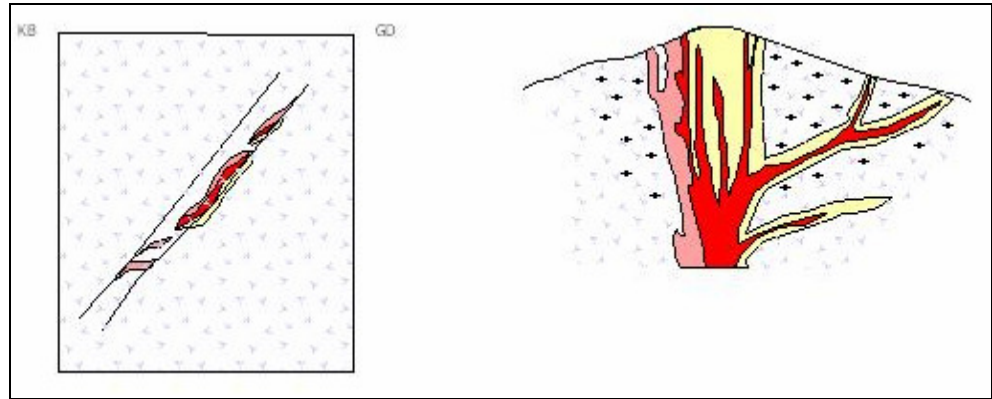
d)



e)

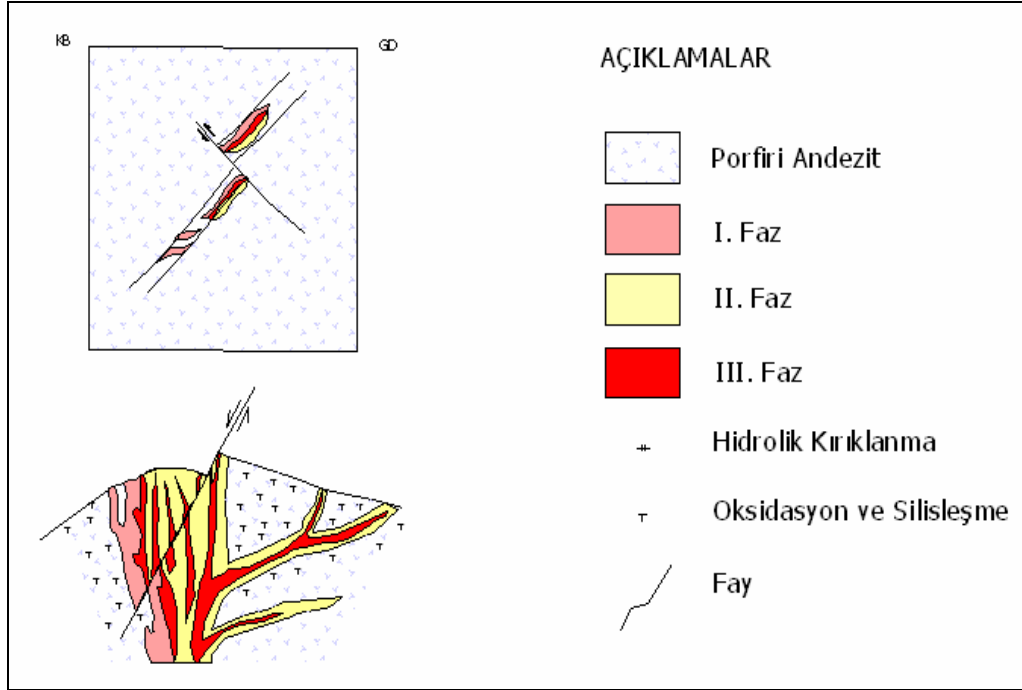


f)



Şekil 2.3 Küçükdere damar sistemi oluşum modeli. d) Hidrolik kırılma, breşleşme, karbonatlı fazların yerleşimi e) Hidrolik kırılma, breşleşme, Au içerikli silis yerleşimi f) Oksidasyon, breşleşme ve silisleşmeye bağlı Au zenginleşmesi (Tüprağ Metal Madencilik ve Koza Altın İşletmeleri raporları)

g)



Şekil 2.4 Küçükdere damar sistemi oluşum modeli. g) Oblik ve normal faylar tarafından ötelenme (Tüpraç Metal Madencilik ve Koza Altın İşletmeleri raporları)

2.3. Damar Doku ve eřitleri

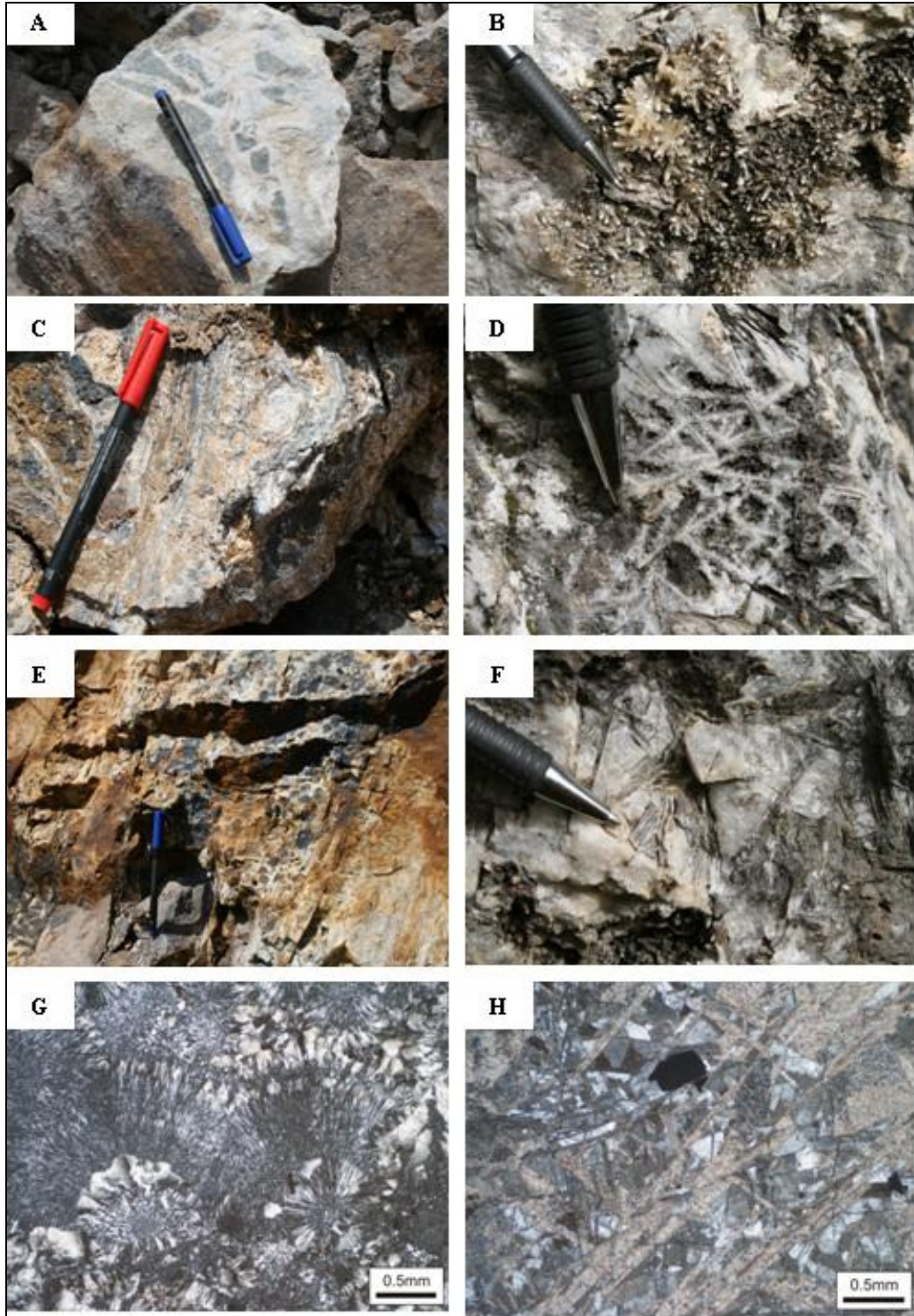
Küçükdere damar sisteminde epitermal sistemlere özgü tüm damar doku ve çeřitlerini görmek mümkündür.

Germe Tepe ve Karayanık Tepe çevresinde baskın gang minerali karbonatlı minerallerdir. Özellikle bu bölgede kalsit, rodonit, ankerit, kuvars, mangan oksit, hematit ve limonit başlıca gang mineralleridir. Bu bölgede epitermal sistemlerde sıklıkla rastlanan tipik bantlı doku, karbonat ornatım dokusu, ağısı doku, sakkaroidal kuvars, kristalin kuvars, sugary kuvarsa rastlamak mümkündür. Nadiren aynı bölge içerisinde adularya gözlenmektedir.

Çalışma alanının güneyinde yer alan oraklık Tepe bölgesinde baskın gang minerali kuvarsdır. Bu bölge kalsit, demir karbonat ve manganoksit mineralleri bakımından fakirdir. Bu bölgede başlıca breşik doku, bantlı doku, tarak dokusu gözlenmektedir. Breşik doku içerisindeki boşluklar kristalin kuvarslar tarafından doldurulmuştur.

Çengelli Tepe bölgesinde baskın gang minerali kuvarsdır. Bu bölge baskın olarak breşik doku, kokart yapı ile karakteristiktir. Karbonatlı fazlarca oldukça fakirdir. Tarak dokusu yine bu bölgede sıklıkla karşımıza çıkmaktadır.

Bölgelere göre değişen damar doku ve çeşitleri sistemi besleyen akışkanların birbirlerinden farklı akışkanlar tarafından beslenmelerinden kaynaklanmaktadır.



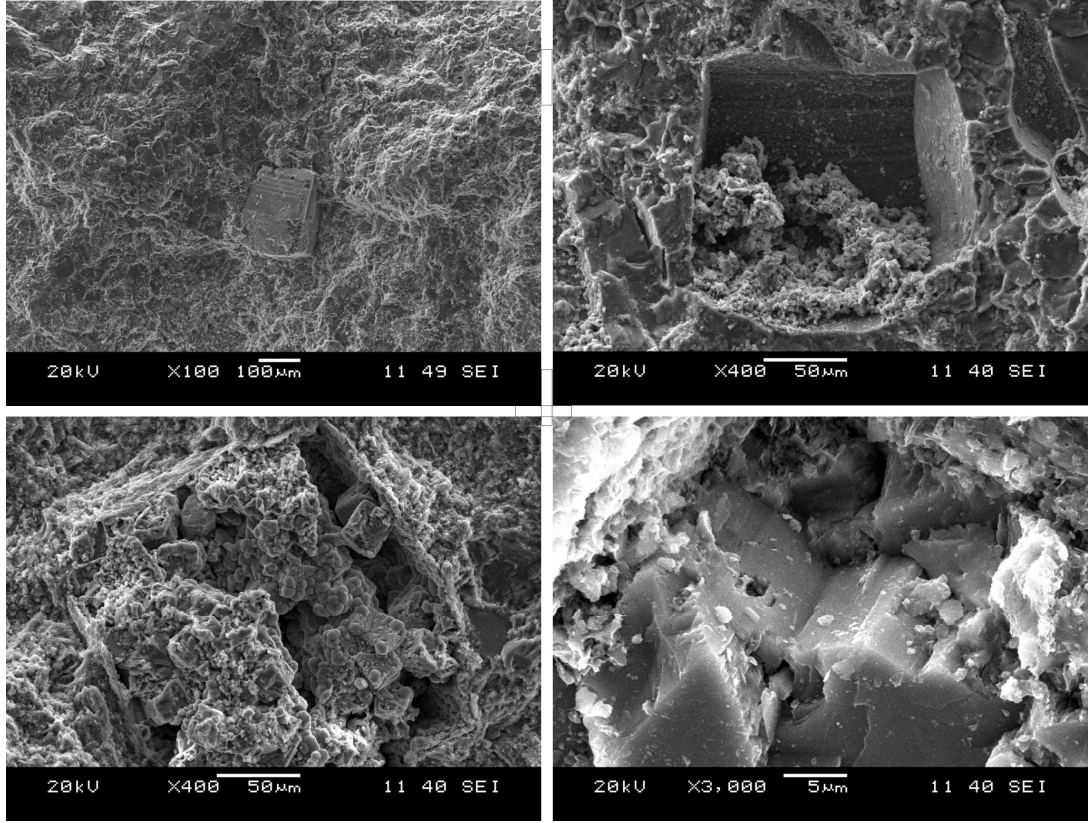
Şekil 2.5 Küçükdere Damar Sistemi doku ve çeşitleri. A) Breşik doku B) Kristalize kuvars C) Bantlı kuvars D) Lattice bladed E) Kokard doku F) Karbonat ornatım dokusu G) Kokard dokusu ince kesit görüntüsü H) Karbonat ornatım dokusu ince kesit görüntüsü

BÖLÜM ÜÇ

ALTERASYON

Küçükdere Epitermal Damar Sistemi çevresinde hidrotermal olaylara bağlı olarak alterasyon zonlanması gelişmiştir. Damar çevresi boyunca volkanik kayalarda silisleşme ve arjilik alterasyon gözlenmektedir. Damarın tavan bloğu, taban bloğuna oranla daha fazla alterasyona uğramıştır. Damardan uzaklaştıkça propilitik alterasyon ürünleri olan klorit, kalsit, nadiren epidot mineralleri gözlenmektedir. Damar sisteminin en güney ucundaki Çoraklık Tepe bölgesinde epitermal kuvars damarı arjilik, ileri arjilik alterasyona uğramış olan volkanikler içerisine yerleşmiştir. Çoraklık Tepe'deki bu alterasyon bölgedeki bir diğer epitermal sistem olan yüksek sülfidasyon tip mineralizasyondan kaynaklanmaktadır. Bu bölgede arjilik alterasyonun yaygın kil mineralleri olan kaolen-illit ve smektit grubu kil mineralleri gözlenmektedir. Aynı bölge içerisinde piritten dönüşme jarosit mineralizasyonu gözlenmektedir. Bu alterasyon ürünü piritin yüzey suları ile yıkanması ile oluşmaktadır.

Alterasyon zonundan alınan örneklerin EDS görüntülerinde kil aramadde içerisinde özşekilli pirit oluşumları gözlenmektedir. Pirit taneleri kenar köşe ve çatlakları boyunca götite dönüşme eğilimindedir. Kil aramadde içerisinde özşekilli adularya kristalleri EDS görüntülerinin SEI modunda gözlenmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Küçükdere epitermal sistemi elektron mikroskobu alterasyon görüntüleri. A) Kil içerisinde feldispat kristali B) Özşekilli pirit boşluğu C) Pirit boşluğunu dolduran götit D) Özşekilli adularya kristali

BÖLÜM DÖRT

JEOKİMYA

4.1. Damar Sisteminin Jeokimyası

Bölgedeki Au mineralizasyonu breşik ve bantlı dokuyla ilişkili olarak gelişmiştir. Koza Altın İşletmeleri AŞ tarafından bölgeden alınan kaya örneklerine göre Ag/Au: 2,05 olarak saptanmıştır. Au mineralizasyonuna Pb,Cu,Zn,As eşlik etmektedir. Nadiren Mo ve Sb de eşlik etmektedir.

4.1.1. Germe Tepe Jeokimyası

Germe Tepe bölgesi epitermal damar sisteminin merkezinde yer almaktadır. Damar sisteminin en kalın olduğu bu bölge altın ve gümüş mineralizasyonu açısından büyük önem arz etmektedir. Koza Altın İşletmeleri A.Ş. tarafından bu bölgede halen üretim faaliyetleri yürütülmektedir. Damar sistemi Germe Tepe de ‘‘H’’ şeklini almaktadır. Ana damar sistemi ve bu damar sistemine bağlı düşük eğimli damarlarda bu bölgede yer almaktadır. Karbonat gangının baskın olduğu bu bölgede açık ocak içerisinde galen, çinkoblend cevherleşmesi gözlenmiştir. Alınan örneklerin jeokimyasal analiz sonuçlarında da Cu, Pb ve Zn değerlerinde ciddi bir artış söz konusudur. Aynı zamanda Au ve Ag değerleri de bu bölgede yüksektir. Cu, Pb ve Zn ye anomali değerleri oluşturan Mo ve Cd eşlik etmektedir. Sistemin köküne yakın bir jeokimya sunan bu bölgede yüksek ısılu kuvars doku ve çeşitleri gözlenmektedir.

Tablo 4.1 Germe Tepe örnekleri jeokimyasal analiz sonuçları

Örnek No	Au pbb	Ag ppm	Mo ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	As ppm	Cd ppm	Sb ppm	Bi ppm	Hg ppm
GT-2B	1324,2	13,2	0,6	261,6	748,4	937	1,6	6,1	1,8	<0.1	0,05
GT2-1	4184,3	40,2	72,7	1,1	118,6	149	5,8	0,5	0,7	<0.1	0,21
GT2-2	77549,7	98,7	28,2	2,3	1087,8	353	2,4	1,5	1,3	<0.1	0,75
GT2-3A	3397,9	9,8	0,5	5,2	377,9	488	4,1	2,2	0,6	<0.1	0,18
GT2-3B	2033,0	11,8	0,2	3,4	1727,2	507	1,7	2,0	1,5	<0.1	0,10
GT2-4	6445,4	2,8	0,7	3,6	138,7	188	2,5	0,9	0,4	<0.1	0,06
GT2-N2	3205,2	29,1	0,4	3026,9	6552,2	>10000	7,5	81,9	29,4	<0.1	0,38
GT2-N3	109,1	8,7	0,3	1303,5	3594,6	6479	2,9	34,4	21,4	<0.1	0,21
GT3-2	179,2	10,1	0,3	1188,9	3901,3	7241	5,0	43,3	5,3	<0.1	0,17
GT3-E1	7780,9	8,4	0,7	64,1	96,5	133	5,1	0,5	21,0	<0.1	0,05
GT3-E2	12008,7	12,3	0,9	85,9	101,0	152	6,7	0,6	25,9	<0.1	0,04
GT3-E3	1240,4	16,8	0,3	238,6	598,5	250	2,9	1,7	3,1	<0.1	0,07

4.1.2. Karayanık Tepe Jeokimyası

Germe Tepenin kuzeyinde yer alan Karayanık Tepe epitermal damarın en kalın olduğu bölgedir. Karbonatlı fazlarca çok zengin olan bu bölge altın mineralizasyonun en yoğun olduğu yerdir. Yüksek tenörlü cevher açısından önem arz etmektedir. Karayanık Tepe de tarihi eski kapalı ve açık ocaklar yer almaktadır. Bölgede Au ve Ag değerleri oldukça yüksektir. Cu, Pb, Zn, Cd ve Mo değerleri Germe Tepe'ye oranla oldukça düşüktür. As, Hg ve Sb değerleri ise Germe Tepe'ye oranla daha yüksektir. Tüm bu jeokimyasal veriler Karayanık Tepe'nin Germe Tepe'ye oranla daha az aşındığını göstermektedir.

Tablo 3.2 Karayanık Tepe örnekleri jeokimyasal analiz sonuçları

Örnek No	Au pbb	Ag ppm	Mo ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	As ppm	Cd ppm	Sb ppm	Bi ppm	Hg ppm
KYT-1	5070,1	1,9	4,8	4,4	58,4	51	15,9	<0.1	1,4	<0.1	0,13
KYT-3	12385,2	>100.0	1,2	3,0	294,3	317	2,1	1,7	0,6	<0.1	1,08
KYT-4	1366,3	1,5	0,5	2,9	54,9	75	1,6	0,3	0,4	<0.1	0,02
KYT-5	2470,6	1,6	1,0	5,3	44,1	168	3,7	0,2	0,2	<0.1	0,02
KYT-6	6416,9	3,1	1,0	4,0	429,4	521	7,2	3,5	0,3	<0.1	0,08
KYT-7	3540,4	2,5	1,9	1,2	53,1	106	4,4	0,4	0,3	<0.1	0,03

4.1.3. Çengelli Tepe Jeokimyası

Çengelli Tepe damar sisteminin güneyinde yer almaktadır. Au mineralizasyonu açısından önem arz etmeyen bu bölgede herhangi bir madencilik faaliyeti Koza Altın İşletmeleri A.Ş. tarafından planlanmamıştır. Baskın olarak kuvars gangından oluşan bu bölgede kokard doku ve breşik doku oldukça yaygındır. Daha çok ilk evre kuvarslı fazlarca zengin olduğu düşünülen Çengelli Tepe mineralizasyonundan alınan örneklerde Au ve Ag değerleri oldukça düşüktür. Aynı zamanda Cu, Pb, Zn, Mo ve Cd değerleri de bu bölgede oldukça düşüktür. As, Sb ve Hg değerleride epitermal sistemlere göre oldukça düşük değerlerde kalmaktadır.

Tablo 3.3 Çengelli Tepe örnekleri jeokimyasal analiz sonuçları

Örnek No	Au pbb	Ag ppm	Mo ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ni ppm	As ppm	Cd ppm	Sb ppm	Bi ppm	Hg ppm
CE-1	51,7	0,2	0,7	12,6	1,4	14	0,8	3,0	0,2	0,6	<0.1	<0.01
CE-2	31,0	0,2	0,9	3,6	2,4	5	1,5	4,8	<0.1	0,6	<0.1	0,01
CE-3	25,0	<0.1	2,0	9,7	9,7	8	0,7	7,2	<0.1	0,3	<0.1	<0.01

4.1.4.Çoraklık Tepe Jeokimyası

Çoraklık Tepe mineralizasyonu çalışma alanının en güneyinde yer almaktadır. Diğer bölgelerdeki damarlardan farkı olarak Çoraklık Tepe yüksek sülfidasyon tip alterasyon ürünleri gözlenmektedir. Damar sistemi yüksek sülfidasyon tip alterasyon ürünleri içerisine yerleşmiştir. Kuvars gang minerali bakımından zengin olan bu bölge yüksek tenörlü Au ve Ag ile karakteristiktir. Aynı zamanda bu bölgede Au mineralizasyonu diğer bölgelerden farklı olarak oksidasyon zonunun altında da devam etmektedir. Çoraklık Tepe’ de As ve Hg değerlerinde yükselme gözlenmektedir. Olasılıkla bu bölge diğer bölgelere oranla aşınmadan kurtulmuştur. Epitermal sistemlerin alt kotlarında zenginleşen Cu, Pb, Zn, Cd, değerleri Çoraklık Tepe’de oldukça düşük değerlerdedir. Yüksek sayılabilecek Mo değerleri olasıyla bölgedeki diğer mineralizasyon olan yüksek sülfidasyon tip mineralizasyondan kaynaklanmaktadır.

Tablo 3.4 Çoraklık Tepe örnekleri jeokimyasal analiz sonuçları

Örnek No	Au pbb	Ag ppm	Mo ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ni ppm	As ppm	Cd ppm	Sb ppm	Bi ppm	Hg ppm
CO-1	13259,5	6,4	27,9	4,1	18,7	2	2,7	242,0	<0.1	13,0	<0.1	9,44
CO-2	643,5	1,5	2,3	1,4	3,3	<1	0,9	12,3	<0.1	1,0	<0.1	5,30
CO-3	20348,9	6,9	7,4	1,9	14,0	3	1,5	9,3	<0.1	4,4	<0.1	1,15
CO-4	111,9	0,1	0,6	4,3	3,0	3	0,5	8,8	<0.1	0,4	<0.1	0,46

4.2. Jeostatistik

Çalışma alanı içerisinde yapılan sondajlardan KDD001-KDD004-KDD015-KDD017-KDD018 ve KDD019 nolu kuyulardan elde edilen jeokimyasal veriler StatView programı kullanılarak element ilişkileri ortaya konulmuştur. Yapılan çalışmada dört farklı element korelasyonu elde edilmiştir. Bunlar sırası ile; As-Cu-P-Hg, Cu-Pb-Zn, Au-Ag-Sb, Mo-Pb element korelasyonlarıdır.

Tablo 3.5 Sondaj örnekleri istatistikleri ve element korelasyonları (StatView)

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Au_ppm_ln	,057	,052	,383	-,213
Ag_ppm_ln	-,133	,140	,410	-,078
As_ppm_ln	,475	,063	-,125	-,113
Cu_ppm_ln	,502	,462	-,173	-,396
Mo_ppm_ln	-,433	-,096	-,312	1,241
P_ppm_ln	,819	,188	-,537	-,215
Pb_ppm_ln	-,055	,337	-,159	,302
Sb_ppm_ln	-,557	-,305	,856	-,125
Zn_ppm_ln	,069	,356	-,149	-,008
Hg_ppm_ln	,316	,028	-,016	-,037

As-Cu-P-Hg korelasyonu epitermal sistemlerde özellikle sistemin üst kotlarında rastlanan birlikteliktir. Ancak Küçükdere Damar Sistemi kuvars doku ve çeşitleri itibariyle yüksek ısılu kuvars doku ve çeşitleriyle karakteristiktir. Bu nedenle

sistemin, bu korelasyonda elde edilen element birlikteliğinin temsil ettiği zondan daha fazla aşınmış olması beklenmektedir. Elde edilen korelasyon olasılıkla sistemin ısı merkezinin düşmesine bağlı olarak farklı fazlardaki hidrotermal solüsyonlar tarafından overprint edilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle daha derinde mevcut epitermal damar sisteminden farklı ikinci bir sistemin varlığı söz konusu olabilir.

Cu-Pb-Zn korelasyonu epitermal sistemlerde sistemin alt kotlarını temsil etmektedir. Aşınmaya maruz kalmış sistemlerde düşey zonlanmada baz metal değerleri yükselmektedir. Küçükdere Damar Sistemi de aşınmaya maruz kaldığından, bu element korelasyonun gözlenme olasılığı yüksektir. Jeolojik gözlemler dikkate alındığında, bölgede baskın olarak nispeten daha yüksek ısı, iri kristalli kuvarsları görmek mümkündür. Madencilik faaliyetlerinin sürdürüldüğü ocağın en derin kotlarında sülfürlü mineralleri makroskopik olarak da görmek mümkündür. Dolayısıyla bu korelasyon damar sisteminin genel yapısı ile oldukça uyumludur.

Au-Ag-Sb korelasyonu epitermal sistemlerde üst kotları temsil etmektedir. Au ve Ag dışında bu korelasyona eklenen Sb, sistemin düşey derinliği hakkında ışık tutmaktadır. Birinci korelasyonda elde edilen sonuçlara paralel olarak mevcut epitermal damar sisteminin ikinci bir sistem tarafından overprint edilmiş olma olasılığı vardır.

Mo-Pb korelasyonu çoğunlukla porfiri ilişkili mineralizasyonlarda ve epitermal sistemin alt kotlarında karşımıza çıkmaktadır. Çalışma alanının özellikle güney kesimlerinde (Çoraklık Tepe) Mo ve Pb değerleri artmaktadır. Bu bölgede yüksek sülfidasyon tipi mineralizasyonlara özgü ileri arjilik ve pirit ile ilişkili jarositik alterasyonu gözlemek mümkündür. Özellikle bu bölgede magmatik sularca daha baskın porfiri ilişkili bir hidrotermal akışkan gelimi söz konusu olabilir.

BÖLÜM BEŞ MİNERALOJİ

5.1.Cevher Mikroskobisi

Küçükdere damar sistemi içinde sülfür minerallerinin en yaygın bulunduğu bölüm Germe Tepe ocağı olarak gözlenmektedir. Sistemin diğer bölümlerinde en yaygın bulunan sülfür minerali olan pirit, başlıca götite dönüşmüş genellikle saçınım halde bulunan kristaller halinde bulunmaktadır. Bu okside olmuş zonlarda demiroksite de başlıca mangan oksitlerin eşlik ettiğini görmekteyiz (Karayanık Tepe cevherleşmesi). Cevher mikroskobisi çalışmaları damar sisteminin en yaygın minerali olan kuvarsın sülfür minerallerinin geliştiği fazdan önce kristallenmiş olduğunu göstermektedir. Sülfür minerallerinin en yaygın olarak gözlendiği Germe Tepe cevherleşmesinde en yaygın olarak gözlenen sülfür mineralleri sırasıyla pirit, çinkoblend, kalkopirit ve galendir (Şekil 5.1 A).

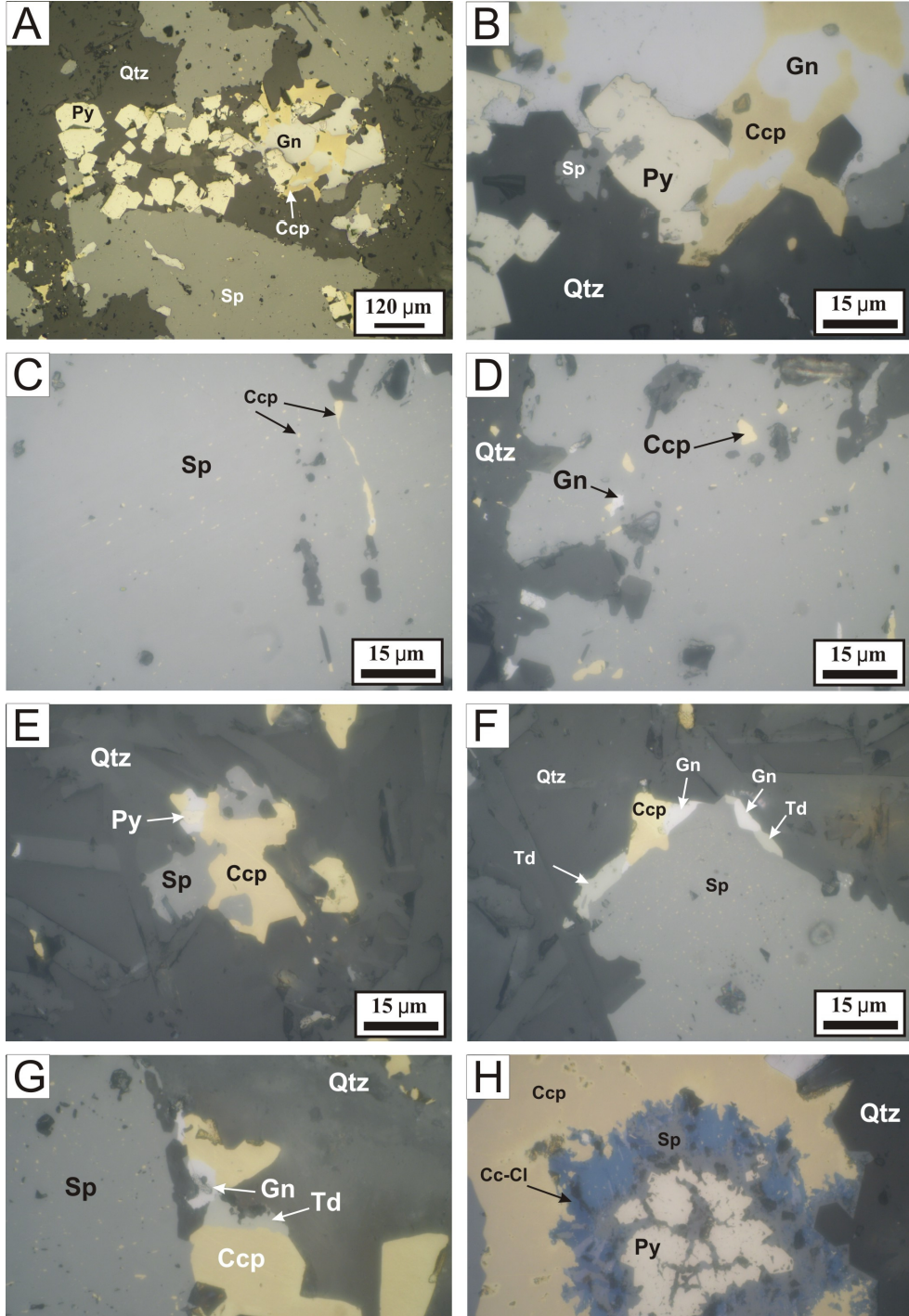
Piritler genellikle öz-yarı öz şekilli kristallerden oluşmaktadır. Piritler yer yer kristal grupları halinde kümelenmekte ve iri tek bir pirit kristali gibi gözükmemektedir. Tek kristal, olarak piritin tane boyu ortalama 15-100 mikron arasında değişmektedir (Şekil 5.1 B). Pirit sülfür mineralleri parajenezinde ilk oluşan mineral olarak gözlenmektedir.

En bol bulunan ikinci sülfür minerali çinkoblenddir. Çinkoblend yaygın olarak piritle birlikte bulunur. Çinkoblendler öz-yarı öz şekilli piritlerin çatlak, kovuk ve boşluklarını doldurmaktadır. Çinkoblend dışında galenlerde piritlerin kovuk ve boşluklarını doldurmaktadır. Genellikle tüm örneklerde öz şekilli pirit ile birlikte veya pirit oluşumundan hemen sonra oluşmaktadır. Çinkoblendler genellikle mikron boyutunda kalkopirit ve galen eksolüsyonları içermektedir. Bu eksolüsyonların bir çok örnekte çinkoblend kristal büyüme sınırları boyunca dizilim sunduğu belirlenmiştir (Şekil 5.1 C, D).

Çinkoblendlerden sonra gelişen kalkopiritler çinkoblendleri kenar ve köşeleri boyunca ornatmaktadır (Şekil 5.1 E). Parajenezde kalkopiritlerden sonra gelişen, kalkopirit ornatmış ve yer yer kalkopirite ilişmiş olarak bulunan tek nikelde açık grimsi yeşil ve zeytin yeşili renkteki Fahlerz grubu minerallere rastlanmıştır (Şekil 5.1 F, G). Fahlerz grubu mineraller Tetraedrit ($\text{Cu}_3\text{SbS}_{3,25}$), Tennantit ($\text{Cu}_3\text{AsS}_{3,25}$) ve Freberjit (Ag içeren tetraedrit) minerallerinden oluşmaktadır. Bu örnekte yapılan SEM çalışmalarında antimonca zengin uç bileşen olan tetraedrit oluşumları saptanmıştır.

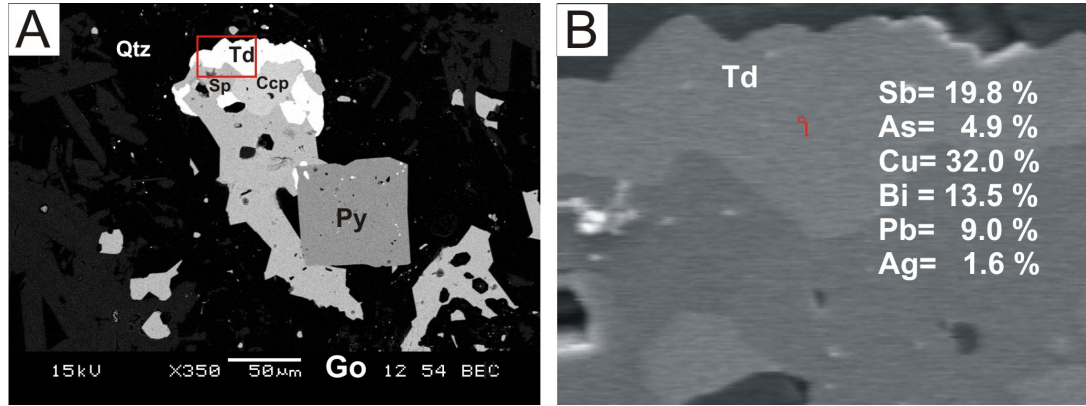
Merkezini piritin oluşturduğu dışa doğru çinkoblend ve kalkopiritin yer aldığı konsantrik yapılar gözlenmiştir (Şekil 5.1 H). Bu yapılar içinde kalkopirit ve çinkoblendlerin kalkozin ve kovelline dönüştüğü gözlenmektedir.

Galen kendinden önce kristallenen pirit, çinkoblend kalkopirit gibi sülfür minerallerini çatlak ve kırıkları boyunca katetmekte ve yer yer ornatmaktadır.



Şekil 5.1 Küçükdere Damar Sistemi örnekleri parlak kesit görüntüleri A) Genel görünüm B) Özşekilli pirit kristali C) Sfalerit içerisindeki kakopirit mineralizasyonu D) Sülfürlü fazlar (galen ve kalkopirit) E) Sülfürlü fazlar F) Fahlerz grubu mineralleri G) Fahlerz grubu mineralleri H)Konsantrik yapılar ve kalkopiritin kalkozin ve kovelline dönüşümü.

Piritli fazdan sonra gelişen sülfürlü fazlarda tetrahedrit oluşumu gözlenmektedir. Bakır minerali olan tetrahedrit bileşimindeki arseniğe oranla daha yüksek olan antimuan içeriğiyle karakteristiktir. Arsenik değerleri antimuana göre yükseldiği zaman bu mineral tennantit adını almaktadır. Küçükdere damar sisteminde yapılan tetrahedrit üzerindeki EDS analizlerinde %32 bakır, %19,8 antimuan, % 13,5 bizmut, % 9 kurşun, % 4,9 arsenik ve %1,6 gümüş değerleri elde edilmiştir.



Şekil 5.2 Tetrahedritin elektron mikroskobu görüntüsü A) Tetrahedrit ve diğer sülfür minerallerinin elektron mikroskobu BEC görüntüsü B) Tetrahedritin EDS analizi

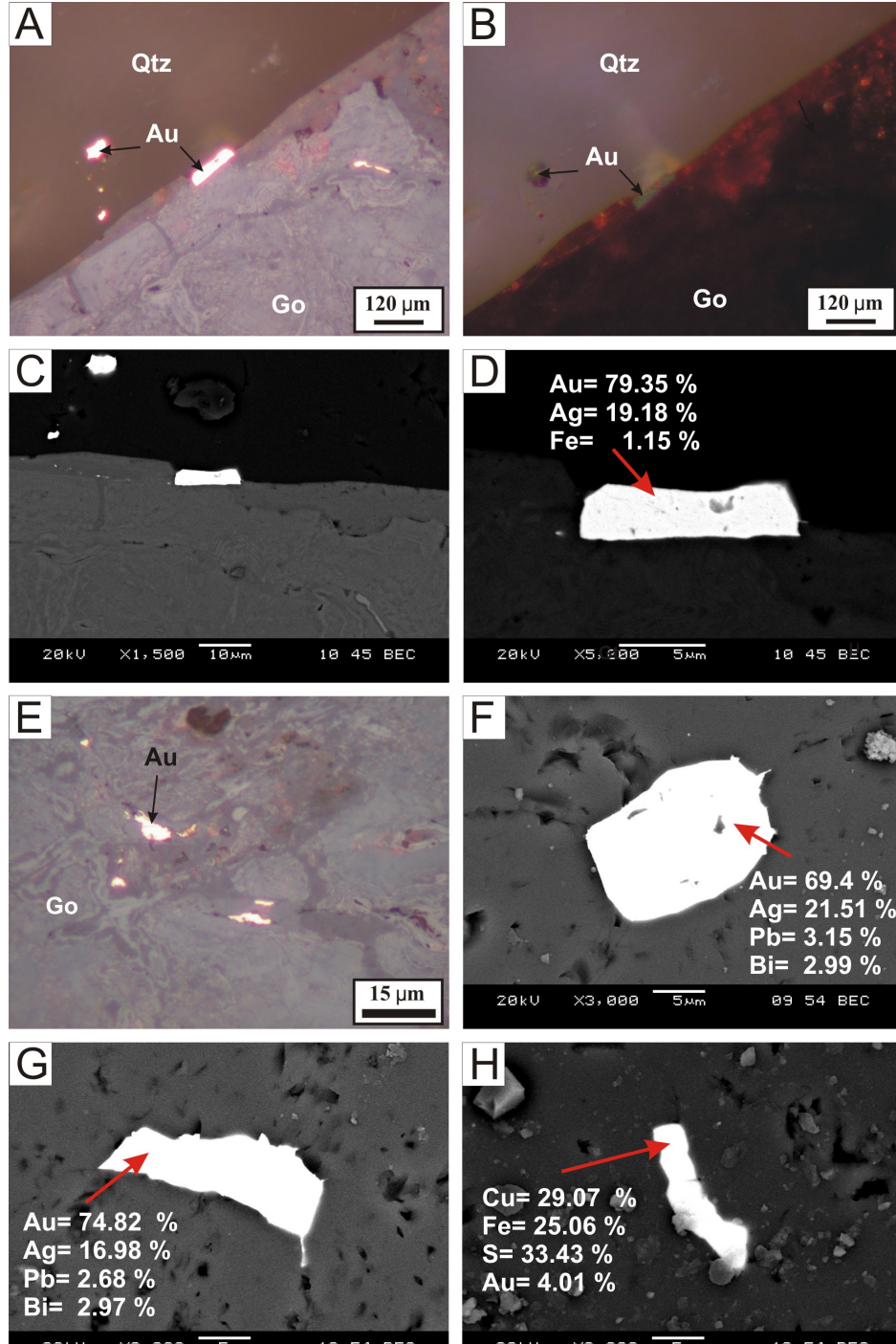
5.2. Altın Mikroskobisi

Altın oluşumu başlıca iki ayrı faz halinde gözlenmektedir. Bunlardan birincisi hidrotermal sistemin erken evresinde kristallenmiş olan silisli solüyon içinde gelişen serbest halde altın oluşumudur. Diğer yaygın altın oluşumu ise özellikle piritlerin içinde kapanım ve eksolüsyon halinde bulunan altın oluşumudur. Nadiren pirit dışında diğer sülfür mineralleri içerisinde de kapanım şeklinde altın oluşumları gözlenmektedir.

Altın taneleri tek nikol görüntüsünde parlak sarı rengeyle, çift nikol görüntüsünde tipik yeşil rengeyle karakteristiktir (Şekil 5.3 B). Aynı örneklerin elektron mikroskobunun BEC görüntülerinde altın taneleri yoğunluk farkından dolayı kendisini çevreleyen minerallere göre daha parlak olarak ayırt edilmektedir (Şekil 5.3 A).

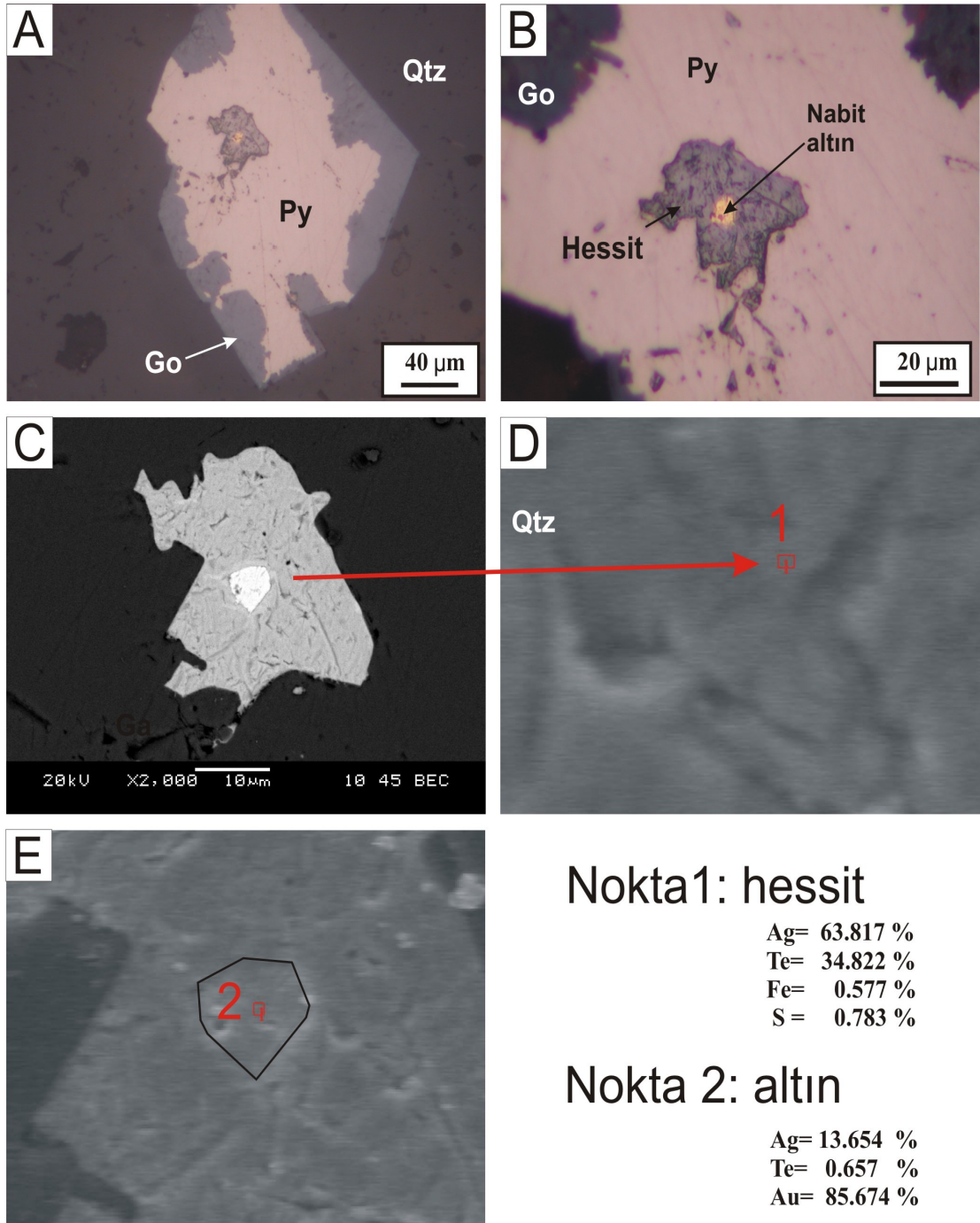
Altının tane boyu tüm örneklerde genellikle 5-15 mikron arasında değişmektedir. Baskın olarak 10 mikron üzerinde karşımıza çıkmaktadır.

Altın taneleri kristallenme öncesinde belli bir hat boyunca dizilim sunarak kristallenmiştir. Kuvars içerisindeki sebest altın tanelerinden yapılan EDS analizlerinde gümüş oranı genellikle %20 civarındadır. Bu değer nabit altın ile electrum arasında geçiş değerleridir. Bu nedenle altın taneleri nabit altına daha yakın olarak düşünülmüştür. Özellikle Germe Tepe bölgesindeki nabit altınlarda yapılan EDS analizlerinde altına yalnızca gümüş eşlik etmektedir. Sülfür minerallerinden pirit ikincil olaylara bağlı olarak (süperjen) çoğunlukla götite dönüşmüştür (Şekil 5.3 E). Bu kapanımlar içerisindeki altın taneleri kuvars içerisindeki nabit altın tanelerinden farklı olarak bir miktar kurşun ve bizmut içermektedir (Şekil 5.3 F). Özellikle Çoraklık Tepe bölgesindeki altın taneleri içerisinde, bizmut ve kurşun değerleri karşımıza çıkmaktadır. Bizmutun daha yüksek ısıli koşullarda duraylı kalabilen bir element olması dolayısıyla bu bölgedeki altın taneleride Germe Tepe bölgesine göre daha yüksek ısıli solüsyon içerisinde gelmiştir. Pirit dışındaki diğer sülfür mineralleri içerisinde kapanımlar şeklinde bulunan altının sülfürlü mineral içerisindeki oranı düşüktür.



Şekil 5.3 Küçükdere Damar Sistemi altın mikroskopisi A) Kuvars içerisindeki serbest altın tanesinin tek nikol görüntüsü B) Kuvars içerisindeki serbest altın tanesinin çift nikol görüntüsü C) Kuvars içerisindeki serbest altın tanesinin elektron mikroskopu BEC görüntüsü D) Kuvars içerisindeki serbest altının EDS analizi E) Götite dönüşmüş pirit içerisindeki altın tanesi F) Götit içerisindeki altın tanesinin EDS analizi G) Altın tanesinin EDS analizi H) Kalkopiritin EDS analizi.

Özşekilli veya yarı özşekilli gelişmiş olan kuvars içerisinde saçınım haldeki pirit taneleri kenar köşe ve çatlakları boyunca götüte dönüşme eğilimindedir. Pirit içerisindeki kapanım haldeki nabit altın taneleri tellür minerali olan hessit tarafından çevrelenmiştir. Olasılıkla altın tellür mineralleri ile aynı fazda gelişmiştir. Hessit üzerinde yapılan EDS analizlerinde tellüre gümüş eşlik etmektedir. Aynı zamanda hessit içerisinde düşük oranda demir ve kükürtte rastlanmaktadır. Hessit içerisindeki altın tanelerinden yapılan EDS analizlerinde ise altına gümüş ve tellür eşlik etmektedir. Tellürde tıpkı bizmut gibi yüksek ısı bir elementtir. Bu nedenle piritler içerisinde kapanım şeklindeki altınlı faz, olasılıkla kuvars içerisindeki nabit altınlı fazdan daha yüksek ısı bir solüsyondur.



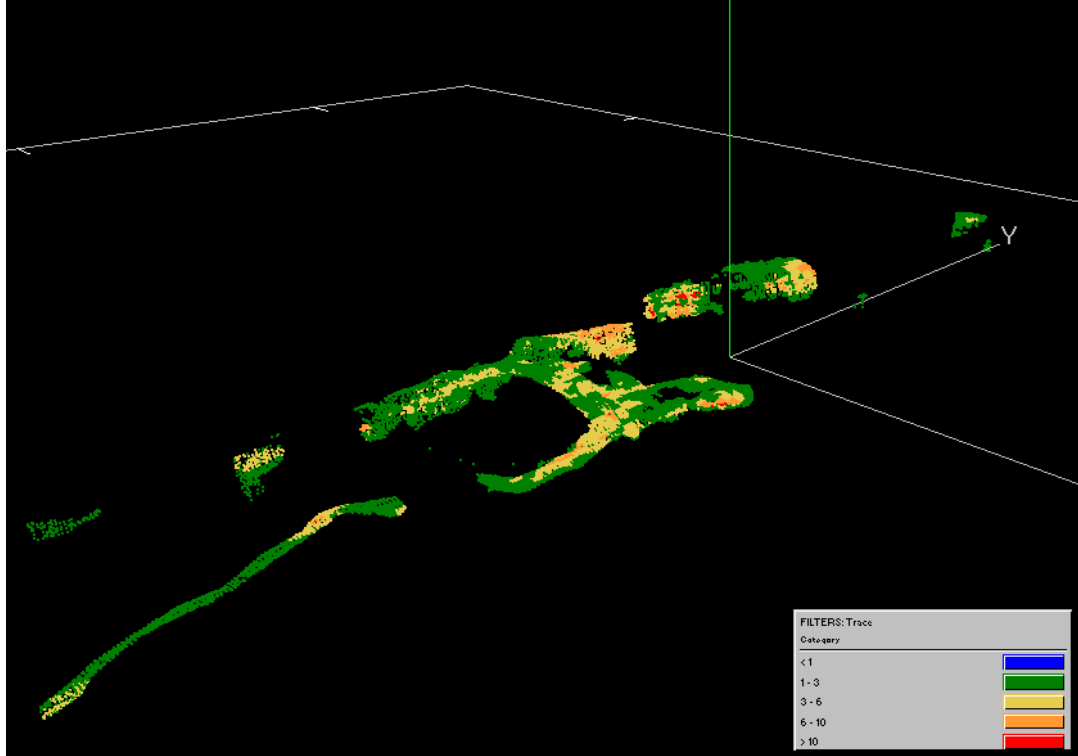
Şekil 5.4 Hessitli altın tanelerinin mikroskop görüntüleri A) Özşekilli pirit, götit ve altın görüntüsü B) Hessit minerali içerisindeki altın tanesi C) Hessit minerali içerisindeki altın tanesinin elektron mikroskobu BEC görüntüsü D) EDS analizi yapılan birinci nokta E) EDS analizi yapılan ikinci nokta

BÖLÜM ALTI

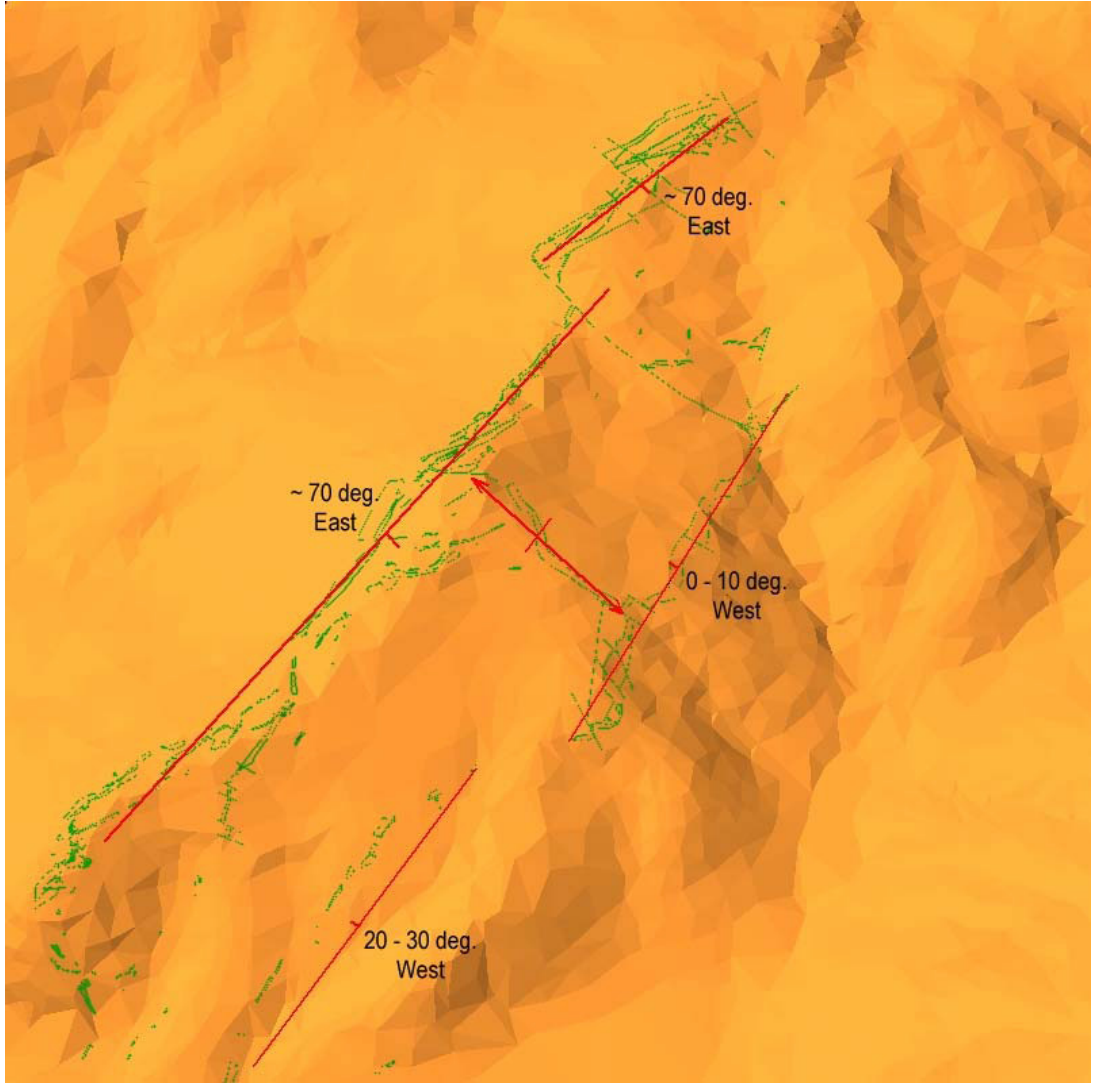
MADEN JEOLJİSİ

Küçükdere Altın Yatağı halen Koza Altın İşletmeleri A.Ş. tarafından açık ocak yöntemi ile işletilmektedir. Bölgede 1990 lı yılların başından 2005 yılına kadar Tüprag Metal Madencilik tarafından araştırma ve rezerv sondajları yapılmıştır. 2005 yılında Koza Altın İşletmeleri'nin bölgedeki ruhsatları satın almasından sonra 2006-2007-2008 yıllarında sondaj faaliyetlerine devam edilmiştir. 2009 yılı Kasım ayına kadar bölgede toplam 400 e yakın sondaj yapılmıştır. Yapılan araştırma ve rezerv sondajları sonucunda toplam kaynak 2,99 g/t Au ve 7,74 g/t Ag ortalama tenörlü 2 475 513 ton' dur. Hesaplamalarda cut-off 1 g/t Au alınmıştır.

Sondaj çalışmaları sonucunda cevherin blok modeli oluşturulmuş ve üretim planları tamamlanarak üretime başlanmıştır(Şekil 6.1). Blok modelinde tenör içerikli mineralizasyon 'H' şeklinde bir geometri sunmaktadır (Şekil 6.2).

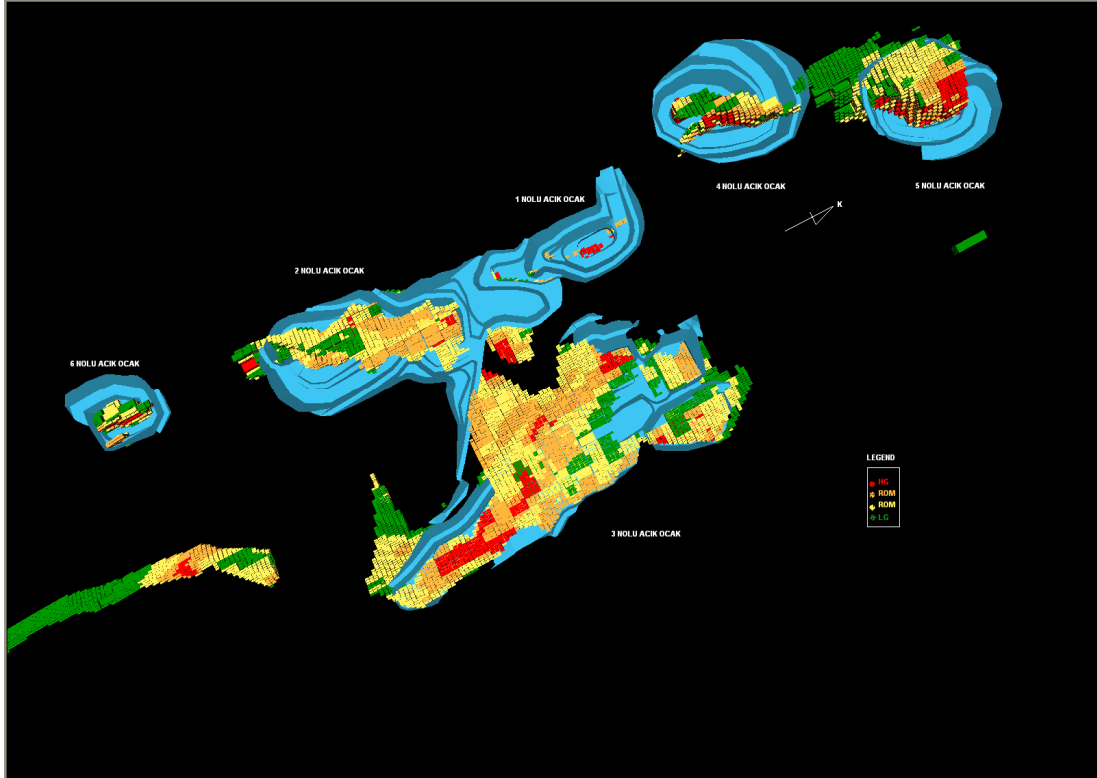


Şekil 6.1 Küçükdere Damar Sistemi tenör dağılımına göre oluşturulan blok modeli (Koza Altın İşletmeleri 'inden alınmıştır).



Şekil 6.2 Küçükdere Damar Sistemi mineralizasyon geometrisi ‘‘H’’ şekli ve damar eğim/doğrultusu

Üretim planlamalarında bölgede açılacak toplam 6 adet açık oaktan yüklenen cevherli malzeme Koza Altın işletmeleri ‘ne ait Bergama Ovacık Altın Madeni’ndeki tesise taşınmaktadır. Burada işlenilerek altın ve gümüş dökümü yapılmaktadır (Şekil 6.3).



Şekil 6.3 Küçükdere Damar Sistemi açık ocak dizaynı ve tenör dağılımı (Koza Altın İşletmeleri 'inden alınmıştır).

Açık ocaklarda üretim öncesinde 10 metrelik hat aralıklarıyla tenör kontrolü için sistematik kaya örneği alınmaktadır. Alınan örneklerin analiz sonuçları ışığında cevher tenör dağılımına göre sınıflandırılmaktadır. Üretim öncesi stoklama ve planlama tenör dağılımına göre yapılmaktadır. Her 5 metrelik düşey derinlikte tenör kontrolü tekrar edilmektedir. Tenör kontrolleri sırasında mineralizasyonun geometrisi, bileşimi, dokusal özellikleri ve çeşitliliği haritalanarak cevherleşmenin düşey ve yanal geometrisi ortaya konulmaktadır.

BÖLÜM YEDİ

SONUÇLAR

Çalışmada, Edremit Grabebeni'nin güney kenarında yer alan altın gümüş içerikli epitermal düşük sülfidasyon damar tipi Küçükdere Altın Yatağı'nın jeolojisi, alterasyon ve mineralojisi açıklanmaya çalışılmıştır.

Bölgede Mesozoyik yaşlı bindirme fayı ile yerleşmiş denizel karbonatlı kayalar, porfiritik dokulu andezit, dasidik volkanizma ürünleri ve alüvyon yer almaktadır. Damar sistemi porfiritik dokulu andezitler içerisine yerleşmiştir.

Ana damar sistemi KD doğrultulu tektonik bir koridor içerisinde kalmaktadır. Damar sistemi cevherleşme sırasında ve sonrasında hareketliliğine devam etmiş olan sol oblik atımlı DKB-BGD doğrultulu yapısal hatlar boyunca ötelenmektedir.

KD doğrultulu, kesikliklere uğratarak mercerler şeklinde yaklaşık 5,4 km takip edilen altın ve gümüş içerikli damarın ana gang mineralleri kuvars, kalsit, ankerit, mangan, barit, rodonit, hematit ve limonittir.

Damar boyunca epitermal sistemlere özgü tipik breşik (hidrotermal breş), bantlı, kokard, tarak, vuggy kuvars ve karbonat ornatım dokusu ve başlıca kristalin, sugary, nadiren kalsedonik kuvars çeşitleri gözlenmektedir.

Damar çeperi boyunca çok dar bir alanda arjilik, propilitik ve nadiren silisleşme gözlenmektedir. En güneyde yer alan Çoraklık tepe mevkiinde damar çevresi boyunca arjilik ve ileri arjilik alterasyon gözlenmektedir.

Mikroskop görüntülerinde özşekli pirit boşluklarının alterasyona bağlı olarak götite dönüştüğü gözlenmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yapılan sondajlardan elde edilen jeokimyasal veriler StatView programı kullanılarak element ilişkileri ortaya konulmuştur. Yapılan

çalışmada dört farklı element korelasyonu elde edilmiştir. Bunlar sırası ile; As-Cu-P-Hg, Cu-Pb-Zn, Au-Ag-Sb, Mo-Pb element korelasyonlarıdır.

Cevher mikroskobisinde sülfürlü fazlarda gözlenen en yaygın sülfür mineralleri sırasıyla pirit, çinkoblend, kalkopirit ve galendir.

Altın oluşumu başlıca iki ayrı faz halinde gözlenmektedir. Bunlardan birincisi hidrotermal sistemin erken evresinde kristallenmiş olan silisli solüyon içinde gelişen serbest halde altın oluşumudur. Diğer yaygın altın oluşumu ise özellikle piritlerin içinde kapanım ve eksolüsyon halinde bulunan altın oluşumudur. Nadiren pirit dışında diğer sülfür mineralleri içerisinde de kapanım şeklinde altın oluşumları gözlenmektedir.

Pirit içerisindeki kapanım haldeki nabit altın taneleri tellür minerali olan hessit tarafından çevrelenmiştir. Olasılıkla altın tellür mineralleri ile aynı fazda gelişmiştir. Hessit üzerinde yapılan EDS analizlerinde tellüre gümüş eşlik etmektedir.

Piritli fazdan sonra gelişen sülfürlü fazlarda tetrahedrit oluşumu gözlenmektedir. Bakır minerali olan tetrahid bileşimindeki arseniğe oranla daha yüksek olan antimuan içeriğiyle karakteristiktir. Arsenik değerleri antimuana göre yükseldiği zaman bu mineral tennantit adını almaktadır.

Bölgede yapılan sondaj çalışmaları sonucunda cevherleşme oksidasyon zonu boyunca altın ve gümüş açısından zenginleşmiştir. Oksidasyon zonunun altına yapılan sondajlarda damar kesilmiş ancak düşük tenörler elde edilmiştir. Ayrıca alt kottara doğru kuvars dışındaki gang mineralleri bakımından fakirleşmektedir.

Bölgedeki Au mineralizasyonu breşik ve bantlı dokuyla ilişkili olarak gelişmiştir. Koza Altın İşletmeleri AŞ tarafından bölgeden alınan kaya örneklerine göre Ag/Au: 2,05 olarak saptanmıştır. Au mineralizasyonuna Pb,Cu,Zn,As eşlik etmektedir. Nadiren Mo ve Sb eşlik etmektedir.

Çalışma alanında halen Koza Altın İşletmeleri Aş tarafında açık ocak şeklinde üretim yapılmaktadır. Koza Altın İşletmeleri Aş' nin rakamlarına göre bölgedeki toplam kaynak 2,99 g/t Au ve 7,74 g/t Ag ortalama tenörlü 2 475 513 ton' dur.

KAYNAKLAR

- Altunkaynak, Ş., ve Yılmaz, Y. (1998). The Mount Kozak magmatic complex, Western Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85_1998.211–231
- Bingöl, E., Delaloye, M. ve Ataman, G. (1982). Granitic intrusions in western Anatolia: a contribution to the geodynamic study of this area. *Eclogae geol. Helv.*, 75, 437-446.
- Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey, a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14, 3-30.
- Çolakoğlu, A.R. (2000). Küçükdere (Havran-Balıkesir) Epitermal Altın Damarının Özellikleri. The Characteristics of Küçükdere Epithermal (Havran-Balıkesir) Gold Vein. *Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 43, Sayı 2*
- Dewey, J.F. & Şengör, A.M.C. (1979). Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin*, 90, 89-92.
- Kaya, O. ve Mostler, H., (1992). A Middle Triassic age for low grade greenschist facies metamorphic sequence in Bergama İzmir, western Turkey: the first paleontological age assignment and structural stratigraphic implications. *Newsletter for Stratigraphy*, 26, 1–17.
- Okay, A.I., Siyako, M., Bürkan, K.A., (1990). Geology and Tectonic evolution of the Biga Peninsula. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni* 2, 83–121.
- Seyitoğlu, G. & Scott, B.C. (1991). Late Cenozoic crustal extension and basin formation in west Turkey. *Geological Magazine*, 128, 155-166.

- Şengör, A.M.C. & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C. (1979). The North Anatolian Transform Fault: its age, offset and tectonic significance. *Journal of the Geological Society*, London, 136, 269-82.
- Yılmaz, Y., Karacık, Z. (1999). Geology of the northern side of the Gulf of Edremit and its tectonic significance for the development of the Aegean grabens. *Geodinamica Acta* 14 (2001) 31–43
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Karacık, Z. & Altunkaynak, Ş. (2001). Two contrasting magmatic associations of NW Anatolia and their tectonic significance, *Journal of Geodynamics*, 31, 243-271.