

**T.C.
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SİVAS**

**ÇÖPLER-(İLİÇ-ERZİNCAN) ALTIN YATAĞINDA SIVI
KAPANIM İNCELEMELERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Oktay CANBAZ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Ahmet GÖKCE

**Temmuz-2012
Sivas**

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇÖPLER-(İLİÇ-ERZİNCAN) ALTIN YATAĞINDA SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ

Oktay CANBAZ

Cumhuriyet Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Çöpler Altın Yatağı Erzincan ili İliç ilçesi Çöpler Köyü yakınlarında olup günümüzde halen işletilmektedir. Cevherleşme, porfiri tip bir maden yatağına örnektir. Bölgeye yerleşen Çöpler Granitoyitinin dış kısmında geçirimsiz kabuğun tam olarak gelişmediği ve hidrotermal çözeltilerin dışarı kaçarak içeriklerini Geç Paleozoyik-Mezosoyik yaşlı Keban Metamorfikleri ve Üst Karbonifer – Alt Kretase yaşlı (?) Munzur kireçtaşları içinde kılcal çatlaklar ve tabaka ve/veya şistozite düzlemleri boyunca damarlar ve damarcıklar şeklinde çöktükleri oluşumdur.

Keban Metamorfiklerinin kırık ve çatlak sistemleri içerisinde geçen hidrotermal çözeltilerin yan kayaçlar ile etkileşimi sonucunda tabaka ve/veya şistozite düzlemleri boyunca cevher minerallerine eşlik eden skarn mineralleri olarak tanımlanan epidot (pistazit-zoisit), tremolit, granat, hornblende ve skapolit gibi skarn mineralleri gözlenmiştir.

K-silikat zonun karakteristik mineralleri olan ikincil biyotit ve ortoklaz mineralleri kuvars damarları içinde gözlenmiştir.

Cevherleşmenin geliştiği granitoyitik kütle ve metamorfitlerin cevherli kesimlerinden alınan örneklerde cevher minerali olarak pirit, kalkopirit, galenit, fahlerz (tennantit, tetrahedrit), markazit, limonit, götit, lepidokrozit, bornit, nabit altın, bravoit pirit, gang minerali olarak kuvars ve kalsit saptanmış olup ana cevher minerallerinin oluşum sırasının (süksesyon); erken evrede pirit I – kalkopirit I – markazit I – fahlerz (tennantit – tetrahedrit) – galenit, geç evrede ise pirit II – kalkopirit II – markazit II şeklinde olduğu belirlenmiştir.

Sıvı kapanım incelemeleri; hidrotermal çözelti içinde CaCl_2 ve NaCl gibi tuzların bulunduğu, hidrotermal çözeltinin tuzluluğunun %NaCl eşdeğeri olarak metamorfitler içindeki kuvars damarlarından alınan örneklerde %1,74 ile % 20,60 aralığında (ort. % 10,13) değiştiği, granitoyitler içindeki kuvars damarlarından alınan örneklerde % 3,55 ile % 8,41 aralığında (ort. % 6,61) değiştiği belirlenmiştir. Sıcaklığının metamorfitler içindeki kuvars damarlarında 145,0 °C ile 345,0 °C aralığında (ort. 242,99 °C), granitoyitler içindeki kuvars damarlarından alınan örneklerde de 176,0 °C ile 375,0 °C aralığında (ort. 259,27 °C) değiştiği belirlenmiştir.

Keban Metamorfitleri içinde kapanlanmış çözeltilerin özelliklerinin geniş aralıkta dağılım göstermesi, Çöpler Granitoyiti'nden türeyen tuzluluğu düşük ve sıcaklığı yüksek hidrotermal çözeltilerin Keban Metamorfitleri içerisinde yer alan tuzluluğu yüksek ve sıcaklığı düşük çözeltiler ile karıştığına işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler: Çöpler, İliç-Erzincan, altın yatağı, porfiri tip, cevher mikroskopisi, sıvı kapanım.

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

FLUID INCLUSION INVESTIGATIONS OF ÇÖPLER-(İLİÇ-ERZİNCAN) GOLD DEPOSIT

Oktay CANBAZ

Cumhuriyet University
Institut of Applied and Natural Sciences
Geological Engineering Department

Supervisor
Prof. Dr. Ahmet GÖKCE

Çöpler gold deposit is located around Çöpler Village of the Erzincan Province and is still operated today. The mineralization is an example of porphyry – type ore deposit. Impermeable crust on the outside of Çöpler Granitoid has not been well developed, and the hydrothermal fluids escaped outside the granitoid body and precipitated some of its content along the faults, fissures and schistosity surfaces within the Keban Metamorphics and Munzur Limestones in addition to granitoid body.

Hydrothermal fluids formed also skarn minerals such as epidote, tremolite, garnet, amphibol and scapolite along the fissures and schistosity surfaces besides the ore minerals. The characteristic minerals of potassic alteration zones secondary biotite and orthoclase are also formed with in the quartz veinlets.

Sample collected from the varrious parts of mineralization contain pyrite, chalcopyrite, galena, fahlerz, marcasite, limonite, goethite, lepidochrosite, bornite, gold, brovoit oyrite as ore minerals and quartz, calsite as gang minerals. The succession of the minerals were identified as pyrite I – chalcopyrite I – marcasite I – fahlerz – galena, geç evrede ise pyrite II – chalcopyrite II – marcasite II.

Fluid inclusion studies show that the hydrothermal fluids contain CaCl_2 , NaCl and their salinities were in the range of 1,74 - % 20,60 (avr. % 10,13) in quartz veinlents occured in Keban Metamorphics while they were in the range of % 3,55 ile % 8,41 (avr. % 6,61) in the veinlets occured in Çöpler Granitoids as %NaCl equivalent. The homogenization temperature values range from 145,0 °C to 345,0 °C (avr. 242,99 °C) in the quartz veinlets occured in Keban Metamorphics and range from 176,0 °C to 375,0 °C (avr. 259,27 °C) in the quartz veinlets occured in Çöpler Granitoids.

The larger range of characteristics of the fluids trapped in quartz veinlet occured in Keban Metamorphics points out mixing of a more heated and low saline hydrothermal fluid derived from Çöpler Granitoid with a fluid more saline and cold fluid included within Keban Metamorphics.

Key Words: Çöpler, İliç-Erzincan, gold deposit, porphyry type, ore microscopy, fluid inclusion.

TEŞEKKÜR

Öncelikle arazi, laboratuvar ve tez yazım çalışmalarım sırasında her türlü yardımı esirgemeyen ve birbirinden değerleri görüş ve önerileri ile beni yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Ahmet GÖKCE' ye (C.Ü.),

Petrografik incelemeler sırasındaki yardımları için Prof. Dr. Ömer BOZKAYA'ya (C.Ü.),

Laboratuvar çalışmaları sırasında görüş ve önerileri ile beni yalnız bırakmayan Doç. Dr. Gülcan BOZKAYA'ya (C.Ü.),

Cevher mikroskopisi incelemeleri sırasındaki yardımları için Yrd. Doç. Dr. Ahmet EFE'ye (C.Ü.),

Sıvı kapanım ölçümleri sırasındaki yardımları için Yrd. Doç. Dr. Esra ÜNAL ÇAKIR'a (B.Ü.)

XRD çalışmalarının gerçekleştirilmesi sırasındaki katkılarından dolayı Prof. Dr. Hüseyin YALÇIN (C.Ü.) ve Kimya Yüksek Mühendisi Fatma YALÇIN'a (C.Ü.),

İnce kesitlerin yapılmasındaki katkılarından dolayı Jeoloji Mühendisliği İncekesit Laboratuvarı personeli Teknisyen Ufuk KUŞ'a,

Arazi çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen başta Jeoloji Mühendisi Hacı KARAKUŞ ve Anagold Madencilik Şirketi çalışanlarına,

M-416 nolu proje kapsamında maddi destek sağlayan C.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı' na,

Özverili arkadaşlıkları ve laboratuvar çalışmalarındaki yardımları için yüksek lisans arkadaşlarım Neslihan F. AYDIN, Merih BİRLİK, Fatih ÖZBAŞ, Fulya Didem KIRATİK, M. Selahaddin ÖZDEMİR, ve M. Akif TAVŞANOĞLU'na,

Yüksek lisans dönemi boyunca yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü personeline,

Ayrıca maddi-manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli aileme,

teşekkür ederim.

Oktay CANBAZ

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT.....	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
EKLER DİZİNİ	X
1.GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam	1
1.2. İnceleme Alanının Coğrafik Konumu ve Özellikleri	2
1.3. Önceki Çalışmalar	2
1.3.1. Genel jeolojik amaçlı çalışmalar	2
1.3.2. Maden jeolojisine yönelik çalışmalar;	5
2. GENEL JEOLJİK ÖZELLİKLER	7
2.1. Bölgesel Jeoloji	7
2.2. Yerel Jeoloji	11
2.2.1. Yüzeyleyen Birimler ve Yerel Stratigrafi.....	11
2.2.2. Keban Metamorfitleri	11
2.2.3. Munzur Kireçtaşları.....	16
2.2.3. Çöpler Granitoyiti.....	19
2.2.4. Jasperoidler	21
2.3. Tektonik	24
3. MADEN JEOLJİSİ	25
3.1. Bilinen Yatakların Dağılımı ve İsimlendirme.....	25
3.2. Yataklanma Şekli ve Yapısal Özellikleri	25
3.3. Hidrotermal Alterasyon.....	31
3.4. Cevherleşmenin Mikroskopik Özellikleri	31
3.4.1. Minerolojik Bileşim ve Dokusal Özellikler	31
3.4.2. Süksesyon	42
4. SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ	45

4.1. Örnek Seçimi ve Yöntem	45
4.2. Kapanımların Morfolojik Özellikleri	45
4.3. Mikrotermometrik Ölçümler	47
4.3.1. İlk erime sıcaklığı (T_{FM}) ölçümleri.....	47
4.3.2. Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri ($T_{m_{ICE}}$).....	47
4.3.3. Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri (T_H)	51
4.4. Tuzluluk ve Homojenleşme Sıcaklığı İlişkisi	52
4.5. Sıvı Kapanım Bulgularının değerlendirilmesi	52
5. SONUÇLAR.....	54
DEĞİNİLEN KAYNAKLAR.....	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Yer bulduru haritası.	3
Şekil 2.2. İnceleme alanı ve çevresinde yapılmış jeolojik incelemelerden yararlanılarak hazırlanmış karşılaştırmalı stratigrafik kesitler.....	9
Şekil 2.3. İnceleme alanı jeolojik haritası.....	12
Şekil 2.4. a: A-A' Jeolojik Kesiti.....	13
Şekil 2.4.b: B-B' Jeolojik Kesiti	13
Şekil 2.5. İnceleme alanı yakın çevresinin stratigrafik kesiti	14
Şekil 2.6. Yer yer ilksel özellikleri korunmuş metamorfitler. Çöpler Köyü Batısı.	15
Şekil 2.7. Metamorfitler içine girmiş Çöpler Granitoyiti'ne ait bir kol (üzerlemiş gibi görünmektedir); Çöpler Köyü GB'sı, Kuzeybatıdan bakış.	15
Şekil 2.8. a-b: fillitik dokulu kayaç, c-d: Deformasyona uğramış fillitik dokulu kayaç, e-f: Şistozite düzlemlerini (şistozite düzleminde gelişen granat) kesen ince damarcık şeklinde kuvars damarı	17
Şekil 2.9. Munzur kireçtaşların iyi tabakalı kısımlarından bir görünüm, Bahar Tepe'ye güneybatıdan bakış.	18
Şekil 2.10. Munzur kireçtaşlarının granitoyite yakın kısımlarında rekristalize olmuş kısımları ve kireçtaşları içerisine sokulum yapmış granitoyitik kütle (Çöpler Köyü güney doğusu (Mangan Yatağı Zonu))......	18
Şekil 2.11. a: Bol fosilli kireçtaşı, b: ilksel özelliğini korumuş kristalize kireçtaşı, c-d: Munzur Kireçtaşı içinde kalsitlerin oluşturduğu mozaik doku.....	20
Şekil 2.12. Çöpler Granitoyiti ve Keban Metamorfitleri, köyün güneybatısı (kuzeybatıdan bakış).....	20
Şekil 2.13. a-b: Çöpler granitoyitinin kenar kısımlarından alınmış örneklerde holokristalin hipidiyomorf tanesal doku, c-d: Çöpler granitoyitinin iç kısımlarından alınmış örneklerde gözlenen holokristalin porfirik doku, e: Kolloform (jel) dokusu ve kalsedon oluşumları ve f: Yüzeysel bozunmaya bağlı olarak oluşmuş jipsler,	22
Şekil 2.14. Sert çıkıntılar halinde gözlenen jasperoidler	23
Şekil 2.15. Şekil 2.14'teki jasperoidlerin yakından görünümü.....	23

Şekil 3.1. Kireçtaşları ile Çöpler Granitoyiti dokunağında gözlenen mangan cevherleşmesi.....	26
Şekil 3.2. İnceleme alanında cevherleşmenin yayılımını ve yataklanma şekillerini gösteren temsili kesit.	27
Şekil 3.3. Cevherleşme yüzeylerinde gözlenen malahit ve azuritli kısımlardan bir görünüm	29
Şekil 3.4. Metamorfitletler içinde gelişmiş ağsı yapılı cevherin karot örneklerinde görünümü.....	29
Şekil 3.5. a-b-c-d: Fillitik Keban Metamorfitletler içinde şistozite düzlemleri boyunca oluşmuş klorit-epidot (pistazit-zoisit) ve opak mineraller, e-f: Metamorfitletler içindeki kırık çatlak sisteminde oluşan hornblend grubu mineraller ve iri kristalli kuvarslar	30
Şekil 3.6. a-b: Serizitleşme ve ince damarcık şeklinde kalsit damarı, c: Karbonatlaşma , d: Silisleşme e-f: Opak mineraller ve ikincil biyotitler	32
Şekil 3.7. Kalkopirit içerisinde kristal kenarları korunmuş pirit	34
Şekil 3.8. Piritler tarafından kuşatılmış brovoit piritler	34
Şekil 3.9. Kalkopirit ve fahlerzlerin oluşturduğu kolloform doku	35
Şekil 3.10. Pirit ve fahlerzlerin birbiri içerisine girerek oluşturdukları iskelet yapısı....	35
Şekil 3.11. Gang mineralleri tarafından kesilen kalkopirit.....	37
Şekil 3.12. Markazit içerisinde kalkopiritler (ayrışım veya kapanım)	37
Şekil 3.13. Levha şekilli gang mineralinin dilinim düzlemi boyunca oluşmuş kalkopirit	38
Şekil 3.14. Kalkopirit tarafından kuşatılmış markazit	38
Şekil 3.15. Fahlerz (Tennantit-Tetrahedrit)'in galenit ve kalkopiritler içerisine yerleşmesi	39
Şekil 3.16. Kılcal çatlaklar içerisinde yerleşmiş nabit altın.....	39
Şekil 3.17. Gang mineralleri içerisinde gözlenen nabit altın.....	40
Şekil 3.18. Az miktarda da olsa gözlenen bornitlerden bir görünüm	40
Şekil 3.19. Yan kayaç içerisinde levha şekilli minerallerin dilinim düzlemleri boyunca gözlenen maghemitleşmiş manyetitler.....	41

Şekil 3.20. Kristal sınırlarında gelişmiş spekülartik hematit	43
Şekil 3.21. Markazitler içerisinde gelişmiş spekülartik hematit.	43
Şekil 3.22. Yan kayaç içerisinde pentlandit ve kalkopirit	44
Şekil 4.1. Granitiotik kütle içindeki kuvars damarlarından alınmış bir örnekte kuvars kristalleri içindeki birincil sıvı kapanımları	46
Şekil 4.2. Metamorfitlerin içindeki kuvars damarlarından alınmış bir örnekte kuvars kristalleri içindeki birincil sıvı kapanımı	46
Şekil 4.3. Birincil kapanımlarda son buz erime sıcaklığı ($T_{m_{ICE}}$) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.....	51
Şekil 4.4. Birincil kapanımlarda homojenleşme sıcaklığı (T_H) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.....	52
Şekil 4.5. Sıvı kapanımlarının tuzluluk - homojenleşme sıcaklığı diyagramındaki dağılımı	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Sıvı kapanımlara ait ölçüm sonuçları.....	52
--	----

EKLER DİZİNİ

Ek-1	Çöpler (İliç-ERZİNCAN) Altın Yatağı Çevresinin 1/5000 Ölçekli Jeoloji Haritası
-------------	--

1.GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Çöpler (İliç – ERZİNCAN) Altın Yatağı, ilk olarak 1990'lı yıllarda farkedilmiş olup, Anagold Şirketi'nce 1999 yılında arama faaliyetlerine başlanmış ve ilk etapta 110.000 metre sondaj yapılmıştır. 2010 yılının sonlarına doğru işletme faaliyetlerine başlamıştır. Halen işletme faaliyetleri yanı sıra sondajlı inceleme çalışmaları devam etmektedir.

Bu tez kapsamında, söz konusu yatağın çevresinin jeolojik özellikleri, yüzeyleyen kayaç türlerinin petrografik özellikleri, cevherleşmenin yataklanma şekli ve yan kayaçlarla olan ilişkisi, minerolojik bileşimi, yapısal ve dokusal özellikleri gibi temel maden jeolojisi özellikleri ile cevherleşmeleri oluşturan hidrotermal çözeltilerin sıvı kapanımlarında incelenebilen fiziko-kimyasal özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır

Önceki çalışmalardan da yararlanılarak, yatak çevresinin 1/5000 ölçekli genel jeolojik haritası hazırlanmıştır.

Araziden alınan kayaç örneklerinin, kayaç sınıflaması yapmak amacıyla ince kesitleri, cevherli örneklerin ise iki tarafı parlatılmış ince kesitler ve parlatmaları hazırlanmıştır. Hazırlanan bu ince kesitler alttan aydınlatmalı, parlatmalar ise üstten aydınlatmalı polarizan mikroskoplar yardımıyla incelenerek mineral içerikleri ve dokusal özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Cevher örneklerinden hazırlanmış iki yüzü parlatılmış sıvı kapanım kesitleri mikrotermometrik inceleme sisteminde soğutma ve ısıtma işlemlerine tabi tutularak sıvı kapanımlar içinde hapsolmuş çözeltilerin ilk erime (T_{FM}), son buz erime (T_{ICE}) ve homojenleşme sıcaklığı (T_H) gibi özellikleri incelenerek, cevherleşmeleri oluşturan çözeltilerin; tuz bileşimi, tuzluluğu ve sıcaklığı gibi özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Petrografi ve sıvı kapanım incelemeleri Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde bulunan Leica DM2500P ve Nikon Labophot model polarizan mikroskoplar ve Linkam – THMS-600 ve TMS-92 tipi mikrotermometrik inceleme sistemleri kullanılarak yapılmıştır.

1.2. İnceleme Alanının Coğrafi Konumu ve Özellikleri

Çöpler (İliç – ERZİNCAN) Altın Yatağı, Erzincan ilinin, yaklaşık 117 km güneybatısında bulunan İliç İlçesine bağlı Çöpler Köyü yakınlarında bulunmakta ve J41-a1 paftası içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1.).

Bölgede yerleşim yeri olarak, başta çalışma alanı içerisinde yer alan Çöpler Köyü, kuzeydoğuda İliç İlçesi, doğuda Sabırlı ve Kuzeybatıda Bahçe Mahallesi bulunmaktadır. Bölgeye ulaşım, Erzincan-İliç-Çöpler ve bunun yanı sıra Sivas (Divriği)-İliç-Çöpler güzergâhları şeklinde hem karayolu hem de tren yoluyla sağlanmaktadır.

İnceleme alanı, morfoloji değişikliğine bağlı olarak farklı karakteristikte iklimler gösterse de, genel olarak karasal bir iklime sahiptir. Bitki örtüsü yoğunluğu bölge bölge farklılık göstermekte olup, çalışma alanında, görünürlüğü engelleyecek bir yoğunluğa sahip değildir. Doğu Anadolu Bölgesi’ de yer alan Elazığ ve Malatya dışındaki tüm illerden daha ılıman ve daha uzun bir yaz mevsimi yaşanmaktadır.

Yöre halkı geçimini, küçükbaş hayvancılık, tarım, dokumacılık ve son yıllarda maden şirketinin sunmuş olduğu çalışma imkânlarından yararlanarak sağlamaktadır (<http://www.ilic.gov.tr/news.php>).

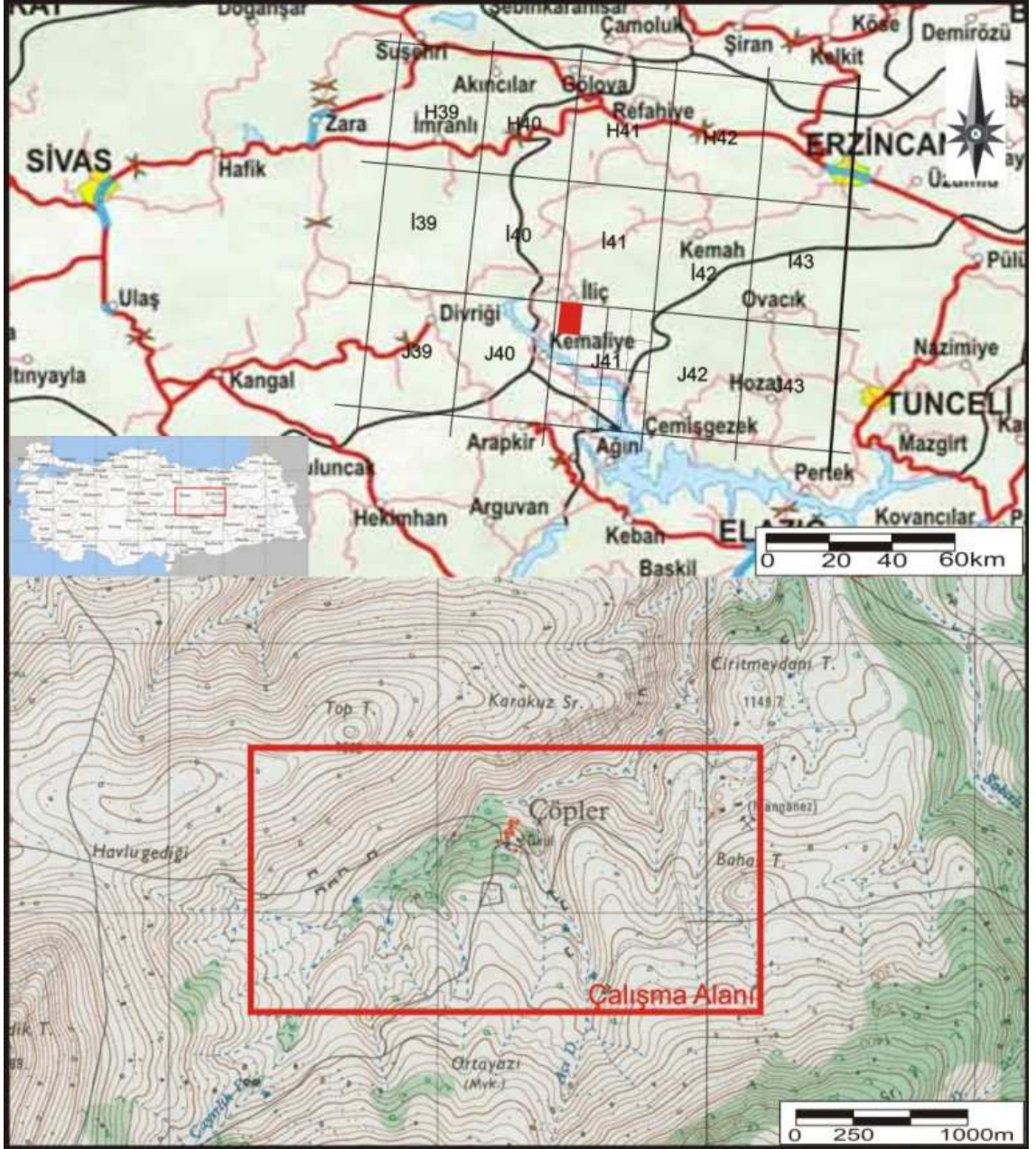
1.3. Önceki Çalışmalar

Çalışma alanı ve yakın çevresinde; metamorfitle, kireçtaşları ve granitoidlerin petrografik ve jeokimyasal özellikleri ile ilgili genel jeolojik amaçlı çalışmaların çok yaygın olmasına karşın maden jeolojisine yönelik çok az sayıda çalışma bulunmaktadır.

1.3.1. Genel jeolojik amaçlı çalışmalar

Bölgenin jeolojisi ile ilgili ilk çalışmalar, Wijkerslooth (1939), Ketin (1945), Baykal (1953), Nebert (1959), Kurtman (1961), Baykal ve Erentöz (1966), Aslan (1970) ve Kurt (1971)’in incelemeleridir.

Wijkerslooth (1939), Sahadaki Akdağ kireçtaşlarını ve serpantinleşmiş ultramafik kayalar petrografik olarak kendi içinde ikişer gruba ayırmış, Alt Kretase-Miyosen yaş aralığında oluşan siyenitik karakterli kayaların kireçtaşı ve serpantinize kayaları kestiğini ve dokanaklarında cevherleşmelerin meydana geldiğini belirtmiştir.



Şekil 1.1. Yer bulduru haritası.

Bayhan (1980) Divriği-Çetinkaya arasında yüzeylenen ofiyolitik kayaları ilk kez Güneş Ofiyoliti olarak adlandırmıştır.

Yazgan (1984) tarafından yapılan radyometrik yaş tayinleri (33 ila 44 Milyon yıl) ise Çöpler Granitoyitinin Eosen – Oligosen arası yaşlı olduğuna işaret etmektedir.

Gürsoy (1986), Çalışma alanında yüzlek veren pembe-kırmızı renkli, zayıf çimentolu çakıldaş birimini Örenlice Formasyonu olarak tanımlamıştır.

Efe (1987) Çöpler granitoyitinin kuvarsmonzonitik, kuvarsmonzodiyoritik ve kuvarsdiyoritik bileşimde kısımların bulunduğunu ve ileri derecede killi alterasyonlar gözlendiğini, Üst Kretase yaşlı ofiyolitleri kesmesi ve Eosen yaşlı Kozluca Formasyonu taban konglomeraları içinde çakıllarının bulunması nedeniyle yaşının Üst Kretase – Eosen arası olması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Aktimur ve diğ. (1988) inceleme alanının doğusundaki Akdağ'da yüzeylenen kireçtaşlarını Munzur Kireçtaşı'nın devamı olarak kabul etmiştir.

Ünlü ve diğ. (1989), Divriği yöresi granitik kayaçlar ile karbonatlı kayaçların ilişkisine yönelik yaptığı çalışmalarda, serpantinleşmiş ultramafik kayaçlar ve kireçtaşlarının tektonik konumlu olduğunu ve intrüzif kütlelerin yaşlarının Eosen öncesi olduğunu belirtmektedirler.

Tunç ve diğ. (1991) yapmış oldukları geniş çaplı çalışma sonucunda, Munzur kireçtaşlarına ait almış oldukları 5 adet ölçülü stratigrafi kesitlerinden elde ettikleri paleontolojik veriler ışığında, birimin yaşının Üst Karbonifer- Alt Kretase (?) olduğunu ileri sürmüşlerdir. Divriği Ofiyolitli Karışığını, Oğulbey ve Ardıçbaba Formasyonlarını ilk kez bu çalışmada tanımlamışlardır. Hafik Formasyonuna alt Orta Miyosen yaş aralığını kesinleştirmişlerdir. Ayrıca, bu araştırmacılar, ofiyolitlerin yerleşim yaşının Geç Kampaniyen-Erken Maastrichtiyen olduğunu belirlemişlerdir. Bu yaş Yılmaz ve Yılmaz (2004) tarafından da kabul edilmiştir.

Öztürk (1991) ise Divriği yakınlarında Triyas yaşlı Maltepe metamorfikleri ve bunların üzerinde uyumsuz olarak bulunan Akdağ kireçtaşlarının bölgenin temelini oluşturduğunu ileri sürmüş ancak uyumsuzluğun türü ve varlığına yönelik veriler sunmamıştır.

İnceleme alanında temel kaya birimlerine yönelik ilk kapsamlı araştırma olan Gültekin (1993) Paleozoyik yaşlı kaya birimlerini tanıtmış ancak, bu birimin üzerinde bulunan Munzur Kireçtaşı'yla ilişkisini bulamadığından, birim bölgesel jeolojik çerçevede yerine konulamamıştır.

Öztürk (1998), Divriği bölgesinde yer alan cevherleşmelerini yan kayaç ilişkilerine göre 4 gruba ayırmıştır. Cevherleşmelerin monzonitik intrüziflerin, serpantinleşmiş ultramafik kayaçlar içerisine sokulumu ile ekzoskarn zonları şeklinde yerleştiğini belirtmektedir.

Yılmaz ve diğ. (2001) Divriği-Sincan-Çetinkaya arasındaki ofiyolitik kayaları ofiyolit (Güneş Ofiyoliti) ve ofiyolitli karışık (Yeşiltaşyayla Karışığı) olmak üzere ikiye ayırmış ve Güneş Ofiyoliti'ni de alt birimlerine ayırarak irdelemişlerdir.

Parlak ve diğ., (2006), bölgedeki ofiyolitlerin ve granitoyitlerin subra-subduction zonu ürünleri olduklarını belirtmektedirler.

Boztuğ ve diğ. (2007), Dumlucu ve Murmana granatoyitlerinin felsik ve mafik kayaçlarındaki horblend ve biyotitlerde K-Ar yöntemiyle yaptıkları radyometrik yaş tayini çalışmalarında sırasıyla 72-77 Milyon ve 68-77 Milyon yıl yaşlar belirlemişlerdir.

1.3.2. Maden jeolojisine yönelik çalışmalar;

Kovenko (1938), yörede yer alan ve yüzeyde izlenim sunan bakır cevherleşmeleri ile ilgili yapmış olduğu bu çalışmada, kristalize kireçtaşı, granidiorit, ofiyolitli karışığın, fosilli birimlerin ve jipsli serilerin bulunduğu, Çöpler ve Yakuplu Köyleri civarında gözlenen demir ve bakır cevherleşmelerinin diyorit-serpantinit-kireçtaşı dokunağında prometazomatik ve hidrotermal yollarla gelişmiş damarlar şeklinde olduğunu belirtmiştir.

Efe (1987), İnceleme alanı içerisinde yer alan mangan yataklarının, Çöpler Granitoidleri ile kireçtaşı dokunağına yakın faylar içerisinde damar tipi olarak yataklandığını gözlemlemişlerdir.

Sahada faaliyet gösteren Anagold Madencilik Şirketi çalışanları inceleme alanında 1999 yılında çalışmalarına kaya numunesi ve toprak numuneleri olarak incelemelere başlamışlardır. Yapılan çalışmalar sonunda, kireçtaşı ile çevrelenmiş oksitli intrüzyon ve metamorfitler içerisinde, 1 km x 2 km'lik bir alanda yoğun bozuşma, ayrışma ve ağsal damarlı kütlenin varlığını tespit etmişlerdir. Daha önce tespit edilmemiş bir porfir tip Cu-Au maden yatağın varlığını belirlemişlerdir. İnceleme alanı içerisinde yaptıkları manyetik jeofizik ölçümler sonucunda, 800 metre derinliğe kadar ulaşan pozitif bir manyetik kütlenin varlığını tespit etmişlerdir. 2000-2003 yıllar arasında sahanın yerden ve havadan IP ve manyetik ölçümlerini yapmışlardır. 1999-2011 yılları arasında 1200 kuyu da toplam 170.000 metre sondaj yapılmıştır (Karakuş, 2012; sözlü görüşme).

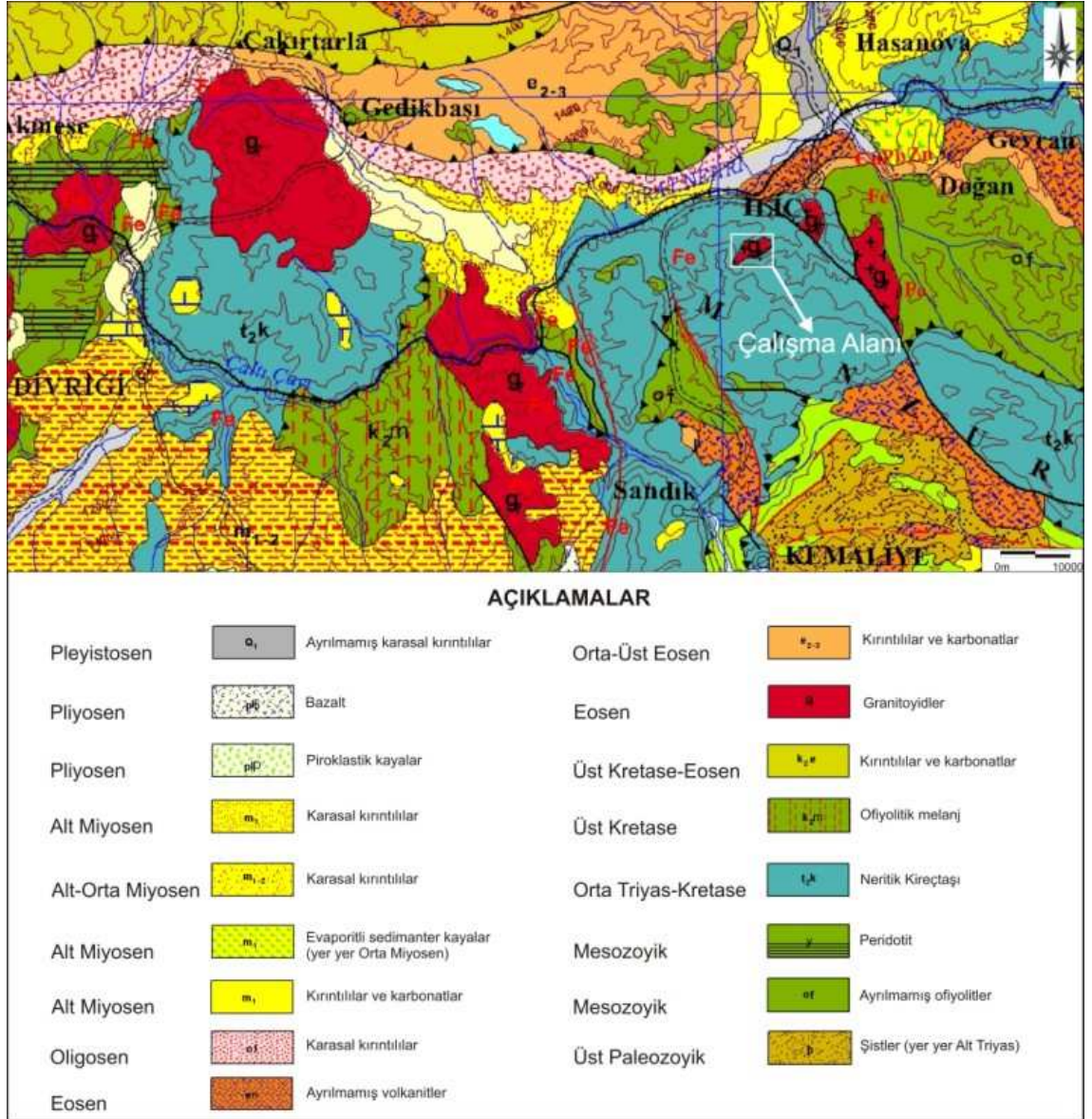
2. GENEL JEOLJİK ÖZELLİKLER

2.1. Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanı, Anatolid-Torid bloğunun doğu kısmında, kuzeyde Munzur Kireçtaşı ve ofiyolitli melanj, güneyde ise Keban metamorfitlelerinden oluşur. Kuzeyden Sivas Tersiyer havzası ve Kuzey Anadolu Fay zone ile sınırlanan çalışma alanının güneyinde ise Neojen yaşlı birimler yüzeylemektedir (Şekil 2.1). Çalışma alanı içerisinde yer alan Keban Metamorfitleleri, Munzur Kireçtaşı ve Divriği Ofiyolitli Karışığı adı verilen tektono-stratigrafik birimlerden (nap) oluşur. Bölgenin değişik yerlerinde yapılmış jeolojik incelemelerde belirlenmiş dikme kesitler karşılaştırmalı olarak Şekil 2.2’de görülmektedir.

İnceleme alanının temelini oluşturan Geç Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı Keban metamorfitleleri, şişt, mermer ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Üzerine Munzur Kireçtaşı tektonik dokunakla gelmektedir (Tunç ve diğ.,1991).

Munzur Kireçtaşı, adını Munzur Dağları’ndan almakta olup ilk olarak (Özgül ve diğ.,1981) tarafından adlanmıştır. (Özgül ve diğ.,1981) ve (Aktimur, 1986) ‘un araştırmalarında birimin Mesozoyik yaşlı olduğu belirtilmektedir. Tez kapsamında birimin yaşı Tunç ve diğ. (1991) tarafından belirlenen Üst Karbonifer – Alt Kretase (?) yaş aralığı olarak kabul edilmiştir. İnceleme alanı ve çevresinde geniş alanlar kaplayan Munzur Kireçtaşı üzerinde yer alan ofiyolitli melanj, (Yılmaz ,1985) ile (Aktimur ve diğ., 1986,1988) tarafından Refahiye Ofiyolitli Melanjı olarak tanımlanmıştır. Aynı birime, Özgül ve diğ.,(1981) tarafından Eric Ofiyolitli Melanjı, Tunç ve diğ.,(1991) tarafından ise Divriği Ofiyolitli Karışığı adı verilmiştir. Tunç ve diğ., (1991), birim içerisindeki ultramafik kayalar Güneş Ofiyoliti (Bayhan 1980 tarafından yapılmış olan adlama tercih edilmiş) kireçtaşlarını ise Akdağ Kireçtaşı olarak adlamışlardır. Tez kapsamında, bu birim için Tunç ve diğ. (1991) tarafından önerilen Divriği Ofiyolitli Karışığı adlaması tercih edilmiştir. Bu araştırmacılar, Divriği Ofiyolitli Karışığı’nın Geç Kampaniyen-Erken Maastrihtiyen’de Munzur Kireçtaşları üzerine tektonik dokunakla yerleştiğini, Dumlucu, Murmana ve Çöpler Granitoidleri ile Çaltı Volkaniti tarafından kesildiği belirtmektedirler.



Şekil 2.1. İnceleme alanı bölgesel jeoloji haritası (MTA 2002; 1/500000 ölçekli Türkiye Haritası'ndan alınmıştır).

Üst Sistem	Sistem	Seri	Aktınur ve diğ., 1990	Tunç ve diğ., 1991	Özer., 1994	Yılmaz ve Yılmaz., 2004	Bilgiç, 2008
Senozoyik	Kuvaterner	Holosen	Alüvyon, Yamaç M.		Alüvyon, Taraça	Alüvyon, Taraça Örenice Form.	Yamaç Molozu, Alüvyon, Taraça
		Pleyistosen	Traverten	Teras Çakılları Örenice Form.		Yamaçdağı Volkanitleri	
	Tersiyer	Pliyosen	Zöhrep Formasyonu	Ardıçbaba Formasyonu		Uzunyayla Form.	Yamaçdağı Volkaniti
			Hafik Form.	Oğulbey Form.		Kurtoğlu Form.	
		Miyosen	Kemah Form.	Hafik Form.	Kemah Form.	Sincan Jipsleri	
			Selimiye Form.			Kulmacdağı Form.	Başpınar Form. Karacabören Form.
		Oligosen				Altınyayla Form.	
			Gülendere Formasyonu	Kozluca Formasyonu	Dedek Formasyonu	Kozluca Formasyonu	Koçkar Formasyonu
		Eosen	Tecer Kireçtaşı ve Çerpanci Dere Formasyonu	Güneş Ofiyoliti (Divriği Ofiyoliti Kanığı)	Haslar Andeziti Yakuplu Plütonu	Divriği Granitoidleri	Bozbel Formasyonu
			Relahiye Ofiyoliti Kanığı	Çöpler Granitoidi	Eriç Kanığı	Saya Form.	Subaşı Formasyonu
	Mezozoyik	Kretase	Munzur Kireçtaşları	Munzur Kireçtaşları	Munzur Kireçtaşları	Güneş Ofiyoliti (Divriği Ofiyoliti Kanığı)	Relahiye Ofiyoliti Kemaliye Form.
		Jura			Uluyamaç Ofiyoliti		Kale Tepesi Kireçtaşı
		Triyas					Munzur Kireçtaşları
Paleozoyik	Permien					Munzur Kireçtaşları	Keban Metamorfileri
Paleozoyik	Karbonifer					Munzur Kireçtaşları	Aliçli Formasyonu
Paleozoyik	Devoniyen					Munzur Kireçtaşları	Çay Deresi Kireçtaşı Yonca Yolu Formasyonu

Şekil 2.2. İnceleme alanı ve çevresinde yapılmış jeolojik incelemelerden yararlanılarak hazırlanmış karşılaştırmalı stratigrafik kesitler.

Yukarıda belirtilen plütonik sokulumlardan Dumluca Granitoyidi, ilk olarak Koşal (1973) tarafından adlandırılmıştır. Tunç ve diğ. (1991) tarafından Üst Kretase-Eosen arası yaşlı olduğu kabul edilen birim için Yılmaz ve Yılmaz (2004), Maastrihtiyen sonrası ve Alt Eosen(?) öncesinde yani Paleosen'de sokulum yaptıklarını düşünmektedir.

Divriği Ofiyolitli Karışığının ultramafik bileşenlerini kesmekte olan volkanitler, Kozluca Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Bölgede yer alan volkanitler Özgül ve diğ. (1981) tarafından Koçkar Volkaniti olarak tanımlanmıştır. Çaltı Köyü kuzeybatısında küçük bir alanda yüzlek veren volkanit ilk olarak Efe (1987) tarafından Çaltı Volkaniti olarak tanımlanmıştır. Kozluca Formasyonu taban konglomerası içerisinde volkanitten türeyen çakılların gözlenmesi nedeniyle birimin yaşı bu araştırmacı tarafından Senoniyen-Eosen olarak belirtilmiştir.

İlk olarak Kurtman (1973) tarafından adlandırılan Kozluca Formasyonu Eosen yaşlı olup, Özgül ve diğ. (1981) tarafından, çalışma alanı güneyinde yüzlek veren kısmı Subaşı Formasyonu ve İliç yakınlarında yüzlek veren kısmı ise Bozbel Formasyonu olarak ayrı ayrı adlandırılmıştır. Tunç ve diğ. (1991) bölgede çok geniş olmayan yüzlekler şeklinde gözlenen ve Güneş ofiyoliti üzerine açılı uyumsuzlukla gelen bu birimi Kozluca Formasyonu olarak tanımlanmış olup birimin yaşını Alt İpresiyen- Üst Lütesiyen olarak belirtmişlerdir.

Bölgede yüzlek veren bir diğer plüton ise, adını üzerinde yer alan yerleşkeden alan Çöpler Granitoyidir. İliç ilçesinin güneybatısında yüzeyleyen Efe (1987) ve Tunç ve diğ. (1991) tarafından tanımlanan intrüzyon, Munzur Kireçtaşı ve Ofiyolitli Melanjı birlikte kesmektedir. Özgül ve diğ. (1981) tarafından Geç Kampaniyen yaşlı olduğu düşünülen plüton üzerinde, Yazgan, (1984) tarafından yapılan radyometrik yaş çalışmalarında Eosen'e karşılık gelen yaşlar edinilmiştir ($37,2 \pm 2,5$ ve $44,5 \pm 2,5$ My). Tunç ve diğ., (1991) ise Eosen yaşlı birimleri etkilemesi nedeniyle bu birimin yerleşim yaşının Eosen olduğunu kabul etmişlerdir.

Yer yer Güneş Ofiyoliti ve Kozluca Formasyonları üzerine uyumsuz olarak gelen Neojen yaşlı çökeller, Kurtman (1973) tarafından Hafik Formasyonu olarak adlandırılmış olup, Alt veya Orta Miyosen yaşlı olduğu belirtilmiştir. Ancak Tunç ve diğ. (1991) yaptıkları paleontolojik çalışmalar sonucunda formasyonun yaşının sadece Orta Miyosen olduğunu belirlemişlerdir..

Bölgesel olarak geniş bir yayılıma sahip olan göl çökelleri, önceki çalışmalarda “Neojen” olarak adlandırılmış olup, İlk kez Tunç ve diğ. (1991) tarafından Oğulbey Formasyonu olarak tanımlanmış olup, yer yer Akdağ Kireçtaşı, Güneş Ofiyoliti ve Hafik Formasyonu üzerine uyumsuz olarak geldiği belirlenmiştir. Birim yaşı Üst Miyosen olarak kabul edilmiştir.

Munzur Kireçtaşı, Güneş Ofiyoliti, Kozluca Formasyonu ve Oğulbey Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen Ardıçbaba Formasyonu ilk kez Tunç ve diğ. (1991) tarafından tanımlanmıştır. Eski ve yeni alüvyonların mevcut olduğu birim üzerine Örenlice Formasyonu uyumsuz olarak gelmekte olup, birim yaşı Alt Pliyosen olarak kabul edilmiştir.

Örenlice Formasyonu, bölgede farklı yerlerde yüzlek vermekte olup Gürsoy (1986) tarafından tanımlanmış, birim üzerinden başka bir gözlenmemesi nedeniyle birimin yaşı çalışmacı tarafından Üst Pliyosen olarak belirtilmiştir.

İliç civarında Fırat nehri boyunca yer alan taraçalarda depolanmış çakıl, kum, çamur gibi günümüz çökelleri yer almaktadır.

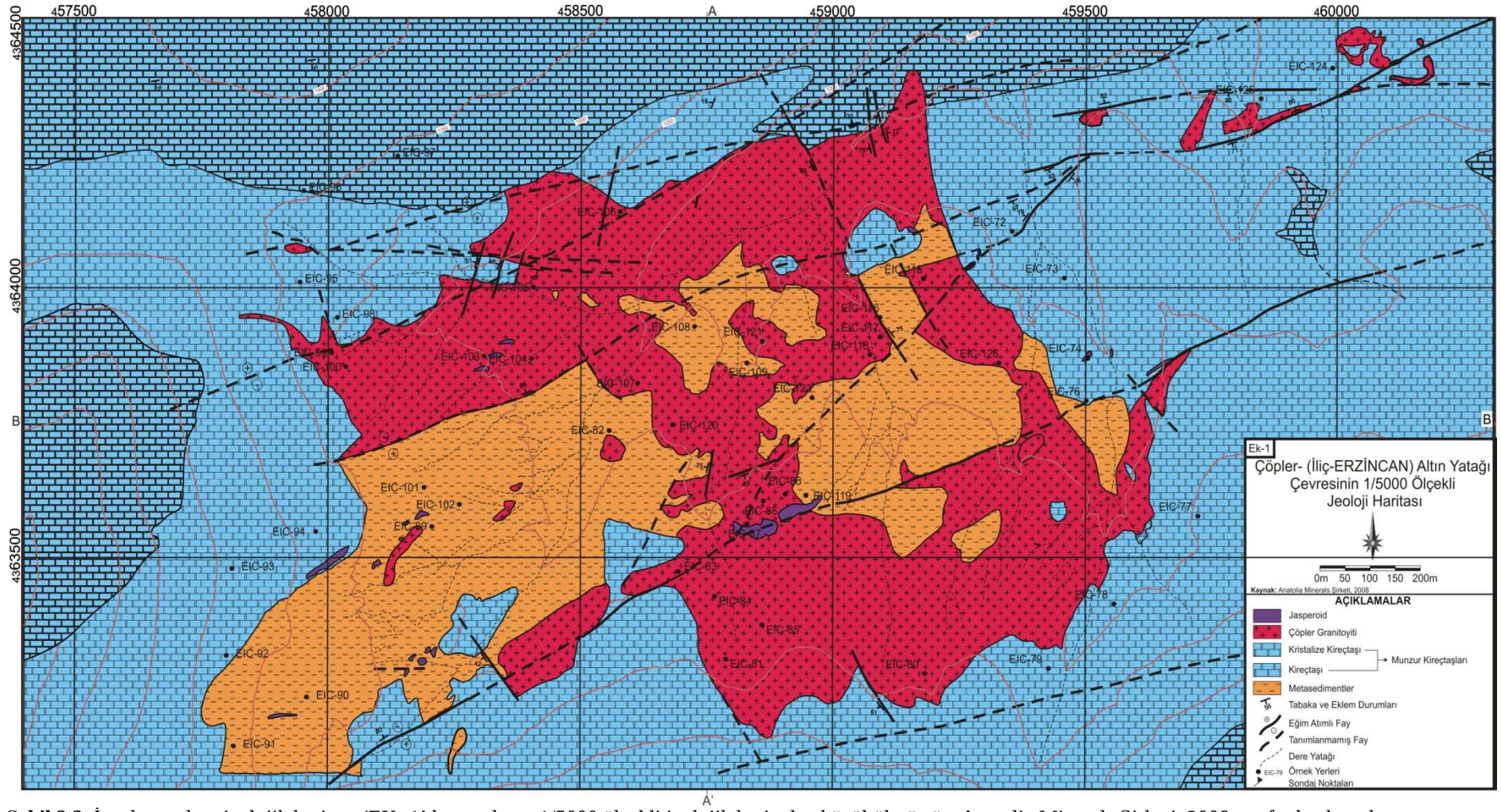
2.2. Yerel Jeoloji

2.2.1. Yüzeyleyen Birimler ve Yerel Stratigrafi

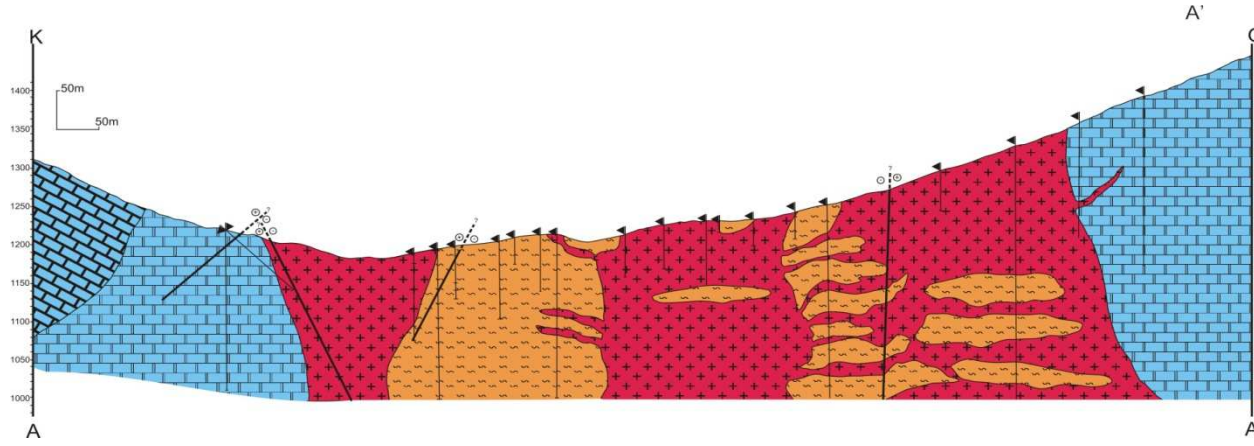
İnceleme alanı içerisinde, bölgesel jeoloji kısmında belirtilmiş birimlerden, Keban Metamorfitleri, Munzur kireçtaşları ve Çöpler Granitoyiti yüzeylemektedir (Şekil 2.3. - 2.4. - 2.5.). Ayrıca sahada yer yer gözlenen silisleşmiş kayalar jasperoidler olarak adlandırılmıştır.

2.2.2. Keban Metamorfitleri

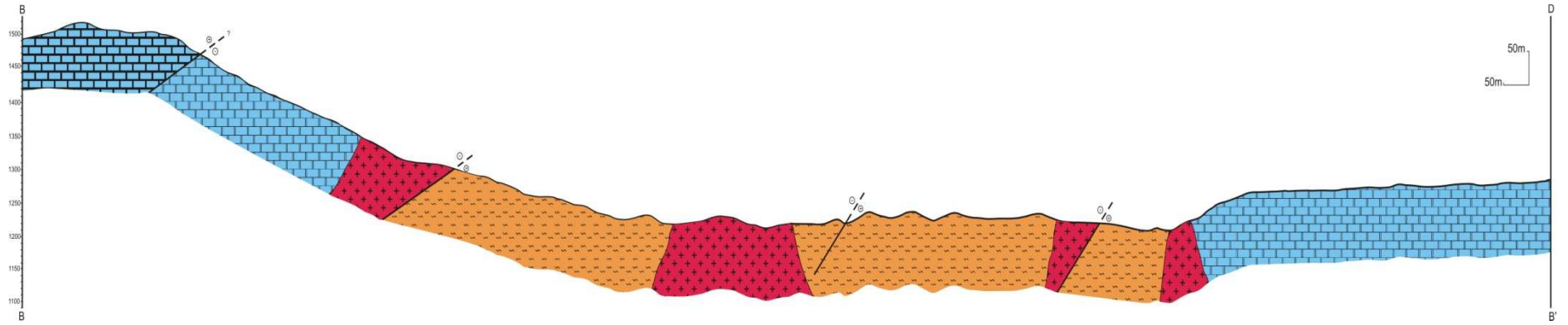
Geç Paleozoyik – Mezozoyik yaşlı Keban Metamorfitlerine ait olan bu kayalar, inceleme alanı içerisinde; Çayırılık Dere mevkinde / çevresinde, şiştözite düzlemleri az gelişmiş, kalkerli kilitaşı, kumtaşı ve siltaşı şeklinde gözlenmektedir. Yer yer tabakalanma düzlemleri korunmuştur (Şekil 2.6.). Aşırı tektonizma ve alterasyon nedeniyle yer yer çok gevşek yapılı, toprağımsı yığılımlara dönüştükleri de görülmektedir. Granitoyitlere yakın yerlerde, granitoyitlerin bu birim içine kollar şeklinde girdiği gözlenmektedir (Şekil 2.7.). Buralarda bozunma daha fazlalaşmış ve kontak metamorfizma etkisiyle şiştözite ve tabaka düzlemleri silinmiştir.



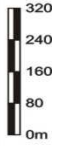
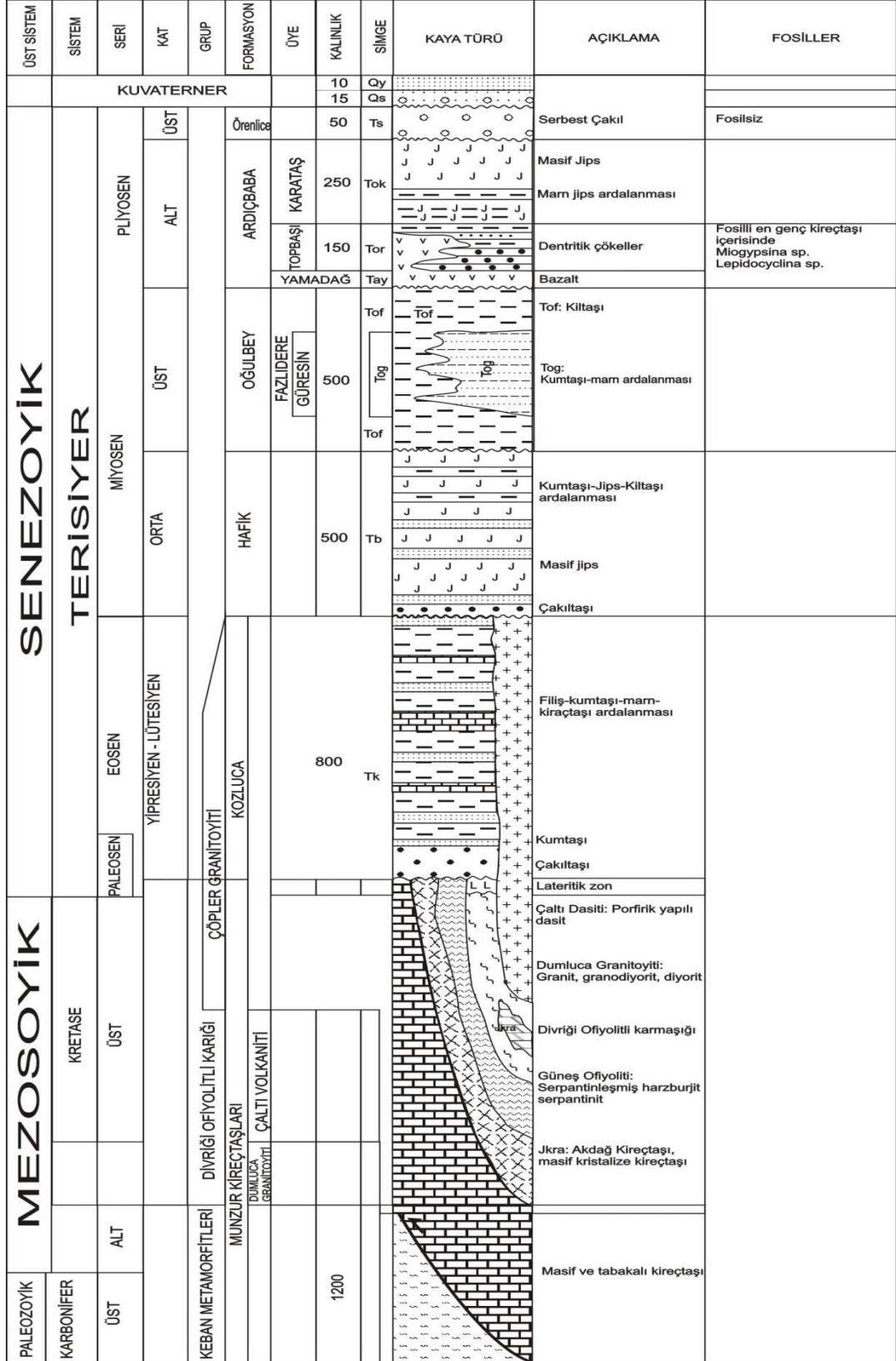
Şekil 2.3. İnceleme alanı jeolojik haritası (EK- 1’de sunulmuş 1/5000 ölçekli jeolojik haritadan küçültülmüştür; Anatolia Minerals Şirketi, 2008 tarafından hazırlanmış jeolojik haritadan yalınlaştırılarak ve kısmen değiştirilerek hazırlanmıştır).



Şekil 2.4. a: A-A' Jeolojik Kesiti (sondaj verilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır)



Şekil 2.4.b: B-B' Jeolojik Kesiti (harita verilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır)



Şekil 2.5. İnceleme alanı yakın çevresinin stratigrafik kesiti (Tunç ve diğ. (1991) ve Bilgiç (2008)'den yararlanılarak hazırlanmıştır).



Şekil 2.6. Yer yer ilksel özellikleri korunmuş metamorfitler, Çöpler Köyü Batısı.



Şekil 2.7. Metamorfitler içine girmiş Çöpler Granitoyiti'ne ait bir kol (üzerlemiş gibi görünmektedir); Çöpler Köyü GB'sı, Kuzeybatıdan bakış.

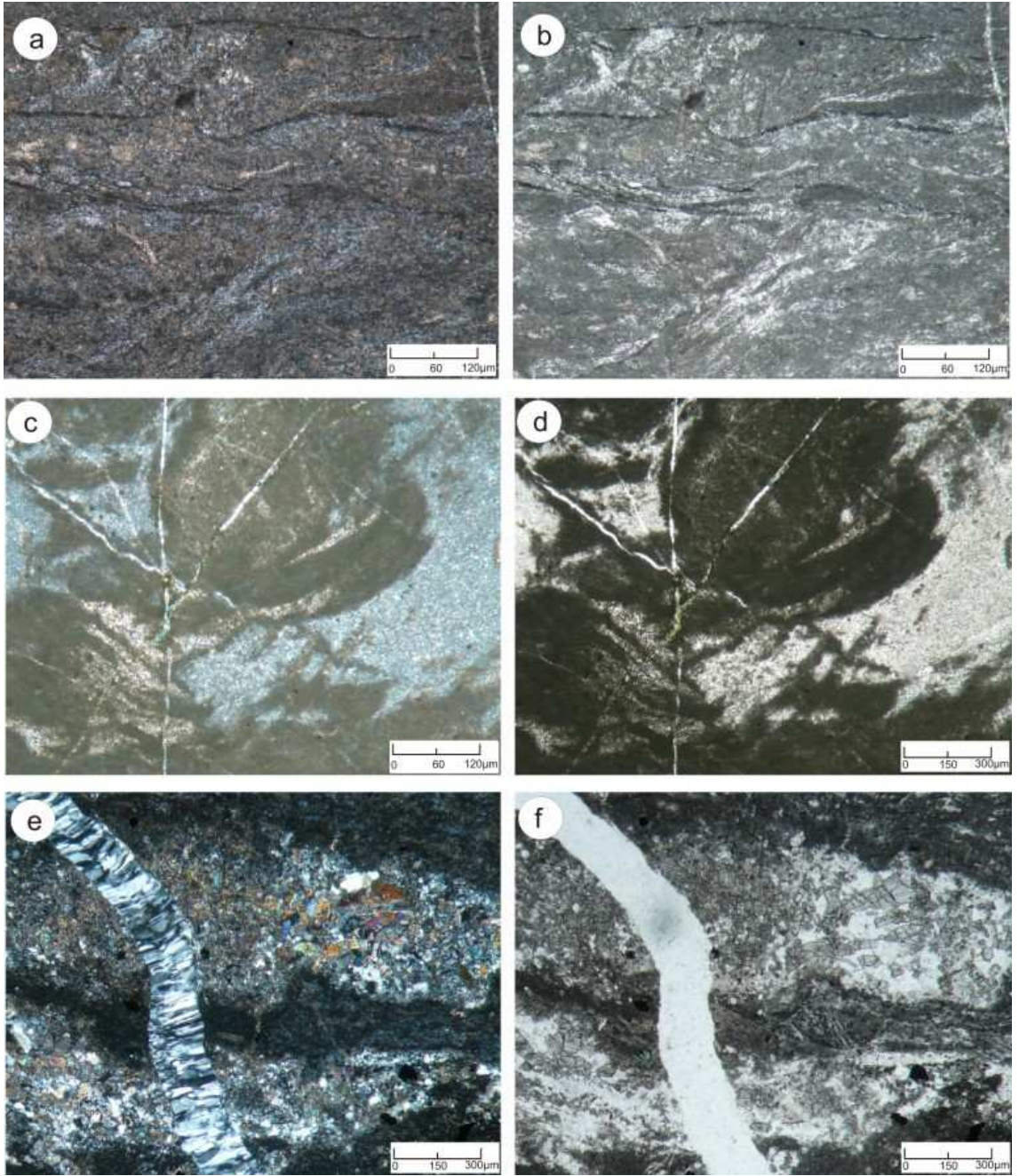
Asutay ve diğ. (1988) Keban Metamorfiklerini Alt Şist, Alt Mermer, Üst Şist ve Üst Mermer üyesi olmak üzere dört birime ayırmıştır. İnceleme alanındaki bu kayaçların Üst Şist seviyesine karşılık geldiği düşünülebilir.

Sondaj karotlarında ve jeolojik kesitlerde, Çöpler granitoyiti içinde kalmış blokları da görülmektedir.

İlgili birimden hazırlanan ince kesitlerde küçük kristalli kuvars ve serizit içerdiği, genel olarak fillitik dokulu olduğu ve foliasyon düzlemlerinin belirgin olduğu gözlenmiştir (Şekil 2.8 a ve b). Yer yer deformasyon gelişmiştir (Şekil 2.8 c ve d). Ayrıca şistozite düzlemleri boyunca ve kılcal çatlaklar içinde hidrotermal çözeltilerin etkisiyle oluşmuş iri kristalli epidot (pistazit-zoisit), granat, skapolit, klorit, tremolit/aktinolit, muskovit, apatit gibi minerallerin (skarn mineralleri) oluştukları gözlenmiştir (Şekil 2.8 e ve f). Kırık ve çatlaklarda yer yer serizitleşme ve karbonatlaşma çok yoğun gözlenmektedir. Granitoyitik kütlelerin yakın çevresinden alınan örneklerde birim içinde ince damarcıklar şeklinde kuvars, kalsit ve jips damarları gelişmiştir. Ayrıca kuvars damarları içinde opak minerallerle birlikte ikincil biyotitler de gözlenmiştir.

2.2.3. Munzur Kireçtaşları

İnceleme alanı ve çevresinde geniş alanlar kaplayan ve kalınlığı 1200m ye ulaşan Üst Karbonifer – Alt Kretase (?) yaşlı Munzur Kireçtaşları, gri-bej renkli olup yer yer masif ve yer yer ise tabakalı görünüm sunmaktadır (Şekil 2.9.). Birim yoğun tektonizma nedeniyle bol kırıklı ve çatlaklı hale gelmiştir. Kırık ve çatlakları boyunca Çöpler Granitoyiti'ne ait kolların sokulum yaptığı gözlenmektedir (Şekil 2.10). Bölgesel jeoloji kısmında belirtildiği gibi birimin Üst Karbonifer-Alt Kretase (?) yaşlı olduğu kabul edilmiştir (Tunç ve diğ., 1991). Önceki çalışmalarda, Munzur kireçtaşlarının yapısal – dokusal özellikleri dikkate alınarak; kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı ve mermer şeklinde alt birimlere ayrıldıkları görülmektedir (Anatolia Minerals Şirketi, 2008). Munzur kireçtaşlarındaki bu farklılaşmanın Çöpler Granitoyitinin sıcaklık etkisiyle geliştiği, granitoyitten uzak kesimlerde kireçtaşı olarak adlandıkları, yaklaştıkça; rekristalize kireçtaşı ve mermer şeklinde değişim gösterdikleri söylenebilir.



Şekil 2.8. a-b: fillitik dokulu kayaç (Örnek No: EIC-6, ÇN-TN), c-d: Deformasyona uğramış fillitik dokulu kayaç (Örnek No: EIC-108i ÇN-TN), e-f: Şistozite düzlemlerini (şistozite düzleminde gelişen granat) kesen ince damarcık şeklinde kuvars damarı (Örnek No: EIC-4, CN-TN).



Şekil 2.9. Munzur kireçtaşların iyi tabakalı kısımlarından bir görünüm, Bahar Tepe'ye güneybatıdan bakış.



Şekil 2.10. Munzur kireçtaşlarının granitoyite yakın kısımlarında rekristalize olmuş kısımları ve kireçtaşları içerisine sokulum yapmış granitoyitik kütle (Çöpler Köyü güney doğusu (Mangan Yatağı Zonu)).

Granitoyitik kütlenin etki alanından uzak yerlerde, kireçtaşlarından alınmış örneklerin bol fosilli, mikritik bağlayıcı, kalsit damarları ile kesildiği, intraklastik/intrabiyomikrik dokuya sahip oldukları belirlenmiştir. Ayrıca fay zonlarında alınan kireçtaşı örnekleri intraoomikrik ve breşik dokular gözlenmektedir.

Çöpler Granitoyitini çevreleyen kristalize kireçtaşı ve mermer olarak tanımlanmış kısımlarından alınan örneklerde grift/süturlu sınır ilişkisi, mozaik doku, granoblastik doku ve yer yer kolloform (jel) dokusu gözlenmektedir.

Çalışma alanının güneydoğu kesiminde bu birime ait kayaçlardan alınan örneklerde; kalsit yanısıra, muskovit, klorit, mika, feldispat, turmalin ve bol miktarda opak mineral gözlenmiştir. Birimin eski izleri taşıdığı, bol çatlaklı, granoblastik doku, ağırlıklı olarak mozaik doku, grift/süturlu sınırlı ilişkisi ve yer yer jel dokusu gösterdiği belirlenmiştir. Kalsitlerin tane boyunun 0,1 - 0,8 μm arasında değiştiği gözlenmiştir.

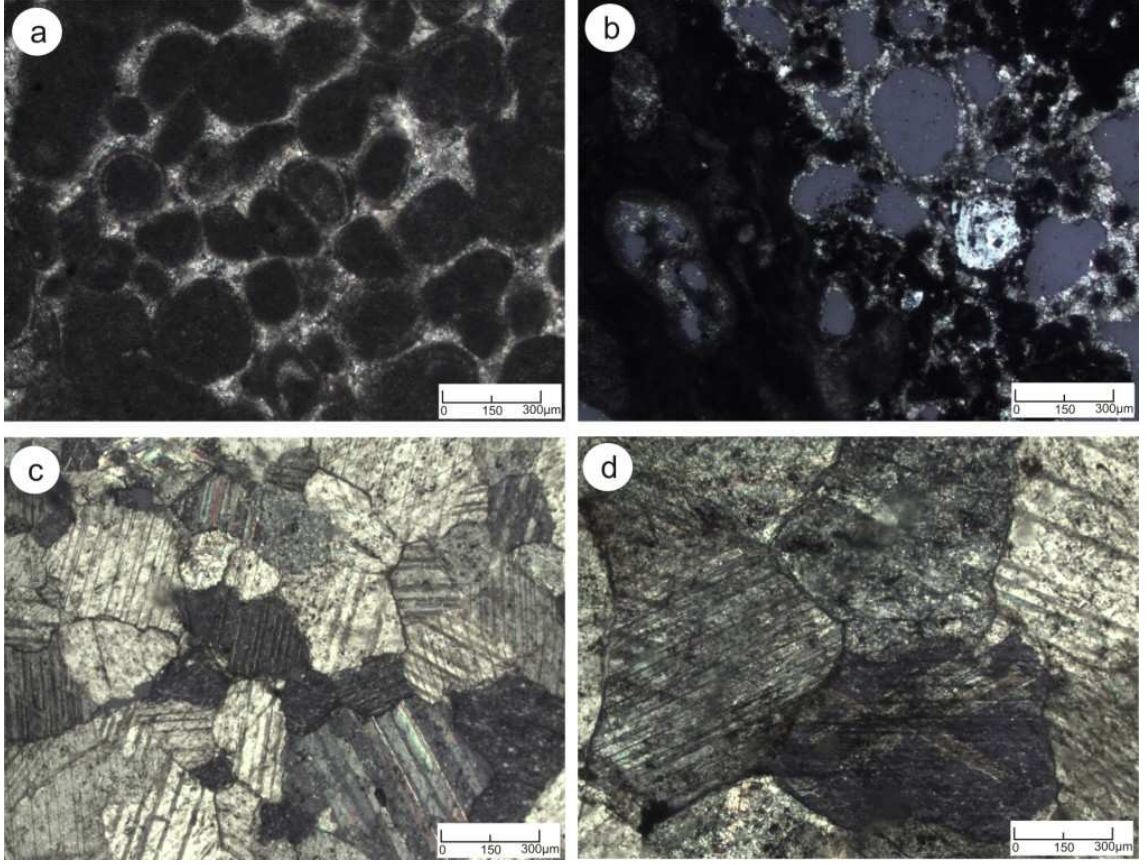
İnceleme alanının güneybatı kesimlerinden alınan örneklerde ise mozaik doku hâkim olup kalsitlerin büyüklüklerinin 0,1 – 0,3 μm arasında değiştiği gözlenmiştir.

Kuzeybatı kesiminden alınan örneklerde; kireçtaşı izlerini taşıyan tipik kristalize kireçtaşı özellikleri gözlenmekte olup, kalsit damarları ile yoğun bir şekilde kesilmiştir (Şekil 2.11.).

2.2.3. Çöpler Granitoyiti

İsmi Çöpler Köyü'nden alan Eosen yaşlı birim, metamorfizmaları ve kireçtaşlarını keserek bölgeye yerleşmiştir. Genellikle pembemsi gri renkli yüzlekler oluşturmaktadır. Birim, yüzeyde ileri derecede bozunmuş olup özellikle Çöpler Köyü'nün güney kısımlarında aşırı derecede killeşme gözlenmektedir (Şekil 2.12.).

Bu birimin açık işletme sahası dışında kalan kısımlarından alınan örnekler ile açık işletme sahası içinden ve sondaj karotlarından alınan örneklerin hem makroskopik hem de mikroskopik olarak 2 farklı dokusal özellik gösterdiği belirlenmiş olup birinci grup örneklerde holokristalin iri kristalli görünüm, ikinci grup örneklerde ise porfirik dokulu görünüm hakimdir. Birinci grup örneklerin temsil ettiği kısmın porfiri sistemin dış kabuğunu, ikinci grup örneklerin ise porfirik dokulu iç kısmı temsil ettiği düşünülmüştür.



Şekil 2.11. a: Bol fosilli kireçtaşı (Örnek No: EIC-78, ÇN), b: ilksel özelliğini korumuş kristalize kireçtaşı (Örnek No: EIC-100, ÇN), c-d: Munzur Kireçtaşı içinde kalsitlerin oluşturduğu mozaik doku (Örnek No: EIC-72, ÇN).



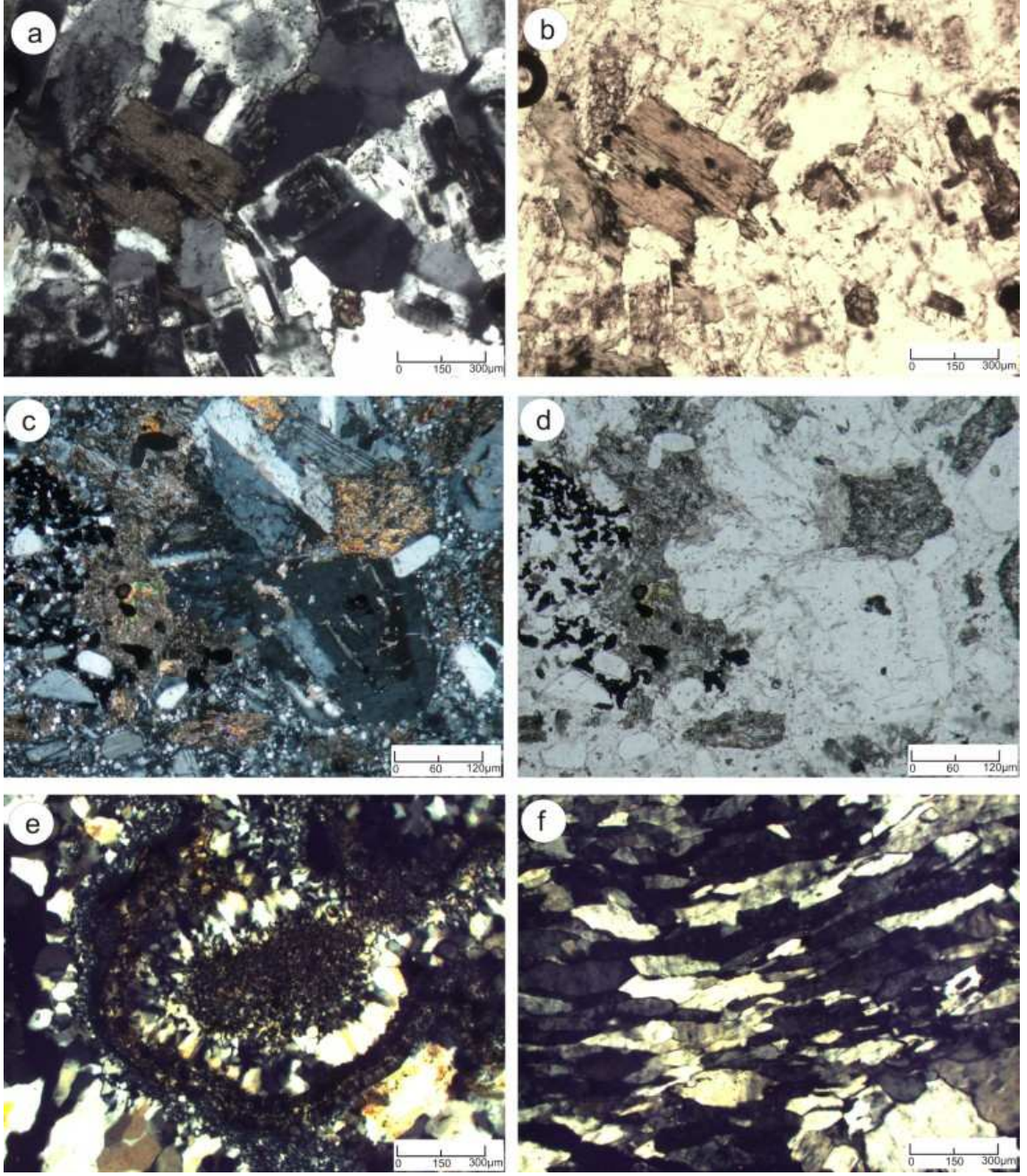
Şekil 2.12. Çöpler Granitoyiti ve Keban Metamorfileri, köyün güneybatısı (kuzeybatıdan bakış).

Yüzeyde, açık işletme sahası dışında kalan kısımlarından alınan örneklerde; kuvars, ortoklaz, plajiyoklaz, ve amfibol (hornblend) grubu mineraller hakimdir. Ayrıca, biyotit, epidot (pistazit-zoisit), klorit, tremolit/ aktinolit, muskovit, granat ve yer yer opak mineraller, tali mineraller halinde yer almaktadır. Holokristalin, hipidiyomorf taneler yapıya sahiptir (Şekil 2.13 a ve b). Killeşmiş ve zonlu dokulu plajiyoklazlar yoğun olarak gözlenmektedir. Belirtilen minerallerin bolluklarına göre önceki çalışmalarda, Streickeisen (1974) sınıflamasında monzonit, monzodiyorit ve diyorit alanlarına düştükleri belirlenmiştir (Efe,1987; Anatolia Minerals Şirketi, 2008). Birimin bu özellikteki kısımlarının, porfiri sisteminin dış kısmını oluşturan iri kristalli, geçirimsiz kabuğu temsil ettiği düşünülmüştür.

Birimin açık işletme sahasında kalan kısımlarından ve sondajlardan alınan karot örneklerinden hazırlanmış incekesitlerinde; kuvars, plajiyoklaz, amfibol (hornblend) grubu mineraller içermektedir. Kayaç holokristalin porfirik dokuya sahip olup ortoklaz (?), hornblend ve biyotit fenokristalleri kuvarslardan oluşmuş küçük kristaller arasında dağılım göstermektedir (Şekil 2.13 c ve d). Ayrıca kırık ve çatlaklarda yoğun kuvars, kalsit, kalsedon, biyotit, amfibol (hornblend) grubu mineraller, dolomit, jips, anhidrit oluşumları mevcuttur. Birim çok sayıda kuvars damarları ile kesilmektedir. Farklı derinliklerden alınan örneklerde sınırlar kesin olmamakla birlikte serizitleşme, karbonatlaşma, silişleşme çok yoğun gözlenmektedir. Yüzeye yakın derinliklerden alınan örneklerde ise levha şekilli ve iri kristalli biyotitlerde kloritleşme, epidotlaşma, skapolitleşme gözlenmektedir. Ortoklazlarda ise killeşme gözlenmektedir. Plajiyoklazlar da ani soğumayı gösteren zonlu dokuların çok yoğun olarak gözleendiği ve yer yer serizitleşmenin hakim olduğu gözlenmektedir. Cevherleşme ile ilişkili kuvars damarlarında kalsedon ve kolloform (jel) dokuları mevcut olup sıcak sulu çözeltilerden itibaren oluşmuşlardır (Şekil 2.13 e). Ayrıca, bazı örneklerde yüzeysel koşullarda oluşmuş jipsler gözlenmektedir (Şekil 2.13 f).

2.2.4. Jasperoidler

İnceleme alanında, siyah ve kırmızımsı renklerde gözlenen demir ve silisce zengin oluşumlar jasperoid olarak adlanmışlardır (Şekil 2.14.- 2.15.). Özellikle Çöpler Köyü'nün 400-500 metre güneyinden geçen, yaklaşık doğu-batı doğrultulu Çöpler Fayına paralel bir hat üzerinde dizilmiş, üç tanesi büyük olmak üzere çok sayıda merceksi kütleler şeklinde gözlenmektedir.



Şekil 2.13. a-b: Çöpler granitoyitinin kenar kısımlarından alınmış örneklerde holokristalin hipidiyomorf taneseli doku (Örnek No: EIC-35, ÇN-TN), c-d: Çöpler granitoyitinin iç kısımlarından alınmış örneklerde gözlenen holokristalin porfirik doku (Örnek No: EIC-125a, ÇN-TN), e: Kolloform (jel) dokusu ve kalsedon oluşumları (Örnek No: EIC-11, ÇN) ve f: Yüzeysel bozunmaya bağlı olarak oluşmuş jipsler (Örnek No: EIC-30, ÇN),



Şekil 2.14. Sert çıkıntılar halinde gözlenen jasperoidler (Çöpler Fayı üzerinde, köyün batısında, doğudan bakış)



Şekil 2.15. Şekil 2.14'teki jasperoidlerin yakından görünümü

2.3. Tektonik

Bölgede, Üst Kretase sonlarında başlayan ve Eosen sonrasına kadar faaliyet gösteren sıkışma tektoniğine bağlı olarak bindirme fayları gelmiştir. Bu sıkışma tektoniğine bağlı olarak Keban Metamorfikleri, Munzur Kireçtaşı ve Divriği Ofiyolitli Karışığı inceleme alanının bindirmeli yapısını oluşturmaktadır.

Çalışma alanın doğusunda Sabırlı Köyü yakınlarında sıkışma rejime bağlı olarak Munzur kireçtaşları üzerine gelen ofiyolitik kayaçların dokunağında Sabırlı Bindirmesi gelişmiştir.

Çöpler bölgesinde kuzeydoğu-doğu doğrultulu normal faylar hakim olup köyün güneyinden geçen K70-85D doğrultulu 80 KB Çöpler Fayı ile çalışma alanın yaklaşık güneybatısında yer alan K40-60D doğrultulu 85 GD eğimli diğer bir fay inceleme alanı içinde ki önemli yapısal unsurları oluşturmaktadır.

3. MADEN JEOLJİSİ

3.1. Bilinen Yatakların Dağılımı ve İsimlendirme

İnceleme alanı içinde ve yakın çevresinde; altın, mangan, bakır ve krom cevherleşmeleri bulunmaktadır. Bu çalışmada yalnızca yöredeki altın cevherleşmesi incelenmiştir.

Çalışma alanı çevresinde yer alan mangan, demir ve krom yatakları Efe (1987) tarafından tepe veya mevki isimleri kullanılarak; Acıkavak, Belen Tepe, Ağbaba, Yeniçeşme Demir Yatakları, Çöpler Mangan Yatağı ve Çaltı Krom Yatağı şeklinde isimlendirilmişlerdir.

Çöpler Altın Yatağı'nda bulunan cevherli kısımlar; İşletmeciler Şirketi çalışanları tarafından Çöpler Granitoyiti ile Munzur kireçtaşı dokunağı boyunca; mangan yatağının olduğu kısım (Mangan Yatağı zonu), ana cevherleşmenin geliştiği kısım (ana zon) ve son olarak kristalize kireçtaşlarının yoğun olduğu kısım (mermer zonu) şeklinde 3 farklı zona ayrılmıştır.

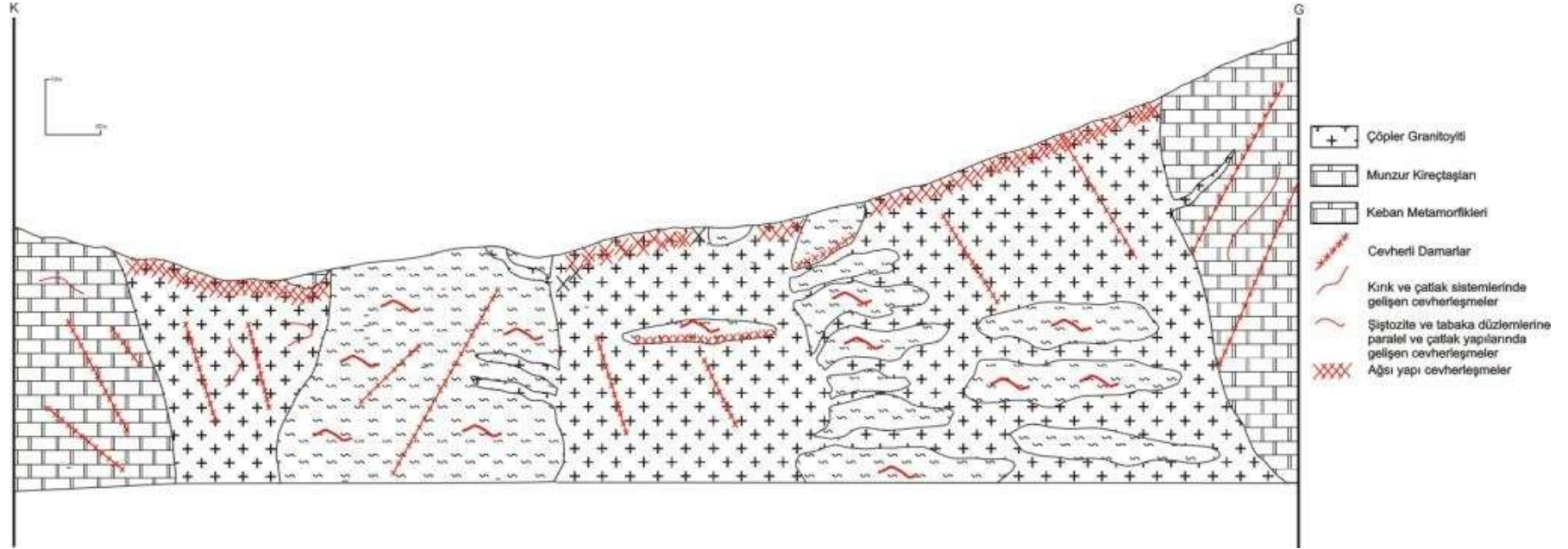
Çöpler Köyü'nün kuzeybatısında ve güneydoğusunda olmak üzere kireçtaşları ile Çöpler Granitoyiti'nin dokunağında iki adet mangan cevherleşmesi bulunmaktadır (Şekil 3.1). Bu iki mangan cevherleşmesinden alınan örnekler üzerinde yapılan petrografik incelemelerde skarn minerallerine rastlanılmamıştır Köyün güneybatısında yer alan mangan cevherleşmesini Efe (1987) Çöpler Granitoyiti ile ilişkili olmadığını, gözlemlendiği alanda fay boyunca gelişen lateral segregasyon süreciyle oluşmuş damar tipi bir yatak olduğunu belirtmiştir. Sahada, bulunan curuf malzemeleri dikkate alınırsa bölgede yıllar öncesine dayanan madencilik faaliyetlerinin olduğu söylenebilmekte ve bu faaliyetlerin sonuncusunun 1964 – 1992 yılları arasında bir maden firması tarafından gerçekleştirildiği bilinmektedir.

3.2. Yataklanma Şekli ve Yapısal Özellikleri

İnceleme alanı içinde altın cevherleşmeleri; Çöpler Granitoyiti, Keban Metamorfikleri ve Munzur kireçtaşı içinde kılcal çatlaklar ve tabaka ve/veya şistozite düzlemleri boyunca gelişmiş damarlar ve damarcıklar şeklinde oldukça geniş bir alanda yayılım göstermektedir (Şekil 3.2). Bu durum, granitoyitik kütlede dış kısmında hidrotermal çözeltilerin dışarı kaçmasını önleyecek geçirimsiz kabuğun tam olarak gelişmediğini ve hidrotermal çözeltilerin içeriklerini granitoyitik kütle içinde ve dışında,



Şekil 3.1. Kireçtaşları ile Çöpler Granitoyiti dokunağında gözlenen mangan cevherleşmesi (Çöpler Köyü güneydoğusu (Mangan Yatağı Zonu).



Şekil 3.2. İnceleme alanında cevherleşmenin yayılımını ve yataklanma şekillerini gösteren temsili kesit.

yukarıda belirtilen yerlerde, oldukça geniş bir hacim içinde çökelttiklerini göstermektedir. Yöredeki altın yatağı, dış görünüş olarak oldukça düzensiz şekilli ve büyük boyutlu porfiri tip bir Au yatağı olarak nitelenebilir.

Cevherli zonlar, yüzeyde ileri derece bozunmuş olup limonitleşme ve yan kayaçlarda killeşme yaygın bir şekilde gözlenmektedir. Yer yer Cu- oksitli (malahit, azurit) oksidasyon zonunu temsil eden mineral oluşumları da gözlenmektedir. Bu oluşumlar yüzeyde sarı, kahverengi ve yeşilimsi renkte gözlenmektedir (Şekil 3.3).

Granitoyitik kütlelerin dış kabuk kısmında oluşan pirit, arsenopirit, kalkopiritlerden oluşan ağsı (stockwork) yapıli cevher ileri derece alterasyona rağmen yer yer korunmuştur (Anatolia Minerals Şirketi, 2008). Metamorfitlelerin granitoyitik kütle ile yakın sınırlarında oluşan ağsı (stockwork) yapıli cevherler ise ana (main) zon olarak isimlendirilen alanda yapılan sondaj karotlarında gözlenmektedir (Şekil 3.4).

Keban Metamorfitlelerinin kırık ve çatlak sistemleri içerisinde geçen hidrotermal çözeltilerin yan kayaçlar ile etkileşimi sonucunda tabaka ve/veya şistozite düzlemleri boyunca cevher minerallerine eşlik eden skarn mineralleri olarak tanımlanan epidot (pistazit-zoisit), tremolit, granat, hornblend ve skapolit gibi skarn mineralleri oluşmuştur (Şekil 3.5).

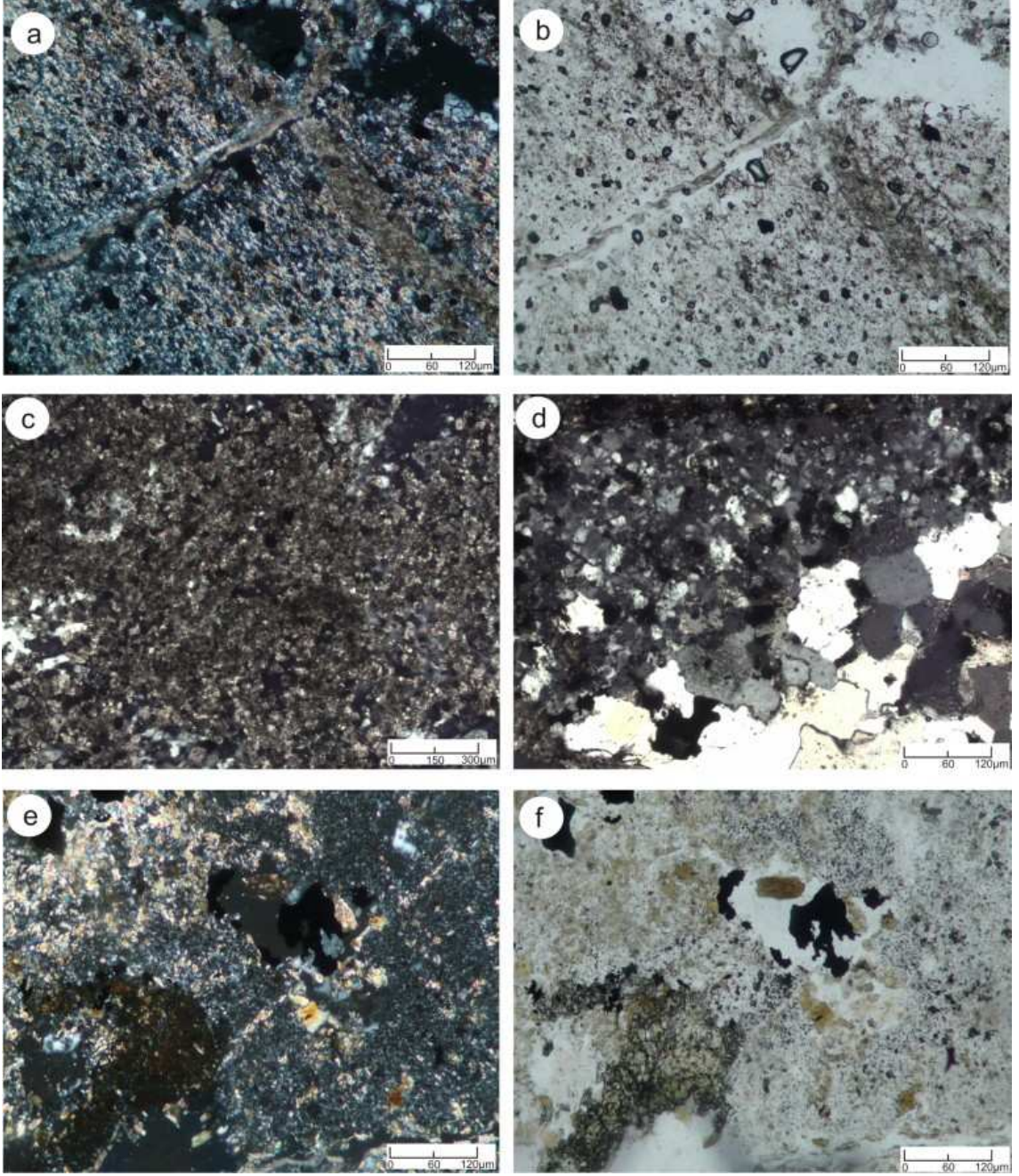
Munzur Kireçtaşları'nın cevherli olduğu düşünülen kısımlarından alınmış örneklerde az miktarda pirit gözlenmiş olup diğer cevher mineralleri, kalsit dışında gang mineralleri ve altın gözlenememiştir.



Şekil 3.3. Cevherleşme yüzeylerinde gözlenen malahit ve azuritli kısımlardan bir görünüm (Açık işletme sahası).



Şekil 3.4. Metamorfitlet içinde gelişmiş ağsı yapılı cevherin karot örneklerinde görünümü.



Şekil 3.5. a-b-c-d: Fillitik Keban Metamorfitlet içinde şistozite düzlemleri boyunca oluşmuş klorit-epidot (pistazit-zoisit) ve opak mineraller (Örnek No: EIC-66, ÇN-TN), e-f: Metamorfitlet içindeki kırık çatlak sisteminde oluşan hornblend grubu mineraller ve iri kristalli kuvarslar (Örnek No: EIC-123, ÇN-TN).

3.3. Hidrotermal Alterasyon

İnceleme alanı yüzeyi gerek tektonik faaliyetlerin gerekse atmosferik koşullar altında kalarak ileri derecede yüzeysel (süperjen) alterasyona uğraması, karotlardan alınan örneklerde ise hidrotermal (hipojen / derinsel) alterasyon zonlarını temsil eden mineralizasyonun birbiri içerisine girmesi nedeniyle alterasyon zonlarını temsil eden sınırlar kesin olarak belirlenememiştir. Sahada faaliyet gösteren şirket çalışanlarının izni ile karotlardan ve yüzeyde açmış oldukları yarmalardan alınan sınırlı sayıda örneklerde profiri sistemlerde gelişen alterasyon zonları (propilitik zon, arjilit zon, fillik zon, potassik zon, K-silikat zon) belirlenmeye çalışılmıştır.

Mikroskopik incelemelerde; yoğun olarak serizitleşme, karbonatlaşma, kloritleşme ve silişleşme gözlenmiştir (Şekil 3.6 a,b,c ve d). Gang minerallerine eşlik eden cevher minerallerinden piritler saçınım ve damarlar şeklinde gözlenmektedir. Yer yer anhidrit ve jips damarcıkları da gözlenmektedir.

Alterasyon zonlarını temsil eden bu özelliklerin incelenen bütün örneklerde gözlenmesi, zonlara ait sınırların birbiri içerisine girdiğini göstermektedir.

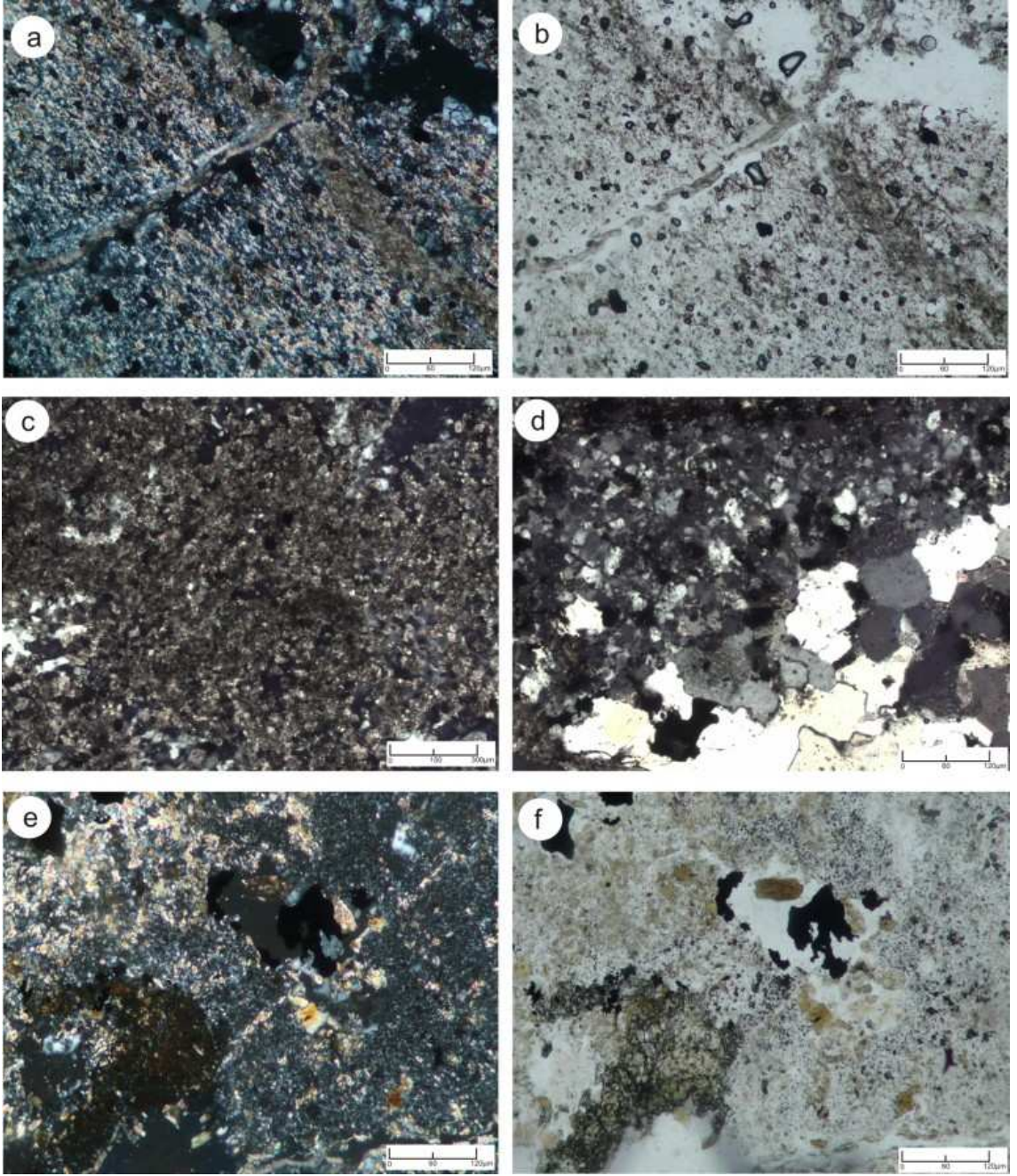
Kuvars damarları içerisinde gözlenen ikincil biyotitler ve ortaklazlar K-silikat alterasyon zonun karakteristik mineralleri olarak nitelenmişlerdir (Şekil 3.6 e ve f).

3.4. Cevherleşmenin Mikroskopik Özellikleri

3.4.1. Minerolojik Bileşim ve Dokusal Özellikler

Yukarıda belirtildiği gibi, arazi çalışmaları sırasında, cevherli zonların ileri derecede yüzeysel bozunmaya uğradıkları ve limonitleşmiş sarımsı kahverengimsi zonlar şeklinde yüzeyledikleri gözlenmiştir. Ayrıca yer yer malahit ve azurit içeren oluşumlar da gelişmiştir. Dolayısıyla yüzeyden alınan örneklerde sülfürlü mineraller gözlenememektedir.

Açık işletme sahasından ve sondaj karotlarından bozunmamış örnekler alınmaya çalışılmış ve bu örneklerin ince kesitleri ve parlatma blokları hazırlanarak incekesitler alttan ve parlatmalar ise üstten aydınlatmalı polarizan mikroskop yöntemleri ile incelenmeye çalışılmıştır.



Şekil 3.6. a-b: Serizitleşme ve ince damarcık şeklinde kalsit damarı (Örnek No: EIC-27, ÇN-TN), c: Karbonatlaşma (Örnek No: EIC- 27 ÇN), d: Silisleşme (EIC-69 ÇN) e-f: Opak mineraller ve ikincil biyotitler (Örnek No: EIC-48, ÇN-TN).

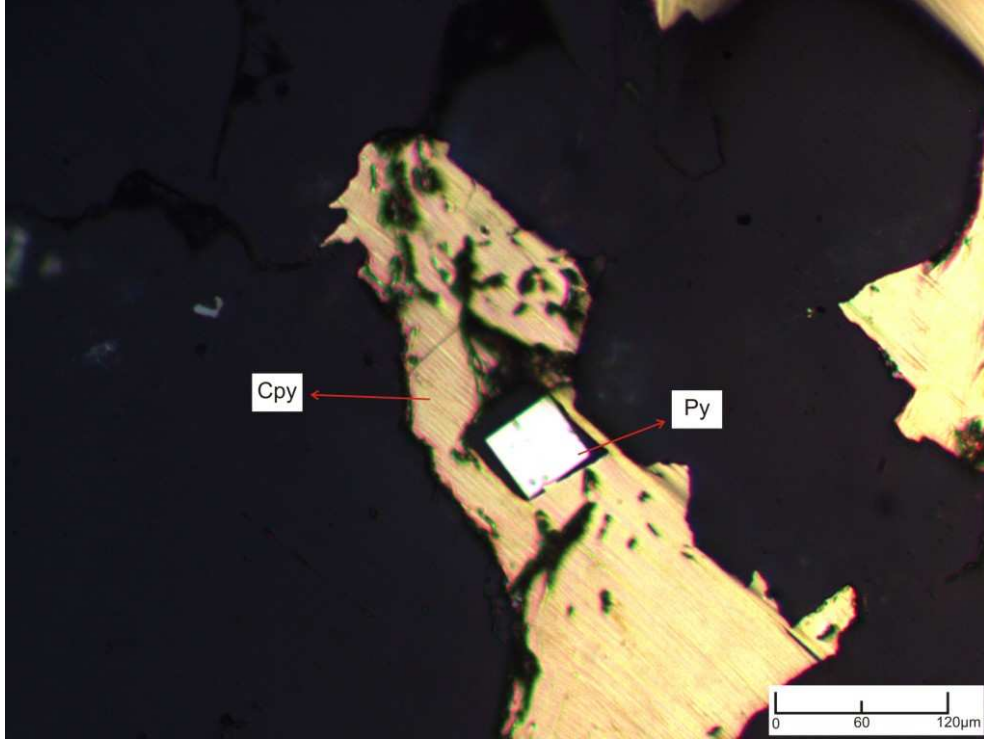
Cevherleşmenin geliştiği granitoyitik kütle ve metamofitlerin cevherli kesimlerinden alınan örneklerde cevher minerali olarak; pirit, kalkopirit, galenit, fahlerz (tennantit, tetrahedrit), markazit, limonit, götit, lepidokrozit, bornit, nabit altın, bravoit pirit, gang minerali olarak ise kuvars ve kalsit belirlenmiştir. Yan kayaçlardan alınan örneklerde de manyetit, spekülartik hematit ve pentlandit gözlenmiştir. Saptanan cevher minerallerinin gang mineralleri ile olan ilişkileri ve yan kayaçlarda gözlenen manyetit, spekülartik hematit ve pentlandit ayrı başlıklar halinde özetlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca mangan yatağı zonu olarak isimlendirilen alanda örpiment/ realgar gözlenmiştir.

Piritler (FeS_2); beyazımsı sarı renkli, küçük kristaller şeklinde olup incelenen parlatma bloklarında en bol gözlenen minerallerdir. Çok küçük kristalli olanlar genellikle öz şekilli ve yarı özşekilli olup kırık ve çatlak içermemektedir. İri kristalli olanlar ise genellikle özşekilsiz olup bol kırıklı - çatlaklı ve kataklastik dokuludurlar. Bu özellikler piritlerin 2 ayrı evrede oluştuklarını ve ikinci tip piritlerin erken evrede oluştukları yan kayaç içerisinde aksesuar minerali ve deformasyon geçirdikleri, birinci tip piritlerin ise deformasyondan daha sonra geç evrede oluştukları düşünülebilir (Şekil 3.7.). Kayaç içerisinde gang mineralleri tarafından kuşatılmış ve/veya kristal sınırlarında kenarlarından itibaren ornatılarak kristal kenarları yuvarlaklaşmıştır.

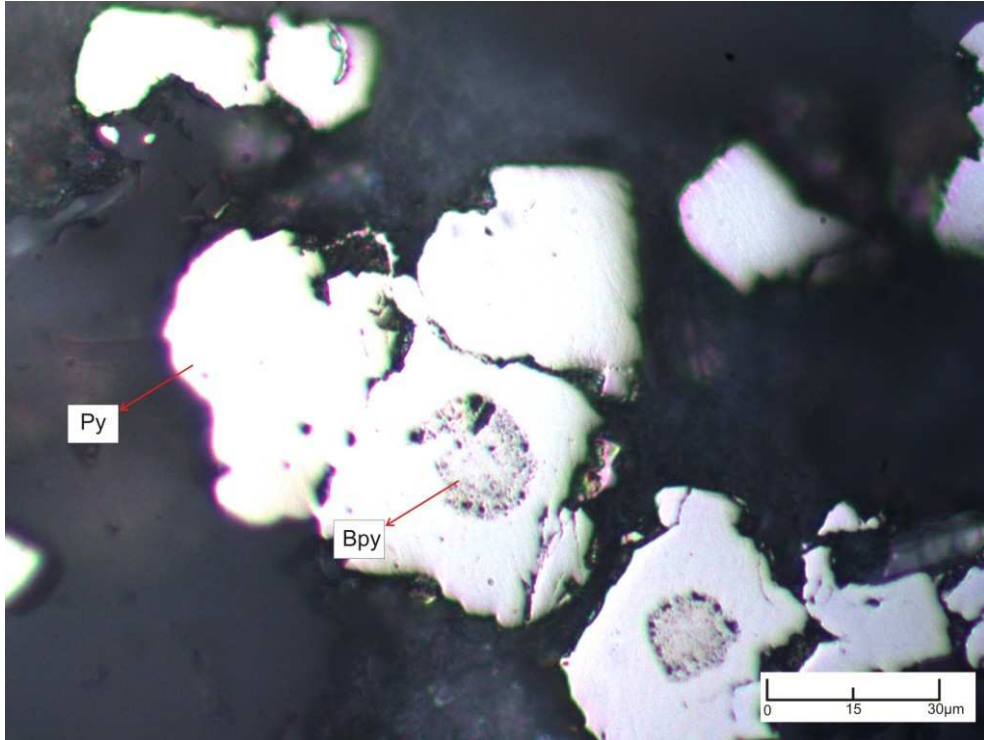
Örneklerde genellikle gang mineralleri tarafından kuşatılan piritlerin erken evrede, bazı örneklerde gang minerallerinin arasını doldurmuş şekilde gözlenen piritlerin ise geç evrede gang minerallerinden sonra oluştuğunu düşünülmektedir. Metamofitler ve kristalize kireçtaşlarından alınan örneklerde ise piritlerin kırık ve çatlak zonlarında zenginleştiği incelemeler sonucunda belirlenmiştir.

Çok ender olarak gözlenen kimyasal farklılaşma sonucunda gelişen bravoitik piritler incelemeler sırasında iri kristalli piritler içerisinde yer almaktadır. Yer yer piritler de ikizlenmeler de gözlenmektedir. (Şekil 3.8.). Ayrıca fahlerz ile kolloform (jel) doku oluşturmakla birlikte çok nadir de olsa birbiri içerisine girmiş iskelet yapısı da gelişmiştir (Şekil 3.9.-3.10.).

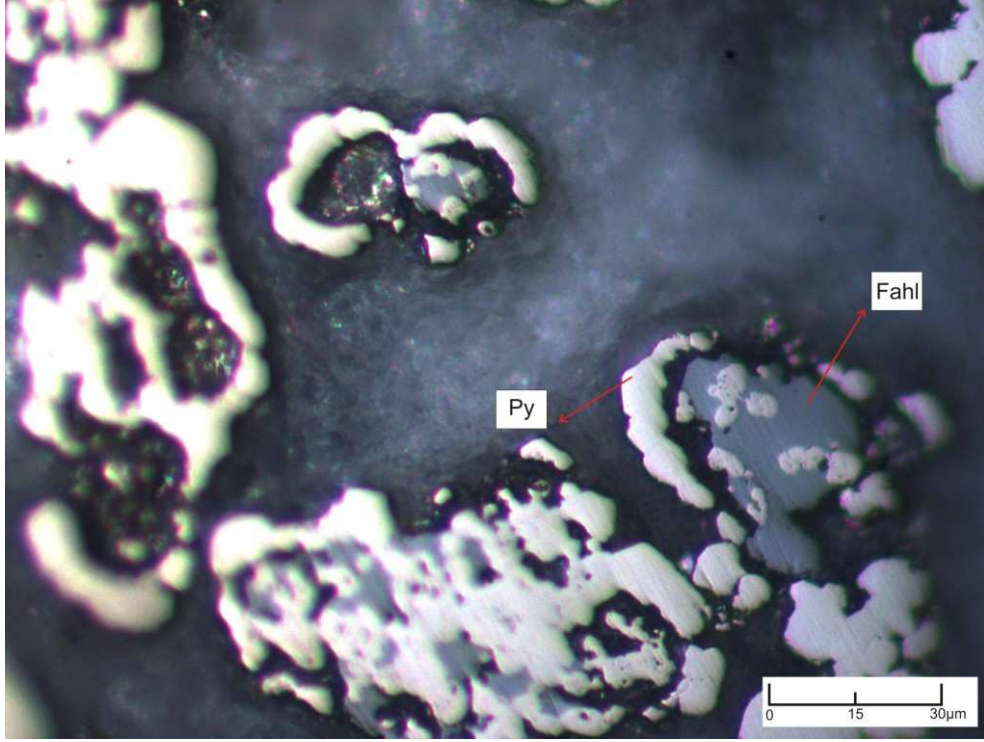
Kalkopirit (CuFeS_2); piritlerden sonra bol miktarda gözlenen bu mineral sarı renkli, öz şekilsiz kristaller halinde gözlenmekte olup piritler de olduğu gibi erken ve geç evre olmak üzere iki evrede oluşmuşlardır. Erken evrede oluşan kalkopiritler gang mineralleri tarafından kesilmekte ve deformasyon etkisiyle yer yer sünümlü bir



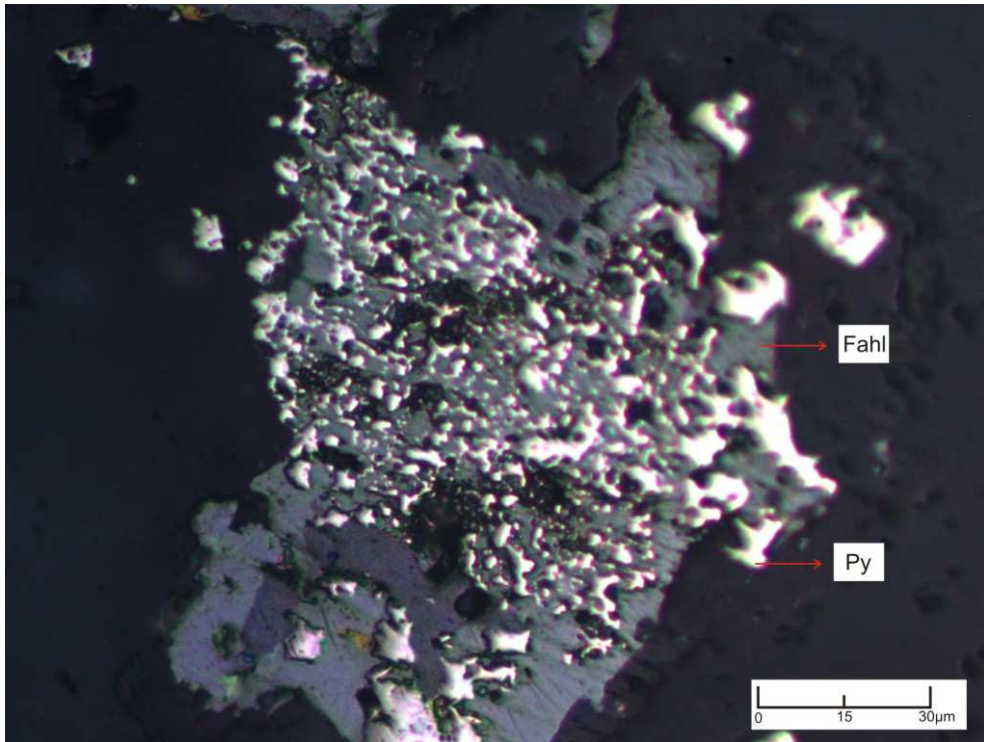
Şekil 3.7. Kalkopirit içerisinde kristal kenarları korunmuş pirit (Örnek No: EIC-2, parlatma, Cpy: Kalkopirit, Py: Pirit)



Şekil 3.8. Piritler tarafından kuşatılmış brovoit piritler (Örnek No: EIC-35, parlatma, Py: Pirit, Bpy: Bravoit Pirit)



Şekil 3.9. Kalkopirit ve fahlerzlerin oluşturduğu kolloform doku (Örnek No: EIC-35, parlatma, Fahl: Fahlerz, Py: Pirit)



Şekil 3.10. Pirit ve fahlerzlerin birbiri içerisine girerek oluşturdukları iskelet yapısı (Örnek No: EIC-37, parlatma, Fahl: Fahlerz, Py: Pirit)

görünüm sunmaktadır. Yer yer kalkopiritlerin geç evrede gelişen gang mineralleri (kuvars) tarafından kesildikleri gözlenmektedir (Şekil 3.11, 3.12.). Geç evrede gelişen kalkopiritler ise genellikle kristal sınırlarında ve çatlaklarda gelişmiş olup çok nadir olmakla birlikte iri kristaller halinde bulunan levha şekilli (biyotit) minerallerin dilinim düzlemleri boyunca da gözlenmektedir (Şekil 3.13).

Markazit (FeS_2); ıslık sarısı-krem-açık kahve- yeşilimsi renkli özşekilsiz kristaller halinde gözlenen erken evrede gelişenler diğer sülfürlü mineralleri ile birlikte, geç evrede gelişenler ise kırık ve çatlaklarda oluşmuşlardır. İri kristalli olanlarının yüzeyleri pürüzlü küçük kristalli olanları ise pürüzsüz yüzeyleri olduğu belirlenmiştir. Bazı minerallerde refleksiyon pleokroyizması rahatlıkla gözlenebilmektedir (Şekil 3.14.).

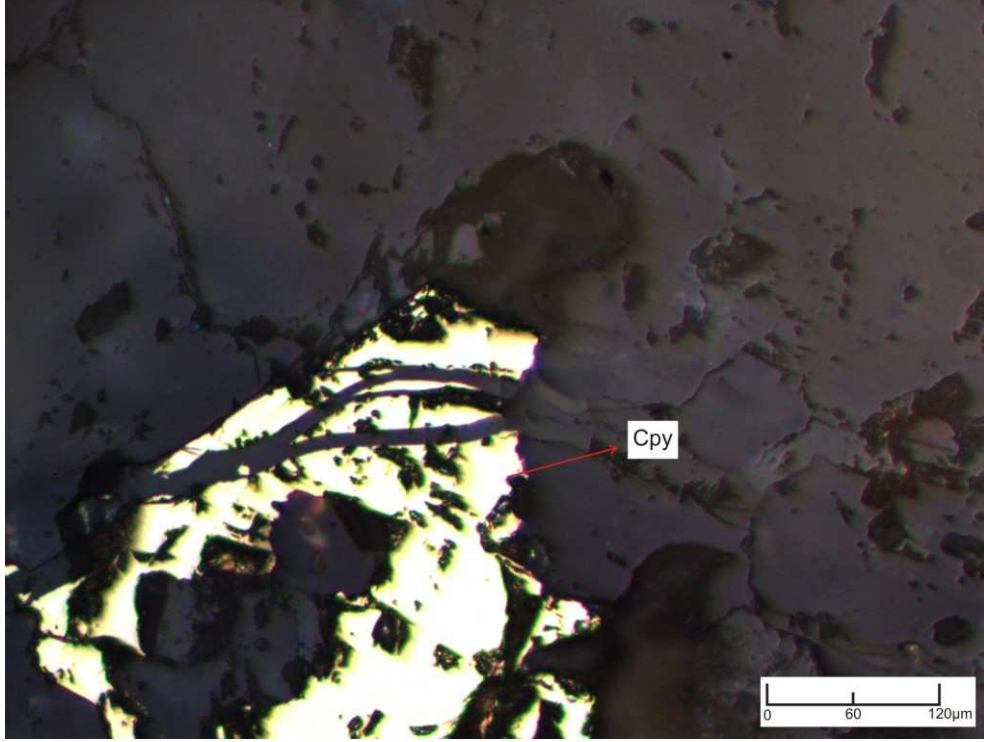
Galenit (PbS); gri-beyaz renkte olup, özşekilsiz kristaller halindedir. Ender olarak fahlerz içerisinde kapanımlar şeklinde gözlenmek olup, dilinim düzlemleri boyunca gelişen deformasyon sonucunda üçgen yapılar yaygın bir şekilde gözlenebilmektedir.

Fahlerz ($\text{Cu}_3(\text{Sb, As})\text{S}_3$); zeytin yeşili-gri renkli tennantit ve yeşilimsi-kahverenkli tetrahedrit türleri özşekilsiz kristaller halinde bulunurlar. Yer yer galenitlerin boşluklarında gelişmiş olup piritler ile iç içe geçmiş iskelet yapıları oluşturmaktadırlar (Şekil 3.15.).

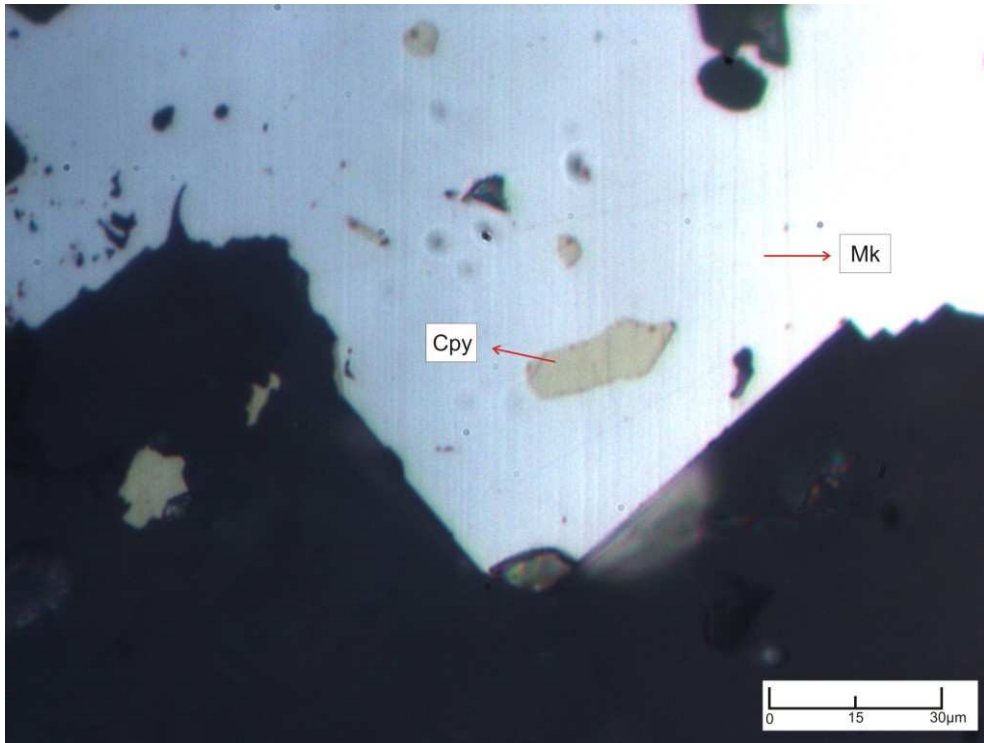
Nabit Altın (Au); koyu sarıdan açık sarıya değişen renklerde yüksek parlaklıkta ve çok küçük kristaller şeklinde, genellikle gang minerallerince kuşatılmış kristaller halinde, ayrıca yer yer yine gang minerallerince kuşatılmış kayaç parçacıkları içerisinde çok ender olarak gözlenmektedir (Şekil 3.16.-3.17.).

Bornit (Cu_5FeS_4); pembemsi kahverenkli olan mineral özşekilsiz kristaller halinde çok nadir kalkopiritlerle bir arada gözlenmektedir (Şekil 3.18.).

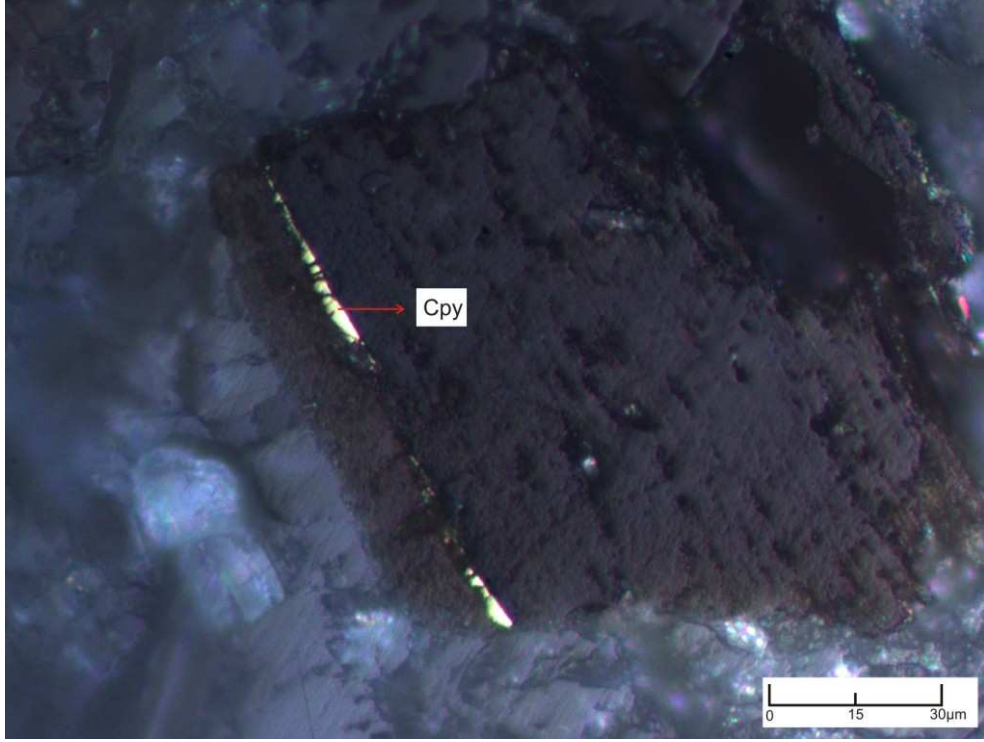
Manyetit (Fe_3O_4); pembemsi gri renkli özşekilsiz kristaller halindedirler. Kesit içerisinde genellikle kataklastik yapıda olan manyetitler maghemitleşme ve ona eşlik eden martitleşme şeklinde altere olmuşlardır. Bunların yanı sıra yer yer götit ve lepidokrozitlerde mevcuttur. Levha şekilli minerallerin dilinimlerinde maghemitleşmiş manyetitler gözlenmiştir. Ayrıca kırık ve çatlaklarda yer yer limonit gözlenmektedir (Şekil 3.19.).



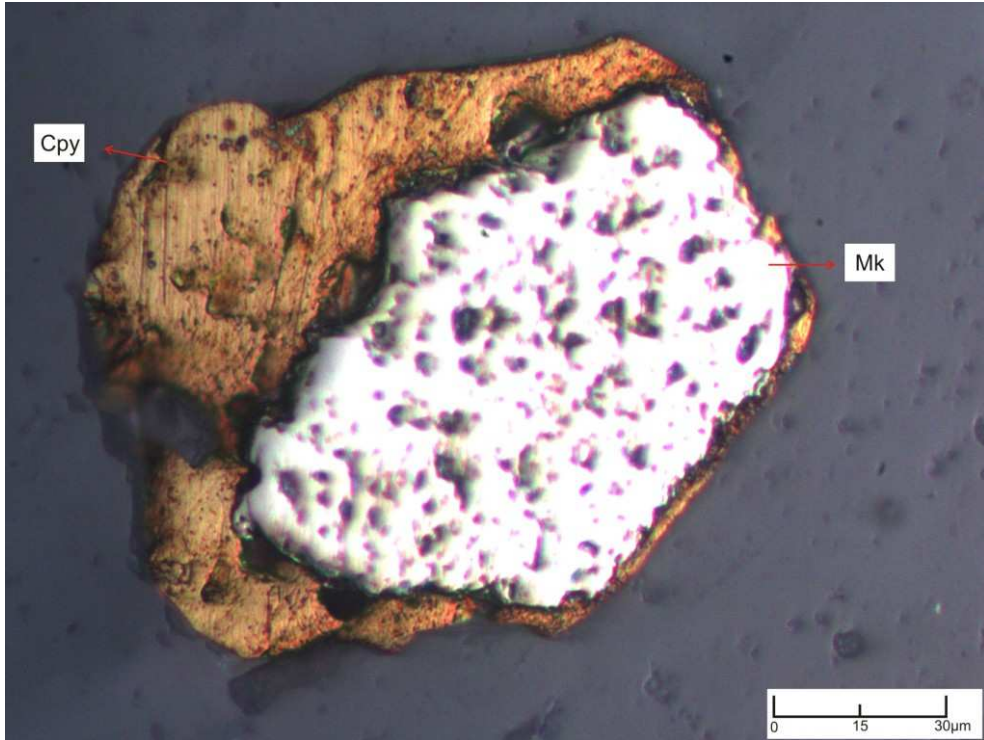
Şekil 3.11. Gang mineralleri tarafından kesilen kalkopirit (Örnek No: EIC-2, parlatma, Cpy: Kalkopirit)



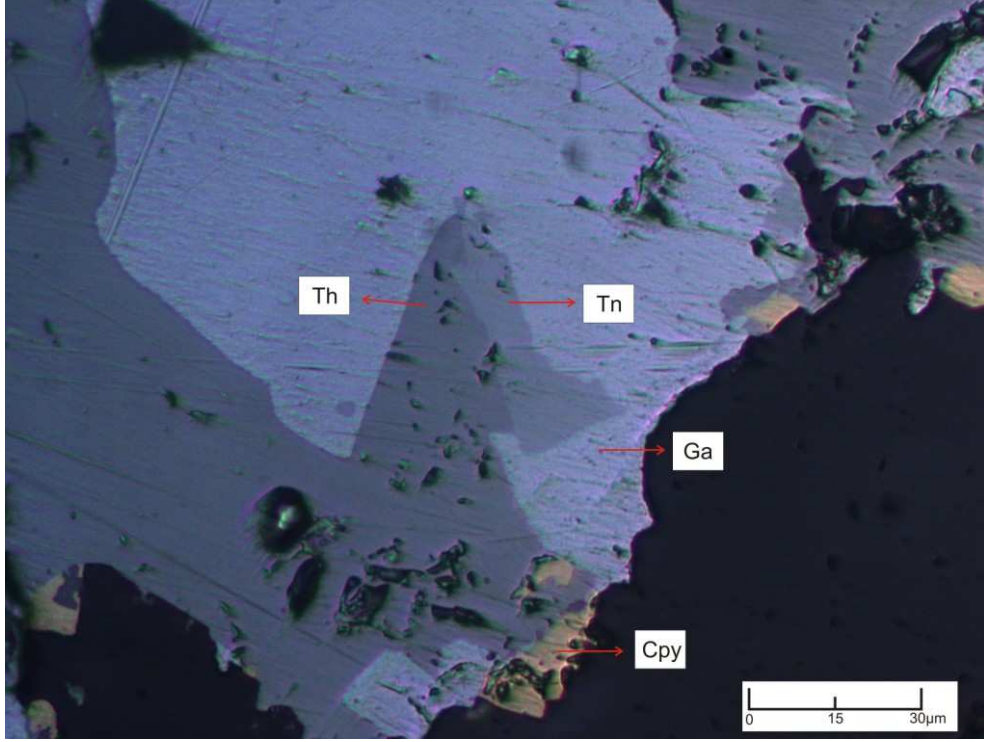
Şekil 3.12. Markazit içerisinde kalkopiritler (ayrışım veya kapanım) (Örnek No: EIC-53, parlatma, Cpy: Kalkopirit, Mk: Markazit)



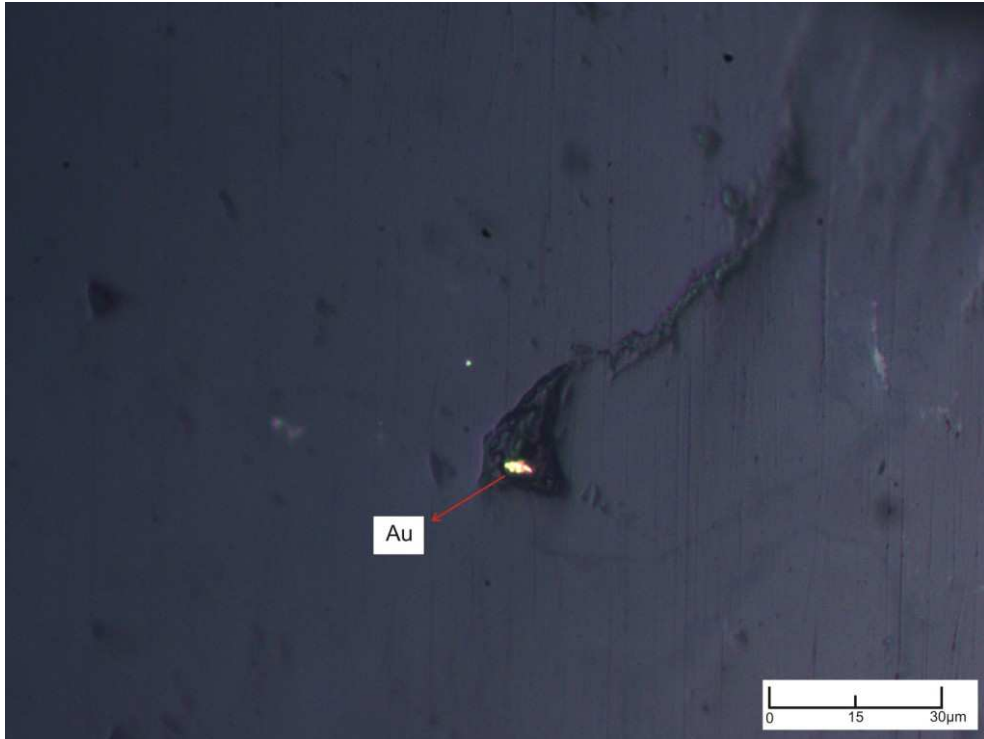
Şekil 3.13. Levha şekilli gang mineralinin dilinim düzlemi boyunca oluşmuş kalkopirit (Örnek No: EIC-61, parlatma, Cpy: Kalkopirit)



Şekil 3.14. Kalkopirit tarafından kuşatılmış markazit (Örnek No: EIC-69, parlatma, Cpy: Kalkopirit, Mk: Markazit)



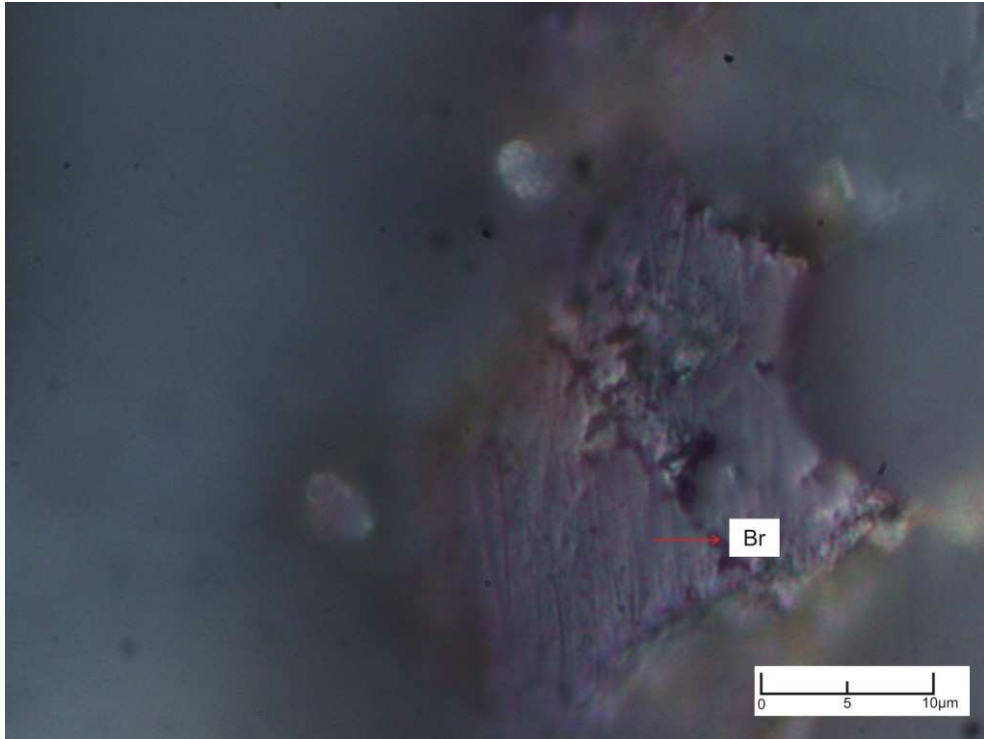
Şekil 3.15. Fahlerz (Tennantit-Tetrahedrit)'in galenit ve kalkopiritler içerisinde yerleşmesi. (Örnek No: EIC-38, parlatma, Th: Tetrahedrit, Tn: Tennantit, Ga: Galenit, Cpy: Kalkopirit)



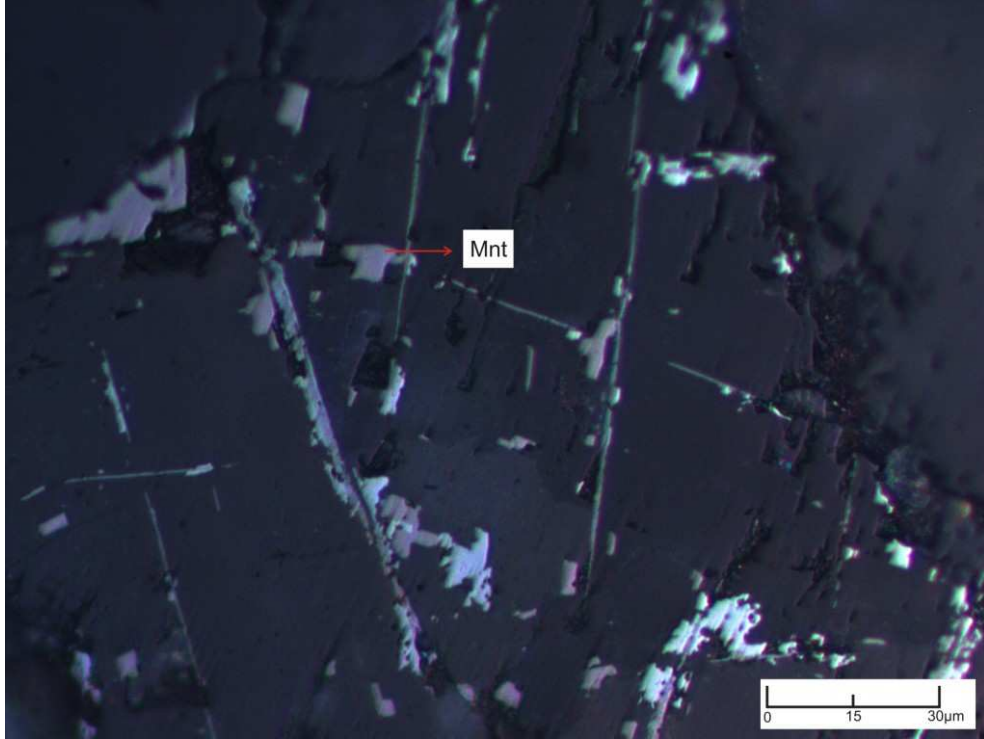
Şekil 3.16. Kılcal çatlaklar içerisinde yerleşmiş nabit altın (Örnek No: EIC-2, parlatma, Au: Nabit altın)



Şekil 3.17. Gang mineralleri içerisinde gözlenen nabit altın (Örnek No: EIC-17, parlatma, Au: Nabit altın)



Şekil 3.18. Az miktarda da olsa gözlenen bornitlerden bir görünüm (Örnek No: EIC-69, parlatma, Br: Bornit)



Şekil 3.19. Yan kayaç içerisinde levha şekilli minerallerin dilinim düzlemleri boyunca gözlenen maghemitleşmiş manyetitler (Örnek No: EIC-62, parlatma, Mnt: Manyetit)

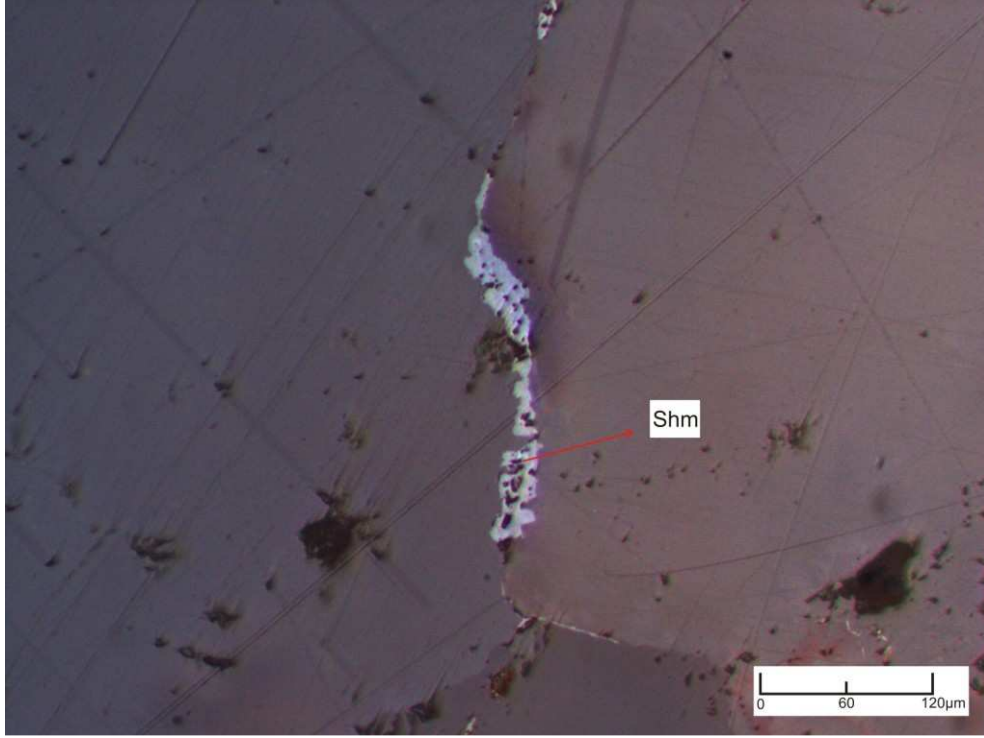
Spekülar Hematit (Fe_2O_3); Parlak metalik yansıması olan mavi-gri renkli küçük kristaller halinde bulunmaktadır. Gang minerallerinin içerisinde, kristal sınırlarına ve yer yer markazitler içerisinde yerleşmişlerdir (Şekil 3.20.-3.21.).

Pentlandit ($(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$); açık krem renkli olan mineral, özşekilsiz kristaller halinde gözlenmekte olup kalkopirit ve markazit ile bir arada gözlenmektedir (Şekil 3.22.).

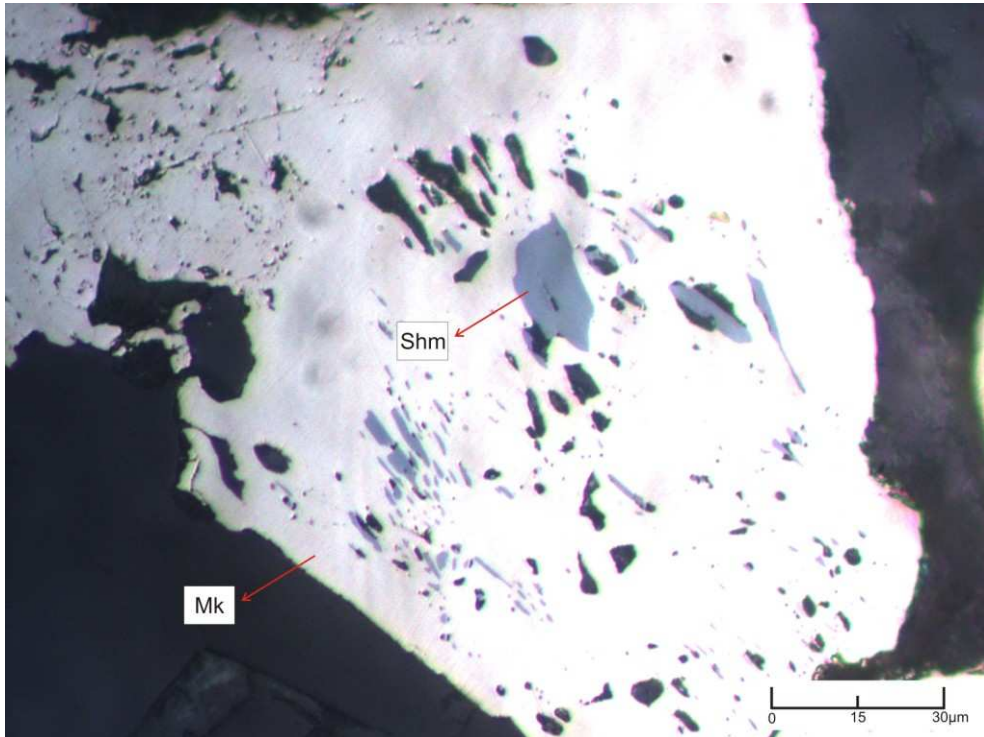
3.4.2. Süksesyon

Cevher damarlarında, cevher minerali olarak pirit, kalkopirit, galenit, fahlerz (tennantit, tetrahedrit), markazit, limonit, götit, lepidokrozit, bornit, nabit altın, bravoit pirit, gang minerali olarak kuvars ve kalsit mineralleri, yan kayaçlardan alınan örneklerde de manyetit, spekülaritik hematit ve pentlandit gözlendiğini önceki bölümde anlatılmıştır.

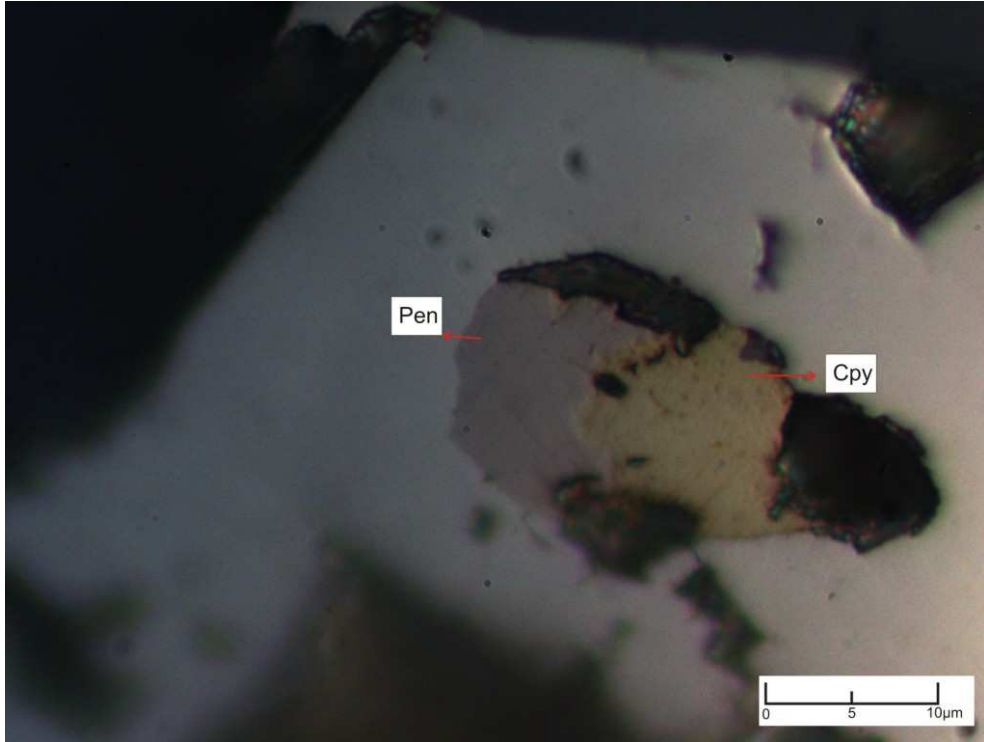
Ana cevher minerallerinin oluşum sırası (süksesyon); erken evrede pirit I – kalkopirit I – markazit I – fahlerz (tennantit – tetrahedrit) – galenit, geç evrede ise pirit II – kalkopirit II – markazit II şeklinde olduğu söylenebilir. Altın ise hazırlanan parlatma örneklerinde çok az sayıda gözlenmiş olmakla birlikte ana cevher mineralleriyle olan sınır ilişkileri gözlenemediğinden süksesyonda yeri belirlenememiştir. Genellikle erken ve geç evrede gelişen kuvars damarları içindeki kristal sınırlarında olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3.20. Kristal sınırlarında gelişmiş spekülartik hematit (Örnek No: EIC-56, parlatma, Shm: Speküler Hematit)



Şekil 3.21. Markazitler içerisinde gelişmiş spekülartik hematit. (Örnek No: EIC-5, parlatma, Mk: Markazit, Shm: Speküler hematit)



Şekil 3.22. Yan kayaç içerisinde pentlandit ve kalkopirit. (Örnek No: EIC-63, parlatma, Pen: Pentlandit, Cpy: Kalkopirit)

4. SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ

Sıvı kapanımları, mineraller oluşurken kristal yapı içinde hapsolmuş çözeltilerdir. Mineral oluşturunca çözeltileri temsil edici örnekler oldukları için, sıcak ve soğuk sulu çözeltilerden itibaren oluşmuş minerallerin ve/veya cevherleşmelerin oluşum koşullarının ve kökenlerinin araştırılmasında oldukça yararlı bilgiler ortaya koymaktadırlar.

4.1. Örnek Seçimi ve Yöntem

Sıvı kapanım incelemeleri, cevher damarlarından alınan örneklerdeki kuvars kristalleri üzerinde yapılmıştır. EIC-33-45-13 nolu örnekler Çöpler Granitoyiti içindeki kuvars damarlarından, EIC-36-51-61-62-65 nolu örnekler ise Keban Metamorfikleri içerisindeki kuvars damarlarından alınmışlardır.

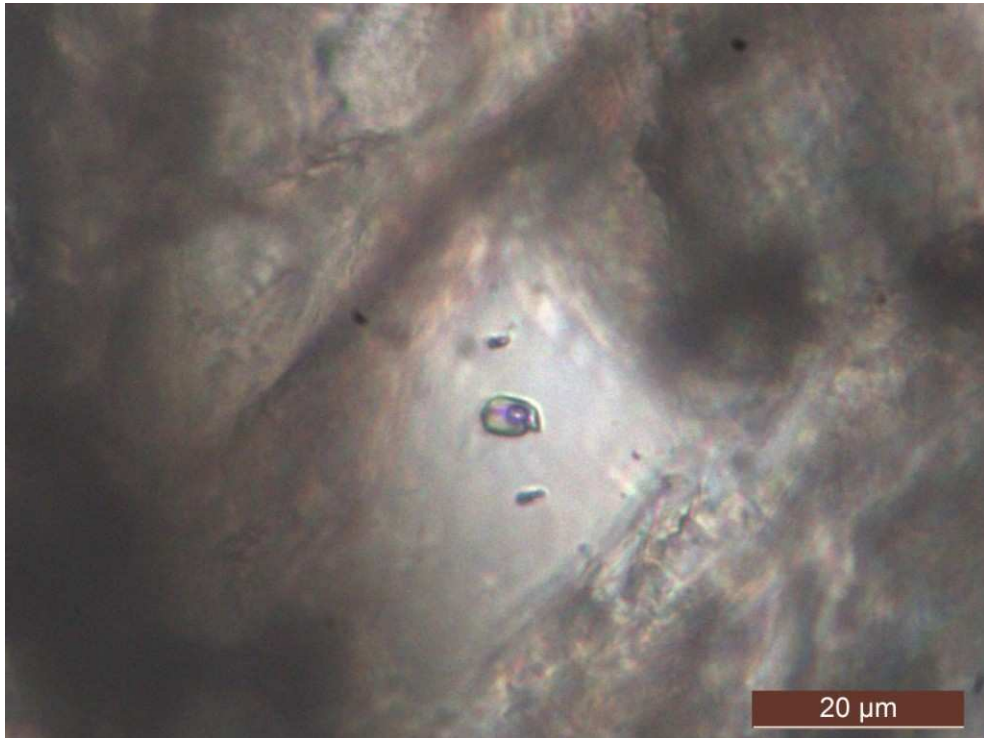
Örneklerden hazırlanan iki yüzü parlatılmış sıvı kapanım kesitleri, Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde bulunan ve Leica polarizan tipi mikroskoplara monte edilmiş, LINKAM THMS-600 ve TMS-92 tipi ısıtma - soğutma sisteminde incelenmiştir. İncelemeler sırasında; ilk erime sıcaklığı (T_{FM}), son buz erime sıcaklığı ($T_{m_{ICE}}$) ve homojenleşme sıcaklığı (T_H) ölçümleri yapılmıştır. Her üç bölümde de tekrarlanmış analiz sonuçları arasındaki farkın $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 'den daha az olduğu görülmüştür. Dondurma işlemlerinde sıvı azot gazı kullanılmıştır.

4.2. Kapanımların Morfolojik Özellikleri

Kuvars kristalleri içindeki sıvı kapanımları, birincil ve ikincil kapanımlar şeklinde gözlenmektedirler. Birincil kapanımlar oldukça yaygın olmasına rağmen ikincil kapanımlar fazla yaygın değildir. Birincil kapanımlar değişik dış şekilli (genellikle elips veya armut şekilli) ve iki fazlı (sıvı + gaz) kapanımlar şeklindedirler (Şekil 4.1 ve 4.2). Kapanım içinde ki gaz faz %20-%30, sıvı faz ise %70-%80 oranlarında değişmektedir. İkincil kapanımlar da birincil kapanımlar da olduğu gibi değişik dış şekilli bir yapıya sahip oldukları gözlenebilse de boyutları çok küçük olduğundan dolayı ölçüm yapılamamıştır. Ayrıca 600°C 'ye kadar yapılan ısıtma işlemlerinde homojenleşmeyen kapanımlar da (meta duraylı?) bulunmaktadır.



Şekil 4.1. Granitiotik kütle içindeki kuvars damarlarından alınmış bir örnekte kuvars kristalleri içindeki birincil sıvı kapanımları (Örnek No: EIC-36)



Şekil 4.2. Metamorfitleerin içindeki kuvars damarlarından alınmış bir örnekte kuvars kristalleri içindeki birincil sıvı kapanımı (Örnek No: EIC- 65)

4.3. Mikrotermometrik Ölçümler

Sıvı kapanımlarında yapılmış, ilk erime (T_{FM}), son buz ergime sıcaklığı (T_{mICE}) ve homojenleşme sıcaklığı (T_H) ölçümlerine ait sonuçlar Çizelge 4.1.' de toplu halde görülmektedir.

4.3.1. İlk erime sıcaklığı (T_{FM}) ölçümleri

Her iki kayaç grubundaki kuvars damarlarından alınan örneklerde ki kapanımlarda, -55 ile -54⁰ C arasında değişen (ort. - 55.0⁰C) TFM değerleri ölçülmüştür. Bu sıcaklık değerleri çeşitli su – tuz sistemlerinin ötektik sıcaklıkları ile karşılaştırıldığında “Buz + NaCl.2H₂O+CaCl₂.6H₂O” sistemlerinin ötektik sıcaklıkları (Shepherd ve diğ., 1985; Gökce, 2009, s.34) ile uyduğu ve hidrotermal çözelti içinde CaCl₂ ve NaCl gibi tuzların bulunduğu söylenebilir.

Örnek yerlerine ve kapanım türüne göre herhangi bir farklılık bulunmaması hidrotermal çözeltilerin içerdikleri tuz bileşiminin homojen olduğunu göstermektedir.

4.3.2. Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{mICE})

Metamorfitletler (yeşil renkli sütun) ve granitoyitik (kırmızı renkli sütun) kütle içerisindeki kuvars damarlarından alınan örneklerde yapılan ölçümlerde belirlenen T_{mICE} değerlerinin istatistiksel dağılım grafikleri Şekil 4.3.'de görülmektedir.

Metamorfitletlerde ki kapanımlar da T_{mICE} değerleri; -1.0 ile -17.50 °C arasında (ort.-6,78.0⁰ C) değişmektedir. Granitoyitik kütlede ki kapanımlarda T_{mICE} değerleri ; - 2,10 ile -5,40 °C arasında değişmektedir. Bilindiği gibi son buz erime sıcaklığı değerlerinden yararlanılarak çözeltilerin tuzluluğu hesaplanabilmekte olup Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiş eşitlik yardımıyla, bu değerlere karşılık gelen tuzluluk değerlerinin % NaCl eşdeğeri olarak; metamorfitletler içindeki kuvars damarlarından alınan örneklerde %1,74 ile % 20,60 aralığında (ort. % 10,13) değiştiği, granitoyitler içindeki kuvarsa damarlarından alınan örneklerde % 3,55 ile % 8,41 aralığında (ort. % 6,61) değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. Sıvı kapanımlarında yapılmış ölçümlere ait sonuçlar. Metamorfitler (yeşil renkli sütun) ve granitoyitik kütle (kırmızı renkli sütun) içindeki kuvars damarlarından alınan örneklerde yapılan ölçümler

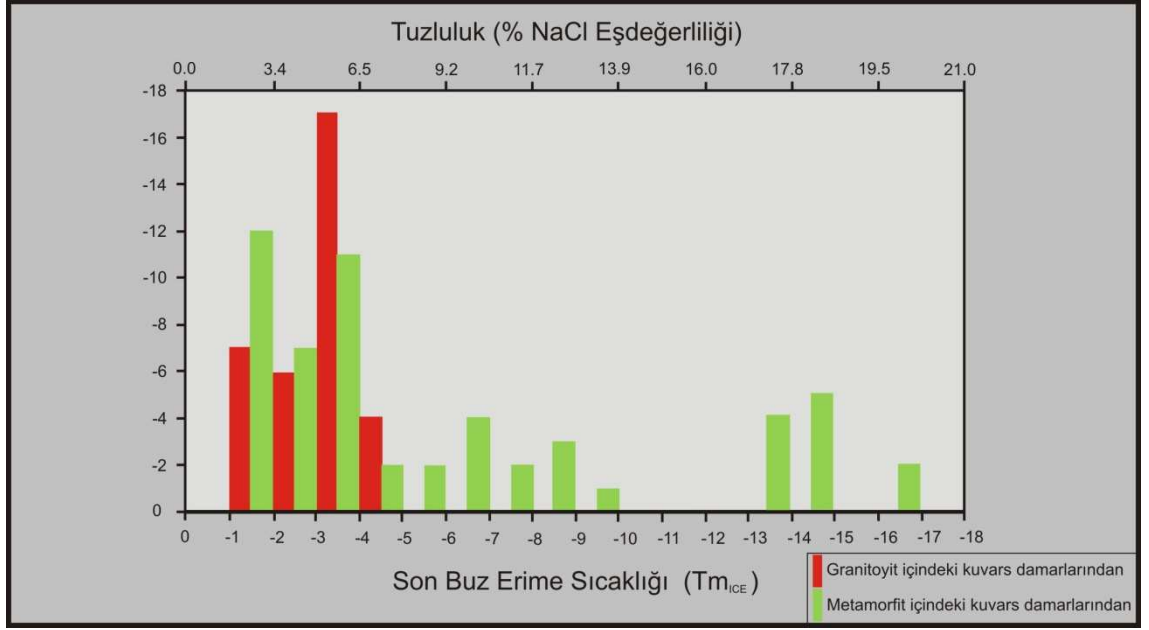
ÖRNEK NO	T _{FM}	T _m _{ICE}	T _H	Ort. T _H	Tuzluluk	Ort. Tuzluluk
EIC-33	-55	-7,9	241,0	235,5	11,6	8,5
	-55	-5,1	225,0		8,0	
	-55		239,0			
	-55	-5,4	265,0		8,4	
	-55	-5,2	270,0		8,1	
	-55		225,0			
	-55	-4,7	180,0		7,4	
	-55	-5,2			8,1	
	-55	-4,8	239,0		7,6	
EIC-45	-55	-2,3		257,7	3,9	4,8
	-55	-2,1			3,5	
	-55		372,0			
	-55		370,0			
	-55		375,0			
	-55	-2,4	439,0		4,0	
	-55	-4,1	182,0		6,6	
	-55	-2,1	196,0		3,5	
	-55	-4,1	223,0		6,6	
	-55	-3,2	192,0		5,3	
	-55	-2,7	185,0		4,5	
	-55	-2,7	176,0		4,5	
	-55	-2,9	187,0		4,8	
	-55	-3,1	195,0		5,1	
	-55	-4,1	258,0		6,6	
EIC-13	-55	-4,2		284,6	6,7	6,6
	-55	-4,1	324,0		6,6	
	-55	-4,3	239,0		6,9	
	-55		295,0			
	-55	-4,1	305,0		6,6	
	-55	-4,0	245,0		6,4	
	-55		245,0			
	-55	-4,4	250,0		7,0	
	-55		270,0			
	-55	-3,9	267,0		6,3	
	-55	-3,7	269,0		6,0	
	-55	-3,8	284,0		6,2	
	-55	-3,7	238,0		6,0	
	-55	-4,2	330,0		6,7	
	-55	-4,0	327,0		6,4	
	-55	-4,4	275,0		7,0	
	-55	-4,3	325,0		6,9	
	-55	-4,2	334,0		6,7	
	-55	-4,3	328,0		6,9	

Çizelge 4.1. Devam ediyor.

ÖRNEK NO	T _{FM}	T _m _{ICE}	T _H	Ort. T _H	Tuzluluk	Ort. Tuzluluk
EIC-36	-55	-4,0	326,0	300,0	6,4	6,0
	-55	-3,4	332,0		5,6	
	-55	-2,6	345,0		4,3	
	-55	-1,0	312,0		1,7	
	-55	-2,0	305,0		3,4	
	-55	-3,8	305,0		6,2	
	-55	-3,8	299,0		6,2	
	-55	-4,2	299,0		6,7	
	-55	-3,2	299,0		5,3	
	-55	-5,0	320,0		7,9	
	-55	-3,8	282,0		6,2	
	-55	-2,3	282,0		3,9	
	-55	-4,2	282,0		6,7	
	-55	-3,8	282,0		6,2	
	-55	-5,0			7,9	
	-55	-4,2	288,0		6,7	
	-55	-5,0	290,0		7,9	
	-55	-3,7			6,0	
	-55	-4,2			6,7	
	-55	-4,3	295,0		6,9	
	-55	-4,3	282,0		6,9	
	-55		300,0			
	-55	-4,8	290,0		7,6	
	-55	-4,2	290,0		6,7	
	-55	-2,2	320,0		3,7	
EIC-51	-55	-4,5	320,0	316,5	7,2	9,5
	-55	-4,2	298,0		6,7	
	-55	-6,5	281,0		9,9	
	-55	-8,5	275,0		12,3	
	-55	-7,8	288,5		11,5	
	-55		286,5			
	-55		395,0			
	-55		388,0			
	-55					

Çizelge 4.1. Devam ediyor.

ÖRNEK NO	T _{FM}	T _m _{ICE}	T _H	Ort. T _H	Tuzluluk	Ort. Tuzluluk
EIC-62	-55	-15,2	155,0	166,9	18,8	18,8
	-55	-15,3	164,0		18,9	
	-55	-15,4	156,0		19,0	
	-55	-17,3	154,0		20,4	
	-55	-15,1	153,0		18,7	
	-55	-15,2	192,0		18,8	
	-55	-17,5	184,0		20,6	
	-55	-14,5	179,0		18,2	
	-55	-14,0	145,0		17,8	
	-55	-14,4	209,0		18,1	
	-55	-14,2	145,0		18,0	
EIC-65	-55	-7,9	201,0	234,9	11,6	12,3
	-55	-8,1	210,0		11,8	
	-55		246,0			
	-55		248,0			
	-55		270,0			
	-55	-7,8	329,0		11,5	
	-55	-9,9	201,0		13,8	
	-55	-9,8	189,0		13,7	
	-55	-7,6	155,0		11,2	
	-55	-6,6	180,0		10,0	
	-55	-8,3			12,0	
	-55		270,0			
	-55	-10,0	279,0		13,9	
	-55		265,0			
	-55	-9,8	245,0		13,7	
EIC-61	-55	-2,8	208,2	186,9	4,6	4,0
	-55	-2,9	218,0		4,8	
	-55	-2,8	210,0		4,6	
	-55	-2,0	203,0		3,4	
	-55	-2,0	165,0		3,4	
	-55	-2,3	158,0		3,9	
	-55	-2,2	166,0		3,7	
	-55	-2,1	167,0		3,5	



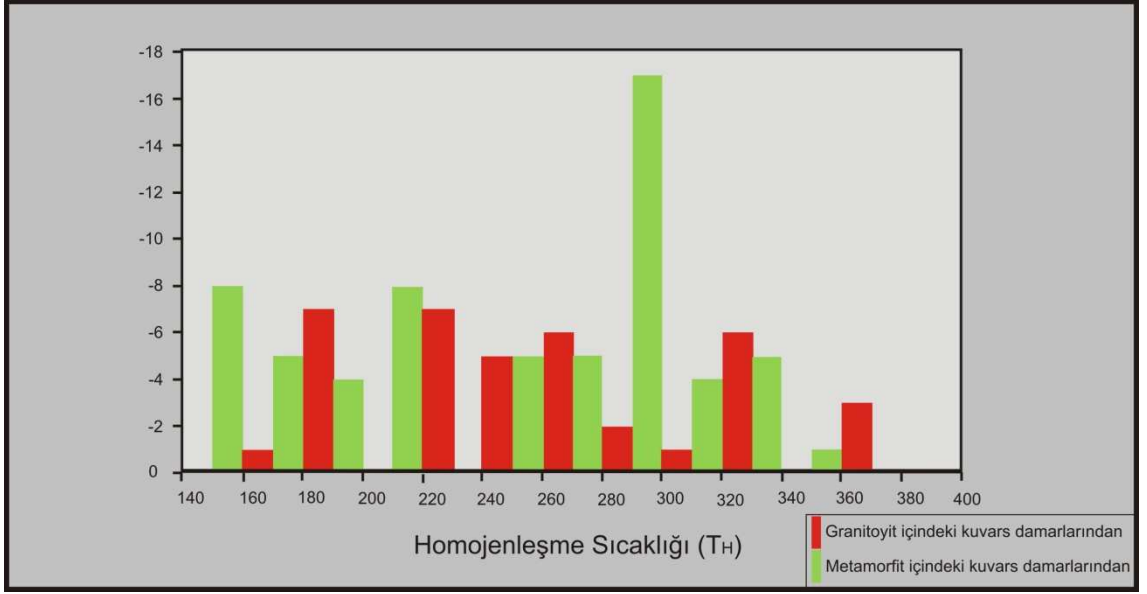
Şekil 4.3. Birincil kapanımlarda son buz erime sıcaklığı ($T_{m_{ICE}}$) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği (yeşil renkli sütunlar metamorfitletlerdeki, kırmızı renkli sütunlar ise granitoyitlerdeki kuvars damarlarından alınmış örneklere aittir)

4.3.3. Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri (T_H)

Birincil kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı değerlerinin istatistiksel dağılım grafikler Şekil 4.4.'de görülmektedir.

Metamorfitletlerdeki kuvars damarlarından alınan örneklerde T_H değerleri; 145,0 °C ile 345,0 °C aralığında (ort. 242,99 °C), granitoyitlerdeki kuvars damarlarından alınan örneklerde de 176,0 °C ile 375,0 °C aralığında (ort. 259,27 °C) değişmektedir. Ölçülen T_H değerleri; kuvars kristallerinin oluşumu sırasında hidrotermal çözeltilerin sıcaklıklarının iki birim içindeki kuvars damarlarını oluşturan çözeltilerin sıcaklıklarının çok farklı olmadığına işaret etmektedir.

Oluşum derinliği bilinemediği için T_H değerlerinde basınç düzeltmesi yapılamamıştır. Çözeltilerde kaynama belirtilerinin gözlenmemesi nedeniyle söz konusu sıcaklıkların, T_H değerlerinden birkaç derece daha yüksek olduğu söylenebilir.



Şekil 4.4. Birincil kapanımlarda homojenleşme sıcaklığı (T_H) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği (yeşil renkli sütunlar metamorfitle içindeki, kırmızı renkli sütunlar ise granitoyitler içindeki kuvars damarlarından alınmış örnekler)

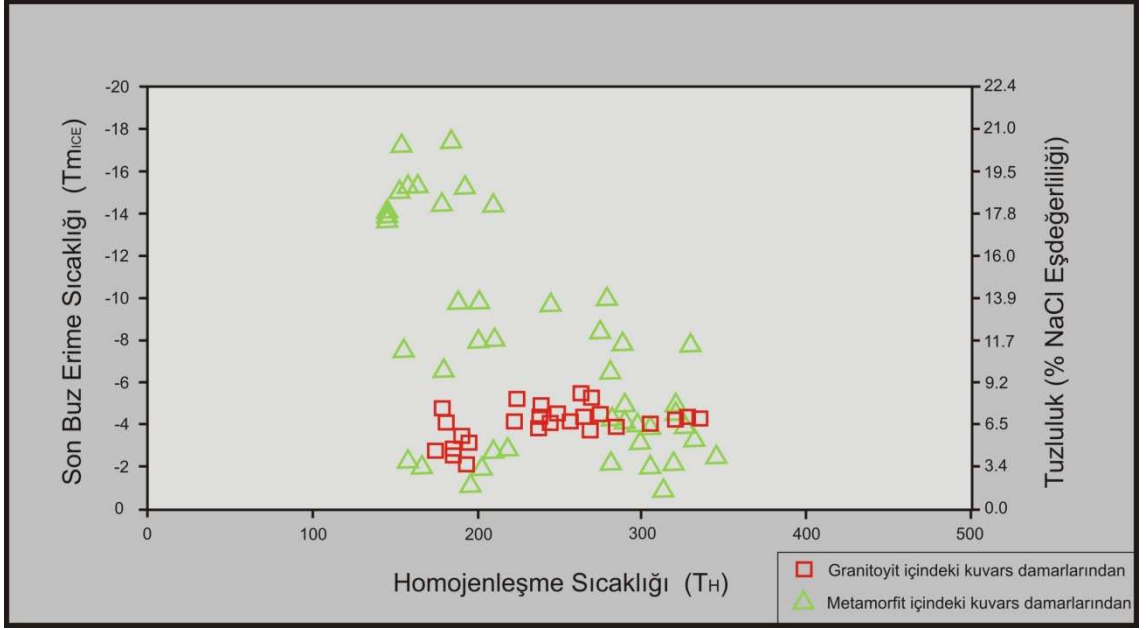
4.4. Tuzluluk ve Homojenleşme Sıcaklığı İlişkisi

Hem son buz erime, hem de homojenleşme sıcaklıkları birlikte ölçülebilmüş kapanımlara ait Tuzluluk-Homojenleşme sıcaklığı diyagramına yerleştirildiğinde; granitoyitik kütle ve metamorfitle içinde oluşmuş kuvars damarları arasında sıcaklık dağılımı birbirine benzer iken, tuzluluk dağılımının metamorfitle içindeki kuvars damarlarından alınan örneklerde granitoyitik kütle içindekilere göre çok geniş bir aralıkta dağılım gösterdiği görülmektedir. Bu durum, metamorfitle içinde tuzluluğu yüksek bir formasyon suyunun bulunduğu ve kuvars damarlarının oluşumu sırasında hidrotermal çözeltiler içine değişik oranlarda karışarak sıvı kapanımlarında hapsolmuş çözeltilerin bileşimini etkilediği şekilde yorumlanabilir (Şekil 4.5.).

4.5. Sıvı Kapanım Bulgularının değerlendirilmesi

Kapanımlar genellikle küçük boyutlu, sıvı ve gaz olmak üzere iki fazlı kapanımlar halindedirler.

Kapanımlarda yapılan ilk ergime sıcaklığı ölçümleri, kapanımlarda hapsolmuş çözeltilerin CaCl_2 içermesi hidrotermal çözeltilerin doğrudan veya dolaylı olarak deniz suyu ile ilişkili olduklarına veya denizel çökeller içinde sirkülasyon yaptıklarına işaret sayılabilir.



Şekil 4.5. Sıvı kapanımlarının tuzluluk - homojenleşme sıcaklığı diyagramındaki dağılımı ($T_{m_{ICE}}$ ve T_H) değerlerinin birlikte ölçülebildiği kapanımlar kullanılmıştır)

Kapanımlarda ölçülmüş son buz erime sıcaklığı değişimleri, granitoyitik kütle içindeki kuvars damarlarını oluşturan çözeltilerin tuzluluklarının düşük ve dar bir aralıkta değiştiğini, metamorfitler içindeki kuvars damarlarını oluşturan çözeltilerin ise tuzluluklarının daha yüksek ve geniş bir aralıkta değiştiğini göstermektedir.

Homojenleşme sıcaklığı ölçümleri ise iki farklı kayaç türü içinde oluşan kuvars damarlarını oluşturan çözeltilerin sıcaklıklarının birbirine benzer olduğunu ve geniş bir aralıkta değiştiğini göstermektedir. Sıcaklık değerlerinin değişim aralıklarının geniş olması, kuvars damarlarının oluşumu sırasında sıcaklığı yüksek hidrotermal çözeltilerin sıcaklığı düşük yüzey suları ve/veya formasyon sularıyla karışım ve etkilenme olasılığını artırmaktadır.

Tuzluluk ve homojenleşme sıcaklığı değişimleri birlikte değerlendirildiğinde; metamorfitler içinde tuzluluğu yüksek bir formasyon suyunun bulunduğu ve kuvars damarlarının oluşumu sırasında hidrotermal çözeltiler içine değişik oranlarda karışarak sıvı kapanımlarında hapsolmuş çözeltilerin bileşimini etkilediği şekilde yorumlanabilir.

5. SONUÇLAR

İnceleme alanı içerisinde Geç Paleozoyik-Mezosoyik yaşlı Keban Metamorfitlei, Üst Karbonifer – Alt Kretase yaşlı (?) Munzur kireçtaşı ve Eosen yaşlı Çöpler Granitoyiti yüzeylemektedir. Ayrıca sahada yer yer gözlenen silisleşmiş kayalar jasperoidler olarak tanımlanmışlardır.

Çöpler Altın Yatağı, Çöpler Granitoyiti, Keban Metamorfitlei ve Munzur kireçtaşı içinde kılcal çatlaklar ve tabaka ve/veya şistozite düzlemleri boyunca damarlar ve damarcıklar şeklinde gözlenmektedir. Bu durum, granitoyitik kütlede dış kısmında geçirimsiz kabuğun tam olarak gelişmediğini ve hidrotermal çözeltilerin dışarı kaçarak içeriklerini, oldukça geniş bir alan içinde, yukarıda belirtilen yerlerde çökeltiltiklerini göstermektedir.

Granitoyitik kütlede dış kabuk kısmında oluşan pirit, arsenopirit, kalkopiritlerden oluşan ağsı (stockwork) yapılar ileri derece alterasyona rağmen yer yer korunmuştur. Metamorfitlei granitoyitik kütle ile yakın sınırlarında oluşan ağsı (stockwork) yapı ise ana (main) zon olarak isimlendirilen alanda yapılan sondaj karotlarında gözlenmektedir.

Metamorfitlei kırık ve çatlak sistemleri içerisinde geçen hidrotermal çözeltilerin yan kayalar ile etkileşimi sonucunda tabaka ve/veya şistozite düzlemleri boyunca cevher minerallerine eşlik eden skarn mineralleri olarak tanımlanan epidot (pistazit-zoisit), tremolit, granat, hornblende ve skapolit gibi skarn mineralleri oluşturmuştur. Bu veriler ışığında hidrotermal çözeltilerin Çöpler Granitoyiti içerisinde çözdüğü metalleri metamorfitlei kılcal çatlaklar, tabaka ve/veya şistozite düzlemleri boyunca skarn tipi oluşturdukları söylenebilir.

İnceleme alanında hidrotermal alterasyona yönelik çalışmalar, polarizan ve üstten aydınlatmalı mikroskoplarda yapılmış olup örneklerde yoğun olarak serizitleşme, karbonatlaşma, kloritleşme ve silisleşme gözlenmiştir. Bunların yanı sıra kalsit, epidot, klorit, ikincil biyotit, ortaklaz mineralleri ve bunlara eşlik eden cevher minerallerinden piritler saçınım ve damarlar şeklinde gözlenmektedir. Yer yer anhidrit ve jips damarcıkları da gözlenmektedir.

Alterasyon zonları temsil eden bu özelliklerin incelenen bütün örneklerde gözlenmesi, zonlara ait sınırların birbiri içerisine girdiğini göstermektedir. Ayrıca Kuvars damarları içerisinde gözlenen ikincil biyotitler ve ortaklaz mineralleri K-silikat zonun karakteristik mineralleri olup inceleme alanında K-silikat zonun mevcut olduğunu göstermektedir.

Cevher mikroskopisi çalışmalarında; cevherleşmenin geliştiği granitik kütle ve metamorfitleerin cevherli kesimlerinden alınan örneklerde cevher minerali olarak pirit, kalkopirit, galenit, fahlerz (tennantit, tetrahedrit), markazit, limonit, götit, lepidokrozit, bornit, nabit altın, bravoit pirit, gang minerali olarak kuvars ve kalsit belirlenmiştir. Yan kayaçlardan alınan örneklerde de manyetit, spekülartik hematit ve pentlandit gözlenmiştir. Saptanan cevher minerallerinin gang mineralleri ile olan ilişkileri ayrı başlıklar halinde özetlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca mangan yatağı zonu olarak isimlendirilen alanda örpiment/ realgar mineralleri gözlenmiştir.

Ana cevher minerallerinin oluşum sırasının (süksesyon); erken evrede pirit I – kalkopirit I – markazit I – fahlerz (tennantit – tetrahedrit) – galenit, geç evrede ise pirit II – kalkopirit II – markazit II şeklinde olduğu belirlenmiştir.

Ölçüm yapılabilen birincil kapanımlarda ilk erime (T_{FM}), son buz erime (T_{MICE}) ve homojenleşme sıcaklığı (T_H) ölçümlerine göre; hidrotermal çözelti içinde $CaCl_2$ ve $NaCl$ gibi tuzların bulunduğu, hidrotermal çözeltinin tuzluluğunun % $NaCl$ eşdeğeri olarak metamorfitleerin içindeki kuvars damarlarından alınan örneklerde %1,74 ile %20,60 aralığında (ort. % 10,13) değiştiği, granitoyitler içindeki kuvarsa damarlarından alınan örneklerde % 3,55 ile % 8,41 aralığında (ort. % 6,61) değiştiği belirlenmiştir. Sıcaklığının metamorfitleerin içindeki kuvars damarlarında 145,0 °C ile 345,0 °C aralığında (ort. 242,99 °C), granitoyitler içindeki kuvars damarlarından alınan örneklerde de 176,0 °C ile 375,0 °C aralığında (ort. 259,27 °C) değişmektedir. Ölçülen T_H değerleri; kuvars kristallerinin oluşumu sırasında hidrotermal çözeltilerin sıcaklıklarının iki birim içindeki kuvars damarlarını oluşturan çözeltilerin sıcaklıklarının çok farklı olmadığı belirlenmiştir. Sıcaklık değerleri cevherleşmenin mezotermal ve epitermal koşullarda oluştuğuna işaret etmektedir. Tuzluluk ve homojenleşme sıcaklığı değişimleri birlikte değerlendirildiğinde; metamorfitleerin içinde tuzluluğu yüksek bir formasyon suyunun bulunduğu ve kuvars damarlarının oluşumu sırasında hidrotermal çözeltiler içine değişik oranlarda karışarak sıvı kapanımlarında hapsolmuş çözeltilerin bileşimini etkilediği şekilde yorumlanabilir.

DEĞİNİLEN KAYNAKLAR

- Aktimur, T., 1986, Erzincan, Refahiye ve Kemah dolayının jeolojisi: MTA Genel Müdürlüğü, Rap. No: 7932, Ankara.
- Aktimur, H.T., Z., Tekirli, M.E. ve Yurdakul, M.E., 1990. Sivas-Erzincan Tersiyer Havzasının jeolojisi. M.T.A. Dergisi 111, 25-36.
- Aktimur, T., Atalay, Z., Ateş, Ş., Tekirli, M.E., Yurdakul, M.E., 1988. Munzur dağları ile Çavuşdağı arasındaki jeolojisi: MTA Derleme Rap. No.8320, Ankara, 102 s. (yayımlanmamış).
- Anatolia Minerals Şirketi, 2008. Technical Report Çöpler Gold Project East Central Turkey December 5th, 132p.
- Aslan, V., 1970. Divriği J-41-a2 paftasına ait jeoloji raporu: MTA Rap. No:4471.
- Asutay, H.j., 1988. 1:100.000 ölçekli Açınsama Nitelikli Jeoloji Haritaları Serisi, Aslan, V., 1970, Divriği-J41-a2 paftasına ait jeoloji raporu: MTA Rap. No: 4471. Malatya-H27 paftası, 12s.
- Bayhan, H., 1980. Güneş - Soğucak (Divriği) yöresinin jeolojik, mineralojik, petrografik, petrolojik ve metalojenik incelemesi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 206s, (yayımlanmamış).
- Baykal, F., 1953, Çimen Munzur Dağları mntukasında jeolojik etütler: MTA. Rap. No. 2058, Ankara
- Baykal, F., ve Erentöz, C., 1966, 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Sivas Paftası : MTA. Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Bodnar RJ (1993) Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57, 683-684.
- Boztuğ D, Harlavan Y, Arehart GB, Satır M, Avcı, N.,2007. K–Ar age, whole-rock and isotope geochemistry of A-type granitoids in the Divriği-Sivas region, eastern-central Anatolia, Turkey. *Lithos* (in press) doi:10.1016/j.lithos.2006.12.014.
- Efe, A., 1987, İliç (Erzincan) çevresindeki demir, mangan, krom yataklarının jeolojisi, oluşumu ve kökeni, C.Ü. Müh. Fak. Jeol. Müh. Böl. Yüksek lisans tezi, 1987 (yayımlanmamış).
- Gökce, A., 2009, Maden Yatakları (yeniden düzenlenmiş IV. Baskı), Cumhuriyet Üniversitesi Yayını No: 111, 336s.
- Gültekin, A.S., 1993. Alacahan-Çetinkaya-Divriği (Sivas) arasında kalan alanın jeolojisi. Doktora Tezi,. İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 180s, (yayımlanmamış).

- Gürsoy, H., 1986. Örenlice-Eskiköy (Sivas) yöresinin stratigrafik ve tektonik özellikleri, C.Ü. Müh. Fak. Jeol. Müh. Fak. Jeol. Müh. Böl. Yüksek lisans tezi, (yayımlanmamış).
- İnan, S., Öztürk, A. ve Gürsoy, H., 1993. Ulaş- Sincan (Sivas) yöresinin stratigrafisi. Doğa-Türk Yerbilimleri Dergisi, 2, 1-15.
- Karakuş, H., 2012, Çöpler Altın Madeni Projesi, Maden Kenti Sivas Zirvesi II, proje sunumu.
- Ketin, İ., 1945, 64/3 paftası ile 63/1 paftası üzerinde Ovacık bölgesine ait jeolojik rapor : MTA. Genel Müdürlüğü, Rap. No: 1036.
- Koşal, C., 1973, Divriği A, B, C demir yataklarının jeolojisi ve oluşumu üzerine çalışmalar, MTA. Ens., Derg. 81, 1-22.
- Kovenko, V., 1938. Divrik mıntkasındaki bazı az ehemmiyetli madenlere (demir, bakır, altın) yapılan ziyaret hakkında rapor. MTA Rap. No: 496, Ankara, (yayımlanmamış).
- Kurt, M., 1971, Divriği-j40-b4 (1/25.000) ve J40-b3,b4,c1,c2 (1/100.000) paftalarının jeolojik raporu: MTA Rap. No: 1036.
- Kurtman, F., 1961, Munzurlar' da Kemah ve Ovacık bölgelerine ait petrol istikşaf etüdü: MTA. Genel Müdürlüğü, Tabi Gazlar Şubesi Raporu, 22.
- Kurtman, F., 1973. Sivas-Hafık Zara ve İmranlı Bölgesinin jeolojik ve tektonik Yapısı, MTA Dergisi, 80, 1-33
- Nebert, K., 1959, Munzur Dağı bölgesinin jeoloji hakkında: MTA. dergisi, 52, 35-44. 4
- Özer, E. 1994, Munzur Dağlarının (Kemah-İliç-Erzincan) Stratigrafisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 37, Sayı 2, 53-64.
- Özgül, N. ve Turşucu, A., Özyardımcı, N., Şenol, M., Bingöl, İ. ve Uysal, Ş., 1981. Munzur dağlarının jeolojisi. MTA Rapor No: 6995 Ankara, (yayımlanmamış).
- Öztürk, H., 1991. Divriği maden provensinin konumu ve kökensel yorumu. Doktora Tezi., İstanbul Üniversitesi, İstanbul, (yayımlanmamış).
- Shepherd, T.J., Rankin, A.H., Ve Alderton, D.H.M., 1985, A practical guide to fluid inclusion studies, 239 pp., Blackie-Glasgow.
- Strekeisen, A., 1976, To each plutonic rock its prepar name, Earth Sciences Rev., 12, 1-33
- Tunç, M., Özçelik, O., Tutkun, Z., Gökce, A., 1991, Divriği-Yakuplu, İliç-Hamo (Sivas) yöresinin temel jeolojik özellikleri: TÜBİTAK Doğa-Türk, Yerbilimleri Dergisi, 15, 225-245.

- Ünlü. T.. 1989, Türkiye demir yatakları arama çalışmalarında 1. derecede ağırlıklı hedef saha seçimi ve maden jeolojisi araştırmaları ile ilgili proje teklifi: MTA Rap. No. 8593 (yayımlanmamış), Ankara.
- Wijkerslooth, P., 1939. Demirdağ (Devrik) demir yatakları hakkında jeolojik rapor (I. Kısım: Demirdağ havalsinin umumi jeolojisi MTA . Ens., Rap.:803, 13 s.
- Yazgan, E., 1984, Geodynamic evolution of the Eastern Taurus region. İn: Tekeli, O., Göncüoğlu, M.C. (edt) *Geology of the Taurus belt*: MTA Special Publications, 199-208, Ankara.
- Yılmaz, A., 1985, Yukarı Kelkit Çayı ile Munzur Dağları arasının temel jeoloji özellikleri ve yapısal evrimi, T.J.K. bülteni28, 78-92.
- Yılmaz, A., Okay, A.I., Bilgiç, T., 1985, Yukarı Kelkit Çayı yöresi ve güneyinin temel jeoloji özellikleri: MTA Genel Müdürlüğü, Rapor no. 7777, Ankara, 207 s.
- Yılmaz, H., Arıkal, T. ve Yılmaz, A., 2001, Güneş Ofiyoliti'nin (Divriği-Sivas) Jeolojisi: 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri ve Bildiriler Cd'si, Bildiri No.54-65, Ankara, s. 15-16.
- Yılmaz, H., ve Yılmaz, A., 2004, Divriği (Sivas) Yöresinin Jeolojisi ve Yapısal Evrimi *Geology and Structural Evolution of the Divriği-Sivas Region, Türkiye Jeoloji Bülteni, cilt 47, sayı 1.*
- <http://www.ilic.gov.tr/news.php>