

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Kompleks ve Tuzca Doygun Çözeltiler Tarafından Oluşturulan Porfiri Tip Maden
Yatakları: Karakartal (Kemaliye-Erzincan) Au-Cu Maden Yatağı Örneği**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Oğuzhan GÜMRÜK

**OCAK, 2013
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Kompleks ve Tuzca Doygun Çözeltiler Tarafından Oluşturulan Porfiri Tip Maden
Yatakları: Karakartal (Kemaliye-Erzincan) Au-Cu Maden Yatağı Örneği**

Jeoloji Mühendisi Oğuzhan GÜMRÜK

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"JEOLOJİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 25.12.2012
Tezin Savunma Tarihi: 14.01.2013**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Miğraç AKÇAY

Trabzon 2013

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında
Oğuzhan GÜMRÜK tarafından hazırlanan

**KOMPLEKS VE TUZCA DOYGUN ÇÖZELTİLER TARAFINDAN
OLUŞTURULAN PORFİRİ TİP MADEN YATAKLARI: KARAKARTAL
(KEMALİYE-ERZİNCAN) AU-CU MADEN YATAĞI ÖRNEĞİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 25 / 12 / 2012 gün ve 1487 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Miğraç AKÇAY

Üye : Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ

Üye : Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Prof Dr. Miğraç AKÇAY yönetiminde Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Tez kapsamında Karakartal (Kemaliye, Erzincan) porfiri Au-Cu sahasını minerolojik ve jeokimyasal özellikleri ile oluşumu araştırılmıştır.

TÜBİTAK tarafından desteklenen (Proje No:110Y308) bu çalışmayı bana öneren ve beni yönlendiren, tez çalışmamın başlangıcından sonuna kadar sabırla bilgi, deneyim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren saygı değer hocam Sayın Prof. Dr. Miğraç AKÇAY'a minnet ve şükranlarımı sunarım.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından desteklenen (Proje No: 2008.112.005.4) bu çalışmayı bana öneren ve beni yönlendiren, çalışmamın başlangıcından sonuna kadar bilgi, deneyim ve tecrübeleri ile yol gösteren saygıdeğer hocam Sayın Prof. Dr. Miğraç AKÇAY'a minnet ve şükranlarımı sunarım.

Bilgi tecrübe ve önerilerinden yararlandığım Yrd. Doç. Dr. Mithad VICİL, Doç. Dr Emel Emel ABDİOĞLU ve Doç. Dr İbrahim UYSAL ile laboratuvar imkanlarını kullanmama izin vererek bu çalışmayı yapmama katkı sağlayan Prof. Yusuf Kaan KADIOĞLU (Ankara Üniversitesi), Dr. Federica ZACCARINI ve Prof. Dr. Ronald BECKER(Montan Üniversiteler Leoben, Avusturya) ve Prof. Dr. Csaba SZABO (ELTE Üniversitesi, Budapeşte, Macaristan)'ya şükranlarımı sunarım.

Arazi çalışmalarım sırasında hertürlü olanaklardan yararlanmamı sağlayan Alacer Gold Co.'ye ve yardımlarını esirgemeyen Karakartal arama grubu çalışanlarından özellikle Jeo. Yük. Müh Volkan ERKÖK, Jeo. Yük. Müh. Cüneyt ATILLA, Jeo. Müh. Halit Eroğlu ve Maden. Tek. Mehmet GÜRÇAYA teşekkür ederim.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen ve bu süreçte bana hep destek olan sevgili meslektaşlarım Jeo. Yük. Müh Neslihan Aslan, Araş. Gör E.Selva SAĞLAM, Araş. Gör. Cem YÜCEL Araş Gör. Ufuk Celal YAĞCIOĞLU ve Jeo Müh. Mehmet Ali Silgu, kardeşim M. Gökhan GÜMRÜK ve stajyer öğrencilerime de teşekkür ederim

Hayatımdaki en değerli varlıklar olan ve üç buçuk yıl süren bu zorlu çalışma süresince dualarıyla her an yanımda olan ve maddi ve manevi olarak beni hep destekleyen sevgili aileme ve bu çalışma boyunca her zaman arkamda olan Büşra Karşlı'ya sonsuz şükranlarımı sunarım.

Jeo. Müh. Oğuzhan GÜMRÜK
Trabzon 2013

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Kompleks ve Tuzca Doygun Çözeltiler Tarafından Oluşturulan Porfiri Tip Maden Yatakları: Karakartal (Kemaliye-Erzincan) Au-Cu Maden Yatağı Örneği” başlıklı bu çalışmaya baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Miğraç AKÇAY’ın sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 25/12/2012

Oğuzhan GÜMRÜK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XVI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	2
1.2. Coğrafi Konum ve Ulaşım.....	4
1.3. Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü.....	4
1.4. Önceki Çalışmalar.....	9
2. YAPILAN ÇALIŞMLAR.....	9
2.1. Arazi Çalışmaları.....	9
2.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	9
2.2.1. İnce Kesit, Parlatılmış İnce Kesit, Parlak Kesit ve Sıvı Kapanım Kesitlerinin Hazırlanması ve İncelenmesi.....	9
2.2.2. Kimyasal Analiz ve X-Işınları Difraksiyonu İçin Örnek Hazırlanması.....	11
2.2.3. SEM Analizleri İçin Örnek hazırlanması.....	11
2.3. Analitik Yöntemler.....	11
2.3.1. Tüm Kayaç Analizleri.....	11
2.3.2. Mikroprob Analizleri.....	11
2.3.3. Mikrotermometrik Analizler.....	12
2.3.4. Konfokal Lazer Raman Anlizleri.....	13
2.3.5. BSE-SEM Analizleri.....	14
3. BÖLGESEL JEOLojİ.....	15
3.1. Keban Metamoriftleri.....	15
3.2. Munzur Kireçtaşı.....	16
3.3. Kemaliye Formasyonu.....	16
3.4. Refahiye Ofiyolitli Melanjı.....	18

3.5.	Subaşı Formasyonu.....	18
3.6.	Çöpler-Yakuplu-Kabataş Granitoyidi.....	19
3.7.	Andezitik Dayklar.....	20
3.8.	Başpınar Formasyonu.....	20
3.9.	Yamaç Molozu.....	21
4.	BULGULAR.....	22
4.1.	Kabataş Porfiri Au-Cu Maden Sahasının Jeolojisi ve Petrografisi.....	22
4.1.1.	Munzur Kireçtaşı.....	22
4.1.2.	Kontak Metamorfik Kayaçlar (Hornfels).....	24
4.1.3.	İntrüzif Kayaçlar.....	26
4.2.	Kabataş Maden Sahasında Bulunan İntrüzif Kayaçların Petrokimyasal Özellikleri.....	31
4.3.	Cevherleşmenin Şekli ve Minerolojik Özellikleri.....	32
4.4.	Damar Tipleri.....	33
4.5.	Cevher ve Alterasyon Mineralojisi.....	34
4.6.	Silikat Mineralojisi ve Mineral Kimyası.....	39
4.6.1	Biyotit.....	41
4.6.2	Plajiyoklas.....	43
4.6.3.	Klorit.....	58
4.7.	Sıvıkapanım Çalışmaları.....	59
4.7.1.	Sıvı Kapanım Petrografisi.....	65
4.7.2.	Mikrotermometrik Ölçümler.....	74
4.8.	Raman Çalışmaları.....	90
4.9.	BSE-SEM ve EDX analizleri.....	96
5	TARTIŞMA.....	102
5.1.	Cevher ve Alterasyon Minerallerinin Alterasyon Türleriyle İlişkisi.....	102
5.2.	Cevherleşmeyi Oluşturan Çözeltinin Basınç (P)-Sıcaklık (T) ve X (Bileşim) Özellikleri.....	109
5.3.	Metallerin Taşınımı.....	111
5.4.	Karakartal Maden Sahasının Oluşum Modeli.....	112
6.	SONUÇLAR.....	115
7.	KAYNAKLAR.....	119
8.	EKLER.....	128

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

KOMPLEKS VE TUZCA DOYGUN ÇÖZELTİLER TARAFINDAN OLUŞTURULAN
PORFİRİ TİP MADEN YATAKLARI: KARAKARTAL (KEMALİYE-ERZİNCAN) AU-
CU MADEN YATAĞI ÖRNEĞİ

Oğuzhan GÜMRÜK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof Dr. Miğraç AKÇAY
2013, 127 Sayfa, 3 Ek Sayfa

Karakartal porfiri Au-Cu cevherleşmesi (Kabataş Köyü ,Kemaliye, Erzincan) Orta-Üst Eosen yaşlı çok fazlı intrüzif kayaçlarla ilişkili olarak oluşmuştur. Cevherleşmenin merkezinde yaygın olarak potasik alterasyon ürünlerinin gözleendiği cevherleşmenin kenar zonlarında propilik alterasyon egemendir. Sahada gözlenen biyotitler flogopit-estonit bileşimlidir ve potasik alterasyonun klorit-serizit alterasyonuna dönüşümüyle biyotitlerin Ti miktarında bir azalma, buna karşın Fe+Mn ve Mg miktarlarında ise düzgün bir artış meydana gelmiştir ve 485-840 °C sıcaklıkta oluştukları belirlenmiştir. Kloritler pinoklorit ve ripidolit bileşimlidir ve 216-432 °C’de oluştukları hesaplanan bu kloritler genellikle birincil ve ikincil biyotitlerin dönüşümü ile oluşmuşlardır. Bu dönüşüm esnasında açığa çıkan Ti^{+4} , muhtemelen bu olayla eş zamanlı olarak gerçekleşen manyetit-hematit dönüşümü sırasında hematitlerin yapısına girerek Ti- hematitleri oluşturmuştur. Kuvars damarlarında sıvı kapanımlar petrografik özelliklerine göre tek fazlı, iki fazlı ve çok fazlı olmak üzere üç farklı guruba ayrılmıştır. Mikrotermometrik, Raman ve SEM-EDX çalışmaları ile sıvı kapanımların Ca-Fe-Mg-Na Cl tuzları ile CO₂ ve CH₄ bileşimlerinin bulunduğu belirlenmiştir. Sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları 180-840 °C tuzlulukları ise %3.23-%93 NaCl eşleniği olarak belirlenmiştir. 1000 °C üstünde homojenleşmeyen kapanımlar da cevherleşme ile ilişkili kuvars damarlarında gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karakartal porfiri Au-Cu, sıcak ve tuzlu kompleks çözelti, EPMA, SEM-EDX, Lazer Raman, mikrotermometre, ergiyik kapanım

Master Thesis

SUMMARY

KARAKARTAL (KEMALIYE-ERZİNCAN) PORPHYRY AU-CU DEPOSIT: AN
EXAMPLE OF COMPLEX AND SATURATED SOLUTIONS FORMED PORPHYRY
TYPE ORE DEPOSITS

Oğuzhan GÜMRÜK

Karadeniz Technical University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Geological Engineering Graduate Program

Supervisor: Prof Dr. Miğraç AKÇAY

2013, 127 Sayfa, 3 Ek Sayfa

The Karakartal (Kabataş village, Kemaliye Erzincan) deposit is genetically related to Middle-Late Eocene multiphase porphyritic intrusive rocks. The deposit is characterized by a central potassic alteration zone that grades into a propylitic alteration towards the outer zones. The central zone is generally overprinted by a chlorite-sericite alteration. Biotites in the deposit have flogopite-eastonite composition. With overprinting of potassic alteration by chlorite-sericite alteration, Ti contents of biotites are reduced at the expense of an increase in Fe+Mn and Mg contents and calculated formation temperatures are 485-840 °C. Chlorites are calculated to have compositions of pynochlorite-ripidolite and formation temperatures are between 216-432 °C. These chlorites are transformed mainly from the primary and secondary biotites. Ti^{+4} released as a result of this transformation entered into the structure of hematites and resulted in the formation of Ti-hematites, most probably during the magnetite-hematite transformation, coeval with biotite-chlorite transformation. Fluid inclusions in the veins classified as single, two and multi-phase inclusions. Microthermometric, Raman and SEM-EDX studies show that inclusions have Ca-Fe-Mg-Na chlorine salts and CO₂-CH₄ components in vapor phases. Homogenization temperatures and salinities of fluid inclusions span a range between 180-840 °C and 3.23-93 wt% NaCl eq respectively. Inclusions that doesn't homogenize over 1000 °C is also observed in the mineralization related quartz veins.

Key word: Karakartal porphyry Au-Cu, high temperature saturated hydrothermal solution, EPMA, SEM-EDX, Lazer Raman, microthermometer , melt inclusions

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1.	Karakartal maden sahasına ait yer bulduru haritası..... 3
Şekil 3.1.	Sütür zonları dikkate alınarak ortaya konan Türkiye ve yakın çevresinin tektonik birlikleri (Okan ve Tüysüz,1999)..... 15
Şekil 3.2.	Çalışma sahasını içine alan bölgenin genelleştirilmiş dikme kesiti (Özgül ve diğerleri (1981)'den sadeleştirilerek ve değiştirilerek)..... 17
Şekil 3.3.	Çalışma sahasının kuzeyinde Fındıklı dere boyunca gözlenen Ofiyolit melanj ile Munzur Kireçtaşları arasında bindirme sonucu oluşan sınır ve kireçtaşı birimlerine sokulum yapmış intrüzif birim; b) Çalışma sahasının güneyinde gözükken birimlerin bir birleri ile olan yaklaşık dokanak ilişkileri..... 18
Şekil 4.1.	Çalışma sahasının İliç-Kemaliye yolunun kuzey batısındaki 1980 rakımlı isimsiz tepeden görünümü. Birim sınırları yaklaşık olarak gösterilmiştir..... 23
Şekil 4.2	a) İliç-Kemaliye yolu üzerinde gözlenen masif taşları; b) Ek-2'de gösterilmiş olan ankerit biriminden Ayıkayası Tepesine doğru bakış. 1 nolu kırık hattı yaklaşık doğu batı uzanımlı olup, hem kuzeyinde hem de güneyinde masif kireçtaşları gözükmede..... 23
Şekil 4.3.	Karbonat matriksi içinde az miktarda kalsit kristalleri ve ince kalsit damarları gözükmede (örnek no: NE 8-5-1); b) kireçtaşı içinde karbonat matriksinin yerini kalsit minerallerinin alması, öz şekilli opak mineraller (örnek no:NE 6-6.2); c) cevhersiz volkanik kayalar ile kireçtaşı dokanağından alınan örnekte karbonat matriksinin tamamen kalsit kristallerine dönüşü (Örnek no:NE 8-8-1); d) KDD 26-4 numaralı sondaj örneğinde, karbonat matriksinin tamamen kalsite dönüşü; e) Şekil 4.2 b de işaretlenmiş olan jaspilitlerin görüntüsü; f) Ayıkayası Tepesi civarında gözlenen jaspilit kafalarının görünümü; jaspilitleşmenin yoğunluğundan dolayı toprakta kırmızı renk hakimdir..... 25
Şekil 4.4.	a) KDD 4 nolu sondajdan alınan metasedimanter kayaktan hazırlanan parlatılmış kesitte gözlenen bantlaşma ve bolluk sırası garnet, kuvars, klorit epidot ve pirit b) Sahanın güney kısmında intrüzif birimlerin uzağından alınan metasedimanter kayaç örneğinin, daha çok klorit ve epidotların oluşturduğu bantlı yapı ve bolluk sırasıyla kuvars, K-Feldspat ve pirit..... 26
Şekil 4.5.	KDD 4 sondajından alınan örneğe ait ince kesit fotoğrafları; a) Bantlaşmaya paralel, yarı paralel veya onları keserek yerleşen sülfat damarları ile saçınımlar ve düzensiz damarlar şeklinde piritler (TN). b) a nın çift nikol görüntüsü, volkanik camdan oluşan bantlar opak olarak gözükmede. Sülfatlı mineraller ve epidotların yüksek çift-nikol renkleri açıkça görülebilmektedir. c) kuvars damarı ve damar içindeki pirit mineraleri. Yaklaşık 50 mikron boyutuna ulaşan garnet. Özşekilsiz epidotlar ise kuvars damarına paralel şekilde gelişmiştir (Ç.N). d) c nin tek nikol görüntüsü, Garnet mineraleri kahverengi renkli, epidotlar sarımsı yeşil renkte ve kloritler yeşil renkte gözükmede..... 27

Şekil 4.6.	KDD 4 örneğinde kuvars damarlarını kesen ve onları öteleyen yaklaşık 1mm genişliğindeki sülfat damarı.....	28
Şekil 4.7.	Çalışma sahasında bulunan intrüzif kayaçlarından hazırlanan parlak kesitlerin makroskobik görünüşleri makro örnekleri; a) ikincil K-feldspat ve ikincil biyotitlerin gözleendiği ve cevherleşme içeren porfiri diyorit; b) cevherleşme içermeyen porfiri diyorit; c) cevherleşme sonrası porfiri diyorit daykısı; d) sahanın güney kesiminde bulunan porfiri andezitik kayaç örneği.....	29
Şekil 4.8.	Çalışma sahasındaki intrüzif kayaçların polarize mikroskop altındaki görüntüleri a) ikincil K-feldspat ve ikincil biyotitlerin gözleendiği ve cevherleşme içeren porfiri diyorit; b) cevherleşme içeren porfiri diyorit; c) cevherleşme sonrası porfiri diyorit daykısı d) sahanın güney kesiminde bulunan andezitik kayaç örneği.....	30
Şekil 4.9.	Potasik alterasyonun hakim olduğu örnekte kuvars damarlarının anhidrit damarları tarafından kesilmiş ve ötelenmesi. İkincil mineraller kuvars damarları boyunca gelişmiştir.....	32
Şekil 4.10.	Karakartal maden sahasındaki intrüzif kayaçların Pearce (1996) iz element sınıflama diyagramına göre sınıflandırılması.....	33
Şekil 4.11.	Karakartal pofiri Au-Cu maden sahasındaki damar tiplerine ait makro el örnekleri a: Birbirine paralel şekilde gelişmiş kuvars+manyetit+kalkopirit damarları (A1 tipi) ve bunları kesen K'lu feldspat+kuvars+kalkopirit+ pirit damarı (B tipi); b: kuvars damarı ve bun damara paralel gelişen manyetit+kalkopirit damarı (A1 tipi); c: kuvars damar ve damarcıkları ile bu damarlar boyunca gelişmiş ikincil K-feldspat oluşumları (B tipi); d: Kılcal K-feldspat damarcıkları (B tipi) ve bundaları kesen kuvars+klorit+pirit ±kalkopirit damarı (K1 tipi); e: ağsal kuvars+klorit+ pirit+kalkopirit (K1 tipi) damarı; f: Kuvars damarını kesen jips damarcıkları ile bunların her ikisini kesen kalsit damarı.....	35
Şekil 4.12.	Molibdenitin cevher miskobu (a) ve BSE (b) görünüşleri. Her iki resimde molibdenit ayrı bir faz halinde kuvars içinde ölçeksiz saçınımlar halinde bulunmaktadır.....	36
Şekil 4.13.	a: Kp I ve onu ornatan pirit; b: Kuvars+kalkopirit II damarının (A2 tipi) kuvars manyetit (A1 tipi) damarı ve manyetitlerin içinde kapanım halde bulunan kalkopirit I mineralleri; c: manyetit minerallerini ornatan pirit mineralleri ve kataklazma sonucu ortama yerleşmiş kalkopirit II mineralleri; d: manyetitlerin kalkopirit II ve hemde III tarafından kesilmesi.....	36
Şekil 4.14.	a: manyetitlerin hematit ve titanyumlu hematitlere dönüşümü ile hematitleşmiş bölge içindeki kalkopirit I ve kalkopirit II mineralleri; b: manyetit içinde kalkopirit I kapanımı ve manyetitlerin dönüşümü sonucu oluşmuş hematit ve titanyumlu hematitler; c: titanyumlu hematit ve içinde gelişen rutil lataları; d: titanyumlu hematitler içinde gelişmiş rutil latalarının BSE görüntüsü.....	37
Şekil 4.15.	a: Kalkopirit I ve pirit minerallerini ornatan rutil mineralleri(Örnek no Kdd 10); b: kalkopirit II' kesen damarcık halinde rutil mineralleri.....	38

Şekil 4.16.	Sıvı kapanımlar içindeki opak fazların karşılaştırılmasında kullanılmak için karot örneklerinden yapılan referans Raman okumaları.....	39
Şekil 4.17.	Manyetitten Ti-hematite doğru atılmış bir profil boyunca elde edilen spektrumlar. Şekil 4.15 de gözükten rutillerin raman okuması ve Spektral ID veri tabanında bulunan referans rutilin (libindex:238) spektrumu.....	40
Şekil 4.18.	a: İkincil K-feldspat damarı içinde ikincil biyotit damarı ve biyotitlerin bozuşması sonucu oluşmuş klorit minerali; b: kuvars damarı boyunca gelişmiş ikincil biyotitler ve biyotitlerin kloritleşmesi ile k-feldspat minerallerinin killeşmesi; öz şekilli ve öz şekilsiz ikincil biyotit mineralleri ve onları çevreleyen k-feldspat mineralleri; d:kenarları ve kırık hatları boyunca serizitleşmiş ve killeşmiş plajiyoklas minerali.....	41
Şekil 4.19.	Birincil ve ikincil biyotitlerin Rieder ve diğerleri (1998)'e göre sınıflandırılması (Miduk porfiri Cu dağılım alanları Boomeri ve diğ. 2009; Sarçesme dağılım alanları Boomeri ve diğ. 2010).....	43
Şekil 4.20.	Birincil ve ikincil biyotitlerin Nachit ve diğerleri (1985 ve 2005) göre grafiksel gösterimi.....	44
Şekil 4.21.	21EPMA analiz sonuçlarına göre hesaplanan Albit (Ab), Anortit (An) ve Ortoklas (Or) bileşenlerine göre Plejiyoklasların sınıflama grafiği.....	47
Şekil 4.22.	Kabataş sahasındaki kloritlerin farklı görünüşleri.....	59
Şekil 4.23.	Van der Kerkof ve Hein (2001) tarafından ortaya konan homojen ve heterojen kapanmayla ilişkili olarak ortaya çıkan sıvı kapanım şekilleri.....	66
Şekil 4.24.	Sıvı kapanımların birbirleri ve kapandıkları mineral ile olan ilişkisine göre sınıflandırılması, a) Kuvarsın büyüme zonu boyunca gelişen birincil kapanımlar ve aynı kristal içinde bulunan bir hat boyunca oluşmuş yalancıl ikincil kapanımlar ile en az 3 değişik kristalde devam eden bir hat boyunca gözlenen ikincil kapanımlar; b) Kuvars içinde bir hat boyunca kapanım boyları ile orantılı aralıklarla kapanlanmış birincil kapanımlar ile kristalin oluşması sırasında oluşan iyileşmiş kırık (healed crack) boyunca kapanlanmış yalancıl ikincil kapanımlar.....	66
Şekil 4.25	Kuvars içinde bulunan tek fazlı kapanımların mikrofotografları. a) aynı kristal içinde bulunan V ve L tipi kapanımlar, b) eş boyutlu ve eş şekilli V tipi kapanımlar, c) aynı kristali içinde benzer negatif kristal şekilli V ve L tipi kapanım , d) kuvars kristali içinde gelişmiş bir hat boyunca kapanlanmış V fazlı kapanımlar.....	67
Şekil 4.26.	Kuvars içinde bulunan iki fazlı kapanımların mikrofotografları. a) bir kırık boyunca kapanlanmış L+V tipi kapanımlar, b) aynı kristal içinde birlikte gözlenen L+V ve V+L tipi kapanımlar, c) iyileşmiş kırık (healed crack) boyunca kapanlanmış L+V kapanımlar, d) iyileşmiş kırık (healed crack) boyunca kapanlanmış V+L tipi kapanımlar.....	69

Şekil 4.27.	Kuvars kristallerindeki Çeşitli çok fazlı kapanımların mikrofotografı; a) yaklaşık olarak %60 gaz faz ve kübit halit kristali ile opak mineral içeren kapanım, b) kristal içinde birincil olarak oluşmuş hematit, opak mineral ve bir tuz kristali içeren sıvı kapanımlar, c) yaklaşık % 50 oranında hematit minerali ve tuz kristali ile opak mineral içeren sıvı kapanımlar, d) hematit ve opak mineral ile 2 farklı tuz kristali barındıran negatif şekilli sıvı kapanımlar ile bunlara eşlik eden V tipi kapanımlar, e) hematit ve 2 opak faz ile 2 tuz kristali ve 1 silikat mineral fazı içeren sıvı kapanım, f) hematit ve 1 opak mineral ile en az 3 tuz kristali 1 silikat minerali ve 1 sülfat minerali içeren sıvı kapanım.....	70
Şekil 4.28.	Anizotrop mineral içeren sıvı kapanımların genel görünümü, a) açık renkli anizotrop mineral (apatit?) içeren sıvıca zengin kapanım ile gazca zengin opak faz içeren kapanım, b) biyotit ve en az 2 tuz kristali ile sülfat minerali içeren çok fazlı kapanım.....	71
Şekil 4.29.	Ergiyik kapanımların mikrofotografı. a) koyu renkli camsı ergiyik içinde gaz fazı, tuz ve opak mineral içeren kapanım, b) camsı silikat ergiyik içinde gaz fazı, hematit ve opak mineral ile petrografik olarak tanımlanamayan mineral faz ile bu kapanıma eşlik eden Tip III türü sıvı kapanım c) gaz fazı, tuz ve opak mineral içeren silikat kapanım, d-e-f) değişik renk tonları gösteren camsı silikat ergiyik içinde opak ve tuz kristalleri bulunduran kapanımlar ile bunlara eşlik eden sıvı kapanımlar, g) silikat matrisinde birden fazla mineral ve tuz kristali barındıran kapanım, h) V tipi kapanımlar ile paralel şekilde gözlenen, silikat ergiyik kapanımları. 1) gaz ve en az iki opak faza ilave olarak sayılabilen altı adet tuz veya mineral faza sahip silikat-tuz ergiyik? (Tip III d) kapanımı.....	73
Şekil 4.30.	Potasik alterasyon zonunda kuvars damarı içinde bulunan ve magmatik bir kuvars kristal olduğu düşünülen kuvars kristali (a) ve içinde bulunan ergiyik kapanımlar (b). c ve de bu silikat kapanımların detay görünümü ve c deki ergiyik kapanımın içinde yer alan iki fazlı sıvı kapanım.....	74
Şekil 4.31.	Sıvı kapanımlara ait gaz fazın homojenleşme sıcaklıklarını gösteren histogram grafiği.....	76
Şekil 4.32.	Sıvı kapanımlar üzerinde yapılan ilk buz ergime ölçümlerine ait histogram.....	77
Şekil 4.33.	Sıvı kapanımlar üzerinde yapılan son buz ergime ölçümlerine ait histogram.....	77
Şekil 4.34.	Tuz fazlarının ergime sıcaklıkları.....	79
Şekil 4.35.	Tip III sıvı kapanımlara ait Th-Tm grafiği.....	79
Şekil 4.36	Sıvı kapanımların homojenleşme eğilimleri, a: Th>Tm b: Th=Tm c: Tm>Th (Bodnar, 1994 den).....	80
Şekil 4.37	Tip II ve Tip III türü kapanımlara ait homojenleşme toplam tuzluluk grafiği.....	81
Şekil 4.38	Tip III kapanıma ait homojenleşme fazlarını gösteren mikro fotoğraflar.....	86
Şekil 4.39	Tip III ? kapanıma ait homojenleşme fazlarını gösteren mikro fotoğrafları.....	88

Şekil 4.40	Tip III kapanıma ait homojenleşme ve ergime fazlarını gösteren mikro fotoğrafları. Gaz faz 361 °C’ de homojenleşirken tuz kristali 586 °C de ergimiştir.. Siyah ve kırmızı renkli opak fazlar sırasıyla 878 ve 1050 °C’de ergimiştir. 878 °C’de siyah renkli opak fazın homoejnleşmesinden sonra kapanım da hacimsel değişiklik görülmeye başlamıştır.....	89
Şekil 4.41	Lazer Raman analizlerine tabi tutulan sıvı kapanımların görünüşleri. Potasik alterasyon zonundan alınan (a) FI-2 numaralı L+V tip kapanım, (b) FI-9 numaralı V+L tip kapanım, (c) FI-1 numaralı L+V+S tip çok fazlı kapanım, potasik alterasyon zonunun dışından alınan (d) FI-11 numaralı L+V tip kapanım, (e) FI-17 numaralı V+L tip kapanım, (f) FI-16 numaralı L+V+S tip çok fazlı kapanımlar.....	91
Şekil 4.42	Karakartal madeni sahasından 21 numaralı sondajdan alınan örneklerdeki çok fazlı sıvı kapanımların bünyesinde mevcut olan katı fazların raman spektro çekimleri. Blank okumlarda sadece kuvars pikleri bulunmaktadır.....	92
Şekil 4.43	Karakartal madeni sahasından 21 numaralı sondajdan alınan örneklerdeki çok fazlı sıvı kapanımların bünyesinde mevcut olan katı fazların raman spektro çekimleri. Blank okumlarda sadece kuvars pikleri bulunmaktadır.....	93
Şekil 4.44	Karakartal maden sahasından KDD 21-10 numaralı sondajdan alınan örnekten hazırlanan kesitteki FI-2 numaralı iki fazlı sıvı kapanım(a), bu kapanımın gaz fazı üzerine CO ₂ için yapılan Raman okuması(b), CH ₄ için yapılan raman okuması (c), kapanıma ait sıvı fazın raman okuması (d).....	96
Şekil 4.45	Karakartal maden sahasından KDD-1A-31 numaralı sondajdan alınan örnekten hazırlanan kesitteki FI-17 numaralı gazca zengin kapanım(a), bu kapanımın gaz fazı üzerine CO ₂ için yapılan Raman okuması(b), N ₂ için yapılan raman okuması (c), CH ₄ için yapılan raman okuması (d).....	97
Şekil 4.46	Şekil 4.47 Karakartal maden sahasından KDD 21-10 numaralı sondajdan alınan örnekten hazırlanan kesitteki FI-1 numaralı çok fazlı sıvı kapanım(a), bu kapanımın opak fazı üzerinde yapılan Raman okuması (b), kapanımın gaz fazı üzerine CO ₂ için yapılan Raman okuması(c), N ₂ için Raman okuması (d) CH ₄ için yapılan raman okuması (e), ve H ₂ Raman okuması (f)	98
Şekil 4.47	BSE görüntüsü altında yüzeyin altındaki ve yüzeyde açılmış halde bulunan kapanımların görünüşleri.....	99
Şekil 4.48	Eötvös Lorent Üniversitesinde BSE görüntüsü altında EDX ile analiz edilem kapanımlara ait mikrofotograf ve spektrumlar.....	100
Şekil 4.49	Kuvars damarlarında bulunun açılmış sıvı kapanımların SEM görüntüleri.....	101
Şekil 5.1	Karakartal maden sahasını temsil eden KB-GD yönlü genelleştirilmiş kesit.....	103
Şekil 5.2	Tüm kayaç iz element analizlerine göre örneklerin Cu ve Au içerikleri.....	104
Şekil 5.3	Demir oksit minerallerinin mineral kimyası analiz sonuçlarına göre FeO-TiO ₂ grafiği.....	105

Şekil 5.4	Biyotit ve klorit minerallerinin elde edilen jeotermometre verileri ile sıvı kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklık değerleri.....	107
Şekil 5.5	Karakartal maden sahasının mineral parajenez ve süksesiyon tablosu.....	108
Şekil 5.6	Karakartal sahasından kuvars içinde kapanlanan sıvı kapanımlardan elde edilen veriler ışında hidrotermal çözeltinin PTX özelliklerinin şematik gösterimi.....	110
Şekil 5.7	Hidrotermal çözeltin sıcaklığa göre değişimi ve oluşan damar tipleri.....	114

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2-1	EPMA analizlerinde ölçülen elementler için sayma zamanları..... 12
Tablo 2-2	Raman Spektrometresi analizlerinde kullanılan dalga boyu aralıkları.. 14
Tablo 4-1	Birincil ve ikincil biyotit olarak kesin bir ayrıma gidilmiş biyotitlerin mineral kimyası analiz sonuçları (sıcaklık hesaplaması Henry ve diğ (2005)'e göre yapılmıştır DLA: dedeksiyon limitinin altında)..... 45
Tablo 4-2	Biyotit minerallerine ait mineral kimyası analizleri (sıcaklık hesaplaması Henry ve diğ (2005)'e göre yapılmıştır, DLA: dedeksiyon limitinin altında)..... 46
Tablo 4-3	Plajiyoklas minerallerine ait EPMA sonuçları (DLA: dedeksiyon limitinin altında)..... 48
Tablo 4-4	Klorit minerallerine ait EPMA sonuçları (Katyonlar ve iyonlar 28 oksijene göre hesaplanmıştır; DLA: dedeksiyon limitinin altında; T1: Kloritler için Cathelineau ve Nivea (1985), T2: Kranidiotis ve MacLean (1987) ve T3: Jowet (1991)..... 60
Tablo 4-5	Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü sıvı kapanım laboratuvarında yapılan mikrotermometrik çalışmaların sonucu..... 82
Tablo 4-6	Macaristan Eötvös Üniversitende yapılan sıvı kapanım ölçümleri (N.H: homojenleşme sağlanamadı)..... 85
Tablo 4-7	Eötvös Lorent Üniversitesinde yapılan Raman analizleri sonuçları (n.m: ölçülmedi, m.d mevcut değil, ö.y ölçüm yapılmadı, X: mevcut)..... 95
Tablo 4-8	Eötvös Üniversitesi Litosfer Araştırmaları Laboratuvarında yapılan EDX çalışmalarına ait özet tablo..... 101

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Porfiri bakır yatakları (PBY), yaklaşan plaka sınırlarında, özellikle ada yayları ve yitim zonlarında oluşan birbirlerini keserek yerleşen çok fazlı sığ derinlikli porfiri dokulu kalk-alkalen karakterli intrüzif kayalarla ilişkili olarak gelişen düşük tenörlü (<1% Cu ve <1ppm Au), büyük rezervli (milyonlarca ton) saçınımlı ve ağsal yapıda cevherleşme gösteren maden yataklarıdır (Sillitoe, 1972, McMillan, 1991).

Sivas-Erzincan-Tunceli zonu Anatolid-Torid bloğunun kuzeyinde bulunur. Bu zon özellikle porfiri doku gösteren sokulum kayaları ve bunlarla ilişkili olarak oluşmuş olan cevherleşmelerin varlığı ile bilinmektedir (Boztuğ ve Arehart, 2007, Kuşçu vd., 2009, İmer vd., 2010). Şartların zorluğu ve güvenlik açısından riskli bir bölge olması nedeniyle bu zon jeolojik çalışmaların oldukça kısır olduğu bu bölgede özellikle son yıllarda maden aramalarına yönelik olarak yapılan çalışmaların sayılarında çok önemli oranda bir artış olmuştur. Bölgede başlıca, Çöpler (İliç,Erzincan), Sabırlı Fındıklı Dere (İliç, Erzincan) Karakartal (Kemaliye, Erzincan) ve Cevzlidere (Ovacık, Tunceli) yörelerinde bir birlerine benzeyen özellikler gösteren cevherleşmeler mevcuttur (Şekil 1.1). İşletme ve arama ruhsatları Alacer Gold (Avusturya) ve Lidya Madencilik (Türkiye)'e ait olan bu sahalardan sadece Çöpler sahası aktif olarak işletilmektedir. Diğer üç sahada arama faaliyetleri halen devam etmektedir.

Karakartal maden sahası PBY'nin genel tanımına benzer özellikler gösteren bir yataktır. Bu sahada şu ana kadar ruhsat sahibi şirketler tarafından yapılan arama çalışmaları ve sahada yapılan 30 sondaj ile 2009 yılı itibarıyla 0,3 g/t Au ve %0,2 Cu tenörlü 17.8 Mt cevher tespit edilmiştir (Lechner, 2009) Bu tenör değerlerine göre Karakartal madeni porfiri Au-Cu alt grubu olarak tanımlanabilir (Sillitoe,2000)

Çalışmanın Amacı

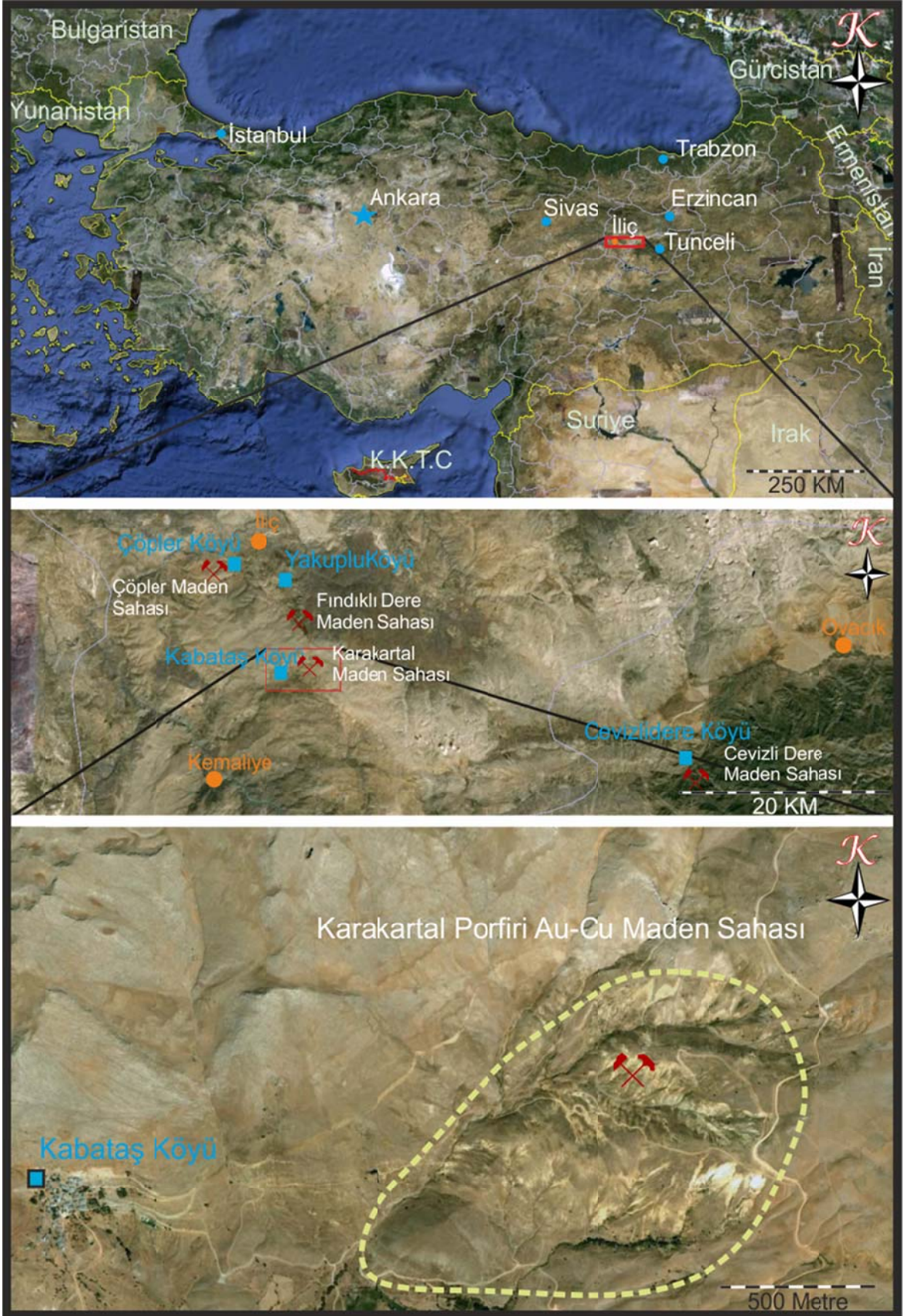
PBY'nin oluşum koşullarını ortaya koyabilmek adına dünyada ve ülkemizde pek çok çalışma yapılmıştır. Çeşitli araştırmacılar tarafından PBY'nin oluşum ortamları, cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin kaynağı, cevherleşmenin şekli, mineral parajenezi, alterasyon özellikleri tam olarak ortaya konmuş ve modellenmiştir (Meyer ve Hemley

1967, Lowel ve Guilbert 1970, Sillitoe 1972 ve 1973, Roedder 1984, Bodnar 1995, Richard 2003, Sillitoe 2000, Heinrich vd., 2005, Richards 2009, Sillitoe 2010). Maden yataklarını oluşturan çözeltilerin kimyasal özellikleri ve kökeni ile ilgili çalışmalar, mikrotermometrik analizler ve sınırlı sayıda ileri araştırma laboratuvarlarında bulunan SIMS ve PIXE analizleri ile sınırlıydı. Günümüzde ise lazer teknolojisinde yapılan teknolojik ve inovatif yeniliklerle Raman Spektrometresi ile LA-ICP-MS cihazlarının geliştirilmesi ve bu cihazlarda kullanılan lazer ışın demetlerinin boyutsal olarak sıvı kapanım boyutlarına kadar indirilebilmiş olması maden yataklarının oluşumunda rol oynayan çözeltilerin bileşimine ait çok önemli adımlar olmuştur. Vu tür cihazların göreceli olarak daha yaygın olması sıvıkapanımların çok daha verimli ve etkili olmasını sağlayacaktır.

Bu çalışma büyük ölçekli bir Tübitak projesinin sadece bir bölümünü kapsamaktadır. Projede çalışılan maden sahalarının biri olan ve henüz arama aşamasında olana Karakartal porfiri Au-Cu cevherleşmesinin ele alındığı çalışmada madenin jeolojik ve teknolojik gelişimi, mineralojik özellikleri, hidrotermal alterasyonu, cevherin detay jeolojik özellikleri ile 3 ve 4 boyutlu modellemesinin ana amaç olarak belirlenmiş ve bu amaç doğrultusunda çalışmalar yapılmıştır. Böylece hazırlanan bu yüksek lisans tezinde Karakartal madenini oluşturan çözeltilerin kökeni ve cevherin mineral parajenezi ile oluşum modeli sıvıkapanım çalışmasıyla belirlenmeye çalışılmıştır.

1.2. Coğrafi Konum ve Ulaşım

Çalışma sahası Erzincan ili Kemaliye ilçesine bağlı Kabataş Köyü sınırları içerisinde olup 1/25000 ölçekli topoğrafik haritada, J41-a4 ve J41a3 paftalarının kesişimine denk gelen yaklaşık 9 km² lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1). Lokasyon olarak Erzincan İliç ve Kemaliye ilçeleri arasında bulunan sahaya Kemaliyeden 14 km'lik ince asfalt kaplanmış bir yol ve iliç'ten 16 km klik stabilize bir yol ile ulaşım sağlamaktadır. Bölgedeki hava şartlarının zorluğu nedeniyle bu yollar kış aylarında zaman zaman kapanmakta ve sahanın ilçeler ile ulaşımı kesilmektedir.



Şekil 1.1. Karakartal maden sahasına ait yer bulduru haritası

1.3. Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü

Bölge, derin vadilerden oluşan engebeli bir yer yapısına sahiptir. Güneyden kuzeye doğru topografik yükseklik artar. Kuzeyde Munzur dağlarını oluşturan Aşılık Tepe (2125 m) ve Şahmetlik Tepe (2342 m) Sulaç Tepe (2667) ve Köserelik Tepe (2572) bulunurken, güneyde Kemaliye ilçesinde Keban baraj gölü 900 m rakımda bulunmaktadır (Ek-1).

Bölgedeki başlıca akarsuları Keban baraj gölüne dökülen Karadere ve Çaldere ile bunlara bağlı diğer küçük vadiler oluşturur. Akarsuların akış rejimleri düzensizdir. Yağışlı mevsimlerde rejimler artar, yaz aylarında ise azalır. Çalışma sahasının içindeki vadi kollarından biri bakır deredir. Çevre kayalardan çözülen bakır iyonları bakımından hayli zengin olan bu vadi bakır ve sülfat bakımından aşırı doygun olup yer yer kalkantit ve diğer bakır sülfat ve karbonatları çökeltmektedir. Buda yörede bakırın varlığının göstergelerinden biridir.

Bölgede yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve az yağışlıdır. Yağmurlar genellikle ilkbaharda başlayıp, Mayıs ayı ortalarına kadar devam eder. Sonbahar ise eylül sonlarında başlayıp kasım ayına kadar devam eder. Yazları yüksek kesimler serin olmaktadır. Sıcaklık kış aylarında çoğu zaman sıfırın altına düşmektedir.

Bu hayli sıcak ve kurak yaz ayları ile çok soğuk kış ayları nedeniyle bitki örtüsü bakımından yerleşim yerleri dışında fakirdir. Vadi kenarlarında görülen meşelikler ve ardıçlar bölgenin genel bitki örtüsünü teşkil etmektedir. Bunlar dışında kısa dikenli bitkiler hakim bitki örtüsüdür.

1.4. Önceki Çalışmalar

Çalışma sahasına içine alan bölge, jeolojik çalışmalar için son derece önemli bulgular üretebilecek bir bölge olmasına rağmen yeterli derecede çalışılabilmiş değildir. Özellikle 90'lı yıllardan sonra bölgenin terör ile anılması nedeniyle, bilimsel çalışmalar son derece sınırlı olmuştur. Doğrudan maden sahasını içeren bilimsel çalışmalar oldukça sınırlıdır. Ancak MTA tarafından doğrudan çalışma sahasını konu alan, cevher aranmasına yönelik çalışmalar vardır. İnceleme alanı ve çevresinde yapılan arama ve bilimsel çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Çalışma sahasını içine alan ve yakın çevresindeki ilk çalışmalar MTA tarafından yapılmış. Bu çalışmalardan Lelev ve Kovenko (1938), Stchepinsky (1940) ve Maviş

(1977) ilkel jeokimyasal yöntemler kullanarak ve daha çok arazi gözlemlerine dayanarak çalışma sahası ve civarında demir ve mangan yataklarının varlığından söz etmişlerdir. Tüzün vd., (1990) yaptıkları uzaktan algılama çalışmasında bölgede cevherleşmelerin granitik kütleler ile kireçtaşı ve sepatinit dokanaklarında yoğunlaştıklarını ve yine dairesel şekilli yapısal unsurlar etrafında sıkça görüldüklerini belirtmişlerdir.

Çelebi ve Özcan (1992) Çöpler maden sahasında Ünimangan A.Ş. için hazırladıkları raporda hem minerolojik hemde kimyasal analiz sonuçlarına dayanarak maden sahasındaki altının varlığını ilk kez ortaya koymuşlardır. Bu çalışmadan sonra Avcı vd., (1995) ve Avcı (1996) Sivas-Erzincan arasında kalan İliç ve civarını da içine alan alanda yürüttükleri çalışmalarda Kabataş, Çöpler, Yakuplu ve Sabırlı bölgelerinde pek çok noktada kayaç cevher ve dere kumları üzerinde yaptıkları analizlerde altının bölgedeki varlığına işaret etmişlerdir. Yılmaz (1985), çalışma sahasını da içine alan bölgede bulunan asidik, ortaç ve bazik magmatik kayaçların Üst Kretase-Eosen zaman aralığında kıta kabuğuna yerleşmiş diyapirlerin yeniden hareketi sonucu oluşmuş olabileceğini ileri sürmüştür. Granitik stoklar için bu yaş verilerinin genel olarak bir birleriyle uyumlu olduğunu ve bu oluşumun Eosen döneminde meydana geldiğini öngörmüştür. Benzer şekilde, Tokel (1989), Divriği-Bolkardağı arasında bulunan ofiyolitleri kesen granitoidlerin Eosen yaşlı olduklarını ve gerek petrografik, gerekse ana ve iz element karakteristikleri ile "S" tipine daha yakın bir karakter özelliği yansıttıklarını savunmuştur. Ayrıca bu granitoidlerin Anadolu'nun Eosen-Miyosen sürecindeki sıkışmasından meydana gelmiş kabuk kalınlaşması sonucu, KD-GB yönlü bir kabuk bindirmesi boyunca oluşmuş çarpışma tipi granitoidler olduklarını ifade etmiştir.

Özdemir ve Biçen (1971), Karakartal maden sahasının kuzeyinde bulunan Yakuplu ve Çöpler plutonlarını incelemişler ve bu iki plütunun çok geniş bir batolitin aynı veya yakın fazlardaki iki ayrı apofizi olabileceğini ifade etmişlerdir.

Yazgan (1983 ve 1984), Yakuplu plütunu olarak tanımladığı intrüzyonun amfibol kuvars monzo diyorit bileşimli olduğunu ifade etmiştir. Yaptığı K/Ar radyometrik yaş tayini çalışması ile bu intrüzyondan 37.2 ± 2.5 - 44.5 ± 2.5 milyon yıllık bir oluşum yaşı elde etmiştir.

Tutkun vd. (1988), bölgede bulunan ofiyolitik birimlerin Üst Kretase'de yerleştiğini ve Üst Kretase-Eosen zaman aralığında Dumluca ve Çöpler granitoidi ile Çaltı volkanitleri tarafından kesildiğini belirtmişlerdir.

Keskin (1991), Divriği yöresindeki Dumluca, Murmana ve Karakeban granitoidlerinin Torid okyanusu (Şengör ve Yılmaz 1981, Görür vd., 1984) veya Torid okyanusal çukurluğu (Poisson 1986) olarak tanımlanan ve Kretase-Paleosen döneminde dalma-batma zonu meydana getiren okyanusal alanın jeodinamik evrimi ile ilgili olabileceğini düşünmüştür. Bunun yanında bu plütonların yay mağmatizması ile veya yay mağmatizması sonucu oluşan kayaçların tekrar kısmi ergimesi sonucu meydana gelen mağmatizma ile ilgili olup olmayacaklarına ilişkin bir yaklaşımda bulunmamıştır.

Avcı (1992), Çatlı granitoidinin tonalit, granodiyorit, kuvarsdiorit ve bunların porfirileri türü kayaçlardan oluştuğunu, bu kayaçların içinde gelişen karışım dokularından hareketle granitoidin mafik ve felsik karakterli iki mağmanın homojen karışımıyla oluşan hibrit bir magma ürünü olduğunu ve granitoidin volkanik yaylarla ilgili olduğunu (I tipi) ortaya koymuştur. Buradan hareketle, bölgede bir dalma-batma mekanizmasının geliştiğini ve henüz ortaya konulmamış bu mekanizmayla ilişkili cevherleşmelerin bulunabileceğini belirtmiştir.

Özer (1994), Yakuplu plütonunun; tonalit, trondjemit, kuvarslı diyorit ve granodiyorit bileşimli olan plütonun ilkel ve normal bir volkanik yay ortamında geliştiğini ve granitoidlerin mantonun ve dalan okyanus kabuğu kayaçlarının kısmi ergimesiyle gelişmiş I-tipi bir mağmatizmanın ürünü olduğunu vurgulayıp yaşının Paleosen olduğunu belirtmiştir.

Avcı vd.,(1996), Erzincan İliç-Kemaliye bölgelerinde daha önceden MTA tarafından yapılan çalışmalardan da faydalanarak yaptıkları altın aramasına yönelik çalışmalarda Çöpler, Kabataş ve Yakuplu köyleri civarında altın ve bakır anomolileri olduğunu, bu sahaların muhtemlen cevherleşmeler içerdiğinden bahsetmişlerdir. Ayrıca Kabataşdaki intrüzif birimi sub-volkanik olarak adlandırmışlar ve cevherleşmenin kireçtaşları ve intrüzif kayaçlar içinde olabileceğini, özellikle jasperoidlerin olduğu zonlarda karlin tip bir cevherleşmenin bulunabileceğini ifade etmişlerdir.

Boztuğ (1998), Orta Anadolu'da Üst-Kretase Paleosen yaşlı birçok alkali plütonun bulunduğunu ifade ederek, bu plütonların Anatolid-Pontid çarpışmasına bağlı kabuk kalınlaşmasından hemen sonra gelişen litosferik incelme sırasında, Anatolidlerin pasif kenarında yükselmiş bulunan manto malzemesinin kısmi ergimeye uğraması sonucu oluşmuş olabileceğini belirtmiştir.

Boztuğ vd., (2003), İliç (Çöpler) Cu-Mo-Au porfiri maden yatağı ile ilişkili olan gratoiyidik kütlelerin, Üst Kretasede yitim ile oluşan mafik bir mağma ile kabuktan türemiş bir felsik mağmanın karışımı ile oluşmuş hibrid I-Tipi yüksek K içerikli kalkalkalen bir magmadan oluştuğunu ifade etmiştir

Önal vd., (2005), Bizmişen ve Çaltı plütonlarının I-tipi olduklarını belirtmiş ve bunları K-Ar yöntemiyle 42-46 MY ve 40-49 MY olarak yaşlandırmış; plütonların yay mağmatizmasının ürünü olan mafik ve felsik bileşimli hibrit bir mağmadan oluştuğunu bildirmiştir.

Boztuğ ve Arehart (2007), İliç civarında bulunan granitoidleri Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK) içine dahil etmiş ve bu granitoidlerin I-tipi olduklarını belirtmiştir. OAKK içerisinde yer alan I tipi granitoidlerden Üst Kretase yaşlı olanların yitim sırasındaki litosferik dilim kopması (Slab break off) veya litosferik delemantasyon sonucunda çarpışma sonrası litosferik ayrılma ile ilişkili bir ortamda oluştuklarını; Orta Eosen yaşlı olanların ise gerilme ile ilişkili olduklarını belirtmiştir.

Kuşçu vd., (2010), U-Pb ve $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yöntemlerini kullanarak çalışma sahası ve çevresinde bulunan granitik kütleleri ve bunlarla ilişkili olan cevherleşmeleri üç farklı zamanda farklı koşullar altında oluştuklarını ortaya koymuşlardır. Porfiri Au, Cu-Au tipi olarak tanımladıkları Çöpler ve Karakartal (Kabataş) cevherleşmelerin $50.44 \pm 0.28 - 40.2 \pm 6.8$ My arasında çarpışma sonrası gelişen ko-mağmatik kalk alkalen mağmatizmaya ilişkili olarak gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

Richards (2009), Çöpler ve Sarı Günay (İran) altın bakımından zengin porfiri ve epitermal Au yataklarının yüksek K'lu kalk-alkalen den şoşonotiğe kadar değişen kayalarda ve yitim sonrası oluşan çarpışmayla oluştuklarını belirtmektedir. Çöpler epitermal yatağının Eosen yaşlı olduğunu ve Kretese-Paleosendeki Neo Tetis çarpışmasıyla ilişkisi olduğunu da belirtmiştir.

İmer vd., (2010), Çöpler maden yatağı üzerinde yaptığı çalışmasında, bu yatağı ekonomik olmayan porfiri Cu-Au sistemi üzerine sonradan gelişen düşük sülfidasyonlu ekonomik bir epitermal Au yatağı olarak tanımlamıştır. Her iki cevherleşmeyi Orta Eosen sokulum kayalarıyla ilişkilendirmiştir. Bu kayaların birden çok fazlı porfiri diyorit olduklarını, ana ve iz element bakımından kıtasal yay ortamında oluşmuş I-tipi kalk-alkalen kayalara benzerlik gösterdiklerini belirtmişlerdir. Porfiri diyoritler üzerinde yaptıkları Ar-Ar yaş tayini sonucu 43.75 ± 0.26 My ve 44.13 ± 0.38 My, hidrotermal

biyotit ve serizit minerallerinden yaptıkları Ar-Ar yaş tayini sonucunda sırasıyla 43.84 ± 0.26 My ve 44.44 ± 0.28 My yaşlarını bulmuşlardır. Molibdenit üzerinde yapılan Re-Os radyojenik izotop çalışması sonucunda elde edilen diğer yaşlarla uyumlu olarak 43.9 ± 0.2 My ve 44.6 ± 0.2 My yaşlarını elde etmişlerdir.

Marinov vd., (2011), Kabataş (Karakartal) maden sahası ve çevresinde bulun Çöpler ve Ovacık madenlerinden altıkları molibdenit örnekleri üzerinde yaptıkları Re-Os radyojenik izotop çalışması sonucunda sırasıyla 51.1 my, 46,4 ve 46,9 ile 26 my bulmuşlardır. Yaptıkları çalışmada Kabataş (Karakartal) cevherleşmesini oluşturan intrüzif kayaçların Çöpler madenini oluşturan intrüzif kayaçlardan önce yerleştiğini, Cevizli dere cevherleşmesinin ise Türkiye’de bilinen genç porfiri sistem olduğunu belirtmişlerdir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Arazi Çalışmaları

2010 yılı yaz döneminde başlayan arazi çalışmaları 2011 ve 2012 yaz dönemleri boyunca devam ettirilmiş ve toplamda 20 gün süreyle maden sahası ve çevresinde incelemelerde bulunulmuştur. Bu süreçte çalışma sahasını kapsayan yaklaşık 15 km² alan Alacer Gold Co. şirketi tarafından yapılan jeolojik harita baz alınmak suretiyle gözden geçirilmiş; yapılan gözlemler ve petrografik incelemeler sonucunda jeolojik harita yeniden düzenlenmiştir.

Jeolojik haritalama çalışmaları esnasında çalışma sahası ve yakın çevresini etkilemiş olan tektonik olayların etkisini belirleyebilmek adına yapısal ölçümler gerçekleştirilmiştir. Sahada mevcut olan ve farklı zaman dilimlerinde oluştuğu jeolojik gözlemler ve önceki çalışmalarla bilinen farklı kayaçlar içinde bulunan kırık ve çatlaklar ayrı ayrı ölçülmüştür. Böylece haritalanan birimlerden yapısal analiz için eğim yönü ve eğim açısı ölçümleri gerçekleştirilmiş toplamda 436 adet kırık ölçülmüş ve haritalanmıştır.

Çalışma sahasında yüzeyden ve sondajlardan olmak üzere iki farklı örnekleme yapılmıştır. Yüzey örneklemesi sahada haritalana bilen değişik kayaçların petrografik ve kimyasal özelliklerini ortaya koymak için yapılmıştır. Sondaj örneklemesi ise yüzeyde gözlenen değişimin derine doğru nasıl değiştiğini ortaya koymak için yapılmıştır. Topografyanın oldukça engebeli olması ve yüzeyde hem yüzeysel hem de hidrotermal alterasyonun etkisinin yoğun bir şekilde görülmesinden dolayı, başlangıçta hedeflenen profiller boyunca örnekleme planlanmasına karşın yapılamamıştır Buna karşın mümkün olan yerlerden örneklerin alınmasına çalışılmıştır.

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.2.1. İnce Kesit, Parlatılmış İnce Kesit, Parlak Kesit ve Sıvı Kapanım Kesitlerinin Hazırlanması ve İncelenmesi

Tüm kesit hazırlama işlemleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kesit Hazırlama Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Petrografik incelemeler yapmak amacıyla; sahadan alınan kayaç örnekleri elmas disk ile 0.5-1 cm kalınlığında kesildikten sonra kanada balzamu ile 1mm kalınlığındaki 2.5x5cm boyutundaki cama

yapıştırılarak dereceli aşındırıcılar yardımı ile 30-35 μ kalınlığa kadar inceltilerek ince kesitler hazırlanmıştır. Hazırlanan kesitler araştırma Mikroskopisi Laboratuvarı'nda incelenmiş ve mikro fotoğrafları çekilmiştir.

Parlatılmış ince kesitler için cm kalınlığında kesilen örnekler sonra Metkon'dan firması tarafından tedarik edilen epoksi reçine ile 27*46 mm boyutlarındaki ince kesit camına yapıştırılmıştır. Kuruması için 8 saat bekletilen örnekler Akasel marka Aka-Piatto 220, 600 ve 1200 meş'lik elmas diskler kullanılarak Metkon Forcipol 300-1v cihazında Focimat Ts başlığı kullanılarak 50-70 μ kalınlığı kadar aşındırılmışlardır. Buehler marka cihazda sırasıyla 9,6,3,1 μ 'luk elmas macunlar ve 0.3 ve 0.05 μ 'luk Al_2O_3 süspansiyonlar sırasıyla Akasel Plaran, Buhler Texmet, Akasel Daran, Metkon Fedo1, Akasel Napal ve Metkon Fedo1N parlatma çuhaları üzerinde uygulanarak kesitlerin parlatılması sağlanmıştır. Örneklerin her bir aşamada ne kadar tutulacağı her aşamadan sonra üstten aydınlatmalı mikroskop ile kontrol edilerek belirlenmekle birlikte, genellikle her aşama için 2-5 dk arasının yeterli olduğu görülmüştür. Örnekler her aşamadan sonra ultrasonik banyo ile temizlenmiştir. Hazırlanan kesitler üzerinde mineral kimyası yapılacak silikat ve cevher mineralleri sırasıyla polarizan ve üstten aydınlatmalı mikroskop ile incelenmiş, mineral kimyası analizi yapılacak mineraller kesit üzerinde işaretlenmiş, konumlarını ve özelliklerini gösteren mikro fotoğraflar çekilmiştir.

Cevher mineral parajenezi çalışmaları için gereken parlatılmış kesitler, araziden alınan örneklerin 1.5-2 cm çaplı ve 0.5-1 cm kalınlığında kesildikten sonra Metkon, firmasından tedarik edilen epoxy reçine ile 2.54 cm çaplı silindirik kaplarda vakum altında kalıba alınmıştır. Kalıba alma işleminden sonra 120 meşlik SiC tozu ile yüzeyindeki epoxy kalıntıları alınan örnekler parlatılmış ince kesitler ile aynı aşamalardan geçirilerek parlatılmıştır

Sıvı kapanım çalışmalarında kullanılmak üzere hazırlanan çift tarafı parlatılmış kesitler için ~1 cm kalınlığında kesilen dilimler jel formda Cyanoakrilat bileşimli yapıştırıcı (standart Japon yapıştırıcısı) ile 27*46 mm boyutlarındaki ince kesit camına yapıştırılmıştır. Parlatılmış ince kesit için uygulanan aşamalardan geçirilen örnekler ilk yüzeyin parlamasından sonra aseton içeren kaba konularak çözülmüştür. Daha sonra örneklerin parlamamış yüzeyleri üste gelecek şekilde yapıştırılarak nihai kalınlıkları 80-100 mikron olacak şekilde aynı aşamalardan tekrar geçildikten sonra parlatılmışlardır. Parlatılan örnekler tekrar aseton içine konarak yapıştırıcıdan ayrılmıştır.

2.2.2. Kimyasal Analiz ve X-Işınları Difraksiyonu İçin Örnek Hazırlanması

Arazi çalışmalarında sistematik olarak alınan yüzey ve karot örneklerinden yapılan ince kesitler ilk önce petrografik olarak incelenmiş ve kimyasal analiz için uygun örnekler seçilmiştir. Seçilen bu örnekler ilk önce çeneli kırıcıdan, daha sonra halkalı öğütücüden geçirilerek yaklaşık olarak 105 µ dan daha küçük tane boyutuna getirilmiştir. Hazırlanan bu örneklerden ana, iz ve nadir toprak element analizleri için 20 gr toz örnek ayrılmıştır.

2.2.3. SEM Analizleri İçin Örnek Hazırlanması

Sıvı kapanım kesitlerinin SEM ile kullanıma hazırlanması iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. İlk yöntemde seçilen sıvı kapanım örneklerinin tekrar cama yapıştırılarak 0,3 µ'lik Al₂O₃ tozuyla yüzey çok hafif aşındırılarak yüzeye yakın kapanımların patlatılması sağlanmıştır. İkinci yöntemde ise araştırılmak istenen sıvı kapanım bakımından zengin olduğu belirlenmiş olan kuvars damarlarından hassas kesme cihazı 0.5-1 cm kalınlığında ve 3-5 cm uzunluğunda dilimler alınmıştır. Alınan bu dilimler Japon yapıştırıcısı ile lama yapıştırılmıştır. Analiz öncesi örnekler ortadan kırılarak çevirilmeden altın ile kaplanmış ve böylece kırık yüzeyinde mevcut kapanımların çözeltisi ve katı fazlarının kapanım içinde kalması sağlanmıştır.

2.3. Analitik Yöntemler

2.3.1. Tüm Kayaç Analizleri

Tüm kayaç analizleri Kanada bulunan ACME Laboratuvarında 4A(ICP OES ile ana oksitler) ile 4B (ICP MS ile 45 iz element) paketleri seçilerek yapılmıştır.

2.3.2. Mikroprob Analizleri

Elektron mikroprop analizleri (EPMA) Montan Leoben Üniversitesi (Leoben, Avusturya)'n de bulunan Jeol JXA8200 marka 5 tünelli dalga boyu dağıtıcı spektrometreler ile donatılmış elektron mikroprop cihazı ile yapılmıştır. Aletsel koşullar olarak 40° bitirme açısı ve 20 kV bomlama enerjisi, 10 nA bombalama akımı ve 1 µ ışın çapı kullanılmıştır. EPMA analizlerinde kullanılan tüm örnekler Cressington marka karbon kaplama cihazı ile karbon kaplanmıştır.

Tüm minerallerin ölçümlerinde kalibrasyon standardı olarak doğal ve sentetik mineraller kullanılmıştır.

Tablo 2-1 EPMA analizlerinde ölçülen elementler için sayma zamanları

Analiz Türü	Elementler	Süre
Silikat mineralleri	F, Al, Si, Ca, Fe, Mg, K, Mn, Na, Ti, Cr, Cl ve Zn	15
Sülfürlü Mineraller	Sn	30
	Hg ve Te	20
	As, Sb, S, Au, Fe, Se, Bi, Ag, Cu, Pb, Cd, Zn, Ni ve Co	15
Oksitli mineraller	Mg V, Ti, Au, Fe, Al, Cr ve Cu	15
	Mn ve Ni	10

2.3.3. Mikrotermometrik Analizler

Mikrotermometrik çalışmalar Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Sıvı Kapanım Laboratuvarı ve Eötvös Lorand Üniversitesi (Budapeşte, Macaristan) olmak üzere iki farklı laboratuvarında yapılmıştır.

Birinci aşamada Leica DP 2500 marka mikroskoba monte edilmiş ve ölçüm limitleri $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan Linkam THMSG 600 sıvı kapanım tablası kullanılarak sıvı kapanımların ilk ergime ($T_{FM}\text{ }^{\circ}\text{C}$), son ergime ($T_{M-ICE}\text{ }^{\circ}\text{C}$), ile gaz ($T_H\text{ }^{\circ}\text{C}$), ve katı fazların ($T_{H-SALT}\text{ }^{\circ}\text{C}$), homojenleşme sıcaklıkları ölçülmüştür. Bu ölçümler esnasında $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ de homojenleşmeyen kapanımların bulunması ve bu tür kapanımların fazlalığı dolayısıyla daha yüksek sıcaklık ölçümlerinin yapılabileceği bir sıvıkapanım tablası arayışına geçilmiştir. Böylece belirlenmiş olan Eötvös Lorand Üniversitesi Litosfer Araştırmaları Merkezi Linkam TS1500 yüksek sıcaklık tablası kullanılarak ilk aşamada 600 derece sıcaklığa kadar homojenleşmeyen tuz kristalleri ($T_{H-SALT}\text{ }^{\circ}\text{C}$), gaz faz($T_H\text{ }^{\circ}\text{C}$) ve opak mineraller ($T_{H-OP}\text{ }^{\circ}\text{C}$) ise'nde Linkhan TS 1500 tablası kullanılarak ölçülmeye çalışılmıştır.

Linkhan THMSG 600 ve TS 1500 tablalarında sıvı kapanımların ölçümleri yapılırken ısıtma ve soğutma işlemleri $15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{dakika}$ oranı kullanılmıştır. İlk ve son ergime sıcaklıkların ölçümlerinde tuz kristali içeren kapanımlar -196 dereceye kadar, iki fazlı kapanımlar ise -120 dereceye kadar soğutulmuştur.

2.3.4. Konfokal Lazer Raman Analizleri

Raman alışması Montan Leoben Üniversitesi (Leoben, Avusturya) ve Eötvös Lorand Üniversitesi Litosfer Araştırmaları Merkezi (Budapeşte, Macaristan) olmak üzere iki farklı laboratuarda mikrotermometrik analizler için hazırlanmış sıvı kapanım kesitleri üzerinde yapılmıştır.

Leoben Üniversitesinde Olympus Bx 40 marka mikroskopla kombine edilmiş Horiba Jobin Yvon Labram marka Raman cihazı ile 100 mW gücünde 532 nm dalga boylu yeşil Nd-Yag lazeri kullanılarak sıvı kapanımlar içindeki cevher ve silikat mineralleri belirlenmiştir. Ölçümler 100 büyütme objektif kullanılarak yapılmıştır. Kullanılan lazerin lazerin ışın çapı olarak 5 μ 'dur. Ölçümler her seferinde 20 sn süreli olacak şekilde 3 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir.

Eötvös Lorand Üniversitesi'nde yapılan Raman çalışmaları Horiba Jobin Yvon Labram HR800 model yüksek çözünürlüklü raman mikroskobu ile gerçekleştirilmiştir. Bu cihaza monte edilmiş Olympus BXFM ve X-Y-Z eksenlerinde harekete müsaade eden motorize tabla ile 100 mW gücünde 532 μ 'luk yeşil Nd-Yag lazeri kullanılarak sıvı kapanımlar içindeki gaz fazın bileşimi oda sıcaklığında yapılmıştır. Ölçümlerde kapanım büyüklüğü, gaz fazın büyüklüğü ve derinliği gibi faktörlere bağlı olarak 1-3 tekrar yapılmış ve aynı faktörlerden dolayı ölçüm süreleri 30-240 sn arasında değişmiştir. Kullanılan lazerin ışın çapı yaklaşık olarak 1 μ 'dur. Ölçümler sırasında kullanılan dalga boyu aralıkları ise Tablo 2-2 de görüldüğü gibidir.

Ölçüm yapılan sıvı kapanımların hepsi kuvars kristalleri içinde olduğundan, yapılan her ölçümün sonrasında kapanımın içinde bulunduğu kristalde kapanımla aynı z koordinatına sahip olan ve herhangi bir mineral ve sıvı kapanım bulunmayan başka bir nokta aynı ölçüm süresi ve tekrar yeni bir ölçüm daha yapılarak kör (blank) analiz olarak karşılaştırılmıştır.

Tablo 2-2 Raman Spektrometresi analizlerinde kullanılan dalga boyu aralıkları

Ölçüm Yapılan dalgaboyu aralığı (cm ⁻¹)	Ölçüm yapılan bileşen	Ölçüm Yapılan dalgaboyu aralığı (cm ⁻¹)	Ölçüm yapılan bileşen
0-1630	Mineral fazlar	2580-2940	H ₂ S (2611 cm ⁻¹) ve CH ₄ (2917 cm ⁻¹)
1000-1450	SO ₂ (1151 cm ⁻¹) ve CO ₂ (1285 ve 1388 cm ⁻¹)	2800-3800	H ₂ O
2100-2500	CO (2143 cm ⁻¹) ve N ₂ (2331 cm ⁻¹)	4100-4300	H ₂ (4126, 4143, 4156 ve 4161 cm ⁻¹)

2.3.5. BSE-SEM Analizleri

Bu analizler iki ayrı laboratuarda yapılmıştır. İlk analizler Eötvös Lorand Üniversitesinde (Budapeşte, Macaristan)'da bulunan AMRAY X 1830 I/T6 marka elektron mikroskobu ve bu cihaz ile kombine edilmiş EDAX PV 9800 ED marka spektrometre ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra seçilmiş kuvars damarları üzerinden hazırlanan örnekler Karadeniz Teknik Üniversitesi Metalürji Mühendisliği Bölümünde bulunan Jeol marka SEM cihazı ile analiz edilmiştir. Her iki laboratuardaki analizlerde 20 kV ışın gücü altında BSE ve SEM görüntüleri alınmış sıvı kapanımların bünyesindeki katı fazlara ait analiz sonuçları EDX ile kalitatif olarak belirlenmiştir.

Özgül vd., (1981) bölgede Keban metamorfitlelerinin alt dokanağının görülmediğini ve Geç Senoniyen yaşlı Kemaliye formasyonu tarafından uyumsuzlukla, Mezozoyik yaşlı Munzur kireçtaşlarının ise tektonik olarak üzerlendiğini belirtmiştir (Şekil 3.2). Eosen yaşlı Subaşı formasyonu ile Erken Miyosen yaşlı Başpınar formasyonu ise Keban metamorfitlelerinin üzerine açısız uyumsuzluk ile yerleşmiştir (Bilgiç 2008).

3.2. Munzur Kireçtaşı

Bölgenin kuzeyinde geniş alanlar kaplayan ve Bilgiç (2008)'e göre Geç Triyas-Geç Kretase süresince kesiksiz bir istif sunan allohton konumlu neritik kireçtaşları Özgül vd., (1981) ile Özgül vd. (1981) tarafından Munzur Kireç taşları olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.2). Özer (1994) ise Munzur kireçtaşlarında yaptığı ölçülü stratigrafi ve mikrofauna çalışmasında birimin yaşının Liyas-Kampaniyen olduğunu belirtmiştir.

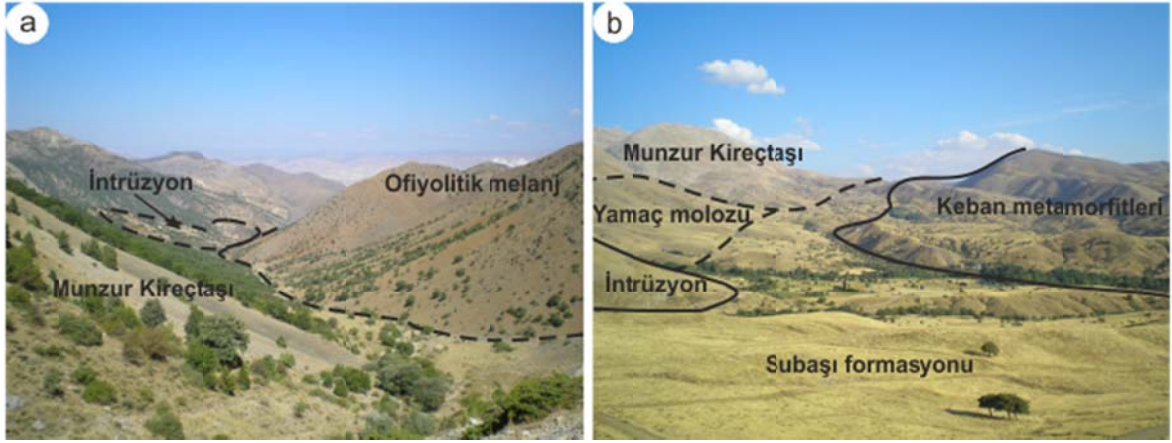
Bilgiç (2008) Munzur kireçtaşlarının Geç Triyas-Liyas yaşlı bol algli ve lamelli brans kavkılı kireçtaşlarından oluşan Kurudere kireçtaşı üyesi ile başladığını belirtmiştir. Daha üste doğru Erken Dogger yaşlı oolitle kireçtaşlarından oluşan İndere kireçtaşı, Geç Dogger-Malm yaşlı alt kısmı algli, üst kısmı ise çörtlü kireçtaşı birlikteliğinden oluşan Salihli kireçtaşı üyesi ve Erken-Kretase yaşlı kalın tabakalı yada masif yapılı, bol lamelli brans ve Gastropodlu kireçtaşlarının oluşturduğu Ziyaretbaşı kireçtaşları ile devam ettiğini belirtmektedir. Birimin, Senomaniyen yaşlı rudistli resifal kireçtaşlarından oluşan Kabataş üyesi ve bunun üstünde bulunan Turoniyen-Kampaniyen yaşlı pelajik kireç taşları içeren Ayı Kayası kireçtaşı üyesi ile sonlandığını belirten Bilgiç (2008) ayrıca birimin şelf ve derin denizel ortamında oluştuğunu ve toplam kalınlığının 1200 m olduğunu belirtmiştir. Tektonik dokanakla Kemaliye formasyonu üzerinde yer alan Munzur kireçtaşlarını Refahiye ofiyolitli melanji tektonik donakla üzerler (Şekil 3.3-a)

3.3. Kemaliye Formasyonu

Yaygın olarak Kemaliye yakınlarında yüzeylenen birim Özgül vd., (1981) tarafından adlandırılmıştır (Ek-1). Bilgiç (2008) birimin değişik yaş, tür ve boyutlarda bloklar içeren, olistostromal fasiyesteki Geç Kretase yaşlı çökellerden oluştuğunu belirtmiştir. Kemaliye formasyonu kil, kum, çakıl boyutlu kırıntılar ile spilitik volkanitlerin oluşturduğu bir matriks içinde değişik yaş, kayaç türü ve büyüklükteki blokların

SİSTEM	SERİ / KAT		FORMASYON	KALINLIK	AÇIKLAMALAR
	SERİ / KAT				
KUVATERNER					
TERSİYER	MİYOSEN	ALT-ORTA	BAŞPINAR	~1200m	Yamaç molozu Konglomera, kumtaşı, kireçtaşı şeyl ve volkanitler Andezit
		ORTA-ÜST			
Eosen	Eosen	ALT	SUBAŞI	~1200m	Konglomera, kumtaşı, şeyl ve volkanitler
		REFAHİYE OFİYOLİTLİ MELANJ			Ofiyolitli melanj
JURA-KRETASE	ÜST KAMPANIYEN- ALT MAASTRİHTYEN		KEMALİYE	~1200 m	Munzur kireçtaşları Çeşitli bloklar içeren olistostoromal klastikler
TRİYAS	ÜST TRİYAS ÜST KRETASE			~2000 m	Şist, kristalize kireçtaşları ve metadiyabaz daykan
		ALT-ORTA TRİYAS			
PERMİYEN	ORTA-ÜST		KEBAN METAMORFİTLERİ		

Şekil 3.2. Çalışma sahasını içine alan bölgenin genelleştirilmiş dikme kesiti (Özgül vd., (1981)'den sadeleştirilerek ve değiştirilerek)



Şekil 3.3. a) Çalışma sahasının kuzeyinde Fındıklı dere boyunca gözlenen Ofiyolit melanj ile Munzur Kireçtaşları arasında bindirme sonucu oluşan sınır ve kireçtaşı birimlerine sokulum yapmış intrüzif birim; b) Çalışma sahasının güneyinde gözükten birimlerin bir birleri ile olan yaklaşık dokanak ilişkileri.

yer aldığı kaotik yapılı olistostromal bir birimdir (Bilgiç, 2008).Özer (1994) ise bu birimi Eriç karmaşığı olarak isimlendirmiş ve birimin Geç-Kretase yaşlı olduğunu, ofiyolitik kayaçlardan, Munzur kireçtaşından ve Keban metamorfittlerinden türeyen bloklardan oluşan olistostromal bir birim olduğunu ifade etmiştir. Keban metamorfittlerinin Kale tepesi kireçtaşı üyes üzerinde yer alan Kemaliye formasyonu, Erken Eosen yaşlı Subaşı formasyonunu açısız örter ve birim Munzur kireçtaşı tarafından tektonik dokanaklar üzerlenir ayrıca yer yer Munzur kireçtaşı üzerinde yer alır (Özgül 1981,Ek-1)

3.4. Refahiye Ofiyolitli Melanjı

İnceleme alanının kuzey batısı ile daha doğuda Erzincan yöresinde geniş alanlar kaplayan ofiyolitli melanj Yılmaz vd., (1985), Aktimur (1986) ve Aktimur vd., (1988) tarafından Refahiye ofiyoliti olarak adlandırılmıştır (Ek-1). Bilgiç (2008) bölgenin kuzey-doğusunda bulunan ofiyolitleri Güneşli Ofiyoliti olarak adlandırmış olmasına rağmen, bu birimin çalışmayla doğrudan bir ilgisi olmaması nedeniyle daha genel bir isim olan Refahiye ofiyoliti bölgedeki tüm ofiyolitik kayaçlar için kullanılmıştır.

Melanj, yeşil, gri ve kahverenkli serpantinit, dünit, peridotit, amfibolit ve gabro gibi kayaçlardan ve bunların içerisinde yer alan çeşitli bloklardan oluşur (Bilgiç, 2008, Şekil 3.3-a). Bilgiç (2008) bu birimde gözlenen en yaygın kayaç türünün yeşil-mavi renkli serpantinitler ile yer yer serpantinleşmiş dünitler olduğunu belirtmiştir. Hem Özer (1994)

hem de Bilgiç (2008) birimin Munzur kireçtaşları üzerine tektonik dokanakla Geç Kampaniyen-Erken Maastrichtiyen'de yerleştiğini ifade etmiştir.

3.5. Subaşı Formasyonu

Erken Eosen yaşlı kırıntılı kayalar ve volkanitlerden oluşan birim Özgül vd., (1981) tarafından Subaşı formasyonu olarak adlandırılmıştır. Özer (1994) ise bu birimi Yakuplu plutonunun devamı olarak haritalamıştır.

Bilgiç (2008) Özgül vd., (1981) gibi formasyonun çakıltası ile başladığını, üste doğru aglomera ara katkılı çakıltası, kumtaşı, şeyl gibi kırıntılı kayalar ile bunların üzerinde yer alan aglomera, tuf ve andezitlerden oluştuğunu belirtmektedir. Keban Metamorfizmaları ve Kemaliye formasyonu üzerinde aşıl uyumsuzlukla yer aldığını ve Miyosen yaşlı Başpınar formasyonu tarafından uyumsuzlukla üzerlendiğini belirtmiştir. Formasyonun alt kesimindeki kırıntılı kayalardan elde etmiş olduğu *Alveolina* sp., *Cuvillierina* sp., *Orbitolites* sp., *Ranikothalia* sp., *Assilina* sp., *Numulites* sp., *Discocyclina* sp., *Kathina* selveri Smount, *Alveolina* cf. *Decipines* Schulberger, *Alv* (*Glomal.*) sp., *Lockhartia* sp., *Asterocyclina* sp., *Sphaerogysina* sp. ve *Miliolidae* fosillerine dayanarak birimin yaşının Erken İleriye-Küviziyen (Erken Eosen) olarak yaşlandırılmıştır (Bilgiç, 2008)

Çalışma sahasında yapılan gözlemler ve haritalama çalışmalarında Özgül vd., (1981) ile Bilgiç (2008)' in yaptığı çalışmalara ilave olarak birimin Eosen yaşlı Kabataş plutonu (Kuşcu vd., 2010) tarafından kesildiği ve Erken Eosen yaşlı cevherleşme sırasında (Marinov vd., 2011) hidrotermal çözeltiler tarafından kontak metamorfizma ve metozomatizmaya uğratılmış olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sahada yapılan gözlemler ve özellikle volkanik birimlerin alterasyona uğramamış olması ve cevherleşme içermemelerinden dolayı bu birimler Subaşı formasyonundan ayrılarak Kabataş plutonundan daha genç bir birim olarak incelenmiştir.

3.6. Çöpler-Yakuplu-Kabataş Granitoyidi

İliç ilçesi ve Kabataş Köyü (Kemaliye) arasında yüzeylenen intrüzyonlardır (Ek-1) Tunç vd., (1991) tarafından Çöpler granitoyidi olarak adlandırılıp, monozit ve monzodiyorit bileşimli olarak tanımlanmışlardır. Özer (1994) ise bu plutonları Yakuplu plutonu olarak tanımlamış; yan kayaları metamorfizmaya uğrattıklarını belirtmiştir.

Munzur kireçtaşı ve Refaiye ofiyolitli melanjını keserek yerleştiği gözlenen intrüzyon (Özgül vd., 1981) ofiyolit yerleşiminden daha sonra oluştuğu ve Genç kampaniyen yaşlı olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.3 a,b). Buna karşın Yazgan (1984) tarafından bu intrüzyonlar üzerinde yaptığı K/Ar radyometrik yaş tayinlerinde $37,2 \pm 2.5$ ve 44.5 ± 2.5 My değerleri alınmıştır. Kuşcu vd., (2010)'nin Çöpler ve Kabataş granitoidlerinde da yaptıkları çalışmada 44-47 My yaş elde edilmiştir. Buradan hareketle Çöpler-Yakuplu-Karakartal granitoidlerinin Eosen yaşlı olduğu görülmektedir.

3.7. Andezitik Dayklar

Özgül vd., (1981) kahverengi renkli porfiritik dokulu andezit olarak tanımladıkları birimi Keban metamorfite, Munzur kireçtaşı ve Refahiye ofiyolitli melanjını kestiği için Senomaniyenden daha genç olarak tanımlamıştır.

Bu tarafından haritalanan volkanik kayalar ile çalışma sahasında gözlemlenen volkanik birimlerin birbirlerine yakın konumları ve petrografik özelliklerindeki benzerlik nedeniyle muhtemelen aynı fazın ürünü olduğu düşünülmüştür. Ancak yapılan arazi ve mikroskobik çalışmalarda bu volkanik kayaların bölgede bulunan plutonik kayalara benzer bir minerolojiye sahip olması ve bölgede bulunan diğer kayalardan daha az alterasyona uğramış olmalarından dolayı, muhtemel yaşı Orta Eosen sonrası olarak değiştirilmiştir (Şekil 3.2)

3.8. Başpınar Formasyonu

İnceleme alanının güneyinde oldukça geniş alanlar kaplayan ve Erken Miyosen yaşlı çökel kayalar ve volkanik ara katkılardan oluştuğunu belirlenen birim Özgül vd., (1981) tarafından Başpınar formasyonu olarak tanımlanmıştır (Ek-1).

Bilgiç (2008) birimin genellikle taban çakıltaşları ile başladığını alt seviyesinin kumtaşı, kireçtaşı ve şeyl ardalanmalı üst kısmının ise kavkılı kireçtaşlarından oluştuğunu belirtmiştir (Şekil 3.2). Birimde volkanik ara katkı olarak tuf, aglomera ve bazaltın bulunduğunu belirten Bilgiç (2008) formasyonun yer yer jips mercekleri içerdiğini ve Munzur dağlarının yüksek kesimlerinde daha çok kireçtaşı ile temsil edildiğini belirtmiştir. Buradan hareketle Başpınar formasyonunun daha çok sığ denizel ortamda depolandığını ifade etmiştir.

3.9. Yamaç Molozu

Çalışma sahasının doğusunda Sulaç Tepe ve Küçükziyaret Tepelerin dik şevli yamaçlarından dökülen blok ve çakıl boylu bileşenlerden oluşan çökellerdir. (Ek-1,Şekil 3.3)

4. BULGULAR

4.1. Kabataş Porfiri Au-Cu Maden Sahasının Jeolojisi ve Petrografisi

Karakartal Porfiri Au-Cu maden sahası Özgül vd., (1981) tarafından Alt Eosen olarak yaşlandırılan Subaşı formasyonunun dokanak metamorfizması geçirmiş birimleri ve bu formasyonu metamorfizmaya uğratan Eosen yaşlı granotoyidik kayalar ile bu birimleri kuzeyden çevreleyen Üst Triyas-Üst Kretase yaşlı Munzur kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bu birimler dışında başlıca Munzur Kireçtaşlarının yüksek yamaçlar boyunca aşınmasıyla oluşan yamaç molozlarında sahanın özellikle doğu kısmında gözlenmektedir (Şekil 4.1 ve Ek-2, Ek-3)

Başta metasedimanter birimler arasında kalan alanda olmak üzere çalışma alanının İliç-Kemaliye yolunun doğusunda kalan bölümünde hidrotermal alterasyon ve yüzeysel bozuşmanın etkilerinden dolayı yüzeyde bozuşmamış örnek bulmak olanaksızdır (Şekil 4-1). Bu bölgede kayalar örneği olarak örneklenebilecek mostralara vadi tabanlarında rastlanmıştır. Sırtlarda ise 30-50 cm derine kazılmasına rağmen el örneği olabilecek nitelikteki kayalara pek çok noktada rastlanmamıştır. Sahanın güneyinde ve kuzeyinde yer alan volkanik kayalar ile İliç-Kemaliye yolunun batısında hakim olan kireçtaşlarında örnek almayı engelleyecek nitelikte bir bozuşma bulunmamaktadır.

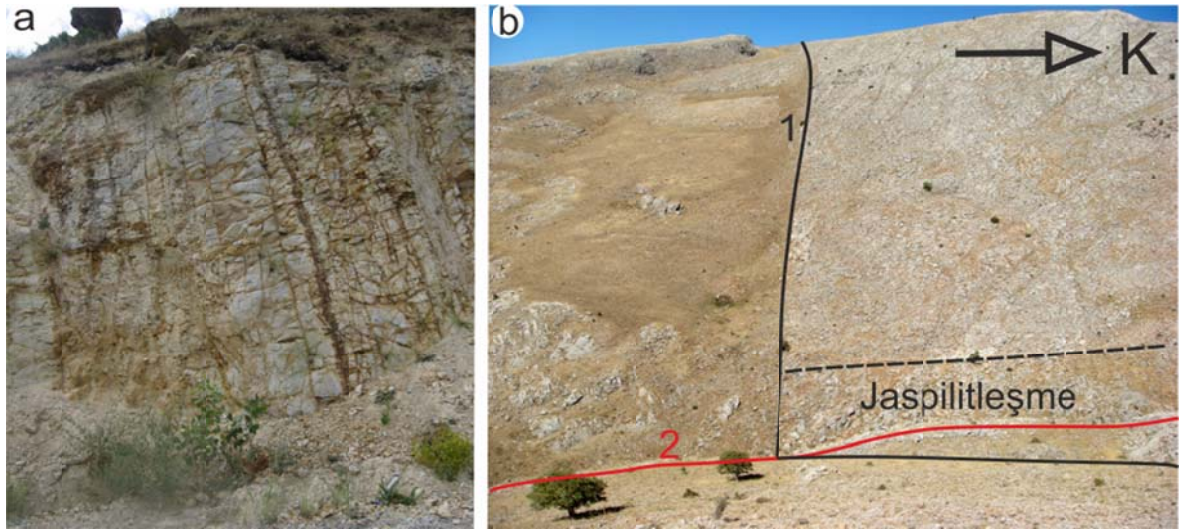
4.1.1. Munzur Kireçtaşı

Maden sahasını kuzeyden çevreleyen Munzur Kireçtaşları alanının genelinde açık gri ve beyaz, bol çatlaklı ve masif yapıya veya kalın tabakalı olarak gözlenmektedir. Birim içinde kırık hatları boyunca yerleşmiş jaspilitler ve yer yer bakır boyamaları bulunmaktadır (Ek-2 ve Şekil 4.2). 2 nolu kırık hattı kuzey güney uzanımlıdır. Jaspilitleşme 2 nolu kırık hatlarının kesişiminden kuzeye doğru uzanmaktadır

Munzur kireçtaşlarında granitoid dokanağına yaklaştıkça artan şiddette yeniden kristallenmeler gözlenmiştir (Şekil 4.3 a,b ve c). İntrüzif kayaların dokanağında ise mermerleşmeye kadar giden bir yerel dokanak metamorfizma söz konusudur.



Şekil 4.1. Çalışma sahasının İliç-Kemaliye yolunun kuzey batısındaki 1980 rakımlı isimsiz tepeden tepeden görünümü. Birim sınırları yaklaşık olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.2. a) İliç-Kemaliye yolu üzerinde gözlenen masif taşları; b) Ek-2'de gösterilmiş olan ankerit biriminden Ayıkayası Tepesine doğru bakış. 1 nolu kırık hattı yaklaşık doğu batı uzanımlı olup, hem kuzeyinde hem de güneyinde masif kireçtaşları gözükmektedir.

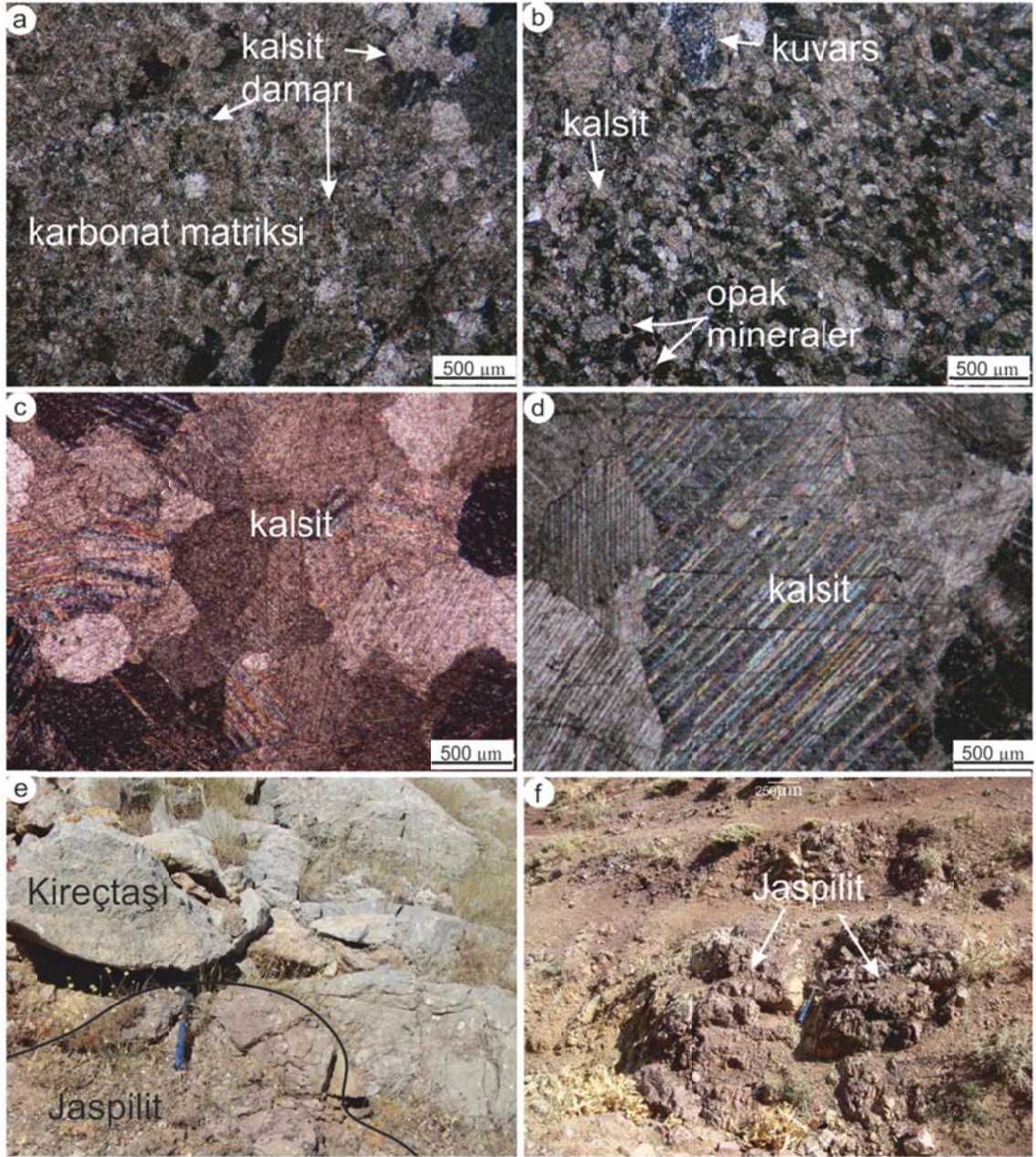
Ayrıca yanında ilksel dokusunu koruyan kireçtaşlarında intrüzif kayaçlara uzak kesimlerinde alınan örneklerde bile damarcıklar halinde kalsit oluşumları gözlenmiştir. Yeniden kristallenmiş kireçtaşlarında ise bu kalsit damarlarına ilave olarak kuvars damarlarında gözükebilmektedir. Kireçtaşlarının genelinde hiç cevherleşme görülmemekle birlikte, intrüzif kayaç dokanaklarına yakın bölgelerde yoğun olarak demir boyamaları ve oldukça az miktarda piritleşme gözlenmektedir (Şekil 4.3 b). Cevherli zonun içinde yapılan sondajlardan alınan örneklerde (muhtemelen granitoid içinde bloklar halinde kalan) kireçtaşı ve rekristalize kireç oluşumları mevcuttur (Şekil 4.3 d).

İliç Kemaliye yolunun batısında kalan özellikle Aşılık Tepe, Ayıkayası Tepe ve Şahmetlik Tepe üçgeninde kalan alanda yer yer kireçtaşlarının çatlakları boyunca yer yer de masif kafalar şeklinde yoğun jaspilit oluşukları gözlenmiştir. Bu bölgede bulunan jaspilitleşmeler bölgede hakim olan kırık hatları boyunca veya kırıklara paralel şekilde gözlenmiştir (Şekil 4.2 b ve Şekil 4.3 e ve f).

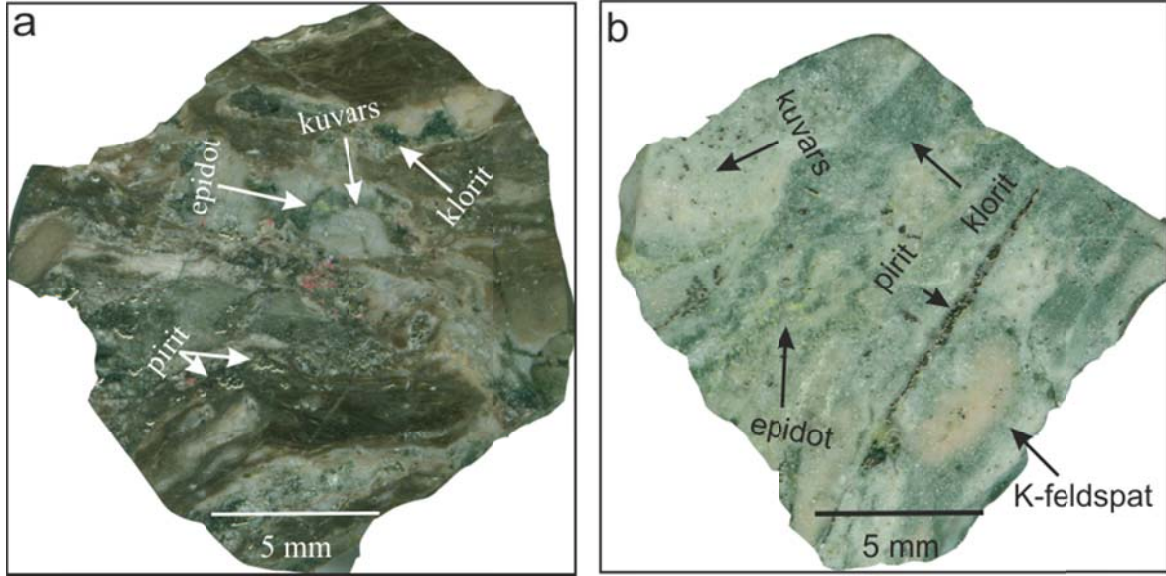
4.1.2. Kontak Metamorfik Kayaçlar (Hornfels)

Kontak metamorfik kayaçlar (hornfels) saha içinde cevherli intrizyon ile kuzeyde Munzur kireçtaşları ile güneyde ise cevhersiz intrüzyonlar arasında kalan alanda yer almaktadır (Ek-2). Welton ve Crowley (2001) metasedimanların ilksel olarak silttaşı ve ince taneli kumtaşından oluştuğunu ve yer yer volkanik ara katkının bulunduğunu, kontak metamorfizmadan dolayı tabakalaşmanın gözlemlenmediğini, ancak bantlaşmanın ise gözlendiğini belirtmişlerdir. Bu ilksel bileşimi (Özgül vd., (1981) tarafından tanımlanan subaşı formasyonu ile benzerdir. Ayrıca stratigrafik olarak da onunla aynı konumda yer almaktadır. Tarafımızdan yapılmış olan petrografik gözlemler Walton ve Crowley (2001)'in bulgularını desteklediğinden (Şekil 4.4) sahadaki kontak metamorfik kayaçlar Subaşı formasyonu ile deneştirilmiştir.

Cevherli zonun batısında açılmış olan KDD-004 nolu sondaj kuyusundan alınan örnekten hazırlanan parlak ve ince kesitte yoğun epidot ve klorit mineralleri gözlenmektedir. Makroskobik ve mikroskobik çalışmaların sonucunda kahverenkli metasedimanter kayaçların volkanik arakatki açık renkli olanların ise kum taşı ve silttaşından türediği belirlenmiştir (Şekil 4.4. ve Şekil 4.5). Walton ve Crowley (2001) de belirtilmiş olduğu gibi incelenen kesitlerde bantlı bir yapı gözlenmektedirki bu da ilksel kayacın sedimanter (katmanlı) olduğunun göstergesidir.



Şekil 4.3. a) numaralı örnek karbonat matriksi içinde az miktarda kalsit kristalleri ve ince kalsit damarları gözükmetedir(örnek no: NE 8-5-1); b) kireçtaşı içinden karbonat matriksinin yerini kalsit minerallerinin alması, öz şekilli opak mineraller (örnek no: NE 6-6.2); c) cevhersiz volkanik kayalar ile kireçtaşı dokanağında alınan örnekte karbonat matriksinin tamamen kalsit kristallerine dönüşü (Örnek no: NE 8-8-1); d) KDD 26-4 numaralı sondaj örneğinde, karbonat matriksinin tamamen kalsite dönüşü; e) Şekil 4.2 b de işaretlenmiş olan jaspilitlerin görüntüsü; f) Ayıkayası Tepesi civarında gözlenen jaspilit kafalarının görünümü; jaspilitleşmenin yoğunluğundan dolayı toprakta kırmızı renk hakimdir.



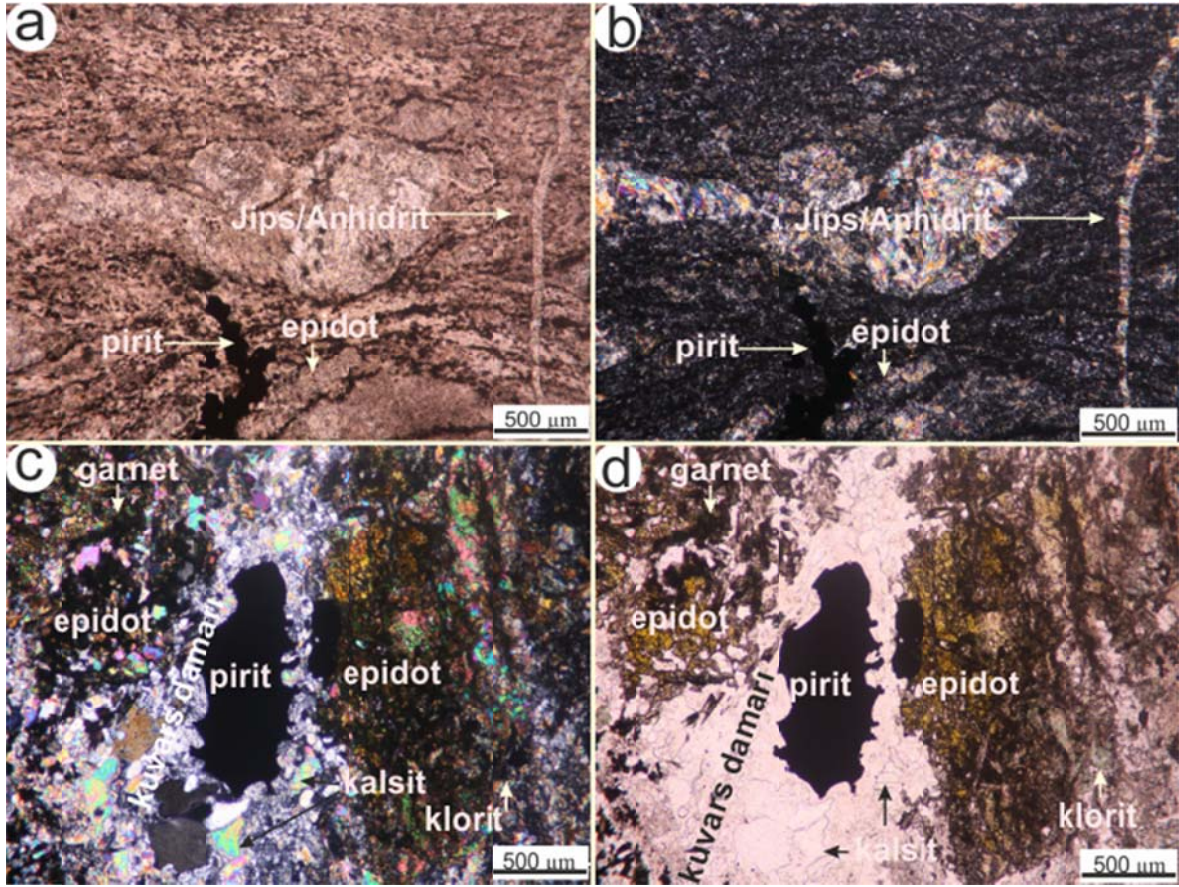
Şekil 4.4. a) KDD 4 nolu sondajdan alınan metasedimanter kayaçtan hazırlanan parlatılmış kesitte gözlenen bantlaşma ve bolluk sırası garnet, kuvars, klorit epidot ve pirit b) Sahanın güney kısmında intrüzif birimlerin uzağından alınan metasedimanter kayaç örneğinin, daha çok klorit ve epidotların oluşturduğu bantlı yapı ve bolluk sırasıyla kuvars, K-Feldspat ve pirit.

Cevher minerali olarak sadece piritin bulunduğu cevherleşme ince kuvars damarları boyunca gelişmiştir (Şekil 4.5). İncelenen örneklerde ayrıca kuvars damarlarını kesen ve onları öteleyen sülfat damarları bulunmaktadır (Şekil 4.6). Yapılan makroskobik ve mikroskobik incelemeler neticesinde sahada gözlemlenen hornfels örneklerinde farklı renklerin gözlenmesinin nedeninin kayacın ilksel bileşimi olduğu ortaya konmuştur. Volkanik malzemedен türeyen hornfelslerde koyu renkler hakimken kumtaşı/siltaşından türeyen örneklerde ise açık renkler hakimdir.

4.1.3. İntrüzif Kayaçlar

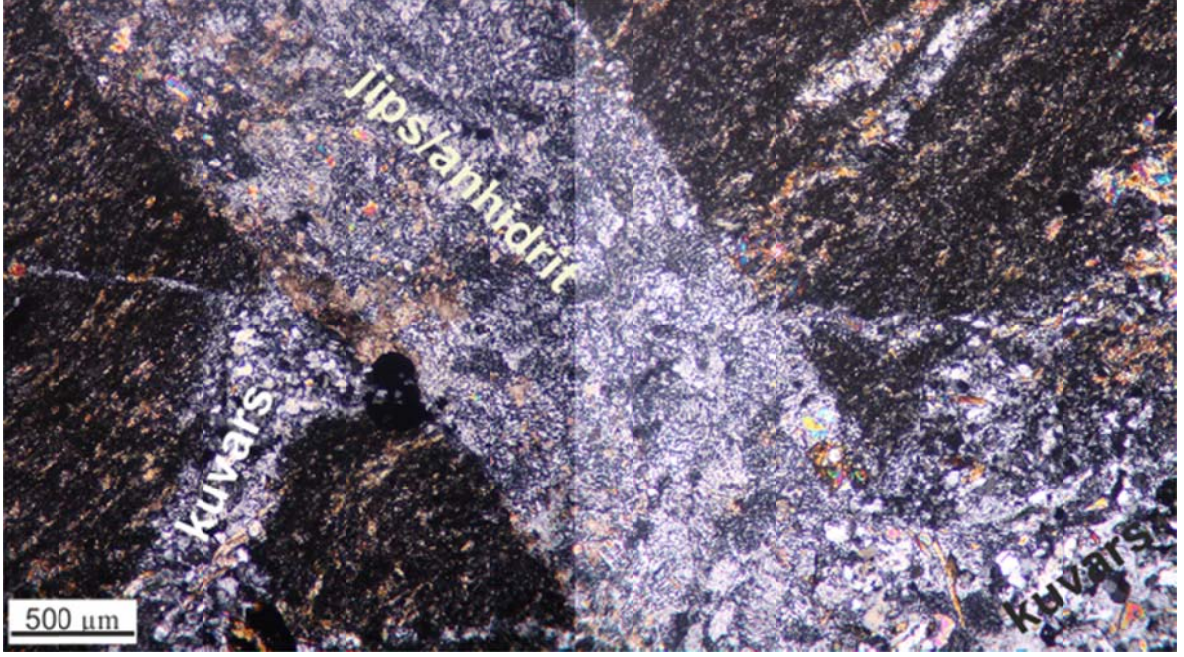
Çalışma sahasında bulunan intrüzif kayaçları Walton ve Crowley (2001) cevherleşme öncesi, cevherleşmeye eşlik eden ve cevherleşme sonrası intrüzif kayaçlar olmak üzere 3'e ayırmış ve sahada ayrıca intrüzif (yarı derinlik) kayaçların bulunduğunu belirtmiştir. İntrüzif kayaçlar İliç-Kemaliye yolunun doğusu ve güney doğusundan gözlenmektedir (Ek-2, Ek-3). Yapılan petrografi ve arazi çalışmalarında Walton ve Crowley (2001)'in yaptığı bu sınıflama kullanılmıştır.

Ancak sahanın porfiri bir yatak olması ve K-feldpat alterasyonunun sahada gözlenmesinden dolayı, kayaçta ikincil K-feldpatların ve bunun yanında damar ve/veya saçım halde kuvarsların oluşmuş olması beklendiği için Kuvars-Alkalifeldspat-



Şekil 4.5. KDD 4 sondajından alınan örneğe ait ince kesit fotoğrafları; a) Bantlaşmaya paralel, yarı paralel veya onları keserek yerleşen sülfat damarları ile saçınımlar ve düzensiz damarlar çeklinde piritler (TN). b) a'nın çift nikol görüntüsü, volkanik camdan oluşan bantlar opak olarak gözükmemektedir. Sülfatlı mineraller ve epidotların yüksek çift-nicol renkleri açıkça görülebilmektedir. c) kuvars damarı ve damar içindeki pirit mineralleri. Yaklaşık 50 mikron boyutuna ulaşan garnet. Özşekilsiz epidotlar ise kuvars damarına paralel şekilde gelişmiştir (Ç.N). d) c'nin tek nikol görüntüsü, Garnet mineralleri kahverengi renkli, epidotlar sarımsı yeşil renkte ve kloritler yeşil renkte gözükmemektedir.

Plajiyoklaz diyagramı kullanılarak sağlıklı bir petrografik sınıflama yapmak mümkün olmayacaktır. Bunun yanında özellikle makro örnekler incelendiğinde kayaçların genelinde porfiri bir dokuya sahip olduğu, plajiyoklazların özellikle porfiri fazda baskın olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.7). Bu durumdan yola çıkarak sahada gözlemlenen cevherleşme öncesi ve cevherleşme ile ilişkili intrüzif kayaçlar için diyoritik kayaçlar (monzodiyorit, kuvarslı monzodiyorit, kuvars diyorit) ismi uygun görülmüştür. Bu sınıflama sorunundan dolayı Walton ve Crowley (2001) tarafından monzonit-kuvars monzonit olarak haritalanan intrüzif kayaçlar diyoritik kayaçlar içine dahil edilmiştir.



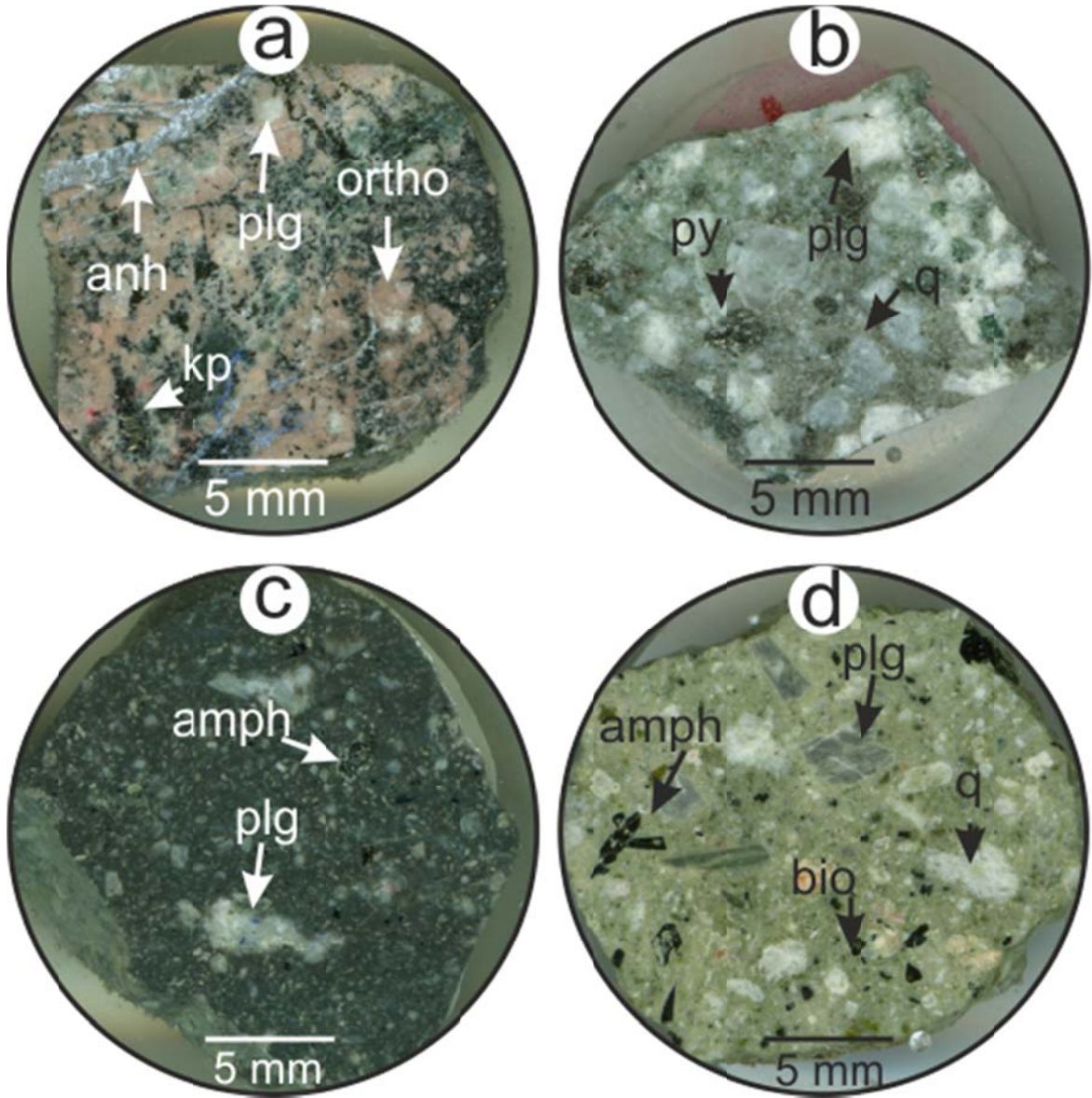
Şekil 4.6. KDD 4 örneğinde kuvars damarlarını kesen ve onları öteleyen yaklaşık 1mm genişliğindeki sülfat damarı

Cevherleşme öncesi ve cevherleşme sonrası intrüzif kayaçların ayrılmasında kuvars damarlarının ve cevher minerallerinin varlığı bir kıstas olarak kullanılmıştır. Cevherleşme sonrası intrüzif kayaçlar ise genellikle diyoritlere göre daha koyu renkli kayaçlardan oluşmaktadır ve porfiri fazın dışındaki mineraller daha ince taneli bir yapıya sahiptir(Şekil 4.7).

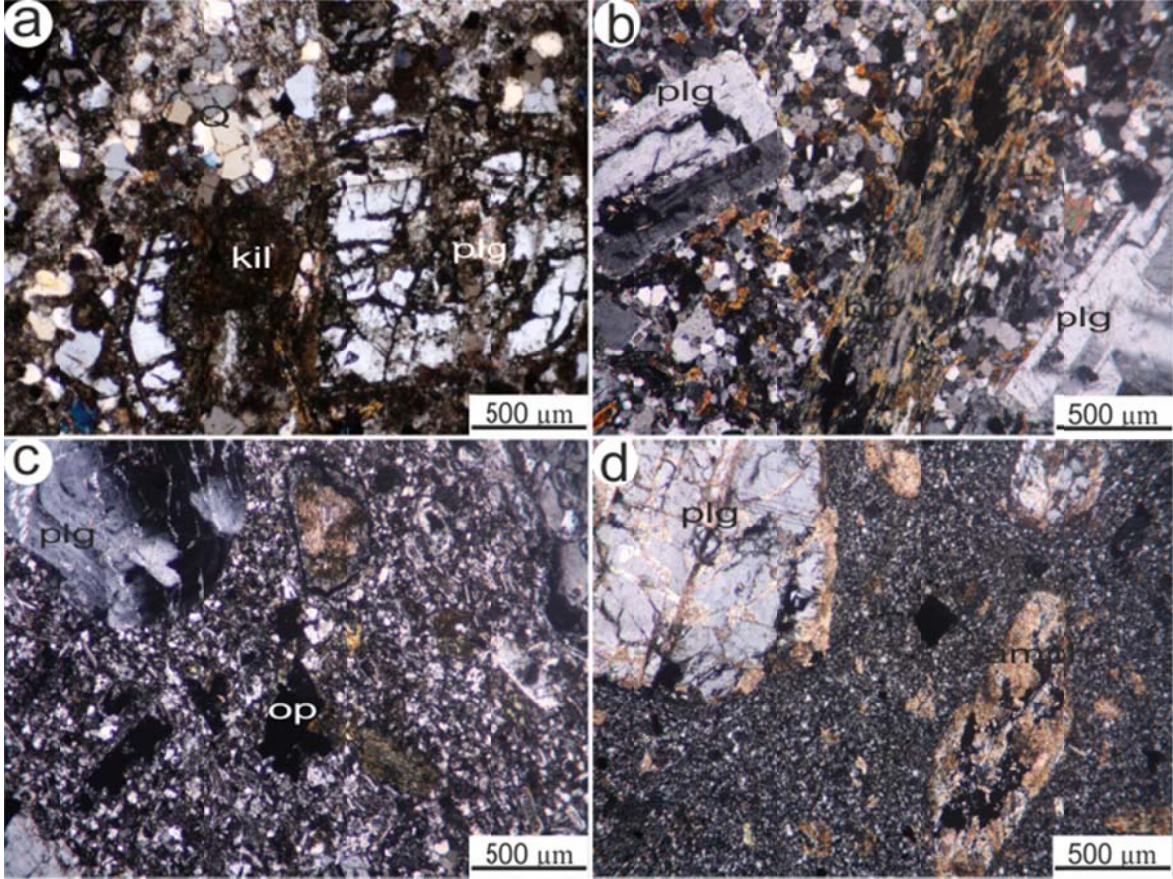
Plajiyoklas, biyotit, kuvars, ortoklas ve amfibol diyoritik kayaçlarda fenokristal olarak azalan oranla sırasıyla porfiri fazı karakterize etmektedir. Plajiyoklas genellikle zonlu bir yapı göstermektedir. Boyutları genellikle 0.1 – 1mm arasında değişmekle birlikte, bazı örneklerde 2 mm boyutuna ulaşabilmektedir (Şekil 4.8.) Biyotitler ise birincil ve ikincil biyotitler olarak ikiye ayrılmaktadır. Birincil biyotitler öz şekilli ve 100-250 µ arasında boyutta bulunurken ikincil biyotitler hem öz şekilli olarak hem de özşekilsiz olarak çok daha küçük boyutlarda ve kuvars damarlarıyla kökensel ilişkili olarak bulunmaktadır.

Özellikle cevherleşme ile ilişkili diyoritik kayaç örneklerindeki kuvars damarların boyutları birkaç yüz mikronluk kılcal damarlardan, birkaç santimetre genişliğe kadar değişmektedir. Metasedimanter birimlerde gözlenen sülfatlı damarlar cevherleşme ile ilişkili diyoritik kayaçlarda özellikle belli bir derinliğin altındaki (genellikle sondajların

200'üncü metesinden sonra) örneklerde yine metasedimanter kayalarda olduğu gibi kuvars damarlarını kesmiş ve ötelemiş şekilde gözlenmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.7. Çalışma sahasında bulunan intrüzif kayalarından hazırlanan parlak kesitlerin makroskobik görünüşleri makro örnekleri; a) ikincil K-feldspat ve ikincil biyotitlerin gözleendiği ve cevherleşme içeren porfiri diyorit; b) cevherleşme içermeyen porfiri diyorit; c) cevherleşme sonrası porfiri diyorit dayk; d) sahanın güney kesiminde bulunan porfiri andezitik kayaç örneği.



Şekil 4.8. Çalışma sahasındaki intrüzif kayaçların polarize mikroskop altındaki görüntüleri
 a) Killeşmenin gözlendiği porfiri diyorit; b) cevherleşme içeren porfiri diyorit; c)
 cevherleşme sonrası porfiri diyorit daykı d) sahanın güney kesiminde bulunan
 andezitik kayaç örneği

Cevher minerali olarak kalkopirit, pirit, manyetit, titanlı manyetit, hematit-spekülarit bulunmaktadır. Sülfürlü cevher mineralleri genellikle kayaçlar içinde saçınım halde bulunur. Oksitli cevher mineralleri genellikle kuvars damarları ile ilişkili olarak kayaçlarda bulunmakla birlikte, biyotit içinde manyetit kapanımlarına da rastlanabilmektedir.

Diyoritik kayaçlarda ikincil biyotitler, ikincil K-feldspatlar ve manyetitler genellikle kuvars damar/damarcıklarına paralel bir uzanım sergilemektedirler. Plajiyoklazlarda hidrotermal çözeltille etkileşim miktarına göre yer yer tamamen killeşme söz konusu olurken bazı kristallerde ise kenar zonları boyunca serizitleşme ve/veya karbonatlaşma oluşmuştur. İkincil biyotitlerin geneli kahverengi renkli ve çoğunlukla özşekilli kristaller halinde gözükürken, birincil biyotitler kloritlere ve ikincil biyotitlere dönüşmüş olarak gözükmektedir.

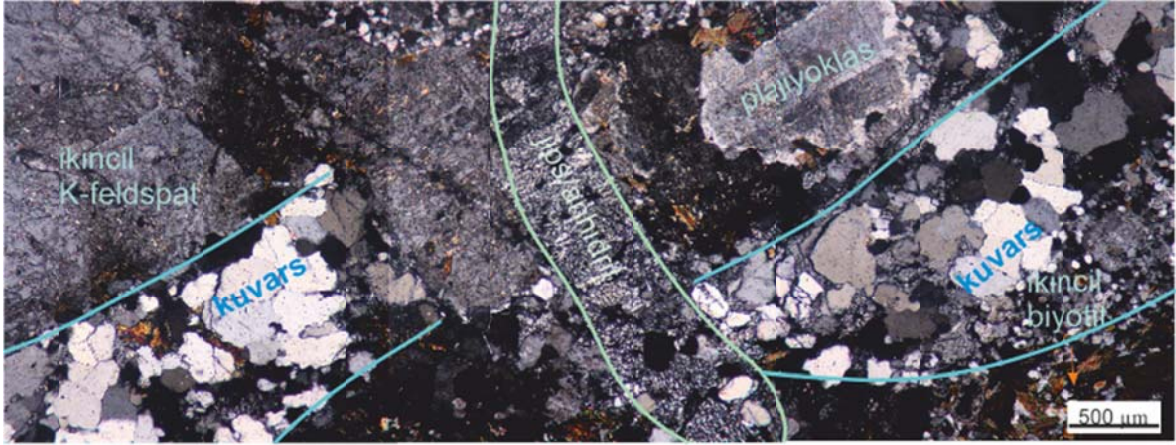
Cevherleşme sonrası intrüzyonlar cevherli intrüzyonlara göre daha koyu renklidir (Şekil 4-7) karakterlidir. Walton ve Crowley (2001) tarafından mikrogabro olarak adlandırılan bu birim sahada dayk olarak gözlenmekte ve cevherli diyoritleri kesmektedirler (Bu dayklarda feno kristaller plajiyoklas, biyotit ve piroksenlerden oluşmaktadır. Andezin Labrodor bileşimli olan plajiyoklaslardan dolayı (Bnz Şekil 4.21) bu birimin mikrogabro olamayacağı ve cevherleşem sonrası devam eden mağmatik aktiviteye bağlı gelişen cevhersiz porfiri diyoritler olduğu görülmüştür. Bu örneklerde ikincil biyotitler ve k-feldpatlar ile cevher mineralleri gözlenmemiştir. Bu dayklarda cevherleşme gözükmesine rağmen plajiyoklazlarda serizitleşme gözlenmiştir.

Cevherleşme sonrası oluşan diğer bir intrüzif kütle olan andezitik intrüzyonlar ise sahanın kuzeyinde ve güneyinde mostra vermektedirler. Porfiri bir dokuya sahip olan ve kayalara yeşilimsi bir rengin hakim olduğu bu birim başlıca (Şekil 4.7). plajiyoklaz, biyotit, amfibol ve piroksenden oluşmaktadır (Şekil 4.8). Bu kayalarda sülfürlü cevher mineralleri bulunmamakta ve hidrotermal bir bozuşmanın izleri gözükmemektedir.

4.2. Kabataş Maden Sahasında Bulunan İntrüzif Kayaçların Petrokimyasal Özellikleri

Petrografik incelemeler sonucunda 4 ana guruba ayrılan intrüzif kayaçlardan ana oksit iz ve nadir toprak element analizleri hem yüzey hemde karot örnekleri üzerinden yapılmıştır. Ancak burada sadece sondaj örnekleri üzerinde yapılan analizler kullanılmıştır.

Petrografik olarak porifiri dokulu oldukları belirlenen kayaçlar Pearce (1996) iz element sınıflama diyagramına göre (Şekil 4.10) bazalt/bazaltik andezit, bazalt ve alkali bazalt arasında bir geçiş göstermektedir. Bu dört grup arasında belirli bir gruplaşma yoktur. Bir örnek ise Foidit alanına düşmüştür. Bu bileşimsel farklılık, hidrotermal olarak aşırı decede bozuşmuş ola bu örnekte, alterasyonla hareketliliği nedeniyle ortamdan uzaklaştırılan elementlerin varlığından olabilir. Zira iz ve nadir toprak elementler bile bazı durumlarda hareketli olabilmektedir (Placios vd., 1986; Leroy ve Turpin, 1988, Parr, 1992 ve Jenner, 1996) Petrografik incelemeler ile kimyasal analiz sonuçları karşılaştırıldıklarında andezit+bazaltik andezit alanına düşmesi gereken kayaçların nadir toprak elementlerin beklenenin aksine bu tür ortamlarda hareketli olmasından dolayı alkali bazalt alanına doğru kayma göstermiştir.



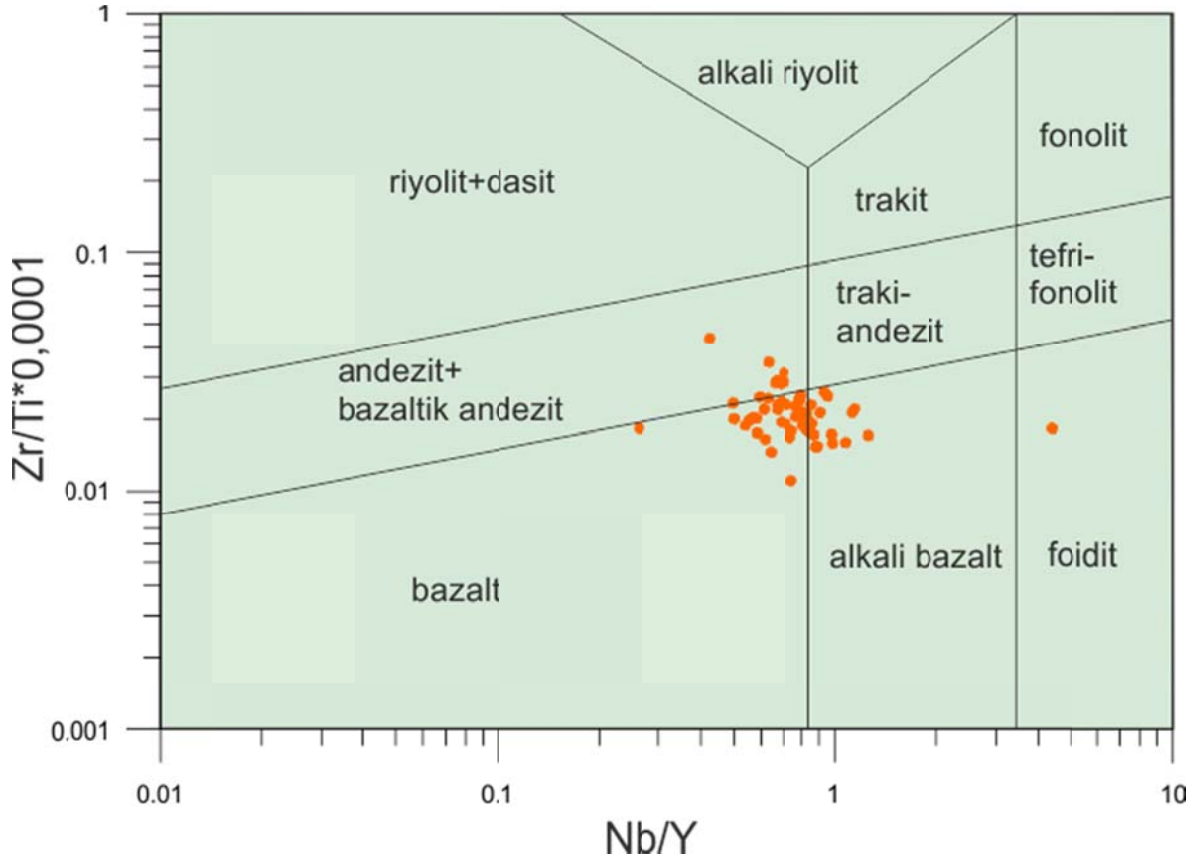
Şekil 4.9. Potasik alterasyonun hakim olduğu örnekte kuvars damarlarının anhidrit damarları tarafından kesilmiş ve ötelenmesi. İkincil mineraller kuvars damarları boyunca gelişmiştir.

4.3. Cevherleşmenin Şekli ve Minerolojik Özellikleri

Karakartal Porfiri Au-Cu cevherleşmesi çok fazlı bazik-ortaç bileşimli porfiri dokulu intrüzif kayaçlarla ilişkili olarak hem intrüzif kayaçlar, hem de yan kayaç içinde oluşmuş, ekonomik cevherleşmenin ağsal ve saçınımlı özellikte olduğu bir cevherleşemedir. Ekonomik olarak önemli olamamakla birlikte kireçtaşı dokanak zonlarında bantlı, hem kireçtaşı hemde hornfelsler içinde boşluk dolgusu şeklinde cevherleşmelerde görülmektedir.

Cevherleşmenin mineralojisi oldukça basittir. Saçınımlı olarak bulunan birincil cevher mineralleri kalkopirit, pirit ve manyetittir, Ağsal cevherleşmeyi ise daha çok molibdenit, kalkopirit, manyetit ve speküarit oluşturmaktadır. Kuvars bu ağsal ve saçınımlı cevher içinde esas gang mineralidir. Yer yer sülfat mineralleri nede rastlanmıştır. Özellikle anhidrit hem saçınımlar hemde damarlar halinde gözükür. Sondajların derin kesimlerinde gözlenen sülfat damarlarında ince süfurlü cevher mineralleri gözlenmiştir.

Saçınımlı cevher minerallerinin boyutları birkaç mikrondan birkaç milimetreye kadar değişmektedir. Kuvars ve sülfat damarları ise 1-2 mm lik kılcal damarlardan (horse tail) 5 cm kadar değişen boyutlarda bulunmaktadır.



Şekil 4.10. Karakartal maden sahasındaki intrüzif kayaçların Pearce (1996) iz element sınıflama diyagramına göre sınıflandırılması

4.4. Damar Tipleri

Karakartal porfiri Au-Cu cevherleşmesinde mevcut damar ve damarcıklar mm'den cm boyutlarına kadar değişmektedir. Ağsal sistemin bir sonucu olarak kesişen bu damarcıklar arasında birbirlerini öteleyen ve dolayısıyla bir yaş ilişkisi gösteren damarcıklar çok nadirdir. Bu nedenle damar ve damarcıklar daha çok bileşimlerine göre ayrılmıştır. Petrografik inceleme için 25 adet kesiti hazırlanmış ve bu örneklerde bulunan kuvars damarları içerdikleri cevher ve gang minerallerine göre sınıflanmaya çalışılmıştır. Gustafson and Hunt (1975) ve Sillitoe (2010) çalışmasından faydalanılarak da sistemde bulunan damarlar sınıflandırıldığında, erken oluşumdan sonraya doğru; By tipi: Biyotit (Şekil 4.18a), Mo tipi: kuvars+molibden (Şekil 4.12) A₁ tipi: manyetit+kuvars±kalkopirit, A₂ tipi: kuvars± kalkopirit (Şekil 4.13b), B tipi: K'lu feldpat+kuvars±kalkopirit±pirit±molibdenit (Şekil 4.11c) ve K1 tipi: kuvars±klorit±pirit±kalkopirit (Şekil 4.11 d ve e) olmak üzere cevherleşmeyle ilişkili 6 damar türü

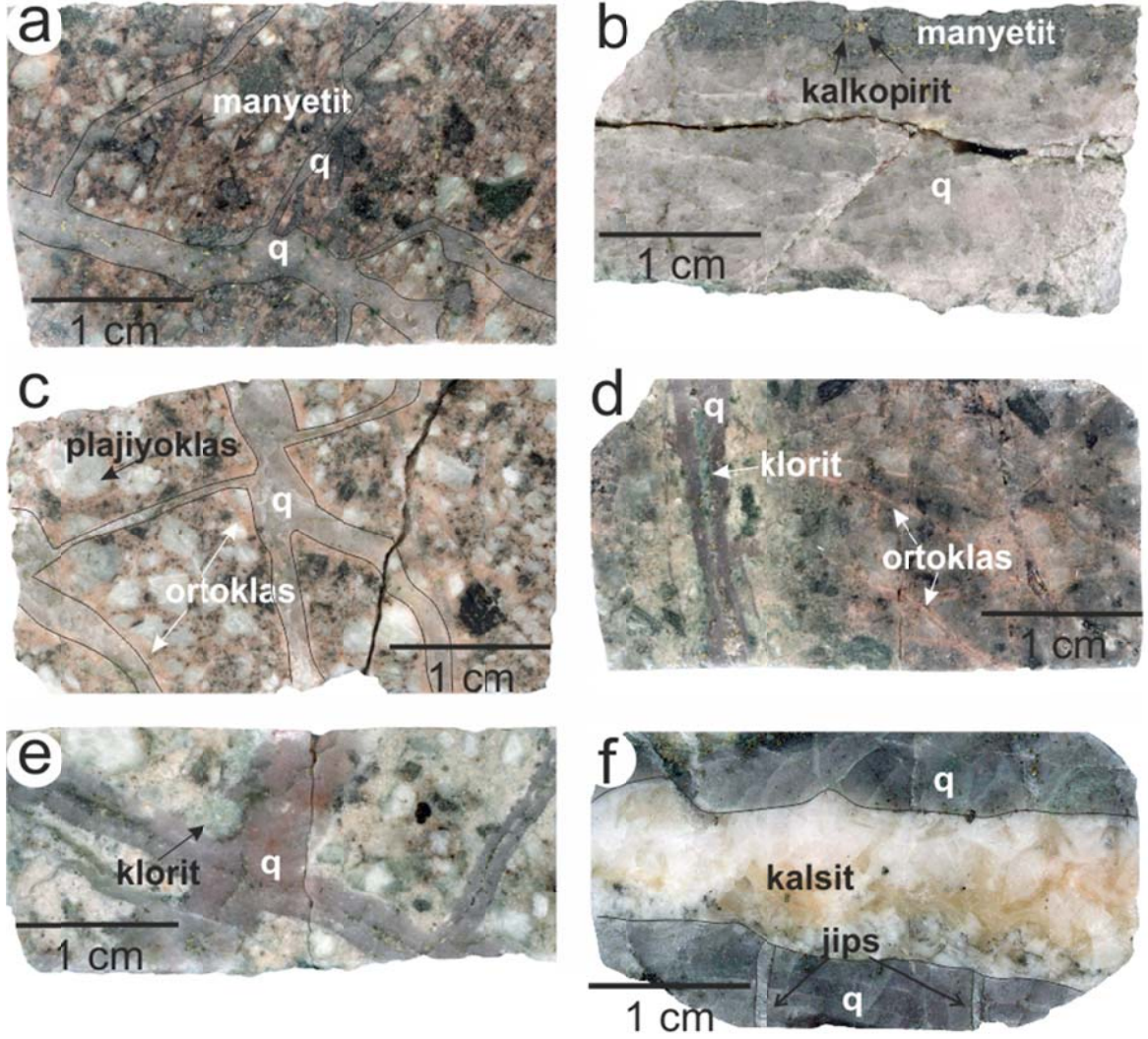
tanımlanmıştır. Bunları dışında bu damarları kesen anhidrit±pirit ve kalsit damarlarında (Şekil 4.11f) yapılan saha gözlemleri ve petrografik çalışmalarda gözlenmektedir.

Gözlenen bu damarların oluşum sıraları Gustafson and Hunt (1975) ve Sillitoe (2010) ile paralellik göstermektedir. By tipi damarların kılcal damarlar olmasından dolayı makro olarak tanınması oldukça zordur, ancak mikroskobik çalışmalarda potasik alterasyondan alınmış örneklerde gözlenmektedir. Mo tipi damarlar sahada oldukça nadiren ve sondajların alt kesimlerinden alınan örneklerde gözlenmektedir. Bu damarın diğer damarlar ile olan net bir ilişkisi gözlenememiştir ve mikroskobik çalışmalarda herhangi bir mineral kapanımında içermemektedirler (bkz Bölüm 4-5). Yoğun olarak potasik alterasyon gösteren diyoritik kayaçlarda gözlenen A₁, A₂, B ve Kl tipi damarlar sahada kalkopirit içerdiklerinden dolayı ekonomik cevherleşmeye ile ilişkili damarlardır. A₁, A₂, ve B türü damarlar potasik alterasyon zonlarda alterasyon şiddetiyle oranlı bir bollukta görülmektedir. Kl. Türü damarlar ise potasik alterasyon gösteren zonlarda A₁, A₂, ve B tipi damarları kesmiş şekilde bulunmaktadır.

4.5. Cevher ve Alterasyon Mineralojisi

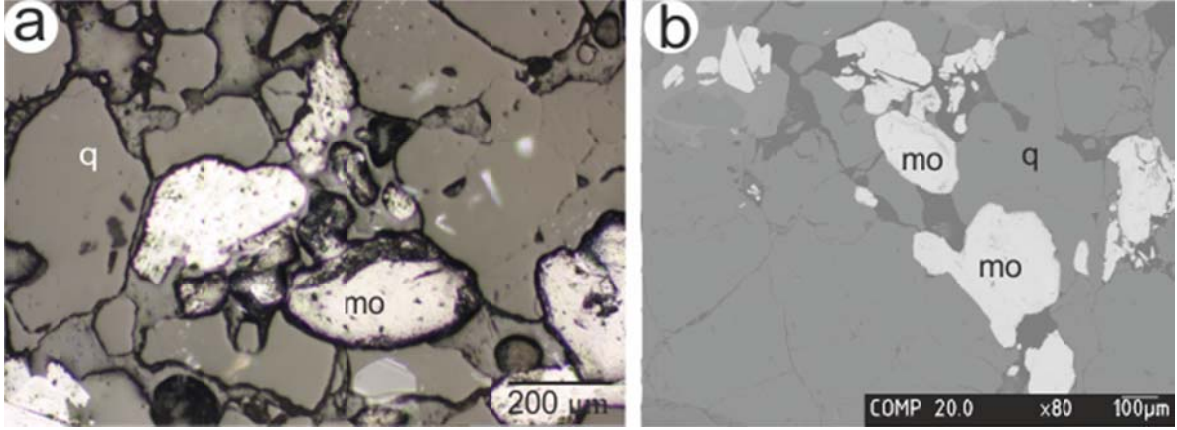
Sahadaki cevher minerallerini sülfürlü ve oksitli olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Cevher minerallerinin mikroskobik incelemelere göre dört farklı fazda oluştuğu belirlenmiştir. KDD 16-8 numaralı örnekte bol miktarda gözlenen molibdenit minerali diğer sülfürlü ve oksitli cevher mineralleri ile bir dokanak ilişkisi göstermemektedir. Aynı örnekte bulunan kuvars damarlarında ise molibdenite pirit eşlik etmektedir. Yapılan BSE çalışmalarında molibdenitlerin başka bir mineral kapanımı içermediği gözlenmiştir (Şekil 4.12.)

Kalkopirit sistemde 3 farklı fazda oluşmuştur. Faz I kalkopiritler manyetitler içinde kapanım ve piritler tarafından ornatılmış olarak gözlenmektedir. Kuvars-kalkopirit (A₂tipi) damarlarında kuvars-manyetit+kalkopirit(A₁ tipi) damarları tarafından kesildiği gözlenmiştir. Faz II kalkopiritler ise manyetitleri ve piritleri ornatmaktadır(Şekil 4.13). Kalkopirit fazları damar tipleri ile birleştirildiğinde ise KpI ler A₁ tipi, Kp II ler A₂ tipi ve Kp II ler ise Kl tipi damarlar ile ilişkili olduğu görülmektedir.

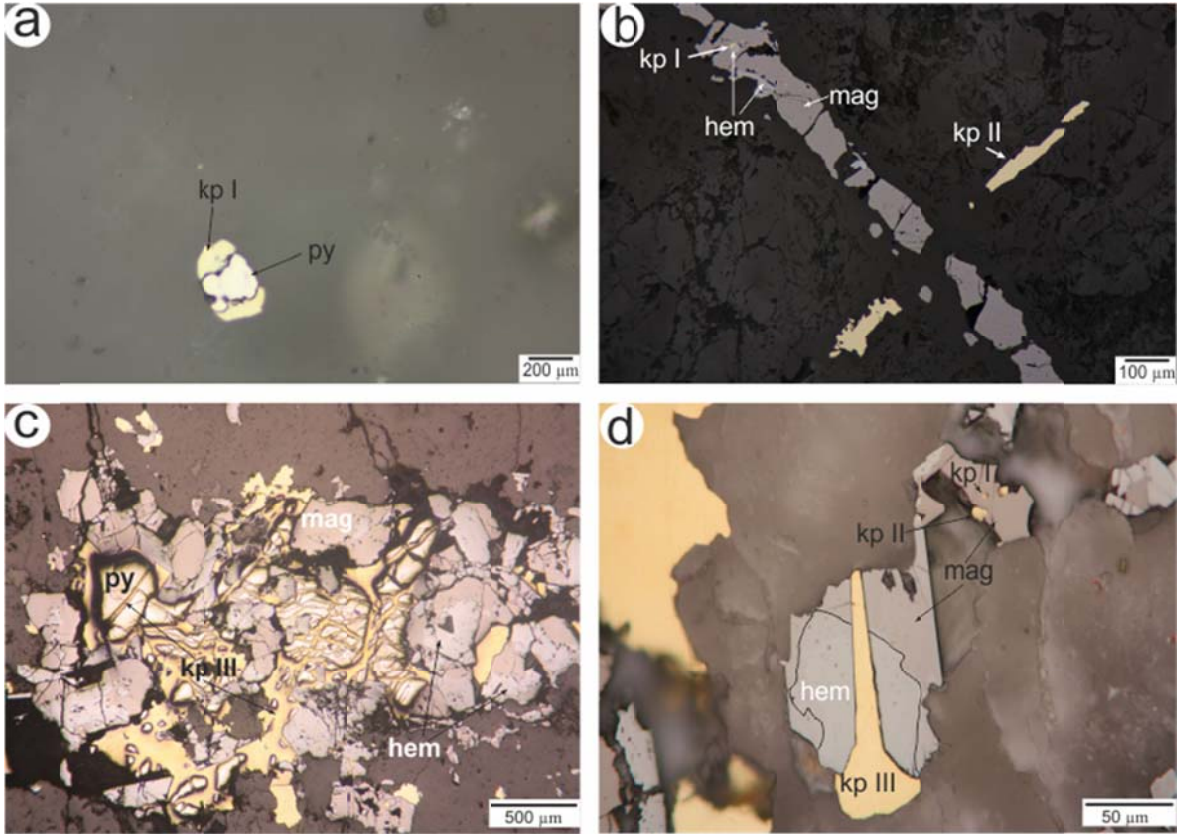


Şekil 4.11. Karakartal pofiri Au-Cu maden sahasındaki damar tiplerine ait makro el örnekleri a: Birbirine paralel şekilde gelişmiş kuvars+manyetit±kalkopirit damarları (A₁ tipi) ve bunları kesen K'lu feldspat+kuvars+kalkopirit+pirit damarı (B tipi); b: kuvars damarı ve bun damara paralel gelişen manyetit+kalkopirit damarı (A₁ tipi); c: kuvars damar ve damarcıkları ile bu damarlar boyunca gelişmiş ikincil K-feldspat oluşumları (B tipi); d: Kılcal K-feldspat damarcıkları (B tipi) ve bundarı kesen kuvars+klorit+pirit ±kalkopirit damarı (K1 tipi); e: ağsal kuvars+klorit+ pirit+kalkopirit (K1 tipi) damarı; f: Kuvars damarını kesen jips damarcıkları ile bunların her ikisini kesen kalsit damarı

Pirit klorit-serizit alterasyon görülen zonlarda potasik alterasyona göre çok daha bol miktarda bulunmaktadır. Cevher mikroskopisi incelemelerine göre kalkopirit II leri kesmekte kalkopirit III ler tarafından kesilmektedir.(Şekil 4.13)



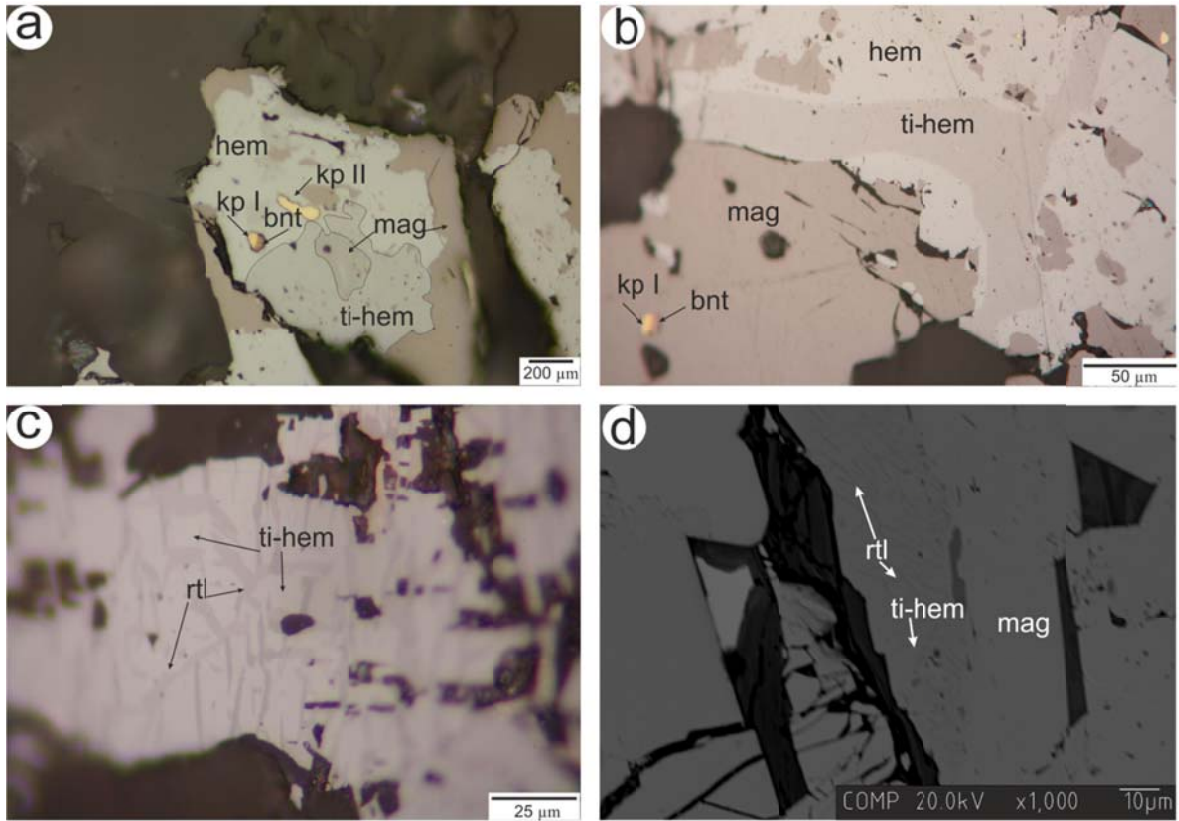
Şekil 4.12. Molibdenitin cevher miskobu (a) ve BSE (b) görünümü. Her iki resimde de molibdenit ayrı bir faz halinde kuvars içinde ölçeksiz saçınımlar halinde bulunmaktadır.



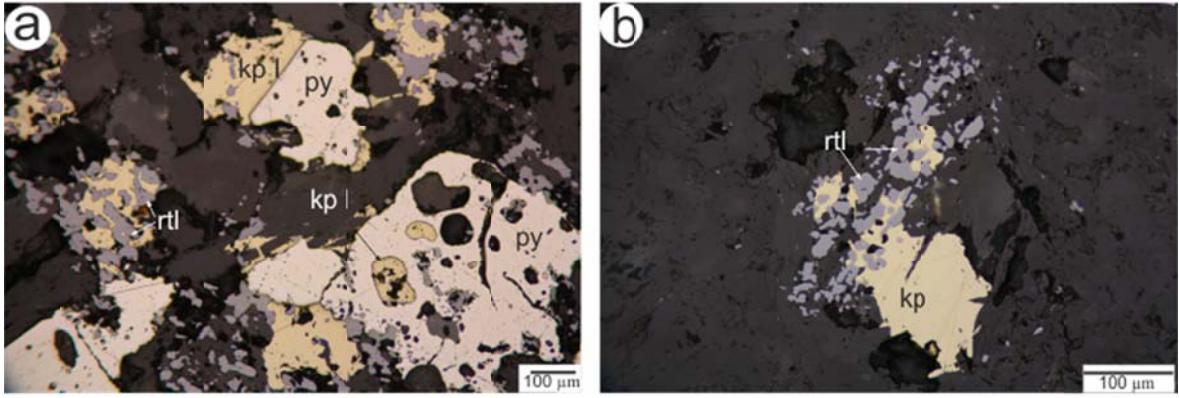
Şekil 4.13. a: Kp I ve onu ornatın pirit; b: Kuvars+kalkopirit II damarının (A₂ tipi) kuvars manyetit (A₁ tipi) damarı ve manyetitlerin içinde kapanım halde bulunan kalkopirit I mineralleri; c: manyetit minerallerini ornatın pirit mineralleri ve kataklazma sonucu kırıklara yerleşmiş kalkopirit II mineralleri; d: manyetitlerin kalkopirit II ve hemde III tarafından kesilmesi

Manyetit potasik alterasyonun gözlendiği zonlarda, genellikle kuvars damar/damarcıklarına paralel oluşumlar göstermektedir (Şekil 4.11a ve b). Bunun yanında nadiren sadece manyetit barındıran kuvars damarcıkları da mikroskop altında gözlenmiştir. Manyetit mineralleri kalkopirit kapanımları barındırmakta ve yer yer hematite dönüşmüş olarak gözlenmektedir (Şekil 4.14) Manyetitlerin dönüşümü sonucu oluşan hematitler içinde latalar şeklinde rutil oluşumları mevcuttur

Rutil ise yukarıda belirtildiği gibi hematit içinde exsolüsyon olarak bulunmasının yanında, özellikle (KDD 10-10 numaralı örnekte görüldüğü gibi) saçınım halde kalkopirit minerallerini kesmiş olarak da gözlenmektedir(Şekil 4.15).



Şekil 4.14. a: manyetitlerin hematit ve titanyumlu hematitlere dönüşümü ile hematitleşmiş bölge içindeki kalkopirit I ve kalkopirit II mineralleri; b: manyetit içinde kalkopirit I kapanımı ve manyetitlerin dönüşümü sonucu oluşmuş hematit ve titanyumlu hematitler; c: titanyumlu hematit ve içinde gelişen rutil lataları; d: titanyumlu hematitler içinde gelişmiş rutil latalarının BSE görüntüsü.



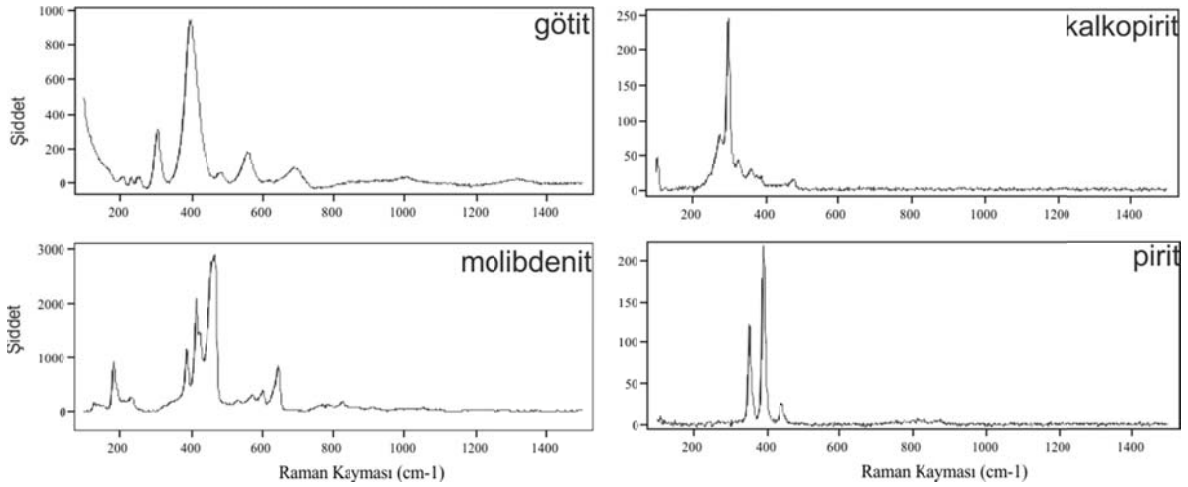
Şekil 4.15. a: Kalkopirit I ve pirit minerallerini ornatın rutil mineralleri(Örnek no Kdd 10);
b: kalkopirit II' kesen damarcık halinde rutil mineralleri

Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Araştırma Merkezi laboratuvarında sıvı kapanım ve cevher mineralleri üzerinde Raman analizleri yapılmaya çalışılmıştır. Ancak laboratuvarında bulunan iki adet Raman spektrometresinin de kırmızı lazer kullanması dolayısıyla, her ne kadar çeşitli kaynaklarda 780 nm'lik kırmızı lazer ile okuma yapılabiliyor dense de, sıvı kapanımların gaz ve çözelti fazları üzerinde istenilen hassasiyette ölçüm yapılamamıştır. Ancak özellikle Thermo marka spektrometrenin mineralojik çalışmalar için son derece uygun olmasından dolayı cevher mineralleri üzerinde detaylı çalışma yapılabilmektedir (Şekil 3-44-3.45).

Cevher mineralojisi ile tam olarak tanımlanamayan manyetit-hematit ve Ti-hematit oluşumları Raman okumaları ile belirlenebilmiştir. Bunun yanında diğer laboratuvarlarda yapılan çalışmaların da karşılaştırılabileceği referans mineral okumaları Karakartal sahasının örneklerinden yapılmıştır. Analizler sonucunda manyetitlerin hematite ve Ti-hematite dönüştüğü ayrıca manyetitlerin içindeki lataların rutil olduğu belirlenmiştir.

Sahada cevherleşmeyle ilişkili alterasyon minerali olarak ikincil biyotit, ikincil K-feldpat, klorit, serizit, kalsit ve kil mineralleri gözlenmektedir. İkincil biyotit mineralleri genellikle birden fazla kristalin bir arada bulunması, boyutları ve yeryer de kristal formu göstermememiş bakımından birincil biyotitlerden ayrılmaktadır. Yapılan BSE çalışmaları ise birincil ve ikincil biyotitler arasında moleküler ağırlık bakımından bir fark olmadığını göstermiştir. K-feldspat mineralleri doğrudan kuvars damarlarıyla ilişkili olarak potasik alterasyonun yoğun olarak gözleendiği zonlarda oluşmuştur.

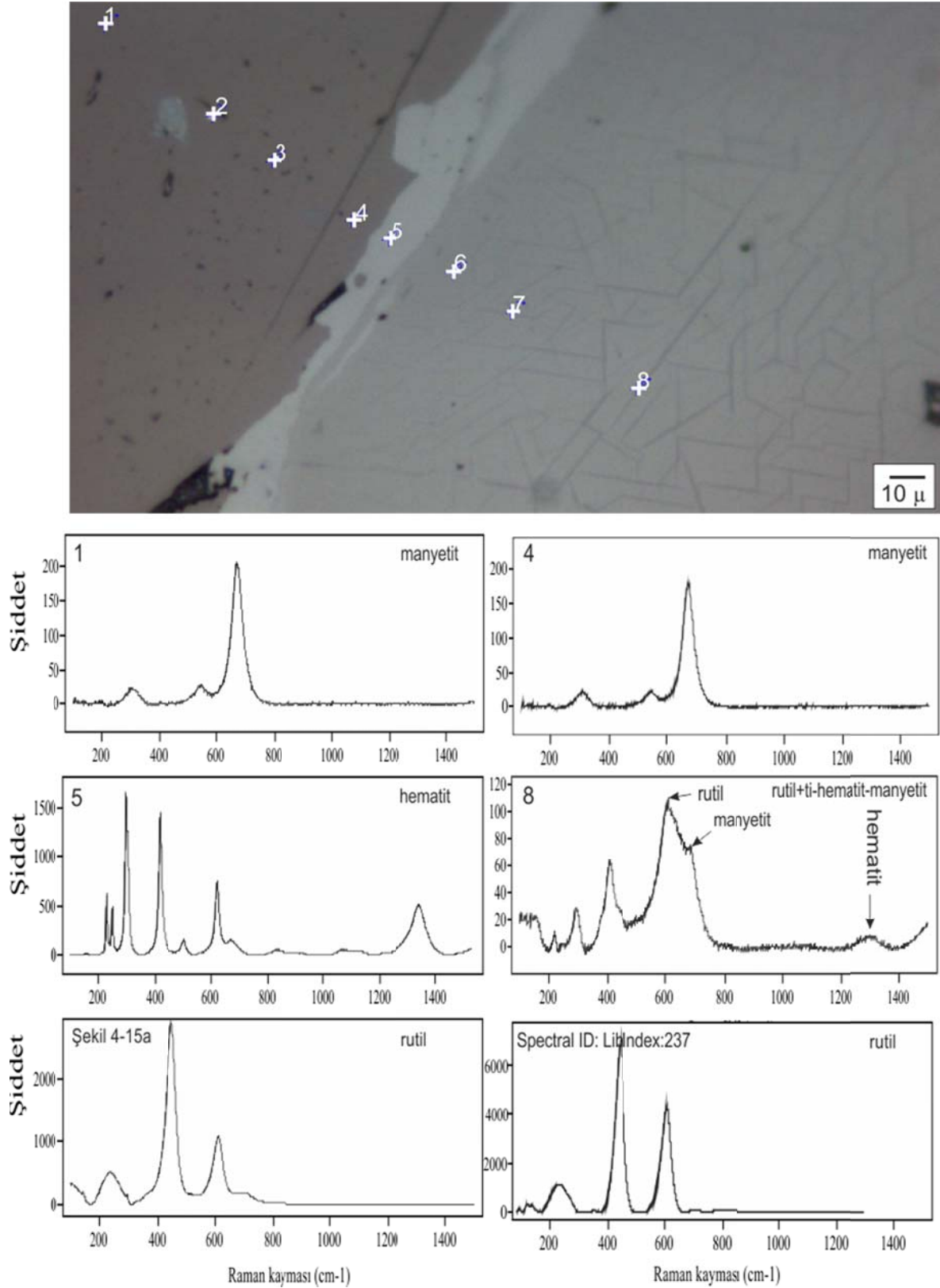
Kloritler ise potasik alterasyon gösteren örneklerde birincil ve ikincil biyotitler ile yakından ilişkili olarak oluşmuştur. Propilitik alterasyon gösteren örneklerde ise birincil alterasyon minerali olarak bulunmaktadır. Serizit ise sahanın genelinde buluna intrüzif kayaçlarda plajiyoklas, biyotit ve amfibollerin bozuşması ile oluştukları gözlenmiştir. Kalsit ve kil mineralleri serizit gibi sahanın genelindeki tüm intrüzif kayaçlarda gözlenmektedir.



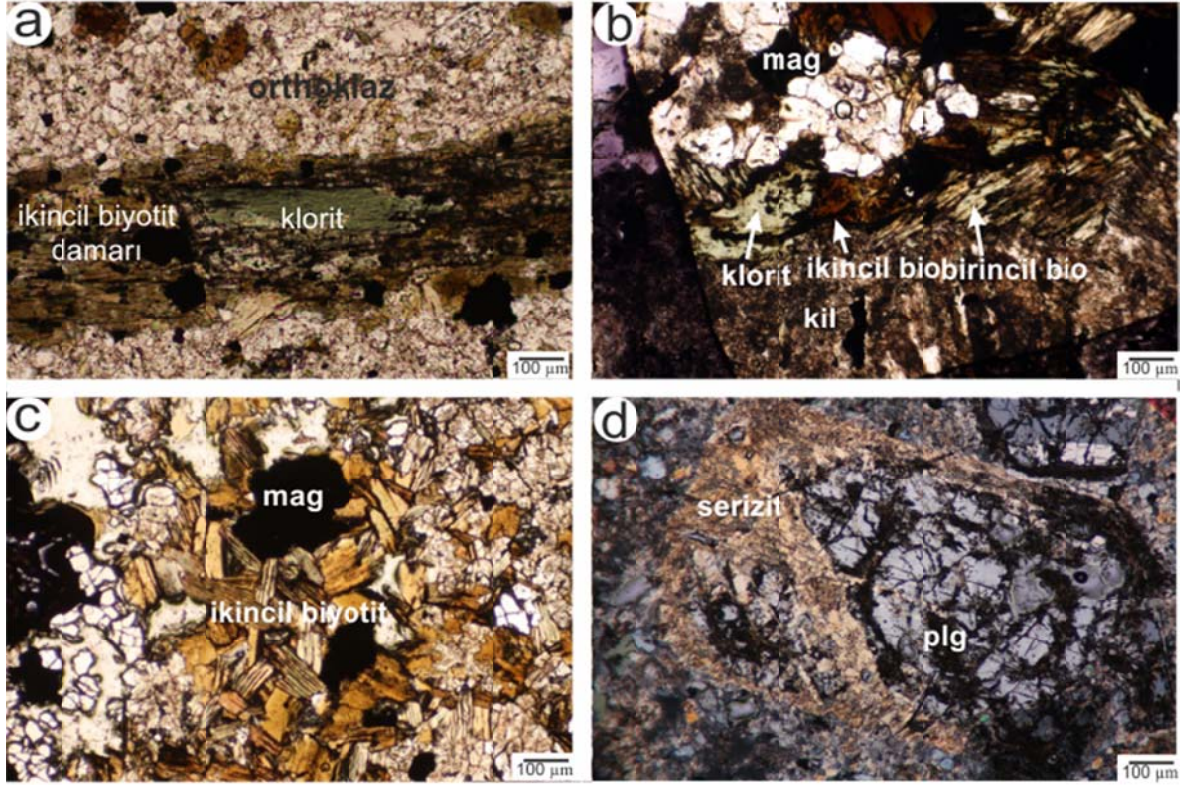
Şekil 4.16. Sıvı kapanımlar içindeki opak fazların karşılaştırılmasında kullanılmak için karot örneklerinden yapılan referans Raman okumaları

4.6. Silikat Mineralojisi ve Mineral Kimyası

Maden sahasında bulunan granitik birimlerden alınan örnekler üzerinde silikat mineralleri alterasyonun merkezinden dışarıya doğru sistematik olarak incelenmiştir. Mineral kimyası çalışmaları biyotit, plajiyoklas ve klorit mineralleri üzerinde yapılmıştır. Plajiyoklas ve biyotit analizleri intrüziv kayaçlardan yapılırken, klorit analizlerinde intrüziv kayaçların yanı sıra metasedimanter örnekler de kullanılmıştır.



Şekil 4.17 Manyetitten Ti-hematite doğru atılmış bir profil boyunca elde edilen spektrumlar. Şekil 4.15 de gözüken rutillerin raman okuması ve Spektral ID veri tabanında bulunan referans rutilin (libindex:238) spektrumu.



Şekil 4.18. a: İkincil K-feldspat damarı içinde ikincil biyotit damarı ve biyotitlerin bozuşması sonucu oluşmuş klorit minerali; b: kuvars damarı boyunca gelişmiş ikincil biyotitler ve biyotitlerin kloritleşmesi ile k-feldspat minerallerinin killeşmesi; öz şekilli ve öz şekilsiz ikincil biyotit mineralleri ve onları çevreleyen k-feldspat mineralleri; d:kenarları ve kırık hatları boyunca serizitleşmiş ve killeşmiş plajiyoklas minerali.

4.6.1. Biyotit

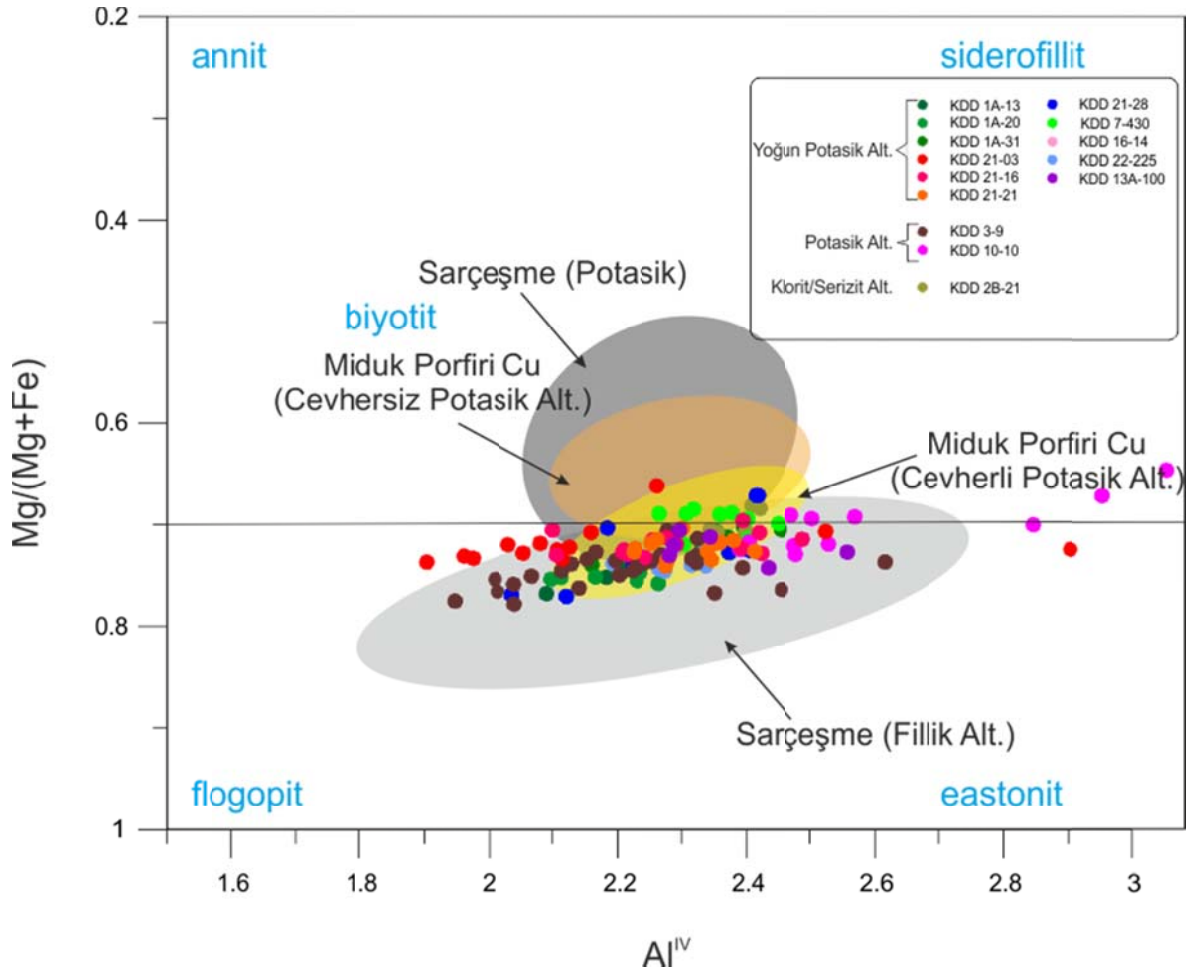
Petrografi çalışmaları sonucunda birbirinden farklı mineralojik bileşim gösterdiği belirlenen örneklerden hazırlanan parlatılmış ince kesitler üzerinde birincil ve ikincil biyotitlerin mineral kimyalarının belirlenmesi için EPMA analizleri yapılmıştır. Analiz edilecek örneklerin seçilmesinde düşeydeki değişimin de ortaya konması açısından aynı sondajda benzer özelliklere sahip farklı derinlikteki örneklerden analizler yapılmıştır.

Yapılan çok sayıda analizden ötürü, aynı örnekteki birincil ve ikincil biyotitlere ait sonuçların ortalamalarının kullanılmasının daha uygun olduğu düşünülmüştür. Analiz edilen örneklerin değişen derecede potasik alterasyona maruz kalması nedeniyle bazı örneklerde birincil biyotitleri analiz etmek mümkün olmamıştır. Tablo 4-1.'den de görüldüğü üzere birincil ve ikincil olarak ayrılmış ve tanımlanmış olan biyotitlerin mineral kimyalarında bir fark olmadığı da görülmektedir.

Biyotitlerin Rieder vd., (1998) tarafından geliştirilen magnezyum numarası ve tetrahedral Al bileşimine göre yapılan sınıflamasında hemen hemen tüm biyotitlerin flogopit alanına düştüğü ve eastonit alanına doğru bir geçişin olduğu gözükmektedir.. Sadece iki örnek le birlikte biyotit alanına düşmüştür. Bu durum biyotitlerin magnezyum bakımından zengin olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca Nachit vd., (1985,2005)'nin biyoyitlerin oluşumlarına göre sınıfladıkları diyagramda biyotitlerin tamamına yakını yeniden dengeye ulaşmış birincil biyotit alanına düşmektedir. Buna göre tüm biyotitler Ti bakımından fakirleşmiş gözükmektedir. Muhtemelen potasik alterasyonu takiben biyotitlerin kimyasında tekrar bir değişim olmuş ve biyotitler Ti bakımından fakirleşmiş olmalı. Nitekim, sahada Ti ve Fe oksitlerin yaygın oluşu biyotitlerden Ti çözünmüş olabileceğini desteklemektedir. KDD 1A ve KDD 21 nolu sondajlara ait örnekler yoğun potasik alterasyon zonundan gelirken KDD-2B 21 nolu örnek klorit serizit alterasyonu gösteren bir örnektir. (Şekil 4-11 e deki gibi) KDD 3-9, KDD 10-10 KDD 16-14 ve KDD 22-225 ise kısmen potasik alterasyon özellikleri gösteren örneklerdir.

Henry vd., (2005)'nin geliştirdiği biyotitlerin oluşum sıcaklıklarını Ti içeriği ve magnezyum numarasına göre belirleyen formüle göre aynı örnekteki birincil ve ikincil biyotitlerde bir farklılık görülmemiştir. Yapılan hesaplama göre örneklenen sahanın genelinde biyotit oluşum sıcaklıkları 346-840 °C (ağırlıklı olarak 666-730 °C) arasında değişmektedir (Tablo 4-2 ve Şekil 5.4).

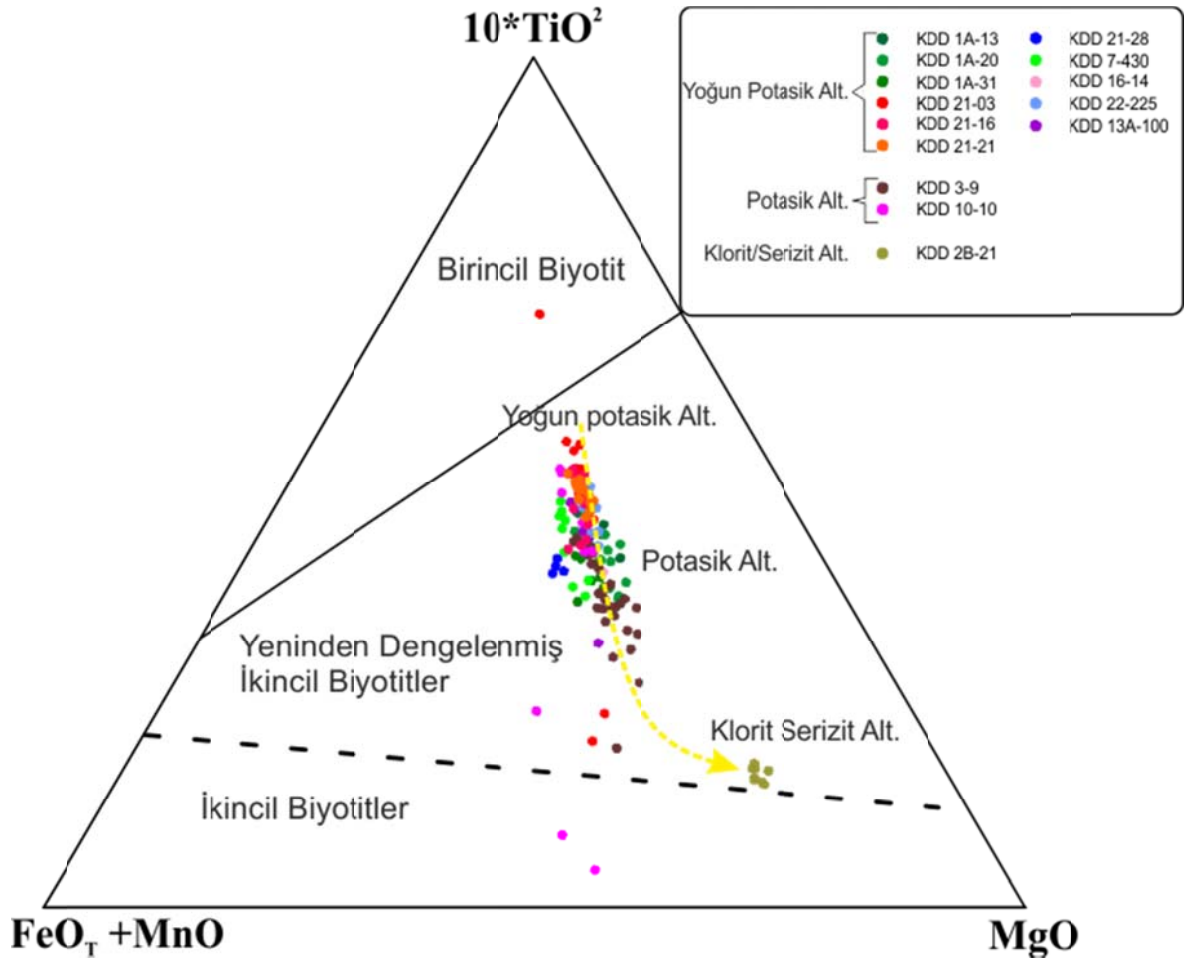
Petrografik olarak birincil ve ikincil olarak sınıflanan biyotitlerin Rieder vd., (1998)'e göre dağılım alanları Miduk ve Sarçeşme Porfiri Cu yataklarına ait biyotitleri sınıflama sonuçlarıyla karşılaştırıldıklarında her 3 yatağında benzer eğilimler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.19. Birincil ve ikincil biyotitlerin Rieder vd., (1998)'e göre sınıflandırılması (Miduk porfiri Cu dağılım alanları Boomeri vd., 2009; Sarçeşme dağılım alanları Boomeri ve vd., 2010). Karakartal sahasına ait biyotitlerin özellikle Miduk Porfiri Cu sahasında cevherli potasik alterasyon zonunda Sarçeşme porfiri Cu sahasında ise fillik alterasyon zonuna bulunan biyotitler ile bir kimya sahip olmaları Karakartal sahasına ait biyotitlerin oluşumlarından sonra tekrar bir bozuşmaya uğradığının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4.19. Birincil ve ikincil biyotitlerin Rieder vd., (1998)'e göre sınıflandırılması (Miduk porfiri Cu dağılım alanları Boomeri vd., 2009; Sarçeşme dağılım alanları Boomeri ve vd., 2010)

4.6.2. Plajiyoklas

İncelenen örneklerde yoğun biçimde fenokristaller halinde bulunan plajiyoklas genellikle zonlu bir yapı göstermektedir (Şekil 3.20). Bu zonlar arasında mikrokimyasal olarak bir farklılığın olup olmadığının tespiti için mümkün olduğunca plajiyoklasların kenar ve merkez zonları ile kenardan merkeze doğru profiller analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda sahanın genelinde plajiyoklas mineralleri için kenardan merkeze doğru iyi gelişmiş bir zonlanmanın söz konusu olmadığı gözlenmiştir (Tablo 4-3 Şekil 4.21). Bazı örneklerden yapılan ölçümlerde merkez kenar arasında kalsiyumca fakirleşme sodyumca zenginleşme olduğu gözlenmiştir (Tablo 4-3) Tablo 4-3'de görüldüğü üzere KDD 1A-40 plg1, KDD 2b-21 plg2, KDD 3-9 plg8, KDD 7-430 plg3 ve KDD 21-3 plg3 nolu örneklerde görüldüğü üzere merkezden kenara plajiyoklasların albit miktarında artış gözlenmektedir.



Şekil 4.20. Birincil ve ikincil biyotitlerin Nachit vd., (1985 ve 2005) göre grafiksel gösterimi

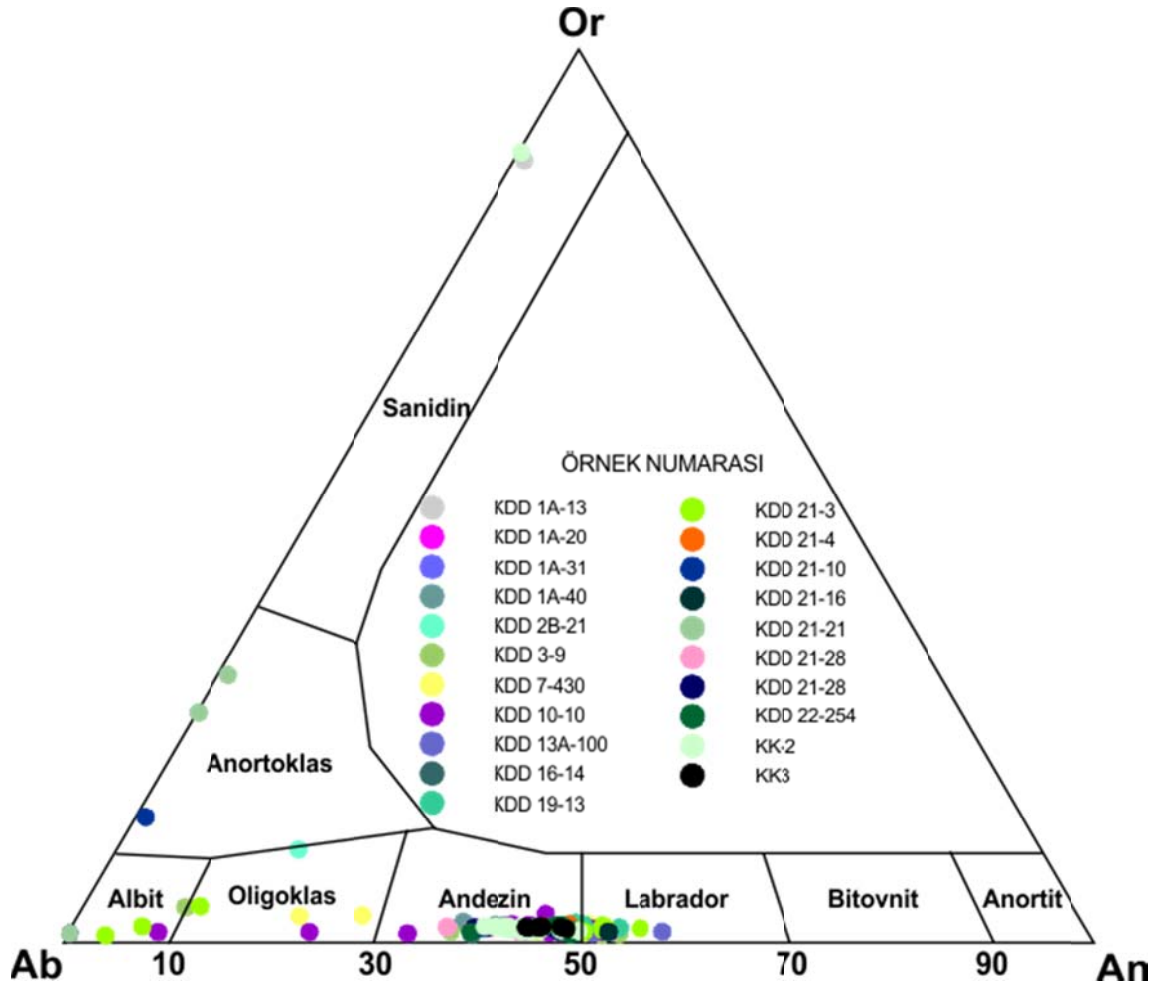
Buna karşın KDD 10-10 plg6, KDD 3-9 plg2 ve Kdd13A plg 2, KDD 19-13 plg3 gözlemlendiği gibi merkezden kenara albit miktarında oldukça belirgin azalma olan örneklerde söz konusudur. Bu değişimin homojen bir özellik göstermemesi muhtemelen plajiyoklasların kristallenmesi sırasında sistemde bulunan ergiyiğin bileşimiyle ilişkilidir. Ancak KDD 21-21 nolu örnekte oldukça net şekilde gözlenen potasyum artışı potasik alterasyonla ilişkili olmalıdır. Bu durumda plajiyoklasları K silikat alterasyonu öncesi Anortit-Albit ve K silikat alterasyonu sırasında Albit Ortoklas dönüşümü gösterdiği düşünülebilir. Bunun yanında yoğun şekilde potasik alterasyon gösteren örneklerde plajiyoklasların tamamen bir dönüşüm göstermemesi, hidrotermal çözeltiler ile etkileşim halinde olan yüzeyler boyunca bir değişimden söz edilebileceğini düşündürülebilir.

Tablo 4-1 Birincil ve ikincil biyotit olarak kesin bir ayrıma gidilmiş biyotitlerin mineral kimyası analiz sonuçları (sıcaklık hesaplaması Henry vd., (2005)'e göre yapılmıştır DLA: dedeksiyon limitinin altında)

Örnek No:	KDD 1A-13			KDD 1A-20				KDD 3-9				KDD 21-3			
	biyotit ikincil	biyotit ikincil	biyotit birincil	biyotit ikincil	biyotit ikincil	biyotit ikincil	biyotit birincil	biyotit ikincil	biyotit ikincil	biyotit birincil	biyotit birincil	biyotit ikincil	biyotit ikincil	biyotit birincil	biyotit birincil
%															
SiO ₂	40,59	40,82	39,00	40,44	39,01	38,90	40,13	40,55	40,52	41,68	40,53	38,63	39,93	39,24	39,03
TiO ₂	2,26	2,35	2,34	2,07	2,31	2,08	1,85	1,76	1,65	1,83	1,61	3,36	3,63	3,53	3,18
Al ₂ O ₃	13,16	13,01	13,71	12,45	14,39	12,91	11,90	13,39	13,50	12,44	13,10	11,74	11,57	12,20	11,38
FeO	10,94	10,61	11,96	11,06	12,38	11,50	10,35	11,60	11,81	11,01	11,35	12,82	11,97	12,46	11,93
MnO	0,07	0,07	0,12	0,06	0,02	0,06	0,06	0,19	0,16	0,17	0,16	0,12	0,09	0,07	0,12
MgO	17,94	18,04	17,91	18,99	16,74	18,44	19,35	18,04	18,47	18,61	19,09	18,48	18,24	17,84	18,40
CaO	DLA	0,01	DLA	0,03	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,03	0,07	0,31	DLA	0,01	0,12
Na ₂ O	0,16	0,17	0,32	0,19	0,22	0,33	0,22	0,15	0,15	0,15	0,13	0,13	0,20	0,13	0,21
K ₂ O	9,42	9,41	9,66	9,22	9,58	9,39	8,86	9,39	9,32	8,93	8,01	7,58	9,14	9,12	8,17
Li ₂ O*	2,10	2,16	1,64	2,05	1,64	1,61	1,97	2,09	2,08	2,41	2,08	1,54	1,91	1,71	1,65
H ₂ O*	3,99	4,03	4,04	3,89	3,99	3,81	3,86	4,15	4,17	4,20	4,15	1,75	DLA	1,03	0,48
Toplam	101,02	101,00	101,02	100,97	100,70	99,60	99,01	101,59	102,17	101,75	100,47	99,34	102,25	101,33	99,23
Si	5,79	5,81	5,63	5,78	5,65	5,69	5,83	5,77	5,74	5,88	5,78	5,67	5,74	5,68	5,74
Al ^{iv}	2,21	2,18	2,33	2,10	2,35	2,22	2,04	2,23	2,25	2,07	2,20	2,03	1,96	2,08	1,97
Al ^{vi}	DLA	DLA	DLA	DLA	0,10	DLA	DLA	0,02	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Ti	0,24	0,25	0,25	0,22	0,25	0,23	0,20	0,19	0,18	0,19	0,17	0,37	0,39	0,38	0,35
Fe	1,31	1,26	1,44	1,32	1,50	1,41	1,26	1,38	1,40	1,30	1,35	1,57	1,44	1,51	1,47
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	DLA	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	3,82	3,83	3,85	4,05	3,61	4,02	4,19	3,83	3,90	3,91	4,06	4,05	3,91	3,85	4,04
Li ⁱ	1,20	1,24	0,95	1,18	0,96	0,95	1,15	1,19	1,18	1,37	1,19	0,91	1,10	0,99	0,98
Ca	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	0,01	0,01	DLA	0,01	0,05	DLA	DLA	0,02
Na	0,04	0,05	0,09	0,05	0,06	0,09	0,06	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,06	0,04	0,06
K	1,71	1,71	1,78	1,68	1,77	1,75	1,64	1,70	1,68	1,61	1,46	1,42	1,68	1,68	1,53
OH*	3,80	3,83	3,89	3,71	3,85	3,72	3,74	3,94	3,94	3,95	3,95	1,71	DLA	1,00	0,47
TOPLAM	20,34	20,34	20,36	20,40	20,27	20,37	20,38	20,39	20,41	20,40	20,29	20,12	20,66	20,25	20,20
Fe/Fe+Mg	0,25	0,25	0,27	0,25	0,29	0,26	0,23	0,27	0,26	0,25	0,25	0,28	0,27	0,28	0,27
Mg/Fe+Mg	0,75	0,75	0,73	0,75	0,71	0,74	0,77	0,73	0,74	0,75	0,75	0,72	0,73	0,72	0,73
T (°C)	709,37	717,25	708,42	700,29	699,33	698,71	692,67	666,17	655,79	678,52	658,75	756,62	767,11	760,56	754,68

Tablo 4-2 Biyotit minerallerine ait mineral kimyası analizleri (sıcaklık hesaplaması Henry vd., (2005)'e göre yapılmıştır, DLA: dedeksiyon limitinin altında)

Örnek No:	KDD 1A-13	KDD 1A-20	KDD 1A-31	KDD 2B-21	KDD 3-9	KDD 7-430	KDD 10-10	KDD 13A-100	KDD 16-14	KDD 21-3	KDD 21-16	KDD 21-21	KDD 21-28	KDD 22-254
%	ort	ort	ort	ort	ort	ort	ort	ort	ort	ort	ort	ort	ort	ort
N	14	12	12	8	31		11	4	2	15	14	15	5	11
SiO ₂	39,73	39,63	39,45	38,13	39,85	38,36	35,91	38,66	38,91	38,45	38,21	38,85	38,19	39,39
TiO ₂	2,08	2,08	2,13	2,54	1,75	2,24	2,09	2,26	1,99	2,81	2,78	2,82	2,05	2,45
Al ₂ O ₃	13,76	13,12	13,67	13,77	13,10	13,95	15,99	14,15	14,28	13,60	13,30	13,55	15,10	13,77
FeO	11,70	11,02	11,62	13,16	11,58	12,93	12,87	12,39	11,33	12,33	12,51	11,98	13,22	11,26
MnO	0,07	0,07	0,07	0,16	0,20	0,10	0,12	0,16	0,16	0,11	0,06	0,06	0,17	0,09
MgO	17,74	18,25	17,83	16,58	18,79	16,67	16,89	17,58	17,77	17,62	17,96	17,59	16,44	17,48
CaO	0,02	0,04	0,02	0,01	0,10	0,05	0,04	0,03	0,01	0,80	0,09	0,05	0,08	0,01
Na ₂ O	0,22	0,24	0,22	0,16	0,15	0,16	0,20	0,19	0,14	0,51	0,24	0,18	0,71	0,21
K ₂ O	9,27	9,26	9,29	9,40	8,20	9,07	9,09	8,36	9,40	6,19	8,73	8,95	8,35	9,37
Li ₂ O*	1,85	1,82	1,87	1,39	1,88	1,46	0,79	1,54	1,61	1,62	1,42	1,60	1,41	1,75
H ₂ O*	4,06	3,94	4,06	3,99	4,10	4,00	3,95	4,05	4,07	1,41	0,49	0,09	4,10	4,07
Toplam	100,80	99,89	100,90	99,56	99,98	99,26	98,17	99,60	100,01	98,94	100,98	101,63	99,93	100,14
Si	5,71	5,74	5,71	5,62	5,74	5,65	5,37	5,63	5,64	5,59	5,60	5,65	5,57	5,70
Al ^{iv}	2,28	2,22	2,27	2,37	2,22	2,35	2,61	2,37	2,36	2,18	2,29	2,31	2,43	2,30
Al ^{vi}	0,05	0,02	0,04	0,02	0,01	0,07	0,22	0,06	0,09	0,16	0,01	0,01	0,16	0,04
Ti	0,22	0,23	0,23	0,28	0,19	0,25	0,23	0,25	0,22	0,31	0,31	0,31	0,22	0,27
Fe	1,41	1,34	1,40	1,62	1,40	1,59	1,61	1,51	1,37	1,54	1,53	1,46	1,61	1,36
Mn	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Mg	3,80	3,94	3,81	3,64	4,04	3,66	3,77	3,82	3,85	3,92	3,92	3,81	3,57	3,77
Li*	1,07	1,06	1,08	0,82	1,09	0,86	0,47	0,90	0,94	0,90	0,83	0,93	0,83	1,02
Ca	DLA	0,01	DLA	DLA	0,02	0,01	0,01	DLA	DLA	0,11	0,01	0,01	0,01	DLA
Na	0,06	0,07	0,06	0,05	0,04	0,05	0,06	0,05	0,04	0,12	0,07	0,05	0,20	0,06
K	1,70	1,71	1,70	1,77	1,50	1,70	1,73	1,55	1,74	1,15	1,63	1,66	1,55	1,73
OH*	3,89	3,80	3,88	3,93	3,94	3,92	3,94	3,94	3,93	1,36	0,48	0,08	3,98	3,93
TOPLAM	20,31	20,33	20,32	20,22	20,27	20,20	20,11	20,16	20,28	20,09	20,78	20,93	20,20	20,26
Fe/Fe+Mg	0,27	0,25	0,27	0,31	0,26	0,30	0,30	0,28	0,26	0,33	0,28	0,28	0,31	0,27
Mg/Fe+Mg	0,73	0,75	0,73	0,69	0,74	0,70	0,70	0,72	0,74	0,67	0,72	0,72	0,69	0,73
T (°C)	690,26	698,58	694,37	709,31	666,42	691,34	700,97	695,26	689,25	727,18	730,08	733,75	675,28	717,81



Şekil 4.21 EPMA analiz sonuçlarına göre hesaplanan Albit (Ab), Anortit (An) ve Ortoklas (Or) bileşenlerine göre Plejiyoklasların sınıflama grafiği

Tablo 4-3 Plajiyoklas minerallerine ait EPMA sonuçları (DLA: dedeksiyon limitinin altında)

Örnek No:	KDD 1A-13					KDD 1A-20			KDD 1A-31		KDD 1A-40						
	Plg 1 Merkez	Plg 2 Merkez	Plg 3 Merkez	Plg 4 Kenar Merkez		Plg 1 Kenar	Plg 2 Kenar Merkez		Plg 1 Merkez	Plg 2 Merkez	Kenar	Plg 1 → →		Merkez	Plg 2 Merkez		Plg 3 Kenar Merkez
SiO ₂	57,69	57,86	56,94	63,83	57,25	55,36	56,30	57,17	56,59	56,21	59,32	58,59	57,01	57,19	57,84	57,30	57,84
TiO ₂	0,01	0,01	DLA	0,03	DLA	0,01	DLA	DLA	DLA	0,02	DLA	0,01	0,02	0,01	DLA	0,01	DLA
Al ₂ O ₃	27,64	27,83	26,54	18,41	27,14	27,54	27,59	26,79	27,67	27,17	25,55	26,54	27,09	27,12	26,59	27,13	27,13
FeO	0,18	0,15	0,24	DLA	0,13	0,24	0,22	0,20	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,22	0,12	0,20	0,15
MnO	0,04	0,05	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01	0,03	DLA	0,02	DLA	0,01	0,01	DLA	0,02	DLA	DLA
CaO	9,72	9,89	7,76	0,21	8,98	9,73	9,24	8,85	9,20	9,30	7,64	8,37	8,72	9,19	8,56	8,79	9,08
Na ₂ O	6,03	5,86	6,77	1,29	5,81	5,74	6,17	6,32	6,12	5,91	6,76	6,46	6,24	6,17	6,32	6,40	6,06
K ₂ O	0,22	0,23	0,37	15,02	0,31	0,25	0,24	0,27	0,33	0,31	0,40	0,34	0,32	0,32	0,33	0,31	0,31
Toplam	101,56	101,91	98,69	98,85	99,66	98,94	99,79	99,64	100,18	99,18	99,84	100,50	99,57	100,26	99,80	100,16	100,59
Si	5,10	5,10	5,17	5,96	5,14	5,04	5,07	5,15	5,08	5,09	5,30	5,22	5,13	5,12	5,19	5,13	5,15
Ti	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Al	2,16	2,17	2,13	1,52	2,16	2,21	2,20	2,13	2,19	2,18	2,02	2,09	2,16	2,15	2,11	2,15	2,14
Fe ₂	0,01	0,01	0,01	DLA	DLA	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	DLA	0,01	DLA	0,01	0,01
Mn	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Ca	0,46	0,47	0,38	0,01	0,43	0,47	0,45	0,43	0,44	0,45	0,37	0,40	0,42	0,44	0,41	0,42	0,43
Na	0,26	0,25	0,30	0,06	0,25	0,25	0,27	0,28	0,27	0,26	0,29	0,28	0,27	0,27	0,27	0,28	0,26
K	0,01	0,01	0,01	0,45	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Toplam	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al	52,24	51,05	59,91	11,44	52,93	50,92	53,98	55,48	53,58	52,53	60,12	57,13	55,39	53,86	56,07	55,83	53,73
An	46,51	47,61	37,95	1,02	45,21	47,65	44,63	42,96	44,52	45,67	37,56	40,87	42,77	44,31	41,99	42,38	44,47
Or	1,25	1,34	2,14	87,54	1,86	1,43	1,39	1,56	1,90	1,80	2,31	2,00	1,84	1,84	1,94	1,79	1,80

Tablo 4-3'in devamı

Örnek No:	KDD 2B-21									KDD 3-9							
	Plg 1 Merkez	Plg 2 merkez Kenar		Plg 3 Merkez	Plg 4 Merkez	Plg 5 Merkez Kenar		Plg 6 Merkez Kenar		Kenar	→	Plg 1 Merkez	→	Kenar	Plg 2 Kenar Merkez		Plg 3 Merkez
SiO ₂	56,81	55,30	61,21	58,08	55,33	56,95	54,83	58,12	56,17	55,80	55,99	56,79	57,22	58,67	56,75	65,72	59,59
TiO ₂	DLA	0,01	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	0,02	0,03	DLA	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
Al ₂ O ₃	27,36	28,09	24,03	25,63	26,87	27,05	27,99	26,62	27,07	27,70	27,91	27,45	27,33	27,32	27,99	21,08	25,96
FeO	0,21	0,18	1,00	0,13	0,15	0,17	0,21	0,18	0,22	0,13	0,16	0,18	0,23	0,29	0,21	0,27	0,30
MnO	DLA	0,02	0,04	0,01	0,04	0,04	DLA	0,01	0,01	0,01	0,02	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
CaO	9,71	10,01	2,97	7,63	9,17	9,58	10,38	9,33	9,32	9,75	9,69	9,36	9,47	9,09	10,15	1,94	7,50
Na ₂ O	5,76	5,51	6,71	6,33	5,56	5,41	5,41	6,15	6,12	5,81	5,87	5,98	5,84	6,37	5,74	9,41	6,94
K ₂ O	0,28	0,22	1,48	0,23	0,32	0,27	0,24	0,28	0,23	0,26	0,23	0,26	0,28	0,25	0,25	0,66	0,22
Toplam	100,20	99,35	97,57	98,10	97,43	99,52	99,06	100,73	99,18	99,48	99,92	100,03	100,40	101,99	101,13	99,09	100,55
Si	5,09	5,01	5,55	5,28	5,10	5,13	4,99	5,18	5,09	5,05	5,04	5,10	5,11	5,16	5,05	5,82	5,29
Ti	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Al	2,17	2,25	1,92	2,06	2,19	2,15	2,25	2,10	2,17	2,21	2,22	2,18	2,16	2,12	2,20	1,65	2,04
Fe ₂	0,01	0,01	0,04	DLA	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	DLA	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mn	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Ca	0,47	0,49	0,14	0,37	0,45	0,46	0,51	0,44	0,45	0,47	0,47	0,45	0,45	0,43	0,48	0,09	0,36
Na	0,25	0,24	0,29	0,28	0,25	0,24	0,24	0,27	0,27	0,25	0,26	0,26	0,25	0,27	0,25	0,40	0,30
K	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Toplam	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al	50,95	49,29	71,98	59,16	51,32	49,74	47,85	53,52	53,59	51,12	51,61	52,81	51,88	55,12	49,86	86,23	61,83
An	47,45	49,45	17,59	39,44	46,76	48,62	50,78	44,87	45,10	47,37	47,07	45,67	46,50	43,44	48,71	9,81	36,91
Or	1,61	1,26	10,43	1,41	1,91	1,64	1,37	1,62	1,31	1,51	1,32	1,52	1,62	1,45	1,43	3,96	1,27

Tablo 4-3'in devamı

Örnek No:	KDD 3-9																
	Plg 4						Plg 5				Plg 6		Plg 7		Plg 8		
%	Kenar	→	→	→	→	→	Merkez	Kenar	Merkez	Kenar	Kenar	Kenar	→	Merkez	Kenar	→	Merkez
SiO ₂	57,07	57,15	57,57	59,24	56,54	57,00	56,70	57,27	57,30	56,41	57,31	56,96	56,55	56,70	58,01	57,45	55,59
TiO ₂	0,01	0,01	0,01	0,02	DLA	0,01	0,02	0,02	DLA	0,02	0,01	0,02	0,01	DLA	0,01	0,01	0,01
Al ₂ O ₃	27,20	26,91	26,96	26,63	28,05	28,02	27,74	28,04	27,90	28,07	27,39	27,52	27,84	27,85	27,79	28,06	28,77
FeO	0,21	0,20	0,24	0,19	0,18	0,25	0,22	0,17	0,20	0,18	0,19	0,21	0,17	0,25	0,17	0,16	0,14
MnO	DLA	DLA	0,04	0,02	DLA	DLA	0,05	0,02	DLA	DLA	DLA	0,02	0,03	DLA	0,01	DLA	0,01
CaO	9,31	9,16	9,44	8,97	9,98	9,94	9,60	9,85	1DLA	10,23	9,67	9,70	9,90	9,63	9,57	9,63	10,93
Na ₂ O	5,63	6,29	5,94	5,34	5,77	5,74	5,43	5,84	5,96	5,36	5,97	5,79	5,79	5,97	5,91	5,96	5,55
K ₂ O	0,27	0,26	0,25	0,29	0,25	0,22	0,25	0,28	0,28	0,30	0,27	0,27	0,24	0,20	0,25	0,24	0,15
Toplam	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Si	99,70	99,97	100,47	100,72	100,79	101,23	100,05	101,49	101,70	100,57	100,86	100,53	100,59	100,61	101,71	101,55	101,16
Ti	5,13	5,13	5,14	5,24	5,05	5,06	5,08	5,07	5,07	5,04	5,11	5,09	5,06	5,07	5,11	5,08	4,96
Al	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Fe ₂	2,16	2,14	2,13	2,08	2,21	2,20	2,20	2,19	2,18	2,22	2,16	2,17	2,20	2,20	2,17	2,19	2,27
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ca	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Na	0,45	0,44	0,45	0,43	0,48	0,47	0,46	0,47	0,47	0,49	0,46	0,46	0,47	0,46	0,45	0,46	0,52
K	0,25	0,27	0,26	0,23	0,25	0,25	0,24	0,25	0,26	0,23	0,26	0,25	0,25	0,26	0,25	0,26	0,24
Toplam	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	DLA
Al	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
An	51,42	54,59	52,47	50,89	50,41	50,47	49,84	50,92	51,07	47,83	51,96	51,12	50,68	52,26	52,03	52,11	47,47
Or	46,96	43,92	46,06	47,27	48,15	48,28	48,68	47,48	47,34	50,42	46,52	47,32	47,91	46,60	46,55	46,50	51,68
	1,63	1,49	1,46	1,84	1,45	1,25	1,48	1,60	1,59	1,75	1,52	1,56	1,40	1,13	1,42	1,39	0,85

Tablo 4-3'in devamı

Örnek No:	KDD 3-9			KDD 7-430													
	Plg 9			Plg 1					Plg 2				Plg 3				
%	Kenar	→	Merkez	Kenar	→	→	→	Merkez	Kenar	→	→	Merkez	Kenar	Kenar	→	→	Merkez
SiO ₂	55,60	57,53	55,75	56,85	55,34	55,30	55,58	55,97	55,27	56,13	54,89	55,75	56,41	62,04	54,88	62,19	56,62
TiO ₂	0,03	0,01	DLA	0,01	0,03	0,02	DLA	0,01	DLA	0,01	DLA	DLA	0,01	DLA	0,02	DLA	0,02
Al ₂ O ₃	28,56	27,25	27,63	27,63	27,78	27,63	27,04	27,62	27,56	28,28	27,41	28,35	27,80	24,09	28,23	23,11	27,18
FeO	0,16	0,19	0,13	0,20	0,24	0,18	0,20	0,19	0,19	0,17	0,22	0,18	0,18	0,08	0,20	0,29	0,62
MnO	DLA	0,01	DLA	DLA	0,01	DLA	DLA	DLA	0,04	DLA	DLA	0,03	0,02	0,01	DLA	0,03	0,03
CaO	10,93	9,33	9,66	9,93	10,10	10,40	9,55	9,41	9,38	10,05	9,43	10,27	9,66	5,53	10,12	4,45	9,73
Na ₂ O	5,17	6,09	5,83	5,77	5,62	5,61	5,75	5,96	5,90	5,46	6,15	5,82	5,90	7,69	5,72	8,67	5,16
K ₂ O	0,16	0,25	0,23	0,22	0,22	0,19	0,29	0,24	0,28	0,23	0,23	0,19	0,24	0,51	0,20	0,51	0,34
Toplam	100,60	100,66	99,29	100,61	99,38	99,33	98,53	99,45	98,63	100,33	98,34	100,60	100,25	99,96	99,38	99,25	99,75
Si	4,98	5,13	5,05	5,08	5,02	5,02	5,07	5,06	5,04	5,03	5,03	5,00	5,06	5,50	4,98	5,56	5,10
Ti	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Al	2,26	2,15	2,21	2,18	2,23	2,22	2,18	2,21	2,22	2,24	2,22	2,25	2,20	1,89	2,26	1,83	2,16
Fe ₂	0,01	0,01	DLA	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	DLA	0,01	0,01	0,02
Mn	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Ca	0,52	0,45	0,47	0,48	0,49	0,51	0,47	0,46	0,46	0,48	0,46	0,49	0,46	0,26	0,49	0,21	0,47
Na	0,22	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26	0,24	0,27	0,25	0,26	0,33	0,25	0,38	0,23
K	DLA	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Toplam	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al	45,66	53,38	51,51	50,64	49,53	48,88	51,24	52,65	52,40	48,93	53,44	50,08	51,78	69,38	49,97	75,63	47,96
An	53,39	45,20	47,14	48,10	49,20	50,03	47,05	45,97	45,99	49,73	45,25	48,83	46,83	27,58	48,89	21,42	49,97
Or	0,95	1,42	1,35	1,26	1,28	1,09	1,71	1,38	1,61	1,34	1,30	1,09	1,39	3,04	1,14	2,94	2,07

Tablo 4-3'in devamı

Örnek No:	KDD 10-10																
	Plg 1	Plg 2		Plg 3		Plg 4		Plg 5						Merkez			
%	Merkez	Kenar	Merkez	Kenar	Merkez	Kenar	→	→	Merkez	Kenar	→	→	→		→	→	→
SiO ₂	53,36	54,11	55,72	56,53	55,87	55,01	55,13	53,21	59,71	54,50	53,92	53,22	59,11	54,41	55,99	53,97	55,49
TiO ₂	DLA	DLA	DLA	DLA	0,02	0,02	DLA	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	DLA	DLA	DLA	0,03	DLA
Al ₂ O ₃	28,20	27,85	27,71	27,10	27,53	28,16	27,15	27,78	23,58	28,20	27,92	29,14	25,29	28,44	27,95	28,35	27,73
FeO	0,15	0,14	0,15	0,17	0,19	0,19	0,16	0,19	0,10	0,27	0,17	0,19	0,13	0,16	0,12	0,17	0,19
MnO	0,01	0,03	0,05	DLA	DLA	DLA	0,01	0,02	0,01	0,04	DLA	DLA	DLA	DLA	0,07	DLA	0,04
CaO	10,30	9,99	9,20	8,75	9,45	10,16	9,01	9,85	4,81	9,00	9,85	10,69	6,53	10,48	10,24	10,13	9,52
Na ₂ O	5,40	5,50	6,24	6,28	5,85	5,37	6,34	5,83	8,63	5,67	5,65	5,25	7,25	5,32	5,60	5,51	5,75
K ₂ O	0,27	0,25	0,24	0,35	0,19	0,26	0,32	0,18	0,21	0,54	0,26	0,21	0,17	0,21	0,25	0,23	0,24
Toplam	97,70	97,93	99,35	99,20	99,09	99,21	98,15	97,10	97,06	98,31	97,79	98,74	98,51	99,02	100,21	98,41	98,96
Si	4,93	4,98	5,05	5,12	5,06	4,99	5,06	4,95	5,46	4,99	4,97	4,87	5,34	4,95	5,03	4,95	5,04
Ti	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Al	2,30	2,27	2,22	2,17	2,21	2,26	2,20	2,28	1,91	2,28	2,27	2,36	2,02	2,29	2,22	2,30	2,23
Fe ₂	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	DLA	0,01	0,01	0,01	DLA	0,01	DLA	0,01	0,01
Mn	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Ca	0,51	0,49	0,45	0,42	0,46	0,49	0,44	0,49	0,24	0,44	0,49	0,52	0,32	0,51	0,49	0,50	0,46
Na	0,24	0,25	0,27	0,28	0,26	0,24	0,28	0,26	0,38	0,25	0,25	0,23	0,32	0,23	0,24	0,24	0,25
K	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	DLA	0,01	0,01	0,01	0,01
Toplam	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al	47,91	49,17	54,36	55,34	52,24	48,17	55,00	51,18	75,56	51,55	50,17	46,45	66,08	47,26	49,04	48,93	51,51
An	50,49	49,35	44,27	42,61	46,65	50,32	43,19	47,76	23,26	45,24	48,33	52,33	32,89	51,51	49,54	49,72	47,11
Or	1,60	1,48	1,37	2,05	1,11	1,51	1,81	1,06	1,18	3,21	1,50	1,22	1,03	1,23	1,42	1,35	1,39

Tablo 4-3'in devamı

Örnek No:	KDD 10-10					KDD 13A-100					KDD 16-14					
	%	Plg 6			Plg 7	Kenar	Plg 1		Plg 2		Plg 1	Plg 2		Plg 3		Plg 4
Kenar		→	→	Merkez	Merkez		→	Merkez	Kenar	Merkez	Merkez	Kenar	Merkez	Kenar	Merkez	Merkez
SiO ₂	55,16	56,43	56,03	63,62	54,02	56,58	57,33	57,77	55,17	54,39	55,94	56,27	56,28	55,59	55,74	60,60
TiO ₂	0,01	0,02	0,04	DLA	0,02	0,01	0,01	0,02	DLA	0,01	DLA	0,01	0,01	0,02	0,02	DLA
Al ₂ O ₃	28,29	28,24	27,21	21,16	28,10	27,84	27,79	27,46	29,41	28,38	27,99	28,42	27,83	27,80	27,83	25,91
FeO	0,19	0,20	0,16	0,06	0,21	0,23	0,25	0,25	0,17	0,32	0,25	0,20	0,25	0,22	0,19	0,12
MnO	0,05	DLA	DLA	0,02	DLA	DLA	DLA	0,03	DLA	0,02	DLA	DLA	DLA	0,02	DLA	0,02
CaO	9,68	9,77	8,93	1,82	9,96	9,57	9,76	9,47	11,83	10,33	9,80	9,99	9,64	9,84	9,81	8,01
Na ₂ O	5,86	5,85	6,00	10,59	5,97	5,77	5,77	5,78	4,69	5,42	5,76	5,61	5,74	5,44	5,54	6,80
K ₂ O	0,29	0,29	0,33	0,21	0,30	0,30	0,29	0,31	0,21	0,18	0,20	0,28	0,20	0,18	0,20	0,15
Toplam	99,56	100,82	98,73	97,48	98,59	100,29	101,24	101,14	101,48	99,06	99,95	100,83	99,97	99,11	99,33	101,66
Si	4,99	5,03	5,09	5,75	4,95	5,07	5,09	5,13	4,91	4,95	5,03	5,02	5,06	5,04	5,04	5,31
Ti	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Al	2,26	2,23	2,19	1,69	2,28	2,20	2,18	2,15	2,31	2,28	2,23	2,24	2,21	2,23	2,23	2,01
Fe ₂	0,01	0,01	0,01	DLA	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	DLA
Mn	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Ca	0,47	0,47	0,43	0,09	0,49	0,46	0,46	0,45	0,56	0,50	0,47	0,48	0,46	0,48	0,48	0,38
Na	0,26	0,25	0,26	0,46	0,26	0,25	0,25	0,25	0,20	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,24	0,29
K	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	DLA
Toplam	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al	51,40	51,13	53,77	90,23	51,13	51,27	50,81	51,54	41,25	48,21	50,92	49,59	51,26	49,45	49,93	60,03
An	46,95	47,21	44,26	8,59	47,17	46,97	47,49	46,64	57,53	50,76	47,89	48,76	47,58	49,45	48,87	39,10
Or	1,65	1,66	1,97	1,19	1,70	1,76	1,70	1,82	1,22	1,02	1,19	1,65	1,16	1,10	1,20	0,87

Tablo 4-3'in devamı

Örnek No:	KDD 19-13							KDD 21-3									
	Plg 1		Plg 2		Plg 3			Plg 1	Plg 2		Plg 3		Plg 3				
%	Kenar	Merkez	Kenar	Merkez	Kenar	→	Merkez→	Merkez	Merkez	Kenar	→	Merkez	Kenar	→	→	→	Merkez
SiO ₂	57,79	56,77	57,81	56,61	55,74	56,79	58,87	55,14	54,29	54,80	54,85	55,04	65,96	64,63	63,71	53,03	56,53
TiO ₂	0,02	DLA	0,03	0,01	DLA	0,01	0,01	DLA	DLA	DLA	0,02	DLA	DLA	0,02	DLA	0,02	0,03
Al ₂ O ₃	27,41	26,88	27,24	27,92	28,49	27,98	26,52	24,65	25,58	26,28	26,74	24,20	18,05	18,46	18,80	24,99	24,71
FeO	0,17	0,33	0,22	0,19	0,17	0,19	0,22	0,15	0,17	0,24	0,23	0,20	0,05	0,30	0,17	0,26	0,16
MnO	0,02	0,02	DLA	0,02	0,01	0,01	DLA	0,03	0,03	0,04	0,02	DLA	0,01	DLA	0,05	0,01	0,02
CaO	9,72	9,52	9,78	9,86	10,66	10,19	7,93	9,79	10,70	10,65	11,24	9,56	0,70	1,33	2,28	10,69	9,12
Na ₂ O	5,32	5,31	5,32	5,60	5,02	5,49	6,58	5,59	5,32	5,36	4,87	5,81	9,90	9,97	9,59	5,30	5,90
K ₂ O	0,32	0,37	0,34	0,30	0,29	0,28	0,27	0,31	0,30	0,33	0,27	0,31	0,13	0,30	0,70	0,27	0,23
Toplam	100,78	99,20	100,79	100,57	100,39	100,96	100,42	95,68	96,42	97,70	98,25	95,13	94,81	95,04	95,34	94,58	96,70
Si	5,14	5,13	5,14	5,06	5,00	5,06	5,24	5,19	5,09	5,06	5,04	5,21	6,05	5,96	5,89	5,07	5,24
Ti	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Al	2,15	2,15	2,14	2,21	2,26	2,20	2,08	2,05	2,12	2,15	2,17	2,02	1,46	1,50	1,54	2,11	2,03
Fe ₂	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	DLA	0,01	0,01	0,01	0,01
Mn	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Ca	0,46	0,46	0,47	0,47	0,51	0,49	0,38	0,49	0,54	0,53	0,55	0,48	0,03	0,07	0,11	0,55	0,45
Na	0,23	0,23	0,23	0,24	0,22	0,24	0,28	0,25	0,24	0,24	0,22	0,27	0,44	0,45	0,43	0,25	0,27
K	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	DLA	0,01	0,02	0,01	0,01
Toplam	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al	48,79	49,13	48,57	49,81	45,25	48,57	59,07	49,89	46,56	46,78	43,26	51,43	95,46	91,42	84,78	46,55	53,20
An	49,30	48,63	49,38	48,43	53,06	49,80	39,33	48,30	51,73	51,31	55,14	46,77	3,73	6,76	11,16	51,91	45,43
Or	1,91	2,24	2,05	1,75	1,69	1,63	1,60	1,81	1,71	1,91	1,60	1,80	0,81	1,82	4,06	1,54	1,37

Tablo 4-3'in devamı

Örnek No:	KDD 21-3		KDD 21-4		KDD 21-10		KDD 21-16		KDD 21-21			KDD 21-28						
	Plg 1		Plg 1		Plg 1	Plg 2	Plg 1		Plg 1	Plg 2	Plg 3	Plg 1			Plg 2			
%	Kenar	Merkez	Merkez	Merkez	Merkez	Merkez	Kenar	Merkez	Kenar	Merkez	Merkez	Merkez	Kenar	Merkez	Kenar	→	Merkez	Kenar
SiO ₂	54,47	54,30	55,58	55,67	67,72	61,88	54,62	61,77	67,45	64,91	67,72	57,94	58,50	59,55	58,30	60,16	59,10	
TiO ₂	0,01	0,02	DLA	0,13	DLA	0,03	0,03	DLA	DLA	0,01	DLA	0,01	DLA	0,02	DLA	0,02	DLA	
Al ₂ O ₃	25,31	25,11	26,05	26,62	19,35	21,12	25,91	17,90	18,76	18,48	19,35	27,28	26,50	25,30	26,97	25,43	25,88	
FeO	0,19	0,20	0,19	0,21	0,06	0,73	0,25	0,05	0,08	0,14	0,06	0,17	0,17	0,14	0,18	0,09	0,07	
MnO	DLA	0,01	0,03	0,02	DLA	DLA	0,04	DLA	0,01	0,03	DLA	DLA	DLA	0,03	0,01	DLA	0,07	
CaO	10,29	10,66	8,90	9,33	0,03	0,16	10,57	DLA	0,03	0,20	0,03	8,99	8,23	7,30	8,88	7,29	7,96	
Na ₂ O	5,57	5,36	5,64	5,35	10,14	8,02	5,20	0,77	8,28	7,39	10,14	6,16	6,44	6,89	6,18	6,86	6,78	
K ₂ O	0,22	0,24	0,30	0,33	0,16	2,02	0,20	16,48	4,38	4,89	0,16	0,24	0,28	0,29	0,21	0,30	0,25	
Toplam	96,07	95,91	96,71	97,73	97,50	94,25	96,91	96,96	99,00	96,11	97,50	100,81	100,17	99,52	100,75	100,18	100,11	
Si	5,11	5,11	5,15	5,11	6,03	5,78	5,08	5,94	6,03	6,00	6,03	5,15	5,22	5,33	5,18	5,35	5,27	
Ti	DLA	DLA	DLA	0,01	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	
Al	2,10	2,09	2,13	2,16	1,52	1,74	2,13	1,52	1,48	1,51	1,52	2,14	2,09	2,00	2,12	2,00	2,04	
Fe ₂	0,01	0,01	0,01	0,01	DLA	0,03	0,01	DLA	DLA	0,01	DLA	0,01	0,01	0,01	0,01	DLA	DLA	
Mn	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	
Ca	0,52	0,54	0,44	0,46	DLA	0,01	0,53	DLA	DLA	0,01	DLA	0,43	0,39	0,35	0,42	0,35	0,38	
Na	0,25	0,24	0,25	0,24	0,44	0,36	0,23	0,04	0,36	0,33	0,44	0,27	0,28	0,30	0,27	0,30	0,29	
K	0,01	0,01	0,01	0,01	DLA	0,06	0,01	0,51	0,12	0,14	DLA	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Toplam	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	
Al	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	
An	48,87	46,99	52,42	49,87	98,81	84,99	46,56	6,62	74,07	69,00	98,81	54,58	57,63	61,99	55,04	61,88	59,81	
Or	49,87	51,61	45,76	48,08	0,16	0,94	52,25	DLA	0,16	1,01	0,16	44,04	40,70	36,29	43,72	36,33	38,77	
	1,26	1,41	1,82	2,04	1,04	14,06	1,19	93,38	25,77	29,99	1,04	1,38	1,67	1,72	1,24	1,79	1,42	

Tablo 4-3'in devamı

Örnek No:	KDD 21-28				KDD 22-254								KK-2					
	Plg 1		Plg 2		Plg 1		Plg 2		Plg 3		Plg 4		Plg 1			Plg 2		
%	Merkez	Kenar	→	Merkez	Merkez	Kenar	Merkez	Merkez	Kenar	Merkez	Kenar	Kenar	→	→	Merkez	Kenar	Merkez	
SiO ₂	59,48	58,74	58,28	56,24	56,49	56,57	57,16	56,74	56,15	58,81	55,87	54,31	55,49	55,46	54,95	53,86	55,93	
TiO ₂	DLA	DLA	0,03	0,01	0,02	DLA	0,01	DLA	DLA	0,01	DLA	DLA	0,04	DLA	0,02	0,02	0,01	
Al ₂ O ₃	26,05	26,04	26,27	27,89	27,08	27,47	27,47	27,61	28,21	25,66	28,16	26,71	26,69	27,01	27,18	27,71	27,05	
FeO	0,09	0,12	0,10	0,18	0,18	0,18	0,16	0,15	0,18	0,25	0,15	0,19	0,20	0,17	0,14	0,16	0,21	
MnO	DLA	0,01	0,01	0,03	0,01	DLA	DLA	DLA	0,04	DLA	DLA	0,03	0,04	DLA	0,01	0,02	0,03	
CaO	7,94	7,97	7,98	9,79	9,69	9,52	9,73	9,75	9,96	7,93	10,13	8,65	8,38	8,71	9,14	9,21	8,71	
Na ₂ O	6,68	6,41	6,70	5,89	5,85	6,01	5,73	5,80	5,69	6,77	5,69	6,36	6,44	6,29	6,32	6,15	6,27	
K ₂ O	0,29	0,27	0,26	0,25	0,33	0,30	0,34	0,27	0,16	0,21	0,25	0,27	0,29	0,26	0,24	0,23	0,28	
Toplam	100,56	99,60	99,64	100,27	99,66	100,08	100,61	100,33	100,40	99,66	100,26	96,52	97,60	97,91	98,02	97,39	98,50	
Si	5,28	5,26	5,23	5,05	5,10	5,08	5,10	5,08	5,03	5,27	5,02	5,06	5,11	5,09	5,05	4,98	5,10	
Ti	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	
Al	2,04	2,06	2,08	2,21	2,16	2,18	2,17	2,19	2,23	2,03	2,23	2,20	2,17	2,19	2,21	2,27	2,18	
Fe ₂	DLA	DLA	DLA	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Mn	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	
Ca	0,38	0,38	0,38	0,47	0,47	0,46	0,47	0,47	0,48	0,38	0,49	0,43	0,41	0,43	0,45	0,46	0,43	
Na	0,29	0,28	0,29	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,29	0,25	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	
K	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	DLA	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Toplam	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	
Al	59,35	58,30	59,40	51,39	51,21	52,41	50,59	51,02	50,36	59,98	49,68	56,19	57,17	55,76	54,82	53,98	55,65	
An	38,97	40,09	39,07	47,20	46,87	45,87	47,44	47,44	48,73	38,82	48,89	42,26	41,14	42,70	43,83	44,70	42,75	
Or	1,69	1,62	1,53	1,41	1,92	1,72	1,97	1,55	0,91	1,21	1,43	1,55	1,69	1,54	1,35	1,32	1,61	

Tablo 4-3'in devamı

Örnek No:	KK-2											KK-3						
	Plg 3			Plg 4		Plg 5						Plg 1	Plg 2	Plg 3	Plg 4	Plg 5	Plg 6	Plg 7
%	Kenar	→	Merkez	Kenar	Merkez	Kenar	→	→	→	Merkez	Kenar	Merkez	Merkez	Merkez	Merkez	Merkez	Merkez	
SiO ₂	61,19	53,80	56,25	55,21	55,62	54,25	57,96	54,81	55,31	55,02	56,41	56,74	56,24	55,30	55,68	55,91	55,80	55,12
TiO ₂	0,01	0,02	DLA	0,01	0,02	0,01	0,01	DLA	DLA	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	DLA	DLA	0,01
Al ₂ O ₃	18,56	27,67	27,13	27,48	26,61	27,14	26,26	28,14	27,02	26,75	26,80	27,82	27,27	27,43	27,60	27,92	27,73	27,45
FeO	0,12	0,16	0,21	0,25	0,17	0,20	0,14	0,21	0,21	0,18	0,19	0,20	0,23	0,27	0,19	0,22	0,14	0,18
MnO	0,01	0,02	0,03	DLA	DLA	0,02	0,02	DLA	0,02	0,01	DLA	0,02	0,02	0,01	DLA	DLA	0,01	DLA
CaO	0,06	9,81	9,01	9,40	8,54	9,05	8,27	10,03	8,75	8,46	8,69	9,41	9,81	9,19	9,13	10,01	9,35	9,41
Na ₂ O	1,29	5,81	6,24	6,05	6,29	5,89	6,69	5,55	6,36	6,52	6,32	6,03	5,82	6,18	6,20	5,80	6,08	6,01
K ₂ O	15,43	0,24	0,30	0,24	0,31	0,30	0,31	0,22	0,32	0,31	0,29	0,31	0,30	0,29	0,31	0,27	0,30	0,31
Toplam	96,66	97,62	99,16	98,69	97,56	96,85	99,66	98,98	97,99	97,26	98,76	100,53	99,70	98,70	99,10	100,14	99,41	98,50
Si	5,88	4,97	5,10	5,04	5,12	5,04	5,21	4,99	5,08	5,09	5,13	5,07	5,08	5,04	5,05	5,03	5,05	5,04
Ti	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Al	1,58	2,26	2,17	2,22	2,16	2,23	2,09	2,26	2,19	2,19	2,15	2,20	2,18	2,21	2,21	2,22	2,22	2,22
Fe ₂	DLA	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mn	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Ca	DLA	0,49	0,44	0,46	0,42	0,45	0,40	0,49	0,43	0,42	0,42	0,45	0,47	0,45	0,44	0,48	0,45	0,46
Na	0,06	0,26	0,27	0,27	0,28	0,27	0,29	0,24	0,28	0,29	0,28	0,26	0,25	0,27	0,27	0,25	0,27	0,27
K	0,47	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Toplam	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Al	11,23	51,00	54,66	53,07	56,11	53,12	58,32	49,37	55,76	57,21	55,85	52,76	50,88	53,98	54,17	50,41	53,14	52,66
An	0,29	47,60	43,61	45,52	42,09	45,11	39,87	49,31	42,42	41,00	42,44	45,48	47,38	44,35	44,07	48,06	45,14	45,54
Or	88,48	1,40	1,74	1,40	1,80	1,77	1,80	1,31	1,82	1,78	1,71	1,76	1,75	1,67	1,75	1,53	1,72	1,79

4.6.3. Klorit

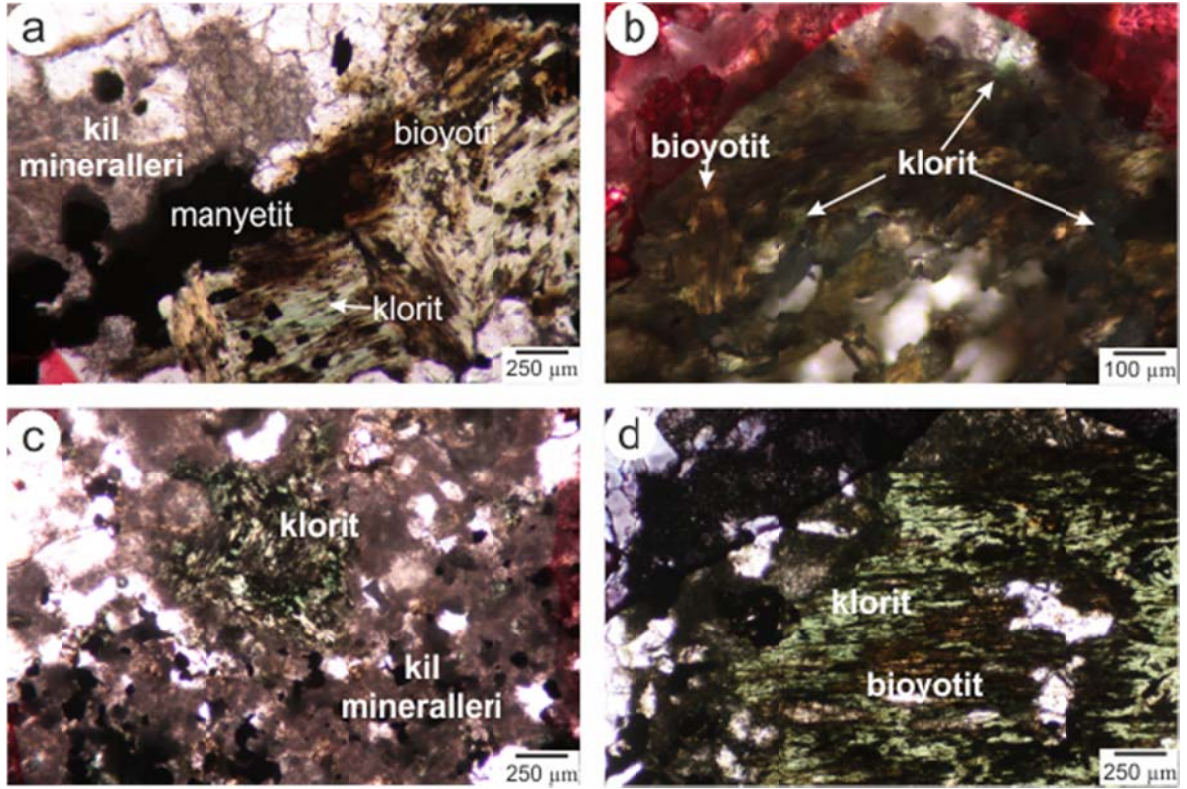
Yapılan petrografik çalışmalarda intrüziv kayalarda kloritlerin oluşumlarının biyotitler ile yakın ilişki içinde oldukları gözlenmiştir. Bu ilişki kloritlerin kısmen biyotitler üzerinde oluşumları (Şekil 4.22a) ya da biyotitlerin öz şekillerini koruyarak tamamen kloritlere dönüşmeleri (Şekil 4.22b) şeklinde olmaktadır. Biyotitlerle ilişkili kloritlerin dışında potasik alterasyonu kesen kloritli kuvars damarları da mevcuttur (Şekil 4.11d).

Metasedimanter kayalardaki kloritler ince kristalli olarak bulunmaktadır. Bu nedenle EPMA analizlerinde elektron demetinin analiz edilen kloritlerin hemen altında bulunan veya kloritle dokanak içinde olan diğer minerallerden etkilenmesi mümkündür. Bu sebepten dolayı yapılan mikro kimyasal analizlerde sağlıklı sonuçlar elde edilememiştir (Tablo 4-4). Mineral kimyası analizlerine göre kloritlerin ripidolit-pinoklorit türü oldukları belirlenmiştir.

Kloritler için Cathelineau ve Nivea (1985) (T1), Kranidiotis ve MacLean (1987) (T2) ve Jowet (1991) (T3)'ün önerdiği eşitlikler ile jeotermometre hesaplamaları yapılabilmektedir. Bu jeotermometrelerden Cathelineau ve Nivea (1985) kloritlerin tetrahedral Al içeriğine göre diğer iki termometre hesaplaması hem tetrahedral Al içeriğine hemde kloritlerin Fe numarasına göre hesaplamaktadır. Sıcaklık hesaplamaları her üç jeotermometreye göre yapılmış olsada sonuçların yorumlanmasında en güncel çalışma olan Jowet (1991) tercih edilmiştir. Ayrıca Jowett (1991), önerdiği jeotermometresinin $Fe^{+2}/(Fe^{+2}+Mg)$ değerlerinin 0.6 küçük olduğu ve 150-325°C arasında değişen sıcaklıklardaki sistemler için uygulanabilir olduğunu ifade etmektedir.

Yapılan jeotermometre çalışmalarıyla biyotitlerin dönüşümüyle oluşan kloritlerde oluşum sıcaklıkları 107-432 °C arasında değişmektedir (Tablo 4-4 ve Şekil 5.4)

KDD 1A 13,20 ve 31, KDD 13A-100 ve KDD21 nolu örnekler potasik alterasyon örnekleri; KDD 1A 40 ve KDD 10-10 kısmen potasik alterasyon gösteren örnek KDD 2B 21 ve KDD 22-234 ise klorit serizit alterasyonu gösteren örnektir. Sıcaklık değer ortalamaları karşılaştırıldığında Yoğun şekilde potasik alterasyon gösteren KDD 21 nolu sondajlardan yapılan ölçümlerde en yüksek sıcaklık değerleri klorit serizit alterasyonu gösteren KDD 2b-21 ve KDD 22-234 nolu örneklerde ise çok daha düşük sıcaklık değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 4.22. Kabataş sahasındaki kloritlerin farklı tek nikol görünüşleri.

4.7. Sıvıkapanım Çalışmaları

Sıvı kapanımlar, kristallerin oluşumu sırasında veya minerallerin kristallenmesinden sonra sonra oluşan mikro kırıklarda kapanlanmış çözelti damlacıklarıdır (Roedder, 1979). Bu kapanımlar maden yataklarının oluşumuna eşlik eden çözeltilerin günümüzde ulaşabildiğimiz kalıntıları olduğundan dolayı cevherleşmenin kökeni ve türü ile oluşumunda etkili olan fizikokimyasal koşulların tespit edilmesinde oldukça önemli veriler sunmaktadır.

Sıvı kapanımlar Roedder (1981) tarafından kapanlandıkları minerallerle olan zamansal ilişkilerine birincil ikincil ve yalancıl ikincil kapanımlar olarak üç farklı türe ayrılmıştır. ve oda sıcaklığındaki petrografik özelliklerine göre iki farklı şekilde sınıflanmıştır. Sheperd (1985) ise sıvıkapanımların oda sıcaklığında içerdikleri fazlara göre, tek fazlı sıvı (L), sıvıca zengin iki fazlı (L+V), gazca zengin iki fazlı (V+L), tek fazlı gaz (V), katı faz içeren çok fazlı (S+L+V), birden fazla katı faz içeren çok fazlı ($S_{1-x}+L+V$) ve karışmaz sıvı içeren (L_1+L_2+V) olmak üzere yedi farklı sınıfa ayırmıştır.

Tablo 4-4 Klorit minerallerine ait EPMA sonuçları (Katyonlar ve iyonlar 28 oksijene göre hesaplanmıştır; DLA: dedeksiyon limitinin altında; T1: Kloritler için Cathelineau ve Nivea (1985), T2: Kranidiotis ve MacLean (1987) ve T3: Jowet (1991)

	KDD 1A 13			KDD 1A- 20			KDD 1A- 31			
	n	6	3	5	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort
%		Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort
SiO ₂		28,58	30,76	29,68	28,02	29,99	28,73	28,36	30,16	29,27
TiO ₂		0,02	0,11	0,04	0,05	0,14	0,09	0,03	0,21	0,06
Al ₂ O ₃		18,63	19,37	19,05	19,20	20,05	19,51	17,87	19,52	19,20
Cr ₂ O ₃		DLA	0,03	0,01	DLA	DLA	DLA	DLA	0,02	0,01
Fe ₂ O ₃		0,97	2,63	1,80	1,12	1,86	1,43	0,45	1,90	1,59
FeO		15,63	19,71	17,49	18,69	20,27	19,45	15,03	18,93	18,34
MnO		0,04	0,16	0,09	0,18	0,50	0,30	0,17	0,60	0,18
MgO		17,85	20,91	19,32	17,03	17,73	17,49	19,70	21,49	18,69
ZnO		0,04	0,22	0,11	0,14	0,20	0,17	0,03	0,14	0,13
CaO		0,06	0,23	0,12	0,05	0,14	0,09	0,01	0,06	0,10
Na ₂ O		DLA	0,03	0,01	DLA	0,05	0,03	0,01	0,04	0,02
K ₂ O		0,01	0,46	0,12	0,01	1,10	0,40	0,01	0,51	0,25
F		DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Cl		DLA	0,02	0,01	DLA	0,02	0,01	DLA	0,06	0,01
H ₂ O*		11,61	11,99	11,84	11,57	11,79	11,67	11,70	11,93	11,76
Toplam		98,73	100,98	99,69	98,76	100,36	99,37	98,27	100,09	99,56
O=F,Cl		DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	0,01	DLA
TOPLAM		98,73	100,97	99,69	98,76	100,35	99,37	98,27	100,08	99,56
Si		5,86	6,10	5,98	5,75	6,03	5,87	5,80	6,02	5,93
Al ^{iv}		1,90	2,14	2,02	1,97	2,25	2,13	1,98	2,20	2,07
Al ^{vi}		2,39	2,67	2,52	2,50	2,65	2,59	2,22	2,63	2,53
Ti		DLA	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	DLA	0,03	0,01
Cr		DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Fe ³⁺		0,15	0,39	0,27	0,17	0,28	0,22	0,07	0,29	0,24
Fe ²⁺		2,60	3,39	2,95	3,14	3,50	3,32	2,54	3,24	3,11
Mn		0,01	0,03	0,02	0,03	0,09	0,05	0,03	0,10	0,03
Mg		5,34	6,31	5,80	5,11	5,45	5,33	5,93	6,50	5,65
Zn		0,01	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	DLA	0,02	0,02
Ca		0,01	0,05	0,03	0,01	0,03	0,02	DLA	0,01	0,02
Na		DLA	0,02	0,01	DLA	0,04	0,03	0,01	0,03	0,02
K		DLA	0,23	0,06	0,01	0,56	0,21	0,01	0,26	0,13
F		DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Cl		DLA	0,01	0,01	DLA	0,01	0,01	DLA	0,04	0,01
OH*		15,99	16,00	15,99	15,99	16,00	15,99	15,96	16,00	15,99
Toplam		35,59	35,81	35,68	35,76	35,84	35,80	35,73	35,98	35,74
Al Toplam		4,39	4,67	4,55	4,62	4,87	4,72	4,27	4,66	4,61
Al ^{iv}		1,90	2,14	2,02	1,97	2,25	2,13	1,98	2,20	2,07
Al ^{vi}		2,39	2,67	2,52	2,50	2,65	2,59	2,22	2,63	2,53
Si		5,86	6,10	5,98	5,75	6,03	5,87	5,80	6,02	5,93
Fe/Fe+Mg		0,32	0,40	0,36	0,39	0,40	0,40	0,31	0,35	0,37
T1 (°C)		244,33	282,05	264,02	254,94	300,16	281,60	257,58	291,54	271,72
T2 (°C)		146,79	182,62	171,46	180,58	188,17	184,97	158,79	181,15	175,30
T3 (°C)		246,29	282,39	265,33	257,73	302,32	284,09	257,51	292,26	273,41

Tablo 4-3'in devamı

n	KDD 1A-			KDD 2B-			KDD 10-		
	40			21			10		
	4			2			12		
	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort
SiO ₂	29,18	30,49	29,67	28,89	29,85	29,37	25,96	31,47	28,62
TiO ₂	DLA	0,03	0,02	0,04	0,05	0,05	0,03	2,26	0,43
Al ₂ O ₃	18,49	19,51	19,08	18,10	18,45	18,28	15,76	22,18	18,78
Cr ₂ O ₃	DLA	0,03	0,01	DLA	0,04	0,02	DLA	0,05	0,02
Fe ₂ O ₃	0,72	2,00	1,22	0,68	1,24	0,96	0,08	1,79	1,07
FeO	12,30	14,37	13,48	13,39	16,43	14,91	10,60	27,71	15,20
MnO	0,32	0,38	0,35	0,75	1,68	1,21	0,10	1,03	0,36
MgO	22,55	23,45	22,99	20,78	22,57	21,67	12,62	23,51	20,82
ZnO	0,05	0,15	0,08	0,22	0,25	0,24	DLA	0,32	0,09
CaO	0,05	0,10	0,07	0,07	0,11	0,09	0,02	0,43	0,11
Na ₂ O	DLA	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	DLA	0,06	0,02
K ₂ O	DLA	0,01	0,01	DLA	0,06	0,03	DLA	1,20	0,37
F	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Cl	DLA	0,02	0,01	DLA	0,01	DLA	DLA	0,11	0,04
H ₂ O*	11,92	12,09	11,99	11,78	11,86	11,82	10,85	11,94	11,67
Toplam	98,45	99,78	99,00	98,20	99,12	98,66	96,27	99,19	97,59
O=F,Cl	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	0,02	0,01
TOPLAM	98,45	99,77	99,00	98,20	99,12	98,66	96,26	99,18	97,58
Si	5,82	6,08	5,91	5,87	6,01	5,94	5,40	6,26	5,84
Al ^{iv}	1,92	2,18	2,09	1,99	2,13	2,06	1,74	2,60	2,16
Al ^{vi}	2,38	2,45	2,41	2,30	2,33	2,31	1,85	2,77	2,39
Ti	DLA	DLA	DLA	0,01	0,01	0,01	DLA	0,34	0,06
Cr	DLA	DLA	DLA	DLA	0,01	DLA	DLA	0,01	DLA
Fe ³⁺	0,11	0,30	0,18	0,10	0,19	0,15	0,01	0,27	0,16
Fe ²⁺	2,05	2,40	2,25	2,26	2,79	2,52	1,78	5,11	2,62
Mn	0,05	0,06	0,06	0,13	0,29	0,21	0,02	0,18	0,06
Mg	6,70	6,91	6,83	6,30	6,78	6,54	4,15	7,12	6,32
Zn	0,01	0,02	0,01	0,03	0,04	0,04	DLA	0,05	0,01
Ca	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	DLA	0,09	0,02
Na	DLA	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	DLA	0,05	0,02
K	DLA	0,01	DLA	DLA	0,03	0,01	DLA	0,61	0,19
F	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Cl	DLA	0,01	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	0,07	0,02
OH*	15,99	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	15,93	16,00	15,98
Toplam	35,62	35,87	35,77	35,77	35,88	35,82	35,70	36,00	35,86
Al Toplam	4,37	4,56	4,50	4,31	4,43	4,37	3,78	5,32	4,54
Al ^{iv}	1,92	2,18	2,09	1,99	2,13	2,06	1,74	2,60	2,16
Al ^{vi}	2,38	2,45	2,41	2,30	2,33	2,31	1,85	2,77	2,39
Si	5,82	6,08	5,91	5,87	6,01	5,94	5,40	6,26	5,84
Fe/Fe+Mg	0,26	0,27	0,26	0,26	0,32	0,29	0,23	0,56	0,30
T1 (°C)	247,25	288,92	274,11	258,14	280,59	269,37	218,44	357,09	285,48
T2 (°C)	163,83	167,05	165,19	160,89	163,45	162,17	133,02	185,62	167,07
T3 (°C)	245,60	287,11	272,29	256,55	280,39	268,47	216,22	355,48	284,90

Tablo 4-3'in devamı

n	KDD 13-100			KDD 21-3			KDD 21-6		
	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort
SiO ₂	26,43	29,71	28,31	29,96	33,55	31,49	28,97	32,15	29,80
TiO ₂	0,01	0,14	0,08	DLA	0,07	0,03	0,03	0,19	0,12
Al ₂ O ₃	18,84	20,40	19,59	15,06	16,66	15,86	17,17	22,42	18,85
Cr ₂ O ₃	DLA	0,01	DLA	DLA	0,02	0,01	DLA	0,08	0,03
Fe ₂ O ₃	0,82	2,11	1,28	3,08	9,85	5,87	4,70	9,76	6,71
FeO	16,25	23,01	19,46	6,14	12,59	10,11	8,23	17,05	13,34
MnO	0,14	0,40	0,27	0,09	0,24	0,17	0,14	0,42	0,26
MgO	15,68	20,79	18,33	22,36	23,22	22,75	15,92	20,21	18,70
ZnO	0,04	0,17	0,09	0,08	0,23	0,13	DLA	0,32	0,15
CaO	0,04	0,09	0,05	0,12	0,27	0,21	0,10	0,32	0,17
Na ₂ O	DLA	0,04	0,01	DLA	0,04	0,01	DLA	0,04	0,01
K ₂ O	DLA	0,02	0,01	0,05	1,12	0,44	0,03	0,70	0,23
F	DLA	DLA	DLA	1,36	5,25	3,05	2,69	4,61	3,18
Cl	DLA	0,02	0,01	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
H ₂ O*	11,37	11,88	11,67	7,73	10,45	9,27	7,92	9,82	9,06
Toplam	98,36	99,83	99,15	97,27	101,57	99,40	99,45	102,50	100,63
O=F,Cl	DLA	DLA	DLA	0,57	2,21	1,29	1,13	1,94	1,34
TOPLAM	98,35	99,83	99,15	96,69	99,36	98,11	98,32	101,32	99,29
Si	5,56	5,98	5,79	5,80	5,91	5,85	5,31	5,77	5,54
Al ^{iv}	2,02	2,44	2,21	2,09	2,20	2,15	2,23	2,69	2,46
Al ^{vi}	2,44	2,64	2,54	1,13	1,87	1,51	1,42	2,78	1,89
Ti	DLA	0,02	0,01	DLA	0,01	DLA	DLA	0,03	0,02
Cr	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	0,01	DLA
Fe ³⁺	0,13	0,32	0,20	0,46	1,28	0,80	0,67	1,32	0,93
Fe ²⁺	2,73	4,05	3,34	0,89	2,08	1,60	1,23	2,75	2,09
Mn	0,02	0,07	0,05	0,01	0,04	0,03	0,02	0,07	0,04
Mg	4,92	6,23	5,59	5,77	6,67	6,32	4,26	5,67	5,19
Zn	0,01	0,03	0,01	0,01	0,03	0,02	DLA	0,04	0,02
Ca	0,01	0,02	0,01	0,03	0,05	0,04	0,02	0,06	0,03
Na	DLA	0,03	0,01	DLA	0,02	0,01	DLA	0,03	0,01
K	DLA	0,01	DLA	0,03	0,49	0,20	0,02	0,32	0,11
F	DLA	DLA	DLA	1,70	5,74	3,49	3,18	5,26	3,73
Cl	DLA	0,01	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
OH*	15,99	16,00	16,00	10,26	14,30	12,51	10,74	12,82	12,27
Toplam	35,59	35,84	35,75	33,66	35,18	34,52	33,88	34,71	34,33
Al Toplam	4,49	5,07	4,74	3,33	3,97	3,66	4,07	5,02	4,35
Al ^{iv}	2,02	2,44	2,21	2,09	2,20	2,15	2,23	2,69	2,46
Al ^{vi}	2,44	2,64	2,54	1,13	1,87	1,51	1,42	2,78	1,89
Si	5,56	5,98	5,79	5,80	5,91	5,85	5,31	5,77	5,54
Fe/Fe+Mg	0,32	0,46	0,39	0,27	0,28	0,28	0,35	0,40	0,37
T1	262,84	331,00	293,40	274,89	292,01	284,26	297,56	370,66	334,32
T2	171,53	191,38	181,26	98,37	137,81	118,21	118,67	193,27	145,28
T3	264,09	334,94	295,40	273,47	290,38	282,75	299,11	370,59	335,31

Tablo 4-3'in devamı

n	KDD 21-10			KDD 21-11			KDD 21-16		
	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort
SiO ₂	27,35	29,77	28,17	26,72	27,74	27,23	27,63	29,76	28,59
TiO ₂	DLA	0,76	0,30	0,14	0,16	0,15	0,01	0,20	0,09
Al ₂ O ₃	16,64	19,74	17,82	16,79	18,19	17,49	15,61	16,86	16,33
Cr ₂ O ₃	DLA	0,02	0,01	DLA	0,02	0,01	DLA	0,07	0,03
Fe ₂ O ₃	0,16	6,66	3,53	1,87	2,58	2,22	4,32	11,85	8,68
FeO	9,30	25,01	19,90	23,05	24,62	23,84	8,67	19,24	12,19
MnO	0,15	0,23	0,20	0,18	0,20	0,19	0,19	0,36	0,30
MgO	16,10	23,27	17,67	14,63	15,19	14,91	18,03	21,23	20,05
ZnO	DLA	0,23	0,12	0,25	0,27	0,26	0,05	0,28	0,17
CaO	0,05	0,19	0,13	0,04	0,31	0,17	0,05	0,18	0,13
Na ₂ O	DLA	0,06	0,02	DLA	0,01	0,01	0,01	0,04	0,02
K ₂ O	DLA	1,52	0,33	0,02	0,30	0,16	0,02	0,37	0,12
F	DLA	4,45	2,15	1,09	1,21	1,15	2,99	7,75	5,72
Cl	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
H ₂ O*	7,74	11,39	9,64	9,96	10,22	10,09	5,44	8,59	6,80
Toplam	98,79	101,04	99,99	96,64	99,10	97,87	97,61	101,33	99,22
O=F,Cl	DLA	1,87	0,91	0,46	0,51	0,48	1,26	3,26	2,41
TOPLAM	97,82	99,81	99,08	96,18	98,59	97,39	96,08	98,55	96,81
Si	5,17	5,87	5,53	5,66	5,67	5,66	4,93	5,45	5,18
Al ^{iv}	2,13	2,83	2,47	2,33	2,34	2,34	2,55	3,07	2,82
Al ^{vi}	1,31	2,23	1,79	1,94	2,13	2,03	0,66	1,43	0,96
Ti	DLA	0,11	0,04	0,02	0,03	0,02	DLA	0,03	0,01
Cr	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	0,01	DLA
Fe ³⁺	0,03	0,93	0,51	0,30	0,40	0,35	0,64	1,53	1,16
Fe ²⁺	1,46	4,40	3,29	3,93	4,37	4,15	1,27	3,18	1,88
Mn	0,02	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05	0,05
Mg	4,70	6,53	5,15	4,62	4,62	4,62	5,19	5,62	5,40
Zn	DLA	0,04	0,02	0,04	0,04	0,04	0,01	0,04	0,02
Ca	0,01	0,04	0,03	0,01	0,07	0,04	0,01	0,03	0,02
Na	DLA	0,05	0,02	DLA	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02
K	DLA	0,76	0,16	0,01	0,16	0,08	0,01	0,17	0,06
F	DLA	5,23	2,61	1,46	1,57	1,51	3,73	8,42	6,46
Cl	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
OH*	10,77	16,00	13,39	14,43	14,54	14,49	7,58	12,27	9,54
Toplam	34,07	35,98	35,04	35,33	35,42	35,38	32,81	34,65	33,59
Al Toplam	3,99	4,55	4,26	4,27	4,47	4,37	3,62	3,97	3,78
Al ^{iv}	2,13	2,83	2,47	2,33	2,34	2,34	2,55	3,07	2,82
Al ^{vi}	1,31	2,23	1,79	1,94	2,13	2,03	0,66	1,43	0,96
Si	5,17	5,87	5,53	5,66	5,67	5,66	4,93	5,45	5,18
Fe/Fe+Mg	0,24	0,48	0,42	0,48	0,50	0,49	0,33	0,42	0,36
T1	280,47	394,03	336,46	313,91	315,24	314,58	347,94	432,49	392,76
T2	120,32	170,32	144,07	158,05	166,81	162,43	79,34	124,63	95,52
T3	284,23	396,79	339,18	319,37	320,11	319,74	350,42	432,14	392,92

Tablo 4-3'in devamı

n	KDD 22-254			KK-3		
	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort
SiO ₂	29,63	38,74	34,18	28,21	29,42	28,81
TiO ₂	0,09	2,23	1,16	0,02	0,08	0,05
Al ₂ O ₃	14,40	17,84	16,12	19,54	21,02	20,28
Cr ₂ O ₃	DLA	0,01	DLA	DLA	0,01	0,01
Fe ₂ O ₃	0,52	0,74	0,63	0,45	2,15	1,30
FeO	11,46	15,66	13,56	14,66	16,30	15,48
MnO	0,11	0,15	0,13	0,49	0,95	0,72
MgO	18,15	22,56	20,35	18,39	21,65	20,02
ZnO	0,12	0,14	0,13	0,06	0,10	0,08
CaO	0,07	0,09	0,08	0,03	0,06	0,04
Na ₂ O	0,01	0,21	0,11	0,02	0,04	0,03
K ₂ O	0,11	9,01	4,56	0,02	0,83	0,43
F	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Cl	0,02	0,28	0,15	DLA	DLA	DLA
H ₂ O*	11,86	12,67	12,27	11,80	11,90	11,85
Toplam	98,85	108,00	103,42	98,62	99,58	99,10
O=F,Cl	DLA	0,06	0,03	DLA	DLA	DLA
TOPLAM	98,84	107,93	103,39	98,62	99,58	99,10
Si	5,97	6,95	6,46	5,72	5,87	5,80
Al ^{iv}	1,05	2,03	1,54	2,13	2,28	2,20
Al ^{vi}	2,12	2,22	2,17	2,40	2,87	2,64
Ti	0,01	0,30	0,16	DLA	0,01	0,01
Cr	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Fe ³⁺	0,07	0,11	0,09	0,07	0,32	0,20
Fe ²⁺	1,72	2,64	2,18	2,45	2,77	2,61
Mn	0,02	0,02	0,02	0,08	0,16	0,12
Mg	4,85	6,78	5,81	5,47	6,55	6,01
Zn	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01
Ca	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Na	DLA	0,15	0,07	0,01	0,03	0,02
K	0,06	4,12	2,09	0,01	0,42	0,22
F	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA	DLA
Cl	0,01	0,17	0,09	DLA	DLA	DLA
OH*	15,83	15,99	15,91	16,00	16,00	16,00
Toplam	35,88	37,38	36,63	35,76	35,92	35,84
Al Toplam	3,17	4,25	3,71	4,68	4,99	4,84
Al ^{iv}	1,05	2,03	1,54	2,13	2,28	2,20
Al ^{vi}	2,12	2,22	2,17	2,40	2,87	2,64
Si	5,97	6,95	6,46	5,72	5,87	5,80
Fe/Fe+Mg	0,27	0,29	0,28	0,30	0,34	0,32
T1	107,82	264,93	186,38	280,78	304,41	292,60
T2	150,20	157,04	153,62	167,86	194,82	181,34
T3	107,76	264,04	185,90	281,26	303,58	292,42

Ayrıca sıvı kapanım çalışmalarından sağlıklı veriler eldelemesi için, incelenen kapanımların “Roedder Kuralları” (Bodnar, 2003) olarak adlandırılan özellikleri göstermesi gerekmektedir. Bunlar;

1-Kapanımların tek ve homojen bir fazda kapanlanmış olmaları gerekmektedir

2-Kapanılmadan sonra sıvı kapanımlara hiçbir şey eklenmemiş veya çıkarılmamış olması gerekmektedir

3-Sıvı kapanımın hacminin kapanlandıktan sonra değişmemiş olması gerekmektedir.

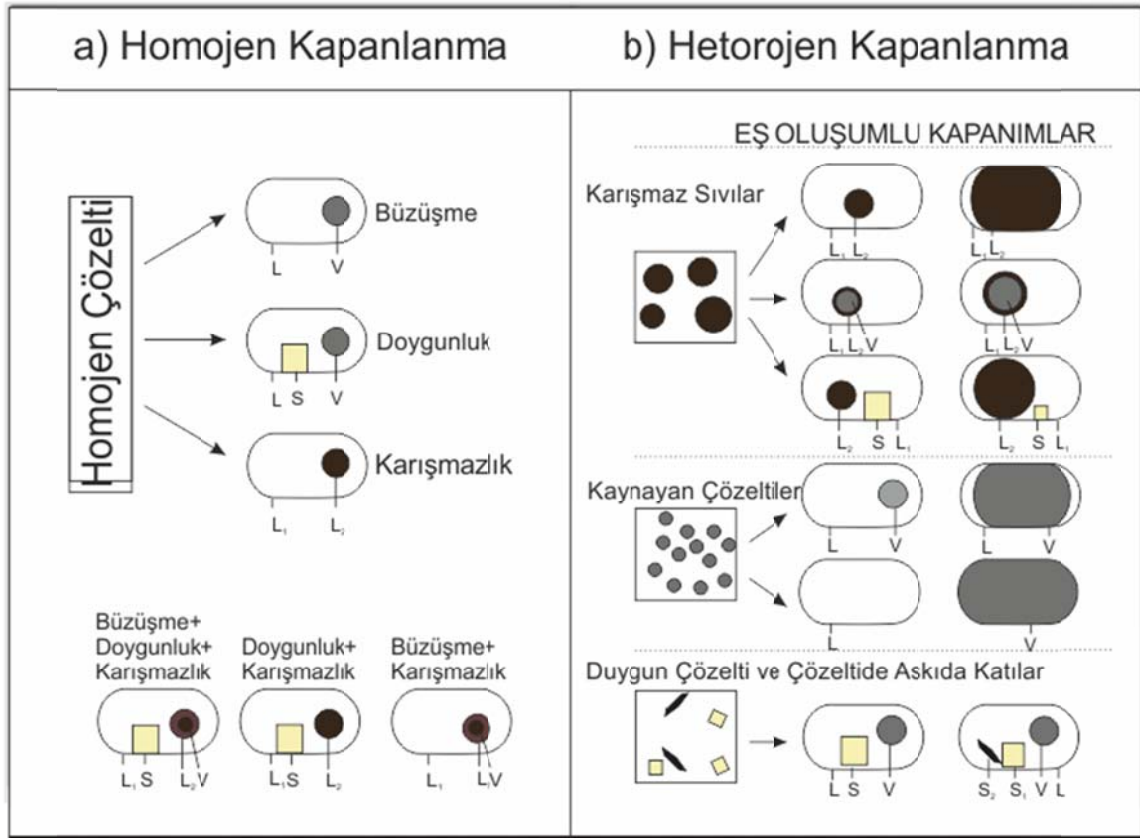
Van der Kerkhof ve Hein (2001) sıvı kapanımların homojen (Şekil 4.23)a ve heterojen (Şekil 4.23b) kapanma olmak üzere iki farklı şekilde kapanlandıklarını ortaya koymuşlardır Heterojen kapanlanmada ise homojen kapanlanmanın aksine tek tip kapanımlar yerine eş oluşumlu farklı özellikte kapanımlar oluşurlar. Bu oluşan kapanımların özellikleri sıvı karışmazlığı, kaynama, çözeltilerin doygunluğu ve askıda bulunan malzemelerle ilişkili olarak değişebilir (Şekil 4.23 b)

Bu çalışmada sadece kuvars damarlarında bulunan kapanımlar çalışılmıştır. Sıvı kapanımlar Roedder (1981)’e göre sınıflandırılmış ve “Roedder Kurallarına” petrografik ve mikrotermometrik olarak uyduğu düşünülen kapanımlardan faydalanılmıştır.

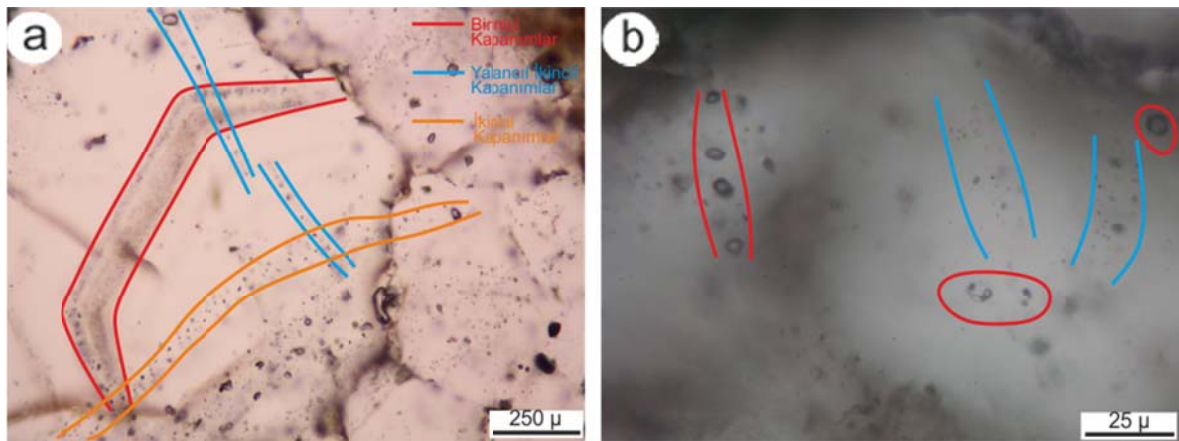
4.7.1. Sıvı kapanım Petrografisi

Karakartal popfiri Au-Cu sahasında cevherleşme ile ilişki olarak intrüzif kayaçlar içinde oluşan kuvars damarlarını oluşturan minerallerin petrografik incelemesi sonucunda, kuvarslarda gözlenen sıvı kapanımlar, oluşum sırasına göre 3 grup, içerdikleri bileşene göre ise 4 ana guruba ayrılmıştır. Roedder (1991) tarafından detaylı olarak ortaya konulan ve kapanımların içersinde buldukları mineralle olan jenetik ilişkisi göz önüne alınarak, kapanımlar içinde kapanlanan dolayısıyla ilksel hidrotermal çözeltilerin fiziko-kimyasal özellikleri hakkında en sağlıklı verileri vereceği düşünülen birincil tip kapanımlar üzerinde çalışmalar yapılmıştır (Şekil 4.24).

Birincil kapanımlar içerdikleri bileşenlere göre; tek fazlı (Tip 1), iki fazlı (Tip 2), çok fazlı (Tip 3) ve ergiyik kapanımlar (Tip 4) olarak sınıflanmışlardır.



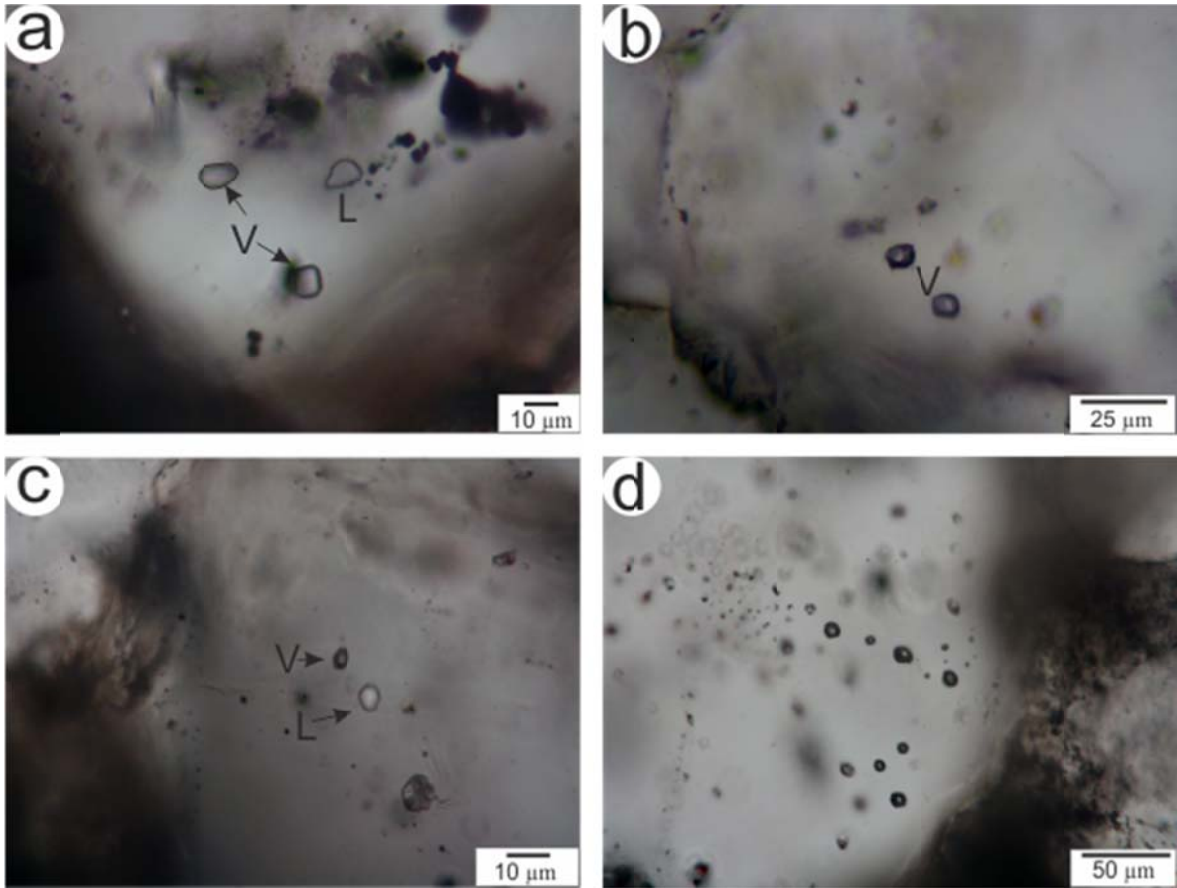
Şekil 4.23. Van der Kerkof ve Hein (2001) tarafından ortaya konan homojen ve heterojen kapanmayla ilişkili olarak ortaya çıkan sıvı kapanım şekilleri (L çözelti, V gaz faz).



Şekil 4.24. Sıvı kapanımların birbirleri ve kapandıkları mineral ile olan ilişkisine göre sınıflandırılması, a) Kuvarın büyüme zonu boyunca gelişen birincil kapanımlar ve aynı kristal içinde bulunan bir hat boyunca oluşmuş yalancıl ikincil kapanımlar ile en az 3 değişik kristalde devam eden bir hat boyunca gözlenen ikincil kapanımlar; b) Kuvars içinde bir hat boyunca kapanım boyları ile orantılı aralıklarla kapanlanmış birincil kapanımlar ile kristalin oluşması sırasında oluşan iyileşmiş kırık (healed crack) boyunca kapanlanmış yalancıl ikincil kapanımlar.

4.7.1.1.1. Tek fazlı kapanımlar (Tip I kapanımlar)

Bu tip kapanımlar sadece sıvı (L) ve sadece gaz (V) fazından oluşan kapanımlardır(Şekil 4.25). L tipi kapanımlar genellikle ikincil kapanımlar veya V tipi kapanımlara eşlik etmiş şekilde gözlenmelerine karşın V tipi kapanımlar tek başlarına birincil ve ikincil kapanımlar olarak gözlenmektedir. Boyutları değişken olup genellikle 10 mikrondan daha ufaklardır (Şekil 4.25). V tipi kapanımlar Tip III kapanımlara ve ergiyik kapanımlara eşlenik olarak A1, A2 ve B tipi damarlarda birincil kapanım olarak gözlenmektedirler(Şekil 4.27 f ve d, Şekil 4.29 h). L ve V tipi kapanım birliktelikleri birincil kapanım olarak nadiren de olsa gözlene bilmektedir. Ancak L ve V tipi kapanım birliktelikleri özellikle ikincil kapanımlarda hemen hemen her zonda gözlenmektedir. Bu tür kapanımların birlikte bulunması çözeltilinin kaynadığına dair en önemli verilerdendir (Van der Kerkof ve Hein 2001) (Şekil 4.23b)



Şekil 4.25. Kuvars içinde bulunan tek fazlı kapanımların mikrofotografaları. a) aynı kristal içinde bulunan V ve L tipi kapanımlar, b) eş boyutlu ve eş şekilli V tipi kapanımlar, c) aynı kristali içinde benzer negatif kristal şekilli V ve L tipi kapanım , d) kuvars kristali içinde gelişmiş bir hat boyunca kapanlanmış V fazlı kapanımlar.

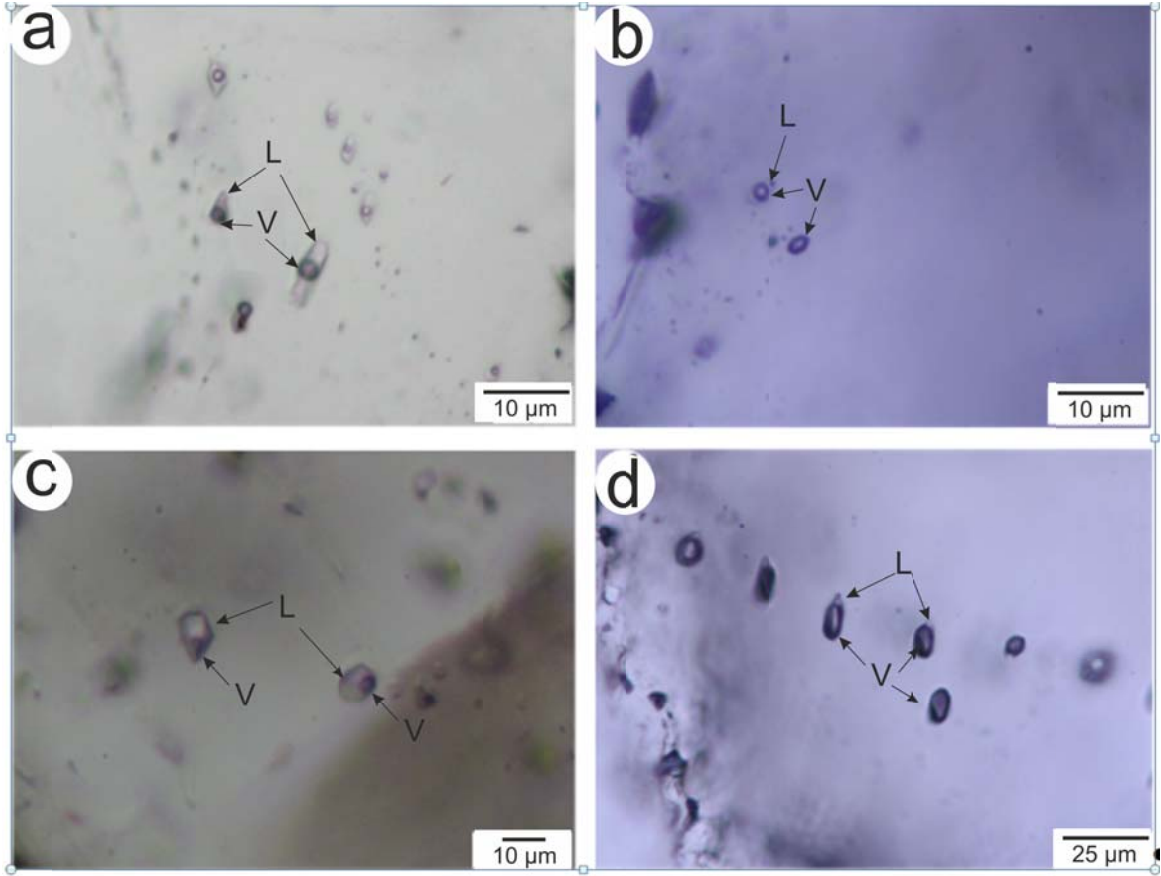
4.7.1.1.2. İki fazlı kapanımlar (Tip II kapanımlar)

Sıvı ve gaz olarak iki farklı fazdan oluşan bu kapanımlar sıvıca zengin (L+V) ve gazca zengin (V+L) tür olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Boyutları genellikle 10 μ dan küçüktür. Bu tür kapanımlar potasik alterasyon zonunda birincil kapanım olarak bulunmazken klorit serizt alterasyonu ilişkili K1 tipi damarlarda nadiren birincil kapanım olarak gözlenebilmektedir (Şekil 4.26b). L+V tip kapanımlar örneklerde genellikle ikincil (Şekil 4.26 a ve c) ve yalancıl ikincil kapanımlar halinde bulunmalarına karşın V+L tipi kapanımlar sadece yalancıl ikincil kapanımlar olarak gözlenmişlerdir (Şekil 4.26 d). Ayrıca aynı kristalde birbiriyle yakın konumda bulunan sıvıca zengin ve gazca zengin kapanımların sıvı-gaz oranları kabaca birbirlerini tamamlayacak şekildedir (Şekil 4.26 b). Tek fazlı kapanımlarda olduğu gibi bu birliktelikde kaynamayı işaret eden önemli bir veridir. (Van der Kerkof ve Hein 2001; Moncada vd., 2012) (Şekil 4.23b).

4.7.1.1.3. Çok fazlı kapanımlar (Tip III kapanımlar)

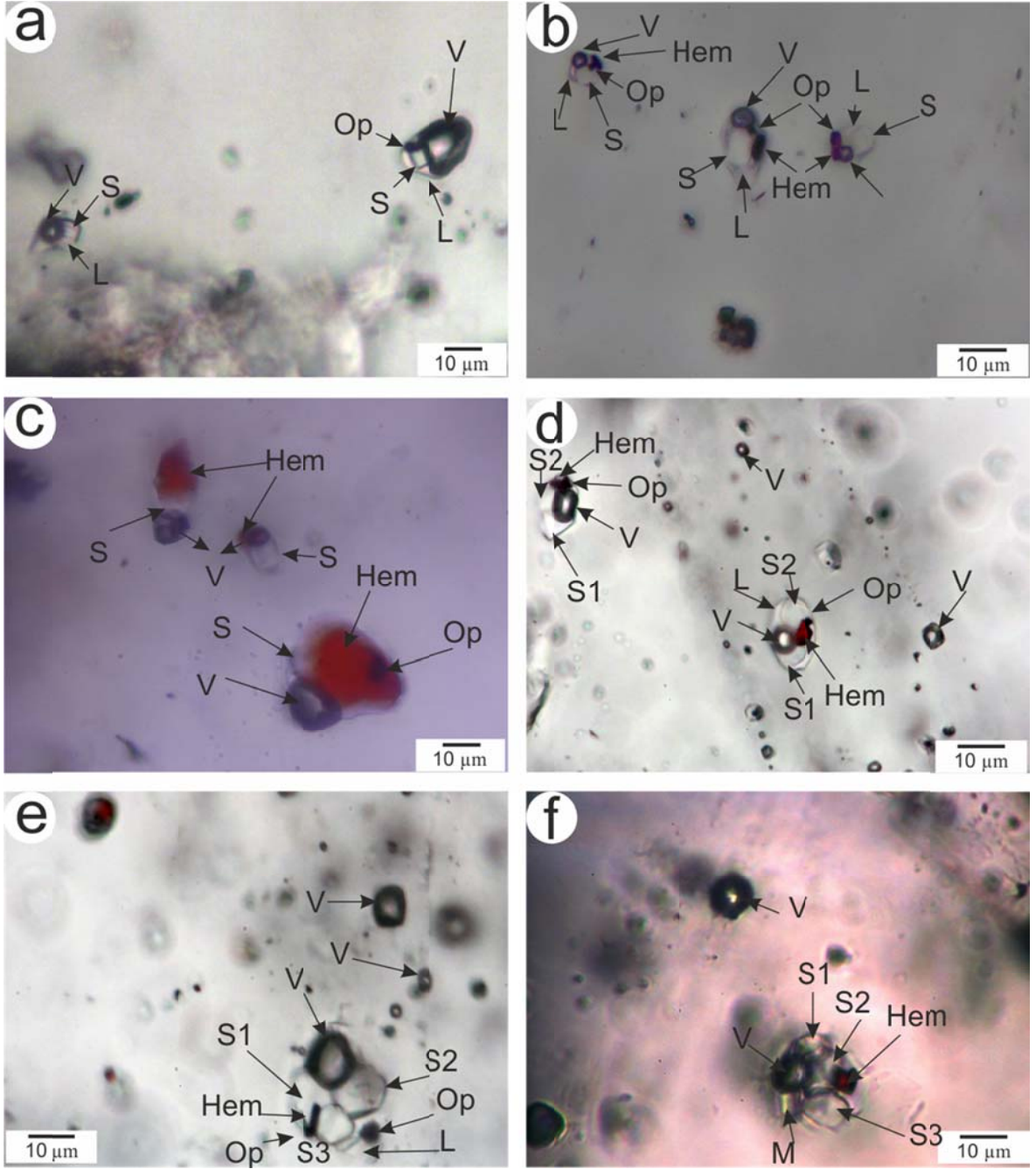
İçerisinde gaz ve sıvı faza ilave olarak en az bir katı faz içeren kapanımlardır. Çok fazlı kapanımlar katı faz olarak klor tuzları (S), opak mineraller (Op), silikat mineralleri veya sülfat tuzları (M) içere bilmektedirler (Şekil 4.27 ve Şekil 4.28). Bu tür kapanımların sıvı, gaz ve katı faz oranları oldukça değişken olabilmektedir. Bu tür kapanımların boyutları genellikle 10-20 μ arası bir boyuta sahiptirler.

Bodnar ve Beane (1980) yaptıkları çalışmada petrografik gözlemlere dayanarak kapanımlar içindeki katı fazları sınıflamışlardır. Belirtilen özellikler göz önüne alındığında Tip III sıvı kapanımlar içinde bulunan şeffaf minerallerden kübik kristal şekilli olanın halit, genellikle dairesel yada köşeleri keskin olmayan kübit şekilli olanın silvit, yüksek rölyef gösterenin anhidrit veya başka bir sülfat fazı olabileceği olabilecekleri ortaya çıkmaktadır. Opak bileşenler içinse 1-10 μ boyutunda, kırmızı-turuncu renkte ve diğer opak fazlara göre kapanımlar içinde daha bol olarak gözlenenin hematit; genellikle 2 μ üçgen kristal şekli gösteren bileşenin kalkopirit. kapanımlar içinde daha az oranda bulunan ve genellikle 1 μ dan daha ufak boyutlarda olan siyah renkli fazın ise pirit veya manyetit olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu bileşenler dışında kristal yapısı itibarıyla klor tuzlarına refleksiyonun az olması dolayısıyla da sülfat tuzlarına benzemeyen yeşilimsi tonlarda bir rengi olan fazların ise apatit olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.28a).

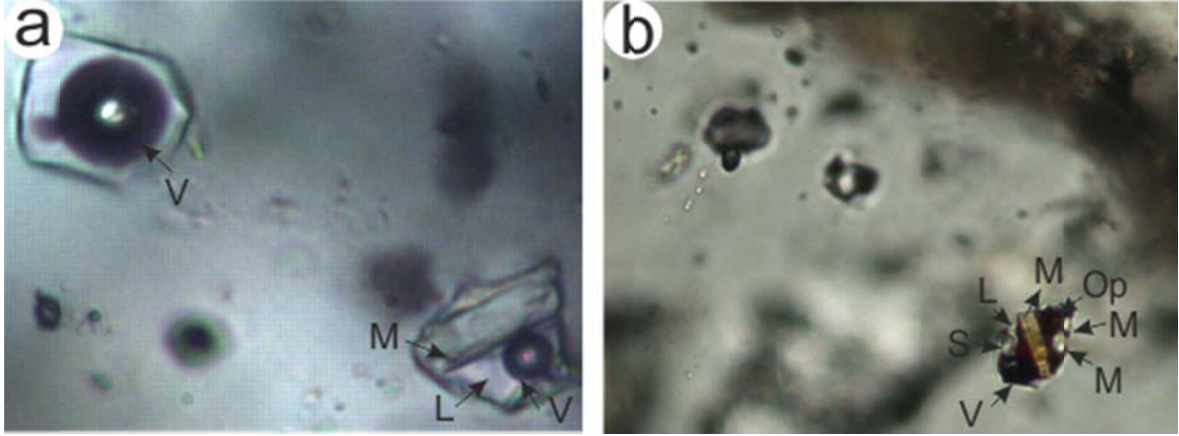


Şekil 4.26. Kuvars içinde bulunan iki fazlı kapanımların mikrofotografaları. a) bir kırık boyunca kapanlanmış L+V tipi kapanımlar, b) aynı kristal içinde birlikte gözlenen L+V ve V+L tipi kapanımlar, c) iyileşmiş kırık (healed crack) boyunca kapanlanmış L+V kapanımlar, d) iyileşmiş kırık (healed crack) boyunca kapanlanmış V+L tipi kapanımlar

Buna ilave olarak kahverengi rengi ve pleokrizması ile karakteristik olan biyotitinde Tip III kapanımlarda gözlenmesi mümkündür (Şekil 4.28b) Bu kapanımları kendi içersinde içerdikleri katı fazın türü ve/veya gaz faz sıvı faz oranına göre ayırmak mümkündür. Ancak bu tür kapanımlar tuz kristalleri ile karakteristik olduğundan kapanımlar içersinde bulunan klor tuzu sayısına göre bir alt sınıflama yapılması uygun görülmüştür. Bu şekilde bir sınıflama yapıldığında temel olarak; Tip IIIa Halit içeren sıvı kapanımlar ($S+L+V\pm Op\pm M$) (Şekil 4.27a,b ve c), Tip IIIb halit ve silvit içeren sıvı kapanımlar $S_1+S_2+L+V\pm Op\pm M$ (Şekil 4.27 d), Tip IIIc Halit silvit ve petrografik olarak tanımlanamayan üçüncü bir tuz içeren sıvı kapanımlar ($S_1+S_2+S_3+L+V\pm OP\pm M$) (Şekil 4.27 e ve f),. Olmak üzere üçe ayırmak mümkündür. Bu üç tür dışında içerdiği tuz ve diğer mineral sayıları konusunda bir netlik olmayan Tip III d $S_{1-x}+L?+V+Op_{1-x}+M_{1-x}$ (Şekil 4.28 b Şekil 4.29 I)tür sıvı kapanımlarında kuvars damarları içersinde gözlenmesi mümkündür.



Şekil 4.27. Kuvars kristallerindeki çeşitli çok fazlı kapanımların mikrofotografaları; a) yaklaşık olarak %60 gaz faz ve kübik halit kristali ile opak mineral içeren kapanım, b) kristal içinde birincil olarak oluşmuş hematit, opak bineral ve bir tuz kristali içeren sıvı kapanımlar, c) yaklaşık % 50 oranında hematit minerali ve tuz kristali ile opak mineral içeren sıvı kapanımlar, d) hematit ve opak mineral ile 2 farklı tuz kristali barındıran negatif şekilli sıvı kapanımlar ile bunlara eşlik eden V tipi kapanımlar, e) hematit ve 2 opak faz ile 2 tuz kristali ve 1 silikat? mineral fazı içeren sıvı kapanım, f) hematit ve 1 opak mineral ile en az 3 tuz kristali 1 silikat minerali? ve 1 sülfat minerali içeren sıvı kapanım



Şekil 4.28. Anizotrop mineral içeren sıvı kapanımların genel görünüşleri, a) açık renkli anizotrop mineral (apatit?) içeren sıvıca zengin kapanım ile gazca zengin opak faz içeren kapanım, b) biyotit ve en az 2 tuz kristali ile sülfat minerali içeren çok fazlı kapanım.

Ayrıca özellikle birden fazla tuz fazı içeren kapanımlarda çözeltinin varlığının petrografik olarak gözlemlemek bazen imkansız olmaktadır. Bu grubu oluşturan kapanımlarda katı fazların kapanım içinde kapladığı alanın fazlalığından dolayı çözeltinin varlığından şüphe edildiği kapanımlarda gözlenmektedir (Şekil 4.29)

Tüm Tip III kapanımlar Şekil 4.11’ de görülen tüm damar tiplerinde gözlenmektedir. Tip III c ve d türü kapanımlar sadece potasik alterasyonla ilişkili damarlarda gözlenmiştir. Tip III a kapanımlar kuvars damarlarında en bol rastlanan kapanımlardır. Bolluk oranına göre bu tür kapanımları Tip III b türü kapanımlar izlemektedir. Tip III c ve d türü kapanımlar damarlar içinde çok daha az miktarda rastlanılabilen kapanım türleridir. Bu tür kapanımların kuvars kristalleri içindeki dağılımın nasıl olduğuna yönelik bir çalışma (katadolüminesans) yapılmadığından kapanımların bir birleriyle olan jenetik ilişkisini ortaya koymak güçtür.

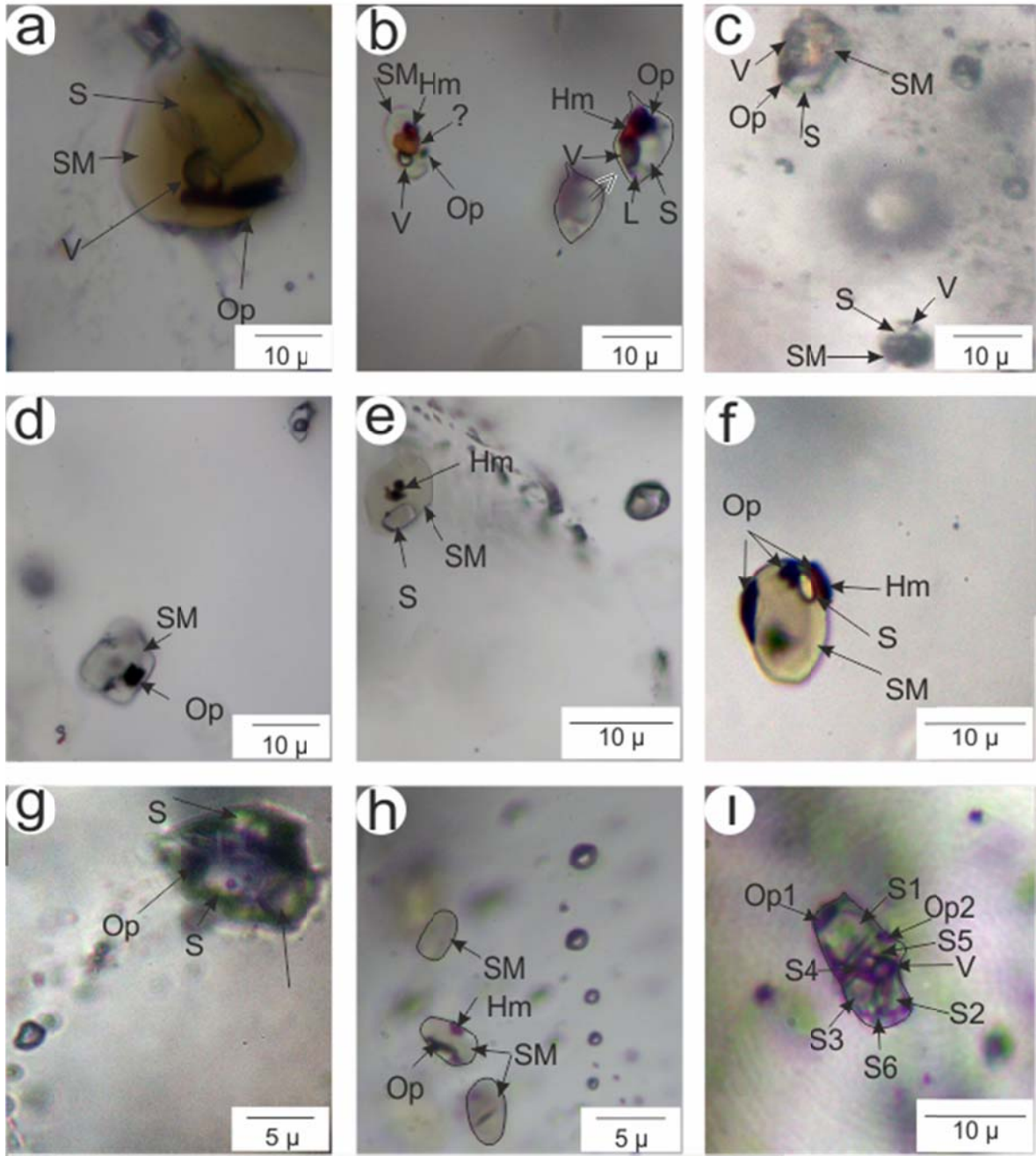
4.7.1.2. Ergiyik kapanımların petrografisi

Kuvars damarları üzerinde yapılan petrografik gözlemlerde sıvı kapanımların karakteristik özelliklerine uymayan çok kapanımların varlığı da görülmüştür. Bu kapanımlar Campos v.d (2002), Haris v.d (2003), Student ve Bodnar (2004), Bodnar ve Student (2006), Pinteş (2010), Cioaca (2011) çalışmalarında belirtilen petrografik özelliklere uymaktadır. Campos v.d (2002), Pintaş (2010) ve Cioaca (2011) bu tür

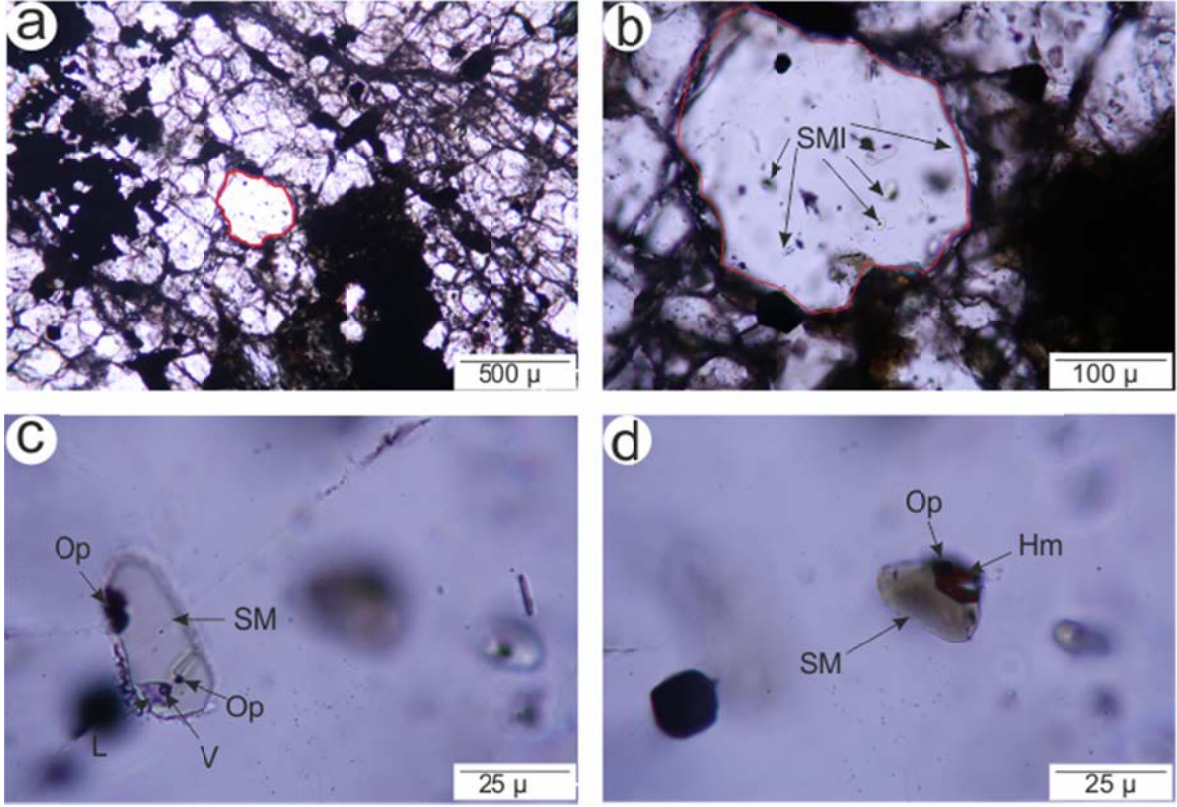
kapanımların porfiri yataklardaki kuvars damarlarında gözlenen ergiyik kapanımların olduğunu ifade etmektedir.

Özellikle potasik alterasyon gösteren örneklerdeki kuvars damarlarda gözlenen silikat ergiyik kapanımlar çeşitli petrografik özellikler göstermektedir (Şekil 4.29) Genellikle kahve rengi tonlarında olmakla birlikte, şeffaf olarakta gözlenmektedir (Şekil 4.29a,d ve e). Çoğunlukla camsı bir yapıda olan kapanımlar homojen bir yapı göstermekte ve kendi içlerinde opak mineraller ile tuz kristalleri de bulundurabilmektedirler. Ergiyik kapanımların bir kısmında uçucu bileşen varlığına işaret eden emareler bulunmaktadır (gaz kabarcığı) bazılarında ise bulunmamaktadır. Ergiyik kapanımlar genel olarak sıvı kapanımlara çok benzemektedir. Bu tür kapanımlar arasında özellikle tuz kristallerinin çözeltinin hiç görülemediği ve oldukça fazla tuz kristaline sahip kapanımlar tuz ergiyik kapanımları olarak değerlendirmek mümkündür. Hem silikat ergiyik hem de tuz ergiyik kapanımları sıvı kapanımlardan ayırt edebilmenin en kolay yolu kapanım içinde sıvı fazın olmadığını belirlemesidir. Özellikle silikat ergiyiklerin rölyefinin çözeltiden ve kuvarstan oldukça fazla olması ergiyik kapanımların tanımlanmasını kolaylaştıran bir özelliktir.

Kuvars damarları bir bütün olarak değerlendirildiğinde, her kuvars kristalinin ergiyik kapanım içermediği, ancak ergiyik kapanım içeren kristallerin büyük çoğunluğunda değişik tiplerde sıvı kapanımların varlığı gözlenmiştir. Ancak Şekil 4.30 da gözükten kuvars damarında bulunan kırmızı ile işaretlemiş kuvars kristalinde herhangi bir sıvı kapanım gözlenmemesine karşın çok sayıda çeşitli kompozisyonlarda ergiyik kapanımlar mevcuttur. Kapanımların çoğunda uçucu bileşen gözlenmezken Şekil 4.30 c de gözükten büyük kapanımda ergiyik kapanım içinde sıvı fazca zengin bir sıvı kapanım bulunmaktadır. Budurumda kuvars damarlarının oluşumunun oldukça yüksek sıcaklıklarda ve sıvı-ergiyik karışmazlığının olduğu bir ortamda oluştuğunun bir göstergesi olarak düşünülmüştür. Ancak Gözlenen ergiyik kapanımların (?) ve özellikle kuvars damarı içinde farklı kuvars kristallerinin (?) varlığını tam olarak açıklayabilecek verilere ulaşmak için ilave çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu konu güncel olarak çok ileri araştırma merkezlerinde çalışılmaktadır. Farklı porfiri sistemler çalışılarak belirlenmeye çalışılan kapanım türlerinin tamamının Karakartal porfiri Au-Cu cevherleşmesinde gözlenmesi bizim için hem büyük bir şans, hemde büyük bir açmazdır. Hala devam eden çalışma sonlandırıldığında daha kesin verilere ulaşılabilecektir.



Şekil 4.29. Ergiyik kapanımların mikrofotografaları. a) koyu renkli camsı ergiyik içinde gaz fazı, tuz ve opak mineral içeren kapanım, b) camsı silikat ergiyik içinde gaz fazı, hematit ve opak mineral ile petrografik olarak tanımlanamayan mineral faz ile bu kapanıma eşlik eden Tip IIIa türü sıvı kapanım c) gaz fazı, tuz ve opak mineral içeren silikat kapanım, d-e-f) değişik renk tonları gösteren camsı silikat ergiyik içinde opak ve tuz kristalleri bulunduran kapanımlar ile bunlara eşlik eden sıvı kapanımlar, g) silikat matrisi? içinde birden fazla mineral ve tuz barındıran kapanım, h) V tipi kapanımlar ile paralel şekilde gözlenen, silikat ergiyik kapanımları. ı) gaz ve en az iki opak faza ilave olarak sayılabilen altı adet tuz veya mineral faza sahip silikat-tuz ergiyik? (Tip III d) kapanımı



Şekil 4.30. Potasik alterasyon zonunda kuvars damarı içinde bulunan ve magmatik bir kuvars kristal olduğu düşünülen kuvars kristali (a) ve içinde bulunan ergiyik kapanımlar (b). c ve d bu silikat kapanımların detay görünüşleri ve c deki ergiyik kapanımın içinde yer alan iki fazlı sıvı kapanım

4.7.2. Mikrotermometrik Ölçümler

Mikrotermometrik ölçümler ağırlıklı olarak potasik alterasyon ve klorit-serizit alterasyon gösteren örnekler üzerinden yapılmıştır. Değişik alterasyon zonlarında bulunan sıvı kapanımların petrografik olarak benze olmasından ölçümler birlikte değerlendirilmiştir (Tablo 4-4 ve Tablo 4-5).

Yapılan mikrotermometrik çalışmalarda, sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıklarına göre en az üç farklı gurup oluşturdukları gözlenmiştir (Şekil 4.31). İlk gurubu oluşturan kapanımlar genellikle Tip II kapanımlardır ve genellikle 200-330 °C arasında homojenleşme sıcaklıklarına sahiptir. Bu grupta çok az miktarda Tip III kapanım bulunmakla birlikte homojenleşme sıcaklıkları 250 °C üstündedir.

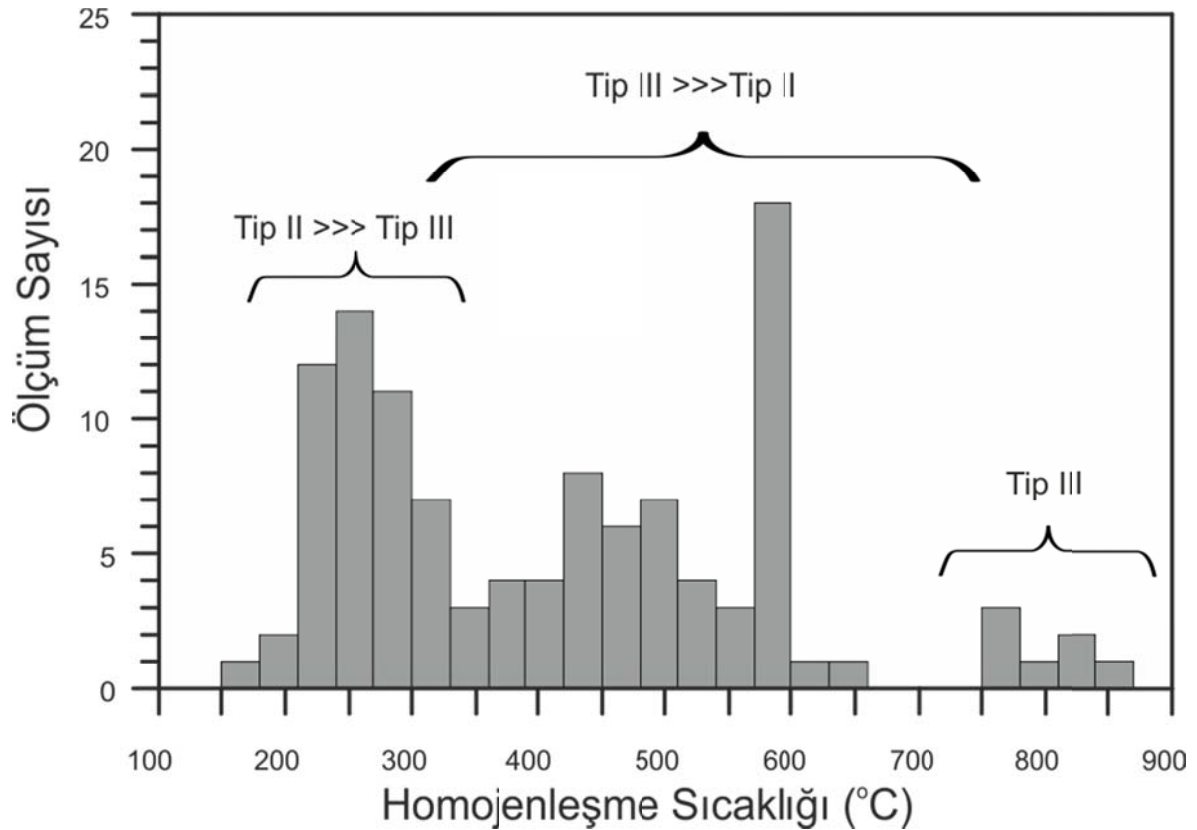
Sıvı kapanımlar üzerinde yapılan dondurma çalışmalarında, Tip III kapanımlarda bulunan çözelti miktarının oldukça az olmasından dolayı sınırlı sayıda veri sadece ilk grupta yer alan Tip II kapanımlardan elde edilebilmiştir (Şekil 4.32).

Tip II kapanımlardan elde edilen sonuçlarda $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ kadar sonuçlar elde edilse de $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında ve -23 civarı sıcaklıklarda bir birikimin olduğu gözlenmektedir. -23 civarındaki ilk ergime sıcaklıkları her ne kadar çözeltinin NaCl bakımından zengin olduğunu gösterse de daha düşük ilk ergime sıcaklıkları çözeltinin başka bileşenleri de barındırdığını göstermektedir. Borisenko (1977) ve Crawford (1981)'in belirttiği gibi sıvı kapanımlarda bulunan su-tuz sistemlerinin ötektik sıcaklık değerlerine göre NaCl'e ilaveten K-Fe-Mg-Ca tuzlarında mevcut olması da mümkündür. Akopov 1963 ise LiCl-NaCl-H₂O sisteminde ötektik sıcaklığı -77 derece olduğunu ifade etmiştir. Dolayısıyla çok düşük ilk ergime sıcaklıkları veren sıvı kapanımların Na,K,Fe,Mg ve Ca'un yanında Li gibi başka bileşenleri içermeleride mümkündür. Bu tuz bileşenlerinin kapanımın içinde bulunabilme ihtimalinin yanı sıra Guilhaumou vd., Sıvı kapanımlar üzerinde yaptıkları çalışmalarda -70 ila $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında sıvı kapanımlar içinde bulunan katı halde CO₂' in eridiğini -55 ila $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında ise CO₂ fazının homojenleştiğini belirtmişlerdir. Xu (2000) ve Fan vd., (2004) ise metan bulduran sıvı kapanımlarda metanın -106 ila $-74\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında honojenleştiğini belirtmişlerdir. Karakartal sahasında ise Lazer Raman analizleri ile CO₂ ve metanın Tip II sıvıkapanımlarda varlığı kesin olarak ortaya konulduğundan (bknz Bölüm 4.8) bu çok düşük ilk ergime derecelerinin bir sebebidir kapanımlar içinde bulunan ancak ayrı bir faz oluşturamayacak kadar yoğun olmayan CO₂ ve metanın varlığı olabilir. Bu bileşenlerin faz değiştirmeleri dondurma çalışmaları sırasında ilk ergime sıcaklığı olarak da okunmuş olabilir. Bunun tam olarak ortaya koyabilmek için sıvı kapanımlar üzerinde Lazer Ablasyon (LA-ICP-MS analizleri ile çözelti kimyasının tam olarak ortaya konması gerekmektedir.) yapılması gerekmektedir. Bu tür analizler daha sonra İngilterede yapılacaktır.

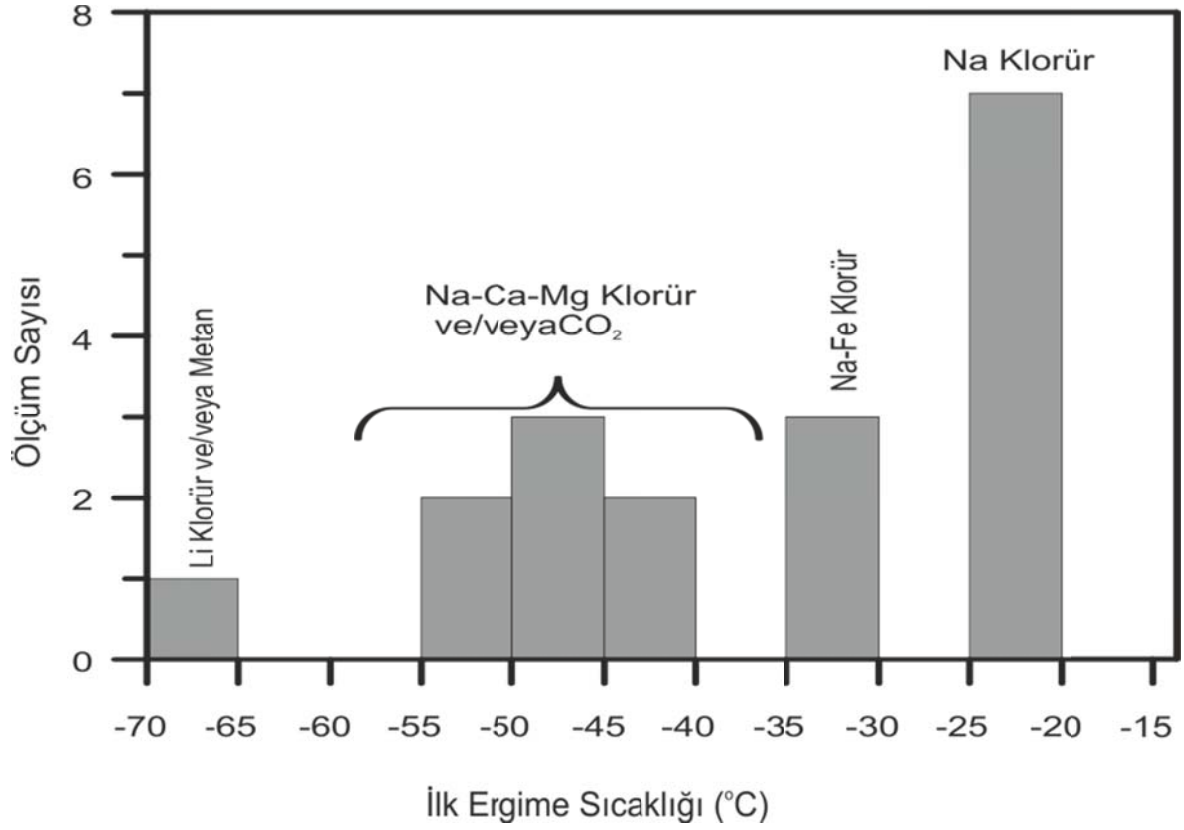
Tip 2 (L+V) kapanımlardan elde edilen son ergime ($T_{m_{ice}}$) sıcaklıkları büyük çoğunlukla $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ila $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir. Bir ölçümde ise $-33,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir (Şekil 4.33). Crawford (1981)'e göre NaCl- H₂O sisteminde iki fazlı bir sıvı kapanım için ötektik sıcaklık $-20,8$ ve maksimum tuzluluk ağırlıkça %23,18 dir ve bu tuzluğun üzerinde oda sıcaklığında kapanımın içinde oda sıcaklığında katı fazda NaCl (halit) bulunur. Ölçüm yapılan kapanımların L+V tipi kapanım olması ve NaCl- H₂O ötektik sıcaklığından daha düşük son ergime sıcaklıklarının bulunması sistemin başka bileşenler de barındırdığını göstergesidir. Son ergime ve homojenleşme sıcaklıkları kullanılarak Steele-MacInnis vd., (2012) tarafından hazırlanan ve Bodnar (1983 ve 1993), Atkinson (2002), Bodnar ve Vityk (1994) tarafından önerilen NaCl-H₂O sistemi için

önerilen metodlara göre hesaplanan tuzluluk değerleri 3.22 ile 26.31 %wt NaCl olarak hesaplanmıştır (Tablo 4-5, Şekil 4.37).

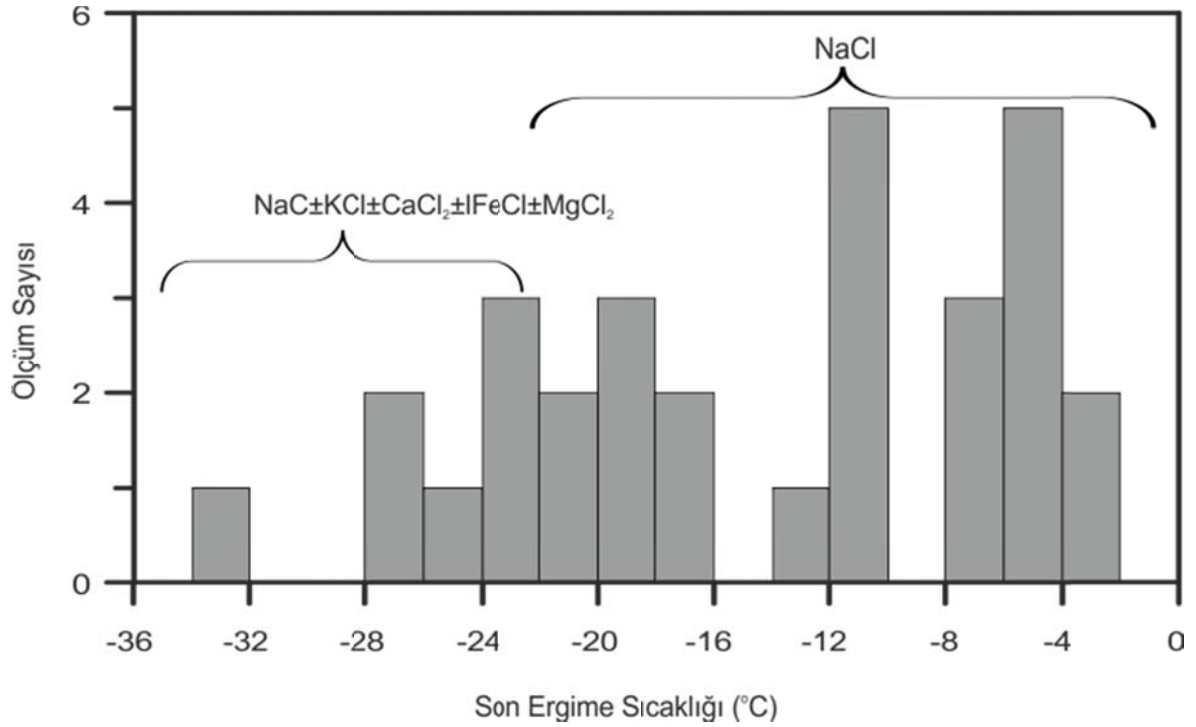
İkinci gurup ise Tip III kapanımların Tip II kapanımlara göre oldukça baskın olduğu guruptur. Bu gurupta kapanımlar 300-690 °C arasında homojenleşmektedirler. Bu gurupta mevcut alan ve >600 °C homojenleşen kapanımlar bir alt gurup olarak değerlendirilebilir. Bu tür kapanımların sayısı ölçülebilmiş olan kapanımların sayısından daha fazladır. Çünkü bu tür kapanımları ölçebilmek için yüksek sıcaklıklı sıvı kapanım tablası gereklidir. Bu tür bir tablanın elimizde mevcut olmayışı nedeniyle ölçümler sınırlı kalmıştır. Ancak 600 °C homojenleşmeyen kapanımlar bu grupta değerlendirilmiş olduğundan histogramda 600 °C' de bir toplanma görülmüştür. Bu kapanımlar Eötvös Loránd Üniversitesinde yüksek sıcaklık tablası ile yapılan ölçümlere (600-900 °C homojenleşen kapanımlara) benzer şekilde sıcaklıklarda homojenleştiği düşünülmüştür.



Şekil 4.31. Sıvı kapanımlara ait gaz fazın homojenleşme sıcaklıklarını gösteren histogram grafiği



Şekil 4.32. Sıvı kapanımlar üzerinde yapılan ilk buz ergime ölçümlerine ait histogram



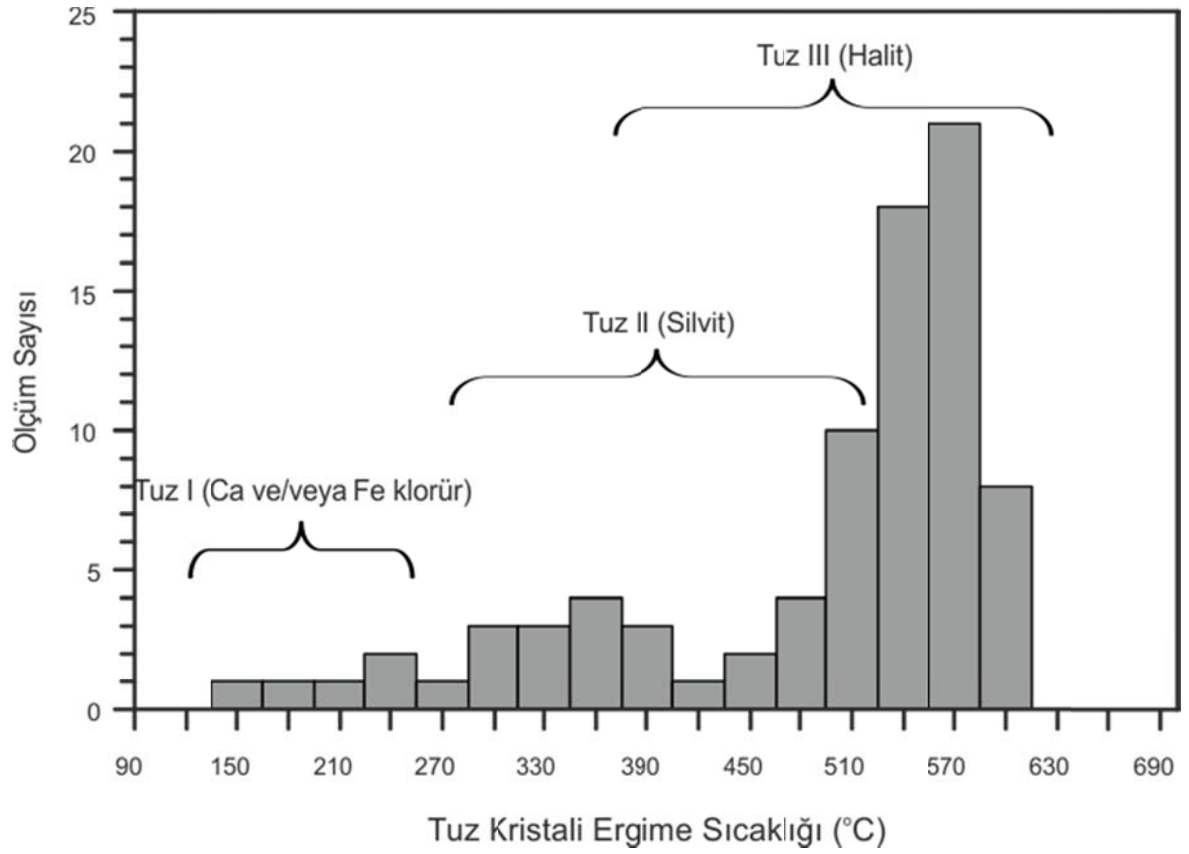
Şekil 4.33. Sıvı kapanımlar üzerinde yapılan son buz ergime ölçümlerine ait histogram

Üçüncü grup ise sadece Tip III kapanımlardan oluşmakta ve 750-900 °C arasında homojenleşme göstermektedirler. Bu gruba ait kapanımların ölçümleri Eötvös Loránd Üniversitesinde yüksek sıcaklık tablası ile yapıldığından ölçüm sayısı oldukça azdır.

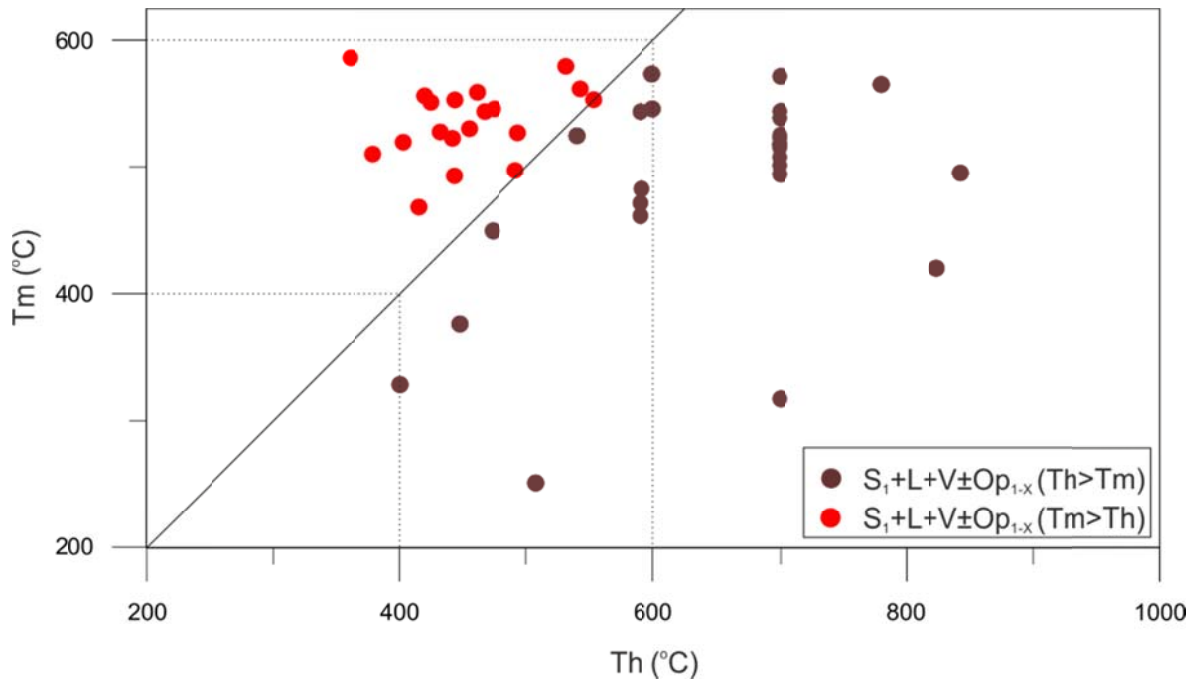
Tip III kapanımlardan ölçülen tuz kristallerinin ergimeleri 125-202, 218-425 °C ve 400-680 °C olmak üzere üç farklı aralıkta gerçekleşmiştir (Tablo 4-5 ve Tablo 4-5 ve). Tek bir tuz kristali bulunan örneklerde ergime sıcaklığı 200 ila 599,8 °C arasında değişmektedir. Kapanımda iki tuz bulunması durumunda S1 219 ila 525 °C arasında S2 ise 501 ila 550 °C arasında ergimektedir. Kapanımlarda üç farklı tuz bulunması durumunda ise S1 125-202 °C, S2 281-350, S3 ise 505-510 °C ergimektedir.

Özellikle bu üç farklı tuz kristallerinin aynı kapanımda bulunması sistemi oluşturan çözeltilerin en az üç farklı Cl bileşeni bakımından zengin olduğunu göstermektedir. Şekilsel olarak kare ya da dikdörtgen şekilli gözüken halitin yanı sıra dairesel olarak gözlenen Cl minerallerinin silvit oldukları bilinmektedir. Boyut olarak daha ufak dairesel olarak gözlenenlerin ise demir ya da kalsiyum klorür tuzları olabilecekleri düşünülmektedir.

Tip III kapanımların gaz fazının ve tuz kristallerinin homojenleşme sıcaklıkları incelendiğinde iki farklı eğilim olduğu görülmektedir (Şekil 4.35). Homojenleşme eğilimlerindeki bu farklılık çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Bodnar, 1994; Becker vd., 2008; Lecumberri-Sanchez vd., 2012) Bu homojenleşme türleri; halit kristalinin ergimesini takiben gerçekleşen gaz faz homojenleşmesi "A", halit kristalinin ergimesi ve eş zamanlı gaz fazın homojenleşmesi "B", gaz fazın homojenleşmesini takiben gerçekleşen halit kristalinin ergimesi "C" olmak üzere Şekil 4.36'de görüldüğü üzere üç farklı şekilde gerçekleşmektedir. "A" ve "B" şeklinde homojenleşen kapanımların PTX özelliklerinin belirlenmesi çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan deneysel (Bodnar ve Sterner, 1985; Sterner vd., 1988; Bischoff ve Pitzer, 1989; Bodnar 1992) ve teorik (Bischoff ve Pitzer, 1989; Anderko ve Pitzer 1993) çalışmalar ile mümkün olmaktadır. "C" şeklinde homojenleşme gösteren kapanımlar için ise önceki çalışmalar oldukça limitli olmakla birlikte Bodnar (1994) sadece ağırlıkça %40 NaCl'li bir bileşim için, Becker vd., (2008) ise T_h 150-550 ° ve $T_{m_{halit}}$ 275-550°C arası olan kapanımlar için PTX özelliklerini ortaya koyabilmiştir. "C" tipi homojenleşme üzerine yapılan üçüncü ve engüncel deneysel çalışma olan Lecumberri-Sanchez vd., (2012) ise T_h ve T_m için 100-600 C arası değerler için PTX özelliklerini ortaya koymuşlardır.



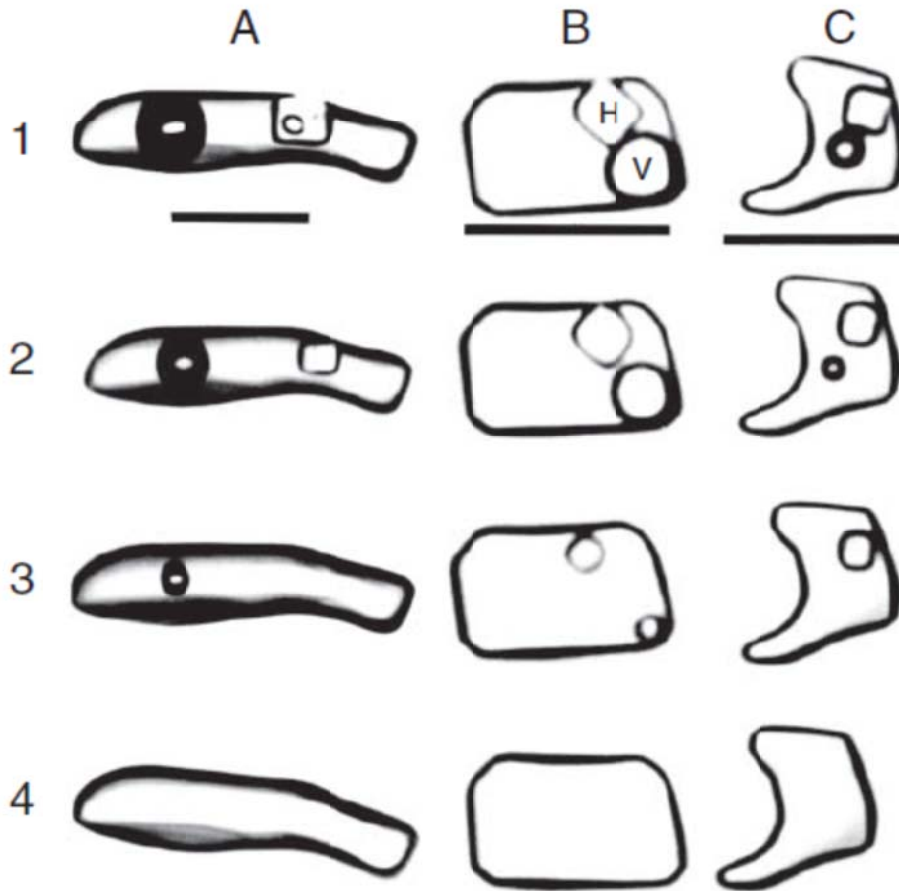
Şekil 4.34. Tuz fazlarının ergime sıcaklıkları



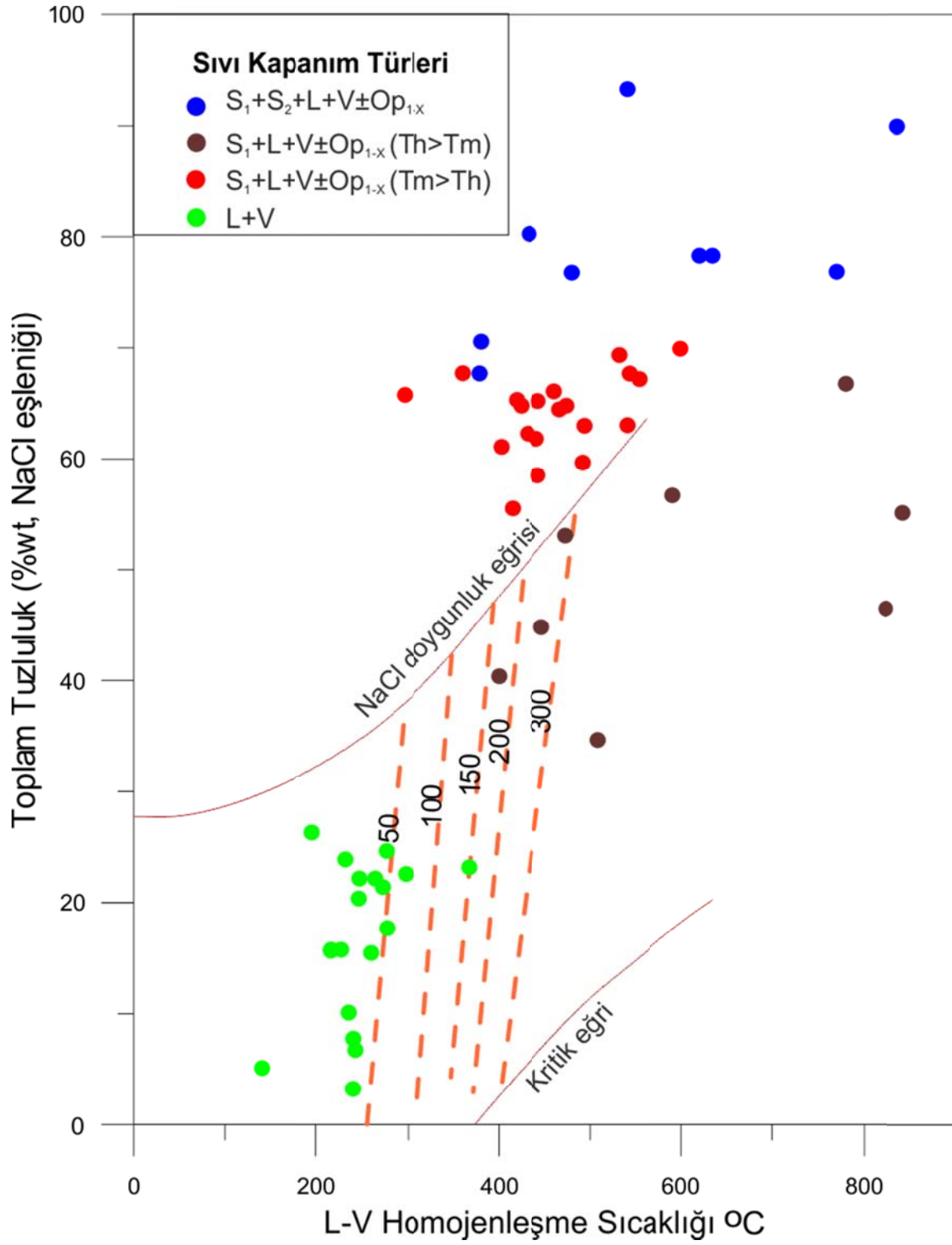
Şekil 4.35. Tip III sıvı kapanımlara ait T_h - T_m grafiği

Tip III kapanımların tuzluluklarının hesaplanmasında, Tip III a türü kapanımlar için McInnis vd., (2012) tarafından hazırlanan ve bir excel çalışma sayfası olan “HokieFlincs_H₂O-NaCl” programı, Tip III b türü kapanımlar için ise Bodnar vd., (1989) hazırlanan ve Fortran programı olan “Salty H₂O-NaCl-KCl” programı kullanılmıştır. Tip III c ve d türleri içinse üçüncü ve daha fazla olan tuz fazların bileşimleri kesin olarak bilinemediğinden herhangi bir tuzluluk hesabı yapılamamıştır. Bunun yanı sıra kapanımların içindeki NaCl-KCl ve H₂O dışındaki tüm bileşenler aksi takdirde tuzluluk hesabı yapılamayacağından yok sayılmıştır.

Tuzluluk hesapları yapıldığında Tip III a türü tek tuz kristali içeren kapanımların %30-70 arasında NaCl eşleniği tuzluluğa sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.37) Tip III b türü iki tuz kristali içeren kapanımlar ise %68-93 arası NaCl eşleniği tuzluluğa sahip olduğu görülmektedir. Bu tuzluluk değerleri Tip III c ve d türü ikiden fazla tuz içeren kapanımların hesaba katılmasıyla dahada artacaktır



Şekil 4.36 Sıvı kapanımların homojenleşme eğilimleri, a: $T_h > T_m$ b: $T_h = T_m$ c: $T_m > T_h$ (Bodnar, 1994 den)



Şekil 4.37. Tip II ve Tip III türü kapanımlara ait homojenleşme toplam tuzluluk grafiği

Tablo 4-5. Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü sıvı kapanım laboratuvarında yapılan mikrotermometrik çalışmaların sonucu

Örnek- No:	İlk-Ergime	Son- Ergime	Th	Tm-Tuz			%NaCl
				S1	S2	S3	
21-03	-	-	466,4	543,6	-	-	64,46
	-	-	296,3	599,8	-	-	65,76
	-46,4	-1,9	240,2	-	-	-	3,23
	-	-	285,7	-	-	-	
	-23,1	-4,2	242,8	-	-	-	6,74
	-44	-17,2	246,4	-	-	-	20,37
	-	-	> 590	517,6	-	-	60,64
	-	-	> 599	507,6	-	-	59,20
	-	-	192,2	-	-	-	
	-	-19,7	264,1	-	-	-	22,17
	-	-	260	-	-	-	20,75
	-65	-17,7	234,3	-	-	-	
	-	-	> 590	317,1	-	-	38,76
	-	-	> 590	522,4	-	-	61,35
	-	-	531,3	579,3	-	-	69,34
	-	-	493,7	526,8	-	-	62,99
	-	-	> 590	543,7	-	-	64,52
21-10	-	-	> 590	517,3	-	-	60,60
	-	-	> 590	538,6	-	-	63,75
	-22,2	-5,4	-	-	-	-	-
	-	-	> 590	571,4	-	-	68,76
	-	-	> 590	494	-	-	57,28
	-	-7,1	0	-	-	-	-
	-	-	491,8	497	-	-	59,67
	-	-	> 590	543,5	-	-	65,50
	-	-	> 590	471,2	-	-	55,23
	-	-	431,6	527,5	-	-	62,28
	-	-	474,1	545,7	-	-	64,79
	-	-	419,5	556	-	-	65,31
-	-	> 590	501,1	-	-	59,33	
21-13	-	-	540	556,1	599,8	-	93,28
	-	-	> 550	515	-	-	61,60
	-	-	599,4	573,2	-	-	69,91
	-	-	542,5	561,5	-	-	67,68
	-23,1	-11,8	216,6	-	-	-	15,76
	-23,3	-11,7	216,4	-	-	-	15,67
	-23,1	-11,8	227,4	-	-	-	15,76

Tablo 4-5'in devamı

Örnek- No:	İlk-Ergime	Son- Ergime	Th	Tm-Tuz			%NaCl
				S1	S2	S3	
21-13	-	-3,1	140,4	-	-	-	5,11
	-	-	> 590	518,4	-	-	60,76
	-	-21,2	368	-	-	-	23,18
21-16	-	-26,2	195,7	-	-	-	26,31
	-	-11,5	259,8	-	-	-	15,47
	-	-	236,9	-	-	-	-
	-	-	424,3	550,9	-	-	64,79
	-	-	460,6	558,8	-	-	66,08
	-	-	443	552,8	-	-	65,21
	-	-	454,4	530,1	-	-	62,81
	-47,5	-23,8	239,8	-	-	-	-
	-	-	231,7	-	-	-	-
	-	-	245,5	-	-	-	-
	-	-	344,8	-	-	-	-
	-	-	402,8	519,4	-	-	61,09
	-	-24,2	304,8	-	-	-	-
	-23,5	-6,2	235,6	-	-	-	10,11
	-44	-19,7	247,1	-	-	-	22,17
	-	-	282,6	-	-	-	-
	-	-18,6	272,4	-	-	-	21,40
	-	-	249,8	-	-	-	-
	-	-20,3	297,6	-	-	-	22,58
	-	-	> 590	525	-	-	61,73
21-24	-49,7	-33,6	211,4	-	-	-	-
	-	-	239	-	-	-	-
	-	-	241	-	-	-	-
	-	-	> 590	461,2	-	-	53,92
	-	-	590,8	482,3	-	-	56,71
2B-25	-	-	507,9	251,1	-	-	34,64
	-53,9	-26,3	-	-	-	-	-
	-	-	400,3	328,2	-	-	40,37
	-	-	305,2	-	-	-	-
	-	-	472,9	449,3	-	-	53,07
	-	-	442,7	492,7	-	-	58,52
	-	-	380,8	219,2	501,2	-	70,54
	-	-	441,1	522,5	-	-	61,82
	-	-	433,2	390	513,3	-	80,25
	-	-	310,1	-	-	-	-
	-	-	446,9	376,3	-	-	44,79

Tablo 4-5'in devamı

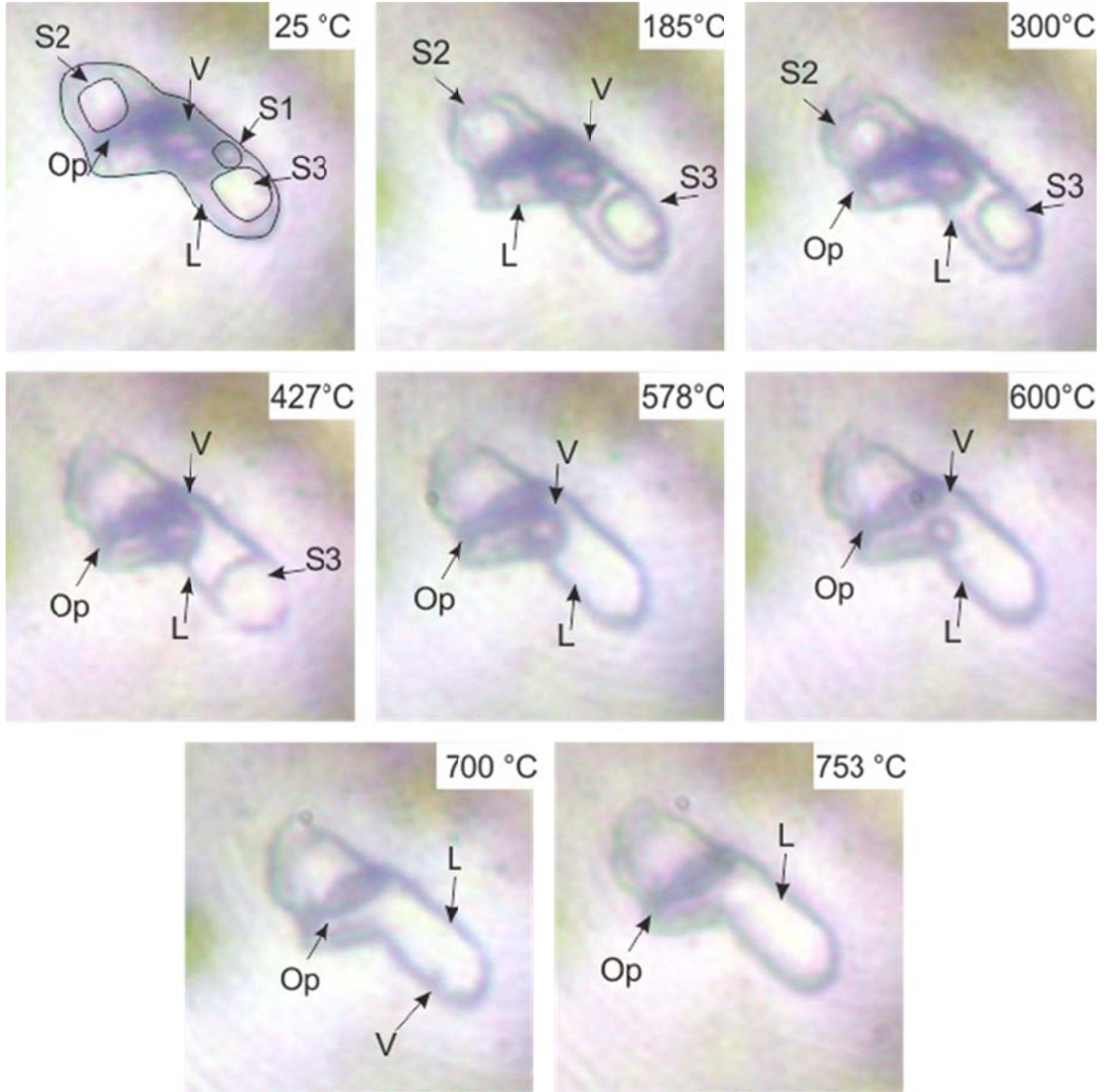
Örnek- No:	İlk-Ergime	Son- Ergime	Th	Tm-Tuz			%NaCl
				S1	S2	S3	
15-6			276	-	-	-	-
			288,6	-	-	-	-
	-32	-22,3	232	-	-	-	-
			249	-	-	-	-
	-50	-23,5	276,6	-	-	-	-
	-	-	286,6	-	-	-	-
	-	-	344,3	-	-	-	-
	-	-	340,2	-	-	-	-
	-	-	309,8	-	-	-	-
		415	468	-	-	55,53	
1A-31	-	-	328	-	-	-	26,30
	-	-	314	-	-	-	7,86
	-	-	312,5	-	-	-	-
	-3	0,1	171,5	-	-	-	-
	-33,2	-13,9	277,2	-	-	-	-
	-33,6	-5	240,5	-	-	-	-
	-	-	123,7	-	-	-	-
	-	-	294,2	-	-	-	-
	-	-	540	-	-	-	-
	-	-	540	524,5	-	-	63,04

Macaristan Eötvös Üniversitende yapılan soğutma ısıtma çalışmalarında çok değişik sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 4-6). Bunlara ait bir örnek Şekil 4.38 verilmektedir.

TipIII kapanımlar arasında homojenleşmesi 1000 °C'yi aşan kapanımlarda rastlanmıştır. Bunlara ait bir örnek Şekil 4.39'te verilmiştir. Şekildedeki görüleceği üzere bu kapanımlarda tuz kristalinin homojenleşmesini takiben ~973 °C de opak faz homojenleşmiş ancak, gaz faz homojenleşmemiştir. ~1125 °C kapanımında iki ayrı faza ayrılma gerçekleşmiştir. Sonuçta muhtemelen bünyesinde bir gaz faz içeren silikat ergiyik ile tuzlu ergiyik birbirinden ayrılmıştır. Kapanım tekrar soğutulması esnasında iki karışmaz farklı ergiyik tekrar karışarak homojen bir karışıma dönüşmüştür. Ancak opak faza ait bileşenler ergiyik içinde çözünmüş olarak kalıp ayrı bir faz oluşturmadığından kapanımın renginde turuncuya bir dönüşüm olmuştur. Buda demirin ergiyik içinde varlığından kaynaklanmaktadır. Opak fazın geri dönüşü daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşmiştir. Bu kapanımın tekrar oda sıcaklığına soğutulduğunda kapanımın şeklininde ve bileşiminde bir değişikliğin meydana gelmemiş olması

Tablo 4-6. Macaristan Eötvös Üniversitende yapılan sıvı kapanım ölçümleri (N.H: homojenleşme sağlanamadı)

	Sıvı Kapanım Bileşimi	Tm _{S1}	Tm _{S2}	Tm _{S3}	Tm _M	Tm _{op}	Th _v	%NaCl
KDD 16-8	S ₁ +S ₂ +S ₃ +Op+ L+V	175	350	516	-	583	423	
	S ₁ +S ₂ +Op ₁ +Op ₂ +L+V	125	510	-	-	Op ₁ : 810;Op ₂ : 922	379	67,69
KDD 21-03	S ₁ +S ₂ +M ₁ +Op ₁ +Op ₂ +L+V	225	583	-	970	Op ₁ : 997;Op ₂ : 997	480	76,78
KDD 21-10	S ₁ +S ₂ +Op+L+V	347	589	-	-	-	510	
	S ₁ +S ₂ +M+L+V	185	427-	578-		-	753	
	S+Op+L+V	550	-	-	-	-	-	
	S+Op+L+V	560	-	-	-	-	-	
	S+L+V	420	-	-	-	-	824	46,47
	S+Op+L+V	331	-	-	-	830	N.H	
	S+Op+L+V	473	-	-	-	958	N.H	
	S+Op+ Op ₂ +L+V	586	-	-	-	Op ₁ : 878;Op ₂ : 1050	361	67,71
	S ₁ +S ₂ +Op+L+V	495	-	-	-	-	843	55,10
	S ₁ +S ₂ +Op+L+V	520	-	-	-	-	-	
	S+ Op+L+V	565	-	-	-	-	780	66,76
	S ₁ +S ₂ +Op+L+V	559	-	-	-	-	-	
	S ₁ +S ₂ +Op+L+V	549	-	-	-	-	-	
	S ₁ +S ₂ +L+V	305	530	-	-	-	770	76,86
	S ₁ +S ₂ +Op+L+V	525	550	-	-	-	837	89,89
S ₁ +L+V	-	-	-	-	-	791		
KDD 21-19	S ₁ +S ₂ +S ₃ +Op ₁ +Op ₂ +L+V	202	281	505	-	-	504	
	S ₁ +S ₂ +M ₁ +Op ₁ +Op ₂ +L+V	300	550	-	688	-	620	78,3
	S ₁ +S ₂ +L+V	300	550	-	-	-	634	78,3
	S+Op+L+V	-	-	-	-	-	498	
	S+Op+L+V	-	-	-	-	-	509	
	S+Op+L+V	553	-	-	-	-	553	67,18
	S+Op+L+V	551	-	-	-	-	-	
S+Op+L+V	565							



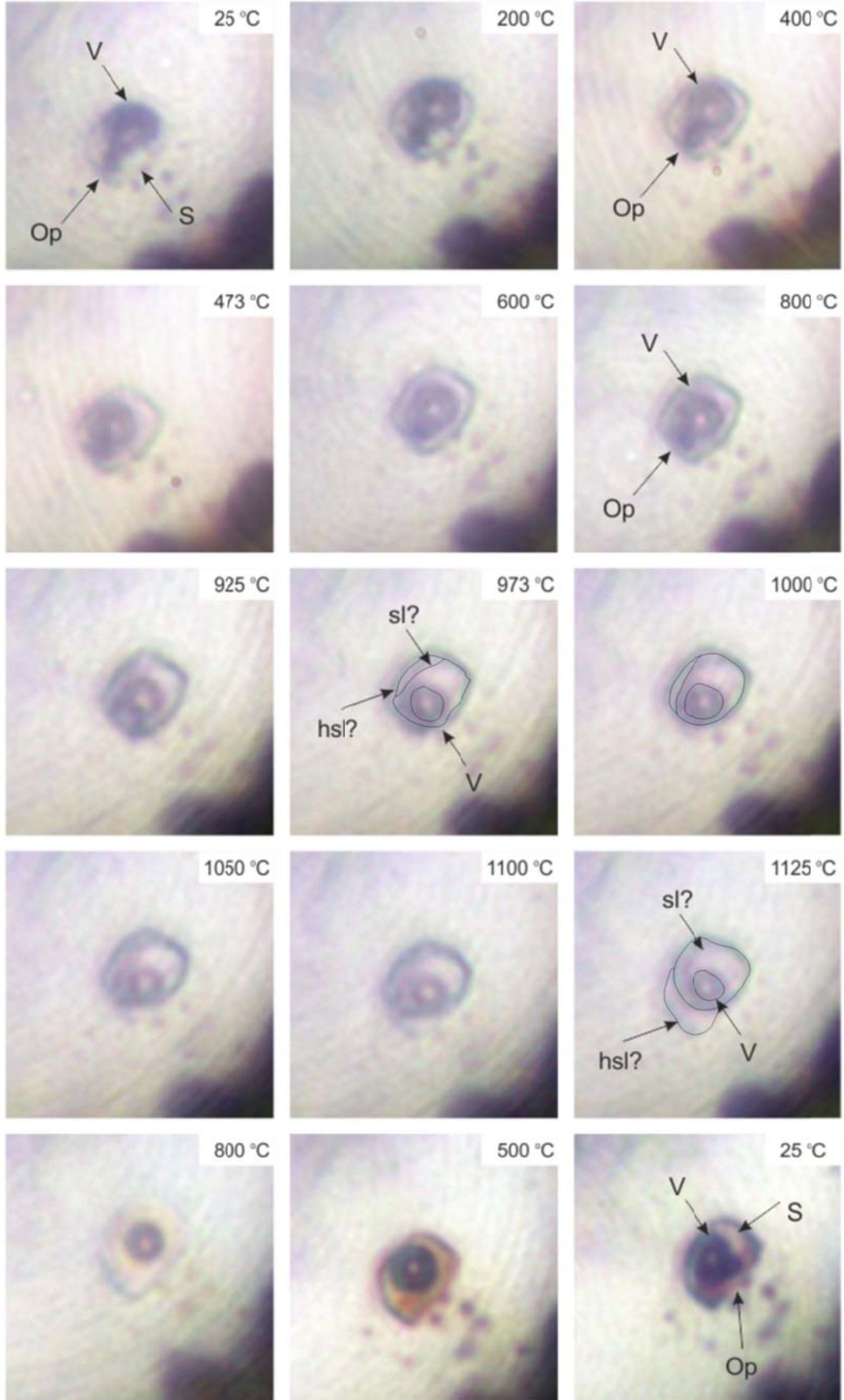
Şekil 4.38. Tip 3 kapanıma ait homojenleşme fazlarını gösteren mikro fotoğraflar. Oda sıcaklığında kapanım S1, S2 ve S3 tuzları ile opak mineral, gaz ve çözelti fazlarını, barındırmaktadır. S1 tuzu 185 derecede homojenleşmiş; S2 ve S3 tuzlarının hacminde azalma söz konusu olmuştur. 300 derecede her iki tuzdaki hacimsel azalma devam etmiş ve gaz kabarcığının hacim değişimi fark edilmeye başlanmıştır. 427 °C S2 homojenleşmiş S3 dairesel bir forma kavuşmuş ve gaz kabarcığında başlangıca oranla % 50'ye yakın bir hacim kaybı meydana gelmiştir. Sıcaklık 527 °C ulaştığında S3 homojenleşmiş, gaz kabarcığındaki ufalma devam etmiş ve çözelti fazı kapanımın >%80' ini kaplamıştır. 600 °C gaz fazın iyice ufalmıştır. 700 °C ise kabarcık tamamen ufalmış noktasal bir boyuta ulaşmıştır. Nihayetinde 753 °C' de gaz kabarcığı homojenleşmiş ve kapanımın içinde sadece opak mineral kalmıştır.

ölçümlerin sağlıklı olduğunun bir göstergesidir. Bu tür kapanımlar daha önce ifade edilen ergiyik kapanımlara örnektir. Kuvars içinde gözlenen bu tür kapanımların 1150°C'ye kadar ısıtılması esnasında ana mineralde gözle gözükken bir değişiklik olmamıştır. Normal olarak kuvarsın bu kadar yüksek sıcaklıklara dayanması mümkün olamayacağına göre bunun beta kuvarsa dönüşüm yapmış olması hayli yüksek bir olasılıktır. Ancak bunun tam olarak tespiti için kuvarsın farklı sıcaklıklar altında Raman ile ölçüm yapmak ve sıcaklığa göre kristal sistemindeki olası değişikliği ortaya koymak gerekmektedir.

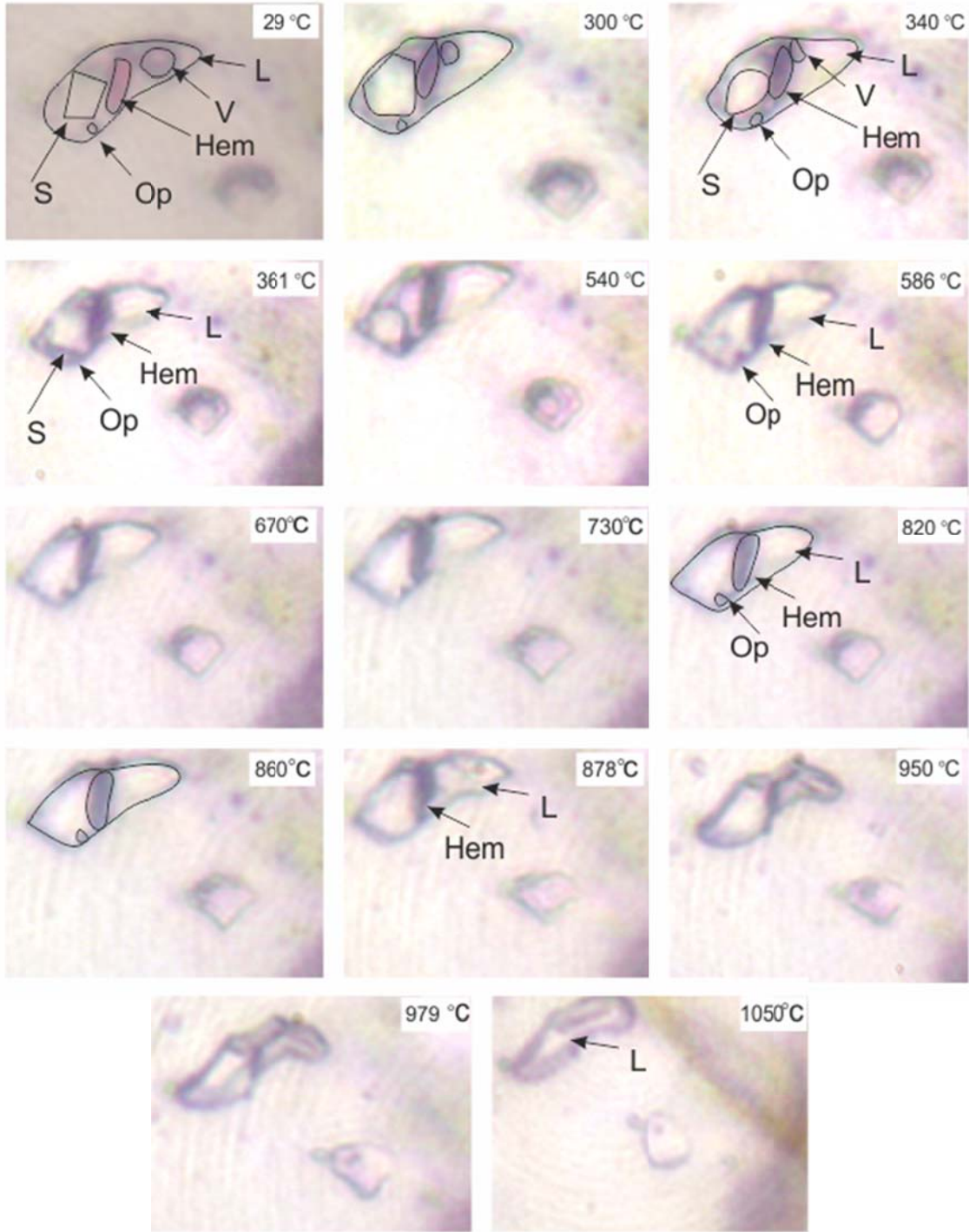
Yapılan bu ölçüm ve gözlemlere çok benzer çalışmalara son zamanlarda rastlanmaktadır. Kamenetsky ve Kamenetsky (2010) silikat ergiyik kapanımlar ile karışmaz halde bulunan magmatik çözeltiler üzerine yaptıkları çalışmada kapanımlar üzerinde yaptıkları çalışmada kuvars kristali içinde bulunan kapanımda, yaklaşık 860 °C de silikat ergiyik ve tuzlu magmatik çözelti fazlarının birbirinden ayrıldıklarını belirtmişlerdir. Aynı çalışmada ayrıca kapanımlar içinde bulunan bir opak fazın 745 °C de homejenleştiğini belirtmişlerdir. Buradan hareketle yapılan ölçümlere dayanarak porfiri maden yataklarında kuvars damarlarında ergiyik kapanımların bulunabildikleri anlaşılmaktadır.

Şekil 4.40 ise yine KDD 21-10 nolu örnekte bulunan bir kapanımın sıcaklığın artışıyla birlikte gösterdiği değişikliklere yer verilmektedir. Bu kapanım oda sıcaklığında iki adet opak faz bir tuz kristali ve gaz fazından oluşmaktadır. Sıcaklığın 300 °C'ye ulaşmasıyla birlikte az kabarcığında belirgin bir hacim kaybı meydana gelmiştir. 361 °C' de gaz fazı 586 °C' de tuz kristali homejenleşmiştir. 878 °C de siyah renkli noktasal görünümlü opak faz homejenleşmiştir. Bu sıcaklıktan sonra kapanımın şeklinde deformasyon meydana gelmeye başlamıştır. 1050' °C' de kırmızı renkli opak faz homejenleştiğinde ise kapanımın şekli ilk halinden tamamen farklı daha az hacimli bir hal almıştır.

KDD 21-10 nolu örnekten ölçülen bu 3 farklı kapanım çalışılan maden sahasında ne kadar kompleks bir sistemin etkili olduğunu göstermektedir. Her ne kadar bu çalışma henüz katodoluminesans gibi kuvarsların oluşum fazlarını gösteren bir çalışma ile desteklenmemiş olsada aynı damar içerisinde ~ 1100 °C'ye kadar homejenleşmeyen 800 derecenin üzerinde 800- 600 °C arasında ve 600-400 °C arasında homejenleşen kapanımların bulunması, bu damarın en az 3 farklı aşamada, muhtemelen farklı bileşimdeki çözeltiler/ergiyikler tarafından oluşturulduğunu gösterir.



Şekil 4.39. Tip III ? kapanıma ait homojenleşme fazlarını gösteren mikro fotoğrafları



Şekil 4.40. Tip 3 kapanıma ait homojenleşme ve ergime fazlarını gösteren mikro fotoğrafları. Gaz faz 361 °C’ de homojenleşirken tuz kristali 586 °C de ergimiştir.. Siyah ve kırmızı renkli opak fazlar sırasıyla 878 ve 1050 °C’de ergimiştir. 878 °C’de siyah renkli opak fazın homoejnleşmesinden sonra kapanım da hacimsel değişiklik görülmeye başlamıştır.

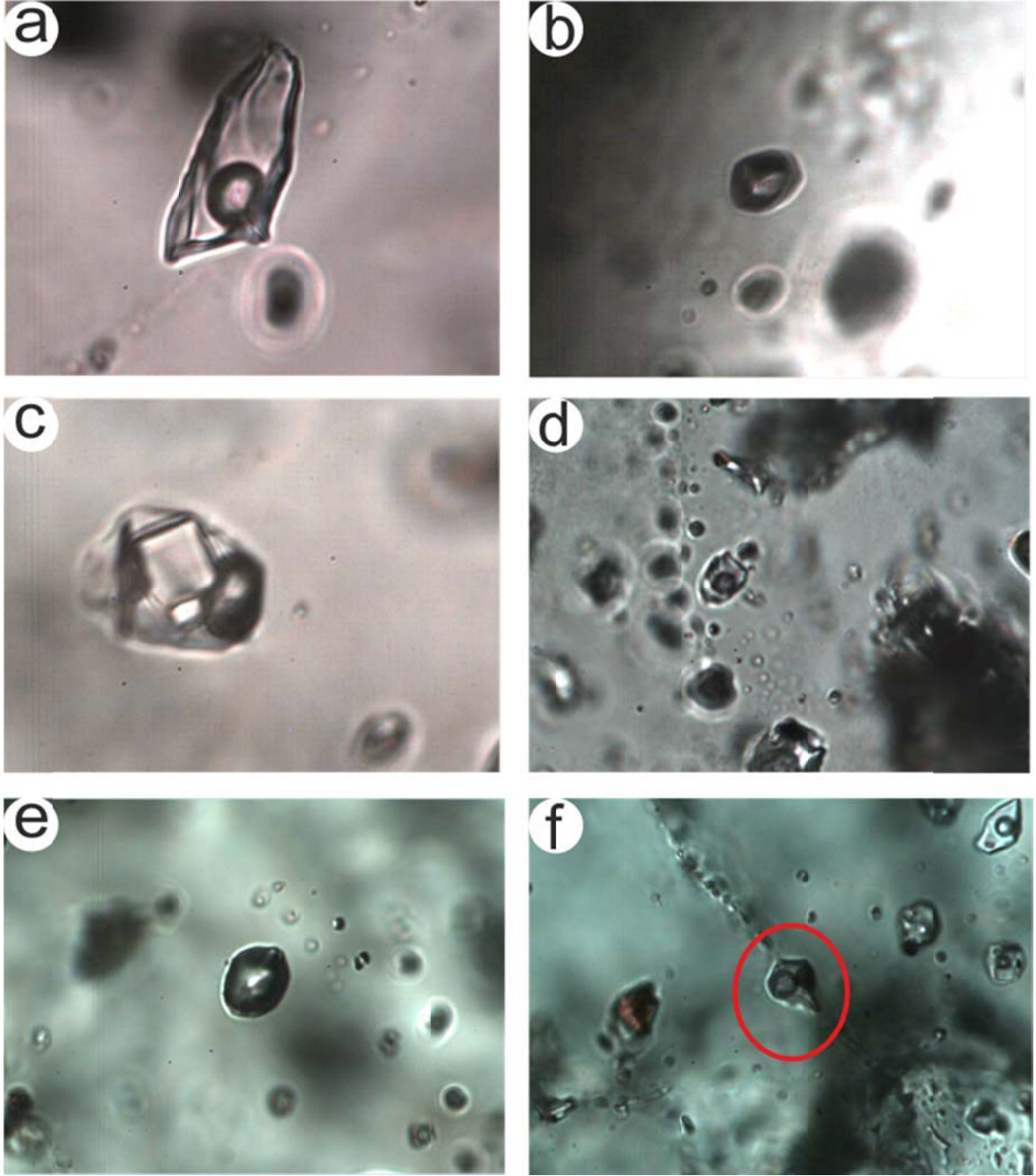
4.8. Raman Çalışmaları

Raman Lazer analizleri sıvı kapanımlar içindeki farklı fazların bileşimlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu amaçla sıvı kapanımların bünyelerindeki opak katı fazların belirlenmesi için KDD 1A-31, KDD 16-8, KDD 21-3 KDD 21-10, KDD 21-19, gaz fazların belirlenmesinde ise KDD 1A-31 ve KDD 21-10 numaralı örnekler kullanılmıştır. Raman spektrometresi analizleri iki fazlı ve çok fazlı sıvı kapanımlar üzerinde yapılmıştır (Şekil 4.41).

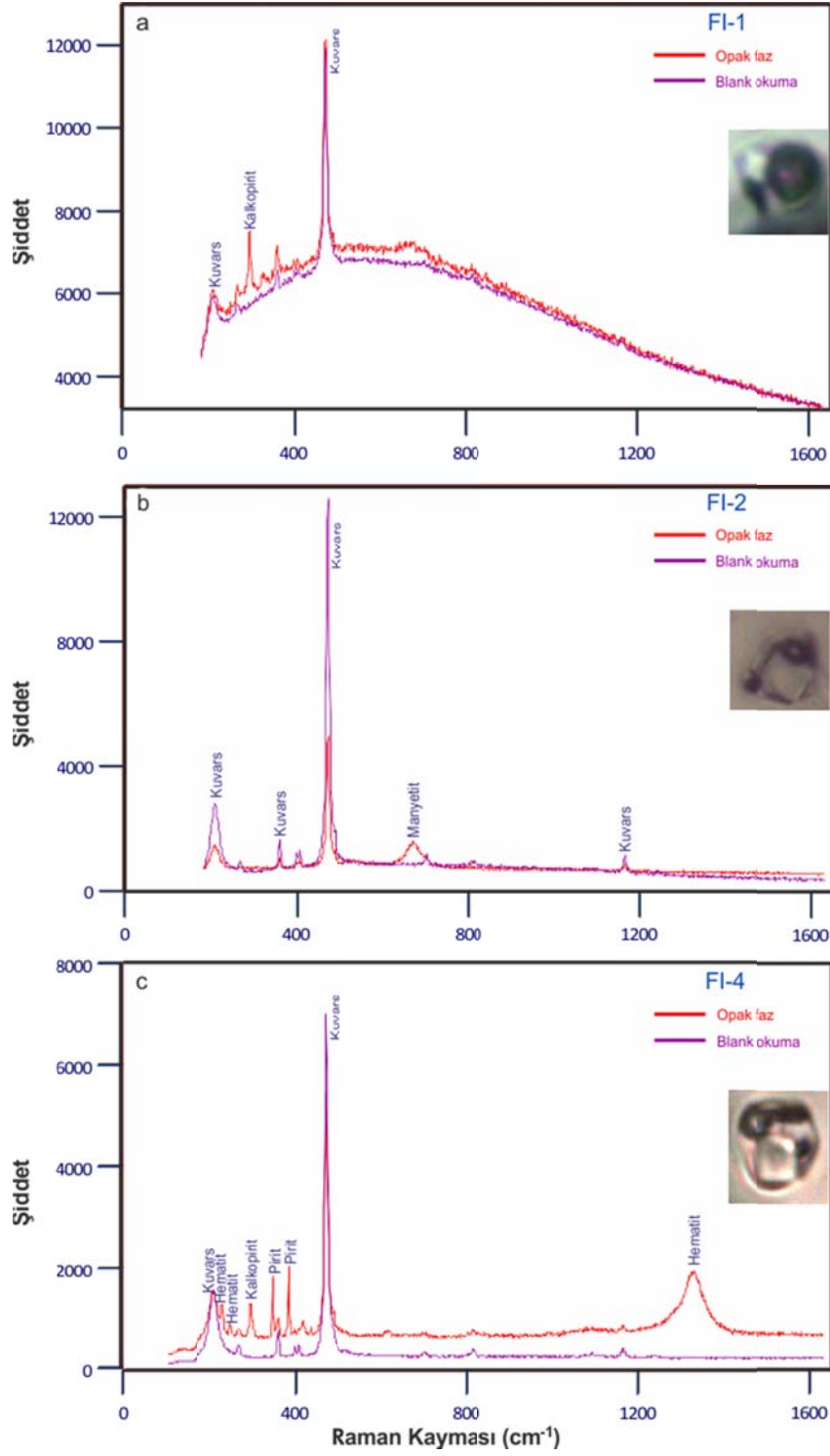
Raman analizleri sonucunda elde edilen spektrumlar beklenen olası minerallerin referans spektrumları ile kıyaslanarak mineralin cinsi tespit edilmiştir. Bu çalışmada kalkopirit ve pirit için Mernagh ve Trudu (1993), manyetit için Shebanova ve Lazor, (2003), hematit için Kuebler vd., (2006), anhidrit için Thompson vd., (2005), alünit Frost vd., (2006), sinjenit için Kloprogge vd., (2002) ve kuvars için Palmeri vd., (2009) referansları kullanılmıştır.

Opak fazların tanımlanması için kullanılan örnekler Karakartal maden sahasının farklı zonlarından alınmış olmakla birlikte benzer sıvı kapanım petrografisine sahiptirler. Sıvı kapanım petrografisi esnasında yapılan tanımlamalara göre kırmızı tonlarda rengi olan opak minerallerin Raman analizlerinde hematit (ve/veya hidrohematit ?) olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.42 ve Şekil 4.43). Tamamen opak olan fazlardan üçgen şeklinde gözükenlerin kalkopirit, öz şekilsiz olanların ise pirit ve manyetit oldukları belirlenmiştir (Şekil 4.42, Şekil 4.43. Birden çok opak faz içeren sıvı kapanımların bazılarında ise manyetit-pirit, pirit-kalkopirit ve kalkopirit-pirit çiftleri aynı kapanım içinde bulunabilmektedir. Hematit veya hidrohematit ise bu mineral çiftlerinin yanında üçüncü opak faz olarak bulunabildiği gibi, tek başına ya da sadece diğer opak minerallerin biri ile birlikte de bulunabilmektedir. Sülfürlü ve oksitli minerallere ilave olarak (Şekil 4.41, Şekil 4.43) sülfatlı minerallerin varlığı da hem raman analizleri hemde petrografik gözlemlerde tespit edilmiştir.

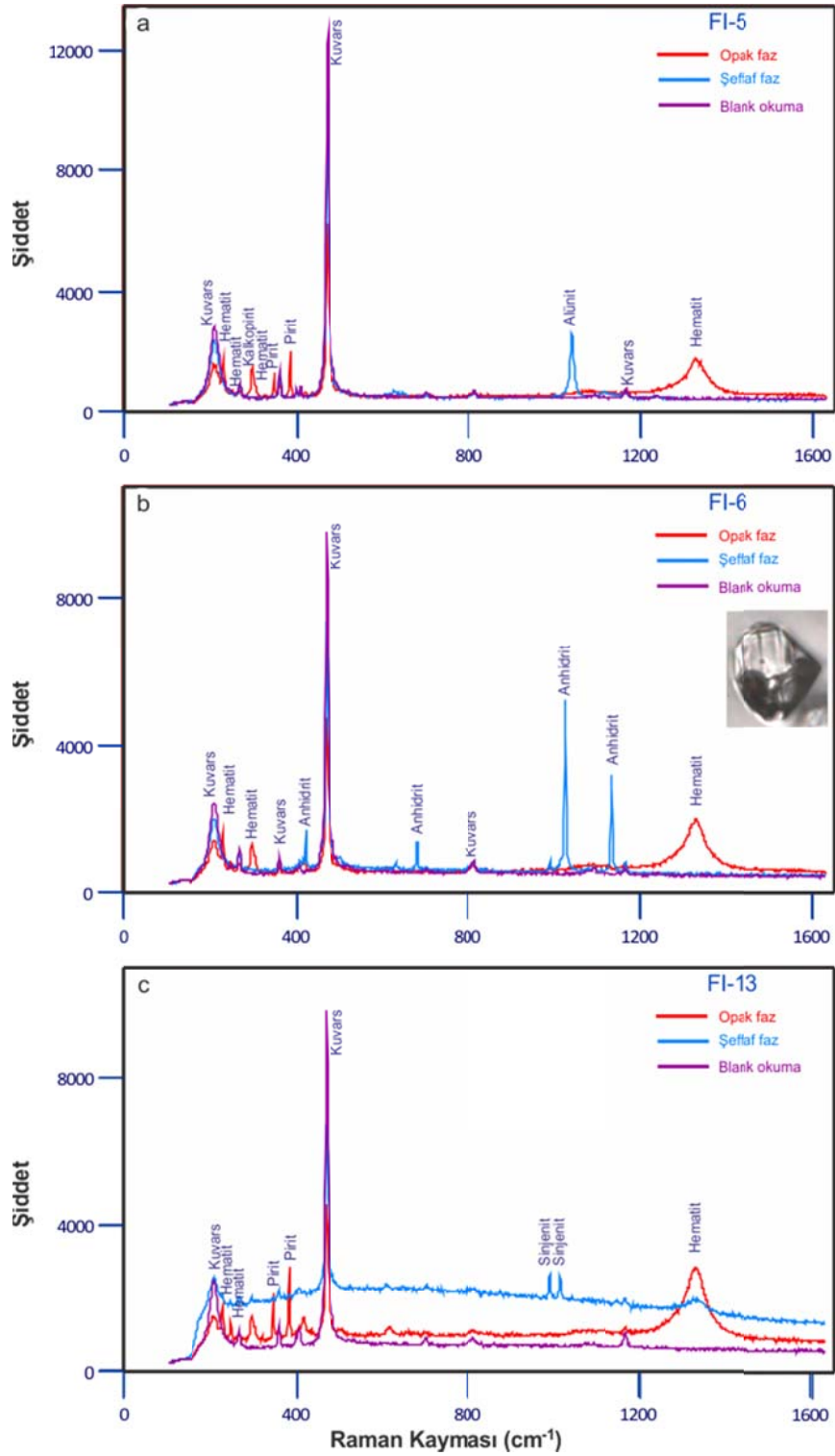
Sıvı kapanımlarda bulunan gaz fazların üzerinde yapılan raman spektrometresi analizlerinde ise gaz bileşenlerin kapanımın tipine göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Potasik zonun merkezinden alınan KDD 21-10 numaralı örnekte sıvı fazın daha baskın olduğu (F1-2 ve F1-8 numaralı) kapanımlarda gaz faz olarak bolluk sırasına CO₂, CH₄ ve N₂ belirlenmiştir (Tablo 4-7)



Şekil 4.41. Lazer Raman analizlerine tabi tutulan sıvı kapanımların görünüşleri. Potasik alterasyon zonundan alınan (a) FI-2 numaralı L+V tip kapanım, (b) FI-9 numaralı V+L tip kapanım, (c) FI-1 numaralı L+V+S tip çok fazlı kapanım, potasik alterasyon zonunun dışından alınan (d) FI-11 numaralı L+V tip kapanım, (e) FI-17 numaralı V+L tip kapanım, (f) FI-16 numaralı L+V+S tip çok fazlı kapanımlar.



Şekil 4.42 Karakartal madeni sahasından 21 numaralı sondajdan alınan örneklerdeki çok fazlı sıvı kapanımların bünyesinde mevcut olan katı fazların raman spektro çekimleri. Blank okumlarda sadece kuvars pikleri bulunmaktadır.



Şekil 4.43 Karakartal madeni sahasından 21 numaralı sondajdan alınan örneklerdeki çok fazlı sıvı kapanımların bünyesinde mevcut olan katı fazların raman spektro çekimleri. Blank okumlarda sadece kuvars pikleri bulunmaktadır.

Azotun bir miktarının atmosferden kaynaklanmış olma ihtimaline karşı boş ölçümler de yapılarak atmosferde kaynaklanan azotun eliminasyonu sağlanmıştır. Ayrıca, spektro çekimlerinde atmosferik olmayan azot piki de gözlenmiştir. Gaz fazın baskın olduğu (V+L tip; FI-3 ve FI-9 numaralı) kapanımlarda gaz faz olarak sadece CO₂ ölçülmüştür.

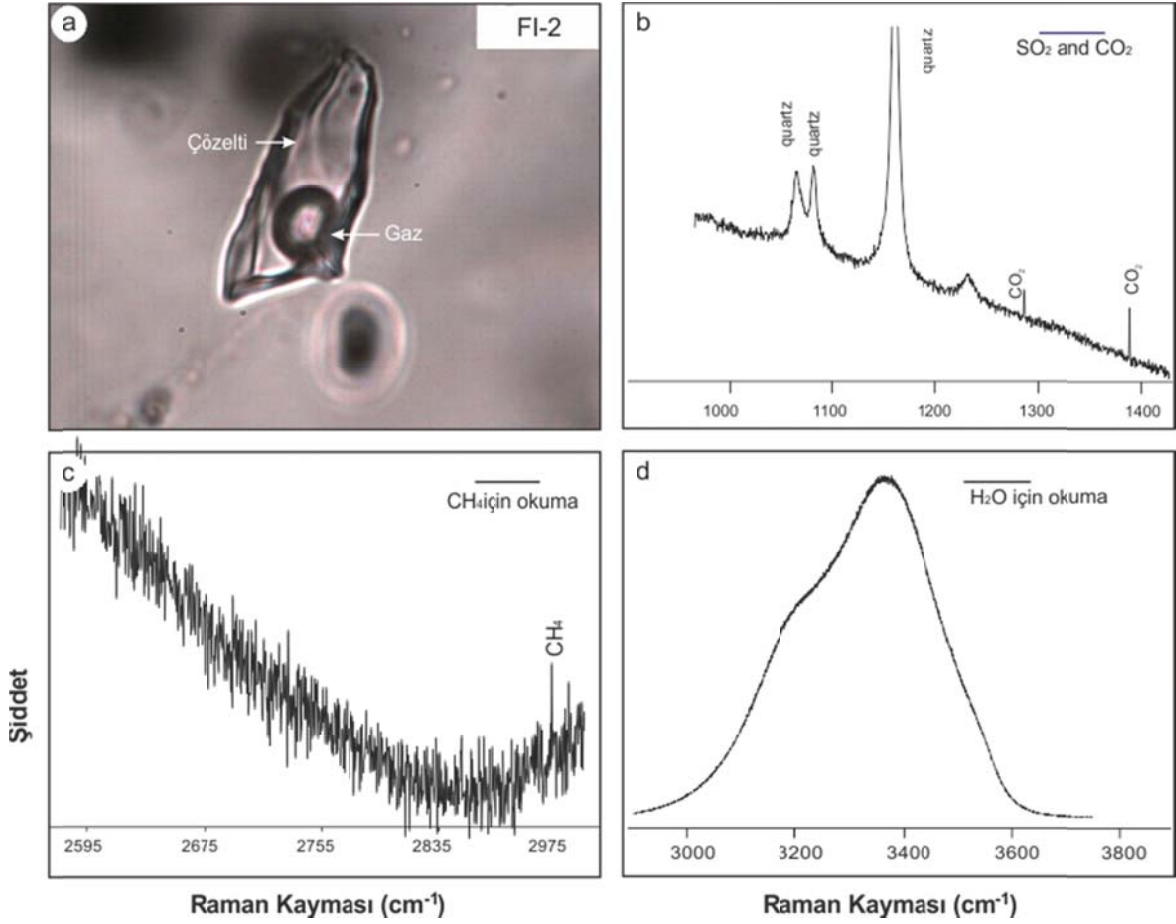
Potasik zon dışından alınan örneklerin bileşiminde bir miktar farklılık söz konusudur. Sıvı fazın gaz faza göre (L+V tip) daha baskın olduğu (KDD 1A-31 numaralı örnekteki FI-11, FI-12 numaralı) kapanımlarda gaz fazda H₂O dışında bir bileşen tesbit edilememiştir. Buna karşın gaz fazın daha baskın olduğu (V+L tip; FI-17 numaralı) kapanımlarda ise CO₂ ile az miktarda CH₄ belirlenmiştir. Bu bölgedeki çok fazlı kapanımlarda (KDD 1A-31 numaralı örnek; FI-16 numaralı) potasik zondaki benzer özellikli kapanımların aksine CO₂'e ilaveten CH₄'ın da var olduğu gözlenmiştir. İlk ergime sıcaklıkları da kapanımlarda metanın ve karbon dioksidin varlığını desteklemektedir (Şekil 4.32).

Gaz fazların üzerinde yapılan ölçümlerin sayısının yerli olmamasından dolayı gaz bileşimi ve cevherleşme, dolayısıyla çözelti kimyası arasındaki bağlantı tam olarak kurulamamıştır. Ancak CO₂ ve CH₄ içeren kapanımların altın cevherleşmesi ile ilişkili olduklarına vurgu yapan çalışmalar bulunmaktadır (Naden ve Shepherd 1989, Guilhaumou vd., 1990, Baker vd., 2006) Bunların tam olarak belirlenebilmesi için LA-ICP-MS analizlerine gerek vardır. Çözelti içindeki Au ve gaz faz bileşenlerinin konsantrasyonlarının ölçülebilmesi durumunda daha net bir sonuca varılabilecektir. Ancak yinede bünyesinde CO₂ ve CH₄ bulunan kapanımların KDD 21-10 nolu kesitten elde edilmiş olması ve bu örneğinde 3726 ppm Cu ve 1323 ppb Au değerleri sahip olması bu düşüncüyü desteklemektedir.

Gaz fazların referans spektrumları CO₂ için Rosso ve Bodnar, (1995), CH₄ için Brunsgaard-Hansen et al., (2002), SO₂ için Herzberg, (1950), N₂ için Dubessy vd., (2001), H₂O için ise Fraley vd., (1969) kullanılmıştır.

Tablo 4-7. Eötvös Lorent Üniversitesinde yapılan Raman analizleri sonuçları (n.m: ölçülmedi, m.d mevcut değil, ö.y ölçüm yapılmadı, X: mevcut)

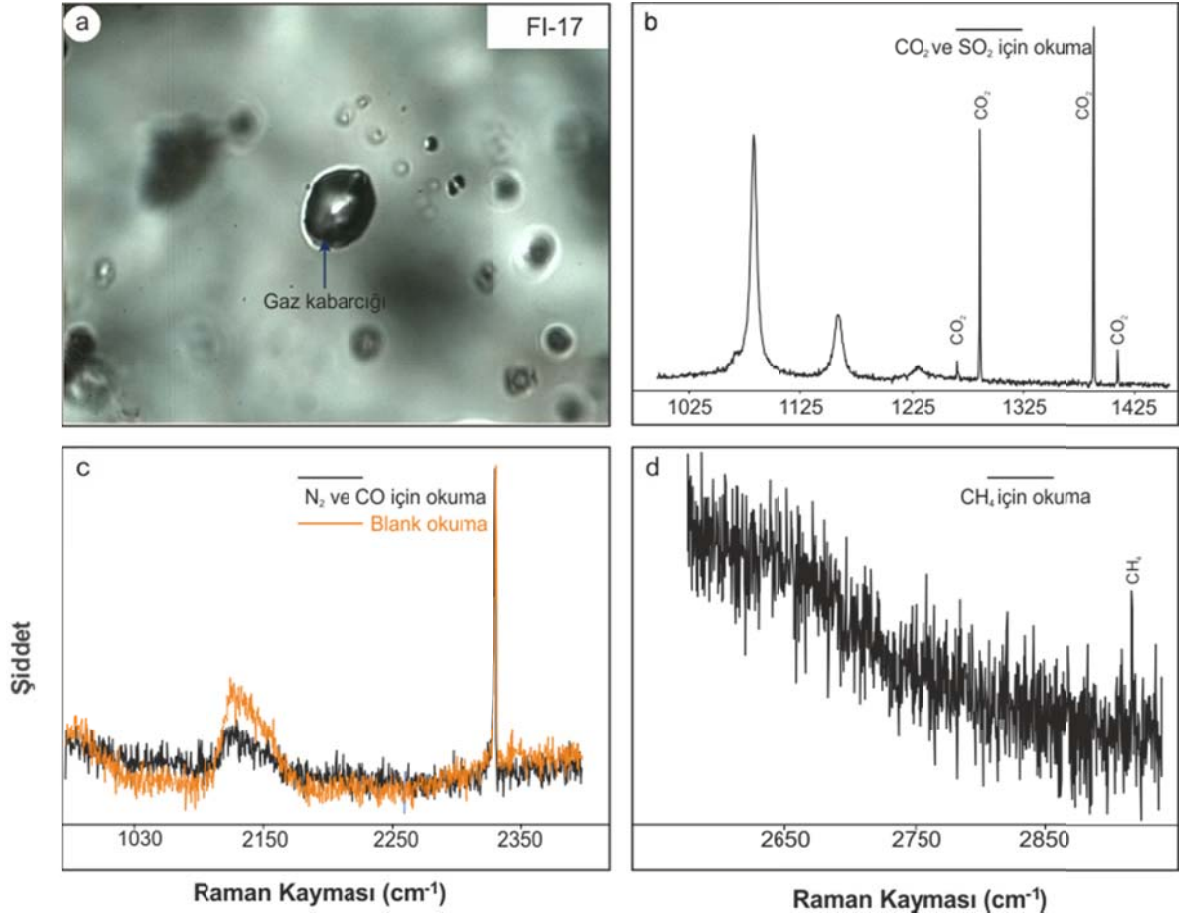
			CO ₂	CH ₄	SO ₂	N ₂	Op	M
KDD 21-8	Fl-5	S ₁ +S ₂ +M+Op+L+V	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	biyotit
KDD 21-10	Fl-1	S ₁ +S ₂ +Op+L+V	X	-	-	-	-	m.d
	Fl-2	L+V	X	X	-	X	m.d	m.d
	Fl-3	V+L	X	-	X	-	m.d	m.d
	Fl-4	S+Op+L+V	X	-	-	-	öy	m.d
	Fl-6	S ₁ +S ₂ +Op+L+V	X	-	-	X	öy	m.d
	Fl-7	Op+L+V	X	-	-	-	öy	m.d
	Fl-8	L+V	?	X	-	-	m.d	m.d
	Fl-9	V+L	X	-	-	-	m.d	m.d
	Fl-10	S ₁ +S ₂ +Op+L+V	X	-	-	-	öy	m.d
	1A-31	Fl-11	L+V	-	-	-	-	m.d
Fl-12		L+V	-	-	-	-	m.d	m.d
Fl-13		S+Op+L+V	Gaz faz lazer ışını altında duraylı olmadığı için ölçüm yapılamadı					
Fl-14		S+L+V	-	-	-	-	m.d	m.d
Fl-15		S ₁ +Op ₁ +Op ₂ +L+V	Gaz faz lazer ışını altında duraylı olmadığı için ölçüm yapılamadı					
Fl-16		Op+L+V	X	X	-	-	öy	m.d
Fl-17		V+L	X	X	-	-	m.d	m.d
Fl-18		S ₁ +Op ₁ +Op ₂ +L+V	X	-	-	-	öy	m.d
KDD 21-19	Fl-19	S ₁ +S ₂ +M+Op ₁ +Op ₂ +L+V	X	-	-	-	öy	biyotit
	Fl-20	S ₁ +S ₂ +Op ₁ +Op ₂ +L+V	X	-	-	-	öy	-



Şekil 4.44. Karakartal maden sahasından KDD 21-10 numaralı sondajdan alınan örnekten hazırlanan kesitteki FI-2 numaralı iki fazlı sıvı kapanım(a), bu kapanımın gaz fazı üzerine CO₂ için yapılan Raman okuması(b), CH₄ için yapılan raman okuması (c), kapanıma ait sıvı fazın raman okuması (d).

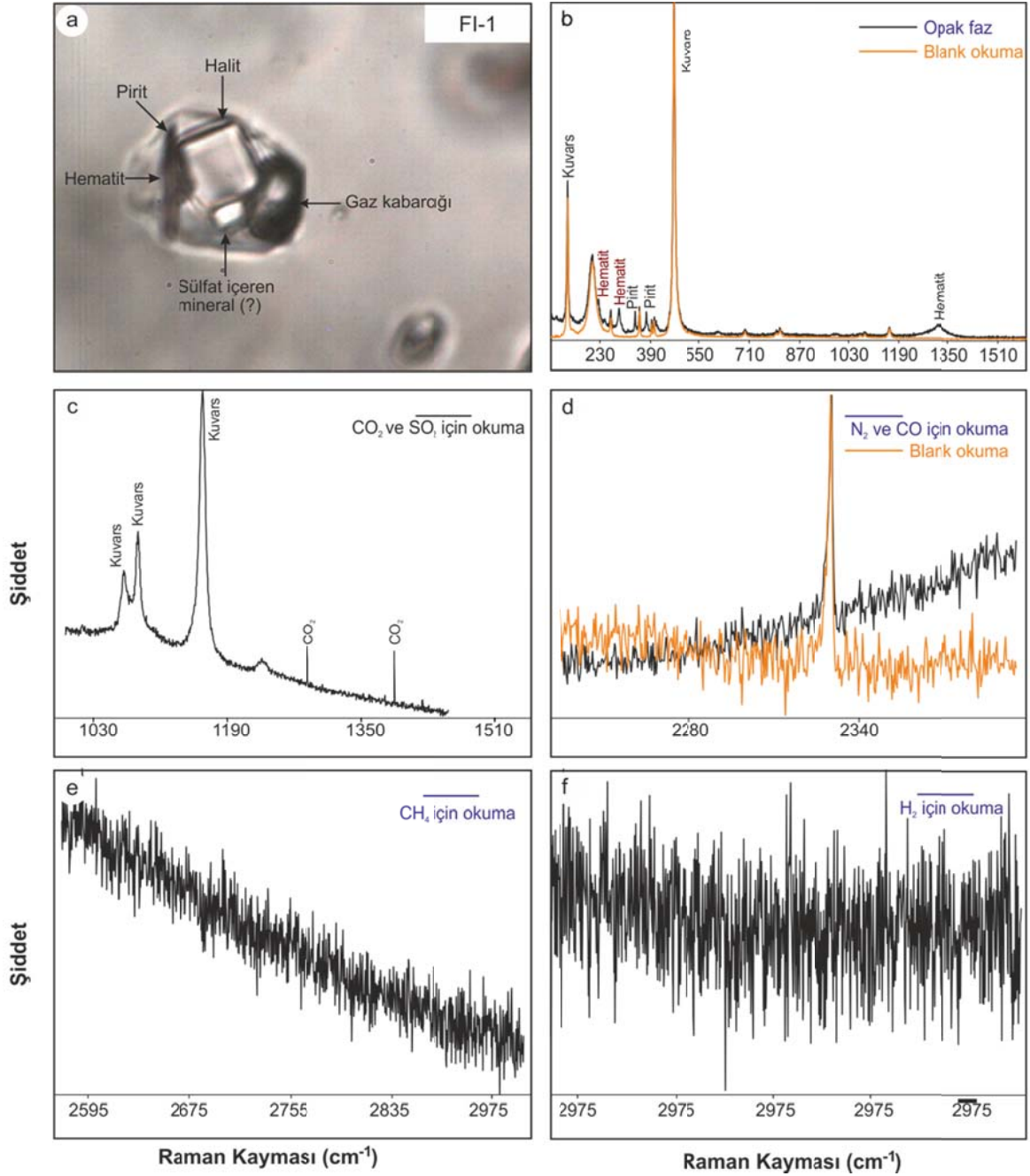
4.9. BSE-SEM ve EDX analizleri

Taramalı elektron mikroskobunda BSE görüntüsü altında EDX ışınlarıyla sıvı kapanımların bileşimleri kalitatif olarak tayin edilebilmektedir. Bu çalışma kapsamında Eötvös Üniversitesinde ve Karadeniz Teknik Üniversitesinde yapılan çalışmalarla farklı sıvı kapanımların bünyesindeki bileşenlerin, özellikle tuz bileşeninin türü tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan tayinlerde özellikle sıvı kapanım kesitlerinin yüzeyinde ve yüzeyine yakın konumda bulunan ($z < 2$ mikron) kapanımlar ölçülmeye çalışılmıştır (Şekil 4.47 ve Şekil 4.48).

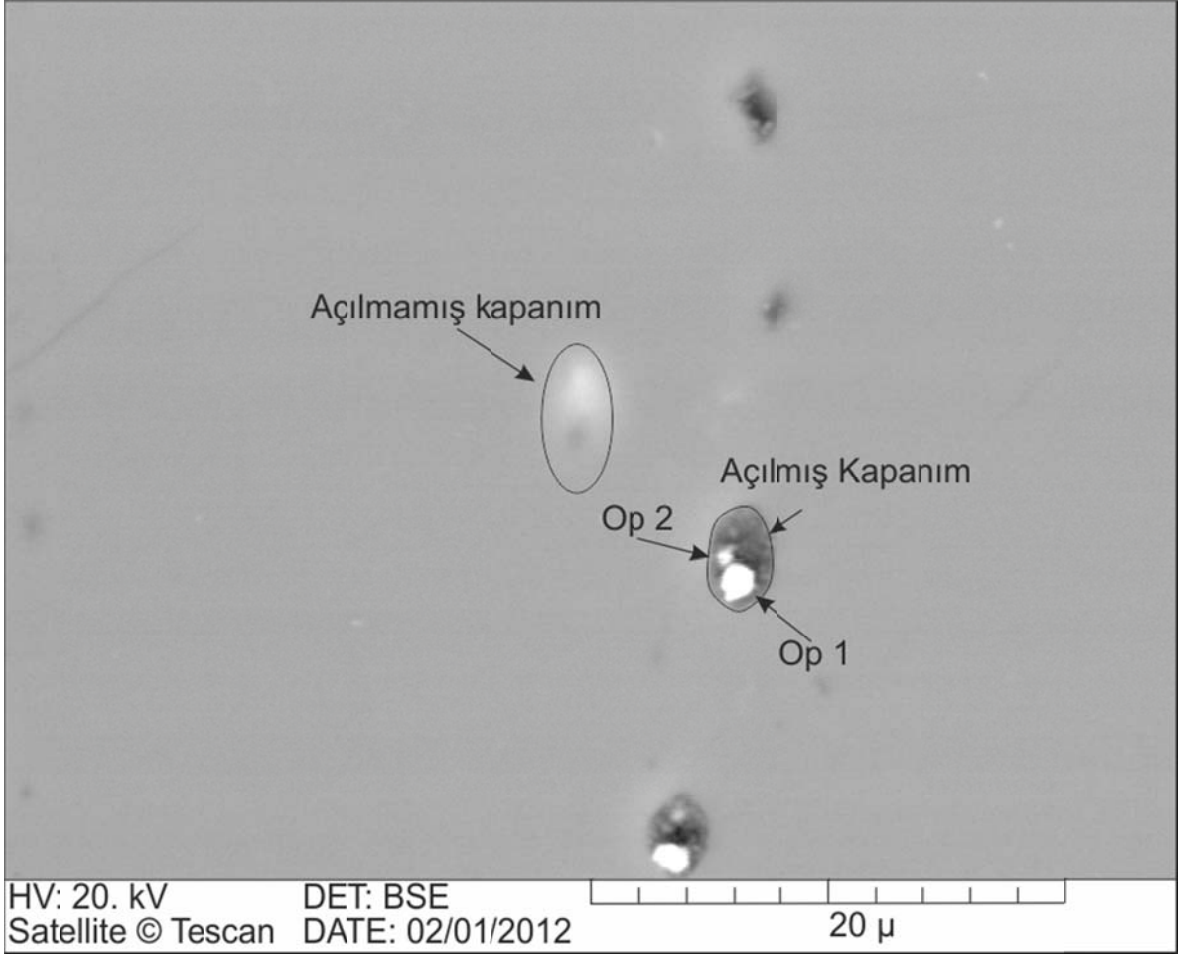


Şekil 4.45. Karakartal maden sahasından KDD-1A-31 numaralı sondajdan alınan örnekten hazırlanan kesitteki FI-17 numaralı gazca zengin kapanım(a), bu kapanımın gaz fazı üzerine CO₂ için yapılan Raman okuması(b), N₂ için yapılan raman okuması (c), CH₄ için yapılan raman okuması (d)..

BSE görüntülerinde tespit edilebilme kolaylığı sunduğu için, opak faz içeren kapanımların ölçüldüğü EDX analizlerinde bu tür kapanımlardaki tuz bileşenlerinin kompleks olduğu görülmüştür. Tuz bileşeni olarak Cl'un yanında bolluk oranına göre Na, K ve Ca'un varlığı tespit edilmiştir. Fe-Mn- Cu-Zn gibi elementlerin hangi tür kapanımlarda bulunduğunu, kapanım türünün BSE görüntüsü altında tam olarak tespit edilemediğinden dolayı kapanımların tipi ile ilişkilendirilememiştir. Ancak BSE altında içinde opak faz bulunan kapanımların çok daha kolay tespit edildiği düşünüldüğünde EDX ile okunan kapanımların büyük çoğunluğunun Tip III kapanım olacaktır. Tablo 4-8 de açıkça görülen kimyasal bileşimde bu sebepten dolayı Tip III kapanımların kimyasını yansıtmaktadır. Bunun yanı sıra bu değerlerin çözeltiden mi yoksa kapanım içinde bulunan katı fazlardan geldiği bilinmemektedir.

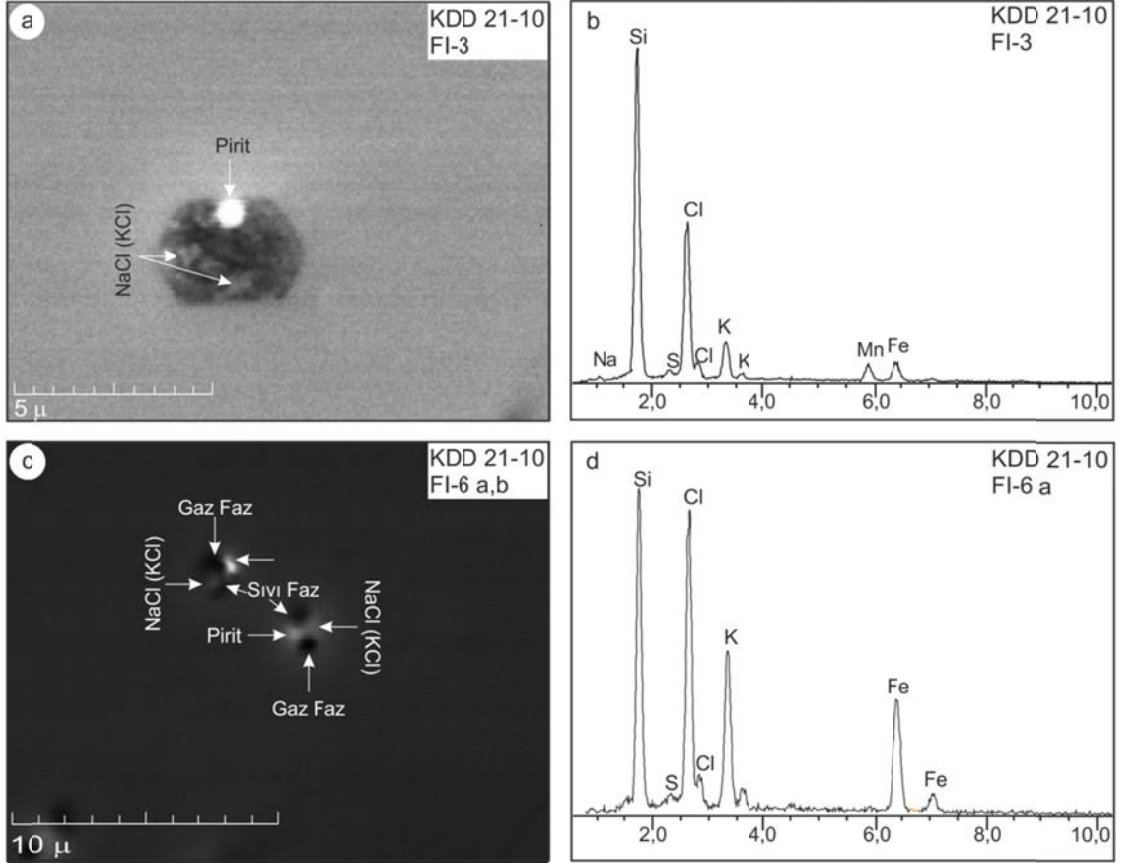


Şekil 4.46 Karakartal maden sahasından KDD 21-10 numaralı sondajdan alınan örnekten hazırlanan kesitteki FI-1 numaralı çok fazlı sıvı kapanım(a), bu kapanımın opak fazı üzerinde yapılan Raman okuması (b), kapanımın gaz fazı üzerine CO₂ için yapılan Raman okuması(c), N₂ için Raman okuması (d) CH₄ için yapılan raman okuması (e), ve H₂ Raman okuması (f).

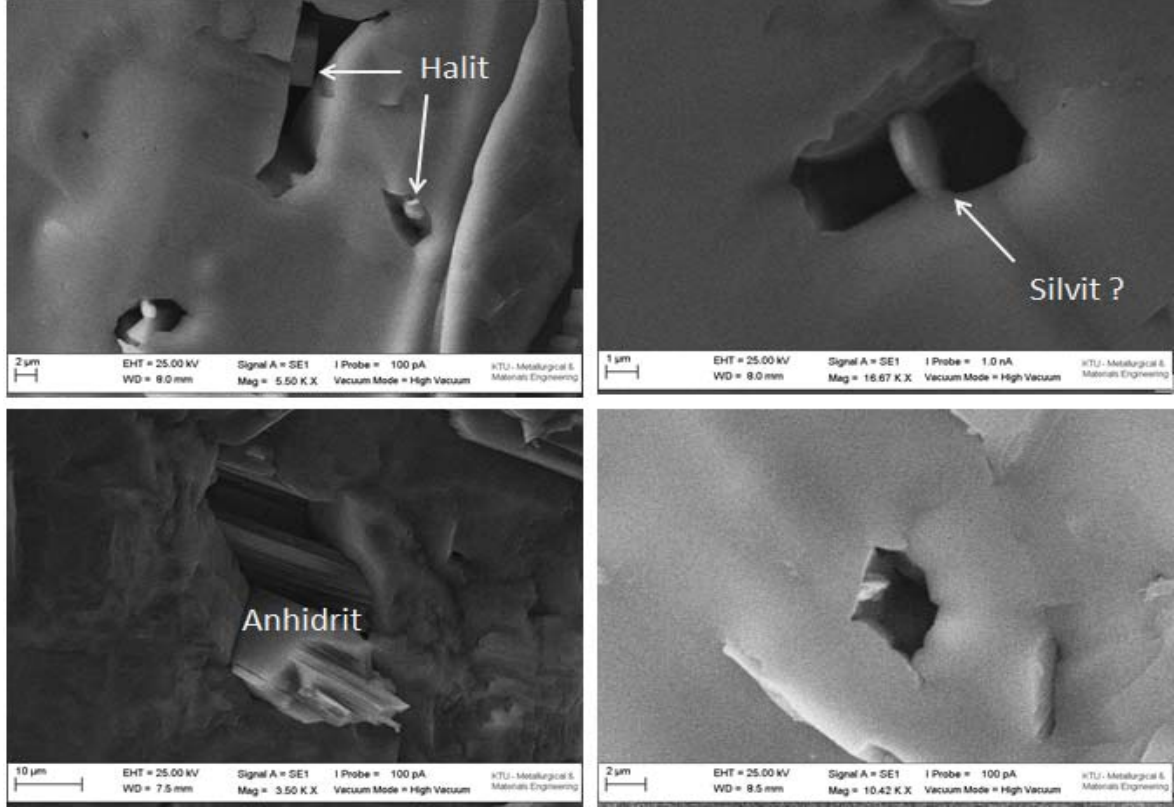


Şekil 4.47. BSE görüntüsü altında yüzeyin altındaki ve yüzeyde açılmış halde bulunan kapanımların görünüşleri

SEM analizlerinde ise kuvars damarları içinde açılmış halde bulunan kapanımlar içerisindeki kübik yapısı ile halit, diresel yapısı ile silvit ve ışınal olarak gözlenen anhidrit bileşenleri tanımlana bilmiştir.



Şekil 4.48. Eötvös Lorent Üniversitesinde BSE görüntüsü altında EDX ile analiz edilen kapanımlara ait mikrofotograf ve spektrumlar



Şekil 4.49 Kuvars damarlarında bulunan açılmış sıvı kapanımların SEM görüntüleri

Tablo 4-8. Eötvös Üniversitesi Litosfer Araştırmaları Laboratuvarında yapılan EDX çalışmalarına ait özet tablo

Örnek No:	Kapanım	Tespit Eldilen Elementler	Örnek No:	Kapanım	Tespit Eldilen Elementler
KDD 1A-31	FI-1	Cl+Fe+K+S	KDD 21-06	FI-2b	Cl+K+Fe+S+Na+Mn
	FI-2	Cl+Fe+K+S+Na		FI-3	Cl+K+Na+S+Fe+Mn
	FI-3	Cl+ ^o Ca+S+K+Fe		FI-12	Cl+K+Fe+S
	FI-4	Cl+Fe+K+S+Mn	KDD 21-10	FI-1a	Cl+K+Fe+Mn+S+Na+Al
KDD 15-6	FI-1	Cl+K+Fe+ ^o Ca+Na		FI-1b	Cl+K+S+Fe+Mn
	FI-4	Cl+K+Fe		FI-2	Cl+K+Na+S+Fe
	FI-5	Cl+K+Fe		FI-3	Cl+K+Fe+S+Mn
	FI-6	Cl+K+Fe+S		FI-6	Cl+K+Fe+S+Mn
KDD 16-8	FI-1	Cl+K+S+Fe		FI-6b	Cl+K+Fe+S+Na+Mn
	FI-2	Cl+K+Fe+S	FI-8b	Cl+K+Fe+Mn	
	FI-3	Cl+Fe+K+S	KDD 22-60	FI-1	Cl+K+Fe+Mn+S+Na
KDD 21-06	FI-1	Cl+K+F+S		FI-2	C+-K+Fe+S+Mn- ^o Cu
	FI-2a	Cl+K+S+Mn+Fe+Zn+Na		FI-3	Cl+Na+S+K

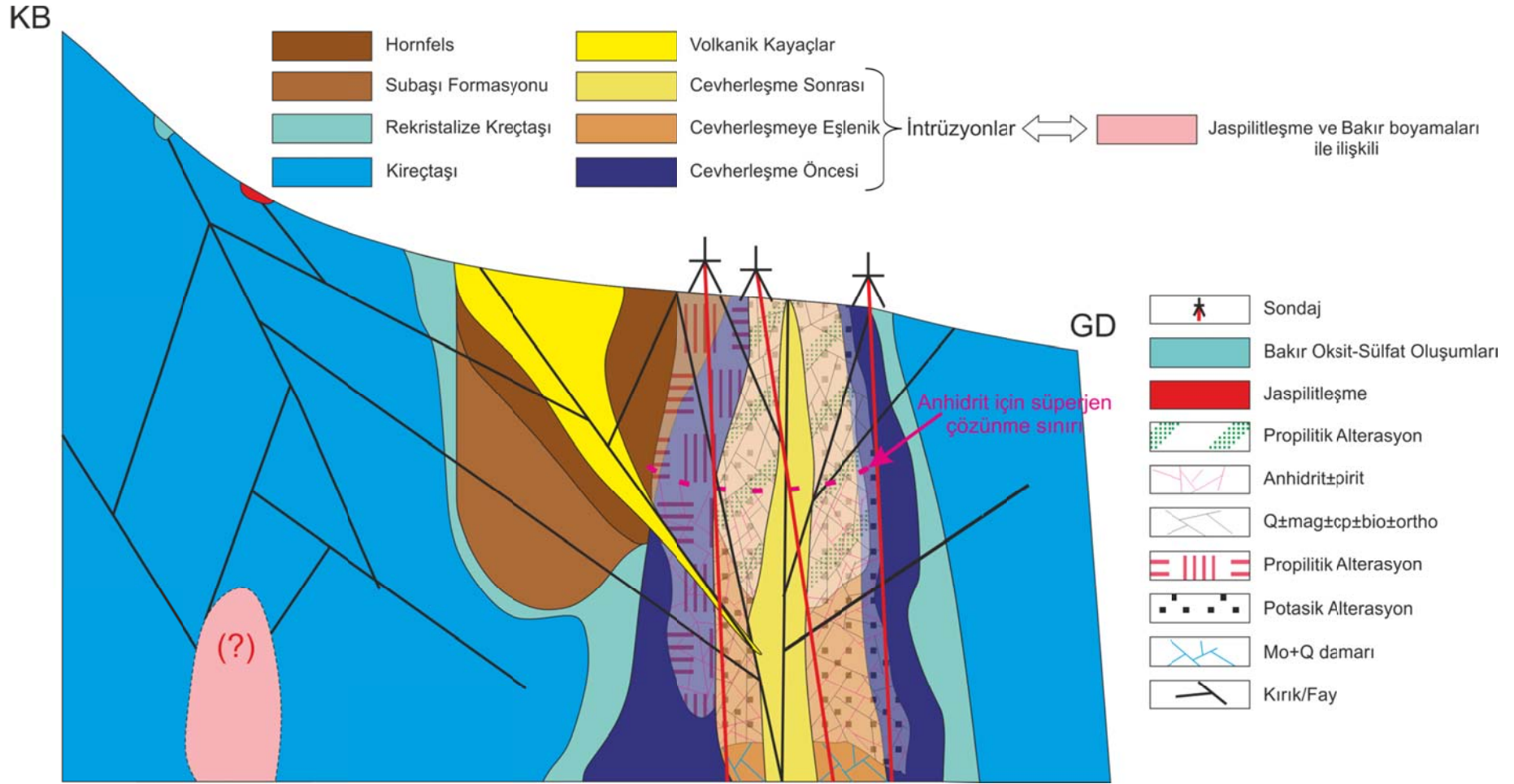
5. Tartışma

5.1. Cevher ve Alterasyon Minerallerinin Alterasyon Türleriyle İlişkisi

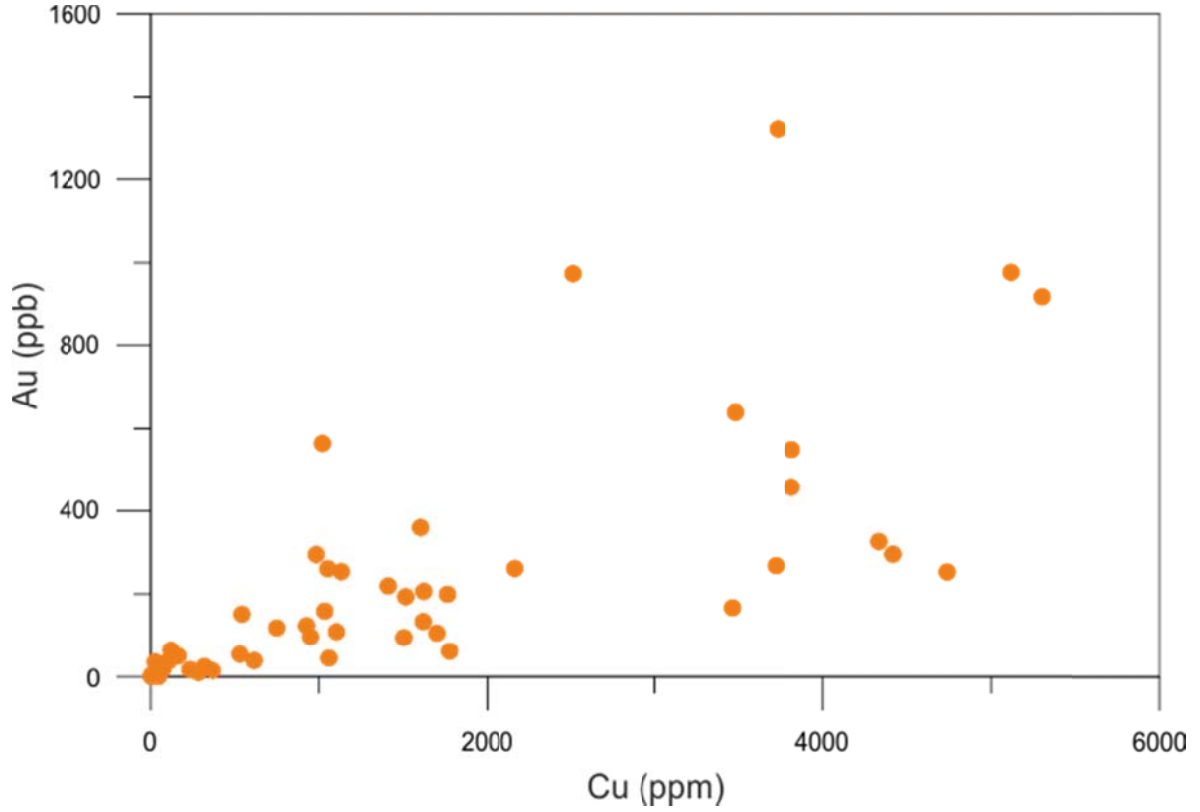
Sillitoe (2000) altınca zengin porfiri yataklara ait genelleştirilmiş modelde bu tür sistemlerde alterasyonun merkezde Na-Ca silikat kenarlarda ise propilitik alterasyon ile başladığını sistemin devamında ise sıcaklığın düşmesi merkezde potasik alterasyona dönüşüm olduğunu kenarlarda ise propilitik alterasyonun devam ettiğini ve soğumanın devam etmesiyle birlikte potasik alterasyon üzerine klorit-serizit alterasyonunun geliştiğini belirtmiştir. Karakartal maden sahasında incelenen sondajlardan yararlanarak hazırlanan model kesitte' de (Şekil 5.1) görüldüğü üzere sahada gözlenen alterasyon türleri daha önceki araştırmacıların tanımladığı alterasyonlara uymaktadır (Guilbert ve Park 1970 Sillitoe 2010.)

Kuvars damarları ve alterasyon türleri ilişkisine bakıldığında ise Karakartal sahasındaki ekonomik cevherleşmenin potasik ve daha sonra gelişen klorit-serizit alterasyonu ile ilişkili olduğu görülmektedir. Ancak sahada gözlenen molibden damarlarının sistemle olan ilişkisi tam olarak ortaya konulabilmiş değildir. Sahada henüz açılmış bir galeri olmadığından ve sahada mevcut mostralarda bu tür damarlara rastlanmadığından bu tür molibdenli damar ile sistemin ilişkisini ortaya koymak oldukça güçtür. Bunun yanında Gustafson and Hunt (1975) ve Sillitoe (2010) çalışmalarında porfiri Cu-Mo ve porfiri Au-Cu yatakları ile ilişkili olarak bu tür bir damar varlığından da bahsetmektedirler ve ve sistemin ilk fazlarıyla ilişkilendirmektedirler. Eldeki sınırlı sayıda veri ile Karakartal sahasında ekonomik olmayan molibdenit cevherleşmesi ile ilgili olarak sadece sistemin erken fazları ve yüzeyleme vermeyen bir intrüzyon fazıyla ilişkili olduğu söylenebilir.

A1 tipi A2 ve K1 tipi damarlarda gözlenen kalkopirit, sistemde ekonomik cevherleşmenin potasik alterasyonun ilk safhalarında başlayıp klorit serizit alterasyonu boyunca devam ettiğini göstermektedir. Karakartal sahasında gözlenen Au cevherleşmesi ise Şekil 5.2' de görüleceği üzere Cu cevherleşmesi ile doğrusal bir ilişki içersindedir.

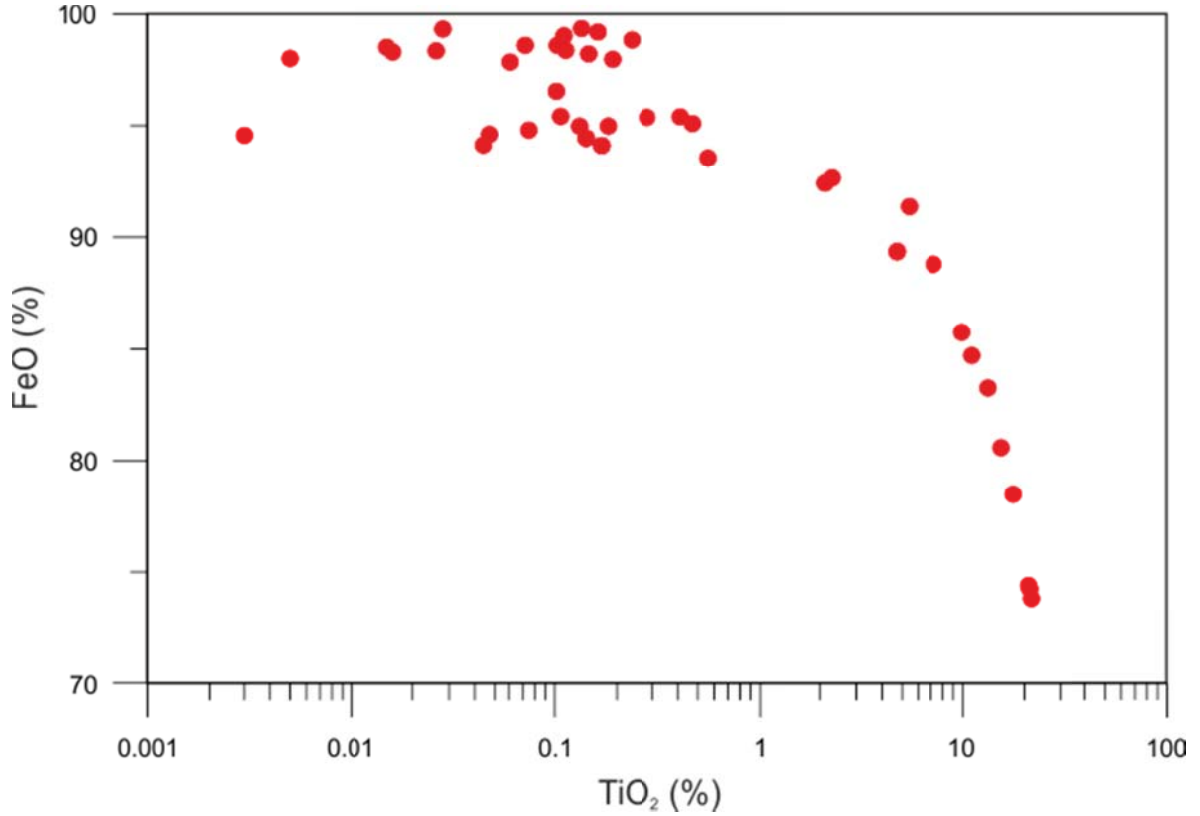


Şekil 5.1. Karakartal maden sahasını temsil eden KB-GD yönlü genelleştirilmiş kesit



Şekil 5.2. Tüm kayaç iz element analizlerine göre örneklerin Cu ve Au içerikleri

Kalkopirit cevherleşmesi ile ilgili bulgular Silitoe 2000 ve 2010 da bahsedilen alterasyon ve damar türü ile cevher mineralleri ilişkisi ne göre irdelendiğinde kalkopirit cevherleşmesinin 3 fazda oluştuğu düşünülmektedir. Sistem kalkopiritin oluşması erken potasik alterasyonu temsil eden A1 tipi damarlar ile başlayıp A2 ve K1 türü damarlarla devam etmektedir. Potasik alterasyon üzerine gelişen klorit serizit alterasyonu ile sisteme dahil olan K1 türü damarlara eşlik eden çözelti ile birlikte A1 ve A2 damarlarındaki biyotitler sırasıyla hematit-titan hematit ve klorite dönüşmüştür. Bu iki dönüşümün birbirleri ile olan ilişkisi biyotit ve kloritin mineral kimyaları ile (Tablo 4-2 ve Tablo 4-4) demir oksit minerallerinin mineral kimyası analiz sonuçları birlikte irdelendiğinde, biyotit klorit dönüşümünde TiO_2 içeriğinde % 2 ye varan bir azalma söz konusu olduğu, demir oksit minerallerinde ise TiO_2 içeriğinde % 20 ye varan bir artışın olduğu görülmektedir. Potasik alterasyon üzerine gelişen bu klorit-serizit alterasyonu sonucu açığa çıkan Ti^{+4} , Ti elementinin bu tür hidrotermal ortamlarda az hareketli oluşundan dolayı (Jenner, 1996), ortam ulaşmadan manyetitlerin hematite dönüşümü sırasında hematitlerin bünyesine girererek Şekil 4.14 b,c ve d görülen titano hematitlerin oluşumuna sebep olmuşlardır. Biyotit-klorit dönüşümünün olduğu ancak manyetit minerallerinin gözlenmediği örneklerde



Şekil 5.3. Demir oksit minerallerinin mineral kimyası analiz sonuçlarına göre FeO-TiO₂ grafiği

ise Şekil 4-15 de gözlenen rutil mineralleri oluşmuştur. EPMA analizleri esnasında BSE görüntüsü altında manyetit ve hematit mineralleri ayırt edilememiş olsada petrografik olarak ve lazer Raman analizleri sonuçlarına bu titanyumca zengin fazların hematitle ilişki olduğu açıkça görülmektedir. EPMA analiz sonuçlarındaki çok yüksek titanyum içeriklerinin sebebi ise hematitlerin içinde rutillerin varlığıdır.

Profiri yataklarda gözlenen bu tür dönüşümlerle ilişkili olarak petrografik gözlemlere ve Raman analizlerine dayalı çalışma yapan Sun vd., 2012, bu tür manyetit hematit dönüşümlerinin ancak yüksek oksitleyici ortamlarda oluşabileceğini ve bu tür ortamların bakır cevherleşmesi için önemli olduğunu belirtmişlerdir ki; Karakartal porfiri Au-Cu sahasında gözlemlerde Sun vd., (2012)'nin gözlemleri ile uyumaktadır. Zira manyetit hematit dönüşümünün olduğu yerlerde Kp III lerde mevcuttur. Bu durum Kp III'ün manyetitlerin hematitlere dönüşümü, diğer bir deyişle klorit serizit alterasyonu ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

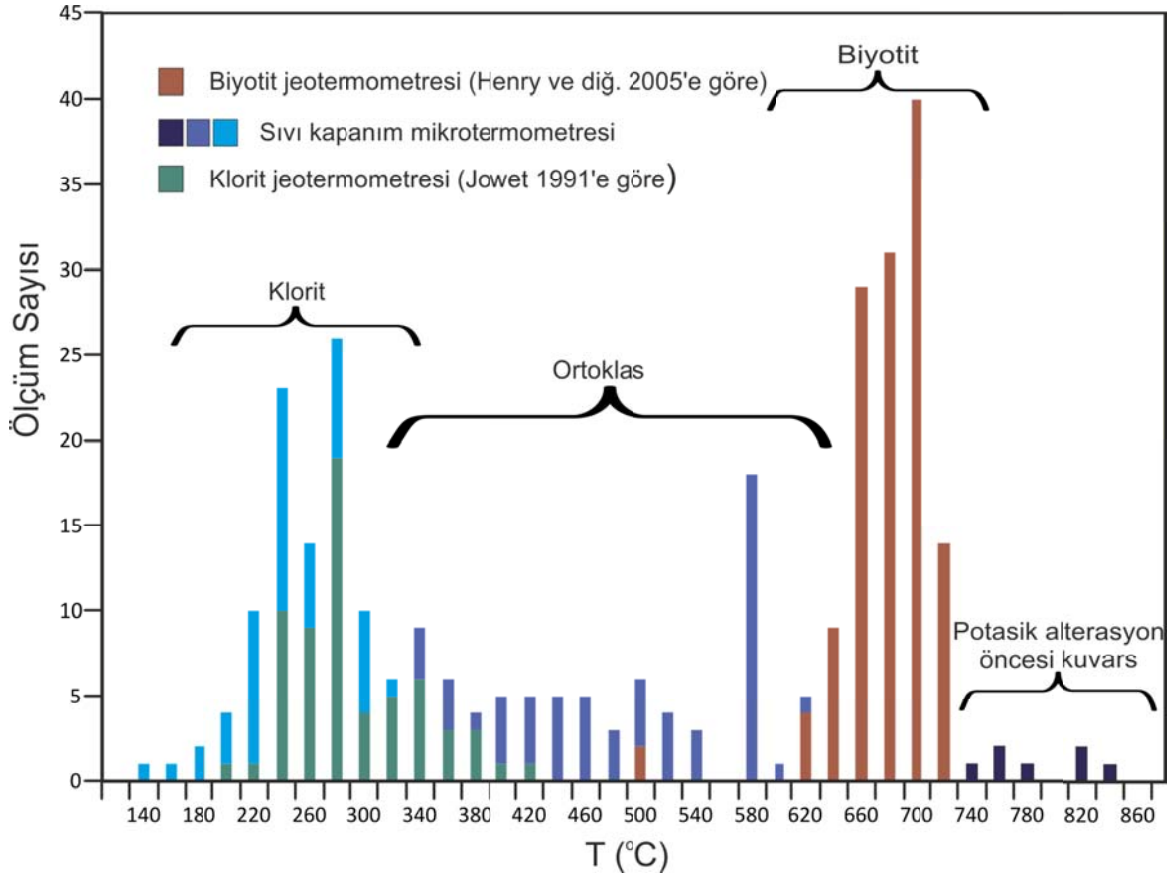
Potasik alterasyon emarelerini taşıyan örneklerde (Şekil 4.11-d) kloritce zengin damarların bulunması ve yine bu tür örneklerdeki (Şekil 4.14 d) plajiyoklasda

serizitleşmenin, biyotitlerde kloritleşmenin meydana gelmiş olması, klorit-serizit alterasyonunun potasik alterasyonun üzerine daha sonraki fazda geliştiğinin bir diğer göstergesidir. Plajiyoklasda gözlenen albitleşmenin (Şekil 4.21) ise potasik alterasyonun ilk evresinde oluşan kuvars damarları ile ilişkili olarak oluştuğu düşünülmektedir.

Potasik alterasyon ile ilişkili biyotit ve klorit-serizit alterasyonu ile ilişkili klorit minerallerinden yapılan mineral kimyası çalışmaları sonucunda oluşturulan jeotermometrelerde sırasıyla 370-850 °C ve 192-432 °C arası sıcaklıklar elde edilmiştir.

Potasik alterasyonu karakterize eden ikincil K-feldspat oluşumlarından termometre yapılmamıştır. Ancak Şekil 4-17 a da gözükten biyotit damarının dışında ve uzanımı boyunca oluşmuş K-feldspat minerallerinin varlığı, bunların biyotitlerden daha sonra oluşmaya başladığını göstermektedir. Ayrıca Şekil 4.11a-c- ve de açıkça görüldüğü gibi K-feldspat minerallerinin kuvars damarları boyunca gelişmesi ve damarlarda bulunan sıvı kapanımlardan elde edilen 320-600 °C arasındaki sıcaklıklar bu mineralin oluşum sıcaklık aralığını işaret etmektedir (Şekil 5.4).

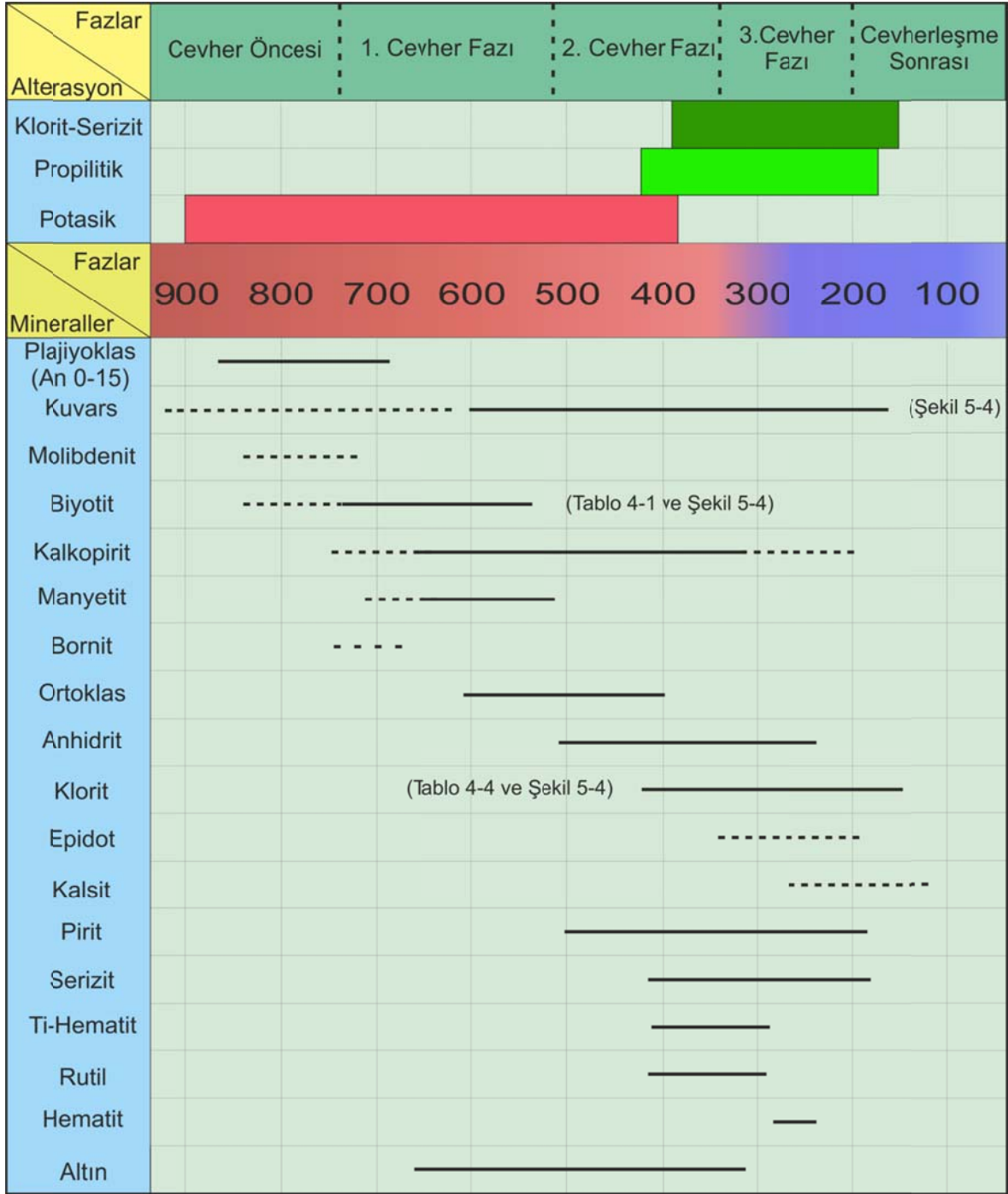
Sistemde varlığı hem petrografi hemde SEM çalışmaları sırasında gözlenen anhidrit hem cevherli kuvars damarları içinde bulunmakta (Şekil 4.37) hemde bu damarları kesmektedir (Şekil 4.9). Bu petrografik gözlemler bize anhidrit/jips minerallerinin hem potasik alterasyonda hemde klorit serizit alterasyonu ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Guilbert ve Park (1970) ve John vd., (2010) yaptıkları çalışmalarda benzer oluşumlardan söz etmektedir. Sillitoe (2010) potasik, klorit-serizit ve serizit alterasyonlarında monomineralik anhidrit damarlarının bulunabileceğini belirtmiştir. Ancak Karakartal sahasındaki anhidrit damarcıkları yüzeyde ve sondajların ilk bir iki yüzmetrelik görülmektedir görülmektedir. Bu durumun süperjen çözünmeden dolayı oluştuğu Sillitoe (2005) tarafından yapılan benzer bir çalışmada açıklanmıştır. Bu süperjen zonun varlığı bize sistemde anhidritin gözlemlendiği derinliklerin yüze sulardan etkilenmediğini göstermektedir. Potasik ve serizit-klorit alterasyonun gözlemlendiği zonların dışında metasedimanter kayalar içinde klorit-epidot ile karakteristik propilitik alterasyon örneklerini kesen anhidrit damarları da bulunmaktadır.



Şekil 5.4. Biyotit ve klorit minerallerinde elde edilen jeotermometre verileri ile sıvı kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklık değerleri

Pirit Karakartal sahasında cevherli intrüzyonları kuzeyden ve güneyden çevreleyen metazomatik kayaçlar içinde propilitik alterasyonla eşlenik olarak oluşurken, cevherli intrüzyonlarda ise klorit-serizit alterasyonuna eşlik eden kloritce zengin kuvars damarları boyunca oluşmuştur. Metasedimanter kayaçlarda ise propilitik alterasyon gösteren örneklerde anhidrit damarları içinde gözlenmektedir. Dolayısıyla tüm sahada pirit çoğunlukla propilitik alterasyonla ilişkilidir.

Yukarda bahsedilen tüm veriler bir tablo haline dönüştürüldüğünde ise Şekil 5.5de gözlenen parajenez-süksesyon tablosu ortaya çıkmaktadır. Bu tablo Karakartal porfiri Au-Cu sahasının alterasyon zonlarında görülen mineral birlikteliklerinin sıcaklığa ve konuma bağlı olarak değişimini gösteren özet bir tablodur. Propilitik alterasyon zonunda bulunan kloritlerden mineral kimyası analizi yapılamadığından herhangi bir termometre oluşturulamamış ancak bu alterasyonun oluşum sıcaklığının klorit serizit alterasyonunda bulunan kloritlerin baskın sıcaklığı (220-330) ile paralel olduğu düşünülmektedir.



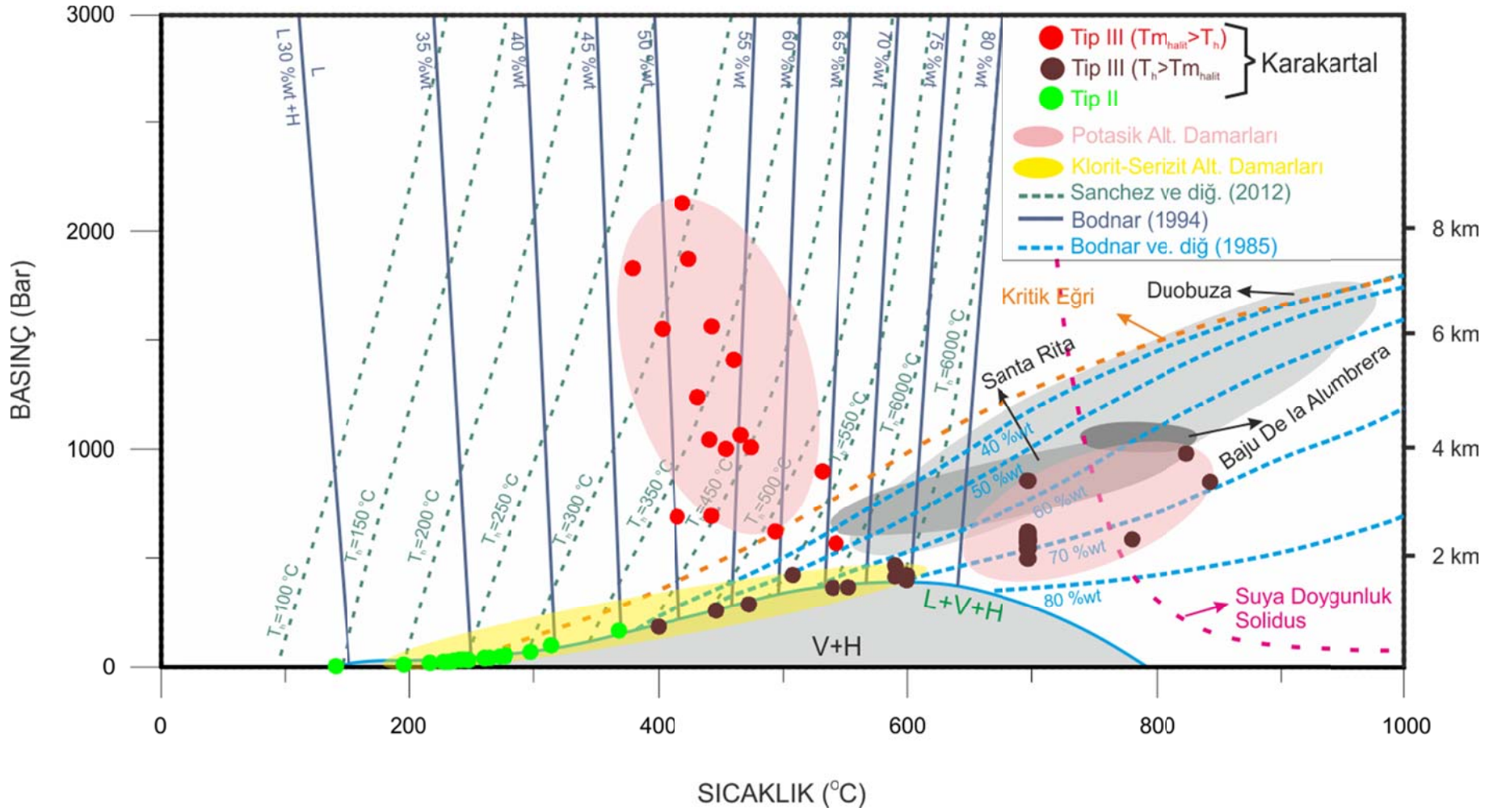
Şekil 5.5 Karakartal maden sahasının mineral parajenez ve süksesiyon tablosu

Bu çalışma ile elde edilen veriler Guilber ve Park (1970) Bean ve Bodnar (1995) ve Sillitoe (2010) gibi çalışmalarla paralellik göstermektedir.

5.2. Cevherleşmeyi Oluşturan Çözeltinin Basınç (P)-Sıcaklık (T) ve X (Bileşim) Özellikleri

Maden yataklarını oluşturan çözeltilerin fiziko kimyasal koşullarının ortaya konması için en sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri de sıvı kapanımlardır. PTX özellikleri bilinen bir çözeltinin laboratuarda minerallerin içinde kapanlandırılması ile elde edilen sentetik kapanımlardan itibaren doğal kapanımların PTX koşullarının yorumlanabilmesinde kullanılacak sonuçlar elde edilmektedir (Haas, 1976; Bodnar ve Sterner, 1985; Sterner vd., 1988; Bischoff ve Pitzer, 1989; Bodnar 1992). Günümüze kadar kurgulanan bu deneysel sistemler doğal kapanımlara göre oldukça basit kimyasal bileşimlerden itibaren oluşturulmuştur. Hidrotermal çözeltiler içinde doğa da en çok bulunan bileşen olan Na, K ve Ca klor bileşenleri için tekli, ikili ve üçlü deneysel sistemler günümüze kadar çeşitli araştırmacılar tarafından oluşturulmuştur. Doğal sistemlerde, Karakartal örneğinde olduğu gibi, sistemde sülfat tuzları, demir ve bakır bileşenleri ile CO₂ ve CH₄ olan sistemlerin PTX koşullarını ortaya koyabilecek bir deneysel sistem literatürde bulunmamaktadır. Bu tür çözeltilerin PTX özelliklerinin ortaya konabilmesi için bazı bileşenlerin göz ardı edilmesi gerekmektedir. Karakartal sahasından elde edilen Tip II ve Tip III sıvı kapanımlarından elde edilen verilerden en önemli olanı sistemi oluşturan çözeltinin NaCl'ce oldukça zengin olmasıdır. Tip II kapanımlarda ilk ve son ergime Tip III kapanımlarda ise kapanımların halit kristalleri içermesi bu görüşü desteklemektedir. Ancak Tip III kapanımlarda silvitin varlığı ve Tip II kapanımlardaki bazı düşük ilk ergime değerleri sistemde değişik miktarlarda KCl olduğunda göstermektedir. Bu sebepten dolayı az miktarda kapanımda gözlenen üç tuzlu kapanımlar PTX hesaplamalarında göz ardı edilmiştir. CH₄ ve CO₂'in kapanımlar içinde ayrı bir faz olarak bulunmaması nedeniyle de bu bileşenlerde PTX hesaplamalarına katılmamıştır.

McInnis vd., (2012) tarafından hazırlanan ve NaCl-H₂O sisteminin PTX özelliklerini hesaplamada kullanılan "HokieFlincs_H₂O-NaCl" isimli program ile hesaplanan değerler Şekil 5.6 de görülen grafiğe düşürüldüğünde sıvı kapanımların iki farklı eğilim ortaya koyduğu gözlenmektedir.



Şekil 5.6. Karakartal sahasından kuvars içinde kapanlanan sıvı kapanımlardan elde edilen veriler ışında hidrotermal çözeltinin PTX özelliklerinin şematik gösterimi

Potasik alterasyonla ilişkili damarlardaki Tip III ($T_h > T_{m_{halit}}$) türü kapanımlar Bodnar vd., (1985)' e göre ~ 850 °C ve < 1000 bar basınçta ~ 70 (wt NaCl) ile kritik eğrinin altında kapanlanmaya başlamıştır. Sıcaklık 600 °C ve basın 500 barın altına düştüğünde ise klorit-serizit alterasyonunda gözlenen kapanımlara bir geçiş olduğu gözlenmektedir. Hem potasik hemde klorti-serizit alterasyonunda gözlenen Tip II kapanımla ise 400 °C ve 200 bar basıncın altında oluşmuş olduğu gözlenmektedir. Tip III ($T_h > T_{m_{halit}}$) kapanımların göstermiş olduğu genel trend Doubuza(Li vd., 2011), Santa Rita (Teynold ve Beane, 1985) ve Bajou De la Alumbera (Haris vd., 2003) gibi maden yataklarında benzer eğilimler oluşturmaktadır

Kritik eğrinin üstünde kapanlanmış Tip III ($T_{m_{halit}} > T_h$) kapanımlar ise Lecumberri-Sanchez vd., (2012) belirttiği PTX hesaplamalarına göre $2000-500$ bar arasında ve $350-550$ °C sıcaklıkta $55-60$ arasında tuzlulukta oluşmaktadır. Bu çalışma oldukça güncel bir çalışma olduğundan dolayı bu tür kapanımları karşılaştıracak bir veri bulunmamaktadır.

Bunun yanı sıra Karakartal porfiri Au-Cu cevherleşmesini oluşturan çözeltinin oldukça kompleks bir bileşime sahip olduğu sıvı kapanım ve EDX çalışmaları ile ortaya konmuşken, laboratuvar ortamında saf NaCl ve/veya NaCl-KCl bileşime sahip çözeltilerden itibaren oluşturulan kapanımlardan elde edilecek sonuçların, bu sistemin oluşumunu açıklamada ne kadar sağlıklı sonuç vereceği tartışmalıdır. Ancak Elde veriler ile Karakartal sisteminin yaklaşık olarak 2 km den daha sığ derinlikte ve ~ 900 °C bir hidrotermal çözelti/magmatik ergiyik birleşimiyle oluşmaya başladığını sıvıkapanımlarda? faz ayrımının yaklaşık 1000 °C de görüldüğünden (Şekil 4.39) dolayı söylemek yanlış olmaz.

5.3. Metallerin Taşınımı

Sıvı kapanımlar üzerinde yapılan EDX analizleri SEM görüntüsü altında yapıldığından kapanımların türünün tayin edilmesi tam olarak mümkün olamamıştır. Ancak elde edilen veriler ışığında çalışılmış olan kapanımlarda Tablo 4-8 de gözlenen bileşenlerin varlığı tespit edilmiştir. EDX analizlerinde gözlenen ana bileşenin Cl olması sistemde metallerin klor kompleksleri halinde taşındığını göstermektedir. Zira analiz edilen kapanımlarda metallerin taşınmasında rol oynayabilecek olan CH_4 , H_2S ve CO_2 gibi basit veya karmaşık kompleks oluşturabilecek iyonların gözlenmemiş (veya Raman analizlerinde çok cüzi oranda CH_4 ve CO_2 gözlenmiş olması) metallerin taşınmasında Cl komplekslerinin önemini işaret etmektedir. Ayrıca özellikle çok fazlı sıvı kapanımlarda gözlenen opak

minerallerin klor tuzları ile birliktelikleri, sistemde bulunan Cu-Fe-Mn gibi metallerin klor kompleksleri halinde taşınması görüşünü desteklemektedir.

Karakartal sahasında yapılan gözlemlerde özellikle Aşılık tepe civarında gözlenen kireçtaşları içindeki bakır boyamaları sistemin bölgeye kadar metalleri taşıdığını göstermektedir. Ancak yapılan gözlemlerde bu bakır mineralleriyle ilişkili olarak herhangi bir kuvars damarı gözlenememiştir. Mavrogenes (2002), Willims-Jones ve Heinrich (2005), Zajacz ve Halter (2009) ve diğer araştırmacıların porfiri sistemlerde gazca zengin sıvı kapanımlardan elde ettikleri veriler sonucunda bu sistemlerde gaz fazın da yüksek sıcaklıklarda metalleri taşıyabildikleri ortaya koyulmuştur.

Sıvı kapanım petrografi çalışmalarında bu tür kapanımların sahada hazırlanan örneklerin hepsinde gözükmesi de cevherleşmenin ilk aşamasından son aşamasına kadar tüm fazlarda gaz ve sıvı fazla taşınmanın birlikte rol oynamış olabileceğini göstermektedir. Buradan hareketle gaz fazda metal taşınmasının gerçekleşip gerçekleşmediğini desteklemek kolay değildir. Yapılan çok yeni çalışmalar buna ait bulguları ortaya koymuş olsada (Heinrich vd., 2009; Shen vd., 2010; Lerchbaumer 2012; Seo ve Heinrich 2013) opak mineral fazların bulunduğu kapanımlarda gaz faz bileşenine göre tuzların çok daha baskın olması Cl kompleksleri halinde taşınmanın daha etkin olduğunu göstergesi olarak kabul edilebilir. CO₂ ve CH₄'ün özellikle altın cevherleşmesi ile olan ilişkisi araştırılması gereken bir konu olduğunda göz ardı etmemek gerekir.

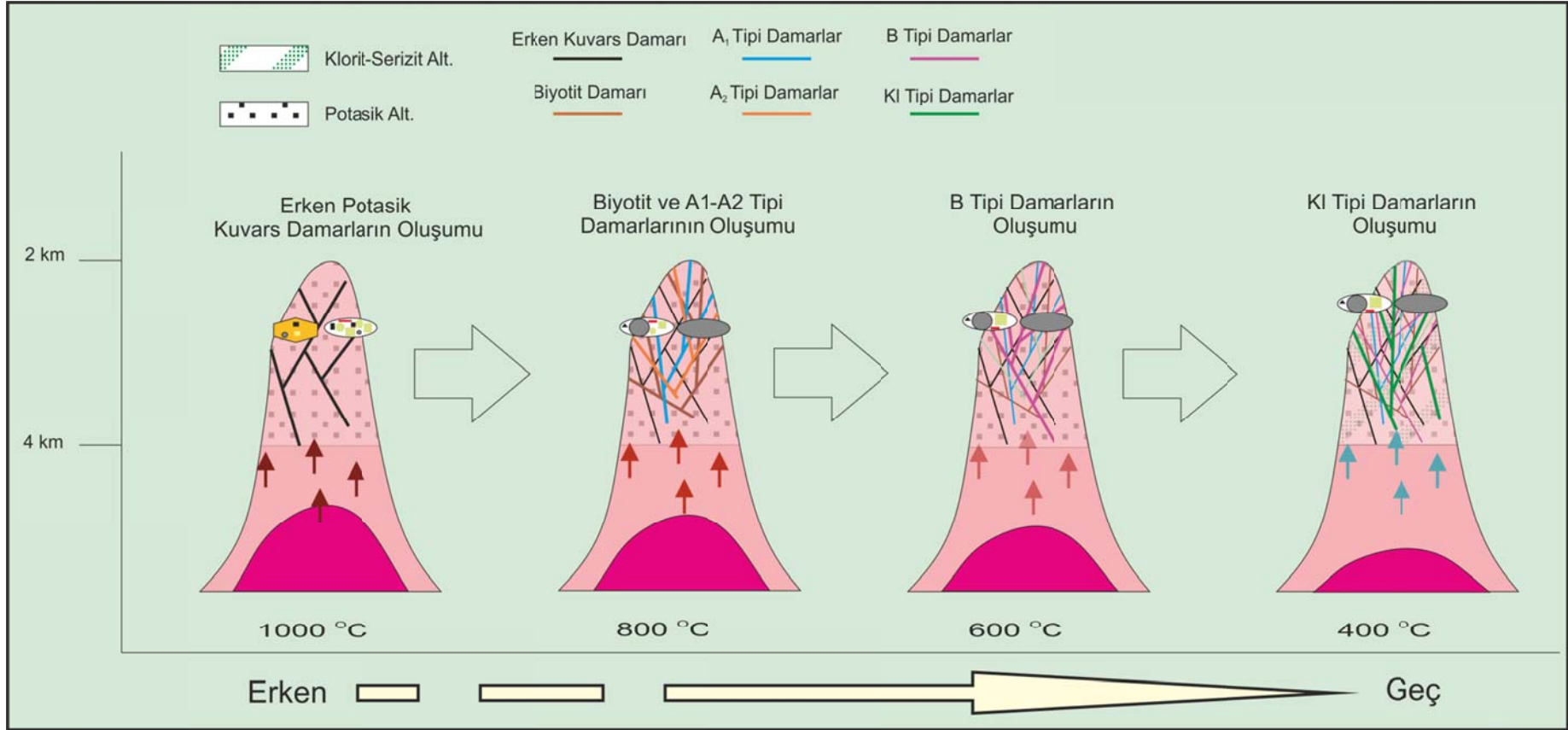
5.4. Karakartal Maden Sahasının Oluşum Modeli

Eldedilen tüm veriler bir arada irdelendiğinde Karakartal porfiri Au-Cu cevherleşmesinin oluşumu tekrar eden bir porfiri sisteme bağlı olarak:

1. ~600-1000 °C lik bir sıcaklıkta minimum 1000 bar basıçta (litositatik basınç, ~-4 km derinlikte) magmadan ayrılan yüksek tuzlu bir çözelti ile oluşmaya başlamıştır (benzer sonuçlar: Cline ve Bodnar 1991; Shinohara 1994; Bodnar 1995; Kamenetsky vd.,1999; Campos vd., 2006; Webster ve Mandeville 2007; Li 2011) ve Cu, Au ve S gibi cevher oluşturucu bileşenleri doğrudan magmadan almıştır. Bu fazla birlikte içinde ergiyik kapanımlarında bulunduğu kuvars damarları oluşmaya başlamış sıcaklığın 800 °C düşmesi ile birlikte ikincil biyotler ve sistemin soğuması ile sırasıyla A₁ ve A₂ tipi damarlar oluşmuştur

2. Sıcaklığın ~600 °C dereceye basıncın ise 500 bar'a (litostatik basınç ~2 km) düşmesiyle birlikte hidrotermal çözelti iki farklı trend izlemeye başlamıştır. İlk faz L+V+H eğrisini takip ederek seyrelirken ikinci faz NaCl-H₂O kritik eğrisin üzerinde soğumaya(600 °C → 400 °C) ve azalan tuzluluğa (~%75→ ~%50 NaCl eşleniği) rağmen basınçta ciddi miktarda bir artış söz konusudur (500 →>2000 bar). Buda ancak heterojen bir kapanlanmanın dolayısıyla kaynamanın göstergesi olabilir (benzer sonuçlar: Li vd., 2007. Bu her iki trend de 400 °C sıcaklıklara kadar devam etmektedir. Çözeltinin bu değişimi sırasında B tipi damarlar oluşmuştur. Bu kaynamayla birlikte sistemde Au ve Cu çökeli mi hız kazanmıştır. (Hedenquist ve Lowenstern 1994; Hedenquist vd., 1998; Redmond vd., 2004; Li et al. 2007)
3. Sıcaklık 400 °C basınç düştüğünde ise 100 barın altına düştüğünde çözelti düşük tuzluluk bir hale dönüşmüş ve magmatik gazlar ortamd an uzaklaşmıştır (Heinrich 2004) Bu gazlar tarafından taşınabilen Cu-Au (bileşenleri ise sistemin uzağındaki bakır boyamalarını oluşturmuş olabilir. Bu tür çözeltiler ise K1 türü damarların oluşumunda rol almışlar. Manyetit-hematit ve biyotit-klorit dönüşümünde de rol alan bu çözeltiler ti manyetitlerin ve rutillerin oluşumunada sebep olmuşlardır.

Sıvı kapanımlardan elde edilen basınç değerlerine göre sıcaklığın düşmesine paralel olarak basınç dolayısıyla derinlik azalmaktadır. Aynı örneklerden elde edilen yüksek sıcaklık



Şekil 0.1 Hidrotermal çözeltin sıcaklığa göre değişimi ve oluşan damar tipleri

6. SONUÇLAR

Anatolid-Torid Bloğunun kuzeyinde bulunan Sivas-Erzincan-Tunceli zonunda yer alan porfiri tip yataklardan biri olan Karakartal cevherleşmesini oluşturan hidrotermal çözeltilerin araştırılmasına yönelik yapılan bu araştırmanın önemli sonuçları aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır

1. Karakartal Au-Cu yatağı yörede Jura-Kretase yaşlı Munzur kireçtaşı ve Subaşı formasyonu olarak tanımlanan Alt Eosen yaşlı konglomera, kumtaşı şeyl ve volkanitlerden oluşan birimi keserek yerleşmiş Orta-Üst Eosen yaşlı çok fazlı intrüzif kayalarla ilişkili olarak oluşmuştur.
2. İntrüzif kayaların sokulumu esnasında Munzur kireçtaşlarında rekristalizasyon Subaşı formasyonunda ise hornfels oluşumu meydana gelmiştir.
3. Karakartal sahasını oluşturan intrüzif kayalar petrografik olarak potasik alterasyon gösteren intrüzif kayalar, potasik alterasyon göstermeyen intrüzif kayalar, porfiri dayklar ve andezitik kayalar olmak üzere dört farklı guruba ayrılmıştır.
4. Potasik, propilit ve klorit-serizit alterasyonu gözüken sahada potasik alterasyonu merkezde propilitik alterasyon kenar kesimlerde oluşmuştur. Klorit serizit alterasyonu potasik alterasyonun üstüne overprint olarak oluşmuştur. Bu dönüşümle birlikte potasik alterasyonla ilişki olan biyotit ve manyetitlerin sırasıyla klorit ve hematite dönüştüğü ve bu dönüşümle birlikte ortaya çıkan Ti^{+4} kanyonlarının hematitin bünyesine girerek ti-hematitleri oluşturduğunu, ortamda manyetit bulunması durumunda ise Ti^{+4} kanyonlarının rutil minerallerini oluşturarak kayada bulunduğu belirlenmiştir.
5. Sahada cevherleşmeyle ilişkili olarak Mo tipi: kuvars+molibden A_1 tipi: manyetit+kuvars±kalkopirit, A_2 tipi: kuvars± kalkopirit B tipi: K'lu feldpat+kuvars±kalkopirit±pirit±molibdenit ve Kl tipi: kuvars±klorit±pirit± kalkopirit olmak üzere dört farklı damar türü tanımlanmıştır.
6. Molibdenit, manyetit, kalkopirit, pirit, hematit, ti-hematit ve rutil sahada gözlenen başlıca cevher mineralleridir. Sahada ekonomik öneme sahip tek cevher minerali olan kalkopirit üç farklı fazda oluşmuştur ve sahada gözlenen altın cevherleşmesi kalkopiritlerle ilişkilidir.
7. Potasik alterasyonla ilişkili olarak oluşan biyotit ve klorit-serizit alterasyonu ile ilişkili olarak oluşan kloritlerden yapılan jeotermometre çalışmalarında sırasıyla 346-840

°C (ağırlıklı olarak 660-780 °C) ve 107-432 °C (ağırlıklı olarak 220-380 °C) sıcaklıklar elde edilmiştir

8. Potasik alterasyonla ilişkili olarak plajiyoklasların andezin-labrador bileşiminden (an:35-55) :albit-oligoklas (an: 0-25) bileşimine dönüştüğü belirlenmiştir

9. Kuvars damarlarında bulunan sıvı kapanımlar Tip I (L veya V) Tip II (L+V veya V+L) Tip III (Tip III a: $S+L+V \pm Op \pm M$, Tip III b: $S_1+S_2+L+V \pm Op \pm M$, Tip IIIc $S_1+S_2+S_3+L+V \pm OP \pm M$ ve Tip IIId: $S_{1-x}+L+V+Op_{1-x}+M_{1-x}$) olmak üzere üç farklı guruba ayrılmıştır.

10. Kuvars damarları içinde petrografik olarak sıvı kapanımlara benzemeyen ve ergiyik kapanımlar olduğu düşünülen camsı görünümde kapanımlar tanımlanmıştır.

11. Sıvı kapanımlar üzerinde yapılan dondurma çalışmaları ile hidrotermal çözeltinin NaCl dışında Li, Ca, Mg, K, CO₂ ve CH₄ gibi bileşenlerde içerdiği belirlenmiş ve bu bulgular lazer Raman ve EDX analizleri ile desteklenmiştir.

12. Tip II Sıvı kapanımlar üzerinde yapılan homojenleşme/ergitme çalışmalarında kapanımların 30-200 bar arasında basınçta 350 °C < sıcaklıklarda kapanlandıkları ve tuzluluklarının ~1-21 %wt NaCl olduğu belirlenmiştir.

13. Tip IIIa kapanımlarda iki farklı homojenleşme eğilimi olduğu, $T_h > T_m$ kapanımlar için 400-900°C < sıcaklıklarda ~55-75%wt NaCl tuzlulukta ve 400-800 barlık bir basınç altında olduğu hesaplanmıştır. $T_m > T_h$ olan Tip IIIa kapanımlar içinse 300-550 °C sıcaklıklarda ~%50-70 tuzlulukta ve 500-2000 barlık bir basınçta kapanlandıkları belirlenmişti. Tip IIIb türü iki tuz fazı içeren kapanımlarda ise ~75-93 %wt NaCl tuzluluk hesaplanmıştır

14. 600 °C Tip III kapanımlar üzerinde yapılan yüksek sıcaklık çalışmalarında kuvars içinde kapanlanan kapanımların 1000 °C'nin üzerine homojenleşmeden çıkabildiği tespit edilmiştir. Aynı tür kapanımlarda ~970 °C civarında aşırı tuzlu çözelti ve ergiyik fazın ayrımının meydana geldiği belirlenmiştir.

15. Lazer raman çalışmaları ile sıvı kapanımların gaz fazlarının, CO₂ ve CH₄ içere bildikleri ve kapanımlar içinde opak faz olarak kalkopirit, hematiti, pirit ve manyetit ile anhidrit, sinjenit ve alünit gibi sülfat minerallerinin bulunduğu ortaya konmuştur

16. .SEM analizleri ile açılmış kapanımlar içindeki halit ve silvit kristalleri ile kuvars damarı içinde birincil olarak bulunana anhidrit görüntülenmiştir. EDX analizleri ile Cl, Na,K,Ca,S ve Mn fazları sıvı kapanımlar içinde tespit edilmiştir.

17. Karakartal porfiri Au-Cu sahası yüksek tuzluluğa ve sıcaklığa sahip çözeltilerden itibaren sığ derinlikli intrüzif kayaçlar içinde magmatik-magmatik-hidrotermal çözelti geçişi esnasında oluşmuş, mineraloji ve alterasyon bakımından porfiri yatakların tipik özelliklerini yansıtan bir cevherleşme olduğu ortaya konmuştur

7. KAYNAKLAR

- Akopov, E.K., 1963. Solubility Polytherms of the Ternary System LiCl-NaCl-H₂O: Zhurnal Prikladnoi Khimii, 36, 1916–1919.
- Aktimur, T., 1986. Erzincan, Refahiye ve Kemah Dolayının Jeolojisi. MTA Rapor No: 7932, (yayınlanmamış).
- Aktimur, T., Atalay, Z., Ateş, Ş., Tekirli, M.E. ve Yurdakul, M.E., 1988. Munzur Dağları ile Çavuşdağı Arasının Jeolojisi, MTA Rapor No:8320, Ankara (yayınlanmamış).
- Anderko, A. ve Pitzer, K.S., 1993. Equation-of-State Representation of Phase-Equilibria and Volumetric Properties of the System NaCl–H₂O Above 573 K. Geochim. Cosmochim. Acta, 57, 2, 1657–1680.
- Astunay, H.J., 1988. 1/10.000 ölçekli Açın-sama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Malatya-H27 Paftası, MTA, Ankara.
- Avcı N., 1992. Çaltı Granitoyidi'nin (İliç-Erzincan) Petrolojisi, (Yüksek lisans tezi), C.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü (yayınlanmamış).
- Avcı, N. ve Boztuğ, D., 1993. Çaltı Granitoyidinin (İliç-Erzincan) Petrolojisi, Yerbilimleri, 16, 167-192.
- Avcı, N., Yıldızeli, N., Biçen C., Özcan, H., Ülgen, A.N. ve Demirbaş M., 1995. Sivas-Divriği ve Erzincan-İliç-Kemaliye Yöresi Demir Aramaları Raporu. MTA Rapor No: 9937, (Yayınlanmamış)
- Avcı, N. ve Ak, S., Tekin, Z., 1996. Erzincan-İliç-Kemaliye Yöresi Altın Aramaları Raporu. MTA Rapor No:9981, (Yayınlanmamış).
- Baket, T., Ebert S., Rombach, C. ve Ryan C.G., 2006. Chemical Compositions of Fluid Inclusions in Intrusion-Related Gold Systems, Alaska and Yukon, Using PIXE microanalysis, Economic Geology, 101, 311–327.
- Becker, S.P., Fall, A. ve Bodnar, R.J., 2008., Synthetic Fluid Inclusions XVII. PVTX Properties of High Salinity H₂O-NaCl Solutions (>30 wt.% NaCl), with Application to Inclusions that Homogenize Along the Halite Liquidus. Economic Geology, 103, 3, 539-554.
- Bilgiç, T., 2008. Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi No: 86, Divriği J 40 Paftası, MTA, Ankara.
- Bingöl, A.F., 1984. Geology of the Elazığ Area in the Eastern Taurus Region. In: Tekeli, O., Göncüoğlu, M.C. (edt) Geology of the Taurus Belt: MTA Special Publications, 209-216.

- Bischoff, J.L. ve Pitzer, K.S., 1989 Liquid Vapor Relations For the System NaCl-H₂O; Summary of the P-T- X Surface From 300 to 500°C. Am. J. Sci., 289, 217-248.
- Bodnar R.J. ve Beane RE., 1980. Temporal and Spatial Variations in Hydrothermal Fluid Characteristics During Vein Filling in Preore Cover Overlying Deeply Buried Porphyry Copper-Type Mineralization at Red Mountain, Arizona, Economic Geology, 75, 876-893.
- Bodnar, R., J. ve Sterner, S.M. 1985, Synthetic Fluid Inclusions in Natural Quartz. II. Application to PVT Studies. Geochimica et Cosmochimica Acta, 49, 1855-1859.
- Bodnar, R.J., 1983. A Method of Calculating Fluid Inclusion Volumes Based on Vapor Bubble Diameters and P-V-T-X Properties of Inclusion Fluids. Economic Geology, 78, 535-542.
- Bodnar, R.J., 1993. Revised Equation and Table for Determining the Freezing Point Depression of H₂O-NaCl Solutions. Geochimica et Cosmochimica Acta, 57, 683-684.
- Bodnar, R.J., 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions. Geochimica et Cosmochimica Acta, 57, 683-684.
- Bodnar R. J. ve Vityk M. O., 1994. Interpretation of microthermometric data for H₂ O–NaCl fluid inclusions. In Fluid Inclusions in Minerals, Methods and Applications (eds. B. de Vivo and M. L. Frezzotti). Virginia Tech, Blacksburg, pp. 117–130
- Bodnar, R.J., 1994. Synthetic Fluid Inclusions. XII. Experimental Determination of the Liquidus and Isochores for a 40 wt.% H₂O-NaCl Solution. Geochimica et Cosmochimica Acta, 58, 1053-1063.
- Bodnar R.J., 1995. Fluid Inclusion Evidence for a Magmatic Source for Metals in Porphyry Copper Deposits. In Mineralogical Association of Canada Short Course Volume 23, Magmas, Fluids and Ore Deposits, J. F. H. Thompson, ed., 139-152.
- Bodnar, R.J., 2003, Introduction to Fluid Inclusions. In I. Samson, A. Anderson, & D. Marshall, eds. Fluid Inclusions: Analysis and Interpretation. Mineralogical Association of Canada, Short Course Series, 32, 1-8.
- Bodnar, J.J ve Student J.J., 2006. Melt Inclusions in Plutonic Rocks: Petrography and Microthermometry, Mineralogical Association of Canada Short Course Series Volume 36, 1-26.
- Boomeri, M., Nakashima, K. ve Lentz, D.R., 2009. The Miduk Porphyry Cu Deposit, Kerman, Iran: a Geochemical Analysis of the Potassic Zone Including Halogen Element Systematics Related to Cu Mineralization Processes. Journal of Geochemical Exploration, 103, 17–29.

- Borisenko, A.S., 1977, Study of Salt Composition of Solution in Gas-Liquid Inclusions in Minerals by the Cryometric Method, Soviet Geol. and Geophys., 187,11-19
- Boztuğ, D., 1998. Post-Collisional Central Anatolian Alkaline Plutonism, Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 7, 145–165.
- Boztuğ, D., Kuşçu İ., Erçin A.İ. ve Avcı N., 2003. Mineral Deposits Associated With The Pre-, Syn- And Post-Collisional Granitoids of The Neo-Tethyan Convergence System Between The Eurasian And Anatolian Plates In NE And Central Turkey. In Mineral Exploration And Sustainable Development, Eliopoulos D et al. (eds). Mill Press, 1141–1144.
- Boztuğ, D., ve Arehart G.B., 2007. Oxygen And Sulfur Isotope Geochemistry Revealing A Significant Crustal Signature in The Genesis of The Post-Collisional Granitoids in Central Anatolia, Turkey, Journal of Asian Earth Sciences, 30, 403–416.
- Brunsgaard-Hansen, S., Berg, R.W. ve Stenby, E.H., 2002. How to Determine the Pressure of a Methane-Containing Gas Mixture by Means of Two Weak Raman bands, ν_3 and $2\nu_2$, Journal of Raman Spectroscopy, 33, 160–164.
- Campos, E., Touret, J.L.R., Nikogosian, I. ve Delgado J., 2002. Overheated, Cu-bearing Magmas in the Zaldívar Porphyry-Cu Deposit, Northern Chile, Geodynamic Consequences, Tectonophysics, 345, 229-251.
- Campos E, Touret J.L.R. ve Nikogosian I., 2006. Magmatic Fluid Inclusions from the Zaldívar Deposit, Northern Chile: the Role of Early Metal-Bearing Fluids in a Porphyry Copper System, Resource Geology, 56, 1–8.
- Cathelineau, M., 1988. Cation Site Occupancy in Chlorites and Illites as a Function of Temperature, Clay Minerals, 23,4 71-485.
- Cioaca, M.E., 2011. Fluid Evolution In The Bolcana Ore Deposit, Metalliferi Mountains (Romania), Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 6, 2, 215 – 224.
- Cline, J.S. ve Bodnar R.J., 1991. Can Economic Porphyry Copper Mineralization be Generated by a Typical Calc-Alkaline melt? Journal of Geophysical Research, 5, 8113–26.
- Crawford, M. L., 1981. Phase equilibria in aqueous fluid inclusions. In Short Course in Fluid Inclusions: Applications to petrology, 6 (L. S. Hollister and M.L. Crawford, eds.), Mineralogical Association of Canada, 157-81.
- Çelebi, A. cve Özcan, H., Unimangan A.Ş.'nin Sicil 847 IR257 Ruhsat Nolu Çöpler (Erzincan-İliç)Manganez Ruhsat Sahası Jeoloji Raporu. MTA Rapor No:9400, (Yatınlanmamış).

- Dubessy, J., Buschaert, S., Lamb, W., Pironon, J. ve Thiery, R., 2001. Methane-Bearing Aqueous Fluid Inclusions: Raman analysis, Thermodynamic Modeling and Application to Petroleum Basins. Chemical Geology, 173, 193–205.
- Eyüboğlu, Y., Chung S. L., Santosh M., Dudas F. O ve Akaryalı E., 2010. Transition From Shoshonitic to Adakitic Magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for Slab Window Melting, Godwana Research, 19, 413-429.
- Fan, H.R., Xie Y.H., Wang, K.Y. ve Wilde S.A., 2004. Methane-rich fluid inclusions in skarn near the giant REE–Nb–Fe deposit at Bayan Obo, Northern China, Ore Geology Review, 24, 103-120.
- Fraley, P.E., Rao, K.N., Jones ve L.H., 1969. High Resolution Infrared Spectra of Water Vapor: ν_1 and ν_3 of H_2^{18}O . Journal of Molecular Spectroscopy, 29, 312–347.
- Frost, R.L., Wills, R.A., Weier, M.L., Martens, W. ve Kloprogge, J.T., 2006. A Raman Spectroscopic Study of Alunites, Journal of Molecular Structure, 785, 123–132.
- Görür, N., Oktay F.Y., Seymen, I. ve Sengör, A.M.C., 1984. Paleotectonic Evolution Of The Tuzgölü Basin Complex, Central Turkey: Sedimentary Record of A Neo-Tethyan Closure. In: Dixon, J.E. and Robertson, A.H.F., (Eds.), The Geological Evolution of The Eastern Mediterranean, Blackwell Sci. Publ., Edinburgh, 467-482.
- Guilhaumou, N., Santos M., Touray J.C., Beny, C., ve Dardande M., 1990. Multiphase Methane-Rich Fluid Inclusions in Gold-Bearing Quartz as Illustrated at Pontal, Goias, Brazil. Mineralogical Magazine, 54, 257-266.
- Gustafson, L.B., and Hunt, J.P., 1975, The Porphyry Copper Deposit at El Salvador, Chile: Economic Geology, 70, 857–912.
- Harris, A.C., Kamenetsky, V.S., White, N.C., van Achterbergh, E. ve Ryan, G.C., 2003. Melt Inclusions in Veins: Linking Magmas and Porphyry Cu Deposits. Science, 302, 2109-2111.
- Hedenquist, J.W. ve Lowenstern J.B. 1994. The Role of Magmas in the Formation of Hydrothermal ore Deposits, Nature, 370, 519–527.
- Hedenquist, J.W., Arribas, A.J. ve Reynolds, T.J., 1998. Evolution of an Intrusion-Centered Hydrothermal System: Far Southeast-Lapanto Porphyry and Epithermal Cu-Au deposits, Philippines, Economic Geology, 93, 373–404.
- Heinrich, C.A., Driesner, T., Stefansson, A. ve Seward, T.M., 2004. Magmatic Vapor Contraction and the Transport of Gold from the Porphyry Environment to Epithermal ore Deposits. Geology, 32,761–764.
- Heinrich, C.A., Halter, W.E. ve Pettke, T., 2005. The Formation of Economic Porphyry Copper (-gold) Deposits: Constraints From Microanalysis of Fluid and Melt Inclusions. In Mineral Deposits and Earth Evolution, ed. I. McDonald et al., Geol. Soc. Spec. Publ. 248, 247-263.

- Herzberg, G., 1950. *Molecular Spectra and Molecular Structure I. Spectra of DiatomicMolecules*, Second edition. Van Nostrand, Princeton, NJ. 658 s.
- Hoefs, J., 1987. *Stable Isotope Geochemistry*, 3rd edn. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 241 s.
- İmer A., Richards J.P. ve Creaser, R.A., 2010. *Geology, Geochemistry and Geochronology of the Çöpler Porphyry-Epithermal Gold Deposit, Central Eastern Turkey, Tectonic Crossroads: Evolving Orogens of Eurasia-Africa-Arabia*, METU, Ekim, Ankara, *Bildiriler Kitabı*:18-8.
- Jenner, G.A., 1996, *Trace Element Geochemistry of Igneous Rocks: Geochemical Nomenclature and Analytical Geochemistry*, in Wyman, D.A., ed., *Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications For Massive Sulphide Exploration: Geological Association of Canada, Short Course Notes*, 12, 51-77.
- Jowet, E.C., 1991. *Fitting Iron and Magnesium into the Hydrothermal Chlorite Geothermometer*, GAC/MAC/SEG Joint Annual Meeting, Toronto, Program with Abstracts, 16, A62.
- Keskin, Ö., 1991. *Divriği (Gd- Sivas) Yöresi Granitoyidlerinin Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal İncelemesi*, Yüksek Lisans Tezi, C.Ü. Fen Bilimleri Ens., Sivas, (Yayınlanmamış).
- Ketin, İ., 1966, *Türkiye'nin Tektonik Birlikleri*, *MTA Dergisi*, 66,20-34.
- Kamenetsky, V.S. ve Kamenetsky, M.B., 2010. *Magmatic Fluids Immiscible with Silicate Melts: Examples from Inclusions in Phenocrysts and Glasses, and Implications for Magma Evolution and Metal Transport*. *Geofluids*, 10, 293–311.
- Kamenetsky, V.S., Wolfe, R.C., Eggins, S.M., Mernagh, T.P. ve Bastrakov, E., 1999. *Volatile Exsolution at the Dinkidi Cu–Au Porphyry Deposit, Philippines: a Melt-Inclusion Record of the Initial Ore Forming Process*, *Geology*, 27, 691–694.
- Klopogge, J.T., Schuiling, R.D., Ding, Z., Hickey, L., Wharton, D. ve Frost, R.L., 2002. *Vibrational spectroscopic Study of Syngenite Formed During the Treatment of Liquid Manure With Sulphuric Acid*, *Vibrational Spectroscopy* 28, 209–221.
- Kovenko, V., 1938. *Divrik Mintıkasındaki Bazı Az Ehemmiyetli Madenlere Demir Bakır Altın Dair Rapor*. MTA Rapor No: 496 (Yayınlanmamış).
- Kranidiotis, P. ve MacLean, W.H., 1987. *Systematics of Chlorite Alteration at the Phelps Dodge Massive Sulfides Deposit, Matagami, Quebec*, *Economic Geology*, 82, 1898-1911.
- Kuebler, K., Wang, A., Freeman, J.J. ve Jolliff, B.L., 2006. *Database of Raman Mineral Spectrafor Planetary Surface Exploration*. *Lunar and Planetary Science XXXVII*, abs. 1907.

- Kuşcu, İ., Tosdal R. M., Kuşcu G., Ullrich T. D. ve Friedman R., 2010. Doğu-Güneydoğu Anadolu Bölgesi Magmatizma ve Cevherleşmelerinin Jeokronolojik ve Metalojenik Çerçevesi, TJK.
- Lechner, M.P., 2009. Preliminary Estimate of Mineral Resources Karakartal Project, East Central Turkey, 150.
- Lerchbaumer, L., 2012. The Nature of Fluids in Hydrothermal Copper and Molybdenum Ore Deposits an Experimental and Analytical Study, Doktora tezi, Universität Bayreuth, Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften, 212 s.
- Lecumberri-Sanchez, P., Steele-MacInnis, M. ve Bodnar, R.J., 2012. A Numerical Model to Estimate Trapping Conditions of Fluid Inclusions that Homogenize by Halite Disappearance. Geochimica et Cosmochimica Acta 92, 14-22.
- Leroy, J.L ve Turpin L., 1988. REE, Th, and U behaviour during hydrothermal and superjén processes in a granitic environment: Chemical Geology, 68, 239-251
- Li, G.M., Li, J.X., Qin, K.Z., Zhang, T.P. ve Xiao, B. 2007. High Temperature, Salinity and Strong Oxidation Ore-Forming Fluid at Duobuza Gold-Rich Porphyry Copper in the Bangonghu Tectonic Belt, Tibet: Evidence from Fluid Inclusions Study. Acta Petrologica Sinica, 23, 935–52.
- Lowell, J.D., ve Guilbert, J.M., 1970, Lateral and Vertical Alteration-Mineralization Zoning in Porphyry Ore Deposits, Economic Geology, 65, 373–408.
- Marinov, D., Barra, F. ve Alizade F., 2011. Re-Os Dating of Molybdenite Mineralisation from Turkish Porphyry Copper Prospects, 11th SGA Biennial Meeting Antofagosta Chile.
- Maviş, M., 1977. Erzincan İli İliç İlçesi Fındıklı Deresi Detay Demir Etütleri Raporu. MTA Rapor No:5859, (Yayınlanmamış).
- Mernagh, T.P. ve Trudu, A.G., 1993. A Laser Raman Microprobe of Some Geologically Important Sulphide Minerals, Chemical Geology, 103, 113–127.
- Meyer, C. ve Hemley, J.J., 1967. Wall Rock Alteration, in Barnes, H.L., ed., Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits: New York, Holt, Rinehart and Winston, 166–235.
- Moncada, D., Mutchler, S., Nieto, A., Reynolds, T.J., Rimstidt, J.D. ve Bodnar, R.J., 2012. Mineral Textures and Fluid Inclusion Petrography of the Epithermal Ag-Au Deposits at Guanajuato, Mexico: Application to Exploration. Journal of Geochemical Exploration, 114, 20-35
- Nachit, H., Razafimahefa, N., Stussi, J.M. ve Carron, J.P., 1985. Composition Chimique Des Biotites Et Typologie Magmatique Des Granitoides. C. R. Hebd. Acad. Sci., 301, 11, 813–818.

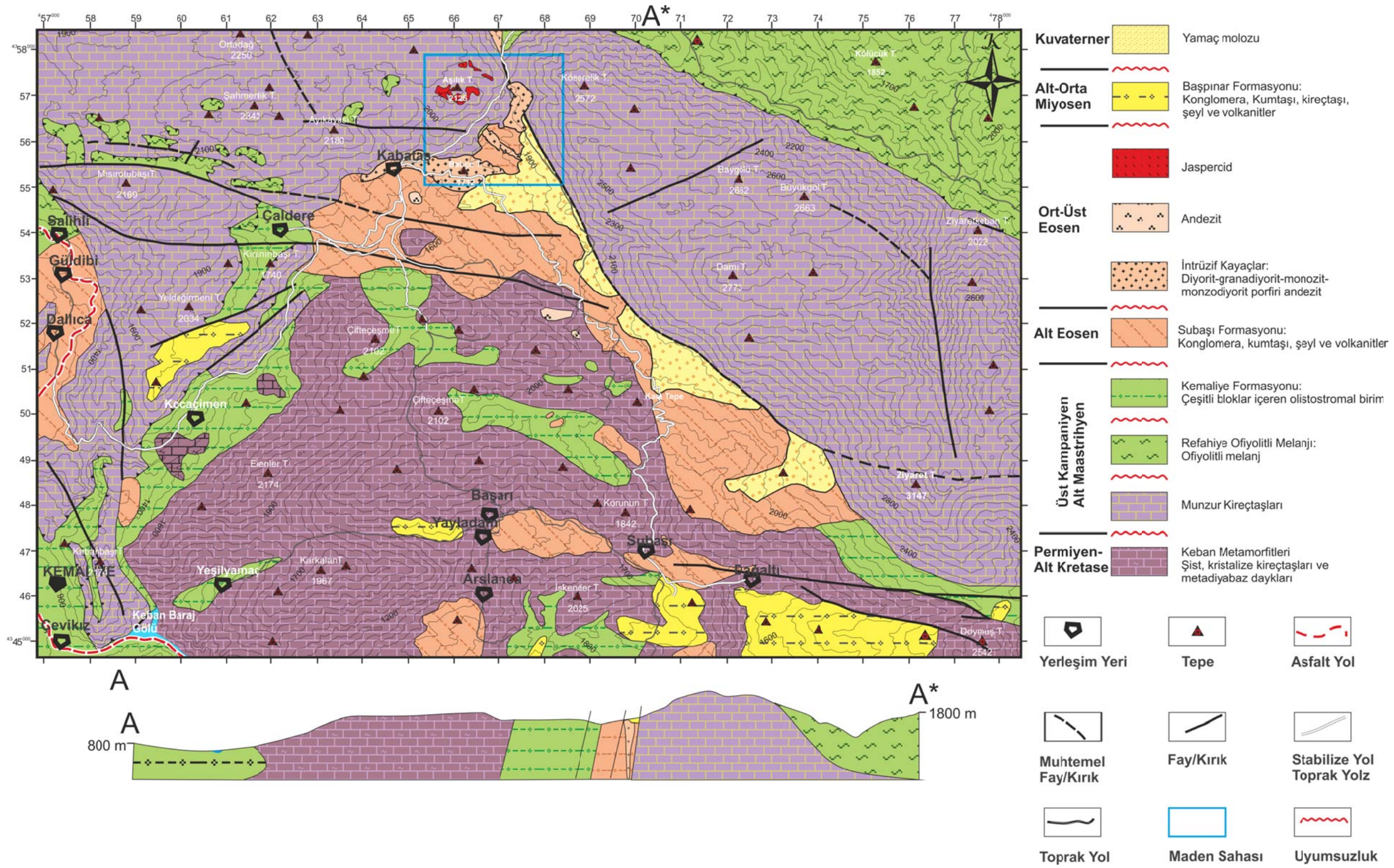
- Naden, J. ve Shepherd, T.J., 1989. Role of Methane and Carbon Dioxide in Gold Deposition, Nature 342, 793 – 795.
- Okay, A. I. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan Sutures of Northern Turkey. In The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen Geological Society of London, Special Publication, 156, 475-515.
- Önal, A., Boztuğ, D., Kürüm, S., Harlavan, Y., Arehart G. B. ve Arslan M., 2005. Çarpışma Sonrası Gerilme Rejimi Altında Oluşan Çaltı Ve Bizmişen Plütonlarının (Gb Erzincan) K/Ar Soğuma Yaşı, Tümü-Kayaç Ve Oksijen İzotop Jeokimyası, İç-Doğu Anadolu, Türkiye Ktü Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 40. Yıl Jeoloji Sempozyumu, Trabzon, Eylül, Bildiriler Kitabı.
- Özdemir, C., Biçen, C., 1971. Erzincan İli, Hiç İlçesi Ve Civarı Demir Etütleri Raporu. MTA, Rapor No:4461, 21 s.
- Özer, E., 1994. Munzur Dağlarının (Kemah-İlîç-Erzincan) Stratigrafisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 37, 2,53-64.
- Özgül, N., Turşucu, A., Özyardımcı, N., Şenol, M., Bingöl, İ. ve Uysal, Ş., 1981. Murzur Dağlarının Jeolojisi. MTA Derleme No: 6995, Ankara.
- Palmeri, R., Frezzotti, M.L., Godard, G. ve Davies, R.J., 2009. Pressure-Induced Incipient Amorphization of α -Quartz and Transition to Coesite in an Eclogite from Antarctica: a First Record and Some Consequences, Journal of Metamorphic Geology, 27, 685–705.
- Parr, J. M., 1992. Rare-Earth Elements Disturbition in Exhalites Associated with Broken Hill type Mineralisation at the Pinnacles Deposit, New South Wales, Austarlia, Chemical Geology, 100, 73-91.
- Pearce. J. A., 1996. A user's guide to basalt discrimination diagrams. in Wyman. D.A.. ed. Trace element geochemistry of volcanic rocks: applications for massive sultide exploration: Geological Association of Canada. Short Course Notes. 12, 79- 113.
- Perinçek, D. ve Çelikdemir, M.E., 1979. Palu-Karabegan-Elazığ-Sivrice-Malatya Alanının Jeolojisi ve Petrol İmkanları, TPAO Rapor No: 1361 (yayınlanmamış).
- Redmond, P.B., Einaudi, M.T.I., Nan, E.E., Landtwing, M.R. ve Heinrich, C.A., 2004. Copper Deposition by Fluid Cooling in Intrusion-Centered Systems: New Insights from the Bingham Porphyry Ore Deposit, Utah, Geology, 32, 217–20.
- Pintea, I., 2010. Fluid And Melt Inclusions Evidences For Auto Metasomatism Andremelting In The Alpine Porphyry Copper Genesis From Romania, Romanian Journal of Mineral Deposits, 84, 15.
- Placios, C. M., Hein, U.F. ve Dulski, P., 1986. Behavior of Rare-Earth Elements During Hydrothermal Alteration at the Buena Esperanza Copper-Silver Deposit, Nothern Chile, Earth Planetary Sci. Let., 80, 2008-216.

- Poisson, A., 1986. Anatolian Micro-Continents in the Eastern Mediterranean Context: The Neo-Tethyan Oceanic Crustal Troughs, Sci. de la Terre, Mém., 47, 311-328.
- Richards, J. P., 2003. Tectono-Magmatic Precursors for Porphyry Cu-(Mo-Au) Deposit Formation, Economic Geology, 98, 1515–1533.
- Richards, J. P., 2009. Postsubduction Porphyry Cu-Au and Epithermal Au Deposits: Products of Remelting of Subduction-Modified Lithosphere: Geology, 37, 247–250.
- Rieder, M., Cavazzini, G. D. Yakonov, Y.S., Frank-Kamenetskii, V.A., Gottardi, G., Guoggenheim, S., Koval, P.V., Müller, G., Neiva, A.M.R., Radoslovich, E.W., Robert, J.L., Sassi, F.P., Takeda, H., Weiss, Z. ve Wones, D.R., 1998. Nomenclature of the micas, Can.Mineral., 36, 905–912.
- Roedder, E., 1979. Fluid Inclusion Evidence on the Environments of Sedimentary Diagenesis - a Review. SEPM Special Publication 26, Symposium on Determination of Diagenetic Paleotemperatures, 89-107.
- Roedder, E., 1981. Origin of Fluid Inclusions and Changes that Occur after Trapping in, L.S. Hollister and M.L. Crawford (editors), Fluid Inclusions: Applications to Petrology. Mineralogical Association of Canada Short Course Handbook, 6, 101-137.
- Roedder, E. 1984. Fluid Inclusions: Reviews in Mineralogy, 12, 644 .
- Roedder, E. 1984. Final Report on a Study of Fluid Inclusions in Core from Gibson Dome No. 1 bore, Paradox Basin, Utah. U.S. Geol. Survey Open File Report No: 84-696, 16
- Rosso, K.M. ve Bodnar, R.J., 1995. Microthermometric and Raman Spectroscopic Detection limits of CO₂ in Fluid Inclusions and the Raman Spectroscopic Characterization of CO₂, Geochimica et Cosmochimica Acta, 59, 3961–3975.
- Seo, J.H. ve Heinrich, C.A., 2013. Selective Copper Diffusion Into Quartz-Hosted Vapor Inclusions: Evidence From Other Host Minerals, Driving Forces, and Consequences for Cu-Au Ore Formation, Geochimica et Cosmochimica Acta,
- Shinohara, H., 1994. Exsolution of Immiscible Vapor and Liquid Phases From a Crystallizing Silicate Melt: Implications for Chlorine and Metal Transport, Geochimica et Cosmochimica Acta, 58, 5215–21.
- Shebanova, O.N. ve Lazor, P., 2003. Raman Spectroscopic Study of Magnetite (FeFe₂O₄): a New Assignment for the Vibrational Spectrum, Journal of Solid State Chemistry, 174, 424–430.
- Sillitoe, R.H., 1972. A plate tectonic model for the origin of porphyry copper deposits: Economic Geology, 67, 184–197.

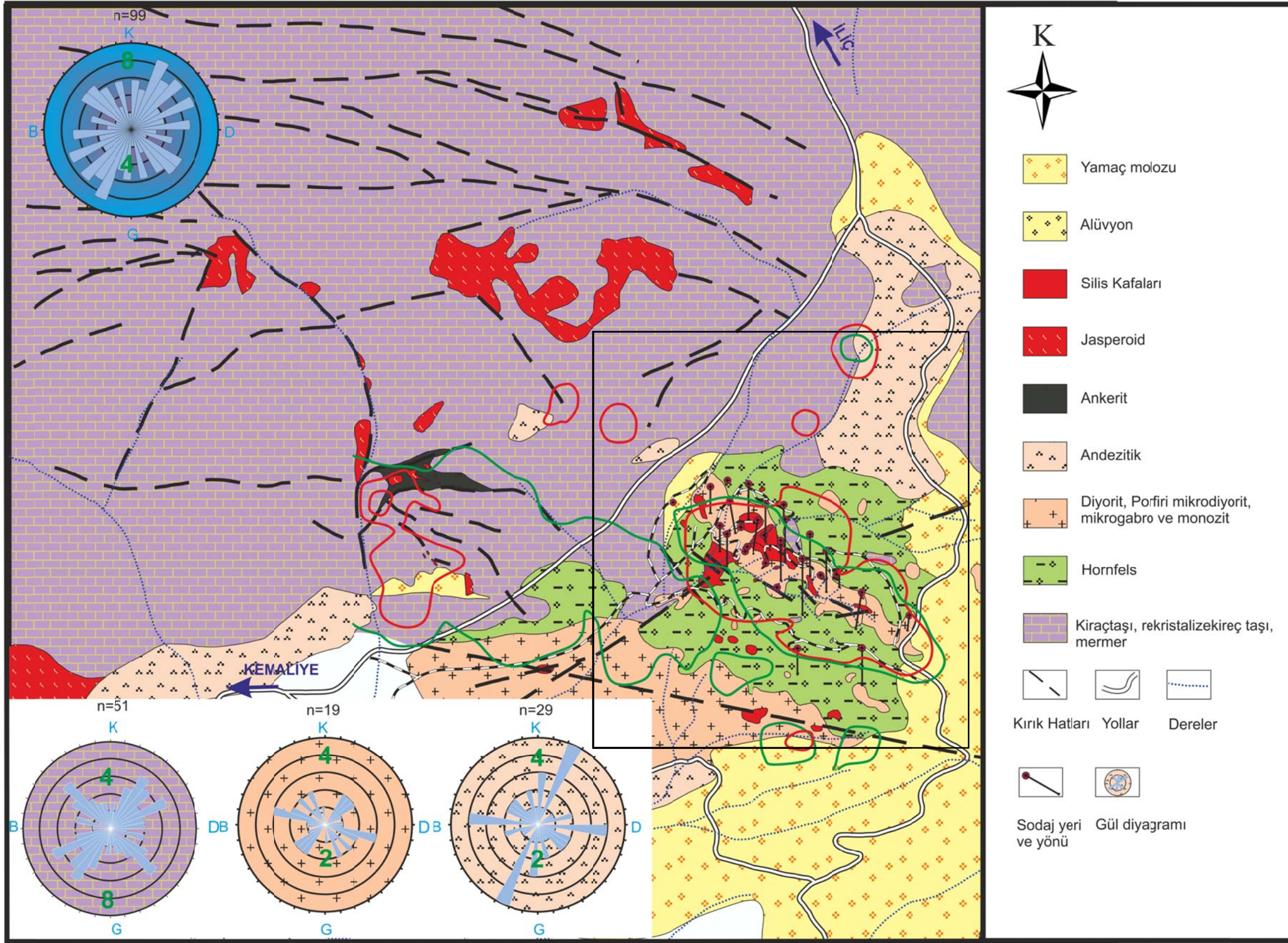
- Sillitoe, R.H., 1973. The Tops and Bottoms of Porphyry Copper Deposits: Economic Geology, 68, 799–815.
- Sillitoe, R.H., 2000. Gold-Rich Porphyry Deposits: Descriptive and Genetic Models and Their Role in Exploration and Discovery: Reviews in Economic Geology, 13, 315–345
- Sillitoe, R.H., 2010. Porphyry Copper Systems, Economic Geology, 105, 3–41.
- Solomon, M., Tornos, F., Large, R. R., Badham, J. N. P., Both, R. A. ve Zaw, K., 2004. Zn-Pb-Cu Volcanic-Hosted Massive Sulphide Deposits: Criteria for Distinguishing Brine Pool-Type From Black Smoker-Type Sulphide Deposition, Ore Geology Reviews, 25, 3-4, 259-283.
- Stchepinsky.V., 1940. Erzincan Mintikasının Umumi Jeolojisi Hakkında Rapor. MTA Rapor No: 1004, (Yayınlanmamış).
- Stefanova, E., Driesner, T., Zajacz, Z., Heinrich, C.A., Petrov, P. ve Zlati, V., 2013. Melt and Fluid Inclusions in Hydrothermal Veins: The Magmatic to Hydrothermal Evolution of the Elatsite Porphyry Cu-Au Deposit, Bulgaria. Economic Geology.
- Shepherd, T. J., Rankin, A. N. ve Alderton, D. H. M., 1985. A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies, Blacic ve Son Press., London, 238.
- Steele-MacInnis M., Lecumberri-Sanchez P. ve Bodnar R. J., 2012. HOKIEFLINCS-H2O-NACL: A Microsoft Excel spreadsheet for interpreting microthermometric data from fluid inclusions based on the PVTX properties of H2 O–NaCl. Computer Geoscience, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2012.01.022>.
- Sterner, .SM., Hall, D.L. ve Bodnar, R.J., 1988. Synthetic Fluid Inclusions. V. Solubility Relations in the System NaCl-KCl-H2O Under Vapor-Saturated Conditions. Geochimica et Cosmochimica Acta, 52,989-1006.
- Student, J.J. ve Bodnar, R.J., 2004. Silicate Melt Inclusions In Porphyry Copper Deposits: Identification and Homogenization Behavior, The Canadian Mineralogist, 42, 1583-1599.
- Sun, W-d., Liang, H-y., Ling, M-x., Zhan, M-z., Ding, X., Zhang, H., Yang, X-y., Li, Yl., Ireland, T., Wei, Q-r. ve Fan, W-m.,2012. The Link Between Reduced Porphyry Copper Deposits and Oxidized Magmas, Geochimica et Cosmochimica Acta), 103, 263-275.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Türkiye’de Tetis’in Evrimi Levha Tektoniği Açısından Bir Yaklaşım, T.J.K. Yerbilimleri Özel Dizisi- 1 Ankara.
- Taylor, H.P., 1974. The Application of Oxygen ve Hydrogen Isotope Studies to Problems of Hydrothermal Alteration ve Ore Deposition. Economic Geology, 69, 843-883.

- Theodore, T.G., 1986. Descriptive Model of Porphyry Mo, Low-F; in Mineral Deposit Models, Cox, D.P. and Singer, D.A., Editors, U.S. Geological Survey, Bulletin 1693, 120.
- Tokel, S., 1989. Pontid Kuşığı ile Divriği-Bolkardağı Karmaşığı Boyunca Görülen Granitoidlerin Kimyasal Ve Metalojeni Açından Karşılaştırılması. Tjk Bülten.
- Thompson, J., Wiens, R., Sharma, S., Lucey, P. ve Misra, A., 2005. Combined Remote LIBS and Raman Spectroscopy Measurements. Lunar and Planetary Science XXXVI, Bildiriler Kitabı, 1517.
- Tunç, M., Özçelik, O., Tutkun, Z. ve Gökçe, A., 1991, Divriği-Yakuplu-İliç-Hamso (Sivas) Yöresinin Temel Jeoloji Özellikleri: Doğa-Türk Yerbilimleri Dergisi, 15,225-245.
- Tüzün, D., Topçu, T., Yurt, M.Z., Kapucu., 1990. Çaltı (Sivas)-İliç-Kemaliye (Erzincan)-Munzur Dağları Yörelerinde Demir Aramalarına Yönelik Uzaktan Algılama Raporu. MTA Rapor No: 9099 (Yayınlanmamış).
- Tutkun, Z., Tunç, M., Gökçe A. ve Özçelik O., 1988. Divriği-Yakuplu-İliç-Hamo Yöresinin Temel Jeoloji Özellikleri. C.Ü Mühendislik Fakültesi, Sivas.
- Van den Kerkhof A.M. ve Hein U.F., 2001. Fluid Inclusion Petrography. Special Volume in Honour of Jacques Touret. Fluid Inclusions: Phase Relationships- Methods- Applications. (Andersen T., Frezzotti M.-L. and Burke E.A.J. eds.), Lithos 55, 27-47.
- Welton, C., Crowley, B., 2001. Karakartal Prospect Report Turkey. Riotinto Mining and Exploration, (Yayınlanmamış)
- Webster, J.D. ve Mandeville, C.W., 2007. Fluid Immiscibility in Volcanic Environments, Reviews in Mineralogy & Geochemistry, 65, 313-62.
- Xu, G., 2000 Methane-rich Fluid inclusions in the Proterozoic Zn±Pb±Ag deposit at Dugald River, NW Queensland: potential as an exploration guide, Applied Geochemistry, 15, 1-12.
- Yılmaz, A., 1985. Yukarı Kelkit Çayı ile Munzur Dağları Arasının Temel Jeoloji Özellikleri ve Yapısal Evrimi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 28, 79-92.
- Yılmaz, A., Okay, A. ve Bilgiç, T., 1985, Yukarı Kelkit Çayı ve Güneyinin Temel Jeoloji Özellikleri ve Sonuçları MTA Rapor No: 7777.
- Yazgan, E., 1983. A Geotraverse Between the Arabian Platform and the Munzur Nappes: Int. Symp. Geol. Taurus Belt, September, Ankara, Guide Book.
- Yazgan, E., 1984. Geodynamic Evolution of the Eastern Taurus Region: In: Tekeli, O. and Göncüoğlu, M.C. (eds), Geology of the Taurus Belt, Ankara, 199-209.

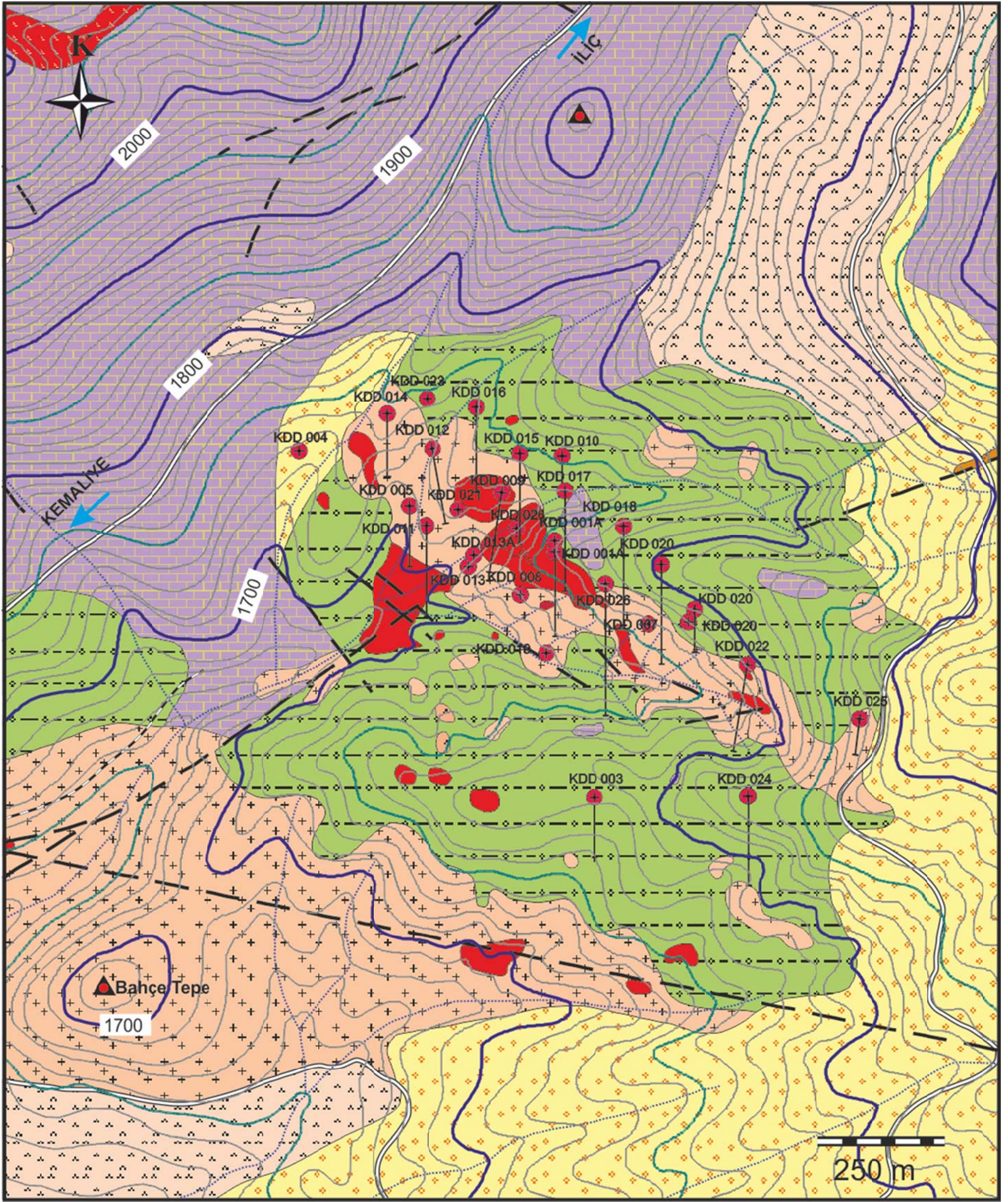
8. EKLER



Ek-1 Çalışma sahasının da içinde bulunduğu Divriği J 41 a3-a4 paftalarının sadeleştirilmiş jeolojik haritası (Bilgiç (2008)'den değiştirilerek)



Ek-2 Çalışma sahasının 1/5000 ölçekli jeolojik haritası (Walton ve Crowley (2001) den değiştirilerek) ve sahada bulun birimlere ait gül diyagramları.



Ek-3 Ek ikide işaretlen alanın detay gösterimi (Birim açıklamaları için Bknz Ek-2)

ÖZGEÇMİŞ

Oğuzhan GÜMRÜK, 06.12.1984 tarihinde Ankara'da doğdu ve ilk ve lise öğrenimini Ankara'da, orta öğrenimini Bişkek (Kırgızistan)'da tamamladı. 2001 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2007 yılında öğrenimini tamamlayarak mezun olan GÜMRÜK, aynı yıl aralık ayında zorunlu askerlik hizmetine başladı. Zorunlu askerlik hizmetini takiben 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Eğitimine başladı. 2010-2011 Eğitim yılında Erasmus değişim programı ile Montan Üniversitat Leoben (Avusturya)'de bulundu. GÜMRÜK, 2013 yılında "Kompleks ve Tuzca Doygun Çözeltiler Tarafından Oluşturulan Porfiri Tip Maden Yatakları: Karakartal (Kemaliye-Erzincan) Au-Cu Maden Yatağı Örneği" başlıklı yüksek lisans teziyle yüksek lisans programını tamamlayarak yüksek mühendis unvanı aldı.