

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MASTRA (GÜMÜŞHANE) YATAĞI'NIN JEOLojİK, MİNERALojİK VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Neslihan ASLAN

**OCAK 2011
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MASTRA (GÜMÜŞHANE) YATAĞI'NIN JEOLOJİK, MİNERALOGİK VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Jeoloji Müh. Neslihan ASLAN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Jeoloji Yüksek Mühendisi”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26.12.2010
Tezin Savunma Tarihi : 17.01.2011**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Miğraç AKÇAY
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ
Jüri Üyesi : Doç. Dr. İbrahim ALP**

Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Trabzon 2011

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Prof. Dr. Miğraç AKÇAY yönetiminde 'Yüksek Lisans Tezi' olarak hazırlanmıştır. Tez kapsamında, Mastra Au-Ag yatağının jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri araştırılmıştır.

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

Bilgi, tecrübe, görüş ve önerilerinden yararlandığım değerli hocalarım, Yrd. Doç. Dr. Ali VAN, Yrd. Doç. Dr. Mithat VICIL ve Yrd. Doç. Dr. Emel ABDİOĞLU'na şükranlarımı sunarım.

Arazi çalışmalarım sırasında her türlü olanaklardan yararlanmamı sağlayan Mastra (Gümüşhane) Koza Altın İşletmeleri A.Ş.'ye ve yardımlarını esirgemeyen Jeoloji Bölümü mühendislerinden özellikle, Jeoloji Mühendisleri, T. Şükrü ÇOBAN, Barış YAVUZ, Turan AYDIN ve Jeo. Yük. Müh. Birol AYDIN'a teşekkür ederim.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen sevgili kardeşlerim Serkan ASLAN, Mustafa ASLAN ile değerli meslektaşlarım Jeo. Yük. Müh. Efide KABAOĞLU, Jeo. Yük. Müh. Özgür BİLİCİ, Jeo. Müh. S. Serap TURAN, Jeo. Müh. Esra ÖMERBEYOĞLU, Jeo. Müh. Oğuzhan GÜMRÜK ve stajyer öğrencilerime teşekkür ederim.

Hayatımın en değerli varlıkları olan ve öğrenim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen başta babam Zeki ASLAN olmak üzere ailemin tüm fertlerine şükranlarımı bir borç bilirim.

Jeo. Müh. Neslihan ASLAN

Trabzon 2011

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	XVI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XVIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2. Coğrafi Konum.....	1
1.3. Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü.....	3
1.4. Önceki Çalışmalar.....	3
1.5. Doğu Pontitlerin Genel Jeolojisi.....	4
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	7
2.1. Materyal ve Yöntemler.....	7
2.1.1. Arazi Çalışmaları.....	7
2.1.1.1. Jeolojik Harita Alımı.....	7
2.1.1.2. Petrografi ve Kimyasal Analiz Amaçlı Örnek Alımı.....	7
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	8
2.1.2.1. İnce Kesit, Parlak Kesit, Sıvı Kapanım Kesitlerin Hazırlanması ve İncelenmesi.....	8
2.1.2.2. Kimyasal Analiz İçin Örnek Hazırlama.....	9
2.1.2.3. X-Işınları Difraksiyonu (XRD) İçin Örnek Hazırlanması.....	9
2.1.2.4. O-H ve S İzotop Analizleri İçin Örnek Hazırlanması.....	11
2.1.2.5. Altın Analizleri İçin Örnek Hazırlanması.....	11
2.1.3. Analitik Yöntemler.....	12
2.1.3.1. Kimyasal Analizler.....	12
2.1.3.2. XRD Analizleri.....	12
2.1.3.3. Duraylı İzotop Analizleri.....	13
2.1.3.4. AAS (Atomik Absorbsiyon Spektrometresi) Analizleri.....	13
2.1.4. Büro Çalışması.....	13

3.	BULGULAR	14
3.1.	İnceleme Alanının Genel Jeolojisi ve Petrografisi	14
3.1.1.	Alüvyonlar	20
3.1.2.	Yamaç Molozu	20
3.2.	Yapısal Jeoloji	21
3.2.1.	Faylar ve Kıvrımlı Yapılar	21
3.2.2.	Tabakalı Yapılar	21
3.3.	Maden Jeolojisi.....	22
3.3.1.	Giriş	22
3.3.2.	Mastra Altın Yatağının Jeolojisi.....	24
3.3.2.1.	Düşey Değişim	28
3.3.2.2.	Galeri Aynaları	33
3.3.3.	Kuvars Dokuları	37
3.3.3.1.	Birincil Büyüme Dokuları	38
3.3.3.2.	Yeniden Kristallenme Dokuları.....	42
3.3.3.3.	Ornatım Dokuları.....	44
3.3.4.	Mineral Parajenezi ve Dizinimi.....	47
3.3.4.1.	Birincil Mineraller	48
3.3.4.2.	İkincil Mineraller	57
3.4.	Hidrotermal Alterasyon	60
3.4.1.	Kloritleşme	62
3.4.2.	Karbonatlaşma	65
3.4.3.	Serizitleşme	68
3.4.4.	Silisleşme.....	69
3.4.5.	Epidotlaşma	71
3.4.6.	Killeşme.....	71
3.5.	Kil Mineralojisi:	72
3.5.1.	Andezit ve Piroklastitlerinde Gelişen Killerin Mineralojisi	73
3.5.1.1.	Andezit ve Piroklastitlerdeki Kloritlerin XRD İncelemeleri.....	75
3.5.1.2.	Andezit ve Piroklastitlerdeki Simektitlerin XRD İncelemeleri.....	77
3.5.1.3.	Andezit ve Piroklastitlerdeki İllitlerin XRD İncelemeleri	78
3.5.1.4.	Andezit ve Piroklastitlerdeki Kaolenlerin XRD İncelemeleri.....	80
3.6.	Kütle Değişim Hesaplamaları.....	81
3.6.1.	Kullanılan Yöntem	81

3.6.2.	Hareketsiz Elementin Belirlenmesi	81
3.6.3.	Kütle Değişim Hesabının Yapılması	82
3.6.4.	Kütle Değişiminin Yanal Olarak İncelenmesi	98
3.7.	Kükürt İzotop Jeokimyası	100
3.8.	Oksijen ve Hidrojen İzotop Jeokimyası	102
3.9.	Sıvı Kapanım Jeokimyası	104
3.9.1.	Sıvı Kapanım Petrografisi	105
3.9.2.	Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri ($T_H^{\circ}C$)	109
3.9.3.	İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri ($T_{FM}^{\circ}C$)	114
3.9.4.	Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri ($T_{M-ICE}^{\circ}C$)	115
3.9.5.	Tuzluluk ve Homojenleşme Sıcaklığı İlişkisi.....	117
4.	TARTIŞMA	120
4.1.	Giriş	120
4.2.	Hidrotermal Çözelti Yan Kayaç Etkileşimi.....	120
4.3.	Hidrotermal Çözeltinin Sıcaklığı ve Fizikokimyasal Özellikleri	123
4.3.1.	Kükürt İzotop Jeotermometresi	124
4.3.2.	Oksijen İzotop Jeotermometresi	126
4.4.	Cevherin Oluşum Basıncı ve Derinliği.....	132
4.5.	Dokusal Özellikler ve Altın Zenginleşmesi	135
4.6.	Mastra Au-Ag Yatağının Oluşum Modeli	138
5.	SONUÇLAR.....	142
6.	KAYNAKÇA	147
7.	EKLER	157

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

Mastra Au-Ag yatağı, Gümüşhane'nin kuş uçuşu 5 km kuzey batısında, demir kaynak köyünün yakınlarındadır. Eosen yaşlı andezitik bileşimli volkanik ve volkanoklastik kayaların yoğun olduğu bu sahada, cevher başlıca K50-70°B doğrultulu ve 65-80° KD ya eğimli bir fay zonu içine yerleşen kuvars damarlarından oluşmaktadır. Bu damar zonunda başlıca kloritleşme, karbonatlaşma, epidotlaşma, serizitleşme, silisleşme ve killeşme ile temsil edilen bir hidrotermal alterasyonlar vardır. Mineralojik ve kimyasal çalışmalar, bu alterasyon zonunun, cevher zonuna göre en dıştan içe doğru a) propilitik, b) arjillik-serizitik ve c) silisleşme şeklinde olduğunu göstermektedir. Propilitik zon kendi içinde en dışta kloritleşme-killeşme±karbonatlaşma, arjillik zona doğru gidildikçe karbonatlaşma-killeşme±kloritleşme şeklinde görülmektedir. Altın, gümüş, pirit, sfalerit, kalkopirit, fahlerz, galen, dijenit, kovellin/kalkozin ana mineraller; kuvars, barit, adularya, kalsit, serüzit, jips, hematit, limonit, serizit, azurit, malakit ve kil mineralleri ise gang mineralleridir. Kuvars damarlarında çok farklı türlerde büyüme, yeniden kristallenme ve ornatım dokuları gelişmiştir. Bu dokular masif yapı, boşluk dolgusu, taraklı, bantlı, kokart dokusu, breş dolgusu, tüysü, mozaik, flamboyant, ghost-sphere, şeker ve kafes dokusudur. Bu dokulardan boşluklu, breşik, kokard ve taraklı dokuların varlığı epitermal koşulların göstergesidir. Pirit, sfalerit, galen ve kalkopiritten elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ değerleri genel olarak -1,7‰ ile -6,2‰ gibi dar bir aralıkta değişmektedir. Bu değerler kükürt kaynağının magmatik olduğunu göstermektedir. Kuvars ile dengede olan çözeltilerin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri +4,5‰ ile +6,2‰ arasında, killer ile dengede olan çözeltilerin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri +5,8‰ ile +9,8‰ arasındadır. Sıvı kapanımlardan maden yatağının geniş bir sıcaklık aralığında (113-390°C) oluştuğu anlaşılmıştır. Kükürt izotop jeotermometresinde T_1 : 147±15°C, T_2 : ortalama 287±21°C ve, T_3 : ortalama 365±28°C, Oksijen izotop jeotermometresinde ise ortalama 348,5°C'lik oluşum sıcaklıkları belirlenmiştir. Alterasyon, cevher mikroskobisi, sıvı kapanım ve izotop çalışmaları neticesinde Mastra Au-Ag madeninin adularya-serizit tip bir epitermal sistem olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mastra, Au-Ag, Hidrotermal alterasyon, Kil mineralojisi, Kuvars dokuları, Sıvı kapanım, O-H-S izotopları.

SUMMARY

Geologic, Mineralogic and Geochemical Properties of Mastra (Gümüşhane) Au-Ag Deposit

Mastra Au-Ag deposit is situated near Demirkaynak village, 5 km's to the northwest of Gümüşhane. In this area, which is covered mainly by andesitic volcanics and volcanoclastic rocks of Eocene age, the ore zone is composed of quartz veins within a fault zone striking N50-70°W and dipping 65-80°NE. Hydrothermal alteration is represented mainly by chloritisation, carbonatisation, epidotisation, sericitisation, silicification and clay alteration. These alteration minerals are found in different combinations, and form, from the outer zones to inner zones of the deposit, a) propilitic alteration, b) argillic-sericitic alteration and c) silicification zone. The propilitic zone varies in composition which is made up mainly of chlorite and clay minerals, and carbonates to a lesser extent at the outer zones, and carbonates and clay minerals, and chlorite to a lesser extent at the inner zones. Au-Ag, pyrite, chalcopyrite, sphalerite, sulphosalts, galena, digenite and covellite/chalcosite are the main ore minerals, and quartz, barite, adularia, calcite, serusite, gypsum, hematite, limonite, sericite, and clay minerals are the gangue minerals. various types of crystallisation, growth and replacement textures are present in the quartz veins. Among such textural features are massive-, comb-, crustiform-, cocard-, brecciated-, breccia-fill-, mosaic-, flamboyant-, ghost-sphere-, saccaroidal-, and lattice textures. Of these, brecciated, cocard, comb and void-filling textures are the indication of epithermal conditions. $\delta^{34}\text{S}$ values from pyrite, sphalerite, galena and chalcopyrite range from -1,7 to -6,2‰. These values are indicative of magmatic origin. $\delta^{18}\text{O}$ of hidrothermal fluid, which are in equilibrium with quartz, are between +4,5-+6,2‰. $\delta^{18}\text{O}$ of hidrothermal fluid which are in equilibrium with clay are between +5,8-+9,8‰. It was seen that ore deposit occurs in a wide temperature interval of 113-390°C. Occurance temperatures in $\delta^{34}\text{S}$ geothermometer were determined as $T_1:147\pm15^\circ\text{C}$, T_2 : average $287\pm21^\circ\text{C}$ and T_3 : average $365\pm28^\circ\text{C}$ while in $\delta^{18}\text{O}$ geothermometry it was average $348,5^\circ\text{C}$. In the results of alteration, ore microscopy, fluid inclusion and, isotope analysis it was determined that Mastra Au-Ag deposit is an adularia-sericite type epithermal system.

Key Words: Mastra, Au-Ag, Hydrothermal alteration, Clay mineralogy, Quartz textures, Fluid inclusions, O-H-S isotopes.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1	Mastra (Gümüşhane) Au-Ag yatağının konumu ve maden işletme sahasının görünümü..... 2
Şekil 3.1.	a) Kabaköy Formasyonu'nda gri renkli, lav akıntısı şeklinde görülen ve yüzeysel bozunmaya uğramış andezitlerin arazideki görünümü b) andezitlerin çatlakları boyunca yerleşen kalsit ve kil dolgularının görünümü. 14
Şekil 3.2.	İnceleme alanında gözlenen birimlere ait stratigrafik kolon kesit. 15
Şekil 3.3.	Mastra (Gümüşhane) Au-Ag yatağının 1/10.000 ölçekli genel jeoloji haritası ve A-A' enine kesiti..... 16
Şekil 3.4.	a) Porfiritik-Mikrolitik dokulu andezitlerde iri ve orta büyüklükte plajiyoklas fenokristalleri, mafik mineraller ve ile hamurdaki plajiyoklas mikrolitlerinin ince kesit görünümü, b) öz ve yarı öz şekilli amfibol fenokristallerinin ince kesit görünümü. 17
Şekil 3.5.	a) Bazaltlarda, iri ve orta büyüklükte plajiyoklas ve piroksen fenokristalleri ile bu mineraller arasında bulunan opak minerallerin, b) irili ufaklı plajiyoklas fenokristallerinin bazaltlara kazandırdığı mikrolitik-porfiritik dokunun mikroskobik görünümü. 18
Şekil 3.6.	a) Tabakalı yapıları ile kolayca tanınan sedimanter kaya birimlerinin arazideki görünümü b) Sarımsıkahverengi renkli, kalın tabakalı kireçtaşlarının arazideki görünümü. 18
Şekil 3.7.	a) Kireçtaşı içerisindeki Discocyclina sp. fosili, b) kireçtaşı içerisindeki Globigerina sp. fosili. 19
Şekil 3.8.	a) Kireçtaşı, kumtaşı, tuf ve marn ardalanmasının arazideki görünümü (maden sahasının güneyi), b) kumtaşını oluşturan bileşenlerden kayaç parçaları, plajiyoklas, amfibol, piroksen ve opak minerallerin ince kesit görünümü, c) kumtaşı içerisindeki kuvars parçalarının ince kesit görünümü. 20
Şekil 3.9.	a) Sedimanter kayaçların, andezit ve piroklastitleri üzerine itilmesi sonucu oluşan devrik senklinalin görünümü b) bindirme sınırında sedimanter kayaçlarda tabaka eğimlerinin dike yakın konuma gelmesi. 22
Şekil 3.10.	a) Mastra Au-Ag yatağında açık ocak ve yer altı ocağının işletim şeması ve işletilen kuvars damarının 3 boyutlu görünümü, b) açık ocak işletme sahasında kırmızı renkli şeritler ile çevrelenmiş yüksek tenörlü (High Grade) damar zonu, c) açık ocak işletme sahasında sarı renkli şeritler ile çevrelenmiş düşük tenörlü (low Grade) damar zonu, d) açık ocak işletme sahasında pembe renkli şeritler ile çevrelenmiş işletilebilir (Run of Mine) damar zonu. 24

Şekil 3.11.	Mastra (Gümüşhane) Au-Ag yatağındaki kuvars damarlarının jeoloji haritası.....	25
Şekil 3.12.	İleri derecede oksitlenmiş (limonitleşmiş) sert çıkıntısı ile kolayca tanınan kuvars damarları a) 2 numaralı profil b) 4 numaralı profil c) Mastra Au-Ag yatağında gözlenen ağsal kuvars damarları.....	27
Şekil 3.13	a) Çalışma sahasının güney batısında yer alan steril kuvars damarı, b) çalışma sahasının kuzeydoğusunda Aktaş tepedeki silis kafalarının görünümü.....	27
Şekil 3.14.	a) KZM-12 numaralı sondaj kuyusunun ilk 4. metresinde gözlenen killeşme, limonitleşme ve hematitleşme, b) 12. metreden sonra gözlenen alterasyon değişimi, kısmen silisleşmiş ve karbonatlaşmış porfiri dokudaki andezitler. c). KZM-12 numaralı sondaj kuyusunda 79. metreden kesilmeye başlayan kuvars damarı.....	29
Şekil 3.15.	KZM-12 numaralı sondaj kuyusundaki litoloji ve alterasyon değişimi.	30
Şekil 3.16.	a) Sondajın ilk 7. metresinde ileri derecede killeşme, hematitleşme ve limonitleşme, b) KZM-39 numaralı sondaj kuyusunda,52,80-54,75 metreler arasında kesilen fay zonu, c) 147-154m arasında kesilen boşluklu ve ağsal kuvars damarı, d) KZM-39 numaralı sondaj kuyusunun son 4 metresinde kesilen breşik andezit.....	31
Şekil 3.17.	KZM-39 numaralı sondaj kuyusundaki litoloji ve alterasyon değişimleri. ..	32
Şekil 3.18.	a) B1330K numaralı üretim galerisinin 137. metresindeki aynanın görünümü. b) bu aynanın sağ duvarındaki fay zonunun görünümü.	34
Şekil 3.19.	B1330K galerisinin 137. metresindeki aynanın jeoloji haritası.....	34
Şekil 3.20.	D1265K numaralı üretim galerisinin 8. metresindeki aynanın görünümü. ..	35
Şekil 3.21.	D1265K numaralı üretim galerisinin 8. metresindeki aynanın jeoloji haritası.....	35
Şekil 3.22.	B1340G numaralı üretim galerisinin 86. metresindeki aynanın görünümü..	36
Şekil 3.23.	B1340G numaralı üretim galerisinin 86. metresindeki aynanın jeoloji haritası.....	36
Şekil 3.24.	a) Maden sahasının batı kesiminde yer alan ve altın içermeyen kuvars damarında izlenen masif doku, b) damar sisteminin batı kesiminde, 2. profil hattının kestiği, yüzeyde mostra veren kuvars damarında görülen boşluklu yapı, c) yeraltında B1330K numaralı galeri aynasındaki kuvars damarında görülen boşluklu yapı, d) yüzeyde mostra veren ağsal kuvars damarlarında, karşılıklı kuvars büyümeleri ile oluşmuş simetrik tarak dokusu e) damar sisteminin doğu ucunda açılmış olan galeride, B1280G numaralı aynadaki kuvars damarında gelişmiş simetrik tarak dokusu, f) öz şekilli kuvars kristallerinden oluşan, asimetric olarak gelişmiş tarak dokusu	40

Şekil 3.25.	a) B1280G numaralı galeri aynasındaki kuvars damarında, birbiri ardı sıra gelişerek bantlı yapıyı oluşturan kuvars ve ametistten oluşan damar örneği, b) B1330K numaralı galeri aynasındaki cevherli kuvars damarında, kuvars, kalkopirit, sfalerit şeklinde sıralı bantlar oluşturan cevherli damar örneği, c) yüzey damarında gözlenen kokard yapı d) Galerî örneğinde gözlenen kokard yapı e) ve f) Galerî örneklerinde gözlenen breş dolgusu yapıları.....	41
Şekil 3.26.	a) Kalsedonik kuvarlarda görülen tüysü doku, b) ghost-sphere ve devamında gelişen tüysü doku, c) tüysü doku gösteren kuvarların giderek büyüyen kristalleri, d) mozaik doku, e) flamboyant doku, f) bulutumsu küreler şeklinde gelişmiş ghost-sphere doku.	43
Şekil 3.27.	a) Damar sisteminin batı ucunda yer alan kuvars damarında gelişen kalsitlerde gözlenen kafes dokusu, b) yüzeyde mostra veren kuvars damarında gözlenen şeker dokusunun makroskobik görünümü (Örnek No: YD1-2), c) kuvars damarında görünen şeker dokusunun mikroskobik görünümü ve Şeker dokusu gösteren kuvars kristalleri arasında gözlenen opak mineral d) amorf ve kristal kuvarsın bir arada bulunduğu yüzey damarı, e) üst üste büyümelerin gözlendiği galerî örneği.	45
Şekil 3.28.	a) Küçük kristallerle büyümeye başlayan kuvars kristalleri, b) bu kuvarların devamında irileşen öz şekilsiz kuvars kristalleri, c) irileşen kuvars kristallerinin arasında gelişen kılcal kuvarlar, d) ince kuvars kristalleri etrafında sağlı sollu büyüyen iri kuvars kristalleri, e) değişken boyutlu kırılmış kuvars kristallerinin görünümü, f) boşluğa doğru büyüyen kuvars kristallerinin görünümü.....	46
Şekil 3.29.	Mastra Au-Ag cevherleşmesinin mineral parajenezi ve dizinimi.	47
Şekil 3.30.	a) Öz şekilli piritlerin kalkopirit tarafından çevrelenmesi ve kalkopirit içerisindeki dijenit damarları, b) yarı öz şekilli kırılmış piritlerin boşluklarını dolduran sfaleritler, c) kataklastik doku gösteren yarı öz şekilli piritlerin arasını dolduran kalkopirit ve kalkopiritin ayrışması ile oluşan kovellin ve kalkozin minerali, d) öz şekilli piritin galen ve kalkopirit tarafından kademeli ornatımı, e) piritlerin kuvars tarafından ornatılması sonucu gelişen iskelet dokusu, f) kuvars tarafından taşınan öz ve yarı öz şekilli kısmen yuvarlaklaşmış küçük boyutlu piritler.	49
Şekil 3.31.	a) Kalkopirit ayrılımları içeren sfaleritin, ilk faza ait öz şekilli iri piritleri ornatması ve ayrıca sfaleritlerin galen I, kalkopirit-II ve kuvars-II tarafından ornatımı, b) kenar kısımlarında kalkopirit yığılımları olan sfaleritin, fahlerz, galen-I ve kalkopirit-II tarafından ornatımı, c) gelişmiş güzel kalkopirit ayrılımları içeren sfaleritin, galen-I, kalkopirit-II ve kuvars-II tarafından ornatımı, d) kalkopirit-I ile eş yaşlı olan sfaleritin kalkopirit-II ve dijenit tarafından ornatımı, e) kalkopirit-II içerisinde porfiroblastlar halindeki sfalerit kapanımları, f) sfaleritlerde görülen kataklastik yapı.	50

Şekil 3.32.	a) Sfaleritin kenar kısımlarında yığışım gösteren kalkopirit I kapanımları b) sfaleritin kristalografik eksenleri boyunca aynı yönde dizilim gösteren Kalkopirit I kapanımları, c) sfalerit, galen ve kalkopirit-II'nin düzgün sınırlar oluşturarak büyümesi, d) sfaleritin içine yerleşen ince kalkopirit-II damarı, e) kalkopirit-II içerisindeki yuvarlak şekilli altın taneleri ve kalkopirit-II nin galeni ornatımı, f) Kuvars içinde dağınık halde bulunan kalkopirit-II ve pirit-I.....	52
Şekil 3.33.	a) Galenlere özgü olan üçgen yapılar, b) kalkopirit-II içerisinde bulunan ve ilk mineral oluşum fazına ait galen porfiroblastları, c) ilk faza ait galenin sfaleriti ornatımı, d) galen içerisindeki altın tanesi, e) galenin öz şekilli piritleri ornatması sonucu oluşan yazı dokusu, f) kuvarsın galeni ornatması sonucu oluşan yazı dokusu.	53
Şekil 3.34.	a) Piriti ornatın fahlerzin, ilk fazın galeni ve ikinci fazın kalkopiriti tarafından ornatımı, b) ikinci fazda oluşan galenin içerisinde kapanım halinde bulunan fahlerz ve onu ornatın kalkopirit-II.	54
Şekil 3.35.	a) Kuvars içindeki altın taneleri, b) kalkopirit içinde bulunan dairesel şekilli altın tanesi, c) kalkopiritin kenar kısmında ve içerisinde yer alan altın tanesi, d) galen içerisinde bulunan altın tanesi, e) kalkopirit içerisinde elips şeklindeki küçük boyutlu altın taneleri, f) pirit ve kuvars içerisinde bulunan altın taneleri.	55
Şekil 3.36.	a) Galen içerisine yerleşmiş III. faza ait öz şekilli kuvars kristalleri, b) kalkopirit içerisine yerleşmiş olan III faza ait öz şekilli kuvars kristalleri	56
Şekil 3.37.	a) Birbirini kesen iri barit kristalleri ve aralarını dolduran kuvars ile galen damarı, b) küçük boyutlu ve ince kristalli barit mineralleri ve aralarını dolduran kuvarslar.	57
Şekil 3.38.	a) Kuvars gangı tarafından çevrelenmiş ince çubuklar halindeki beraber büyümüş kovellin ve kalkozinler, b) kalkopiritlerin kenarlarından itibaren birlikte oluşan kovellin ve kalkozinler, c) kalkopiritin kenarlarından itibaren gelişen dijenit ve kalkopiriti ornatımı, d) Dijenit mineralinin, kenarlarından itibaren galeni ve kalkopiriti ornatımı, e) galenlerin kenar kısımlarından itibaren ayrışması sonucu gelişen serüzit ve dijenit minerali, f) kalkopirit ve galeni ornatın serüzit ve dijenit minerali.....	58
Şekil 3.39.	a) Kırmızı-turuncu iç yansıma sahip hematitler, b) kalkopiritin oksidasyonu sonucu gelişmiş limonit, c) yüzeysel bozlaşmaya maruz kalan bakırlı cevher minerallerinin, karbonat mineralleri olan malakit ve azurite dönüşmesi ve ayrışma sonucu serbest kalan kükürtün çökelişi. (Hem; hematit, Q; kuvars, Lim; limonit, Sph; sfalerit, Gl; galen).....	59
Şekil 3.40.	Alterasyon zonlanmasını gösteren harita.....	61
Şekil 3.41.	a) Kloritleşmenin yaygın olduğu örneklerin arazideki görünümü, b) ilksel dokusunu kaybetmemiş kloritleşmiş porfiri andezitin makroskobik görünümü.	62

- Şekil 3.42. Plajiyoklasların ayrışmasıyla oluşan kloritlerin a) tek ve b) çapraz nikol görünümü. Kenar kısımlarından itibaren kloritleşen mafik minerallerin c) tek ve d) çapraz nikol görünümü. yeşil rengi ile kolayca tanınan ve klorit için karakteristik olan sferülitik dokunun e) tek ve f) çapraz nikol görünümü. 63
- Şekil 3.43. Mikrolitik- porfiritik dokulu kayada matriksten itibaren gerçekleşen kloritleşmenin a) tek ve b) çapraz nikol görünümü. Kloritleşmiş örneklerde gözlenen opak mineraller ve kloritleşmeyle birlikte gelişen karbonatlaşmanın c) tek ve d) çapraz nikol görünümü. Mikrolitik-porfiritik doku gösteren andezitlerde kloritleşmeye eşlik eden serizitleşmiş plajiyoklas fenokristallerinin e) tek ve f) çapraz nikol görünümü. 64
- Şekil 3.44. a) Alterasyon zonunun dış kesimlerinde bulunan ve daha çok karbonatlaşma gösteren örneklerin arazideki görünümü, b) karbonatlaşma gösteren altere örneğin makroskobik görünümü. 65
- Şekil 3.45. Mikrolitik-porfiritik dokulu andezitlerde hidrotermal alterasyon sonucu plajiyoklas ve mafik minerallerde gelişen karbonatlaşmanın a) tek ve b) çapraz nikol görünümü. Altere andezitlerde matriksten itibaren oluşan karbonatlaşmanın c) tek ve d) çapraz nikol görünümü. Mikrolitik-porfiritik dokulu andezitlerde plajiyoklas fenokristallerinin ayrışması sonucu gelişen serizit ve karbonat minerallerinin e) tek ve f) çapraz nikol görünümü. 66
- Şekil 3.46. Öz ve yarı öz şekilli mafik minerallerin üzerinde gelişen karbonatlaşmanın a) tek ve b) çapraz nikol görünümü. Matriks içinde boşluk dolgusu şeklinde gelişen silisleşme ve etrafını saran karbonatların c) tek ve d) çapraz nikol görünümü. Zonlu yapı gösteren plajiyoklas fenokristalinin zonları boyunca gelişen karbonatlaşmanın e) tek ve f) çapraz nikol görünümü. 67
- Şekil 3.47. a) Serizitik alterasyonun arazideki görünümü, b) ilksel dokusunu kaybederek tamamen serizitleşen andezit, c) serizitleşmiş örnekte, yüzeyel etkileşimler sonucu gelişen hematitleşme ve limonitleşmenin meydana getirdiği ekfoliasyon yapısı. 68
- Şekil 3.48. a) Mikrolitik-porfiritik dokulu andezit örneğinde, plajiyoklas fenokristallerinin ve matriksin serizitleşmesi, b) alterasyon sonucu serizitleşmeyle birlikte gelişen silisleşmenin görünümü, c) silisleşmiş-serizitleşmiş örneklerde görülen adularya damarcığı, d) andezitlerde serizitleşme ve daha sonra yüzeyel etkilerle oluşan demiroksit boyamalarının görünümü. 69
- Şekil 3.49. a) Silisleşmemiş ve b) hematitleşmiş-silisleşmiş andezitin makroskobik görünümü, zeolit içeren silisleşmiş altere kayada örneğinin c) tek ve d) çapraz nikol görünümü. Silisleşmeye eşlik eden kahverengi rengi ile karakteristik Fe'li kloritler ve opak minerallerin e) tek ve f) çapraz nikol görünümü. 70

Şekil 3.50.	a) İnceleme alanının kuzeybatı kesiminde sarımsı beyaz renklere görülen killeşme, b) açık ocak işletme sahasındaki gri renkli killerin (illit-smektit) görünümünü, c) andezitte meydana gelen, beyaz renkli yumuşak ve dağılgan özellikteki killeşmenin makroskobik görünümü.	71
Şekil 3.51.	a) Andezit ve piroklastitlerine ait altere kayaçtaki 1. Profilden alınan, adularya ve baritce zengin örnek ve onlara eşlik eden mimerallerinin XRD-TK Difraktogramı, b) alterasyon zonunun dış kesiminden alınan, 2. profile ait altere kayaç örneğinin, XRD-TK Difraktogramı.	73
Şekil 3.52.	a) Alterasyon zonunun merkezinde, 2. profile ait altere kayaç örneğinin, XRD-TK Difraktogramı. b) alterasyon zonunun merkezinde, 3. profile ait altere kayaç örneğinin, XRD-TK Difraktogramı, c) alterasyon zonunda yapılan KZM48 nolu sondajın 27. metresinden alınan altere kayaç örneğinin, XRD-TK Difraktogramı.	74
Şekil 3.53.	a) Kloritçe zengin kil fraksiyonuna ait normal (NR), etilen glikolle doyurulmuş (EG) durumdaki temsili X-ışınları difraktogramları. b) tüm kayaça ait temsili X-ışınları difraktogramları.	77
Şekil 3.54.	a) Simektitçe zengin kil fraksiyonuna ait normal (NR), etilen glikolle doyurulmuş (EG) durumdaki temsili X-ışınları difraktogramları. b) tüm kayaça ait temsili X-ışınları difraktogramları.	78
Şekil 3.55.	a) İllitçe zengin kil fraksiyonuna ait normal (NR), etilen glikolle doyurulmuş (EG) durumdaki temsili X-ışınları difraktogramları. b) tüm kayaça ait temsili X-ışınları difraktogramları.	79
Şekil 3.56.	a) Kaolence zengin kil fraksiyonuna ait normal (NR), etilen glikolle doyurulmuş (EG) durumdaki temsili X-ışınları difraktogramları. b) tüm kayaça ait temsili X-ışınları difraktogramları.	80
Şekil 3.57.	Al_2O_3 , TiO_2 , Zr ve Y'un birbirlerine göre korelasyon grafikleri.	83
Şekil 3.58.	Serizitleşme-killeşme ve Silisleşme serizitleşme gruplarına ait örneklerin ortalama bileşimlerinden sabit Zr'a göre hesaplanan kütle değişim izokronları ve kesin değişim miktarlarını gösteren histogramlar.	91
Şekil 3.59.	Karbonatlaşma-killeşme ve Kloritleşme-killeşme gruplarına ait örneklerin ortalama bileşimlerinden sabit Zr'a göre hesaplanan kütle değişim izokronları ve kesin kütle değişim miktarlarını gösteren histogramlar.	92
Şekil 3.60.	Yoğun silisleşme grubuna ait örneklerin ortalama bileşimlerinden sabit Zr'a göre hesaplanan kütle değişim izokronları ve kesin değişim miktarlarını gösteren histogram.	93
Şekil 3.61.	Hidrotermal ayrışmaya bağlı olarak değişen bileşenlerin hesaplanan kesin değişim miktarlarının birbirlerine göre dağılımları.	96
Şekil 3.62.	Hidrotermal ayrışmaya bağlı olarak değişen bileşenlerin hesaplanan kesin değişim miktarlarının birbirlerine göre dağılımları.	98
Şekil 3.63.	Mastra Au-Ag yatağında kuvars damarına dik yönde oluşturulan 4.profil boyunca toplanan örnekler için Zr'un değişmediği varsayılarak hesaplanan kesin kütle değişim miktarlarının(ΔC_i) ve analiz sonuçlarının yanal değişimi.	99

- Şekil 3.64. a) Çeşitli kayaç, jeolojik ortam ve Cevherleşme tiplerinin $\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$ izotop değişimleri, (Ohmoto ve Rye, 1979; Field ve Fifarek, 1985; Hoefs, 1987). b) Mastra madeninden alınan pirit, sfalerit, galen ve kalkopiritten elde edilen $\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$ izotop değişimleri..... 101
- Şekil 3.65. Çeşitli kayaç ve çözeltilerin SMOW'a göre a) hidrojen izotop değerleri, b) oksijen izotop değerleri..... 104
- Şekil 3.66. a) Kuvars içindeki dikdörtgen şekilli iki fazlı birincil kapanım, b) kalsedonik kuvars içindeki armut ve elips şekilli, iki fazlı birincil kapanımlar ve 1m'den küçük sadece sıvı içeren tek fazlı birincil kapanımlar, c) gaz oranı yaklaşık %30 olan birincil iki fazlı kapanım, d) öz şekilsiz kuvars kristallerinde çizgisel dağılım gösteren iki fazlı birincil kapanımlar, e) kuvars kristallerini kesen kırıklar boyunca yerleşen iki fazlı ikincil kapanımlar, f) Kuvars kristallerini kesen kırıklar boyunca yerleşen tek fazlı ikincil kapanımlar. 108
- Şekil 3.67. a) Baritlerin ince ve uzun kristalleri boyunca yerleşen yaklaşık üç mikron büyüklüğündeki iki fazlı birincil kapanımlar, b) barit kristali içindeki dikdörtgenimsi iki fazlı birincil kapanım, c) barit kristallerinde gelişi güzel bulunan iki fazlı birincil kapanımlar ile onların aralarında bulunan tek fazlı sıvı kapanımlar, d) barit kristalinin uzun eksenini boyunca sıralanan armut ve elips şekilli iki fazlı birincil kapanımlar. 109
- Şekil 3.68. Kuvarsların birincil ve ikincil sıvı kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının (T_H °C) dağılımı..... 110
- Şekil 3.69. Kuvars kristali içindeki iki fazlı birincil kapanıma uygulanan soğutma ve ısıtma işlemleri. a) kapanımın dondurulmuş görüntüsü (-75°C), b) son ergime sıcaklığının ölçüldüğü an (-4,9°C), c) kapanımın oda sıcaklığındaki görünümü (+25°C), d) kapanımın homojenleşme sıcaklığının ölçüldüğü an (+300°C) (Örnek No: B1280K). 111
- Şekil 3.70. Düşük sıcaklıkta homojenleşen Kuvars kristali içindeki iki fazlı birincil kapanıma uygulanan soğutma ve ısıtma işlemleri, a) kapanımın dondurulmuş görüntüsü (-75°C), b) son ergime sıcaklığının ölçüldüğü an (-3,2°C), c) kapanımın oda sıcaklığındaki görünümü (+25°C), d) kapanımın homojenleşme sıcaklığının ölçüldüğü an (+172°C) (Örnek No: B1280K)..... 112
- Şekil 3.71. Baritlerin birincil ve ikincil sıvı kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının (T_H °C) dağılımı..... 113
- Şekil 3.72. Barit kristali içindeki iki fazlı birincil kapanıma uygulanan soğutma ve ısıtma işlemleri. a) kapanımın dondurulmuş görüntüsü (-75°C), b) son ergime sıcaklığının ölçüldüğü an (-2,6°C), c) kapanımın oda sıcaklığındaki görünümü (+25°C), d) kapanımın homojenleşme sıcaklığının ölçüldüğü an (+322°C) (Örnek No: Y01). 113
- Şekil 3.73. Kuvars ve barit örneklerinde birincil sıvı kapanımlarda ölçülen ilk ergime sıcaklıklarının (T_{FM} °C) dağılımı. 115
- Şekil 3.74. Kuvars örneklerinde, birincil sıvı kapanımlarda ölçülen son ergime sıcaklıklarına göre (T_{M-ICE}), hesaplanan tuzluluk değerlerinin dağılımı..... 116

Şekil 3.75. Barit örneklerinde, birincil sıvı kapanımlarda ölçülen son ergime sıcaklıklarına göre (T_{M-ICE}), hesaplanan tuzluluk değerlerinin dağılımı.....	117
Şekil 3.76. Kuvars ve barit minerallerindeki sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk değişimi ve çeşitli sıvı oluşum modelleriyle karşılaştırılması.	118
Şekil 4.1. Doğal çözeltilerin oksijen ve hidrojen izotop bileşimleri. Mastra altın madenindeki kuvars damarlarının ve alterasyon zonundaki kil minerallerinin oluşumuna neden olan çözeltilerin $\delta^{18}O$ ve δD izotop farklılaşma grafiği.	130
Şekil 4.2. Farklı maden yatak tiplerinden elde edilen homojenleşme-tuzluluk değişim alanları (MVS: Missisipi vadisi masif sülfür yatakları) ve Mastra Au-Ag yatağından elde edilen sıvı homojenleşme-tuzluluk verilerinin bu yataklarla ilişkisi.....	132
Şekil 4.3. Bağımsız termometre kullanılarak, sıvı kapanımların kapanma basıncının hesaplanması.	133
Şekil 4.4. Epitermal sistemlerde kuvars dokularının genelleştirilmiş düşey zonlanması.	136
Şekil 4.5. Düşük sülfürlü epitermal altın yataklarının oluşum modelinin mastara Au-Ag yatağına uyarlanması ile oluşturulan şematik oluşum modeli.	141

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Andezit ve proklastitlerinde, tüm kayaç XRD analizlerine göre hesaplanmış % mineralojik bileşimler.	76
Tablo 3.2. Mastra altın madeninde altınlı kuvars damarları etrafında gelişen farklı hidrotermal etkileşime maruz kalmış kayaçların 100gr'a göre yeniden hesaplanmış ortalama kimyasal bileşimleri.	84
Tablo 3.3. Zr'un hareketsiz olduğu kabul edilerek McLean ve Kranidiotis (1987)'ye göre yeniden hesaplanan altere kayaç bileşimleri.	85
Tablo 3.4. Zr'un hareketsiz olduğu kabul edilerek McLean ve Kranidiotis (1987)'ye göre farklı hidrotermal alterasyona maruz kalmış örnekler için hesaplanan kesin kütle değişim miktarları (ΔC_i).	86
Tablo 3.5. Zr'un hareketsiz olduğu kabul edilerek McLean ve Kranidiotis (1987)'ye göre farklı hidrotermal alterasyona maruz kalmış örnekler için hesaplanan göreceli kütle değişim miktarları ($\Delta C_i/C_i * 100$).	87
Tablo 3.6. Mastra Au-Ag yatağında kuvars damarlarının Cu-Pb-Zn bakımından zengin kısımlarından alınan cevher örneklerinin $\delta^{34}S(\%)$ izotopik bileşimleri.	100
Tablo 3.7. Kuvars ve alterasyon zonundan alınan kil örneklerinden, elde edilen $\delta^{18}O(\%)$ ve $\delta D(\%)$ izotop analiz sonuçları.	103
Tablo 3.8. Kuvars ve barit örneklerinde sıvı kapanımlar üzerinde yapılan mikrometrik çalışmalar sonucunda elde edilen veriler ve bu verilerden elde edilen tuzluluk ve yoğunluk değerleri.	106
Tablo 4.1. Denge halinde oluşmuş iki sülfürlü bileşiğin kükürt izotop değerlerine bağlı olarak belirlenen kükürt izotop termometreleri.	124
Tablo 4.2. İki sülfürlü mineralin kükürt izotop değerlerine bağlı olarak belirlenen kükürt izotop jeotermometreleri.	125
Tablo 4.3. $\delta^{18}O$ izotop jeotermometresi kullanılarak $\delta^{18}O_{\text{Kuvars}} - \delta^{18}O_{\text{illit}}$ izotop farklılaşma denklemlerinden elde edilen sıcaklık değerleri.	126
Tablo 4.4. Ortalama oluşum sıcaklığı kullanılarak, mineral-su çiftlerine ait izotop farklılaşma denklemlerinden elde edilen, çözeltiliye ait oksijen izotop bileşimleri.	129
Tablo 4.5. Kuvars damarlarında bulunan farklı doku türlerinden elde edilen altın tenör değerleri (gr/ton).	138
Ek Tablo 1. Gümüşhane yöresinin genel jeoloji haritası.	157
Ek Tablo 2. Mastra (Gümüşhane) Au-Ag yatağından profiller boyunca alınan altere kayaç örneklerinin kimyasal analiz sonuçları.	158
Ek Tablo 3. Mastra Au-Ag Yatağında alterasyon grupları için hareketsiz element olan Zr'a göre hesaplanan kesin kütle değişim miktarları.	169
Ek Tablo 4.1. KZM-46 numaralı sondaj logu.	182

Ek Tablo 4.2. KZM-48 numaralı sondaj logu.....	183
Ek Tablo 5. Kuvars ve barit örneklerinden yapılan sıvı kapanım analizlerinin sonuçları.....	184
Ek Tablo 6. Alterasyon zonundan alınan örnek noktalarının koordinatları.....	188
Ek Tablo 7. Galeri Aynaları.....	190

SEMBOLLER DİZİNİ

Örnek No	: Örnek numarası
Kv-Kl	: Kovellin-kalkozin
Adl	: Adularya
Ag	: Gümüş
Al	: Alünit
Amf	: Amfibol
Ank	: Ankerit
Au	: Altın
A.K.	: Ateşte kayıp
Az	: Azurit
Br	: Barit
Cpy	: Kalkopirit
D.Ö.	: Damar örneği
Do	: Demiroksit
Dol	: Dolomit
Dj	: Dijenit
EG	: Etilen Glikol
Gl	: Galen
Hem	: Hematit
İ	: İllit
J	: Jips
Ka	: Karbonatlaşma
Kal	: Kalsit
Kao	: Kaolen
Kç	: Kireçtaşı
Kl	: Klorit
Kmt	: Kumtaşı
Kp	: Kayaç parçası
m	: İzokron doğrusunun eğimi

Lm	: Limonit
MVS	: Missisipi vadisi masif sülfid yatakları
NR	: Normal XRD çekimi
Op	: Opak mineral
Ort	: Ortalama
Plj	: Plajiyoklas
Pr	: Pirit
PR	: Propilitik zon
Pir	: Piroksen
Py	: Pirit
Q	: Kuvars
r	: Korelasyon katsayısı
S	: Kükürt
S.Ö.	: Sondaj örneği
Se	: Serizitleşme
Smc	: Simektit
Sph	: Sfalerit
Si	: Silisleşme
Sz	: Serüzit
T	: Sıcaklık
Thd	: Tetrahedrit
XRD	: X-ışınları difraksiyonu
Y.Ö.	: Yüzey örneği
Ze	: Zeolit
ΔCi	: Kesin kütle değişim miktarı
μ	: Mikron
δD	: Hidrojen izotop bileşimi
$\delta^{18}O$: Oksijen izotop bileşimi
$\delta^{34}S$: Kükürt izotop bileşimi
Σ	: Toplam
θ	: Yüzeyden yansıma açısı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada Mastra (Gümüşhane) Au-Ag yatağında mevcut olan ve ekonomik olarak Au içeren kuvars damarlarının içerisinde bulunduğu kayaçların jeolojik, mineralojik, kütleli ve kimyasal değişimlerinin belirlenmesi ile özellikle yan kayaçta meydana gelen alterasyon sürecinde etkin olan çözeltilerin, fizikokimyasal özelliklerini tespit etmek, ayrıca kuvars damarlarındaki mevcut kuvars doku türlerini tanımlamak, yüksek altın içeren zonlar ile kuvars dokuları arasında bilinen kökensel bağlantıyı resmetmeye çalışmak ve altın arama çalışmaları için gözlemsel, pratik uygulaması olabilecek bir ölçek ya da kriter geliştirebilmek amaçlanmıştır. Böylece herhangi bir bölgenin altın açısından aranmaya değer olup olmadığını belirlemeye yönelik bulgular elde edilmesi amaçlanarak, herhangi bir yörede mevcut olan kuvars damarlarının mineralojik olarak incelenmesiyle altın potansiyeli hakkında bilgi edinilmesinin mümkün olup olmadığı belirlenecektir.

1.2. Coğrafi Konum

Çalışma alanı Gümüşhane il sınırları içerisinde olup, 1/25.000 ölçekli topografik haritada H42-b4/H42-b3 paftası ile G42-c3/G42-c4 paftasının kesişimine denk gelen 20km²'lik bir alanı kapsamaktadır.

Mastra Au-Ag yatağı, Gümüşhane'nin kuş uçuşu 5km kuzey batısında, Demirkaynak köyünün yakınlarındadır. Gümüşhane'den Mastra altın madenine olan uzaklık 23km'dir. Proje sahası Torul'un güneydoğusunda kalmakta olup, karayolu ile uzaklığı 17km'dir. Madene Trabzon Gümüşhane karayolu üzerinden, Torul ilçesini geçtikten sonra İkisü mevkiindeki Şiran yol ayrımını oluşturan köprüden sağa sapılarak ulaşılır. Bu yol ayrımından 4,5km, Demirkaynak Köyü yol ayrımından itibaren ise 1,750m'lik stabilize yol ile maden sahasına ulaşılır. Maden sahasına en yakın yerleşim birimi işletme sahasının 1km doğusundaki Demirkaynak Köyü'dür (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Mastra (Gümüşhane) Au-Ag yatağının konumu ve maden işletme sahasının görünümü.

1.3. Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanı son derece engebeli ve dağlıktır. En önemli yükseltileri Aktaş Tepe (1736m), Dibekli Tepe (1492m), Ekmekçibaşı Tepe (1466m) ve Aymuhar Yaylası (1783m)'dir. Çalışma alanına en yakın akarsu kaynakları Harşit Çayı ve İkisu Deresi'dir. Çalışma alanı iklim özellikleri bakımından da Doğu Anadolu ile Karadeniz Bölgesi arasında geçiş teşkil etmektedir. Bölgede karasal iklim hakim olup, yazlar kurak ve yağışsız, kışlar ise soğuk ve serttir. İnceleme alanı bitki örtüsü bakımından zayıf olup alçak kesimlerde meyve ağaçları yüksek kesimlerde ise çam ve meşe ağaçları vardır.

1.4. Önceki Çalışmalar

Doğu Pontid Tektonik Birliği'nin Güney Zonu'nda yer alan Gümüşhane ve çevresi cevherleşme açısından zengin olduğu için pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir.

Gülibrahimoğlu ve Diğ. (1985), Trabzon-Maçka güneyi yöresinin jeolojisi ve cevherleşme olanakları isimli çalışmada, Mastra'nın kuzey sınırında yer alan hidrotermal damar tip Pb-Zn-Cu cevherleşmesini incelemişlerdir.

Kansız vd. (1991), tarafından Gümüşhane yöresinde yapılan 1/100.000 ölçekli prospeksiyon çalışmaları sırasında, Mastra sahasında altının varlığı ilk kez tespit edilmiştir.

Yılmaz vd. (1992), Mastra sahasının 1/5.000 ölçekli jeoloji, alterasyon ve mineralizasyon haritasını oluşturmuşlardır.

Tüysüz vd (1995), Mastra Au-Ag yatağındaki altın çökeliminin kaynamaya bağlı olduğunu sıvı kapanım verileri ve adularya mineralinin varlığına dayanarak açıklamışlardır. En yüksek altın konsantrasyonlarını kuvars, adularya, kalsit ve serizitin baskın olduğu zonlarda tespit etmişlerdir.

Tüysüz ve Akçay (2000), Mastra (Gümüşhane) altın-gümüş yatağını da içine alan, Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki mevcut altın yatakları üzerinde yaptıkları çalışmada; bu bölgede yer alan altın yatak ve zuhurlarının Liyas'tan Eosen'e kadar değişen yaşlardaki volkanik ve tortul kayalar içerisinde yer aldığını belirtmişlerdir. Kaletaş altın zuhurudışındaki bütün altın yataklarının benzer cevher ve gang mineralleri içerdiğini, başlıca gang minerallerinin kuvars, kalsedon, adularya, serizit, illit ve karbonat mineralleri, cevher minerallerinin ise baz metal sülfidler, antimonit, orpiment, realgar, zinkenit, fahlerz, arjantit, pirit ve nabit Au-Ag olduğunu belirlemişlerdir. Sıvı kapanım sıcaklıklarına göre

altının üç ayrı fazda, başlıca 340-270, 240-220, 200-160°C arasında oluştuğunu ve yataklarda kaynamanın ya da soğumanın altın çökeliminde etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Doğu Pontitlerdeki bütün bu epitermal altın yataklarının, Kaletaş altın zuhuru hariç, mineralojik, alterasyon ve sıvı kapanım özellikleri bakımından adularya-serizit tip olduğunu belirtmişlerdir.

Tayyar (2005), Mastra (Gümüşhane) Au-Ag madeninin jeolojik ve jeokimyasal özelliklerini konu alan yüksek lisans çalışmasında, cevherleşmenin silis kafaları içinde saçınımlar halinde geliştiğini ve jeolojik, jeokimyasal, mineralojik, alterasyon ve sıvı kapanım özellikleri bakımından düşük sülfürlü epitermal altın cevherleşmesi olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, oksijen, hidrojen ve kükürt izotop verilerine göre altın yatağını oluşturan çözeltinin magmatik kökenli olduğunu ifade etmiştir.

1.5. Doğu Pontitlerin Genel Jeolojisi

Altın cevherleşmelerinin yer aldığı Gümüşhane yöresinin içinde olduğu Doğu Karadeniz Bölgesi'ne tektonik bir birim olarak Pontid ismi ilk kez Hamilton (1942) tarafından verilmiştir. Ketin (1966), tektonik üniteleri Türkiye'nin orojenik gelişimi esasına dayanarak kuzeyden güneye doğru Karadeniz Dağları, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları Kuşağı olarak dört ana tektonik birliğe ayırmıştır. Bu tektonik birlikleri Ketin ve Canitez (1972) yeniden düzenleyerek, söz konusu birliği "Doğu Pontid"ler ve "Batı Pontid"ler olmak üzere ikiye ayırmışlardır. Doğu Pontid'lerdeki Geç Kretase yaşlı kayalar, kuzey ve güney bölgelerinde farklılıklar gösterdikleri için güney (iç) ve kuzey (dış) bölümlere ayrılmıştır (Akin,1978; Gedikoğlu vd., 1979; Özsayar vd., 1981). Bektaş (1986), Doğu Pontid magmatik yayını farklı magmatik, tektonik ve sedimantolojik evrim aşamalarına göre kuzeyden güneye doğru Kuzey Zonu, Güney Zonu ve Eksen Zonu olmak üzere üç alt zona ayırmıştır.

Doğu Pontid'e temel teşkil ettikleri kabul edilen Paleozoyik yaşlı kayalar kristalen şistler ve granitlerden oluşmaktadır. Doğu Pontid'in Güney Zonu'nda egemen olan bu kayalar (Zankl, 1961, 1962; Açar, 1977; Gedikoğlu, 1978), Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda seyrek olarak görülürler (Türk-Japon Ekibi, 1985). Temeli oluşturan metamorfik kayalar, Liyas öncesinde Paleozoyik yaşlı granitoyidik kayalar tarafından kesilmişlerdir (Çoğulu, 1975). Granitoyidik kayalar büyük plütonik kütleler halinde Gümüşhane yöresinde ve Gümüşhane-Köse arasında (Tokel, 1972; Çoğulu, 1975; Yılmaz, 1976; Özdoğan, 1992),

küçük mostralara halinde Giresun güneyinde metamorfik kayalarla birlikte görülmektedir (Schultz-Westrum, 1961).

Liyas yaşlı volkano-tortul kayalar, Gümüşhane bölgesinde Paleozoyik yaşlı Gümüşhane Granitoidi üzerine aşınma uyumsuzluğu ile gelirler ve konglomera, kumtaşı, kireçtaşı, marn ve volkanitlerden oluşmaktadır. Schultz-Westrum (1961) Giresun-Aksu civarında Liyas'tan başlayarak Erken Kretase sonuna kadar devam eden bazik volkanizmayı "Alt Bazik Seri" olarak isimlendirmişlerdir. Malm-Erken Kretase yaşlı Berdiga Kireçtaşları, Liyas yaşlı volkanik kayalar üzerine uyumlu olarak gelmektedirler. Doğu Pontid Güney Zonu'nda sürekli bir şekilde görülmelerine rağmen, Kuzey Zonu'nda mercerler ve olistrostromlar halinde bulunurlar. Plütonik kayalar Permo-Karbonifer'den Eosen sonuna kadar geniş bir yaş aralığına sahiptirler ve başlıca gabrodan granit kadar değişen türdeki bazik ve asidik bileşimli kayalardan oluşmuşlardır. Bu granitik plütonlar, Paleozoyik, Kretase ve Eosen olmak üzere başlıca 3 zaman periyodunda sokulum yapmışlardır. Bunlardan Paleozoyik yaşlı Gümüşhane Granitoidi, metamorfik kayaları keserek yerleşmiştir (Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975). Jura-Kretase-Paleosen granitoidleri yitimle ilişkili volkanik ve/veya volkanoklastik kayalarla dokanak ilişkisindedir (Jica, 1985; Gedik vd., 1992; Köprübaşı, 1993, Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Güngör vd., 1997; Köprübaşı vd., 2000; Kaygusuz, 2000; Boztuğ vd., 2002; Şahin vd., 2004). Daha az sayıdaki Eosen ve sonrası granitler ise dar alanlarda tüm serileri kesmiş olarak görülürler (Gedik vd., 1992; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Aslan vd., 1999; Boztuğ vd., 2002; Topuz vd., 2002, Arslan ve Aslan, 2006). Doğu Pontid'lerde, Geç Kretase iki farklı özellikte görülmektedir. Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda magmatik kayalar egemen iken, Doğu Pontid Güney Zonu'nda volkanotortul kayalar yer alır. Geç Kretase'de kılavuz seviye olarak kabul edilen kırmızı kireçtaşları, Güney Zonu'nda tek bir seviye halinde ve Geç Kretase'nin tabanında görülmekte, Kuzey Zonu'nda ise birkaç seviye halinde volkaniklerle ara katkılı olarak bulunmaktadır (Bektaş, 1984).

Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda Geç Kretase'nin tabanı tartışmalıdır. Schultz-Westrum (1961)'a göre Erken Kretase'de başlayan Alt Bazik Seri, Geç Kretase'nin başında devam etmekte, Geç Kretase'de Alt Bazik Seri'ye *hippuritli* kireçtaşları ve tüffitik kireçtaşı-marn serisi eşlik etmekte, bunun üzerinde dasit ve piroklastitleri ile *inoceramuslu* kırmızı kireçtaşları yer almakta ve bunların üzerine de bazik volkanikler gelmektedir. Bu bazik volkanik kayalar kısmen Eosen'de de devam ederek "Üst Bazik Seri"yi oluşturmuşlardır.

Doğu Pontid Güney Zonu'nda Geç Kretase, Berdiga Formasyonu üzerine açısai uyumsuzlukla gelen kumlu kireçtaşları ile başlamaktadır. Bu birimi şarap kırmızısı renkli kırmızı kireçtaşları uyumlu olarak üstlemektedir. Volkano-tortul seriden oluşun birim kırmızı kireçtaşları üzerine uyumlu olarak gelmektedir (Tokel, 1972; Eren, 1983). Geç Kretase-Paleosen geçişi Doğu Pontid'lerde yer yer gözlenmektedir. Tirebolu'nun güneydoğusunda Geç Kretase kireçtaşlarının devamı olarak Paleosen yaşlı birimleri tesbit etmiştir.

Hopa-Cankurtaran yöresinde volkano-tortul seri, Geç Kretase'den Eosen'e kesintisiz geçmektedir (Özsayar vd., 1981). Kale (Gümüşhane) yöresinde Geç Kretase yaşlı filişle başlayan istif, uyumsuz olarak konglomera ve mikritik kireçtaşlarından oluşun Paleosen yaşlı Kale Formasyonu'na geçmekte ve Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu ile örtülmektedir (Aliyazıcıoğlu, 1999). Eosen, Pontid'lerde genellikle Kretase ve Paleosen yaşlı birimler üzerine taban konglomerası ile gelmekte ve bunları andezit ve piroklastitleri ile filiş çökellerinden oluşun seriler üstlemektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Yöntemler

Yapılan çalışmaları arazi ve laboratuvar çalışmaları ile analitik yöntemler ve büro çalışmaları olmak üzere dört ana başlık altında toplamak mümkündür.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

2008 yılında ön arazi çalışmaları ile başlayan ve yaz dönemleri içerisinde devam ettirilen arazi incelemeleri 2009 yılında tamamlanmıştır.

2.1.1.1. Jeolojik Harita Alımı

Arazi çalışmalarının ilk aşamasını oluşturan jeolojik harita alımı çalışmaları Mastra (Gümüşhane) Au-Ag yatağının işletme sahasını içine alan yaklaşık 20km²'lik bir alanda gerçekleştirilmiştir. Bu alanda bölgede yaygın olarak bulunan litostratigrafik birimlerin birbirleri ile olan dokanak ve alt üst sınır ilişkileri ile yapısal unsurlarının tanımlanması hedeflenmiştir. Bu amaçla inceleme alanında gözlemler yapılmış, ayırt edilen birimlerin makroskobik özellikleri gözlemlenmiş, tabaka ölçümleri alınmış ve formasyon sınırları haritaya işlenerek 1/10.000 ölçekli jeolojik harita hazırlanmıştır. Daha sonra Mastra Altın Yatağı'nın içerisinde bulunduğu sahanın 1/2.500 ölçekli detay jeolojik haritası yapılmıştır. Her iki ölçekli haritanın yapımı esnasında daha önceden MTA tarafından hazırlanmış olan haritalar temel olarak alınmıştır.

2.1.1.2. Petrografi ve Kimyasal Analiz Amaçlı Örnek Alımı

Büyük ölçekli yapılan haritalama çalışmalarında birimleri temsil edecek petrografik ve kimyasal amaçlı toplam 15 adet örnek alınmıştır.

Mastra Au-Ag yatağı işletme sahası içerisinde kuvars damarlarının doğrultusuna dik yönde belirlenen profiller boyunca hidrotermal alterasyonun değişimine bağlı olarak kayaç

örnekleme yapılarak 100 adet örnek alınmıştır. Yüzeydeki cevher damarları ile galeriden çıkarılıp cevher stok sahasında depolanmış olan cevher yığınlarından da cevher mineral parajenezini, gang minerallerini ve cevhere bağlı gelişen dokuları görmek ve duraylı izotop ile sıvı kapanım analizlerinde kullanmak için 30 adet cevher örneği alınmıştır. İşletme sahasında açılmış olan galeride ayna haritalaması yapılarak sıvı kapanım çalışmasına yönelik örnekleme yapılmıştır.

Yan kayaçta meydana gelen hidrotermal alterasyon değişimini belirleyebilmek için Koza Altın İşletmeleri A.Ş. tarafından Mastra maden sahasında yapılmış ve cevher damarını farklı konumlarda kesen 4 ayrı sondajdan karot örnekleme yapılmıştır. Her bir sondajdan 20 şer adet olmak üzere mineralojik ve kimyasal analizler için toplam 80 adet karot örneği alınmıştır.

Cevherleşme yan kayaç ilişkisi ile yan kayaçlarda meydana gelen kütle değişimlerini incelemek amacı ile cevher damarlarına dik yönde 9 adet profil hattı belirlenmiş ve bu profiller boyunca 25m aralıklarla örnekleme yapılmıştır.

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.1.2.1. İnce Kesit, Parlak Kesit, Sıvı Kapanım Kesitlerin Hazırlanması ve İncelenmesi

Arazi çalışmaları boyunca inceleme alanından ve sondajlardan alınan kayaç örneklerinden mineralojik ve petrografik tayinlerin yapılabilmesi için 100 adet ince kesit, cevher parajenezini görmek amacıyla 50 adet parlak kesit ve sıvı kapanım analizlerinin yapılabilmesi için de 20 adet sıvı kapanım kesiti hazırlanmıştır.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kesit Hazırlama Laboratuvarı'nda hazırlanan ince kesitlerin üzeri cam lamelle kapatılmıştır. Bu kesitler araştırma mikroskopisi laboratuvarında polarizan mikroskopta incelenmiş; dokusal, mineralojik ve alterasyon mineralojisi açısından irdelenerek kayaç adlanması yapılmıştır. Ayrıca bu önemli özelliklerinin gösterilebilmesi için mikro fotoğraflar çekilmiştir.

Parlak kesit için seçilen örnekler amaca uygun olarak belirlenen boyutlarda kesilerek silindirik kalıplara dökülmüştür. Daha sonra parlak kesitler Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kesit Parlatma Laboratuvarı'nda sırasıyla 120, 320, 400, 600, 1000, 1200'lük aşındırma tozları ile silinmiştir. Son olarak da 0,1 mikron alüminyum oksit tozu ile yüzeyleri parlatılmıştır. Parlatma işlemleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Maden

Mühendisliği ile Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Parlak kesitler üstten aydınlatmalı cevher mikroskobu ile incelenerek, mineral parajenezi ve dizinimi belirlenmiş, gözlenen mineraller ve özellikleri fotoğraflanmıştır.

Sıvı kapanım kesitleri Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kesit Hazırlama Laboratuvarı'nda hazırlanmıştır. Parlak kesitlere uygulanan aşındırma işlemleri bu kesitlerin ilk yüzeyine uygulandıktan sonra 0,1 mikronluk alüminyum oksit tozu ile parlatma makinasında parlatılmıştır. Kesit ilk yüzeyi parlatıldıktan sonra Ksilen adı verilen kimyasal çözücü içerisinde 24 saat bekletilmiştir. Bu yöntemle kesite yapıştırılmış olan kayaç örneğinin camdan ayrılması sağlanmıştır. Camdan ayrılan sıvı kapanım örneğinin parlamış yüzeyi ters çevrilerek tekrar cama yapıştırılmıştır. İlk yüzeye uygulanan aşındırma ve parlatma işlemleri ikinci yüzeye de uygulanmış ve parlatma işlemi tamamlandıktan sonra tekrar kimyasal çözücü yardımıyla camdan ayrılmıştır. Bu şekilde hazırlanan sıvı kapanım kesitleri Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Sıvı Kapanım Laboratuvarı'nda incelenerek fotoğraflanmış ve mikrometrik ölçümleri yapılmıştır.

2.1.2.2. Kimyasal Analiz İçin Örnek Hazırlama

XRD analizleri, Ana, iz ve nadir toprak element analizleri, için sistematik olarak alınan örneklerin petrografik incelemeleri yapıldıktan sonra kimyasal analiz için uygun görülen örnekler Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Örnek Hazırlama Laboratuvarı'nda, çeneli kırıcıdan geçirilmiştir. Elde edilen parçalar Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü Örnek Hazırlama Laboratuvarında halkalı öğütücüde toz haline getirilmiştir. Yaklaşık 10gr toz örnek kimyasal analiz için, 50gr örnekte XRD analizleri için ayrılmıştır.

2.1.2.3. X–Işınları Difraksiyonu (XRD) İçin Örnek Hazırlanması

Araziden alınan altere kayaç örneklerinden tüm kayaç ve kil fraksiyonu XRD analizleri için öncelikle örneklere bölüm 2.1.2.2'de anlatılan işlemler uygulanmıştır. Tüm kayaç XRD analizleri toz halindeki örneğin doğrudan ölçümüyle yapılmaktadır. Kil fraksiyonu ölçümlerinin yapılabilmesi için toz halindeki örneğe değişik işlemlerin

uygulanması gerekmektedir. Bu çalışmada Jackson (1956), Kunze (1965) ile Gündoğdu ve Yılmaz (1983) tarafından önerilen kimyasal çözme, santrifüjleme-dekantasyon-yıkama ve sedimentasyon-sifonlama-santrifüjleme işlemleri uygulanmıştır. Toz halindeki ortalama 30gr örnek 1 litrelik behere alınmış ve üzerine 100ml saf su eklenerek sırasıyla aşağıdaki işlemler uygulanmıştır.

1) Kimyasal çözme: Kayaçlarda kil minerallerinin süspansiyona geçmesini engelleyen mineral fazlarını çözmek amacı ile uygulanan bir işlemdir. Kayacın içerdiği mineral çeşitlerine göre uygulanan kimyasal çözme işlemleri adım adım aşağıda verilmiştir.

1.Adım: Jips, anhidrit gibi sülfatlı minerallerin NaCl çözeltisi ile atılması

2.Adım: Karbonat minerallerinin asetik asit ile atılması

3.Adım: Organik maddenin H₂O₂ (hidrojen peroksit) ile atılması

4.Adım: Amorf silis ve alüminanın HF ile atılması

5.Adım: Demir oksitlerin Na-Citrat çözeltisi ile atılması

2) Kararlı süspansiyon elde edilmesi: Santrifüjleme-dekantasyon-yıkama işlemlerinden oluşur. Kimyasal çözme işleminin ardından örnek saf su ile birlikte behere alınır ve karıştırılır. Daha sonra dinlenmeye bırakılır. Bu işleme dekantasyon denilir. Dekantasyon sonucunda kil ve kil dışı malzeme beherin dibine çöker ve üstte yabancı anyon ve katyonları içeren berrak kısım atılır. Bu işlemin daha hızlı yapılabilmesi için santrifüjlemeden yararlanır. Bu işleme 2500 devir/dakika hızla santrifüjlendiğinde çökmeyen kararlı bir süspansiyon elde edilinceye kadar devam edilir (Gündoğdu ve Yılmaz, 1983).

3) Kil fraksiyonunun kazanılması: Elde edilen kararlı süspansiyon 3 saat 40 dakika süre ile dinlenmeye bırakılır. Sedimentasyon olarak tanımlanan bu işlem sonunda kum ve silt boyutundaki malzeme kilden daha hızlı çökeceğinden üstte kalan killi kısım alınır altta kalan kısım atılır. Bu işlem birkaç kez tekrarlanır. Sonuçta killi malzeme elde edilmiş olur. Elde edilen kil tane boyutundaki partiküllerden oluşan çözelti 3600 devir/dakika hızla 30-40 dakika santrifüjlenerek kil çamuru elde edilir (Gündoğdu ve Yılmaz, 1983). XRD kil fraksiyonu çözümlenmeleri için her örneğe yukarıdaki işlemler uygulanmış, kil çamurundan cam lam üzerine sıvama ile örnekler hazırlanmıştır.

2.1.2.4. O-H ve S İzotop Analizleri İçin Örnek Hazırlanması

Oksijen ve Hidrojen izotop analizleri illit, illit-kaolen ve simektit-kaolen minerallerinde; S izotop analizleri ise pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen minerallerinde yaptırılmıştır.

Kil örneklerinden Oksijen ve Hidrojen izotop analizleri, XRD incelemeleri sonucunda kil bileşenlerinden biri tarafından zengin olduğu belirlenen örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. İşlemler sonucunda örneğin saflığının belirlenebilmesi için örnekler XRD ile test edilmiştir.

S izotop analizlerinde cevher minerallerinden pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen kullanılmıştır. Bu minerallerin seçimi binoküler mikroskop yardımıyla elle ayıklama yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Cevherli örneklerin içerdiği mineralleri ayırmak için önce örnekler kırılmış ve ince tozlardan kurtulmak için elenmiştir. Örneklerden analiz için gerekli olan miktar ayrılmış ve bu minerallerin saflığı XRD ile test edilmiştir.

2.1.2.5. Altın Analizleri İçin Örnek Hazırlanması

Kuars damarlarından alınan farklı doku türlerine sahip toplam 14 adet kuvars örneğine bölüm 2.1.2.2.'de anlatılan işlemler uygulanmıştır. Analiz için hazırlanan örnekler Karadeniz Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Kimyasal Atık Laboratuvarı ve Atıklardan Geri Kazanım Laboratuvarı'nda kimyasal işlemlerden geçirilmiştir. Kuvars örneklerinden altının ölçülebilmesi için kuvarsın çözündürülüp altının zenginleştirilmesi gerekmektedir. Bunun için yaklaşık 5gr öğütülmüş kuvars örneği 50ml'lik cam behere alınıp üzerine 2.5ml saf su ilave edilerek sırasıyla aşağıdaki işlemler uygulanmıştır.

1. 7,5ml hidroklorik asit ilave edilip karıştırılır
2. 2,5ml nitrik asit ilave edilip karıştırılır
3. 2,5ml perklorik asit ilave edilip karıştırılır
4. 5ml hidroflorik asit ilave edilip karıştırılır
5. Ortalama 160°C'de hot plate üzerinde asitlerin buharlaştırılması ve kuvarsların çözündürülmesi sağlanır.
6. 20ml hidroklorik asit ilave edilip 15 dakika daha düşük sıcaklıkta bekletilir.

7. Çözündürme işlemi tamamlanan örnekler balon jüjeye alınıp hacmi 50ml'ye tamamlanır.

2.1.3. Analitik Yöntemler

2.1.3.1. Kimyasal Analizler

İnce kesit incelemeleri sonucunda kütle kayıp-kazanç hesaplamalarında kullanabilmek için altere ve en az altere oldukları düşünülen örneklerden ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmasına karar verilmiştir. Bu amaçla 58 adet kayaç örneğinde ana, iz ve nadir toprak element analizi gerçekleştirilmiştir.

Analizler ACME Analytical Laboratories Ltd. (Kanada) analitik kimya laboratuvarında yaptırılmıştır. Örneklerin ana element analizleri İndüktif Eşleşmiş Plazma (Inductively Coupled Plasma)–Atomik Emisyon Spektrometre (ICP-AES) yöntemi ile iz ve nadir toprak element (NTA) analizleri ise İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometre (ICP-MS) yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

2.1.3.2. XRD Analizleri

Araziden alınan altere kayaç örneklerinin, mineralojik olarak yarı nicel bileşimlerini belirlemek için tüm kayaç ve bu örneklerdeki kil minerallerini saptamak için detay kil XRD analizleri yapılmıştır. XRD analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Fizik Bölümü Katı Hal Fiziği Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Tüm kayaç XRD analizleri 40, detay kil XRD analizleri ise 17 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tüm kayaç XRD analizi için toz halindeki örneklerden yaklaşık 1gr kadar alınarak, XRD cihazının örnek kalıbına konulmuş ve örnek bastırılarak sabitlenmiştir. Bu şekilde hazırlanan örnekler 3-70° 2θ aralığında ölçülmüştür. Detay kil analizinde, cam lamel üzerine sıvama ile örnek hazırlanmış ve bu örneklerin normal ve Etilen Glikollü (EG) difraktogram çekimleri 3-20° 2θ aralığında yapılmıştır. EG çekiminde kil minerallerinin şişmesi sağlanmıştır. Bu amaçla cama sıvanmış örnek Etilen Glikol bulunan desikatörde 2 saat süre ile bekletildikten sonra XRD çekimi gerçekleştirilmiştir.

2.1.3.3. Duraylı İzotop Analizleri

Kükürt izotop analizleri Actlabs (Kanada)'da yaptırılmıştır. 26 adet mineral üzerinde $\delta^{34}\text{S}$ izotop analizleri yapılmıştır.

Oksijen ve hidrojen izotop analizleri Queen's Üniversitesi "Queen's Facility for Isotope Research (Kanada)'da" yaptırılmıştır. 10 adet kuvars örneğinden oksijen, kuvarslar içerisindeki sıvı kapanımlarından da hidrojen izotop analizi yaptırılmıştır. Kil içeriği yüksek örneklerden saflaştırılan, illit, simektit ve kaolen bileşimli olmak üzere toplam 6 adet kil mineralinden de oksijen ve hidrojen izotop analizi yaptırılmıştır.

2.1.3.4. AAS (Atomik Absorbsiyon Spektrometresi) Analizleri

Altın analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'nde Perkin Elmer A-Analyst 400 marka AAS cihazı yardımıyla yapılmıştır. HCl çözeltisi içerisinde bulunan altın 0,5ppm, 1ppm, 3ppm ve 5ppm'lik Au çözeltisi içeren satandartlar kullanılarak, 0.999404'lük korelasyon katsayısıyla analiz edilmişlerdir.

2.1.4. Büro Çalışması

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler büro çalışmalarıyla değerlendirilmiştir. Arazide topoğrafik harita üzerine hazırlanmış olan jeolojik harita düzenlenmiş ve stratigrafik kesitler çizilmiştir. Tüm harita ve kesitler bilgisayara aktarılıp çizim programları kullanılarak çizilmiştir. Arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları sonucunda elde edilen veriler birleştirilerek yorumlanmış ve tez yazımında "KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kuralları"na uyulmuştur.

3. BULGULAR

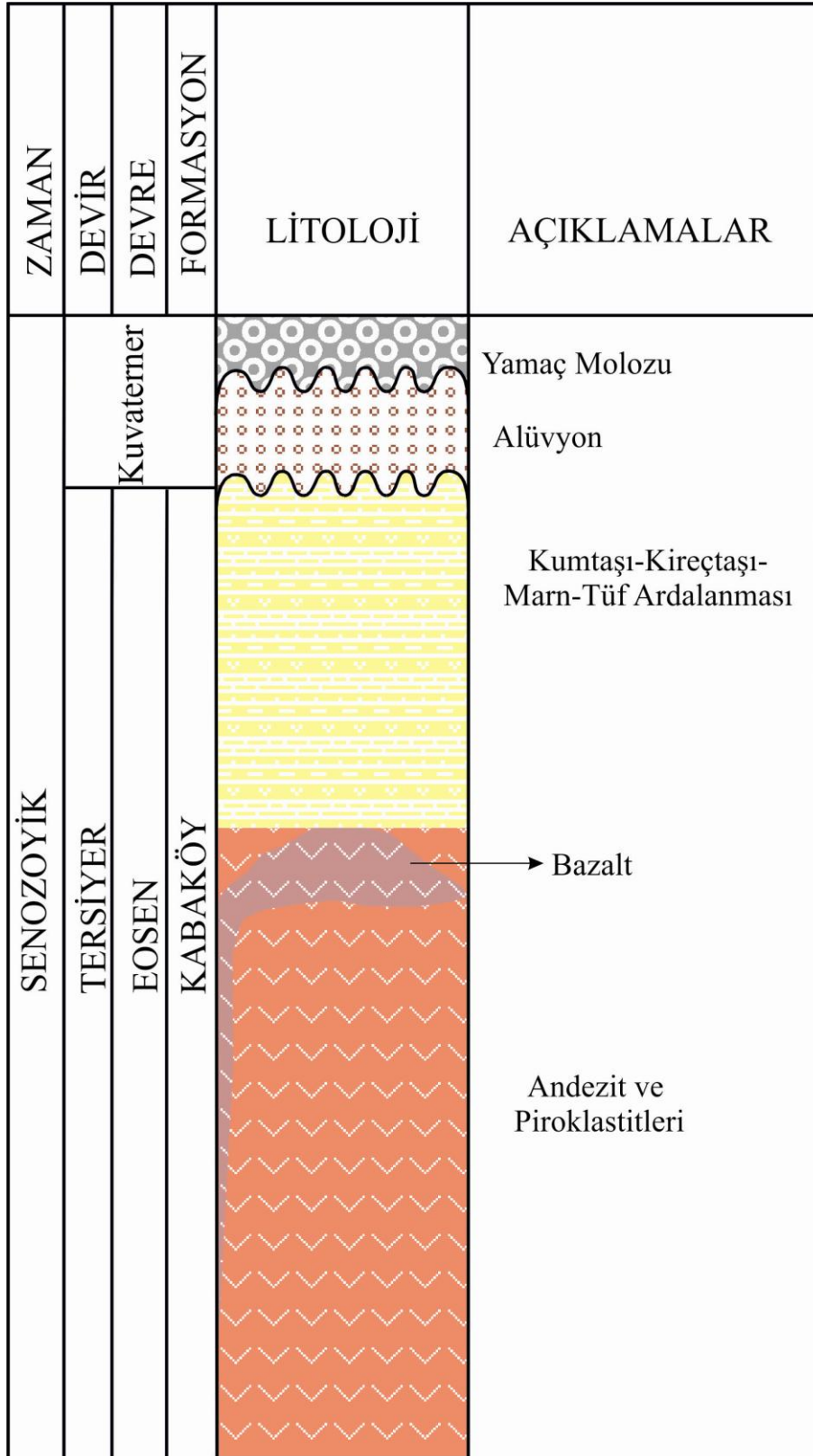
3.1. İnceleme Alanının Genel Jeolojisi ve Petrografisi

Mastra Au-Ag yatağı Kabaköy Formasyonuna ait birimler içerisinde bulunmaktadır. Tokel, 1972 tarafından ilk kez tanımlanan bu birim inceleme alanının tamamını kapsamaktadır (Şekil 3.1a). Kabaköy formasyonu, Eosen yaşlı andezit, bazalt ve piroklastitleri ile sedimanter birimlerden oluşmaktadır (Şekil 3.2 ve 3.3). Birim çalışma alanında genel olarak lav akıntısı özelliğinde görülmektedir. Çalışma alanının K-KD kesimlerinde tüf-breş, güney kesimlerinde ise aglomera şeklindedir. Andezitler genelde yeşilimsi griden açık beje kadar değişen renklerde olup, bol çatlaklı ve az veya çok altere olmuşlardır. Bu birimde çatlaklar boyunca yerleşen kalsit ve kil dolguları olağandır (Şekil 3.1b).

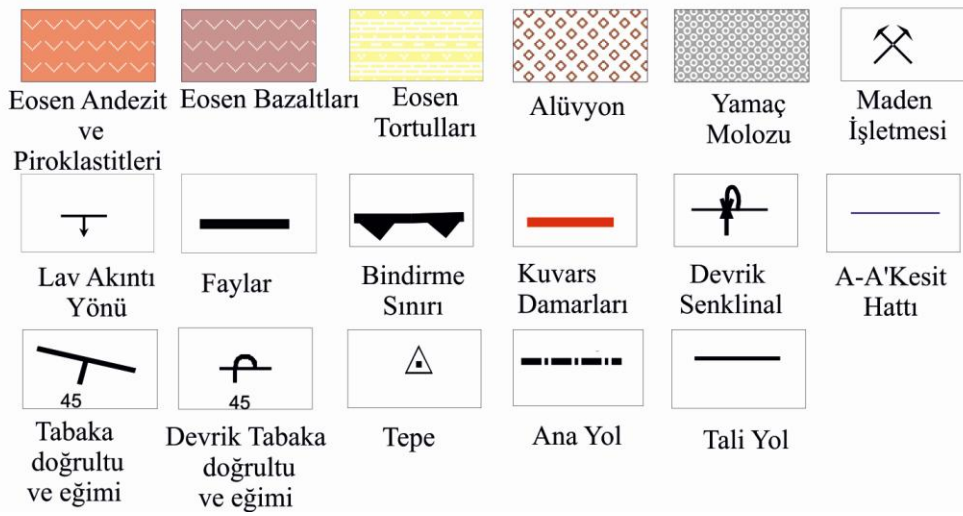
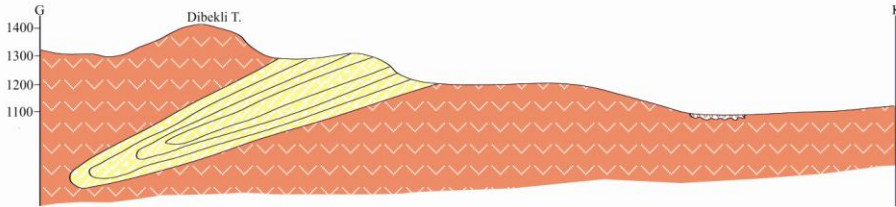
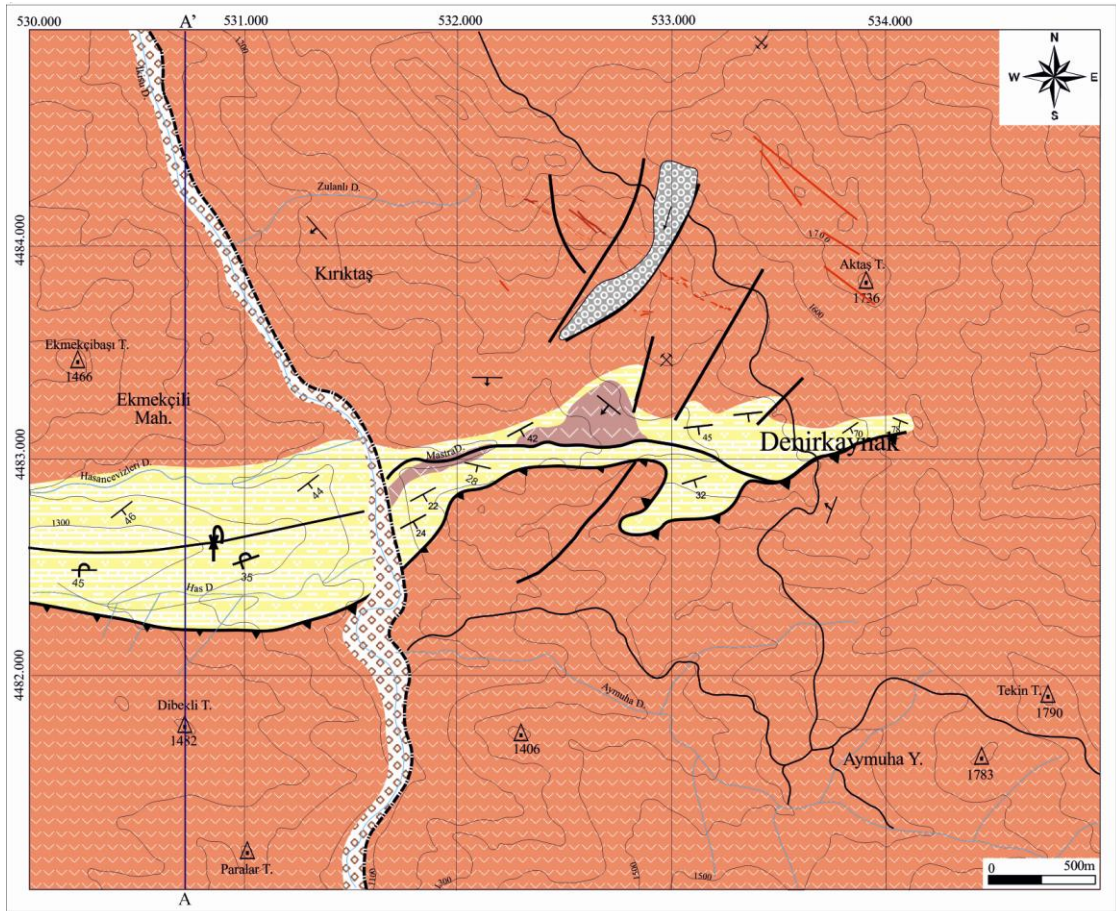
İnceleme alanında volkonik birimden alınan andezit örneklerinin mikroskobik incelemeleri sonucunda; andezitlerin, plajiyoklas, hornblend, piroksen ve opak minerallerden oluştuğu, dokusunun da porfiritik-mikrolitik olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.4a ve b). Makroskobik olarak andezitler içinde gözlemlenen iri taneli feldspatlar birime porfiritik doku kazandırmıştır.



Şekil 3.1. a) Kabaköy Formasyonu'nda gri renkli, lav akıntısı şeklinde görülen ve yüzeysel bozunmaya uğramış andezitlerin arazideki görünümü (Çalışma alanının güney doğusu), b) andezitlerin çatlakları boyunca yerleşen kalsit ve kil dolgularının görünümü.

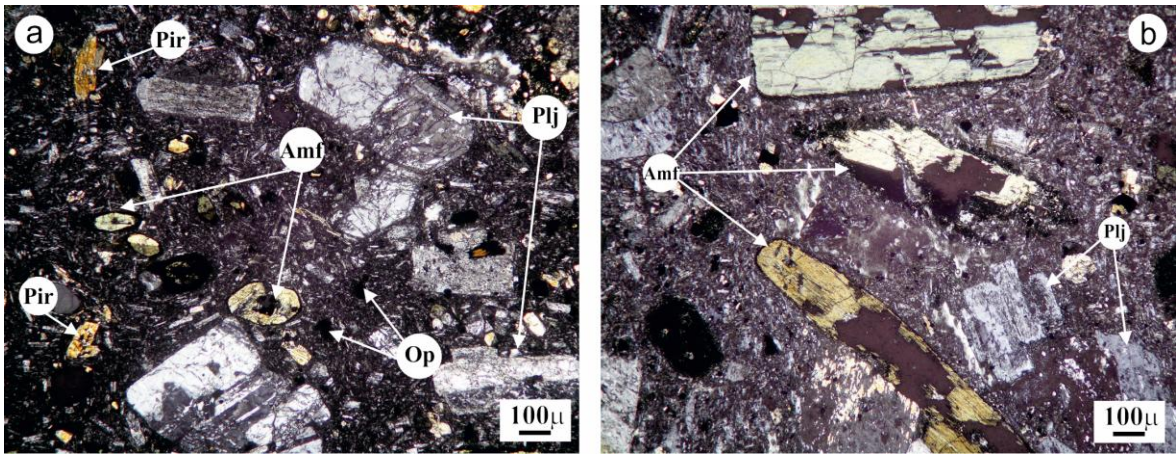


Şekil 3.2. İnceleme alanında gözlenen birimlere ait stratigrafik kolon kesit (ölçeksizdir).



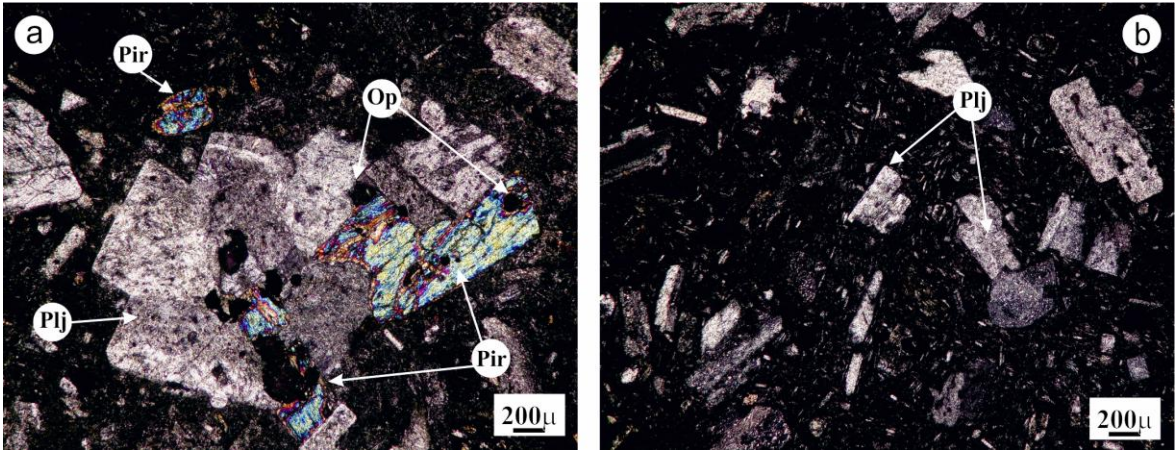
Şekil 3.3. Mastra (Gümüşhane) Au-Ag yatağının 1/10.000 ölçekli genel jeoloji haritası ve A-A' enine Kesiti.

Plajiyoklaslar ince kesitte bol miktarda iri ve orta büyüklükte fenokristaller şeklindedir. Hamurda ise mikrolitler olarak bulunurlar (Şekil 3.4a). Bazı plajiyoklas kristallerinde zonlanma görülmektedir. Plajiyoklasların yer yer kloritleştiği, kalsitleştiği ve serizitleştiği belirlenmiştir. 2-3mm'ye varan plajiyoklas fenokristalleri bulunmasına karşın, kristallerin çoğu 0,3-0,5mm boyutundadır. Yapılan cins tayininde plajiyoklasların andezin bileşiminde olduğu tespit edilmiştir. Amfiboller kayaçta %5 civarında bir bolluğa sahiptirler. Genellikle öz ve yarı öz şekillidirler (Şekil 3.4b). Piroksenler ise %5 den daha az olarak bulunmaktadır. Genellikle yarı öz şekilli fenokristaller halindedirler (Şekil 3.4a).



Şekil 3.4. a) Porfiritik-Mikrolitik dokulu andezitlerde iri ve orta büyüklükte plajiyoklas fenokristalleri, mafik mineraller ve ile hamurdaki plajiyoklas mikrolitlerinin ince kesit görünümü, b) öz ve yarı öz şekilli amfibol fenokristallerinin ince kesit görünümü (Plj; Plajiyoklas, Amf; Amfibol, Pir; Piroksen, Op; Opak mineral).

Bu birimden alınan bazalt örneklerinin mikroskobik incelemeleri sonucu bazaltların mikrolitik porfiritik dokuda olduğu ve başlıca plajiyoklas, piroksen ve opak minerallerden oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 3.5a ve b). Plajiyoklaslar ince kesitte bol miktarda iri ve küçük kristaller şeklindedir. Hamurda ise mikrolitler olarak bulunurlar. Bazaltlardaki plajiyoklasların albitleştiği ve sipilitik bazalt özelliğinde olduğu gözlenmiştir. Ayrıca yer yer plajiyoklasların, kloritleştiği, kalsitleştiği ve serizitleştiği de görülmüştür. Piroksenler ise yarı öz şekilli kristaller halinde, yüksek röliyefli, çapraz nikolde, turuncu-mavimsi yeşil renklerde plajiyoklaslar ile iç içe geçmiş durumda gözlenmiştir.



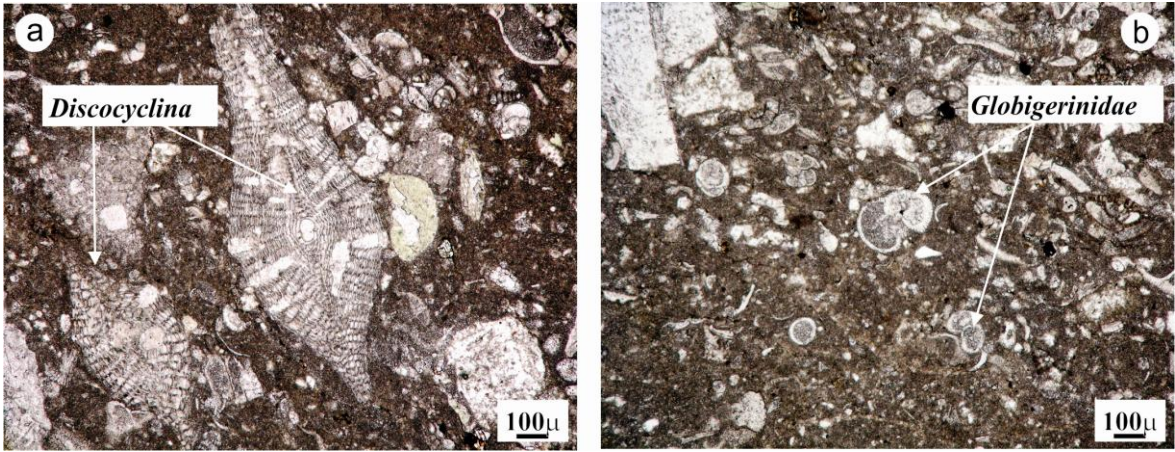
Şekil 3.5. a) Bazaltlarda, iri ve orta büyüklükte plajiyoklas ve piroksen fenokristalleri ile bu mineraller arasında bulunan opak minerallerin, b) irili ufaklı plajiyoklas fenokristallerinin bazaltlara kazandırdığı mikrolitik-porfiritik dokunun mikroskopik görünümü (Plj; Plajiyoklas, Pir; Piroksen, Op; Opak mineral).

Sedimenter kayaç birimleri, tabanda orta-kalın tabakalı kireçtaşı, üste doğru kumtaşı, tuf ve ince tabakalı kırılğan marn ardalanmasından oluşur ve uyumlu bir şekilde andezitleri üstlerler. Bu birim inceleme alanında KD-GB doğrultusunda uzanmaktadır (Şekil 3.6a).

Kireçtaşlarının tabaka kalınlığı 5-50cm arasında değişmektedir. Kireçtaşlarının, arazide bozuşmuş yüzeyleri sarımsı kahve, taze yüzeyi gri renklere görülmektedir (Şekil 3.6b). Yapılan mikroskopik incelemelerde kireçtaşlarının mikritik bir matrikse sahip olduğu ve yaygın olarak *Discocyclina sp.* ve *Globigerina sp.* içerdiği görülmüştür (Şekil 3.7). Bu fosillere göre kayaca Eosen yaşı verilmiştir (Güven, 1993).



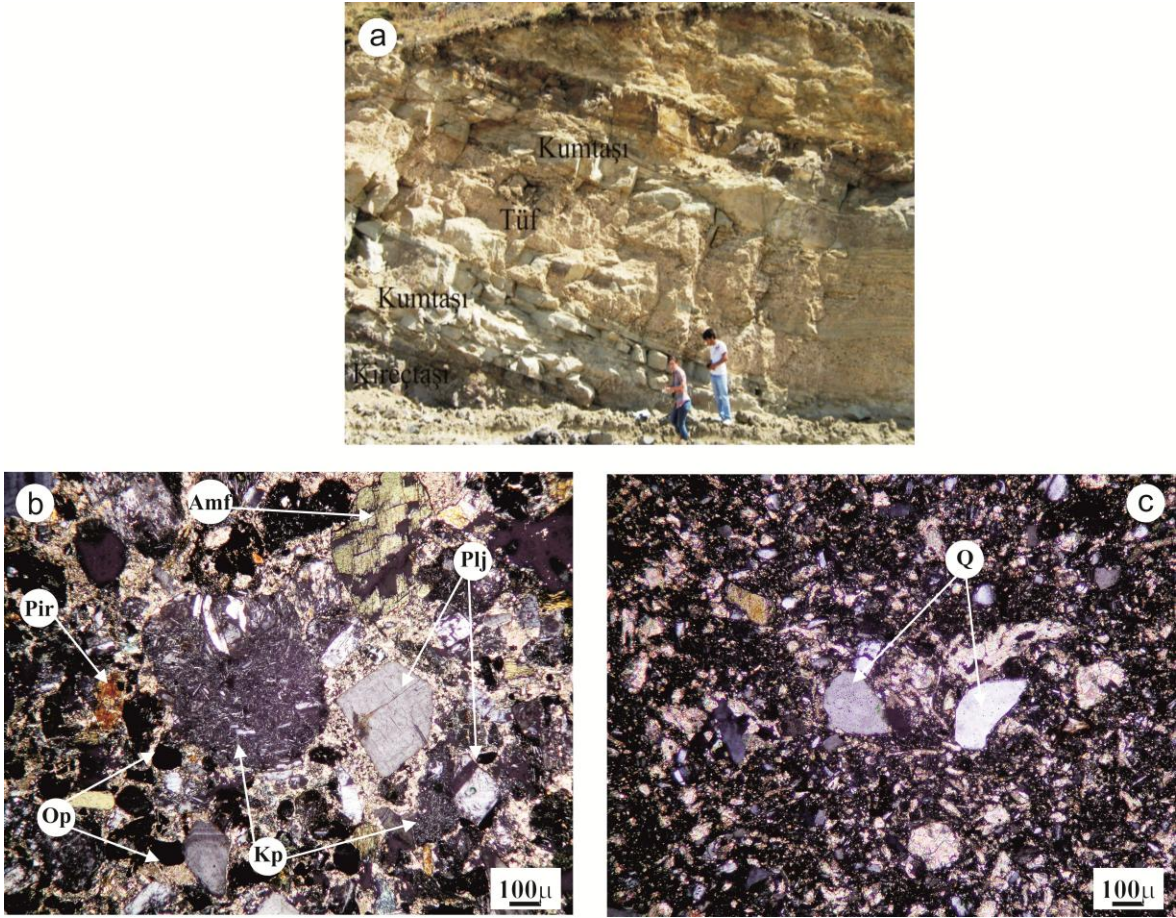
Şekil 3.6. a) Tabakalı yapıları ile kolayca tanınan sedimenter kaya birimlerinin arazideki görünümü (Çalışma alanının güneybatı kesimindeki tepe yamacı), b) sarımsı kahverengi renkli, kalın tabakalı kireçtaşlarının arazideki görünümü (Maden sahasının kuzey doğusu).



Şekil 3.7. a) Kireçtaşı içerisindeki *Discocyclusina* sp. fosili, b) kireçtaşı içerisindeki *Globigerina* sp. fosili.

Kumtaşları orta-ince tabakalı olup, tabaka kalınlıkları 2-10cm arasında değişmektedir (Şekil 3.8a). Makroskobik olarak yeşilimsi gri renklere görülen kumtaşlarının, mikroskobik incelemeleri sonucunda bileşen olarak, kuvars, plajiyoklas, kayaç parçası, amfibol, opak mineral ve fosil gözlenmiştir. Plajiyoklas kayaç içerisinde en bol gözlenen bileşendir (Şekil 3.8b). Çapraz nikolde plajiyoklasların bazıları albit, bazıları karslbalt ikizi göstermektedir ve çoğunlukla altere olmuşlardır. Kuvars ise kayaç içerisinde bol bulunan diğer bir bileşendir (Şekil 3.8c).

Kuvars tek nikolde renksiz, çapraz nikolde ise beyaz-gri rengi ve dalgalı sönme göstermesi ile kolayca tanınır. Kesitte köşeli taneler halinde olan kayaç parçaları ise volkanik kayaç parçalarından oluşmaktadır. Amfiboller küçük taneler halinde, dilimimleri ve yeşilimsi renkleriyle tek nikolde kolayca tanınırlar. Opak mineraller düzensiz şekilde kesit içerisinde dağılmış olarak gözlenmektedir. Kesitte yer yer pelajik fosiller de gözlenmektedir. Kum taşlarının bağlayıcı malzemesi büyük oranda karbonattır (Şekil 3.8b ve c). Açık sarı, gri renklere görülen tüfler ise bu birimlerle ardalanmalı olarak bulunur (Şekil 3.8a).



Şekil 3.8. a) Kireçtaşı, kumtaşı, tüf ve marn ardalanmasının arazideki görünümü (maden sahasının güneyi), b) kumtaşını oluşturan bileşenlerden kayaç parçaları, plajiyoklas, amfibol, piroksen ve opak minerallerin ince kesit görünümü, c) kumtaşı içerisindeki kuvars parçalarının ince kesit görünümü (Q; Kuvars, Kp; kayaç parçası, Plj; Pilajiyoklas, Amf; Amfibol, Pir; Piroksen, Op; Opak mineral).

3.1.1. Alüvyonlar

İnceleme alanı içerisinde bulunan İkisü Deresi boyunca gözlenmektedir. Çevre kayaların blok boyutundan kil boyutuna kadar değişen parçalarından oluşmaktadır. Kuvaterner yaşlı bu birim güncel olarak oluşmaya devam etmektedir.

3.1.2. Yamaç Molozu

İri blok boyutundan kum boyutuna kadar değişen boyda köşeli ve yuvarlak elemanlardan oluşmakta ve kuvars damarlarının güney doğusunda yüzeylenmektedir.

3.2. Yapısal Jeoloji

3.2.1. Faylar ve Kıvrımlı Yapılar

Mastra Köyü'nün kuzey batısında yer alan, $K50^{\circ}-70^{\circ}B$ doğrultulu ve $65^{\circ}-80^{\circ}KD$ 'ya eğimli fay zonu, Mastra Au-Ag Yatağı'nı oluşturan kuvars damarları ile direkt ilişkili olan fay sistemidir. Bu fay sisteminin dışında, inceleme alanındaki kayaçları ve kuvars damarlarını atıma uğratan $KD-GB$, $K-G$ doğrultu faylanmalar da mevcuttur. Bu fayların cevherleşme ile ilişkisi yoktur (Şekil 3.3).

Mastra Au-Ag Yatağı'nın bulunduğu bölgenin güneyinde sedimenter kayaçları kuzeye doğru oldukça deforme eden $D-B$ doğrultulu bindirme ve/veya ters faylar bulunmaktadır. Bu fayların Au-Ag yatağının oluşumuyla direkt ilişkisi yoktur. Bu faylar sedimanter kayaçları Eosen yaşlı andezit ve piroklastitleri üzerine itmesi ile sonuçlanan bindirme ve/veya ters faylardır. Bu faylanmalarla sedimanter kayaçlarda kıvrımlı yapılar oluşmuştur. Sedimanter kayaçların bindirme faylarına bağlı olarak kıvrımlanması ve ters dönmesi ile maden sahasının güneybatısında kalan tepe yamacında bir devrik senklinal meydana gelmiştir (Şekil 3.9a).

3.2.2. Tabakalı Yapılar

İnceleme alanında tabakalı yapılar Kabaköy Formasyonuna ait Eosen yaşlı sedimanter birimlerde görülmektedir. Sedimanter birim kireçtaşı, kumtaşı, marn ve tuf ardalanmasından oluşmaktadır. Orta kalın tabakalı olan sedimanter birimlerin tabaka eğimleri genel olarak 20° ilâ 55° arasındadır. Doğrultuları ise $KB-GD$, bazende $KD-GB$ olup, KD 'ya veya K 'e doğru eğimlidirler. Sedimanter birimin andezit ve piroklastitleri üzerine bindirmesi sınırında, tabaka eğimleri dike yakın bir eğim kazanmıştır. Bu sınırlarda tabaka eğimleri 80° 'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 3.9b).



Şekil 3.9. a) Sedimanter kayaçların, andezit ve piroklastitleri üzerine itilmesi sonucu oluşan devrik senklinalin görünümü (Maden sahasının güneybatısında kalan tepe yamacı), b) bindirme sınırında sedimanter kayaçlarda tabaka eğimlerinin dike yakın konuma gelmesi (Maden sahasının güneydoğusundaki tepe).

3.3. Maden Jeolojisi

3.3.1. Giriş

Maden sahasında Au-Ag cevherleşmesinin varlığı, ilk kez, 1989 yılında MTA elemanları tarafından keşfedilmiştir (Kansız ve Akıncı, 1991). Bu çalışma sırasında, cevherleşme ve alterasyon haritalanmış, sahada 7 adet sondaj kuyusu açılmıştır.

Normandy (Avustralya) ve BRGM (Fransa) şirketlerinin ortaklığı olarak Türkiye’de kurulmuş olan Eurogold Madencilik A.Ş., 1993 yılında MTA Genel Müdürlüğünden maden ruhsatını satın almıştır. Şirket Ruhsat sahasında ayrıntılı bir maden jeolojisi çalışması yürütmüş, toprak ve kayaç jeokimyası yapmıştır. Damarları haritaladıktan sonra, 1993-1996 döneminde, sahada 14 bin metre sondaj yapmıştır. Ön fizibilite çalışması olumlu çıktıktan sonra yatırım yapmaya karar vermiş ve yer altı ocağının ana nakliye yolunu sürmüştür.

Ovacık altın madeninin 2001 yılında işletmeye alınmasının ardından Newmont Mining (ABD) Şirketi, 2002 yılında Normandy Mining Şirketini satın alarak Ovacık ile birlikte Mastra’nın da sahibi olmuştur.

Newmont ve Dedeman, Mastra’da madencilik yolunu açmak amacıyla, 2004 yılında, hisseleri yarı yarıya paylaşarak Mastra Madencilik A.Ş. Şirketini Kurmuşlardır.

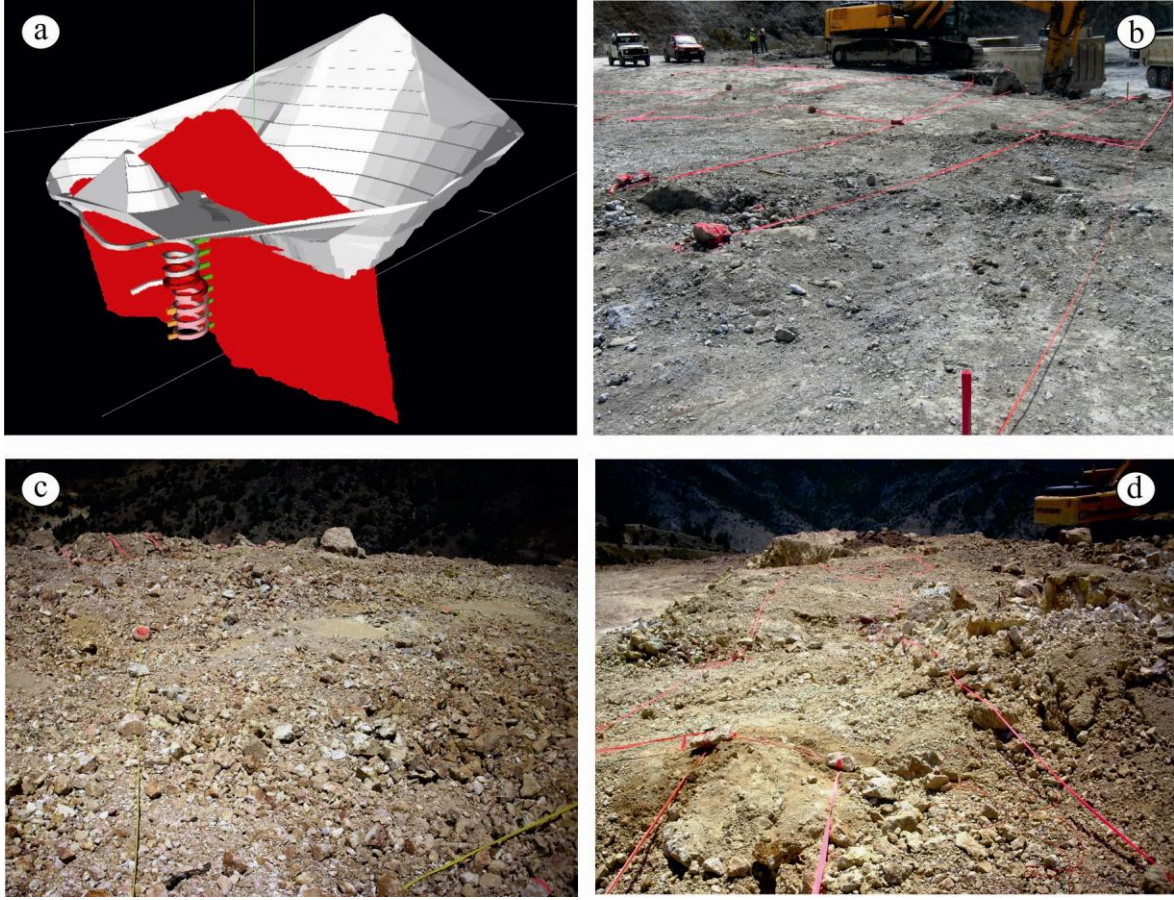
Koza İpek Holding, Mart 2005'te, Newmont'tan Ovacık ile birlikte Mastra'nın yarı hissesini ve Ağustos 1995'te de Dedeman'dan Mastra'nın diğer yarı hissesini satın almıştır. Hisselerin tamamına sahip hale gelen Koza Altın İşletmeleri A.Ş., Eylül 2005'ten itibaren Mastra'da madencilik yatırımlarına başlamıştır.

Cevher kaynağını rezerv haline getirmek için yer altından 7500m sondaj daha yapmış, 10 senelik bekleme nedeniyle galeride meydana gelen tahribatı tamir etmiş ve üretime hazır hale getirmiştir (Oygür, 2006).

Mastra Au-Ag Yatağı hem açık ocak hem de yer altı ocağı ile işletilmektedir. Damarların yüzeye yakın kısımlarındaki cevher açık ocaktan, geri kalan kısmı ise yer altı ocağından alınmaktadır.

Açık ocak 1450m kotundan başlayarak 1370m kotuna kadar inmektedir. Yer altı ocağı ise 1370m kotundan başlamaktadır. Yer altı işletmesinde kes doldur yöntemi kullanılmakta olup ana galeriden desandre sistemiyle üretim galerilerine geçilmektedir (Şekil 3.10a). Üretim galerilerinin kesitleri 4*4m'dir. Cevher katlar halinde yukarı doğru alınarak üretim yapılmaktadır.

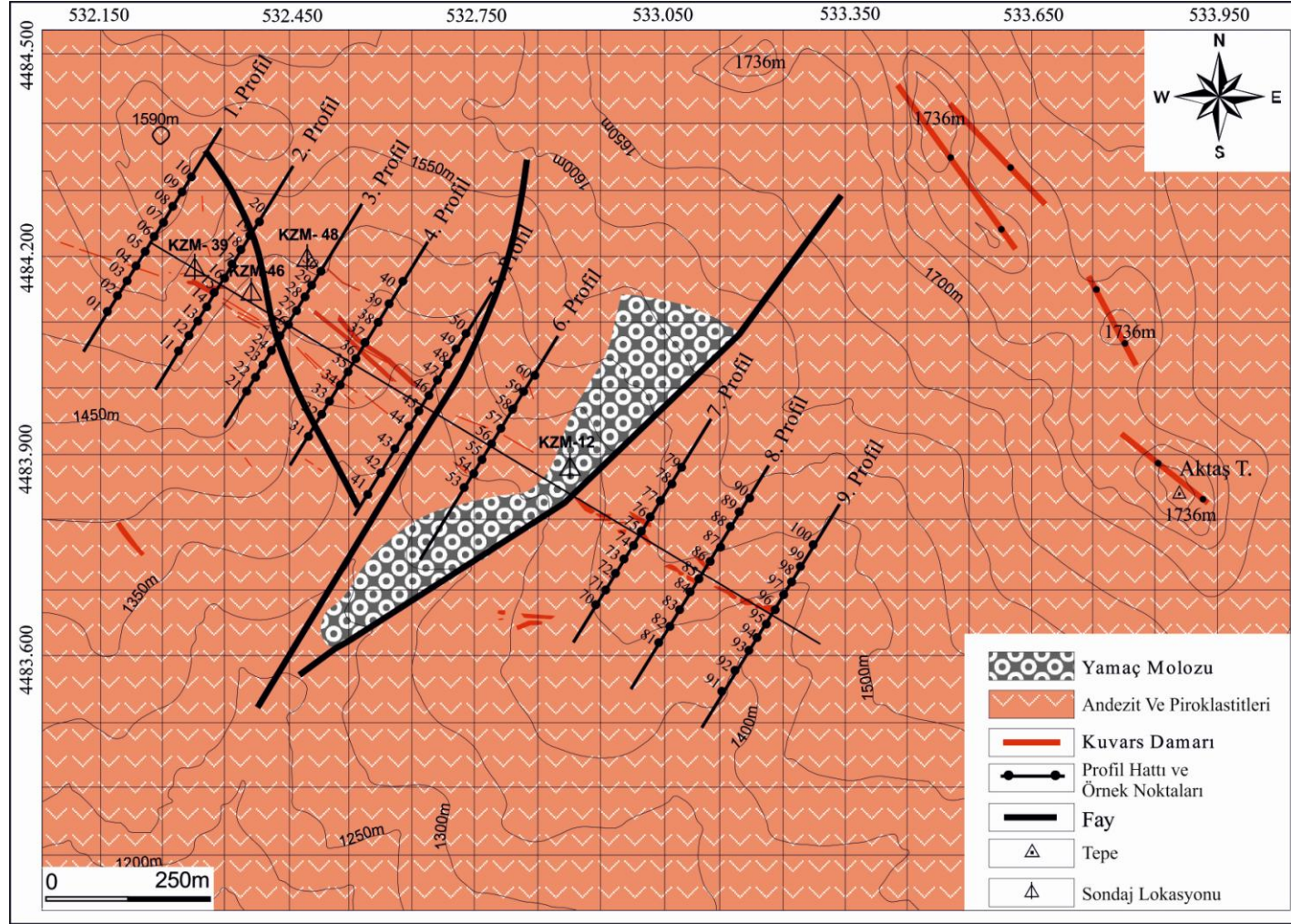
Açık ocak işletme alanındaki damar zonu, altın tenör değerlerine göre yüksek (high grade, >15gr/ton), düşük (low grade, <2,5gr/ton) ve işletilebilir (Run of mine, 2,5-15gr/ton) tenörlü olarak maden işletmesi tarafından gruplandırılarak markap şeritleri ile derecelendirilmiştir. Buna göre yüksek tenörlü zon kırmızı (Şekil 3.10b), düşük tenörlü zon ise sarı (Şekil 3.10c) ve işletilebilir tenörlü zon pembe renkli (Şekil 3.10d) şeritlerle işaretlenmektedir.



Şekil 3.10. a) Mastra Au-Ag yatağında açık ocak ve yer altı ocağının işletim şeması ve işletilen kuvars damarının 3 boyutlu görünümü, b) açık ocak işletme sahasında kırmızı renkli şeritler ile çevrelenmiş yüksek tenörlü (High Grade) damar zonu, c) açık ocak işletme sahasında sarı renkli şeritler ile çevrelenmiş düşük tenörlü (low Grade) damar zonu, d) açık ocak işletme sahasında pembe renkli şeritler ile çevrelenmiş işletilebilir (Run of Mine) damar zonu.

3.3.2. Mastra Altın Yatağının Jeolojisi

Gümüşhane Mastra Au-Ag yatağı, $K50^{\circ}-70^{\circ}B$ doğrultulu $65^{\circ}-85^{\circ} KD$ eğimli tektonik kırık hatları boyunca, andezitik lav ve piroklastları içinde, damarlar ve damarcıklar şeklinde meydana gelmiştir (Şekil 3.11). Cevher damarları, yüzeyde ileri derecede oksitlenmiş (hematitleşmiş ve limonitleşmiş), sarı-kırmızı-kahverengi renkli zonlar halindedirler (Şekil 3.12). Yatakta yersel olarak, köşeli kuvars parçacıklarından ibaret olan, sülfid mineralleri içeren ve silisli bir matris içinde bulunan hidrotermal breş varlığı saptanmıştır. Damar sistemi 2,5km uzunluğundadır. Bu sistem boyunca 100-200m arasında değişen yaygın bir hidrotermal alterasyon gözlenmektedir.



Şekil 3.11. Mastra (Gümüşhane) Au-Ag yatağındaki kuvars damarlarının jeoloji haritası.

Bu alterasyon zonu içinde 1,3km uzunlukta ve 10-70m genişlikte ekonomik potansiyeli olan altın-gümüş cevherleşmesi meydana gelmiştir. Bu alanda bulunan kuvars damarlarının doğrultusuna dik, 125m aralıklarla birbirine paralel 9 profil hattı belirlenmiş ve bu profiller boyunca 25m aralıklarla örnek alımı gerçekleştirilmiştir. 1 nolu profil hattının kestiği kuvars damarları, alterasyon zonunun kuzeybatı ucunda ve diğer kuvars damarlarına göre en yüksek topografik konumda (1525m) yer almaktadır. Bu kuvars damarları, 1-2,5m genişliğinde olup, etrafında hiçbir ağsal damarlanma gözlenmemiştir. Diğer kuvars damarlarından farklı olarak 1 numaralı profil hattının kestiği kuvars damarında önemli miktarda barit bulunmaktadır. Damarın göreceli olarak %40'ı baritten oluşmaktadır. Bu profil hattı etrafındaki damarların uzunluğu değişken olup, ortalama olarak 150m uzunluğundadır.

2 numaralı profil hattının kestiği kuvars damarları ana fay sistemi doğrultusu boyunca yerleşmiştir ve birbirine paralel ağsal kuvars damarlarından oluşmaktadır. Damarların kalınlığı 0,5m ilâ 5m arasında değişmektedir (Şekil 3.12a). Genel olarak bu profil hattı etrafındaki damar sisteminin genişliği 12,5 metre'dir.

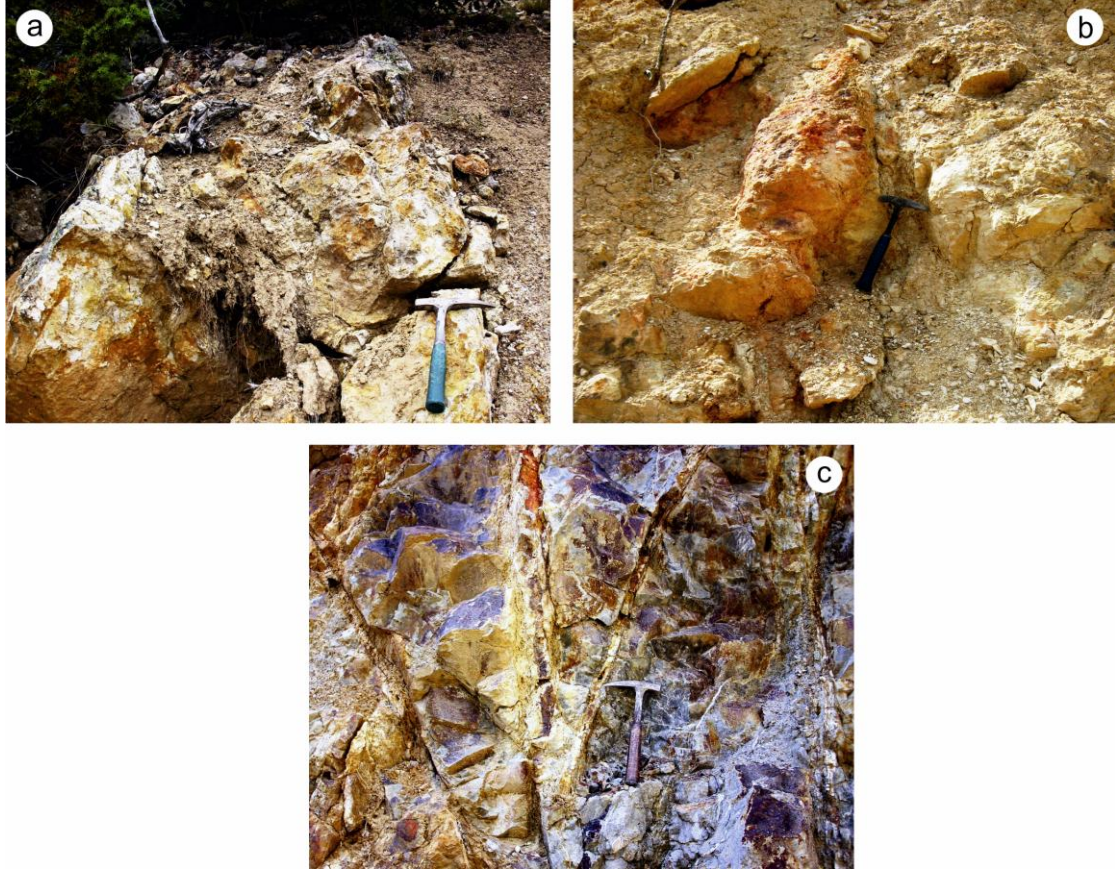
4 numaralı profil hattının kestiği kuvars damarları, dallanmış bir damar sisteminden oluşmaktadır. Dallanmış damarlar ana fay sisteminin doğrultusu boyunca birbirlerine paralel olarak yerleşmişlerdir. Bu bölgedeki damar zonu yaklaşık 250m uzunluğunda 85m genişliğindedir (Şekil 3.12b).

6 numaralı profil hattı yaklaşık olarak birbirine paralel 0,5-1m kalınlığında kuvars damarlarını kesmektedir. Bu damarlar ana fay sisteminin orta kısmında olup 1-3m genişliğinde ağsal damarlar içermektedir (Şekil 3.12c).

7, 8 ve 9 numaralı profil hattı ana fay sisteminin güney doğu ucunda yer alan kuvars damarlarını kesmektedir. Batı ve doğu olarak adlandırılmış iki paralel kuvars damarı doğu ucunda birleşmektedir. Bu damarlar 1-3metre genişliğinde ağsal damarlar içerir. Yüzeyde açık ocak şeklinde işletilen bu damar zonu yaklaşık 100m genişliğindedir.

Ana damar zonunun 1,3km uzunluğundaki damar zonunun güneybatısında 75m uzunluğunda ayrı bir kuvars damarı da belirlenmiştir. Bu damar $K40^{\circ}B$, $68^{\circ}KD$ duruşludur ve kalınlığı 3,5m dir (Şekil 3.13a). Bu zonda 0,5-1m genişliğinde ağsal damarlar mevcuttur. Yapılan kimyasal analizler bu damarın steril olduğunu yani altın içermediğini göstermektedir. Ayrıca çalışma sahasının kuzeydoğusundaki Aktaş Tepe'de bu damar zonuna paralel olarak uzanan silis kafaları bulunmaktadır (Şekil 3.13b).

Bu silis kafalarında yapılan analizler, ekonomik olacak miktarda altın ve gümüş içermediklerini göstermiştir.



Şekil 3.12. İleri derecede oksitlenmiş (limonitleşmiş) sert çıkıntısı ile kolayca tanınan kuvars damarları a) 2 numaralı profil b) 4 numaralı profil c) Mastra Au-Ag yatağında gözlenen ağsal kuvars damarları.



Şekil 3.13. a) Çalışma sahasının güney batısında yer alan steril kuvars damarı, b) çalışma sahasının kuzeydoğusunda Aktaş tepedeki silis kafalarının görünümü.

3.3.2.1. Düşey Değişim

Mastra Au-Ag yatağında, kuvars damarlarının konumunu belirlemek amacıyla farklı yerlerde maden işletmesi tarafından birçok sondaj yapılmıştır. Bu çalışma için maden işletmesi tarafından yapılmış sondajların 4 tanesinden, litoloji ve alterasyon değişimleri dikkate alınarak karot örnekleri alınmış ve bunların ince kesit, XRD ve kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Böylece her sondaja ait ölçekli kuyu logları hazırlanmıştır. Kuyu logları yardımıyla kuvars damarları ile yan kayaç alterasyonu arasındaki ilişki, derinlere doğru alterasyon farklılaşmasının olup olmadığı ve litolojideki değişimlerin özellikleri saptanmaya çalışılmıştır.

KZM-12 numaralı sondaj kuyusu 1415,32m kotunda açılmıştır. 215/50 duruşlu olarak açılan eğik sondaj kuyusunun uzunluğu 141m'dir. Bu sondaj kuyusu yüzeyden itibaren bitiş noktasına kadar porfiri andezit içerisinde ilerlemiştir. Kuyu boyunca incelenen karot örneklerinin yüzeye yakın olan ilk 12m'sinde, porfiri andezitlerde, beyaz-sarı ve kırmızımsı renklerde, çok yoğun killeşme, limonitleşme ve hematitleşme görülmektedir (Şekil 3.14a). Sondaj kuyusunun 0-1m arasından alınan örneğin ince kesit ve XRD analiz sonuçlarına göre bu kısımda kuvars, illit ve kalsit minerallerinin varlığı belirlenmiştir. Bu 12m'lik kısmın 7-8, 80m arası fay zonuna karşılık gelmektedir. 12. metreden sonra killeşme azalmakta karbonatlaşma ve silisleşme miktarı artmaktadır. Bu noktadan itibaren andezitler koyu gri renkte ve porfiri dokuda gözlenmektedir (Şekil 3.14b). 13,90-14 ve 15,80- 37 metreleri arasından alınan karot örneklerinden yapılan ince kesitlerde yaygın olarak serizitleşme, karbonatlaşma ve daha az oranda da kloritleşme görülmüştür. Bu sondaj kuyusu boyunca genellikle 0,1-2cm'lik ağsal kuvars damarları ve pirit damarları izlenmektedir. 78,20-86,40m ve 106,40-109,85m arasında ise galen kalkopirit sfalerit boşluklu yapı gösteren kuvars damarları kesilmiştir (Şekil 3.14c). 89,90-92, 113-114 ve 121-122. metreler arasında porfiri andezit çakılları içeren breşik andezit kesilmiştir. Breşik andezitlerde, silisleşmiş ve devamsız pirit damarcıkları vardır. KZM-12 numaralı sondaj kuyusuna ait ölçekli kuyu logu (Şekil 3.15)'de gösterilmiştir.

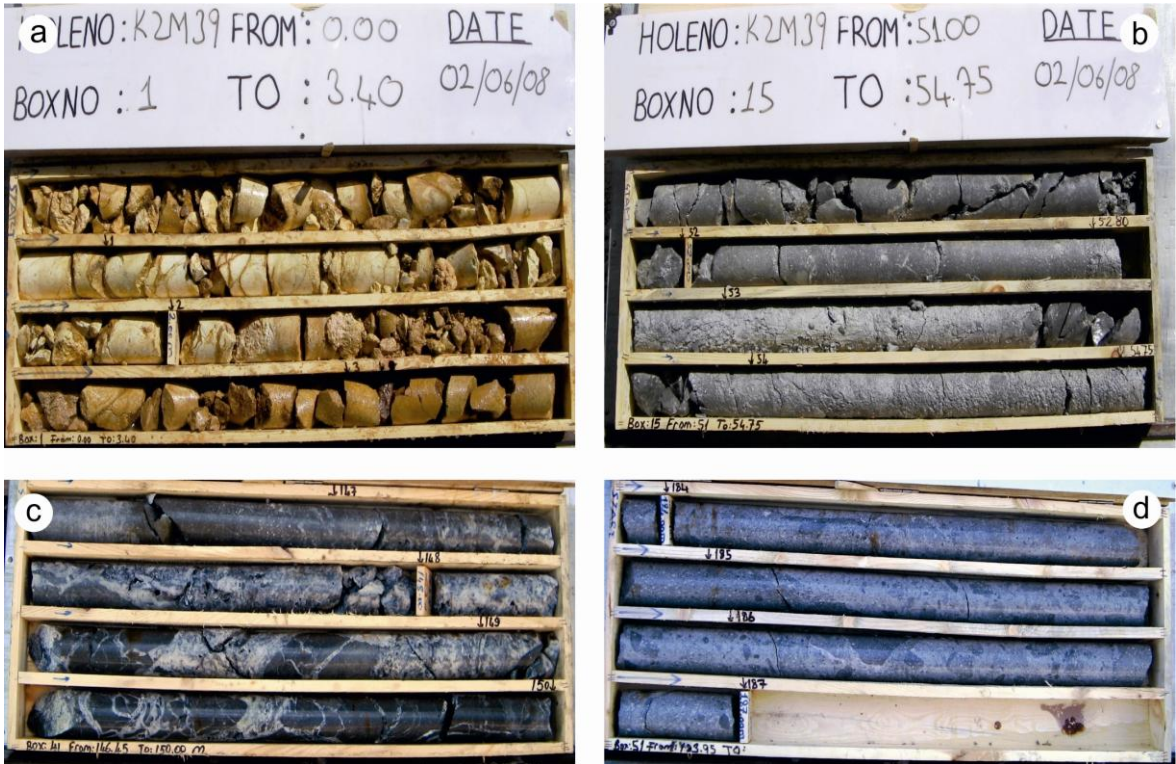


Şekil 3.14. a) KZM-12 numaralı sondaj kuyusunun ilk 4. metresinde gözlenen killeşme, limonitleşme ve hematitleşme, b) 12. metreden sonra gözlenen alterasyon değişimi, kısmen silisleşmiş ve karbonatlaşmış porfiri dokudaki andezitler. c). KZM-12 numaralı sondaj kuyusunda 79. metreden kesilmeye başlayan kuvars damarı.

Litoloji	Alterasyon	Tanımlamalar
0-12		(0,0-12m) Porfiri Andezit; ileri derecede oksitlenmiş, hematitleşmiş, limonitleşmiş ve killeşmiş.
7-8,20		(7-8,20m) Fay Zonu; İleri derecede killeşmiştir. Parçalanmış porfiri andezitten
12-28		(12-28m) Porfiri andezit; Çatlakları pirit ve kil dolguludur. Yaygın alterasyon türü killeşme ve silisleşmedir.
28-29		(28-29m) Fay Zonu; İleri derecede killeşmiştir. Parçalanmış porfiri andezitten oluşmaktadır
29-76,45		(29-76,45m) Porfiri Andezit; 0,1-5mm arasında değişen kalınlıklarda kuvars damarcıkları içermektedir. Çatlakları kil dolguludur. Saçımsız pirit içermektedir. Yaygın alterasyon türü killeşme ve silisleşmedir.
76,45-78,20		(76,45-78,20m) Fay Zonu; İleri derecede killeşmiştir. Parçalanmış porfiri andezitten ve daha az olarak da kuvars parçalarından oluşmaktadır
78,20-86,40		(78,20-86,40m) Kuvars damarı; Cu-Pb-Zn'lu, yer yer boşluklu, yer yer de 0,1-8mm'lik ağsal damarcıklardan oluşmaktadır.
90-92		(90-92m) Breşik Andezit; Porfiri andezit çakılları, ince kuvars damarcıkları ve saçımsız pirit içermektedir. Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir.
92-106,40, 109,85-113m, 114-121m, 122-130,30		(92-106,40m, 109,85-113m, 114-121m, 122-130,30m) Porfiri Andezit; Yer yer 0,1-1cm'lik ince kuvars ve devamsız pirit damarları içermektedir. Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir.
106,40-109,85		(106,40-109,85m) Kuvars damarı; Cu-Pb-Zn'lu, boşluklu kuvars ve 1-6mm'lik pirit damarları içermektedir.
113-114		(113-114m) Breşik Andezit; Çatlakları kil dolguludur. Porfiri andezit çakılları ve seyrek pirit içermektedir. Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir.
120-121		(120-121m) Breşik Andezit; Çatlakları kil dolguludur. Porfiri andezit çakılları ve seyrek pirit içermektedir. Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir.
130,30-131		(130,30-131m) Fay Zonu; Parçalanmış porfiri andezitten ve daha az olarak da kuvars parçalarından oluşmaktadır
131-141		(131-141m) Porfiri Andezit; Çok seyrek kuvars ve pirit damarcıkları içermektedir. Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir.

Şekil 3.15. KZM-12 numaralı sondaj kuyusundaki litoloji ve alterasyon değişimi.

KZM-39 numaralı sondaj kuyusunun başlangıç kotu 1575,35m'dir. 219/ 55 duruşlu olarak açılan eğik sondaj kuyusunun uzunluğu 187m'dir. Yüzeyden derine doğru alterasyon değişimi incelendiğinde sondajın ilk 7 metresinde ileri derecede killeşme, hematitleşme ve limonitleşme görülmüştür (Şekil 3.16a). Porfiri andezitler içerisinde açılan bu sondajın 52,80-54,75 metreleri arasında fay zonu (Şekil 3.16b), 147-154 metreleri arasında kuvars damarı (Şekil 3.16c) ve son 3 metresinde de breşik andezitler kesilmiştir (Şekil 3.16d). Bu kuyuya ait sondaj karotlarında da saçınımlı piritler yaygındır. Yer yer de 0,1mm ile 0.8mm arasında değişen ince kuvars damarcıkları görülmektedir. 1. metreden sonra killeşmenin azaldığı ve karot örneklerinin silisleştiği görülmektedir. KZM-39 numaralı sondajda bir önceki sondajda olduğu gibi kuvars damarları ve çevresinde silisleşme ve karbonatlaşma en baskın alterasyon türü olarak izlenmektedir. KZM-39 numaralı sondaj kuyusuna ait ölçekli kuyu loğu Şekil 3.17'de verilmiştir. Kuyu logu hazırlanan diğer iki sondajda da aynı litoloji ve alterasyon değişimleri söz konusudur. Bu nedenle KZM-46 ve KZM-48 numaralı sondajlara ait kuyu logları EK 4'de verilmiştir.



Şekil 3.16. a) Sondajın ilk 7. metresinde ileri derecede killeşme, hematitleşme ve limonitleşme, b) KZM-39 numaralı sondaj kuyusunda, 52,80-54,75 metreler arasında kesilen fay zonu, c) 147-154m arasında kesilen boşluklu ve ağsal kuvars damarı, d) KZM-39 numaralı sondaj kuyusunun son 4 metresinde kesilen breşik andezit.

Litoloji	Alterasyon	Tanımlamalar
0-7		(0.0-7m)Porfiri Andezit; ileri derecede oksitlenmiş, hematitleşmiş,limonitleşmiş ve killeşmiş.
7-11		(7-11m) Porfiri andezit; saçınımlı pirit içermektedir. Yaygın alerasyon türü killeşme ve silisleşmedir.
11-22		(11-22m)Porfiri Andezit; Saçınımlı pirit içermektedir. Propilitik alterasyon (Karbonatlaşma -kloritleşme) yaygındır.
22-52,80		(22-52,80m)Porfiri Andezit;Yer yer ince kuvars damarcıkları ve saçınımlı pirit içermektedir.Yaygın alterasyon türü killeşme ve silisleşmedir.
52,80-54,75		(52,80-54,75m) Fay Zonu; Saçınımlı pirit içermektedir. Parçalanmış porfiri andezitten ve kuvars parçalarından oluşmaktadır
54,75-92		(54,75-92m)Porfiri Andezit;Yer yer ince kuvars damarcıkları ve saçınımlı pirit içermektedir.Yaygın alterasyon türü killeşme ve silisleşmedir.
92-120		(92-120m)Porfiri Andezit; Yer yer ince kuvars damarları ve saçınımlı pirit içermektedir. Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir.
120-124		(120-124m)Porfiri Andezit; Saçınımlı pirit içermektedir. Propilitik alterasyon (Karbonatlaşma -kloritleşme) yaygındır.
124-147		(124-147m)Porfiri Andezit; Yer yer ince kuvars damarları ve saçınımlı pirit içermektedir. Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir.
147-154		(147-154m) Kuvars damarı; Cu-Pb-Zn'lu, boşluklu ve bantlı yapıda ve nadiren de ametist içeren kuvars damarı.
154-183		(154-183m)Porfiri Andezit;Yer yer ince kuvars damarcıkları ve saçınımlı pirit içermektedir. Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir.
183-187		(183-187m)Breşik Andezit; Porfiri andezit çakılları, ince kuvars damarcıkları ve saçınımlı pirit içermektedir. Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir.

Şekil 3.17. KZM-39 numaralı sondaj kuyusundaki litoloji ve alterasyon değişimleri.

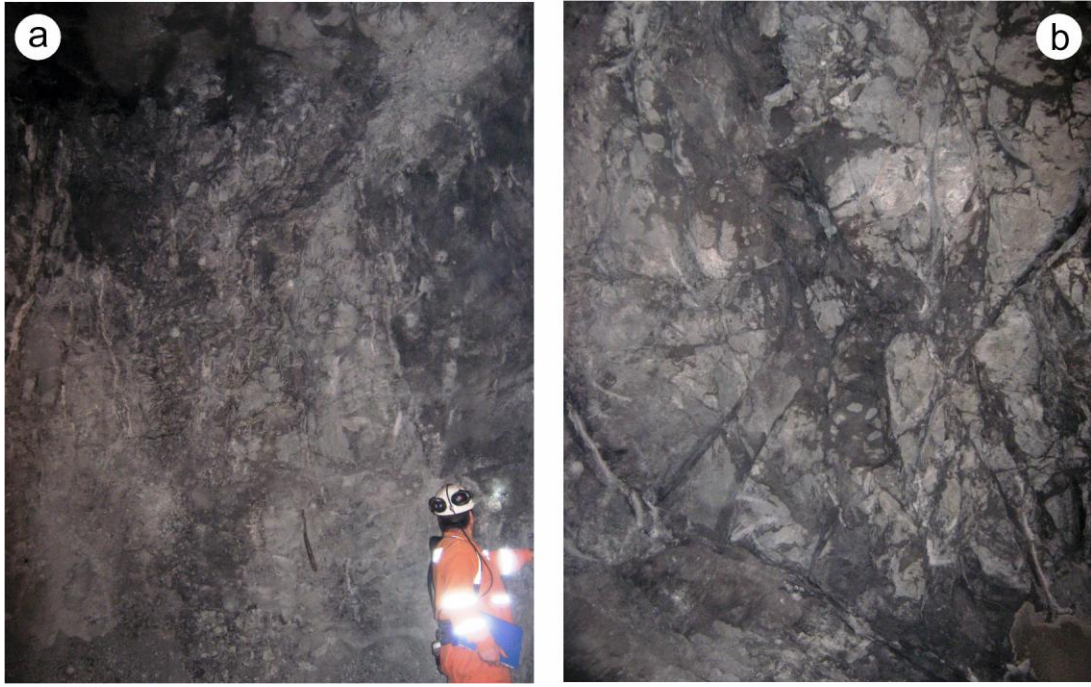
3.3.2.2. Galeri Aynaları

Kuvars damarlarının konumunu ve damarlardaki değişimi gözlemlemek amacıyla 5 ayrı üretim galerisinde toplam 6 adet ayna haritası yapılmıştır. Bu haritalardan 3 tanesi Ek 7'de verilmiştir. Yapılan ayna haritalarında kuvars damarlarının masif, ağsal ve breşik yapıda olduğu, masif kısımların özellikle pirit, kalkopirit, galen sfalerit içerdiği gözlenmiştir.

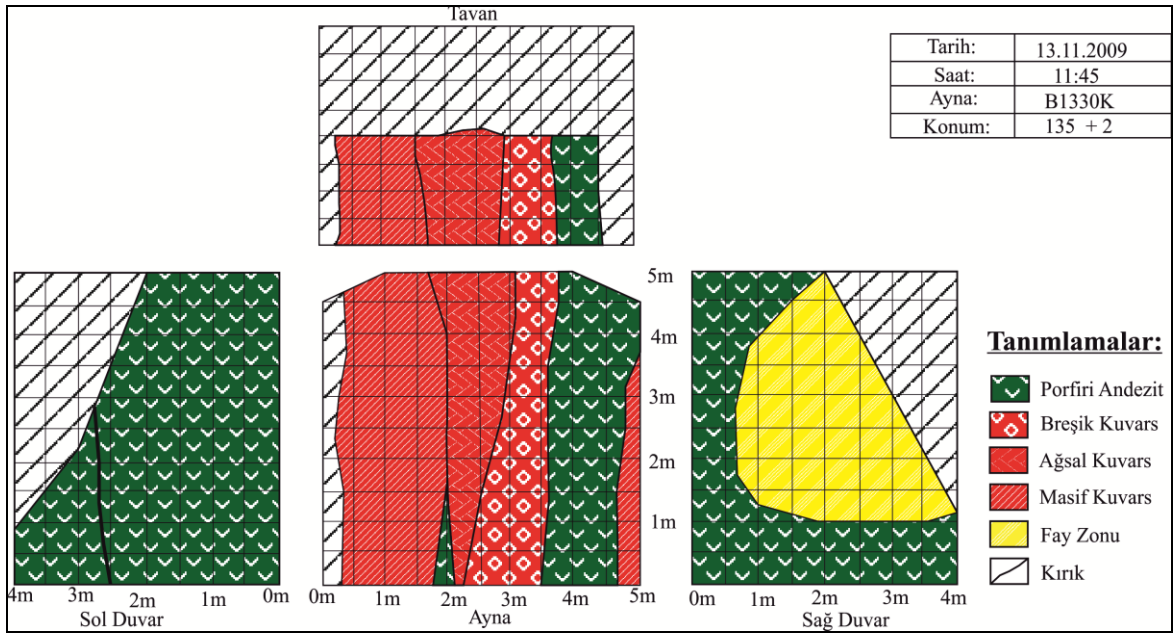
B1330K numaralı üretim galerisinde B batı damarını, 1330 kot ve K ise kuzey yönünü belirtmektedir. Üretim galerilerinde kullanılan kuzey yönü coğrafik kuzey olmayıp, açık ocaktaki şev duvarının yönü kuzey olarak kabul edilmektedir. Bu şev duvarının coğrafik kuzey ile arasındaki açı 55° 'dir. Bu galerinin 137. metresinde ve 141. metresindeki aynaların haritaları yapılmıştır. Üretim galerileri porfiri andezit içerisinde açılmıştır. 137. metredeki galeri aynasında kesilen kuvars damarının duruşu $K64^{\circ}B$ doğrultulu, $80^{\circ}KD$ eğimlidir. Masif ve ağsal kuvars damarlarından oluşmaktadır. Damarın masif kısmı pirit, kalkopirit, galen sfalerit içermektedir.

Yan kayaca doğru kuvars damarları breşik özellik göstermektedir. Bu aynada damar zonunu genişliği 3,5m'dir. Aynanın sağ ve sol duvarları faylı olup, duvarlarda kırıklar mevcuttur. Bu kırıklar kil dolguludur (Şekil 3.18 ve 3.19). D1265K numaralı galeri 1265m kotunda açılmış olup 8. metresindeki ayna haritası yapılmıştır. Bu aynada masif ve ağsal kuvars damarları mevcuttur. Damarın masif kısımları pirit, kalkopirit, galen sfalerit içermektedir. $K60^{\circ}B$ doğrultulu, $80^{\circ}KD$ duruşlu olan kuvars damarlarının genişliği 1,5-4m arasında değişmektedir. Bu aynada kuvars damarları cevherleşme sonrası $K68^{\circ}B$ doğrultulu $25^{\circ}GB$ ya eğimli bir fay ile atıma uğramıştır. Bu fay da yine $K42^{\circ}D$ doğrultulu, $52^{\circ}KB$ ya eğimli bir fay ile kesilmiştir. Ayrıca bu damarda su akışı da mevcuttur. Oksitlenmeye bağlı olarak bu damarda sarımsı kahverengi renklerde limonitleşmeler de görülmektedir. Aynada çoğunlukla masif olarak gözlenen damar tavana doğru ağsal zona geçmektedir (Şekil 3.20 ve 3.21).

Porfiri andezitler içerisinde açılan B1340G numaralı üretim galerisinin 86. metresindeki aynada damar zonu, 4m genişliğinde olup tavana doğru daralmaktadır. $K60^{\circ}B$ doğrultulu, $72^{\circ}KD$ eğimli olan kuvars damarları, bu aynada sağ ve sol duvarlar porfiri andezitten oluşmaktadır (Şekil 3.22 ve 3.23).



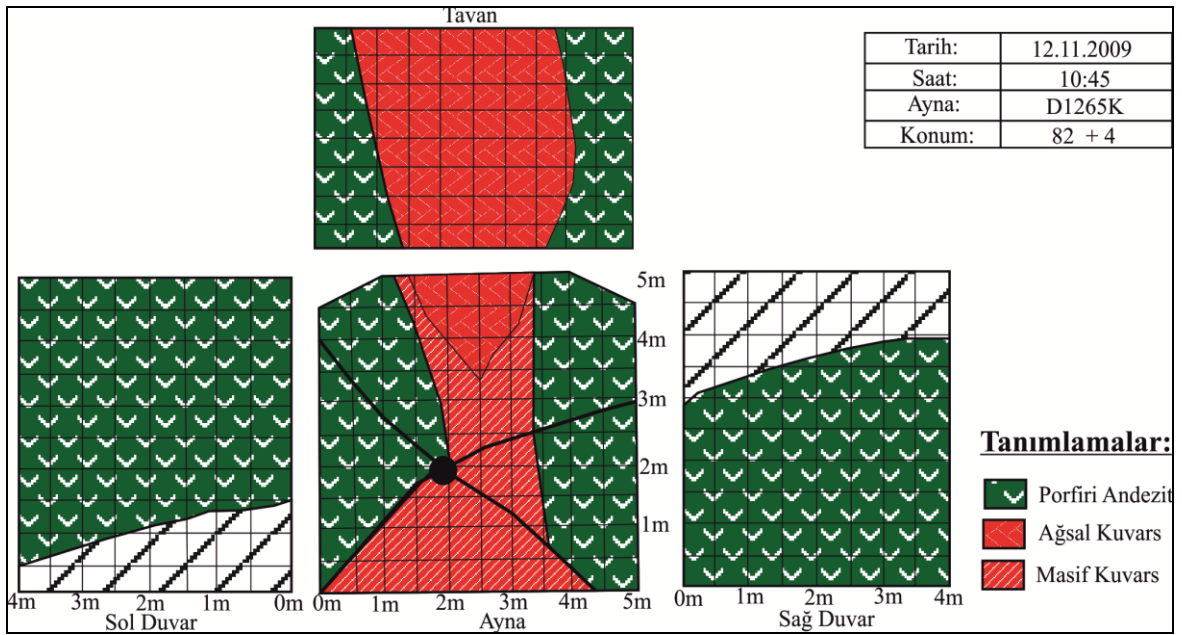
Şekil 3.18. a) B1330K numaralı üretim galerisinin 137. metresindeki aynanın görünümü. b) bu aynanın sağ duvarındaki fay zonunun görünümü.



Şekil 3.19. B1330K galerisinin 137. metresindeki aynanın jeoloji haritası.



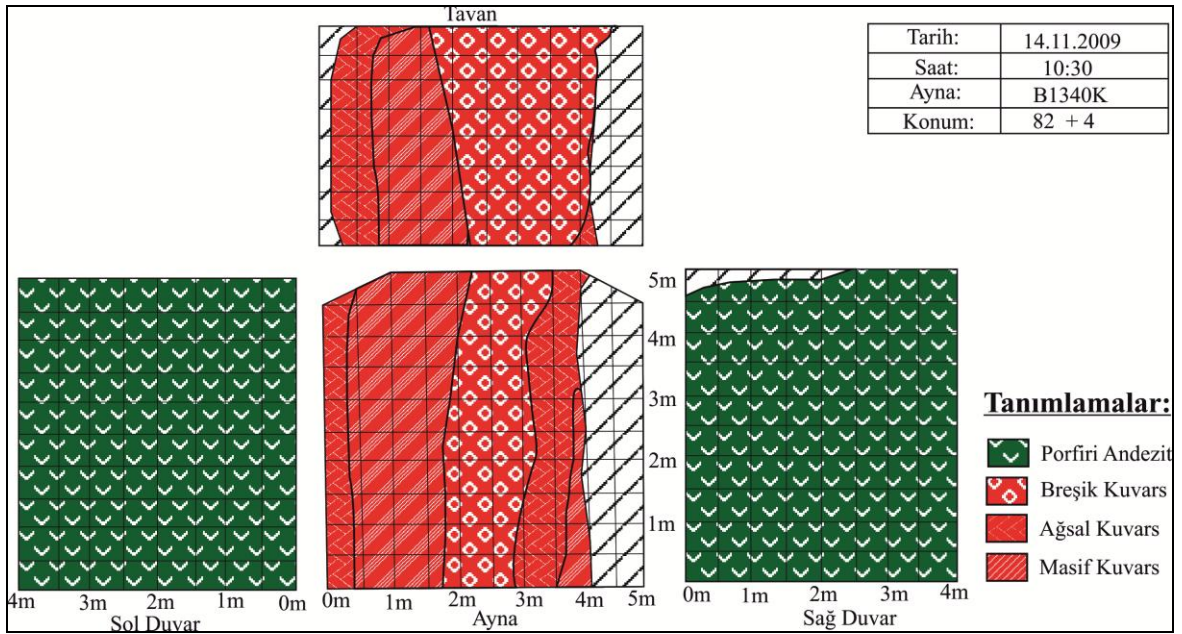
Şekil 3.20. D1265K numaralı üretim galerisinin 86. metresindeki aynanın görünümü.



Şekil 3.21. D1265K numaralı üretim galerisinin 86. metresindeki aynanın jeoloji haritası.



Şekil 3.22. B1340G numaralı üretim galerisinin 86. metresindeki aynanın görünümü.



Şekil 3.23. B1340G numaralı üretim galerisinin 86. metresindeki aynanın jeoloji haritası.

3.3.3. Kuvars Dokuları

Hidrotermal kökenli kuvars ve amorf silis dokuları için bir terminoloji önerisi ilk kez Adams (1920) tarafından yapılmıştır. Daha sonraki yıllarda Adams (1920)'in yapmış olduğu bu çalışmayı temel alan ve farklı ortamlarda kuvarsın özelliklerine dikkati çeken çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Spurr, 1926; Shaub,1934; White, 1943; Stillwell, 1950; Lovering, 1972; Boyle,1979; Sander ve Black,1988; Dowling ve Morrison, 1989; Saunders,1990).

Silis hidrotermal sistemlerde kuvars, kalsedon veya amorf silis olarak çökelir. Kuvars dokularının kökeni, hidrotermal sistem içerisinde kuvars, kalsedon ve amorf silisin davranış biçimiyle açıklanabilir. Hidrotermal çözeltilerde silisin davranışını kapsamlı bir şekilde açıklayan Fournier (1985a)'ya göre, kuvars, hidrotermal sistemde silisin en duraylı biçimidir.

Kuvars dokuları kökenlerine göre üç gruba ayrılmaktadır (Dong ve diğ. 1995): 1) Başlangıçtaki damar dolgusunu, silisin depolanmasını, büyümesini ve değişen morfolojisini yansıtan birincil büyüme dokuları. 2) Deformasyon, çözünme, hidrotermal breşleşme ve yeniden kristallenme gibi daha sonra gelişen olaylar sonucunda, önceden oluşmuş kuvars üzerindeki değişimleri yansıtan yeniden kristallenme dokuları. 3) silisleşme sırasında gerçekleşen olayları, kısmen veya tamamen damar içindeki silis minerallerinin diğer mineraller tarafından ornatılmasını yansıtan ornatım dokuları.

Çalışma alanında örnek alınan damarlar homojen bir yapı göstermemektedir. Farklı yapı ve doku özelliği gösteren silişleşmeler mevcuttur. Silişleşme genellikle amorf, kristalen kuvars ve kalsedonik kuvars biçimindedir. İncelenmek üzere alınan el örneklerinin dokusal özellikleri makroskobik ve mikroskobik olarak, Dong ve diğ. (1995) tarafından tanımlanan sınıflama esas alınarak belirlenmeye çalışılmıştır. Alternatif Türkçe adlamalar ve orijinal İngilizce doku adları da parantezler içinde verilmiştir.

Mastra altın yatağını oluşturan kuvars damarlarında belirlenen başlıca dokular şöyledir:

- 1) Birincil büyüme dokuları
 - a) Masif Doku (Massive Texture)
 - b) Boşluk Dolgusu (Cavity or Vug Fillings)
 - c) Tarak Dokusu (Comb Texture)
 - d) Bantlı Doku (Banded Texture)

- e) Kokart Dokusu (Cockade Texture)
- f) Breş Dolgusu
- 2) Yeniden kristallenme dokuları
 - a) Tüysü Doku (?)(Feathery Texture)
 - b) Mozaik Doku (Mosaic Texture)
 - c) Parlak Doku (?) (Flamboyant Texture)
 - d) Yelpaze (?) (Ghost-Sphere Texture)
- 3) Ornatım dokuları
 - a) Şeker Dokusu (Saccharoidal Texture)
 - b) Kafes Dokusu (Lattice-Bladed)

3.3.3.1. Birincil Büyüme Dokuları

Masif doku kuvars damarlarını temsil eden genel bir terimdir. Kuvarsın homojen bir görünüm sergilemesi halinde kullanılan bir isimdir. Genellikle beyaz renkli, değişken boyutlu ve cevher içeriği açısından kısır kuvarsı tanımlamak için kullanılır (Boyle, 1979). İnceleme alanında steril damarlarda en çok gözlenen doku türüdür. Görünümü süt kuvars şeklindedir (Şekil 3.24a).

Boşluklu doku kayaçların içinde kovuk ya da boşluk olarak nitelenen kesimlerde kendi içlerini kısmen veya tamamen dolduracak çözeltiler gelmeden çok veya hemen önce oluşan kesimler bulunabilmektedir. Epitermal sistemlerde çok yaygın olarak gözlenebilen bu tür oluşuklar çözeltilerin gelişim evreleriyle de çok yakından ilişkilidir. Kaynama boşlukların oluşumunu sağlayan hidrotermal olaylardan biridir. Bu boşluklar ilksel boşluklar olabildiği gibi tektonizma sırasında gelişebilen faylanma ve kırılanmalara bağlı boşluklar veya kayaçta çeşitli nedenlerle gelişen erime boşlukları da olabilir. Bu tür boşluklar değişken boyutlardadır. mm'den birkaç cm'ye kadar değişen ebatlarda olabilen boşluklu zonlarda sonradan büyüme dokuları son derece yoğundur. Mastra altın sahasında gelişen kuvars damarlarında bu yapı türü oldukça yaygındır. Daha çok damar sisteminin batı kesiminde yer alan ve yüzeyde mostra veren damarlarda, kaynamaya bağlı olarak oluşan boşluklu bu yapı türüne sıkça rastlanmaktadır. (Şekil 3.24b). Ayrıca galeri örneklerinde de bu tür boşluklu yapılar gözlenmiştir (Şekil 3.24c).

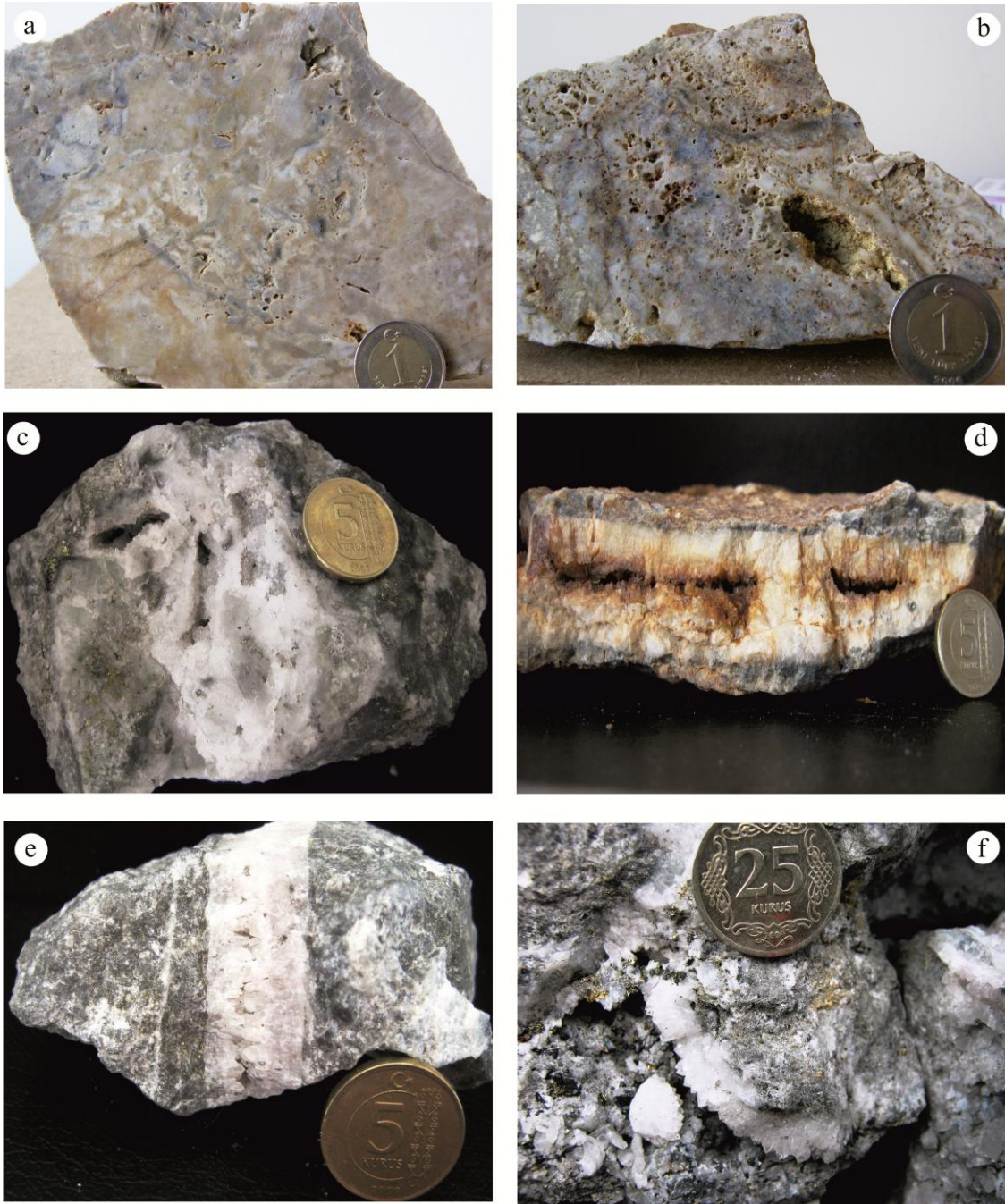
Tarak dokusu epitermal sistemlerde karakteristik olan doku türlerinden biridir. Bu doku özellikle damarlardaki boşluklu zonlarda bir büyüme yüzeyinden boşluk merkezine

doğru (dik olarak) büyüyen genellikle öz şekilli kuvars kristalleriyle karakteristiktir. Tarak dokuları hem çift taraflı (simetrik) hem de tek taraflı (asimetrik) olarak yüzeyleme vermektedir (Şekil 3.24d, e ve f). Taraklı yapılar, Mastra Au-Ag Yatağında ana fay sistemi boyunca yerleşmiş olan ve yüzeyde mostra veren damarların tümünde gözlenmiştir.

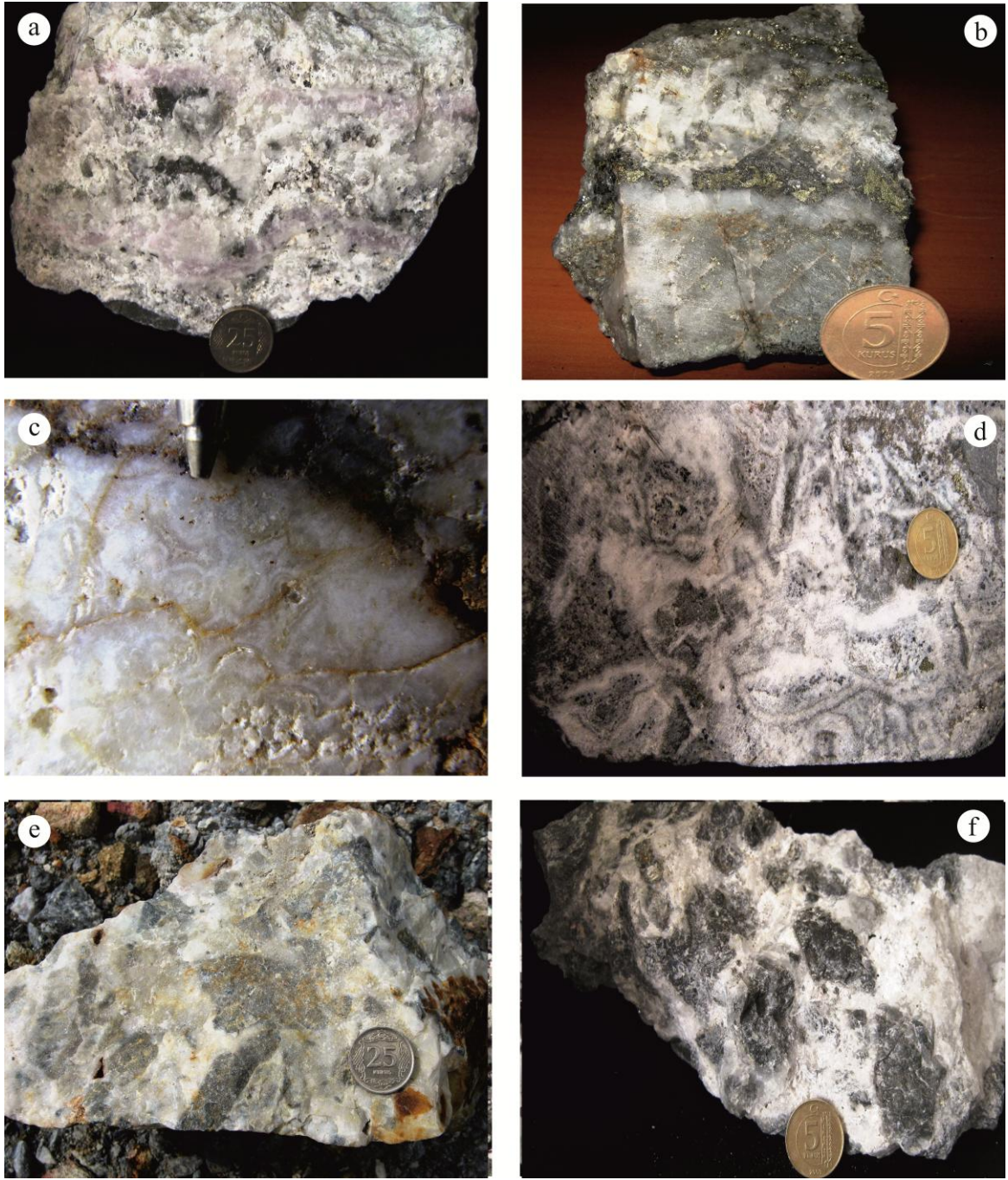
Bantlı doku daha çok cevherli zonlarda kuvars ile birlikte cevher minerallerinin üst üste sıralanması şeklinde ve süt kuvars ile ametistler arasında ardalanmalar şeklinde gözlenmektedir (Şekil 3.25a ve b). Morrison ve diğ., (1990) farklı bileşim veya dokudaki tekrarlanan bantların, kristallenme esnasında çözeltideki elementlerin değişken konsantrasyonlarına ve değişen akışkan koşullarına bağlı olduğunu ifade etmektedir. Bu tür yapı Mastra'da nadiren gözlenmekte ve cevherli zonlarda yer almaktadır. Tekrarlanan farklı mineralojik bileşime sahip zonların varlığı çözelti kimyasındaki değişimi desteklemektedir.

Kokard (Rozet) dokusu ana kayaç parçalarının veya erken evrede oluşmuş kuvars parçalarının etrafını saran konsantrik bantlardan oluşur. Bu dokular inceleme alanı damarlarında sıkça izlenmektedir (Şekil 3.25c ve d). 0,5cm ile 5cm arasında değişen boyutlardaki dairesel şekilli kokard dokuları yüzeyde ve galerideki damarlarda görülmektedir.

Breş dolgusu ve/veya breşik doku tektonik olarak daha önce oluşmuş olan damarların parçalanması ve oluşan boşlukların, takip eden süreçlerde dolgulanması ile oluşan doku türüdür. Patlama ile boşluk oluşum süreci hidrotermal olarak da gelişmiş olabilir. Bu durumda kaynama olayı ile bir ilişki söz konusudur. Hidrotermal patlama breşleri/tektonik breşler, silisleşmiş kayaç ya da damara ait parçalar arasındaki boşlukların daha sonraki aşamalarda gelen kuvars ile dolgulanması ile oluşan bir dokusal özelliktir. Kayaç parçaları masif kuvars olabileceği gibi, ağsal kuvars damarları ile de örülü olabilir. Bu tür dokular inceleme alanında özellikle galeri içerisinde sıkça görülmektedir (Şekil 3.25e ve f). Mastra Au-Ag madeninde breş dolgusu türünde dokular daha çok damar sisteminin doğu ucunda mevcut olan damarlarda görülmektedir. Bu zonlarda breş dolgusu yanı sıra boşluklu ve taraklı yapılar da görülebilmektedir. Bu tür dokusal özellikleri barındıran temsili örneklerin kimyasal analizleri sonucunda, breşik/breş dolgusu dokuların 0.01ppm Au içerdiği görülmüştür.



Şekil 3.24. a) Maden sahasının batı kesiminde yer alan ve altın içermeyen kuvars damarında izlenen masif doku, b) damar sisteminin batı kesiminde, 2. profil hattının kestiği, yüzeyde mostra veren kuvars damarında görülen boşluklu yapı (Örnek No; YD1-4), c) yeraltında B1330K numaralı galeri aynasındaki kuvars damarında görülen boşluklu yapı, d) yüzeyde mostra veren ağsal kuvars damarlarında, karşılıklı kuvars büyümeleri ile oluşmuş simetrik tarak dokusu (6. profilde kesilen ağsal kuvars damarı), e) damar sisteminin doğu ucunda açılmış olan galeride, B1280G numaralı aynadaki kuvars damarında gelişmiş simetrik tarak dokusu, f) öz şekilli kuvars kristallerinden oluşan, asimetric olarak gelişmiş tarak dokusu (Örnek No; B1340G numaralı galeri aynası).



Şekil 3.25. a) B1280G numaralı galeri aynasındaki kuvars damarında, birbiri ardı sıra gelişerek bantlı yapıyı oluşturan kuvars ve ametistten oluşan damar örneği, b) B1330K numaralı galeri aynasındaki cevherli kuvars damarında, kuvars, kalkopirit, sfalerit şeklinde sıralı bantlar oluşturan cevherli damar örneği, c) yüzey damarında gözlenen kokard yapı (Örnek No; YD1-2), d) Galeride gözlenen kokard yapı (Örnek No; B1330K), e) ve f) Galeride gözlenen breş dolgusu yapıları.

3.3.3.2. Yeniden Kristallenme Dokuları

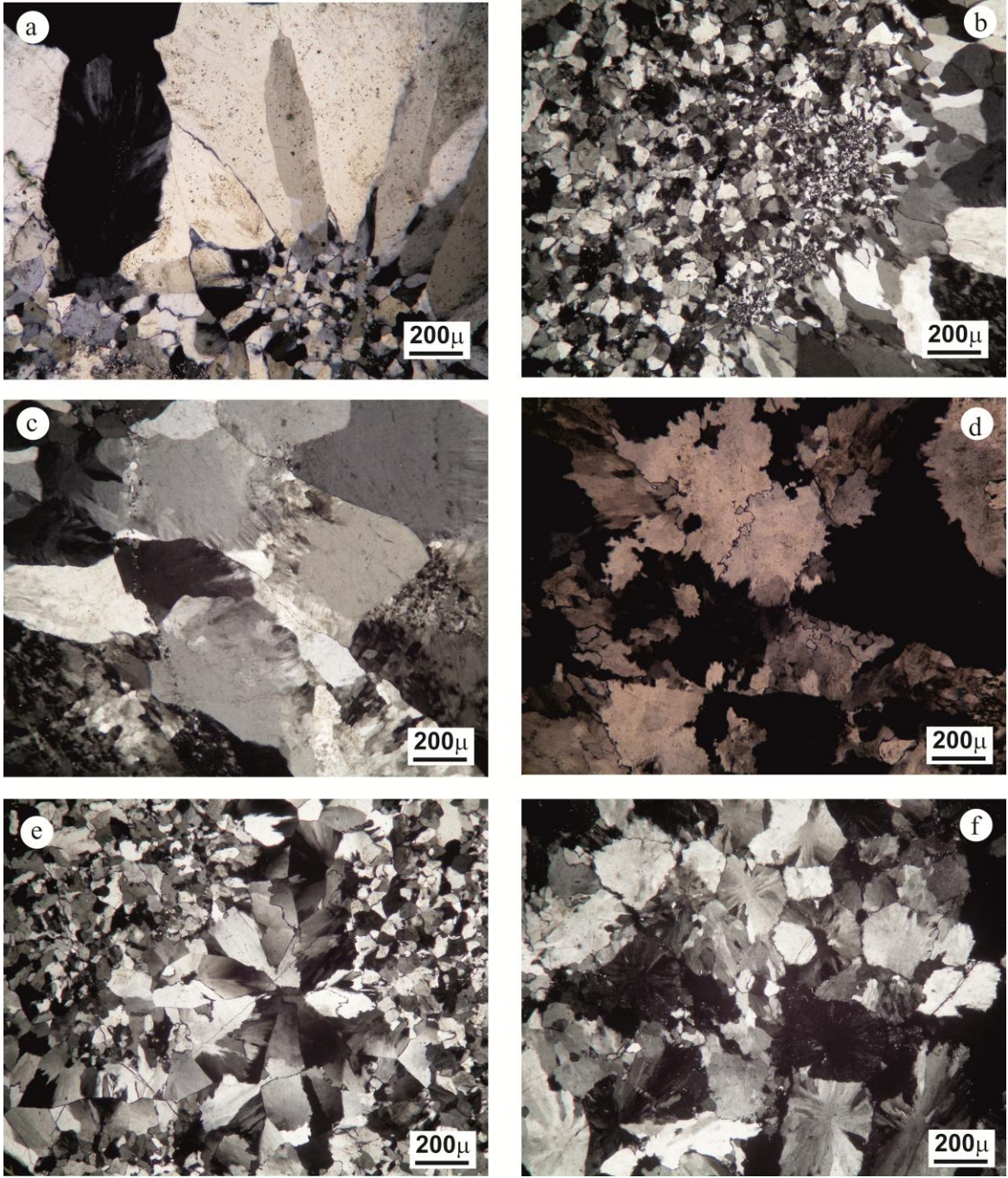
Yeniden kristallenme dokuları, deformasyon, çözünme, hidrotermal breşleşme ve yeniden kristallenme gibi kuvars damarları üzerinde daha sonra gelişen olaylar sonucunda önceden oluşmuş kuvars üzerindeki değişimleri yansıtır.

Tüysü Doku (Feathery texture) ilk olarak Adam (1920) tarafından kullanılmıştır. Feathery dokusuna benzer bir doku Sander ve Black (1988) tarafından plumose (tüysü) olarak isimlendirilmiştir. Bu doku mikroskop altında kuvars tanelerinin tüy gibi görünmesi nedeni ile bu ismi almıştır. Bu görüntü kuvars tanelerinin maksimum sönme durumundaki hafif optiksel farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Özellikle kalsedonik kuvarslarda görülen budoku türüne sahip kuvarslar iri kristaller halindedir (Şekil 3.26a, b ve c).

Mozaik doku (Mosaic texture)'da mikrokristalin ya da kristalin kuvars kristalleri, mikroskop altında, tıpkı bir testere ağzının kıvrımları gibi, tane sınırları iç içe geçmiş olarak görünür (Şekil 3.26d). Bu doku jaspoidlerde çok yaygın bir mikro doku olan testere ağzı (jigsaw) dokusuyla eşdeğerdir (Lovering, 1972). Ayrıca Saunders (1990), epitermal yataklarda bu dokunun varlığını kaydetmiştir. Mastra Au-Ag yatağında B1340G galerisinden alınan örneklerde bu doku türü görülmüştür.

Parlak doku (Flamboyant) Adams (1920) ile Sander ve Black (1988) tarafından tanımlanmıştır. Bu dokunun en temel özelliği mikroskop altında öz şekilli kuvars kristallerinin, sınırlarından merkezlerine doğru yayılan ışınlar (radial) biçimde belirgin bir sönme özelliği göstermesidir (Şekil 3.26e). Bu yönüyle tüysü dokuya benzemektedir. 2. Profilden alınan YD1-2 numaralı örnekte bu doku gözlenmiştir.

Yelpaze doku (Ghost-Sphere texture) genellikle mikrokristalin kuvarsların bulutumsu küreler gibi görünmesiyle karakteristiktir. Mikroskop altında, kuvars, kalsedon ve amorf silis gibi silis fazları içindeki küresel dağılımların sönme durumunda, optik farklılıklar nedeniyle bulutumsu bir görüntü vermesinden kaynaklanırlar (Şekil 3.26c ve f). Mastra Au-Ag yatağında B1330K galerisinden alınan örneklerde bu doku türü gözlenmiştir.



Şekil 3.26. a) Kalsedonik kuvarlarda görülen tüysü doku, b) ghost-sphere ve devamında gelişen tüysü doku, c) tüysü doku gösteren kuvarların giderek büyüyen kristalleri, d) mozaik doku, e) flamboyant doku, f) bulutumsu küreler şeklinde gelişmiş ghost-sphere doku.

3.3.3.3. Ornatım Dokuları

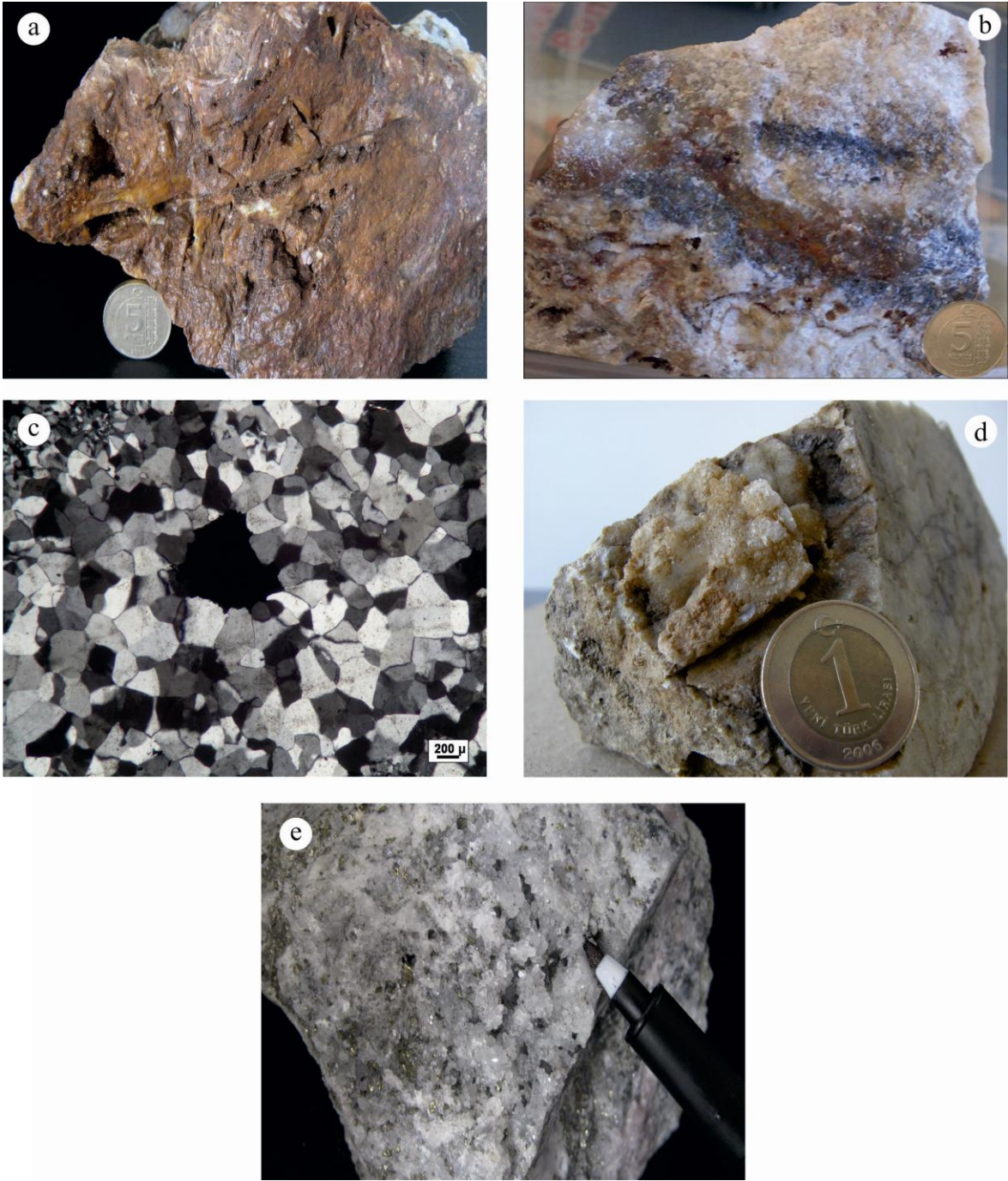
Değişen termodinamik koşullar, bazı minerallerin çözünmesine neden olurken, yerlerine yeni mineralin oluşumunu da tetikler. Bu durum, içi boş silis odacıkları şeklinde görülen farklı yapılar ortaya çıkartır. İnceleme alanında bazı örneklerde kafes ve şeker dokuları gibi ornatım özelliği ifade eden dokulara rastlanmıştır.

Kafes dokusu Lindgren (1899), Schrader (1912) ve Morgan (1925) tarafından tanımlanan, boşluklarda bir kafes görünümü veren, iç içe geçmiş kalsit latalarından oluşur.

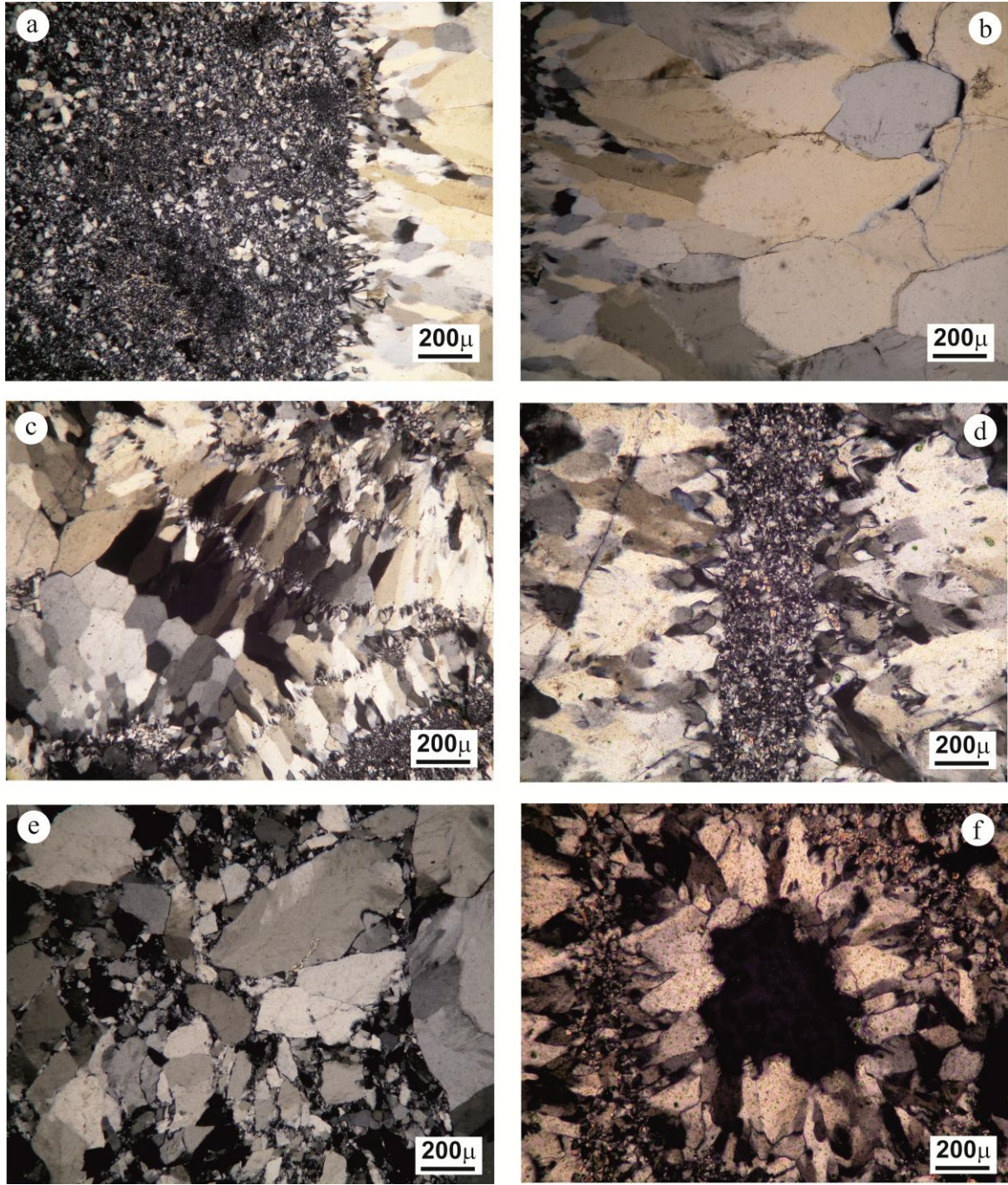
Bu yapraklar birbirlerine paralel, açılı ve dik yönlerde birlikte büyüme ile gelişir. İnceleme alanında bu doku türü çok iyi gelişmemiş olup sadece damar sisteminin batı ucunda yer alan damarda izlenmiştir (Şekil 3.27a). Bu doku türünün varlığı sistemde kaynamanın varlığına işaret etmektedir (Browne ve Ellis, 1970; Buchanan, 1981; Henley, 1985; Cunningham, 1985; Drummond ve Ohmoto, 1985; Henley ve Brown, 1985; Brown, 1986; Seward, 1989, 1991; White ve Hedenquist, 1990, 1995; Simmons ve Chistenson, 1994; Dong ve Morrisson, 1995; Hedenquist, 2000; Etoh ve diğ., 2002).

Şeker dokusu (Saccharoidal texture): Bu yapı el örneklerinde şeker taneleri gibi görünen, gevşek sıralanmış camsı kuvars kristallerinden oluşur (Şekil 3.27b). Mikroskop altında ise öz ve yarı öz şekilli kristaller halinde, öz şekilsiz daha küçük bir kuvars matriksi içinde görünür (Şekil 3.27c).

El örneklerinde izlenen üst üste kristallenmeler, amorf ve kristal kuvarsların birliktelikleri ve ornatım dokuları, farklı dönemlerde silis geldiğini kanıtlayan en önemli bulgulardır (Şekil 3.27d ve e). Mikroskobik incelemelerde ise kuvarsların çok ince kristallerden çok iri kristallere kadar değişen boyutlarda olduğu gözlenmiştir. Küçük kristaller ile iri kristallerin sınır ilişkilerine bakıldığında, birçok örnekte kristallenmenin ince kristallerle başlayıp iri kristallere geçiş yaptığı görülmüştür. Kuvarsların uzun eksenleri yönünde büyüdükleri izlenmiştir (Şekil 3.28a, b, c ve d). Ayrıca bazı örneklerde kuvarsların değişken boyutlu ve köşeli parçalardan oluşan breşik bir doku gösterdikleri de görülmektedir (Şekil 3.28e). Boşluklu yapılu kuvarslarda, boşluklara yakın kesimlerde kuvars kristallerinin iri kristaller halinde oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 3.28f).



Şekil 3.27. a) Damar sisteminin batı ucunda yer alan kuvars damarında gelişen kalsitlerde gözlenen kafes dokusu, b) yüzeyde mostra veren kuvars damarında gözlenen şeker dokusunun makroskobik görünümü (Örnek No: YD1-2), c) kuvars damarında görünen şeker dokusunun mikroskobik görünümü ve Şeker dokusu gösteren kuvars kristalleri arasında gözlenen opak mineral d) amorf ve kristal kuvarsın bir arada bulunduğu yüzey damarı, e) üst üste büyümelerin gözlemlendiği galeri örneği.



Şekil 3.28. a) Küçük kristallerle büyümeye başlayan kuvars kristalleri, b) bu kuvarsların devamında irileşen öz şekilsiz kuvars kristalleri, c) irileşen kuvars kristallerinin arasında gelişen kılcal kuvarslar, d) ince kuvars kristalleri etrafında sağlı sollu büyüyen iri kuvars kristalleri, e) değişken boyutlu kırılmış kuvars kristallerinin görünümü, f) boşluğa doğru büyüyen kuvars kristallerinin görünümü.

3.3.4. Mineral Parajenezi ve Dizinimi

Gümüşhane Mastra maden sahasında, altın cevherleşmesine ait mineral parajenezi, cevherleşme zonu ve çevresinden alınan, kayaç örnekleri üzerinde yapılan petrografi analizleri, cevher mikroskopisi analizleri ve XRD incelemelerinin birlikte değerlendirilmesiyle oluşturulmuştur. Tüm bu veriler ele alınarak, altın cevherleşmesine ait cevher, gang ve alterasyon mineralleri belirlenmiştir. Gümüşhane Mastra Au-Ag yatağının mineral dizinimi ve parajenezi Şekil 3.29'de verilmiştir.

Mineral	Faz	Hipojen			Süperjen
	I	II	III	IV	
Pirit	————	————	————		
Sfalerit	————	— .			
Kalkopirit	————	————			
Fahlers	————				
Galen	————	————			
Kuvars	————	————	————		
Au-Ag		————	-----		
Barit	————	————	————		
Kovellin-Kalkozin				————	
Dijenit				————	
Serüzit				————	
Malakit-Azurit				————	
Limonit				————	
Hematit				————	
Jips				————	
Kalsit	————	————	————		
Ankerit	————	————	————		
Adularya	————	————	————		
İllit		————	————		
Kaolen			————	————	
Smektit			————	————	

Şekil 3.29. Mastra Au-Ag cevherleşmesinin mineral parajenezi ve dizinimi.

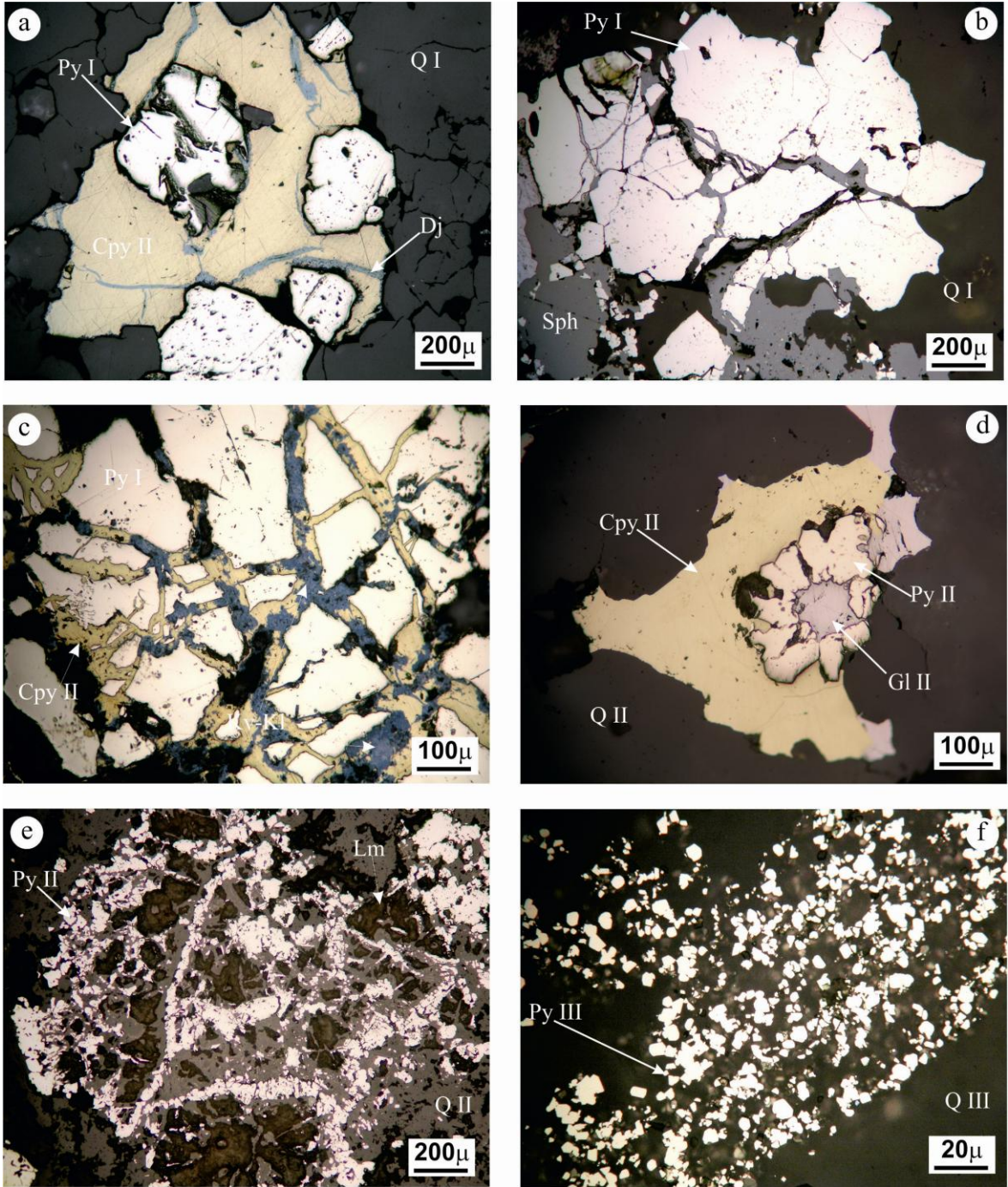
Arazi çalışmaları sırasında yüzeyden ve galeriden cevher damarlarını temsil edecek şekilde örnekler alınmıştır. Yüzeyden alınan örnekler ileri derecede bozunmuş olup genellikle sülfürlü mineraller yok olmuşlardır. Kuvars damarlarından alınan örneklerden hazırlanan parlak kesitlerin cevher mikroskobu ile yapılan incelemeleri sonucunda, hipojen evrede belirlenen başlıca mineraller, pirit, sfalerit, galen, fahlerz, kalkopirit ve altındır. Damarlarda süperjen evrede ise kovellin-kalkozin, dijenit, malakit, azurit, hematit ve limonit minerallerinin varlığı belirlenmiştir.

Gang mineralleri olarak da kuvarsın yanı sıra barit, serüzit, kalsit ve adularya bulunmaktadır. Şekil 3.29'de yer alan jips, kalsit, adularya, illit, kaolen, simektit, malakit ve azurit mineralleri ise XRD analizleri, petrografik ve makroskobik tayinlere dayanılarak ortaya konmuştur. Tüm bu minerallerin detaylı açıklaması aşağıda verilmiştir.

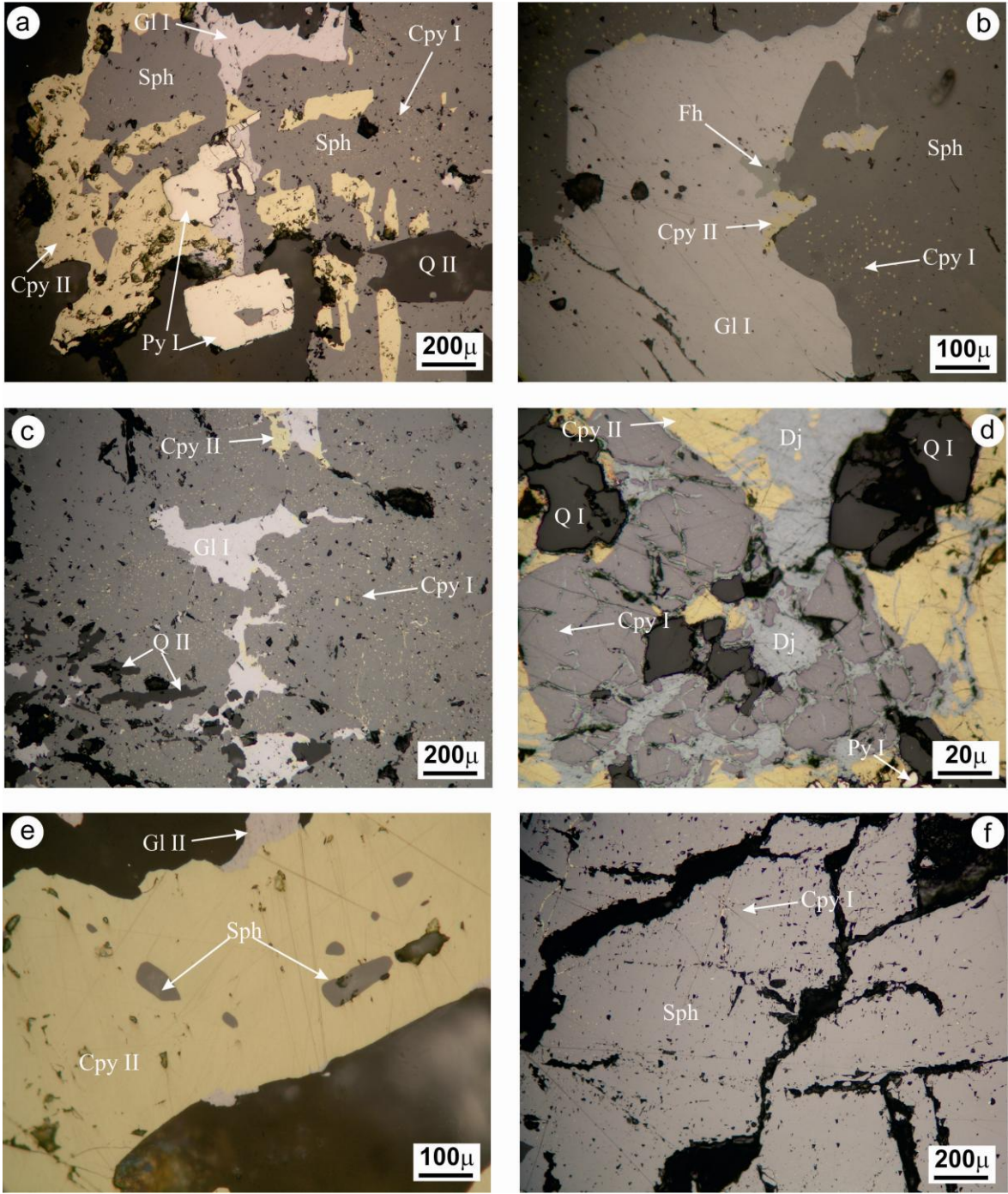
3.3.4.1. Birincil Mineraller

Pirit, Mastra Au madeninde yaygın olarak üç farklı tipte pirit minerali gözlenmektedir. Birinci tip piritler; öz ve yarı öz şekilli, iri kristaller şeklindedir. Bu tür piritlerin kuvarslar ve diğer sülfürlü minerallerce çevrelendiği ve kataklastik yapıda oldukları görülmektedir. Kataklastik yapıda olan piritlerin aralarını sfalerit, kalkopirit, kovellin ve kalkozin doldurmaktadır (Şekil 3.30a, b ve c). II. tip piritler; diğer cevher mineralleri tarafından ornatılmışlardır. Bu piritler daha çok ornatım atığı olarak görülmekte ve sülfürlü mineraller tarafından genellikle kademeli olarak ornatılmaktadır (Şekil 3.30d). Bazı örneklerde ise piritlerin kuvars tarafından ornatılması ile iskelet dokusu gelişmiştir (Şekil 3.30e). 3. tip piritler ise; genellikle gang içinde çok küçük boyutlu, kısmen yuvarlaklaşmış yığılımlar şeklinde gözlenir (Şekil 3.30f). Tüm bu veriler doğrultusunda pirit oluşumun cevher oluşum aşamasında mineral fazlarında ilk fazdan itibaren oluşmaya başladığı ve kendinden sonra oluşan mineraller tarafından ornatıldığı belirlenmiştir.

Birincil cevher minerali olarak izlenen sfalerit, kendinden önce oluşan piriti ornatmaktadır (Şekil 3.30b, 3.31a). Cevherleşmede genellikle öz şekilsiz olarak yalnızca ilk fazda gözlenmektedir. Galen, fahlerz, kalkopirit, dijenit ve kuvars tarafından ornatılan sfalerit, ayrılımlar halinde kalkopirit taneleri içermektedir (Şekil 3.31a, b, c, d ve e). Sfalerit, kalkopirit içerisinde yuvarlak veya elips (porfiroblastlar) şeklinde kapanım olarak da görülmektedir (Şekil 3.31e). Ayrıca bu sfaleritlerde kataklastik yapıya da rastlanılmaktadır (Şekil 3.31f).



Şekil 3.30. a) Öz şekilli piritlerin kalkopirit tarafından çevrenmesi ve kalkopirit içerisindeki dijenit damarları, b) yarı öz şekilli kırılmış piritlerin boşluklarını dolduran sfaleritler, c) kataklastik doku gösteren yarı öz şekilli piritlerin arasını dolduran kalkopirit ve kalkopiritin ayrışması ile oluşan kovellin ve kalkozin minerali, d) öz şekilli piritin galen ve kalkopirit tarafından kademeli ornatımı, e) piritlerin kuvars tarafından ornatılması sonucu gelişen iskelet dokusu, f) kuvars tarafından taşınan öz ve yarı öz şekilli kısmen yuvarlaklaşmış küçük boyutlu piritler (Py; pirit, Sph; sfalerit, Q; kuvars, Cpy; kalkopirit, Gl; galen, Lm; limonit, Kv-Kl; kovellin-kalkozin, Dj; dijenit).



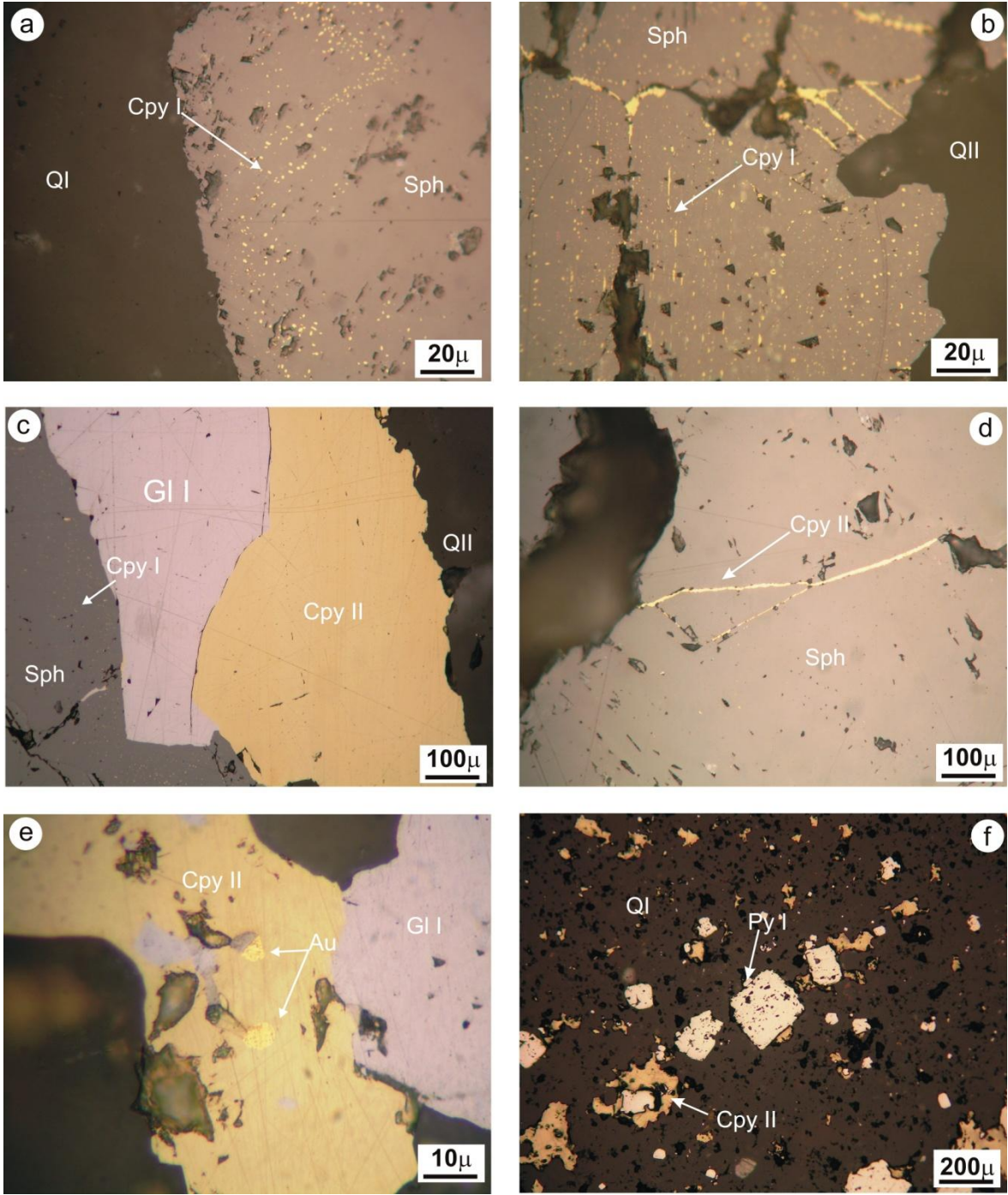
Şekil 3.31. a) Kalkopirit ayrımları içeren sfaleritin, ilk faza ait öz şekilli iri piritleri ornatması ve ayrıca sfaleritlerin galen I, kalkopirit-II ve kuvars-II tarafından ornatımı, b) kenar kısımlarında kalkopirit yığılımları olan sfaleritin, fahlerz, galen-I ve kalkopirit-II tarafından ornatımı, c) gelişmiş güzel kalkopirit ayrımları içeren sfaleritin, galen-I, kalkopirit-II ve kuvars-II tarafından ornatımı, d) kalkopirit-I ile eş yaşlı olan sfaleritin kalkopirit-II ve dijenit tarafından ornatımı, e) kalkopirit-II içerisinde porfiroblastlar halindeki sfalerit kapanımları, f) sfaleritlerde görülen kataklastik yapı (Py; pirit, Sph; sfalerit, Q; kuvars, Cpy; kalkopirit, Gl; galen, Dj; dijenit, Fh; Fahlerz).

Kalkopiritler oluşum bakımından, diğer minerallerle olan sınır ilişkilerine göre iki farklı evrede oluşmuşlardır (Kalkopirit-I ve Kalkopirit-II). Kalkopirit-I'ler, sfaleritler içerisinde düzensiz olarak dağılmış küçük kapanımlar (ayrılım dokusu) şeklinde görülürken (Şekil 3.31a, b ve c), sfaleritlerin kenar kesimlerinde yığılım şeklinde oluşumları da yaygındır (Şekil 3.31b, 3.32a ve c). Bu kalkopiritler bazen, sfaleritlerin kristalografik hatları boyunca dizilmişlerdir (Şekil 3.32b).

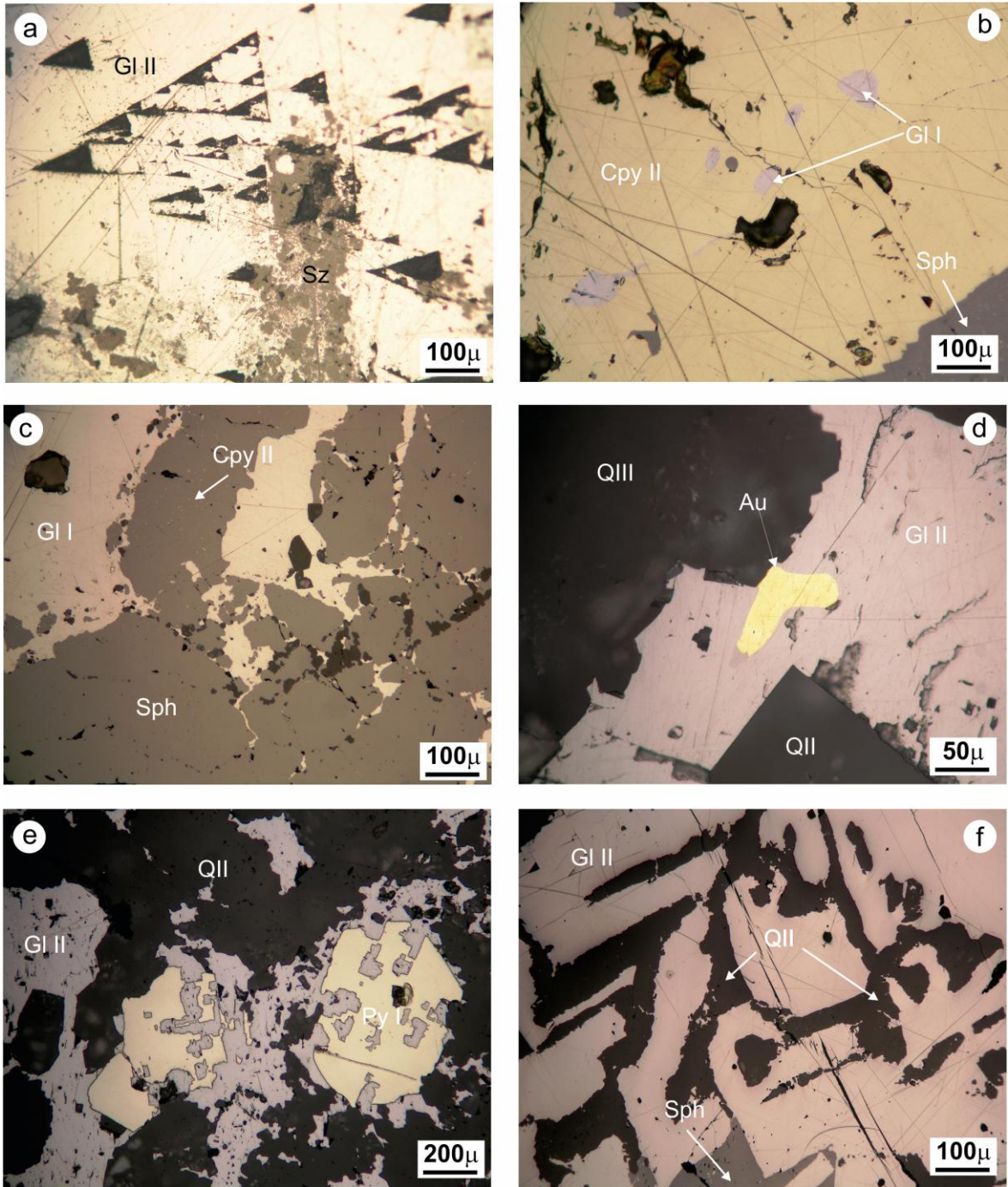
Kalkopirit-II ise öz şekilsiz olup, kendinden önce oluşan mineralleri kuşatmaktadır (Şekil 3.30a, d, 3.31a ve d). 2. mineral oluşum fazına ait kalkopiritler, galen ve sfalerit ile bazı yerlerde düzgün sınırlar oluşturmaktadır (Şekil 3.32c). Bazı yerlerde ise sfaleritler içinde ince damarlar şeklinde de görülmektedirler (Şekil 3.32d). İkinci fazda gelişen kalkopiritlerde kısmen yuvarlak şekilli altın minerallerine rastlanmaktadır (Şekil 3.32e).

Kalkopirit-II'ler, yer yer öz ve yarı öz şekilli piritler ile birlikte kuvars gangı içerisinde dağılmış olarak bulunurlar (Şekil 3.32f). Kalkopirit-II'lerde, sık sık kırıkları ve kenar kısımları boyunca kovellin/kalkozine ve dijenite dönüşümler mevcuttur (Şekil 3.30a ve Şekil 3.31 d).

Galen inceleme alanındaki cevherleşmede en yoğun olarak gözlenen ana cevher minerallerinden biridir. Cevher mikroskobisi incelemelerinde, genellikle öz şekilsiz büyük kristaller şeklinde gözlenmektedir. Galenler, üç yönde gelişmiş dilinimleriyle ilişkili olarak kendine özgü üçgen yapılar gösterirler (Şekil 3.33a). Bazı yerlerde kalkopirit içerisinde porfiroblastlar şeklinde görülürken (Şekil 3.33b), bazı yerlerde ise pirit, sfalerit ve kalkopirit-II'yi ornatır biçimde gözlenmektedir (Şekil 3.30d, 3.31e, 3.33c, e ve f). Bu durum galenin iki ayrı fazda oluştuğuna işaret etmektedir. 2. fazda oluşan galenler (Galen-II), tüm mineralleri ornatmış olup, altın dahil önceki mineralleri kapanım olarak içermektedir (Şekil 3.33d). Ayrıca bazı örneklerde galenin kalkopirit-II ile düzgün dokanak oluşturduğu gözlenmiştir. Bu durum galenlerin kalkopiritler ile eş yaşlı olduğuna işaret etmektedir (Şekil 3.32c ve e). Bu durum galen-II ve kalkopirit-II'nin eş yaşlı olduğuna ve kalkopirit-II içindeki galen kapanımlarının ilk fazın galeni (Galen-I) olduğunu göstermektedir. Galenler öz şekilli piritleri ornatarak yazı dokusunu oluşturmuştur. Ayrıca kuvars da galenleri ornatarak yazı dokusunu oluşturmaktadır (Şekil 3.33e ve f). Galen kırık ve çatlakları ile dilinim kenarları boyunca, oksidasyon safhasının etkisiyle ileri derecede ayrışma minerallerine dönüşmektedir. Özellikle kenar kısımları boyunca serüzite dönüşme yaygındır (Şekil 3.33a). Serüzitin yanısıra, galenin sınırları boyunca dijenit oluşumları da meydana gelmiştir.



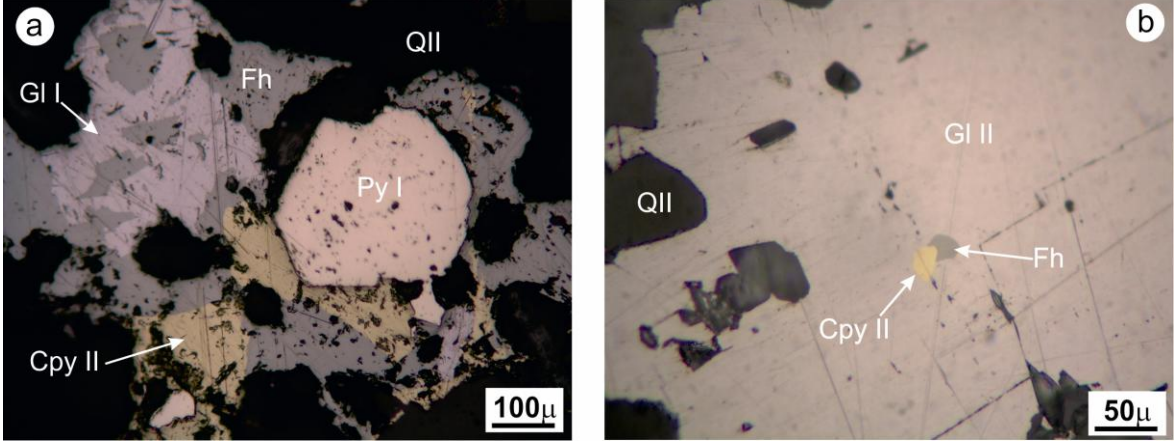
Şekil 3.32. a) Sfaleritin kenar kısımlarında yığılım gösteren kalkopirit I kapanımları (ayrılım dokusu), b) sfaleritin kristalografik eksenleri boyunca aynı yönde dizilim gösteren Kalkopirit I kapanımları, c) sfalerit, galen ve kalkopirit-II'nin düzgün sınırlar oluşturarak büyümesi, d) sfaleritin içine yerleşen ince kalkopirit-II damarı, e) kalkopirit-II içerisindeki yuvarlak şekilli altın taneleri ve kalkopirit-II nin galeni ornatımı, f) Kuvars içinde dağınık halde bulunan kalkopirit-II ve pirit-I (Gl; galen, Cpy; kalkopirit, Py; pirit, Q; kuvars, Sph; sfalerit, Au; altın).



Şekil 3.33. a) Galenlere özgü olan üçgen yapılar, b) kalkopirit-II içerisinde bulunan ve ilk mineral oluşum fazına ait galen porfiroblastları, c) ilk faza ait galenin sfaleriti ornatımı, d) galen içerisindeki altın tanesi, e) galenin öz şekilli piritleri ornatması sonucu oluşan yazı dokusu, f) kuvarşın galeni ornatması sonucu oluşan yazı dokusu (Sph; sfalerit, Cpy; kalkopirit, Py; pirit, Gl; galen, Q; kuvars, Sz; serüzit, Au; altın).

İncelenen parlatma bloklarında fahlerz, yeşilimsi gri renge sahip olup, orta derecede refleksiyon göstermektedir. İlk cevher oluşum fazında oluşan fahlerz aynı fazda oluşan

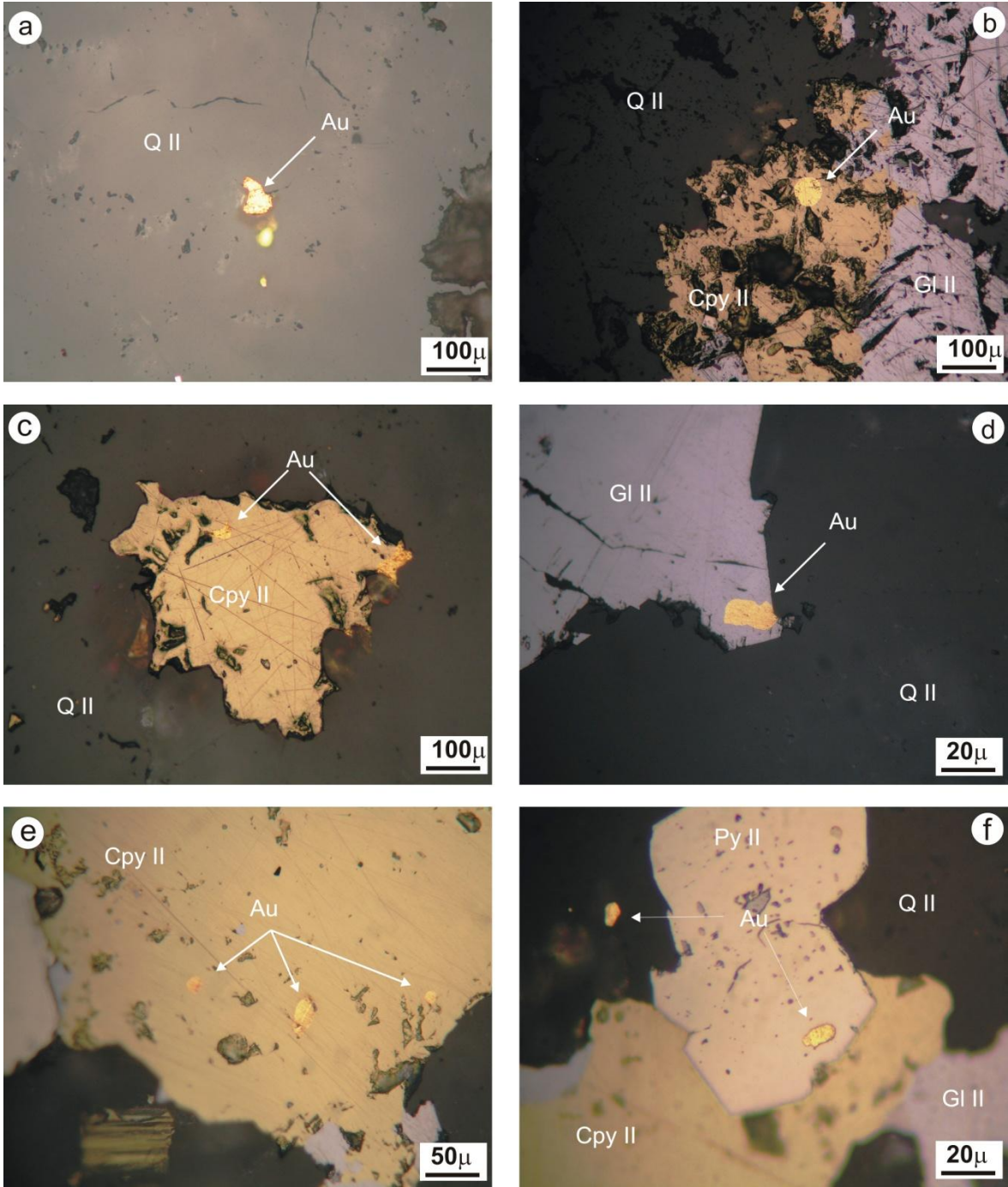
diğer sülfidler genellikle ornatarak yerleşmiştir. Kesitlerde öz şekilli piritlerin etrafını sarma eğilimi gösterir (Şekil 3.34a). Pirit ve sfaleriti ornattığı, kalkopirit-II ve galen-II tarafından ise ornatıldığı gözlenmiştir (Şekil 3.31b, 3.34a ve b). Fahlerz ayrıca galen içerisinde küçük boyutlarda kapanımlar halinde de izlenmektedir (Şekil 3.31b).



Şekil 3.34. a) Piriti ornatan fahlerzin, ilk fazın galeni ve ikinci fazın kalkopiriti tarafından ornatımı, b) ikinci fazda oluşan galenin içerisinde kapanım halinde bulunan fahlerz ve onu ornatan kalkopirit-II (Gl; galen, Py; pirit, Cpy; kalkopirit, Fh; fahlerz, Q; kuvars).

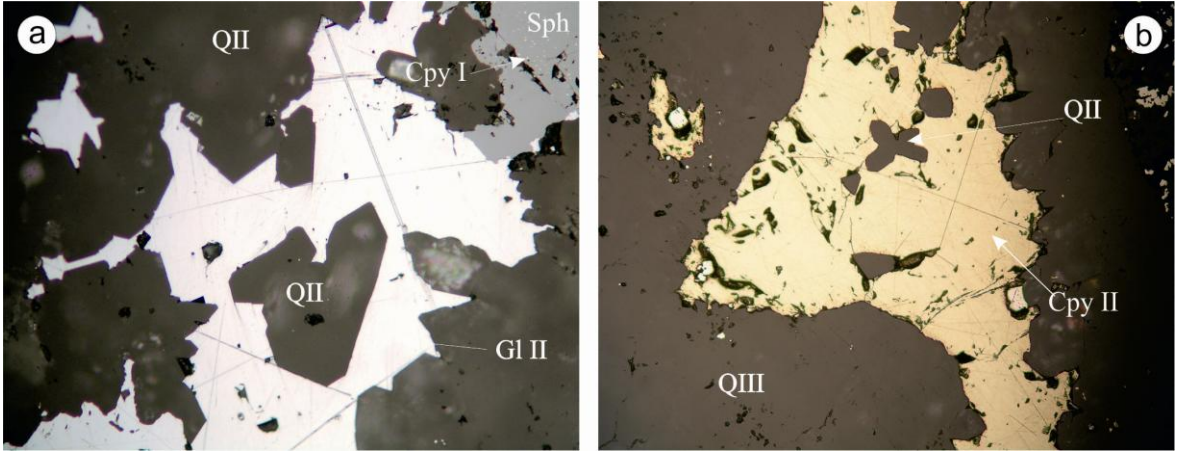
Altın cevherleşmeyle ilişkili olarak ikinci fazdan itibaren oluştuğu ve muhtemelen üçüncü fazda da silis getirimine eşlik ettiği düşünülmektedir. Genel olarak gang içerisinde kuvarsla birlikte görülen altının boyutları 2 mikron ila 90 mikron arasında değişmektedir.

Altın sarımsı renklere yüksek yansıma rengiyle, kalkopirit, galen ve pirit içerisinde kolaylıkla ayırt edilmektedir. Altın bu mineraller içerisinde genellikle yuvarlak ya da elips şeklinde gelişmiştir. Kuvars gangi içerisinde ise dağınık halde özşekilsiz olarak bulunmaktadır (Şekil 3.32e, 3.33d, 3.35a, b, c, d, e ve f). İncelenen parlak kesit örneklerinde, ilk mineral oluşum fazında meydana gelen sfalerit ve fahlerz minerallerinde altına rastlanmamıştır. Buradan hareketle, altının özellikle II ve III. cevher oluşum fazlarında oluştuğunu söylemek mümkündür.



Şekil 3.35. a) Kuvars içindeki altın taneleri, b) kalkopirit içinde bulunan dairesel şekilli altın tanesi, c) kalkopiritin kenar kısmında ve içerisinde yer alan altın tanesi, d) galen içerisinde bulunan altın tanesi, e) kalkopirit içerisinde elips şeklindeki küçük boyutlu altın taneleri, f) pirit ve kuvars içerisinde bulunan altın taneleri (Cpy; kalkopirit, Gl; galen, Py; pirit, Q; kuvars, Au; altın).

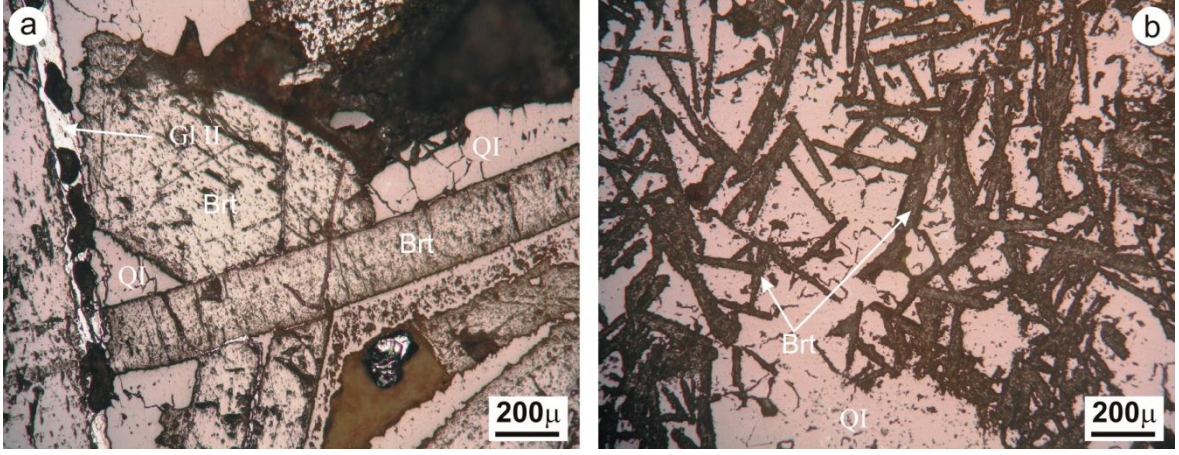
İnceleme alanında kırık hatları boyunca, hidrotermal çözelti getirimine bağlı olarak gelişen kuvars çökelinin 3 ayrı fazda gerçekleştiği görülmüştür. İlk faza ait kuvarlarla birlikte cevher mineralleri de çökelmiştir. Bu kuvarlar öz şekilsizdir ve genellikle tektonizmanın etkisiyle kırılmıştır (Şekil 3.30a, b, 3.31d ve 3.32f). II fazın kuvarları bir önceki fazın cevher minerallerini ornatmaktadır. Altın çoğunlukla bu kuvarlarda gözlenmektedir (Şekil 3.30b, c, 3.31a, c, 3.32b, c, 3.33d, e, f, 3.34a, b ve 3.35). öz şekilli olan kuvarların bazıları galen ve kalkopirit tarafından çevrelenmiştir (Şekil 3.36a ve b). III. Faza ait kuvarlar ise son cevher fazının piritlerini taşımıştır (Şekil 3.30d, 3.32d ve 3.36b).



Şekil 3.36. a) Galen içerisine yerleşmiş III. faza ait öz şekilli kuvars kristalleri, b) kalkopirit içerisine yerleşmiş olan III faza ait öz şekilli kuvars kristalleri (Cpy; kalkopirit, Gl; galen, Q; kuvars, Sph; sfalerit).

Barit cevher oluşumunun ilk fazından itibaren kuvars ile birlikte oluştuğu belirlenmiştir. Baritler bazen 3cm'ye kadar ulaşan uzun ve geniş kristaller şeklinde lifi dokuda gelişmişlerdir. Barit kristallerinin aralarını I fazın kuvarları ve galen doldurmaktadır (Şekil 3.37a).

Bazı yerlerde de bu kuvarlar barit kristallerini ornatmakta ve damarlar şeklinde kesmektedir. Ayrıca baritlerin boşluklarına II fazın kalkopiritleri yerleşmiştir. İncelenen parlak kesitlerde, iri barit kristallerinin yanı sıra, kısa ve ince kristaller halinde olan baritler de görülmektedir (Şekil 3.37b). Birbirlerini kesen barit kristallerinin varlığı, oluşumlarının farklı fazlarda oluştuğuna işaret etmektedir.



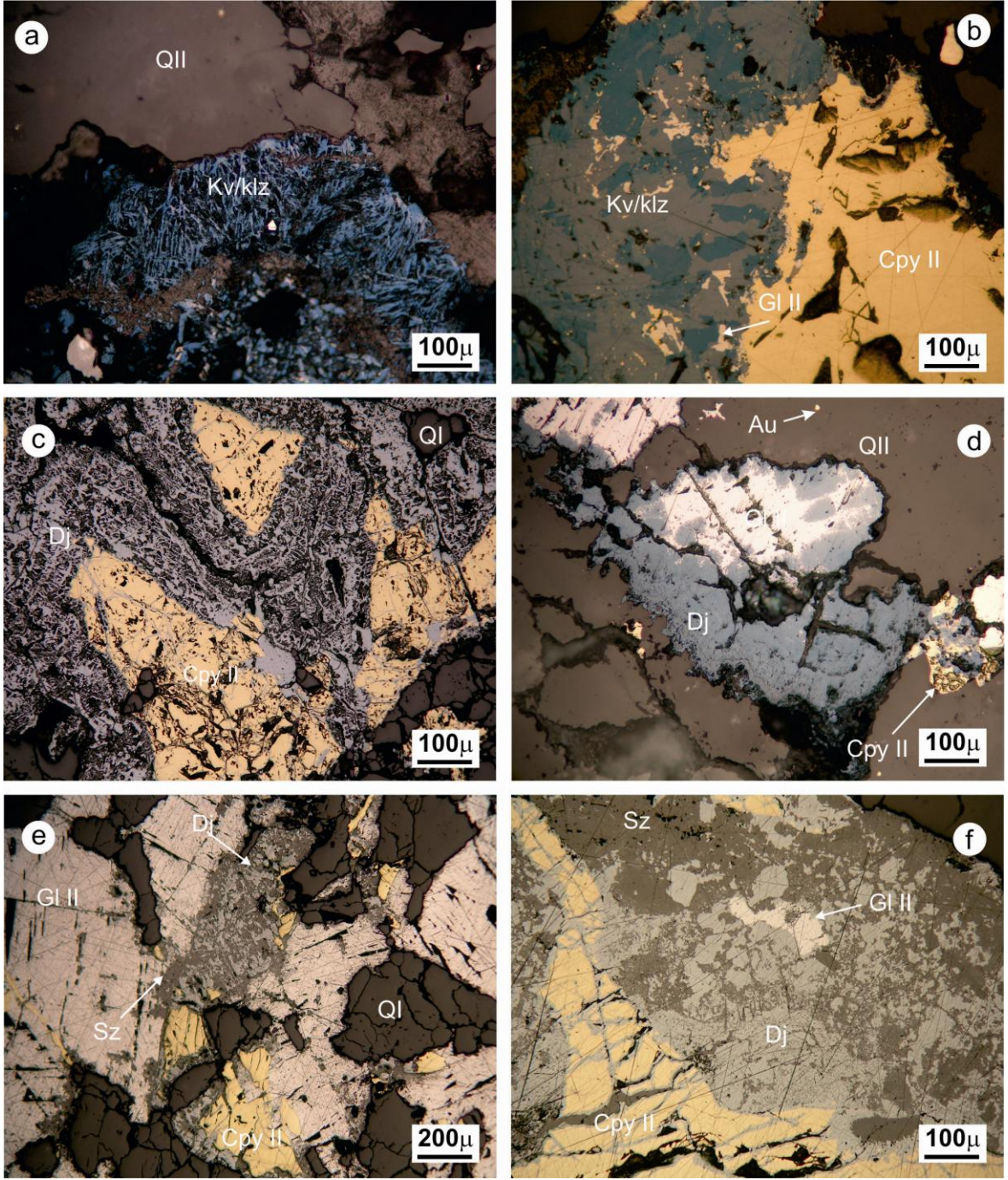
Şekil 3.37. a) Birbirini kesen iri barit kristalleri ve aralarını dolduran kuvars ile galen damarı, b) küçük boyutlu ve ince kristalli barit mineralleri ve aralarını dolduran kuvarlar (Brt; barit, Q; kuvars, Gl; galen).

3.3.4.2 İkincil Mineraller

Kovellin ve kalkozin oksidasyon koşullarında gang içerisinde ince çubuklar şeklinde, birlikte oluşmuştur. Ayrıca kalkopiritin içinde ve onun kenar sınırları boyunca izlenebilmektedir. Cevher Mikroskobu incelemelerinde kovellin, kalkozine göre daha yaygın olarak görülmektedir. Tek nikolde göz alıcı mavi rengi ve kuvvetli anizotropisi ile kovellin-kalkozin kolayca ayırt edilebilmektedir (Şekil 3.30a, 3.38a ve b).

Kenarlarından itibaren kalkopirit, sfalerit ve galeni, ornatmakta ve damarlar halinde bu minerallerin içerisine nüfuz etmektedir. Dijenitler, Kovellin ve kalkozine'e göre daha açık mavi renge sahiptir. İzotrop olan dijenit bu özelliği ile kovellin ve kalkozinden kolayca ayırt edilebilmektedir (Şekil 3.30a, 3.31d, 3.38c, d, e ve f).

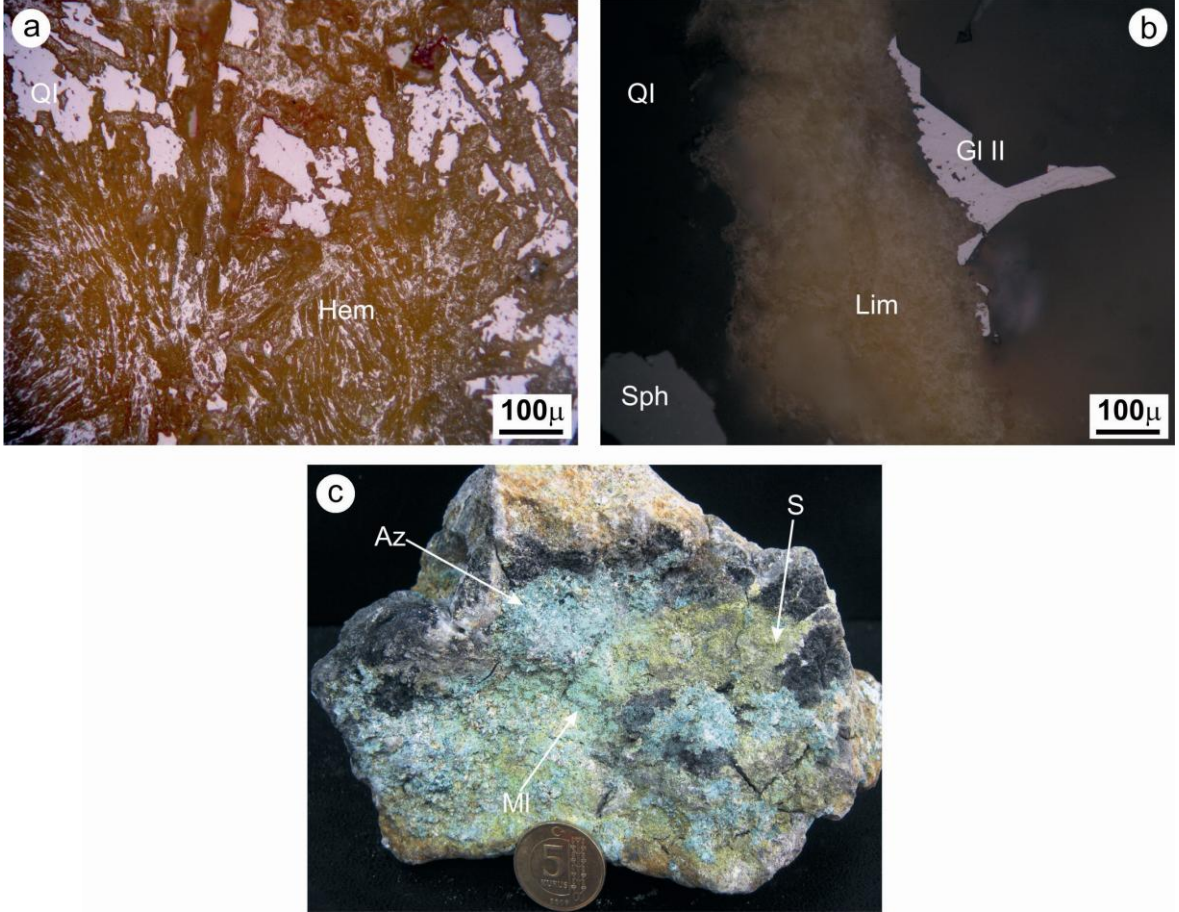
Oksidasyon şartlarında galenler büyük ölçüde serüzite dönüşmüştür (Şekil 3.33a ve 3.38e). Parlak kesitler üzerinde yapılan cevher mikroskobisi çalışmalarında, serüzit mineralinin, galenlerden itibaren oluştuğu ve galenlerin bir kısmının serüzitler içerisinde korunduğu gözlenmiştir (Şekil 3.38f). Yapılan incelemelerde, serüzitlerin genellikle dijenit ile birlikte bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 3.38e ve f).



Şekil 3.38. a) Kuvars gangı tarafından çevrelenmiş ince çubuklar halindeki beraber büyümüş kovellin ve kalkozinler, b) kalkopiritlerin kenarlarından itibaren birlikte oluşan kovellin ve kalkozinler, c) kalkopiritin kenarlarından itibaren gelişen dijenit ve kalkopiriti ornatımı, d) Dijenit mineralinin, kenarlarından itibaren galeni ve kalkopiriti ornatımı, e) galenlerin kenar kısımlarından itibaren ayrışması sonucu gelişen serüzit ve dijenit minerali, f) kalkopirit ve galeni ornatım serüzit ve dijenit minerali (Dj; dijenit, Sz; serüzit, Gl; galen, Cpy; kalkopirit, Q; kuvars, Au; altın, Kv/Klz; kovellin- Kalkozin).

Hematitler daha çok yüzeye yakın kuvars damarlarında yaygın olarak gözlenir. Kırmızı-turuncu iç yansıma rengi ile kolayca ayırt edilebilen hematitler kuvarsların aralarında gelişmiştir (Şekil 3.39a). Yüzeysel koşullarda oluşan limonit pirit ve kalkopiritin boşluklarında ve gang içerisinde sarımsı rengi ile kolayca ayırt edilir (Şekil 3.39b).

Malakit ve azurit minerali maden sahasından alınan cevherli örneklerde makroskobik olarak belirlenmiştir. Bu mineraller Cevher minerallerinin oluşumundan sonra yüzeysel ayrışmaya bağlı olarak, bakırlı minerallerin oksitlenmesi sonucu oluşan karbonat mineralleridir. Yeşil ve tonlarında renge sahip malakitler, mavi renkli azuritler ile iç içe bulunurlar. Malakit ve azuritin yoğun olduğu zonlarda, sülfürlü cevher minerallerinin ayrışması sonucu arta kalan sarı renkli kükürt oluşumları da yaygındır (Şekil 3.43c).

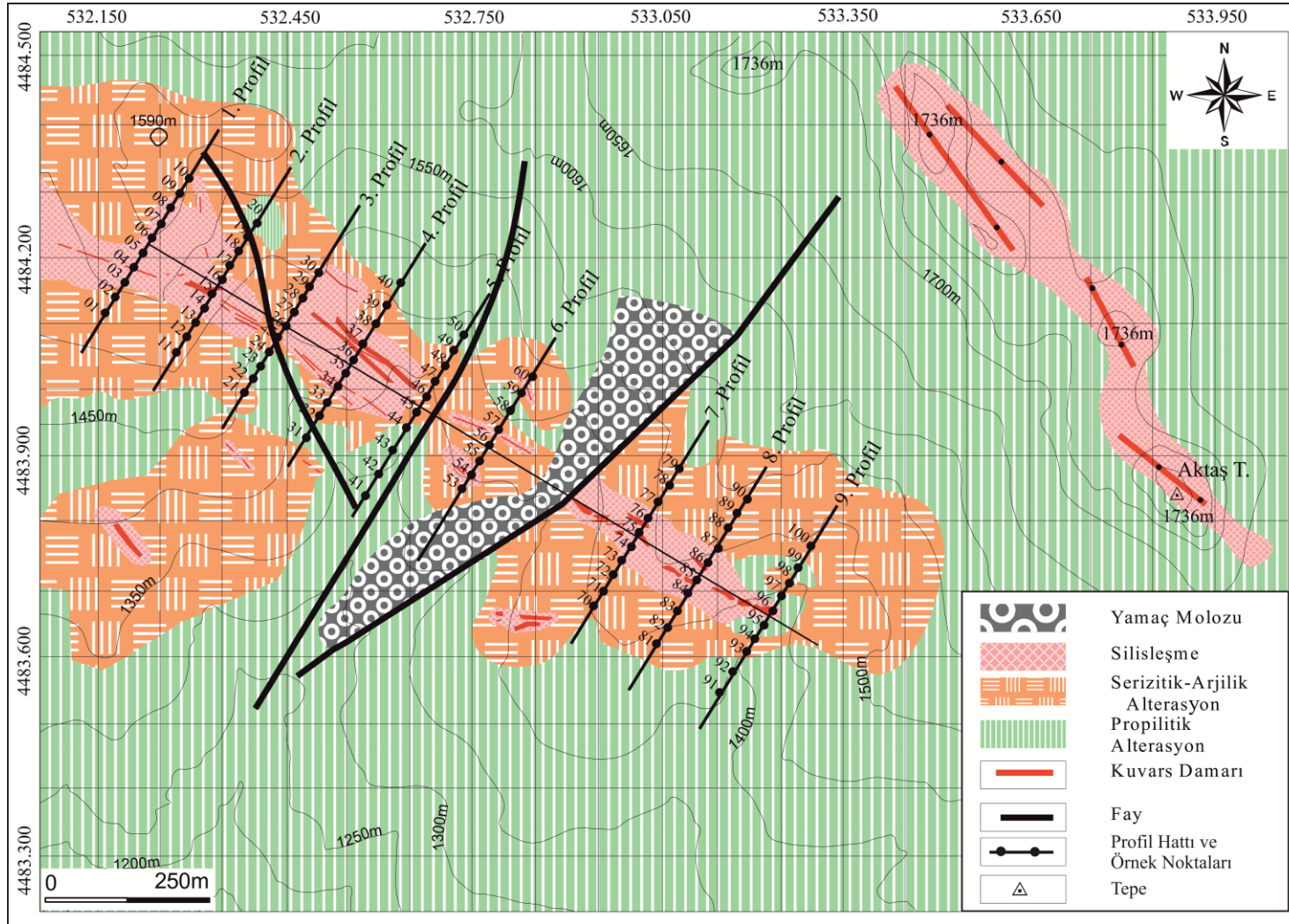


Şekil 3.39. a) Kırmızı-turuncu iç yansımaya sahip hematitler, b) kalkopiritin oksidasyonu sonucu gelişmiş limonit, c) yüzeysel bozuşmaya maruz kalan bakırlı cevher minerallerinin, karbonat mineralleri olan malakit ve azurite dönüşmesi ve ayrışma sonucu serbest kalan kükürtün çökelişi. (Hem; hematit, Q; kuvars, Lim; limonit, Sph; sfalerit, Gl; galen).

3.4. Hidrotermal Alterasyon

Mastra Au-Ag yatağında, başlıca Eosen yaşlı andezit ve piroklastitleri içerisinde, K50-70B doğrultulu ve 65-80°KD ya eğimli bir fay zonu içine yerleşen kuvars damarları etrafında, hidrotermal çözeltilerin neden olduğu geniş bir alterasyon zonu bulunmaktadır. Bu çalışmada alterasyon zonunun merkezinde bulunan kuvars damarlarından itibaren dış kesimlere doğru, hidrotermal alterasyonun nasıl bir değişime uğradığının ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla alterasyon zonunun merkezinde bulunan kuvars damarlarına dik yönde profil hatları belirlenerek belirli aralıklarla örnekleme yapılmıştır. Bu örneklerin makroskobik ve mikroskobik incelemeleri ile XRD analizleri sonucunda, inceleme alanındaki kayaçları etkileyen hidrotermal alterasyon türleri, mineral birliktelikleri ve bollukları dikkate alınarak belirlenmiştir. Buna göre kloritleşme, karbonatlaşma, epidotlaşma, serizitleşme, silisleşme ve killeşme belirlenen en yaygın alterasyon türleridir.

Bu alterasyon türlerinin gruplar halinde bulunmasıyla da alterasyon birliktelikleri oluşmuştur. Buna göre yapılan makroskobik, mikroskobik, XRD ve kimyasal analiz çalışmaları sonucunda Mastra Au-Ag madeni çevresinde bulunan alterasyon zonu içinde, en dış kesimden en iç kesime doğru sırasıyla a) propilitik alterasyon, b) arjilik alterasyon ve c) silisleşme özellikli zonlar oluşmuştur (Şekil 3.44). Propilitik zon kendi içinde en dışta kloritleşme-killeşme±karbonatlaşma, arjillik zona doğru gidildikçe karbonatlaşma-killeşme±kloritleşme şeklinde görülmektedir.



Şekil 3.40. Alterasyon zonlanmasını gösteren harita (1/2.500).

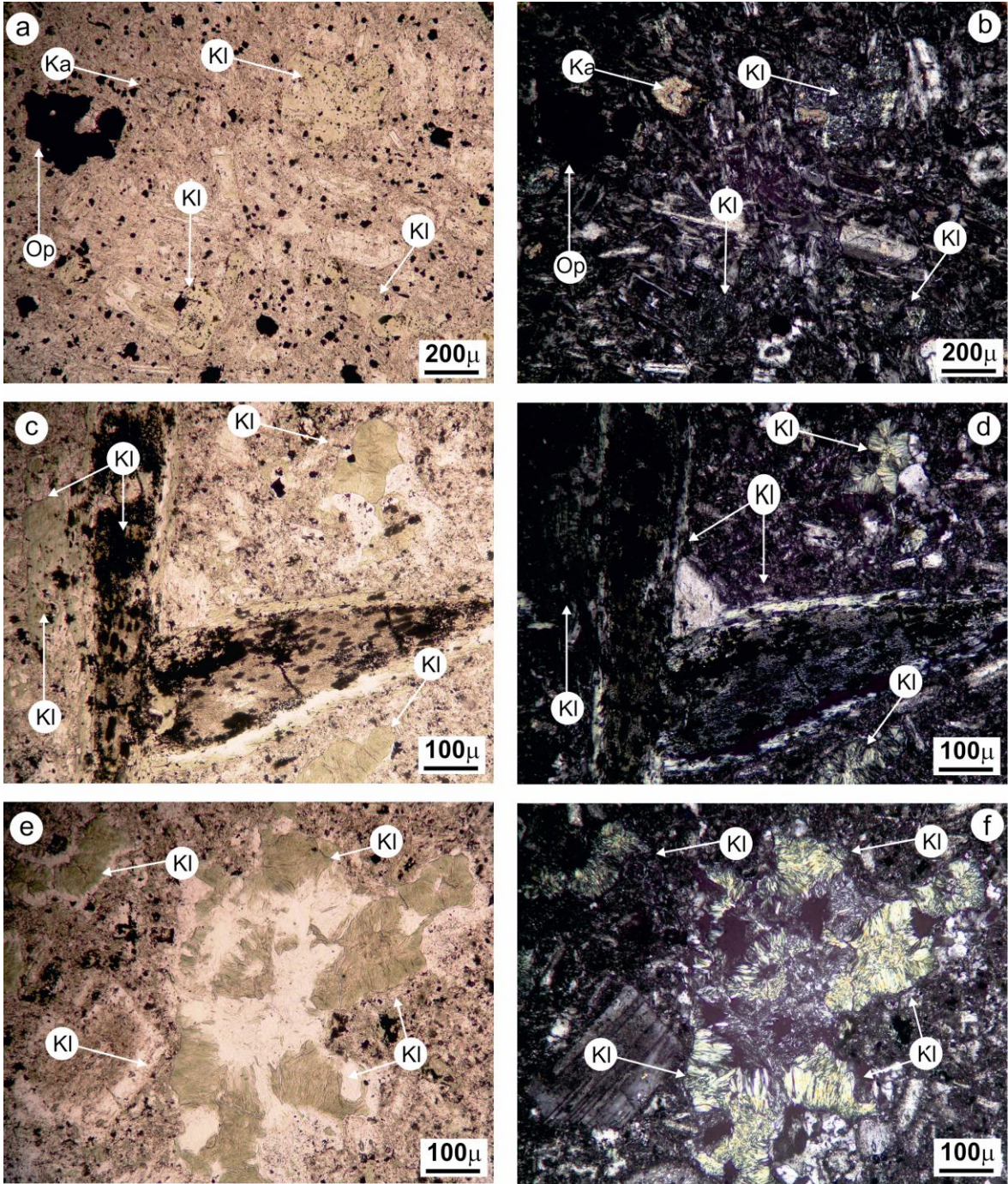
3.4.1. Kloritleşme

Kloritleşme inceleme alanında kuvars damarlarına göre alterasyon zonunun en dış kesimlerinde bulunmaktadır. Genel olarak arazide kahverengi-yeşil, bazen de gri renklerde görülmektedir (Şekil 3.41a). Kloritleşme, makroskobik olarak kayaca yeşil bir renk verir. Ancak kayacın ilksel dokusunda çok fazla bir değişim olmaz (Şekil 3.41b). Mikroskobik incelemelerde kloritler; plajiyoklas ve mafik minerallerin ayrışma ürünü olarak oluşmuştur (Şekil 3.42a, b, c ve d). Tek nikelde yeşil rengi ile kolayca tanınır (Şekil 3.42.a, c, e, 3.43a, c ve e). Çapraz nikelde kloritler yeşilimsi sarı renkleri ve sferülitik dokusuyla karakteristiktir (Şekil 3.42b, d, f, 3.43b, d ve f).

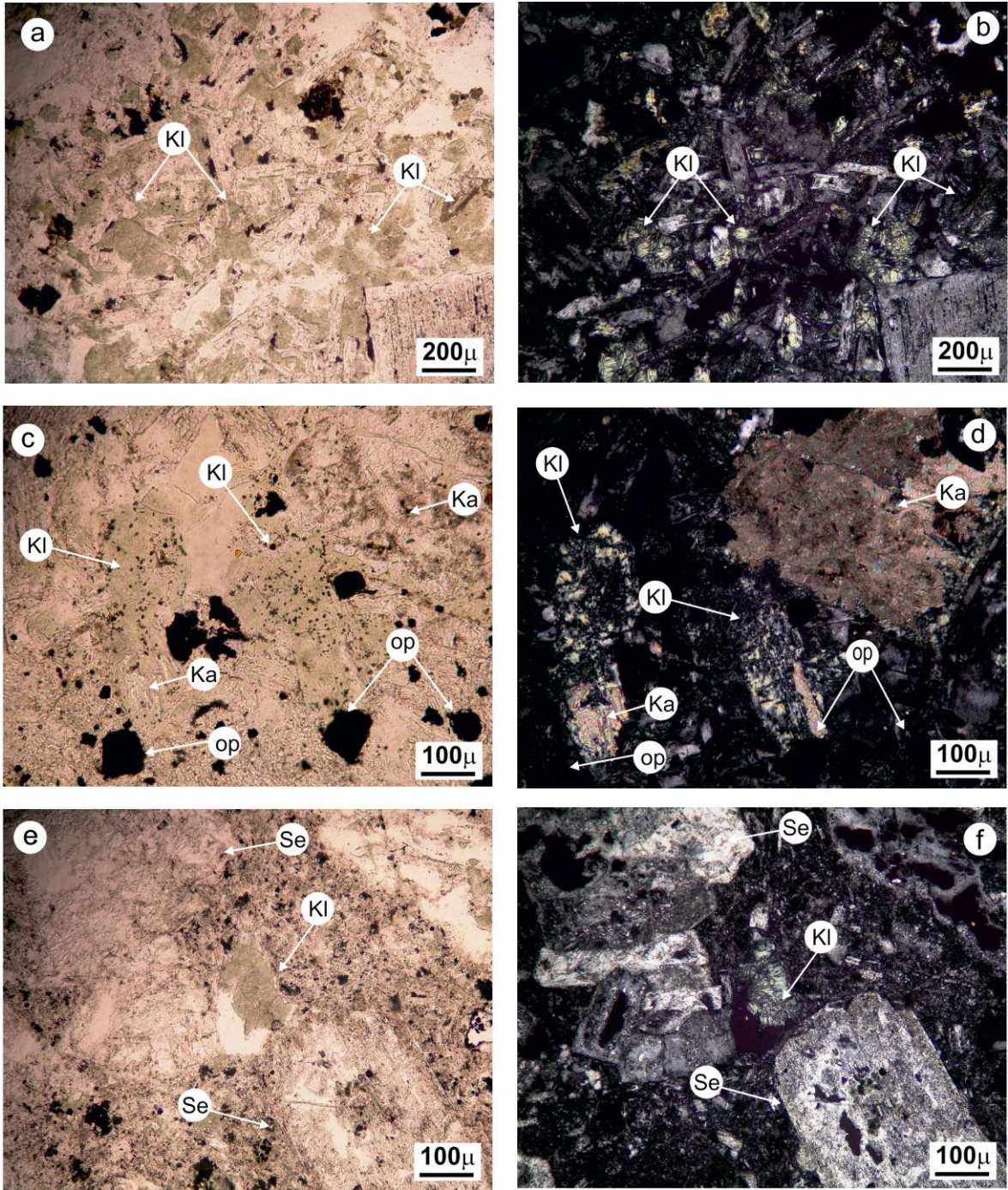


Şekil 3.41. a) Kloritleşmenin yaygın olduğu örneklerin arazideki görünümü, b) ilksel dokusunu kaybetmemiş kloritleşmiş porfiri andezitin makroskobik görünümü.

Ayrıca, mikrolitik- porfiritik doku gösteren kayalarda kloritlerin matriksten itibaren oluştuğu da görülmüştür (Şekil 3.42e,f, 3.43a ve b). Bu durumda matriksi oluşturan cam ve plajiyoklas gibi mineraller klorite dönüşmüştür. Mikroskobik gözlemlere dayanılarak hidrotermal alterasyon sonunda oluşan kloritlerin silisleşmiş örneklerde kırmızımsı-kahverengimsi renklerde oldukları ancak karbonatlaşma ve kloritleşme örneklerinde yeşil renkte olduğu gözlenmiştir. Silisleşmiş örneklere eşlik eden kahverengimsi kloritleşme muhtemelen bu zonda kloritlerin demir içeriğinin artmasından kaynaklanmaktadır. Kloritleşmiş örneklerin bazılarında az oranda karbonat (Şekil 3.42a, b, 3.43c ve d) ve serizit minerallerinin varlığı da tespit edilmiştir (Şekil 3.43e ve f). Ayrıca bu örneklerde opak minerallere de sıkça rastlanmıştır (Şekil 3.42a,b, 3.43c ve d).



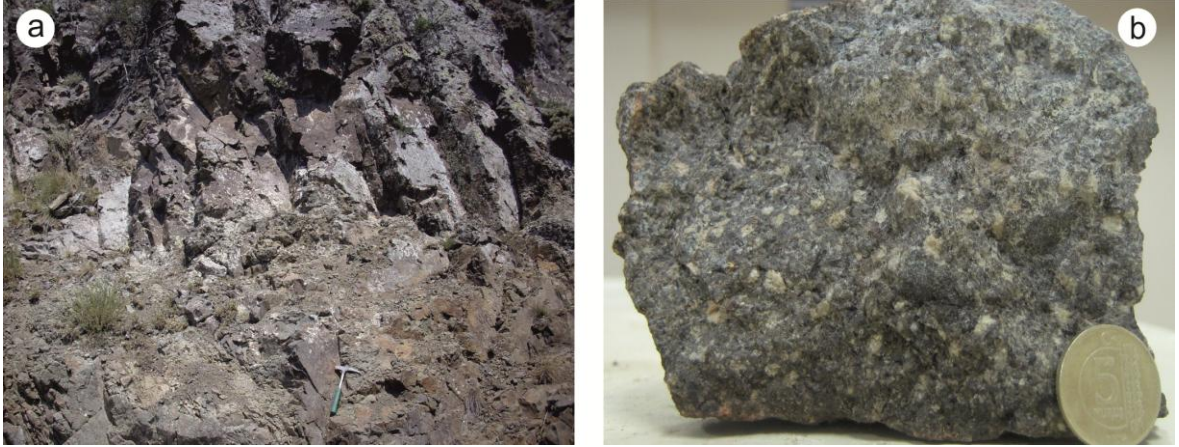
Şekil 3.42. Plajiyoklasların ayrışmasıyla oluşan kloritlerin a) tek ve b) çapraz nikol görünümü. Kenar kısımlarından itibaren kloritleşen mafik minerallerin c) tek ve d) çapraz nikol görünümü. yeşil rengi ile kolayca tanınan ve klorit için karekreristik olan sferülitik dokunun e) tek ve f) çapraz nikol görünümü (Kl; Kloritleşme, Ka; Karbonatlaşma, Op; Opak mineral).



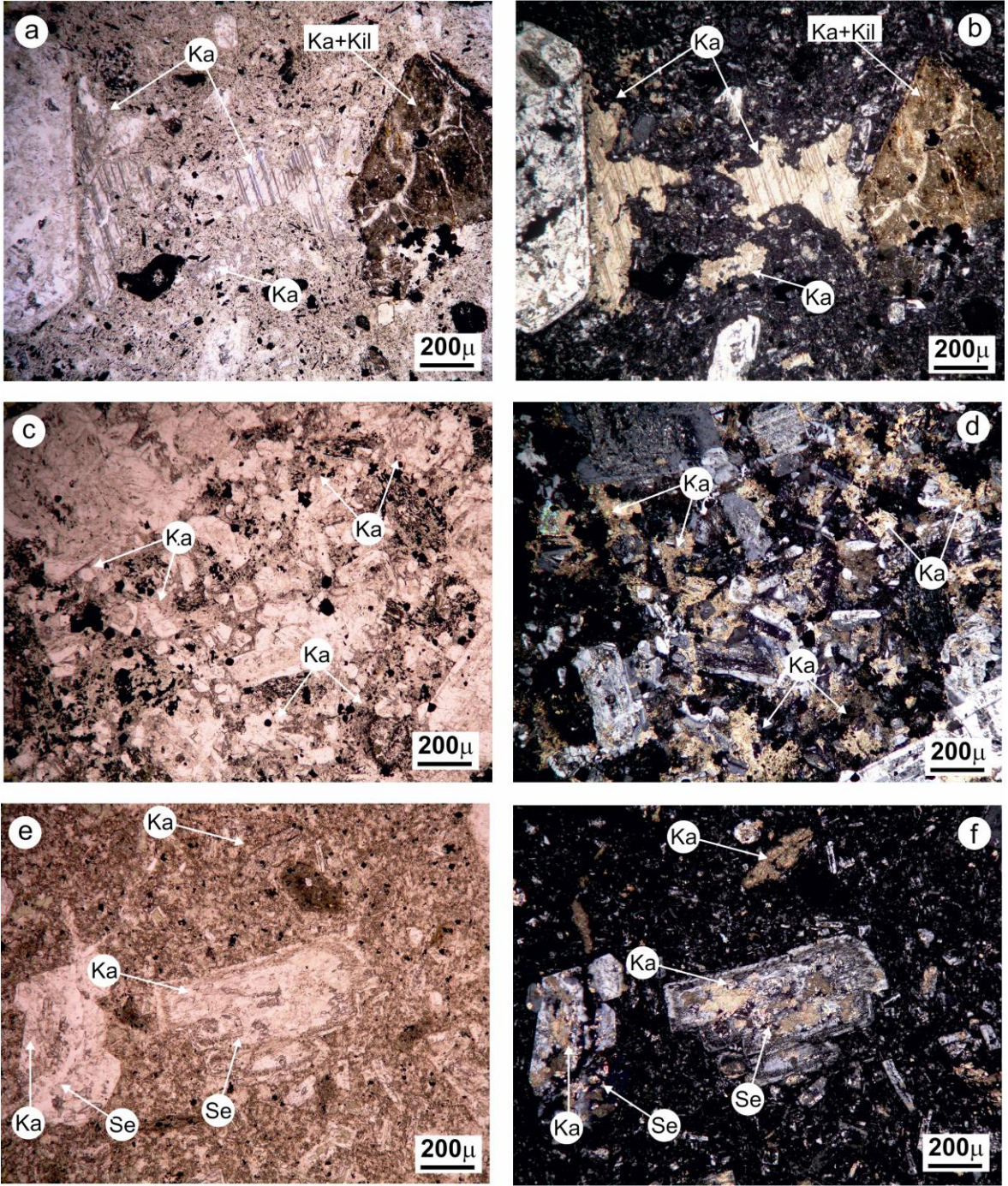
Şekil 3.43. Mikrolitik- porfiritik dokulu kayaçta matriksten itibaren gerçekleşen kloritleşmenin a) tek ve b) çapraz nikol görünümü. Kloritleşmiş örneklerde gözlenen opak mineraller ve kloritleşmeyle birlikte gelişen karbonatlaşmanın c) tek ve d) çapraz nikol görünümü. Mikrolitik-porfiritik doku gösteren andezitlerde kloritleşmeye eşlik eden serizitleşmiş plajiyoklas fenokristallerinin e) tek ve f) çapraz nikol görünümü (Kl; Kloritleşme, Ka; Karbonatlaşma, Op; Opak mineral, Se; Serizitleşme).

3.4.2. Karbonatlaşma

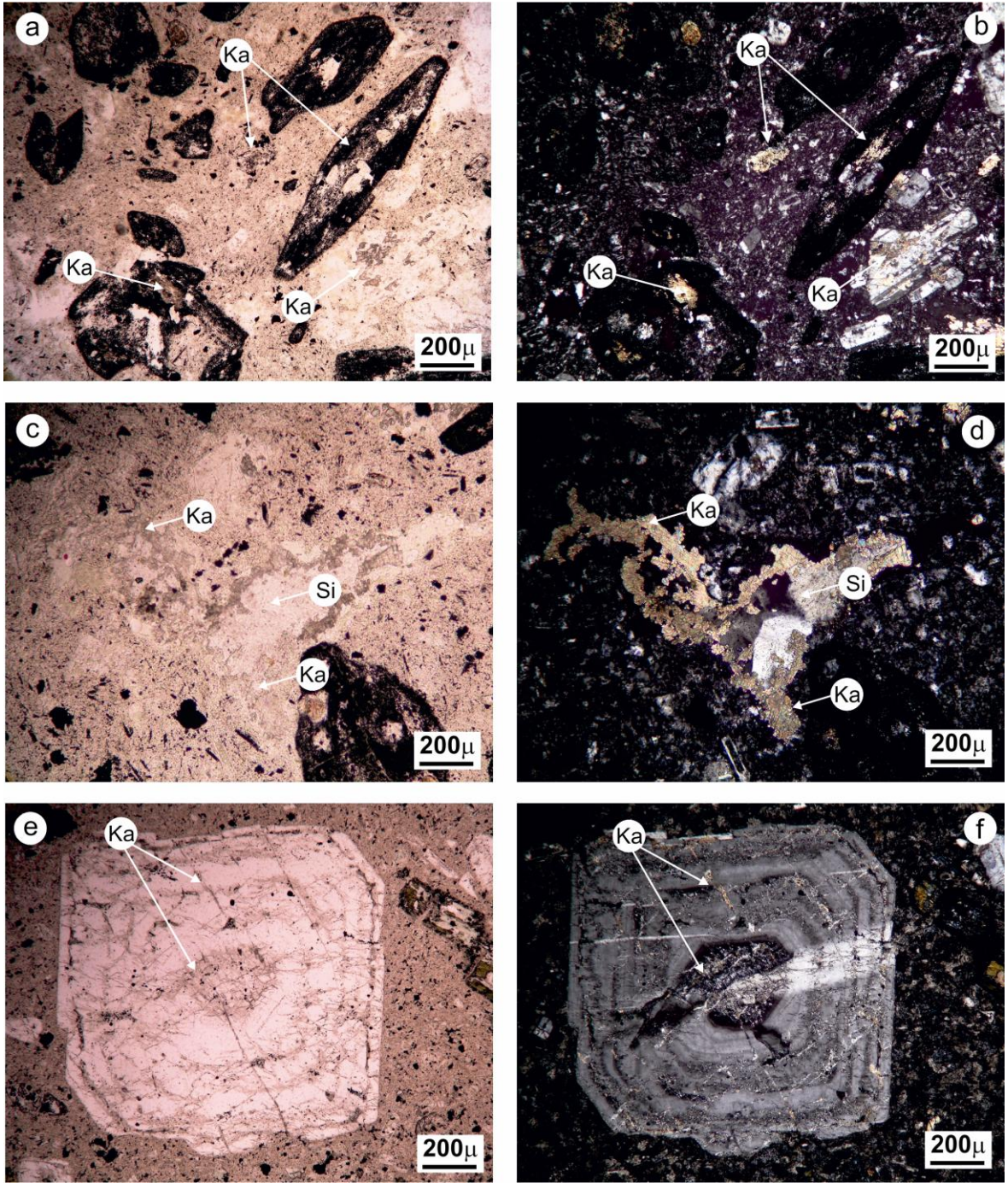
Karbonatlaşma, çalışma alanında kloritleşme gibi alterasyon zonunun dış kesimlerinde bulunmaktadır. Karbonatlaşma gösteren örnekler diğer örneklerle göre daha az bozuşmuşlardır (Şekil 3.44a) Bu tür örneklerde, kloritleşme gösteren örneklerde olduğu gibi, kayacın ilksel dokusu belirgin olup, rengi kloritleşmiş örneklerle göre biraz daha gridir (Şekil 3.44b). Ancak makroskobik olarak karbonat mineralleri altere kayaçlarda görülemez. Mikroskobik incelemelerde ise karbonatlar, mikrolitik-porfiritik dokulu andezitik kayaçlarda matrikste ve plajiyoklas ile mafik mineral fenokristallerinin ayrışma ürünü olarak oluşmaktadır (Şekil 3.45a, b, c, d, 3.46a, b, c, d, e ve f). Bazı örneklerde plajiyoklaslarda karbonatlaşmaya, serizitleşme, killeşme ve kloritleşmenin de eşlik ettiği görülmüştür (Şekil 3.45a, b, e ve f). Bu örneklerin bünyesinde bulunan öz ve yarı öz şekilli mafik minerallerin çoğu ayrışma sonucu ilksel özelliklerini kaybetmiş olup, koyu kahverengi-siyahımsı renklere görülmektedirler (Şekil 3.46a, b, c ve d). Bazı örneklerde matriks içinde boşluk dolgusu olarak gelişen karbonat ve silis oluşumları mevcuttur (Şekil 3.46c ve d). Alterasyon zonunu dış kesimlerine doğru kayaçlardaki plajiyoklasların zonlu yapı gösterdikleri ve bu zonların sınırları boyunca karbonatlaştıkları görülür (Şekil 3.46e ve f).



Şekil 3.44. a) Alterasyon zonunun dış kesimlerinde bulunan ve daha çok karbonatlaşma gösteren örneklerin arazideki görünümü, b) karbonatlaşma gösteren altere örneğin makroskobik görünümü.



Şekil 3.45. Mikrolitik-porfiritik dokulu andezitlerde hidrotermal alterasyon sonucu plajiyoklas ve mafik minerallerde gelişen karbonatlaşmanın a) tek ve b) çapraz nikol görünümü. Altere andezitlerde matriksten itibaren oluşan karbonatlaşmanın c) tek ve d) çapraz nikol görünümü. Mikrolitik-porfiritik dokulu andezitlerde plajiyoklas fenokristallerinin ayrışması sonucu gelişen serizit ve karbonat minerallerinin e) tek ve f) çapraz nikol görünümü (Ka; Karbonatlaşma, Kil; Killeşme, Se; Serizitleşme).



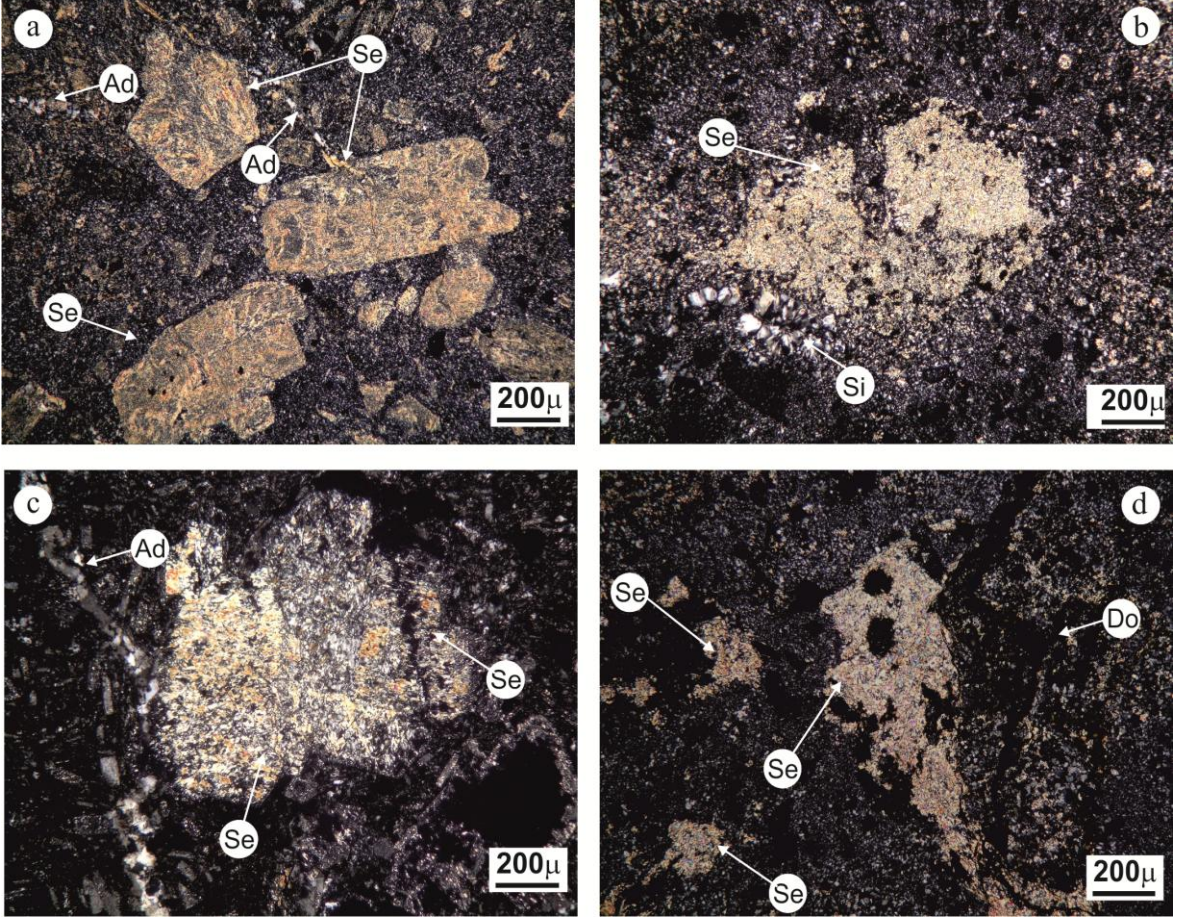
Şekil 3.46. Öz ve yarı öz şekilli mafik minerallerin üzerinde gelişen karbonatlaşmanın a) tek ve b) çapraz nikol görünümü. Matriks içinde boşluk dolgusu şeklinde gelişen silisleşme ve etrafını saran karbonatların c) tek ve d) çapraz nikol görünümü. Zonlu yapı gösteren plajiyoklas fenokristalinin zonları boyunca gelişen karbonatlaşmanın e) tek ve f) çapraz nikol görünümü (Ka; Karbonatlaşma, Si; Silisleşme).

3.4.3. Serizitleşme

Serizitik alterasyon çalışma alanında geniş bir yayılıma sahip olup silisleşmeye eşlik eder. Kuvars damarlarının etrafında yaygın olarak görülmektedir. Arazide beyaz, sarı ve açık kahverengi renkli olup, ilksel dokusunu tamamen kaybetmiş kayaçların varlığı ile karakteristiktir (Şekil 3.47a). Serizitik alan içerisinde yer yer sarımsı ve kırmızı renkli limonitli-hematitli seviyeler gözlenmektedir (Şekil 3.47b ve c). Bu demiroksit oluşumları serizitleşmeden sonra yüzeysel etkilere bağlı olarak oluşmuşlardır. Serizitleşmiş alanlardan alınan örneklerin mikroskopik incelemelerinde serizitin; plajiyoklas fenokristallerinin ve matriksteki mikrolitler halindeki plajiyoklas minerallerinin ayrışma ürünü olarak oluştuğu görülmüştür (Şekil 3.48a, b, c ve d). Serizitleşme gösteren örneklerin kuvars damarlarına yakın olması nedeniyle bu örneklerde silisleşmenin de görülmesi olağandır (Şekil 3.48b). Ayrıca serizitleşme zonunda damarlar halinde adularya oluşumları da karakteristiktir (Şekil 3.48c). Demiroksit boyamalarının mikroskopik incelemelerde, serizitleşmiş örneklerde damarlar halinde geliştiği görülmüştür (Şekil 3.48d).



Şekil 3.47. a) Serizitik alterasyonun arazideki görünümü, b) ilksel dokusunu kaybederek tamamen serizitleşen andezit, c) serizitleşmiş örnekte, yüzeysel etkileşimler sonucu gelişen hematitleşme ve limonitleşmenin meydana getirdiği ekfoliasyon yapısı.

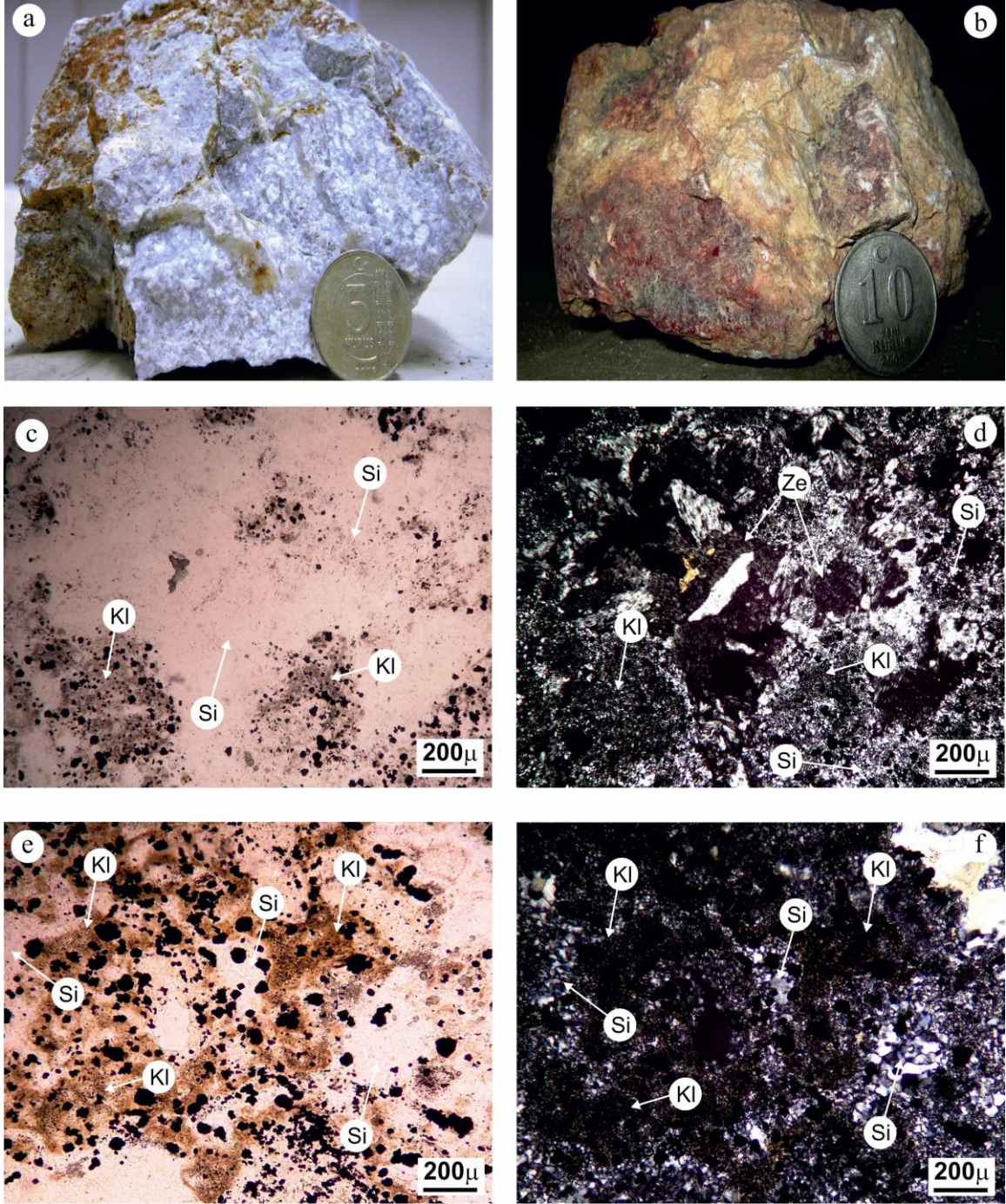


Şekil 3.48. a) Mikrolitik-porfiritik dokulu andezit örneğinde, plajiyoklas fenokristallerinin ve matriksin serizitleşmesi, b) alterasyon sonucu serizitleşmeyle birlikte gelişen silisleşmenin görünümü, c) silisleşmiş-serizitleşmiş örneklerde görülen adularya damarcığı, d) andezitlerde serizitleşme ve daha sonra yüzeysel etkilerle oluşan demiroksit boyamalarının görünümü (Se; Serizitleşme, Si; Silisleşme, Ad; Adularya, Do; Demiroksit).

3.4.4. Silisleşme

Çalışma alanındaki en önemli alterasyon türlerinden biri olan silisleşme alterasyon zonun merkezinde ve kuvars damarlarının çevresinde yer alır. El örneklerinde beyaz, sarımsı beyaz, yer yer de hematitleşmeden dolayı kırmızımsı renklere ve sert bir yapıdadır (Şekil 3.49a ve b). Mikroskopik incelemelerde andezitik kayaların matriksten itibaren tamamen silisleştiği görülmüştür (Şekil 3.49c, d, e ve f). Silisleşmeyi oluşturan başlıca mineral kuvarstır. Ancak bazı örneklerde zeolit grubu silikat mineralleri de belirlenmiştir (Şekil 3.49c ve d). Bu mineraller (zeolitler) silisleşme ile aynı faza ait olmayıp muhtemelen silisleşmenin oluşumundan sonra yüzeysel etkiler sonucunda gelişen minerallerdir. Silisleşmeye büyük ölçüde serizitleşme de eşlik etmiştir (Şekil 3.49b).

Ayrıca silisleşmiş örneklerde opak mineraller ve kahverengi rengi ile karakteristik olan Fe'li kloritler yaygındır (Şekil 3.53c,d,e ve f).



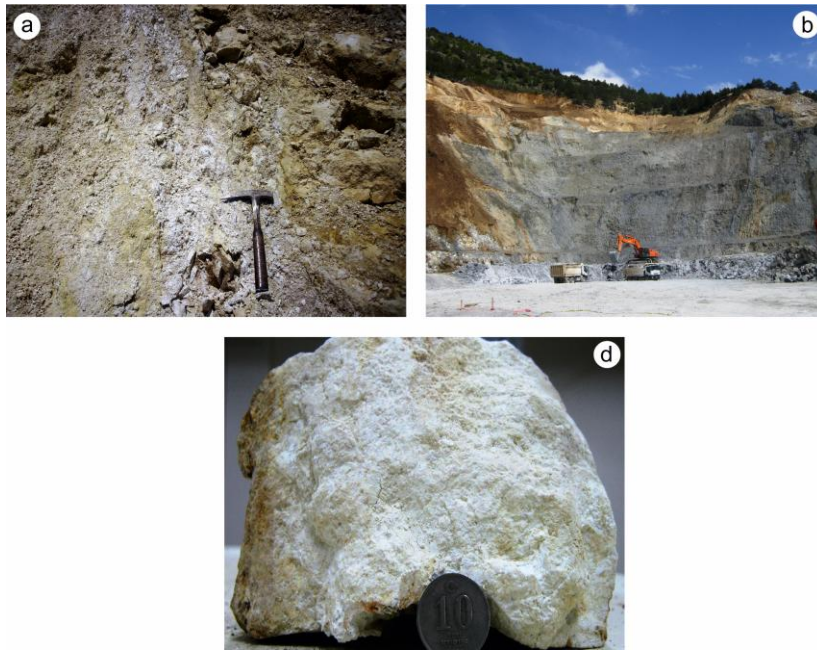
Şekil 3.49. a) Silisleşmemiş ve b) hematitleşmiş-silisleşmiş andezitin makroskobik görünümü, zeolit içeren silisleşmiş altere kayaç örneğinin c) tek ve d) çapraz nikol görünümü. Silisleşmeye eşlik eden kahverengi rengi ile karakteristik Fe'li kloritler ve opak minerallerin e) tek ve f) çapraz nikol görünümü (Si; Silisleşme, Kl; Kloritleşme Op; Opak mineral, Ze; Zeolit).

3.4.5. Epidotlaşma

Epidotlaşma diğer alterasyon türlerine nazaran çok daha az görülür. İnce kesitlerde yaygın olarak karbonatlaşma ve kloritleşme gösteren bazı örneklerde, plajiyoklasların ve mafik minerallerin üzerinde küçük boyutlarda görülmüştür.

3.4.6. Killeşme

Mastra altın madeninde killeşme diğer alterasyon gruplarının tümüne eşlik etmektedir. Arazide sarımsı beyaz, beyaz ve gri renklerde olup, dağınık bir yapıdadır (Şekil 3.50). Araziden alınan örneklerin tümünde ince kesitlerde ve XRD analizlerinde az ya da çok kil mineralleri belirlenmiştir. XRD analizlerine göre değişik kil mineralleri birlikte bulunmaktadır. Kuvars damarlarından uzaklaştıkça mineral bolluklarına göre sırasıyla simektit, kaolen ve illit türü kil mineralleri artış gösterirken, kuvars damarlarına yaklaştıkça özellikle illit ve daha az oranda kaolen ile simektit türü kil mineralleri yoğunlaşır.



Şekil 3.50. a) İnceleme alanının kuzeybatı kesiminde sarımsı beyaz renklerde görülen killeşme, b) açık ocak işletme sahasındaki gri renkli killerin (illit-smektit) görünümünü, c) andezitte meydana gelen, beyaz renkli yumuşak ve dağınık özellikteki killeşmenin makroskobik görünümü.

3.5. Kil Mineralojisi

Kil mineralleri, hidrotermal alterasyonun belirlenmesinde önemli bir yer oluşturmaktadır. Kayaçların alterasyonu sonucu oluşan killer, maden yataklarının aranmasında kılavuz olarak kullanılabilir. Kil mineralleri doğada yüzeye yakın şartlarda ısısal ve kimyasal değişimler sonucu oluşmaktadır.

Gümüşhane Mastra Au-Ag yatağında, kuvars damarlarının içinde bulunduğu andezit ve proklastitlerinde, yoğun bir alterasyon söz konusudur. Bu nedenle Mastra Au-Ag yatağında, alterasyon zonundan, belli profiller boyunca kayaç örnekleri alınmıştır. Hidrotermal alterasyon sonucu oluşan kil minerallerinin tüm kayaç içerisindeki miktarlarının belirlenmesi amacıyla X-ışınları difraksiyonu (XRD) incelemeleri, tüm kayaç üzerinde gerçekleştirilmiştir. Daha sonra kil mineralleri incelemeleri, kil fraksiyonu (<2µm) üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tüm kayaçtan yapılan XRD incelemeleri sonucunda kayaçların, tüm kayaç mineralojik bileşimleri belirlenmiştir. Cam lamel üzerinde yönlendirilmiş kil fraksiyonunun normal ve etilen glikol ile doyurulmuş çekimleri kullanılarak, kil minerallerindeki değişimler belirlenmiştir.

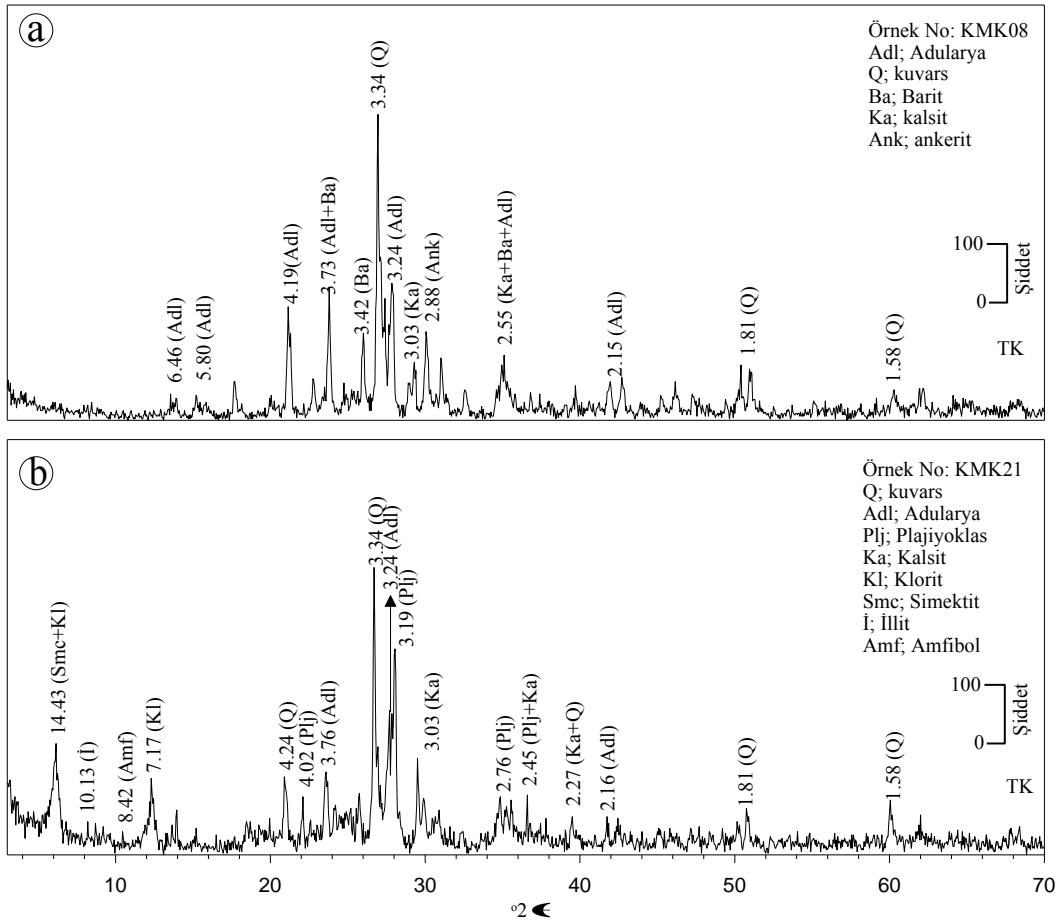
X-ışınları difraktogramları kullanılarak kayaçların yarı nicel bileşimlerinin hesaplanması bir çok araştırmacının çalışmasına konu olmuş ve farklı eşitlikler öne sürülmüştür (Müller, 1967; Smith vd., 1987; Moore ve Reynolds, 1997; Środoń vd., 2001). Tüm kayaç ve kil fraksiyonunda nicel mineralojik bileşimlerinin hesaplanmasında, kil minerallerinin (001) yansımalarının şiddeti kullanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan formül aşağıdaki gibidir.

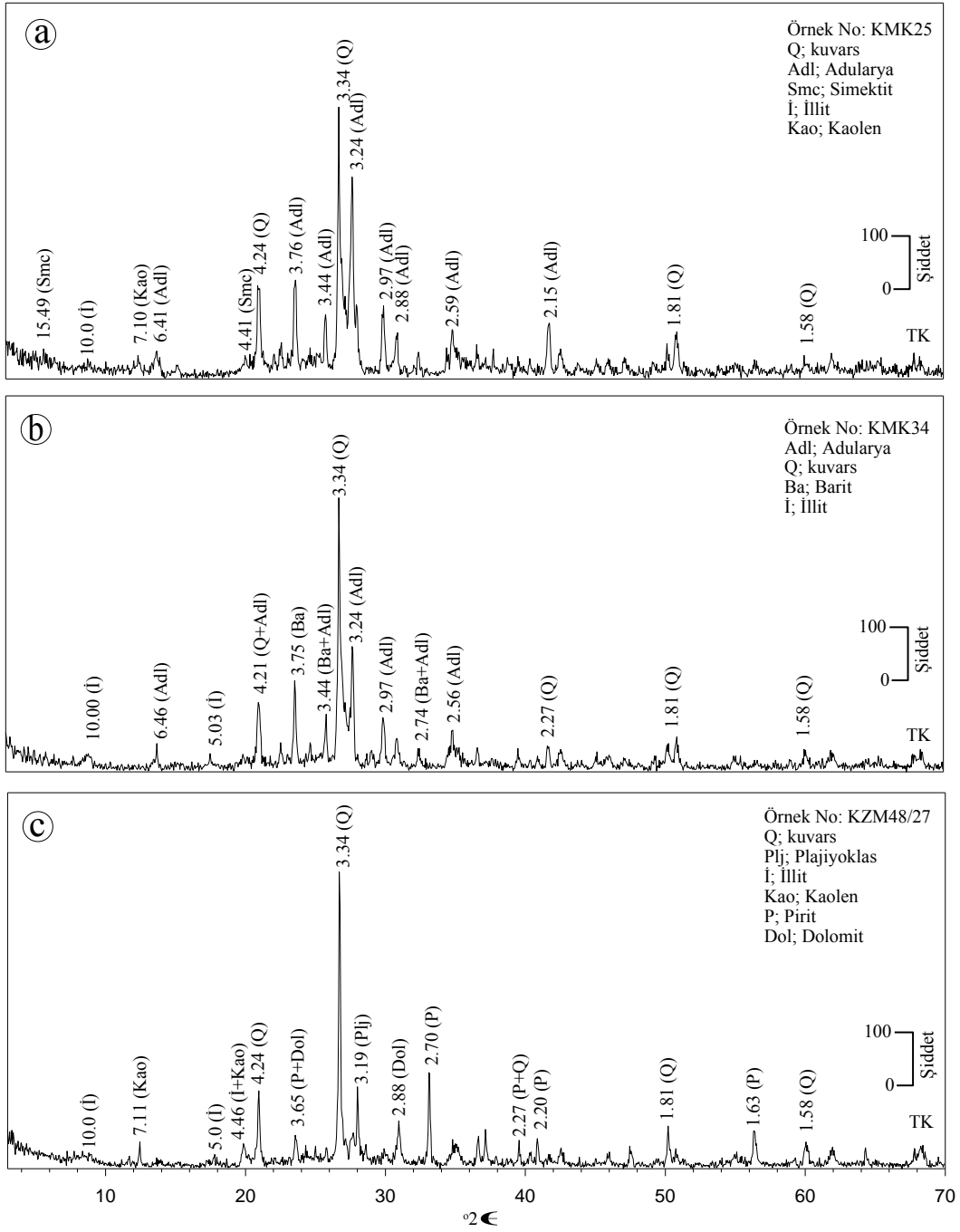
$$\%a = \frac{Xa * \mu a}{Xa * \mu a + Xb * \mu b + Xc * \mu c...}$$

Formülde a, kayaçtaki “a” mineralinin yüzdesini; X, mineralin difraktogramdaki yansımalarının cm cinsinden yüksekliğini; µ, mineralin adsorbsiyon katsayısını (J.C.P.D.S., 1990) ifade etmektedir. Burada göz ardı edilmemesi gereken nokta, elde edilecek sayısal değerlerin, minerallerin kayaç içerisindeki % miktarlarını vermekten daha ziyade birbirlerine göre oranını ifade etmesidir. Çünkü kayaç içerisinde bulunan minerallerin hepsini X-ışınları difraktogramlarında belirlemek oldukça güçtür. Bu nedenle hesaplanan sayısal değerlerde hata payı bazı durumlarda ±% 10'a kadar ulaşabilir.

3.5.1. Andezit ve Piroklastitlerinde Gelişen Killerin Mineralojisi

Gümüşhane Mastra Au-Ag yatağında, andezit ve proklastitleri içerisindeki kırık zonlarına yerleşmiş olan kuvars damarlarının doğrultusuna dik yönde belirlenen profiller boyunca 100 adet altere kayaç örneği alınmıştır. Bu örneklerin 31 adedinden ve arazide yapılan 4 adet sondaj çalışmasından da derlenen 9 adet altere sondaj örneğinden tüm kayaç XRD analizi yapılmıştır. Bu örneklerin tüm kayaç nicel yüzde mineralojik bileşimleri hesaplanmıştır. 40 adet altere örneğinin hesaplanan tüm kayaç yüzde mineralojik bileşimleri Tablo 3.1’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre bu birim içerisinde tespit edilen kil dışı bileşenleri, kuvars, plajiyoklas, adularya, amfibol, barit, kalsit, ankerit, jips, pirit ve dolomit oluşturmaktadır (Şekil 3.51a ve b, 3.52a, b ve c). Belirlenen kil mineralleri ise, illit, simektit, kaolen ve klorittir.





Şekil 3.52. a) Alterasyon zonunun merkezinde, 2. profile ait (Kuars damarının çevresinden alınan) altere kayaç örneğinin, XRD-TK Difraktogramı. b) alterasyon zonunun merkezinde, 3. profile ait (Kuars damarının çevresinden alınan) altere kayaç örneğinin, XRD-TK Difraktogramı, c) alterasyon zonunda yapılan KZM48 nolu sondajın 27. metresinden alınan altere kayaç örneğinin, XRD-TK Difraktogramı.

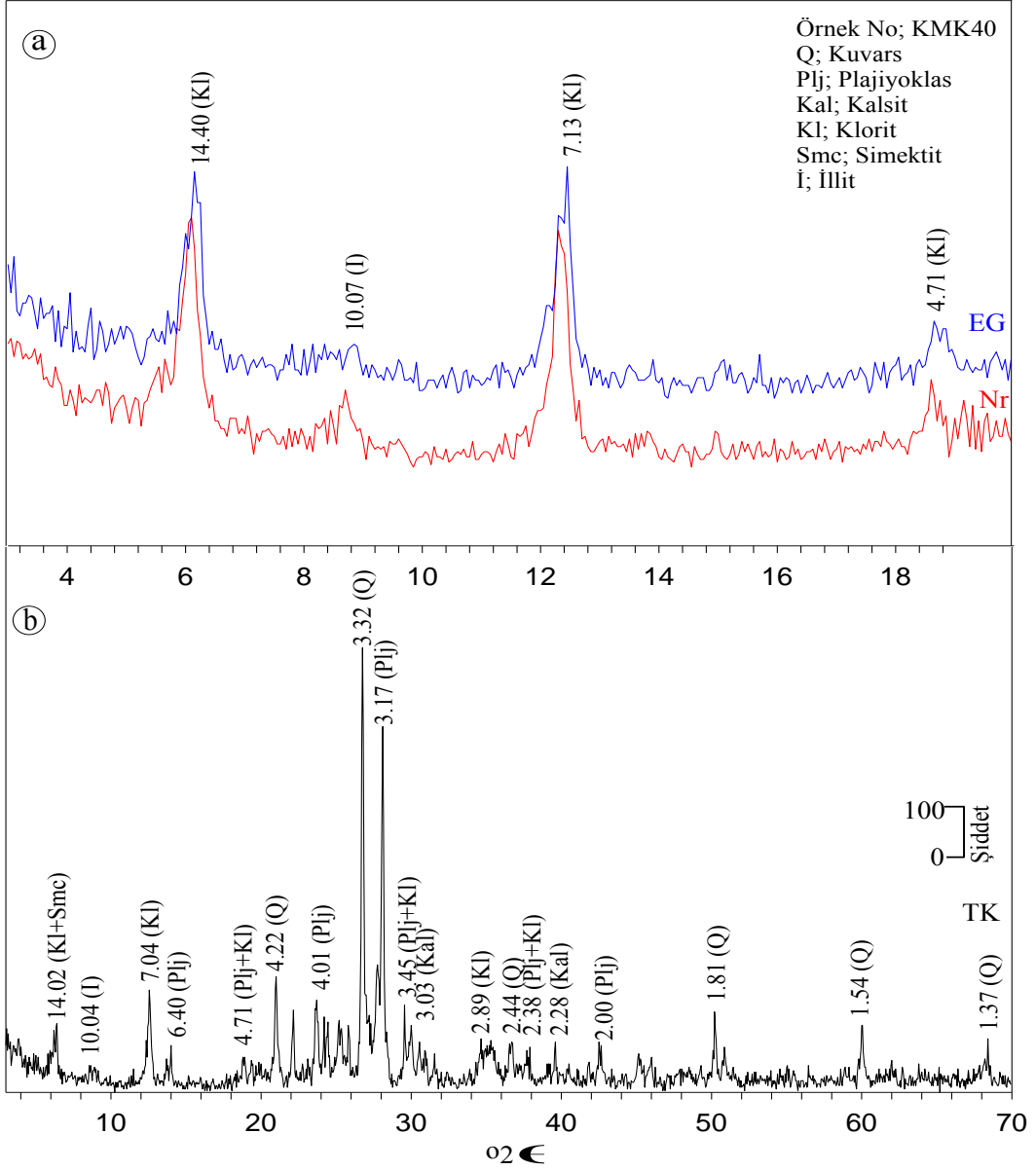
3.5.1.1. Andezit ve Piroklastitlerindeki Kloritlerin XRD İncelemeleri

Andezit ve piroklastitleri içerisinde hidrotermal alterasyon sonucu oluşan kloritleşmelerin oluşum şekilleri petrografik çalışmalarda ortaya konmuştur. Kloritler genellikle mafik mineral ve plajiyoklaslar ve matriksten itibaren oluşurlar. Çoğunlukla alterasyon zonunun dış kesimlerinden alınan örneklerde kloritin varlığı tespit edilmiştir (Şekil 3.51b).

XRD analizi yapılan 40 örneğin 6 tanesinde kloritin varlığı saptanmıştır. Bu örneklerde klorit %7 ile 29 arasında değişen miktarlarda bulunmaktadır (Tablo 3.1). Klorit tespit edilen 6 örneğin 2 tanesinde kloritlerin tanımlamaları, kil fraksiyonu hazırlanan ve cam lamel üzerine damlatılan yönlü örneklerden yapılmıştır. Normal ve etilen glikolle doyurulmuş XRD çekimleri yapılan bu örneklerde kil minerallerindeki değişimler saptanmıştır (Şekil 3.52).

Difraktogramlarda kloritlere ait 14,0-14,4Å arasında değişen (001) piki referans alınmıştır. Kloritlerin simektit içerebileceği durumlarda (EG) durumundaki pikinin şiddet ve pozisyonundaki değişimlere dikkat edilmiştir. Tüm kayaç XRD analizlerine göre bu iki örnekte kloritin, simektitle birlikte olduğu düşünülmüş ancak kloritlerin (NR) ve (EG) çekimlerinde (001) pikinde herhangi bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 3.53).

Dolayısıyla bu örneklerde baskın olan kil minerali klorit olarak tanımlanmıştır. Tüm kayaç analizine göre Klorite eşlik eden kil minerali %4 miktarında olan illittir. (Nr) ve (EG) çekimlerinde illite ait pik değerleri belirlenmiştir (Şekil 3.53). Alterasyon zonunun dış kesimlerinde bulunan bu örneklerde klorite kil dışı malzeme olarak, çoğunlukla, kuvars, plajiyoklas ve kalsit eşlik etmektedir (Şekil 3.53).

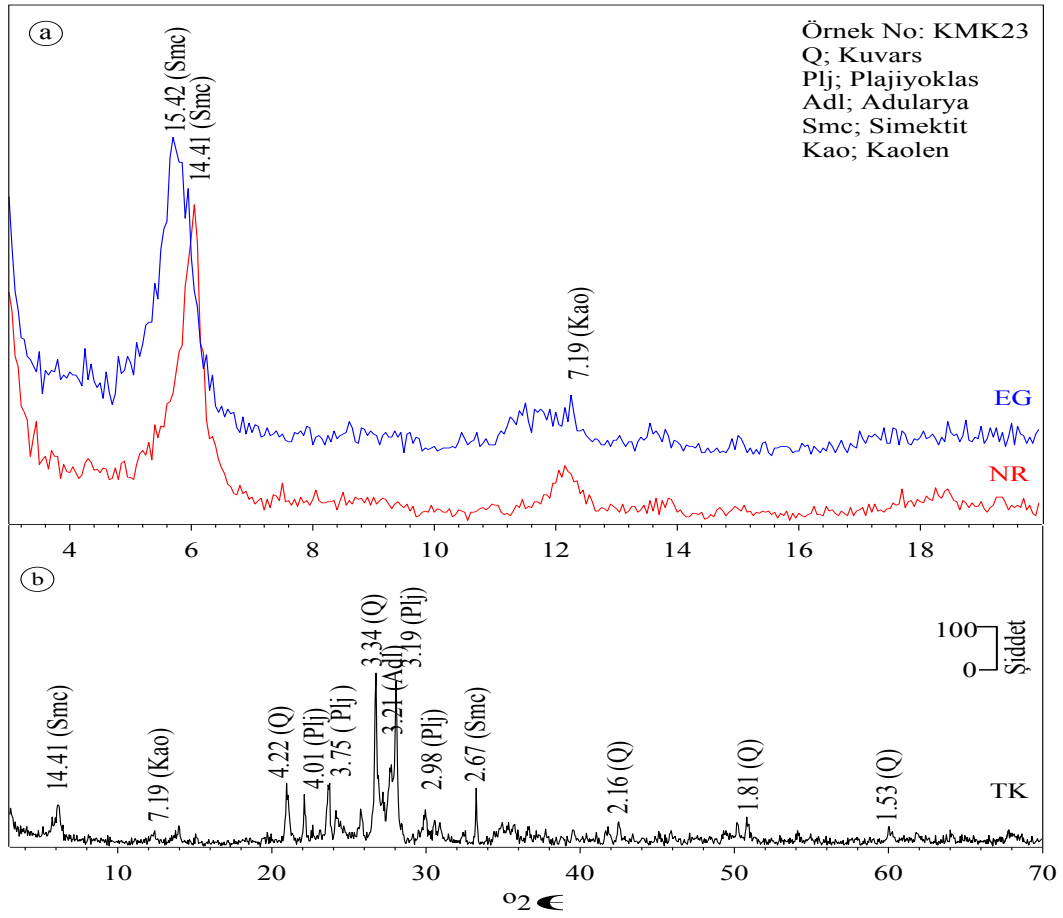


Şekil 3.53. a) Kloritçe zengin kil fraksiyonuna ait normal (NR), etilen glikolle doyurulmuş (EG) durumdaki temsili X-ışınları difraktogramları. b) tüm kayaya ait temsili X-ışınları difraktogramları.

3.5.1.2. Andezit ve Piroklastitlerdeki Simektitlerin XRD İncelemeleri

Tüm kayaç XRD analizi yapılan 40 adet örneğin 13 tanesinde simektit mineralinin varlığı tespit edilmiştir. Hesaplanan yüzde mineralojik bileşimlerine göre bu örneklerde, %5 ilâ 53 arasında değişen miktarlarda simektit minerali bulunmaktadır (Tablo 3.1). Alterasyon zonunun dış kesimlerinden alınan örneklerde daha yaygın olan simektitler, iç zonlarda da önemli miktarlarda bulunabilmektedir. Tüm kayaç XRD analizlerine göre

simektitlere, daha az oranda klorit, kaolen ve illit eşlik etmektedir. Kil dışı malzeme olarak da, kuvars, plajiyoklas, kalsit, adularya ve amfibol bulunmaktadır (Şekil 3.51b, 3.52a, 3.53 ve 3.54). Simektit içeren örneklerin 2 tanesinde hazırlanan yönlü örneklerin normal ve etilen glikolle doyrulmuş XRD çekimleri yapılmıştır. Simektitlerin XRD tanımlamalarında (001) pikindeki değişimler referans alınmıştır. (001) piki 14,03 ilâ 14,49Å arasında değişirken (EG) çekimlerinde 15,52'â kadar şişme göstermiştir (Şekil 3.54).



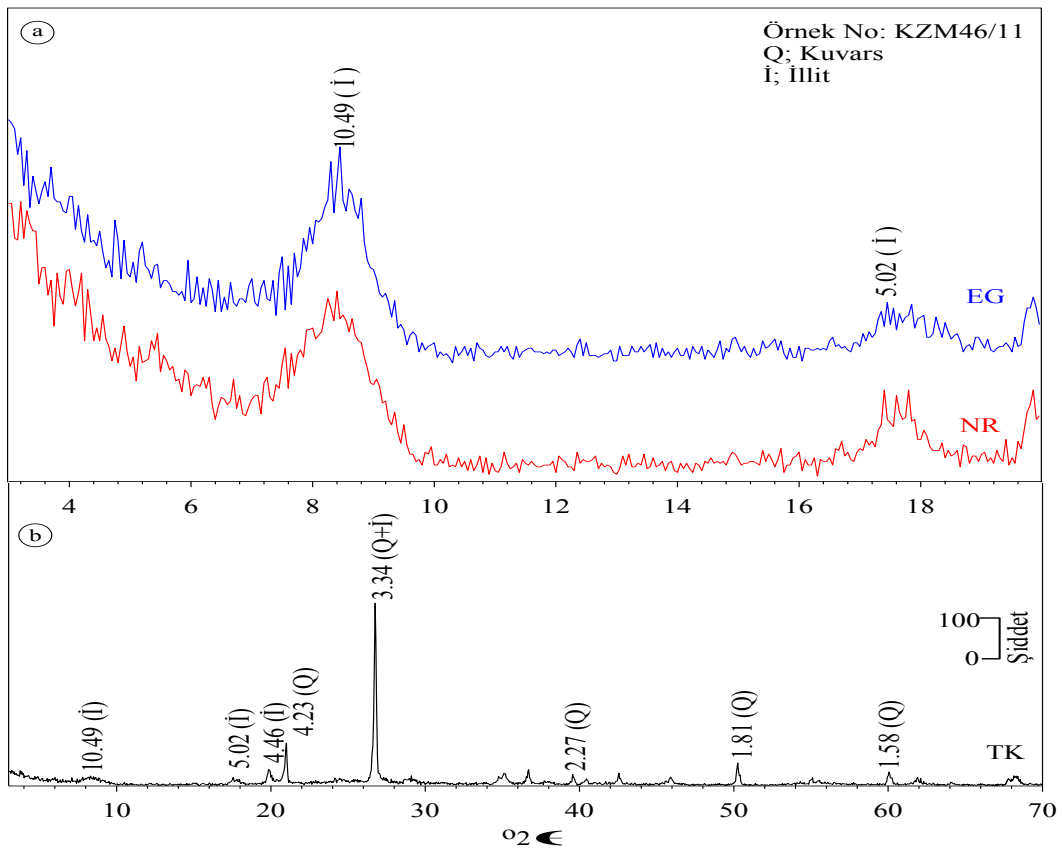
Şekil3.54. a) Simektitçe zengin kil fraksiyonuna ait normal (NR), etilen glikolle doyrulmuş (EG) durumdaki temsili X-ışınları difraktogramları. b) tüm kayaca ait temsili X-ışınları difraktogramları.

3.5.1.3. Andezit ve Piroklastitlerdeki İllitlerin XRD İncelemeleri

İllitler şişmeyen kil mineralleri olarak tanımlanırlar. Serizit ve illit birbirine çok benzer iki kavram olup; Środoń ve Eberl (1984) her iki terimin aynı kavramı belirttiğini ifade etmiştir. Bu çalışmada serizit ve illit terimi aynı anlamda kullanılmıştır.

Mastra Au-Ag yatağında illitler, yaygın olarak kuvars damarlarında ve bu damarları çevreleyen dar bir alanda bulunurlar. Tüm kayaç XRD analizi yapılan 40 adet örneğin 26 tanesinde illit tespit edilmiştir. İllitin olduğu zonda az miktarda kaolen ve simektit de bulunmaktadır. Ancak bu mineraller bir zonlanma oluşturmayıp, lokal olarak illitli zonda bulunmaktadır. illitlerin nicel yüzde mineralojik bileşimleri %1-100 olarak hesaplanmıştır. Özellikle örnekleme yapılan profillerden 1., 2. ve 3. profile ait örneklerin tüm kayaç XRD analizlerinde, kil dışı malzeme olarak, kuvars (%19-67), adularya (%13-41) ve barit (%11-17) mineralleri yüksek oranlarda bulunmaktadır (Tablo 3.1).

XRD tanımlamalarında İllitlerin, 10Å, 5Å ve 3,3Å'daki pikleri kullanılmıştır. İllitlerin 3,3Å piki genellikle kuvarın 3,34Å'daki piki ile çakıştığı için çok kullanışlı değildir. İllitlerin tanımlanan bu piklerinde (EG) çekimlerinde herhangi bir değişiklik olmaz (Şekil 3.55). Bu illit olarak tanımlanan örneklerin herhangi bir kil ara tabakalanması içermediğine işaret etmektedir.

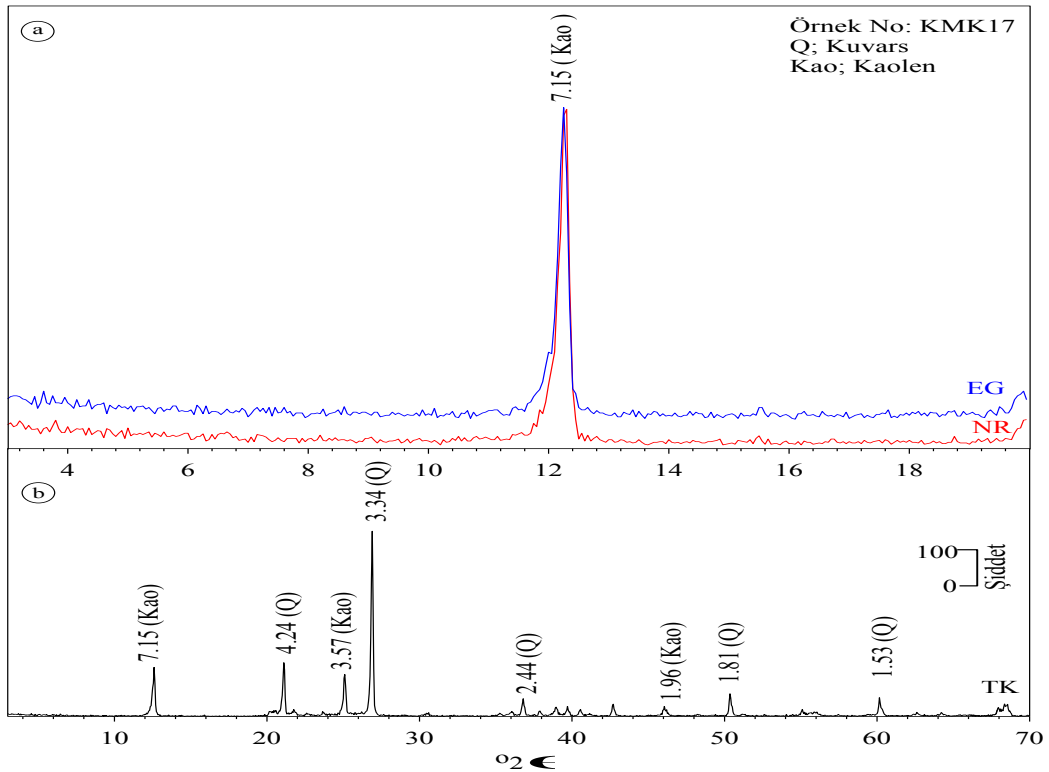


Şekil 3.55. a) İllitçe zengin kil fraksiyonuna ait normal (NR), etilen glikolle doyurulmuş (EG) durumdaki temsili X-ışınları difraktogramları. b) tüm kayaça ait temsili X-ışınları difraktogramları.

3.5.1.4. Andezit ve Piroklastitlerindeki Kaolenlerin XRD İncelemeleri

Kaolenler, asit şartlar altında, başlıca felspatların hidrotermal alterasyonu sonucunda oluşurlar (Swindale, 1975; Deer vd., 1996). Mastra Au-Ag yatağında mevcut olan alterasyon zonunda kaolenler, genellikle dış kesimlere doğru gidildikçe artış göstermektedir. Özellikle illitçe yoğun olan zonda bulunan kaolenler belirli bir zon oluşturmayıp, bireysel örneklerde tespit edilmiştir. Alterasyon zonundan uzaklaştıkça kaolenlerin simektit mineraline eşlik ettiği belirlenmiştir. Ayrıca klorit ve simektitin birlikte bulunduğu örneklerde kaolene rastlanmamaktadır.

Tüm kayaç XRD analizi yapılan 40 adet örneğin 12 tanesinde kaolen minerali saptanmıştır. Kaolenlerin nicel yüzde mineralojik bileşimleri %1-56 arasında değişmektedir (Tablo 3.1). Difraktogramlarda kaolenlere ait 7,03 ile 7,3Å arasında değişen (001) piki referans alınmıştır. Bu pikler (EG) çekimleri sonucunda değişikliğe uğramamaktadır. Kloritler ile kaolenlerin birbirinden ayrılmasında kaolenlerin 3,57Å, kloritlerin 3,52Å'daki pikleri kullanılmıştır (Biscaye, 1965), (Şekil 3.56a ve b).



Şekil 3.56. a) Kaolence zengin kil fraksiyonuna ait normal (NR), etilen glikolle doyurulmuş (EG) durumdaki temsili X-ışınları difraktogramları. b) tüm kayaça ait temsili X-ışınları difraktogramları.

3.6. Kütle Değişim Hesaplamaları

3.6.1. Kullanılan Yöntem

Hidrotermal alterasyon, sıcak sulu çözeltilerin yan kayaç içerisinde geçtikleri yollar boyunca yan kayaçla arasında meydana gelen fiziksel ve kimyasal etkileşimlerin neden olduğu metasomatik bir olaydır. Hidrotermal alterasyon esnasında kayacı oluşturan bileşenlerin bir kısmı ortamdan uzaklaşırken, bir kısmında ise zenginleşme meydana gelmektedir. Bu nedenle hidrotermal alterasyonun tam olarak ortaya konulabilmesi için hidrotermal alterasyon esnasında yan kayaçta ne gibi değişikliklerin meydana geldiğini ortaya koymak gerekir. Alterasyon sonucunda kayaçların kimyasal bileşimlerinde oluşan değişimleri belirleyebilmek için değişik yöntemler geliştirilmiştir. Hareketsiz element yöntemi (McLean and Kranidiotis, 1987), izokron yöntemi Grant (1986) ve çok kökenli örneklerde hareketsiz element yöntemi (Maclean 1990) bunların başlıcalarıdır. Bu çalışmada ise kütle değişimlerini hesaplamak için hareketsiz element yöntemi ve izokron yönteminin Huston (1993) tarafından değiştirilmiş versiyonu kullanılmıştır.

Hareketsiz element yöntemi ile alterasyon sırasında hareketsiz kalan herhangi bir elementten yola çıkılarak, altere kayaç bileşenlerinin, orijinal kayaçtaki bileşenlerine oranla meydana gelen değişim miktarı belirlenmiştir.

İzokron yöntemi ile de grafiksel olarak çizilen izokron doğrusunun eğiminden yararlanarak alterasyon sonucunda kayaçta meydana gelen kütle değişiminin miktarı belirlenmiştir.

3.6.2. Hareketsiz Elementin Belirlenmesi

Kütle değişim hesaplarının yapılabilmesi için öncelikle hareketsiz elementler belirlenmiştir. Daha önce yapılmış olan çalışmalar, Ti, Al, Zr, Nb ve Y'nin hareketsiz element olabileceğini ortaya koymuştur (McLean and Kranidiotis, 1987; McLean, 1988,1990; Baret and McLean, 1991; Barrett ve diğ., 1993). Bu çalışmada kuvars damarlarının ve onları oluşturan hidrotermal sistemin gelişimi sürecinde bu elementlerden hangisinin diğerlerine göre daha az hareketsiz olduğunu belirlemek için ikili diyagramlar hazırlanmıştır. Elementlerin bu kayaçlardaki korelasyonlarına bakıldığında Al-Zr arasında 0.853, Al-Ti arasında 0,856, Al-Y arasında 0,525, Zr-Ti arasında 0,937, Zr-Y arasında

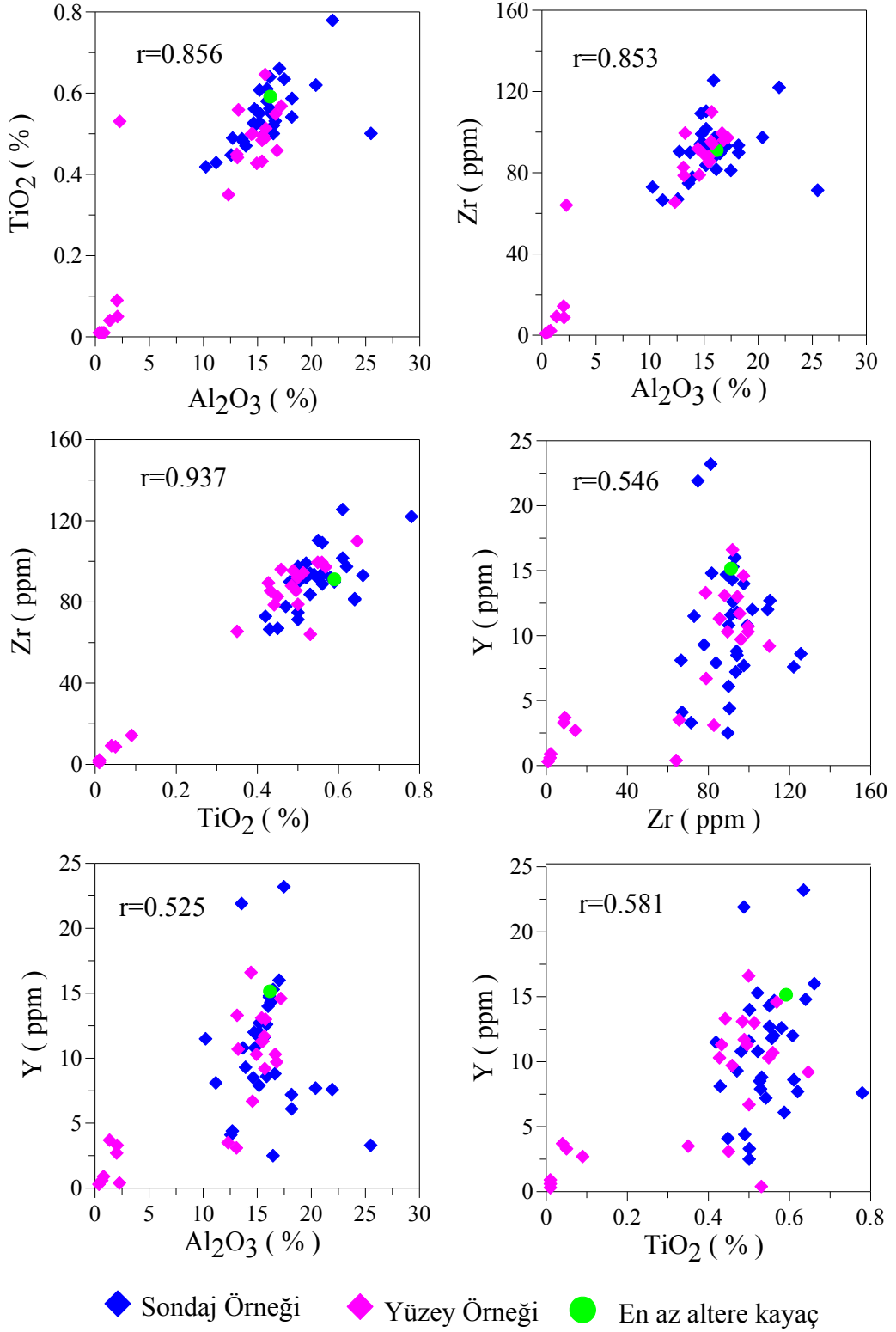
0,546, Ti-Y arasında 0,581 lik bir korelasyon bulunmaktadır (Şekil 3.57). Buna göre, diğer bileşenlerle en yüksek korelasyonu veren element olan Zr, hareketsiz olarak seçilmiş ve hesaplamalar ona göre yapılmıştır.

3.6.3. Kütle Değişim Hesabının Yapılması

Bu çalışmada kuvars damarlarının yüzeydeki mostralara dik olarak oluşturulan profil hatları boyunca yüzeyleme veren mostralardan belirli aralıklarla toplanan ve kuvars damarlarını kesen sondajlardan derlenen örnekler kullanılmıştır. Alınan bütün örneklerden ince kesitler hazırlanarak petrografik olarak detaylı bir şekilde incelenmiş ve bunun sonucunda bir alterasyon sınıflaması yapılmıştır. Bu sınıflama ile hidrotermal alterasyon 5 gruba ayrılmıştır. Hidrotermal alterasyona uğramış örneklerin alterasyon türleri dikkate alınarak oluşturulan bu grupların ortalama kimyasal bileşimleri Tablo 3.2.'de verilmiştir. Hesaplamalar 100gr'lık kütle üzerinden yapıldığından, bu ortalama bileşimler 100g'a yeniden hesaplanmıştır. Hareketsiz element yöntemi (McLean and Kranidiotis, 1987) kullanılarak hesaplanan düzeltilmiş yeni kayaç bileşimleri Tablo 3.3'de ve kesin değişim oranları Tablo 3.4'de verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan örneklerden oluşturulan alterasyon gruplarına ait izokronlar Huston (1993) tarafından önerilen yöntemle çizilmiş ve Şekil 3.57 ve 3.58'de verilmiştir.

Serizitleşme-Killeşme: Hidrotermal alterasyon sonucunda serizitleşme ve killeşmeye maruz kalan örneklerin ortalama kimyasal bileşimi için hazırlanan diyagramda, Zr ve orijinden geçecek şekilde çizilen izokronun eğimi (M_O/M_A) oranı 0,81'dir (Şekil 3.58). Bu durum alterasyon sonucunda kayacın kütlelerinde bir artış olduğunu gösterir. Diğer bir deyişle hidrotermal alterasyon sonucunda kayacın göreceli olarak %20'lik bir kütle artışı meydana gelmiştir. Kütle değişim hesaplamaları ile alterasyon sonunda kayaç kütlelerinin 125,17gr'a çıktığı (Tablo 3.3), yani 25,17gr arttığı belirlenmiştir (Tablo 3.4). Bu değer grafiksel olarak belirlenen değer ile uyumaktadır.

İzokrona göre elementlerin davranışları incelendiğinde, asıl artışın ana oksitlerden Si, Al ve K'da olduğu, buna karşın Fe, Mg, Na ve Ca değerlerinde ise bir azalmanın olduğu görülmektedir. Bu kayıp ve kazançlar, Tablo 3.4'de verilen kesin değişim miktarlarına göre çizilen ve Şekil 3.58'de verilen histogramla daha da belirginleşmiştir. Ana bileşenlerden Si için 21,46gr, Al için 0,71gr ve K için 7.66gr artış olmuştur.



Şekil 3.57. Al_2O_3 , TiO_2 , Zr ve Y'nin birbirlerine göre korelasyon grafikleri.

Tablo 3.2. Mastra altın madeninde altınlı kuvars damarları etrafında gelişen farklı hidrotermal etkileşime maruz kalmış kayaçların 100gr'a göre yeniden hesaplanmış ortalama kimyasal bileşimleri.

Örnek	En az altere andezit (%)	Serizitleşme-killeşme (%)	Silisleşme-serizitleşme (%)	Karbonatlaşma-killeşme (%)	Kloritleşme-killeşme (%)	Yoğun silisleşme (%)
SiO ₂	60,56	65,83	71,79	55,65	60,69	95,22
Al ₂ O ₃	18,24	15,15	14,25	15,80	16,87	1,35
Fe ₂ O ₃	5,18	3,55	2,50	6,55	4,82	1,33
MgO	0,82	0,50	0,22	3,28	2,22	0,04
CaO	2,59	0,17	0,12	2,17	0,54	0,03
Na ₂ O	8,20	0,36	0,28	2,03	2,74	0,03
K ₂ O	1,63	7,25	3,71	5,02	4,88	0,23
TiO ₂	0,52	0,55	0,46	0,53	0,56	0,11
P ₂ O ₅	0,14	0,13	0,16	0,20	0,15	0,04
MnO	0,07	0,01	0,01	0,16	0,10	0,01
Cr ₂ O ₃	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
ΣC	0,12	0,04	0,04	0,39	0,09	0,02
ΣS	0,02	0,82	0,83	1,90	0,96	0,17
A.K	1,90	5,62	5,64	6,16	5,39	1,42
Toplam	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nadir toprak elementleri ve İz elementler (Au ppb, diğerleri ppm)

Ba	431,00	2115,67	629,30	1206,54	1151,58	437,14
Hf	4,00	2,89	2,29	2,53	2,79	0,46
Nb	4,30	4,59	3,73	4,29	4,67	0,87
Rb	22,00	194,44	104,97	130,55	121,16	9,07
Sr	405,50	277,75	908,79	272,51	257,51	65,51
Zr	124,10	100,28	76,27	87,70	96,28	14,47
Y	24,50	10,27	5,65	13,99	11,74	1,70
Cu	45,80	37,71	29,76	61,38	68,89	235,40
Pb	19,60	133,48	151,21	92,98	61,94	1493,01
Zn	22,00	19,58	6,90	369,00	102,67	89,00
Ag	0,10	1,20	1,11	0,34	0,25	16,36
Au	0,50	22,57	48,32	15,12	10,58	11784,17
La	12,70	1,05	1,18	1,33	1,12	3,26
Ce	27,30	0,89	0,96	1,14	0,89	2,42
Pr	3,30	0,91	0,82	1,04	0,78	2,33
Nd	13,70	0,78	0,66	0,97	0,68	1,73
Sm	3,39	0,04	0,12	0,51	0,21	1,53
Eu	0,90	0,01	0,17	0,59	0,35	2,09
Gd	3,55	-0,35	-0,24	0,26	-0,01	1,00
Dy	3,82	-0,46	-0,57	-0,08	-0,25	0,52
Er	2,52	-0,47	-0,59	-0,19	-0,35	0,27
Yb	2,40	-0,39	-0,49	-0,17	-0,31	0,64
Lu	0,37	-0,37	-0,47	-0,15	-0,30	0,64

Tablo 3.3. Zr'un hareketsiz olduğu kabul edilerek McLean ve Kranidiotis (1987)'ye göre yeniden hesaplanan altere kayaç bileşimleri.

Örnek	En az altere andezit (%)	Serizitleşme-killeşme (%)	Silisleşme-serizitleşme (%)	Karbonatlaşma-killeşme (%)	Kloritleşme-killeşme (%)	Yoğun silisleşme (%)
SiO ₂	60,56	82,02	117,84	78,90	78,87	4124,76
Al ₂ O ₃	18,24	18,95	23,41	22,34	21,83	29,43
Fe ₂ O ₃	5,18	4,57	4,30	9,31	6,35	46,55
MgO	0,82	0,63	0,37	4,66	2,89	1,06
CaO	2,59	0,21	0,20	3,18	0,72	1,22
Na ₂ O	8,20	0,45	0,50	2,83	3,59	0,88
K ₂ O	1,63	9,29	6,29	7,14	6,37	4,95
TiO ₂	0,52	0,68	0,75	0,75	0,72	0,81
P ₂ O ₅	0,14	0,16	0,26	0,28	0,20	1,27
MnO	0,07	0,01	0,02	0,23	0,13	0,43
Cr ₂ O ₃	0,011	0,00	0,01	0,00	0,00	0,33
ΣC	0,12	0,05	0,06	0,55	0,11	1,08
ΣS	<0,02	1,07	1,52	2,89	1,28	3,57
A.K	1,9	7,06	9,26	8,92	6,95	40,53
Toplam	100,00	125,17	164,80	142,01	130,00	4256,88

Nadir toprak elementleri ve İz elementler (Au ppb, diğerleri ppm).

Ba	431,00	2115,67	629,30	1206,54	1151,58	437,14
Hf	4,00	2,89	2,29	2,53	2,79	0,46
Nb	4,30	4,59	3,73	4,29	4,67	0,87
Rb	22,00	194,44	104,97	130,55	121,16	9,07
Sr	405,50	277,75	908,79	272,51	257,51	65,51
Zr	124,10	100,28	76,27	87,70	96,28	14,47
Y	24,50	10,27	5,65	13,99	11,74	1,70
Cu	45,80	37,71	29,76	61,38	68,89	235,40
Pb	19,60	133,48	151,21	92,98	61,94	1493,01
Zn	22,00	19,58	6,90	369,00	102,67	89,00
Ag	0,10	1,20	1,11	0,34	0,25	16,36
Au	0,50	22,57	48,32	15,12	10,58	11784,17
La	12,70	1,05	1,18	1,33	1,12	3,26
Ce	27,30	0,89	0,96	1,14	0,89	2,42
Pr	3,30	0,91	0,82	1,04	0,78	2,33
Nd	13,70	0,78	0,66	0,97	0,68	1,73
Sm	3,39	0,04	0,12	0,51	0,21	1,53
Eu	0,90	0,01	0,17	0,59	0,35	2,09
Gd	3,55	-0,35	-0,24	0,26	-0,01	1,00
Dy	3,82	-0,46	-0,57	-0,08	-0,25	0,52
Er	2,52	-0,47	-0,59	-0,19	-0,35	0,27
Yb	2,40	-0,39	-0,49	-0,17	-0,31	0,64
Lu	0,37	-0,37	-0,47	-0,15	-0,30	0,64

Tablo 3.4. Zr'un hareketsiz olduğu kabul edilerek McLean ve Kranidiotis (1987)'ye göre farklı hidrotermal alterasyona maruz kalmış örnekler için hesaplanan kesin kütle değişim miktarları (ΔC_i).

Örnek	En az altere andezit (%)	Serizitleşme-killeşme (%)	Silisleşme-serizitleşme (%)	Karbonatlaşma-killeşme (%)	Kloritleşme-killeşme (%)	Yoğun silisleşme (%)
SiO ₂	0,00	21,46	57,28	18,34	18,31	4064,20
Al ₂ O ₃	0,00	0,71	5,17	4,10	3,59	11,19
Fe ₂ O ₃	0,00	-0,61	-0,88	4,13	1,17	41,37
MgO	0,00	-0,19	-0,45	3,84	2,07	0,24
CaO	0,00	-2,38	-2,39	0,59	-1,87	-1,37
Na ₂ O	0,00	-7,75	-7,70	-5,37	-4,61	-7,32
K ₂ O	0,00	7,66	4,66	5,51	4,74	3,32
TiO ₂	0,00	0,16	0,23	0,23	0,20	0,29
P ₂ O ₅	0,00	0,02	0,12	0,14	0,06	1,13
MnO	0,00	-0,06	-0,05	0,16	0,06	0,36
Cr ₂ O ₃	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,32
ΣC	0,00	-0,07	-0,06	0,43	-0,01	0,96
ΣS	0,00	1,05	1,50	2,87	1,26	3,55
A.K	0,00	5,16	7,36	7,02	5,05	38,63
Toplam	0,00	25,17	64,80	42,01	30,00	4156,88

Nadir toprak elementleri ve İz elementler (Au ppb, diğerleri ppm).

Ba	0,00	2320,13	633,06	1282,51	1072,19	6621,25
Hf	0,00	-0,43	-0,27	-0,42	-0,41	1,85
Nb	0,00	1,38	1,79	1,79	1,74	2,89
Rb	0,00	227,51	156,19	164,74	135,47	185,02
Sr	0,00	-93,54	1052,54	-26,44	-69,14	664,77
Zr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y	0,00	-11,69	-15,08	-4,42	-8,97	11,57
Cu	0,00	2,59	5,77	41,87	45,78	3942,49
Pb	0,00	159,16	238,59	112,36	63,34	23245,52
Zn	0,00	2,67	-10,38	494,84	112,38	1560,46
Ag	0,00	1,48	1,71	0,40	0,23	2004,71
Au	0,00	26,81	80,72	21,47	13,53	691967,32
La	0,00	13,28	14,96	16,85	14,20	41,36
Ce	0,00	24,27	26,26	30,99	24,36	66,05
Pr	0,00	3,01	2,71	3,44	2,56	7,69
Nd	0,00	10,68	9,07	13,33	9,27	23,73
Sm	0,00	0,14	0,41	1,73	0,72	5,18
Eu	0,00	0,01	0,16	0,53	0,31	1,88
Gd	0,00	-1,23	-0,86	0,91	-0,02	3,53
Dy	0,00	-1,77	-2,17	-0,29	-0,97	1,99
Er	0,00	-1,18	-1,49	-0,47	-0,89	0,69
Yb	0,00	-0,94	-1,18	-0,40	-0,74	1,53
Lu	0,00	-0,14	-0,17	-0,06	-0,11	0,24

Tablo 3.5. Zr'un hareketsiz olduğu kabul edilerek McLean ve Kranidiotis (1987)'ye göre farklı hidrotermal alterasyona maruz kalmış örnekler için hesaplanan göreceli kütle değişim miktarları ($\Delta C_i/C_i \cdot 100$).

Örnek	En az altere andezit (%)	Serizitleşme-killeşme (%)	Silisleşme-serizitleşme (%)	Karbonatlaşma-killeşme (%)	Kloritleşme-killeşme (%)	Yoğun silisleşme (%)
SiO ₂	0,00	0,35	0,95	0,30	0,30	67,11
Al ₂ O ₃	0,00	0,04	0,28	0,23	0,20	0,61
Fe ₂ O ₃	0,00	-0,12	-0,17	0,80	0,23	7,99
MgO	0,00	-0,23	-0,54	4,68	2,52	0,30
CaO	0,00	-0,92	-0,92	0,23	-0,72	-0,53
Na ₂ O	0,00	-0,95	-0,94	-0,66	-0,56	-0,89
K ₂ O	0,00	4,70	2,86	3,38	2,91	2,03
TiO ₂	0,00	0,32	0,43	0,44	0,39	0,55
P ₂ O ₅	0,00	0,12	0,89	0,99	0,43	8,11
MnO	0,00	-0,81	-0,74	2,33	0,79	5,08
Cr ₂ O ₃	0,00	-0,71	-0,54	-0,66	-0,70	28,77
ΣC	0,00	-0,54	-0,48	3,61	-0,06	8,01
ΣS	0,00	52,70	75,05	143,74	62,84	177,66
A.K	0,00	2,72	3,88	3,70	2,66	20,33
Toplam	0,00	56,67	80,00	163,10	71,21	325,14

Nadir toprak elementleri ve İz elementler (Au ppb, diğerleri ppm)

Ba	0,00	5,38	1,47	2,98	2,49	15,36
Hf	0,00	-0,11	-0,07	-0,10	-0,10	0,46
Nb	0,00	0,32	0,42	0,42	0,40	0,67
Rb	0,00	10,34	7,10	7,49	6,16	8,41
Sr	0,00	-0,23	2,60	-0,07	-0,17	1,64
Zr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y	0,00	-0,48	-0,62	-0,18	-0,37	0,47
Cu	0,00	0,06	0,13	0,91	1,00	86,08
Pb	0,00	8,12	12,17	5,73	3,23	1186,00
Zn	0,00	0,12	-0,47	22,49	5,11	70,93
Ag	0,00	14,78	17,12	3,96	2,28	20047,06
Au	0,00	53,62	161,45	42,93	27,05	1383934,64
La	0,00	1,05	1,18	1,33	1,12	3,26
Ce	0,00	0,89	0,96	1,14	0,89	2,42
Pr	0,00	0,91	0,82	1,04	0,78	2,33
Nd	0,00	0,78	0,66	0,97	0,68	1,73
Sm	0,00	0,04	0,12	0,51	0,21	1,53
Eu	0,00	0,01	0,17	0,59	0,35	2,09
Gd	0,00	-0,35	-0,24	0,26	-0,01	1,00
Dy	0,00	-0,46	-0,57	-0,08	-0,25	0,52
Er	0,00	-0,47	-0,59	-0,19	-0,35	0,27
Yb	0,00	-0,39	-0,49	-0,17	-0,31	0,64
Lu	0,00	-0,37	-0,47	-0,15	-0,30	0,64

Buna karşın Fe, Mg, Ca ve Na değerlerinde sırasıyla 0,61, 0,19, 2,38 ve 7,75gr'lık azalma görülmektedir (Tablo 3.4). Alkali ve toprak alkali elementlerdeki bu artış ve azalışlar küçük miktarlanmış gibi görünüyor ise de, en az altere kayaç bileşimine oranlandığı zaman bu değerlerin aslında yüksek miktarlarda olduğu anlaşılmaktadır. Zira en az altere kayacın bileşimine kıyasla, Si %35, Al %4 ve K %470'lik bir artış gösterirken, Fe %12, Mg %23, Ca %92 ve Na %95'lik bir azalma göstermektedir (Tablo 3.5). Serizitleşmiş örneklerde ΣS ve A.K'da sırasıyla 1,05gr ve 5,16gr'lık artış olurken ΣC miktarında çok cüzi (0,07gr/100gr) bir azalma olmuştur (Tablo 3.4). Kükürt miktarındaki artış bir miktar cevher mineralinin varlığına işaret etmektedir. Alterasyon zonlanması göz önüne alındığında serizitik zonun cevher damarlarına yakın kesimlerinde bulunması hesaplanan değeri desteklemektedir.

Hidrotermal alterasyon sonucunda iz elementlerde de değişimler söz konusudur. Hidrotermal etkileşimden en fazla etkilenen elementler, Ba, Rb, Pb ve Sr dur. Bunlardan Ba, Rb, Pb alterasyonla zenginleşme, Sr ise azalma gösterir. Au en yüksek artışı gösteren element olup hidrotermal etkileşim ile ~55 kat zenginleşmiştir. Ba'da 6, Rb'da ~11 ve Pb'da ~9 kat zenginleşme olmuştur (Tablo 3.3). Nadir toprak elementlerde de son derece karakteristik değişimler göze çarpar. Hafif nadir toprak elementlerde (La-Nd) yaklaşık iki katlık zenginleşme olurken, orta nadir toprak elementlerde (Sm-Eu) önemli bir değişim olmamıştır (Tablo 3.3). Buna karşın ağır nadir toprak elementler ise %50-%35 arasında değişen oranlarda bir azalma olmuştur (Tablo 3.3). Bu değişimler de plajiyoklasların alterasyonu ile ilişkilidir. Serizitleşmeye uğramış örneklerde alkali ve toprak alkali elementlerdeki kayıp K miktarındaki yüksek artışla karşılanmıştır. K miktarındaki bu artış ince kesitlerde de gözlenen plajiyoklasların serizitleşmesinin doğal bir sonucu olarak açıklanabilir.

Silisleşme-Serizitleşme: Bu örneklere ait izokronun eğimi serizitleşmiş örneklere göre daha düşük olup M_O/M_A oranı 0,61'dir (Şekil 3.58). Yani göreceli olarak kayacın kütlelerinde %39'luk bir artış meydana gelmiştir. Hidrotermal alterasyon sonucunda kayaç kütlelerinin 164,79gr'a çıktığı (Tablo 3.3), yani 64,80gr arttığı belirlenmiştir (Tablo 3.4). Bu örneklerde silisleşme matriks içinde ve fenokristal olarak bulunan plajiyoklasların hidrolizi sonunda silisleşmesi ile oluşmuştur. Silisleşmiş örneklerde ana oksitlerden Si, Al ve K'da önemli oranlarda artış gözlenirken, Fe, Mg, Ca ve Na'da ise yüksek oranlarda azalmalar olmuştur. Bu artış ve azalışlar en az altere kayaç bileşimine oranlandığında Si için %95, Al için %28 ve K için %286'lık artış görülürken, Fe için %17, Mg için %54, Ca için %92 ve

Na İçin %94'lük kayıplar söz konusudur (Tablo 3.5). Silisleşmiş örneklerde ΣS miktarında 1,50gr'lık bir atışta karşılık ΣC miktarında çok cüzi (0,06gr/100gr) bir azalma olmuştur (Tablo 3.4). Alterasyon zonlanması dikkate alındığında silisleşme örnekleri alterasyon zonunun merkezinde bulunmaktadır. Dolayısıyla cevher minerallerinin varlığına işaret eden kükürt miktarındaki artış beklenen bir durumdur. A.K miktarında ise 7,36gr'lık yüksek bir artış meydana gelmiştir (Tablo 3.4). A.K da meydana gelen bu yüksek artış bu kayalarda bulunan piroksen gibi mafik minerallerin alterasyona uğramasından kaynaklanabilir. Alkali ve toprak alkali bileşenler plajiyoklasların hidrolizi esnasında ortamdan yıkanarak bu elementlerin yerine K ve Al artışı gerçekleşmiştir. Bu da silisleşmeye az da olsa serizitleşme ve killeşmenin eşlik ettiğinin göstergesidir.

Serizitleşmiş örneklerde iz elementlerdeki değişimlere bakıldığında Ba, Rb, Sr, Pb ve Zn hidrotermal etkileşimden en fazla etkilenen elementlerdir. Bu alterasyon zonunda Au en yüksek artışı gösteren element olup ~162 kat zenginleşmiştir. Bunun yanı sıra Ba'da ~3, Rb'da ~8, Sr' da ~4 ve Pb'da ~13 kat zenginleşme olmuştur. Zn miktarında ise ~2 katlık bir azalma meydana gelmiştir (Tablo 3.3). Diğer taraftan nadir toprak elementlerinin de, serizitleşme-killeşme grubunda olduğu gibi benzer bir durum sergilemektedir (Tablo 3.3). Hafif nadir toprak elementlerde (La-Nd) yaklaşık iki katlık bir zenginleşme olurken, orta nadir toprak elementlerde (Sm-Eu) önemli bir değişim olmamıştır. Buna karşın ağır nadir toprak elementlerde (Gd-Lu) %76-%40 arasında değişen oranlarda bir azalma olmuştur (Tablo 3.3).

Karbonatlaşma-Killeşme: Karbonatlaşmış-Killeşmiş örneklere göre çizilen izokronun eğimi önceki gruba göre bir miktar artış göstermektedir ve M_O/M_A oranı 0,71'dir (Şekil 3.59). Yani alterasyon sonunda kayada %29'lük bir kütle artışı olmuştur. Alterasyon sonunda kayaç kütlelerinin 142,01gr'a çıktığı (Tablo 3.3) ve 42,01gr arttığı belirlenmiştir (Tablo 3.4). Karbonatlaşma-killeşme örneklerinde hidrotermal alterasyon sonucunda en yüksek artış ana oksitlerden Si, Al, Fe, Mg, Ca ve K miktarında gözlenirken, Na miktarında önemli azalmalar olmuştur. Si, Al, Fe, Mg, Ca ve K da sırasıyla %30, %22, %80, %468, %23 ve %338'lik artışlar görülmesine karşılık, Na miktarında %66'lık bir azalma mevcuttur (Tablo 3.5). K miktarındaki %338 (5,51gr)'lik yüksek artış, hidrotermal etkileşim sürecinde yıkanmış olan Na miktarını karşılamaktadır.

İz elementler bakımından da alterasyon sonucunda Ba, Rb, Cu, Pb ve Zn miktarlarında zenginleşmeler meydana gelmiştir. Au, bu alterasyon zonunda en yüksek

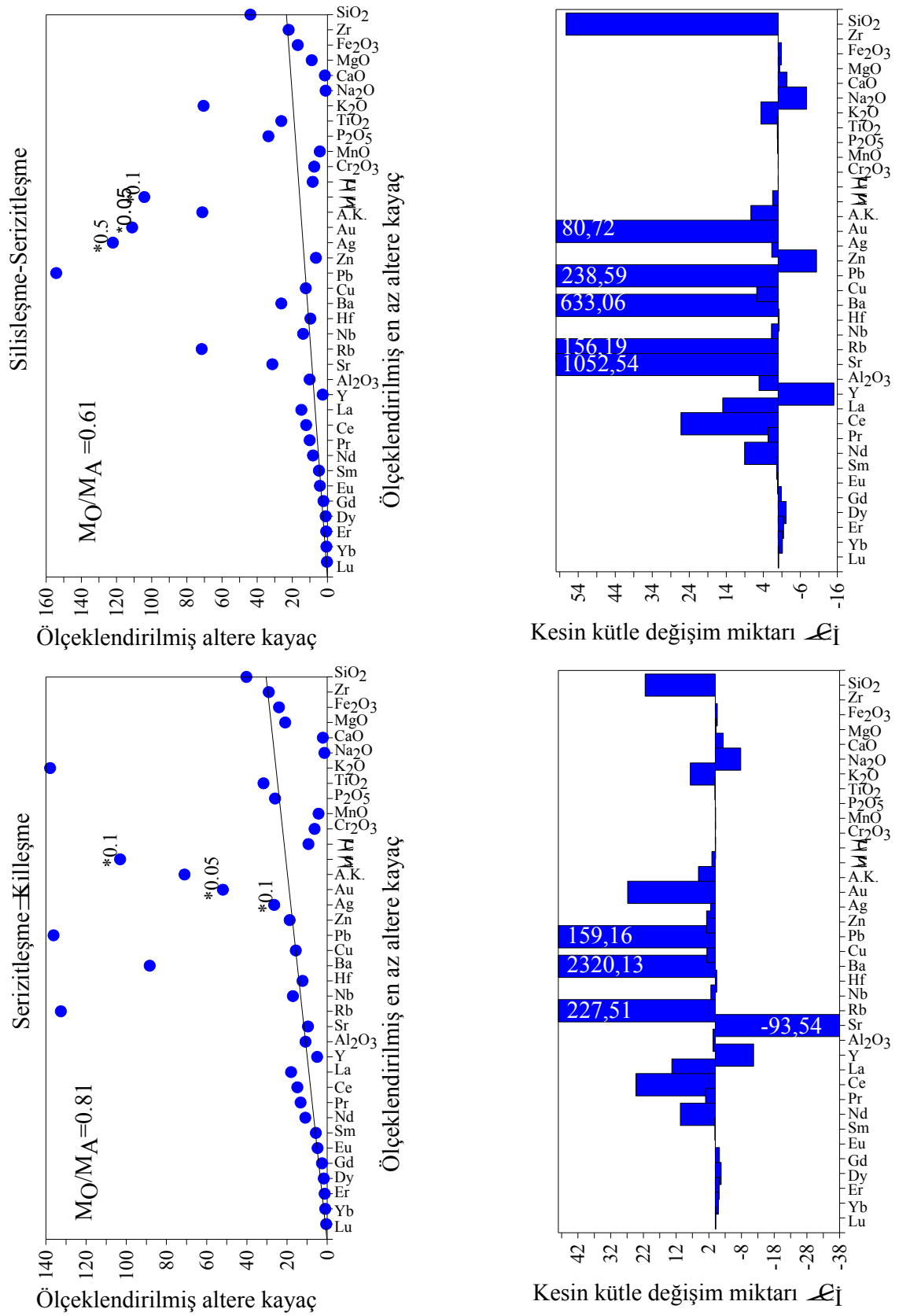
artışa sahip olup, ~44 kat zenginleşmiştir. Hidrotermal etkileşimle, Ba'da ~4, Rb'da ~8, Cu'da ~2, Pb'da ~7 ve Zn'da ~23 kat zenginleşme gerçekleşmiştir (Tablo 3.3).

Önceki gruplarda olduğu gibi bu alterasyon grubu içinde hafif nadir toprak elementler benzerlik göstermektedir. Bu elementlerde yaklaşık iki katlık zenginleşme meydana gelirken, orta nadir toprak elementlerde önemli bir değişim olmamıştır. Buna karşın ağır nadir toprak elementlerde Gd'de %126'lık bir zenginleşme olurken diğerlerinde önemli değişimler görülmemiştir (Tablo 3.3).

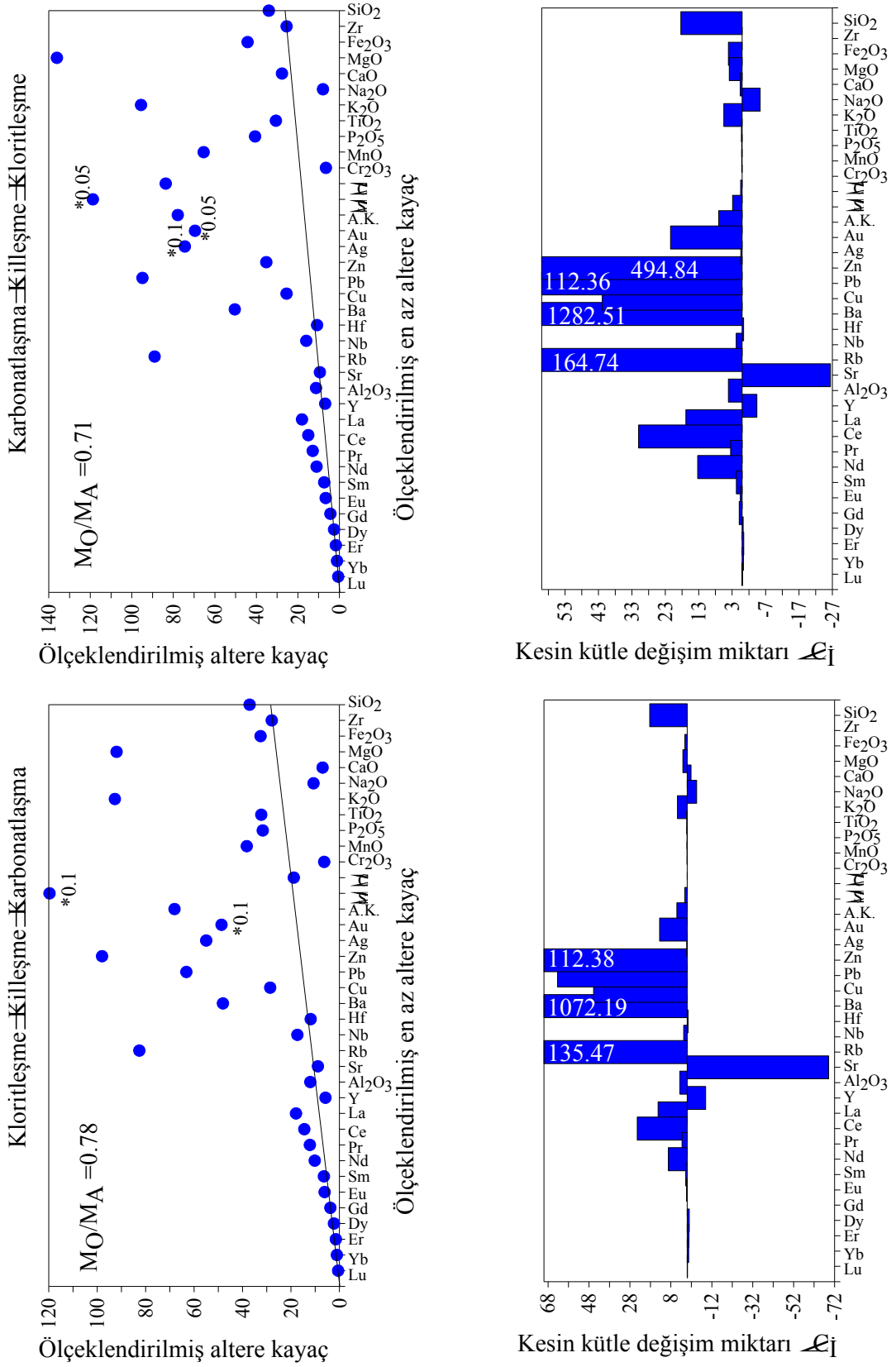
Kloritleşme-Killeşme: Hidrotermal alterasyon sonucunda kloritleşen-killeşen örnekler için çizilen izokronun eğimi bir önceki gruba göre bir miktar daha artmış ve M_O/M_A 0,78 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.59). Bu göreceli olarak kayacın kütlelerinde %22'lik bir artış olduğunu gösterir. Alterasyon sonucunda gerçekleşen bu artış, kayacın kütlelerinde 30gr'lık bir kazanca karşılık gelir (Tablo 3.4). Cevherleşme zonuna göre en dış kesimden alınan örneklerle ait olan bu grupta, en önemli kazançlar ana oksitlerden Si (18,31gr), Al (3,59gr), Fe (1,17gr), Mg (2,07gr) ve K (4,74gr)'da olurken, en yüksek kayıplar Ca (1,87gr) ve Na (4,61gr)'da meydana gelmiştir (Tablo 3.4). Ana oksitlerin ilksel kayaca oranla değişimine bakıldığında Si için %30,2, Al için %20, Fe için %22,5, Mg için % 252,41 ve K için %290,76'lık kazanç, Ca ve Na'nın ilksel kayaca oranla değişimine bakıldığında ise sırasıyla %72,25 ve %56,24'lük kayıplar belirlenmiştir (Tablo 3.5).

Kloritleşme ve killeşmenin yoğun olduğu bu grupta iz elementlerden Ba ~3,5 Rb ~7, Cu ~2, Pb ~4 ve Zn ~6 kat zenginleşmiştir (Tablo 3.3). Alterasyon zonunu dış kesimlerinden alınan örneklerin oluşturduğu bu grupta Au, diğer gruplara nazaran en az zenginleşme göstermekte olup bu grup için 28 kat'lık bir zenginleşmeye sahiptir. Hidrotermal etkileşim sonucunda hafif nadir toprak elementlerde yaklaşık 2 kat zenginleşme olurken, orta nadir toprak elementlerde çok önemli değişimler yoktur.

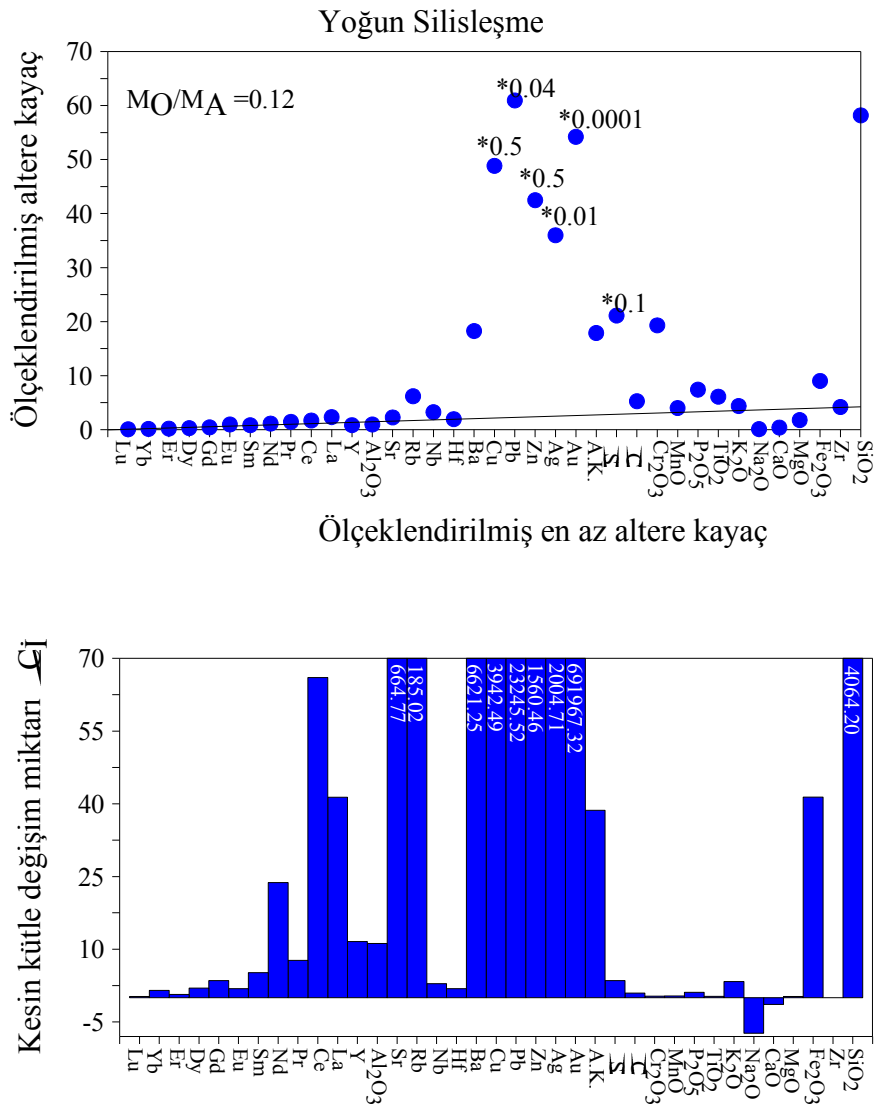
Yoğun silisleşme (Cevher Damarı): Bu örneklerle ait izokronun eğimi diğer alterasyon gruplarından oldukça düşük olup M_O/M_A 0,12 dir (Şekil 3.60). Kayacın kütlelerinde göreceli olarak %97,7'lik bir artış olmuştur. Hidrotermal alterasyon sonucunda kayacın kütlelerinin 4256,88gr'a çıktığı (Tablo 3.3) yani 4156,88gr/100gr arttığı belirlenmiştir (Tablo 3.4). Alterasyon zonunun merkezinde yer alan bu örnek grubunda izokrona göre elementlerin davranışları incelendiğinde en yüksek artışlar Si (4064,20gr), Al (11,19gr), Fe (41,37gr), Mg (0,24gr) ve K (3,32gr)'da olurken, Ca (1,37gr) ve Na (7,32gr) miktarlarında önemli azalmalar olmuştur. Ana oksitlerin ilksel kayaca oranla değişimine bakıldığında, Si için %6711, Al için %61, Fe için %799, Mg için %30 ve K için %203 lük artışlar olurken,



Şekil 3.58. Serizitlenme-killeşme ve Silisleşme serizitlenme gruplarına ait örneklerin ortalama bileşimlerinden sabit Zr'a göre hesaplanan kütle değişim izokronları ve kesin değişim miktarlarını gösteren histogramlar.



Şekil 3.59. Karbonatlaşma-killeşme ve Kloritleşme-killeşme gruplarına ait örneklerin ortalama bileşimlerinden sabit Zr'a göre hesaplanan kütle değişim izokronları ve kesin kütle değişim miktarlarını gösteren histogramlar.



Şekil 3.60. Yoğun silisleşme grubuna ait örneklerin ortalama bileşimlerinden sabit Zr'a göre hesaplanan kütle değişim izokronları ve kesin değişim miktarlarını gösteren histogram (İz elementler için ppm/100gr, ana oksitler için gr/100gr).

Ca için %53 ve Na için %89'luk kayıplar meydana gelmiştir (Tablo 3.5). Yoğun silisleşmiş örneklerin ΣS (3,55gr), ΣC (0,96 gr) ve A.K (38,62gr) değerleri de oldukça yüksektir (Tablo 3.4). Yoğun silisleşmiş örnekler cevherli kuvars damarlarını temsil ettikleri için kükürt değerinin bu grup için yüksek olması beklenen bir durumdur. Hidrotermal alterasyon sonucunda kayaç kütlelerinin 4256,88gr'a çıktığı (Tablo 3.3) yani 4156.88gr/100gr arttığı belirlenmiştir (Tablo 3.4). Alterasyon zonunun merkezinde yer alan bu örnek grubunda izokrona göre elementlerin davranışları incelendiğinde en yüksek artışlar Si (4064,20gr), Al (11,19gr), Fe (41,37gr), Mg (0,24gr) ve K (3,32gr)'da olurken, Ca (1,37gr) ve Na (7,32gr) miktarlarında önemli azalmalar olmuştur. Ana oksitlerin ilksel

kayaca oranla değişimine bakıldığında, Si için %6711, Al için %61, Fe için %799, Mg için %30 ve K için %203 lük artışlar olurken, Ca için %53 ve Na için %89'luk kayıplar meydana gelmiştir (Tablo 3.5). Yoğun silisleşmiş örneklerin ΣS (3,55gr), ΣC (0,96 gr) ve A.K (38,62gr) değerleri de oldukça yüksektir (Tablo 3.4). Yoğun silisleşmiş örnekler cevherli kuvars damarlarını temsil ettikleri için kükürt değerinin bu grup için yüksek olması beklenen bir durumdur.

Hidrotermal alterasyon sonucunda diğer alterasyon gruplarına nazaran aşırı silisleşmiş örneklerde iz ve nadir toprak elementlerin tümünde artış söz konusudur. İz elementlerden özellikle Ba ~16, , Rb ~9, Sr ~3, Cu ~87, Pb ~1163 ve Zn ~72 kat zenginleşmiştir. Au miktarı bu grupta en yüksek zenginleşmeyi gösteren element olup ~1400000 kat artış göstermiştir (Tablo 3.3).

İnceleme alanında meydana gelen alterasyon zonundan alınan örneklerin kimyasal analizleri ile belirlenen kütle değişim hesaplarına göre bazı elementlerde meydana gelen kesin kütle değişimleri ve birbirleri ile olan ilişkileri oluşturulan değişim diyagramlarından yararlanılarak irdelenmiştir (Şekil 3.61 ve 3.62). Çizilen diyagramların bazılarında, damar örneklerini temsil eden yoğun silisleşme grubu örneklerinin yüksek değerler vermesi nedeniyle logaritmik eksene ihtiyaç duyulmuştur.

ΔFe_2O_3+MgO , $\Delta CaO+CO_2$, ΔK_2O+Na_2O , ΔSiO_2 , ΔK_2O ve ΔCaO değişim diyagramları kütle değişimlerine neden olan silisleşme, serizitleşme, karbonatlaşma, kloritleşme ve killeşme olaylarını göstermektedir. Bu değişim reaksiyonlarına ait yönsemeler Şekil 3.61 ve 3.62 üzerinde gösterilmiştir.

ΔK_2O 'nun ΔSiO_2 'ye karşı değişim diyagramı incelendiğinde genel olarak bütün alterasyon gruplarında K ile SiO_2 arasında pozitif bir ilişki görülmektedir. Bu da K artışının serizitleşme ve SiO_2 artışının da silişleşme olayı ile gerçekleştiğini göstermektedir. Yani silişleşmeye bir miktar serizitleşme, serizitleşmeye de bir miktar silisleşme eşlik etmiştir (Şekil 3.61a).

ΔFe_2O_3+MgO 'e karşı ΔSiO_2 diyagramı incelendiğinde, alterasyon grupları arasında farklı yönsemeler görülmektedir (Şekil 3.61b). Kloritleşme gurubu örneklerinde, SiO_2 ile Fe_2O_3+MgO değerleri arasında ters orantı vardır. SiO_2 'deki az bir azalmaya karşılık Fe_2O_3+MgO değerleri pozitif yönde artmaktadır ki bu da kloritleşme için beklenen bir durumdur (Şekil 3.61b). Karbonatlaşma grubu örneklerinde, az bir SiO_2 artışına karşılık, Fe_2O_3+MgO değerleri pozitif yönde artmaktadır. Bu durum karbonatlaşma grubu örneklerinde bir miktar Kloritleşmenin olabileceğini ya da Fe ve Mg içeren karbonat

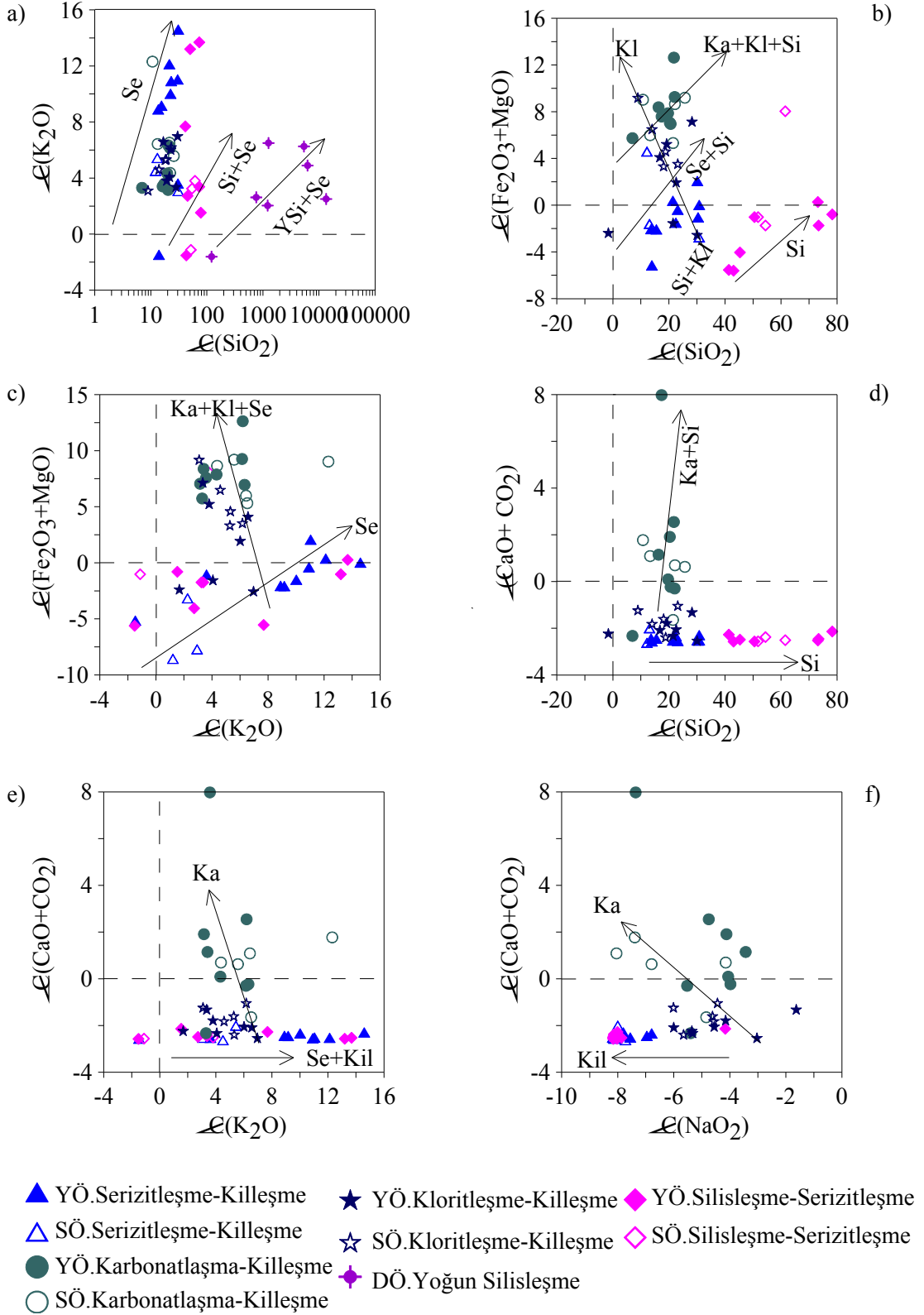
minerallerinin varlığını düşündürmektedir. Buna karşın serizitleşme ve silişleşme grubu örneklerinde ise SiO_2 'nin artışına karşılık $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO}$ değerlerinin negatif olduğu görülmektedir (Şekil 3.61b).

$\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO}$ 'e karşı $\Delta\text{K}_2\text{O}$ diyagramı incelendiğinde kloritleşme ve karbonatlaşma grubu örneklerinde $\Delta\text{K}_2\text{O}$ 'deki az bir değişime karşılık $\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO}$ değerleri pozitif yönde artmaktadır (Şekil 3.61c). Bu durum kloritleşme olayı ile gerçekleşmektedir. Silişleşme ve serizitleşme grubu örneklerinde ise $\Delta\text{K}_2\text{O}$ 'daki pozitif yöndeki artışa karşılık $\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO}$ değerleri negatif değerlerdedir (Şekil 3.61c). $\Delta\text{K}_2\text{O}$ 'daki bu artış serizitleşme olayı ile gerçekleşmektedir.

$\text{CaO}+\text{CO}_2$ 'e karşı ΔSiO_2 değişim diyagramına bakıldığında SiO_2 'deki az bir değişime karşılık karbonatlaşma grubu örneklerinde CaO miktarı artmaktadır (Şekil 3.61d). Buna karşın Kloritleşme, silisleşme ve serizitleşme örneklerinde ise CaO miktarı negatif değerlerde değişim gösterirken, SiO_2 miktarı pozitif değerlerde değişim göstermektedir (Şekil 3.65d). Bu durum silisleşme ile karbonatlaşma arasında ters orantı olduğunu göstermektedir. Yani artan silisleşmeye karşılık karbonatlaşma azalmaktadır.

$\text{CaO}+\text{CO}_2$ 'e karşı $\Delta\text{K}_2\text{O}$ diyagramı dikkate alındığında, silisleşme, serizitleşme ve kloritleşme grubu örneklerinde, $\Delta\text{K}_2\text{O}$ miktarı pozitif yönde artış gösterirken, ΔCaO miktarları negatif değerlerdedir (Şekil 3.61e). Yalnızca karbonatlaşma grubu örneklerinde K'daki az bir değişime karşılık CaO değerleri pozitif yönde artış göstermektedir (Şekil 3.65e). Dolayısıyla $\Delta\text{K}_2\text{O}$ miktarındaki artış serizitleşme, ΔCaO miktarındaki artış ise karbonatlaşma olayı ile gerçekleşmiştir.

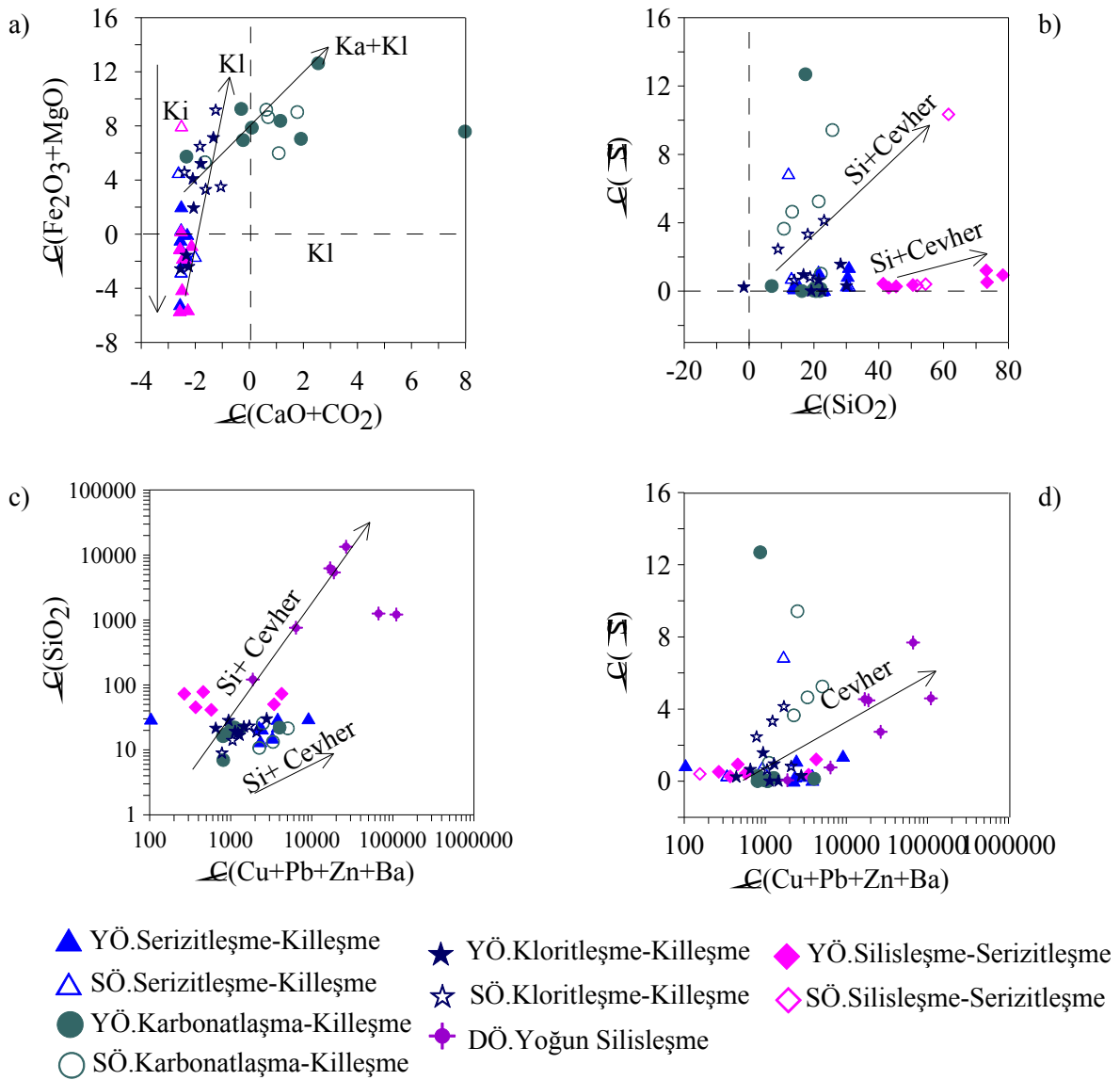
$\Delta\text{Na}_2\text{O}$ 'e karşı $\Delta\text{CaO}+\text{CO}_2$ diyagramına bakıldığında, silisleşme, serizitleşme ve kloritleşme grubu örneklerinin tümünde $\Delta\text{Na}_2\text{O}$ ve ΔCaO miktarlarının negatif değerlerde olduğu, karbonatlaşma grubu örneklerinin birçoğunda ise ΔCaO miktarının pozitif değerlerde, $\Delta\text{Na}_2\text{O}$ miktarının ise negatif değerlerde olduğu görülmektedir (Şekil 3.61f). Dolayısıyla $\Delta\text{Na}_2\text{O}$ ve ΔCaO miktarlarında meydana gelen azalma muhtemelen hidrotermal alterasyon sonucu feldispatların kısmen veya tamamen bozuşmasına bağlı olarak K ve Na yerine ortama ilave olunan Ca ile karbonatlaşmanın oluştuğunu göstermektedir.



Şekil 3.61. Hidrotermal ayrışmaya bağlı olarak değişen bileşenlerin hesaplanan kesin değişim miktarlarının birbirlerine göre dağılımları (YÖ.; Yüzey örneği, SÖ.; Sondaj örneği, DÖ.; Damar örneği, Se; Serizitleşme, Kl; Kloritleşme, Ka; Karbonatlaşma, Kil; Killeşme, Si; Silisleşme, YSİ; Yoğun Silisleşme).

$\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO}$ 'a karşı $\Delta\text{CaO}+\text{CO}_2$ değişim diyagramı incelendiğinde ise yine $\Delta\text{Na}_2\text{O}$ karşı $\Delta\text{CaO}+\text{CO}_2$ diyagramındaki değişime benzer bir durum söz konusudur. Silisleşme, erizitleşme ve kloritleşme grubu örneklerinin tümünde ΔCaO miktarlarının negatifdeğerlerde, $\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO}$ miktarlarının ise kloritleşme örneklerinde pozitif, silisleşme-killeşme örneklerinde negatif değerlerde olduğu görölmektedir (Şekil 3.62a). Karbonatlaşma grubu örneklerinin birçoğunda ise ΔCaO miktarının pozitif değerlerdeki artışına karşılık $\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO}$ miktarlarında da az bir artış görölmektedir (Şekil 3.62a).

Hidrotermal alterasyona bağlı olarak silisleşme ile cevher çökeli mi arasındaki ilişkiyi ortaya koymak üzere ΔSiO_2 'e karşı $\Delta\Sigma\text{S}$ (Şekil 3.62b), ΔSiO_2 'e karşı $\Delta\text{Cu}+\text{Pb}+\text{Zn}+\text{Ba}$ (Şekil 3.62c) ve $\Delta\Sigma\text{S}$ 'e karşı $\Delta\text{Cu}+\text{Pb}+\text{Zn}+\text{Ba}$ (Şekil 3.62d) değişim diyagramları çizilerek irdelenmiştir. Bu diyagramlar dikkate alındığında genel olarak bütün alterasyon grupları için ΔSiO_2 , $\Delta\Sigma\text{S}$ ve $\Delta\text{Cu}+\text{Pb}+\text{Zn}+\text{Ba}$ değişim miktarları arasında pozitif bir ilişki vardır. Dolayısı ile alterasyon zonlanmasında dış zonlardan cevher zonuna doğru yaklaştıkça silisleşme ve cevher çökeli mi artmaktadır.

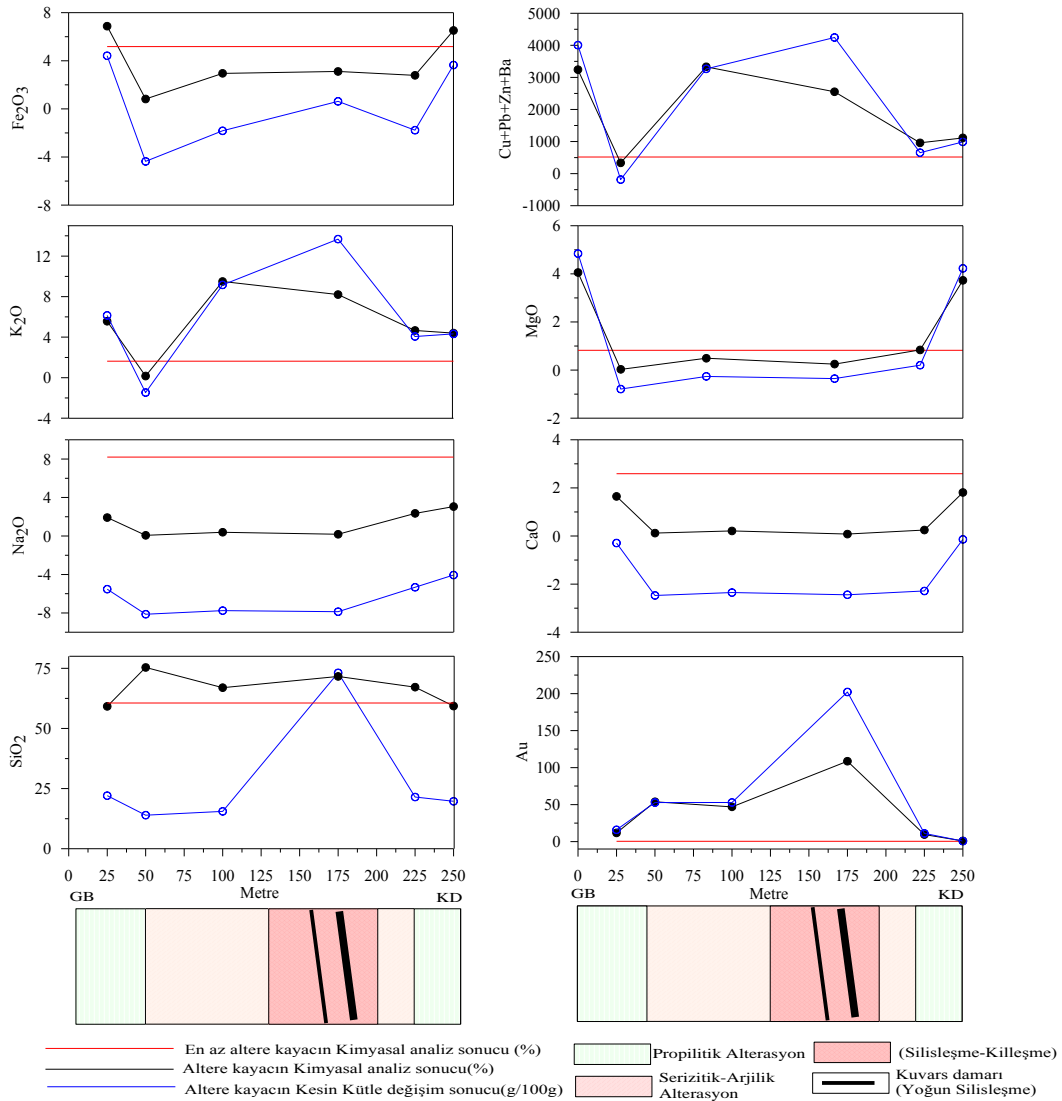


Şekil 3.62. Hidrotermal ayrışmaya bağlı olarak değişen bileşenlerin hesaplanan kesin değişim miktarlarının birbirlerine göre dağılımları (YÖ.; Yüzeý örneği, SÖ.; Sondaj örneği, DÖ.; Damar örneği, Kf; Kloritleşme, Ka; Karbonatlaşma, Kf; Killeşme, Si; Silisleşme).

3.6.4. Kütle Değişiminin Yanal Olarak İncelenmesi

Mastra Au-Ag yatağından kuvars damarının yüzeyinden, damara dik yönde oluşturulan 9 adet profilin her birinden 25m aralıklarla 10 ar tane örnek alınmıştır. Bu örneklerin makroskobik, mikroskobik ve XRD analizlerine göre bileşim olarak aynı olanları belirlenmiş ve örneklerin gruplandırılması yoluna gidilmiştir. Böylece kimyasal analize gönderilen örneklerin tüm profilleri yansıması sağlanmıştır. Bu örneklerin

kimyasal analiz sonuçları Ek tablo 2 ve kütle değişim hesaplarından elde edilen sonuçlar Ek tablo 3'de verilmiştir. Analiz edilen örneklerin damara dik yönde (yanal olarak) kütsel değişimlerinin incelenmesi, hidrotermal çözeltilerin yan kayaçta var olan kırık zonlarını takip ederken yol açtıkları etkilerin belirlenmesini sağlamaktadır. Bunu için grafiksel gösterime, damara dik yönde alterasyon değişimini de gösteren bir profil ilave edilmiştir (Şekil 3.63). Örnekleme yapılan 4. profilin grafiksel gösteriminde, altere örneklerin kimyasal analiz sonuçları, kütle değişim hesaplamaları sonucunda elde edilen kesin kütle değişim değerleri ve en az altere kayacın kimyasal analiz sonucu yer almaktadır.



Şekil 3.63. Mastra Au-Ag yatağında kuvars damarına dik yönde oluşturulan 4.profil boyunca toplanan örnekler için Zr'un değişmediği varsayılarak hesaplanan kesin kütle değişim miktarlarının(ΔC_i) ve analiz sonuçlarının yanal değişimi.

3.7. Kükürt İzotop Jeokimyası

Gümüşhane Mastra Au-Ag yatağında kuvars ile birlikte bulunan cevher minerallerini oluşturan kükürtün kaynağını belirleyebilmek için kükürt izotop analizleri yapılmıştır. Sülfid mineralleri olan pirit, sfalerit, kalkopirit ve galenin birlikte bulunduğu cevher örneklerinden, %100 veya ona çok yakın saflıkta ayrılan bu mineraller kükürt izotopu için analiz edilmişlerdir. Dört ayrı örnekte, sfalerit minerali seçilirken, makrokobik özellikleri bakımından sfaleritlerde görülen renk farklılığı dikkate alınmıştır. Bu renk farklılığının izotopsal anlamda bir değişim gösterip göstermeyeceğinin belirlenmesi amacıyla da, bu örneklerdeki sfaleritler, açık ve koyu renkli olmak üzere kendi içerisinde ayrı ayrı seçilmiştir.

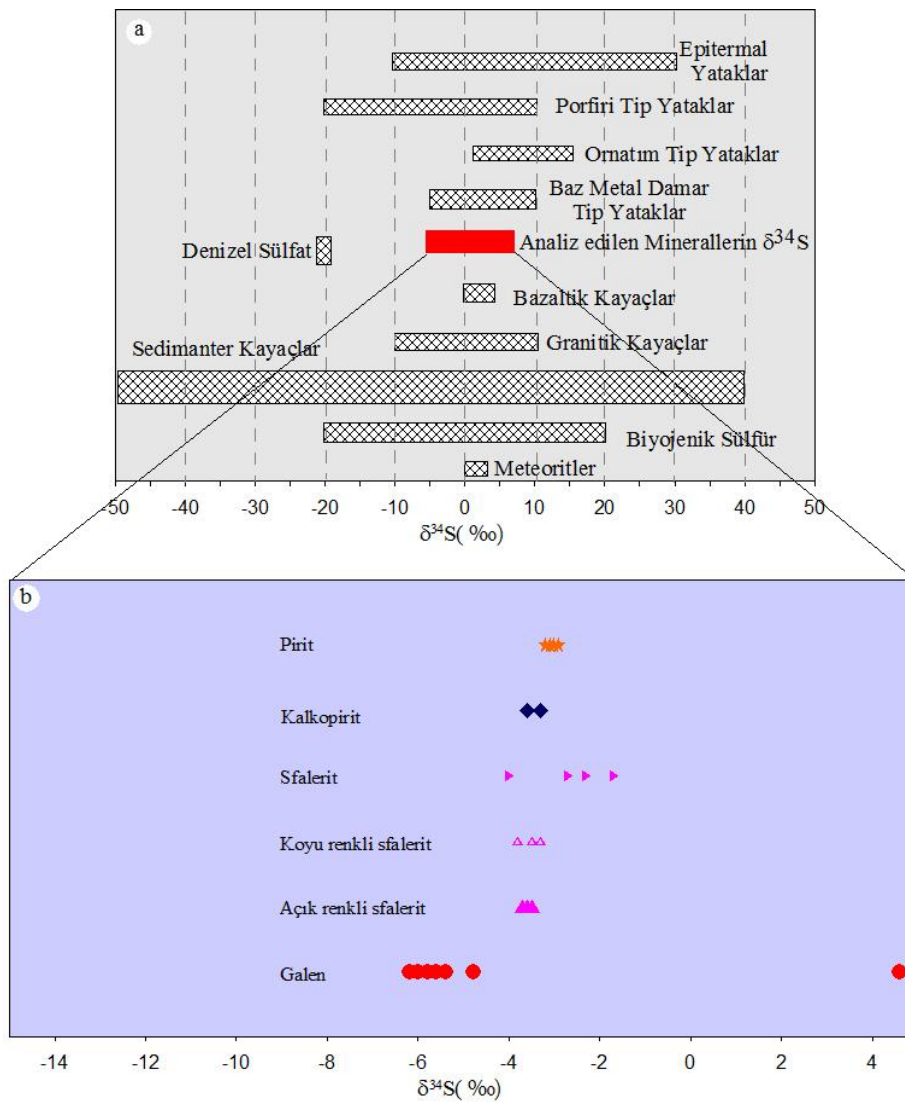
Bu örneklerin dışında dört ayrı cevher örneğinde de sfaleritler, renk farklılığı dikkate alınmadan seçilmişlerdir. Bu şekilde pirit, kalkopirit, sfalerit, açık renkli sfalerit, koyu renkli sfalerit ve galen olmak üzere toplamda 26 adet sülfid mineralinden kükürt izotop analizi yapılmış, analiz sonuçları, örnek numarası ve mineral türü dikkate alınarak Tablo 3.6'de gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Mastra Au-Ag yatağında kuvars damarlarının Cu-Pb-Zn bakımından zengin kısımlarından alınan cevher örneklerinin $\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$ izotopik bileşimleri (A.Sfalerit: Açık renkli sfalerit, K.Sfalerit: Koyu renkli sfalerit).

Örnek No	$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$					
	A.Sfalerit	K.Sfalerit	Sfalerit	Galen	Pirit	Kalkopirit
O1	-3,6	-3,5	—	-6,2	—	—
O2	-3,5	-3,5	—	-5,6	—	—
O3	—	—	-4	-6	—	—
O4	-3,6	-3,8	—	-5,4	—	—
O5	—	—	—	—	-2,9	-3,6
O6	—	—	-2,3	—	-3,1	—
O7	—	—	-1,7	-5,8	-3,2	-3,3
G2	-3,7	-3,3	—	—	-3	—
G5	—	—	—	4,6	—	-3,6
G8	—	—	-2,7	-4,8	—	2—

Tablo 3.6'da da görüleceği gibi pirit, kalkopirit, sfalerit, açık renkli sfalerit, koyu renkli sfalerit ve galenin $\delta^{34}\text{S}$ izotop bileşimi sırasıyla -3,2 ilâ -2,9(‰), -3,6 ilâ -3,3(‰), -4,0 ilâ -1,7(‰), -3,7 ilâ -3,5(‰), -3,8 ilâ -3,3(‰) ve -6,2 ilâ -4,8(‰) arasında değişen değerlere sahiptir. Sadece bir örnekteki galen mineraline ait kükürt izotop değeri +4,6(‰)'dır (Şekil 3.64). Diğer örneklerdeki galenlere ait kükürt izotop değerleri birbirleri

ile uyumluluk göstermektedir. Elde edilen bu aykırı değer muhtemelen analitik bir hatadan veya örnek seçimi esnasında bu mineralin yeterince saflaştırılmamasından kaynaklanmaktadır. Pirit, sfalerit, galen ve kalkopiritten elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ değerleri genel olarak -6,2 ilâ -1,7(‰) gibi dar bir aralıkta değişmektedir (Şekil 3.64). Bununla birlikte açık ve koyu renkli sfaleritler arasında da izotopsal anlamda bir farklılık yoktur. Bu değişim aralığındaki değerler ile çeşitli araştırmacılar tarafından belirlenmiş jeolojik ortam, kayaç ve cevherleşme tiplerine ait izotop verileri karşılaştırılmıştır (Ohmoto ve Rye, 1979; Field ve Fifarek, 1985; Hoefs, 1987; Solomon vd., 2004).



Şekil 3.64. a) Çeşitli kayaç, jeolojik ortam ve Cevherleşme tiplerinin $\delta^{34}\text{S}$ (‰) izotop değişimleri, (Ohmoto ve Rye, 1979; Field ve Fifarek, 1985; Hoefs, 1987). b) Mastra madeninden alınan pirit, sfalerit, galen ve kalkopiritten elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ (‰) izotop değişimleri.

Bazaltik kayaçlar ile meteoritlerin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri 0‰ değerine çok yakındır ve magmatik kükürt bileşenlerini temsil ederler (Hoefs, 1987, Şekil 3.64). Mastra altın yatağından elde edilen izotop değerleri daha çok granitik kayaçlar ($\delta^{34}\text{S}=-10‰$ ilâ $+10$), porfiri tip cevherleşmeler ($\delta^{34}\text{S}=-20‰$ ilâ $+10$), baz metal damar tip yataklar ($\delta^{34}\text{S}=-5‰$ ilâ $+10$) ve epitermal yataklar ($\delta^{34}\text{S}=-10‰$ ilâ $+30$) için elde edilmiş değerlerin genel dağılım aralığı ile uyumluluk göstermektedir (Şekil 3.64).

3.8. Oksijen ve Hidrojen İzotop Jeokimyası

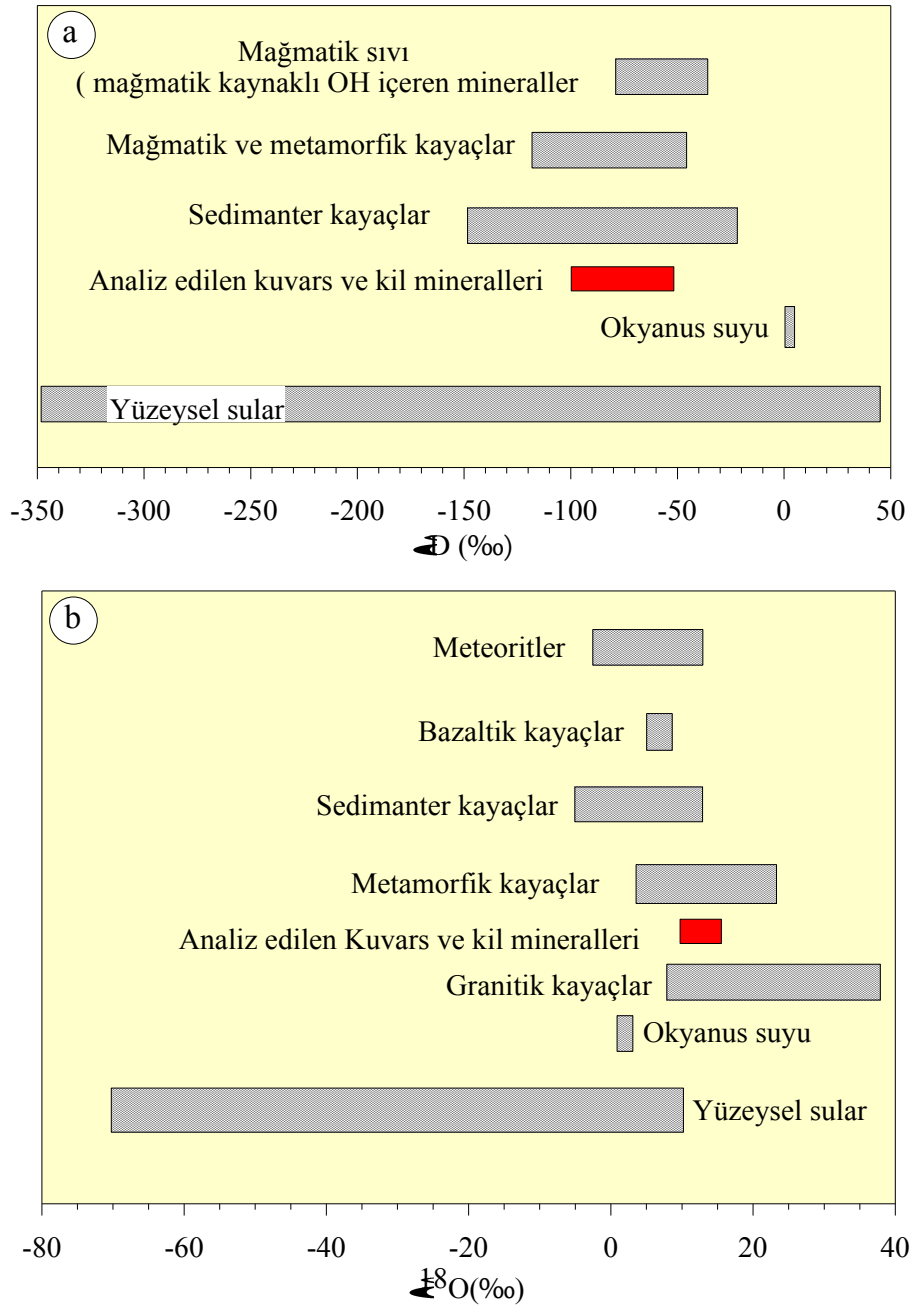
Mastra Au-Ag yatağında, kuvars damarlarını ve alterasyon zonunu oluşturan çözeltilerin kökenini belirleyebilmek amacıyla $\delta^{18}\text{O}$ ve D oksijen izotop çalışması yapılmıştır. Bu amaçla hem kuvars damarlarından hem de alterasyon zonundan örnekler alınmıştır. Kuvars damarlarından 10 adet kuvars örneği, alterasyon zonundan ise 6 adet kil örneği $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop bileşimleri için analiz edilmiştir. Kuvars örneklerinin δD izotop bileşimleri, kuvarslar içerisindeki sıvı kapanımlarından yaptırılmıştır.

Alterasyon zonu kendi içerisinde farklı zonlara ayrılmaktadır. Bu alterasyon zonlarını temsil eden kil minerallerinin, tüm kayaç ve kil fraksiyonu incelemeleri sonucunda, bolluk miktarına göre illit, kaolen ve smektit olduğu tespit edilmiştir. Bu kil minerallerinin alterasyon zonlarındaki bollukları, kuvars damarlarına olan mesafelerine göre farklılık göstermektedir. Kuvars damarına yaklaştıkça illit mineralinin miktarı artarken, kuvars damarından uzaklaştıkça, smektit grubu kil mineralinin miktarının arttığı belirlenmiştir. Kaolen mineralinin miktarı ise değişkendir. Bu nedenle $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop analizine gönderilen örneklerde bu durum dikkate alınarak, illit, illit-kaolen ve smektit-kaolen minerallerinden $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop analizi yapılmıştır. Bu örneklere ait ^{18}O ve D analiz sonuçları Tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.7. Kuvars ve alterasyon zonundan alınan kil örneklerinden, elde edilen $\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ ve $\delta\text{D}(\text{‰})$ izotop analiz sonuçları.

Örnek No	Litoloji	Mineral	$\delta^{18}\text{O} (\text{‰})$	$\delta\text{D} (\text{‰})$
GR	Kuvars Damarı	kuvars	11,3	-63,4
B1280K	Kuvars Damarı	kuvars	10,3	-66,1
D1265K	Kuvars Damarı	kuvars	10,2	-56,2
G5	Kuvars Damarı	kuvars	10,5	-71,4
O1	Kuvars Damarı	kuvars	11,0	-64,2
YD1-2	Kuvars Damarı	kuvars	11,5	-64,0
O3	Kuvars Damarı	kuvars	11,2	-84,8
O6	Kuvars Damarı	kuvars	11,4	-77,3
YD2-3	Kuvars Damarı	kuvars	9,8	-79,8
B1340G	Kuvars Damarı	kuvars	10,2	-78,5
KMK-10	Andezit	illit-kaolen	8,1	-96,4
KMK15	Andezit	illit	9,5	-60,8
KZM46/11	Andezit	illit	8,3	-72,3
KMK100	Andezit	illit	12,4	-81,9
KMK70	Andezit	simektit-kaolen	10,8	-67,9
KMK23	Andezit	simektit-kaolen	12,3	-63,9

Tablo 3.7’de kuvars ve kil örneklerinin izotop değerlerinin oldukça dar bir alanda değişim gösterdikleri görülmektedir. Kuvarsların $\delta^{18}\text{O}$ değerleri +9,8 ilâ +11,5‰ arasında, δD değerleri ise -56,2 ilâ -84,8‰ arasında değişmektedir. Sadece illitin bulunduğu kil örneklerinin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri +8,3 ilâ +12,4‰, δD değerleri ise -60,8 ilâ -81,9‰ arasında değişmektedir. İllit ve kaolenin birlikte bulunduğu kil örneğinin $\delta^{18}\text{O}$ değeri +8,1‰, δD içeriği -96,4‰’tür. Simektit ve kaolenin birlikte bulunduğu kil örneklerin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri de +10,8 ilâ +12,3‰, δD değerleri -67,9 ilâ -63,9‰ arasında değişmektedir. Elde edilen bu $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerleri değişik çözelti ve kayaların oksijen ve hidrojen izotop bileşimleri ile karşılaştırılmıştır (Hoefs, 1973, Şekil 3.65a, b).



Şekil 3.65. Çeşitli kayaç ve çözeltilerin SMOW'a göre a) hidrojen izotop değerleri, b) oksijen izotop değerleri.

3.9. Sıvı Kapanım Jeokimyası

Sıvı kapanımları, maden yataklarının oluşumunda etkili olan fizikokimyasal olayların, yataklanma evrelerinin ve yatağın jenezinin anlaşılmasında önemli veriler sağlamasından dolayı maden yatakları çalışmalarında oldukça önemlidir.

Sıvı kapanım çalışmalarında kapanımların sınıflandırılması ve tanımlanması, elde edilecek verilerin yorumlanmasında oldukça önem taşır. Sıvı kapanımları, oluşumları ve bileşimlerine göre, birçok yazar çeşitli şekillerde sınıflamışlardır (Roedder,1984; Shepherd vd., 1985; Samson ve Russel,1987; Kiliyas vd., 1996; Wilkinson, 2001).

Bu çalışmada ki sıvı kapanım incelemeleri, hem yüzeyde mostra veren kuvars ve barit örnekleri (Y01, YD2-3, YD1-2, ASK-3 ve KMK37) ve hem de galeriden alınan kuvars örnekleri üzerinde (D1265K, B1280K, B1340G) gerçekleştirilmiştir. Bu örneklerden 20 adet, iki yüzü parlatılmış sıvı kapanım kesitleri hazırlanarak, kesitlerin tamamında sıvı kapanımları aranmış; ancak sadece 9 kesitte ölçülebilir sıvı kapanım tespit edilebilmiştir. Bu nedenle 9 adet sıvı kapanım kesitinde mikrometrik ölçümler yapılmıştır. Diğer kesitlerin yeterince şeffaf olmamaları nedeniyle sıvı kapanım çalışmaları yapılamamıştır. İki yüzü parlatılmış sıvı kapanım kesitlerinde tespit edilen sıvı kapanımları, Rodder (1984) ve Shepherd vd. (1985)'nin sınıflandırma kriterlerine göre incelenmiş ve morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra sıvı kapanımlarından ilk erime sıcaklığı ($T_{FM}^{\circ C}$), son buz erime sıcaklığı ($T_{M-ICE}^{\circ C}$) ve homojenleşme sıcaklığı ($T_H^{\circ C}$) ölçümleri yapılarak, elde edilen veriler yardımıyla sıvıların tuzluluğu ve yoğunluğu hesaplanmıştır. Kuvars ve barit minerallerinde yapılan bu ölçümleri ile bu veriler kullanılarak hesaplanan kapanımlara ait tuzluluk ve yoğunluk değerleri Tablo 3.8'de verilmiştir.

3.9.1. Sıvı Kapanım Petrografisi

Kuvars örnekleri, beyaz renkli süt kuvars, şeffaf özellikteki kalsedonik kuvars ve öz şekilsiz kuvarslardan oluşmaktadır. Beyaz renkli süt kuvarslarda kesitlerin yeterince şeffaf olmaması nedeniyle sıvı kapanımları tespit edilememiştir. Kuvars örneklerinde belirlenen sıvı kapanımları çoğunlukla öz şekilsiz kuvars kristallerinde, daha az olarak da şeffaf ve öz şekilli olan kalsedonik kuvars kristallerinde gözlenmiştir. Bu kristallerdeki sıvı kapanımları, birincil ve ikincil kapanımlar şeklinde gözlenmektedirler.

Her iki tip kapanımlar da değişik morfolojide (genellikle dikdörtgen, elips veya armut şekilli) olup, bileşimsel olarak sadece sıvı içeren tek fazlı kapanımlar ile sıvı ve gaz içeren iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar halindedirler (Şekil 3.66). Birincil kapanımlar ikincil kapanımlara göre daha yaygındır.

Tablo 3.8. Kuvars ve barit örneklerinde sıvı kapanımlar üzerinde yapılan mikrometrik çalışmalar sonucunda elde edilen veriler ve bu verilerden elde edilen tuzluluk ve yoğunluk değerleri (B; Birincil kapanım, İ; İkincil kapanım).

Ölçüm Yapılan Mineral	Kuvars		Kuvars		Kuvars		Kuvars	Kuvars	Kuvars	Kuvars	Kuvars	Barit		Barit	
Örnek No	YD2-3		B1280K		D1265K		ASK-3	Y01	YD1-2	KMK-37	B1340G	Y01		Y02	
Kapanım Türü	B	İ	B	İ	B	İ	B	B	B	B	B	B	İ	B	
T_H (°C)	n	11	10	31	18	12	3	8	5	8	7	2	60	4	11
	Ort.	213	188	205	146	204	144	224	256	213	225	220	277	249	298
	max	258	240	331	200	312	162	260	329	290	250	260	390	267	385
	min	170	150	113	110	125	127	200	184	125	200	180	150	218	254
	Std.s	32,0	25,0	62,0	23,0	63,0	17,5	20,0	65,0	47,0	19,0	56,6	59,5	22,8	41,4
T_{FM} (°C)	n	5	-	1	-	2	-	2	2	-	5	-	22	-	5
	Ort.	-27,4	-	-	-	-22,4	-	-23,1	-22,9	-	-20,9	-	-23,9	-	-22,3
	max	-24,0	-	-	-	-21,0	-	-21,6	-22,0	-	-13,6	-	-15,4	-	-19,5
	min	-31,0	-	-	-	-23,7	-	-24,6	-23,8	-	-27,0	-	28,3	-	-24,1
	Std.s	2,9	-	-	-	1,9	-	2,1	1,3	-	4,9	-	2,8	-	1,8
T_{M-ICE} (°C)	n	11	1	29	16	12	1	6	5	2	7	2	41	-	5
	Ort.	-3,0	-	-3,4	-2,7	-2,5	-	-2,0	-2,7	-1,1	-2,5	-2,1	-2,3	-	-1,7
	max	-1,3	-	-1,2	-1,4	-0,2	-	-0,5	-0,5	-0,7	-0,4	-1,8	-0,2	-	-0,7
	min	-6,8	-	-4,9	-4,1	-4,9	-	-2,8	-4,9	-1,4	-4,2	-2,3	-6,7	-	-2,7
	Std.s	1,5	-	0,7	0,9	1,5	-	0,8	1,7	0,4	1,3	0,4	1,6	-	0,9
Tuzluluk (%)	n	11	1	29	16	12	1	6	5	2	7	2	41	-	5
	Ort.	4,9	-	5,6	4,4	4,0	-	3,4	4,4	1,8	4,2	3,5	3,8	-	2,8
	max	10,2	-	7,7	6,6	7,7	-	4,7	7,7	2,4	6,7	3,9	10,1	-	4,5
	min	2,2	-	2,1	2,4	0,4	-	0,9	0,9	1,2	0,7	3,1	0,7	-	0,9
	Std.s	2,2	-	1,1	2,1	2,3	-	1,3	2,7	0,6	2,1	0,6	2,4	-	1,6
Yoğ (g/cm ³)	n	11	1	29	16	12	1	6	5	2	7	2	41	-	5
	Ort.	0,95	-	0,96	0,95	0,95	0,95	0,94	0,96	0,96	0,96	0,94	0,94	-	0,96
	max	0,99	-	0,98	0,97	0,99	0,95	0,97	0,99	0,96	0,98	0,94	0,97	-	0,97
	min	0,93	-	0,93	0,93	0,92	0,95	0,93	0,93	0,95	0,92	0,93	0,86	-	0,94
	Std.s	0,02	-	0,02	-	0,02	-	0,01	0,02	-	0,02	0,01	0,03	-	0,01

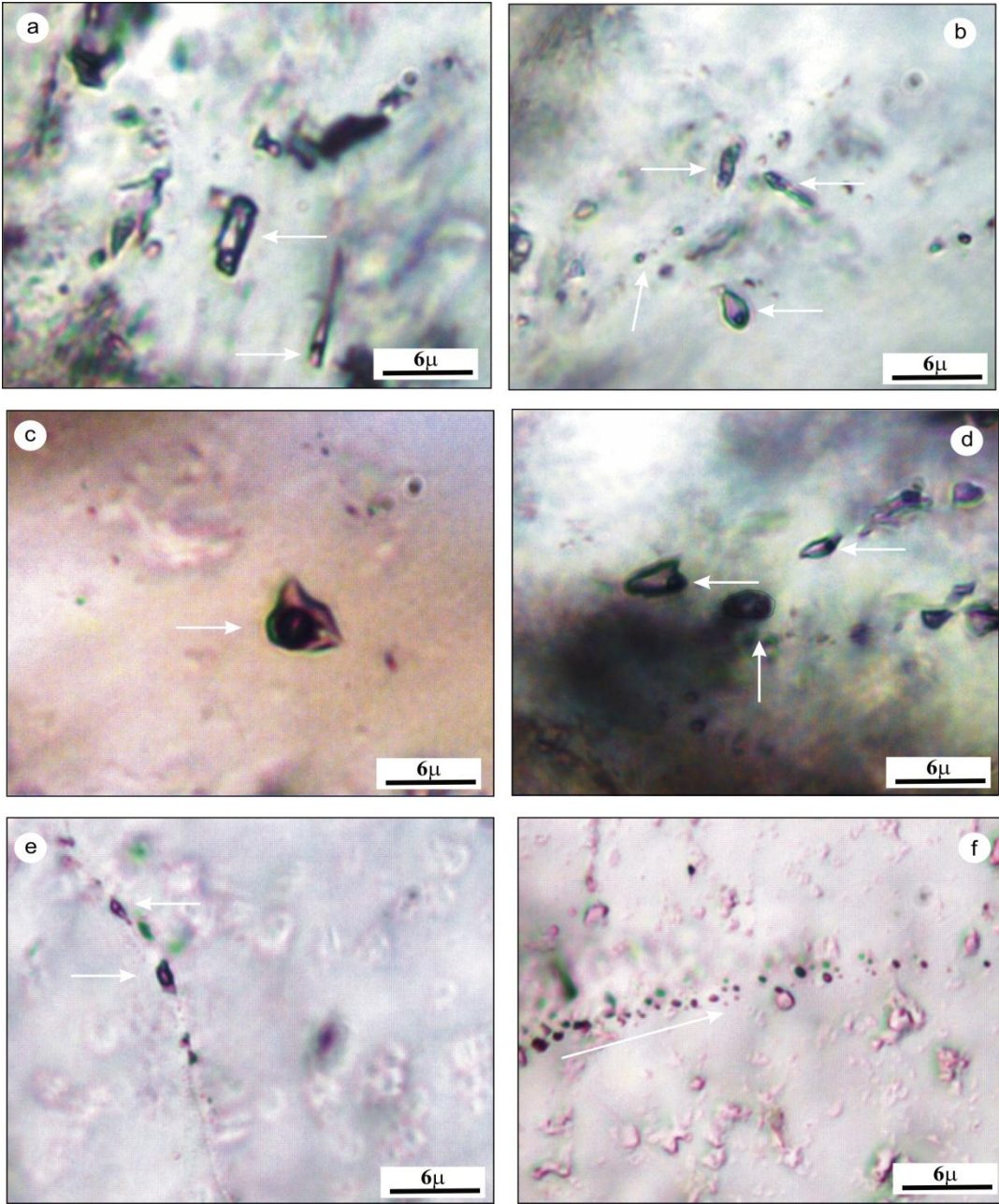
Boyut olarak, birincil kapanımlar (2–10 μ), ikincil kapanımlardan (genellikle 1 μ m'dan küçük, ender olarak 2 μ m) daha büyüktür (Şekil 3.66). Birincil kapanımlar, öz şekilsiz kuvars kristallerinde, genellikle gelişigüzel ve zaman zaman da çizgisel dağılım gösterirler (Şekil 3.66a, b, c ve d). Kalsedonik kuvarslarda ise birincil sıvı kapanımları genellikle öz şekilli kuvars kristalinin sınırlarında gözlenmiştir.

Kuvars kristallerinde gözlenen birincil kapanımlardaki gaz oranı genellikle %5-10 arası olup ender olarak %30'a ulaşmaktadır (Şekil 3.66c). İkincil kapanımlar ise hem öz şekilsiz kuvars kristallerinde hemde öz şekilli kalsedonik kuvars kristallerinde, kristalleri kesen çatlaklar boyunca dizilmiş olarak bulunurlar (Şekil 3.66e, f).

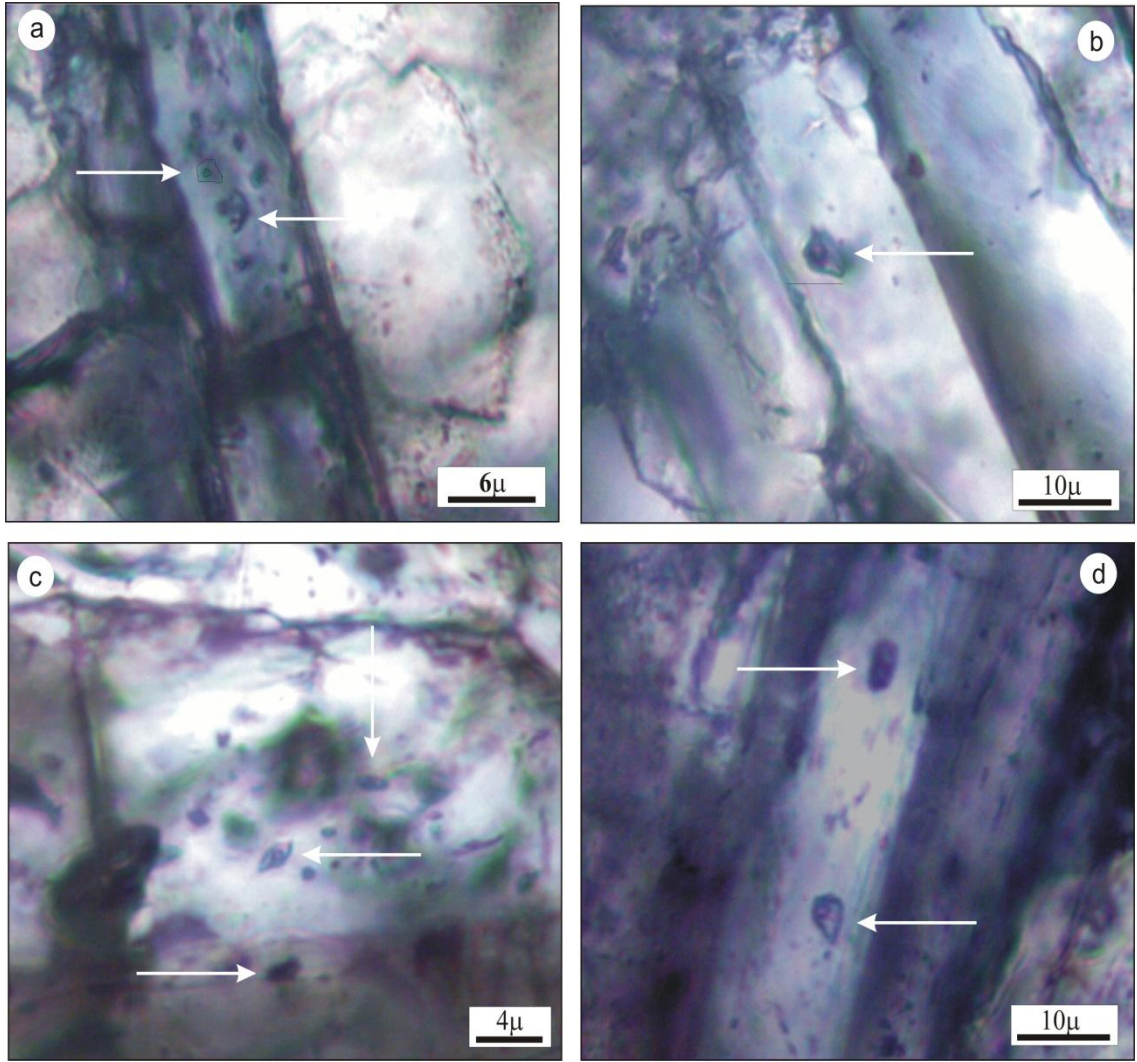
Barit örneklerindeki sıvı kapanımları kuvars örneklerine göre daha fazladır. Baritler içerisinde bulunan bol miktardaki sıvı kapanımları bir doğrultuda sıralanmış gibi görünmektedir ve bu durum kapanımların ikincil kapanım olabileceğini düşündürmektedir. Ancak sıvı kapanımları, bir kırık hattı boyunca değil de baritlerin uzun eksenleri boyunca dizilmişlerdir. Baritlerin ince ve uzun kristaller şeklinde oluşmasından dolayı sıvı kapanımların bu şekilde gelişmesi olağan bir durumdur.

Baritlerde gözlenen sıvı kapanımları genellikle armut şekilli, yuvarlak, elips, üçgen ve dikdörtgenimsi olup, sıvı içeren tek fazlı kapanımlar ile sıvı ve gaz içeren iki fazlı (sıvı+gaz) birincil kapanımlar şeklindedir (Şekil 3.67a, b, c ve d).

Kapanımların boyutları 1 ilâ 6 μ arasında değişmektedir. Kapanımlardaki gaz oranı genellikle %5 ilâ 10 arasındadır. Baritlerde çok az miktarda ikincil kapanım ölçülebilmıştır. Baritleri kesen kırık hatlarında görülen bu kapanımlar birincil kapanımlara göre oldukça küçüktür (>2 μ).



Şekil 3.66. a) Kuvars içindeki dikdörtgen şekilli iki fazlı birincil kapanım, b) kalsedonik kuvars içindeki armut ve elips şekilli, iki fazlı birincil kapanımlar ve 1m'den küçük sadece sıvı içeren tek fazlı birincil kapanımlar, c) gaz oranı yaklaşık %30 olan birincil iki fazlı kapanım, d) öz şekilsiz kuvars kristallerinde çizgisel dağılım gösteren iki fazlı birincil kapanımlar, e) kuvars kristallerini kesen kırıklar boyunca yerleşen iki fazlı ikincil kapanımlar, f) Kuvars kristallerini kesen kırıklar boyunca yerleşen tek fazlı ikincil kapanımlar.

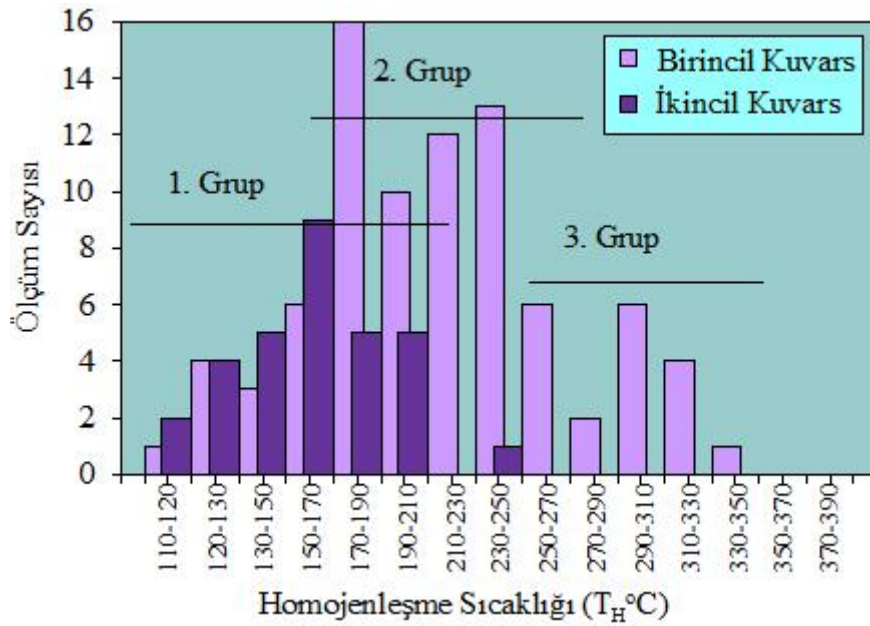


Şekil 3.67. a) Baritlerin ince ve uzun kristalleri boyunca yerleşen yaklaşık üç mikron büyüklüğündeki iki fazlı birincil kapanımlar, b) barit kristali içindeki dikdörtgenimsi iki fazlı birincil kapanım, c) barit kristallerinde gelişmiş güzel bulunan iki fazlı birincil kapanımlar ile onların aralarında bulunan tek fazlı sıvı kapanımlar, d) barit kristalinin uzun eksenine boyunca sıralanan armut ve elips şekilli iki fazlı birincil kapanımlar.

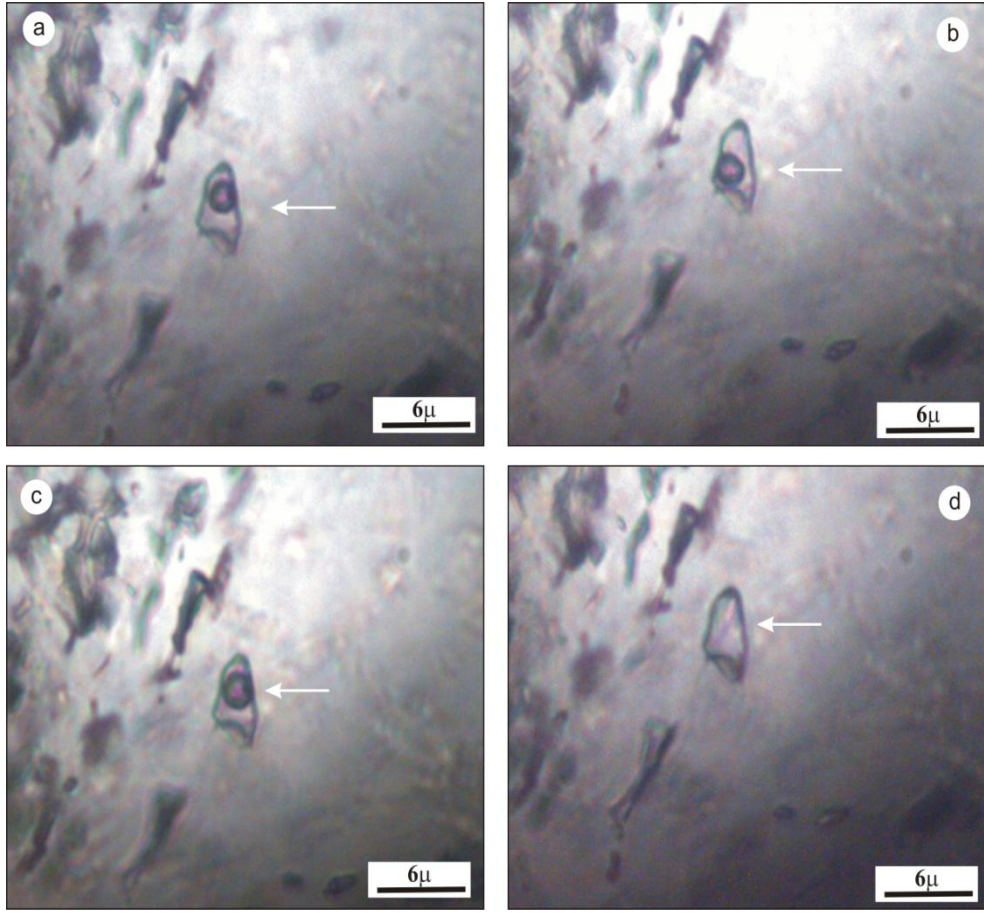
3.9.2. Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri (T_H °C)

Kuars ve barit örnekleri üzerinde homejenleşme sıcaklıkları birincil ve ikincil sıvı kapanımlarda ölçülmüştür. Yüzey damarlarından alınan kuvars örnekleri ile galeriden alınan kuvars örneklerinin homojenleşme sıcaklıkları arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir. Yüzey damarlarına ait kuvars örneklerindeki (Y01, YD2-3, YD1-2, ASK-3 ve KMK37) sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları 125 ilâ 329 °C arasında, galeride örneklenen damarlara ait kuvars örneklerindeki (D1265K, B1280K, B1340G) sıvı

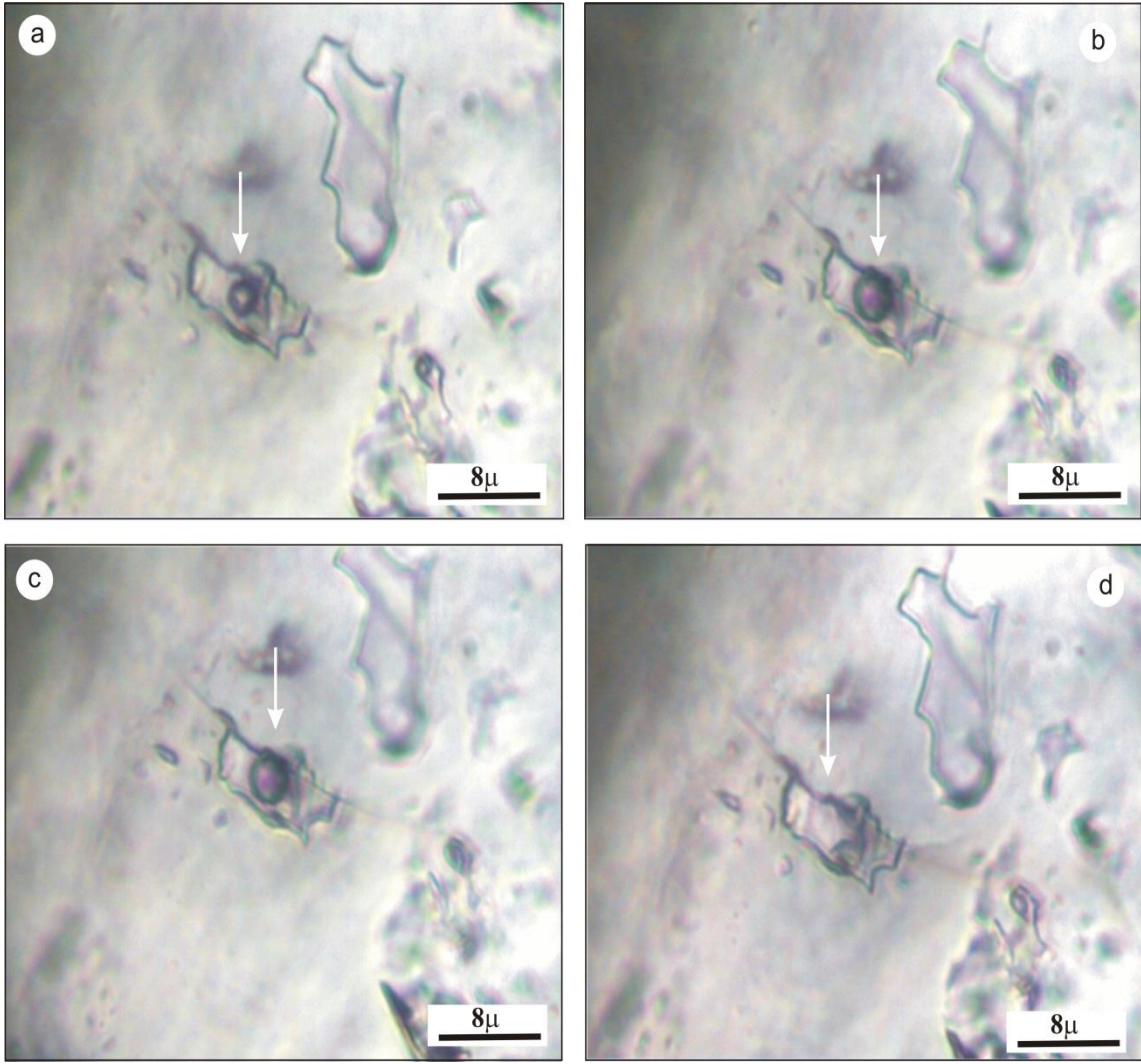
kapanımların homojenleşme sıcaklıkları ise, 113 ilâ 331°C arasında değişmektedir (Tablo3.8). Kuvarslardaki birincil kapanımlarda T_H °C değerleri genel olarak 113 ilâ 331°C arasında değişmektedir. Genel olarak kuvarslarda ölçülen T_H °C değerleri 113-230°C, 190-290°C ve 270-331°C aralıklarında olmak üzere üç farklı grup oluşturmaktadır. İkincil kapanımlarda ise T_H °C değerleri; 110 ilâ 240°C aralığında olup birincil kapanımlar ile uyumluluk göstermektedir (Şekil 3.68). Kuvarslara ait sıvı kapanımlarda biri yüksek diğeri ise düşük sıcaklıklarda homojenleşen iki farklı kapanımın soğutma-ısıtma işlemleri boyunca uğradığı değişimler Şekil 3.69, 3.70 verilmiştir.



Şekil 3.68. Kuvarsların birincil ve ikincil sıvı kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının (T_H °C) dağılımı.

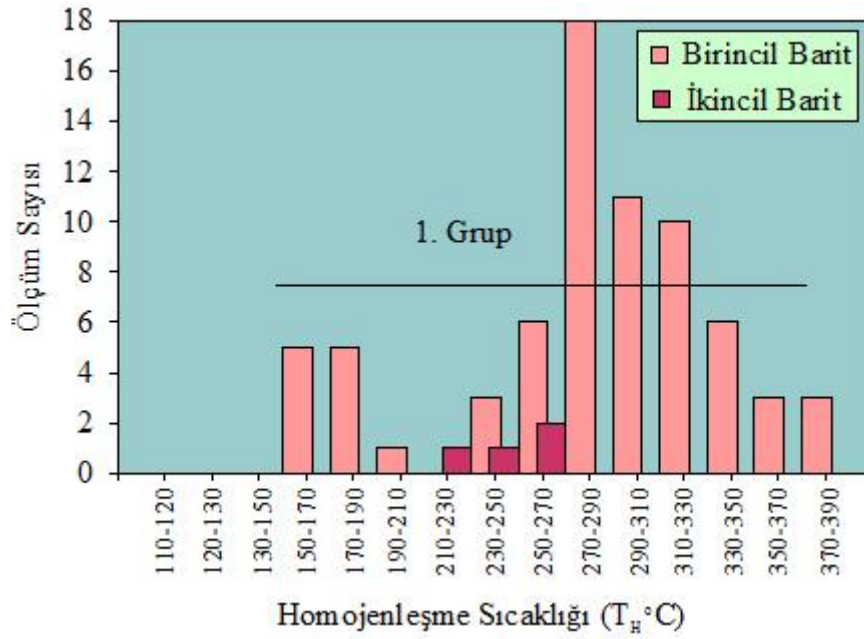


Şekil 3.69. Kuvars kristali içindeki iki fazlı birincil kapanıma uygulanan soğutma ve ısıtma işlemleri. a) kapanımın dondurulmuş görüntüsü (-75°C), b) son ergime sıcaklığının ölçüldüğü an ($-4,9^{\circ}\text{C}$), c) kapanımın oda sıcaklığındaki görünümü ($+25^{\circ}\text{C}$), d) kapanımın homojenleşme sıcaklığının ölçüldüğü an ($+300^{\circ}\text{C}$) (Örnek No: B1280K).

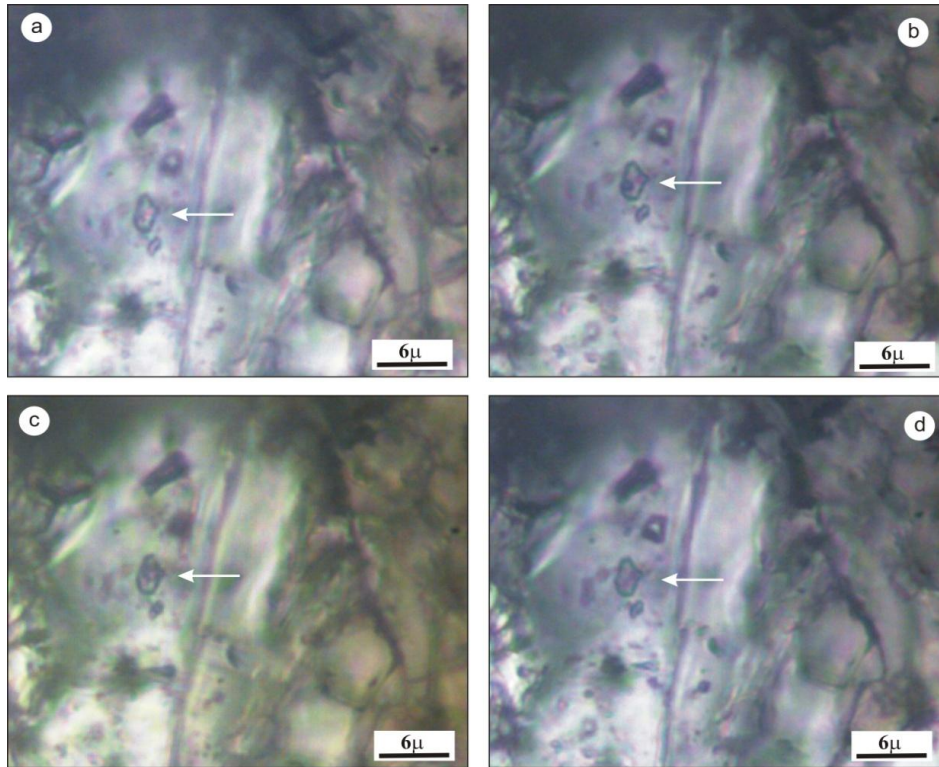


Şekil 3.70. Düşük sıcaklıkta homejenleşen Kuvars kristali içindeki iki fazlı birincil kapanıma uygulanan soğutma ve ısıtma işlemleri, a) kapanımın dondurulmuş görüntüsü (-75°C), b) son ergime sıcaklığının ölçüldüğü an ($-3,2^{\circ}\text{C}$), c) kapanımın oda sıcaklığındaki görünümü ($+25^{\circ}\text{C}$), d) kapanımın homejenleşme sıcaklığının ölçüldüğü an ($+172^{\circ}\text{C}$) (Örnek No: B1280K).

Barit örneklerinde ise homejenleşme sıcaklıkları birincil kapanımlarda, 150 ilâ 390°C arasında olup geniş bir aralıkta oluştuğu görülmektedir. İkincil kapanımlarda 218 ilâ 267°C arasında ölçülen homejenleşme sıcaklıkları birincil kapanımlar ile örtüşmektedir (Şekil 3.71). Kuvarslar ile benzer şekilde baritlere ait sıvı kapanımların soğutma-ısıtma işlemleri boyunca, homejenleşinceye kadar uğradığı değişimler Şekil 3.72 ve 3.73 verilmiştir.



Şekil 3.71. Baritlerin birincil ve ikincil sıvı kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının (T_H °C) dağılımı.

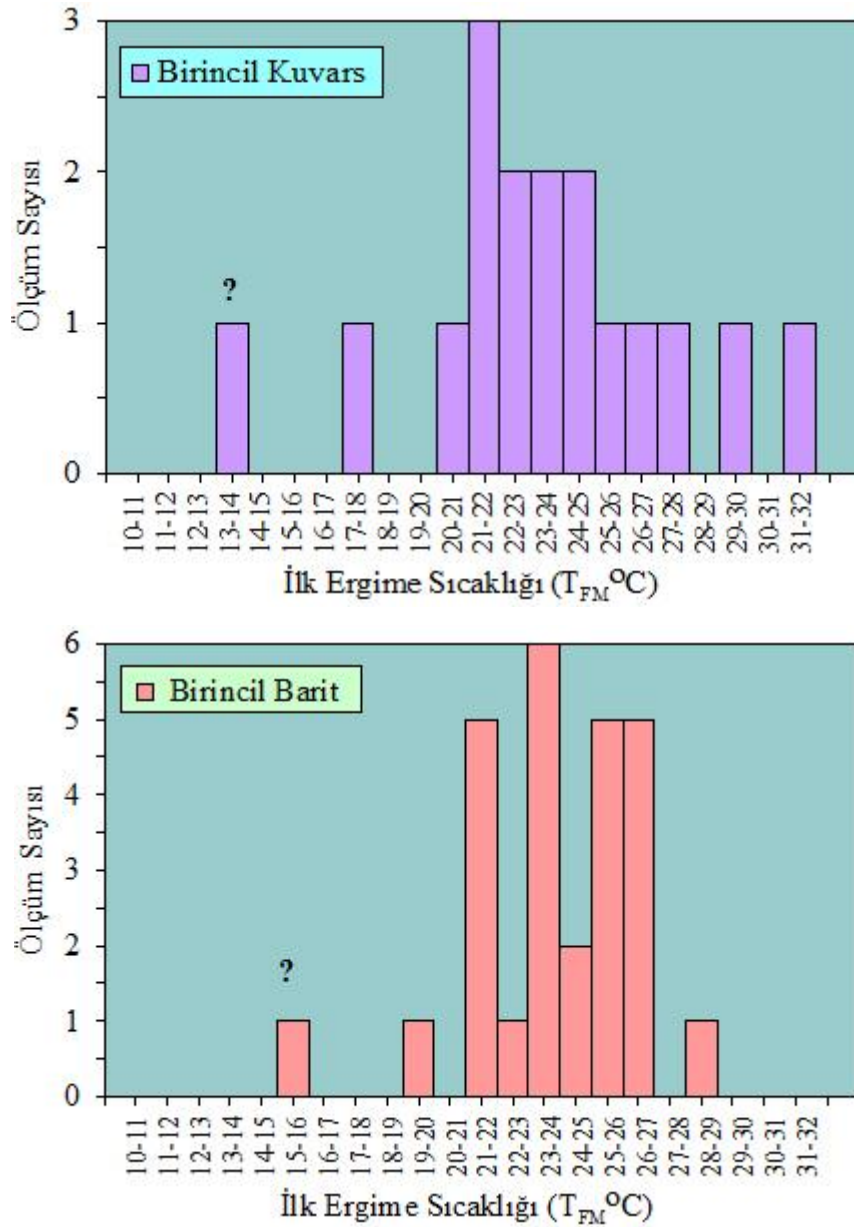


Şekil 3. 72. Barit kristali içindeki iki fazlı birincil kapanıma uygulanan soğutma ve ısıtma işlemleri. a) kapanımın dondurulmuş görüntüsü (-75°C), b) son ergime sıcaklığının ölçüldüğü an (-2,6°C), c) kapanımın oda sıcaklığındaki görünümü (+25°C), d) kapanımın homojenleşme sıcaklığının ölçüldüğü an (+322°C) (Örnek No: Y01).

3.9.3. İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri ($T_{FM}^{\circ C}$)

Kuars ve barit örneklerinde ilk ergime sıcaklığı yalnızca birincil kapanımlarda ölçülebilmektedir. Kuvarlardaki birincil sıvı kapanımlarından 17 adet ilk ergime sıcaklığı, baritlerde bulunan birincil sıvı kapanımlarından ise 27 adet ilk ergime sıcaklığı ölçülmüştür. Kuvarlarda bulunan birincil kapanımlarda, $-31,0$ ilâ $-17,0^{\circ C}$ arasında değişen $T_{FM}^{\circ C}$ değerleri ölçülmüştür. Yalnızca bir kapanımda $-13,6^{\circ C}$ ilk ergime sıcaklığı ölçülmüş ve bu sıcaklık değerinin ölçülmesi şüpheli bir durum olarak değerlendirilmiştir. Barit mineralinde bulunan birincil kapanımlarda ise $-15,4$ ilâ $-28,3^{\circ C}$ arasında değişen T_{FM} değerleri ölçülmüştür (Şekil 3.73). Baritte de sadece bir kapanımda ölçülen $-15,4$ 'lük ilk ergime sıcaklığının da hatalı olması muhtemeldir.

Hem kuvars örneklerinde hem de barit örneklerinde ölçülen $T_{FM}^{\circ C}$ değerleri arasında bir farklılık olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla kuvars ve barit minerallerini oluşturan çözeltilerin benzer olduğu düşünülebilir. Kuvars ve barit örneklerinde ölçülen bu ilk ergime sıcaklık değerleri, çeşitli su-tuz sistemlerinin ötektik sıcaklıkları ile karşılaştırıldığında “ $H_2O-NaCl$ ($-21,2$)”, “ $H_2O-NaCl-Na_2SO_4$ ($-21,7$)”, “ $H_2O-NaCl-NaHCO_3$ ($-21,8$)”, “ $H_2O-NaCl-Na_2CO_3$ ($-21,4$)” ve “ $H_2O-NaCl-KCl$ ($-23,5$)” sistemlerinin ötektik sıcaklıkları (Shepherd ve diğ., 1985; Borisenko, 1977) ile uyduğu görülmektedir. Dolayısıyla kuvars ve barit minerallerini oluşturan çözeltilerin “ $H_2O-NaCl$ ” sisteminde olduğu ve çözelti içinde çoğunlukla $NaCl$ tuzu ve belki bir miktar da KCl tuzu bulunduğu söylenebilir.



Şekil 3.73. Kuvars ve barit örneklerinde birincil sıvı kapanımlarda ölçülen ilk ergime sıcaklıklarının (T_{FM} °C) dağılımı.

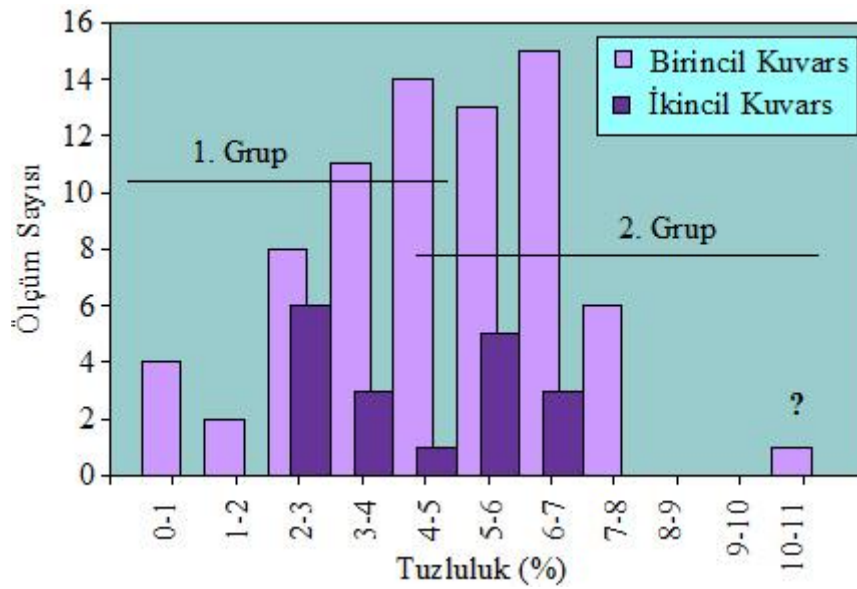
3.9.4. Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{M-ICE} °C)

Son buz ergime sıcaklığı ölçümleri, kuvars örneklerinde birincil ve ikincil kapanımlarda, barit örneklerinde ise sadece birincil kapanımlarda gerçekleştirilebilmiştir.

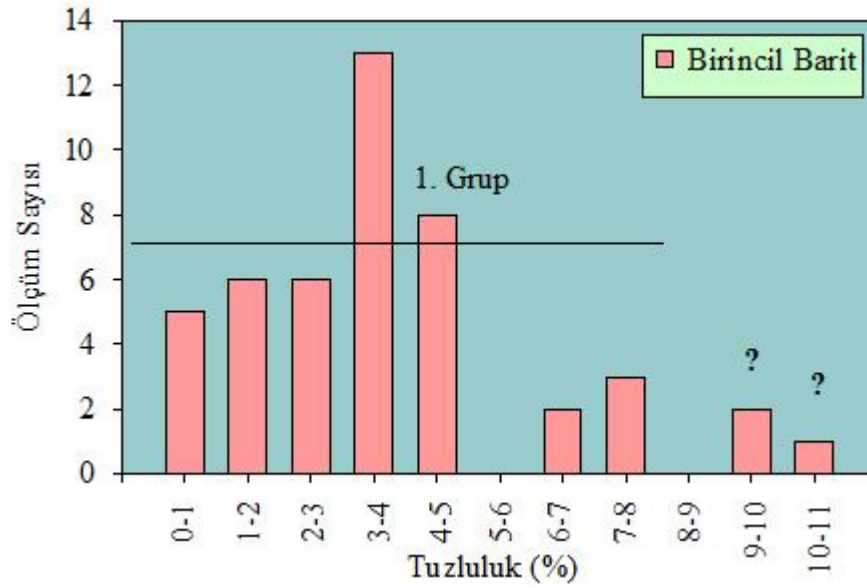
Kuvars örneklerindeki birincil kapanımlarda T_{M-ICE} değerleri; $-0,2$ ilâ $-6,8^{\circ}\text{C}$ arasında, ikincil kapanımlarda ise $-1,4$ ilâ $-4,1^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir (Tablo 3.8). Bu değerler kullanılmak suretiyle, Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiş eşitlik yardımıyla çözeltilerin tuzluluk değerleri hesaplanmıştır. %NaCl eşdeğeri olarak tuzluluğun; birincil kapanımlarda

%0,35 ilâ %7,73 aralığında, ikincil kapanımlarda ise %2,41 ilâ %6,59 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Yalnızca bir kapanımın ölçülen son buz ergime sıcaklığına göre tuzluluğu %10,23 olarak belirlenmiştir. Hesaplanan bu tuzluluk değerleri birincil kapanımlarda, %0,35 ilâ %5 ve %5 ilâ %8 aralıklarında olmak üzere iki farklı tuzluluk değerleri olduğunugöstermektedir (şekil 3.74). İkincil kapanımların tuzluluğu da birincil kapanımlarda olduğu gibi iki farklı grup oluşturmaktadır. İkincil kapanımların tuzluluk değerleri, %2 ilâ %4 ve %5 ilâ %7 aralığında yoğunlaşmaktadır (şekil 3.74).

Barit örneklerindeki ise birincil kapanımlarda yapılan ölçümlerden hesaplanan ve tuzluluk değerleri; %0,35 ilâ %10,11 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Baritlerde ölçülen tuzluluk değerlerinin, kuvarlarda ölçülen tuzluluk değerleri ile uyumlu olduğu görölmektedir (şekil 3.75).



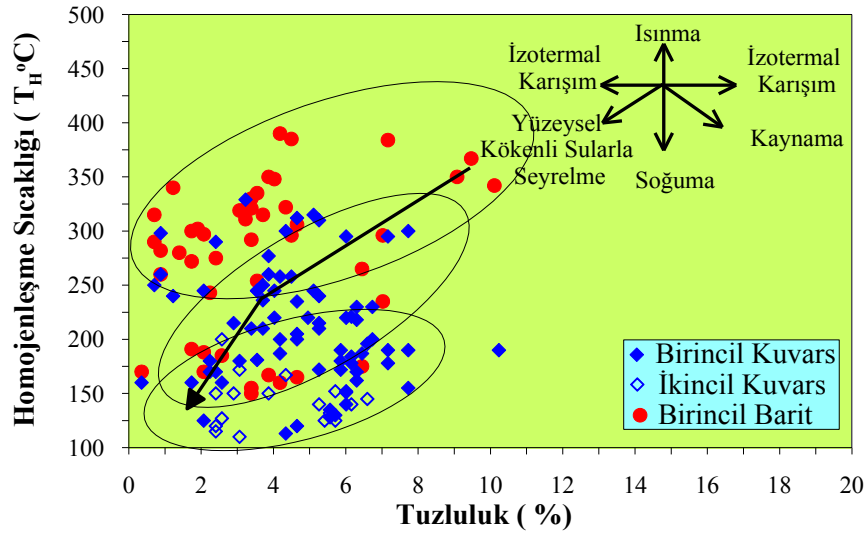
şekil 3.74. Kuvars örneklerinde, birincil sıvı kapanımlarda ölçülen son ergime sıcaklıklarına göre (T_{M-ICE}), hesaplanan tuzluluk değerlerinin dağılımı.



Şekil 3.75. Barit örneklerinde, birincil sıvı kapanımlarda ölçülen son ergime sıcaklıklarına göre (T_{M-ICE}), hesaplanan tuzluluk değerlerinin dağılımı.

3.9.5. Tuzluluk ve Homojenleşme Sıcaklığı İlişkisi

Birincil ve ikincil kapanımlarda tuzluluk ve homojenleşme sıcaklığı ilişkisi incelendiğinde; kuvars ve barit örneklerine ait birincil ve ikincil kapanımların dağılım alanlarının üç farklı grup oluşturduğu görülmektedir (Şekil 3.76). Bu durum ilk evrede cevherleşme ortamında etkili olan çözeltinin tuzluluğunun ve sıcaklığının yüksek olduğunu, ikinci evrede tuzluluğun ve sıcaklığın nispeten daha düşük olmakla birlikte çok fazla değişme uğramadığını ve üçüncü evrede ise düşük sıcaklık ve tuzluluğun ortama hakim olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle, cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin başlangıçta yüksek sıcaklıklı ve tuzluluklu olup zaman içerisinde tuzluluklarının ve sıcaklıklarının azaldığını, yani çözeltinin farklı sıvılarla karışması sonucu seyreltiğini söylemek mümkündür.



Şekil 3.76. Kuvars ve barit minerallerindeki sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk değişimi ve çeşitli sıvı oluşum modelleriyle karşılaştırılması (Shepherd vd., 1985).

4. TARTIŞMA

4.1. Giriş

Mastra (Gümüşhane) Au-Ag yatağının içinde bulunduğu çalışma alanı Kabaköy Formasyonu olarak tanımlanan, Eosen yaşlı andezit, bazalt ve piroklastitleri ile kumtaşı, kireçtaşı, marn ve tuf aralanmasından oluşan tortul birimlerden oluşmaktadır. Bu çalışma alanında, Au-Ag yatağına ev sahipliği yapan kayaçlar, Eosen yaşlı, renkleri griden yeşile kadar değişen andezit ve piroklastitleridir. Bu birim içerisinde D-B, KD-GB, KB-GD doğrultulu birçok fay sistemi mevcuttur. Ancak Mastra Au-Ag yatağı, K50°-70°B doğrultulu 65°-85°KD'ya eğimli tektonik kırık hatları boyunca yükselen hidrotermal çözeltilerin etkisiyle, andezit ve piroklastitleri içerisinde damarlar ve ağsal damarcıklar şeklinde meydana gelmiştir.

Mastra maden yatağının bulunduğu bölge iki ana deformasyon süreci geçirmiştir. Bunlar güneyde sedimenter kayaçları kuzeye doğru oldukça deforme eden bindirme fayları ve kuzeyde andezitik kayaçlardaki normal faylanma ve küçük ölçekli doğrultu atımlı faylanmalardır. Bindirme faylarına bağlı olarak sedimenter kayaçlarda kıvrımlı yapılar meydana gelmiştir (Şekil 3.9a).

Mastra Au-Ag cevherleşmesi hipojen ve süperjen olarak iki evrede oluşmuştur. Hipojen evrede cevher mineralleri olarak pirit, sfalerit, kalkopirit, fahlers, galen ve altın; süperjen evrede kovellin-kalkozin, dijenit, malakit-azurit ve hematit-limonit oluşmuştur. Gang mineralleri olarak da kuvarsın yanı sıra barit, serüzit, kalsit, ankerit, dolomit, jips, adularya ve kil mineralleri bulunmaktadır. Hipojen evrede mineral oluşumunun üç ayrı fazda geliştiği görülmektedir. Bu fazlarda cevher minerali olarak ilk oluşan mineral pirit (Şekil 3.29 ve 3.30). Piritin oluşumunu takiben sfalerit ve kalkopirit-I eş yaşlı olarak gelişirken, fahlers ve galen-I de bu mineralleri ornatarak yerleşmiştir. İlk faza ait cevher minerallerinde kataklastik yapı sıkça görülmesi (Şekil 3.30 ve 3.31), ortamda tektonik bir hareketliliğin olduğunu göstermektedir. Bu hareketlenmenin ardından devam eden hidrotermal çözelti getirimi II. fazın minerallerini getirmiştir. Bu mineraller ilk fazın minerallerini ornatarak ve kırıklarını doldurarak yerleşmişlerdir. Altın II. faza ait cevher

mineralleri içerisinde gözlenmiştir. Altın genel olarak II. fazın mineralleri olan pirit-II, Kalkopirit-II ve galen-II içerisinde bulunmaktadır. III. fazda ise cevher minerali olarak yalnızca pirit gözlenmiştir. Bu fazda gelişen piritler diğer fazların piritlerine göre küçük boyutlu, genellikle kümelenme gösteren ve kısmen yuvarlaklaşmış olarak gözlenmiştir (Şekil 3.29). Piritlerdeki bu özellik son fazda düşük sıcaklıklı bir çözeltinin etkili olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra kuvarslarda görülen öz şekilli kristallenmenin varlığı düşük sıcaklık koşullarını işaret etmektedir. Kuvars ve barit mineralleri tüm cevher oluşum fazlarına eşlik etmişlerdir. Kalsit, ankerit ve dolomit minerallerinin cevherleşmenin II. fazından itibaren oluştuğu düşünülmektedir. Cevher mikroskopisi çalışmalarında bu mineraller belirlenememiştir. Ancak kuvars damarlarının petrografik incelemelerinde kalsit ve ankeritlerin damarlar halinde kuvarsların aralarını doldurdukları gözlenmiştir. Adularya ve kil mineralleri ise XRD analizleri ve ince kesit çalışmalarına dayanılarak belirlenmiştir. Adularya ve kil minerallerinden özellikle illit (serizit), kuvars damarlarına yakın kesimlerden alınan örneklerin XRD analizlerinde yoğun olarak gözlenen iki mineraldir (Şekil 3.49 ve 3.50). Adularya ince kesitlerde genellikle damarcıklar şeklinde bulunmaktadır (Şekil 3.48). illitler ise ince kesitlerde kuvarsların aralarında gözlenmektedir. Bu nedenle bu minerallerin de II. fazdan itibaren oluştuğu düşünülmektedir. Kaolen ve simektit türü kil minerallerinin kuvars damarlarından uzaklaştıkça artış göstermesi bu minerallerin, cevherleşmenin son fazlarına doğru illitlerin oluşumundan sonra geliştiklerini düşündürmektedir. Süperjen evrede gelişen cevher mineralleri ise daha önce oluşan galen, kalkopirit ve pirit minerallerinin oksidasyonu sonucu oluşmuşlardır. Bu şekilde kalkopiritler, kovellin-kalkozin, dijenit ve malakit-azurit'e; galenler, serüzit ve dijenite; piritler, hematit ve limonite dönüşmüştür (Şekil 3.37 ve 3.38).

4.2.Hidrotermal Çözelti Yan Kayaç Etkileşimi

Masta Au-Ag yatağına ev sahipliği yapan Eosen yaşlı andezit ve piroklastitleri hidrotermal alterasyondan değişken oranlarda etkilenmişlerdir. Bu kayaçların bünyesinde bulunan plajiyoklas ve mafik minerallerde, serizitleşme, karbonatlaşma, kloritleşme, epidotlaşma, silisleşme ve killeşme en yaygın görülen alterasyonlardır. Bu alterasyon türleri Mastra Au-Ag yatağındaki kuvars damarları etrafında belirli profil hatlarından alınan altere kayaç örneklerinin XRD analizleri ile de tespit edilmiştir. XRD analizleri

altere kayaçlardaki kil dışı bileşenlerin, kuvars, plajiyoklas, adularya, amfibol, barit, kalsit, ankerit jips, pirit ve dolomit olduğunu göstermiştir (Şekil 3.51 ve 3.52). Bu altere kayaçlarda belirlenen kil mineralleri ise, illit, simektit, kaolen ve klorittir. Bu minerallerden plajiyoklas, amfibol, kalsit, simektit ve klorit daha çok alterasyon zonunun dış kesimlerindeki örneklerde belirlenmiştir. Buna karşın kuvars, adularya, barit, ankerit, illit ve kaolen alterasyon zonunun merkezinde ve merkeze yakın kesimlerinde yoğunluk göstermektedir. Dolayısıyla yan kayaçta, alterasyon zonunun merkezine doğru bir mineral zonlanması gelişmiştir. Mineralojik, petrografik ve XRD analizlerinin birlikte değerlendirilmesi ile ortaya konan mineral zonlanması, alterasyon zonunun dış kesimlerinde, karakteristik mineralleri klorit, epidot, pirit ve karbonat olan propilitik alterasyon ile temsil edilmiştir. Propilit terimi altere olmuş volkanik kayaçları tanımlamak için kullanılan bir terimdir (Pirajno, 1992). Propilitik alterasyon hidrotermal çözeltiden yan kayaca H₂O, CO₂ ve yerel olarak S ilave edilmesi, fakat H⁺ metasomatizmasının önemsiz olması durumunda gerçekleşen bir alterasyondur. Bu esnada kayacın yapısında bulunan plajiyoklasların yerini epidot, klorit ve kalsit; amfibol, piroksen ve biyotitlerin yerini de epidot, klorit ve simektit grubu killer alır. Bu zondaki alterasyon minerallerine ait bulgular hidrotermal alterasyon kısmında detaylı olarak verilmiştir.

Alterasyon zonunun merkezine yaklaştıkça kil minerali olarak illit (serizit) ve yerel olarak da kaolen miktarı artmaktadır. Serizit (illit) ve ona eşlik eden killeşme bu zonda arjilik alterasyon olarak tanımlanmıştır. Ancak arjilik alterasyon kuvars damarları çevresinde serizitik alterasyon ile geçişli olarak bulunmaktadır. Yer yer bu zonda kaolen miktarındaki artışlar serizitik alterasyondan arjilik alterasyona geçiş olduğunu göstermektedir. Serizitik alterasyon karakteristik olarak, serizit ve kuvars minerallerinin yoğun olmasıyla tanınır ve kil minerallerinin yoğunlaşmasıyla arjilik alterasyona geçiş gösterir. Bu alterasyon kuvars damarları etrafında en çok görülen alterasyon türüdür. Arjilik alterasyon ise 100-300°C arasında değişen sıcaklığa sahip hidrotermal çözeltiler tarafından H⁺ metasomatizmasına (asitle yıkamaya) maruz kalan kayaçlarda bol miktarda kaolen ve montmorillonit (simektit) türü kil minerallerinin oluşumuyla gerçekleşir. Bu kil mineralleri plajiyoklasların ayrışmasıyla oluşur. Amfibollerin ayrışması da simektit oluşumuna yol açabilir. Epitermal maden yataklarında H⁺ metasomatizması tipiktir. Bu nedenle bu tür yataklarda arjilik alterasyon cevherin bulunmasına yönelik bir klavuz olarak kullanılabilir.

Mastra Au-Ag yatağında hidrotermal alterasyon, kuvars damarlarından itibaren alterasyon zonunun dış kesimlerine doğru sırasıyla; silisleşme, serizitleşme, arjilleşme ve propilitleşme şeklinde gelişmiştir. Serizitleşme zonu kaolen türü kil minerallerinin artışıyla arjilik zona geçiş göstermektedir. Arjilik zon da kendi içerisinde zonlanma göstermekte ve serizitik zona doğru gidildiğinde kaolen, propilitik zona doğru gidildiğinde ise simektit türü killerde artış görülmektedir.

Kütle değişim hesaplamalarında yapılan alterasyon sınıflaması genel alterasyon sınıflamasından farklıdır. Burada alterasyon mineralojisi dikkate alınarak alt gruplar oluşturulmuş ve böylece alterasyondaki değişim daha detaylı olarak ortaya konmaya çalışılmıştır. Alterasyon mineralojisine göre gruplandırılan örnekler üzerinde yapılan kütle değişim hesapları, kuvars damarlarından dış zonlara doğru gidildiğinde, hidrotermal alterasyon zonunda önemli değişikliklerin olduğunu göstermektedir. Alterasyon zonunun en iç kısmındaki kayaç kütlelerinde ilksel kayaca göre %97,7'lik bir kütle artış varken, dış zonlara doğru bu değer giderek azalmaktadır. Silisleşme-serizitleşme zonunda kütle artışı %39 ve serizitleşme-killeşme zonunda %20'dir. Karbonatlaşma-killeşme zonunda kayaç kütlelerinde %30 ve kloritleşme-killeşme zonunda, yani alterasyon zonunun en dış kesiminde ise %23'tür Bu değerlere ve örnek alım yerlerine bakıldığında kuvars damarları etrafında gelişen alterasyon zonunu oluşturan hidrotermal çözeltilerin, yan kayacı, kuvars damarlarının her iki tarafına doğru 50m kadar etkilemiş oldukları görülmektedir. Bu etkinin şiddeti dış kesimlere doğru azalmıştır. Alterasyon zonunda, kütle artışında rol oynayan asıl bileşenler SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , K_2O , ΣS ve A.K'dır. Bu bileşenlerden SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve K_2O cevherli zona yaklaştıkça daha fazla kütle artışı göstermektedir. Ana bileşenlerden özellikle MgO , CaO ve Na_2O , alterasyon zonunun iç kesimlerinde, yani serizitleşme-killeşme ve silisleşme-serizitleşme zonlarında kütle kaybına uğramıştır. Bu kütle kayıpları SiO_2 ve K_2O ile Fe_2O_3 artışlarıyla karşılanmıştır. Bununla birlikte alterasyon zonunun dış kesimlerinde, özellikle karbonatlaşma-killeşme zonunda, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO miktarlarında artış olurken, Na_2O miltarında kütle kaybı gerçekleşmiştir. Kloritleşme-killeşme zonunda da, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO miktarlarında önemli artışlar olurken, CaO ve Na_2O miktarlarında da kütle kaybı belirlenmiştir. Alterasyon zonlarında gerçekleşen bu alkali ve toprak alkali kaybı sadece K_2O tarafından karşılanmıştır. Zira, tüm alterasyon zonlarında K_2O ilksel kayaç bileşimine göre 3,32 ilâ 7,66gr/100 arasında değişen kütle kazancı gösterir. K_2O bütün alterasyon zonu boyunca Kil ve serizit (illit) oluşumunda kullanılmıştır. K_2O artışı alterasyon

zonunun en dış zonlarında daha az, iç kesimlerde, yani serizitleşme-killeşme zonunda daha fazladır. Bu da dış kesimlerde simektitin, iç kesimlere doğru ise serizit(illit)-kaolenin baskın oluşuyla açıklanabilir. Hidrotermal alterasyon zonlanmasında, Na₂O miktarının kuvars damarlarına doğru sürekli azaldığı belirlenmiştir (Şekil 3.58, 3.59 ve 3.60). Ca ve MgO'un alterasyon zonunun dış kesimlerinde artıp iç kesimlerinde azaldığı, dolomit ve kalsit gibi gang minerallerinin oluşumu nedeniyle yoğun silisleşme (damar) zonunda tekrar artış gösterdiği, demir ve silis miktarının damara yaklaştıkça önemli oranda arttığı belirlenmiştir. Mg miktarında yoğun silisleşme zonunda 0,24gr/100gr (%30 oranında) bir artış gözlenmekte, ancak CaO miktarında yoğun silisleşme zonunda azalma devam etmektedir. Bu durum yoğun silisleşme (damar) zonunda karbonat minerali olarak kalsitin yanı sıra dolomit ve ankerit türü karbonat minerallerinin varlığına işaret etmektedir. Zira alterasyon zonundan alınan örneklerden yapılan XRD analizlerinde, özellikle serizitleşme-killeşme zonundaki örneklerde kalsit minerali ile birlikte ankerit minerali de tespit edilmiştir (Şekil 3.51).

4.3. Hidrotermal Çözeltinin Sıcaklığı ve Fizikokimyasal Özellikleri

Mastra Au-Ag yatağında, cevherleşmeyi ve alterasyon zonlarını temsil eden kil minerallerinin hepsinin aynı sıcaklıkta oluştuğu düşünülemez. Bu nedenle Mastra Au-Ag yatağını temsil eden kuvars damarlarından alınan kuvars ve onunla birlikte bulunan barit mineralinden sıvı kapanım çalışmaları, cevher ve kil minerallerinden de jeotermometre çalışmaları yapılmıştır.

Mastra Au-Ag yatağından alınan kuvars örneklerindeki birincil kapanımların homojenleşme sıcaklıkları 113-230°C, 190-290°C ve 270-331°C aralıklarında olmak üzere üç farklı grup oluşturmaktadır. İkincil kapanımlarda ise T_H °C değerleri 110-240°C aralığında olup birincil kapanımların ilk grubu ile uyumluluk göstermektedir (Şekil 3.68). Barit örneklerinde ise homojenleşme sıcaklıkları birincil kapanımlarda 150-390°C arasında olup geniş bir aralıkta oluştuğu görülmektedir. İkincil kapanımlarda 218-267°C arasında ölçülen homojenleşme sıcaklıkları birincil kapanımlar ile örtüşmektedir. Yüzey damarlarından alınan kuvars örnekleri ile galeriden alınan kuvars örneklerinin homojenleşme sıcaklıkları arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir. Belirlenen bu homojenleşme sıcaklıklarına göre barit mineralinin nispeten yüksek sıcaklıklarda kristallenmeye başladığı açıkça görülmektedir. Yani kuvars ile baritin eş yaşı olarak

geliştiği söylenebilir. Elde edilen bu homojenleşme sıcaklıkları ile mineral oluşum fazları arasındaki ilişki incelendiğinde, kuvars örneklerinde belirlenen 1. grup homojenleşme sıcaklıkları III. faza, 2. grup II. faza ve 3. grup I. faza karşılık gelmektedir (Şekil 3.29).

4.3.1. Kükürt İzotop Jeotermometresi

Sülfid mineralleri arasındaki izotopsal denge ayrımlanma faktörleri kullanılarak bu minerallerin oluşum sıcaklıkları belirlenebilmektedir (Ohmoto ve Rye, 1979). Bu amaçla değişik mineraller arasında mineral çiftleri oluşturulmakta ve izotopsal oran farkları hesaplanarak önerilen formüller yardımıyla oluşum sıcaklıkları belirlenmektedir. Bu yöntemin kullanılabilmesi için çift oluşturulan minerallerin oluşum sırasında dengede olmaları, mineraller oluşuktan sonra birbirleri arasında veya çözelti ile bu mineraller arasında izotopik etkileşme ve değişimler gelişmemelidir. Ayrıca, mineral ayrımı esnasında da farklı minerallerin birbirinden çok iyi ayrılmış olmaları gerekmektedir. Bu çalışmada Mastra Au-Ag yatağından alınan cevher örneklerinden seçilen; pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenler arasında Ohmoto ve Rye (1979) tarafından derlenen denge denklemleri ile kükürt izotop jeotermometreleri uygulanmıştır. Mineral çiftleri arasında kullanılan denge denklemleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Buna göre mineral çiftleri arasında bu denge denklemleri kullanılarak elde edilen sıcaklık değerleri ile denge durumları, kullanılan mineral çiftleri ve örnek numaraları ile birlikte Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Denge halinde oluşmuş iki sülfürlü bileşiğin kükürt izotop değerlerine bağlı olarak belirlenen kükürt izotop termometreleri (Ohmoto ve Rye,1979’dan).

Mineral Çifti	Denge denklemi(T,°K)	Belirsizlikler	
		1	2
Pirit-Galen	$T = \frac{(1,01 \mp 0,04) * 10^3}{\sqrt{\delta^{34}S_{\text{pirit}} - \delta^{34}S_{\text{galen}}}}$	± 25	± 20
Pirit-Kalkopirit	$T = \frac{(0,67 \mp 0,04) * 10^3}{\sqrt{\delta^{34}S_{\text{pirit}} - \delta^{34}S_{\text{K.pirit}}}}$	± 35	± 40
Pirit-Sfalerit	$T = \frac{(0,55 \mp 0,04) * 10^3}{\sqrt{\delta^{34}S_{\text{pirit}} - \delta^{34}S_{\text{sfalerit}}}}$	± 40	± 55
Sfalerit-Galen	$T = \frac{(0,85 \mp 0,03) * 10^3}{\sqrt{\delta^{34}S_{\text{sfalerit}} - \delta^{34}S_{\text{galen}}}}$	± 20	± 25

Cevher mikroskobisi çalışmalarında hangi mineralin hangi mineralle dengede olduğu gözlenebiliyor olsa da, mineral ayırımı sırasında bu denge durumuna göre ayırım yapmak mümkün olmamaktadır. Elde edilen sıcaklık değerlerine göre sülfür minerallerinin bazılarının dengede bazılarının ise dengede olmadığı görülmektedir (Tablo 4.2). Buna göre sfalerit ile galen, pirit ile sfalerit ve pirit ile galen arasında denge durumu olduğu yani eş yaşlı oldukları söylenebilir. Ancak pirit ile kalkopirit arasında ve farklı fazlara ait olduğu düşünülen mineral çiftlerinden pirit ile sfalerit ve pirit ile galen arasında da denge durumu yoktur. Eş yaşlı olan mineral çiftlerinden T_1 : 147 ± 15 (ortalama 147°C), T_2 : $244-254 \pm 19^\circ\text{C}$ (ortalama 249°C) ve T_3 : $313-399 \pm 28^\circ\text{C}$ (ortalama 348°C) denge sıcaklıkları elde edilmiştir. Elde edilen bu sıcaklık değerleri, sıvı kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklık değerleri ile oldukça uyumludur. Bu sıcaklık değerlerinden T_1 , sıvı kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklıklarına göre kuvarslarda belirlenen I. gruba; T_2 , II gruba ve T_3 , III. gruba karşılık gelmektedir. Kükürt izotop jeotermometresi ile elde edilen T_3 sıcaklık değeri, baritlerde ölçülen homojenleşme sıcaklıkları ile de uyumludur.

Tablo 4.2. İki sülfürlü mineralin kükürt izotop değerlerine bağlı olarak belirlenen kükürt izotop jeotermometreleri (Ohmoto ve Rye, 1979), (A; açık renkli, K; koyu renkli).

Örnek No	Mineral Çifti	$\Delta\delta^{34}\Sigma\text{S}(\text{‰})$	$T^\circ\text{C}$	Denge Durumu
O1	A.Sfalerit-Galen	2,6	254 ± 19	dengede
O1	K.Sfalerit-Galen	2,7	244 ± 18	dengede
O2	A.Sfalerit-Galen	2,1	313 ± 21	dengede
O2	K.Sfalerit-Galen	2,1	313 ± 21	dengede
O3	Sfalerit-Galen	2	328 ± 21	dengede
O4	A.Sfalerit-Galen	1,8	360 ± 22	dengede
O4	K.Sfalerit-Galen	1,6	399 ± 24	dengede
O5	Pirit-K.Pirit	0,7	528 ± 48	dengede değil
O6	Pirit-Sfalerit	-0,8	negatif	dengede değil
O7	Sfalerit-Galen	4,1	147 ± 15	dengede
O7	Pirit-Sfalerit	-1,5	negatif	dengede değil
O7	Pirit-K.Pirit	0,1	1846 ± 126	dengede değil
O7	Pirit-Galen	2,6	353 ± 25	dengede
G5	Pirit-Galen	-8,2	negatif	dengede değil
G2	Pirit-A.Sfalerit	0,7	384 ± 48	dengede
G2	Pirit-K.Sfalerit	0,3	731 ± 73	dengede değil
G8	Sfalerit-Galen	2,1	313 ± 21	dengede

4.3.2. Oksijen İzotop Jeotermometresi

$\delta^{18}\text{O}$ izotopları, maden yatağını oluşturan çözeltilerin sıcaklığının belirlenmesinde jeotermometre olarak kullanılabilirler (Ohmoto, 1986). Bunun için izotop farklılaşma denklemlerinden yararlanılır. Bu denklemlerin herhangi bir mineral çiftine uygulanabilmesi için, söz konusu mineral çiftinin eş zamanda oluşmuş olması gerekmektedir. Birbiriyle dengede olan herhangi iki mineralin $\delta^{18}\text{O}$ izotop bileşimi ölçülmüş ise izotop farklılaşma denklemlerinden yararlanılarak bu minerallerin oluşum sıcaklığı belirlenebilir.

Bu çalışmada illit ile kuvarsin dengede olduğu kabul edilerek, Matsuhisa ve diğ (1979) tarafından önerilen kuvars-su denklemi (4.1) ile Friedman ve O'Neil (1977) tarafından önerilen illit-su denge denklemi (4.2) taraf tarafa çıkarılarak kuvars-illit denge denklemi elde edilmiştir (4.3). Bu denge denklemi yardımıyla minerallerin oluşum sıcaklığı belirlenmiştir. Dengede olan mineral çiftleri, elde edilen sıcaklık değerleriyle birlikte Tablo 4.3'de verilmiştir.

$$10^3 \ln \alpha_{\text{su}}^{\text{kuvars}} = 3,34 * \left(\frac{10^6}{T^2} \right) - 3,31 \quad (4.1)$$

$$10^3 \ln \alpha_{\text{su}}^{\text{illit}} = 2,38 * \left(\frac{10^6}{T^2} \right) - 3,89 \quad (4.2)$$

$$10^3 \ln \alpha_{\text{illit}}^{\text{kuvars}} = 0,96 * \left(\frac{10^6}{T^2} \right) + 0,58 \quad (4.3)$$

Tablo 4.3. $\delta^{18}\text{O}$ izotop jeotermometresi kullanılarak $\delta^{18}\text{O}_{\text{Kuvars}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{illit}}$ izotop farklılaşma denklemlerinden elde edilen sıcaklık değerleri.

Örnek No	Mineral Çifti	$\Delta\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$	T°C
YD1-2-KMK10	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Kuvars}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{illit}}$	3,4	309,7
O6-KMK10	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Kuvars}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{illit}}$	3,3	324,4
GR-KMK10	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Kuvars}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{illit}}$	3,2	328,2
YD1-2-KZM46/11	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Kuvars}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{illit}}$	3,2	331,5
O3-KMK10	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Kuvars}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{illit}}$	3,1	342,8
O6-KZM46/11	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Kuvars}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{illit}}$	3,1	347,9
GR- KZM46/11	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Kuvars}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{illit}}$	3,0	352,2
O3- KZM46/11	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Kuvars}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{illit}}$	2,9	368,7
O1- KMK10	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Kuvars}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{illit}}$	2,9	374,6
O1- KZM46/11	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Kuvars}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{illit}}$	2,7	404,9
		Ortalama	348,5
		Std	28,11

Bu sıcaklık değerleri, sıvı kapanımlar ile kükürt izotop jeotermometre hesaplamalarından elde edilen sıcaklık değerleri ile de uyumludur. Dolayısı ile bu minerallerin oluşum sıcaklıklarının 309,7-404,9°C arasında (ortalama 348,5°C) oluştuğunu söylenebilir. İllitlerden belirlenen bu sıcaklık değeri, kuvarsdan elde edilen homojenleşme sıcaklıklarına göre III. gruba karşılık gelmektedir.

Elde edilen bu sıcaklık değerleri mineral parajeneziyle ilişkilendirildiğinde, kuvarslarda III. gruba karşılık gelen homojenleşme sıcaklık değerlerinin cevher oluşumunun ilk fazına karşılık geldiği görülmektedir. Cevherleşmenin II. fazında gelişen adularya minerali baritlerin yoğun olduğu zonda artış göstermektedir. Adularya minerali epitermal sistemlerde kaynamanın en önemli belirtilerinden biridir. Bunun yanı sıra baritlerin yoğun olduğu zonda, adularyanın yanı sıra kafes dokulu kalsitin varlığı hidrotermal çözeltinin bu zonda ve muhtemelen ilk fazın baritlerinin ve kuvarslarının oluşumundan sonra 270–331°C arasında kaynadığına işaret etmektedir.

Cevher oluşumuna yol açan çözeltilerin fizikokimyasal özellikleri cevher ve gang mineralleri ile belirlenebilir. Özellikle serizit ve kil minerallerinin yoğun oluşu, ortamda oldukça asidik şartların varlığına işaret eder. Kaolen grubu killer, düşük sıcaklıklarda (<150-200°C) oluşan minerallerdir ve 3-4 civarındaki pH'ı işaret ederler (Henley ve diğ., 1980; Sillitoe, 1993; Arribas, 1995). Yan kayaçta gözlenen serizit ve kaolenin oluşabilmesi için H⁺ iyonu gereklidir. Andezit ve piroklastitlerinden oluşan yan kayaçta mikroskobik incelemelerde çok az mika olması nedeniyle hidroliz olayı için gereken bu iyonun çoğunlukla hidrotermal çözelti tarafından karşılanması gerekmektedir.

Yapılan mikroskobik incelemelerde serizitleşme ve killeşme, silikat minerallerinden itibaren plajiyoklas, amfibol ve piroksenlerde gözlenmiştir. Hidroliz olayı, plajiyoklas, piroksen ve amfibollerin duraylılığını, çözeltinin pH'ını ve bazı katyonların minerallerden çözeltiliye alınmasını kontrol eder. Bu şekilde silikat minerallerinden serizit ve killeri oluşturmak üzere H⁺ iyonunun harcanması çözeltinin pH'ını arttıracak ve dolayısıyla asitlik derecesini azaltacaktır. Böylece başlangıçta asidik olan çözelti son cevherleşme fazlarına doğru, özellikle karbonatlaşma reaksiyonları esnasında nispeten nötr-alkalen özellik kazanmış olmalıdır.

Epitermal sistemlerde, hidrotermal çözeltinin kaynağı genelde baskın olarak meteorik kökenli, daha az olarak da magmatiktir (Giggengbach, 1992; Hedenguiet ve Lowenstern, 1994; Matsuhisa ve Aoki, 1994). Ancak bunun, O-H-S izotop ve sıvı kapanım çalışmaları ile de desteklenmesi gerekmektedir.

Mastra Au-Ag yatağından elde edilen pirit, sfalerit, kalkopirit ve galen minerallerinden yapılan kükürt izotop analizleri, bu minerallerin $\delta^{34}\text{S}$ izotop bileşimlerinin -6,2 ilâ -1,7(‰) gibi dar bir aralıkta değiştiğini göstermektedir. Daha önce de belirtildiği gibi bazaltik kayalar ile meteoritlerin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri 0‰ değerine çok yakındır ve magmatik kükürt bileşenlerini temsil ederler (Hoefs, 1987, Şekil 3.66). Mastra altın yatağından elde edilen izotop değerleri daha çok granitik kayalar ($\delta^{34}\text{S}=\text{‰}-10$ ilâ $+10$), porfiri tip cevherleşmeler ($\delta^{34}\text{S}=\text{‰}-20$ ilâ $+10$), baz metal damar tip yataklar ($\delta^{34}\text{S}=\text{‰}-5$ ilâ $+10$) ve epitermal yataklar ($\delta^{34}\text{S}=\text{‰}-10$ ilâ $+30$) için elde edilmiş değerlerin genel dağılım aralığı ile uyumluluk göstermekte ve magmatik kökeni işaret etmektedir. Ayrıca Mastra Au-Ag yatağını oluşturan çözeltilerin kökenini belirlemek amacıyla yapılan oksijen ve hidrojen izotop çalışmaları sonucunda, kuvars ve kil minerallerinden elde edilen $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerleri daha çok magmatik kayalar için elde edilmiş oksijen ve hidrojen izotop değerlerinin genel dağılım aralığı ile uyumluluk göstermekte ve magmatik kökeni işaret etmektedir. Ancak kuvars ve kil minerallerinden elde edilen $\delta^{18}\text{O}$ izotop bileşimleri, bu mineralleri oluşturan çözeltinin izotop bileşimini doğrudan yansıtmamaktadır. Dolayısıyla çözeltinin sahip olduğu $\delta^{18}\text{O}$ izotop bileşimini elde etmek amacıyla mineral-su çiftlerine ait izotop farklılaşma denklemleri kullanılabilir. Mineral su çiftlerinin kullanılabilmesi için, mineral su çiftinin oluşum sıcaklığının biliniyor olması gerekmektedir. Tablo 4.3’de kuvars-illit mineral çiftine ait denge denklemi (4.3) yardımıyla su ile dengede olan bu minerallerin oluşum sıcaklığı hesaplanmıştır.

Kuvars ve kil minerallerinin, hesaplanan bu sıcaklık aralığında oluştuğu kabul edilirse, mineralleri oluşturan çözeltilerin oksijen izotop bileşimleri ortalama sıcaklık değeri kullanılarak hesaplanabilir. Burada minerallerin oluşum sıcaklığı, ortalama $348,5^\circ\text{C}$ kabul edilmiştir. Kuvarslar ile dengede olan çözeltinin izotop bileşimini belirlemek için Kuvars-su denge denklemi (4.1), illit ile dengede olan çözeltinin izotop bileşimini belirlemek için illit-su denge denklemi (4.2) ve simektit ile dengede olan çözeltinin izotop bileşimini belirlemek için de simektit-su denge denklemi (4.4) kullanılmıştır. Çözeltiye ait elde edilen $\delta^{18}\text{O}$ izotop bileşimleri Tablo 4.4’te verilmiştir.

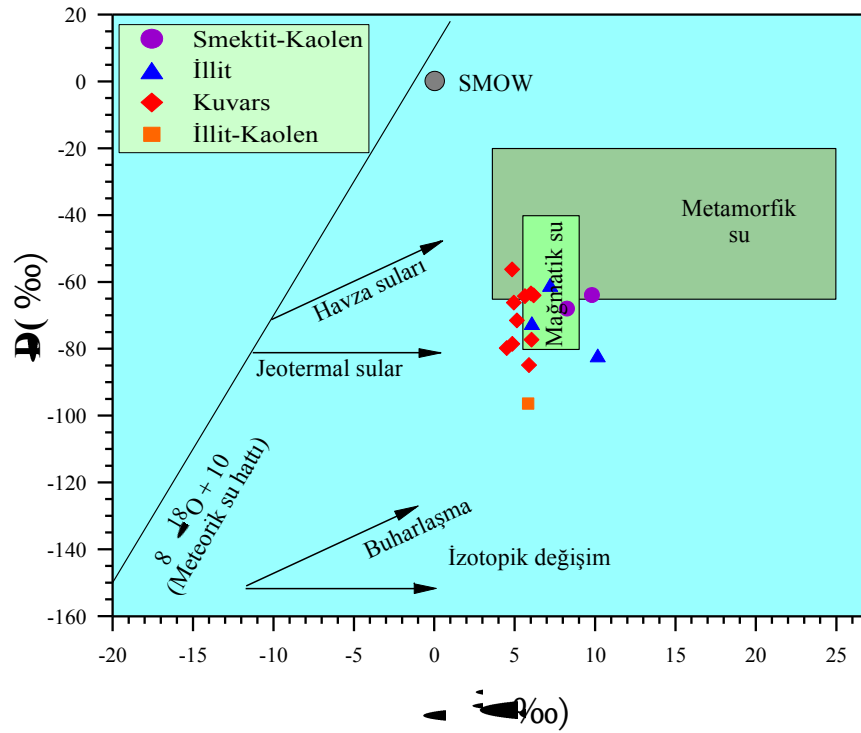
$$10^3 \ln \alpha_{\text{su}}^{\text{simektit}} = 2,55 * \left(\frac{10^6}{T^2} \right) - 4,05 \quad (4.4)$$

Tablo 4.4. Ortalama oluşum sıcaklığı kullanılarak, mineral-su çiftlerine ait izotop farklılaşma denklemlerinden elde edilen, çözeltiye ait oksijen izotop bileşimleri.

Örnek No	$\delta^{18}\text{O}_{\text{mineral}}(\text{‰})$	$\delta\text{D}(\text{‰})$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{çözelti}}(\text{‰})$
YD2-3 (Kuars)	9,8	-79,8	4,5
D1265K (Kuars)	10,2	-56,2	4,8
B1340G (Kuars)	10,2	-78,5	4,8
B1340G (Kuars)	10,3	-66,1	4,9
G5 (Kuars)	10,5	-71,4	5,1
O1 (Kuars)	11,0	-64,2	5,6
O3 (Kuars)	11,2	-84,8	5,9
GR (Kuars)	11,3	-63,4	6,0
O6 (Kuvars)	11,4	-77,3	6,0
YD1-2 (Kuars)	11,5	-64,0	6,2
KMK23 (Smektit-Kaolen)	12,3	-63,9	9,8
KMK70 (Smektit-Kaolen)	10,8	-67,9	8,2
KMK100 (İllit)	12,4	-81,9	10,2
KZM46/11 (İllit)	8,3	-72,3	6,1
KMK15 (İllit)	9,5	-60,8	7,2
KMK10 (İllit-Kaolen)	8,1	-96,4	5,8

Tablo 4.4’de görüldüğü üzere, kuvarslar ile dengede olan çözeltilerin $\delta^{18}\text{O}$ izotop bileşimleri +4,5 ilâ +6,2(‰) arasında, illitler ile dengede olan çözeltinin $\delta^{18}\text{O}$ izotop bileşimi +6,1 ilâ +10,2(‰) arasında ve smektit-kaolen’ler ile dengede olan çözeltinin $\delta^{18}\text{O}$ izotop bileşimleri +8,2 ilâ +9,8(‰) arasında değişmektedir. İllit-kaolen ile dengede olan çözeltinin $\delta^{18}\text{O}$ izotop bileşimi ise +5,8(‰)’dir.

Kuars ve kil minerallerini oluşturan sıvıların oksijen ve hidrojen izotop bileşimleri, cevherleşmeye ve buna bağlı olarak da alterasyona neden olan sıvı veya sıvıların kökenini belirlemek için, $\delta^{18}\text{O}$ ’e karşı δD değişim diyagramına aktarılmış ve değişik kökenli sıvılarla karşılaştırılması sağlanmıştır (Taylor, 1974; Ohmoto, 1986), (Şekil 4.1).



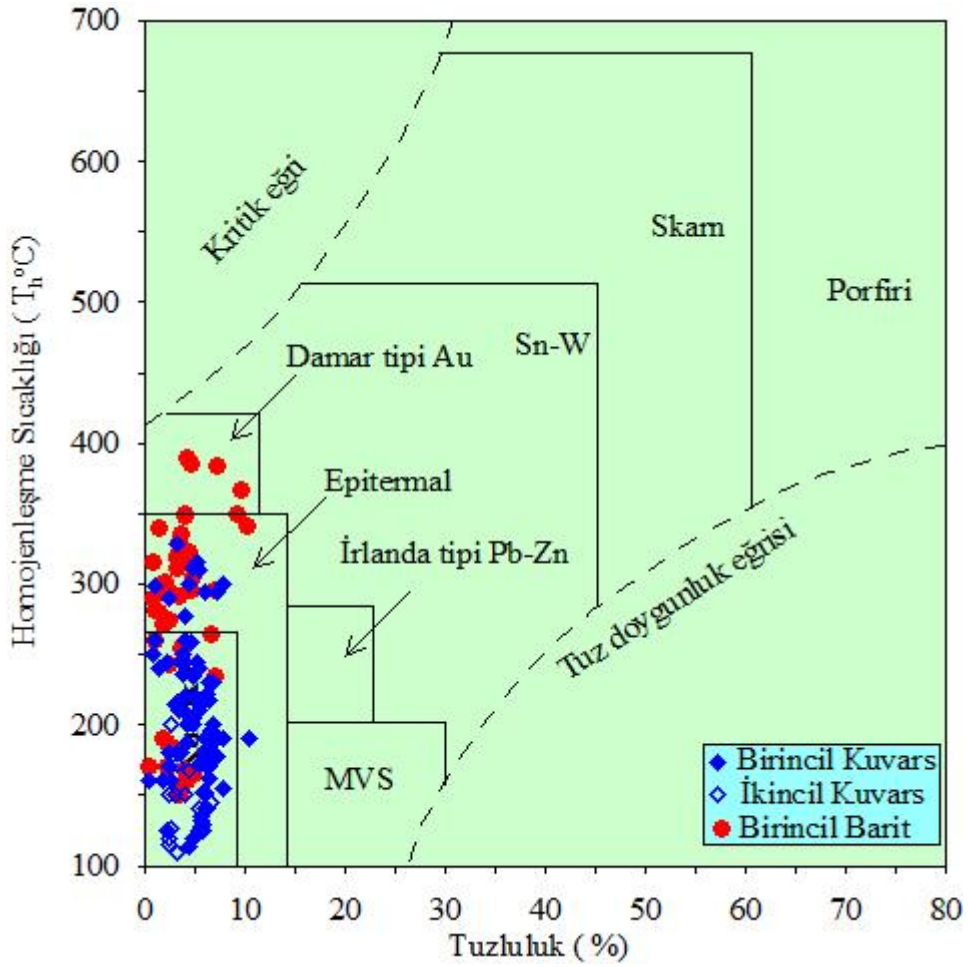
Şekil 4.1. Doğal çözeltilerin oksijen ve hidrojen izotop bileşimleri. Mastra altın madenindeki kuvars damarlarının ve alterasyon zonundaki kil minerallerinin oluşumuna neden olan çözeltilerin $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop farklılaşma grafiği (Taylor, 1974; Ohmoto, 1986).

Kuvars örnekleri, hidrojen ve oksijen açısından dar bir aralıkta değişmekte, yanal ve düşey yöndeki dağılımı şekil olarak da magmatik su alanıyla uyum göstermektedir. Kil örnekleri de kuvarslar ile uyumluluk göstermekte ve magmatik alanda yer almaktadır. Magmatik suyun $\delta^{18}\text{O}$ değerinin +5,5 ilâ +9,5(‰) arasında, δD değerinin ise -40 ilâ -80(‰) arasında değiştiği bilinmektedir (Shepherd, 1976).

$\delta^{18}\text{O}$ ve δD analizleri, kuvars ile kil minerallerinin benzer çözeltilerden oluştuğunu göstermektedir. Ancak smektit ve kaolenden oluşan kil minerallerinin illitlere göre bir miktar uzakta yer alması, muhtemelen illitin oluşumundan sonra çözeltilerin yüzeysel kökenli sularla bir miktar karışması sonucu daha düşük sıcaklıkta, smektit ve kaolenin oluştuğuna işaret etmektedir. Zira smektit miktarının, kuvars damarlarından uzaklaştıkça artış göstermesi de bu durumu desteklemektedir. Tüm bu değerler hidrotermal etkileşimi sağlayan çözeltilerin baskın olarak magmatik kökenli olduğunu ve muhtemelen daha sonra yüzeysel kökenli sularla etkileşime uğradığını göstermektedir.

Sıvı kapanım çalışmalarıyla da Mastra Au-Ag yatağını oluşturan çözeltilerin özellikleri belirlenebilmektedir. Kuvars ve barit mineralleri üzerinde yapılan sıvı

kapanımların soğutma-ısıtma çalışmalarında, kapanımların ilk ergime sıcaklıkları kuvarslarda; -31 ilâ -17°C, baritlerde ise -15,4 ilâ -28,3°C arasında ölçülmüştür. Buna göre kuvars ve barit minerallerini oluşturan çözeltilerin “H₂O-NaCl” sisteminde olduğu ve çözelti içinde çoğunlukla NaCl tuzu ve belki bir miktar da KCl tuzu bulunduğu söylenebilir (Shepherd ve diğ., 1985; Borisenko, 1977). Kuvars ve barit minerallerini oluşturan çözeltilerin tuzluluğu son buz ergime sıcaklıklarından hesaplanmıştır. Buna göre kuvarslarda, %NaCl eşdeğeri olarak tuzluluğun; birincil kapanımlarda %0,35 ilâ %8 aralığında, barit örneklerinde ise tuzluluğun; %0,35 ilâ %10,11 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Baritlerde ölçülen tuzluluk değerlerinin, kuvarslarda ölçülen tuzluluk değerleri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Buna göre cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin başlangıçta yüksek sıcaklıklı ve tuzluluklu olup zaman içerisinde tuzluluklarının ve sıcaklıklarının azaldığını, yani çözeltinin farklı sıvılarla karışması sonucu seyreltiğini söylemek mümkündür (Şekil 3.76). Kuvars ve kil mineralleri ile dengede olan çözeltinin oksijen izotop verileri de bu durumu desteklemektedir. Mastra Au-Ag yatağından elde edilen homojenleşme ve tuzluluk değerleri farklı maden yatağı tiplerinden elde edilen homojenleşme-tuzluluk değişim alanları ile karşılaştırıldığında, bu yatağı oluşturan hidrotermal çözeltilerin homojenleşme sıcaklıkları ve tuzluluk değerleri, magmatik kökenli sıvıların tuzluluğuna yakın olup, epitermal maden yataklarının değişim alanları ile uyum göstermektedir (Şekil 4.2).



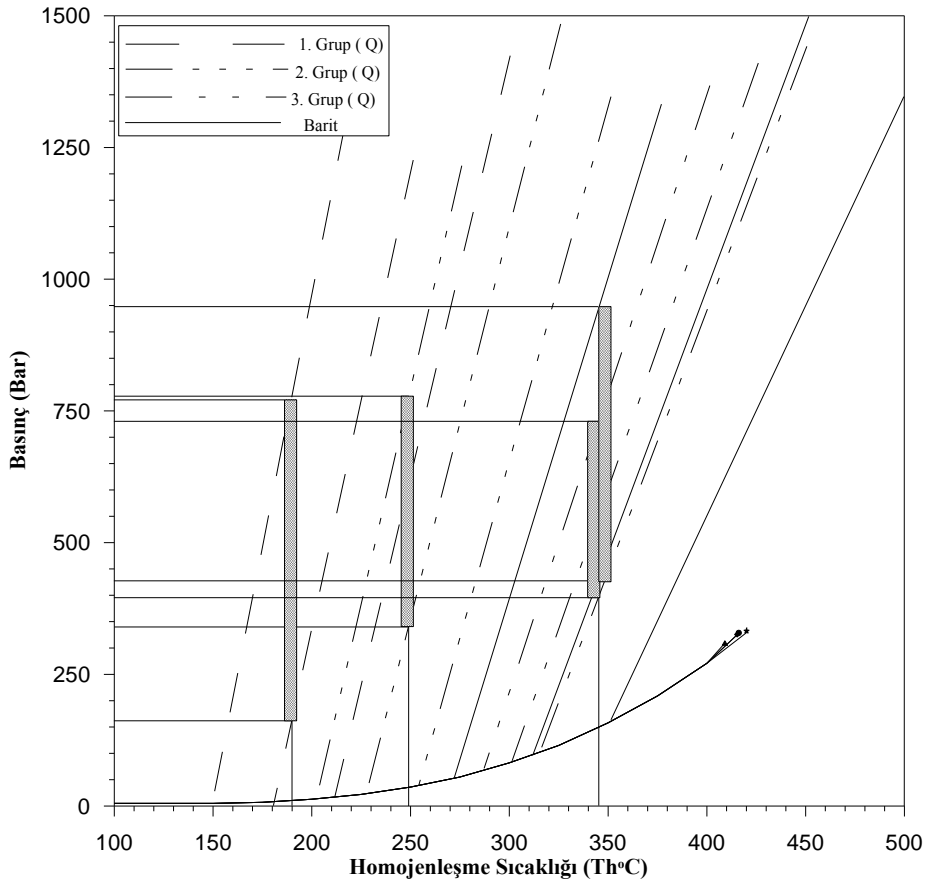
Şekil 4.2. Farklı maden yatak tiplerinden elde edilen homojenleşme-tuzluluk değişim alanları (MVS: Mississippi vadisi masif sülfat yatakları) ve Mastra Au-Ag yatağından elde edilen sıvı homojenleşme-tuzluluk verilerinin bu yataklarla ilişkisi (Roedder, 1984).

4.4. Cevherin Oluşum Basıncı ve Derinliği

Sıvı kapanım çalışmaları yardımıyla birçok araştırmacı, mevcut bir maden yatağının basıncını ve oluşum derinliğini hesaplamaya çalışmış ve bu konuda birçok yöntemler geliştirmişlerdir (Roedder ve Bodnar, 1980; Roedder, 1984; Shepherd vd. 1985; Brown ve Lamb, 1989; Knight ve Bodnar, 1989).

Sıvı kapanımlardan elde edilen PVTX (basınç, hacim, sıcaklık, bileşim) özellikleri kullanılarak hazırlanan izokor diyagramları ve cevher ve gang mineralleri üzerinde değişik yöntemlerle basınçtan bağımsız olarak elde edilebilen sıcaklık değerleri (jeotermometre çalışmaları) kullanılarak cevherin oluştuğu basınç ve derinlik koşulları hesaplanabilmektedir (Shepherd, 1985). Mastra Au-Ag yatağında sıvı kapanımlardan elde

edilen homojenleşme sıcaklıklarından, kapanımlarının tuzluluğu ve yoğunluğu hesaplanmıştır. Sıvı kapanımlarından cevherin oluştuğu basınç değerini belirleyebilmek için homojenleşme sıcaklıklarına göre belirlenen her grup için ortalama kritik sıcaklık ve basınç değerleri Knight ve Bodnar (1989)'a göre hesaplanmıştır. Ortalama basınç ve ortalama sıcaklığa bağlı olarak her bir grup için izokor eğrileri ise Zang ve Frantz (1987)'a göre, FLINCOR (Brown, 1989) paket programı kullanılarak hesaplanmıştır. Her bir grup için belirlenen kritik eğri ve izokor eğrileri grafiğe aktarılmıştır (Şekil 4.3). Ayrıca bu grupların ortalama homojenleşme sıcaklıklarına, her bir grup için ayrı ayrı belirlenen ± 1 std'ları (standart sapma) da eklenerek elde edilen homojenleşme sıcaklık değerlerine ait izokor eğrileride aktarılmıştır.



Şekil 4.3. Bağımsız termometre kullanılarak, sıvı kapanımların kapanılma basıncının hesaplanması (Q: kuvars).

Mastra Au-Ag yatağında yapılan kükürt izotop analizleri sonucunda gerçekleştirilen kükürt izotop jeotermometresiyle, dengede olduğu düşünülen sfalerit ve galen çiftlerinden hesaplanan sıcaklık değerleri ($T_2=249^\circ\text{C}$ ve $T_3=348^\circ\text{C}$) Şekil 4.3'e aktarılmıştır. Birinci

grup kuvarslar için, ölçülen homojenleşme sıcaklıklarından minimum iki değer ortalamaya dahil edilmemiştir. Birinci grup kuvarslar için bu şekilde hesaplanan ortalama homojenleşme sıcaklığı $T=190^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenmiştir. Bu sıcaklık değerleri izokor eğrileri ile karşılaştırılarak sıvı kapanımların kapanlanma basıncı belirlenmiştir. Grafiğe göre baritlerdeki sıvı kapanımların kapanlanma basıncı, yaklaşık olarak 950 ile 430bar (Ort=689,5bar) arasındadır. Kuvarslardaki sıvı kapanımların kapanlanma basıncı ise 1. grupta, 760-160bar arasında (Ort=460bar), 2. grupta, 775-340bar (Ort=557,5) ve 3. grupta ise 730-390 bar arasında (Ort=560bar) hesaplanmıştır. Ortalama değer olarak bakıldığında Mastra Au-Ag yatağının oluştuğu basınç, ~690-460bar arasında değişmektedir.

Mastra Au-Ag madeninden alınan kuvars ve barit minerallerini içeren örneklerin mineralojik analizleri son derece karakteristik bulgular ortaya koymuştur. Bu örneklerin bir kısmında yapılan mikroskobik çalışmalarda kuvars, barit ve kalsite ilave olarak K-feldspatın varlığı gözlenmiştir. K-feldspatların özellikle damarlar halinde gözlenmesi bunların adularya olduğunu düşündürmüştür (Şekil 3.48). Yapılan XRD analizleri de adularya varlığını ortaya koymuştur (Şekil 3.51 ve 3.52). Ayrıca, aynı örnekler içinde gözlenen kalsitlerin bir kısmının kafes dokusu gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 3.27). Kuvars, kalsit, barit ve K-feldspat bileşimli bir mineralojiye sahip olan örneklerde kafes dokulu kalsitler, damarcıklar halinde kuvars ve adularya ile sülfürlü minerallerin varlığı doğrudan hidrotermal çözeltinin kaynadığının göstergesidir (Browne ve Ellis, 1970; Browne, 1978; Buchanan, 1981; Henley, 1985; Cunningham, 1985; Drummond and Ohmoto, 1985; Henley and Brown, 1985; Brown, 1986; Seward, 1989, 1991; Hedenquist, 1990; Simmons ve Christenson, 1994; Dong ve Morrisson, 1995; Etoh ve diğ., 2002). Bu tür zonlar epitermal sistemlerde bonanza zonu olarak adlandırılır ve altın ile gümüşün yoğun olarak oluştuğu zonlara karşılık gelir (Rossetti ve Colombo, 1999). Zira, bu zona ait örneklerin kimyasal analizlerinde yüksek Au ve Ag değerleri de bu düşüncüyü desteklemektedir (Tablo 3.2).

Minerallerin oluşumu sırasında bünyelerinde kapanlanan sıvı kapanımlar, laboratuarda ölçülen homojenleşme sıcaklığına göre daha yüksek sıcaklık şartlarında oluşmaktadır. Diğer bir deyişle, herhangi bir cevher oluşumunda rol oynayan çözeltilerin buldukları ortamın basıncı, sıvı kapanım verilerinden elde edilen basınç değerine göre daha yüksektir. Buradan hareketle, sıvı kapanımlardan elde edilen sıcaklık değerlerine basınç düzeltilmesi uygulanması gerekir (Potter, 1977; Roedder, 1984; Shepherd vd., 1985). Bu durum, özellikle kapalı sistemler için geçerlidir. Açık sistemlerde ise basınç düzeltilmesi

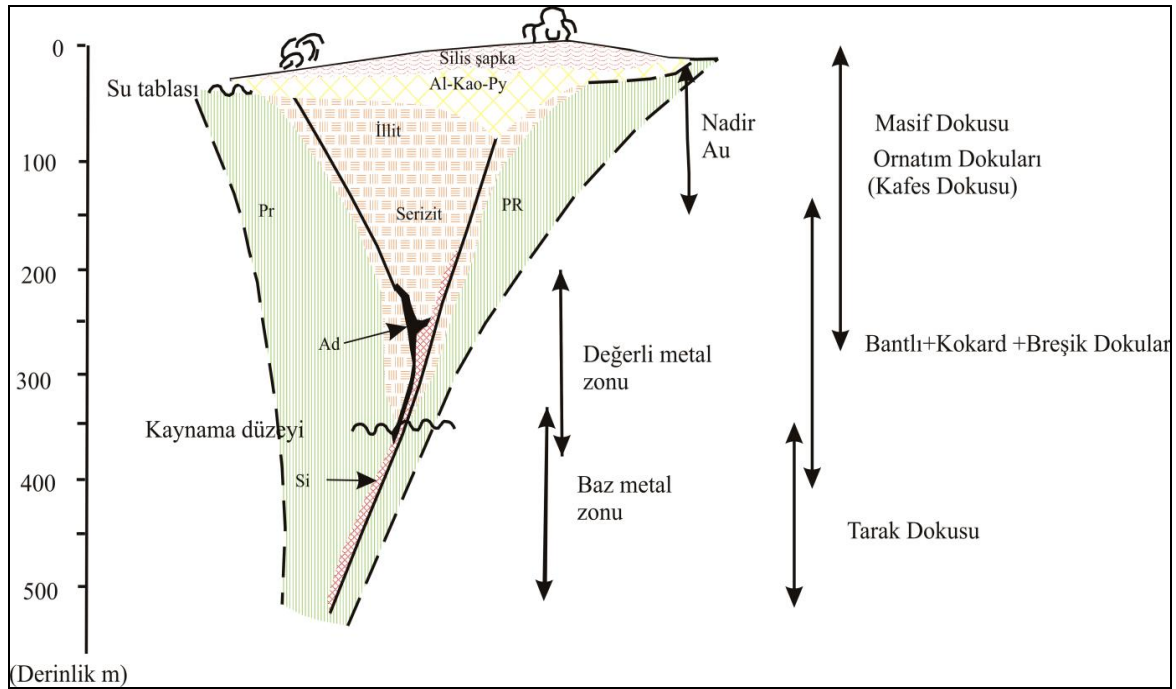
genellikle küçüktür ve birçok durumda ihmal edilebilir (Roedder, 1984). Özellikle hidrotermal çözeltinin kaynadığının tespit edildiği durumlarda, sıvı kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklığı, sıvının kapanlanma sıcaklığına eşittir ve dolayısıyla belirlenecek basınç da gerçek basınçtır. Dolayısıyla, sıvı kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklık verileri kapanlanma sıcaklıklarına karşılık gelmektedir. Yukarıda da ifade edildiği gibi Mastra Au-Ag madeninde üç farklı faza ait kuvars ve barit minerallerinden elde edilen basınç değerleri 950-430 (ortalama 690bar), 760-160 (ortalama 460bar) ve 730-390bar (ortalama 560bar) olarak belirlenmiştir. Bu fazlardan ilkini oluşturan III. grup kaynamanın karakteristik özelliklerini bünyesinde barındıran örneklerden elde edilmiştir. Dolayısıyla bu gruba ait sıcaklık ve basınç verileri çözeltinin kapanlanma özelliklerini göstermektedir. Buna göre, III. grup (1. Faz) için oluşum sıcaklığı 270-331°C arasında, buna bağlı olarak hesaplanan oluşum basıncı da 950-430 bar arasında değişmektedir. Bu basınç aralığının geniş olması, hesabın ortalama homojenleşme sıcaklığı ± 1 std. (standart sapma) olarak yapılmasından kaynaklanmıştır. Tüm sıvı kapanım fazları için hesaplanan basınç aralıkları ise birbirlerinden çok farklı değildir. Özellikle ortalama basınç değerleri dikkate alındığında, tüm sistemin gelişiminin 690-460 bar aralığında değişim gösteren bir basınç altında olduğu görülmektedir ki bu da hidrotermal sistemin çok fazla değişim göstermediğinin bir göstergesidir.

Bu bağlamda, Mastra Au-Ag yatağı için hesaplanan en yüksek ve en düşük ortalama 690 ve 460 barlık basınç değerleri oluşum derinliğinin 2605m-1737m. Arasında değiştiğini göstermektedir. Oluşumun bu derinliklerde gerçekleştiği ve Eosen'de (yaklaşık 40 milyon yıl önce) gerçekleştiği dikkate alındığı takdirde, cevherin yüzeye ulaşabilmesi adına bölgedeki ayrışma miktarının yılda ortalama 43-65 mikron (0,043-0,065mm) olması gerekir. Bu değer, çalışma sahasını içine alan bölge için son derece uygundur.

4.5. Dokusal Özellikler ve Altın Zenginleşmesi

Mastra Au-Ag yatağı ve yakın çevresinde çalışılan kuvars damarlarında farklı yapı ve doku özellikleri belirlenmiştir. Birincil büyüme dokuları olarak masif yapı, boşluk dolgusu, taraklı yapı, bantlı yapı, kokart yapı, breş dolgusu/breşik yapı; yeniden kristallenme dokuları olarak tüysü doku, mozaik doku, parlak doku ve yelpaze dokusu; ornatım dokuları olarak da şeker dokusu ve kafes dokusu gözlenen başlıca dokulardır. Bütün bu yapı ve doku türleri epitermal sistemlere ait yapı ve dokuları temsil etmektedir (Fournier, 1985;

Dowling ve Morrison,1989; Dowling ve Morrison, 1990; Dong, 1993; Dong ve diğ., 1995; Mills vd., 1999). Bu farklı doku türleri farklı örneklerde görünmekle birlikte, genellikle aynı örnekte de görülebilmektedir. Birçok durumda makroskobik ve mikroskobik olarak birçok doku türü aynı örnek içinde bir arada bulunmaktadır. Yine de düşey ölçekte bakıldığında artan derinliğe bağlı olarak örneklerde dokusal özelliklerde genel bir değişim söz konusudur. Hidrotermal sistemin gelişimi ile ilgili olan bu durum epitermal sistemlere ait modeller üzerinde de gösterilmektedir (Şekil 4.4). Buradan hareketle farklı dokusal özellikler gösteren örneklerin detaylı çalışılması ile epitermal sistemin derinlik ve mekânsal konumu hakkında yorum yapmak mümkündür.



Şekil 4.4. Epitermal sistemlerde kuvars dokularının genelleştirilmiş düşey zonlanması. Al; Alünit, Kao; Kaolen, Py; Pirit, Ad; Adularya, Pr; Propilitik zone, Si; Silis (Buchanan,1981).

Bu şekle göre epitermal sistemlerde dokuların düşey zonlanmasında damarın en derin kesimlerinde, kaynama seviyesinin altında taraklı yapı görülürken, kaynama seviyesinde veya hemen üzerinde bantlı dokular daha baskındır. Sığ derinliklerde masif yapılar görülür. Yüzeyle ise, amorf kalsedondan oluşan silis şapka bulunur. Epitermal damarın altın-gümüş bakımından zengin kesimi, genelde bantlı dokuların egemen olduğu yerdir. Bu kesimlerde, breş dolgusu ve/veya breşik yapılar da görülebilmektedir. Baz metaller

bakımından zengin zon ise, tarak dokusuyla temsil edilen daha derin bölgelerde bulunur. Bu tür sistemlerde altın ve gümüş bantlı, kokard ve breşik dokusal özelliklerle karakteristik olan kaynama zonlarında zenginleşme gösterir (Drummond and Ohmoto, 1985; Henley and Brown, 1985; Brown, 1986; Seward, 1989, 1991; Simmons ve Christenson, 1994; Etoh ve diğ.,2002). İnceleme alanındaki ekonomik değer taşıyan kuvars damarlarında çoğunlukla taraklı yapı, boşluklu yapı ile bantlı, kokart ve breşik/breş dolgusu dokuların görülmesi, daha az olarak da ornatım dokularına (kafes dokusu) rastlanması örneklenen zonun asıl altın çökelim zonuna karşılık geldiğini düşündürmektedir. Bu farklı dokusal özellikler taşıyan örneklerin Au ve Ag içeriği de analiz edilerek dokularla altın tenörü arasındaki ilişkinin belirlenmesi yoluna gidilmiştir. Bu amaçla farklı dokulara sahip toplamda 14 adet kuvars örneğinden atomik absorpsiyon spektroskopisinde (AAS) altın analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları ve bu analiz sonuçlarından hesaplanan altın tenör değerleri Tablo4.5’de verilmiştir.

Elde edilen analiz sonuçlarına göre bantlı ve boşluklu yapı örneklerde yüksek altın değerleri elde edilmiştir. Boşluklu yapı gösteren örneklerde 24,78-22.16gr/ton arasında değişen altın tenörleri hesaplanırken, bantlı yapı gösteren örneklerde boşluklu yapı gösteren örneklere göre yaklaşık 2-3 kat daha yüksek (42,00-69,20gr/ton) altın tenörleri hesaplanmıştır. Buna karşın taraklı yapı gösteren örneklerin 2 tanesinin altın miktarı ölçüm limitlerinin altındadır. Bu durum muhtemelen örneklerin altın içeriğinin düşük olmasından kaynaklanmıştır. Ölçülebilen taraklı dokunun altın tenörü 1,47gr/ton’dur. Boşluk dolgusu ve kokard doku gösteren örneklerde de aynı durum söz konusudur. Ölçülebilen örneklerdeki altın tenörü boşluk dolgusu için, 0,84gr/ton ve kokard doku için 3,06gr/ton olarak hesaplanmıştır. Masif, breşik ve şeker dokulu kuvars örneklerinde de sırasıyla, 5,22gr/ton, 1,24gr/ton ve 2,67gr/ton değerinde altın tenörleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerlere bakıldığında daha çok kaynama seviyesi ve biraz üzerinde bulunabilen bantlı, boşluklu ve kokard dokulu kuvars örneklerinde diğer dokulara nazaran daha yüksek altın tenörleri, kaynama seviyesinin altında yer alan taraklı ve boşluk dolgusu (Kristalin kuvars) dokularında ise nispeten daha düşük altın tenörleri elde edilebildiğini söylemek mümkündür. Dolayısıyla bu durum düşey doku zonlanması ile altın tenör değerleri arasında bir ilişki olduğunu desteklemektedir.

Tablo 4.5. Kuvars damarlarında bulunan farklı doku türlerinden elde edilen altın tenör değerleri (gr/ton).

Örnek No	Doku Türü	Örnek miktarı (gr)	AAS'de ölçülen Au miktarı (1000mgr/L)	Çözeltideki Au miktarı 50mgr/L	Tenör (gr/ton)
G5	Bantlı	5,34	4,49	0,22	42,00
B1240G	Bantlı	5,35	7,40	0,37	69,20
B1240G	Boşluklu	5,30	2,63	0,13	24,78
YD1-4	Boşluklu	5,36	2,38	0,12	22,16
YD2-3	Simetrik Taraklı	5,33	<0	<0	<0
YD2-4	Asimetrik Taraklı	5,35	0,16	0,01	1,47
YD2-1	SimetrikTaraklı	5,35	<0	<0	<0
YD2-1	Kokard	5,35	<0	<0	<0
YD1-2	Kokard	5,33	0,33	0,02	3,06
YD1-4	Boşluk Dolgusu (Kristalin Kuvars)	5,28	<0	<0	<0
B1240G	Boşluk Dolgusu (Kristalin Kuvars)	5,35	0,09	0,00	0,84
YD1-1	Masif	5,36	0,56	0,03	5,22
B1340G	Breşik	5,29	0,13	0,01	1,24
YD1-2	Şeker	5,33	0,29	0,01	2,67

4.6. Mastra Au-Ag Yatağının Oluşum Modeli

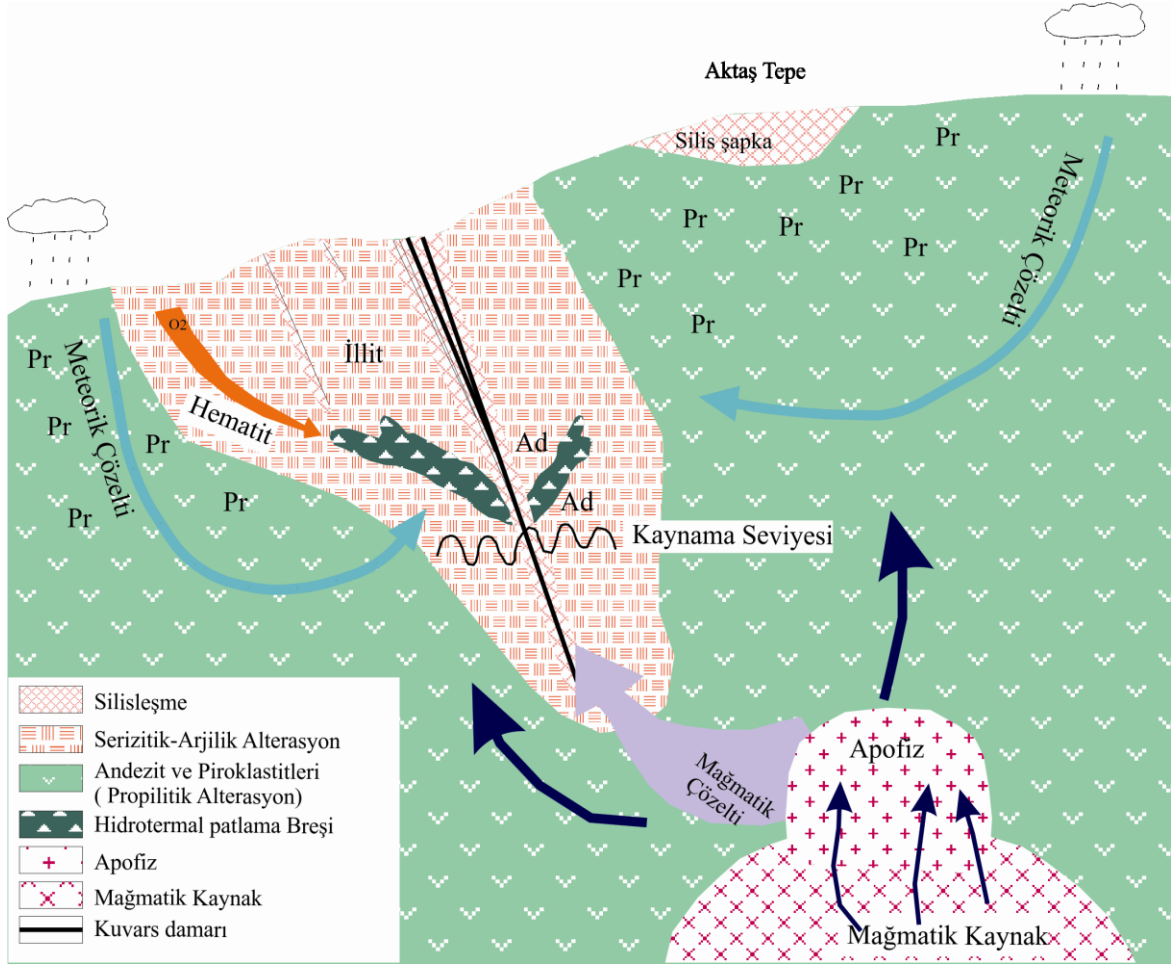
Mastra Au-Ag yatağında gerçekleştirilen sıvı kapanım çalışmaları ve çeşitli jeotermometre uygulamalarında, bu yatağın oluşum sıcaklığının genel olarak 113-390°C arasında değiştiği belirlenmiştir. Pirit, sfalerit, galen ve kalkopiritten yapılan $\delta^{34}\text{S}$ izotop analizleri sonucunda elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ izotop değerleri genel olarak -6,2 ilâ -1,7‰ gibi dar bir aralıkta değişmekte olup mağmatik kökeni işaret etmektedir (Ohmoto ve Rye, 1979; Field ve Fifarek, 1985; Hoefs, 1987; Solomon vd., 2004). Ayrıca kuvarslar ve kil minerallerinde gerçekleştirilen oksijen ve hidrojen izotop analizlerinde kuvarsların $\delta^{18}\text{O}$ değerleri +9,8 ilâ +11,5‰ arasında, δD değerleri ise -56,2 ilâ -84,8‰ arasında değişmektedir. kil minerallerinin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri +8,3 ilâ +12,4‰, δD içeriği ise -63,9 ilâ -96,4‰ arasında değişmektedir.

Mastra Au-Ag yatağından elde edilen $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerleri daha çok mağmatik kayalar için elde edilmiş oksijen ve hidrojen izotop değerlerinin genel dağılım aralığı ile

uyumluluk göstermekte ve magmatik kökeni işaret etmektedir (Hoefs, 1973). Aynı zamanda kuvars ve kil mineralleri ile dengede olan çözeltilerin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri de kuvars ile dengede olan çözeltiler için +4,5 ile +6,2‰ arasında, killer ile dengede olan çözeltiler için +5,8 ilâ +9,8‰ arasındadır. Tüm bu değerler hidrotermal etkileşimi sağlayan çözeltilerin baskın olarak magmatik kökenli olduğunu ve muhtemelen daha sonra yüzeysel kökenli sularla etkileşime uğradığını göstermektedir (Şekil 4.1). Dolayısıyla Mastra Au-Ag yatağında magmatik kökenli çözeltiler daha baskın olup daha az olarak da meteorik çözeltiler etkili olmuştur. Mastra'da kuvars örneklerinde çalışılan sıvı kapanımların son buz ergime sıcaklıkları -0,2 ilâ -6,8°C arasında, barit örneklerinde de -0,2 ilâ -6,7°C arasında değişmektedir. Bunlardan hesaplanan tuzluluk değerleri de %0,35 ilâ 10,11% arasındadır. Cevher oluşum fazlarında ilk faza ait son buz ergime sıcaklıklarından elde edilen tuzluluk değerleri diğer fazlara göre nispeten daha yüksek tuzluluk değerleri vermiştir (%5-%8 NaCl). Genel olarak sıvı kapanımlardan elde edilen tuzluluk değerleri orta-düşük (%0,35 ilâ 10,11%) tuzluluğu ifade etmektedir. Mastra'da %11'lere varan nispeten yüksek tuzluluk değerleri de elde edilmiştir. Dolayısıyla cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin başlangıçta yüksek sıcaklıklı ve tuzluluklu olup zaman içerisinde tuzluluklarının ve sıcaklıklarının azaldığını, yani çözeltilerin farklı sıvılarla karışması sonucu seyreltiğini söylemek mümkündür.

Tuzluluk değerlerine göre hesaplanan yatağın oluşum derinliği 2605m-1737m arasında değişmekte olup, bu derinlik epitermal sistemlerle uyumludur. Zira epitermal sistemler yüzeyle yakın yaklaşık 1-2km derinliklerde meydana gelirler (Henley ve Ellis, 1983; Heald, 1987; Berger ve Eimon, 1983; Bonham, 1986; White ve Hedenquist, 1990, 1995; Sillitoe, 1993; Corbert, 2001a). Nispeten yüksek tuzlulukta ve oldukça yüksek (ortaç) sıcaklıkta magmatik kükürt içerikli çözeltilerin oluşumu için magmatik bir faaliyetin varlığı yüksek bir ihtimaldir. Böylesine bir magmatik faaliyetin Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu'nu kesmesi gerekmektedir. Zira kuvars damarları Kabaköy Formasyonu'na ait andezitik birimleri keserek yerleşmiştir. Çalışma alanında Eosen yaşlı andezit ve piroklastitlerini kesen magmatik oluşum gözlenmemiştir. Ancak çalışma alanının dışında Kabaköy Formasyonu keserek yerleşen Eosen yaşlı granitik bir intrüzyonun varlığı bilinmektedir (Ek-1). Muhtemelen bu granitik intrüzyonun etkisi Mastra Au-Ag yatağını oluşturan asıl hidrotermal çözelti getirimini sağlamış olmalıdır. Magmatik kökenli bu çözeltiler yan kayaçlarda meydana gelen kırık hatları boyunca ilerlerken, muhtemelen yüzeysel kökenli sularla karışıp seyrelmiştir.

Mastra Au-Ag yatağı Eosen yaşlı andezit ve piroklastitleri içerisinde bir seri epitermal kuvars damarından oluşmaktadır. Bu damarlar çevresinde en içte silisleşme, dışa doğru serizitik-arjilik alterasyon ve propilitik alterasyon şeklinde devam eden belirgin bir alterasyon zonlanmasının varlığı açıkça görülmektedir. Pirit, sfalerit, kalkopirit, fahlerz, galen, Au ve Ag ana mineraller; kovellin-kalkozin, dijenit, malakit, azurit, hematit ve limonitin ikincil mineraller; kuvars, barit, serüzit, kalsit, ankerit, adularya, serizit ve kil minerallerinin de gang minerali olarak gözlemlendiği genel mineral parajenezi epitermal sistemler ile uyumludur (Buchanan, 1981; White ve Hedenquist, 1990,1995; Hedenquist ve diğ., 2000). Bu minerallerden özellikle adularya, kalsit, ankerit, kuvars ve altın birlikteliği, düşük sülfürlü epitermal yataklar için karakteristik özellikler arasında sayılmaktadır (Heald, ve diğ., 1987; White ve Hedenquist, 1990, 1995; Dreher, ve diğ.,1998; John, 2001; Angeles ve diğ., 2002; John ve diğ.,2003). Kuvars damarlarından alınan örneklerde yoğun olarak boşluklu, boşluk dolgusu, tarak, bantlı, kokard, kafes ve breş/breş dolgusu gibi dokulara rastlanmaktadır. Bu tür dokular epitermal koşullar altında gelişen mineralojik özelliklerdendir (Drummond and Ohmoto, 1985; Henley and Brown, 1985; Brown, 1986; Sander ve Black,1988; Seward, 1989, 1991; Simmons ve Christenson, 1994; Etoh ve diğ., 2002). Özellikle kafes dokulu kalsitin varlığı, buna adularya ve altın zenginleşmesinin eşlik etmesi de epitermal oluşum koşullarını destekleyen bir diğer delildir. Çünkü bu birliktelik ve dokusal özellik epitermal ortamlarda hidrotermal kaynamaya, işaret etmektedir. Ayrıca bu zonlarda breşik dokuların gözlenmesi de kaynamayı desteklemektedir. Dolayısıyla, alterasyon, cevher mikroskobisi, sıvı kapanım ve izotop çalışmaları neticesinde Mastra Au-Ag madeninin adularya-serizit tip bir epitermal sistem olduğu açıktır. Böyle bir sistemin oluşumunu ortaya koyan şematik model Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Düşük sülfürlü epitermal altın yataklarının oluşum modelinin mastara Au-Ag yatağına uyarlanması ile oluşturulan şematik oluşum modeli (Pr; propilitik alterasyon, Ad; adularya).

5. SONUÇLAR

Doğu Pontid'lerin Güney Zonu'nunda yer alan Mastra (Gümüşhane) Au-Ag yatağının jeolojik, mineralojik ve jeojimyasal özelliklerinin araştırılmasını konu alan bu çalışmanın önemli sonuçları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Mastra Au-Ag yatağının içinde bulunduğu çalışma alanı yörede, Kabaköy Formasyonu olarak tanımlanan Eosen yaşlı andezit, bazalt ve piroklastitleri ile kumtaşı, kireçtaşı, marn ve tuf ardalanmasından oluşan sedimanter birimlerden oluşmaktadır.
2. Mastra Au-Ag yatağı Kabaköy Formasyonu içindeki andezit ve piroklastitleri içerisinde K50°-70°B doğrultulu 65°-85°KD eğimli tektonik kırık hatları boyunca, damarlar ve stockwork'lar (ağsal) şeklinde meydana gelmiştir.
3. Mastra maden yatağında altın, gümüş cevherleşmelerinin meydana geldiği kuvars damarlarında yanal ve düşey yönde devamsızlıklar gözlemlenmektedir. Ayrıca yatakta altın tenör değerlerinin düşey yönde değişim gösterdiği yapılan jeolojik çalışmalar sonucu ortaya konmuştur.
4. Damar sistemi 2,5km uzunluğundadır. Bu sistem boyunca 100-200m arasında değişen yaygın bir hidrotermal alterasyon gözlenmektedir. Bu alterasyon zonu içinde 1,3km uzunlukta 10-70m genişlikte ekonomik potansiyeli olan altın-gümüş cevherleşmesi meydana gelmiştir.
5. Birincil cevher minerali olarak başlıca; pirit, sfalerit, kalkopirit, fahlerz, galen, Au ve Ag; ikincil cevher minerali olarak ise başlıca; kovellin-kalkozin, dijenit, malakit, azurit, hematit ve limonit mineralinin varlığı belirlenmiştir. Gang mineralleri olarak da kuvarsın yanı sıra barit, serüzit, kalsit, ankerit, adularya, serizit ve kil minerallerinin yaygın olduğu belirlenmiştir.
6. Birincil büyüme dokuları olarak masif yapı, boşluk dolgusu, taraklı yapı, bantlı yapı, kokart yapı, breş dolgusu/breşik yapı; yeniden kristallenme dokuları olarak tüysü doku, mozaik doku, parlak doku ve yelpaze dokusu; ornatım dokuları olarak da şeker dokusu ve kafes dokusu gözlenen başlıca dokulardır.
7. Mastra Au-Ag yatağında kuvars damarları etrafında hidrotermal alterasyon en içten en dışa doğru başlıca silisleşme, serizitleşme, killeşme, karbonatlaşma, kloritleşme ve epidotlaşma şeklindedir.

8. Alterasyon zonunda belirlenen başlıca kil mineralleri, illit, kaolen ve simektittir. Silisleşmeyi çevreleyen serizitleşme ve killeşme arjilik alterasyon olarak tanımlanmıştır. Karbonatlaşma, kloritleşme ve epidotlaşma ile karakterize olan dış zonlar ise propilitik alterasyon olarak tanımlanmıştır. Arjilik alterasyon zonundan serizitik zona doğru gidildiğinde kaolen türü kil mineralleri artarken, propilitik dış zona doğru gidildiğinde simektit türü kil mineralleri artmaktadır.

9. Alterasyon zonunun en iç kısmında kayaç kütlelerinde ilksel kayaca göre %97,7'lik bir artış varken, dış zonlara doğru bu değer giderek azalmaktadır. Silisleşme-serizitleşme zonunda kütle artışı %39 ve serizitleşme-killeşme zonunda %20 dir. Karbonatlaşma-killeşme zonunda kayaç kütlelerinde %30 ve kloritleşme-killeşme zonunda, yani alterasyon zonunun en dış kesiminde ise %23 dür.

10. Alterasyon zonunda, kütle artışında rol oynayan asıl bileşenler SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , K_2O , ΣS ve A.K'dır. Bu bileşenlerden SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve K_2O cevherli zona yaklaştıkça daha fazla kütle artışı göstermektedir. Ana bileşenlerden özellikle MgO , CaO ve Na_2O , alterasyon zonunun iç kesimlerinde, kütle kaybına uğramıştır. Bununla birlikte alterasyon zonunun dış kesimlerinde SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO miktarlarında artış olurken, Na_2O miktarında kütle kaybı gerçekleşmiştir.

11. Sıvı kapanımlardan maden yatağının geniş bir sıcaklık aralığında (113-390°C) oluştuğu anlaşılmıştır. Kükürt izotop jeotermometresinde T_1 : $147 \pm 15^\circ\text{C}$, T_2 : $244-313 \pm 21^\circ\text{C}$ arasında ortalama 287°C ve, T_3 : $328-399 \pm 28^\circ\text{C}$ arasında ortalama 365°C , Oksijen izotop Jeotermometresinde ise $309,7$ ile $404,9^\circ\text{C}$ arasında ortalama $348,5^\circ\text{C}$ 'lik oluşum sıcaklıkları belirlenmiştir. Bu sıcaklık değerleri sıvı kapanımlar ile de oldukça uyumludur.

12. Maden yatağını oluşturan hidrotermal çözeltilerin H_2O - NaCl sisteminde, orta-düşük (0,35-10,11% NaCl) tuzluluğa ve ortalama $0,95\text{g/cm}^3$ yoğunluğa sahip olduğu belirlenmiştir.

13. Sıvı kapanım çalışmaları ve kükürt izotop jeotermometrelerinden yararlanılarak hazırlanan izokor diyagramından yatağın ortalama 690-460bar koşullarında yaklaşık 2605-1737m derinlikte oluştuğu tespit edilmiştir.

14. Kuvars ve kil örneklerinde gerçekleştirilen oksijen ve hidrojen izotop analizleri sonucunda Mastra Au-Ag yatağını oluşturan çözeltilerin baskın olarak magmatik kökenli olduğunu, daha az olarak da yüzeysel kökenli çözeltilerden etkilendiği belirlenmiştir.

15. Bu yatağı oluşturan hidrotermal çözeltilerin homojenleşme sıcaklıkları ve tuzluluk değerleri, mağmatik kökenli sıvıların tuzluluğuna yakın olup, epitermal koşulları temsil etmektedir.
16. Dokusal olarak altın bantlı, boşluklu, kokart ve breşik dokularda zenginleşme göstermektedir.
17. Damarcıklar halinde adularya mineralinin, kafes dokulu kalsitin ve hidrotermel breşlerin varlığı sistemde kaynamanın olduğunu göstermektedir. Altın çökelimi kayanamaya bağlıdır.
18. Mastra Au-Ag yatağında gözlenen kokart, taraklı, boşluk dolgusu ve breşik dokular epitermal sistemin karakteristik dokularını temsil etmektedir.
19. Mastra Au-Ag yatağını jeolojik özellikleri hidrotermal alterasyon, mineral birlikteliği ve dokusal özellikleri ile oluşum sıcaklığı, derinliği, cevher oluşturan çözeltilerin kaynağı bakımından granitik magmatizmaya bağlı olarak oluşmuş düşük sülfürlü adularya serizit tip bir epitermal Au-Ag yatağıdır.

6. KAYNAKÇA

- Adams, S. E., 1920. A Microscopic Study of Vein Quartz. Economic Geology, 15, 623-644.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul.
- Akın, H., 1978. Geologie, Magmatismus ve Lager-Staettenbidung Im Ostpontischen Gebirge-Turkei Aus Der Sicht Der Plattentektonik, Geologische Rundschau, 68, 253-283.
- Aliyazıcıoğlu, İ., 1999. Kale (Gümüşhane) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Angeles, C. A., Prihatmoko, S., ve Walker, J. S., 2002. Geology ve Alteration-Mineralization Characteristics of the Cibaliung Epithermal Gold Deposit, Banten, Indonesia; Resource Geology 52, 4, 329–339.
- Arribas, A. Jr., 1995. Characteristics of High-Sulfidation Epithermal Deposits, ve Their Relation to Magmatic Fluid, Mineralogical Association of Canada, Short Course, 23, 419-454.
- Aslan, Z., Arslan, M. ve Şen, C., 1999. Doğu Pontid'lerin Kuzey ve Güney Zonlarında Yüzeyleyen Eosen Yaşlı Granitik Sokulumların Karşılaştırılmalı Jeolojik, Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, 223-230.
- Arslan, M. ve Aslan, Z., 2006. Mineralogy, Petrography ve Whole-Rock Geochemistry of Tertiary Granitic Intrusion in the Eastern Pontides, Turkey, Journal of Asian Earth Sciences, 27, 177–193.
- Barret, T. J. ve MacLean, W. H., 1991. Chemical, Mass, ve Oxygen İsoopic Changes During Extreme Hydrothermal Alteration of an Archean Rhyolite, Noranda, Economic Geology, 86, 406-414.
- Barret, T. J., Cattalani, S. ve MacLean, W. H., 1993. Volcanic Lithochemisry ve Alteration at the Delbridge Massive Sulfide Deposit, Noranda Quebec, Jour. Of Geochem. Expoloration, 48, 135-173.

- Bektaş, O., 1984. Pontidlerde Üst Kretase Yaşlı Şoşonitik Volkanizma ve Jeotektonik Önemi, KTÜ, Yerbilimleri Dergisi, Jeoloji, 3, 1, 2, 53-62.
- Bektaş, O., 1986. Paleostress Trajectories ve Polyphase Rifting in Arc-Back of Eastern Pontides, MTA Bülteni, 103,104, 1-15.
- Berger, B. R. ve Eimon, P. I., 1983. Conceptual Models of Epithermal Precious-Metal Deposits. In "Cameron Volume on Unconventional Mineral Deposits" (Shanks III, W. C., ed.),. Society of Mining Engineers, 191-205.
- Biscaye, P. E., 1965. Mineralogy ve Sedimentation of Recent Deep Sea Day in the Atlantic Ocean ve Adjacent Seas ve Oceans, Geological Society of America Bulletin, 76, 803-832.
- Bodnar, R. J., 1993. Revised Equation ve Table for Determining the Freezing Point Depression of H₂O-NaCl Solutions, Ceochimica et Cosmochimica Acta. 57, 3, 683-684.
- Bonham, H. F., 1986. Models for Volcanic-Hosted Epithermal Deposits: A Brief Review. Australian Institute of Mining ve Metallurgy/University of Auckland. In "International Volcanological Congress, Proceedings of Symposium 5: Volcanism, Hydrothermal Systems ve Related Mineralisation", 13-18.
- Borisenko, A. S., 1977. Study of the Salt Composition of Solutions in Gas-Liquid Inclusions in Minerals by the Cryometric Method, Soviet Geol.& Geophys. 18, 11-19.
- Boyle, R. W, 1979. The Geochemistry of Gold ve Its Deposits. Canada Geol. Survey, Bull. 280, 169-182.
- Boztuğ, D., Wagner, G. A., Erçin, A. İ., Göç, D., Yegingil, Z., İskenderoglu, A., Kuruçelik, M. K., Kömür, İ. ve Güngör, Y., 2002. Sphene ve Zircon Fission-Track Geochronology Unravelling Subduction-ve Collision-Related Magma Surges in the Composite Kaçkar Batholith, Eastern Black Sea Region, Turkey, 1st International Symposium of The Faculty of Mines (İTÜ) On Earth Sciences and Engineering, Istanbul, Turkey, Abstracts, 121.
- Brown, K. L, 1986, Gold Deposition From Geothermal Discharges In New Zealand: Economic Geology, 81, 979-983.
- Brown, P. E., 1989. FLINCOR: A Microcomputer Program Fort He Reduction ve Investigation of Fluid- Inclusion Data, Amer. Mineralogist, 74, 1390-1393.

- Brown, P. E. ve Lamb, W. M., 1989. P.V.T. Properties of Fluids in the System $H_2O \pm CO_2 \pm NaCl$: New Graphical Presentations ve Implications for Fluid Inclusion Studies, Geochim. Cosmochim. Acta, 53, 1209-1221.
- Browne, P. R. L., 1978. Hydrothermal Alteration in Active Geothermal Fields, Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 6, 229-250.
- Browne, P. R. L. ve Ellis, A. J., 1970. The Ohaki-Broadlans Hydrothermal Area, New Zealand: Mineralogy ve Related Geochemistry, 269, 97-131.
- Buchanan, L. J., 1981. Precious Metal Deposits Associated with Volcanic Environments in the Southwest. In "Relation of Tectonics to Ore Deposits in the Southern Cordillera" (Dickinson, W. R. and Payne, W. O., eds). Arizona Geological Society, 237-262.
- Corbett, G. J., 2001a, Styles of Epithermal Gold-Silver Mineralisation: ProEXPLO 2001 Conference, Lima, Peru, Published as CD.
- Cunningham, C. G., 1985, Characteristics of Boiling-Water-Table ve Carbon Dioxide Models for Epithermal Gold Deposition: U. S. Geological Survey Bulletin, 1646, 43-46.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Granitik Plütonlarının Mukayeseli Petrojeolojik ve Jeokronometrik Etüdü, Doçentlik Tezi, İTÜ, Maden Fakültesi, İstanbul (Yayınlanmamış).
- Deer, W. A., Howie, R. A. ve Zussman, J., 1996. An Introduction to the Rock- Forming Minerals, Prentice Hall, NY.
- Dong, G., 1993. Textures of Quartz ve Adularia, ve Their Zoning in Epithermal Veins, Queensland: Unpublished Ph .D. Thesis, James Cook University of North Queensland, 233.
- Dong, G. ve Morrison, G. W., 1995, Adularia in epithermal Veins, Queensland: Morphology, Structural State, ve Origin: Mineralium Deposita, 30, 11-19.
- Dong, G., Morrison, G. ve Jaireth, S., 1995. Quartz Textures in Epithermal Veins, Queensland-Classification, Origin, ve Implication, Economic Geology, 90, 1841-1856.
- Dowling, K. ve Morrison, G., 1989. Application of Quartz Textures to the Classification of Gold Deposits Using North Queensland Examples. The Geology of Gold Deposits, R. R. Keays, W. R. H. Ramsay ve D. I. Groves (ed.), Econ. Geol., 6, 342-355.

- Dowling K. ve Morrison, G. W., 1990. Application of Quartz Textures to the Classification of Gold Deposits Using North Queensland Examples: Economic Geology Monograph, 6, 342-355.
- Dreher, A. M, Vlach, S. R. F. ve Martini, S. L 1998. Adularia Associated with Epithermal Gold Veins in the Tapajós Mineral Province, Pará State, Northern Brazil; Revista Brasileira de Geociências 28, 3, 397-404.
- Drummond, S. E. ve Ohmoto, H., 1985, Chemical Evolution ve Mineral Deposition in Boiling Hydrothermal Systems: Economic Geology, 80, 126–147.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, MMLS Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Etoh, J., Izawa, E. ve Taguchi, S., 2002, A Fluid Inclusion Study on Columnar Adularia from the Hishikari Low-Sulfidation Epithermal Gold Deposit, Japan: Resource Geology, 52, 73–78.
- Field, C. W. ve Fifiarek, R. H., 1985. Light Isotope Systematics in the Epithermal Environment, in Berger, B. R., Bekte, P. M., Eds., *Geology and Geochemistry of Geothermal Systems, Reviews in Econ. Geology*, 2, 99-128.
- Fournier, R. O., 1985. The Behaviour of Silica in Hydrothermal Solutions. *Geology ve Geochemistry of Epithermal Systems*, B. R. Berger ve P. M. Bethke (ed.), *Reviews in Economic Geology*, 2, 45-51.
- Friedman, I. ve O'Neil, J. R., 1977. Compilation of Stable Isotope Fractionation Factors of Geochemical Interest. Fleisher, M. (ed.), *Data of Geochemistry*, 6th ed., ch, kk, US. Geol. Surv., Prof. Paper 440.
- Gedik, A., Ercan, T., Korkmaz, S. ve Karataş, S., 1992. Rize-Fındıklı Çamlıhemşin Arasında (Doğu Karadeniz) Yer Alan Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Doğu Pontid'lerdeki Bölgesel Yayılımları, Türkiye Jeoloji Bülteni, 35, 15-38.
- Gedikoğlu, A., 1978. Harşit Granit Karmaşığı ve Çevre Kayaçları, Doçentlik Tezi, KTÜ, Yer Bilimleri Fakültesi, Trabzon.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S. ve Özsayar, T., 1979. The Main Lines of Geotectonic Development in the East Pontids in the Mesozoic Era, Geocomme-I, 555-580.

- Giggenbach, W. F., 1992: Isotopic Shifts in Waters From Geothermal ve Volcanic Systems Along Convergent Plate Boundaries ve Their Origin. Earth Planet. Sci. Lett., 113, 495-510.
- Grant, J. A., 1986. The Isocon Diagram-A Simple Solution to Greenses' Equation for Metasomatic Alteration, Econ. Geol. 81, 1976-1982.
- Gündoğdu, M. N. ve Yılmaz, O., 1983. Kil mineralojisi Yöntemleri, I, Ulusal Kil Sempozyumu, Bildiriler, Çukurova Üniversitesi, Adana, 319-330.
- Güngör, Y., Boztuğ, D. ve Yılmaz, O., 1997. Kaçkar Batoliti Altıparmak Dağı- Soğanlı Dağı Arası (GD Çamlıhemşin-Rize) Kesiminin Petrografik, Jeokimyasal ve Petrojenetik İncelenmesi. Çukurova Üniversitesinde Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu, 30 Nisan - 3 Mayıs 1997, Adana, Bildiri Özleri, 223-224.
- Güven, İ. H., 1993. Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250000 Ölçekli Kompilasyonu, MTA, Ankara (Yayınlanmamış).
- Hamilton, W. J., 1942. Researches in Asia Minör, Pontus ve Armenia, 1rth Eds. Geol. Soc. London, 1842.
- Heald, P., Foley, N. K. ve Hayba, D. O., 1987 Comparative Anatomy of Volcanic-Hosted Epithermal Deposits: Acid-Sulfate ve Adularia Sericite Types. Econ. Geol., 82, 1-26.
- Hedenquist, J. W., 1990. The Thermal ve Geochemical Structure of the Broadlands-Ohaaki Geothermal System. Geothermics, 19, 151-185.
- Hedenquist, J. W. ve Lowenstein, J. B., 1994. The Role of Magmas in the Formation of Hydrothermal Ore Deposits. Nature, 370, 519-527.
- Hedenquist, J. W., Izawa, E., Arribas, A. Jr. ve White, N. C., 1996. Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics, ve Exploration. Society of Resource Geology, Tokyo, Special Publication, 1, 165-182.
- Hedenquist, J. W., Arribas R. A. ve Gonzalez-Urien, E., 2000. Exploration for Epithermal Gold Deposits: Reviews in Economic Geology, 13, 245-277.
- Henley, J. J., Montoya, J. W., Marinenko, J. W. ve Luce, R. W., 1980. Equilibria in the System $Al_2O_3-SiO_2-H_2O$ ve Some General Implications for Alteration/Mineralization Processes, Economic Geology, 75, 210-228.

- Henley, R. W. ve Ellis, A. J., 1983. Geothermal Systems Ancient ve Modern: A Geochemical Review, Earth Sci. Rev. 19, 1-50.
- Henley, R. W., 1985. The Geothermal Framework of Epithermal Deposits. In: Berger, B. R., Bethke, P. M. (eds.) Geology ve Geochemistry of Epithermal Systems. Rev. Econ. Geol., 2, 1-24.
- Henley, R. W. ve Brown, K. L., 1985. A Practical Guide to the Thermodynamics of Geothermal Fluids ve Hydrothermal Ore Deposits, in Berger, B. R., Bekte, P. M., Eds., Geology ve Geothermal Systems, Reviews in Econ. Geology, 2, 25-44.
- Hoefs, J., 1973. Stable Isotope Geochemistry, Springer-Verlag, New York.
- Hoefs, J., 1987. Stable Isotope Geochemistry, 3rd edn. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 241.
- Huston, D. L., 1993. The effect of Alteration ve Metamorphism on Wall Rocks to the Balcooma ve Dry River South Volcanics-Hosted Massive Sulfide Deposits, Quensland, Australia, Jour. Of Geoch. Expl., 48, 227-307.
- Jackson, M. L., 1956. Soil Chemical Analysis-Advanced Course, Department of Soil Science, University of Wisconsin, Madison.
- Jica., 1985. The Republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Phase 1, Japan International Cooperation Agency Metal Mining Agency of Japan.
- J.C.P.D.S., 1990. Powder Diffraction File, Alphabetical Indexes Inorganic Phases, Swarthmore, U.S.A., 871.
- John, D. A., 2001. Miocene ve Early Pliocene Epithermal Gold-Silver Deposits in the Northern Great Basin, Western United States: Characteristics, Distribution, ve Relationship to Magmatism; Economic Geology, 96, 8, 1827-1853.
- John, D. A., Hofstra, A. H., Fleck, R. J., Brummer, J. E. ve Saderholm, E. C., 2003. Geologic Setting ve Genesis of the Mule Canyon Low-Sulfidation Epithermal Gold-Silver Deposit, North-Central, Nevada, Economic Geology, 98, 2, 425-463.
- Kansız, H. ve Akıncı, S., 1991. Gümüşhane ve Dolayının 1/100.000 Ölçekli Epitermal Altın-Kurşun-Çinko Prospeksiyonu Raporu, MTA, Trabzon.
- Kaygusuz, A., 2000. Torul ve Çevresinde Yüzeyleyen Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen. Bil. Enst., Trabzon, 235.

- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, MTA Dergisi, Ankara, 66, 20-34.
- Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji, İTÜ Kütüphanesi, İstanbul, 520.
- Kilias, S. P., Kalogeropoulos, S. I. ve Madsen, J. K., 1996. Fluid Inclusion Evidence For the Physical Conditions of Sulfide Deposition in the Olympias Carbonate-Hosted Pb-Zn (Au, Ag) Sulfide Ore Deposit, E. Chalkidiki Peninsula, N. Grece, Min. Deposita, 31, 394-406.
- Knight, C. L. ve Bodnar, R. J., 1989. Synthetic Fluid Inclusions: IX. Critical PVTX Properties of NaCl-H₂O Solutions, Geochim. Cosmochim. Acta, 53, 3-8.
- Köprübaşı, N., 1993. Tirebolu-Harşit (Giresun) Arası Jura-Kretase Yaşlı Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Jeokimyası, Türkiye Jeoloji Bülteni, 36, 139-150.
- Köprübaşı, N., Şen, C. ve Kaygusuz, A., 2000. Doğu Pontid Adayayı Granitoidlerin Karşılaştırılmalı Petrografik ve Kimyasal Özellikleri, Uygulamalı Yerbilimleri, 111-120.
- Kunze, G. W., 1965. Methods of Soil Analysis, Agronomy Society of America Inc., C.A. Black, 44, 568-577.
- Lindgren, W., 1899. The Gold ve Silver Veins of Silver City, De Lamar ve Other Mining Districts in Idaho: U.S. Geological Survey 20th Annual Report, 3, 63-236.
- Lovering, T. G., 1972. Jasperoid in the United States. Its Characteristics, Origin ve Economic Significance. U.S. Geol. Survey, 710,164.
- MacLean, W. H. ve Kranidiotis, P., 1987. Immobile elements as monitors of Mass Transfer in Hydrothermal Alteration: Phelps Dogge Massive Sulfide Deposit, Matagami, Quebec, Econ. Geology, 82, 951-962.
- MacLean, W. H., 1988. Rare Earth Element Mobility at Constant Inter-REE Ratios in the Alteration Zone at the Phelps Dodge Massive Sulphide Deposit, Matagami, Quebec. Mineralium Deposita, 23, 231-238.
- MacLean, W. H., 1990. Mass Change Calculations in Altered Rock Series, Mineralium Deposita, 25, 44-49.
- Matsuhisa, Y. ve Aoki, M., 1994. Temperature ve Oxygen Isotope Variations During Formation of the Hishikari Epithermal Gold-Silver Veins, Southern Kyushu, Japan. Econ. Geol., 89,1608-1613.

- Matsuisha, Y., Goldsmith, J. R. ve Clayton, R. N., 1979. Oxygen Isotopic Fractionation in the System Quartz-Albite-Anorthite-Water, Geochim. Cosmochim. Acta, 43, 1131-1140.
- Mills, J., O'Brien, S. J., Dube, B., Mason, R. ve O'Driscoll, C.F., 1999. The Steep Nap Prospect; A Low Sulphidation Gold-Bearing Epithermal Vein System of Later Neoproterozoic Age, Avalon Zone, Newfoundland Appalachians. Newfoundland Department of Mines ve Energy, Geological Survey, 99-1, 255-274
- Moore, D. M. ve Reynolds, Jr. R. C., 1997. X-Ray Diffraction ve the Identification ve Analysis of Clay Minerals, Oxford University Press, 378s.
- Morgan, P. G., 1925. The so-called "Pseudomorphous" Quartz of Tertiary Gold-Silver Veins: Economic Geology, 20, 203-207.
- Morrison, G., Guoyi, D. ve Jaireth, S., 1990. Textural Zoning in Epithermal Quartz Veins. Epithermal Gold Deposits in Queensland, Amira Project, James Cook Univ., 3, 247,19.
- Müller, G., 1967. Beziehungen Zwischen Wasserkörper, Bodensediment ve Organismen im Bodensee, Naturwissenschaften, 54, 454-466.
- Ohmoto, H., 1986. Stable Isotope Geochemistry of Ore Deposits: In Valley J. H., Taylor H. P., O'Neil J. R., (eds.). Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes. Rev. Mineral, 116, 491-559.
- Ohmoto, H. ve Rye, R.O., 1979. Isotopes of Sulfur ve Carbon: in Barnes, H. L. (ed.) Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, John Wiley ve Sons, New York. 2nd, ed., 509-567.
- Oygür, A. V., 2006. Gümüşhane Mastra Altın Madeni, Doğu Karadeniz Bölgesi Maden Yataklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu, Eylül, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 275-281.
- Özsayar, T., Pelin, S. ve Gedikoglu, A., 1981. Doğu Pontidler'de Kretase, KTÜ, Yerbilimleri Dergisi, 1, 65-114.
- Özdoğan, K., 1992. Karadağ (Torul-Gümüşhane) ve Yakın Çevresinin Jeolojisi-Mineralojisi-Petrografisi ve Maden Zuhurlarının Jenetik İncelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniv., Fen Bil. Enstitüsü, Konya.

- Pirajno, F., 1992. Hydrothermal Mineral Deposits. Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist, XVIII+709pp. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong: Springer-Verlag. Price DM 248.00 (hard covers). ISBN 3 540 52517 3.
- Potter, R. W., 1977. Pressure Corrections for Fluid- Inclusion Homogenisation Temperatures Based on the Volumetric Properties of the System NaCl- H₂O. J. Res. U.S. Geol. Surv., 5, 603-607.
- Roedder, E., 1984. Fluid Inclusions: Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America, 12, 644.
- Roedder, E. ve Bodnar, R. J., 1980. Geologic Pressure Determinations from Fluid Inclusion Studies, Ann. Rev. Earth Planet., 8, 263-301.
- Rossetti, P. ve Colombo, F., 1999. Adularia-Sericite Gold Deposits of Marmato (Caldas, Colombia): Field ve Petrographical Data; Geological Society, 155, 167-182.
- Samson, I. M. ve Russel, M. J., 1987. Genesis of the Silvermines Zinc-Lead-Barite Deposit Ireland: Fluid Inclusion ve Stable Isotope Evidence, Econ. Geology, 82, 371-394.
- Sander, M. V. ve Black, J. E., 1988. Crystallization ve Recrystallization of Growth-Zoned Vein Quartz Crystals From Epithermal Systems-Implications For Fluid Inclusion Studies: Economic Geology, 83, 1052-1060.
- Saunders, J. A., 1990. Colloidal Transport of Gold ve Silica in Epithermal Precious-Metal Systems Evidence from the Sleeper Deposits, Nevada: Econ. Geology, 18, 757-760.
- Schrader, F. S., 1912. A Reconnaissance of the Jarbidge, Contact, ve Elk Mountain Mining Districts, Elko County, Nevada: U.S. Geological Survey Bulletin, 497,62.
- Schultz-Westrum, H. H., 1961. Kuzeydoğu Anadolu'da Doğu Pontit Mineral Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Yatakları ile İlgili Mütaalalar, MTA Dergisi, 57, 63-71.
- Seward, T. M., 1989. The Hydrothermal Chemistry of Gold ve Its Implications for Ore Formation: Boiling ve Conductive Cooling As Examples: Economic Geology, 6, 398-404.
- Seward, T. M., 1991. The Hydrothermal Geochemistry of Gold: Gold Metallogeny ve Exploration, London, Blackie, 37-62.
- Shaub, B. M., 1934. The Cause of Banding in Fissure Veins: American Mineralogist, 19, 393-402.

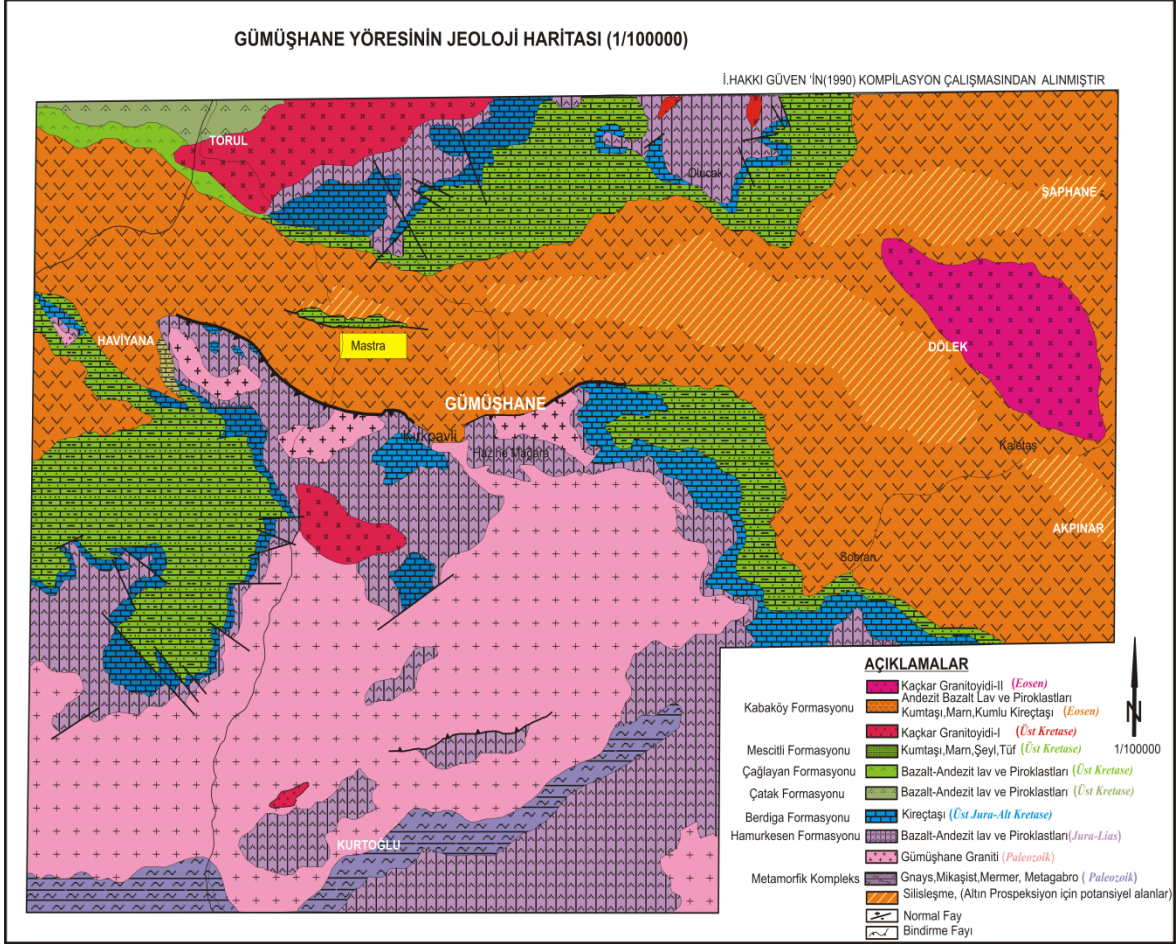
- Shepherd, S. M. F., 1976. Identification of the origin of ore Forming Solutions By the Use of Stable Isotopes. *Volcanic Processes in Ore Genesis*, The Institution of Mining ve Metallurgy, London 25-41.
- Shepherd, T. J., Rankin, A. N. ve Alderton, D. H. M., 1985. A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies, Blacie ve Son Press., London, 238.
- Sillitoe, R. H., 1993. Epithermal Models: Genetic Types, Geometrical Controls ve Shallow Features, *Mineral Deposit Modeling*, R. V. Kirkham, W. D. Sinclair, R. I Thorpe, J. M. Duke, Eds., Geological Association of Canada, 40, 403-417.
- Simmons, S. F. ve Christenson, B. W., 1994, Origins of Calcite in Boiling Geothermal System: American Journal of Science, 294, 361–400.
- Smith, D. K., Johnson, G. G. Jr., Scheible, A., Wims, A. M., Johnson, J. L. ve Ullmann, G., 1987. Quantitative X-Ray Powder Diffraction Method Using the Full Diffraction Pattern, *Powder Diff.*, 2, 73-77.
- 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.
- Środoń, J., Drits, V. A., McCarty, K. K., Hesieh, J. C. C. ve Eberl, D. D., 2001. Quantitative X-Ray Diffraction Analysis of Clay- Bearing Rocks from Random Preparations, *Clay ve Clay minerals*, 49, 514-528.
- Środoń, J. ve Eberl, D. D., 1984. Illite, Micas. S. W. Bailey, Ed., *Reviews in Mineralogy*, Mineralogical Society of America, 13, 495-544.
- Spurr, J. E., 1926. Successive Banding Around Rock Fragments in Veins. Econ. Geol., 21, 519-537.
- Stillwell, F. L., 1950. Origin of the Bendigo Saddle Reefs. Econ. Geol., 45, 697-701.
- Swindale, L. D., 1975. The Crystallography of Minerals of the Kaolin Group, *Inorganic Components*, J.E. Gieseking, Ed., Soil Components, 2, 121-154.
- Şahin, S. Y., Güngör, Y. ve Boztug, D., 2004. Comparative Petrogenetic Investigation of Composite Kaçkar Batholith Granitoids in Eastern Pontide Magmatic Arc, Northern Turkey. Earth Planets Space, 56, 429-446.

- Taylor, H. P. Jr. 1974. The Application of Oxygen ve Hydrogen Isotope Studies to Problems of Hydrothermal Alteration ve Ore Deposition. Economic Geology, 69, 843-883.
- Tayyar, H., 2005. Mastra (Gümüşhane) Epitermal Altın Yatağının Jeolojik ve Jeokimyasal Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical ve Volcanic History of The Gümüşhane Region, Doktora Tezi, University College, London.
- Topuz, G., Eyüboğlu, Y. ve Dokuz, A., 2002. Petrology ve Age of The Saraycık Granodiorite, Pulur Massif, Eastern Pontides, NE Turkey: Preliminary Results, 1st International Symposium of Istanbul Technical University The Faculty of Mines on Earth Sciences ve Engineering, İstanbul-Turkey, 120.
- Türk-Japon Ekibi, 1985. The Republic of Turkey Report on The Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Phase 1, 72.
- Tüysüz, N, Sadıklar, M. B., Er, M., ve Yılmaz, Z., 1995. An Epithermal Gold-Silver Deposit in the Pontide Island are Mastra-Gümüşhane (NE-Turkey). Economic Geology, 90, 1301-1309
- Tüysüz, N. ve Akçay, M., 2000. Doğu Karadeniz Bölgesindeki Altın Yataklarının Karşılaştırılmalı İncelenmesi. Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi, Ekim, Ankara, Bildiriler Kitabı, 625-645.
- White, W. H., 1943. The Mechanism ve Environment of Gold Deposition in Veins. Economic Geology, 38, 512-532.
- White, N. C. ve Hedenquist, J. W., 1990. Epithermal Environments ve Styles of Mineralization: Variations ve Their Causes, ve Guidelines for Exploration. in 'Epithermal Gold Mineralization of the Circum-Pasific: Geology, Geochemistry, Origin ve Exploration II' (Hedenquist, J. W., White, N. C. ve Siddeley, G., eds), Geochem. Explor., 36, 445-474.
- White, N. C. ve Hedenquist, J. W., 1995. Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics ve Exploration; Published in SEG Newsletter, 23, 1, 9-13.
- Wilkinson, J. J., 2001. Fluid Inclusion in Hydrothermal Ore Deposits, Litos, 55, 1-4, 229-272.
- Yılmaz, Y., 1972. Petrology ve Structure of the Gümüşhane Granite ve Surrounding Rocks, North-Eastern Anatolia, Doktora Tezi, London University, 260.

- Yılmaz, Y., 1976. Geochemical Study of the Gümüşhane Granite, İst. Üniv., Fen. Fak., Mec. Seri B, 39, 3–4, 173–203.
- Yılmaz, Z., Dilek, S., Akıncı, S., Güç, A. R., Ağan, A., Cordan, S. ve Ülker, T., 1992. Gümüşhane-Mescitli (Mastra) Sahası Altın Etüdü, MTA. Yayını, 120, 63-71.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D., 1996. Space ve Time Relations of Three Plutonic Phases in the Eastern Pontides, Turkey, International Geology Review, 38, 935–956.
- Zang, Y. G. ve Frantz, J. D., 1987. Determination of the Homogenization Temperatures ve Densities of Supercritical Fluids in the System NaCl-KCl-CaCl₂-H₂O Using Synthetic Fluid Inclusion, Chem. Geology, 64, 335-350.
- Zankl, H., 1961. Magmatismus ve Bauplan Des Ostpontischen Gebirges Im Querprofil Des Harşit-Tales, NE Anatolien, Geol. Rdsch., 51, 218-239.
- Zankl, H., 1962. Magmatismus ve Bauplan Des Ostpontischen Gebirges Im Querprofil Des Harsit-Tales, Bayerische, Akademie Der Wissenschaften, Abhandlungen, Neue Folge, München, Heft 109, 61-91.

7. EKLER

Ek Tablo 1. Gümüşhane yöresinin genel jeoloji haritası.



Ek Tablo 2. Mastra (Gümüşhane) Au-Ag yatağından profiller boyunca alınan altere kayaç örneklerinin kimyasal analiz sonuçları.

Profil Numarası	Örnek No:	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	Σ/C	ΣS	A.K.	Toplam
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1. Profil	KMK003	66,66	14,73	4,25	0,21	0,08	0,12	9,99	0,52	0,02	<0,01	0,002	0,05	0,08	3,0	99,72
	KMK008	61,78	15,21	3,80	0,27	0,20	0,27	10,97	0,53	0,38	0,01	0,003	0,08	0,97	5,8	100,27
	KMK009	62,55	15,04	4,47	0,39	0,11	0,14	10,49	0,56	0,04	0,01	0,003	0,03	0,89	5,9	100,62
	KMK010	69,60	13,91	2,94	0,18	0,05	0,11	9,29	0,47	0,07	0,02	0,002	0,04	0,24	3,0	99,92
2. Profil	KMK014	65,66	13,67	5,63	0,21	0,10	0,47	9,17	0,48	0,13	<0,01	0,002	0,04	0,26	4,0	99,83
	KMK015	77,20	12,71	1,22	0,20	0,12	0,04	3,18	0,49	0,06	<0,01	0,004	0,04	0,21	4,6	100,08
	KMK017	74,73	16,44	0,27	0,01	0,05	0,03	0,08	0,50	0,25	<0,01	<0,002	0,05	0,16	7,3	99,88
	KMK019	58,56	25,45	0,15	0,11	0,21	0,11	5,35	0,50	0,49	<0,01	0,004	0,04	0,26	8,6	99,84
3. Profil	KMK021	54,18	16,14	7,61	4,65	3,05	2,27	5,15	0,64	0,25	0,22	0,003	0,41	0,02	5,5	100,09
	KMK023	59,59	15,61	6,10	3,41	1,59	3,10	5,84	0,50	0,18	0,14	0,003	0,23	<0,02	3,7	100,01
	KMK025	62,40	18,13	3,02	0,36	0,25	1,06	8,75	0,54	0,07	<0,01	<0,002	0,03	0,04	5,1	99,76
	KMK028	78,90	10,26	1,88	0,63	0,11	0,03	2,95	0,42	0,03	<0,01	0,002	0,04	0,32	4,7	100,28
4. Profil	KMK031	58,96	16,06	6,85	4,04	1,64	1,91	5,55	0,56	0,20	0,36	0,004	0,08	0,11	3,3	99,62
	KMK032	75,28	15,85	0,82	0,03	0,12	0,07	0,16	0,61	0,33	<0,01	0,003	0,03	0,19	6,4	99,90
	KMK034	66,85	14,69	2,95	0,49	0,21	0,39	9,48	0,56	0,11	0,01	<0,002	<0,02	0,28	3,8	99,84
	KMK037	71,85	11,20	3,12	0,25	0,08	0,18	8,23	0,43	0,07	<0,01	0,003	0,02	0,66	4,2	100,30
	KMK039	67,42	15,24	2,80	0,84	0,25	2,36	4,68	0,61	0,05	<0,01	0,003	0,06	0,55	5,5	100,37
	KMK040	59,31	16,25	6,52	3,73	1,81	3,06	4,40	0,55	0,19	0,17	0,002	0,26	0,05	3,7	100,00
5.profil	KMK043	59,88	16,45	6,04	3,62	3,36	3,02	3,54	0,52	0,18	0,14	0,003	0,06	0,15	2,9	99,86
6.Profil	KMK052	62,78	16,60	4,65	1,34	0,44	2,75	5,77	0,53	0,12	0,04	<0,002	0,05	<0,02	4,7	99,79
	KMK056	65,90	15,17	3,23	0,27	0,21	1,10	9,35	0,55	0,08	<0,01	0,004	0,03	0,25	3,8	99,95
	KMK058	62,43	15,96	5,66	3,12	0,68	3,17	4,25	0,50	0,19	0,12	0,004	0,04	<0,02	3,6	99,74
7.Profil	KMK070	57,57	17,01	7,73	3,04	2,76	3,57	3,77	0,66	0,19	0,10	0,003	0,13	<0,02	3,3	99,85
	KMK077	67,17	15,87	2,48	0,06	0,09	3,83	6,37	0,58	0,06	<0,01	0,002	0,03	0,24	3,2	99,99
	KMK079	53,02	20,40	7,59	1,62	0,27	2,20	3,87	0,62	0,29	0,05	<0,002	0,03	0,25	9,8	100,01

Ek Tablo 2'nin devamı

Profil Numarası	Örnek No:	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	∑/C	∑S	A.K.	Toplam
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
8. Profil	KMK087	69,43	14,73	3,19	0,59	0,10	0,11	4,00	0,53	0,11	<0,01	<0,002	0,04	0,70	7,1	100,64
	KMK089	48,20	13,90	6,10	2,30	6,58	0,52	3,22	0,50	0,20	0,09	0,002	0,03	7,86	13,1	102,60
9. Profil	KMK095	56,29	18,27	5,96	1,38	0,42	1,60	5,97	0,59	0,25	0,02	<0,002	0,03	0,71	9,0	100,49
	KMK098	75,25	12,61	2,26	0,56	0,26	2,19	1,71	0,45	0,04	<0,01	0,003	0,05	0,52	4,5	100,41
	KMK099	58,52	17,61	6,26	2,39	0,89	4,33	3,28	0,64	0,16	0,09	<0,002	<0,02	1,05	5,6	100,84
	KMK100	58,02	21,96	2,43	1,11	0,42	2,80	3,25	0,78	0,10	0,02	<0,002	0,04	0,25	8,9	100,08
Sondaj Örnekleri	KZM48-2-3	73,14	14,56	2,60	0,11	0,16	0,04	3,10	0,50	0,28	<0,01	0,004	0,05	0,27	5,2	100,02
	KZM48-6-7	58,20	16,59	7,34	1,13	0,04	0,38	4,91	0,54	0,08	0,01	0,003	0,03	5,54	10,5	105,29
	KZM48-27-28	58,17	13,99	8,60	1,65	1,79	0,95	4,86	0,47	0,18	0,09	0,003	0,46	6,37	8,9	106,48
	KZM48-38-39	55,55	17,53	7,00	5,12	0,79	1,75	3,77	0,58	0,23	0,18	<0,002	0,38	1,98	7,2	102,06
	KZM48-57-58	58,77	15,98	5,71	4,70	1,88	2,88	4,26	0,51	0,17	0,22	<0,002	0,54	0,74	4,6	100,96
	KZM48-70-71	62,12	15,37	5,00	2,05	1,00	2,79	5,79	0,44	0,13	0,12	<0,002	0,23	3,08	4,9	103,02
	KZM48-190-191	56,98	15,02	5,39	3,86	1,86	0,12	6,22	0,52	0,21	0,14	0,003	1,07	3,60	9,2	104,19
	KZM46-3-4	74,96	13,10	3,30	0,02	0,06	0,03	0,34	0,45	0,19	<0,01	0,004	0,04	0,23	7,4	100,13
	KZM46-10-11	73,38	13,26	1,45	1,15	0,09	0,02	3,78	0,56	0,04	0,01	0,003	0,06	0,28	6,1	100,18
	KZM46-40-41	68,06	13,00	7,72	0,11	0,09	0,02	3,03	0,37	0,15	<0,01	0,003	0,02	5,78	7,3	105,66
	KZM12-0-1	65,67	15,80	2,90	1,02	0,55	0,18	6,30	0,65	0,12	0,02	0,002	0,08	0,71	6,6	100,60
	KZM12-13,90-14	61,64	16,86	4,48	3,73	0,19	1,98	5,39	0,46	0,13	0,20	0,003	0,05	0,65	4,6	100,36
	KZM12-15,80-37	61,90	16,03	5,39	1,93	0,79	2,82	5,44	0,50	0,23	0,15	0,005	0,07	2,63	4,5	102,39
	KZM12-61-62	60,08	15,91	6,05	2,24	0,73	2,46	5,97	0,50	0,19	0,14	0,003	0,05	3,86	5,1	103,28
	KZM12-10-121	59,91	16,71	6,22	3,81	0,65	2,92	5,00	0,55	0,20	0,20	0,002	0,06	0,52	3,5	100,25
KZM39-166-167	51,06	16,03	6,27	4,49	1,38	0,58	9,98	0,45	0,16	0,30	<0,002	1,83	2,63	8,9	104,06	

Ek Tablo 2'nin devamı

Profil Numarası	Örnek No:	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	Σ/C	ΣS	A.K.	Toplam
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Damar Örnekleri	ASK	97,90	0,37	0,84	0,02	0,03	0,01	0,03	<0,01	0,03	<0,01	0,007	0,03	<0,02	0,7	100,01
	YD1	92,27	2,04	2,20	0,11	0,05	0,03	0,57	0,05	0,07	<0,01	0,007	0,03	0,54	2,0	99,98
	YD2	94,37	1,99	1,38	0,09	0,03	0,03	0,49	0,09	0,02	<0,01	0,007	0,03	0,09	1,4	100,03
	YBD	93,88	2,25	1,04	<0,01	0,02	0,02	0,01	0,53	0,04	<0,01	0,008	0,02	0,04	2,0	99,88
	BHIGH	96,90	0,63	1,16	<0,01	0,02	0,03	0,10	<0,01	0,02	<0,01	0,008	0,02	0,07	1,1	100,09
	BROM	93,81	1,33	1,49	0,04	0,03	0,03	0,27	0,04	0,04	<0,01	0,009	0,02	0,34	1,9	99,36
	BLOW	96,91	0,80	1,22	0,02	0,03	0,03	0,14	<0,01	0,03	<0,01	0,009	0,02	0,08	0,8	100,11
En az alt.kay.	KML-2	60,56	18,24	5,18	0,82	2,59	8,20	1,63	0,52	0,14	0,07	0,011	0,12	<0,02	1,9	100,00

Ek Tablo 2'nin devamı.

Profil Numarası	Örnek No:	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1. Profil	KMK003	3307	<1	0,3	1,8	10,8	3,0	4,3	258,0	1	62,7	0,3	9,5	2,9	124	4,5	99,1
	KMK008	6273	<1	0,2	1,2	12,9	2,4	3,7	281,6	1	300,3	0,4	7,8	2,0	142	1,8	83,7
	KMK009	1981	<1	0,3	1,7	14,0	2,9	4,2	295,1	1	80,7	0,3	7,0	2,7	148	2,7	94,1
	KMK010	2161	1	0,5	0,9	11,2	2,4	3,7	255,3	<1	88,5	0,3	5,8	2,0	121	2,0	77,8
2. Profil	KMK014	2270	<1	0,3	1,3	11,5	2,7	4,1	234,6	<1	167,3	0,3	8,2	3,9	141	1,9	90,0
	KMK015	378	<1	0,2	1,1	13,9	2,7	4,4	90,8	1	221,1	0,3	8,1	2,4	135	2,5	90,4
	KMK017	95	<1	<0,2	<0,1	13,3	2,7	4,0	1,4	1	2188,1	0,4	6,4	1,7	101	4,4	89,6
	KMK019	611	<1	0,4	0,8	13,6	2,2	3,6	149,4	<1	2793,1	0,2	7,4	1,8	253	1,0	71,4
3. Profil	KMK021	921	2	0,4	0,8	14,9	2,6	4,0	104,7	<1	336,9	0,2	6,3	1,8	214	<0,5	81,6
	KMK023	1110	1	0,4	1,1	13,2	2,7	4,2	145,2	<1	259,9	0,4	8,2	1,8	125	<0,5	91,1
	KMK025	1846	<1	0,4	1,2	14,5	2,6	4,2	212,4	<1	150,5	0,3	7,2	2,6	154	2,3	93,5
	KMK028	166	<1	0,4	7,0	15,0	2,3	3,4	112,0	1	43,9	0,3	7,0	2,3	117	2,6	72,9
4. Profil	KMK031	1236	1	0,4	1,1	15,1	2,7	4,3	113,4	1	301,5	0,3	6,8	2,1	175	1,1	88,9
	KMK032	316	<1	0,4	0,1	12,3	4,0	5,6	3,3	1	1847,1	0,4	10,1	3,1	139	1,2	125,5
	KMK034	3244	<1	0,4	1,8	13,0	2,9	5,1	212,8	<1	160,5	0,4	11,3	2,7	115	2,3	109,2
	KMK037	1757	<1	0,4	1,0	11,6	2,1	3,5	209,1	<1	89,4	0,3	5,9	2,2	110	3,5	66,5
	KMK039	900	<1	0,4	1,1	14,8	2,8	4,8	138,1	<1	179,1	0,4	8,4	2,4	173	1,0	101,6
	KMK040	946	1	0,4	1,0	15,3	2,5	4,3	106,5	<1	305,3	0,4	8,3	2,4	180	0,8	91,7
5. Profil	KMK043	1013	2	0,4	1,3	14,9	2,7	4,7	75,9	<1	475,4	0,4	8,8	2,5	168	1,2	92,0
6. Profil	KMK052	1317	<1	0,4	0,7	14,8	2,5	4,6	137,8	<1	288,1	0,3	8,5	2,7	171	1,7	93,9
	KMK056	2326	<1	0,4	1,4	13,0	3,2	5,1	207,6	1	187,9	0,4	10,2	2,7	111	2,1	110,3
	KMK058	963	1	0,4	1,0	13,7	2,8	4,8	99,5	<1	303,1	0,3	9,1	3,1	159	1,2	97,4
7. Profil	KMK070	903	2	0,4	1,3	15,8	2,5	4,3	78,4	1	405,8	0,3	7,8	2,1	230	1,2	93,1
	KMK077	1772	<1	0,4	0,5	13,0	2,7	4,7	134,0	<1	117,7	0,4	7,2	2,1	106	7,4	92,0
	KMK079	748	1	0,4	0,5	16,9	2,9	5,0	100,2	<1	541,7	0,3	9,3	3,0	212	1,4	97,4

Ek Tablo 2'nin devamı.

Profil Numarası	Örnek No	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
8. Profil	KMK087	440	<1	0,4	2,0	14,2	2,8	4,4	122,3	<1	110,4	0,3	8,9	2,3	144	1,5	94,1
	KMK089	655	3	0,4	1,6	12,9	2,2	4,2	130,0	<1	63,9	0,3	7,0	2,7	143	0,8	74,8
9. Profil	KMK095	999	<1	0,4	1,8	14,9	2,5	4,7	131,7	<1	421,4	0,3	9,0	2,0	235	1,9	89,9
	KMK098	467	<1	0,4	0,7	10,4	2,0	3,6	64,0	<1	199,5	0,4	5,0	1,9	128	0,6	67,0
	KMK099	818	<1	0,4	0,9	15,9	2,3	4,3	66,5	<1	426,3	0,3	6,4	2,0	196	0,7	81,1
	KMK100	891	<1	0,4	2,1	17,9	3,9	5,5	92,1	<1	361,1	0,4	8,5	2,9	204	1,3	122,0
Sondaj Örnekleri	KZM48-2-3	402	<1	0,4	0,6	13,0	2,2	3,8	79,1	1	1444,7	0,3	7,9	2,0	157	3,9	78,9
	KZM48-6-7	1515	1	0,4	1,6	13,7	2,5	4,5	164,3	<1	45,5	0,3	8,0	2,5	178	2,0	94,3
	KZM48-27-28	1749	<1	0,4	1,0	12,1	2,3	3,8	143,8	<1	227,1	0,3	6,9	2,1	156	2,8	78,6
	KZM48-38-39	895	1	0,4	1,0	14,1	3,0	4,9	120,1	<1	62,0	0,4	9,3	2,9	196	1,9	97,2
	KZM48-57-58	930	1	0,4	1,1	14,3	2,4	4,3	94,5	<1	234,6	0,3	7,9	2,5	155	1,0	85,6
	KZM48-70-71	1440	1	0,4	0,8	12,3	2,6	4,3	148,0	<1	192,3	0,3	8,7	2,6	129	0,9	89,4
	KZM48-190-191	2596	1	0,4	1,4	13,1	2,5	4,1	170,9	<1	96,7	0,4	7,8	2,4	155	2,5	91,9
	KZM46-3-4	159	<1	0,4	<0,1	11,1	2,4	4,1	8,4	1	1165,9	0,3	8,1	2,0	128	7,1	82,7
	KZM46-10-11	662	1	0,4	2,6	13,0	2,6	4,5	148,5	<1	74,3	0,3	6,7	2,3	147	3,1	99,5
	KZM46-40-41	97	<1	0,4	0,4	10,2	1,9	3,2	80,2	<1	853,7	0,3	7,0	2,2	180	3,4	65,5
	KZM12-0-1	1208	<1	0,4	2,1	14,2	3,1	5,4	192,8	1	145,8	0,5	9,7	2,7	143	1,9	110,0
	KZM12-13,90-14	1676	<1	0,4	1,0	14,4	2,7	4,6	127,9	<1	226,7	0,4	9,3	2,9	144	1,6	96,0
	KZM12-15,80-37	1060	1	0,4	1,1	14,1	2,8	4,2	146,7	<1	230,6	0,3	8,6	2,8	164	2,3	95,4
	KZM12-61-62	1169	1	0,4	0,6	14,0	2,6	4,3	162,6	<1	170,8	0,4	8,4	2,3	160	2,0	88,0
	KZM12-10-121	1088	1	0,4	1,1	15,1	2,9	4,6	111,5	<1	281,7	0,3	8,8	2,2	172	2,0	99,5
	KZM39-166-167	1709	<1	0,4	0,7	13,9	2,3	4,3	271,0	<1	123,0	0,3	8,9	2,3	144	1,5	94,1

Ek Tablo 2'nin devamı.

Profil Numarası	Örnek No:	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Damar Örnekleri	ASK	81	<1	0,4	0,2	1,4	<0,1	<0,1	1,9	<1	7,1	<0,1	<0,2	1,0	<8	<0,5	0,9
	YD1	1293	<1	0,4	0,6	7,8	0,3	0,4	20,8	1	88,8	0,1	1,1	0,6	64	1,0	8,7
	YD2	143	<1	0,4	0,7	5,2	0,5	0,7	19,9	1	26,6	<0,1	0,9	0,5	44	1,1	14,3
	YBD	1213	<1	0,4	<0,1	2,5	1,9	4,4	0,5	1	186,7	0,3	0,9	0,3	30	2,6	64,1
	BHIGH	144	<1	0,4	0,3	3,5	<0,1	0,1	3,8	<1	31,7	<0,1	<0,2	0,2	13	<0,5	1,9
	BROM	87	<1	0,4	0,5	5,6	0,2	0,3	10,9	1	94,5	<0,1	0,4	0,5	37	1,6	9,2
	BLOW	99	<1	0,4	0,5	4,5	<0,1	<0,1	5,7	1	23,2	<0,1	<0,2	0,3	31	0,6	2,2
En az alt.kay.	KML-2	431	<1	0,4	0,5	7,0	4,0	4,3	22,0	<1	405,5	0,3	7,8	1,6	102	0,6	124,1

Ek Tablo 2'nin devamı.

Profil Numarası	Örnek No:	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Mo
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1. profil	KMK003	10,8	13,2	25,4	2,80	9,3	1,72	0,48	1,60	0,28	1,84	0,36	1,15	0,15	1,18	0,20	4,0
	KMK008	7,9	30,4	97,1	17,42	73,6	8,43	1,52	2,54	0,30	1,34	0,25	0,85	0,12	1,01	0,15	4,0
	KMK009	11,8	13,9	25,8	2,68	9,6	1,70	0,52	1,53	0,28	1,73	0,36	1,30	0,17	1,34	0,21	1,9
	KMK010	9,3	15,3	28,6	3,17	11,1	1,90	0,50	1,53	0,26	1,55	0,31	0,95	0,13	1,10	0,18	3,4
2. profil	KMK014	10,8	22,7	40,6	4,42	15,6	2,87	0,79	2,37	0,36	2,01	0,37	1,12	0,15	1,10	0,17	5,4
	KMK015	4,4	20,4	39,0	4,54	19,3	3,39	0,99	1,74	0,17	0,75	0,16	0,64	0,10	1,03	0,18	4,9
	KMK017	2,5	22,2	43,1	4,58	15,4	2,42	0,53	1,08	0,11	0,54	0,09	0,38	0,05	0,44	0,06	1,9
	KMK019	3,3	31,3	61,4	6,71	25,0	4,92	1,51	3,65	0,31	0,91	0,12	0,36	0,05	0,50	0,07	0,5

Ek Tablo 2'nin devamı.

Profil Numarası	Örnek No	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Mo
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
3.Profil	KMK021	14,8	18,8	34,6	4,45	17,9	3,64	0,93	3,26	0,49	2,52	0,49	1,49	0,18	1,42	0,22	0,5
	KMK023	11,6	19,7	37,1	4,08	15,2	2,78	0,78	2,39	0,39	2,09	0,40	1,25	0,18	1,35	0,20	1,8
	KMK025	7,2	14,3	23,8	2,45	8,5	1,35	0,59	1,14	0,19	1,19	0,26	0,85	0,13	1,02	0,17	0,7
	KMK028	11,5	6,8	12,1	1,32	5,4	1,13	0,37	1,10	0,22	1,65	0,35	1,11	0,14	1,11	0,18	8,2
4.Profil	KMK031	14,7	19,8	34,8	4,23	16,2	3,15	0,97	2,90	0,48	2,68	0,49	1,51	0,19	1,46	0,22	2,5
	KMK032	8,6	24,4	45,6	4,87	18,0	3,28	0,84	2,48	0,37	1,79	0,33	1,02	0,14	1,19	0,20	9,3
	KMK034	12,0	32,6	52,3	5,02	18,5	2,90	0,95	2,40	0,37	2,03	0,38	1,10	0,19	1,20	0,20	1,6
	KMK037	8,1	13,1	24,5	2,57	10,5	1,64	0,49	1,34	0,22	1,31	0,26	0,81	0,13	0,86	0,13	4,2
	KMK039	12,0	16,3	29,7	3,10	12,3	2,00	0,62	1,83	0,30	1,88	0,38	1,22	0,19	1,18	0,20	2,6
	KMK040	14,3	20,3	39,2	4,28	18,3	3,16	0,93	2,78	0,44	2,46	0,48	1,45	0,23	1,39	0,22	1,9
5.Profil	KMK043	15,3	21,3	40,6	4,38	18,2	3,34	0,94	3,02	0,46	2,53	0,51	1,48	0,23	1,48	0,23	2,5
6.Profil	KMK052	8,8	20,4	28,1	3,72	14,2	2,37	0,73	2,07	0,30	1,64	0,31	0,92	0,14	0,98	0,16	2,2
	KMK056	12,7	15,5	30,4	3,21	12,2	1,95	0,76	1,89	0,30	1,87	0,38	1,24	0,20	1,35	0,20	2,4
	KMK058	14,0	20,7	38,0	4,59	18,8	3,40	0,97	3,10	0,46	2,36	0,45	1,26	0,20	1,37	0,20	1,9
7.Profil	KMK070	16,0	21,1	41,4	4,83	19,7	3,74	1,04	3,32	0,51	2,91	0,54	1,51	0,24	1,46	0,23	1,6
	KMK077	12,6	14,5	27,9	3,09	12,9	2,30	0,82	2,04	0,36	2,05	0,42	1,26	0,20	1,30	0,21	2,8
	KMK079	7,7	25,3	53,7	5,61	19,7	2,91	0,74	2,02	0,27	1,40	0,27	0,92	0,15	1,02	0,17	0,7
8. profil	KMK087	8,5	25,9	44,3	4,48	17,6	2,40	0,55	1,39	0,20	1,16	0,30	0,86	0,15	0,97	0,16	2,7
	KMK089	21,9	24,2	58,5	7,72	34,3	7,05	1,91	6,19	0,84	3,88	0,73	2,01	0,32	2,05	0,32	2,7
9. Profil	KMK095	6,1	19,1	52,3	6,19	22,0	3,32	0,91	1,88	0,27	1,43	0,28	0,78	0,13	0,97	0,15	0,6
	KMK098	4,1	5,1	9,3	0,94	3,3	0,48	0,14	0,46	0,08	0,55	0,13	0,45	0,08	0,56	0,10	3,4
	KMK099	23,2	23,1	49,3	6,06	27,8	5,54	1,70	5,56	0,82	4,32	0,82	2,22	0,34	2,17	0,31	0,5
	KMK100	7,6	21,4	40,1	3,86	13,2	1,71	0,49	1,38	0,21	1,34	0,24	0,76	0,14	0,98	0,16	0,5

Ek Tablo 2'nin devamı.

Profil Numarası	Örnek No:	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Mo
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Sondaj Örnekleri	KZM48-2-3	6,7	21,8	43,6	5,10	21,0	3,36	0,91	2,50	0,29	1,30	0,26	0,73	0,13	0,87	0,14	3,3
	KZM48-6-7	13,0	19,6	36,8	4,00	16,1	2,59	0,71	2,20	0,36	2,07	0,42	1,27	0,19	1,29	0,20	1,8
	KZM48-27-28	13,3	16,6	34,2	3,99	16,3	3,34	0,83	3,00	0,43	2,31	0,45	1,32	0,19	1,24	0,20	2,1
	KZM48-38-39	14,6	23,1	44,3	4,87	19,4	3,57	0,95	3,00	0,46	2,57	0,50	1,52	0,24	1,49	0,23	1,1
	KZM48-57-58	11,3	20,5	38,4	4,20	16,1	2,96	0,86	2,54	0,38	1,96	0,38	1,27	0,20	1,22	0,20	1,4
	KZM48-70-71	10,3	19,3	34,6	3,74	13,7	2,43	0,73	2,08	0,32	1,81	0,37	1,12	0,19	1,08	0,18	1,8
	KZM48-190-191	16,6	21,9	44,3	5,26	21,1	4,34	1,30	3,69	0,57	2,95	0,55	1,73	0,24	1,49	0,22	2,6
	KZM46-3-4	3,1	21,1	37,0	4,23	17,7	2,48	0,54	1,57	0,16	0,61	0,10	0,38	0,07	0,54	0,09	6,1
	KZM46-10-11	10,7	13,4	23,8	2,56	9,2	1,48	0,37	1,28	0,23	1,44	0,34	1,20	0,18	1,26	0,20	1,9
	KZM46-40-41	3,5	14,6	32,9	4,05	12,8	1,85	0,53	1,41	0,16	0,74	0,13	0,43	0,06	0,44	0,07	4,1
	KZM12-0-1	9,2	23,3	41,0	4,43	15,9	2,23	0,58	1,46	0,22	1,25	0,28	0,97	0,17	1,11	0,18	2,4
	KZM12-13,90-14	9,7	23,6	43,0	4,83	18,5	3,93	1,13	3,23	0,45	2,26	0,40	1,23	0,18	1,20	0,17	2,0
	KZM12-15,80-37	11,7	25,3	46,8	5,06	18,7	3,42	0,96	2,81	0,40	2,11	0,41	1,36	0,20	1,29	0,22	3,2
	KZM12-61-62	13,1	20,6	38,1	4,24	16,5	2,90	0,89	2,53	0,40	2,33	0,43	1,41	0,21	1,30	0,21	3,1
	KZM12-10-121	10,3	21,5	40,9	4,53	17,7	3,21	0,97	2,89	0,40	2,02	0,38	1,18	0,17	1,11	0,18	1,7
KZM39-166-167	11,3	20,5	37,4	4,03	15,4	2,87	0,78	2,51	0,35	1,95	0,38	1,23	0,19	1,25	0,21	1,5	
Damar Örnekleri	ASK	0,3	0,5	0,8	0,11	0,3	0,08	<0,02	0,09	0,01	<0,05	<0,02	<0,03	<0,01	<0,05	<0,01	15,2
	YD1	3,3	6,7	11,4	1,25	4,9	0,81	0,38	0,64	0,10	0,56	0,12	0,32	0,04	0,30	0,05	11,2
	YD2	2,7	2,7	4,7	0,55	1,8	0,44	0,12	0,36	0,07	0,43	0,09	0,31	0,04	0,26	0,04	9,9
	YBD	0,4	2,4	3,4	0,40	1,4	0,26	0,08	0,12	0,02	0,10	0,02	0,07	0,02	0,12	0,03	8,9
	BHIGH	0,6	0,9	1,4	0,15	0,4	0,13	0,03	0,11	0,02	0,09	0,02	0,06	0,01	0,07	0,01	9,4
	BROM	3,7	4,4	8,3	0,99	3,7	0,86	0,31	0,67	0,11	0,56	0,09	0,27	0,05	0,31	0,04	11,3
	BLOW	0,9	1,2	2,3	0,27	1,0	0,23	0,07	0,15	0,03	0,15	0,03	0,06	0,01	0,09	0,01	10,4
En az alt.kay.	KML-2	24,5	12,7	27,3	3,30	13,7	3,39	0,90	3,55	0,63	3,82	0,79	2,52	0,35	2,40	0,37	3,1

Ek Tablo 2'nin devamı.

Profil Numarası	Örnek No:	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se	Sc
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1. Profil	KMK003	46,3	101,0	4	1,5	29,0	<0,1	0,7	<0,1	5,3	2,0	0,05	<0,1	1,5	15
	KMK008	15,3	192,1	6	1,8	25,3	<0,1	1,0	<0,1	3,2	13,8	0,03	0,9	<0,5	19
	KMK009	46,1	198,8	6	1,6	166,1	<0,1	0,4	<0,1	2,3	68,9	0,02	1,2	0,8	17
	KMK010	46,2	234,0	28	2,1	81,8	<0,1	0,9	0,1	5,4	6,1	0,13	0,2	1,7	13
2. Profil	KMK014	88,7	745,9	23	1,9	18,6	<0,1	0,3	<0,1	0,6	5,1	<0,01	<0,1	1,8	16
	KMK015	10,9	255,7	2	3,2	6,8	<0,1	0,2	0,7	1,1	82,8	0,14	0,2	1,1	13
	KMK017	3,2	2,3	2	1,7	0,8	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	9,5	<0,01	<0,1	<0,5	9
	KMK019	8,4	8,1	2	0,5	0,7	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,8	<0,01	<0,1	<0,5	17
3. Profil	KMK021	66,1	3,5	54	8,8	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,01	<0,1	<0,5	27
	KMK023	6,7	3,7	44	5,2	1,6	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,01	<0,1	<0,5	17
	KMK025	86,3	116,1	30	1,4	7,5	0,1	0,2	<0,1	0,4	22,6	<0,01	<0,1	0,8	17
	KMK028	17,2	274,4	4	2,3	24,4	<0,1	0,8	2,9	2,5	149,8	0,07	1,2	2,4	12
4. Profil	KMK031	112,4	160,9	1732	8,4	16,5	7,4	0,2	<0,1	0,2	11,8	<0,01	<0,1	<0,5	22
	KMK032	8,1	8,7	3	2,9	0,6	<0,1	0,1	0,1	0,3	53,8	0,09	<0,1	11,4	18
	KMK034	34,5	35,1	17	1,0	3,5	<0,1	0,1	<0,1	0,2	47,0	<0,01	<0,1	<0,5	17
	KMK037	93,4	694,9	7	2,5	22,1	<0,1	0,4	0,2	1,0	108,6	0,01	0,3	1,9	13
	KMK039	12,5	37,8	9	0,7	2,3	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	9,5	<0,01	0,1	0,7	20
	KMK040	42,5	8,4	117	6,1	1,3	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	0,9	<0,01	<0,1	<0,5	20
5. Profil	KMK043	79,6	5,3	230	6,1	3,1	2,4	0,1	<0,1	<0,1	1,0	<0,01	<0,1	<0,5	18
6. profil	KMK052	55,4	28,2	90	3,1	3,9	0,5	0,3	<0,1	0,6	19,0	<0,01	<0,1	0,9	18
	KMK056	42,0	118,8	39	1,6	7,5	<0,1	0,1	<0,1	0,2	15,2	<0,01	<0,1	0,6	17
	KMK058	43,7	3,6	287	8,9	1,0	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	1,1	<0,01	<0,1	<0,5	19
7. Profil	KMK070	17,9	4,2	66	6,1	6,1	<0,1	0,5	<0,1	<0,1	<0,5	<0,01	<0,1	<0,5	26
	KMK077	69,3	595,2	5	1,4	5,6	<0,1	0,3	<0,1	0,9	69,4	<0,01	<0,1	0,6	18
	KMK079	82,3	4,3	207	4,4	2,9	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,6	<0,01	<0,1	<0,5	20

Ek Tablo 2'nin devamı.

Profil Numarası	Örnek No:	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se	Sc
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
8. Profil	KMK087	4,7	24,9	2	0,9	2,4	<0,1	<0,1	0,1	0,3	1,4	<0,01	0,1	0,5	18
	KMK089	94,0	42,5	43	14,7	15,5	<0,1	0,2	<0,1	0,2	1,0	0,02	0,4	6,5	15
9. Profil	KMK095	263,3	5,2	38	2,7	5,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	5,9	<0,01	<0,1	<0,5	64
	KMK098	21,3	29,6	9	2,1	5,9	<0,1	<0,1	1,8	<0,1	0,5	<0,01	0,2	1,4	13
	KMK099	44,2	10,8	79	4,8	1,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,01	<0,1	<0,5	20
	KMK100	29,0	5,8	15	2,6	1,7	<0,1	<0,1	0,5	<0,1	<0,5	<0,01	<0,1	<0,5	26
Sondaj Örnekleri	KZM48-2-3	19,1	2,7	5	2,4	5,6	<0,1	<0,1	0,1	0,2	7,6	0,01	<0,1	1,3	19
	KZM48-6-7	52,4	27,0	78	10,3	10,0	0,7	0,2	<0,1	0,8	12,8	0,03	0,1	3,5	22
	KZM48-27-28	49,5	31,6	76	7,3	9,9	0,1	0,5	<0,1	1,1	49,3	0,01	<0,1	2,3	18
	KZM48-38-39	20,3	5,7	96	4,3	2,8	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	2,3	0,02	<0,1	1,1	19
	KZM48-57-58	38,7	3,9	150	5,7	1,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,5	<0,01	<0,1	<0,5	17
	KZM48-70-71	33,3	19,0	105	5,6	5,0	<0,1	0,6	<0,1	<0,1	1,9	0,03	<0,1	2,3	15
	KZM48-190-191	107,5	41,8	93	6,1	19,7	0,2	0,2	0,1	0,2	4,8	0,03	0,3	5,4	20
	KZM46-3-4	32,0	6,0	2	3,6	1,9	<0,1	0,2	0,1	0,2	47,9	0,04	0,2	7,0	10
	KZM46-10-11	8,8	8,2	7	1,4	2,2	<0,1	0,2	0,1	0,5	22,0	0,18	<0,1	0,8	15
	KZM46-40-41	45,9	4,4	8	9,8	<0,5	0,3	<0,1	0,4	0,4	69,6	0,57	0,1	24,6	11
	KZM12-0-1	19,3	25,1	20	1,4	5,7	0,2	0,2	0,7	0,3	6,2	0,03	0,1	1,3	19
	KZM12-13,90-14	167,6	4,8	168	7,8	0,6	18,4	0,1	<0,1	<0,1	2,6	0,01	<0,1	0,6	16
	KZM12-15,80-37	38,8	19,4	225	10,7	5,0	<0,1	0,4	<0,1	0,4	7,2	0,02	<0,1	1,9	19
	KZM12-61-62	52,6	870,0	1866	6,5	8,8	11,8	0,6	<0,1	1,0	108,1	0,02	0,1	4,0	16
	KZM12-10-121	49,3	7,8	115	5,3	3,3	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	7,1	<0,01	<0,1	0,7	18
KZM39-166-167	48,2	28,6	119	5,0	45,4	0,2	0,8	<0,1	1,0	14,1	0,02	0,2	<0,5	16	

Ek Tablo 2'nin devamı.

Profil Numarası	Örnek No:	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se	Sc
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Damar Örnekleri	ASK	20,2	77,3	17	7,4	11,5	<0,1	5,8	<0,1	>100,0	32,9	<0,01	<0,1	<0,5	<1
	YD1	924,0	1908,5	589	7,5	119,0	2,7	5,4	2,0	5,8	7622,9	0,09	<0,1	5,3	11
	YD2	53,6	592,0	5	6,7	23,2	<0,1	1,1	1,5	1,4	261,7	0,02	<0,1	1,2	4
	YBD	16,2	5,2	<1	7,7	1,2	<0,1	0,4	0,1	<0,1	52,6	<0,01	<0,1	<0,5	2
	BHIGH	23,7	97,4	1	8,5	8,7	<0,1	1,1	0,6	0,6	71221,8	<0,01	<0,1	1,2	1
	BROM	571,0	7569,3	8	10,0	33,1	<0,1	0,9	1,7	6,1	2557,7	0,02	<0,1	1,8	12
	BLOW	39,1	201,4	2	8,5	7,0	<0,1	0,4	0,4	0,5	739,6	<0,01	<0,1	<0,5	6
En az alt.kay.	KML-2	45,8	19,6	22	5,0	4,7	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,5	<0,01	<0,1	0,7	13

Ek Tablo 3. Mastra Au-Ag Yatağında alterasyon grupları için hareketsiz element olan Zr'a göre hesaplanan kesin kütle değişim miktarları.

	Örnek No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	Σ/C	ΣS	A.K.	Topl.	
		ΔCi(g/100g)															
Serizitlenme+Killeşme	Yüzey örnekleri	KMK003	23,15	0,26	0,16	-0,56	-2,49	-8,05	10,92	0,13	-0,11	-0,06	-0,01	-0,06	0,08	1,87	25,23
		KMK008	30,79	4,25	0,44	-0,42	-2,29	-7,80	14,59	0,26	0,42	-0,06	-0,01	0,00	1,41	6,68	48,27
		KMK009	21,42	1,47	0,68	-0,31	-2,45	-8,02	12,12	0,21	-0,09	-0,06	-0,01	-0,08	1,15	5,83	31,88
		KMK014	30,13	0,64	2,60	-0,53	-2,45	-7,55	11,04	0,14	0,04	-0,06	-0,01	-0,06	0,34	3,62	37,89
		KMK025	22,46	5,88	-1,16	-0,34	-2,26	-6,79	10,01	0,20	-0,05	-0,06	-0,01	-0,08	0,03	4,89	32,73
		KMK032	13,95	-2,55	-4,37	-0,79	-2,47	-8,13	-1,47	0,08	0,19	-0,06	-0,01	-0,09	0,17	4,43	-1,12
		KMK034	15,53	-1,52	-1,82	-0,26	-2,35	-7,76	9,16	0,12	-0,01	-0,06	-0,01	-0,10	0,30	2,43	13,64
		KMK056	13,62	-1,16	-1,54	-0,52	-2,35	-6,96	8,89	0,10	-0,05	-0,06	-0,01	-0,09	0,26	2,38	12,51
		KMK087	30,42	1,06	-1,00	-0,05	-2,46	-8,06	3,61	0,17	0,00	-0,06	-0,01	-0,07	0,90	7,40	31,88
	Sondaj örnekleri	KZM48-6-7	12,18	2,50	3,99	0,59	-2,54	-7,73	4,51	0,15	-0,04	-0,06	-0,01	-0,08	6,90	11,22	31,60
KZM46-10-11		30,80	-1,73	-3,37	0,61	-2,48	-8,18	3,08	0,18	-0,09	-0,06	-0,01	-0,05	0,33	5,69	24,72	
KZM12-0-1		13,08	-0,52	-1,93	0,32	-1,97	-8,00	5,44	0,21	-0,01	-0,05	-0,01	-0,03	0,78	5,50	12,82	
Süslenme+Serizitlenme	Yüzey Örnekleri	KMK010	50,55	3,97	-0,49	-0,53	-2,51	-8,02	13,20	0,23	-0,03	-0,04	-0,01	-0,06	0,36	2,89	59,51
		KMK015	45,33	-0,81	-3,51	-0,55	-2,43	-8,15	2,73	0,15	-0,06	-0,06	-0,01	-0,07	0,27	4,41	37,28
		KMK017	43,07	4,56	-4,81	-0,81	-2,52	-8,16	-1,52	0,17	0,21	-0,06	-0,01	-0,05	0,20	8,22	38,50
		KMK019	41,38	26,06	-4,92	-0,63	-2,22	-8,01	7,68	0,35	0,71	-0,05	0,00	-0,05	0,43	13,07	73,81
		KMK028	73,38	-0,82	-1,99	0,25	-2,40	-8,15	3,38	0,19	-0,09	-0,05	-0,01	-0,05	0,52	6,08	70,23
		KMK037	73,12	2,60	0,62	-0,35	-2,44	-7,87	13,68	0,28	-0,01	-0,05	-0,01	-0,08	1,21	5,91	86,62
		KMK098	78,25	5,02	-1,01	0,21	-2,11	-4,16	1,52	0,31	-0,07	-0,05	-0,01	-0,03	0,94	6,40	85,22
	Sondaj örnekleri	KZM48-2-3	54,45	4,66	-1,09	-0,65	-2,34	-8,14	3,24	0,27	0,30	-0,05	0,00	-0,04	0,40	6,28	57,29
		KZM46-3-4	51,77	1,39	-0,23	-0,79	-2,50	-8,16	-1,12	0,15	0,14	-0,06	-0,01	-0,06	0,32	9,19	50,06
		KZM46-40-41	61,48	5,07	8,66	-0,62	-2,43	-8,16	3,80	0,14	0,13	-0,05	-0,01	-0,08	10,34	11,19	89,46

Ek Tablo 3'ün devamı.

		Örnek No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	Σ/C	ΣS	A.K.	Topl.
			ΔCi (g/100g)														
Karbonatlaşma + Killeşme	Yüzey örnekleri	KMK021	21,76	6,28	6,38	6,25	2,04	-4,75	6,20	0,45	0,24	0,26	-0,01	0,50	0,01	6,46	52,08
		KMK023	20,61	3,02	3,13	3,82	-0,42	-3,98	6,32	0,16	0,11	0,12	-0,01	0,19	0,01	3,14	36,22
		KMK031	22,06	4,26	4,42	4,84	-0,29	-5,52	6,15	0,26	0,14	0,43	-0,01	-0,01	0,13	2,72	39,59
		KMK040	19,70	3,75	3,64	4,23	-0,14	-4,06	4,32	0,22	0,12	0,16	-0,01	0,23	0,05	3,11	35,33
		KMK043	20,32	3,98	2,98	4,07	1,95	-4,12	3,15	0,18	0,10	0,12	-0,01	-0,04	0,18	2,02	34,89
		KMK070	16,29	4,47	5,14	3,24	1,09	-3,43	3,40	0,36	0,11	0,06	-0,01	0,05	0,01	2,51	33,30
		KMK079	6,99	7,75	4,49	1,24	-2,25	-5,40	3,30	0,27	0,23	-0,01	-0,01	-0,08	0,30	10,58	27,41
		KMK089	17,38	4,24	4,68	2,90	8,05	-7,36	3,58	0,29	0,18	0,08	-0,01	-0,07	12,69	19,28	65,91
	Sondaj örnekleri	KZM48-27-28	25,69	2,50	7,57	1,63	0,06	-6,79	5,58	0,18	0,13	0,06	-0,01	0,56	9,43	11,30	57,89
		KZM48-57-58	22,14	4,25	2,86	5,79	0,06	-4,15	4,36	0,20	0,10	0,24	-0,01	0,64	1,02	4,57	42,08
		KZM48-190-191	13,29	1,23	1,81	4,18	-0,18	-8,04	6,43	0,15	0,13	0,11	-0,01	1,27	4,65	10,02	35,04
		KZM12-61-62	21,47	3,48	3,08	2,24	-1,59	-4,84	6,52	0,16	0,12	0,12	-0,01	-0,05	5,25	5,06	41,02
		KZM39-166-167	10,74	4,14	3,58	5,45	-0,66	-7,39	12,31	0,11	0,08	0,35	-0,01	2,44	3,65	10,53	45,32
	Kloritleşme + Killeşme	Yüzey örnekleri	KMK039	21,48	0,31	-1,77	0,20	-2,29	-5,33	4,07	0,22	-0,08	-0,06	-0,01	-0,05	0,65	4,79
KMK052			22,58	3,74	0,98	0,95	-2,01	-4,56	6,01	0,18	0,02	-0,02	-0,01	-0,05	0,01	4,32	32,16
KMK058			19,19	2,15	2,05	3,17	-1,72	-4,15	3,80	0,12	0,10	0,08	-0,01	-0,07	0,01	2,70	27,41
KMK077			30,05	3,17	-1,83	-0,74	-2,47	-3,03	6,96	0,26	-0,06	-0,06	-0,01	-0,08	0,30	2,42	34,89
KMK095			16,76	6,86	3,01	1,08	-2,01	-6,00	6,57	0,29	0,20	-0,04	-0,01	-0,08	0,96	10,46	38,04
KMK099			28,24	8,48	4,32	2,81	-1,24	-1,63	3,35	0,45	0,10	0,07	-0,01	-0,09	1,57	6,60	53,02
KMK100			-1,59	4,08	-2,71	0,31	-2,16	-5,35	1,67	0,27	-0,04	-0,05	-0,01	-0,08	0,23	7,15	1,72
Sondaj örnekleri		KZM48-38-39	8,93	3,69	3,58	5,58	-1,60	-6,01	3,09	0,21	0,15	0,16	-0,01	0,36	2,46	7,11	27,67
		KZM48-70-71	23,14	2,47	1,56	1,94	-1,24	-4,44	6,17	0,07	0,04	0,09	-0,01	0,19	4,13	4,70	38,81
		KZM12-13,90-14	18,83	3,48	0,59	3,98	-2,35	-5,65	5,31	0,07	0,03	0,19	-0,01	-0,06	0,82	4,02	29,27
		KZM12-15,80-37	18,09	2,13	1,67	1,63	-1,59	-4,62	5,28	0,12	0,15	0,12	0,00	-0,03	3,32	3,82	30,08
		KZM12-10-121	13,97	2,55	2,56	3,92	-1,78	-4,57	4,59	0,16	0,11	0,18	-0,01	-0,05	0,63	2,45	24,72

Ek Tablo 3'ün devamı.

		Örnek No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	Σ/C	ΣS	A.K.	Topl.
		ΔCi(g/100g)															
Yoğun silisleşme	Damar örnekleri	ASK	13437,82	32,78	110,64	1,94	1,55	-6,82	2,51	0,86	4,00	1,31	0,95	4,02	2,74	94,62	13688,89
		YD1	1255,92	10,87	26,21	0,75	-1,88	-7,77	6,50	0,19	0,86	0,07	0,09	0,31	7,68	26,64	1326,44
		YD2	758,19	-0,97	6,79	-0,04	-2,33	-7,94	2,62	0,26	0,03	0,02	0,05	0,14	0,76	10,25	767,83
		YBD	121,42	-13,88	-3,16	-0,80	-2,55	-8,16	-1,61	0,51	-0,06	-0,05	0,00	-0,08	0,06	1,98	93,60
		BHIGH	6262,98	22,87	70,52	-0,17	-1,28	-6,24	4,90	0,13	1,17	0,58	0,51	1,19	4,55	69,88	6431,58
		BROM	1213,02	-0,18	15,05	-0,28	-2,18	-7,79	2,04	0,02	0,40	0,07	0,11	0,15	4,60	23,89	1248,91
		BLOW	5400,09	26,84	63,56	0,31	-0,90	-6,51	6,26	0,04	1,55	0,49	0,50	1,01	4,49	43,18	5540,91

Ek Tablo 3'ün devamı.

		Örnek No	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V
			ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Serizitleşme + Killeşme	Yüzey örnekleri	KMK003	3710,26	0,25	-7,02	1,75	6,52	-0,24	1,08	301,09	0,25	-326,98	0,08	4,10	2,03	53,28
		KMK008	8869,83	0,48	-7,10	1,28	12,13	-0,44	1,19	395,52	0,48	39,75	0,29	3,76	1,37	108,54
		KMK009	2181,56	0,32	-7,00	1,74	11,46	-0,18	1,24	367,18	0,32	-299,07	0,10	1,43	1,96	93,18
		KMK014	2699,08	0,38	-6,99	1,29	8,86	-0,28	1,35	301,49	0,38	-174,81	0,11	3,51	3,78	92,42
		KMK025	2019,15	0,33	-7,00	1,09	12,25	-0,55	1,27	259,91	0,33	-205,75	0,10	1,76	1,85	102,40
		KMK032	-118,53	-0,01	-7,10	-0,40	5,16	-0,04	1,24	-18,74	-0,01	1420,99	0,10	2,19	1,47	35,45
		KMK034	3255,63	0,14	-7,17	1,55	7,77	-0,70	1,50	219,84	0,14	-223,10	0,15	5,04	1,47	28,69
		KMK056	2186,01	0,13	-7,06	1,08	7,63	-0,40	1,44	211,57	0,13	-194,09	0,15	3,68	1,44	22,89
	KMK087	149,28	0,32	-7,00	2,14	11,73	-0,31	1,50	139,29	0,32	-259,90	0,10	3,94	1,43	87,91	
	Sondaj örnekleri	KZM48-6-7	1562,76	0,32	23,26	1,61	11,03	-0,71	1,62	194,22	0,32	-345,62	0,09	2,73	1,69	132,25
KZM46-10-11		394,67	0,25	-6,53	2,74	9,21	-0,76	1,31	163,21	0,25	-312,83	0,07	0,56	1,27	81,34	
KZM12-0-1		931,84	0,13	-6,38	1,87	9,02	-0,50	1,79	195,51	0,13	-241,01	0,26	3,14	1,45	59,33	
Silisleşme+ Serizitleşme	Yüzey örnekleri	KMK010	3016,04	0,60	-6,60	0,94	10,87	-0,17	1,60	385,23	0,60	-264,33	0,18	1,45	1,59	91,01
		KMK015	87,91	0,37	-7,13	1,01	12,08	-0,29	1,74	102,65	0,37	-101,98	0,11	3,32	1,69	83,33
		KMK017	-299,42	0,39	-7,12	-0,36	11,42	-0,26	1,24	-20,06	0,39	2625,12	0,25	1,06	0,75	37,89
		KMK019	630,98	0,74	-6,70	0,89	16,64	-0,18	1,96	237,67	0,74	4449,17	0,05	5,06	1,53	337,74
		KMK028	-148,41	0,70	-6,72	11,42	18,53	-0,08	1,49	168,66	0,70	-330,77	0,21	4,12	2,32	97,17
		KMK037	2847,85	0,87	-6,84	1,37	14,65	-0,08	2,23	368,22	0,87	-238,66	0,26	3,21	2,51	103,28
		KMK098	434,00	0,85	-4,62	0,80	12,26	-0,30	2,37	96,54	0,85	-35,98	0,44	1,46	1,92	135,09
		Sondaj örnekleri	KZM48-2-3	201,30	0,57	-6,30	0,44	13,45	-0,54	1,68	102,41	0,57	1866,84	0,17	4,63	1,55
	KZM46-3-4		-192,40	0,50	-6,50	-0,35	9,66	-0,40	1,85	-9,39	0,50	1344,05	0,15	4,35	1,40	90,08
	KZM46-40-41		-247,22	5,07	8,66	0,26	12,33	-0,40	1,76	129,95	0,89	1211,97	0,27	5,46	2,57	239,04

Ek Tablo 3'ün devamı.

		Örnek No	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V
			ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Karbonatlaşma + Killeşme	Yüzey örnekleri	KMK021	969,69	2,04	24,39	0,72	15,66	-0,05	1,78	137,23	0,52	106,87	0,00	1,78	1,14	223,46
		KMK023	1081,09	0,36	12,49	1,00	10,98	-0,32	1,42	175,80	0,36	-51,45	0,24	3,37	0,85	68,28
		KMK031	1294,39	0,40	14,24	1,04	14,08	-0,23	1,70	136,30	0,40	15,38	0,12	1,69	1,33	142,29
		İKMK040	849,25	0,35	19,80	0,85	13,71	-0,62	1,52	122,13	0,35	7,67	0,24	3,43	1,65	141,60
		KMK043	935,45	1,70	13,91	1,25	13,10	-0,36	2,04	80,38	0,35	235,77	0,24	4,07	1,77	124,62
		KMK070	772,68	1,67	20,46	1,23	14,06	-0,67	1,43	82,51	0,33	135,42	0,10	2,60	1,20	204,58
		KMK079	522,05	0,27	-0,39	0,14	14,53	-0,31	2,07	105,67	0,27	284,69	0,08	4,05	2,22	168,11
	KMK089	655,70	3,98	49,51	2,15	14,40	-0,35	2,67	193,68	0,66	-299,48	0,20	3,81	2,88	135,25	
	Sondaj örnekleri	KZM48-27-28	2330,46	0,58	16,76	1,08	12,10	-0,37	1,70	205,04	0,58	-46,94	0,17	3,09	1,72	144,31
		KZM48-57-58	917,28	0,45	14,64	1,09	13,73	-0,52	1,93	115,00	0,45	-65,38	0,13	3,65	2,02	122,71
		KZM48-190-191	3074,59	0,35	11,91	1,39	10,69	-0,62	1,24	208,78	0,35	-274,92	0,24	2,73	1,64	107,31
		KZM12-61-62	1217,56	0,41	14,18	0,35	12,74	-0,33	1,76	207,30	0,41	-164,63	0,26	4,05	1,64	123,64
		KZM39-166-167	2052,45	0,45	14,40	0,52	13,20	-0,66	1,95	371,81	0,45	-226,76	0,14	4,55	2,18	127,60
	Kloritleşme + Killeşme	Yüzey örnekleri	KMK039	668,31	0,22	-7,03	0,84	11,08	-0,58	1,56	146,68	0,22	-186,74	0,19	2,46	1,33
KMK052			1309,57	0,32	-6,34	0,43	12,56	-0,70	1,78	160,12	0,32	-24,74	0,10	3,43	1,97	124,00
KMK058			795,98	0,27	6,74	0,77	10,46	-0,43	1,82	104,78	0,27	-19,31	0,08	3,79	2,35	100,59
KMK077			1959,27	0,35	-6,86	0,17	10,54	-0,36	2,04	158,75	0,35	-246,73	0,24	1,91	1,23	40,98
KMK095			948,04	0,38	-1,60	1,98	13,57	-0,55	2,19	159,80	0,38	176,21	0,11	4,62	1,16	222,40
KMK099			820,71	0,53	11,27	0,88	17,33	-0,48	2,28	79,76	0,53	246,83	0,16	1,99	1,46	197,92
KMK100			475,34	0,02	-3,43	1,64	11,21	-0,03	1,29	71,69	0,02	-38,18	0,11	0,85	1,35	105,51
Sondaj örnekleri		KZM48-38-39	711,69	0,28	14,18	0,78	11,00	-0,17	1,96	131,34	0,28	-326,34	0,21	4,07	2,10	148,24
		KZM48-70-71	1567,93	0,39	14,26	0,61	10,07	-0,39	1,67	183,45	0,39	-138,56	0,12	4,28	2,01	77,07
		KZM12-13,90-14	1735,58	0,29	10,05	0,79	11,62	-0,51	1,65	143,34	0,29	-112,44	0,22	4,22	2,15	84,15
		KZM12-15,80-37	947,89	0,30	19,53	0,93	11,34	-0,36	1,16	168,83	0,30	-105,53	0,09	3,39	2,04	111,34
		KZM12-10-121	925,99	0,25	12,81	0,87	11,83	-0,38	1,44	117,07	0,25	-54,15	0,07	3,18	1,14	112,52

Ek Tablo 3'ün devamı.

	Örnek No	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	
		Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
Yoğun silisleşme	Damar örnekleri	ASK	10738,00	136,89	102,91	27,08	186,04	9,79	9,49	239,99	136,89	573,51	13,49	19,78	136,29	1001,11
		YD1	18012,83	13,26	11,14	8,06	104,26	0,28	1,41	274,70	13,26	861,18	1,13	7,89	6,96	810,92
		YD2	810,00	7,68	-1,33	5,57	38,13	0,34	1,77	150,70	7,68	-174,66	0,57	0,01	2,74	279,85
		YBD	1917,41	0,94	-6,43	-0,31	-2,16	-0,32	4,22	-21,03	0,94	-44,04	0,28	-6,06	-1,02	-43,92
		BHIGH	8974,47	64,32	38,32	19,09	221,61	2,53	2,23	226,20	64,32	1665,01	6,23	5,26	11,46	747,11
		BROM	742,55	12,49	15,53	6,24	68,54	-1,30	-0,25	125,03	12,49	869,22	1,05	-2,40	5,14	397,10
		BLOW	5153,50	55,41	65,93	27,70	246,84	1,64	1,34	299,53	55,41	903,19	5,34	3,48	15,32	1646,68

Ek Tablo 3'ün devamı.

		Örnek No	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm
			ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Serizitleşme + Killeşme	Yüzey örnekleri	KMK003	5,04	0,00	-10,98	3,83	4,51	0,21	-2,05	-1,24	-0,30	-1,55	-0,28	-1,52	-0,34	-1,08	-0,16
		KMK008	2,07	0,00	-12,79	32,37	116,67	22,53	95,42	9,11	1,35	0,22	-0,19	-1,83	-0,42	-1,26	-0,17
		KMK009	2,96	0,00	-8,94	5,63	6,73	0,23	-1,04	-1,15	-0,21	-1,53	-0,26	-1,54	-0,32	-0,81	-0,13
		KMK014	2,02	0,00	-9,61	18,60	28,68	2,79	7,81	0,57	0,19	-0,28	-0,13	-1,05	-0,28	-0,98	-0,14
		KMK025	2,45	0,00	-14,94	6,28	4,29	-0,05	-2,42	-1,60	-0,12	-2,04	-0,38	-2,24	-0,44	-1,39	-0,18
		KMK032	0,59	0,00	-16,00	11,43	17,79	1,52	4,10	-0,15	-0,07	-1,10	-0,26	-2,05	-0,46	-1,51	-0,21
		KMK034	2,01	0,00	-10,86	24,35	32,14	2,40	7,32	-0,09	0,18	-0,82	-0,21	-1,51	-0,36	-1,27	-0,13
		KMK056	1,76	0,00	-10,21	4,74	6,90	0,31	0,03	-1,20	-0,04	-1,42	-0,29	-1,72	-0,36	-1,12	-0,12
	KMK087	1,38	0,00	-13,29	21,46	31,12	2,61	9,51	-0,22	-0,17	-1,72	-0,37	-2,29	-0,39	-1,39	-0,15	
	Sondaj örnekleri	KZM48-6-7	2,03	0,00	-7,39	13,09	21,13	1,96	7,49	0,02	0,03	-0,65	-0,16	-1,10	-0,24	-0,85	-0,10
KZM46-10-11		3,27	0,00	-11,15	4,01	2,38	-0,11	-2,23	-1,54	-0,44	-1,95	-0,34	-2,02	-0,37	-1,02	-0,13	
KZM12-0-1		1,54	0,00	-14,12	13,59	18,96	1,70	4,24	-0,87	-0,25	-1,90	-0,38	-2,41	-0,47	-1,43	-0,16	
Silişleşme+ Serizitleşme	Yüzey örnekleri	KMK010	2,59	0,00	-9,67	11,71	18,32	1,76	4,01	-0,36	-0,10	-1,11	-0,22	-1,35	-0,30	-1,00	-0,14
		KMK015	2,83	0,00	-18,46	15,30	26,24	2,93	12,79	1,26	0,46	-1,16	-0,40	-2,79	-0,57	-1,64	-0,21
		KMK017	5,49	0,00	-21,04	18,05	32,40	3,04	7,63	-0,04	-0,17	-2,05	-0,48	-3,07	-0,67	-1,99	-0,28
		KMK019	1,14	0,00	-18,76	41,70	79,42	8,36	29,75	5,16	1,72	2,79	-0,09	-2,24	-0,58	-1,89	-0,26
		KMK028	3,83	0,00	-4,92	-1,12	-6,70	-1,05	-4,51	-1,47	-0,27	-1,68	-0,26	-1,01	-0,19	-0,63	-0,11
		KMK037	5,93	0,00	-9,38	11,75	18,42	1,50	5,89	-0,33	0,01	-1,05	-0,22	-1,38	-0,30	-1,01	-0,11
		KMK098	0,51	0,00	-16,91	-3,25	-10,07	-1,56	-7,59	-2,50	-0,64	-2,70	-0,48	-2,80	-0,55	-1,69	-0,20
	Sondaj örnekleri	KZM48-2-3	5,53	0,00	-13,96	21,59	41,28	4,72	19,33	1,89	0,53	0,38	-0,17	-1,78	-0,38	-1,37	-0,15
		KZM46-3-4	10,05	0,00	-19,85	18,96	28,22	3,05	12,86	0,33	-0,09	-1,19	-0,39	-2,90	-0,64	-1,95	-0,24
		KZM46-40-41	5,04	0,00	-10,98	3,83	4,51	0,21	-2,05	-1,24	-0,30	-1,55	-0,28	-1,52	-0,34	-1,08	-0,16

Ek Tablo 3'ün devamı.

		Örnek No	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	
			ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Karbonatlaşma + Killeşme	Yüzey örnekleri	KMK021	0,16	0,00	-1,99	15,89	25,32	3,47	13,52	2,15	0,51	1,41	0,12	0,01	-0,04	-0,25	-0,08	
		KMK023	0,08	0,00	-8,70	14,14	23,24	2,26	7,01	0,40	0,16	-0,29	-0,10	-0,97	-0,25	-0,82	-0,10	
		KMK031	0,94	0,00	-3,98	14,94	21,28	2,60	8,91	1,01	0,45	0,50	0,04	-0,08	-0,11	-0,41	-0,08	
		İKMK040	0,48	0,00	-5,15	14,77	25,75	2,49	11,07	0,89	0,36	0,21	-0,03	-0,49	-0,14	-0,56	-0,04	
		KMK043	1,02	0,00	-3,86	16,03	27,47	2,61	10,85	1,12	0,37	0,52	-0,01	-0,41	-0,10	-0,52	-0,04	
		KMK070	1,00	0,00	-3,17	15,43	27,89	3,14	12,56	1,60	0,49	0,88	0,05	0,06	-0,07	-0,51	-0,03	
		KMK079	1,18	0,00	-14,69	19,54	41,12	3,85	11,40	0,32	0,04	-0,98	-0,29	-2,04	-0,45	-1,35	-0,16	
	Sondaj örnekleri	KZM48-27-28	3,82	0,00	-3,50	13,51	26,70	3,00	12,04	1,88	0,41	1,19	0,05	-0,17	-0,08	-0,44	-0,05	
		KZM48-57-58	0,85	0,00	-8,12	17,02	28,37	2,79	9,64	0,90	0,35	0,13	-0,08	-0,98	-0,24	-0,68	-0,06	
		KZM48-190-191	2,78	0,00	-2,08	16,87	32,52	3,80	14,79	2,47	0,86	1,43	0,14	0,16	-0,05	-0,18	-0,03	
		KZM12-61-62	2,22	0,00	-6,03	16,35	26,43	2,68	9,57	0,70	0,36	0,02	-0,07	-0,53	-0,18	-0,53	-0,05	
		KZM39-166-167	1,29	0,00	-8,08	17,09	27,05	2,56	8,68	0,78	0,23	0,10	-0,12	-0,99	-0,24	-0,73	-0,07	
	Kloritleşme + Killeşme	Yüzey örnekleri	KMK039	0,62	0,00	-9,84	7,21	8,98	0,49	1,32	-0,95	-0,14	-1,31	-0,26	-1,52	-0,33	-1,03	-0,12
			KMK052	1,65	0,00	-12,87	14,26	9,84	1,62	5,07	-0,26	0,06	-0,81	-0,23	-1,65	-0,38	-1,30	-0,16
KMK058			0,93	0,00	-6,66	13,67	21,12	2,55	10,25	0,94	0,34	0,40	-0,04	-0,81	-0,22	-0,91	-0,10	
KMK077			9,38	0,00	-7,50	6,86	10,33	0,87	3,70	-0,29	0,21	-0,80	-0,14	-1,05	-0,22	-0,82	-0,08	
KMK095			2,02	0,00	-16,08	13,67	44,90	5,24	16,67	1,19	0,36	-0,95	-0,26	-1,85	-0,40	-1,44	-0,17	
KMK099			0,47	0,00	11,00	22,65	48,14	5,97	28,84	5,09	1,70	4,96	0,62	2,79	0,46	0,88	0,17	
KMK100			0,72	0,00	-16,77	9,07	13,49	0,63	-0,27	-1,65	-0,40	-2,15	-0,42	-2,46	-0,55	-1,75	-0,21	
Sondaj örnekleri		KZM48-38-39	1,83	0,00	-5,86	16,79	29,26	2,92	11,07	1,17	0,31	0,28	-0,04	-0,54	-0,15	-0,58	-0,04	
		KZM48-70-71	0,65	0,00	-10,20	14,09	20,73	1,89	5,32	-0,02	0,11	-0,66	-0,19	-1,31	-0,28	-0,97	-0,09	
		KZM12-13,90-14	1,47	0,00	-11,96	17,81	28,29	2,94	10,22	1,69	0,56	0,63	-0,05	-0,90	-0,27	-0,93	-0,12	
		KZM12-15,80-37	2,39	0,00	-9,28	20,21	33,58	3,28	10,63	1,06	0,35	0,11	-0,11	-1,08	-0,26	-0,75	-0,09	
		KZM12-10-121	1,89	0,00	-11,65	14,12	23,71	2,35	8,38	0,61	0,31	0,05	-0,13	-1,30	-0,32	-1,05	-0,14	

Ek Tablo 3'ün devamı.

	Örnek No	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Yoğun silisleşme	Damar örnekleri	ASK	68,34	0,00	16,87	56,24	83,01	11,87	27,67	7,64	1,86	8,86	0,75	3,07	1,97	1,62	1,03
		YD1	13,66	0,00	22,57	82,87	135,31	14,53	56,20	8,16	4,52	5,58	0,80	4,17	0,92	2,04	0,22
		YD2	8,95	0,00	-1,07	10,73	13,49	1,47	1,92	0,43	0,14	-0,43	-0,02	-0,09	-0,01	0,17	0,00
		YBD	4,43	0,00	-23,73	-8,05	-20,72	-2,53	-10,99	-2,89	-0,75	-3,32	-0,59	-3,63	-0,75	-2,38	-0,31
		BHIGH	32,06	0,00	14,69	46,08	64,14	6,50	12,43	5,10	1,06	3,63	0,68	2,06	0,52	1,40	0,30
		BROM	20,98	0,00	25,41	46,65	84,66	10,05	36,21	8,21	3,28	5,49	0,85	3,73	0,42	1,12	0,32
		BLOW	33,25	0,00	26,27	54,99	102,44	11,93	42,71	9,58	3,05	4,91	1,06	4,64	0,90	0,86	0,21

Ek Tablo 3'ün devamı.

	Örnek No	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Ti	Se	Sc	
		Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Serizitleşme + Killeşme	Yüzey örnekleri	KMK003	-0,92	-0,12	1,91	12,18	106,88	-16,99	-3,12	31,62	11	0,68	0,03	6,54	2,00	0,05	0,03	1,18	5,78
		KMK008	-0,90	-0,15	2,83	-23,12	265,22	-13,10	-2,33	32,81	0,05	1,28	0,05	4,64	19,96	0,03	1,23	0,04	15,17
		KMK009	-0,63	-0,09	-0,59	15,00	242,58	-14,09	-2,89	214,35	0,03	0,33	0,03	2,93	90,37	0,02	1,48	0,36	9,42
		KMK014	-0,88	-0,14	4,35	76,51	1008,91	9,71	-2,38	20,95	0,04	0,21	0,04	0,73	6,53	0,00	0,04	1,78	9,06
		KMK025	-1,05	-0,14	-2,17	68,74	134,50	17,82	-3,14	5,25	0,03	0,07	0,03	0,43	29,50	0,00	0,03	0,36	9,56
		KMK032	-1,22	-0,17	6,10	-37,79	-11,00	-19,03	-2,13	-4,11	0,00	-0,10	0,00	0,20	52,70	0,08	0,00	10,57	4,80
		KMK034	-1,04	-0,14	-1,28	-6,59	20,29	-2,68	-3,86	-0,72	0,01	-0,09	0,01	0,13	52,91	0,00	0,01	-0,13	6,32
		KMK056	-0,88	-0,14	-0,40	1,45	114,06	21,88	-3,20	3,74	0,01	-0,09	0,01	0,13	16,60	0,00	0,01	-0,02	6,13
		KMK087	-1,12	-0,16	0,46	-39,60	13,24	-19,36	-3,81	-1,53	0,03	-0,07	0,03	0,30	1,35	0,00	0,03	-0,04	10,74
		Son. Örn.	KZM48-6-7	-0,70	-0,11	-0,73	23,16	15,93	80,65	8,55	8,46	0,82	0,06	0,03	0,95	16,34	0,03	0,03	3,91
KZM46-10-11	-0,83		-0,12	-0,73	-34,82	-9,37	-13,27	-3,25	-1,96	0,02	0,05	0,02	0,52	26,94	0,21	0,02	0,30	5,71	
KZM12-0-1	-1,15		-0,17	-0,39	-24,03	8,72	0,56	-3,42	1,73	0,13	0,03	0,69	0,24	6,49	0,02	0,01	0,77	8,44	
Silisleşme+ Serizitleşme	Yüzey örnekleri	KMK010	-0,65	-0,08	2,32	27,89	353,66	22,66	-1,65	125,78	0,06	1,24	0,06	8,51	9,23	0,20	0,22	2,01	7,74
		KMK015	-0,99	-0,12	3,63	-30,84	331,42	-19,25	-0,61	4,63	0,04	0,07	0,86	1,41	113,17	0,18	0,17	0,81	4,85
		KMK017	-1,79	-0,29	-0,47	-41,37	-16,41	-19,23	-2,65	-3,59	0,04	-0,06	0,04	0,04	12,66	0,00	0,04	-0,01	-0,53
		KMK019	-1,53	-0,25	-2,23	-31,20	-5,52	-18,52	-4,13	-3,48	0,07	-0,03	0,07	0,07	0,89	0,01	0,07	0,17	16,55
		KMK028	-0,51	-0,06	10,86	-16,52	447,52	-15,19	-1,08	36,84	0,07	1,16	4,84	4,16	254,51	0,11	1,94	3,39	7,43
		KMK037	-0,80	-0,13	4,74	128,50	1277,20	-8,94	-0,33	36,54	0,09	0,55	0,27	1,77	202,17	0,01	0,46	2,85	11,26
		KMK098	-1,36	-0,18	3,20	-6,35	35,23	-5,33	-1,11	6,23	0,09	-0,01	3,23	0,09	0,43	0,01	0,27	1,89	11,08
	Son. Örn.	KZM48-2-3	-1,03	-0,15	2,09	-15,76	-15,35	-14,14	-1,23	4,11	0,06	-0,04	0,06	0,21	11,45	0,01	0,06	1,34	16,88
		KZM46-3-4	-1,59	-0,23	6,05	2,22	-10,60	-19,00	0,40	-1,85	0,05	0,10	0,05	0,20	71,38	0,05	0,20	9,80	2,01
		KZM46-40-41	-0,92	-0,12	1,91	12,18	106,88	-16,99	-3,12	31,62	0,03	0,68	0,03	6,54	2,00	0,05	0,03	1,18	5,78

Ek Tablo 3'ün devamı.

		Örnek No	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Ti	Se	Sc
			Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Karbonatlaşma + Killeşme	Yüzey örnekleri	KMK021	-0,24	-0,04	-2,34	54,73	-14,28	60,13	8,38	-3,94	0,05	-0,05	0,05	0,05	0,26	0,01	0,05	0,06	28,06
		KMK023	-0,56	-0,10	-0,65	-36,67	-14,56	37,94	2,08	-2,52	0,04	-0,06	0,04	0,04	0,18	0,00	0,04	-0,02	10,16
		KMK031	-0,36	-0,06	0,39	111,10	205,01	2395,79	6,73	18,33	10,23	0,08	0,04	0,18	15,97	0,00	0,04	0,00	17,71
		İKMK040	-0,52	-0,07	-0,53	11,72	-8,23	136,34	3,26	-2,94	0,31	-0,06	0,04	0,04	0,72	0,00	0,04	-0,02	14,07
		KMK043	-0,40	-0,06	0,27	61,57	-12,45	288,25	3,23	-0,52	3,14	-0,07	0,03	0,03	0,85	0,00	0,03	-0,03	11,28
		KMK070	-0,45	-0,06	-0,97	-21,94	-14,00	65,98	3,13	3,43	0,03	0,47	0,03	0,03	0,17	0,00	0,03	-0,03	21,66
		KMK079	-1,10	-0,15	-2,21	59,06	-14,12	241,74	0,61	-1,01	0,03	-0,07	0,03	0,03	2,81	0,00	0,03	-0,06	12,48
		KMK089	1,00	0,16	1,38	110,15	50,91	49,34	19,39	21,02	0,07	0,13	0,07	0,23	1,16	0,02	0,56	10,08	11,89
	Sondaj örnekleri	KZM48-27-28	-0,44	-0,05	0,22	32,35	30,29	97,99	6,53	10,93	0,06	0,59	0,06	1,64	77,34	0,01	0,06	2,93	15,42
		KZM48-57-58	-0,63	-0,08	-1,07	10,31	-13,95	195,46	3,26	-2,82	0,04	-0,06	0,04	0,04	1,67	0,00	0,04	0,02	11,65
		KZM48-190-191	-0,39	-0,07	0,41	99,37	36,85	103,59	3,24	21,90	0,17	0,07	0,04	0,17	5,98	0,03	0,31	6,59	14,01
		KZM12-61-62	-0,57	-0,07	1,27	28,38	1207,30	2609,48	4,17	7,71	16,54	0,65	0,04	1,31	151,95	0,02	0,04	4,94	9,56
		KZM39-166-167	-0,58	-0,06	-0,92	24,24	21,96	150,93	2,27	61,27	0,19	0,96	0,05	1,35	19,99	0,02	0,19	0,03	10,25
	Kloritleşme + Killeşme	Yüzey örnekleri	KMK039	-0,96	-0,13	0,08	-30,53	26,57	-11,01	-4,14	-1,89	0,02	-0,08	0,02	0,14	11,10	0,00	0,02	0,16
KMK052			-1,10	-0,16	-0,19	27,42	17,67	96,95	-0,90	0,45	0,56	0,20	0,03	0,69	24,61	0,00	0,03	0,49	10,79
KMK058			-0,65	-0,12	-0,68	9,88	-15,01	343,67	6,34	-3,43	0,15	-0,07	0,03	0,03	0,90	0,00	0,03	-0,06	11,21
KMK077			-0,65	-0,09	0,68	47,68	783,27	-15,26	-3,11	2,85	0,03	0,20	0,03	1,11	93,11	0,00	0,03	0,11	11,28
KMK095			-1,06	-0,16	-2,27	317,67	-12,42	30,46	-1,27	2,34	0,04	-0,06	0,04	0,04	7,64	0,00	0,04	-0,01	75,35
KMK099			0,92	0,10	-2,33	21,84	-3,07	98,89	2,35	-2,40	0,05	-0,05	0,05	0,05	0,27	0,01	0,05	0,07	17,60
KMK100			-1,40	-0,21	-2,59	-16,30	-13,70	-6,74	-2,36	-2,97	0,00	-0,10	0,41	0,00	0,01	0,00	0,00	-0,19	13,45
Son. örn.			KZM48-38-39	-0,50	-0,08	-1,70	-19,88	-12,32	100,57	0,49	-1,13	0,03	0,06	0,03	0,03	2,44	0,02	0,03	0,70
		KZM48-70-71	-0,90	-0,12	-0,60	0,43	6,77	123,76	2,77	2,24	0,04	0,63	0,04	0,04	2,14	0,03	0,04	2,49	7,82
		KZM12-13,90-14	-0,85	-0,15	-0,51	170,86	-13,40	195,18	5,08	-3,92	23,69	-0,07	0,03	0,03	2,86	0,00	0,03	0,08	7,68
		KZM12-15,80-37	-0,72	-0,08	1,06	4,67	5,64	270,69	8,92	1,80	0,03	0,32	0,03	0,42	8,87	0,02	0,03	1,77	11,72
		KZM12-10-121	-1,02	-0,15	-0,98	15,69	-9,87	121,43	1,61	-0,58	0,02	-0,08	0,02	0,15	8,36	0,00	0,02	0,17	9,45

Ek Tablo 3'ün devamı.

	Örnek No	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Ti	
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Yoğun silisleşme	Damar örnekleri	ASK	4,49	1,01	2092,81	2739,56	10639,21	2322,11	1015,38	1581,02	13,69	799,56	13,69	13788,79	4536,04	1,37	13,69
		YD1	1,88	0,34	156,66	13134,48	27203,95	8379,71	101,98	1692,76	38,41	76,83	28,43	82,63	108735,35	1,27	1,33
		YD2	-0,14	-0,02	82,82	419,36	5117,97	21,39	53,14	196,64	0,77	9,35	12,92	12,05	2270,62	0,16	0,77
		YBD	-2,17	-0,31	14,13	-14,44	-9,53	-20,06	9,91	-2,38	0,09	0,57	0,09	0,09	101,34	0,01	0,09
		BHIGH	2,17	0,28	610,87	1502,18	6342,16	43,32	550,18	563,55	6,43	71,65	39,09	39,09	4651907,59	0,64	6,43
		BROM	1,78	0,17	149,33	7656,49	102083,68	85,91	129,89	441,79	1,25	11,94	22,83	82,18	34500,65	0,26	1,25
		BLOW	2,68	0,19	583,55	2159,80	11341,19	90,82	474,48	390,16	5,54	22,36	22,46	28,10	41719,66	0,55	5,54

	Örnek No	Se	Sc	
		ppm	ppm	
Yoğun silisleşme	Damar örnekleri	ASK	68,24	124,89
		YD1	74,90	143,91
		YD2	9,71	21,71
		YBD	0,27	-9,13
		BHIGH	77,68	52,32
		BROM	23,58	148,87
		BLOW	27,50	325,45

Ek Tablo 3'ün devamı.

	Örnek No	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	
		ppm	ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Yoğun silisleşme	Damar örnekleri	ASK	68,34	0,00	16,87	56,24	83,01	11,87	27,67	7,64	1,86	8,86	0,75	3,07	1,97	1,62	1,03
		YD1	13,66	0,00	22,57	82,87	135,31	14,53	56,20	8,16	4,52	5,58	0,80	4,17	0,92	2,04	0,22
		YD2	8,95	0,00	-1,07	10,73	13,49	1,47	1,92	0,43	0,14	-0,43	-0,02	-0,09	-0,01	0,17	0,00
		YBD	4,43	0,00	-23,73	-8,05	-20,72	-2,53	-10,99	-2,89	-0,75	-3,32	-0,59	-3,63	-0,75	-2,38	-0,31
		BHIGH	32,06	0,00	14,69	46,08	64,14	6,50	12,43	5,10	1,06	3,63	0,68	2,06	0,52	1,40	0,30
		BROM	20,98	0,00	25,41	46,65	84,66	10,05	36,21	8,21	3,28	5,49	0,85	3,73	0,42	1,12	0,32
		BLOW	33,25	0,00	26,27	54,99	102,44	11,93	42,71	9,58	3,05	4,91	1,06	4,64	0,90	0,86	0,21

Ek Tablo 4.1. KZM-46 numaralı sondaj logu.

Litoloji	Alterasyon	Tanımlamalar
0-4		(0.0-12m)Porfiri Andezit; ileri derecede oksitlenmiş, hematitleşmiş,limonitleşmiş ve killeşmiş.
4-8		(7-8,20m) Fay Zonu; İleri derecede killeşmiştir. Parçalanmış porfiri andezitten
8-12		(12-28m) Porfiri andezit; Çatlakları pirit ve kil solgudur. Yaygın alyerasyon türü killeşme ve silisleşmedir.
12-16		(28-29m) Fay Zonu; İleri derecede killeşmiştir. Parçalanmış porfiri andezitten oluşmaktadır
16-28		(29-76,45m)Porfiri Andezit; 0,1-5mm arasında değişen kalınlıklarda kuvars damarcıkları içermektedir. Çatlakları kil dolguludur.Saçınımlı pirit içermektedir. Yaygın alterasyon türü killeşme ve silisleşmedir.
28-32		(76,45-78,20m) Fay Zonu; İleri derecede killeşmiştir. Parçalanmış porfiri andezitten ve daha az olarak da kuvars parçalarından oluşmaktadır
32-36		(78,20-86,40m) Kuvars damarı; Cu-Pb-Zn'lu,yer yer boşluklu, yer yer de 0,1-8mmlik ağsal damarcıklardan oluşmaktadır.
36-40		(90-92m)Breşik Andezit; Porfiri andezit çakılları, ince kuvars damarcıkları ve saçınımlı pirit içermektedir. Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir.
40-44		(92-106,40m, 109,85-113m, 114-121m,122-130,30m)Porfiri Andezit; Yer yer 0,1-1cm'lik ince kuvars ve devamsız pirit damarları içermektedir. Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir.
44-48		(106,40-109,85m) Kuvars damarı; Cu-Pb-Zn'lu, boşluklu kuvars ve 1-6mm'lik pirit damarları içermektedir.
48-52		(113-114m)Breşik Andezit; Çatlakları kil dolguludur.Porfiri andezit çakıllarıve seyrek pirit içermektedir.Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir.
52-56		(120-121m)Breşik Andezit; Çatlakları kil dolguludur.Porfiri andezit çakıllarıve seyrek pirit içermektedir.Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir.
56-60		(130,30-131m) Fay Zonu; Parçalanmış porfiri andezittenve daha az olarak da kuvars parçalarından oluşmaktadır
60-64		(131-141m)Porfiri Andezit;Çok seyrek kuvars ve pirit damarcıkları içermektedir. Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir.
64-68		
68-72		
72-76		
76-80		
80-84		
84-88		
88-92		
92-96		
96-100		
100-104		
104-108		
108-112		
112-116		
116-120		
120-124		
124-128		
128-132		
132-136		
136-140		

Ek Tablo 4.2. KZM-48 numaralı sondaj logu.

Litoloji	Alterasyon	Tanımlamalar
0-2,40m	*	(0-2,40m) Kuvars damarı; Çok kırılmış ve oksitlenmiş kuvars damarı
2,40-5,5m	*	(2,40-5,5m) Porfiri andezit; Çok kırılmıştır. Yaygın alterasyon türü killeşme ve silisleşmedir..
5,5-14m	*	(5,5-14m)Breşik Andezit; 0,1-5mm arasında değişen kalınlıklarda kuvars damarcıkları içermektedir. Çatlakları kil dolguludur.Saçınımlı pirit içermektedir. Yaygın alterasyon türü killeşme ve silisleşmedir.10,80-11,70m arası fay zonudur. 11.70-32m arasında silisleşme ve killeşme yaygındır
32,60-87m	*	(32,60-87m)Porfiri Andezit; Saçınımlı pirit içermektedir. Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir. 34.40-35,50m arası fay zonudur.
87-120m	*	(87-120m)Breşik Andezit; 0,1-5mm arasında değişen kalınlıklarda kuvars damarcıkları içermektedir.Saçınımlı pirit içermektedir. Yaygın alterasyon türü killeşme ve silisleşmedir.
120-132,90m	*	(120-132,90m)Porfiri Andezit; yer yer boşluklu kuvars damarcıkları ve saçınımlı pirit içermektedir. Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir. 124,30m den sonra silisleşme yaygındır.
132,90-139,70m	*	(132,90-139,70m) Kuvars damarı; Cu-Pb-Zn'lu, boşluklu kuvars damarından oluşmaktadır ve saçınımlı pirit içermektedir.
139,70-191,50m	*	(139,70-191,50m)Porfiri Andezit; yer yer boşluklu kuvars damarcıkları ve saçınımlı pirit içermektedir. Yaygın alterasyon türü silisleşme ve killeşmedir.

Ek Tablo 5. Kuvars ve barit örneklerinden yapılan sıvı kapanım analizlerinin sonuçları.

Örnek no:	Birincil Kapanımlar				
	İlk ergime °C (T _m)	Son ergime °C (T _{m-ice})	Homojenleşme °C (T _h)	Tuzluluk %	Yoğunluk gr/cm ³
YD2-3	-	-2,5	258	4,18	0,97
YD2-3	-31	-1,4	170	2,41	0,96
YD2-3	-26,2	-3,9	170	6,30	0,97
YD2-3	-25,8	-3,9	218	6,30	0,97
YD2-3	-29,9	-6,8	190	10,24	0,99
YD2-3	-24	-3,2	210	5,26	0,96
YD2-3	-	-3,2	215	5,26	0,95
YD2-3	-	-2,2	236	3,71	0,94
YD2-3	-	-2,4	245	4,03	0,94
YD2-3	-	-2,2	250	3,71	0,94
YD2-3	-	-1,3	180	2,24	0,93
B1280K	-	-	270	-	-
B1280K	-	-3,1	245	5,11	0,97
B1280K	-17	-3,8	221	6,16	0,98
B1280K	-	-2,6	300	4,34	0,96
B1280K	-	-3,1	315	5,11	0,96
B1280K	-	-2,8	200	4,65	0,95
B1280K	-	-3,2	310	5,26	0,96
B1280K	-	-3,2	240	5,26	0,95
B1280K	-	-3	220	4,96	0,95
B1280K	-	-4,2	200	6,74	0,96
B1280K	-	-2,7	258	4,49	0,94
B1280K	-	-4,5	295	7,17	0,96
B1280K	-	-1,2	245	2,07	0,92
B1280K	-	-3,6	180	5,86	0,95
B1280K	-	-3,6	172	5,86	0,94
B1280K	-	-	331	-	-
B1280K	-	-3,8	178	6,16	0,98
B1280K	-	-3,6	190	5,86	0,98
B1280K	-	-2,8	120	4,65	0,96
B1280K	-	-3,2	172	5,26	0,96
B1280K	-	-4,9	155	7,73	0,97
B1280K	-	-4,1	196	6,59	0,98
B1280K	-	-4	187	6,45	0,98
B1280K	-	-3,9	162	6,30	0,97
B1280K	-	-2,6	113	4,34	0,94
B1280K	-	-3,4	135	5,56	0,95
B1280K	-	-4,5	190	7,17	0,96
B1280K	-	-3,5	130	5,71	0,94
B1280K	-	-3,4	128	5,56	0,94
B1280K	-	-3,7	140	6,01	0,94
B1280K	-	-3,7	151	6,01	0,93
Y01-kuvars	-	-3,8	184	6,16	0,98
Y01-kuvars	-	-4,9	190	7,73	0,99
Y01-kuvars	-	-1,9	329	3,23	0,95
Y01-kuvars	-23,8	-2,3	277	3,87	0,95
Y01-kuvars	-22	-0,5	298	0,88	0,93
ASK-3	-24,6	-2,1	245	3,55	0,95
ASK-3	-21,6	-0,5	260	0,88	0,93
ASK-3	-	-2	210	3,39	0,94
ASK-3	-	-2,4	220	4,03	0,94

Ek Tablo 5'in devamı.

Örnek no:	Birincil Kapanımlar				
	İlk ergime °C (T_{fm})	Son ergime °C (T_{m-ice})	Homojenleşme °C (T_h)	Tuzluluk %	Yoğunluk gr/cm ³
ASK-3	-	-	200	-	-
ASK-3	-	-2,2	210	3,71	0,97
ASK-3	-	-	215	-	-
D1265K	-21	-4,9	300	7,73	0,99
D1265K	-23,7	-3,7	220	6,01	0,98
D1265K	-	-3,7	295	6,01	0,97
D1265K	-	-1,5	160	2,57	0,94
D1265K	-	-1	160	1,74	0,94
D1265K	-	-0,2	160	0,35	0,93
D1265K	-	-1,3	170	2,24	0,93
D1265K	-	-2,5	187	4,18	0,94
D1265K	-	-4,5	178	7,17	0,96
D1265K	-	-2,1	181	3,55	0,94
D1265K	-	-2,8	312	4,65	0,94
D1265K	-	-1,2	125	2,07	0,92
YD1-2	-	-	226	-	-
YD1-2	-	-	230	-	-
YD1-2	-	-0,7	240	1,22	0,95
YD1-2	-	-	178	-	-
YD1-2	-	-	235	-	-
YD1-2	-	-1,4	290	2,41	0,96
YD1-2	-	-	180	-	-
YD1-2	-	-	125	-	-
KMK37	-	-2,5	200	4,18	0,97
KMK37	-21,3	-3,9	230	6,30	0,98
KMK37	-22,5	-2,8	205	4,65	0,96
KMK37	-13,6	-2,1	245	3,55	0,95
KMK37	-20	-4,2	230	6,74	0,96
KMK37	-27	-0,4	250	0,70	0,92
B1340G	-	-2,3	260	3,87	0,94
B1340G	-	-1,8	180	3,06	0,93
Y01-Barit	-	-1,2	170	2,0733145	0,95791619
Y01-Barit	-	-1,2	188	2,0733145	0,95652425
Y01-Barit	-	-0,2	170	0,3542365	0,93473774
Y01-Barit	-	-2,8	165	4,6496993	0,95633255
Y01-Barit	-	-1	191	1,736357	0,93691313
Y01-Barit	-	-2,5	160	4,1824531	0,9498061
Y01-Barit	-	-2	150	3,387656	0,94059624
Y01-Barit	-	-1,5	185	2,5724299	0,93147654
Y01-Barit	-	-2,3	167	3,866959	0,93877485
Y01-Barit	-	-4	175	6,448448	0,95419938
Y01-Barit	-	-2	155	3,387656	0,93488689
Y01-Barit	-15,4	-4,4	235	7,0237355	0,95309055
y01-barit	-21,5	-2,4	348	4,025108	0,93389464
y01-barit	-23,8	-2	321	3,387656	0,92698197
y01-barit	-21,3	-5,9	350	9,0777941	0,95516311
y01-barit	-24	-2,5	390	4,1824531	0,91516085
y01-barit	-	-0,8	280	1,3959972	0,89077367
y01-barit	-	-	283	-	-
y01-barit	-	-	280	-	-

Ek Tablo 5'in devamı.

Örnek No:	Birincil Kapanımlar				
	İlk ergime °C (T_{fm})	Son ergime °C (T_{m-ice})	Homojenleşme °C (T_p)	Tuzluluk %	Yoğunluk gr/cm ³
y01-barit	-	-	282	-	-
y01-barit	-	-	280	-	-
y01-barit	-	-	290	-	-
y01-barit	-	-2,1	335	3,548236	0,9499586
y01-barit	-	-2	330	3,387656	0,9466817
y01-barit	-26,4	-1,2	297	2,073314	0,9372388
y01-barit	-26,4	-2,2	315	3,708003	0,9425547
y01-barit	-26,4	-2,8	306	4,649699	0,9444962
y01-barit	-26,4	-2	292	3,387656	0,9357557
y01-barit	-26,7	-2,6	322	4,338998	0,9410651
y01-barit	-	-	281	-	-
y01-barit	-	-	315	-	-
y01-barit	-25,2	-2,7	296	4,494745	0,9323149
y01-barit	-23,5	-1,9	320	3,226258	0,8686614
y01-barit	-25,2	-6,7	342	10,10939	0,903127
y01-barit	-28,3	-1,3	243	2,240526	0,9152697
y01-barit	-25,1	-6,2	367	9,469701	0,8687696
y01-barit	-25,3	-4,5	384	7,165707	0,8766678
y01-barit	-	-	282	-	-
y01-barit	-23,4	-1,9	311	3,226258	0,9639362
y01-barit	-	-0,5	282	0,87902	0,9502595
y01-barit	-23,1	-0,4	315	0,704964	0,9367577
y01-barit	-	-4,4	296	7,023735	0,9700895
y01-barit	-25	-1,4	275	2,406896	0,9408929
y01-barit	-	-4	265	6,448448	0,9631897
y01-barit	-	-	268	-	-
y01-barit	-	-	290	-	-
y01-barit	-21	-1,1	302	1,905259	0,9570421
y01-barit	-	-	316	-	-
y01-barit	-	-	324	-	-
y01-barit	-	-	335	-	-
y01-barit	-21,3	-1	272	1,736357	0,8598454
y01-barit	-	-	283	-	-
y01-barit	-	-	240	-	-
y01-barit	-	-	253	-	-
y01-barit	-	-	264	-	-
y01-barit	-	-	270	-	-
y01-barit	-	-	284	-	-
y01-barit	-22,8	-0,4	290	0,7049636	0,9508133
y01-barit	-	-1	300	1,736357	0,95475496
y01-barit	-	-1,8	319	3,0640404	0,95023996
y02-barit	-24,1	-2,1	254	3,548236	0,9656267
y02-barit	-21,6	-0,5	260	0,87902	0,9502595
y02-barit	-19,5	-0,7	340	1,224533	0,9397413
y02-barit	-23,4	-2,3	350	3,866959	0,9518045
y02-barit	-	-	294	-	-
y02-barit	-	-	286	-	-
y02-barit	-	-	282	-	-
y02-barit	-	-	277	-	-
y02-barit	-	-	277	-	-
y02-barit	-	-	277	-	-
y02-barit	-23	-2,7	385	4,494745	0,9706279

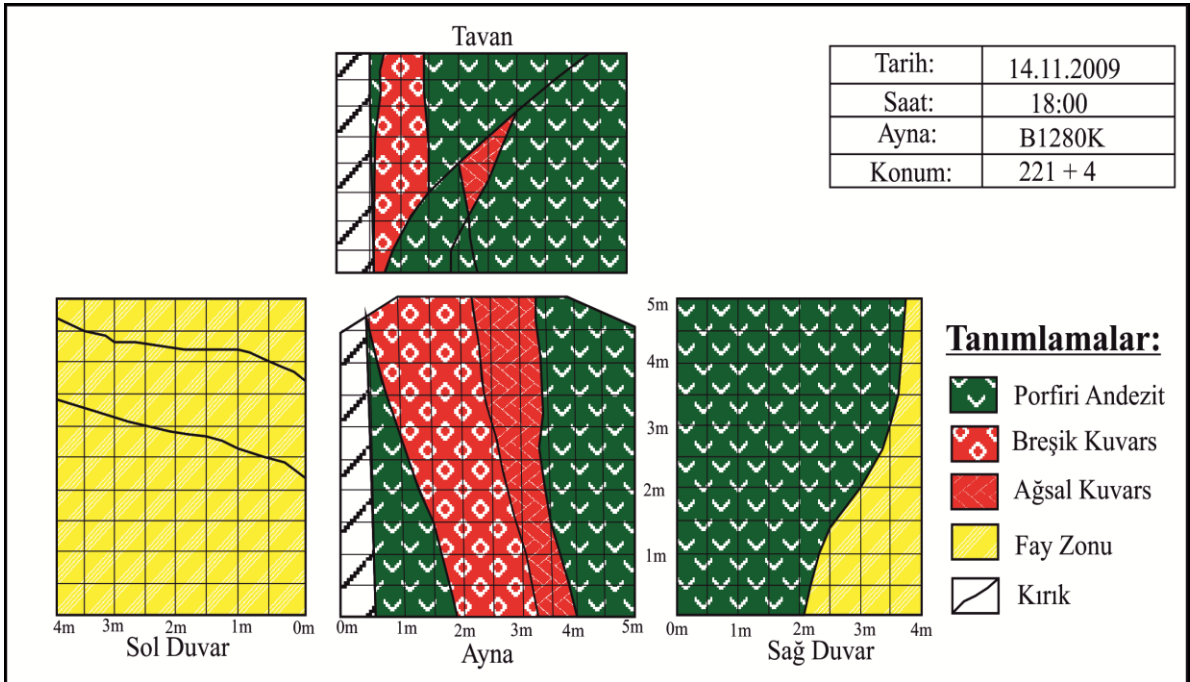
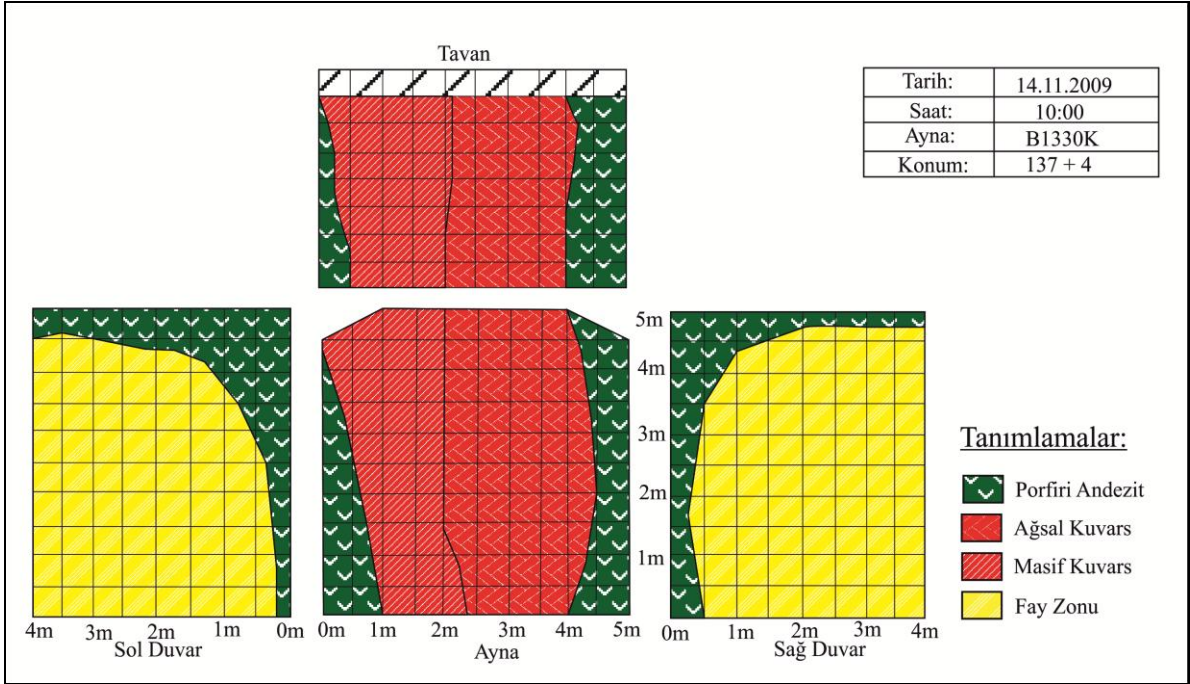
Ek Tablo 5'in devamı.

Örnek no	İkincil Kapanımlar				
	İlk ergime °C (T_{fm})	Son ergime °C (T_{m-ice})	Homojenleş me °C (T_h)	Tuzluluk %	Yoğunluk gr/cm ³
YD2-3	-	-1,7	150	2,90	0,96
YD2-3	-	-	160	-	-
YD2-3	-	-	170	-	-
YD2-3	-	-	185	-	-
YD2-3	-	-	187	-	-
YD2-3	-	-	190	-	-
YD2-3	-	-	196	-	-
YD2-3	-	-	200	-	-
YD2-3	-	-	200	-	-
YD2-3	-	-	240	-	-
B1280K	-	-1,8	110	3,06	0,96
B1280K	-	-1,4	115	2,41	0,96
B1280K	-	-1,4	120	2,41	0,95
B1280K	-	-3,5	125	5,71	0,96
B1280K	-	-3,3	125	5,41	0,96
B1280K	-	-3,4	132	5,56	0,96
B1280K	-	-3,8	140	6,16	0,96
B1280K	-	-3,2	140	5,26	0,95
B1280K	-	-4,1	145	6,59	0,96
B1280K	-	-2,3	150	3,87	0,94
B1280K	-	-1,4	150	2,41	0,93
B1280K	-	-3,7	152	6,01	0,95
B1280K	-	-3,5	152	5,71	0,94
B1280K	-	-	157	-	-
B1280K	-	-2,6	167	4,34	0,97
B1280K	-	-	170	-	-
B1280K	-	-1,8	172	3,06	0,96
B1280K	-	-1,5	200	2,57	0,96
D1265K	-	-1,5	127	2,57	0,95
D1265K	-	-	144	-	-
D1265K	-	-	162	-	-
y01-barit	-	-	218	-	-
y01-barit	-	-	245	-	-
y01-barit	-	-	265	-	-
y01-barit	-	-	267	-	-

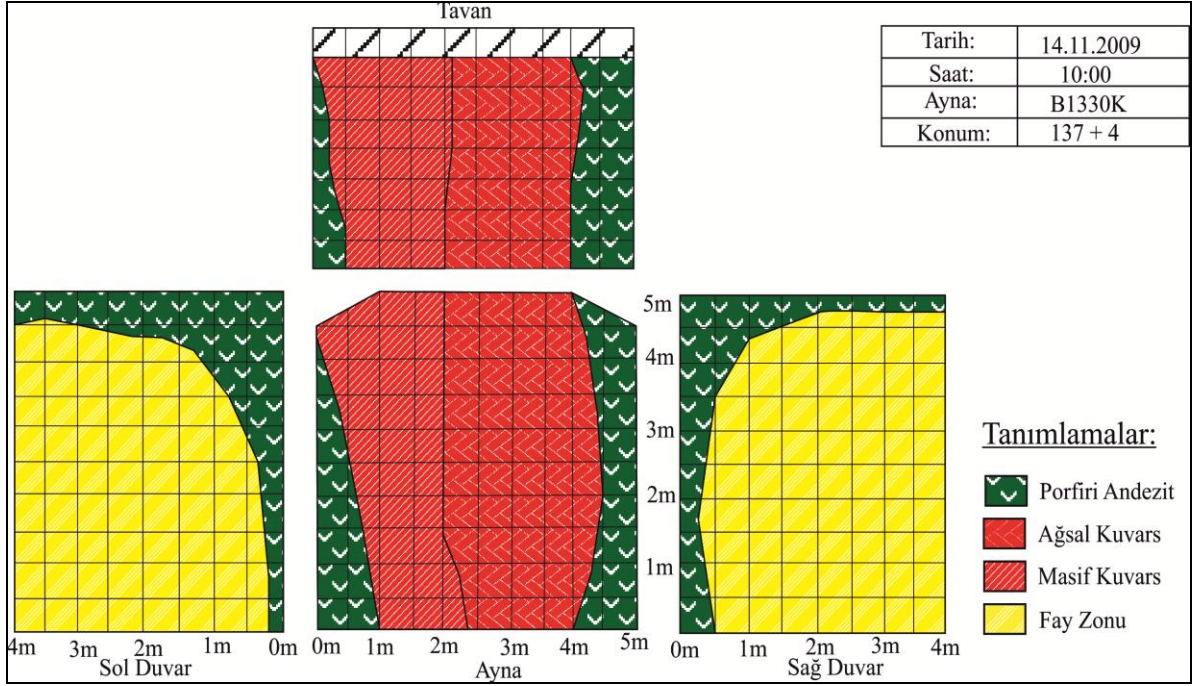
Ek Tablo 6. Alterasyon zonundan alınan örnek noktalarının koordinatları.

ALTERASYON ZONUNDAN ALINAN ÖRNEKLERİN NOKTALARININ KOORDİNATLARI					
Örnek No	Boylam	Enlem	Örnek No	Boylam	Enlem
KMK001	532220	4484105	KMK055	532813	4483870
KMK002	532233	4484125	KMK056	532825	4483890
KMK003	532247	4484147	KMK057	532840	4483912
KMK004	532260	4484170	KMK058	532853	4483933
KMK005	532275	4484190	KMK059	532865	4483955
KMK006	532285	4484210	KMK060	532875	4483975
KMK007	532300	4484233	KMK070	532988	4483913
KMK008	532313	4484255	KMK077	533088	4483770
KMK009	532325	4484275	KMK078	533065	4483807
KMK010	532340	4484295	KMK079	533080	4483825
KMK011	532330	4484040	KMK085	533138	4483678
KMK012	532343	4484063	KMK086	533155	4483700
KMK013	532358	4484085	KMK087	533165	4483720
KMK014	532368	4484105	KMK088	533180	4483743
KMK015	532380	4484125	KMK089	533193	4483763
KMK016	532395	4484145	KMK095	533250	4483615
KMK017	532408	4484168	KMK096	533260	4483605
KMK018	532420	4484190	KMK097	533275	4483605
KMK019	532433	4484210	KMK098	533288	4483678
KMK020	532448	4484233	KMK099	533300	4483700
KMK021	532438	4483980	KMK100	533313	4483720
KMK022	532448	4484000			
KMK023	532463	4484020			
KMK024	532475	4484040			
KMK025	532488	4484062			
KMK026	532502	4484088			
KMK027	532515	4484113			
KMK028	532528	4484125			
KMK029	532543	4484150			
KMK030	532555	4484170			
KMK031	532548	4483913			
KMK032	532558	4483935			
KMK033	532570	4483955			
KMK034	532585	4483975			
KMK035	532595	4483995			
KMK036	532610	4484020			
KMK037	532623	4484038			
KMK038	532638	4484058			
KMK039	532650	4484080			
KMK040	532663	4484100			
KMK041	532650	4483850			
KMK042	532665	4483870			
KMK043	532678	4483893			
KMK044	532693	4483916			
KMK045	532705	4483935			
KMK046	532718	4483958			
KMK047	532730	4483975			
KMK048	532693	4483995			
KMK049	532758	4484018			
KMK050	532770	4484040			
KMK051	532760	4483783			
KMK052	532772	4483803			
KMK053	532785	4483822			
KMK054	532800	4483850			

Ek Tablo 7. Galeri aynaları.



Ek Tablo 7'nin devamı.



ÖZGEÇMİŞ

10.12.1984 tarihinde Trabzon'da doğdu. İlk orta ve lise öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 2001 yılında Trabzon Fatih Lisesinden mezun oldu. 2002 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2007 yılında mezun oldu. 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde yüksek lisans eğitimine başlamış olup iyi derecede İngilizce bilmektedir.