

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KARAKARTAL (KEMALİYE) PORFİRİ Cu-Au CEVHERLEŞMESİNİN
JEOKİMYASAL, JEOKRONOLOJİK, TERMOKRONOLOJİK
VE TERMOMETRİK ÖZELLİKLERİ

DOKTORA TEZİ

Oğuzhan GÜMRÜK

EKİM 2023
TRABZON



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KARAKARTAL (KEMALİYE) PORFİRİ Cu-Au CEVHERLEŞMESİNİN
JEOKİMYASAL, JEOKRONOLOJİK, TERMOKRONOLOJİK
VE TERMOMETRİK ÖZELLİKLERİ**

Oğuzhan GÜMRÜK

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
“DOKTOR (JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 21/09/2023
Tezin Savunma Tarihi : 19/10/2023**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ

Trabzon 2023

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "Doktora Tezi" olarak hazırlanmıştır. Tez Kapsamında Erzincan ili Kemaliye ilçesi Kabataş köyü sınırlarında yer alan Karakartal porfiri tip cevherleşmesinin, jeolojisi, jeokronolojisi, mineral kimyası, sıvı kapanım, duraylı izotop ve iz elementleri irdelenmiştir. Bölgedeki maden yataklarının oluşumuna dair farklı bir bakış açısı sunacağını düşündüğüm bu çalışmayı bana öneren, beni yönlendiren ve çalışmaların büyük bir kısmını tamamlanmasında desteklerini esirgemeyen saygı değer hocam Prof. Dr. Miraç AKÇAY'a ve tezin hazırlanmasında, verilerin bir araya getirilip çalışmanın sonuca ulaşmasında her türlü desteğini sunan kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ'e teşekkürü borç bilirim.

Bu tez çalışmasının gerçekleşmesinde ve tamamlanmasında önemli maddi destek sağlayan 110Y308 numaralı ÇAYDAG projesi için Tübitak'a, FDK-2016-5613 numaralı doktora tez projesi için Karadeniz Teknik Üniversitesi'ne teşekkür ederim. Doktora tez izleme komitesi Doktora tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU ve Prof. Dr. Gülten YAYLALI ABANUZ'a destek ve ilgilerinden dolayı teşekkür ederim. Başta Prof. Dr. Yener Eyüboğlu olmak üzere, Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümü tüm akademik ve idari personeline teşekkür ederim. U-Pb analizlerinin gerçekleştirilmesine katkı sağlayan Prof. Dr. Di-Cheng Zhu'ya (China University of Geosciences) ve bilimsel iş birliği çerçevesinde U-Th-He, Ar/Ar ve Re-Os analizlerinin gerçekleştirildiği Curtin Üniversitesi John De Laeter araştırma merkezi çalışanları, Prof. Dr. Brend Mc INNES, Prof. Dr. Noreen EVANS, Prof. Dr. Fred JOURDAN ve Doç. Dr. Svetlana TESSALINA'ya teşekkür ederim. Mineral Kimyası analizleri için EPMA laboratuvarını kullanım imkanı veren Prof. Dr. Theodoros NTAFLOS (Viyana Üniversitesi) ve Dr. Martin RACEK'e (Charles Üniversitesi) teşekkür ederim. Sıvı kapanım LA-ICP-MS analizleri için desteğini esirgemeyen ve laboratuvarını kullanımına sunan Prof. Dr. David BANKS'e ayrıca teşekkür ederim.

Son olarak doktora çalışmamın başından sonuna kadar her türlü desteği sunan sevgili eşim ve oğlum ve ailemin diğer üyelerine şükranlarımı bir borç bilirim

Oğuzhan GÜMRÜK
Trabzon, 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Karakartal (Kemaliye) Porfiri Cu-Au Cevherleşmesinin Jeokimyasal, Jeokronolojik, Termokronolojik ve Termometrik Özellikleri” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof Dr. Necati TÜYSÜZ’ün sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 19/10/2023

Oğuzhan GÜMRÜK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	IX
SUMMARY	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIX
SEMBOLLER DİZİNİ	XXI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışma Alanının Coğrafik Konumu ve Özellikleri	2
1.3. Bölgesel Jeoloji.....	4
1.3.1. Keban Birliği	5
1.3.1.1. Balkırı Gurubu	7
1.3.1.2. Munzur Kireçtaşı	8
1.3.1.3. Ofiyolitik Kayaçlar	9
1.3.1.4. Geç Kretase Yaşlı Magmatik Kayaçlar	9
1.3.1.5. Eosen Yaşlı Sedimanter Kayaçlar	10
1.3.1.6. Eosen Yaşlı Magmatik Kayaçlar	10
1.3.1.7. Oligosen-Miyosen Yaşlı Sedimanter Kayaçlar	11
1.3.1.8. Yamadağ Volkanitleri.....	11
1.4. Önceki Çalışmalar	12
1.4.1. Bölgenin Genel Jeolojisi ile İlişkili Çalışmalar	12
1.4.2. Bölgedeki Cevherleşmeler Yönelik Çalışmalar.....	14
1.5. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	18
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	19
2.1. Materyal ve Yöntemler	19
2.1.1. Literatür Çalışması.....	19
2.1.2. Arazi Çalışmaları ve Örneklerin Alınması	19
2.1.3. Laboratuvar Çalışmaları	20

2.1.3.1.	Çalışma Sahasının Petrografik ve Petrolojik Özelliklerine Yönelik Çalışmalar	20
2.1.3.2.	İnce Kesitlerin Hazırlanması ve Petrografik İncelemeler	20
2.1.3.2.1.	Tüm Kayaç Jeokimyası Analizleri	20
2.1.3.2.2.	Silikat ve Oksit Minerallerinin Mineral Kimyası Analizleri	21
2.1.3.3.3.	U-Pb jeokronolojisi	22
2.1.3.2.4.	Ar-Ar Jeokronolojisi	22
2.1.3.2.5.	(U-Th)/He Thermokronolojisi	23
2.1.3.3.	Çalışma Sahasında Yer Alan Cevherleşmeye Yönelik Çalışmalar	23
2.1.3.3.1.	Cevher Mineralojisi Çalışmaları	23
2.1.3.3.2.	Sıvı Kapanım Mikrotermometre Analizleri	23
2.1.3.3.3.	Sülfürlü Minerallerin Mineral Kimyası ile Kuvars İz Element ve Katodoluminesans Analizleri	24
2.1.3.3.4.	Duraylı İzotop Analizleri	24
2.1.3.3.5.	Raman Analizleri	25
2.1.3.3.6.	SEM, EDX ve BSE Analizleri	25
2.1.3.3.7.	Katodoluminesans Analizleri ve Kuvars Mineral Kimyası Analizleri	26
2.1.3.3.8.	LA-ICP-MS Analizleri	26
2.1.3.3.9.	Re-Os Jeokronolojisi	26
3.	BULGULAR	27
3.1.	Karakartal Maden Sahasının Jeolojisi ve Petrografisi	27
3.1.1.	Balkırı Grubu	29
3.1.2.	Munzur Kireçtaşı	32
3.1.3.	Ofiyolitik Kayaçlar (Divriği Ofiyoliti)	33
3.1.4.	Subaşı Formasyonu	33
3.1.5.	Kabataş Yarı Derinlik Kayaçları	37
3.1.5.1.	Dasit	39
3.1.5.2.	Yarı Derinlik Kayaçları	40
3.1.5.3.	Andezit	46
3.1.5.4.	Cevherleşme Sonrası Dayklar	48
3.1.5.5.	Yakuplu Plütonu	49
3.1.6.	Bazalt	50
3.1.7.	Oligosen Kumtaşı	51
3.1.8.	Yamaç Molozu	52

3.2.	Karakartal Maden Sahasında Gözlenen Alterasyonlar ve Cevher Mineralleri	53
3.2.1.	Alterasyon ve Cevherleşmenin Yaşı.....	59
3.3.	Karakartal Maden Sahasında Gözlenen Magmatik Kayaçların Mineral Kimyası.....	61
3.3.1.	Feldspat.....	61
3.3.2.	Biyotit	63
3.3.3.	Amfibol.....	67
3.4.	Çalışma Sahasında Gözlenen Magmatik Kayaçlarının Petrokimyasal Özellikleri	68
3.4.1.	Tüm Kayaç Jeokimyası.....	68
3.4.1.1.	Giriş	68
3.4.1.2.	Alterasyon ve Ayrışma İndex Değerleri	69
3.4.1.3.	Magmatik Kayaçların Kimyasal Adlanması.....	71
3.5.	Karakartal Maden Sahasında Alterasyon Zonlarında Gözlenen Kuvars Damarlarının Katodoluminesans Özellikleri	74
3.5.1.	Potasik Alterasyon Zonundaki Damarlarının Katodoluminesans Özellikleri	74
3.5.2.	Klorit Serizit Alterasyonunca Üzerlenmiş Potasik Alterasyon Zonundaki Damarların Katodoluminesans Özellikleri	75
3.5.3.	Serizitik Alterasyon Zonundaki Damarlarının Katodoluminesans Özellikleri	77
3.5.4.	Kuvars-Molibden-Pirit Damarlarının Katodoluminesans Özellikleri	81
3.6.	Serizitik (Fillik) Altersayon Zonuna Ait Sıvı Kapanım İncelemeleri	83
3.6.1.	Petrografi	84
3.6.2.	İlk Buz Erime Erime (T_{fm}) ve Son Buz Erime ($T_{m_{ice}}$) Sıcaklığı Ölçümleri	86
3.6.3.	SEM-EDS Analizleri	90
3.6.4.	LA-ICP-MS	93
3.7.	Ergiyik Kapanımların Kimyası.....	97
3.8.	Oksijen ve Hidrojen İzotop Analizleri.....	100
3.9.	Zirkon İz Element Jeokimyası	103
3.10.	Zirkon U-Th-He Termokronolojisi.....	103
4.	TARTIŞMA.....	108
4.1.	Karakartal Maden Sahasını Oluşturan Çözeltilerin PTX Özellikleri ve Kökeni.....	108
4.1.1.	Bileşim.....	108

4.1.2.	Sıcaklık	110
4.1.3.	Basınç	112
4.1.4.	Köken.....	114
4.2.	Karakartal Maden Sahasının Termokronolojisi.....	117
4.3.	Kabataş Volkanitlerinin Kalkofil Element Üretkenliği	120
5.	SONUÇLAR.....	126
6.	KAYNAKLAR.....	128
7.	EKLER	143
ÖZGEÇMİŞ		



Doktora Tezi

ÖZET

KARAKARTAL (KEMALİYE) PORFİRİ Cu-Au CEVHERLEŞMESİNİN
JEOKİMYASAL, JEOKRONOLOJİK,
TERMOKRONOLOJİK VE TERMOMETRİK ÖZELLİKLERİ

Oğuzhan GÜMRÜK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ
2023, 142 Sayfa, 44 Sayfa Ek

Bu çalışmada Kabataş köyü Karakartal (Kemaliye-Erzincan) porfiri tip Cu-Au cevherleşmesinin oluşumu, petrografi, sıvı kapanım, mineral kimyası, U-Pb, ^{40}Ar - ^{39}Ar ve Re-Os jeokronolojisi, duraylı izotoplar, katodoluminesans verileri kullanılarak irdelenmiştir. Porfiri tip cevherleşmelerin hem alterasyon hem de cevherleşme bakımından tüm tipik özelliklerine sahip olan Karakartal cevherleşmesi Keban Metamorfitleri ve Munzur kireçtaşlarını keserek 48.84 ± 0.19 My ile 47.76 ± 0.35 my arasında yerleşen çok fazlı Kabataş volkanikleri ile ilişkili oluşmuştur. Çalışma alanında cevherleşme ve alterasyonun oluşumu Kabataş volkaniklerinin yerleşimi ile hidrotermal çözeltinin sıcaklığının $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye düştüğü yaklaşık 46 my arasında 3 My yıllık bir süreçte oluştuğu belirlenmiştir. Serizit alterasyonu $515\text{-}334\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa ve ortalama %45 NaCl eşleniği tuzluluğa sahip hidrotermal çözelti ile ilişkili olarak oluşmuştur. Kuvvars damarları içerisinde gözlenen yüksek tuzluluğa sahip çok fazlı sıvı kapanımlarda halit, silvit, MgCl, manyetit/hematit, pirit, anhidrit ve rutil gibi katı fazlar bulunmaktadır. Bu damarların oluşumunda birbirlerini üzerleyen çok fazlı hidrotermal çözeltinin etken olduğu katodoluminesans görüntülerinde açıkça gözlenmiştir. Kuvvars damarlarında gözlenen ergiyik kapanımların biyotit ve klorit ile benzer kimyaya sahip olduğu ortaya konulmuştur. Porfiri yataklar ile ilişkili olabilecek magmatik kütlelerin üretkenlik potansiyelinin araştırılmasında yitim ile ilişkili olmayan sistemlerde zirkon iz elementlerin tüm kayaç verilerine göre daha sağlıklı sonuç verdiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karakartal, Termokronoloji, Üretkenlik, Sıvı Kapanım, Katadoluminesans, Ergiyik Kapanım

PhD. Thesis

SUMMARY

GEOCHEMICAL, GEOCHRONOLOGICAL, THERMOCHRONOLOGICAL AND
THERMOMETRIC PROPERTIES OF KARAKARTAL (KEMALİYE) PORPHYRY Cu-Au
MINERALIZATION
Oğuzhan GÜMRÜK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geology Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ
2023, 142 Pages, 44 Pages Appendix

This study investigated the formation of the Karakartal (Kemaliye-Erzincan) porphyry-type Cu-Au mineralisation at Kabataş village using petrography, fluid inclusion, mineral chemistry, U-Pb, ⁴⁰Ar-³⁹Ar and Re-Os geochronology, stable isotopes and cathodoluminescence data. The Karakartal mineralisation, which has all the characteristics of porphyry-type mineralisation in terms of both alteration and mineralisation, was formed in association with the Kabataş multi-phase volcanics, which intruded the Keban metamorphics and Munzur limestones between 48.84±0.19 Ma and 47.76±0.35 Ma. It was determined that the formation of mineralisation and alteration in the study area occurred in a period of 3 My between the emplacement of the Kabataş volcanics and about 46 My, when the temperature of the hydrothermal solution decreased by 200 °C. The serizite alteration was formed in relation to the hydrothermal solution with a temperature of 515-334 °C and an average salinity of 45% NaCl equivalent. Solid phases such as halite, silvite, MgCl, magnetite/hematite, pyrite, anhydrite and rutile are present in multiphase high salinity fluid inclusions observed in quartz veins. The cathodoluminescence images clearly show that the overlapping multiphase hydrothermal solution is effective in the formation of these veins. Fertility potential of magmatic intrusions that may be associated with porphyry deposits, it has been observed that zircon trace elements give more reliable results than whole rock data in non-subduction systems.

Key Words: Karakartal, Porphyry, Thermokronology, Fertility, Fluid Inclusions, Geochronology, Melt Inclusion, Cathodoluminescence

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Çalışma sahasına ait yer bulduru haritası ve maden sahasına ait uydu görüntüsü.....	3
Şekil 1.2.	Karakartal porifiri sistemi ve yakın çevresinin jeolojik haritası (İmer vd. (2013)'den değiştirilerek). İnlet harita Türkiye'nin tektonik birlikteliklerini (Okay ve Tüysüz, 1999) ve çalışma sahasının konumunu göstermektedir.....	5
Şekil 1.3.	Karakartal porfiri cevherleşmesi ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.....	6
Şekil 3.1.	Aşılık Tepe yamacından çalışma sahasının genel görünümü ve çalışma sahasında yaygın şekilde gözlenen birimlerin yaklaşık sınırları.....	27
Şekil 3.2.	Çalışma sahasının jeoloji haritası.....	28
Şekil 3.3.	Çalışma sahasında gossan, silisli şapka ve yapısal unsurların haritası	29
Şekil 3.4.	Çalışma alanının güneyinde mostra veren Alıçlı Formasyonuna (Balkırı Grubu) ait ile derecede kristallenmiş kireçtaşları	30
Şekil 3.5.	Alıçlı Formasyonuna ait hornfelsleşmiş şist ve mermerleşmiş rekristalize kireçtaşı dokanağı Yonca yolu formasyonuna ait şist ve mermer dokanağının karot görünümü	31
Şekil 3.6.	Balkırı grubu içerisinde yer alan metamorfik kayalardan elde edilen kalıntı zirkonların U-Pb yaş grafiği (KDD-58 320m ve KDD-74 23 m sırasıyla Şekil 3.2'deki 1 ve 2 numaralı örneklerdir)	32
Şekil 3.7.	Ayı Kayası Tepe civarında gözlenen kırık hattı boyunca yerleşmiş jaspilitler (a) ve bu jaspilitlerin yakın görünümü (b)	33
Şekil 3.8.	a) Kabataş Köyü-İliç arasındaki stabilize yol üzerinde intrüzyon-kireçtaşı dokanağında gelişmiş skarn zonu ve rekristalize kireçtaşları; b) İntrüzyon-kireçtaşı dokanağında gelişmiş manyetit ve ikincil limonitlerin gözleendiği skarn cevherleşmesinin yakından görünümü c) Ayı kayası tepesi civarından alınmış kireçtaşı örneğinin tek nikol polarizan mikroskop görüntüsü; d) a fotoğrafındaki rekristalize kireçtaşına ait tek nikol polarizan mikroskop görüntüsü	35
Şekil 3.9.	Ofiyolitik kayaların Munzur Kireçtaşları (a) ve Yakuplu plütunu ile olan dokanağının Dikenliyazı Tepenin kuzeydoğu yamacından görünümü	35
Şekil 3.10.	Subaşı Formasyonuna ait arazi, makro ve mikro görüntüleri: a) Tekçam Tepenin kuzeyinde Kabataş Köyü ile İliç İlçesi arasında bulunan stabilize yolunun alt tarafında gözlenen ayrılmış kumtaşı tabakaları (Örnek no: SS-12); b) Çalışma sahasının güney batısında Subaşı Köyü yolu üzerinde mostra veren kumtaşları ve onları kesen andezit daykısı (Örnek no: SS307 (kumtaşı) ve SS 306 (andezit); c) Kabataş Köyü-Çaldere Köyü yolu üzerinde gözlenen Subaşı	

Formasyonuna ait tüfler ve onları kesen Eosen yaşlı andezitler; d) Kireştaşı ve mafik kayaç breşleri içeren Subaşı Formasyonuna ait kumlu t�f (�rnek no: KDD-90 48m); e) Kısım�n metamorfize olmuş breş içeren kumlu t�f birimi KDD-90 52m); f) Tamamen metamorfize olmuş ve hornfelsleşmiş breşleri içeren kumlu t�f birimi (�rnek no KDD-18 161m); g) SS-12 numaralı kumtaşı örneğinin çapraz nikol altındaki görünümü; h) KDD-24 95m numaralı örneğin çapraz nikol altındaki görünümü	36
şekil 3.11. Subaşı formasyonu içerisinde yer alan kumtaşlarından elde edilen kalıntı zirkonların U-Pb yaş grafiği (şekil 3.2'deki 3 numaralı örnek)	37
şekil 3.12. Çalışma sahasının farklı bölgelerinde mostra veren intrüzif kayaçlar ve makroskopik görünümleri: a) Kil Tepenin kuzeydoğusunda yol üstünde mostra veren dasit (�rnek no: SS-301); b) Tekam Tepenin güneyinde yol üstünde mostra veren porfiri granodiyorit (�rnek no: SS-130); c) alışma sahasının merkezinde cevherli zonda yer alan ve potasik alterasyon gösteren porfiri granodiyorit (�rnek no:KK-3); d) alışma sahasının merkezinde yer alan potasik alterasyon zonunu kesen (KK-3 nolu �rneği) cevherleşme sonrası andezit dayk� (�rnek no: KK-2) e) Köserelik Tepenin güneybatı yamacında mostra veren andezit (�rnek no: SS-313); f) Hornblend andezitleri kesen bazalt (�rnek no:SS-195).	38
şekil 3.13. Kil Tepenin kuzeydoğusundaki stabilize yolu üzerinde yüzeylenen porfiri dasitlerin mikroskop altındaki görünümleri (�rnek no: SS301, a) Tek nikol b) ift nikol) (plg: plajiyoklas, qtz: kuvars, amf: amfibol)	39
şekil 3.14. SS 301 ve SS 309 numaralı dasit �rneklerinin U-Pb konkordiya ve U-Pb ağırlıklı ortalma yaş grafikleri (SS 309 ve SS 301 sırasıyla şekil 3.2'deki 4 ve 5 numaralı örneklerdir).....	40
şekil 3.15. a ve b) Tekam Tepenin güneyinde gözlenen cevherleşme içermeyen mafik minerallerde opaklaşma gözlenen porfiri dokulu yarı derinlik kayacının (granodiyorit) teknikol ve çift nikol altında görünümü (�rnek no SS-130); c) ve d) Tekam Tepenin kuzeyinde bulunan ikincil epidot içeren yarı derinlik kayacının tek nikol ve çift nikol altında görünümü (�rnek no SS-133); (amf: amfibol, plg: plajiyoklas, ep: epidot).....	42
şekil 3.16. a ve b) alışma alanının merkezinde yer alan ikincil biyotit, ortoklas ve cevherli kuvars damarları ile karakteristik bir potasik alterasyon gösteren yarı derinlik kayaçlarının tek ve çift nikol altında görünümü (�rnek no: KDD-7 430m); c) ve d) Klorit, serizit ve karbonat mineralleri ile klorit-serizit alterasyonu gözlenen yarı derinlik kayaçlarının tek ve çift nikoller altında görünümleri (�rnek no: KDD-11 90m); e) ve f) yoğun serizit ve ikincil kuvarslar gözlenen serizit (fillik) alterasyonu ile temsil edilen yarı derinlik kayacı (�rnek no: KDD-22 152m) (bio: biyotit, K-felds: ortoklas, qzt: kuvars, chl: klorit, cb: karbonat minerali, op: opak mineral, ser: serizit).....	43
şekil 3.17. Karakartal maden sahasında gözlenen yarı derinlik kayaçlarını temsilen alınan SS-130 (en az altere), KK-3 (potasik alterasyon) ve	

	KDD-21 86m (klorit serizit alterasyonu) (numaralı örneklerin konkordiya ve U-Pb ağırlıklı ortalma yaş grafikleri (SS-130, KK-3 ve KDD-21 86m sırasıyla Şekil 3.2'deki 6,7 ve 8 numaralı örneklerdir).....	45
Şekil 3.18.	Karakartal maden sahasında gözlenen yarı derinlik kayaçlarını temsilen alınan numaralı örneklerin konkordiya ve U-Pb ağırlıklı ortalma yaş grafikleri (KDD-7 430m ve KDD-11 90m sırasıyla Şekil 3.2'deki 9 ve 10 numaralı örneklerdir).....	46
Şekil 3.19.	Köserelik Tepenin güneybatı yamacında mostra veren porfiritik hornblend andezitlerin tek nikol a) ve çapraz nikol altında görünümü b) (Örnek no: SS313) (plg: plajiyoklas, amf: amfibol)	47
Şekil 3.20.	Köserelik Tepenin güneybatı yamacında mostra veren porfiri hornblend andezitleri temsilen alınan SS-313 numaralı örneğin konkordiya ve U-Pb ağırlıklı ortalma yaş grafikleri (Şekil 3.2'deki 11 numaralı örnek)	47
Şekil 3.21.	a) ve b) KK-2 (Şekil 3.12d) numaralı porfiri dokulu iri biyotit ve plajiyoklas içeren yüzeyden alınan dayk örneğinin tek nikol ve çift nikol altındaki görünümü; c) ve d) KDD-1a 440m numaralı sondaj karotlarından alınan porfiri dokulu iri amfibol içeren dayk örneğinin tek nikol ve çift nikol altındaki görünümü (plg: plajiyoklas, bio: biyotit, amf: amfibol)	48
Şekil 3.22.	a) ve b) KK-2 numaralı yüzey örneğine ait konkordiya ve U-Pb ağırlıklı ortalma yaş grafikleri; c) ve d) KDD-1A numaralı sondajın 430. metresinden alınan dayk örneğinin konkordiya ve U-Pb ağırlıklı ortalma yaş grafikleri (KK-2 ve KDD-1A 430m Şekil 3.2'deki sırasıyla 12 ve 13 numaralı örnekler).	49
Şekil 3.23.	Cevherleşme sonrası bazalt örneğinin mikroskopik görünümü: a) Bazaltın tek nikol altında görünümü (Örnek no: ss-195, Şekil 3.12f); b) Bazaltın çapraz nikol altında görünümü (Örnek no: ss-195, Şekil 3.12f) (plg: plajiyoklas, px: piroksen).....	50
Şekil 3.24.	SS-195 numaralı yüzey örneğine ait konkordiya ve U-Pb ağırlıklı ortalma yaş grafikleri (Şekil 3.2'deki 14 numaralı örnek)	51
Şekil 3.25.	a) Oligosen yaşlı kumtaşlarının Alacer Co. Şirketi'ne ait karot deposu alanındaki mostra ve makro görüntüsü; b) Siltli kumtaşının mikroskop altındaki görüntüsü.....	52
Şekil 3.26.	Oligosen yaşlı kumtaşlarından elde edilen kalıntı zirkonların U-Pb yaş grafiği (Şekil 3.2'deki 15 numaralı örnek).....	52
Şekil 3.27.	Sillitoe (2010) tarafından önerilen porfiri tip maden yataklarında görülen alterasyonlar ve ilişkili cevherleşmelerin şematik kesiti, Karakartal maden sahasının günümüzdeki yaklaşık topografik seviyesi.....	54
Şekil 3.28.	a) Yoğun potassik alterasyon gösteren yarı derinlik kayacının makroskopik görünümü; b) Zayıf potasik alterasyon gösteren yarı derinlik kayacının makroskopik görünümü; c) Kuvars damarına paralel şekilde gelişmiş ikincil biyotit ve K-feldspatların çift nikol altında görünümü; d) Anhidrit damarına paralel şekilde gelişmiş ikincil K-	

- feldspat ve biyotitlerin tek nikol altında görünümü; e) Kuvars damarı içerisinde saçınım halde manyetit, bornit ve kalkopiritin görünümü; f) Manyetitleri kesen kalkopiritler ve bornit; g) Klorit serizit alterasyonunun etkisiyle kalkopiritlerin kalkozine dönüşmesi ve sisteme dahil olan pirit; h) Manyetitin klorit-serizit alterasyonunun etkisiyle hematit, Ti-hematit, ilmenit ve rutile dönüşümü, (plg: plajiyoklas, bio: biyotit, qtz: kuvars, K-felds: ortoklsz, op: opak mineral, cb: karbonat minerali, hem: hematit, ccp: kalkopirit, py: pirit, ill: ilmenit, rt: rutil, Ti-hem: titano-hamatit, anh: anhitrit)..... 55
- Şekil 3.29. a) Kuvars damarı etrafında gelişmiş klorit-serizit alterasyonunun makroskobik görünümü; b) Potasik alterasyonu üzerleyen klorit serizit alterasyonunun makroskobik görünümü; c) Piritleri keserek yerleşen kalkopiritlerin mikroskopik görünümü; d) Klorit-serizit alterasyonunun etkisiyle tamamen hematit, Ti-Hematit, ilmenit ve rutile dönüşmüş manyetitin mikroskobik görünümü; e) Hematiti kesen kalkopiritler ve saçınım halde gözlenen kırmızı-kahve renkli iç yansıma gösteren rutillerin mikroskopik görünümü; f) Pirit mineralini kenarından ornatarak yerleşen yaklaşık 10 µ boyutunda altın tanesi ve büyütülmüş BSE görüntüsü. (chl: klorit, qtz: kuvars, K-felds: ortoklas, mineral, hem: hematit, ccp: kalkopirit, py: pirit, ill: ilmenit, rt: rutil, Ti-hem: titano-hamatit, Au: altın) 57
- Şekil 3.30. a) ve b) Serizitik alterasyon gösteren kayaçların makroskobik görünümü; c) Molibdenitleri ornatarak yerleşen pirit ve onu ornatın kalkopiritin mikroskopik görünümü; d) Piriti ornatın kalkoprit ve onu ornatın rutilin mikroskopik görünümü; e) Serizitik alterasyonun etkisiyle tamamen rutile dönüşmüş mineralin mikroskopik görünümü; f) Sondaj karotunda gözlenen ve muhtemel mezotermal damar tip cevherleşmeyle ilişkili olan galen ve onu sırasıyla ornatın sfalerit, tenandit ve enarjitin mikroskopik görünümü. (qtz: kuvars, chl: klorit, hem: hematit, ccp: kalkopirit, py: pirit, rt: rutil, mo: molibdenit, enr: enarjit, gn: galen, sl: sfalerit, tn: tenandit)..... 58
- Şekil 3.31. a) Metasedimanter kayaçlarda gözlenen propilitik alterasyon ile ilişkili epidotlar; b) Metasedimanter kayaçlarda gözlenen saçınım haldeki pirit tmineralleri; c) Kireçtaşı yarı derinlik kayacı dokanaklarında oluşan skarn tip cevherleşmelerde gözlenen manyetitler ve aralarını dolduran kalkopirit ve piritler; d) Skarn zonlarında gözlenen piritlerin içerisindeki kapanım halde pirotin, kalkopirit ve yaklaşık 5 µ boyutunda altın tanesi. (ep: epidot, py: pirit, mag: manyetit, ccp: kalkopirit, po: pirotin, Au: altın) 59
- Şekil 3.32. Potasik alterasyon zonundan alınan biyotit ve K-feldspat örneklerinin ⁴⁰Ar-³⁹Ar spektrumları ve plato yaşları 60
- Şekil 3.33. Karakartal maden sahasında gözlenen magmatik kayaçlara ait feldspat grubu minerallerin An-An-Or üçgen diyagramı..... 62
- Şekil 3.34. Karakartal maden sahasında gözlenen biyotitlere ait BSE görüntüleri: a) Cevherleşme sonrası dayklarda gözlenen magmatik biyotit (M-Bt); b) Potasik alterasyon gösteren örnekte gözlenen yeniden dengelenmiş magmatik biyotit (YD M-Bt) ve kenarları boyunca oluşmuş biyotitten

dönüşen ikincil biyotitler (BD İ-Bt); c) Amfibolün yerini alarak oluşan amfibolden dönüşmüş ikincil biyotitler (AD İ-Bt); d) Potasik alterasyon ile ilişkili olarak kayacın makriksinde oluşan ikincil biyotitler (İ-Bt)	64
Şekil 3.35. Karakartal maden sahasında gözlenen biyotitlerin: a) Mg-Li (apfu)’a karşı $Fe^T+Mn+Ti$ sınıflama diyagramı (Tischendorf vd., 1997); b) $Mg-Al^{(IV)}+Fe^{+3}+Ti-Fe^{+2}+Mn^{+2}$ üçgen sınıflama diyagramı (Foster, 1960); c) $10*TiO_2-FeO^T+MnO-MgO$ üçgen sınıflama diyagramı (Nachit vd., (2005); d) Orojenik bölge ayırtman diyagramı (Speer, 1987) (M-Bt: magmatik biyotit, YD M-Bt: yeniden dengelenmiş magmatik biyotit, BD İ-Bt: biyotitten dönüşen ikincil biyotitler, AD İ-Bt: amfibolden dönüşmüş ikincil biyotitler, İ-Bt: ikincil biyotitler).....	65
Şekil 3.36. Karakartal maden sahasında gözlenen biyotitlerin magnezyum numarasına (#Mg) karşı ana oksit, halojenler ve sıcaklık değişim diyagramları	66
Şekil 3.37. Karakartal maden sahasında en az altere yarı derinlik kayacı ve cevherleşme sonrası dayklarda gözlenen amfibollerin Leake vd., (1997) sınıflama diyagramındaki konumları.....	68
Şekil 3.38. a) Yarı derinlik kayaçların Le Maitre vd. (2001) tarafından önerilen SiO_2 (%ağ) karşı Na_2O (%ağ) + K_2O (%ağ) sınıflama diyagramındaki konumları, Alkali/Subalkali ayırım eğrisi Irvin ve Baragar (1971)’e göre çizilmiştir; b) Yarı derinlik kayaçlarının Pearce (1996) tarafından önerilen Zr/Ti’ye karşı Nb/Y sınıflama c) Yarı derinlik kayaçların Th (ppm)a karşı Co (ppm) diyagramındaki (Hastie vd., 2007) konumları.....	72
Şekil 3.39. a) Yarı derinlik kayaçların Rose ve Bedard (2009) tarafından önerilen Y’a karşı Zr diyagramındaki konumları; b) Yarı derinlik kayaçlarının SiO_2 (ağ%)’a karşı K_2O (ağ%) diyagramında ki konumları (kesikli çizgi ile ayrılan alanlar ve siyah alan adları Le Maitre ve diğ. (2002)’den, kırmızı çizgiler ve alan adları ise Middelmost 1985’den alınmıştır).	73
Şekil 3.40. Potasik alterasyon zonunu temsilen seçilen örneğe ait BSE ve katodolüminesans görüntüleri ile Ti, Al, K, Na ve Fe element dağılım haritaları ve EPMA analizi yapılan noktaların konumları	76
Şekil 3.41. Klorit serizit alterasyonunca üzerlenmiş potasik alterasyon zonunu temsilen seçilen örneğe ait BSE ve katodolüminesans görüntüleri ile Ti, Al, K, Na ve Fe element dağılım haritaları ve EPMA analizi yapılan noktaların konumları	79
Şekil 3.42. Serizitik zonu temsilen seçilen örneğe ait BSE ve katodolüminesans görüntüleri ile Ti, Al, K, Na ve Fe element dağılım haritaları ve EPMA analizi yapılan noktaların konumları.....	80
Şekil 3.43. Kuvars-molibden-pirit damarlarını temsilen seçilen örneğe ait BSE ve katodolüminesans görüntüleri ile Ti, Al, K, Na ve Fe element dağılım haritaları ve EPMA analizi yapılan noktaların konumları	82
Şekil 3.44. a) Serizit alterasyon zonunda gözlenen tek fazlı kapanımlar (Tip-1); b) Tip IIa türü sıvı ve gaz fazı içeren kapanımlar; c) Tip IIb türü gaz ve	

	sıvı faz içeren kapanımlar; d ve e) en az 1 adet tuz fazı ve opak mineral içeren Tip III sıvı kapanımlar (V: gaz, L sıvı, (Syl: silvit, Hm: hematit, Op: opak, Hl: halit, Anh: anhidrit, S ₁ : tanımlanamamış tuz fazı) 85
Şekil 3.45.	Karakartal maden sahasında serizitik alterasyon zonunda mikrotermometre ölçümleri yapılan sıvı kapanımlara ait histogram grafikleri a) Tip-IIa ve Tip III sıvı kapanımların tuzluluk (NaCl _{eq}) değerleri; b) Tip II sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklık (Th _v) değerleri; c) Tip III sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklık (Th _v) değerleri; d: Tip-III sıvı kapanımlarda gözlenen tuz fazlara ait homojenleşme sıcaklık (Th _{tuz}) değerleri..... 89
Şekil 3.46.	a) Halit ve anhidrit içeren Tip-III kapanımın SEM görüntüsü ve halit kristalinin EDS spektrumu; b) Halit, anhidrit, kalkopirit ve apatit içeren sıvı kapanımın SEM görüntüsü ve kalkopirit, apatit ve anhidritin EDS spektrumları; c) Kalkopirit, anhidrit ve halit içeren Tip-III sıvı kapanımın SEM görüntüsü; d) Sıvı kapanım boşluğu içerisinde (Fe,Mn) _x O _y , anhidrit ve rutil mineralleri ve bu minerallerin EDS spektrumları (Hl: halit, Anh: anhidrit, Ccp: kalkopirit, Ap: apatit, Rt: rutil)..... 91
Şekil 3.47.	Kuars damarı içerisinde yer alan açılmış bir sıvı kapanımın SEM altındaki görüntüsü ve element haritaları (Hl: halit, Syl: silvit Anh: anhidrit, Ccp: kalkopirit) 92
Şekil 3.48.	LA-ICP-MS analizi yapılan kesitlere ait mikrofotograflar; a) ve b) Potasik alterasyon zonunda analiz edilen kapanımların analiz öncesi ve sonraki görüntüleri..... 94
Şekil 3.49.	Sıvı kapanımların LA-ICP-MS analiz sonuçlarına ait üçgen diyagramlar..... 97
Şekil 3.50.	Potasik alterasyon zonunda hidrotermal kuvars içinde gözlenen ergiyik kapanımın mikroskop altındaki görüntüsü ve içerdği katı fazlara ait Raman Spektroskopisi pikleri 98
Şekil 3.51.	Potasik alterasyon zonunda hidrotermal kuvars içinde gözlenen ergiyik kapanımın mikroskop altındaki görüntüsü ve içerdği katı fazlara ait Raman Spektroskopisi pikleri 99
Şekil 3.52.	Potasik alterasyon zonunda mineral kimyası ölçümü yapılan ergiyik kapanımları mikroskop ve BSE görüntüleri..... 100
Şekil 3.53.	δD izotop oranlarının farklı rezervuar alanları ile karşılaştırılması (rezervuar değerleri Taylor, 1974 ve 1978. Clark 1998'dan Pope ve diğ., 2012 alınmıştır) 102
Şekil 3.54.	δ ¹⁸ O izotop oranlarının farklı rezervuar alanları ile karşılaştırılması (rezervuar değerleri Bindeman, 2008 ve Hoef 2009'dan alınmıştır) 102
Şekil 3.55.	Karakartal maden sahasında gözlenen farklı birimlerde bulunan zirkon kristallerinin iz element sonuçlarına göre oluşturulan ikili diyagramlar a)Th/Yb-Hf/Th diyagramı (alanlar Yang ve diğ., 2012 den alınmıştır) b) Pb-Th diyagramı (Wang ve diğ. 2012'den alınmıştır; c) ve d) U-Y

	diyagramı (alanlar Belousova ve diğ., 2002 ile Veevers ve diğ., 2006'dan alınmıştır)	105
Şekil 3.56.	Karakartal maden sahasında gerçekleştirilen zirkon U-Th-He jeokronoloji analizlerine ait radial plotlar	107
Şekil 4.1.	Karakartal maden sahasında sıvı kapanımlardan elde edilen tuzluluk (NaCl eşleniği) ve homojenleşme sıcaklığı (°C) diyagramı, eğilimler Wilkinson ve diğ., (2001) den alınmıştır.....	109
Şekil 4.2.	Karakartal sahasından kuvars içinde kapanlanan sıvı kapanımlardan elde edilen veriler ile hesaplanan basınç ve sıcaklık değerleri ile hidrotermal çözeltinin PTX özelliklerinin şematik gösterimi. Kritik eğri Sourirajan ve Kennedy (1962)'den, Santa Rita Teynold ve Beane, 1985'den, Duobuza Li vd., 2011'den ve Baju De la Alumberra Haris vd., 2003'ten alınmıştır.	114
Şekil 4.3.	Sıvı kapanımların sıcaklık-tuzluluk diyagramları ve çözelti kaynak alanları (Kaynak alanlar Beane 1983; Roedder 1984; Bodnar et al. 1985; Lattanzi 1991; Wilkinson 2001 Sharma ve Srivastava 2014 verilerinden oluşturulmuştur, yaklaşık sınırlardır).....	115
Şekil 4.4.	Karakartal maden sahasından seçilen kuvars ve ikincil biyotitlere ait $\delta^{18}O$ çözelti ye katışı δD diyagramı. (Mereorik su hattı Craig, 1961, magmatik su alanı Taylor 1974 ve 1997, volkanik uçucu alanı, Giggernbach 1992, felsik magma alanı Taylor 1988'dan alınmıştır. Kesikli çizgiler ile gösterilen alanlar ise Hedenquist ve Lowestern 1994 ten alınmıştır. Gazsızlaşma ve sıvı karışım trendi (Shinohara ve Hedenquist, 1997 den alınmıştır)	116
Şekil 4.5.	Karakartal maden sahasına ait pirit anhidrit ve molibdenit minerallerinin $d_{34}S$ izotop diyagramı. Diğer izotop değerleri Thode 1970, Ohmoto ve Rye 1979, Rollinson 1993, Hoefs 2009, Misra 2000 ve 2012'den alınmıştır)	117
Şekil 4.6.	Karakartal maden sahasından elde edilen jeokronoloji ve termokronoloji analizlerinin grafik gösterimi	120
Şekil 4.7.	Kabataş volkanitlerine ait Sr/Y karşı SiO_2 diyagramı. Üretken ve üretken olmayan intrüzyon alanları Loucks (2000 ve 2014)'den oluşturulmuştur. Ortalama Geç Senozoik yay volkanikleri Loucks (2014)'den alınmıştır.....	123
Şekil 4.8.	Kabataş volkanitlerine ait V/Sc karşı SiO_2 diyagramı. Üretken ve üretken olmayan intrüzyon alanları Loucks (2000 ve 2014)'den oluşturulmuştur. Ortalama Geç Senozoik yay volkanikleri Loucks (2014)'den alınmıştır.....	124
Şekil 4.9.	Kabataş volkanitlerine ait zirkonların a) Eu/Eu^* karşı $1000 \cdot (Ce/Nd)_N/Yb$ diyagramı. Eu/Eu^* değeri C1 kondrite (Sun and McDonough, 1989) göre normalleştirilmiş değrler ile $Eu/(Sm \cdot Gd)^{1/2}$ formülüne göre hesaplanmıştır. Porfiri üretken kayaçlar alanı Lu ve diğ (2016) dan alınmıştır; b) Ce^{4+}/Ce^{3+} karşı Eu/Eu^* diyagramı, Ce^{4+}/Ce^{3+} hesaplaması Ballard ve diğ. (2002) önerdiği şekilde yapılmıştır, bilinen porfiri yataklar alanı ve ayırım çizgisi Zhong ve diğ	

(2018) den alınmıştır. c) Eu/Eu*’yakarşı Hf diyaframı, bilinen porfiri yataklar ve porfiri üretken olmayan kayaç alanları Siani vd diğ., (2020) Hf ayırım çizgisi 125



TABLÖLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Zirkon U-Pb analizi yapılan örnekler (Örnek numaraları Şekil 3.2 ve 3.3'te)	30
Tablo 3.2. Molibdenitlerin N-TIMS ile belirlenen izotop bileşimi ve hesaplanan model yaşlar	61
Tablo 3.3. Ayrışma ve alterasyon indeksleri için kullanılan formüller ve en uygun değerler.....	70
Tablo 3.4. Potasik alterasyon zonunu temsilen seçilen örneğe (KDD-34 342m) ait ölçüm sonuçları. Sıcaklık değerleri a) Wark ve Watson 2006, b) Huang ve Audetat 0.1 kb, c) Huang ve Audetat 0.5 kb, d) Huang ve Audetat 1 kb göre hesaplanmıştır	75
Tablo 3.5. Klorit serizit alterasyonunca üzerlenmiş potasik alterasyon zonunu temsilen seçilen örneğe (KDD 21-86m) ait ölçüm sonuçları. Sıcaklık değerleri a) Wark ve Watson 2006, b) Huang ve Audetat 0.1 kb, c) Huang ve Audetat 0.5 kb, d) Huang ve Audetat 1 kb göre hesaplanmıştır (dla: dedeksiyon limitinin altında)	78
Tablo 3.6. Serizit alterasyon zonunu temsilen seçilen örneğe (KDD-22 152m) ait ölçüm sonuçları. Sıcaklık değerleri a) Wark ve Watson 2006, b) Huang ve Audetat 0.1 kb, c) Huang ve Audetat 0.5 kb, d) Huang ve Audetat 1 kb göre hesaplanmıştır	81
Tablo 3.7. Kuvars-molibden-pirit damarlarını temsilen seçilen örneğe (KDD16-284 m) ait ölçüm sonuçları. Sıcaklık değerleri a) Wark ve Watson 2006, b) Huang ve Audetat 0.1 kb, c) Huang ve Audetat 0.5 kb, d) Huang ve Audetat 1 kb göre hesaplanmıştır	83
Tablo 3.8. Karakartal maden sahasında serizitik alterasyon zonundaki kuvars damarlarında gözlenen sıvı kapanımların mikrotermometre sonuçları.....	87
Tablo 3.9. Potasik alterasyon zonunda gözlenen sıvı kapanımlara ait LA-ICP-MS ölçüm sonuçları	95
Tablo 3.10. Klorit-serizit alterasyon zonunda gözlenen sıvı kapanımlara ait LA-ICP-MS ölçüm sonuçları	96
Tablo 3.11. Serizit Alterasyon zonunda gözlenen sıvı kapanımlara ait LA-ICP-MS ölçüm sonuçları	96
Tablo 3.12. Potasik alterasyon zonundaki hidrotermal kuvarslarda gözlenen ergiyik kapanımlara ait mineral kimyası analiz sonuçları.....	99
Tablo 3.13. Minerallerin O ve H izotop analiz sonuçları	101
Tablo 3.14. O-H izotop değerlerine göre hesaplanan sıcaklık (°C) değerleri.....	102
Tablo 3.15. Gerçekleştirilen zirkon U-Th-He jeokronolojisi analizlerine ait ölçüm sonuçları ve hesaplanan yaşlar	106

Tablo 4.1.	Jeokronoloji ve termokronoloji analiz yöntemlerinin kapanma sıcaklıkları	119
Tablo 4.2.	Karakartal maden sahasından elde edilen jeokronoloji ve termokronoloji analizlerin sonuçları	119



SEMBOLLER DİZİNİ

µg	: Mikrogram
anh	: Anhidrit
As	: Arsenik
B	: Batı
bio	: Biyotit
C	: Santigrat
cb	: Karbonat minerali
ccp	: Kalkopirit
cm	: Santimetre
D	: Doğu
EPMA	: Elektron prob mikro analiz
G	: Güney
GD	: Güneydoğu
gr	: Gram
hem	: Hematit
ICP-MS	: Çift iletimli plazma kütle spektroskopisi
ill	: İlmenit
K	: Kuzey
KB	: Kuzeybatı
K-felds	: K'lu feldspat
km	: kilometre
km ²	: kilometrekare
m	: metre
mm	: milimetre
My	: Milyon yıl
NTE	: Nadir toprak elementleri
op	: Opak mineral
plg	: Plajiyoklas
ppb	: milyarda oran
ppm	: Milyonda oran
py	: Pirit
qtz	: Kuvars

rt : Rutil
Ti-hem : Titano-hematit
XRD : X ışınları difraktogramı
% : Yüzde oran
° : Derece



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

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

PBY'nin oluşum koşullarını ortaya koyabilmek adına dünyada ve ülkemizde pek çok çalışma yapılmıştır. Çeşitli araştırmacılar tarafından PBY'nin oluşum ortamları, cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin kaynağı, cevherleşmenin şekli, mineral parajenezi, alterasyon özellikleri tam olarak ortaya konmuş ve modellenmiştir (Bodnar, 1995; Heinrich vd., 2005; Lowell ve Guilbert, 1970; Meyer ve Hemley, 1967; Richards, 2003; Richards, 2009; Roedder, 1984; Sillitoe, 1972, 1973, 2000 ve 2010). Maden yataklarını oluşturan çözeltilerin kimyasal özellikleri ve kökeni ile ilgili çalışmalar, mikrotermometrik analizler ve sınırlı sayıda ileri araştırma laboratuvarlarında bulunan SIMS ve PIXE analizleri ile sınırlıydı. Günümüzde ise lazer teknolojisiyle yapılan teknolojik ve inovatif yeniliklerle Raman Spektrometresi ile LA-ICP-MS cihazlarının geliştirilmesi ve bu cihazlarda kullanılan lazer ışın demetlerinin boyutsal olarak sıvı kapanım boyutlarına kadar indirilebilmiş olması maden yataklarının oluşumunda rol oynayan çözeltilerin bileşimine ait çok önemli adımlar olmuştur. Ayrıca FE-SEM'in (alan emisyonlu taramalı elektron mikroskobu) gelişmesi ve yaygınlaşmasıyla da sıvı kapanım çalışmaları için farklı bir boyut oluşmuş ve özellikle kapanım içerisinde bulunan katı fazların detaylı olarak incelenmesine olanak sağlamıştır. Bu tür cihazların göreceli olarak daha yaygın olması sıvı kapanımlardan elde edilecek verilerin daha verimli ve etkili olarak kullanılmasını sağlayacaktır.

Çözelti kayaç etkileşimi ve etkileşimin maden yataklarının oluşumu sürecince meydana getirdiği değişikliklerin ortaya konması açısından özellikle son yıllarda yaygınlaşan (U-Th)/He ve Re-Os jeokronolojileride oldukça önemli bir adım olmuştur. Farklı kapanlanma sıcaklıklarına sahip bu sistemlerin göreceli olarak daha uzun süredir yaygın olan U-Pb ve Ar-Ar jeokronolojisi ile birlikte kullanılması özellikle porfiri sistemleri oluşturan

aynı kökenli ancak çok fazla sokulumların hem birbirleriyle hem de cevherleşmeyle olan ilişkilerinin etkin bir şekilde açıklanabilmesine olanak sağlamıştır.

Sivas-Erzincan-Tunceli zonu Anatolid-Torid bloğunun kuzeyinde yer alır. Bu zon özellikle Eosen-Oligosen yaşlı porfiri doku gösteren sokulum kayalar ve bunlarla ilişkili olarak oluşmuş olan cevherleşmelerin varlığı ile bilinmektedir (Akçay vd., 2014; Boztuğ ve Arehart, 2007; Boztuğ vd., 2007; Imer vd., 2013; Imer vd., 2015; İmer vd., 2016; Kuscı vd., 2010; Kuscı vd., 2013). Arazi şartlarının zorluğu ve güvenlik açısından riskli bir alan olması nedeniyle bu bölgede jeolojik çalışmalar oldukça azdır. Ancak özellikle son yıllarda maden aramalarına yönelik olarak yapılan çalışmaların sayılarında çok önemli oranda bir artış olmuştur.

Bu zon boyunca Eosen ve Oligosen yaşlı porfiri dokulu kayalarla ilişkili olarak oluşmuş Fe’li skarn (Çaltı-Bizmişen, Demirmağara ve Yakuplu), porfiri Cu-Au (Çöpler, Karakartal ve Cevizlidere) ve bu porfiri sistemlerle ilişkili olarak mezotermal ve epitermal (Çöpler, Fındıklıdere) sistemler bulunmaktadır. İşletme ve arama ruhsatları Alacer Gold (Avusturya) ve Lidya Madencilik (Türkiye)’e ait olan bu sahalardan (Çaltı-Bizmişen hariç) sadece Çöpler sahası aktif olarak işletilmektedir. Diğer sahalarda ise arama ve rezerv genişletme çalışmaları devam etmektedir.

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

1.2. Çalışma Alanının Coğrafik Konumu ve Özellikleri

Çalışma sahası Erzincan İli Kemaliye İlçesine bağlı Kabataş Köyü sınırları içinde yer almakta olup 1/25000 ölçekli, J41-a4 ve J41-a3 paftaları içerisinde toplam 12 km²’lik bir alanı kapsamaktadır. Konum olarak Erzincan İlçesi ve Kemaliye İlçeleri arasında yer alan sahaya Kemaliye’den 22 km’lik ince asfalt kaplanmış bir yoldan veya İlçe’den 18 km’lik stabilize bir yol ile ulaşım sağlanabilmektedir.

Bölge, derin vadilerden oluşan engebeli bir topografyaya sahiptir. Güneyden kuzeye doğru topografik yükseklik artar. Kuzeyde Munzur Dağlarını oluşturan Aşılık Tepe (2125

m) ve Köserelik Tepe (2572 m) bulunurken, güneyde Kemaliye İlçesinde Keban baraj gölü 900 m rakımda bulunmaktadır.



Şekil 1.1. Çalışma sahasına ait yer bulduru haritası ve maden sahasına ait uydu görüntüsü

Bölgedeki başlıca akarsuları Keban baraj gölüne dökülen Karadere ve Çaldere ile bunlara bağlı diğer küçük dereler oluşturur. Akarsuların akış rejimleri düzensizdir. Yağışlı mevsimlerde rejimler artar, yaz aylarında ise azalır.

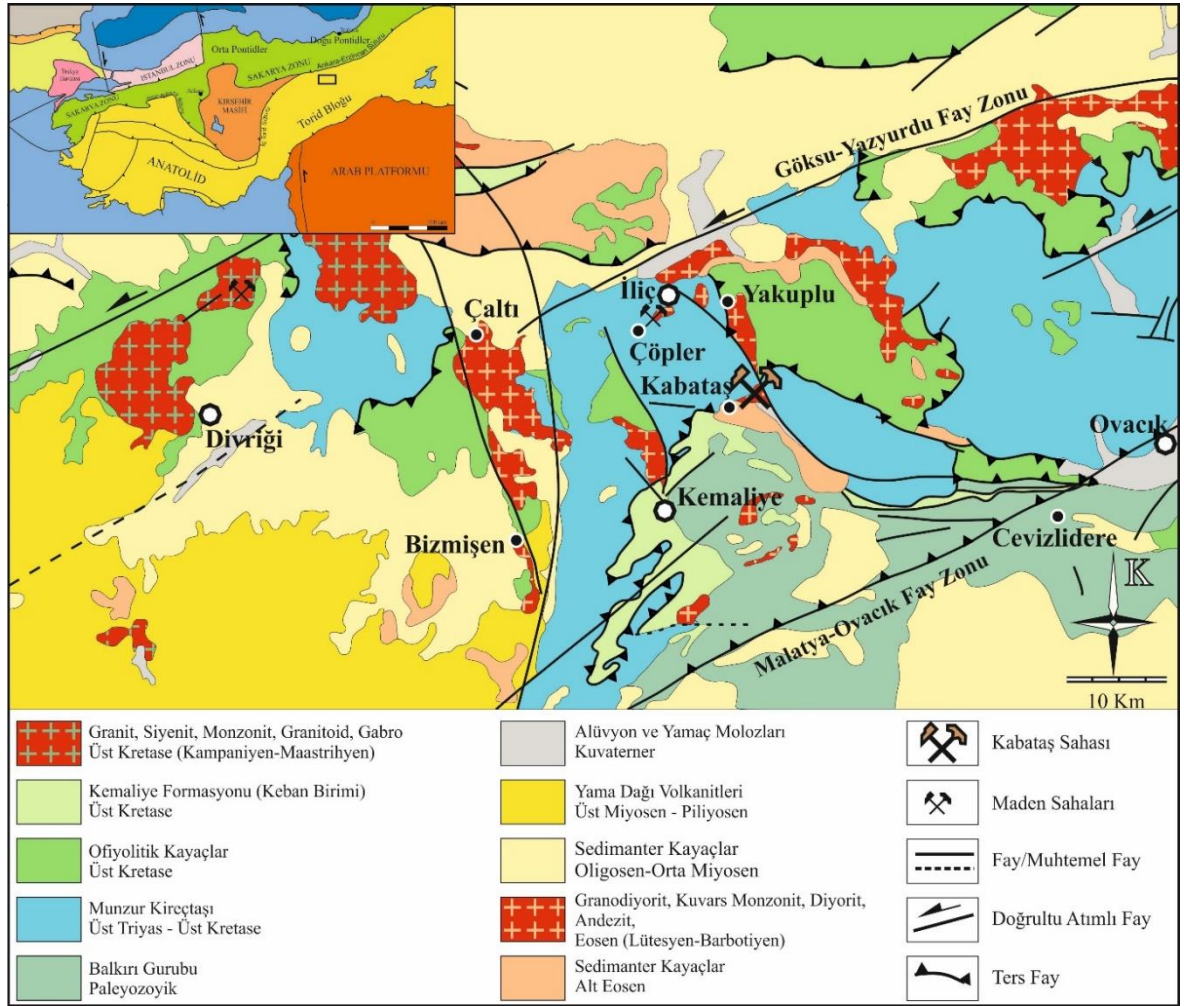
1.3. Bölgesel Jeoloji

Karakartal porfiri tip cevherleşmesi tektonik ve jeolojik olarak karmaşık ve tartışmalı bir konumda yer alan Munzur Dağlarının güney kısmında yer almaktadır. Bu bölge Okay ve Tüysüz (1999) tarafından önerilen Ankara-Erzincan suture zonunun güneyinde ve Anatolide-Torid bloğunun kuzeyinde, Bektaş ve diğ. (1995) ve Eyüboğlu (2006)' ya göre ise Pontid magmatik yayının güney kesimini oluşturan eksen zonunun güneyinde yer almaktadır. Bölgenin jeolojik evriminde Paleozoik dönemi ile ilgili yeterli bir çalışma olmadığından dolayı bir şey söylemek mümkün değildir. Ancak Mesozoyik dönemi, bölgeye jeodinamik açıdan hareketlilik ve karmaşıklık getiren zaman aralığı olarak önemlidir ve kalın neritik karbonatlar tarafından temsil edilir. Erzincan-Tunceli arasında doğu-batı yönlü uzunca bir dağ zinciri oluşturan bu karbonatlar (Munzur Kireçtaşları; Koşal, 1973) Liyas-Kampaniyen yaşlı olup (Özer, 1994), bölgenin temelini oluşturan Permian öncesi- Permian yaşlı Keban Birliği üzerine tektonik olarak itilmişlerdir (Özgül ve Turşucu, 1984). Yer yer mermerleşmiş ve dolomitleşmiş olan Munzur Kireçtaşları özellikle ofiyolit yerleşimine bağlı olarak çok yönlü kıvrılma ve kırılmalara maruz kalmıştır (Tablacı, 2010). Ofiyolitik bindirmeler karbonatlı serinin özellikle kuzey kesimine doğru daha yaygındır. Geç Kretase'de olduğu düşünülen bu bindirmelerin İzmir-Ankara-Erzincan okyanus çukurunun kapanmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir (Özgül ve diğ., 1981; Yılmaz, 1985; Okay ve diğ., 2001). Karbonatlar ve ofiyolitlerden oluşan bu birliktelik Geç Kretase'den Paleosen dönemine kadar aralıklarla devam eden ve çok geniş alanlar kapsayan farklı bileşimli sokulum kayaçları tarafından kesilmiştir. Tersiyer oluşukları Paleosen yaşlı, sığ denizel çökeller ile başlar ve bu kayaçları yer yer volkanik ara katkılar içeren Eosen yaşlı fliş karakterli birim aşısai uyumsuzlukla örter. Bölgede Eosen birimlerinin üzerine ağırlıklı olarak karasal sedimanlardan oluşan Oligosen-Miyosen yaşlı birimler uyumsuz olarak gelmektedir. Bölgede gözlenen en genç birim ise çarpışma sonrası karakterli Miyosen-Pliyosen yaşlı Yamandağı volkanitleridir.

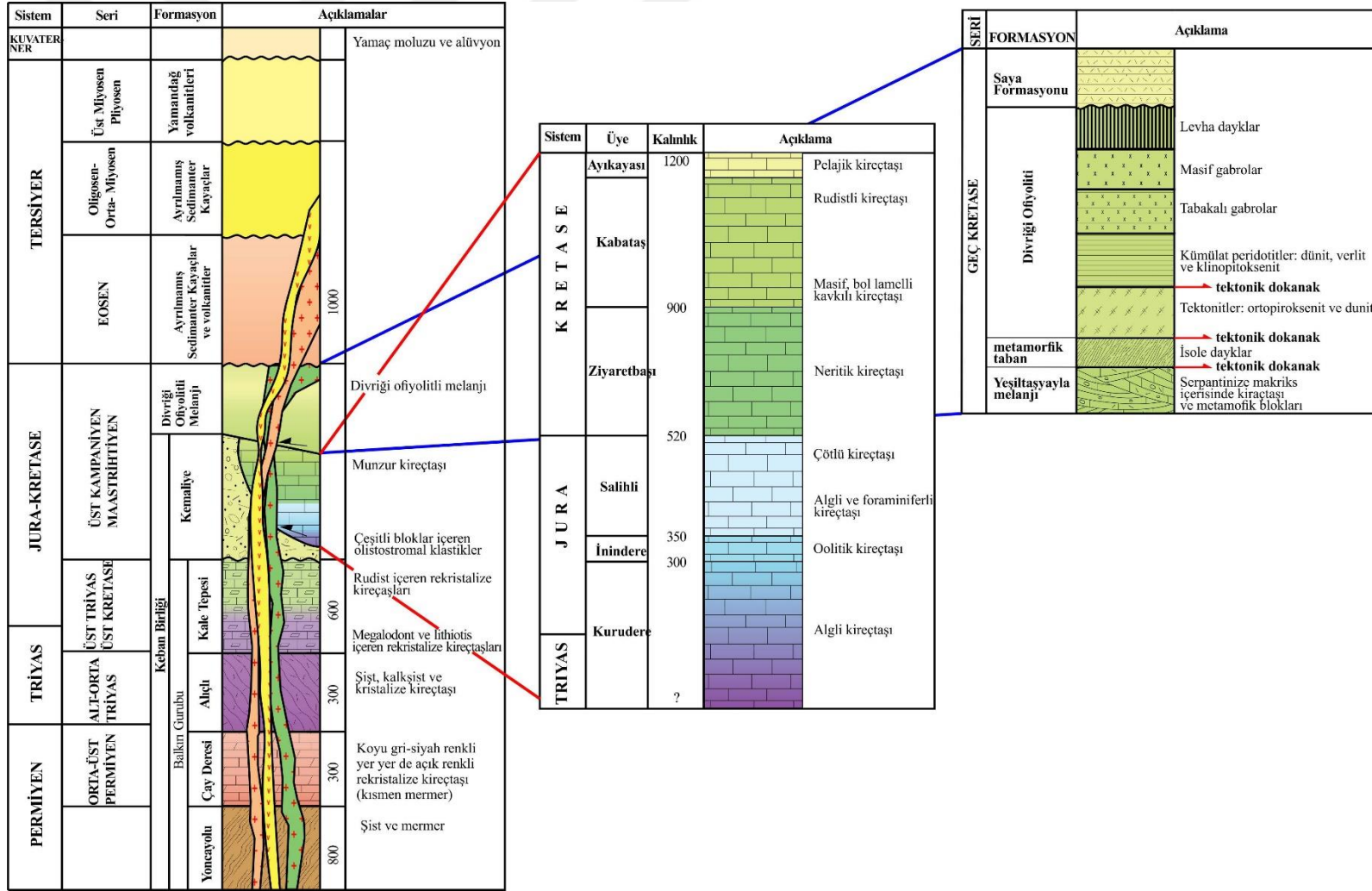
Bu bölgede gözlenen magmatik kayaçlar üç farklı zaman aralığında oluşmuştur. Geç Kretase yaşlı sokulumlar bölgenin batısında Divriği ve çevresinde, Eosen yaşlı sokulumlar Kemaliye ve İliç (Erzincan) bölgesi ve çevresinde, Oligosen yaşlı olan sokulumlar ise bölgenin doğusunda Ovacık (Tunceli) ve Kabataş (Kemaliye-Erzincan) yöresinde yüzeyleme vermektedir.

1.3.1. Keban Birliği

Munzur dağları b6lgesinde y6zeylenme veren en yaşlı birim Keban Birliğidir (6zg6l ve diğ 1981). 6zg6l ve Diğ. (1981) Keban birliğini Permiyen 6ncesi-6st Kretase zaman aralığında şelf t6r6 karbonat ve kırıntılı kayalar ile ve bunların metamorfiteilerinden oluştuğunu belirterek bu birliği Balkırı Grubu ve Kemaliye formasyonu olmak 6zere iki farklı alt birime ayırmıştır.



şekil 1.2. Karakartal porifiri sistemi ve yakın 6vresinin jeolojik haritası (İmer vd. (2013)'den değiştirilerek). İnet harita T6rkiyenin tektonik birlikteliklerini (Okay ve T6ys6z, 1999) ve 6alışma sahasının konumunu g6stermektedir.



Şekil 1.3. Karakartal porfiri cevherleşmesi ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti, (Özgül ve Turşucu, 1984; Parlak ve diğ. 2006; ve Bilgiç 2008’den değiştirilerek)

1.3.1.1. Balkırı Gurubu

Balkırı gurubu kapsadığı birimlerin büyük kısmı Kemaliye İlçesinin yaklaşık olarak 25 km doğusunda bulunan Balkırı köyünde gözlendiği için Özgül ve Diğ. (1981) tarafından bu şekilde isimlendirilmiştir. Bu grup yaşlıdan gence doğru Yoncayolu Formasyonu, Çay Deresi Kireçtaşı, Alıçlı Formasyonu ve Kale Tepesi Kireçtaşı'nı kapsamaktadır.

Yoncayolu formasyonu Balkırı Gurubunun temelini oluşturmaktadır. Başlıca yeşilşist fasiyesinde metanmorfizma sonucu oluşmuş olan kalkışist, serizit kalkışist, muskovit-kuvars-kalkışist ve serisit-kuvars kalkışist türü metamorfik kayaçları, ileri derecede kristalleşmiş kireçtaşı ve dolotaşı ara katkılarını ve yer yer metadiyabaz dayklarını kapsamaktadır (Özgül ve diğ., 1981). Tunceli İlinin 20 km kuzeyinde Yoncayolu köyü civarında Özgül ve diğ. (1981) tarafından gerçekleştirilen ölçülü stratigrafik kesit çalışmalarında kalınlığının 800 metreyi bulduğu belirlenmiştir. Ayrıca aynı çalışmada bu birim içerisinde herhangi bir fosil bulunamamış ancak Permiyen yaşlı Çayderesi Kireçtaşı'nın altında yer aldığından formasyonun yaşı Permiyen veya daha yaşlı olarak belirtilmiş, formasyonun ilksel kayaçlarını neritik fasiyesteki karbonat ara katkıları kapsaması ve kum-mil-kil boyutundaki kırıntıların metamorfizması ile oluştuğundan dolayı kıta şelfi ortamında çökeldiği belirtilmiştir. Gücer ve Aslan (2014) Yoncayolu metamorfizmasını oluşturan ilksel kayacın kalk-alkalen volkanik kayaçlardan itibaren türediğini belirtmişlerdir. Jeokimyasal olarak ise ilksel kayaçların okyanusal ada yayı bazaltları ile volkanik yay bazaltları bileşiminde ve dağılımları okyanus ortası sırtı bazaltlarına benzediğini, tektonik olarak ise volkanik yay granitoidleri ile benzer özellikte olduklarını ortaya koymuşlardır. Gerçekleştirdikleri plajiyoklas Ar-Ar yaşlandırması ile ilksel kayaçların 100.8 ± 3.4 My ile 94.1 ± 3.3 Ma arasında metamorfizmaya uğradığını belirlemişlerdir.

Çay Deresi Kireçtaşı ileri derecede yeniden kristallenmiş kireçtaşı ve dolotaşı'nı kapsamaktadır (Özgül ve diğ., 1981). Tunceli İli Ovacık İlçesinin yaklaşık olarak 26 km güneydoğusunda Özgül ve diğ. (1981) tarafından gerçekleştirilen ölçülü stratigrafik kesit çalışmalarında birinin 300 m kalınlığa sahip olduğu, Yoncayolu Formasyonuna ait şistlerin üzerinde uyumlu olarak yer aldığı ve metamorfizmadan dolayı ilksel özelliklerini yitirdiği belirtilmiştir. Bu çalışma sırasında elde ettikleri fosillerin Orta-Üst Permiyen'i yansıttığını ve neritik ortamı ifade ettiğini belirtmişlerdir.

Alıçlı Formasyonu ilk kez Özgül ve diğ. (1981) tarafından Kemaliye ilçesinin güneyindeki Alıçlı köyünde yer alan kristalleşmiş kireçtaşı ara katkılı, başlangıç aşamasında

metamorfizma gösteren yeşil şistler olarak tanımlanmıştır. Özgül ve diğ. (1981) tarafından Kuru köyü civarında gerçekleştirilen ölçülü stratigrafik kesit çalışmalarında birimin kalınlığının 300 m olduğu, Çay Deresi Kireçtaşı'nın üzerine uyumlu olarak stromatolitli kireçtaşı ile geldiğini ve elde ettikleri paleontolojik bulgular ile Alt Triyas (Sitiyen-Anisiyen) döneminde sık denizel ortamda (gel-git düzlüğü) çökeldiğini belirtmişlerdir.

Kale Tepesi Kireçtaşının tamamıyla yeniden kristallenmiş neritik karbonatlardan oluştuğu ve geçirdiği metamorfizma nedeniyle ilksel özelliklerinin tam olarak gözlenemediği Özgül ve diğ. (1981) tarafından belirtilmiştir. Aynı çalışmada Kemaliyenin güneyinde Dazik Tepesi civarında gerçekleştirilen ölçülü stratigrafik kesit çalışmalarında birimin Alıçlı formasyonu ile olan dokanağının faylı ve görünür kalınlığının yaklaşık 600 m olduğu belirlenmiş ayrıca paleontolojik verilere göre Üst Triyas-Üst Kretase (Senomaniyen) zaman aralığında alt kısımlarının yüksek enerjili neritik ortamda, üst kısımlarının ise düşük enerjili resif gerisi ortamda çökeldiği belirlenmiştir.

Kemaliye Formasyonunun kil, kum ve çakıl boyu kırıntılardan oluşan bir hamur ile değişik tür, boyut ve yaşlarda sedimanter kayaç ve ofiyolit bloklarının karışımından oluşan ve tabakalanma göstermeyen olistostrom özelliği taşıdığı ve Kale Tepesi Kireçtaşı üzerinde uyumsuz olarak yer aldığı Özgül ve diğ. (1981) tarafından ortaya konmuştur. Bu formasyonun yaşı ile herhangi bir doğrudan bilgi bulunmasa da Özgül ve diğ. (1981) olistostromal birim içerisinde Üst Kampaniyene kadar sürekli çökeltme gösteren Munzur Kireçtaşından türeme bloklar barındırması ve Balkırı grubunun çalışma alanı dışında Alt Maastrichtiyen yaşlı moloz türü kırıntılarla örtülü olmasından dolayı formasyonun yaşının Üst Kampaniyen-Alt Maastrichtiyen aralığında olduğunu belirlemişlerdir.

1.3.1.2. Munzur Kireçtaşı

Munzur kireçtaşları ilk olarak Özgül ve diğerleri (1981) ile Özgül ve Turşucu (1984) tarafından isimlendirilmiştir. Birim Özer (1984) tarafından Lias-Erken Kampaniyen olarak yaşlandırılmıştır. Bilgiç (2008) Munzur Kireçtaşlarının Geç Tiryas-Lias yaşlı bol algli ve lamelli branş kavkılı kireçtaşlarından oluşan Kurudere kireçtaşı üyesi ile başladığını, Erken Dogger yaşlı oolitli kireçtaşları içeren İndere Kireçtaşı, Geç Dogger-Malm yaşlı alt kısmı algli, üst kısmı ise çörtlü kireçtaşı birlikteliği sunan Salihli Kireçtaşı üyesi ve Erken-Kretase yaşlı kalın tabakalı yada masif yapılı, bol lamelli breş ve Gastropodlu kireçtaşlarının oluşturduğu Ziyaretbaşı Kireçtaşları ile devam ettiğini, Senomaniyen yaşlı, rudistli resifal

kireçtaşlarından oluşan Kabataş üyesi ve bu üyenin üstünde bulunan Turoniyen-Kampaniyen yaşlı pelajik kireçtaşları içeren Ayı Kayası Kireçtaşı Üyesi ile sonlandığını belirtmiştir. Ayrıca aynı çalışmada birimin şelf ve derin denizel ortamda oluştuğu ve kalınlığının 1200 m olduğu belirtilmiştir. Tektonik dokanakla Kemaliye Formasyonu üzerinde yer alan Munzur Kireçtaşlarını Refahiye (Güneş) Ofiyolitli Melanjı tektonik dokanakla üzerlemektedir (Özgül ve diğ. 1981). Bilgiç (2008) birimin şelf ve derin denizel ortamında oluştuğunu ve toplam kalınlığının 1200 m olduğunu belirtmiştir. Ayrıca Divriği ofiyolitli Melanjını tektonik donakla üzerlediğini belirtmiştir.

1.3.1.3. Ofiyolitik Kayaçlar

Erzincan-Sivas yöresinde geniş alanlar kaplayan ofiyolitik kayaçlar ilk olarak Bayhan ve Baysal (1981) tarafından Güneş Ofiyoliti olarak adlandırılmıştır. İnan ve diğ. (1993) ve Parlak ve diğ (2013) ise aynı bölgedeki ofiyolitik kayaçlar için Divriği ofiyoliti ismini kullanmışlardır.

Bilgiç (2008) bölgenin kuzey doğusunda bulunan ofiyolitlerin yeşil, gri ve kahve renkli serpantinit, dünit, peridotit, amfibolit ve gabro gibi kayaçlar ile bunların içerisinde yer alan çeşitli bloklardan oluştuğunu belirtmiştir. Parlak ve diğ. (2013) bu ofiyolitik kayaçların Divriği bölgesinde mostra veren gabroik birimlerden gerçekleştirdikleri U-Pb yaşlandırması ile birimin yaşını 88.8 ± 2.5 my olarak belirlemişlerdir. Hem Bilgiç (2008) hem de Parlak ve diğ. (2006) birimin Munzur Kireçtaşları üzerine tektonik dokanakla Geç Kampaniyen-Erken Maastrihtiyen'de yerleştiğini ifade etmiştir.

1.3.1.4. Geç Kretase Yaşlı Magmatik Kayaçlar

Bölgede bulunan Geç Kretase yaşlı magmatik kayaçlar Sivas İli Divriği İlçesi civarında ve ofiyolitik kayaçlar ile Munzur Kireçtaşlarını keserek yüzeylemişlerdir. Bu alandaki plütonlar çeşitli araştırmacılar Zeck ve Ünlü, 1988 ve Boztuğ vd., 1997; Boztuğ (1998) tarafından Dumluca, Murmano ve Karakeban plütonu olarak adlandırılmıştır. Boztuğ (1998) bu plütonların alkalın karakterli siyenitik-monzonitik ve silis bakımından tüketilmiş alkalın karakterli siyenitik bileşimli kayaçlardan oluştuğunu, silis bakımından tüketilmiş alkalın karakterli mafik kayaçları da içerdiklerini ve bu alkali mafik kayaçların,

plütonlardaki felsik alkali kayaçları oluşturan magmanın ilk fraksiyonlanma ürünlerinden ziyade, farklı bir magmadan itibaren meydana gelmiş olduklarını belirtmiştir. Parlak ve diğ. (2013) Divriği Granitinin yaşının 70.4 ± 1.5 ile 67.7 ± 1.4 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Akcay ve diğ. (2014) ise Dumluca, Murmano ve Karakeban plutonların sokulum yaşlarının sırasıyla 72.30 ± 2.1 ve 70.50 ± 2.3 , 72.40 ± 2.5 ve 70.5 ± 2.4 my olduğunu belirlemişlerdir.

1.3.1.5. Eosen Yaşlı Sedimanter Kayaçlar

Çalışma alanında Alt Eosen yaşlı Subaşı Formasyonu ve Orta-Üst Eosen yaşlı Bozbel formasyonu olmak üzere Eosen yaşlı iki farklı formasyon bulunmaktadır.

İliç ilçesinin güneyinde gözlenen Subaşı Formasyonu ilk kez Özgül vd., (1981) tarafından Keban Metamorfikleri üzerine açılal uyumsuzluk ile gelen Erken Eosen yaşlı kırıntılı kayalar ve volkanikler olarak tanımlanmıştır. Ayrıca Özgül vd. (1981) birimin tabanının çakıltası ile başladığını, aglomera ara katkılı çakıltası, kumtaşı, şeyl gibi kırıntılı kayaçlar ile tuf ve andezitlerden oluştuğunu, kırıntılı kayaçlardan elde ettiği fosiller ile birimin yaşının Erken Eosen (İlerdiyen-Küvizien) olduğunu belirlemiştir. Ayrıca kalınlığı yaklaşık olarak 1000 m olan birimin transgresif ve yüksek enerjili sığ denizel ortamda depolandığını, volkanizmanın ise çökme sonrasında oluştuğunu belirlemişlerdir.

Yaygın olarak İliç İlçesinin kuzey kesimlerinde gözlenen Bozbel Formasyonu ise ofiyolitik kayaçlar üzerinde uyumsuzlukla yer alır. Orta Eosen yaşlı volkanik ara katkılı kireçtaşı, kumtaşı ve marndan oluşan bu birim Kutman (1973) tarafından isimlendirilmiştir. Bozbel Formasyonu, Özgül ve diğ., (1981) tarafından Dedek Formasyonu, Tunç ve diğ., tarafından ise Kozluca Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Dedek Formasyonu doğrudan ofiyolitik kayaçlar ve Munzur kireçtaşları üzerine gelmektedir. Özgül ve diğ., (1981) bu formasyonun Subaşı Formasyonu ile olan dokanak ilişkisini belirleyememişlerdir. Gerçekleştirdikleri ölçülü stratigrafik kesit ve paleontoloji çalışmalarında birimin kalınlığının 180 m ve yaşının Üst Lütessen olduğunu belirtmişlerdir.

1.3.1.6. Eosen Yaşlı Magmatik Kayaçlar

Çalışma alanının Divriği İliç arasında kalan bölgesinde Çaltı, Bizmişen, Çöpler, Demirmağara, Yakuplu ve Kabataş (Karakartal) plütonları yüzeyleme vermektedir. Önal

vd. (2005), Bizmişen ve Çaltı plütonlarının yaşını K-Ar yöntemi ile sırasıyla 46-42 my ve 49-40 my olarak belirlemiş, bu plütonların yay magmatizmasının ürünü olan mafik ve felsik bileşimli hibrit bir magmadan türediğini bildirmiştir. Richards (2009) ise bölgedeki Eosen yaşlı magmatik kayaçların yitim sonrası çarpışma ile ilişkili olduklarını belirtmiştir. Kuşçu ve diğerleri (2010) ise bölgedeki Eosen yaşlı magmatik kayaçların 50.44 ± 0.28 – 40.2 ± 6.8 my arasında değişen yaşlara sahip olduklarını ve çarpışma sonrası gelişen ko-magmatik kalk alkali magmatizmayla ilişkili olarak oluştuklarını belirtmişlerdir. İmer vd., (2013) Çöpler, Yakuplu ve Kabataş plütonlarını Çöpler-Kabataş magmatik kompleksi olarak adlandırmışlar, I tipi kalk-alkali magmatizmanın normalize edilmiş nadir toprak ve iz element değerlerinin yaklaşan plaka sınırları özellikleri yansıttıklarını ancak Eosen yaşlı Maden-Helen volkanik yayına olan mesafenin fazla olmasından dolayı Güney Neo-Tetis yitim zonunun arkasında Paleosen döneminde gerçekleşen slab roll-back ve üst kabukta meydana gelen ekstansiyona bağlı olarak Miyosendeği kıta-kıta çarpışmasından kısa bir süre önce oluştuğunu belirtmiştir. Richards (2015), Tetis Orojenik Kuşağı boyunca gerçekleşen tektonik, magmatik ve metalojenik olayları derlediği çalışmada, bölgedeki Eosen yaşlı sokulumların maden Neotetisine ait ufak havzaların kapanmasıyla ilişkili olarak çarpışma sonrası genişleme ortamlarında yitimle modifiye olmuş litosferden itibaren oluşan magmatizmayla ilişkili olarak oluştuklarını belirtmiştir.

1.3.1.7. Oligosen-Miyosen Yaşlı Sedimanter Kayaçlar

Yaygın olarak Göksun-Yazyurdu Fay zonunun kuzeyinde, Malatya Ovacık fay zonun güneyinde ve Divriği Bizmişen bölgelerinde yüzeylenme veren ağırlıklı olarak karasal sedimanter kayaçlardan oluşan Oligosen yaşlı Selimiye Formasyonu (Aktimur ve diğ., 1988), Erken Miyosen yaşlı Karacaören Formasyonu (Aktimur ve diğ., 1988) ve Başpınar Formasyonu (Özgül ve diğ., 1981), Erken-Orta Miyosen yaşlı Divriği formasyonu (Bilgiç ve diğ. 2008) yüzeyleme vermektedir.

1.3.1.8. Yamadağ Volkanitleri

Bölgede özellikle Divriği bölgesinin güneyinde yayılım gösteren karasal volkanik kayaçlar Yılmaz (1991) tarafından Yamadağ Volkanitleri olarak adlandırılmıştır. Tüf,

andezit ve bazaltik lavlardan oluşan bu volkanikler Kürüm ve diğ., (2008) tarafından Üst-Miyosen-Piliyosen olarak yaşlandırılmıştır.

1.4. Önceki Çalışmalar

Doktora çalışması ile ilişki olarak literatür taraması ile oluşturulan önceki çalışmalar kısmı; çalışma sahası ve yakın çevresi ile ilişkili olan çalışmalar bölgenin jeolojisi ve bölgedeki cevherleşmelere yönelik olmak üzere iki farklı başlıkta verilmiştir.

1.4.1. Bölgenin Genel Jeolojisi ile İlişkili Çalışmalar

Karakartal maden sahasını içine alan bölge, bölgede bulunan ekonomik maden yatakları açısından için son derece önemli veriler elde edilebilecek bir bölge olduğu çeşitli nedenlerden dolayı bilim insanları tarafından yeteri derece çalışılmı değildir. Ancak öncü çalışmaların MTA tarafından yapıldığı bu bölgeyi jeolojik, tektonik, jeokimyasal ve jeokronolojik olarak ele alan çalışmalar kronolojik olarak aşağıda özetlenmiştir.

Özdemir ve Biçen (1971), çalışma alanının hemen kuzeyinde yüzeyleme veren Yakuplu ve Çöpler plutonları üzerinde yaptıkları çalışmalarda her iki biriminde geniş bir batolitin aynı veya benzer yaşlardaki iki ayrı apofizi olabileceğini belirtmişlerdir.

Özgül ve Turşucu (1984) Munzur Kireçtaşı üzerine yaptıkları çalışmada, birimin ölçülebilir kalınlığının 1200 m'nin biraz üzerinde olduğunu belirtmişler ve bu istifin Kabataş köyü civarında bulunan üyelerini Senomaniyen yaşlı Kabataş ve Kampaniyen-Turoniyen yaşlı Ayıkayasası Kireçtaşları olarak isimlendirmişlerdir. Ayrıca Kabataş üyesinin yaklaşık 100 m kalınlığa sahip olduğunu ve büyük oranda resifal kireçtaşından meydana geldiğini; Ayıkayasası üyesinin ise biotik, ince katmatlı ve çört ara katkılı pelajik bir kireçtaşı olduğunu ve kalınlığının 5 m'yi geçmediğini ortaya koymuşlardır. Bu kireçtaşlarının üst sınırını tektonik olarak örten ofiyolitik melanjin oluşturduğunu ve her iki biriminde Lütesiyen yaşlı volkano-sedimanter birimler tarafından örtüldüğünü belirtmişlerdir.

Yazgan (1984), Munzur Kireçtaşlarını ve onu üzerleyen ofiyolitik napı kesen amfibol kuvars-monzodiyorit bileşimli intrüzyonun yaşını amfibol K/Ar yaşlandırması ile 37.2 ± 2.5 - 44.5 ± 2.5 my olarak belirlemiştir.

Yılmaz (1985), çalışma alanın kuzey ve kuzey-doğu kesimini içe alan Kelkit Çayı ile Munzur Dağları arasında kalan bölgede bulunan asidik, ortaç ve bazik magmatik kayaçların Üst Kretase-Eosen zaman aralığında kıta kabuğuna yerleşmiş diyapirlerin yeniden hareketi sonucu oluşmuş olabileceğini ileri sürmüştür.

Avcı ve Boztuğ (1993), Çatlı Granitoidinin tonalit, granodiyorit, kuvarslı diyorit ve bunların porfirileri türü kayaçlardan oluştuğunu, bu kayaçların içinde gelişen karışım dokularından hareketle granitoidin felsik ve mafik bileşimli iki farklı magmanın homojen bir şekilde karışımıyla oluşan hibrit bir magma ürünü olduğunu ve granitoidin volkanik yaylarla ilişkili (I tipi) olarak oluştuğunu belirlemiştir.

Özer (1994), çalışma sahasının içinde bulunduğu sokulum kayaçlarını Yakuplu plütonunun bir parçası olarak haritalamış; tonalit, kuvarslı diyorit, granodiyorit bileşimli olan plütonun ilksel ve normal bir volkanik yay ortamında geliştiğini, granitoidlerin mantonun ve dalan okyanus kabuğu kayaçlarının kısmi ergimesiyle gelişmiş I-tipi bir magmatizmanın ürünü olduğunu vurgulayıp yaşının Paleosen olduğunu belirtmiştir.

Boztuğ vd. (1997), çalışma sahasının batısında yer alan Dumluca, Murmano, Karakeban ve Çaltı plütonları üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarda bu plütonların Kretase yaşlı Divriği Ofiyolitik melanjinine sokulum yaptığını ve İpresiyen-Lütesiyen yaşlı sedimanlar tarafından uyumsuz olarak üzerlendiğini belirtmişlerdir.

Boztuğ (1999), Orta Anadolu'da Üst-Kretase Paleosen yaşlı birçok alkali plütonun bulunduğunu ifade ederek, bu plütonların Anatolid-Pontid çarpışmasına bağlı kabuk kalınlaşmasından hemen sonra gelişen litosferik incelme sırasında, Anatolidlerin pasif kenarında yükselmiş bulunan manto malzemesinin kısmi ergimeye uğraması sonucu oluşmuş olabileceklerini belirtmiştir.

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

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

Boztuğ ve Arehart (2007), İliç civarında bulunan granitoidleri Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK) içine dahil etmiş ve bu granitoidlerin I-tipi olduklarını

belirtmiştir. OAKK içerisinde yer alan I tipi granitoidlerden Üst Kretase yaşlı olanların yitim sırasındaki litosferik dilim kopması (Slab break off) veya litosferik delemantasyon sonucunda çarpışma sonrası litosferik ayrılma ile ilişkili bir ortamda oluştuklarını; Orta Eosen yaşlı olanların ise gerilme ile ilişkili olduklarını belirtmiştir.

1.4.2. Bölgedeki Cevherleşmeler Yönelik Çalışmalar

Çalışma sahasında 20'nci yüzyılın başından 90'lı yılların ortasına kadar yapılan büyük çoğunluğunu MTA araştırmacıları (Kovenko, 1938; Stchepinsky, 1940; ve Maviş, 1977; Tüzün ve diğ., 1990; Çelebi ve Özcan, 1992; Avcı vd., 1995 ve Avcı, 1996) tarafından yapılan çalışmalar oluşturmaktadır ve bu çalışmalar genel olarak jeolojik gözlemler, uzaktan algılama ve ilksel jeokimyasal yöntemler ile gerçekleştirilmiştir. MTA araştırmacıları bu çalışmalar ile İliç ve civarında granitik kütleler ile ilişkili olarak oluşmuş demir, mangan, bakır ve altın anamolileri ile cevherleşmelerin varlığını ortaya koymuşlardır.

Tutkun vd. (1988), çalışma sahasını çevreleyen Divriği-Yakuplu-İliç-Hamo bölgelerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarda bölgede demir, krom ve mangan yataklarının varlığından bahsetmişlerdir. Bu demir yataklarının granitoid-serpantinit dokanağında gözlenen kütle tipi demir yatakları, lateritik demir yatakları ve plaser tipi demir olmak üzere üç farklı mekanizmanın ürünü olduklarını belirtmişlerdir. Krom yatakları ise serpantinleşmiş harzburjitler içinde, küçük rezervli yerel oluşumlar şeklinde gözlenmiştir. Bu gölgede gözlenen mangan yataklarının İliç İlçesi, Çöpler köyü yakınlarında yer aldığını belirten yazarlar; bu yataklarda başlıca piroluzit, koronodit, kriptomelan ve hollandit minerallerinin gözlendiğini ve cevherleşmelerinin hem Munzur Kireçtaşı'nı hem de Çöpler Granitoidini kesen faylar içinde yer aldıklarını belirtmişlerdir.

Tokel (1989), Anadolu'daki yitim ve çarpışma kökenli granitleri incelediği çalışmasında; Pontid yayı boyunca Üst Kretase yaşlı magmatik yay granitlerinin, Divriği-Bolkardağı karmaşığı boyunca ise ofiyolitleri kesen Kretese-Paleosen yaşlı granitlerin varlığından bahsetmiştir. Ayrıca Divriği-Bolkardağı arasındaki granitlerin gerek petrografik, gerekse ana ve iz element karakteristikleri ile "S" tipine daha yakın bir bileşim özelliği yansıttıklarını belirtmiş ve bunların ofiyolit ile kireçtaşları ile yaptıkları üçlü dokanaklar boyunca demir birikimleri olduğunu vurgulamıştır.

Avcı vd., (1996), Erzincan İliç-Kemaliye bölgelerinde daha önceden MTA tarafından yapılan çalışmalardan da faydalanarak yaptıkları altın aramasına yönelik çalışmalarda

Çöpler, Kabataş ve Yakuplu köyleri civarında altın ve bakır anomolileri olduğunu, bu sahaların muhtemelen cevherleşmeler içerdiğinden bahsetmişlerdir. Ayrıca Kabataştaki intrüzif birimi sub-volkanik olarak adlandırmışlar ve cevherleşmenin kireçtaşları ve intrüzif kayalar içinde olabileceğini, özellikle jasperoidlerin olduğu zonlarda Karlin tip bir altın cevherleşmenin bulunabileceğini ifade etmişlerdir.

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

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

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

Oktay (2012) Çöpler maden sahasında gerçekleştirdiği çalışmada cevherleşmenin geliştiği granatoyitik kütle ve metamorfitlelerin cevherli kesimlerinden elde ettiği örneklerde cevher minerali olarak pirit, kalkopirit, galenit, fahlerz (tennantit, tetrahedrit), markazit, limonit, götit, lepidokrozit, bornit, nabit altın, bravoit pirit; gang minerali olarak kuvars ve kalsit varlığını belirlemiş ve ana cevher minerallerinin oluşum sırasının (süksesyon); erken evrede pirit, kalkopirit, markazit, fahlerz, galenit, geç evrede ise pirit, kalkopirit, markazit şeklinde olduğu belirlemiştir. Sıvı kapanım çalışmalarıyla hidrotermal çözelti içinde CaCl_2 ve NaCl gibi bileşenlerin bulunduğunu, hidrotermal çözeltinin tuzluluğunun %NaCl eşdeğeri olarak metamorfitlelerdeki kuvars damarlarında %1,74 ile % 20,60 aralığında (ort. % 10,13) değiştiğini, granitoyitler içindeki kuvars damarlarında % 3,55 ile % 8,41 aralığında (ort. % 6,61) değiştiğini belirlemiştir. Sıcaklığının metamorfitlelerdeki kuvars

damarlarında 145,0 °C ile 345,0 °C aralığında (ort. 242,99 °C), granitoyitler içindeki kuvars damarlarında ise 176,0 °C ile 375,0 °C aralığında (ort. 259,27 °C) değiştiğini belirlemiştir

Kuşçu vd., (2013), Güney Doğu Anadolu Orojenik kuşağında Divriği (Sivas)-İliç-Kemaliye (Erzincan)-Elazığ ve Malatya arasında kalan alanda yaptıkları detaylı çalışmada; bölgedeki magmatizmanın yitim, çarpışma sonrası ve geç orojenik olaylarla ilişkili olarak Baskil-Zagros yitim sisteminde yer alan Neo-Tesis okyanusunun kapanmasıyla birlikte Geç Kretase - Orta Eosen döneminde gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Karakartal bölgesinde bulunan cevherleşme ile de ilişkili olan sığ derinlikli magmatizmanın sinitral (sol yönlü doğrultu atımlı faylar) faylarla ilişkili olarak Eosen (50-44 my) aralığında oluştuğunu belirlemişlerdi. Ayrıca bu çalışmada Karakartal maden sahasını iki örnekle temsil etmişlerdir. Gerçekleştirdikleri analizlerde serizitleşmiş granodiyorit ve zayıf serizitleşmiş mikrodiorit porfiri olarak adlandırdıkları kayaçların subalkalen karakterli ve orta ç K içeriğine sahip olduklarını ortaya koymuşlardır. Bu kayaçlardan yaptıkları 3 adet Ar-Ar yaşlandırmasında sırasıyla magmatizmanın oluşumu (biyotit) ve alterasyon (serizit) yaşı olarak 48.51 ± 0.34 ve 48.63 ± 0.62 ile 47.22 ± 0.49 my yaşları elde etmişlerdir.

İmer vd., (2013), Çöpler maden yatağı üzerinde yaptığı çalışmada, bu yatağı ekonomik olmayan porfiri Cu-Au sistemi üzerine sonradan gelişen düşük sülfidasyonlu ekonomik bir epitermal Au yatağı olarak tanımlamıştır. Her iki cevherleşmeyi Orta Eosen sokulum kayaçlarıyla ilişkilendirmiştir. Bu kayaçların birden çok fazlı porfiri diyorit olduklarını, ana ve iz element bakımından kıtasal yay ortamında oluşmuş I-tipi kalk-alkalen kayaçlara benzerlik gösterdiklerini belirtmişlerdir. Porfiri diyoritler üzerinde yaptıkları Ar-Ar yaş tayini sonucu 43.75 ± 0.26 my ve 44.13 ± 0.38 my, hidrotermal biyotit ve serizit minerallerinden yaptıkları Ar-Ar yaş tayini sonucunda sırasıyla 43.84 ± 0.26 my ve 44.44 ± 0.28 my yaşlarını bulmuşlardır. Molibdenit üzerinde yapılan Re-Os radyojenik izotop çalışması sonucunda elde edilen diğer yaşlarla uyumlu olarak 43.9 ± 0.2 my ve 44.6 ± 0.2 my yaşlarını elde etmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada Çöpler ve Kabataş arasında yer alan tüm magmatik fazları Çöpler-Kabataş magmatik kompleksi olarak adlandırmışlardır. Karakartal madeni içinde yer alan magmatik kayaçları petrografik olarak granodiyorit porfiri ve diyorit olarak adlandırdıkları 2 örnekle temsil etmişlerdir ve bunların Permiyen-Triyas yaşlı metasedimanter kayaçları keserek yerleştiklerini belirtmişlerdir. Elde ettikleri veriler sonucunda ise bu magmatik sistemin Güney Neotetis yitim zonunun gerisinde bir yay gerisi ortamda Miyosen dönemindeki kıta-kıta çarpışması ile oluştuklarını belirtmişlerdir.

Gümrük (2013), Karakartal sahasında gerçekleştirdiği yüksek lisans tezinde sahanın merkezinde yaygın olarak potasik alterasyon ürünlerinin gözlemlendiği cevherleşmenin kenar zonlarında ise propilitik alterasyonun egemen olduğunu, klorit-serizit alterasyonun ise potasik alterasyonun üzerine geliştiğini vurgulamıştır. Potasik alterasyon zonunda gözlenen kuvars damarlarını kuvars + manyetit $\pm$ kalkopiritten oluşan A1 Tipi, kuvars $\pm$ kalkopiritten oluşan A2 Tipi, K'lu feldpat + kuvars $\pm$ kalkopirit $\pm$ pirit $\pm$ molibdenit birlikteliğinden oluşan B tipi, klorit-serizit alterasyon zonlarında gözlenen damarları ise kuvars $\pm$ klorit $\pm$ pirit $\pm$ kalkopiritten oluşan K1 Tipi damarlar olarak sınıflamış ve bu damarların oluşumun 800 °C üzerindeki sıcaklıklar ile yaklaşık 200 °C arasında gerçekleştiğini belirtmiştir. Ayrıca kuvars damarlarının oluşumu esnasında potasik alterasyonların karakteristik minerallerinden olan manyetit ve biyotitin sırasıyla hematit ve klorite dönüştüğünü ve bu dönüşümle birlikte açığa çıkan Ti'nin hematitin bünyesine girerek titano-hematitleri, hematitin olmadığı zonlarda ise rutilleri oluşturduğunu ortaya koymuştur.

İmer ve diğ., (2014), Karakartal sahasının kuş uçuşu yaklaşık 45 km doğusunda yer alan Cevizlidere (Ovacık, Tunceli) porfiri Cu-Au-Mo sahasında yaptıkları çalışmalarda cevherleşmenin yoğun potasik ve fillik alterasyon gösteren diyorit-granodiyoritik kayaçlarla ilişkili olarak oluştuklarını belirtmişlerdir. Yazarlar bu çalışmada magmatik ve hidrotermal biyotitler üzerinde Ar-Ar yaşlandırması, molibdenitler üzerinde ise Re-Os yaşlandırması yapmışlardır. Bu yaşlandırmalar sonucunda magmatik biyotitler için 25.49 ± 0.10 my ile 25.10 ± 0.14 my ve hidrotermal biyotit 24.73 ± 0.08 my, molibdenitler için ise 24.90 ± 0.10 my ve 2478 ± 0.10 my yaş elde etmişlerdir. Yazarlar ayrıca cevherleşme ile ilişkili olan magmatik kayaçların iz element dağılımları bakımından yaklaşan plaka sınırlarındaki magmatizmaya benzer özellik gösterdiklerini ve ~10-12 my önce gerçekleşen Arap-Avrasya plakalarının çarpışmasından önce gerçekleşen (~25 my önce) yerel genişlemeli tektonik olaylar neticesinde oluştuklarını öngörmüşlerdir.

Richards (2015), Tetis orojenik kuşağı boyunca gerçekleşen tektonik, magmatik ve metalojenik olayları derlediği çalışmada, Türkiye'de bulunan porfiri maden yatakları için Neotetise ait ufak havzaların kapanmasıyla ilişkili olarak yay gerisi, çarpışmaya eşlik eden ve çarpışma sonrası genişleme ortamlarında yitimle modifiye olmuş litosferden itibaren oluşan magmatizmayla ilişkili olarak oluştuklarını belirtmiştir.

İmer ve diğ. (2016), çöpler maden sahasında gerçekleştirdikleri sıvı kapanım çalışmaları ile ilk faz cevherleşmeyi temsil eden B-Tipi kuvars $\pm$ manyetit $\pm$ sülfidli mineral damarlarının oluşumunda rol oynayan çözeltinin %42-62 arasında değişen tuzluluk (NaCl

eşleniği) değerlerine ve yaklaşık 390 °C sıcaklığa sahip olduğunu ve litostatik şartlar altında hesapladıkları basınç miktarının yaklaşık olarak 1.5 km derinliğe denk geldiğini belirtmişlerdir. Bu faz cevherleşmeyi üzerleyen eden fillik alterasyonun ise 370°C sıcaklık ve %37-42 NaCl eşleniği tuzluluk değerleri ile kısmen daha soğuk ve daha seyreltik bir çözelti ile ilişkili olarak oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu sahada gözlenen epitermal cevherleşme ile ilişkili olarak sfalerit ve manganokalsit ile barit ve realgar minerallerinden gerçekleştirdikleri sıvı kapanım çalışmaları ile elde ettikleri sıcaklık değerlerinin ise sırasıyla yaklaşık olarak 290 °C ve 100 °C olduğunu ifade etmişlerdir.

Bozkaya ve diğ. (2018), Çöpler maden sahasında gözlenen killeşmiş granodiyorit porfiriler üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarda, arjilik zona ait örneklerde fillik zona yakın iç zonlarda (ileri arjilik zon) kuvars + I-S, kuvars + krandallit + jarosit ve kristobalit birlikteliği, dış zonlarda ise (arjilik zon) ise kuvars + simektit + kaolinit birlikteliği bulunduğunu belirlemişler ve gerçekleştirdikleri O-H izotop analizleri ile alterasyon minerallerinin düşük sıcaklık koşullarında ve magmatik suyun baskın olduğu bir oluşumu işaret ettiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca jarosit içeren bir örnekten gerçekleştirdikleri K/Ar yaş tayini ile alterasyon oluşum yaşının 43.6 ± 1 my olduğunu belirlemişlerdir.

1.5. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu doktora çalışması büyük ölçekli bir Tübitak projesinden elde edilen verileri temel almış olup, 2013 yılında tamamlanmış olan bir yüksek lisans tezinin (Gümrük, 2013) devamı niteliğindedir. Tübitak projesi kapsamında çalışılan maden sahalarının biri olan ve henüz arama aşamasında olana Karakartal porfiri Au-Cu cevherleşmesinin ele alındığı çalışmada madenin jeolojik ve tektonik gelişimi, jeokimyasal, mineralojik ve radyojenik izotop özellikleri, cevher ve yan kayaç jeotermokronolojisi, hidrotermal alterasyonu, cevher oluşturan çözeltilerin detay kimyasal özelliklerinin ortaya konulması ana amaç olarak belirlenmiştir. Böylece bu doktora tezinde Karakartal madenini oluşturan jeolojik olaylar çeşitli açılardan ele alınarak sistemin oluşumunun zaman içindeki değişimi açıklanmaya çalışılmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Yöntemler

Amacı porfiri tip maden yataklarının karakteristik özelliklerini gösteren Karakartal porfiri Cu/Au maden sahasının petrolojik-petrokimyasal ve çözelti-kayaç etkileşimi özelliklerinin ortaya konulması ve bu özelliklerin zaman içindeki değişimlerinin belirlenmesi ile cevherleşme oluşumunda gerçekleşen değişimleri olan bu tez çalışması kapsamında çalışma sahasında gerçekleştirilen çalışmalar literatür, arazi ve laboratuvar çalışmaları ile elde edilen verilerin değerlendirilmesi olarak 4 aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.1.1. Literatür Çalışması

Karakartal maden sahası içinde bulunduğu Sivas-Erzincan-Tunceli porfiri kuşağını konu alan önceki çalışmalar hem genel jeoloji hem de maden jeolojisi açısından derlenerek kaynak özetleri çıkarılmıştır. Ayrıca bu çalışma ile benzer çalışmalar incelenerek çalışma alt yapısı oluşturulmuştur.

2.1.2. Arazi Çalışmaları ve Örneklerin Alınması

Doktora çalışması için 2013 yılı yaz döneminde başlayan arazi çalışmaları 2014 ve 2017 yılı yaz aylarında devam ettirilmiş ve toplam 25 gün süreyle çalışma sahası civarında inceleme ve örnekleme çalışmaları yapılmıştır. Bu süre boyunca çalışma sahasını içine alan yaklaşık 15 km²'lik alanda MTA ve Alacer Gold Co. tarafından yapılan jeoloji haritaları baz alınarak haritalama çalışması yapılmıştır.

Ayrıca arazi çalışması esnasında inceleme alanındaki jeolojik birimlerin yayılımları, yatay ve düşey yöndeki değişimleri, oluşum ortamları dikkate alınarak, sistematik kayaç örnekleme yapılmıştır. Petrografik çalışmalar, jeokimyasal analizler ve jeokronolojik analizlere yönelik kayaç numuneleri; hem yüzeyde mostralardan hem de sondaj karotlarından alınmıştır. Alınan örnekler hem sahadaki taze kayaçları hem de farklı alterasyon türlerini yansıtacak şekilde seçilmiştir ve toplamda 200 üzerinde örnek alınmıştır.

2.1.3. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları mineralojik, petrografik ve cevher mikroskopisi incelemeleri, jeokimyasal analizler, mineral kimyası, sıvı kapanım, Raman, SEM-CL, sıvı kapanım LA-ICP-MS, duraylı (O-H ve S) ve radyojenik (Sr-Nd) izotop analizleri, U-Pb, Re-Os, Ar-Ar jeokronoloji ile (U-Th)/He termokronoloji çalışmalarını kapsamaktadır. Bu çalışmaların detayları aşağıda çalışma sahasının petrografi-petrolojisi ve cevherleşmesine yönelik çalışmalar olmak üzere iki başlık altında verilmiştir.

2.1.3.1. Çalışma Sahasının Petrografik ve Petrolojik Özelliklerine Yönelik Çalışmalar

2.1.3.2. İnce Kesitlerin Hazırlanması ve Petrografik İncelemeler

K.T.Ü Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit hazırlama laboratuvarında, mineralojik ve petrografik incelemeler için 180 adet ince kesit hazırlanmıştır. Mineralojik ve petrografik incelemeler için, seçilen kayaç örneklerinden kayaç kesme makinesinde yaklaşık 1x2x4 cm boyutunda plakalar kesilmiş ve bu plakalar 15x28x46 mm boyutundaki ince kesit camları üzerine epoksi ile yapıştırılmıştır. Daha sonra, ince kesitler 35µ kalınlığına inceltirilerek entellan kullanılarak lam ile kaplanmıştır.

Petrografik incelemeler ve mikro fotoğrafıma çalışmaları K.T.Ü Jeoloji Mühendisliği Bölümü araştırma laboratuvarında bulunan Nikon LV400pol ve petrografi laboratuvarında bulunan Olympus BX52 mikroskopta gerçekleştirilmiştir.

2.1.3.2.1. Tüm Kayaç Jeokimyası Analizleri

Petrografik incelemeler sonucunda tüm kayaç analizine gidecek örnekler belirlenmiştir. Analize gönderilmek istenen kayaç örneklerinin yüzey kısımları kesilerek (varsa) ayrışma veya yüzeysel bozuşmadan arındırılmışlardır. Hazırlanan prizmatik bloklardan alınan yaklaşık 50-100 gr ağırlığındaki temsili plakalar çeneli kırıcıyla yaklaşık olarak 1-2 mm parça boyutuna indirilmiştir. Örnekler arası kirlenmeyi en aza indirmek için her kırma işleminden sonra çeneli kırıcı alkol ile yıkanmış ve kurutulmuştur. Elde edilen parçalar 35 nolu elekten (0,5 mm) mm'lik elekten geçirilerek parçalar üzerine yapışan tozlar

temizlenmiştir. Elek üstünde kalan tozdan arındırılmış parçalar alkol ile yıkanarak etüvde 50 °C’de 24 saat süreyle kurutulmuştur. Daha sonra örnekler halkalı öğütücü ile öğütülüp çeyreklenerek kimyasal analize hazır hale getirilmiştir.

Toplam 110 örnek ACME (Kanada) Laboratuvarı’nda, ana oksit, iz ve nadir toprak elementleri için analiz edilmiştir. Ana oksit ve iz elementler ICP OES, nadir toprak elementler ise ICP-MS cihazları ile analiz edilmişlerdir. Ana oksit ve iz element analizleri için öğütülen toz örneklerden 0.2 gr alınarak 1.5 gr LiBO₂ ile karıştırılarak, % 5 HNO₃ içeren bir sıvı içinde çözündürülmüştür. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ppm olarak ölçülmüştür. Nadir toprak elementler ise, toz örneklerden 0.25 gr alınarak dört farklı asit içerisinde çözündürülmüş ve ppm olarak tespit edilmiştir. Analizlerde dedeksiyon limiti; ana oksitler için %0.001-0.04, iz elementler için 0.1-1 ppm ve nadir toprak elementler için 0.01-0.1 ppm dir. Kalite güvence / Kalite kontrol için tekrar analizler, boş analizler ile OREAS 45EA, GS311-1, GS910-4 ve SO-18 standartları kullanılmıştır.

2.1.3.2.2. Silikat ve Oksit Minerallerinin Mineral Kimyası Analizleri

Mikroprob analizlerinde kullanılmak üzere ihtiyaç duyulan parlatılmış ince kesilerin hazırlanması için, kayaç örnekleri elmas disk ile 0.5-1 cm kalınlığında dilimler halinde kesildikten sonra epoksi reçine ile 28x48 mm boyutlarındaki ince kesit camına yapıştırılmıştır. Sekiz saat süreyle kurumaya bırakılan örnekler 80, 220, 600 ve 1200 meş’lik elmas diskler ile 50-70 µ kalınlığa kadar aşındırıldıktan sonra, 6 ve 3 µ’luk elmas diskler ile parlatılmıştır. Son parlatma işlemi 1 µ’luk elmas macun ile 0,3 ve 0,05 µ’luk Al₂O₃ süspansiyonların sırasıyla Akasel Daran, Akasel Napal ve Metkon Fedo1N parlatma çuhaları kullanılmasıyla yapılmıştır.

Elektron mikroprop analizleri (EPMA) Viyana Üniversitesi (Viyana, Avusturya)’nde iki farklı dönemde gerçekleştirilmiştir. 2014 yılında analizler Cameca SX 100 marka 4 tünelli dalga boyu dağıtıcı spektrometreler ile donatılmış elektron mikroprop cihazı ile yapılmıştır. 2016 yılında analizler Cameca SXFive marka 5 tünelli dalga boyu dağıtıcı spektrometreler ile donatılmış elektron mikroprop cihazı ile yapılmıştır. Aletsel koşullar olarak 40° bitirme açısı ve 20 kV bombalama enerjisi, 10 nA bombalama akımı ve yaklaşık 1 µ ışın çapı kullanılmıştır. EPMA analizlerinde kullanılan tüm örnekler Cressington marka karbon kaplama cihazı ile karbon kaplanmıştır. Tüm minerallerin ölçümlerinde kalibrasyon standardı olarak doğal ve sentetik mineraller ve elementler kullanılmıştır.

2.1.3.3.3. U-Pb jeokronolojisi

Avusturalya’da gerçekleştirilen analizler analziler Curtin Üniversitesi (Avusturalya) John de Laeter Araştırma Laorauvarında Resonetics S-155-LR 193nm excimer laser özümseme sisteminin bağlı olduğu Agilent 7700sx quadropole ICP-MS ile analiz edilmiştir. Ölçüm standartı olarak standart olarak Plesovice (337.13 ± 0.37 my; Sláma et al., 2008), ikincil standart olarak da 91500 (1062.4 ± 0.4 my; Wiedenbeck et al., 1995), B188 (559 ± 8 my; Nasdala et al., 2004) ve M257 (561.3 ± 0.3 my; Nasdala et al., 2008) kullanılmıştır.

Çin’de gerçekleştirilen analizler Pekin Yerbilimleri Üniversitesi Mineral Laser Mikroprobe Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Analizler NewWave193nm excimer laser özümseme sisteminin bağlı olduğu Agilent 7900sx quadropole ICP-MS ile analiz edilmiştir. Element ölçümleri için NIST SRM 610, U-Pb yaşlandırması için Zirkon 915000 (Wiedenbeck ve diğ., 2004), zirkon GJ-1 (Jackson ve diğ., 2004) dış standart olarak kullanılmıştır.

2.1.3.2.4. Ar-Ar Jeokronolojisi

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Örnek Hazırlama Laboratuvarı’nda gerçekleştirilen kırma ve öğütme işlemlerinin ardından, 250-450 μ arasında elenen örnekler daha sonra manyetik seperatörden geçirilerek manyetik ve manyetik olmayan fraksiyonlara ayrılmıştır. Daha sonra sıvı kapanım laboratuvarında mevcut olan stereo mikroskop altında manyetik fraksiyondan biyotit, manyetik olmayan fraksiyondan ise ikincil (hidrotermal) ortoklazlar seçilmiştir. Seçilen biyotitin öz şekilli olmasına ve mümkün olduğunca kloritleşmemiş olmasına dikkat edilmiştir. Ortoklaz minerallerinde ise pembe renkli ve diğer minerallere ait kapanımlardan muaf olmasına dikkat edilmiştir.

Seçilen mineraller Curtin Üniversitesi (Avusturalya) John de Laeter Araştırma Laorauvarına bağlı Batı Avusturalya Argon İzotop Birimine gönderilmiştir. Burada yaklaşık 1 dakika süreyle seyreltik HF ile yıkandıktan sonra ultasonik banyoda saf suyla temizlenen örnekler ışıma için McMaster reaktöründe (Hamilton, Kanada) gönderilmiştir. Işıma standartı olarak 1072 ± 11 my (Jourdan et al., 2006; Turner et al., 1971) yaşa sahip olan Hb3gr hornblendi kullanılmıştır. Örnekler 110W Nd-YAG (IR; 1064) Spectron Lazer sistem

ile basamaklı olarak ısıtılmış ve açığa çıkan gazdan Ar izotop ölçümleri MAP 215-50 kütle spektrometresi ile gerçekleştirilmiştir.

2.1.3.2.5. (U-Th)/He Thermokronolojisi

U-Pb zirkon yaşlandırması yapılan örneklerden cevherleşme ile ilişkisi olan 4 örnek U-Th/He analizi için seçilmiştir. Seçilen bu örneklerin zirkon mineral ayırma işlemi Geotrack (Avusturalya) laboratuvarında yapılmıştır. Stereo mikroskop altında elle seçilen zirkon ve apatit kristalleri kırık, çatlak veya analizlere kaçak He girdisine sebep olacak U ve/veya Th içeren mineral-sıvı-gaz kapanımları barındırmamasına dikkat edilmiştir.

Zirkon He analizleri tek kristallerin neobiyum mikro şişe içerisinde 1200°C üzerine ısıtılması ile gerçekleşmiştir. ^4He miktarı, saf ^3He katkısı (spike) kullanmak suretiyle izotop seyreltme metoduyla $<1\%$ ’lik bir hassasiyetle belirlenmiştir. U ve Th içerikleri ise apatit ve zirkonun ayrı ayrı çözündürülmesini takiben Agilent 7500CS MS ile ölçülmüştür.

2.1.3.3. Çalışma Sahasında Yer Alan Cevherleşmeye Yönelik Çalışmalar

2.1.3.3.1. Cevher Mineralojisi Çalışmaları

Cevher mikroskopisi çalışmalarında kullanılan parlatılmış ince kesitler için araziden alınan örnekler; elmas disk ile 1.5-2 cm çaplı ve 0.5-1 cm kalınlığında kesildikten sonra öncelikle epoxy reçine ile 2.54 cm çapında silindirik kaplarda vakum altında kalıba alınmış ve aşındırma ve parlatma işlemine hazır hale getirilmiştir. Parlatma işlemi EPMA için hazırlanan örnekler ile aynı şekilde gerçekleştirilmiştir.

Parlak kesitlerin incelenmesi ve mikrofotograflama çalışmaları K.T.Ü Jeoloji Mühendisliği Bölümü araştırma laboratuvarında bulunan Nikon LV400pol ve petrografi laboratuvarında bulunan Olympus BX52 mikroskopta gerçekleştirilmiştir.

2.1.3.3.2. Sıvı Kapanım Mikrotermometre Analizleri

Sıvı kapanım çalışmalarında kullanılmak üzere hazırlanan çift taraflı parlatılmış kesitler elmas disk ile yaklaşık olarak 1 cm kalınlığında dilimler halinde kesildikten sonra

jel formda Cyanoakrilat bileşimli yapıştırıcı (standart Japon yapıştırıcısı) ile 27x46 mm boyutlarındaki ince kesit camına yapıştırılmıştır. Parlatılmış ince kesit için uygulanan aşamalardan geçirilen örnekler, ilk yüzeyin parlatılmasından sonra asetonla çözülmüştür. Daha sonra parlatılmamış yüzeyler üste gelecek şekilde örnekler cama tekrar yapıştırılarak, nihai kalınlıkları 80-120 mikron olacak şekilde aynı inceltme ve parlatma aşamalarından geçirilmişlerdir. Parlatılan örnekler tekrar aseton içine konularak yapıştırıcıdan ayrılmış ve mikrotermometrik ölçümler için hazır hale gelmiştir.

Mikrotermometrik çalışmalar Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Sıvı Kapanım Laboratuvarında yapılmıştır. Ölçümler Leica DP 2500 marka mikroskoba monte edilmiş ve ölçüm limitleri $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan Linkam THMSG 600 sıvı kapanım tablası kullanılarak sıvı kapanımların ilk ergime ve son ergime sıcaklıkları ile gaz ve katı fazların homojenleşme sıcaklıkları ölçülmüştür.

2.1.3.3.3. Sülfürlü Minerallerin Mineral Kimyası ile Kuvars İz Element ve Katodoluminesans Analizleri

Sülfürlü minerallerin mineral kimyası analizleri ve hidrotermal damarlarda gözlenen kuvarsların iz element ve katodoluminesans analizleri Charles Üniversitesi (Prag, Çek Cumhuriyeti) Petroloji ve Yapısal Jeoloji Enstitüsünde bulunan Jeol JXA-8530F alan emisyonlu mikroprob cihazı ile yapılmıştır.

2.1.3.3.4. Duraylı İzotop Analizleri

Duraylı izotop çalışmaları için karot örneklerinden kuvars damarlarının, ikincil (biyotit ve ortoklaz), ve cevher minerallerinin (manyetit, pirit, kalkopirit ve molibdenit) bulunduğu bölgeler elmas disk yardımıyla kesilmiştir. Daha sonra kesilen bu örnekler çekiç ile kırılarak halkalı öğütücüde 1-2 sn öğütülmüş ve 1, 0.5, 0.35, 0.25 ve 0.18 mm eleklerden elenmişlerdir. Manyetit seçilecek örnekler manyetik separatörden geçirilip, diğer mineraller ise doğrudan stereo mikroskop altında seçilmiştir. Cevher minerallerinin saçınımlı halde ve az miktarda bulunduğu bazı örneklerde ise bromoform kullanılarak ağır sıvı ile ayırma işlemine gidilmiştir.

Oksijen izotop analizleri kuvars, ikincil biyotit ve ortoklaz ile hidrotermal manyetit minerallerinde; H izotop analizleri kuvars minerallerindeki sıvı kapanımdan ve biyotit minerallerinden yapılmıştır.

Oksijen ve hidrojen izotop analizleri Queen's Üniversitesi İzotop Araştırma Laboratuvarında (Kanada) yapılmıştır. Oksijen analizleri Finnigan Mat 252 izotop kütle spektrometresi kullanılarak Clayton ve Mayeda (1963) önerdiği BrF_5 metodu ile gerçekleştirilmiştir. Kuvarslarda bulunan sıvı kapanımların H izotop ölçümleri ise Sharp ve diğ (2001) tarafından önerilen prosedür takip edilerek Finnigan DELTA plusXP izotop kütle spektrometresi ile yapılmıştır.

2.1.3.3.5. Raman Analizleri

Kuvars damarlarında gözlenen sıvı kapanımların Raman analizleri Eötvös Lorand Üniversitesi Litosfer Araştırmaları Merkezi (Budapeşte, Macaristan)'nde gerçekleştirilmiştir.

Ölçümler Horiba Jobin Yvon Labram HR800 model yüksek çözünürlüklü Raman mikroskobu ile gerçekleştirilmiştir. Bu cihaza monte edilmiş Olympus BXFM ve X-Y-Z eksenlerinde harekete müsaade eden motorize tabla ile 100 mW gücünde 532 nm'lik yeşil Nd-Yag lazeri kullanılarak sıvı kapanımlar içindeki gaz fazın bileşimi oda sıcaklığında ölçülmüştür. Ölçümlerde kapanım büyüklüğü, gaz fazın büyüklüğü ve derinliği gibi faktörlere bağlı olarak 1-3 tekrar yapılmış ve ölçüm süreleri 30-240 sn arasında tutulmuştur. Kullanılan lazerin ışın çapı yaklaşık olarak $1 \mu\text{'dur}$.

2.1.3.3.6. SEM, EDX ve BSE Analizleri

Sıvı kapanımların bünyesindeki katı fazların tayini için yapılan bu analizler Bozok Üniversitesi BİLTEM laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Analizler FEI Quanto 450 FE-SEM cihazı ve bu cihaza kombine edilmiş EDAX TEAM EDS ile yapılmıştır. Analiz edilecek örnekler yaklaşık olarak 15-20 nanometre kalınlığında altın kaplanmış 10-30 kV (sağlıklı ölçümler 30 kV da alınmıştır) ışın gücünde SEM görüntüleri alınmıştır.

2.1.3.3.7. Katodoluminesans Analizleri ve Kuvars Mineral Kimyası Analizleri

Cevherleşme ile ilişkili olan kuvars damarlarının Katodoluminesans görüntüleri Charles Üniversitesi (Prag-Çekya) bünyesinde bulunan Jeol JXA-8530F alan emisyonlu elketron mikropob cihazında ki xClent katodoluminesans sistemi ile gerçekleştirilmiştir.

Kuvars mineral kimyası analizleri ise yine aynı cihazla gerçekleştirilmiş olup analizlerde Al, K, Fe, Ti ve Si elementleri ölçülmüştür. Ölçümler Al, K, Fe ve Ti için 600 saniye Si için 15 saniye olarak gerçekleştirilmiştir.

2.1.3.3.8. LA-ICP-MS Analizleri

Sıvı kapanımların kimyasal bileşimini belirlemeye yönelik olan LA-ICP-MS analizleri Leeds Üniversitesi'nde (İngiltere) yapılmıştır. Analizler Agilent 7500c ICP-MS cihazı ile birleştirilmiş Lambda Physik 193nm ArF Excimer lazer ve Geolas Q Plus lazer özümseme (ablation) sistemi kullanılarak yapılmıştır. Bu sistem bir Compex 103 ArF sistemi ile numune yüzeyinde 193 nm dalga boyu ve 10 ve 15 joule gücünde bir enerji yoğunluğu oluşturmaktadır. Lazer çapı kapanım boyutuna göre 25-50 mikro metre olarak seçilmiştir. Ölçümler kapanımlardan elde edilen sinyallerin arka plana değerlerine düşene kadar devam etmiştir. Ölçümlerde veri kontrolü için NIST 610 ve NIST 612 standartları kullanılmıştır.

2.1.3.3.9. Re-Os Jeokronolojisi

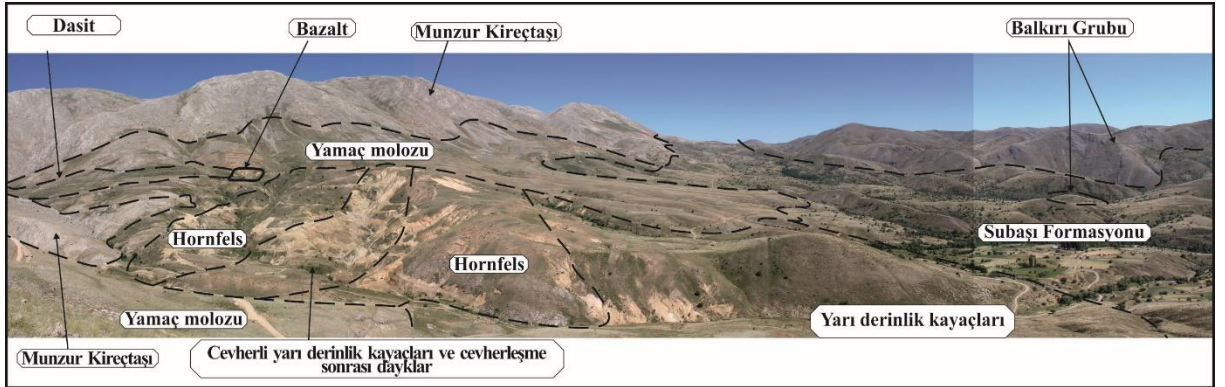
Kuvars-molibdent damarlarının bulunduğu 3 örnekten Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde standart ağır sıvı ve manyetik separatör yöntemi kullanılarak ayrılan molibdenitler stereo mikroskop altında el ile seçilmiştir.

Molibdenit ^{187}Re ve ^{187}Os izotop derişimleri analizleri Curtin Üniversitesi (Avusturalya) John de Laeter Araştırma Laorauvarında (TIMS) Termal İyonizasyon Kütle Spektrometrasi ile ölçülmüştür. Örneklerin çözündürme işlemi Shirey ve Walker (1995)'e göre; Os ve Re ayrılması ise Selby ve Creaser (2004)'e göre gerçekleştirilmiştir.

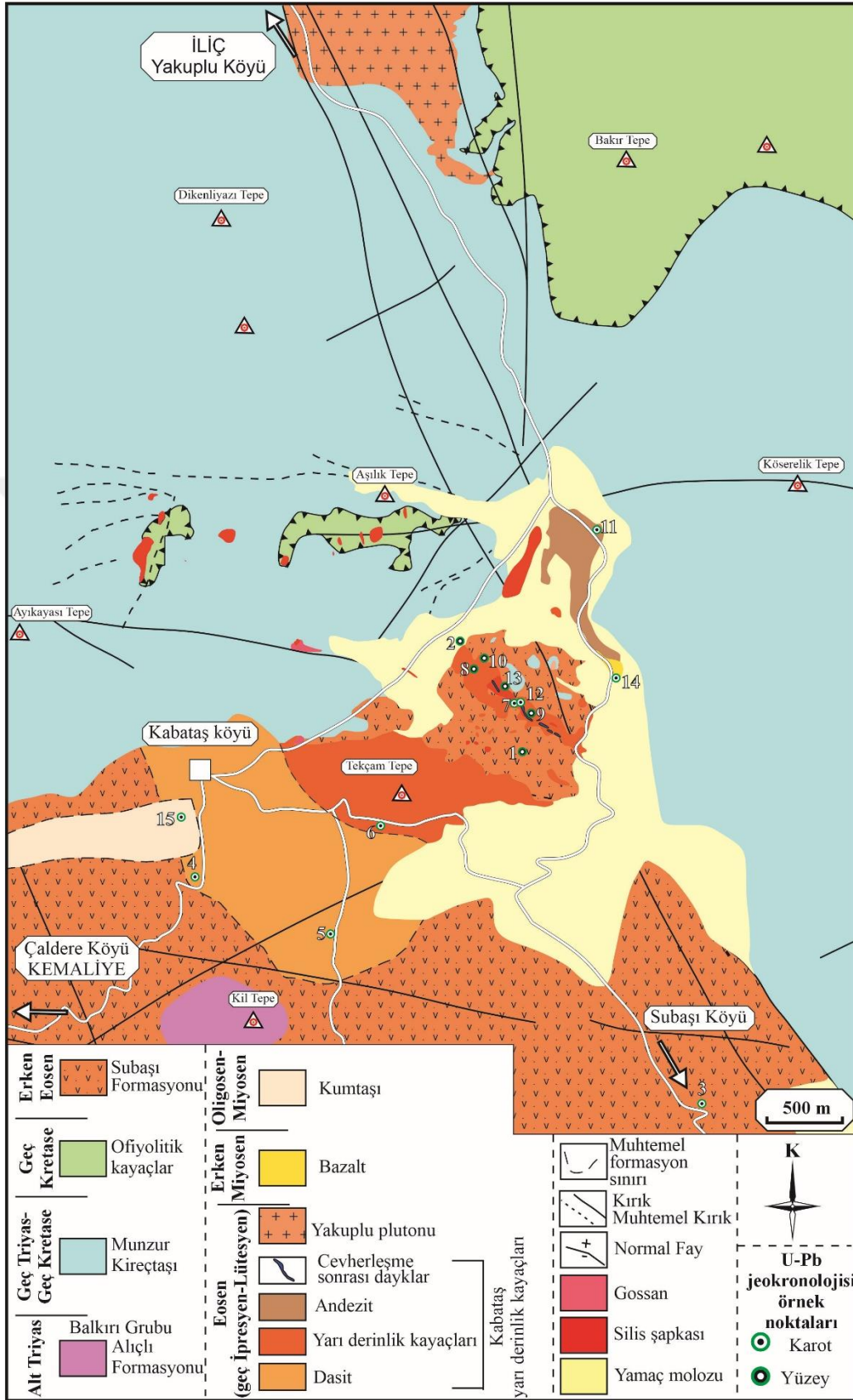
3. BULGULAR

3.1. Karakartal Maden Sahasının Jeolojisi ve Petrografisi

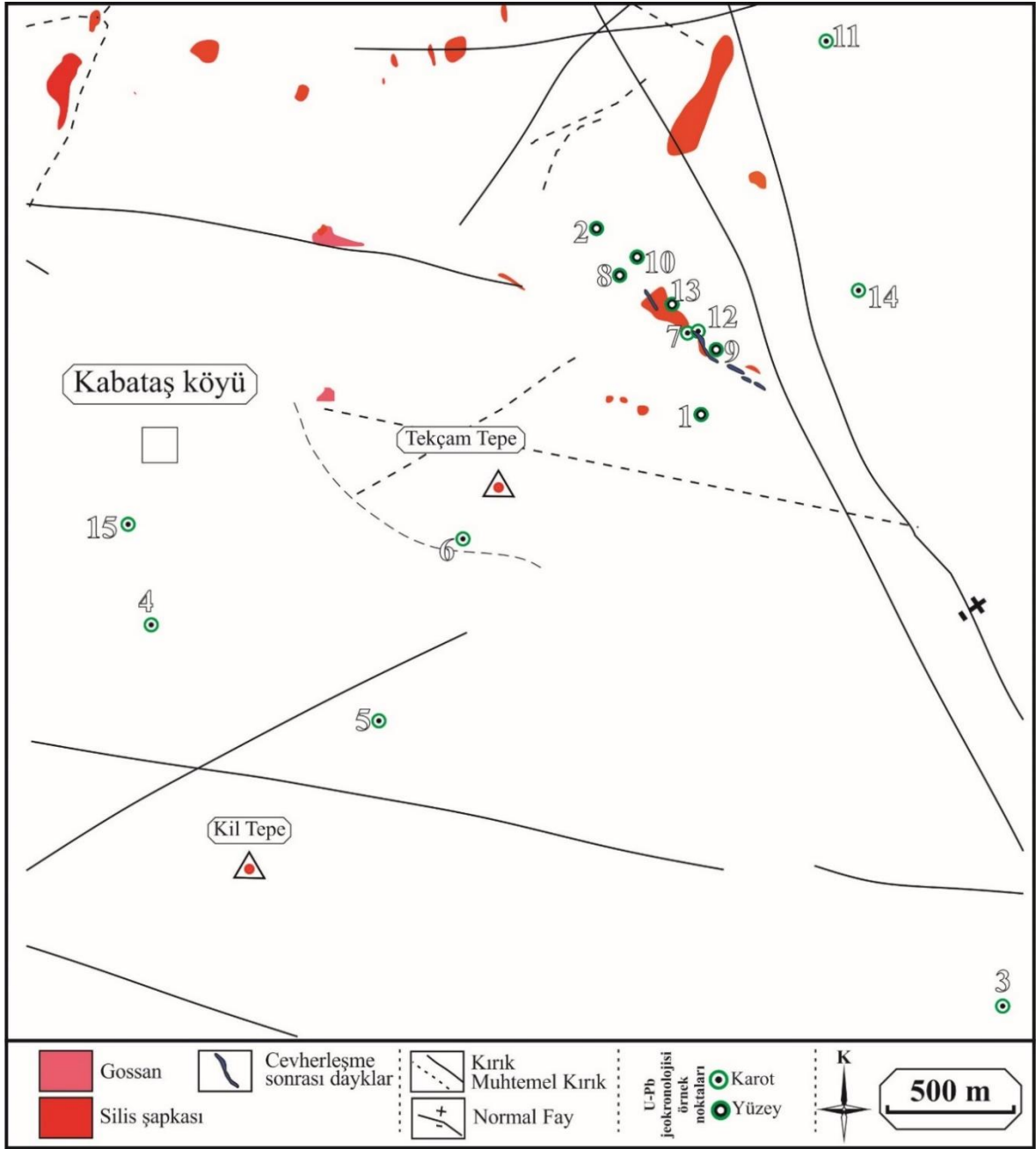
Çalışma sahasının temel kayaçlarını Keban birimi içerisinde yer alan Permiyen (?) yaşlı Balkırı Grubuna ait metamorfik kayaçlar oluşturmaktadır. Geç Triyas-Geç Kretase yaşlı Munzur Kireçtaşları ve Geç Kretase yaşlı ofiyolit kayaçlar Balkırı Grubu üzerine tektonik uyumsuzlukla gelmiştir. Bu birimler üzerinde Erken-Orta Eosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı, şeyl, aglomera, tuf ve volkanik kayaçlardan oluşan Subaşı formasyonu açısız uyumsuzlukla yer almaktadır. Karakartal Porfiri tip maden yatağı bu birimleri keserek yerleşmiş olan Eosen (Geç İpresyen Lütasyen) yaşlı dasit, granodiyorit-monzodiyorit, andezit ve latit bileşimli Kabataş yarı derinlik kayaçları ile ilişkili oluşmuştur. Çalışma sahasında bu birimlerin dışında başlıca dar bir alanda mostra veren Oligosen (?) yaşlı kumtaşları, Erken Miyosen yaşlı bazaltik volkanikler, metamorfik kayaçların metazomatizma geçirmesi ile oluşmuş hornfelsler ve Munzur Kireçtaşlarının yüksek yamaçlar boyunca aşınmasıyla oluşan yamaç molozları da gözlenmektedir (Şekil 3.1, 3.2).



Şekil 3.1. Aşılık Tepe yamacından çalışma sahasının genel görünümü ve çalışma sahasında yaygın şekilde gözlenen birimlerin yaklaşık sınırları



Şekil 3.2. Çalışma sahasının jeoloji haritası (Walton ve Crowley (2001) ve Bilgiç (2008)'den değiştirilerek)



Şekil 3.3. Çalışma sahasında gossan, silisli şapka ve yapısal unsurların haritası (Walton ve Crowley (2001) ve Bilgiç (2008)'den değiştirilerek)

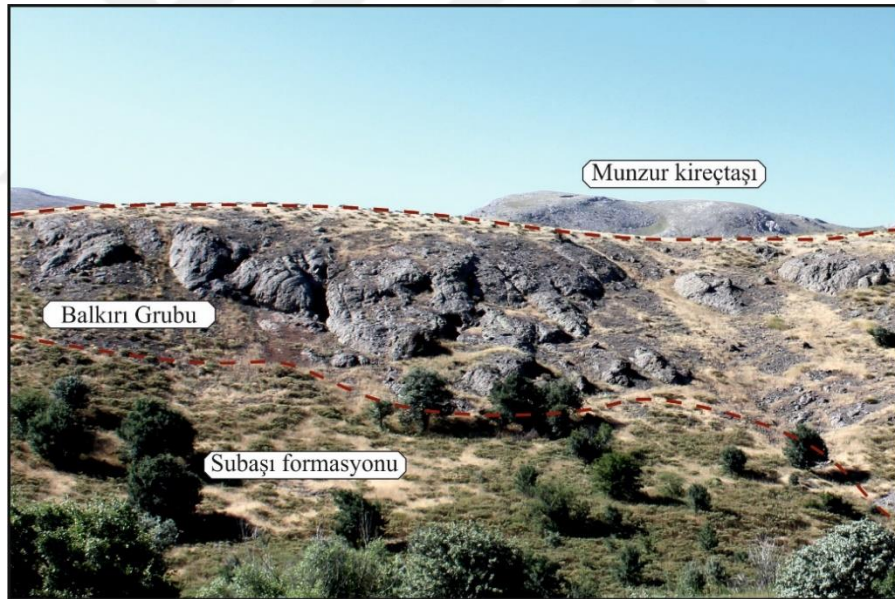
3.1.1. Balkırı Grubu

Metamorfik kayalardan oluşan Balkırı Grubu, Keban birliği içerisinde yer almaktadır ve çalışma sahasının temel kayalarından biridir. Çalışma alanında bu gruba ait birimler ilksel özelliklerini korumuş şekilde Kil Tepe ve güneyinde (Şekil 3.1, 3.2 ve 3.3) mostra vermektedir. Yarı derinlik kayaları ile olan dokanaklarından uzak kesimlerde ki

sondajlardan alınan karot örneklerinde birime ait kayaçların şist ve mermerlerden oluştuğu görülmüştür (Şekil 3.5). Ayrıca dokanaklara yakın kısımlarda hornfelsleşme görülmektedir (Şekil 3.5).

Tablo 3.1. Zirkon U-Pb analizi yapılan örnekler (Örnek numaraları Şekil 3.2 ve 3.3'te)

U-Pb Örnek No:	Örnek	U-Pb Örnek No:	Örnek
1	KDD-58 420M	9	KDD-7 430M
2	KDD-74 23M	10	KDD-11 90M
3	SS-306	11	SS-313
4	SS-309	12	KK-2
5	SS-301	13	KDD-1A 430
6	SS-130	14	SS-195
7	KK-2	15	KMT-1
8	KDD-21 86M		



Şekil 3.4. Çalışma alanının güneyinde mostra veren Alıçlı Formasyonuna (Balkırı Grubu) ait ile derecede kristallenmiş kireçtaşları



Şekil 3.5. Alıçlı Formasyonuna ait hornfelsleşmiş şist ve mermerleşmiş re-kristalize kireçtaşı dokanağı Yonca yolu formasyonuna ait şist ve mermer dokanağının karot görünümü

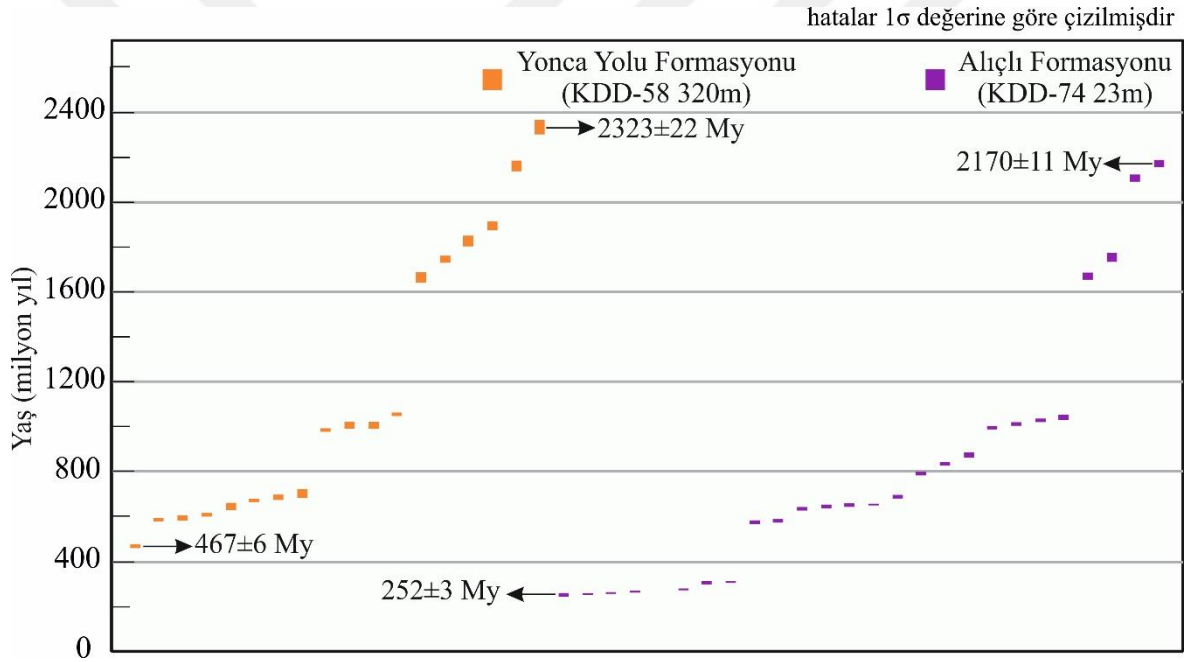
Çalışma alanındaki metamorfik kayaçların Balkırı Grubunun hangi formasyonuna ait olduğunu açıklayabilecek bir çalışma mevcut değildir. Ancak, İmer ve diğ., (2013)'nin çalışma alanının 15 km kuzeyinde bulunan Çöpler Maden Sahasında gerçekleştirdikleri çalışmalar, Ögöl ve diğ. (1981) ile Özgöl ve Turşucu (1984)'un gerçekleştirdikleri çalışmalara dayanarak bölgede yüzeyleme veren metamorfik kayaçların Yonca yolu Formasyonuna ait olduklarını belirtmiştir. Bu çalışmada cevherleşme içeren yarı derinlik kayaçlarının güneyinde (Şekil 3.2 1 nolu örnek, KDD-58 320m) ve kuzeyinde (Şekil 3.2 2 nolu örnek, KDD-74 23m) metamorfik kayaçları kesen iki farklı sondaj ve derinlikten alınan örneklerdeki sınırlı sayıdaki kalıntı zirkonlar üzerinde U-Pb yaşlandırması yapılarak bu metamorfik kayaçların yaşlarına ait yaklaşımda bulunulmaya çalışılmıştır.

Kalıntı zirkon U-Pb jeokronolojisinden elde edilen yaş verilerine göre cevherleşme içeren yarı derinlik kayaçlarının güney kesiminden alınan örnekten (KDD-58 320m, Şekil 3.6. 1 numaralı örnek) elde edilen yaşlar 2323 ± 22 my ile 467 ± 6 (n=18) my arasında değişmekte iken kuzey kesimden (KDD-74 23m, Şekil 3.6, 2 numaralı örnek) alınan örnekten elde edilen yaşlar 2170 ± 11 my ile 252 ± 3 my (n=25) arasında değiştiği belirlenmiştir (Ek-1 veya Tablo-1). Elde edilen bu yaş verileri ile bu sedimanter kökenli metamorfiklerin ilksel kayaçlarının kaynak alanları hakkında daha derinde olan 1 numaralı örneğin Geç Ordovisiyen öncesi, yüzeye daha yakın olan 2 numaralı örneğin ise Geç Permiyen öncesi döneme ait olduğu belirlenmiştir. Buradan yola çıkarak 1 numaralı örneğin Yonca yolu Metamorfitlerine, yüzeye yakın olan ve yüzeydeki metamorfikleri temsil eden 2 numaralı örneğin ise Alt Triyas yaşlı Alıçlı Formasyonuna ait olduğunu göstermektedir. Alıçlı Formasyonuna ait birimler ilksel özelliklerini korumuş şekilde Kil Tepe ve güneyinde (Şekil 3.1. 3.2 ve 3.4) mostra vermektedir. Her iki formasyona ait metamorfik kayaçlar yarı

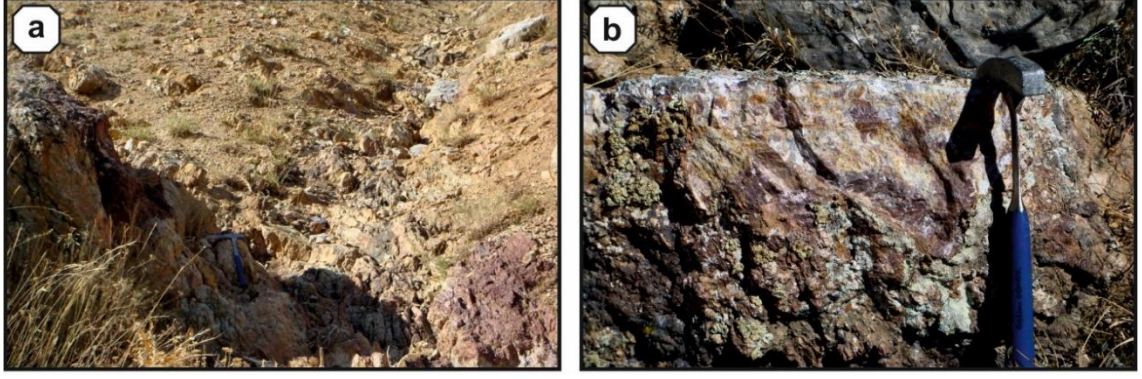
derinlik kayaçların yerleşmesiyle birlikte hornfelsleşmiş ve rekristalize kireçtaşları ise mermer dönüşmüştür.

3.1.2. Munzur Kireçtaşı

Çalışma alanının kuzey kısmını çevreleyen Munzur Kireçtaşları masif yapılı ve kalın tabakalı bol çatlaklı ve açık gri renkli olarak gözlenmektedir. Kireçtaşları içinde uzanan hakim kırık hatları boyunca yer yer demir-mangan (jaspilit) oluşumları ve bakır boyamaları bulunmaktadır.



Şekil 3.6. Balkırı grubu içerisinde yer alan metamorfik kayaçlardan elde edilen kalıntı zirkonların U-Pb yaş grafiği (KDD-58 320m ve KDD-74 23 m sırasıyla Şekil 3.2'deki 1 ve 2 numaralı örneklerdir)



Şekil 3.7. Ayı Kayası Tepe civarında gözlenen kırık hattı boyunca yerleşmiş jaspilitler (a) ve bu jaspilitlerin yakın görünümü (b)

İntrüzif kütle dokanağına yaklaştıkça kireçtaşlarında belirgin şekilde yeniden kristallenme ve kalsit damarlarında artış gözlenmektedir. İntrüzif kayaç ile olan dokanak hatlarında ise lokal olarak birincil ve ikincil demir cevherleşmelerinin gözleendiği skarn veya mermer oluşumları mevcuttur.

3.1.3. Ofiyolitik Kayaçlar (Divriği Ofiyoliti)

Parlak ve diğ. (2013) tarafından Divriği Ofiyoliti olarak tanımlanan ofiyolitik kayaçlar çalışma alanının kuzey sınırında yer aldığından ve Karakartal cevherleşmesi ile ilişkili olan intrüzif kayaçlar ile doğrudan bir dokanakları bulunmadığından detaylı olarak çalışılmamıştır. Ancak ofiyolitik kayaçların Munzur Kireçtaşı ile olan dokanağı boyunca (Şekil 3.9) Eosen yaşlı Yakuplu plütunu yerleşmiş ve dokanak hattı çalışma alanının kuzeyinde net bir şekilde gözlenmektedir.

3.1.4. Subaşı Formasyonu

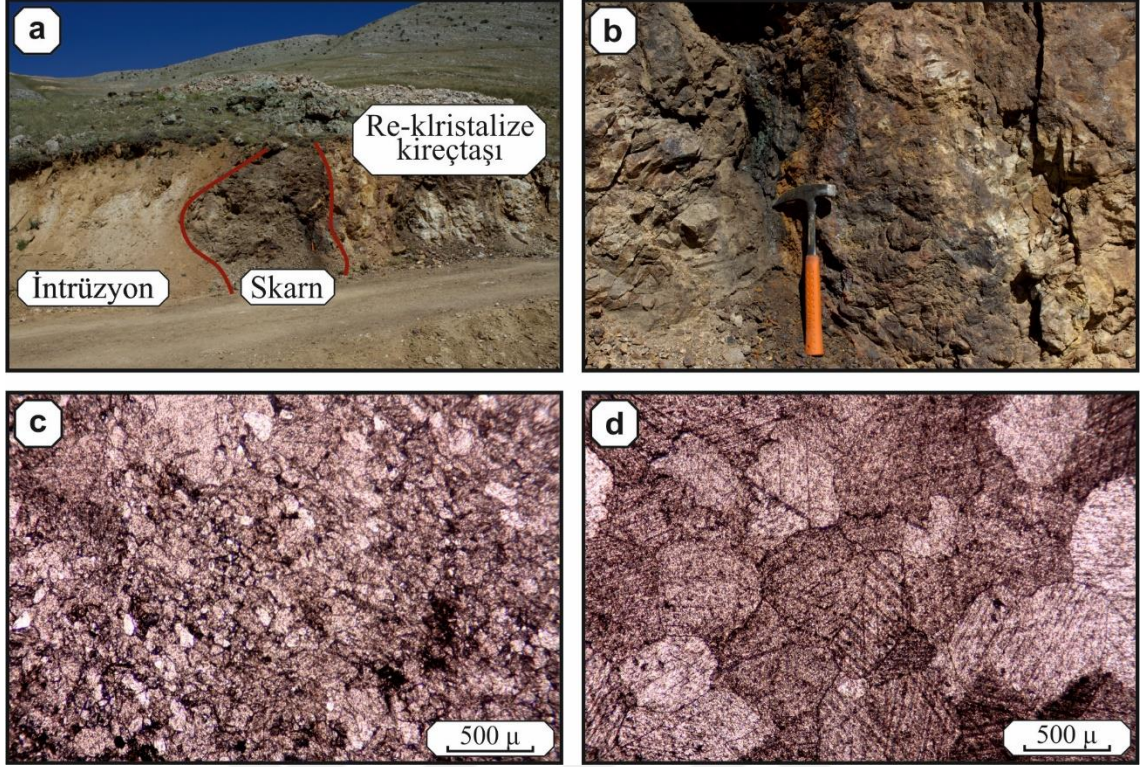
Daha önceki çalışmalarda Subaşı Formasyonu olarak haritalanan alan genellikle tarımsal araziler ve toprak örtüsü ile kaplıdır. Çalışma alanı içinde Kabataş Köyü ile güney doğuda Subaşı Köyü arasında mevcut olan stabilize yol üzerinde (Şekil 3.10b; örnek no SS-306), İliç Kabataş yolunun güney batı yamacında dere içinde (örnek no: SS-12) ve güneybatıda Kabataş Köyü-Çaldere Köyü yolunda (örnek no:SS-306) olmak üzere üç farklı lokasyonda Subaşı Formasyonuna ait kumtaşı ve tuf mostraları gözlenebilmiştir.

Ayrıca KDD 24 numaralı sondajın 95. metresinden alınan örnekte bu formasyona ait cevher damarı içeren kumtaşı, KDD 90 numaralı sondajın 48. ve 52. metrelerinden alınan örneklerde sırasıyla tuf ve kısmen hornfelsleşmiş tuf ve KDD 18 numaralı sondajın 162. metresinden alınan örnekte ise tamamen hornfelsleşmiş tuf gözlenmiştir.

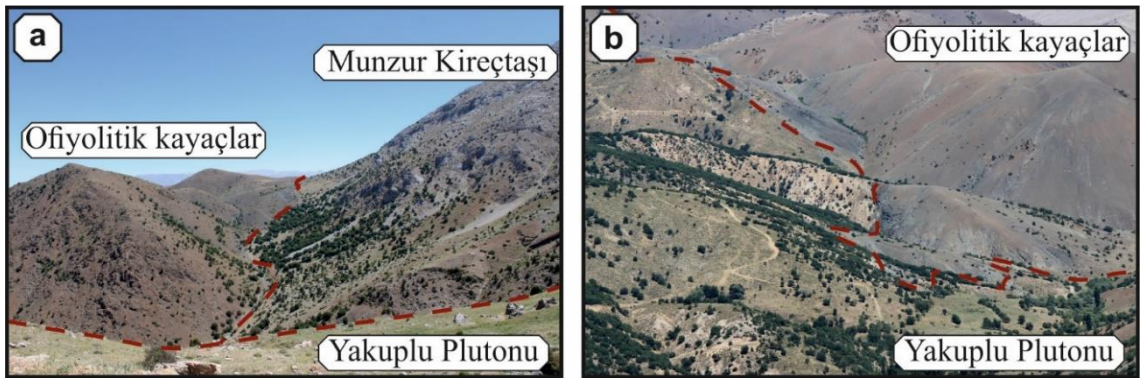
Gerçekleştirilen petrografi çalışmalarında Subaşı Formasyonuna ait kumtaşlarının az oranda (<%10) kayaç parçası, eşit oranda feldspat ve kuvars içerdiği belirlenmiştir. Bu kumtaşlarının Dott (1964)'e göre arkozik arenit alanına düştüğü belirlenmiştir.

Tuf örneklerinin petrografi incelemesinde kristallerin cam ve kayaç parçalarından daha fazla olmasından dolayı kayaçlar vitrik-kristal tuf olarak sınıflandırılmış ve breşik yapıdaki kireçtaşlarının yeniden kristallenmiş olduğu gözlenmiştir.

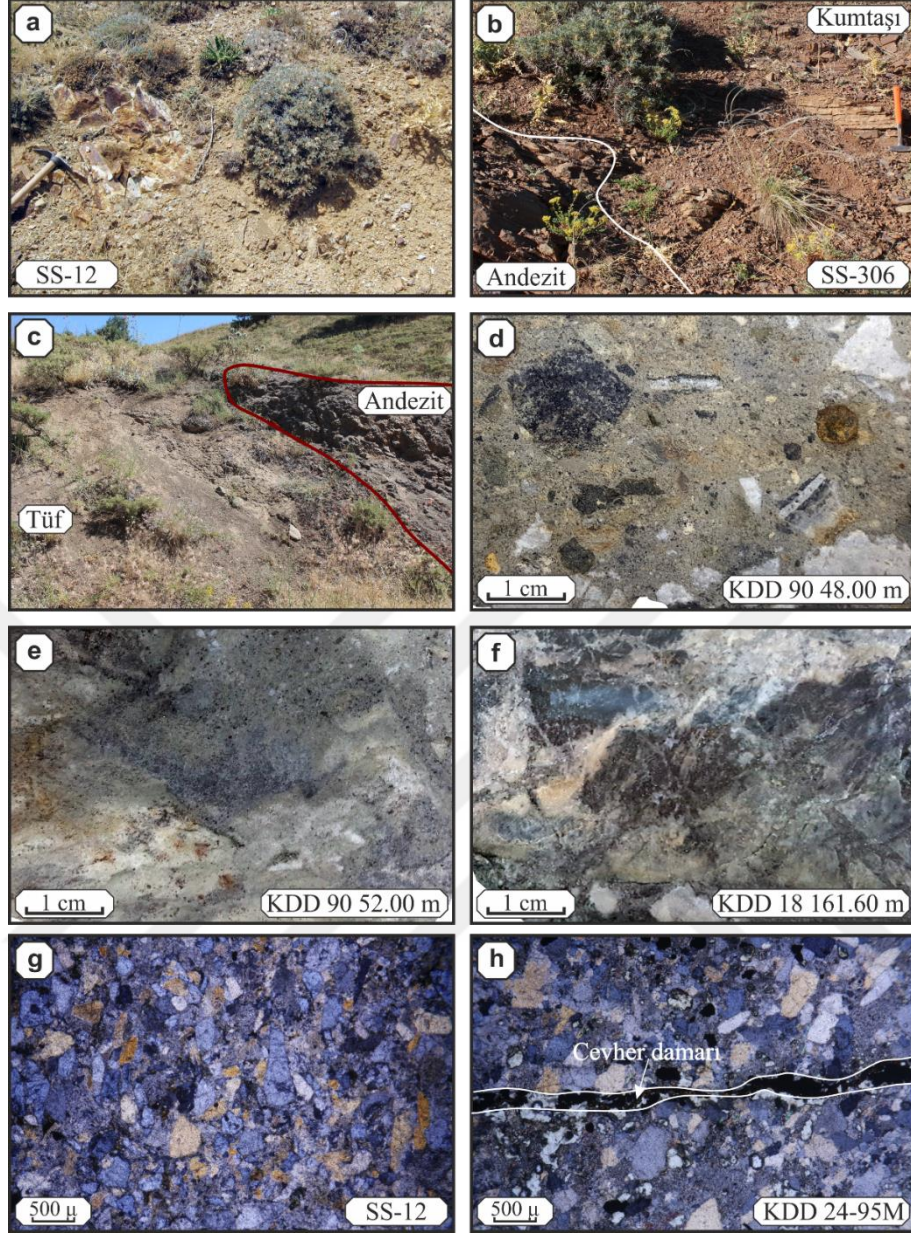
SS-306 numaralı kumtaşı örneği üzerinde gerçekleştirilen kalıntı zirkon U-Pb jeokronolojisinden elde edilen yaş verilerine göre Subaşı Formasyonuna ait kumtaşlarının kaynak alanlarının bölgedeki metamorfik ve ofiyolitik kayaçlar olabileceği belirlenmiştir. KDD-90 numaralı sondajın 42. metresinden alınan örnekte U-Pb yaşlandırması yapılmak üzere laboratuvara gönderilmiş ancak yeterli büyüklükte ve sayıda zirkon bulunamadığından analiz gerçekleştirilememiştir.



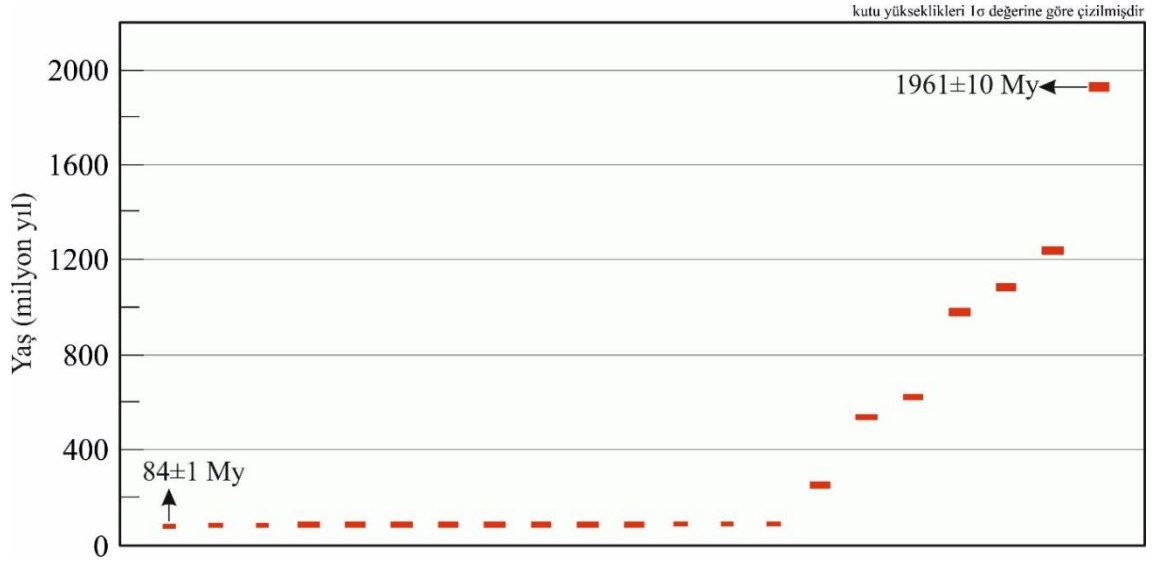
Şekil 3.8. a) Kabataş Köyü-İliç arasındaki stabilize yol üzerinde intrüzyon-kireçtaşı dokanağında gelişmiş skarn zonu ve rekristalize kireçtaşları; b) İntrüzyon-kireçtaşı dokanağında gelişmiş manyetit ve ikincil limonitlerin gözlemlendiği skarn cevherleşmesinin yakından görünümü c) Ayı kayası tepesi civarından alınmış kireçtaşı örneğinin tek nikol polarizan mikroskop görüntüsü; d) a fotoğrafındaki rekristalize kireçtaşına ait tek nikol polarizan mikroskop görüntüsü



Şekil 3.9. Ofiyolitik kayaların Munzur Kireçtaşları (a) ve Yakuplu plütunu ile olan dokanağının Dikenliyazı Tepenin kuzeydoğu yamacından görünümü



Şekil 3.10. Subaşı Formasyonuna ait arazi, makro ve mikro görüntüleri: a) Tekçam Tepenin kuzeyinde Kabataş Köyü ile İliç İlçesi arasında bulunan stabilize yolunun alt tarafında gözlenen ayrılmış kumtaşı tabakaları (Örnek no: SS-12); b) Çalışma sahasının güney batısında Subaşı Köyü yolu üzerinde mostra veren kumtaşları ve onları kesen andezit daykı (Örnek no: SS307 (kumtaşı) ve SS 306 (andezit); c) Kabataş Köyü-Çaldere Köyü yolu üzerinde gözlenen Subaşı Formasyonuna ait tüfler ve onları kesen Eosen yaşlı andezitler; d) Kireçtaşı ve mafik kayaç breşleri içeren Subaşı Formasyonuna ait kumlu tüf (Örnek no: KDD-90 48m); e) Kısmen metamorfize olmuş breş içeren kumlu tüf birimi KDD-90 52m); f) Tamamen metamorfize olmuş ve hornfelsleşmiş breşleri içeren kumlu tüf birimi (Örnek no KDD-18 161m); g) SS-12 numaralı kumtaşı örneğinin çapraz nikol altındaki görünümü; h) KDD-24 95m numaralı örneğin çapraz nikol altındaki görünümü



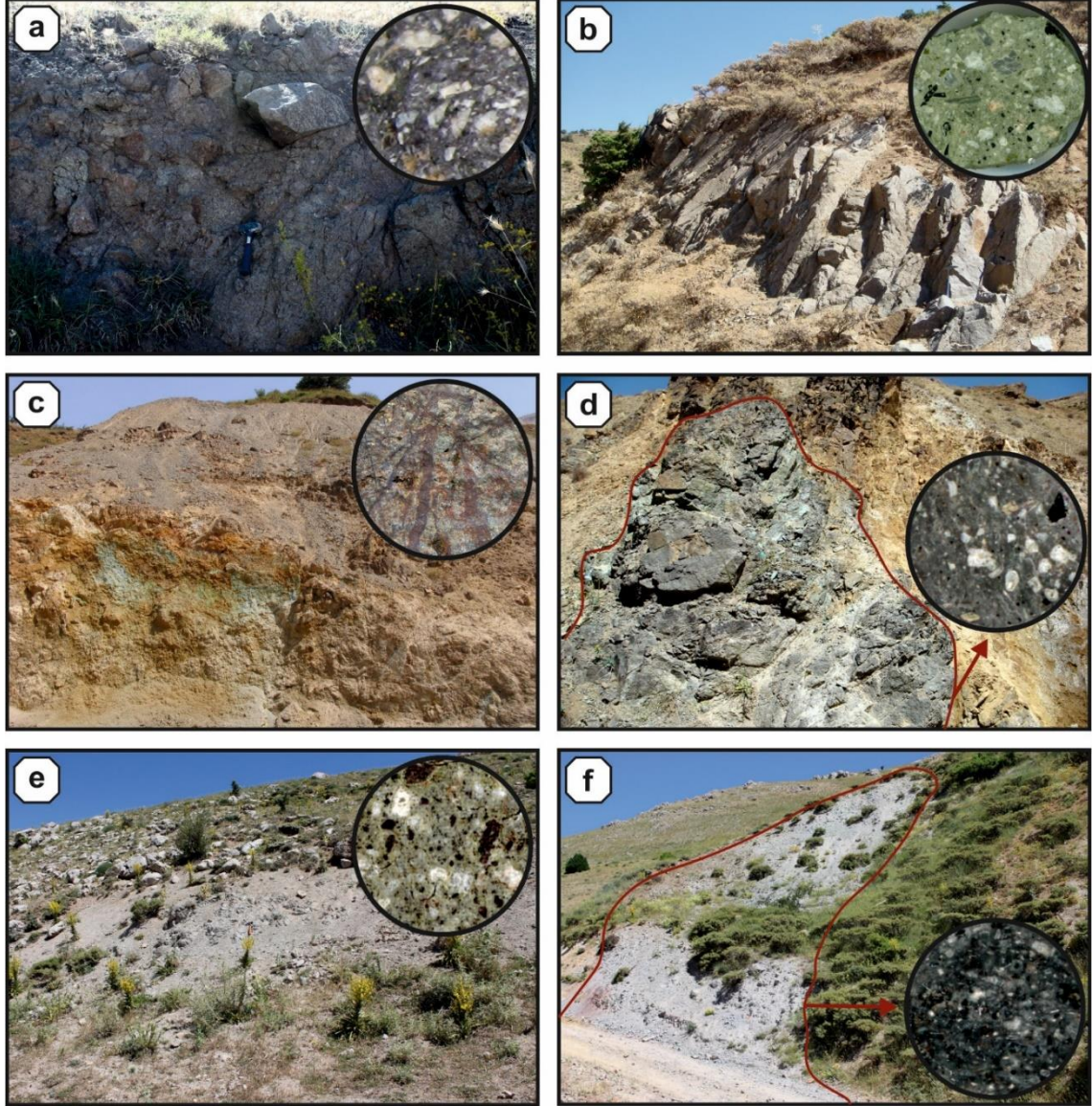
Şekil 3.11. Subaşı formasyonu içerisinde yer alan kumtaşlarından elde edilen kalıntı zirkonların U-Pb yaş grafiği (Şekil 3.2'deki 3 numaralı örnek)

3.1.5. Kabataş Yarı Derinlik Kayaçları

Çalışma sahasında gözlenen porfiri dokulu yarı derinlik kayaçlarına Özgül vd., (1981) Subaşı Formasyonunu içerisinde yer vermiştir. Yazgan (1984) ve Özer (1994) ise bu yarı derinlik kayaçlarını granodiyorit-kuvarslı diyorit bileşimli Yakuplu plütonun bir parçası olarak tanımlamış ve haritalamıştır. İmer (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise Çöpler-Kabataş magmatik sisteminin içinde granodiyorit ve diyorit porfiri olarak haritalanmıştır. Kuşçu (2013) çalışma sahasında monzonit, monzodiyorit, granodiyorit ve porfiri mikrodiorit bileşimli sil, dayk ve stokların varlığından bahsetmiştir. Walton and Crowley (2001) ise bu kayaçları cevherleşme ile ilişkilendirilerek cevherleşme içermeyen andezitik sokulumlar, cevherleşme içeren sokulumlar ve cevherleşme sonrası dayklar olarak 3 gruba ayırmıştır. Bu çalışmalardan farklı olarak gerçekleştirilen detaylı arazi ve petrografi çalışmaları ile bölgedeki magmatik kayaçlar dasitik volkanikler (Şekil 3.10c ve Şekil 3.12a), granodiyorit ve monzodiyorit bileşimli porfiri dokulu yarı derinlik kayaçları (Şekil 3.12b ve c), dasitik-trakitik dayklar (cevherleşme sonrası dayklar) (Şekil 3.12d), andezitik volkanikler (Şekil 3.12e) olarak dört birime ayrılmıştır.

Bu kayaçların; gerçekleştirilen arazi çalışmalarında mostralarda Subaşı Formasyonunu kestikleri görüldüğünden dolayı Kabataş magmatik kayaçları olarak ayrı bir birim olarak incelenmiştir. Ancak bu birimin özellikle güney kesimi tarımsal arazi olarak

kullanıldığından Subaşı Formasyonu ile olan sınırının tam olarak belirlenmesi mümkün olamamıştır.

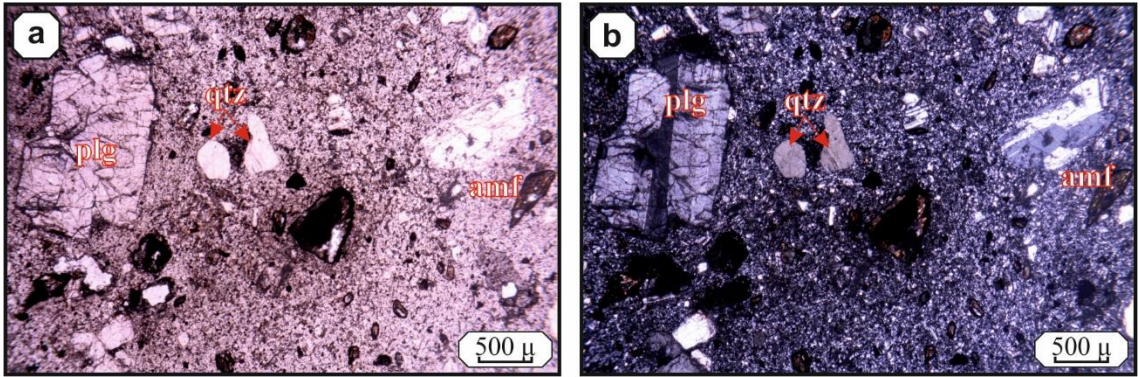


Şekil 3.12. Çalışma sahasının farklı bölgelerinde mostra veren intrüzif kayalar ve makroskopik görünüşleri: a) Kil Tepenin kuzeydoğusunda yol üstünde mostra veren dasit (örnek no: SS-301); b) Tekçam Tepenin güneyinde yol üstünde mostra veren porfiri granodiyorit (örnek no: SS-130); c) Çalışma sahasının merkezinde cevherli zonda yer alan ve potasik alterasyon gösteren porfiri granodiyorit (örnek no:KK-3); d) Çalışma sahasının merkezinde yer alan potasik alterasyon zonunu kesen (KK-3 nolu örneği) cevherleşme sonrası andezit daykı (örnek no: KK-2) e) Köserelik Tepenin güneybatı yamacında mostra veren andezit (örnek no: SS-313); f) Hornblend andezitleri kesen bazalt (örnek no:SS-195).

Kabataş magmatik kayaçları Kil Tepenin kuzeyinde yüzeylenme veren porfiri dasit, Tekçam Tepe ve çalışma sahasının merkezindeki metamorfikleri keserek yüzeylenme veren yarı derinlik kayaçları (porfiri dokulu, monzodiyorit-granodiyorit bileşimli) ile bunları kesen porfiri andezit ve latit daykları ile Kösterelik tepenin güneybatı yamacında yüzeylenen porfiri andezitlerden oluşmaktadır.

3.1.5.1. Dasit

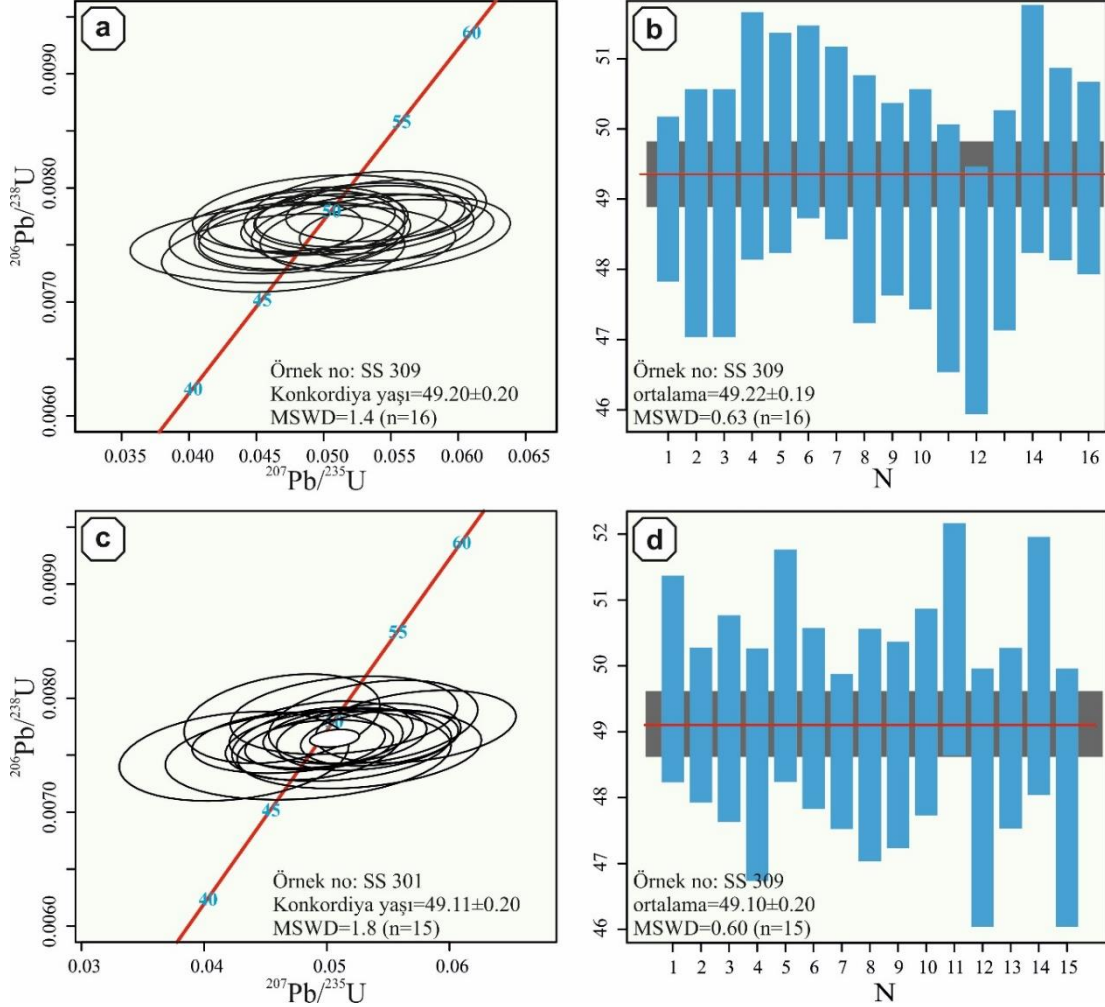
Dasitler Tekçam Tepenin güneyi ile Kil Tepe arasında ve Kabataş Köyü civarında yüzeylenme vermektedir. Bu bölge tarımsal arazi olarak kullanıldığından dolayı birimin özellikle güneyde Subaşı Formasyonu ve kuzeyde ise yarı derinlik kayaçları ile olan sınırı kesin olarak belirlenememiştir. Dasitlere ait en belirgin mostralar Kil tepenin kuzeydoğusundaki stabilize yol üzerinde (Şekil 3.12a) ve Kabataş köyü ile Çaldere Köyü yolu üzerinde gözlenmektedir. Makroskopik olarak gri renkli ve porfiri dokulu olup alterasyon belirtisi göstermemektedir. Mikroskopik olarak ise hipokristalin porfirik doku göstermektedirler ve bolluk sırasına göre plajiyoklas, hornblend, biyotit ve kuvars fenokristalleri ve bunların minerallerin mikro kristalleri gözlenmektedir. Hornblendlerde kenarları boyunca opaklaşma gözlenmiştir.



Şekil 3.13. Kil Tepenin kuzeydoğusundaki stabilize yol üzerinde yüzeylenen porfiri dasitlerin mikroskop altındaki görünüşleri (Örnek no: SS301, a) Tek nikol b) Çift nikol) (plg: plajiyoklas, qtz: kuvars, amf: amfibol)

Birimin yaşının belirlenmesi amacıyla hem Çaldere Köyü yolu hem de Kil Tepenin kuzeyindeki mostralardan alınan birer örnekte zirkon mineralleri üzerinde U-Pb

yaşlandırması yapılmıştır. Gerçekleştirilen analizler sonucunda Çaldere Köyü yolundaki dasitlerin 49.20 ± 0.20 my ($n=16$) ve Kil Tepenin kuzey doğusundaki dasitlerden ise 49.11 ± 0.20 my ($n=15$) konkordiya yaşları elde edilmiştir. Örneklerin ağırlıklı ortalama $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ yaşları ise sırasıyla 49.22 ± 0.19 my ($n=16$) ve 49.10 ± 0.20 my olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.14).

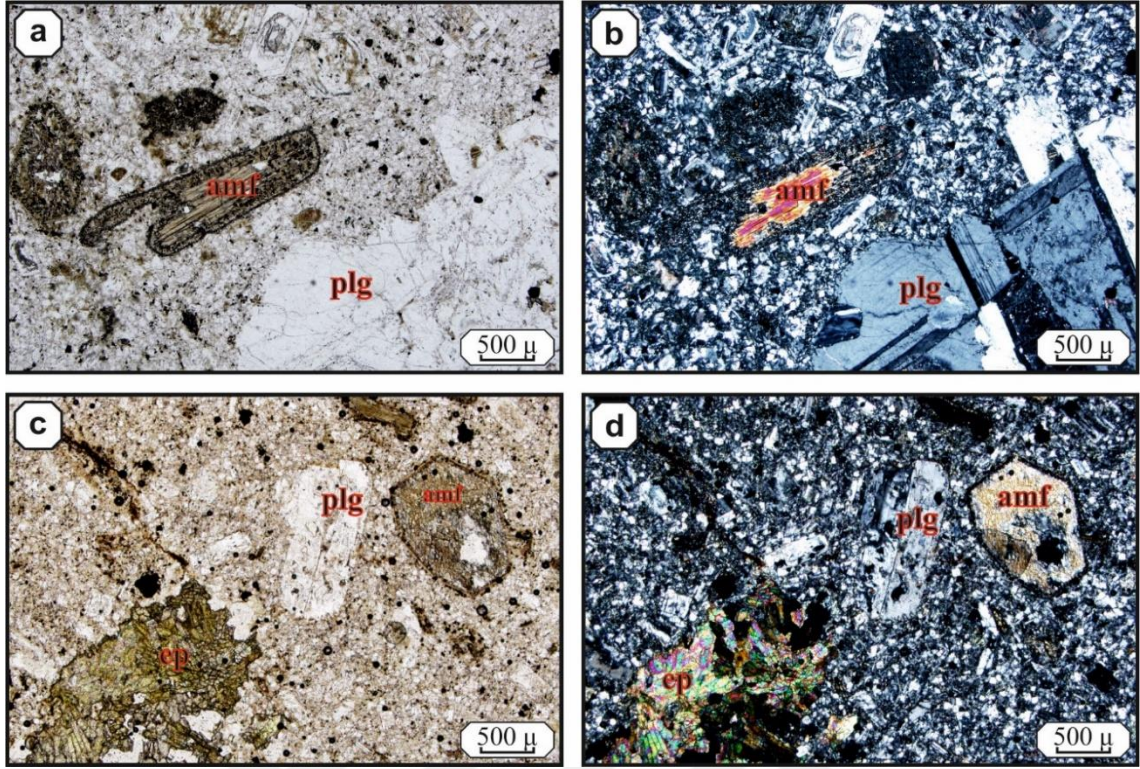


Şekil 3.14. SS 301 ve SS 309 numaralı dasit örneklerinin U-Pb konkordiya ve U-Pb ağırlıklı ortalama yaş grafikleri (SS 309 ve SS 301 sırasıyla Şekil 3.2'deki 4 ve 5 numaralı örneklerdir)

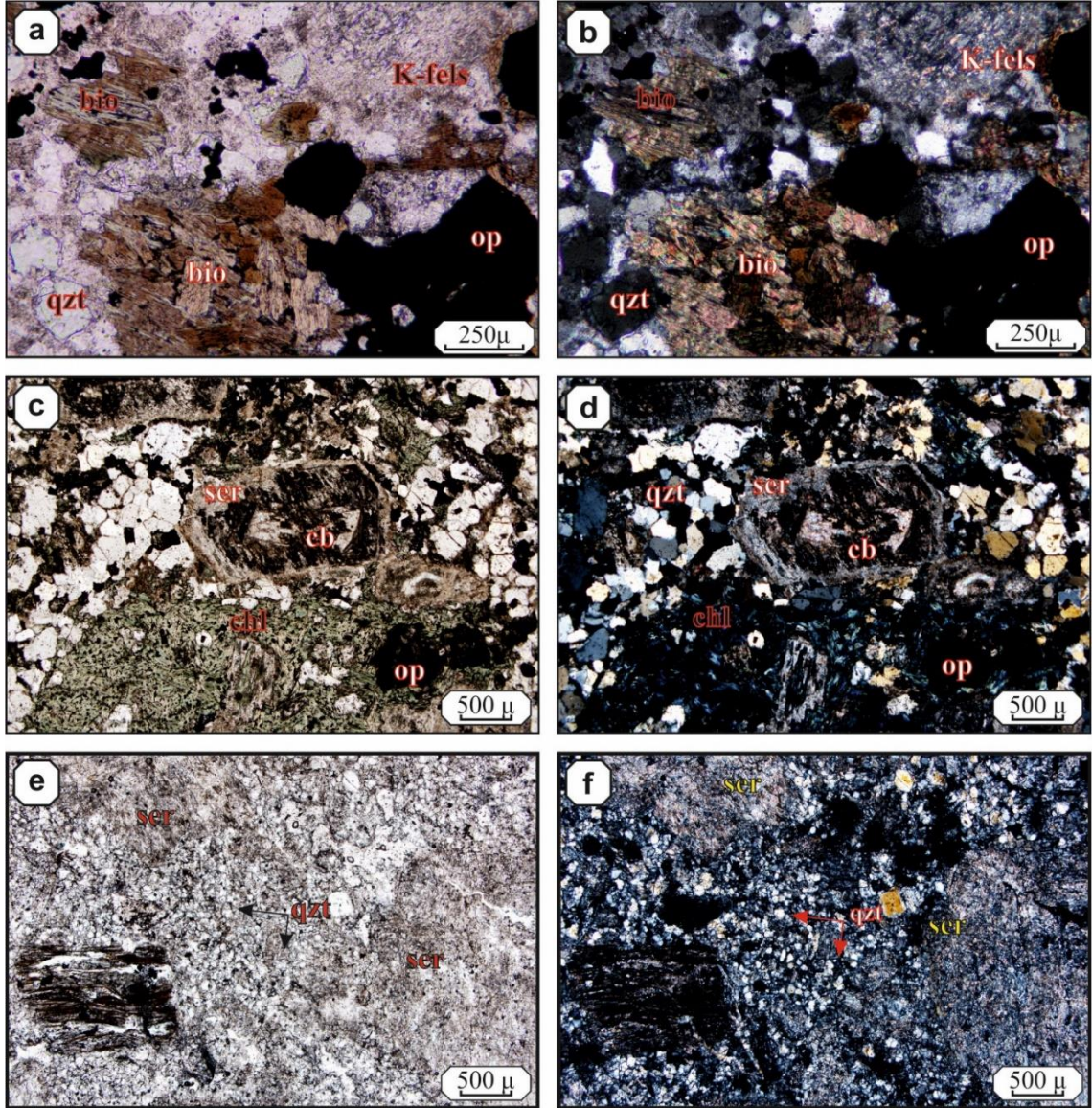
3.1.5.2. Yarı Derinlik Kayaçları

Yarı derinlik kayaçları Tekçam Tepe civarında ve çalışma alanın merkezinde yer almaktadır. Tekçam Tepe civarındaki yarı derinlik kayaçları makroskopik olarak porfiri

dokulu olup gri-mor ve yeşil renklerde görülmekte, mikroskobik holokristalin porfirik doku göstermekte ve fenokristaller bolluk sırasına göre plajiyoklaz, hornblend, biyotit ve kuvarstan, mikrokristaller ise plajiyoklaz, ortoklaz ve kuvarstan oluşmaktadır. Ayrıca bu yarı derinlik kayaçlarında cevherleşme gözlenememiş ancak mafik minerallerde opaklaşma gözlenmiştir (Şekil 3.15a ve b). Tekçam Tepenin kuzeyindeki yarı derinlik kayaçlarında ise güneydekilerden farklı olarak ikincil epidotlar ve serizitleşme ile karakteristik olan propilitik alterasyon gözlenmektedir (Şekil 3c ve 3d). Çalışma alanının merkezindeki kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı yarı derinlik kayaçlarında yüzeydeki yoğun ayrışmadan ötürü bu birimlerin detaylı petrografik incelemesi sondajlardan alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kısmen altere olmuş örneklerde gerçekleştirilen mikroskobik incelemelerde holokristalin porfiri doku gösterdikleri ve ilksel mineralojilerinin plajiyoklas, honblend ve kuvars fenokristalleri ile plajiyoklas, ortoklas ve kuvars mikrokristallerinden oluştuğu belirlenmiştir. Bu yarı derinlik kayaçlarında cevherleşme ile ilişkili gelişen yaygın olarak ikincil biyotit ve ortoklasların geliştiği potasik alterasyon, klorit ve serizit minerallerinin baskın olduğu klorit-serizit alterasyonu ve ikincil kuvars ile serizitlerin baskın olduğu serizitik (fillik) alterasyon gözlenmektedir (Şekil 3.16a-f). Potasik alterasyon gözlenen örneklerde ayrıca yer yer yoğun şekilde gelişmiş ağsal kuvars ve anhidrit damarları da bulunmaktadır. Alterasyon sonucu oluşan ikincil minerallerin gözlenmediği örneklerde BSE görüntüsü ile modal mineralojik bileşimlerine göre granodiyorit ve monzodiyorit arasında değişen mineralojik bileşime sahip olduğu belirlenmiştir.



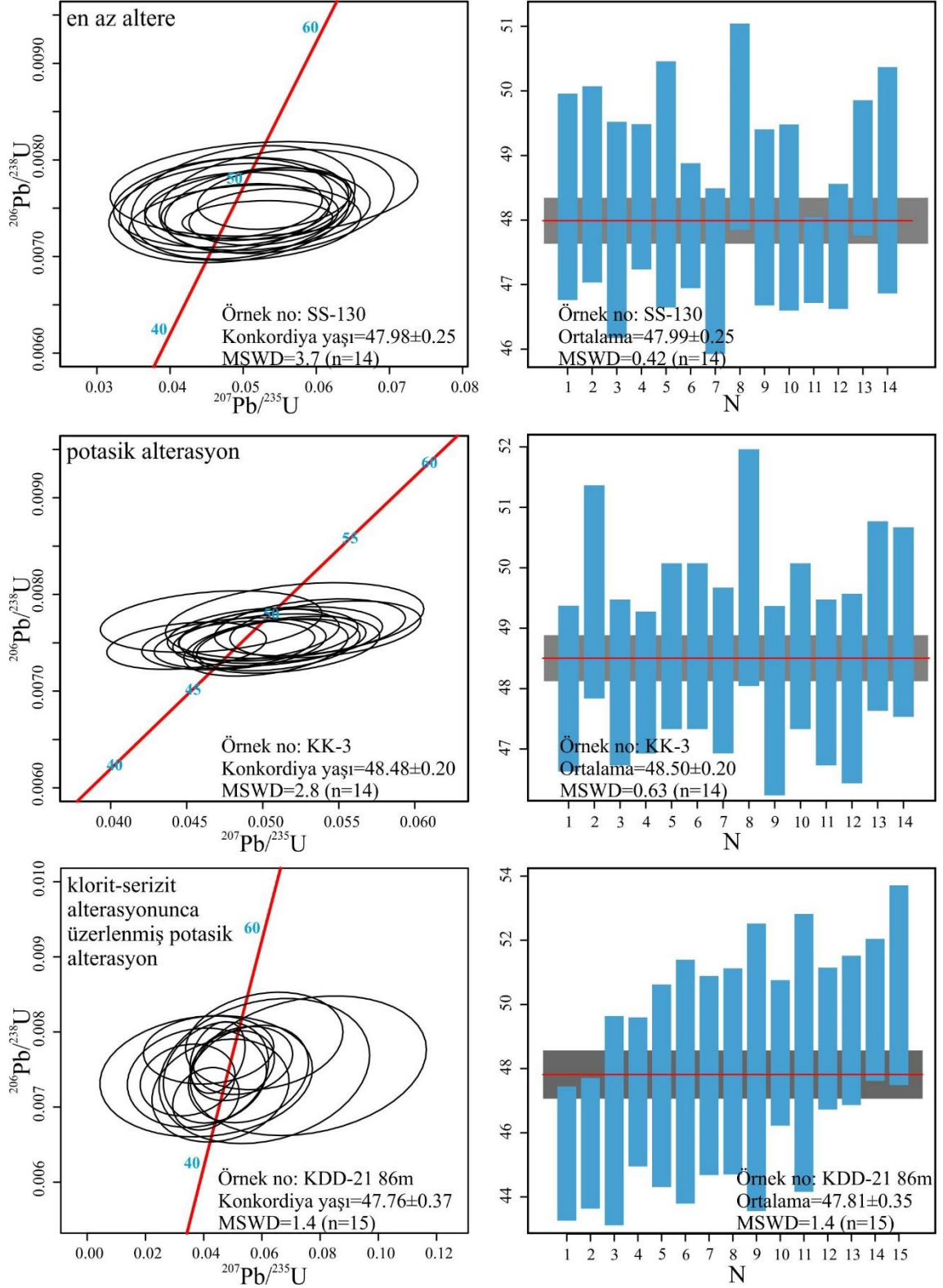
Şekil 3.15. a ve b) Tekçam Tepenin güneyinde gözlenen cevherleşme içermeyen mafik minerallerde opaklaşma gözlenen porfiri dokulu yarı derinlik kayacının (granodiyorit) teknikol ve çift nikol altında görünümü (Örnek no SS-130); c) ve d) Tekçam Tepenin kuzeyinde bulunan ikincil epidot içeren yarı derinlik kayacının tek nikol ve çift nikol altında görünümü (Örnek no SS-133); (amf: amfibol, plg: plajiyoklas, ep: epidot)



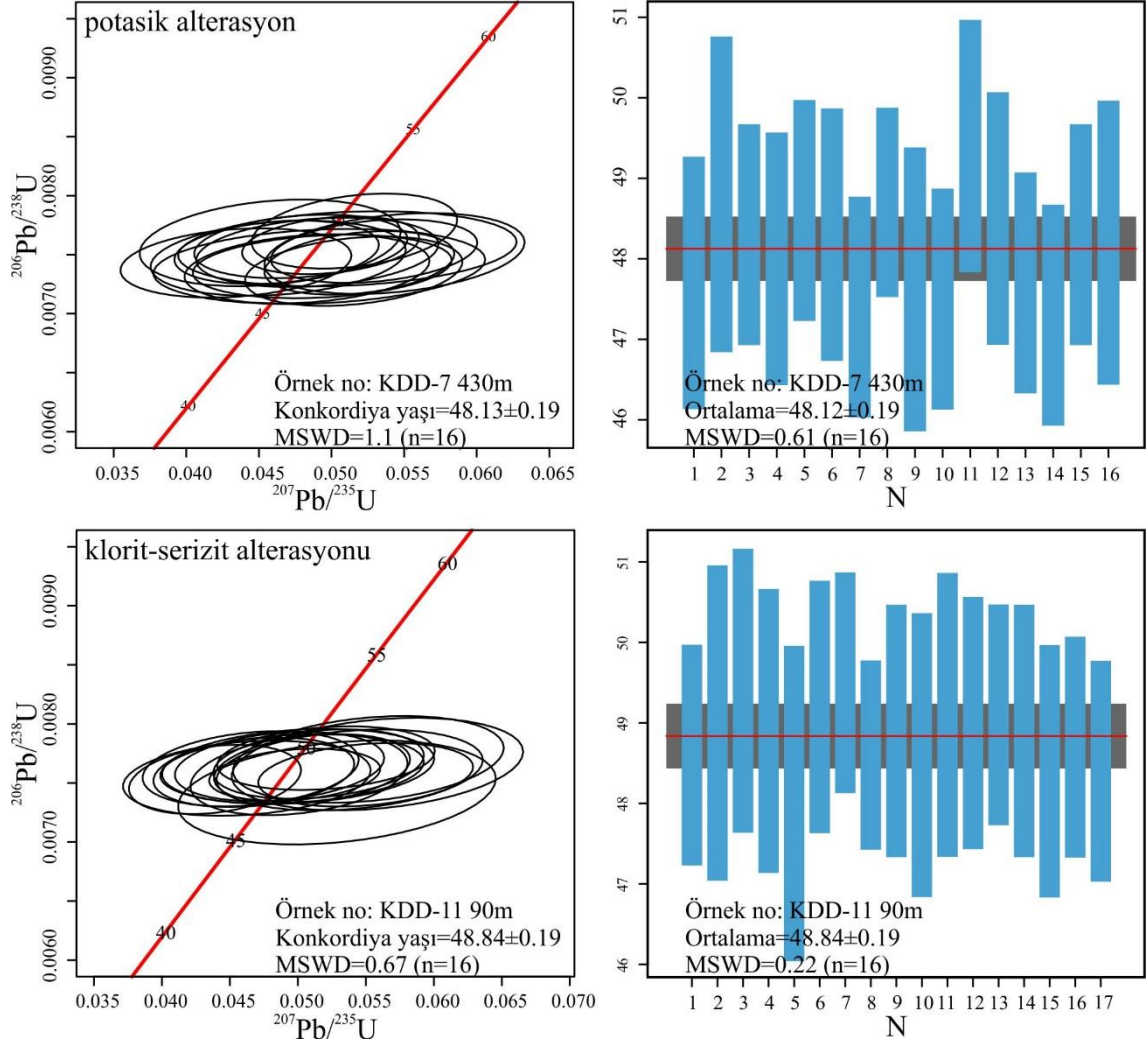
Şekil 3.16. a ve b) Çalışma alanının merkezinde yer alan ikincil biyotit, ortoklas ve cevherli kuvars damarları ile karakteristik bir potasik alterasyon gösteren yarı derinlik kayaçlarının tek ve çift nikol altında görünümü (Örnek no: KDD-7 430m); c) ve d) Klorit, serizit ve karbonat mineralleri ile klorit-serizit alterasyonu gözlenen yarı derinlik kayaçlarının tek ve çift nikoller altında görünümeleri (Örnek no: KDD-11 90m); e) ve f) yoğun serizit ve ikincil kuvarslar gözlenen serizit (fillik) alterasyonu ile temsil edilen yarı derinlik kayacı (Örnek no: KDD-22 152m) (bio: biyotit, K-felds: ortoklas, qzt: kuvars, chl: klorit, cb: karbonat minerali, op: opak mineral, ser: serizit)

Yarı derinlik kayaçlarının yerleşim yaşını belirlenmesi amacıyla biri en az altere, biri potasik alterasyon gösteren 2 adet yüzey örneği, farklı derinliklerden alınan 2 adet potasik alterasyon gözlenen ve 1 klorit-serizit alterasyonu gözlenen 3 adet sondaj örneği olmak üzere 5 farklı örnek üzerinde zirkon U-Pb yaşlandırması gerçekleştirilmiştir. Tekçam Tepenin

güneyinden alınan ve en az altere örnek olan SS-130 numaralı porfiri monzodiyorit örneğinden 47.98 ± 0.25 my (n=14) konkordiya yaşı ve 47.99 ± 0.25 my (n=14) ağırlıklı ortalama $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ yaşı elde edilmiştir. Çalışma alanının merkezinde cevherli zondan alınan ve potasik alterasyon gözlenen KK-3 numaralı granodiyrit örneğinden ise 48.48 ± 0.20 my (n=14) konkordiya yaşı ve 48.50 ± 0.20 my (n=14) ağırlıklı ortalama $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ yaşı elde edilmiştir. KDD-21 numaralı sondajın 86. metresinden alınan klorit-serizit alterasyonu ile üzerlenmiş potasik alterasyon gözlenen granodiyorit (?) örneğinden 47.76 ± 0.37 my (n=15) konkordiya yaşı ve 47.81 ± 0.35 my (n=15) ağırlıklı ortalama $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ yaşı elde edilmiştir. KDD-7 numaralı sondajın 430. metresinden alınan potasik alterasyon gösteren porfiri monzodiyorit örneğinden ise hem konkordiya yaşı hem de ağırlıklı ortalama yaşı 48.84 ± 0.19 my yıl elde edilmiştir. Klorit-serizit alterasyonu gösteren (KDD 11-90) örneğin yoğun alterasyonundan dolayı ilksel kayaç bileşimi belirlenememiştir. Bu örnekten 48.84 ± 0.19 my (n=15) konkordiya yaşı ve ağırlıklı ortalama $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ yaşı elde edilmiştir.



Şekil 3.17. Karakartal maden sahasında gözlenen yarı derinlik kayaçlarını temsilen alınan SS-130 (en az altere), KK-3 (potasik alterasyon) ve KDD-21 86m (klorit serizit alterasyonu) (numaralı örneklerin konkordiya ve U-Pb ağırlıklı ortalama yaş grafikleri (SS-130, KK-3 ve KDD-21 86m sırasıyla Şekil 3.2'deki 6,7 ve 8 numaralı örneklerdir)



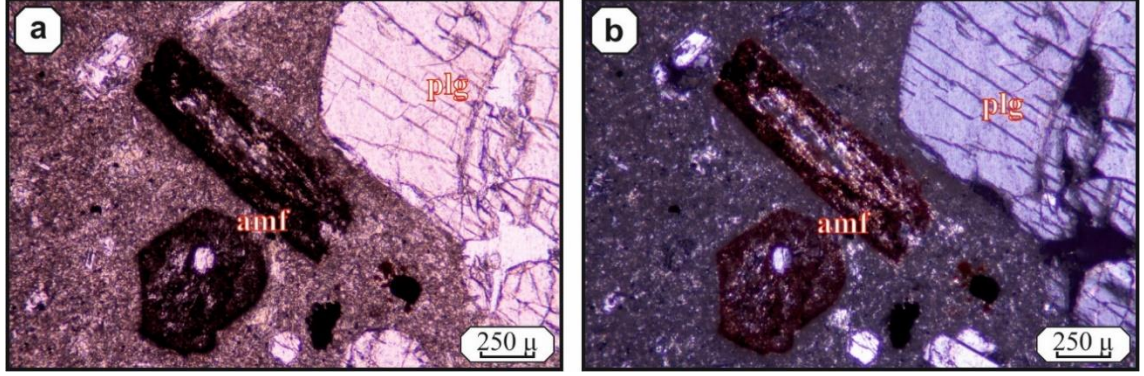
Şekil 3.18. Karakartal maden sahasında gözlenen yarı derinlik kayaçlarını temsilen alınan numaralı örneklerin konkordiya ve U-Pb ağırlıklı ortalama yaş grafikleri (KDD-7 430m ve KDD-11 90m sırasıyla Şekil 3.2'deki 9 ve 10 numaralı örneklerdir)

3.1.5.3. Andezit

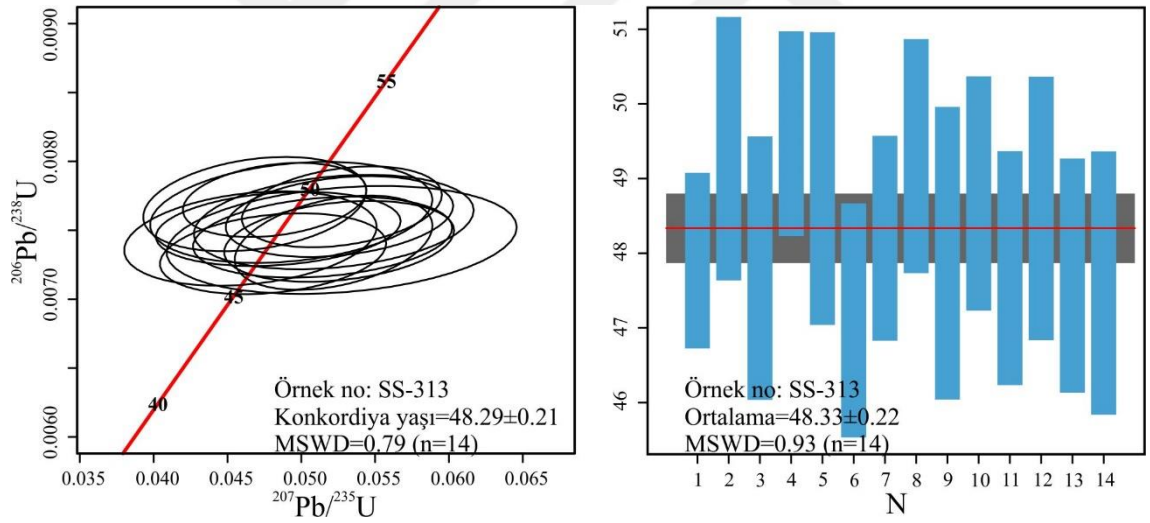
Andezitler Köserelik Tepenin güneybatı tarafında mostra vermektedirler (Şekil 3.12e) Makroskobik olarak porfiri dokulu gözükten birim yeşil-kırmızı renklerde görülmektedir ve arenalaşma göstermektedir. Mikroskobik olarak hipohiyalin porfirik doku göstermekte ve fenokristalleri plajiyoklas ve hornblend oluşturmaktadır. Mikrokristal olarak ise sadece plajiyoklaslar gözlenmiştir (Şekil 3.19) Hornblendler ise tamamen opaklaşmıştır.

Andezitlerin yaşını belirlemek amacıyla SS-313 numaralı örnek üzerinde zirkon U-Pb yaşlandırması gerçekleştirilmiş ve 48.23±0.19 my (n=16, MSWD=3,6) konkordiya yaşı ve

48.29±0.20 my (n=15, MSWD=1,6) ağırlıklı ortalama $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ yaşı elde edilmiştir (Şekil 3.20).



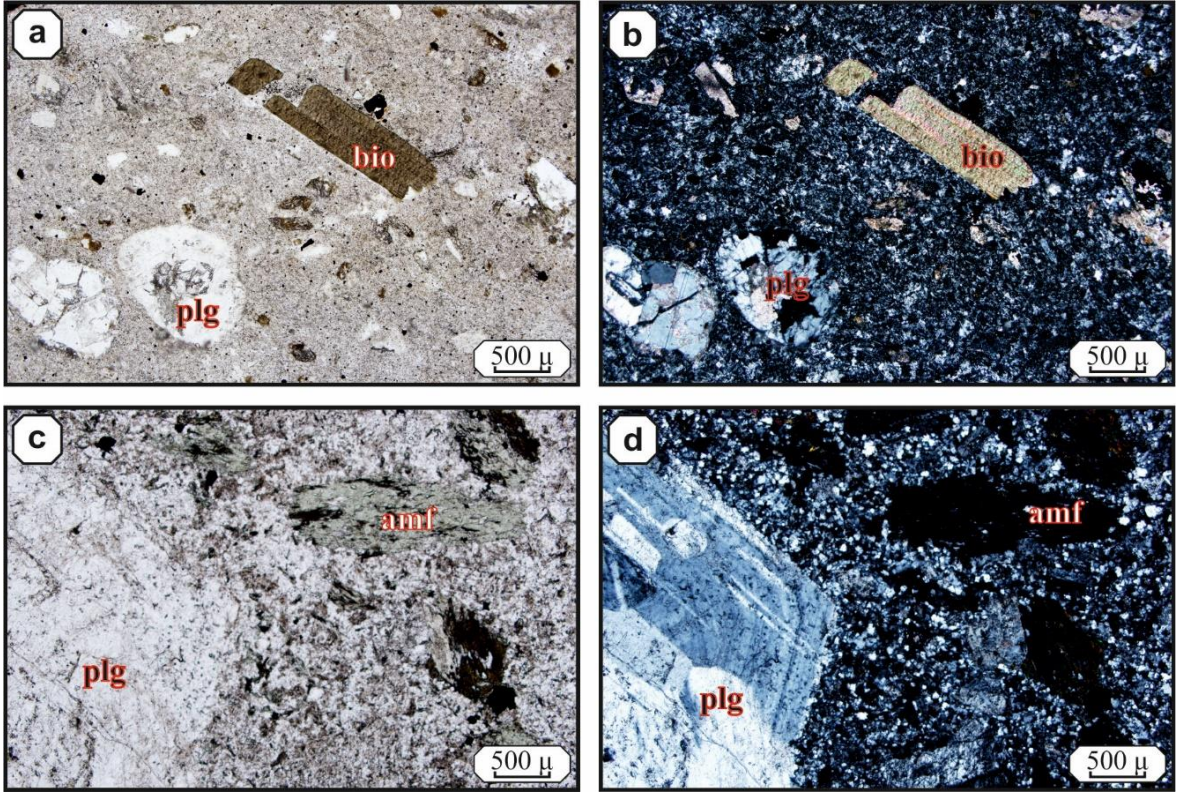
Şekil 3.19. Köserelik Tepenin güneybatı yamacında mostra veren porfiritik hornblend andezitlerin tek nikol a) ve çapraz nikol altında görünümü b) (Örnek no: SS313) (plg: plajiyoklas, amf: amfibol)



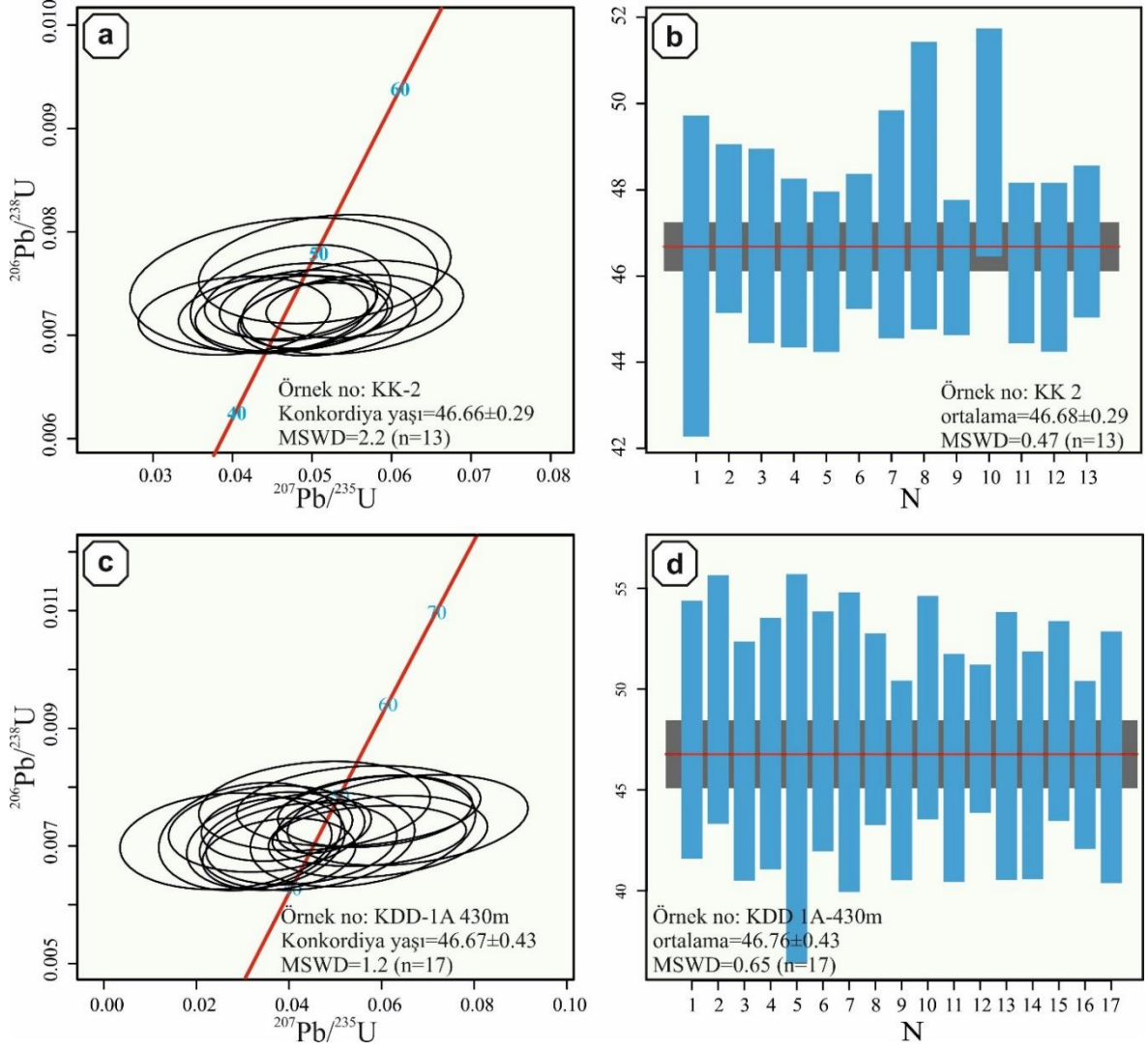
Şekil 3.20. Köserelik Tepenin güneybatı yamacında mostra veren porfiri hornblend andezitleri temsilen alınan SS-313 numaralı örneğin konkordiya ve U-Pb ağırlıklı ortalama yaş grafikleri (Şekil 3.2'deki 11 numaralı örnek)

3.1.5.4. Cevherleşme Sonrası Dayklar

Çalışma sahasının merkezindeki cevherleşme içeren yarı derinlik kayaçlarını kesen dayklar cevherleşme içeren intrüzyonlar gibi KB-GD uzanımına sahiptirler. Kalınlıkları birkaç on santim ile birkaç metre arasında değişmektedir. Genellikle gri tonlarında renge sahip olup ve mikroskobik olarak porfiri doku göstermektedirler (Şekil 3.2 ve Şekil 3.12d). Bu dayklar makroskobik olarak alterasyon göstermemekte ve herhangi bir cevher minerali içermemektedirler. Dayk örnekleri üzerinde gerçekleştirilen mikroskobik incelemelerde daykların hyaloporfiri dokuya sahip oldukları, plajiyoklas, kuvars, amfibol ve biyotit fenokristalleri ile plajiyoklas, ortoklas ve kuvars mikrokristallerinden oluştuğu ve sondajlardan alınan dayk örneklerinin yüzeydeki örneklerle göre daha iri taneli bir hamura sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. a) ve b) KK-2 (Şekil 3.12d) numaralı porfiri dokulu iri biyotit ve plajiyoklas içeren yüzeyden alınan dayk örneğinin tek nikol ve çift nikol altındaki görünümü; c) ve d) KDD-1a 440m numaralı sondaj karotlarından alınan porfiri dokulu iri amfibol içeren dayk örneğinin tek nikol ve çift nikol altındaki görünümü (plg: plajiyoklas, bio: biyotit, amf: amfibol)



Şekil 3.22. a) ve b) KK-2 numaralı yüzey örneğine ait konkordiya ve U-Pb ağırlıklı ortalma yaş grafikleri; c) ve d) KDD-1A numaralı sondajın 430. metresinden alınan dayk örneğinin konkordiya ve U-Pb ağırlıklı ortalma yaş grafikleri (KK-2 ve KDD-1A 430m Şekil 3.2'deki sırasıyla 12 ve 13 numaralı örnekler).

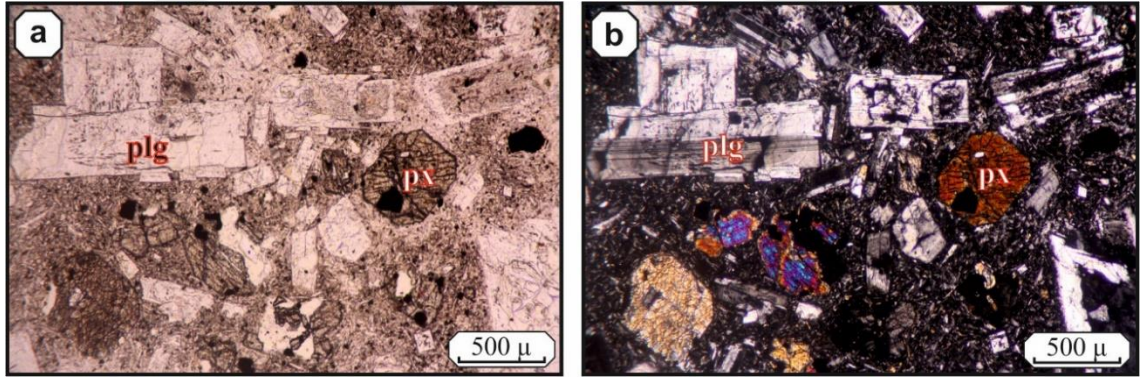
3.1.5.5. Yakuplu Plütonu

Yakuplu Plütonu çalışma sahasının kuzeyinde Yakuplu Köyü civarında, kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı olarak yaklaşık 7 km uzunluğunda ve 2 km genişliğinde olan bir intrüzif küttedir. Hem Munzur Kireçtaşlarını hem de ofiyolitik kayaları keserek yerleşmiştir (Şekil 3.9). İlk olarak Avcı (1991) tarafından adlandırılmıştır. Arazide grimsi beyaz ve açık sarı renklerde gözlenmektedir. Daha çok ince-orta kristalli, yer yer de porfiri dokuludur. Plütonun büyük bölümünü kuvarşlı diyorit ve granodiyorit bileşimli kayalar oluşturur. Kenarlara doğru porfirik dokulu mikrogrenit ve mikrodiyoritlere geçiş göstermektedir. Bu

birimler birbiriyle sık sık yanal ve düşey yönde geçişlidirler. Akçay ve diğ. (2017) plütunun yaşını zirkon U-Pb yaşlandırması ile 43-43.7 my olarak belirlemişlerdir.

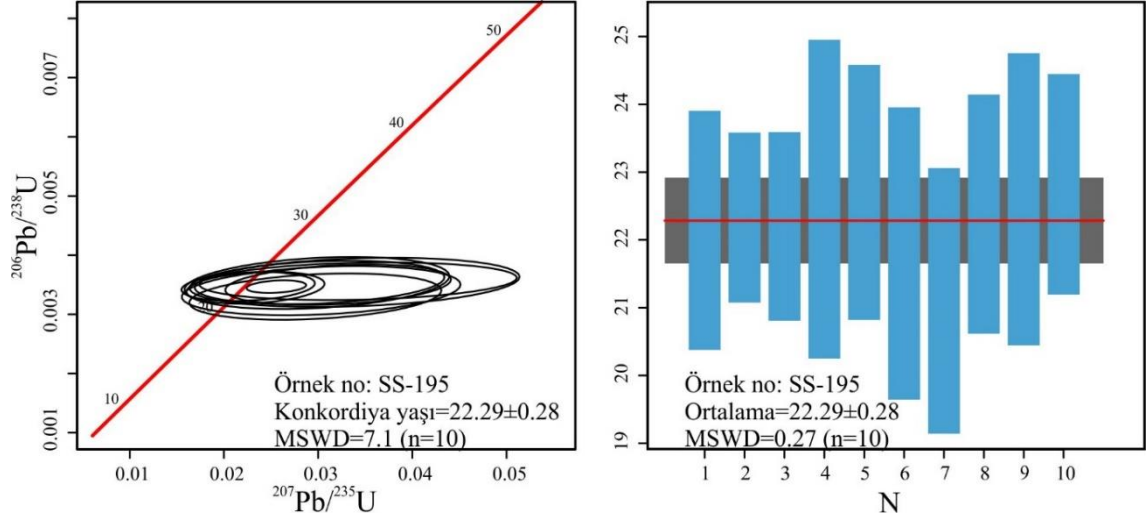
3.1.6. Bazalt

Cevherleşmeye eşlik eden yarı derinlik kayaçlarının kuzeyinde Kösterelik Tepenin güneybatı yamacında dar bir alanda mostra veren birim makroskopik olarak porfiri dokulu olup yüzeysel ayrışmadan ötürü gri-mavi renklerde görülmektedir (Şekil 3.12f). Mikroskopik olarak porfiri doku gösteren birimde fenokristaller plajiyoklas ve piroksenlerden oluşurken mikrokristal olarak sadece plajiyoklas gözlenmiştir. Mineralojik bileşimi dolayısıyla birim bazalt olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Cevherleşme sonrası bazalt örneğinin mikroskopik görünümü: a) Bazaltın tek nikol altında görünümü (Örnek no: ss-195, Şekil 3.12f); b) Bazaltın çapraz nikol altında görünümü (Örnek no: ss-195, Şekil 3.12f) (plg: plajiyoklas, px: piroksen)

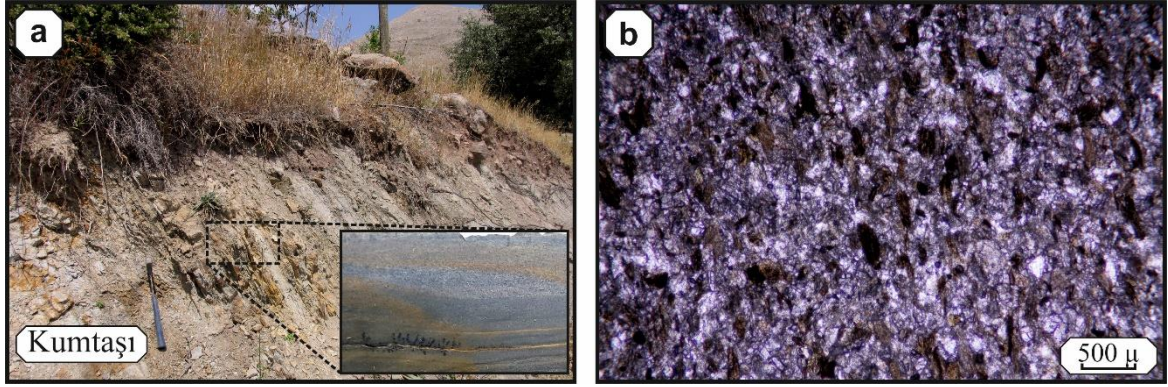
Birimin yaşının belirlenmesi için zirkon U-Pb yaşlandırması yapılmış ve hem korkordiya hemde ağırlıklı ortalama $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ yaşı olarak 22.29 ± 0.28 My ($n=10$, MSWD=7.1) elde edilmiştir (Şekil 3.24).



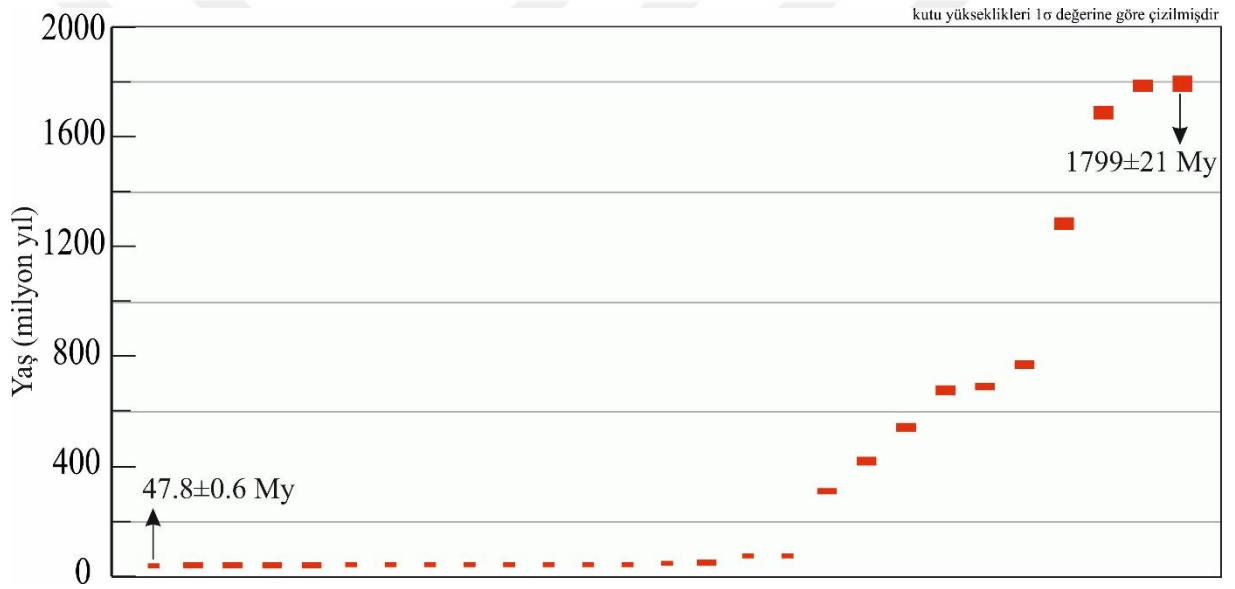
Şekil 3.24. SS-195 numaralı yüzey örneğine ait konkordiya ve U-Pb ağırlıklı ortalma yaş grafikleri (Şekil 3.2'deki 14 numaralı örnek)

3.1.7. Oligosen Kumtaşı

Kabataş köyünün güneyinde Alcer Co. Şirketine ait karot deposu içerisinde, mostra veren kumtaşları genellikle ince-orta tabakalı olup yer yer demir boyamaları ve mangan dendiritleri içermektedir. Gerçekleştirilen mikroskop çalışmaları ile siltli-kumtaşı olduğu belirlenmiştir. Bu kum taşları üzerinde gerçekleştirilen kalıntı zirkon U-Pb analizleri sonucunda izokronların 1799 ile 47.8 my arasında değişen yaşa sahip oldukları belirlenmiştir. Elde edilen yaşlara göre bu kumtaşlarının kaynak alanının Erken-Orta Eosen yaşlı olduğu söylenebilir. Bölgede yaygın Divriği Bizmişen bölgelerinde yüzeylenme veren ağırlıklı olarak karasal sedimanter kayalardan oluşan Oligosen yaşlı Selimiye Formasyonunun eşleniği (Aktimur ve diğ., 1988) olabileceği düşünülmüştür.



Şekil 3.25. a) Oligosen yaşlı kumtaşlarının Alacer Co. Şirketi'ne ait karot deposu alanındaki mostra ve makro görüntüsü; b) Siltli kumtaşının mikroskop altındaki görüntüsü



Şekil 3.26. Oligosen yaşlı kumtaşlarından elde edilen kalıntı zirkonların U-Pb yaş grafiği (Şekil 3.2'deki 15 numaralı örnek)

3.1.8. Yamaç Molozu

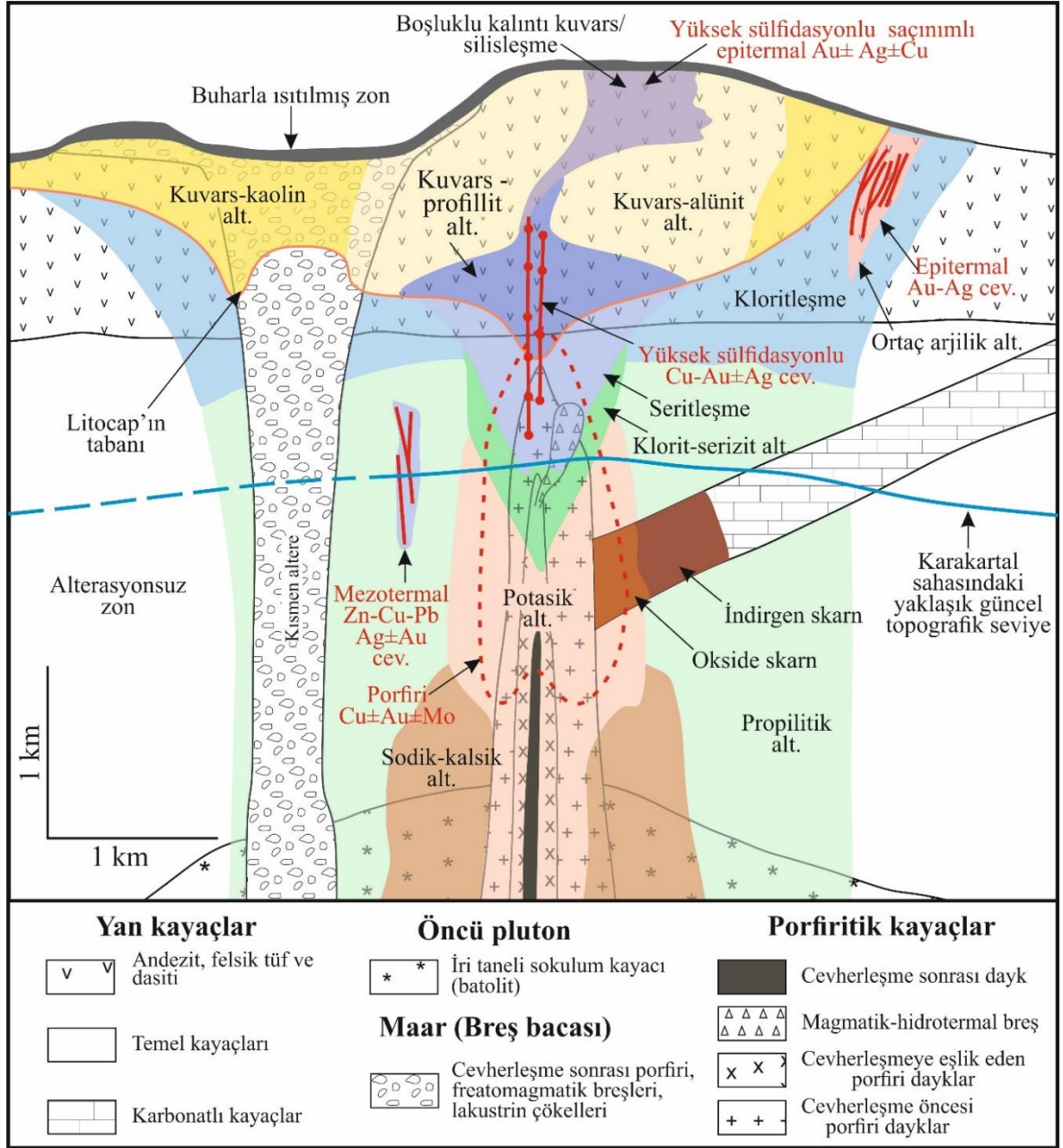
Köserelik Tepe ve Aşılık Tepelerin dik şevli yamaçlarından dökülen blok ve çakıl boyutunda kireçtaşı bileşenlerden oluşan güncel çökellerdir (Şekil 3.1 ve 3.2)

3.2. Karakartal Maden Sahasında Gözlenen Alterasyonlar ve Cevher Mineralleri

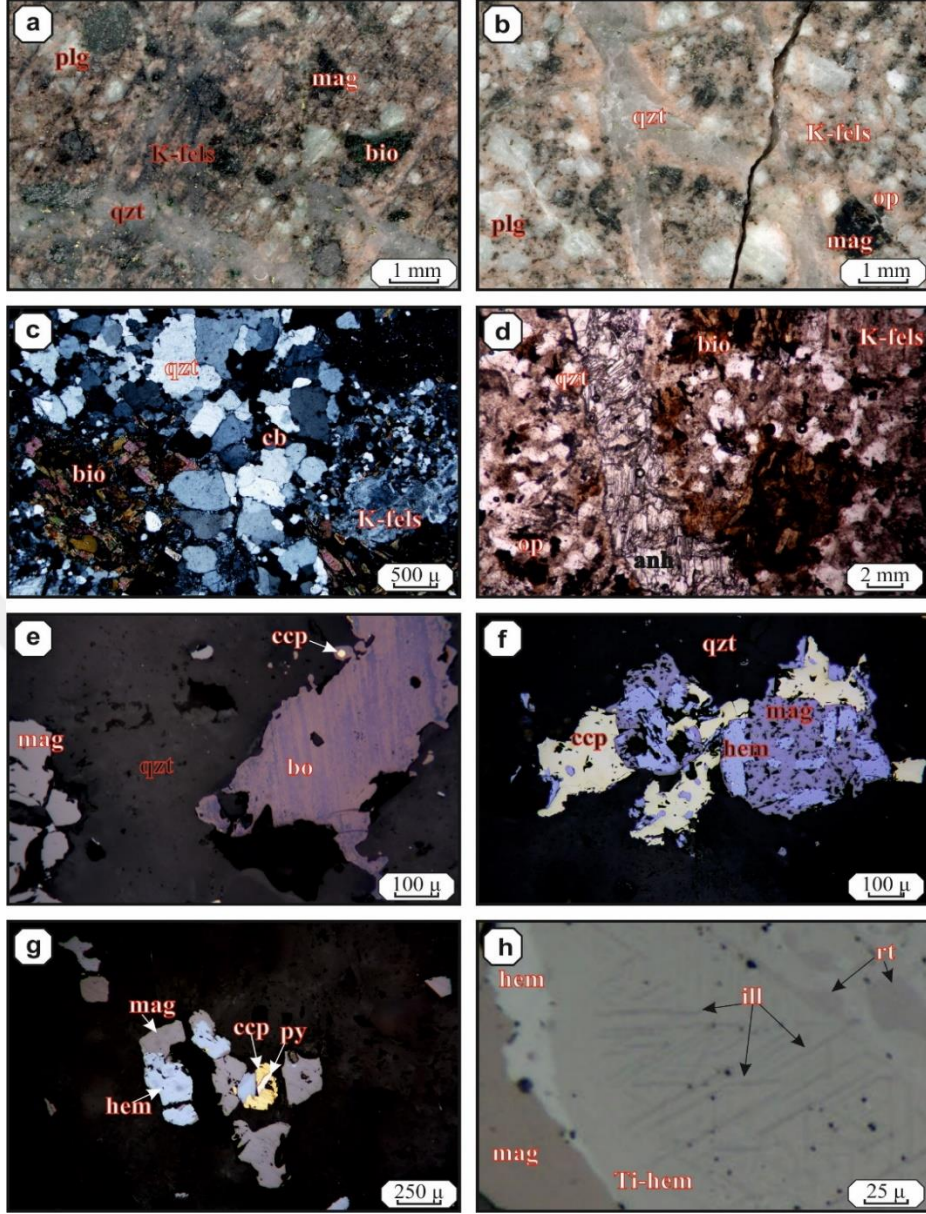
Porfiri bakır yataklarında merkezde derinden yüzeye doğru sodik-kalsik, potasik, klorit-serizit, serizitik (fillik) ve ileri arjilik alterasyon şeklinde geniş ölçekli ve zonlu bir alterasyon gözlenmektedir (Meyer ve Hemley, 1967). Dış zonlarda ise klorit ve propilitik alterasyon sırasıyla yüzeyde ve derin kesimlerde gözlenmektedir (Sillitoe, 2010). Karakartal cevherleşmesinde gözlenen hidrotermal alterasyonlar porfiri tip maden yatakları için karakteristik olan alterasyon çeşitleri (Şekil 3.27) ile örtüşmektedir (Lowell ve Guilbert, 1970; Sillitoe, 2010). Ancak özellikle yüzeysel bozuşmadan ötürü alterasyonlar arasındaki geçişleri ve sınırları yüzeyden takip etmek mümkün olamamıştır. Yine de genel anlamda cevherleşmeye eşlik eden yarı derinlik kayaçlarının merkezinden sahanın dışına doğru potasik, klorit-serizit, serizitik (fillik) ve propilitik alterasyon ayırt edilebilmiştir. Sahada arjilik alterasyon dar bir alanda aktif drenaj ağlarının etrafında gözlenmektedir ve yüzeysel koşullara bağlı olarak oluştuğu düşünülmektedir.

Potasik alterasyon Karakartal sahasında en belirgin şekilde gözlenen alterasyon türü olup çalışma alanının merkezindeki cevherleşme içeren yarı derinlik kayaçlarında gözlenmektedir. Alterasyonu oluşturan çözeltilerin sıvı kayaç oranına bağlı olarak potasik alterasyon, yoğun potasik alterasyon ve zayıf potasik alterasyon olmak üzere iki farklı şekilde oluşmuştur. Yoğun potasik alterasyonda alterasyona bağlı gelişen ikincil mineraller kayacın tamamında (Şekil 3.28a) zayıf alterasyonda ise sadece kuvars damarları etrafında dar bir alanda gözlenmektedir (Şekil 3.28b). Bu kayaçlarda potasik alterasyonun gelişimine bağlı olarak ilksel silikat mineralleri olan plajiyoklas, amfibol, biyotit yerine ikincil K-feldspat ve biyotitler oluşmuştur (Şekil 3.28c ve d). İkincil ortoklaslar matriksteki plajiyoklas mikro kristallerinin tamamen, plajiyoklas fenokristallerinin ise kenarları boyunca kısmen dönüşümüyle oluşmuştur (Şekil 3.28a ve d). Benzer şekilde ikincil biyotitler de intrüzif kayacın bileşiminde bulunan başlıca amfibol ve az oranda da biyotitlerin dönüşümü sonucunda ve kayaç matrisinde yeni kristaller şeklinde oluşmuştur (Şekil 3.28c ve d). Potasik alterasyon zonlarının karakteristik minerallerinden biri olan anhidrit (Sillitoe, 2010) ise özellikle sahanın derin kesimlerinden alınan karot numunelerinde damarlar halinde bol miktarda gözlenmektedir (Şekil 3.28d). Potasik alterasyonun klorit-serizit alterasyonu tarafından üzerlenmiş örneklerdeki biyotitlerde klorit ve K-feldspatlarda serizit dönüşümü meydana gelmiştir. Potasik alterasyon gözlenen kayaçlarda, manyetit, kalkopirit ve bornit birincil cevher minerali olarak gözlenmektedir

(Şekil 3.28e ve f). Klorit-serizit alterasyona sebep olan çözeltilerin etkisiyle sisteme cevher minerali olarak pirit dahil olmuş ve birincil kalkopiritlerde kalkozin dönüşümleri (Şekil 3.28g), manyetitlerde ise hematit, ti-hematit ve rutil dönüşümleri meydana gelmiştir (Şekil 3.28h).



Şekil 3.27. Sillitoe (2010) tarafından önerilen porfiri tip maden yataklarında görülen alterasyonlar ve ilişkili cevherleşmelerin şematik kesiti, Karakartal maden sahasının günümüzdeki yaklaşık topografik seviyesi

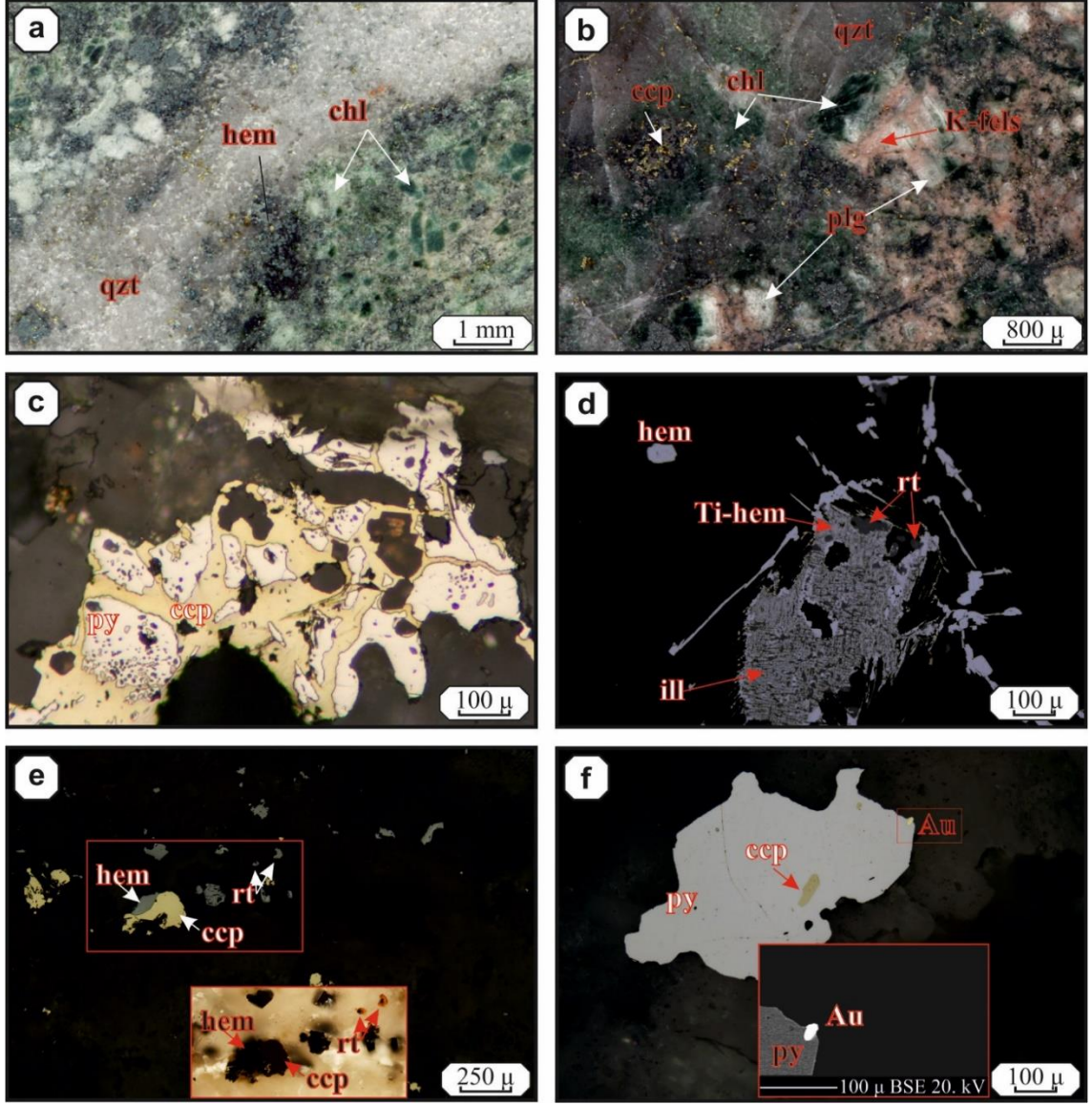


Şekil 3.28. a) Yoğun potassik alterasyon gösteren yarı derinlik kayacının makroskopik görünümü; b) Zayıf potasik alterasyon gösteren yarı derinlik kayacının makroskopik görünümü; c) Kuvars damarına paralel şekilde gelişmiş ikincil biyotit ve K-feldspatların çift nikol altında görünümü; d) Anhidrit damarına paralel şekilde gelişmiş ikincil K-feldspat ve biyotitlerin tek nikol altında görünümü; e) Kuvars damarı içerisinde saçınım halde manyetit, bornit ve kalkopiritin görünümü; f) Manyetitleri kesen kalkopiritler ve bornit; g) Klorit serizit alterasyonunun etkisiyle kalkopiritlerin kalkozine dönüşmesi ve sisteme dahil olan pirit; h) Manyetitin klorit-serizit alterasyonunun etkisiyle hematit, Ti-hematit, ilmenit ve rutile dönüşümü, (plg: plajiyoklas, bio: biyotit, qzt: kuvars, K-felds: ortoklsz, op: opak mineral, cb: karbonat minerali, hem: hematit, ccp: kalkopirit, py: pirit, ill: ilmenit, rt: rutil, Ti-hem: titano-hamatit, anh: anhidrit)

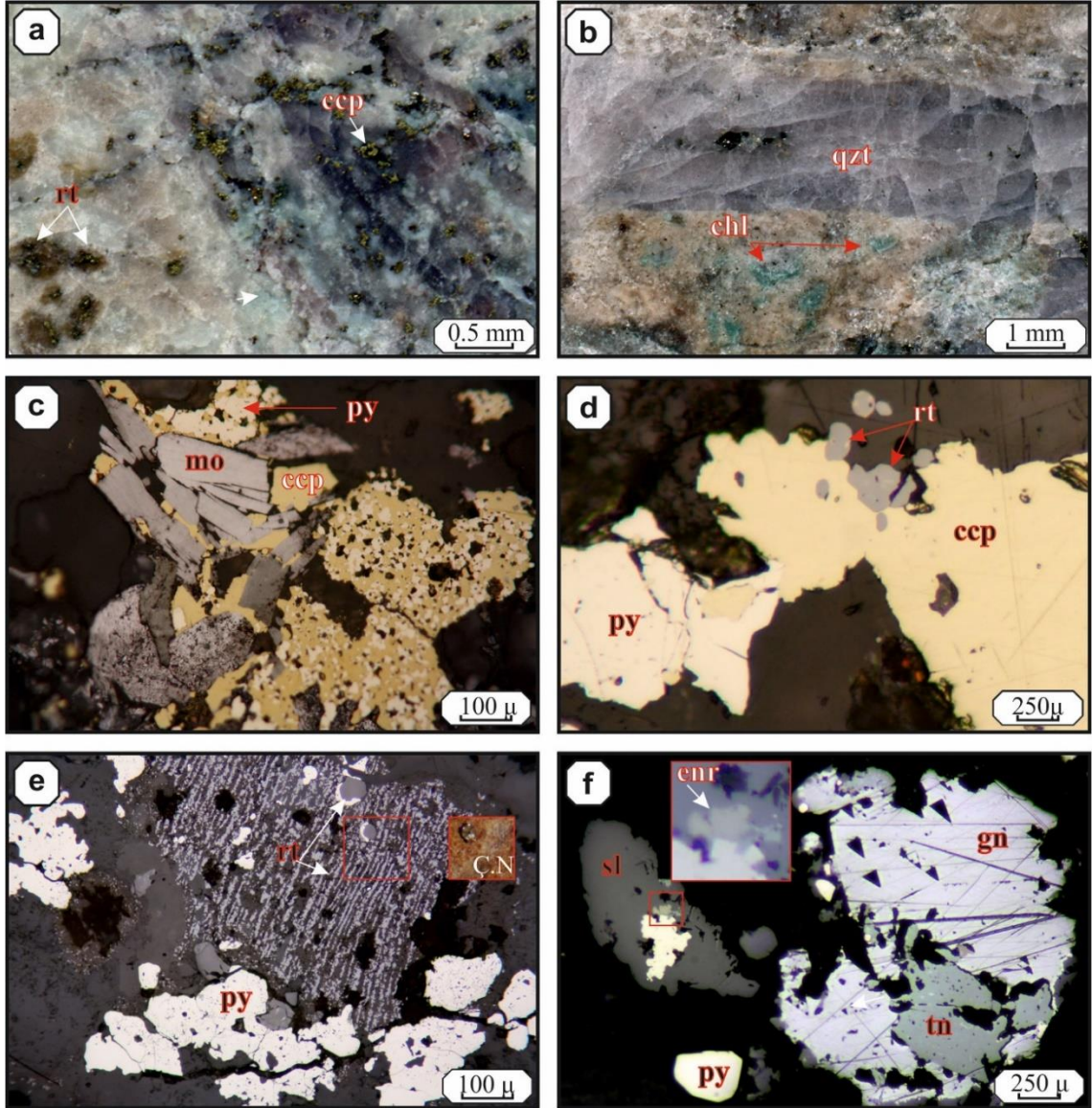
Klorit-serizit alterasyonu, yüzeye yakın kesimlerde yarı derinlik kayaçlarda gözlenen mafik minerallerin tamamen kloritleşmesi, plajiyoklas ve K-feldspatların ise serizitleşmesi ve karbonatlaşması ile karakteristiktir (Şekil 3.16b; Şekil 3.29a). Klorit serizit alterasyonu potasik alterasyon mevcut kayaçları üzerleğinde ise bu dönüşümler kısmen ve potasik alterasyonun kalıntıları ile birlikte gözlenmektedir (Şekil 3.29b). Cevher minerali olarak klorit-serizit alterasyonda baskın olarak pirit ve piritleri keserek yerleşen kalkopiritler ile karakteristiktir (Şekil 3.29c). İlksel kayaçta mevcut olan ve potasik alterasyon ile oluşan manyetitler kısmen veya tamamen hematit, Ti-hematit, ilmenit ve rutile dönüşmüştür (Şekil 3.29d ve e). Ayrıca mikroskopik olarak Au'da bu alterasyon zonunda gözlenmiştir (Şekil 3.29f).

Serizitik (fillik) alterasyon Karakartal maden sahasında yoğun serizit ve karbonat minerallerin varlığı ile karakteristiktir (Şekil 3.16c ve Şekil 3.30a) Bazı örneklerde ise bu minerallere kloritte eşlik etmektedir (Şekil 3.30b). Bu alterasyonda ilksel mafik mineraller ile manyetit ve hematit gibi ilksel oksitli mineraller tamamen bozunmuştur. Cevher minerali olarak serizitik alterasyon gösteren örneklerde oldukça farklı mineral birliktelikleri gözlenmiştir. Yarı derinlik kayaçlarının yan kayaçlar ile dokanaklarına yakın kesimlerden alınan karot örneklerinde mineral parajenezinin molibdenit, pirit ve kalkopiritten oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 3.30c). Rutil ise kalkopiritten sonra oluşan cevher minerali fazı olarak molibdenitin olmadığı örneklerde gözlenmiştir (Şekil 3.30d) ve bazı örneklerde tamamen birincil minerallerin yerini almıştır (Şekil 3.30e). Sondajlardan alınan karot örneklerinin bazılarında ise porfiri tip cevherleşmeden ziyade mezotermal damar tip yataklarda gözlenen galen, sfalerit, tenandit ve enarjitten oluşan mineral parajenezi gözlenmiştir (Şekil 3.30, Şekil 3.30f).

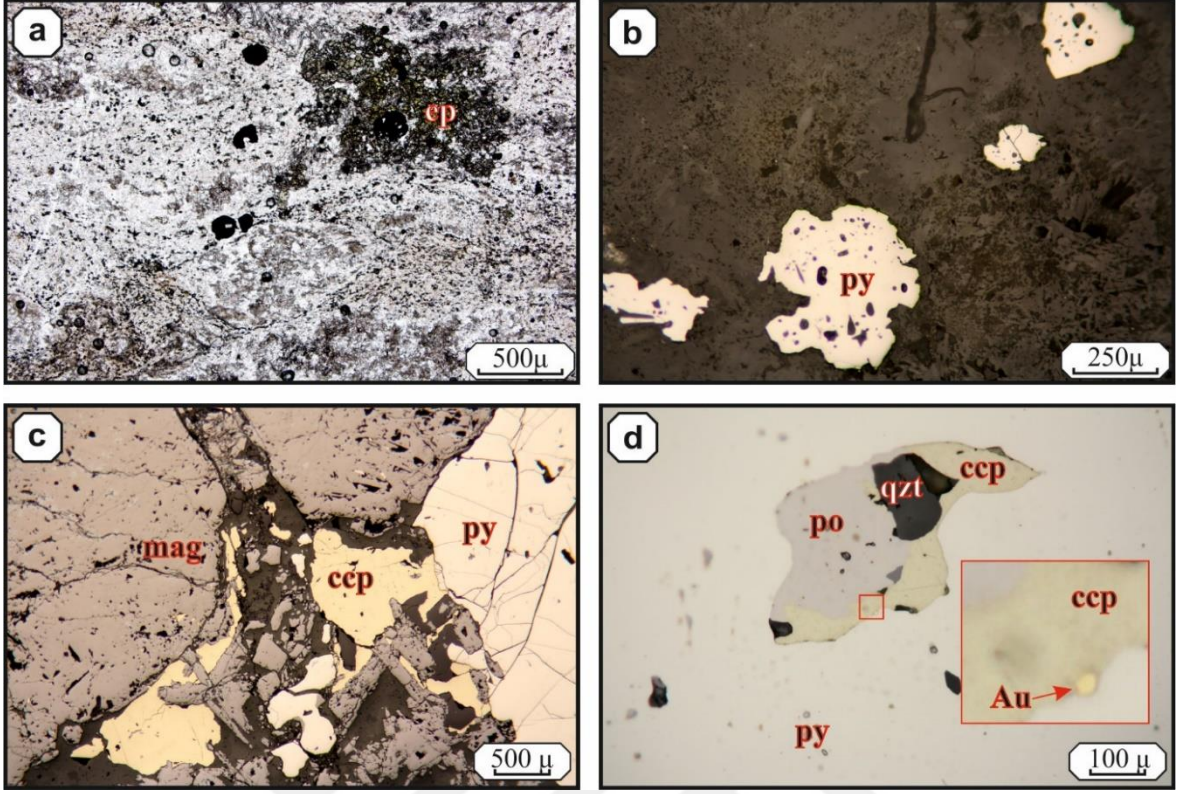
Propilitik alterasyon Karakartal sahasında görülen en geniş yayılımlı türü olup, porfiri sistemlerde olduğu gibi alterasyon zonunun en dış kısmında bulunur. Daha çok cevherleşmeye eşlik eden yarı derinlik kayaçlarının sokulum yaptığı metasedimanter birimde ve Tekçam Tepenin kuzeyindeki yarı derinlik kayaçlarında gözlenmektedir. Epidotlara eşlik eden albit ve/veya kloritlerin varlığı ile karakteristik olan bu alterasyon türünde gözlenen cevher mineraleri pirit ve nadir olarak da kalkopirittir (Şekil 3.31a ve b). Lokal olarak ve oldukça dar olanda gözlenen skarnlaşmada ise manyetit baskın cevher mineraliyken manyetitin aralarını kalkopirit ve pirit doldurmuştur (Şekil 3.31c). Pirotin ise oldukça eser miktarda ve kalkopirit ile saçınım haldeki altınla birlikte pirit içinde kapanımlar halinde gözlenmiştir (Şekil 3.31d).



Şekil 3.29. a) Kuvars damarı etrafında gelişmiş klorit-serizit alterasyonunun makroskobik görünümü; b) Potasik alterasyonu üzerleyen klorit serizit alterasyonunun makroskobik görünümü; c) Piritleri keserek yerleşen kalkopiritlerin mikroskopik görünümü; d) Klorit-serizit alterasyonunun etkisiyle tamamen hematit, Ti-Hematit, ilmenit ve rutile dönüşmüş manyetit mikroskobik görünümü; e) Hematiti kesen kalkopiritler ve saçınım halde gözlenen kırmızı-kahve renkli iç yansıma gösteren rutillerin mikroskopik görünümü; f) Pirit mineralini kenarından ornatarak yerleşen yaklaşık 10 μ boyutunda altın tanesi ve büyütülmüş BSE görüntüsü. (chl: klorit, qtz: kuvars, K-felds: ortoklas, mineral, hem: hematit, ccp: kalkopirit, py: pirit, ill: ilmenit, rt: rutil, Ti-hem: titano-hematit, Au: altın)



Şekil 3.30. a) ve b) Serizitik alterasyon gösteren kayaçların makroskobik görünümü; c) Molibdenitleri ornatarak yerleşen pirit ve onu ornatın kalkopiritin mikroskopik görünümü; d) Piriti ornatın kalkoprit ve onu ornatın rutilin mikroskopik görünümü; e) Serizitik alterasyonun etkisiyle tamamen rutile dönüşmüş mineralin mikroskopik görünümü; f) Sondaj karotunda gözlenen ve muhtemel mezotermal damar tip cevherleşmeyle ilişkili olan galen ve onu sırasıyla ornatın sfalerit, tenandit ve enarjitin mikroskopik görünümü. (qzt: kuvars, chl: klorit, hem: hematit, ccp: kalkopirit, py: pirit, rt: rutil, mo: molibdenit, enr: enarjit, gn: galen, sl: sfalerit, tn: tenandit)



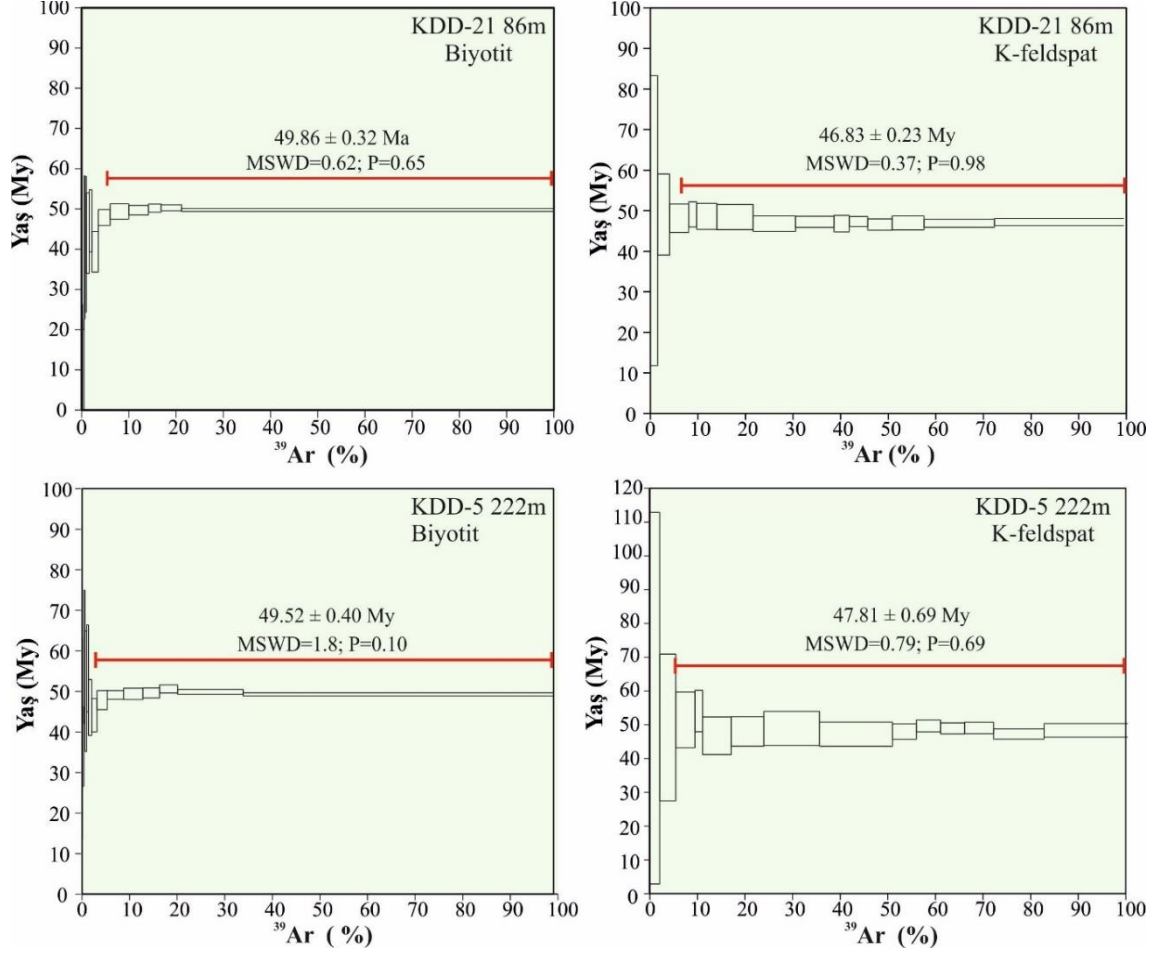
Şekil 3.31. a) Metasedimanter kayalarda gözlenen propilitik alterasyon ile ilişkili epidotlar; b) Metasedimanter kayalarda gözlenen saçınım haldeki pirit tmineralleri; c) Kireçtaşı yarı derinlik kayacı dokanaklarında oluşan skarn tip cevherleşmelerde gözlenen manyetitler ve aralarını dolduran kalkopirit ve piritler; d) Skarn zonlarında gözlenen piritlerin içerisindeki kapanım halde pirotin, kalkopirit ve yaklaşık 5 μ boyutunda altın tanesi. (ep: epidot, py: pirit, mag: manyetit, ccp: kalkopirit, po: pirotin, Au: altın)

3.2.1. Alterasyon ve Cevherleşmenin Yaşı

Karakartal maden sahasında gözlenen potasik alterasyonun yaşını belirleyebilmek için potasik alterasyon zonunu kesen iki farklı sondajdan alınan iki örnekten seçilen birer adet biyotit ve ikincil K-feldspat minerali üzerinde ^{40}Ar - ^{39}Ar yaşlandırması yapılmıştır (Ek-2). Cevherleşmenin yaşı ise serizitik alterasyon zonundan alınan 3 farklı kuvars+molibdenit+pirit±kalkopirit damarından seçilen molibdenit minerali üzerinde gerçekleştirilen Re-Os tarihlendirmesi ile belirlenmiştir.

KDD-21 numaralı sondajın 86. metresinden alınan klorit serizit alterasyonu ile üzerlenmiş potasik alterasyon örneğindeki kloritleşmiş ikincil biyotitlerin Ar-Ar yaşı 49.86 ± 0.32 my, aynı örnekteki ikincil K-feldspat minerallerinin Ar-Ar yaşı ise 46.83 ± 0.23 my olarak belirlenmiştir (Şekil 3.32). KDD-5 numaralı sondajın 222. metresinden alınan

potasik alterasyon örneğinde ise kısmen kloritleşmiş ikincil biyotitlerin Ar-Ar yaşının 49.52 ± 0.40 my, K-feldspatların Ar-Ar yaşının ise 47.81 ± 0.69 my olduğu bulunmuştur.



Şekil 3.32. Potasik alterasyon zonundan alınan biyotit ve K-feldspat örneklerinin ^{40}Ar - ^{39}Ar spektrumları ve plato yaşları

N-TIMS yöntemi ile analiz edilen molibdenitlerin Re ve ^{187}Os bileşenleri Tablo 3.2 molibdenitlerin N-TIMS ile belirlenen izotop bileşimi ve hesaplanan model yaşlar verilmiştir. Molibdenitlerin oldukça yüksek Re/Os oranına sahip olması ve ilksel Os bulunmayıp ölçülen tüm ^{187}Os 'un Re'ye dönüşmüş olması dolayısıyla hesaplanan model yaşlar doğrudan molibdenitin kristallenme yaşını işaret etmektedir (Stein vd., 2001 ve 2015). Analiz edilen 3 örnekte elde edilen 48.95 ± 19 , 48.63 ± 0.20 ile 47.05 ± 0.18 my'lık yaşlar yarı derinlik kayaçlarının yerleşim yaşları ile benzerdir. Bu yaşlar cevherleşmenin yarı derinlik kayaçları ile ilişkili olduğunu ve molibdenitin gözlemlendiği serizitik alterasyonun / oluşumunun cevherleşme sonrası dayklardan önce tamamlandığını ortaya koymaktadır.

Ayrıca elde edilen bu molibdenit modal yaşları Kuşçu vd., (2013) tarafından Karakartal maden sahasında serizitleşmiş yarı derinlik kayaçlarından elde edilen 48.63 ± 0.62 my ve 47.22 ± 0.49 my serizit Ar-Ar yaşları ile de oldukça uyumludur.

Tablo 3.2. Molibdenitlerin N-TIMS ile belirlenen izotop bileşimi ve hesaplanan model yaşlar

Örnek No	Re (ppm) $\pm 2\sigma$	^{187}Os (ppb) $\pm 2\sigma$	Model Yaş (My) $\pm 2\sigma$
KDD-16 284m	6054 ± 16	3084 ± 0.11	48.63 ± 0.20
KDD-20 462m	7006 ± 17	3453 ± 0.11	47.05 ± 0.18
KDD-6 329m	8810 ± 21	4518 ± 0.6	48.95 ± 0.19

3.3. Karakartal Maden Sahasında Gözlenen Magmatik Kayaçların Mineral Kimyası

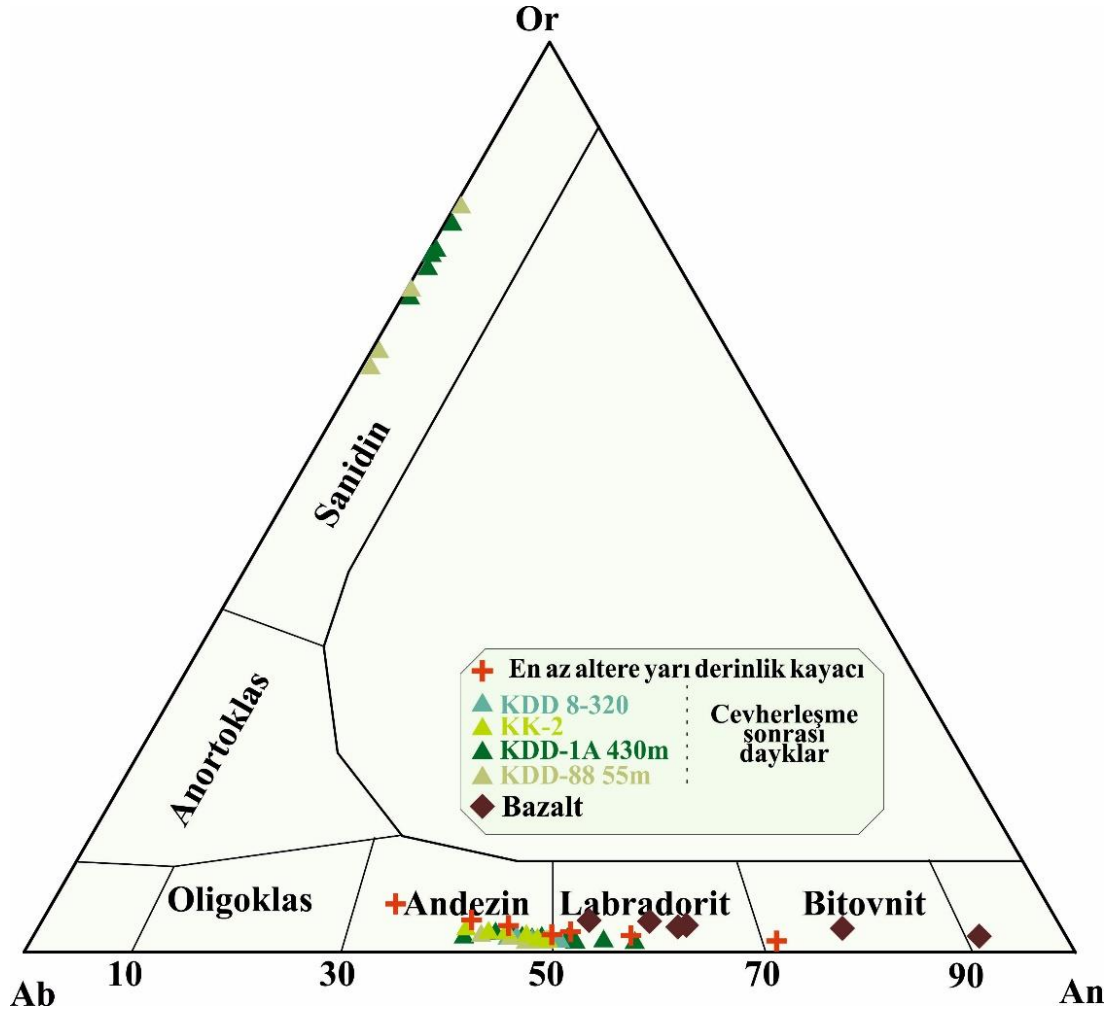
Mineral kimyası analizleri Karakartal sahasında gözlenen yarı derinlik kayaçları, cevherleşme sonrası dayklar ve bazaltik volkanitlerden seçilen örneklerde feldspat grubu, biyotit, amfibol ve piroksen mineralleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Mineral kimyası analizleri 2014 ve 2016 yıllarında Viyana Üniversitesi (Austurya)'da sırasıyla Cameca SX 100 ve Cameca SXFive marka elektron mikroprob cihazları ile gerçekleştirilmiştir. 2014 yılındaki ölçümlerde biyotit ve amfibollerdeki F ölçülmemiştir.

3.3.1. Feldspat

Yarı derinlik kayaçlarından en az altere örnek, 4 adet cevherleşme sonrası dayk ve 1 adet bazaltik andezit olmak üzere 6 farklı örnekteki feldspat grubu mineralleri üzerinde elektron mikroprob analizi ile mineral kimyaları belirlenmiş ve sonuçlar EK -3'te verilmiştir (Şekil 3.33).

Gerçekleştirilen analizlerde en az altere yarı derinlik kayacındaki plajiyoklasların normal zonlanmaya sahip olduğu merkezlerinin bitovnit ve labradorit olduğu ve bileşimlerinin $\text{An}_{72}\text{Ab}_{27}\text{Or}_1$ ile $\text{An}_{52}\text{Ab}_{46}\text{Or}_2$ arasında değiştiği, kenar kesimlerin ise andezin olduğu ve anortit içeriğinin 34'e kadar düştüğü belirlenmiştir (Şekil 3.33). Cevherleşme sonrası dayklardan bir örnekte merkezlerin labrodorit diğer örneklerde ise andezin olduğu, normal zonlanma gösterdikleri ve bileşimlerinin $\text{An}_{58}\text{Ab}_{41}\text{Or}_1$ ile

An45Ab54Or1 d arasında deęiřtięi ve kenar kesimlerinin andezin bileřimli olup anortit ięerięinin en dūřuk 39 olduęu belirlenmiřtir (řekil 3.33). Bazaltik volkanikte ise olęuln iki plajiyoklasın merkezlerinin anortit ve bitovnit bileřimli olduęu ve her iki orneęin kenar kesimlerinin labradorit bileřimli olduęu belirlenmiřtir (řekil 3.33). Cevherleřme sonrası dayklarda gōzlenen K-felspatlarda geręekleřtirilen analizlerde bileřimlerinin An1Ab17Or82 ile An1Ab33Or66 arasında deęiřtięi ve sanidin bileřimli olduęu belirlenmiřtir.



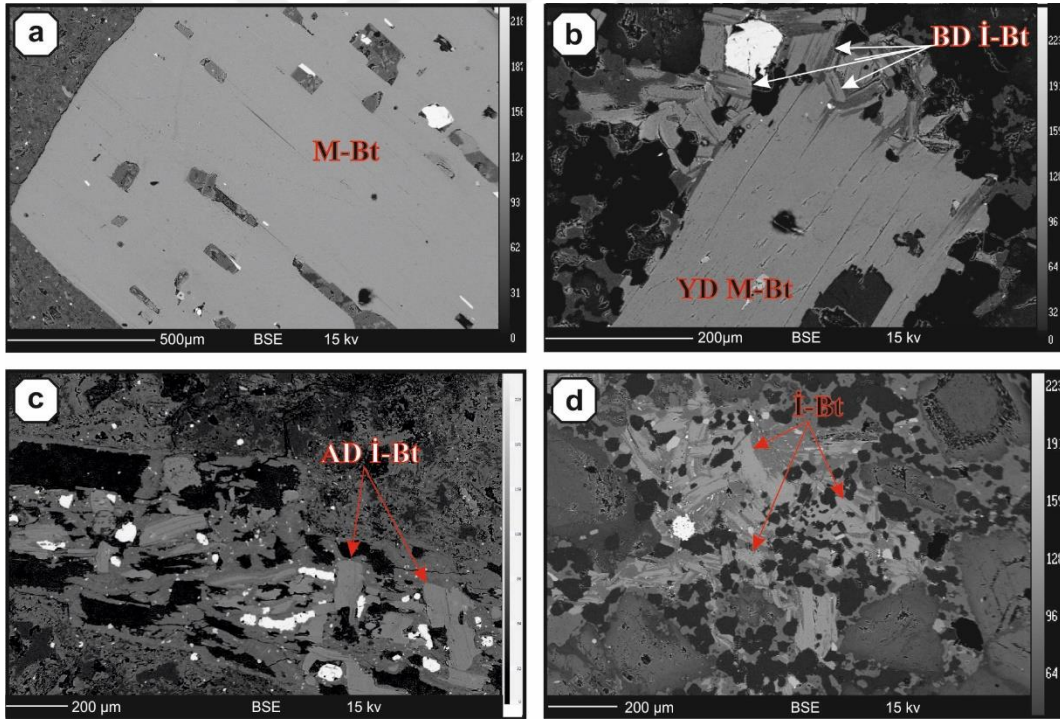
şekil 3.33. Karakartal maden sahasında gōzlenen magmatik kayalara ait feldspat grubu minerallerin An-Ab-Or üğen diyagramı

3.3.2. Biyotit

Porfiri tip yataklarda gözlenen biyotitleri Selby ve Nesbitt (2000) ve Bineli ve Lentz (2012) Yukon bölgesinde gerçekleştirdikleri çalışmalar ile en az altere, altere ve ikincil biyotitler olarak (Kanada) ayırmıştır. Parsapoor (2015) ise Darreh-Zar (İran) porfiri bakır yatağında gerçekleştirdiği çalışmada biyotitleri magmatik, yeniden dengelenmiş ve hidrotermal biyotitler olarak sınıflamıştır. Porfiri yataklardaki biyotitlerde gerçekleştirilen en güncel çalışma olan Moshefi vd., (2018) ise Sungun porfiri Cu-Mo maden yatağında gerçekleştirdikleri petrografik incelemeler, geri saçınımlı elektron mikroskop çalışmaları ve mineral kimyası analizleri ile biyotitlerin en az altere magmatik biyotitler, en az altere dengelenmiş biyotitler, dengelenmiş biyotitler ve ikincil hidrotermal biyotitler olmak üzere 4 farklı gruba ayırmışlardır. Karakartal maden sahasında biyotitler gösterdikleri farklı petrografik özelliklere göre magmatik biyotitler (M-Bt), yeniden dengelenmiş magmatik biyotitler (YD M-Bt), amfibolden dönüşmüş ikincil biyotitler (AD İ-Bt), biyotittenen dönüşmüş ikincil biyotitler (BD-İB) ve ikincil biyotitler (İ-Bt) olarak 5 farklı sınıfa ayrılmıştır. Magmatik biyotitler en az altere yarı derinlik kayacı ve cevherleşme sonrası dayklarda gözlenen öz şekilli-yarı öz şekilli petrografik olarak alterasyon göstermeyen, belirgin bir kloritleşme göstermeyen ve diğer mineraller ve kayaç matrisiyle oldukça düzgün bir sınırı olan biyotitler olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.34a). Yeniden dengelenmiş magmatik biyotitler alterasyon zonlarında gözlenen, yarı özşekilli, dilinim yüzeyleri boyunca kloritleşme gösteren, kenarları boyunca alterasyon ile ilişkili ikincil mineral tarafından ornatılmış biyotitlerdir (Şekil 3.34b). Amfibolden dönüşmüş ikincil biyotitler ilksel amfibollerin yerini kısmen veya tamamen alarak hidrotermal çözeltilerin etkisiyle (veya magmatik süreçler ile) oluşan, yarı öz şekilli ve öz şekilsiz ince taneli biyotitler olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.34c). Biyotitden dönüşen ikincil biyotitler ise yeniden dengelenmiş magmatik biyotitlerin kenarları boyunca oluşmuşlardır. İnce taneli olan bu biyotitler dilinim doğrultularının kenarları boyunca oluştukları biyotitlerden farklı olmasıyla ayırt edilebilmektedirler (Şekil 3.34b). İkincil biyotitler ise kayacın matrisinde ve kuvars damarlarının içinde veya etrafında hidrotermal çözeltilerin etkisiyle oluşmuş olan yeni biyotit kristalleridir (Şekil 3.34d). İkincil biyotitlerde dengelenmiş ikincil biyotitler gibi yarı öz şekilli ve öz şekilsiz taneler halinde bulunmaktadır (Şekil 3.34d).

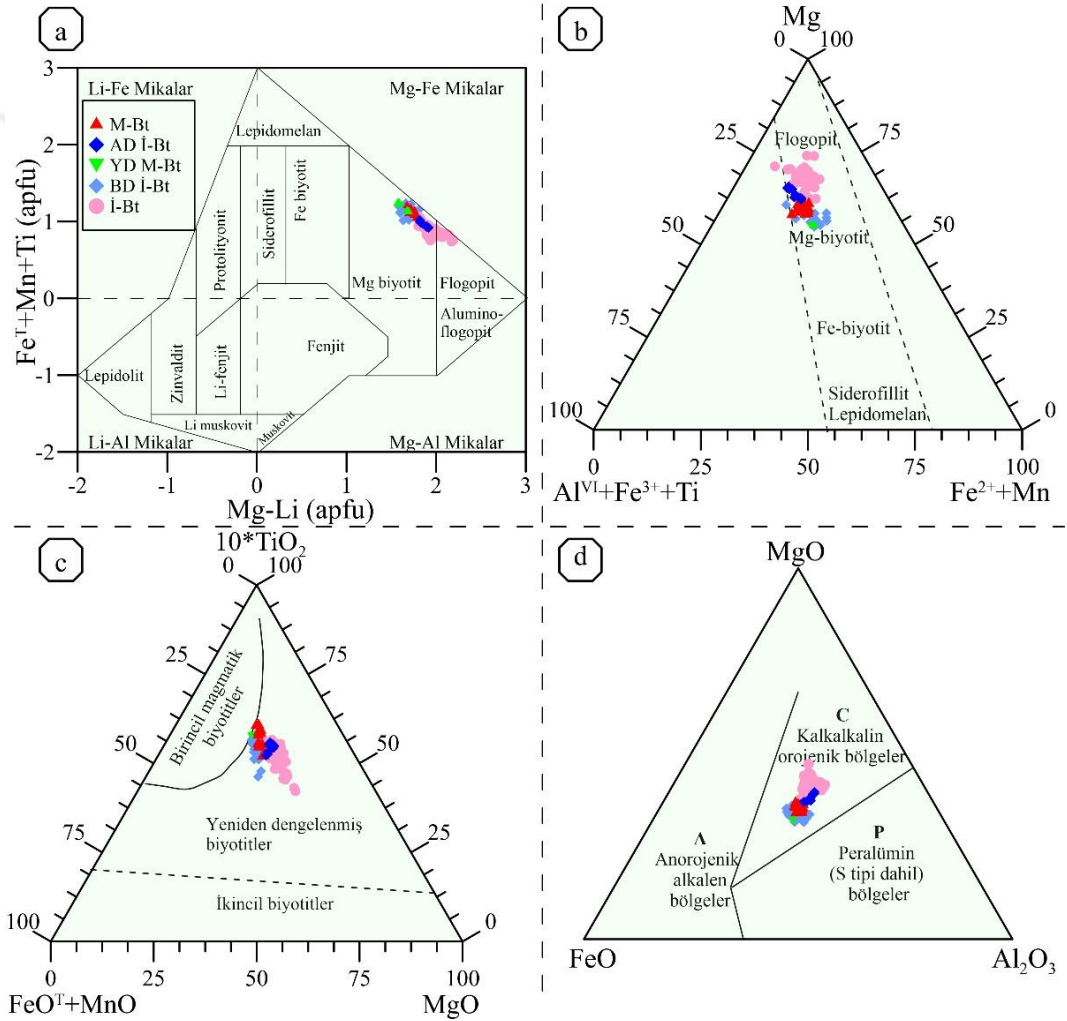
Petrografi ve BSE görüntülerine göre 5 farklı sınıfa ayrılan biyotitler üzerinde mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Mica⁺ programı (Yavuz 2003a ve 2003b) ile

değerlendirilerek Ek 4’de verilmiştir. Analiz edilen biyotitlerden M-Bt, YD M-Bt ve AD İ-Bt olarak sınıflananlar Tischendorf ve diğ. (1997) tarafından önerilen sınıflama diyagramında Mg biyotit alanına düşerken İ-Bt’ler ise Mg biyotit ve flogopit alanında yayılım göstermektedir (Şekil 3.35a). Foster (1960) tarafından önerilen sınıflama diyagramında biyotitler Mg biyotit ile flogopit alanları arasında dağılım göstermekte ve M-Bt, YD M-Bt ve AD İ-Bt grupları Mg biyotit alanına İ-Bt ler ise flogopit alanına yakın konumda yer almışlardır (Şekil 3.34b). Nachit vd., (2005)’in $10^*TiO_2-FeO^T+MnO-MgO$ ayırtman diyagramında ise tüm biyotitler yeniden dengelenmiş biyotit alanına düşmüşlerdir (Şekil 3.34c). Speer (1987) tarafından oluşturulan biyotitlerin orojenik bölge ayırtman diyagramı ile analiz edilen biyotitlerin kalk-alkalen orojenik bölgelerdeki biyotitler ile benzer oldukları belirlenmiştir (Şekil 3.34d).



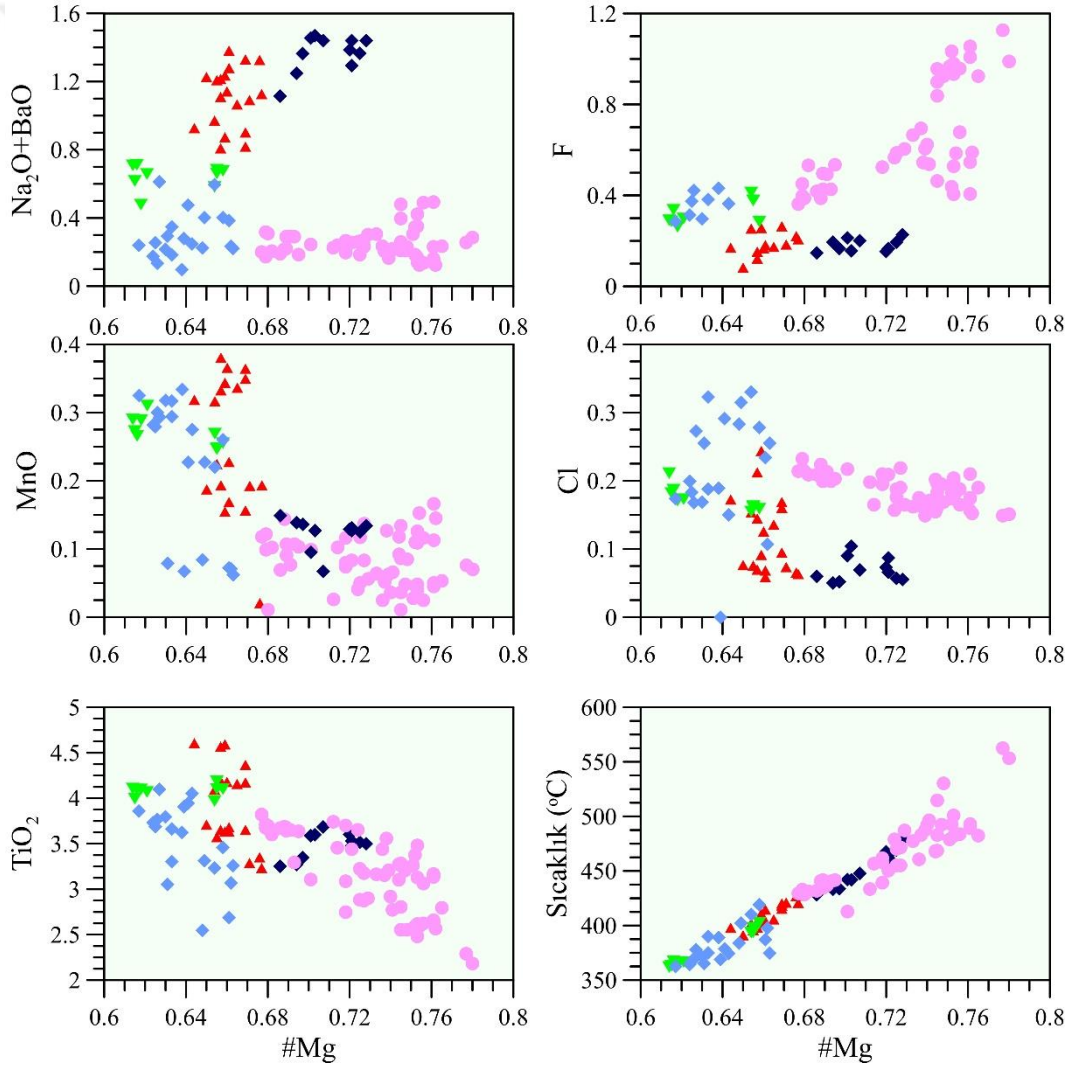
Şekil 3.34. Karakartal maden sahasında gözlenen biyotitlere ait BSE görüntüleri: a) Cevherleşme sonrası dayklarda gözlenen magmatik biyotit (M-Bt); b) Potasik alterasyon gösteren örnekte gözlenen yeniden dengelenmiş magmatik biyotit (YD M-Bt) ve kenarları boyunca oluşmuş biyotitten dönüşen ikincil biyotitler (BD İ-Bt); c) Amfibolün yerini alarak oluşan amfibolden dönüşmüş ikincil biyotitler (AD İ-Bt); d) Potasik alterasyon ile ilişkili olarak kayacın makriksinde oluşan ikincil biyotitler (İ-Bt)

Analiz edilen biyotitlerin benzerliklerinin ve farklılıklarının belirlenebilmesi için Mg numarasına karşı element dağılım diyagramları hazırlanmıştır. Mg numarası M-Bt'ler de 0.64-0.68 (ortalama 0.66) arasında, YD M-Bt'ler de 0.61-0.66 (ortalama 0.63) arasında, AD İ-Bt'ler de 0.69-0.73 (ortalama: 0.71) arasında, BD İ-Bt'lerde 0.62-0.77 (ortalama:0.77) arasında ve İ Bt'lerde 0.68-0.78 (ortalama 0.73) arasında değiştiği belirlenmiştir. $\text{Na}_2\text{O}+\text{BaO}$ değeri AD İ-Bt, M Bt ve YD M-Bt' ler için %0.5 den büyük iken, BD İ-Bt ve İ-Bt lerde %0.5 den küçüktür.



Şekil 3.35. Karakartal maden sahasında gözlenen biyotitlerin: a) Mg-Li (apfu)'a karşı $\text{Fe}^{\text{T}}+\text{Mn}+\text{Ti}$ sınıflama diyagramı (Tischendorf vd., 1997); b) $\text{Mg}-\text{Al}^{\text{(IV)}}+\text{Fe}^{+3}+\text{Ti}-\text{Fe}^{+2}+\text{Mn}^{+2}$ üçgen sınıflama diyagramı (Foster, 1960); c) $10*\text{TiO}_2-\text{FeO}^{\text{T}}+\text{MnO}-\text{MgO}$ üçgen sınıflama diyagramı (Nachit vd., (2005); d) Orogenik bölge ayırtman diyagramı (Speer, 1987) (M-Bt: magmatik biyotit, YD M-Bt: yeniden dengelenmiş magmatik biyotit, BD İ-Bt: biyotitten dönüşen ikincil biyotitler, AD İ-Bt: amfibolden dönüşmüş ikincil biyotitler, İ-Bt: ikincil biyotitler)

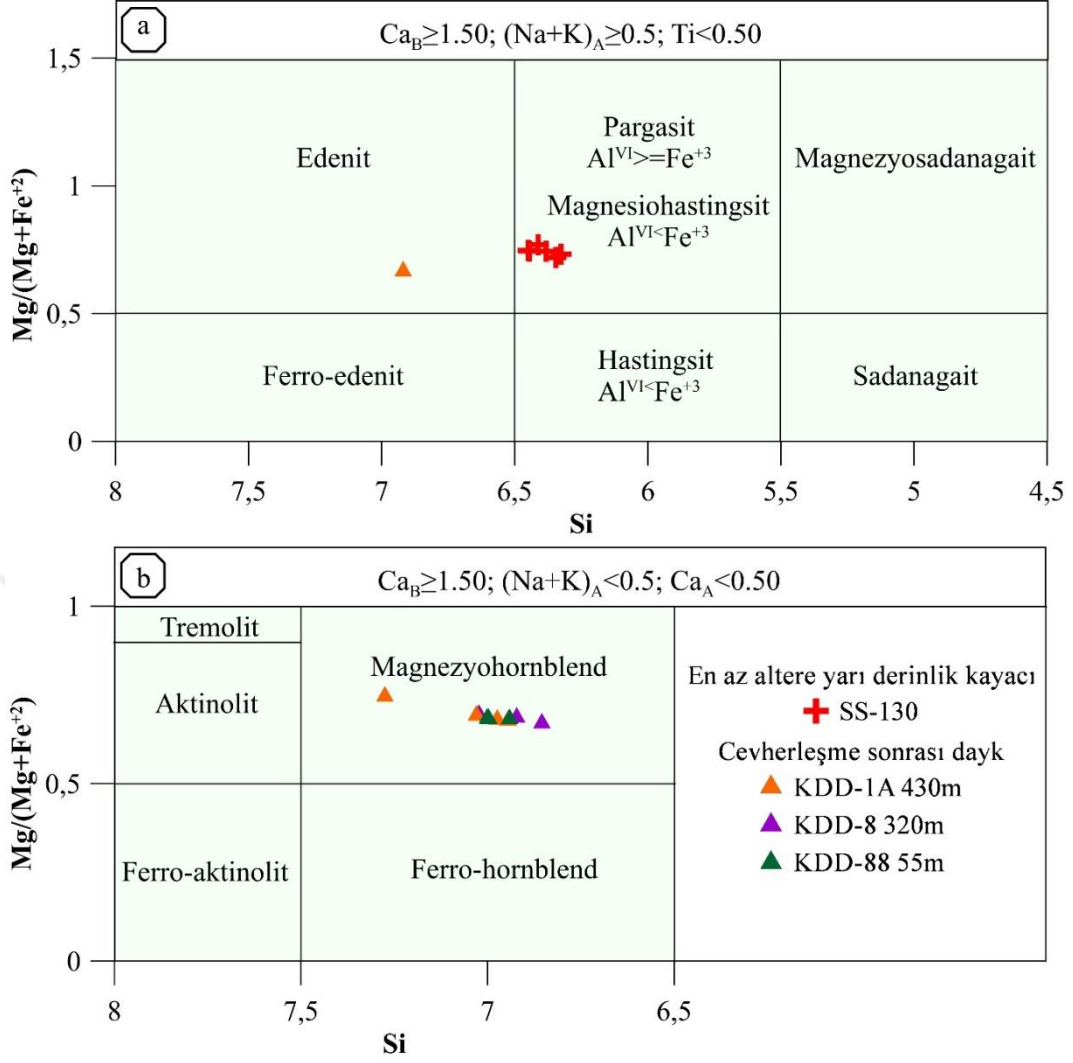
Biyotitlerin F içerikleri AD İ-Bt ve M-Bt grupları için %0.25'in altındayken diğer gruplar %0.25 in üzerinde ve özellikle İ-Bt'ler magnezyum numarası ile doğru orantılı olarak %1.1'e kadar çıkmaktadır. Biyotit gruplarının ortalama MnO ve TiO_2 içerikleri en yüksek M-Bt grubunda olup en düşük ise İ-Bt grubuna ait olduğu belirlenmiştir. İ-Bt'lerin Cl içeriklerinin M-Bt ve AD M-Bt göre belirgin olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bean 1974 alterasyon zonlarında gözlenen biyotitler için önerilen formüle göre hesaplanan sıcaklık değerleri İ-Bt'ler için ortalama 473 °C, BD İ-Bt'ler için ortalama 416 °C, AD İ-Bt'ler için ortalama 451°C, YD M-Bt'ler için ortalama 379 °C ve M-Bt'ler için ortalama 406 °C olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.36. Karakartal maden sahasında gözlenen biyotitlerin magnezyum numarasına (#Mg) karşı ana oksit, halojenler ve sıcaklık değişim diyagramları

3.3.3. Amfibol

Yarı derinlik kayaçlarını temsilen en az altere örnekte ve cevherleşme sonrası daykları temsilen 3 farklı örnekteki amfibol mineralleri üzerinde mineral kimyası analizi yapılmış ve sonuçlar tablo EK-5 amfiboller üzerinde WinAmpb programı (Yavuz ve Döner, 2017) gerçekleştirilen mineral formülü hesaplamalarında B odacığındaki $\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Na})$ oranının ≥ 0.75 olmasından dolayı amfiboller kalsik amfibol olarak sınıflandırılmıştır. En az altere yarı derinlik kayacındaki amfibollerin Si değerleri 6.33-6.45, A odacığındaki Ca değerleri 1.71-1.75, B odacığında Na+K değerleri 0.63-0.80, Ti değerleri 0.16-0.27 arasında değiştiği ve $\text{Al}^{\text{VI}} \geq \text{Fe}^{+3}$ olduğu için Leake vd., (1997) göre Pargasit olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.37a). Cevherleşme sonrası dayklarda ise Si değerleri 6.92-7.27, B odacığındaki Ca değerleri 1.62-1.77, A odacığında Na+K değerleri 0.39-0.0.51 ve Ca değerleri 0.00-0.08 ve Ti değerlerinin 0.10-0.13 arasında değiştiği belirlenmiştir. Leake vd., (1997) sınıflamasına göre A odacığında Na+K değerleri 0.5 den küçük olan noktalar magnezyohornblend (Şekil 3.37b), 0.5 den büyük olan tek bir nokta ise edenit olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.37a).



Şekil 3.37. Karakartal maden sahasında en az altere yarı derinlik kayacı ve cevherleşme sonrası dayklarda gözlenen amfibollerin Leake vd., (1997) sınıflama diyagramındaki konumları

3.4. Çalışma Sahasında Gözlenen Magmatik Kayaçlarının Petrokimyasal Özellikleri

3.4.1. Tüm Kayaç Jeokimyası

3.4.1.1. Giriş

Çalışma alanında detaylı petrografik incelemesi yapılan örneklerden çalışma alanının güneyinde yüzeyleme veren cevherleşme öncesi dasitik volkanitlerden 1 örnek; cevherleşme ve alterasyon göstermeyen (en az altere örnek) 1 örnek, propilitik alterasyon zonundan 2

örnek, potasik alterasyon zonundan 6 örnek, klorit-serit alterasyon zonundan 6 örnek, ve serizitik alterasyon zonundan 5 örnek olmak üzere toplamda 20 adet yarı derinlik kayacı; kuzey zonda yüzeyleme veren andezitik volkaniklerden 2 örnek; cevherleşme sonrası dayklardan 6 örnek ve bazaltik volkanitlerden 2 örnek olmak üzere toplam 32 örnek üzerinde kayaçların jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ana oksit, iz ve nadir toprak element analizleri gerçekleştirilmiş (EK-6). Bu değerler çeşitli jeokimyasal diyagramlar ile birlikte kullanılarak kayaçların kimyasal isimlendirilmesi yapılmış, element değişimleri ve dağılımları ile kayaçların olduğu tektonik ortam değerlendirilmiştir.

3.4.1.2. Alterasyon ve Ayrışma İndex Değerleri

Karakartal maden sahasında gözlenen magmatik birimlerin jeokimyasal değerlendirilmesinin daha sağlıklı yapılabilmesi için öncelikle kimyasal analiz sonuçları kullanılarak örneklerin ayrışma ve alterasyon dereceleri belirlenmiştir. Ayrışma derecelerinin belirlenmesinde Parker ayrışma indeksi (WPI; Parker, 1970) ve kimyasal ayrışma indeksi (CIW; Harnois, 1988), alterasyon derecesinin belirlenmesinde ise kimyasal alterasyon indeksi (Nesbitt ve Young, 1982) ve plajiyoklas alterasyon indeksi (PIA; Fedo ve diğ, 1995) değerleri kullanılmıştır (Tablo 3.2).

Alterasyon gösteren örneklerin index değerleri hesaplanmış ancak örneklerin zaten alterasyon sonucunda kimyasal bileşiminde değişiklik meydana geldiği için sonuçlar değerlendirilmemiştir.

Parker ayrışma indeksi (WIP) değerleri alterasyon göstermeyen örneklerden dasitik volkanik için 77.92, en az altere yarı derinlik kayacı örneği için 98.12, andezitik volkanikler için 87.00 ve 87.41 (ortalama 87.20, n=2), cevherleşme sonrası dayklar için 88.99 ile 110.84 arasında (ortalama 96.82, n=6), bazaltik volkanikler için ise 98.15 ve 98.94 olarak (ortalama 98.55, n=2) belirlenmiştir.

Tablo 3.3. Ayırışma ve alterasyon indeksleri için kullanılan formüller ve en uygun değerler

İndeks	Formül	Taze örnek için ideal değer	Ayrışmış/altere örnek için ideal değer
WIP	$100 \times \left[\left(\frac{(Na)_a}{0,35} \right) + \left(\frac{(Mg)_a}{0,9} \right) + \left(\frac{(K)_a}{0,25} \right) + \left(\frac{(Ca)_a}{0,7} \right) \right]$	>100	0
CIW	$100 \times \left[\frac{Al_2O_3}{Al_2O_3 + CaO + Na_2O} \right]$	≤50	100
CIA	$100 \times \left[\frac{Al_2O_3}{Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O} \right]$	≤50	100
PIA	$100 \times \left[\frac{Al_2O_3 - K_2O}{Al_2O_3 + CaO + Na_2O - K_2O} \right]$	≤50	100

Kimyasal ayırışma indeksi (CIW) değerleri alterasyon göstermeyen örneklerden dasitik volkanik için 66.86, en az altere yarı derinlik kayacı örneği için 66.00, andezitik volkanikler için 67.24 ve 68.37 (ortalama 67/805, n=2), cevherleşme sonrası dayklar için 62.35 ile 69.59 arasında (ortalama 66.28, n=6), bazaltik volkanikler için ise 62.62 ve 62.80 olarak (ortalama 62.71, n=2) belirlenmiştir.

Elde edilen index değerleri taze örnek için ideal değeri >100 olan WIP ve ≤50 olan CIW ayırışma indeksi değerleri ile karşılaştırıldığında cevherleşme içermeyen tüm örneklerde bir miktar ayırışma olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu örnekler içerisinde en az ayırışmış olanlar bazalt örnekleri fazla ayırışmış olanlar ise tamamı yüzey örneği olan cevherleşme öncesi örneklerdir. Cevherleşme sonrası dayklarda ise yüzey örneğinin karot örneklerinden daha fazla ayırışmış olması ayırışmanın yüzeyde daha etkin olduğunu göstermektedir.

Kimyasal alterasyon indeksi (CIA) değerleri alterasyon göstermeyen örneklerden dasitik volkanik için 62.46, en az altere yarı derinlik kayacı örneği için 60.95, andezitik volkanikler için 62.78 ve 62.50 (ortalama 62.64, n=2), cevherleşme sonrası dayklar için 55.55 ile 62.33 arasında (ortalama 59.96, n=6), bazaltik volkanikler için ise 59.02 ve 59.05 olarak (ortalama 59.04, n=2) belirlenmiştir. Hesaplanan plajiyoklas alterasyon indeksi değerleri (PIA), dasitik volkanit için 64.35 en az altere yarı derinlik kayacı örneği için 62.93, cevherleşme sonrası dayklar için 59.31 ile 64.20 arasında (ortalama 62.01, n=6), bazaltik volkanitler için ise 60.20 ve 60.28 olarak (ortalama 60.24, n=2) belirlenmiştir. Analizi gerçekleştirilen örneklerdeki ateşte kayıp (A.K.) yüksek olması ve hesaplanan CIA ile PIA değerlerinde taze örnek için ideal değerlerinin üzerinde olması bu örneklerin tamamının

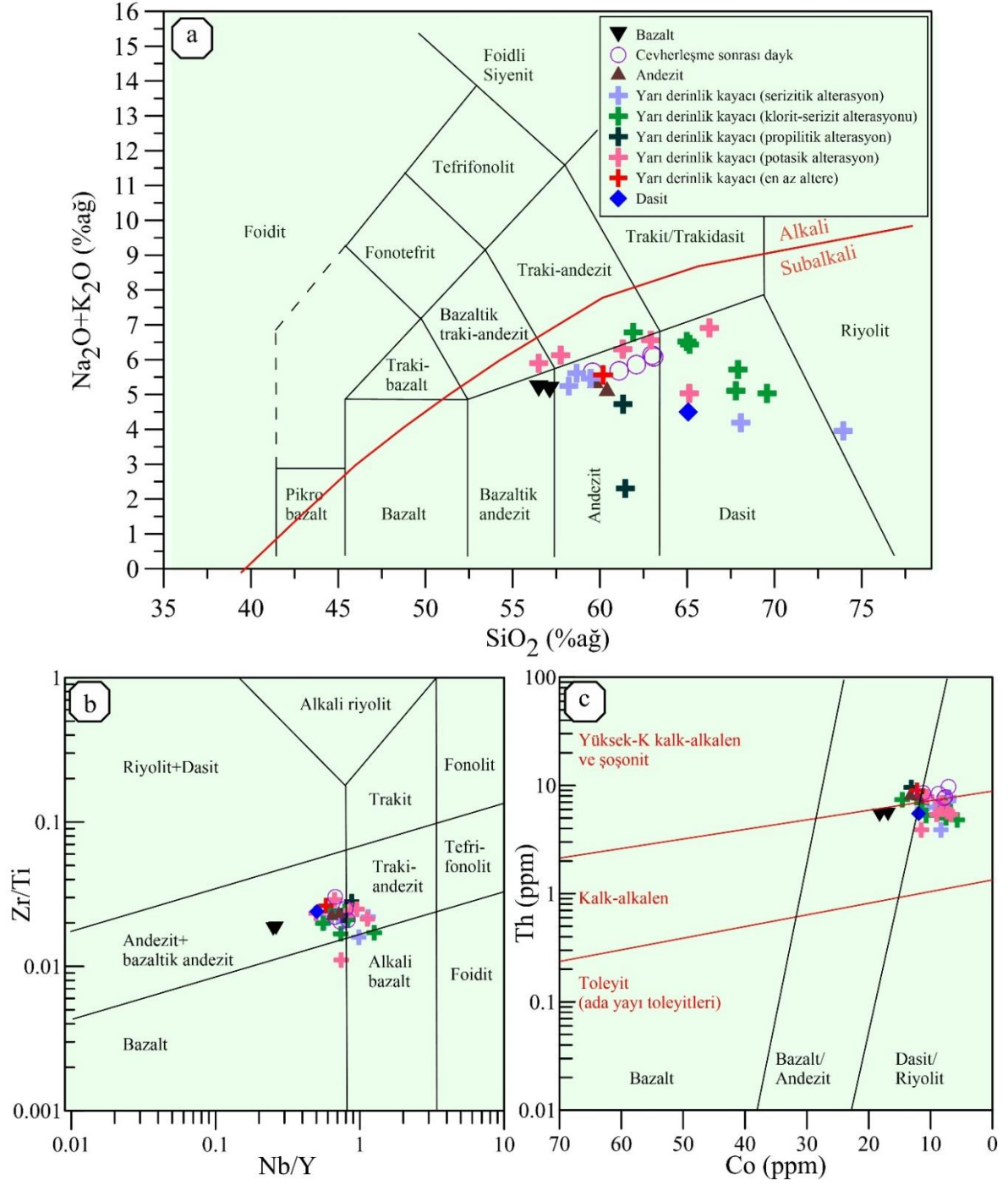
kısmen altere olduğunu göstermektedir. Ateşte kayıp değerlerinin ortalaması %1.75 olan bazaltik volkanikler ise çalışma alanındaki alterasyondan en az etkilenmiş örneklerdir.

3.4.1.3. Magmatik Kayaçların Kimyasal Adlanması

Magmatik kayaçların kimyasal olarak adlandırılması tüm kayaç analizlerinden elde edilen değerler (EK-6) kullanılarak SiO_2 'ye karşı $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (Le Maitre vd., 2001); Şekil 3.41a), Zr/Ti 'ye karşı Nb/Y (Pearce, 1996; Şekil 3.41b) ve Th 'a karşı Co (Hastie vd., 2007; Şekil 3.41c) diyagramları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Le Maitre vd., (2001) sınıflama diyagramında dasitik volkaniklerin dasit alanına, en az altere yarı derinlik kayacı, andezitik volkanik ve cevherleşme sonrası dayklar andezit alanına, bazaltik volkanik ise bazaltik andezit alanına düştüğü belirlenmiştir (Şekil 3.38a). Altere yarı derinlik kayaçları ise bazaltik traki-andezitten riyolite kadar değişen bileşim göstermektedir. Cevherleşme öncesi kayaçlar ağırlıklı olarak andezit ve dasit alanına, cevherleşme sonrası dayklar ağırlıklı olarak dasit alanına, bazaltik volkanikler andezit alanına düştükleri görülmüştür (Şekil 3.38a). Cevherleşme içeren kayaçlar ise gösterdikleri alterasyonlardan dolayı bazalt-riyolit arasında değişen bir alana yayılmıştır (Şekil 3.38a).

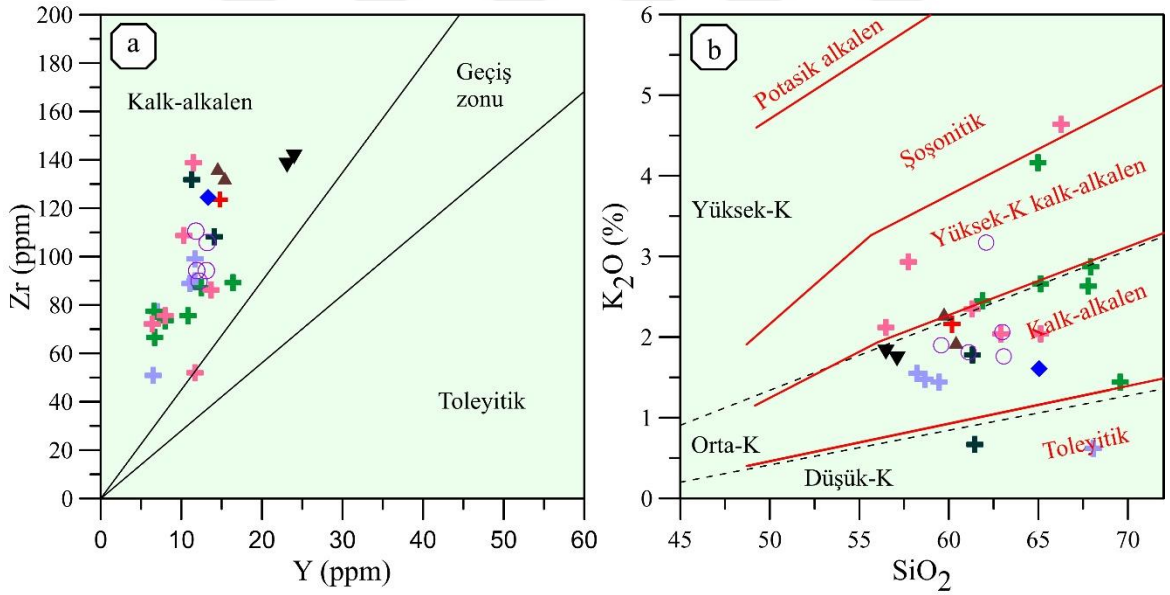
Hesaplanan alterasyon ve ayrışma indeksi değerleri sonucunda örneklerin kısmen ayrışmış ve altere olduklarının belirlenmesi kayaçların kimyasal adlandırılmasının Na ve K gibi hareketli elementler yerine Ti , Zr , Nb , Y , Th ve Co gibi hareketsiz elementler kullanılarak (Jenner, 1996; Winchester ve Floyd, 1976; Hastie vd., 2007) oluşturulan diyagramların kullanılmasının daha uygun olacağını ortaya koymuştur. Zr/Ti 'a karşı Nb/Y diyagramında dasit, cevherleşme içermeyen tüm kayaçlar andezit-bazaltik andezit alanına düşerken altere örnekler ağırlıklı olarak andezit-bazaltik andezit ile traki-andezit alanına düşmüştür (Şekil 3.38b).



Şekil 3.38. a) Yarı derinlik kayaların Le Maitre vd. (2001) tarafından önerilen SiO₂(%ağ) karşı Na₂O(%ağ) + K₂O(%ağ) sınıflama diyagramındaki konumları, Alkali/Subalkali ayrım eğrisi Irvin ve Baragar (1971)'e göre çizilmiştir; b) Yarı derinlik kayalarının Pearce (1996) tarafından önerilen Zr/Ti'ye karşı Nb/Y sınıflama c) Yarı derinlik kayaların Th (ppm)a karşı Co (ppm) diyagramındaki (Hastie vd., 2007) konumları

Alterasyon gösteren ada yayı volkanik kayalar için Hastie vd., (2007) tarafından önerilen Th'a karşı Co diyagramında ise dasitik kayalar dasit/riyolit alanında, en az altere yarı derinlik kayacı, andezitik volkanikler ve bazaltik volkanitler bazalt/andezit alanında, (Şekil 3.38c), cevherleşme sonrası dayklar ise dasit/riyolit alanında yer almaktadır. Altere örnekler ağırlıklı olarak riyolit/dasit alanına düşmekle birlikte bir kısmında bazalt/andezit alanına düşmüştür (Şekil 3.38c).

Analiz edilen tüm örnekler Irvin ve Baragar (1971)'ın önerdiği alkali-subalkali eğrisinin subalkali kısmında yer almaktadır (Şekil 3.38a). Subalkali karakter gösteren kayalar afiniteleri Zr-Y diyagramında (Rose ve Bedard, 2009) kalk-alkalen alanda yer alırken (Şekil 3.39a), SiO_2 - K_2O diyagramında Le Maitre ve diğ. (2002) ayırım eğrilerine göre örneklerin büyük çoğunluğu orta-K, Middelmost (1995) ayırım eğrilerine göre de kalk-alkalen ve yüksek K kalk-alkalen alanlarında yer almaktadır (Şekil 3.39b). Th-Co diyagramında ise SiO_2 - K_2O diyagramına benzer şekilde örneklerin tamamı kalk-alkalen ile yüksek-K kalk-alkalen geçişine yakın alana düşmektedir (Şekil 3.38c).



Şekil 3.39. a) Yarı derinlik kayaların Rose ve Bedard (2009) tarafından önerilen Y'a karşı Zr diyagramındaki konumları; b) Yarı derinlik kayalarının SiO_2 (ağ%)'a karşı K_2O (ağ%) diyagramında ki konumları (kesikli çizgi ile ayrılan alanlar ve siyah alan adları Le Maitre ve diğ. (2002)'den, kırmızı çizgiler ve alan adları ise Middelmost 1985'den alınmıştır).

3.5. Karakartal Maden Sahasında Alterasyon Zonlarında Gözlenen Kuvars Damarlarının Katodoluminesans Özellikleri

Karakartal maden sahasında gözlenen farklı zonlardaki kuvars damarlarını temsilen seçilen dört adet örnek üzerinde katodoluminesans, element haritalama ve kuvars mineral kimyası çalışmaları yapılmıştır. Analizler Karlova Üniversitesi (Prag-Çekya) EPMA laboratuvarında JEOL JXA-8530F alan emisyonlu ve 5 spektrometrelilik elektron mikro prob cihazı ile gerçekleştirilmiş ve analizlerde Al, K, Fe, Ti ve Si elementleri ölçülmüştür. Dedeksiyon limitlerini en alt seviye çekebilmek adına her spektrometrede tek bir element ölçülmüştür. Ölçümler Al, K, Fe ve Ti 600 saniye Si için 15 saniye olarak gerçekleştirilmiş ve elementler için dedeksiyon limitleri sırasıyla 11, 10, 21, 8 ve 66 ppm olarak belirlenmiştir. Element haritaları katodoluminesans görüntüleri ile belirlenen alanda her bir spektrometre ile tek bir element ölçülecek şekilde her bir element için 8 saat ölçüm yapılarak oluşturulmuştur.

Gerçekleştirilen katodoluminesans görüntülemeleri ile farklı alterasyon ve mineralojik bileşim gösteren damarlardaki kuvarslarda Q1-Q4 olarak isimlendirilen 4 farklı kuvars oluşumu gözlenmiştir. Q1 kuvarslar düzgün birincil magmatik zonlanma gösteren kuvarslardır. Q2 kuvarslar Q1 kuvarsların kenarları boyunca büyüme gösteren dalgalı zonlanma gösteren kuvarslardır. Q3 kuvarslar geç faz kuvarslar olup Q1 ve Q2 lerin arasını doldurmakta ve zonlanma göstermemektedirler. Q4 kuvarslar ise serizit alterasyon zonunda yan kayaç dokanağında gözlenen ve oldukça parlak CL zonlanması göstermektedirler.

3.5.1. Potasik Alterasyon Zonundaki Damarlarının Katodoluminesans Özellikleri

Potasik alterasyon zonunu temsilen seçilen (KDD-34 342m) örnekte katodoluminesans özelliklerine göre iki farklı kuvars gözlenmiştir. Q1 kuvarslar düzgün birincil katodoluminesans zonlanmaları gösterirken, Q2 kuvarslar Q1 kuvarsların kenar kesimlerinde gözlenmiş ve dalgalı zonlanma gösterdikleri belirlenmiştir. Bu zonda oluşturulan element dağılım haritalarında Al'un katodoluminesans zonlanması ile ilişkili olduğu, Ti ise sadece en yüksek değere ulaştığı noktalarda katodoluminesans zonlanmasını yansıttığı gözlenmiştir. K'nın ise Al ile birlikte hareket ettiği görülmüştür.

Q1 kuvarslarda Al içeriklerinin 90 ile 561 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir. Ti içeriği ise ölçüm yapılan kristalin oluşan ilk zonunda dedeksiyon limiti altında kalırken en

dış zonda 239.8 ppm'e kadar yükselmektedir (Şekil 3.40, Tablo 3.4). Q1 kuvarslardaki K içeriği dedeksiyon limiti altında ve dedeksiyon limitinde olmakla birlikte Al ve Ti içeriğinin en yüksek olduğu noktada 174.3 ppm'e ulaşmaktadır. Bu kuvarslardaki Fe içeriklerinin ise 23.3 ile 46.6 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir.

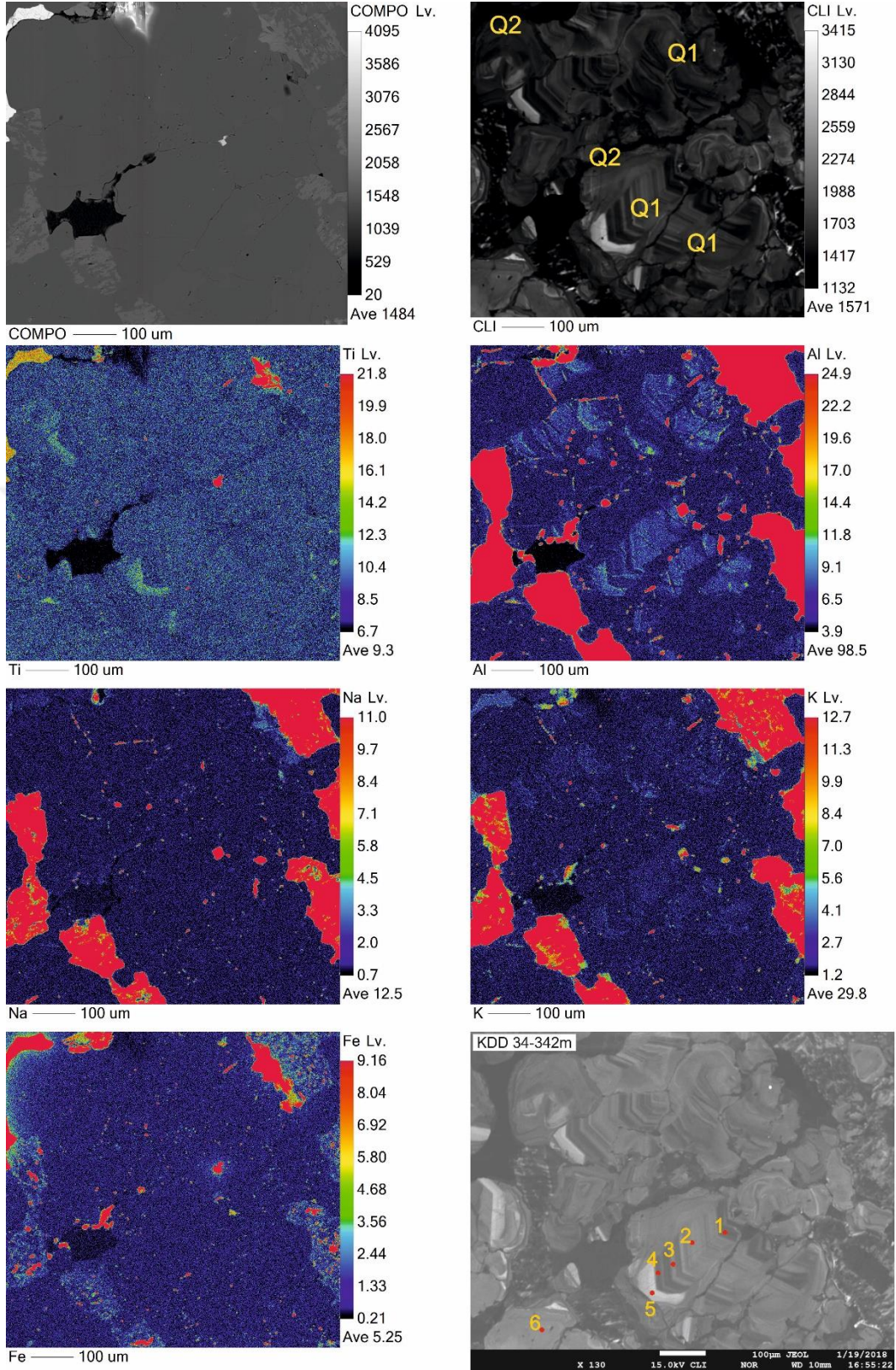
Potasik alterasyon zonundaki Q2 kuvarslardan tek bir noktada ölçüm alınmış ve Ti, Al, K ve Fe içerikleri sırasıyla 71.9, 52,9 16,16 ve 38.9 ppm olarak ölçülmüştür.

Tablo 3.4. Potasik alterasyon zonunu temsilen seçilen örneğe (KDD-34 342m) ait ölçüm sonuçları. Sıcaklık değerleri a) Wark ve Watson 2006, b) Huang ve Audetat 0.1 kb, c) Huang ve Audetat 0.5 kb, d) Huang ve Audetat 1 kb göre hesaplanmıştır

KDD-34 342m						
Nokta No:	1	2	3	4	5	6
Al ₂ O ₃ (%)	0,033	0,022	0,036	0,017	0,106	0,01
K ₂ O (%)	0,005	0,002	0,002	dla	0,021	0,002
FeO (%)	0,006	0,004	0,003	0,004	0,003	0,005
TiO ₂ (%)	dla	0,011	0,009	0,004	0,04	0,012
SiO ₂ (%)	98,93	98,94	99,09	98,97	98,59	98,92
Total	98,98	98,98	99,14	99	98,76	98,95
Al (ppm)	174,7	116,4	190,5	90	561	52,9
K (ppm)	41,5	16,6	16,6	dla	174,3	16,6
Fe (ppm)	46,6	31,1	23,3	31,1	23,3	38,9
Ti	dla	65,9	54	24	239,8	71,9
Sıcaklık (°C)						
a	-	700	678	601	864	709
b	-	534	516	451	673	542
c	-	593	573	503	741	601
d	-	630	610	537	785	639

3.5.2. Klorit Serizit Alterasyonunca Üzerlenmiş Potasik Alterasyon Zonundaki Damarların Katadolüminesans Özellikleri

Klorit serizit alterasyonunca üzerlenmiş potasik alterasyon zonundaki kuvars damarlarını temsilen seçilen örnekte (KDD 21-86m) katadolüminesans özelliklerine göre 3 farklı kuvars oluşumu gözlenmiştir (Şekil 3.41). Q1 belirgin ve düzgün bir zonlanma göstermektedir. Q2 kuvarsların Q1'ler boyunca büyüdüğü ve dalgalı zonlanmaya sahip olduğu gözlenmiştir. Q3 kuvarslar ise zonlanma göstermemekte ve Q1 ve Q2 kuvarsların aralarını doldurmaktadır.



Şekil 3.40. Potasik alterasyon zonunu temsilen seçilen örneğe ait BSE ve katodoluminesans görüntüleri ile Ti, Al, K, Na ve Fe element dağılım haritaları ve EPMA analizi yapılan noktaların konumları

Element dağılım haritalarında katodolüminesans zonlanması ile Ti arasında bir ilişki olduğu ve Ti'nin yüksek olduğu zonlarda katodolüminesans parlaklığının yüksek olduğu görülmektedir. Al'ni ise hem katodolüminesans parlaklığının yüksek olduğu zonlarda hem de koyu katodolüminesans zonlarında yüksek olduğu belirlenmiştir. K ise Al ile birlikte hem katodolüminesans parlaklığının yüksek hemde düşük olan zonlarda haritalanabilmiştir.

Her üç kuvars oluşumunu temsil edecek noktalardan gerçekleştirilen analizlerde, Q1 kuvarsların Al içeriklerinin 59.9 ile 741 ppm arasında, Ti içeriklerinin 18 ile 221.8 ppm arasında değiştiği ölçülmüştür. Tüm noktalarda Fe dedeksiyon limitinin altında kalmıştır. K ise sadece 200 ppm üzerinde Al içeriğine sahip noktalarda dedeksiyon limiti üzerinde ölçülmüş ve ölçülen değerler 66.4 ile 174.3 ppm arasında değişmektedir.

3.5.3. Serizitik Alterasyon Zonundaki Damarlarının Katodolüminesans Özellikleri

Klorit serizit alterasyonunu temsilen seçilen örnekte (KDD-22 152m) göstermiş oldukları katodolüminesans özelliklerine göre 3 farklı kuvars oluşumu gözlenmiştir. Q1 kuvarslar düzgün birincil zonlanma göstermekte ve tamamen Q2 kuvarslar içinde kapanım halde bulunmaktadır. Q2 kuvarslar dalgalı zonlanma göstermekte ve Q1 kuvarslara göre daha yaygın oldukları belirlenmiştir. Q4 kuvarslar Q1 ve Q2 kuvarsların oluşturduğu damarın dış zonunda yan kayaç dokanağında serizitlerin yoğun olduğu alanlarda gözlenmekte ve oldukça parlak bir katodolüminesans görünümüne sahip olmakla birlikte dalgalı zonlanma göstermektedirler.

Bu zonda oluşturulan element dağılım haritalarında Al ve Ti'un sadece Q3 lerde katodolüminesans zonlanmaları ile ilişkili olduğu, Q1 kuvarslarda ise Al kısmen katodolüminesans zonlanması yansıttığı gözlenmiştir. Fe ve K elementleri için zonlanmalar ile belirli bir ilişki gözlenememiştir (Şekil 3.42).

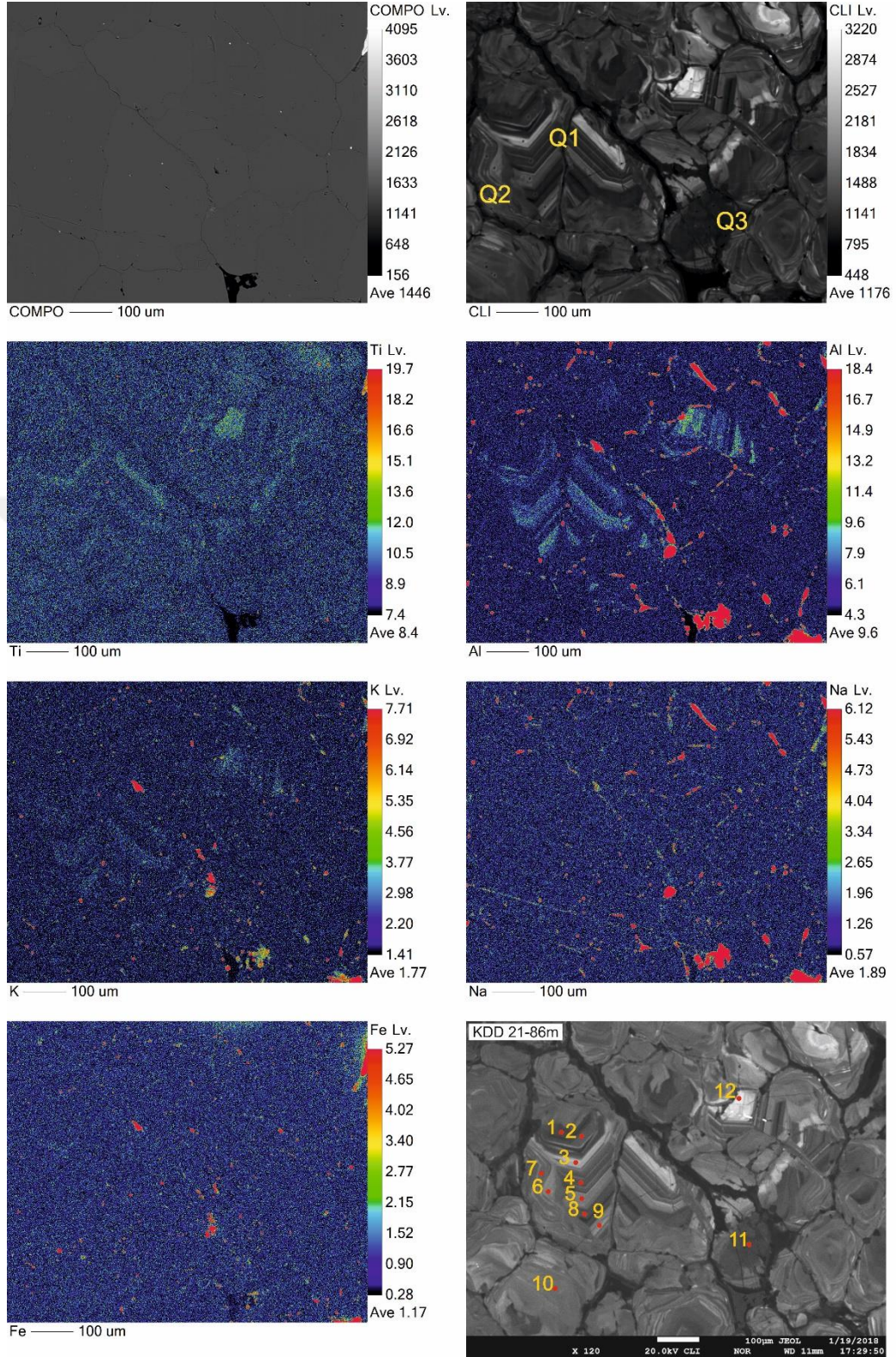
Q1 kuvarslarda Al içerikleri 31.8 ile 211.7 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir. Ti değerleri ise 12 ile 36 ppm arasında değiştiği belirlenmiş ve merkez ile dış zonların ara zonlara göre daha yüksek Ti içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir. K içeriği iki noktada dedeksiyon limiti altında kalırken diğer iki noktada 52.1 ve 132.8 ppm değerleri elde edilmiştir. Q1 kuvarsların Fe içeriğinin ise 23.3 ile 917.2 ppm arasında değiştiği ölçülmüştür (Tablo 3.6).

Bu alterasyon zonunda gözlenen Q2 kuvarslarda 2 farklı noktadan ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre bu kuvarslarda Al'nin 47.6 ile 105.9 ppm arasında, Fe'nin ise 46.6 ile 77.7 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir. K ise bir noktada dedeksiyon limiti altında kalmakla birlikte diğer noktada 16.6 ppm olarak ölçülmüştür. Ti ise her iki noktada dedeksiyon limitinin altında ölçülmüştür (Tablo 3.6).

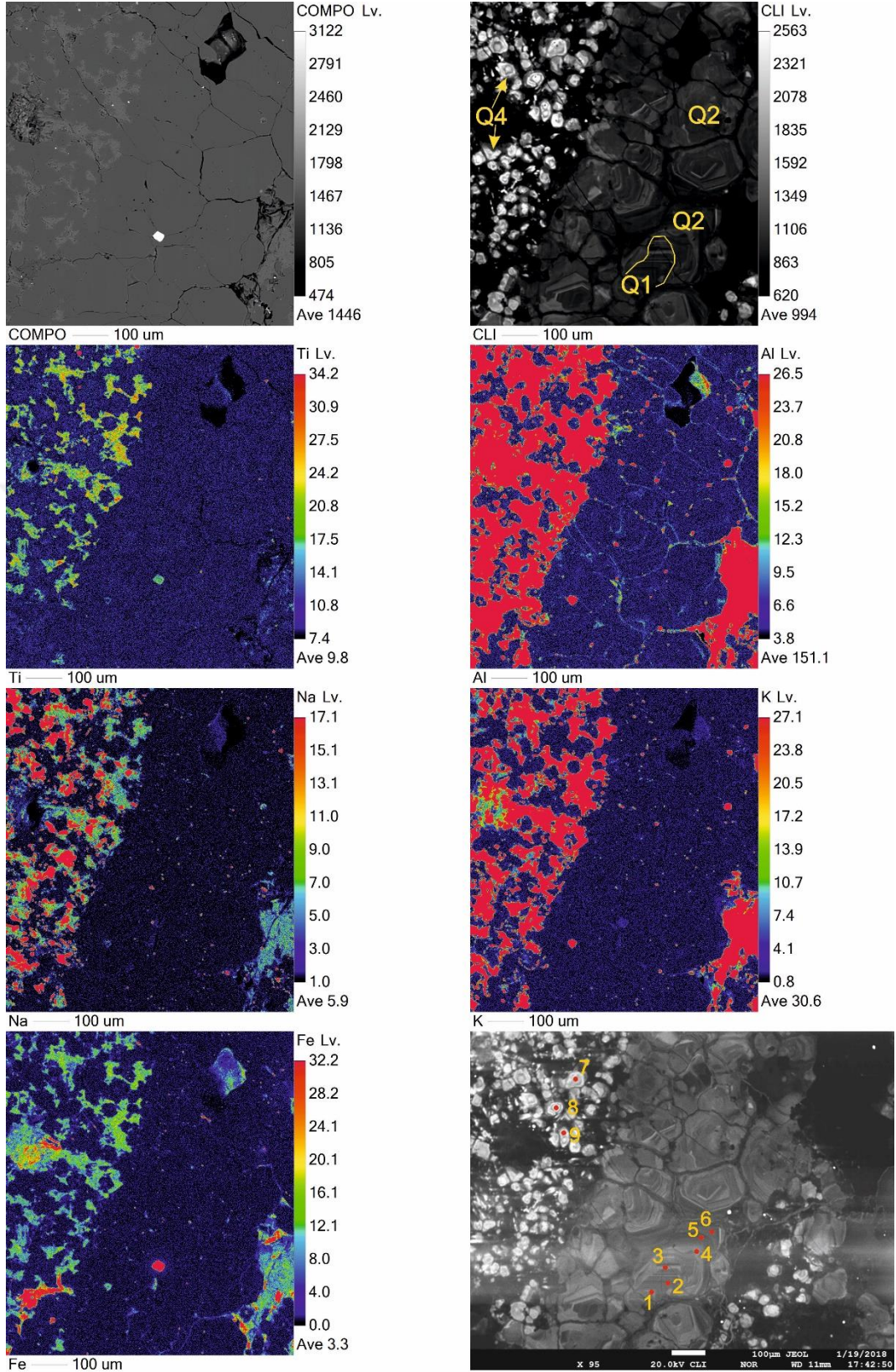
Sadece serizitik alterasyon zonunda gözlenen Q4 kuvarslarda gerçekleştirilen 3 farklı noktaki ölçüm sonuçlarına göre Al 105.8 ile 158.7 ppm arasında, Ti 59.9 ile 137.8, Fe 77.7 ile 166.6 ve K ise 59.9 ile 137.8 ppm arasında değişmektedir (Tablo 3.6).

Tablo 3.5. Klorit serizit alterasyonunca üzerlenmiş potasik alterasyon zonunu temsilen seçilen örneğe (KDD 21-86m) ait ölçüm sonuçları. Sıcaklık değerleri a) Wark ve Watson 2006, b) Huang ve Audetat 0.1 kb, c) Huang ve Audetat 0.5 kb, d) Huang ve Audetat 1 kb göre hesaplanmıştır (dla: dedeksiyon limitinin altında)

KDD 21-86 m												
Nokta No:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Al ₂ O ₃ (%)	0,013	0,01	0,055	0,01	0,087	0,012	0,01	0,012	0,065	0,015	0,009	0,14
K ₂ O (%)	dla	dla	0,009	dla	0,012	0,001	0,001	dla	0,008	0,002	0,002	0,021
FeO (%)	0,001	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
TiO ₂ (%)	dla	0,003	0,024	0,004	0,011	0,01	0,004	0,003	0,012	0,006	dla	0,037
SiO ₂ (%)	98,35	98,2	98,15	98,44	98,24	98,23	98,3	98,59	98,23	98,38	98,37	98,21
Total	98,37	98,22	98,24	98,46	98,35	98,25	98,32	98,61	98,32	98,4	98,38	98,41
Al (ppm)	68,8	52,9	291,1	52,9	460,4	63,5	52,9	63,5	344	79,4	47,6	741
K (ppm)	dla	dla	74,7	dla	99,6	dla	dla	dla	66,4	16,6	16,6	174,3
Fe (ppm)	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
Ti (ppm)	dla	18	143,9	24	65,9	60	24	18	71,9	36	dla	221,8
Sıcaklık (°C)												
a	-	576	793	601	700	689	601	576	709	638	-	853
b	-	431	613	451	534	526	451	431	542	482	-	663
c	-	481	677	503	593	583	503	481	601	537	-	731
d	-	514	717	537	630	620	537	514	639	572	-	774



Şekil 3.41. Klorit serizit alterasyonunca üzerlenmiş potasik alterasyon zonunu temsilen seçilen örneğe ait BSE ve katodoluminesans görüntüleri ile Ti, Al, K, Na ve Fe element dağılım haritaları ve EPMA analizi yapılan noktaların konumları



Şekil 3.42. Serizitik zonu temsilen seçilen örneğe ait BSE ve katodoluminesans görüntüleri ile Ti, Al, K, Na ve Fe element dağılım haritaları ve EPMA analizi yapılan noktaların konumları

Tablo 3.6. Serizit alterasyon zonunu temsilen seçilen örneğe (KDD-22 152m) ait ölçüm sonuçları. Sıcaklık değerleri a) Wark ve Watson 2006, b) Huang ve Audetat 0.1 kb, c) Huang ve Audetat 0.5 kb, d) Huang ve Audetat 1 kb göre hesaplanmıştır

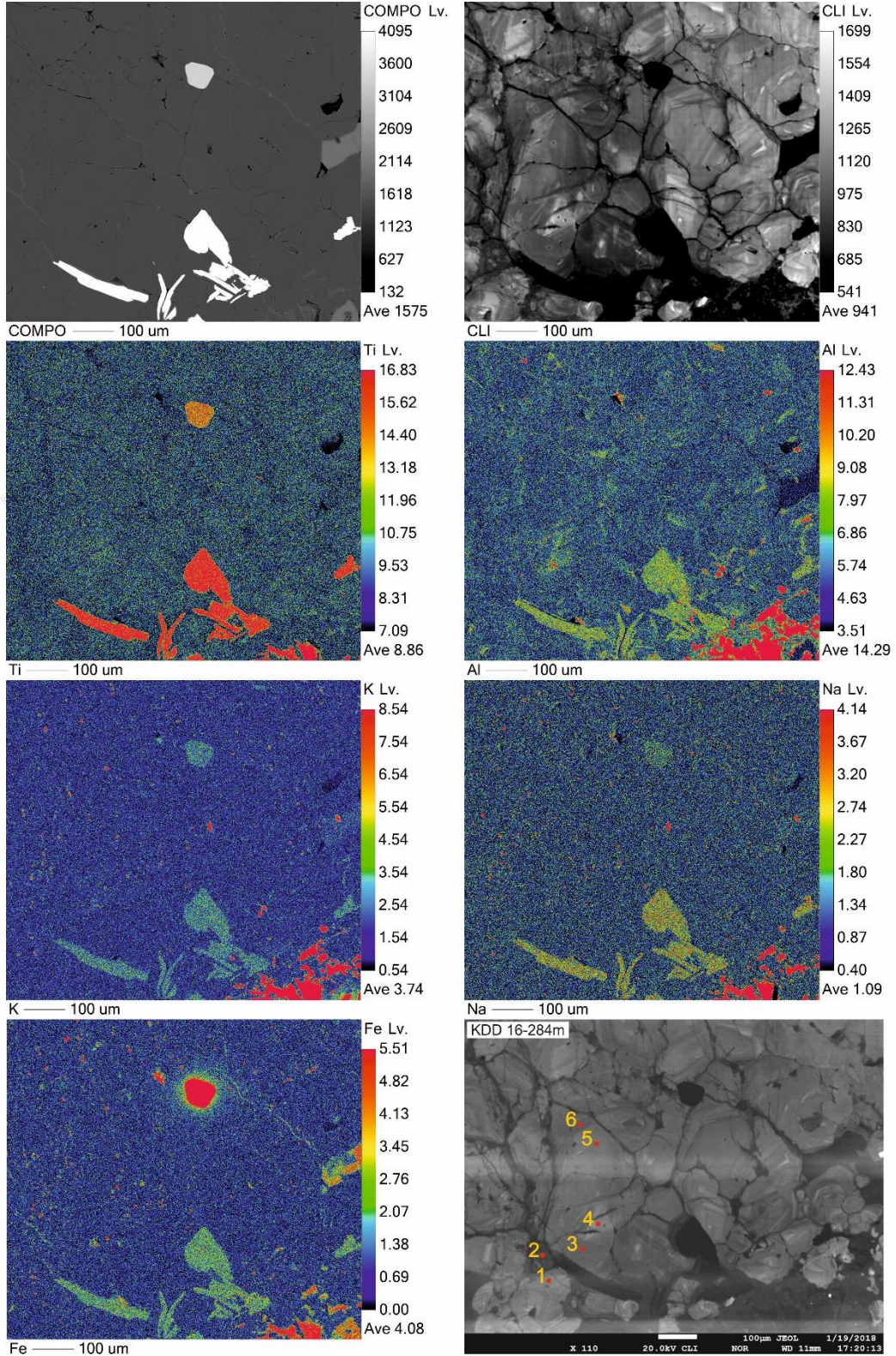
22-152 m									
Nokta No:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Al ₂ O ₃ (%)	0,04	0,014	0,009	0,006	0,02	0,009	0,03	0,03	0,02
K ₂ O (%)	0,007	0,016	dla	dla	0,002	dla	0,007	0,006	0,006
FeO (%)	0,006	0,118	0,003	0,01	0,006	0,01	0,01	0,015	0,015
TiO ₂ (%)	0,006	0,002	0,002	0,004	dla	dla	0,01	0,022	0,023
SiO ₂ (%)	98,61	98,11	98,62	98,45	98,84	98,87	98,525	98,526	98,464
Total	98,66	98,26	98,64	98,47	98,87	98,89	98,582	98,599	98,528
Al (ppm)	211,7	74,1	47,6	31,8	105,9	47,6	158,7	158,8	105,85
K (ppm)	58,1	132,8	dla	dla	16,6	dla	58,1	49,8	49,8
Fe (ppm)	46,6	917,2	23,3	77,7	46,6	77,7	77,7	116,6	116,6
Ti (ppm)	36	12	12	24	dla	dla	59,9	131,8	137,8
Sıcaklık (°C)									
a	638	543	543	601	-	-	526	603	608
b	482	403	403	451	-	-	583	666	672
c	537	452	452	503	-	-	620	707	712
d	572	483	483	537	-	-	689	782	787

3.5.4. Kuvars-Molibden-Pirit Damarlarının Katodoluminesans Özellikleri

Kuvars-molibden-pirit damarlarını temsilen seçilen örnekte (KDD 16-284 m) kuvars kristallerinde sadece dalgalı zonlanma gösteren kuvars büyümeleri gözlenmiştir. (Şekil 3.43).

Ti, Al, Fe, Na ve K için oluşturulan element dağılım haritalarında Al hariç diğer elementler için belirgin bir dağılım gözlenememiş sadece Al'nin kuvars içindeki bazı kırık zonlarında zenginleştiği gözlenmiştir (Şekil 3.43).

Farklı 6 noktada (Şekil 3.43) gerçekleştirilen analizlerde Al'nin 53-279 ppm, Ti'nin ise 12-78 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir. Fe tüm noktalarda dedeksiyon limitinin altında kalmıştır, K ise sadece Al'nin en yüksek olduğu iki noktada dedeksiyon limitinin üzerinde ölçülmüştür (Tablo 3.7).



Şekil 3.43. Kuvars-molibden-pirit damarlarını temsil eden seçilen örneğe ait BSE ve katodoluminesans görüntüleri ile Ti, Al, K, Na ve Fe element dağılım haritaları ve EPMA analizi yapılan noktaların konumları

Tablo 3.7. Kuvars-molibden-pirit damarlarını temsilen seçilen örneğe (KDD16-284 m) ait ölçüm sonuçları. Sıcaklık değerleri a) Wark ve Watson 2006, b) Huang ve Audetat 0.1 kb, c) Huang ve Audetat 0.5 kb, d) Huang ve Audetat 1 kb göre hesaplanmıştır

16-284 m						
Nokta No:	1	2	3	4	5	6
Al ₂ O ₃ (%)	0,034	0,01	0,018	0,049	0,023	0,018
K ₂ O (%)	0,003	dla	dla	0,004	dla	dla
FeO (%)	0,002	dla	0,002	0,002	dla	0,004
TiO ₂ (%)	0,009	0,002	0,007	0,013	0,008	0,005
SiO ₂ (%)	98,88	99,07	98,74	98,76	98,71	99,01
Total	98,93	99,08	98,77	98,83	98,74	99,03
Al (ppm)	179,9	52,9	95,3	259,3	121,7	95,3
K (ppm)	24,9	dla	dla	33,2	dla	dla
Fe (ppm)	dla	dla	dla	dla	dla	31,1
Ti (ppm)	54	12	42	77,9	48	30
Sıcaklık (°C)						
a	678	543	653	718	666	621
b	516	403	495	550	506	468
c	573	452	550	609	562	521
d	610	483	586	647	598	556

3.6. Serizitik (Fillik) Altersayon Zonuna Ait Sıvı Kapanım İncelemeleri

Karakartal Porfiri maden yatağında potasik ve klorit-serizit alterasyon zonlarında mevcut olan kuvars damarlarındaki sıvı kapanımlar ile ilgili detaylı çalışmalar Gümrük (2013) tarafından yapılmıştır. Ancak gerçekleştirilen bu çalışmada sıvı kapanımlarda gözlenen tuz bileşenleri türleri ile ilgili geleneksel mikrotermometre ve Raman Spektrometresi çalışmaları haricinde her hangi bir yöntem ile çalışma gerçekleştirilmemiştir. Bu çalışmada damarlarda hem sıvı hemde ergiyik kapanımlar gözlemlendiğini ortaya koymuştur. Çalışma sonucunda sıvı kapanımların çözelti fazında NaCl'ye ek olarak Li, Ca, Mg, K, CO₂ ve CH₄ gibi bileşenlerin yer aldığı belirlenmiştir. Raman analizleri ile kapanımlardaki katı fazların kalkopirit, hematit, pirit ve manyetit ile anhidrit, sinjenit (K₂Ca (SO₄)₂) ve alünit gibi sülfat minerallerinin bulunduğu ortaya konmuştur. Bu alterasyon zonlarındaki Gümrük (2013) tarafından gerçekleştirilen mikrotermometrik çalışmalar ile sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıklarının 200-900 °C arasında değiştiği, %1-%93 NaCl eşleniği tuzluluğa sahip olduğu belirlenmiştir. Mikrotermometre sonuçları sıvı kapanımların

30 ile 2000 bar arasında oldukça geniş bir basınç aralığında kapaklandıkları Gümrük (2013) tarafından hesaplanmıştır.

Bu tez çalışmasında Gümrük (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda yer almayan serizitik (fillik) alterasyon zonundaki kuvars damarlarında mikrotermometre çalışmaları yapılarak bu damarların oluşum parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun yanında fillik ve potasik alterasyon zonunda katı faz içeren kapanımlar üzerinde LA-ICP-MS çalışması gerçekleştirilmiştir. Tüm mikrotermometrik ölçümler birincil kapanımlar üzerinde gerçekleştirilmiştir.

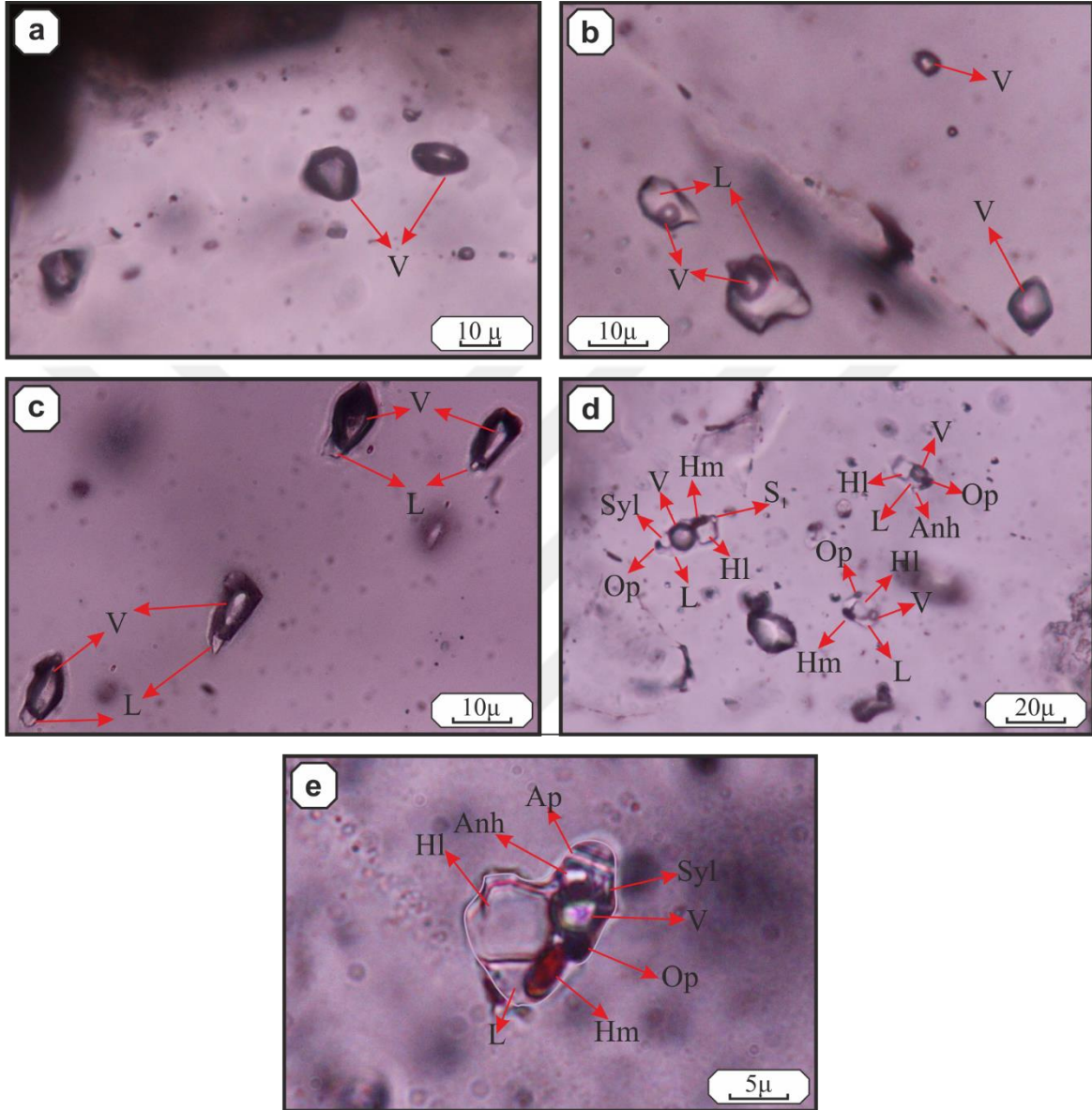
3.6.1. Petrografi

Serizit alterasyonu zonunda yer alan kuvars damarlarında gözlenen birincil sıvı kapanımlar içerdikleri bileşimlere göre sadece gaz fazı içeren (Tip-I; Şekil 3-1a), sıvı ve gaz faz içeren (Tip-IIa: $V_{sıvı} > V_{gaz}$, Tip-IIb $V_{gaz} > V_{sıvı}$, gaz faza homojenleşen; Şekil 3-1b ve c) ve en az bir adet katı faz içeren kapanımlar (Tip-III; Şekil 3-1 d ve e) olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 3.44). Tip-I kapanımlar genellikle negatif şekile sahiptirler ve boyutları genellikle bir kaç mikron ile 15 μm arasında değişmektedir. Tip-IIa türü kapanımlar hacimce %60'tan fazla sıvı faz içermektedirler ve boyutları 1-2 μm ile 15 μm arasında değiştiği belirlenmiştir. Tip-IIb türü kapanımlar ise hacimce %60'tan fazla gaz faz içermekte Tip-IIa kapanımlar ile benzer boyuta sahiptirler. Tip-III kapanımlar %10 ila 30 arasında değişen gaz fazı ve en az 1 adet tuz fazı ve değişik sayıda opak faz içerebilen kapanımlardır (Şekil 3.44). Bazı kapanımlarda iki veya üç adet tuz fazı içerdiği de gözlenmiştir. Bu kapanımlarda ayrıca opak fazlarda bulunabilmektedir (Şekil 3.44).

Çok fazlı kapanımlardaki tuz fazlarından kare şekilli olanların halit, eliptik ve dairesel olanların ise silvit oldukları daha önceki Bodnar ve Beane (1980) ve Shepherd et al. (1985) tarafından yapılan tanımlamalara göre belirlenmiştir. Karakartal maden sahasında sıvı kapanımlarda gözlenen kırmızı renkli opak fazların hematit, siyah renkli fazların kalkopirit veya pirit olabileceği, yüksek rölyefi dikdörtgen olan fazların anhidrit, çubuk şekilli fazların ise apatit olduğu hem gerçekleştirilen SEM-EDS çalışması ile belirlenmiş olup ayrıca Gümrük (2013) tarafından gerçekleştirilen Raman analizleri de bu verileri desteklemektedir.

Serizit alterasyon zonundaki kuvars damarlarında gözlenen Tip-III sıvı kapanımlar genellikle tek tuz içermekle birlikte, Gümrük (2013) tarafından özellikle potasik alterasyon zonunda yaygın olarak gözlenen kompleks kapanımlar daha nadir olarak gözlenmektedir.

Ayrıca yine bu çalışmada damarlarda bulunduğu belirlenen ergiyik kapanımlar serizit alterasyon zonunda gözlenmemiştir.



Şekil 3.44. a) Serizit alterasyon zonunda gözlenen tek fazlı kapanımlar (Tip-1); b) Tip IIa türü sıvı ve gaz fazı içeren kapanımlar; c) Tip IIb türü gaz ve sıvı faz içeren kapanımlar; d ve e) en az 1 adet tuz fazı ve opak mineral içeren Tip III sıvı kapanımlar (V: gaz, L sıvı, (Syl: silvit, Hm: hematit, Op: opak, Hl: halit, Anh: anhidrit, S₁: tanımlanamamış tuz fazı)

3.6.2. İlk Buz Erime Erime (T_{fm}) ve Son Buz Erime (T_{mice}) Sıcaklığı Ölçümleri

Kapanımların boyutlarından dolayı gerçekleştirilen ölçümlerde tam net sıcaklık değerleri belirlenememiş olsa da, Tip-IIa kapanımlar sınırlı sayıda ölçülebilen ($n=7$) ilk buz ergime (T_{fm}) sıcaklıkların -55 ila -50 °C arasında olduğu ortaya konulmuştur (Tablo 3-1). Bu aralık dışında ilk buz erime sıcaklığı (T_{fm}) ölçümleri -25 °C civarında olduğu iki ölçüm sonucu da elde edilmiştir. -55 ila -50 °C arasında değişen sıcaklıkların çözeltide NaCl'ye ilave olarak Ca, Mg ve K'lu Cl fazlarının olabileceğini göstermektedir. Homojenleşme sıcaklıklarının da düşük olduğu muhtemelen ikincil olan kapanımlardan elde edilen -25 °C T_{mf} sıcaklıkları ise bu kapanımlarda NaCl ve KCl bileşenlerinin birlikte bulunduğunu göstermektedir.

Tip-IIa kapanımlar üzerinde gerçekleştirilen T_{mice} ölçüm sonuçları ($n=26$) -11 ile -2.4 °C arasında değiştiği ölçülmüştür (Tablo 3.8). Ölçülen bu T_{mice} değerleri ile HOCKIEFLINCS_H2O-NaCL programı ile hesaplanan tuzluluk değerleri ise %4 ile 13 NaCl eşleniği arasında değiştiği hesaplanmıştır (Tablo 3.8 ve Şekil 3.45).

3.6.2. Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri

Tip IIa sıvıca zengin sıvı kapanımlarda, homojenleşme sıvı faza gerçekleşmiş ve gaz fazın homojenleşme sıcaklıkları (Th_v) 223.5 - 394.1 °C arasında değişmektedir ($n=42$). Tip IIa kapanımlarda bu aralık dışında sadece tek bir kapanımda 511 °C sıcaklık değeri ölçülmüştür (Tablo 3.8 ve Şekil 3.45). Tip IIb sıvı kapanımlarda ise ölçüm sayısı az olmasına rağmen Tip IIa grubu kapanımlara nazaran daha yüksek sıcaklıklarda, 317 - 410.8 °C arasında değişen, Th_v değerleri ölçülmüştür ($n=9$) ve homojenleşme gaz faza olmuştur. Ayrıca bu grup da iki sıvı kapanımda ise 600 °C sıcaklığa kadar homojenleşmenin meydana gelmediği gözlenmiştir.

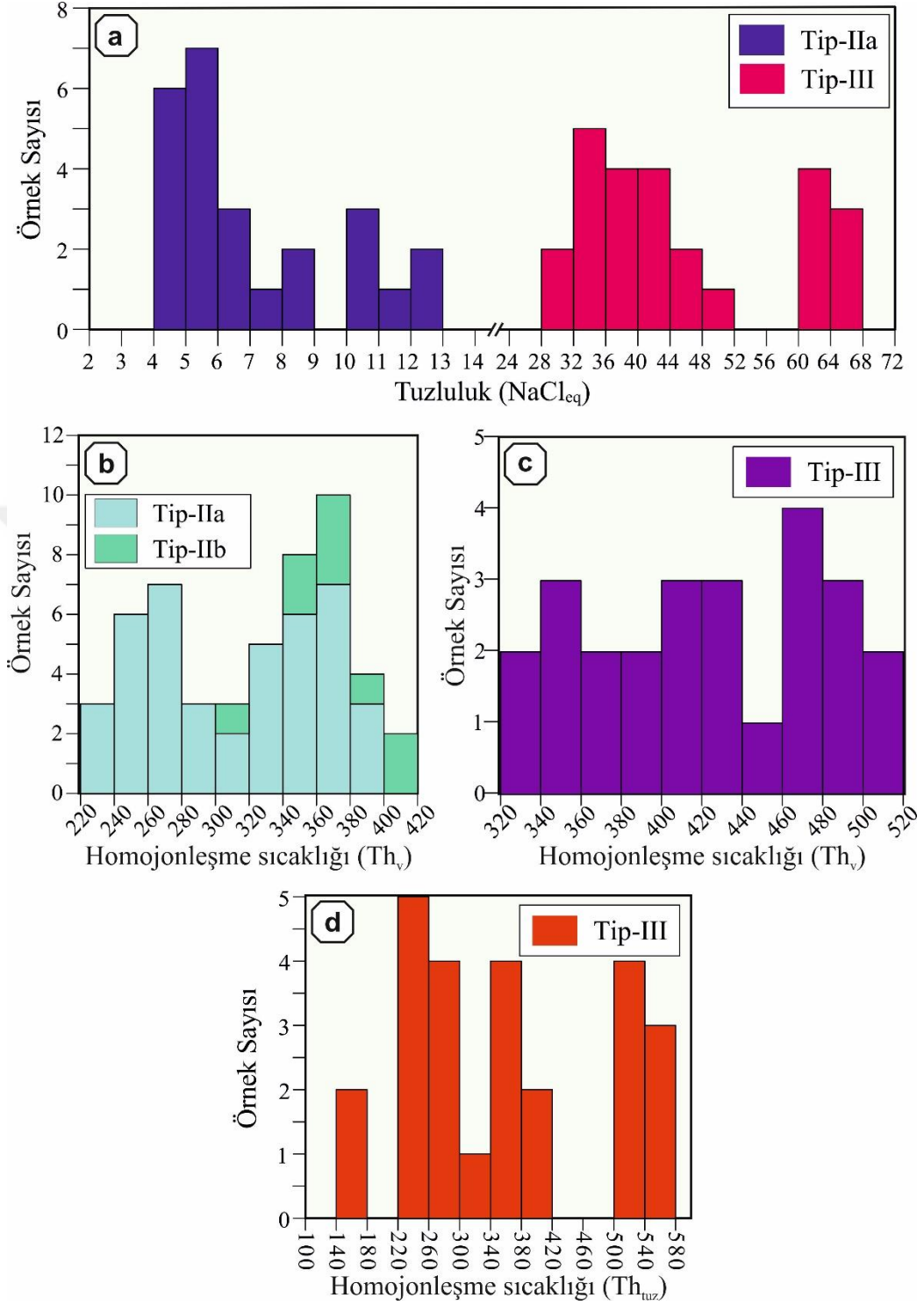
Tip III kapanımlarda Th_v 334.8 - 515 °C arasında değişmekte ($n=25$), bu kapanımlarda bulunan tuz fazlarının ise 176.5 ile 549.7 °C arasında değiştiği ölçülmüştür (Tablo 3.8 ve Şekil 3.45). Tip III kapanımlarda homojenleşme iki farklı şekilde gerçekleştiği belirlenmiştir. İlk grupta gaz faz homojenleşme sıcaklığı tuz fazın homojenleşme sıcaklığından daha yüksek ($n=17$), ikinci grupta tuz faz homojenleşme sıcaklığı gaz faz homojenleşme sıcaklığından daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Tablo 3.8. Karakartal maden sahasında serizitik alterasyon zonundaki kuvars damarlarında gözlenen sıvı kapanımların mikrotermometre sonuçları

Kapanım No	Tip	İlk Ergime T_{m_f}	Son Ergime $T_{m_{ice}}$	Th_v	Th_{tuz1}	Th_{tuz2}	Th_{tuz3}	Tuzluluk %NaCleq
FL-1	Tip-IIa			223.5				
FL-2	Tip-IIa	-24.7	-2.6	230.7				4.3
FL-3	Tip-IIa	-25.8	-7.4	238.7				11
FL-4	Tip-IIa		-2.7	242.6				4.5
FL-5	Tip-IIa	-55;-51	-3.6	242.9				5.9
FL-6	Tip-IIa			245.6				
FL-7	Tip-IIa		-3.2	250.9				5.3
FL-8	Tip-IIa	-55;-52	-2.8	251.4				4.6
FL-9	Tip-IIa		-2.4	257.2				4
FL-10	Tip-IIa	-55;-50	-4.7	261.9				7.4
FL-11	Tip-IIa			262.3				
FL-12	Tip-IIa		-3.1	262.4				5.1
FL-13	Tip-IIa	-55;-54	-2.8	262.8				4.6
FL-14	Tip-IIa	-55;-53	-3.1	263.8				5.1
FL-15	Tip-IIa			275.7				
FL-16	Tip-IIa			278.4				
FL-17	Tip-IIa		-3.7	284.8				6
FL-18	Tip-IIa			285.7				
FL-19	Tip-IIa		-5.6	290.2				8.7
FL-20	Tip-IIa			312.5				
FL-21	Tip-IIa			316.5				
FL-22	Tip-IIa			324.4				
FL-23	Tip-IIa		-3.3	329.1				5.4
FL-24	Tip-IIa			335.8				
FL-25	Tip-IIa		-4	336				6.4
FL-26	Tip-IIa	-55;-50	-5.4	338				8.4
FL-27	Tip-IIa			345.5				
FL-28	Tip-IIa			347.7				
FL-29	Tip-IIa			347.8				
FL-30	Tip-IIa			348.2				
FL-31	Tip-IIa		-2.9	348.4				4.8
FL-32	Tip-IIa		-3.1	354				5.1
FL-33	Tip-IIa		-4.1	360.8				6.6
FL-34	Tip-IIa		-3.2	367.2				5.3
FL-35	Tip-IIa		-7.4	374.4				11
FL-36	Tip-IIa		-8.3	375				12
FL-37	Tip-IIa			375.7				
FL-38	Tip-IIa		-8.5	380				12.3
FL-39	Tip-IIa	-50;-45	-7.8	380				11.5
FL-40	Tip-IIa			382.6				

Tablo 3.8'in devamı

Kapanım No	Tip	İlk Ergime T_{mf}	Son Ergime T_{mice}	Th_v	Th_{tuz1}	Th_{tuz2}	Th_{tuz3}	Tuzluluk %NaCleq
FL-41	Tip-IIa			384.2				
FL-42	Tip-IIa		-6.7	394.1				10.1
FL-43	Tip-IIa		-11	511				15
FL-44	Tip-IIb			317				
FL-45	Tip-IIb			348				
FL-46	Tip-IIb			355.3				
FL-47	Tip-IIb			363.7				
FL-48	Tip-IIb			375.5				
FL-49	Tip-IIb			378				
FL-50	Tip-IIb			385.4				
FL-51	Tip-IIb			405.1				
FL-52	Tip-IIb			410.8				
FL-53	Tip-IIb			>600				
FL-54	Tip-IIb			>600				
FL-55	Tip-III			334.8	170.4	315.6	567.1	65.2
FL-56	Tip-III			336.2	330.5			40.6
FL-57	Tip-III			347.9	248.3			34.5
FL-58	Tip-III			350.4	535.4			62.2
FL-59	Tip-III			350.7	176.5			30.8
FL-60	Tip-III			375.4	227.8			33.3
FL-61	Tip-III			375.7	419.7			50.1
FL-62	Tip-III			389.2	283.5			36.9
FL-63	Tip-III			390	517			60.7
FL-64	Tip-III			411.5	295.2			37.7
FL-65	Tip-III			413.5	245.2			34.3
FL-66	Tip-III			417.6	373.9			44.6
FL-67	Tip-III			427.6	400.8			47.5
FL-68	Tip-III			432	136.2	327.5	549.3	64.7
FL-69	Tip-III			439.4	245.3			34.3
FL-70	Tip-III			445.9	356.3			42.8
FL-71	Tip-III			465	285.1			36.9
FL-72	Tip-III			470	535.4			63.6
FL-73	Tip-III			475	525			62.5
FL-74	Tip-III			475.3	351.4			42.3
FL-75	Tip-III			485.4	360.8			43.2
FL-76	Tip-III			494.7	549.7			65.5
FL-77	Tip-III			500	164.2			30.2
FL-78	Tip-III			512	275.7			36.2
FL-79	Tip-III			515	248.2			34.5



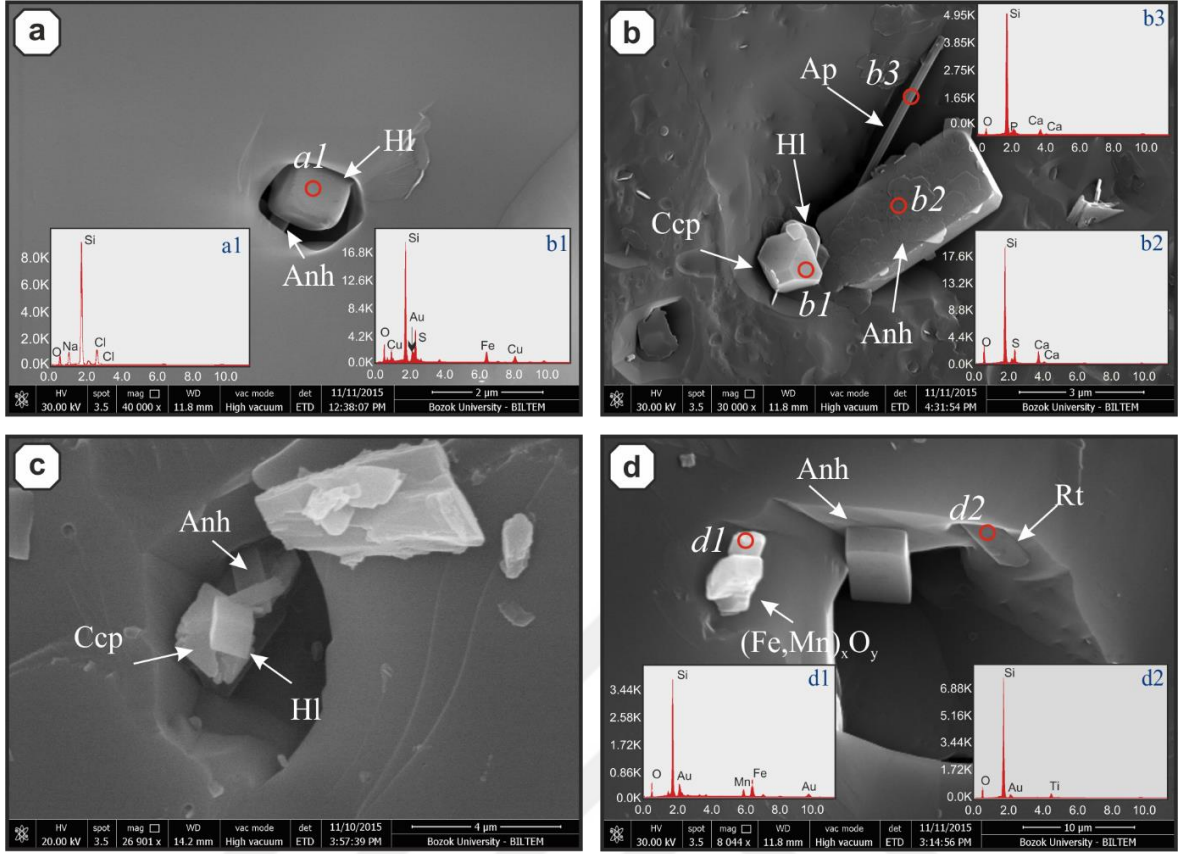
Şekil 3.45. Karakartal maden sahasında serizitik alterasyon zonunda mikrotermometre ölçümleri yapılan sıvı kapanımlara ait histogram grafikleri a) Tip-IIa ve Tip-III sıvı kapanımların tuzluluk (NaCl_{eq}) değerleri; b) Tip II sıvı kapanımların homojonleşme sıcaklık (Th_v) değerleri; c) Tip III sıvı kapanımların homojonleşme sıcaklık (Th_v) değerleri; d) Tip-III sıvı kapanımlarda gözlenen tuz fazlara ait homojonleşme sıcaklık (Th_{tuz}) değerleri

3.6.3. SEM-EDS Analizleri

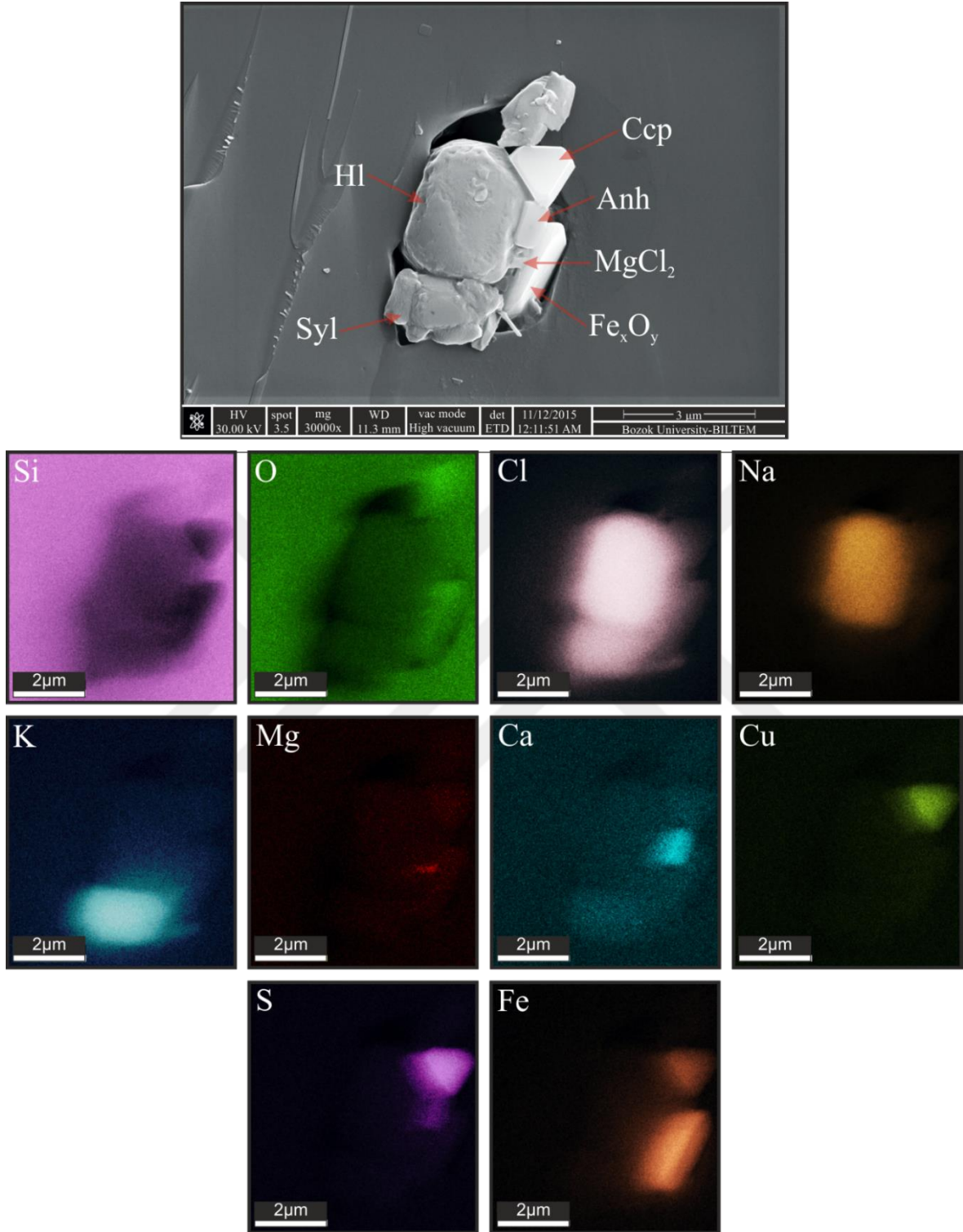
Karakartal maden sahasında kuvars damarlarında gözlenen sıvı kapanımlardaki katı fazlarının kimyasal bileşenlerinin belirlenebilmesi için sıvı kapanımlar üzerinde SEM-EDS analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma en yoğun çok fazlı sıvı kapanımın gözleendiği potasik alterasyon zonunda bulunan kuvars damarlarında gerçekleştirilmiştir. Öncelikle kuvars damarları kesilerek karot numunelerinden ayrılmıştır. Sonrasında damar üzerinde herhangi bir kayaç yapıcı mineral kalmayacak şekilde ince kesit hazırlamada kullanılan aşındırma cihazı ile tüm damar yüzeyleri temizlenmiştir. Laboratuvarda ise hazırlanan örnekler ortadan ikiye kırılarak Au ile kaplanmış ve SEM görüntüsü altında EDS ile ölçümler yapılmıştır.

EDS analizleri kapanımlar içindeki küp şekilli katı fazların halit, küresel ve prizmatik geometride olanların ise silvit olduğunu göstermiştir (Şekil 3.46a ve b). Ayrıca sıvı kapanımlar içerisinde mikroskop altında tanımlanabilen anhidrit (Şekil 3.46c ve d), apatit (Şekil 3.46b), kalkopirit (Şekil 3.46b) ve demir oksit mineralleri de (Şekil 3.46d) SEM görüntüleri ile net bir şekilde gözlenmiş ve EDS ile analiz edilebilmiştir. Bu minerallerin dışında EDS analizleri ile kapanımlar içinde rutil ve $(Fe,Mn)_xO_y$ fazları da gözlenmiştir.

SEM görüntüsü altında gözlenen sıvı kapanımların en çok katı faz içeren Tip-III kapanım (Şekil 3.47) üzerinde EDS ile element haritalaması yapılmıştır. Bu çalışma ile kapanım içerisinde Na ve K klorür fazlarının dışında çok az miktarda da Mg içeren klor tuzlarının olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.46. a) Halit ve anhidrit içeren Tip-III kapanımın SEM görüntüsü ve halit kristalinin EDS spektrumu; b) Halit, anhidrit, kalkopirit ve apatit içeren sıvı kapanımın SEM görüntüsü ve kalkopirit, apatit ve anhidritin EDS spektrumları; c) Kalkopirit, anhidrit ve halit içeren Tip-III sıvı kapanımın SEM görüntüsü; d) Sıvı kapanım boşluğu içerisinde $(Fe,Mn)_xO_y$, anhidrit ve rutil mineralleri ve bu minerallerin EDS spektrumları (Hl: halit, Anh: anhidrit, Ccp: kalkopirit, Ap: apatit, Rt: rutil)



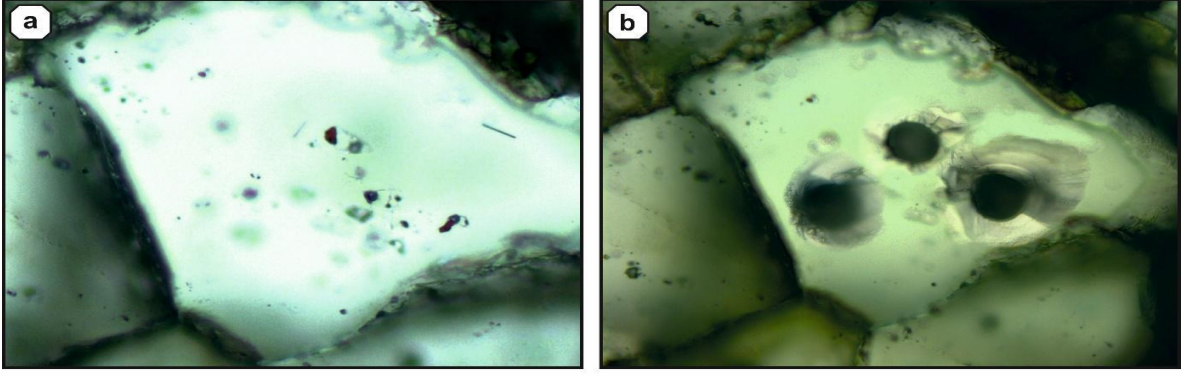
Şekil 3.47. Kuvars damarı içerisinde yer alan açılmış bir sıvı kapanımının SEM altındaki görüntüsü ve element haritaları (Hl: halit, Syl: silvit Anh: anhidrit, Ccp: kalkopirit)

3.6.4. LA-ICP-MS

LA-ICP-MS analizleri bileşiminde tuz, sülfat, oksit, sülfid ve silikat gibi farklı bileşimli katı fazlar barındıran kompleks yapılı Tip III sıvı kapanımlar üzerinde Leeds University Fluid Inclusion Laser Ablation ICP-MS laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Potasik alterasyon zonundan Farklı alterasyon zonlarından 40 sıvı kapanım, klorit-serizit alterasyon zonundan 22 adet sıvı kapanım, serizitik alterasyon zonundan 13 adet sıvı kapanım olmak üzere toplam 75 adet kapanım üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerde mikrotermometrik ölçümler yapılan kesitler kullanılmakla birlikte aynı sıvı kapanımlar ölçülememiştir. Elde edilen sonuçlar SILLS programı (Guillong vd. 2008) ile değerlendirilmiştir. Mikrotermometre çalışmasından elde edilen tuzluluk değerleri oldukça farklı olduğundan analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde içsel standart olarak tuzluluk değeri kullanılamamış, sonuçların değerlendirilmesinde ^{23}Na değeri 1 olarak alınarak ve sonuçların $\text{Element}/^{23}\text{Na}$ oranı olarak yorumlanmasına gidilmiştir.

Analiz sonuçları K-Ca-Mg üçgen diyagramı ile irdelendiğinde potasik ve klorit-serizit alterasyon zonlarında Na dışında K'nın en baskın Cl fazı olduğu gözlenmektedir. Serizitik alterason zonunda ise K içeriğinde bir azalmanın olduğu ortaya çıkmaktadır. Potasik alterasyon zonundaki kapanımlarda gözlenen Ca ve Mg'ca zengin kapanımlar ise sırasıyla kapanımla içerisindeki anhidrit ve m içeren silikat fazları ile ilişkilidir.

Kapanımlardaki Zn-Fe-Cu arasındaki ilişki üçgen diyagram ile irdelendiğinde Fe fazı tüm alterasyon zonlarında en baskın olan fazdır. Serizitik alterasyon zonunda ise Cu ve Zn içeriğinde Fe'ye göre ciddi bir atış söz konusudur. Bu da kapanımlarda opak faz olarak FeOx yerine sülfidli fazların daha yoğun olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.48. LA-ICP-MS analizi yapılan kesitlere ait mikrofotograflar; a) ve b) Potasik alterasyon zonunda analiz edilen kapanımların analiz öncesi ve sonraki görüntüleri

Tablo 3.9. Potasik alterasyon zonunda gözlenen sıvı kapanımlara ait LA-ICP-MS ölçüm sonuçları

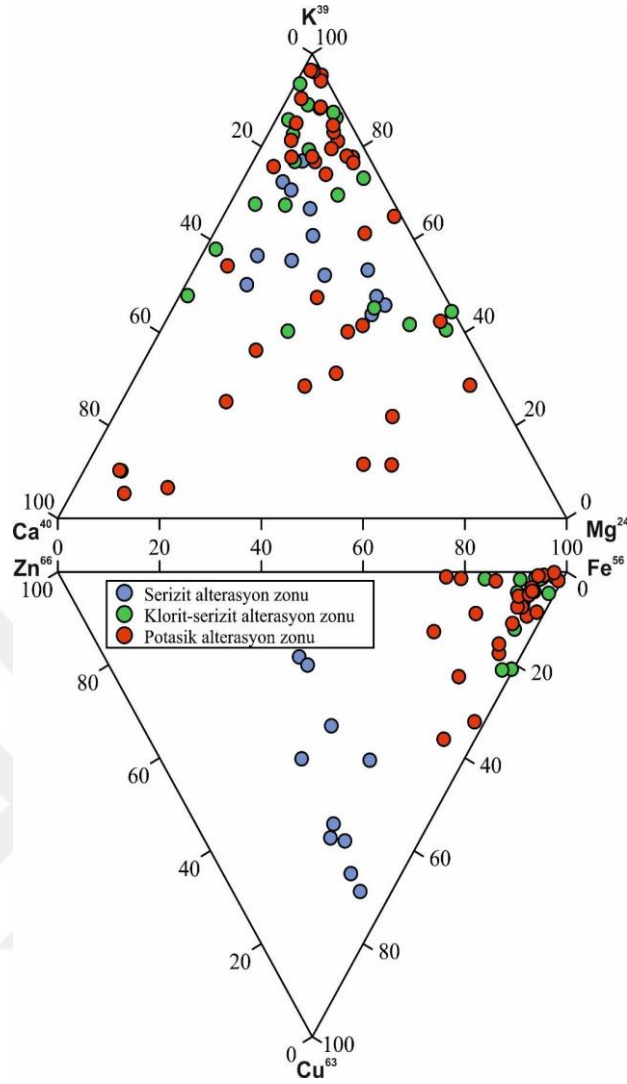
Kapanım No.	Na23 $\mu\text{g/g}$	Mg24 $\mu\text{g/g}$	K39 $\mu\text{g/g}$	Ca40 $\mu\text{g/g}$	Fe56 $\mu\text{g/g}$	Cu63 $\mu\text{g/g}$	Zn66 $\mu\text{g/g}$
1	1	1,125202	0,48363	0,078996	1,090178	0,068756	0,065685
2	1	0,763905	0,600157	0,051448	6,648142	0,127103	0,050601
3	1	0,035683	0,073816	0,010807	0,142605	0,007934	0,008084
4	1	0,61217	0,649585	0,302605	0,495173	<0.050671	0,078851
5	1	0,800173	0,320536	0,339998	0,663396	0,071919	0,023529
6	1	0,169042	3,871754	0,019768	0,92319	0,034306	0,052607
7	1	1,187065	4,823608	0,197384	1,20425	0,271	0,070318
8	1	0,084639	0,535242	0,077194	0,864653	0,423982	0,026546
9	1	0,023553	0,796529	0,061476	1,090976	0,21465	0,076746
10	1	0,04711	0,926549	0,115813	1,363613	0,112403	0,077439
11	1	0,376257	0,300889	0,285722	0,528328	0,045482	0,030291
12	1	0,762208	3,338296	0,181798	2,20226	0,030447	0,671793
13	1	0,515837	2,898858	0,156115	2,60111	0,046952	0,665093
14	1	0,112597	0,739636	0,037157	0,828824	0,072175	0,056731
15	1	0,243036	2,904474	0,134513	1,404129	0,185785	0,085816
16	1	0,18894	3,839915	0,047973	4,338118	1,447502	0,639016
17	1	0,882364	1,54318	0,819805	1,052533	0,121135	0,181572
18	1	0,04411	0,692554	0,114574	1,104079	0,008651	0,047889
19	1	0,146718	1,032107	0,147029	1,274262	0,07542	0,09879
20	1	0,110719	1,214989	0,237794	1,193125	0,065108	0,065659
21	1	0,037246	0,144146	0,006876	1,094128	0,001632	0,026988
22	1	0,312062	0,603294	0,012919	2,83679	0,024782	0,156439
23	1	0,178093	0,842757	0,117326	0,843	0,019053	0,128471
24	1	0,020131	0,333876	0,087078	3,438645	0,331119	0,059835
25	1	0,024195	1,964563	<0.018754	2,206983	0,419695	0,643454
26	1	0,045763	2,023802	0,035111	0,898799	0,040765	0,046517
27	1	0,014704	0,940138	0,02031	0,937665	<0.0034499	0,095831
28	1	0,581144	4,167923	0,17761	1,848899	1,151312	0,197776
29	1	0,427436	2,430741	0,196812	0,033335	<0.0078237	0,025661
30	1	0,152599	0,264673	0,314226	0,076885	<0.0084705	0,002533
31	1	0,013091	0,114981	0,083543	0,022366	<0.00062802	0,002257
32	1	0,612052	0,131572	0,3848	0,2481	<0.0043746	0,005758
33	1	0,06451	0,070277	0,04009	0,027422	<0.0012709	0,000572
34	1	0,128009	0,106262	0,138921	0,070365	<0.0018543	0,007852
35	1	0,118081	0,144602	0,312471	0,100871	<0.026355	0,01155
36	1	0,058591	0,081499	0,655271	0,182749	<0.0088383	0,003397
37	1	0,046184	0,068336	0,545841	0,166286	<0.0047755	0,000815
38	1	0,137005	0,049653	0,562344	0,180172	<0.0019221	0,000625
39	1	0,208999	0,108795	1,696578	0,341421	<0.0028161	0,002247
40	1	0,714613	0,137739	0,341647	0,081204	<0.0066104	0,011067
Ortanca		0.149659	0.62644	0.138921	0.910995	0.072047	0.051604
Ortalama		0.303146	1.157898	0.234558	1.166226	0.208426	0.112568

Tablo 3.10. Klorit-serizit alterasyon zonunda gözlenen sıvı kapanımlara ait LA-ICP-MS ölçüm sonuçları

Kapanım numarası	Na ²³ µg/g	Mg ²⁴ µg/g	K ³⁹ µg/g	Ca ⁴⁰ µg/g	Fe ⁵⁶ µg/g	Cu ⁶³ µg/g	Zn ⁶⁶ µg/g
1	1	0,071848	0,532794	0,013047	1,669987	0,01931	0,030482
2	1	0,098689	1,885661	0,134305	2,294532	<0.012583	0,245955
3	1	0,028354	0,384506	0,1557	0,623347	0,165655	0,002929
4	1	0,073613	2,277797	2,397182	1,290199	0,064729	0,109937
5	1	1,562297	1,7889	0,599046	3,159623	0,056978	0,292675
6	1	0,107495	0,8781	0,121851	0,703096	0,103414	0,034576
7	1	2,105099	1,525231	0,128318	3,74635	1,029857	0,105169
8	1	68,63352	55,37761	0,423462	79,37184	<0.018542	0,148741
9	1	0,031963	0,109991	0,016055	0,180039	<0.0095331	0,022022
10	1	0,019019	0,66578	0,091413	0,690011	0,009292	0,03044
11	1	0,024523	0,412741	0,062335	0,54775	0,009047	0,026426
12	1	0,022733	0,627123	0,432935	0,697033	<0.038605	0,13479
13	1	0,928429	1,49305	1,283678	2,672422	0,130937	0,035351
14	1	0,663101	2,067927	0,093549	2,925183	0,037878	0,173791
15	1	0,143216	1,192875	0,029575	2,006658	0,092214	0,094354
16	1	1,70599	2,265478	<0.041781	4,143468	<0.091171	0,235277
17	1	1,033489	0,625432	<0.063749	1,455735	<0.14053	0,185481
18	1	0,052162	0,626284	0,030756	1,332769	<0.010362	0,042265
19	1	0,071038	0,435504	0,139373	1,51969	0,026554	0,280073
20	1	2,212172	1,912423	0,458981	1,35978	<0.105	0,196795
21	1	0,145942	1,373694	0,268824	0,619407	<0.057919	0,034904
22	1	0,040768	4,337285	0,262541	1,327783	<0.078529	0,378387
Ortanca		0.098689	1.192875	0.134305	1.35978	0.060854	0.105169
Ortalama		0.530569	1.305646	0.353656	1.664993	0.145489	0.128194

Tablo 3.11. Serizit Alterasyon zonunda gözlenen sıvı kapanımlara ait LA-ICP-MS ölçüm sonuçları

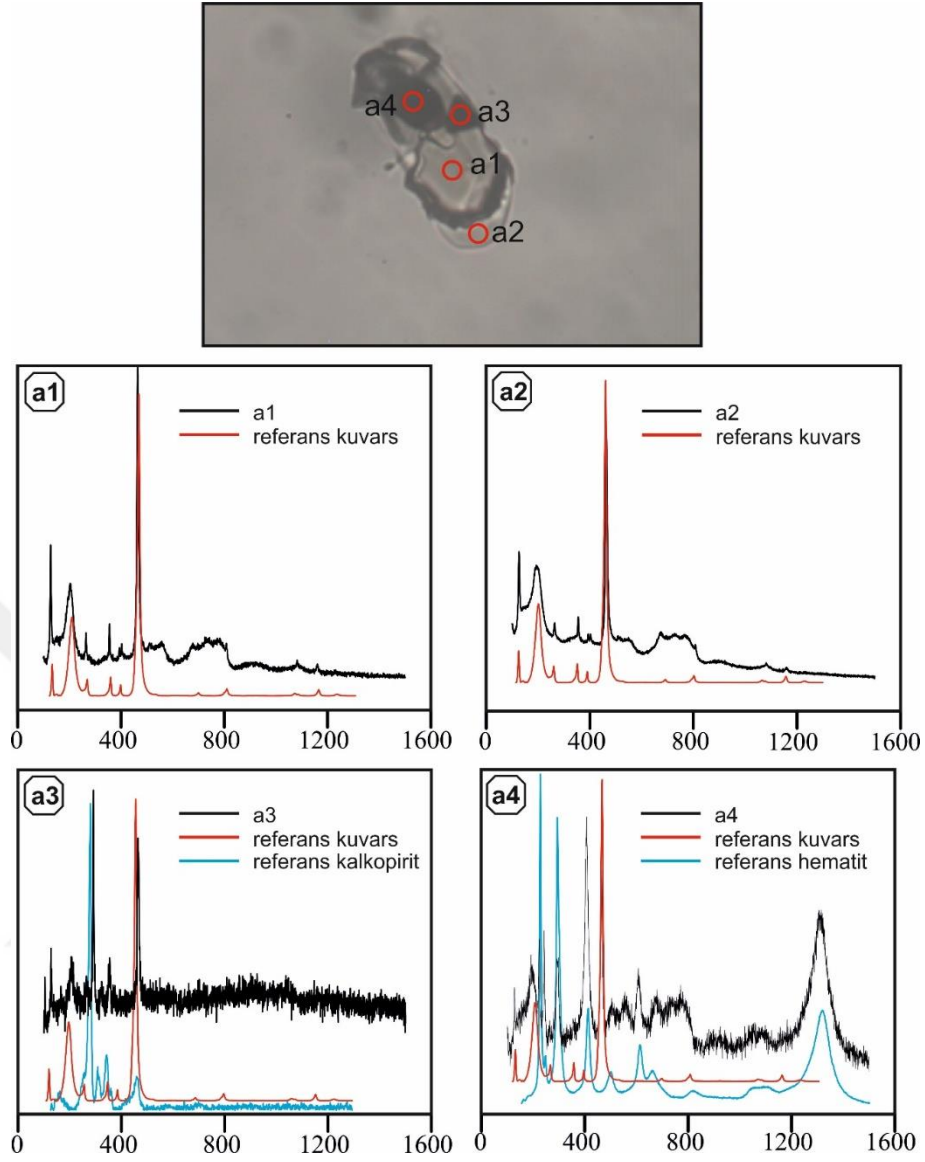
Kapanım No:	Na23 µg/g	Mg24 µg/g	K39 µg/g	Ca40 µg/g	Fe56 µg/g	Cu63 µg/g	Zn66 µg/g
1	1	0.001266	0.011438	0.003088	0.003229	<0.01886	0.00293
2	1	0.004034	0.012285	0.005825	0.005732	0.002736	0.006502
3	1	0.000536	0.004287	0.000752	0.002146	<0.0017904	0.00213
4	1	0.016281	0.032387	0.013235	0.014487	0.012901	0.011572
5	1	0.003784	0.005913	0.00137	0.00358	0.001836	0.003748
6	1	0.001242	0.005206	0.003903	0.00189	0.001864	0.000849
7	1	0.018003	0.120551	0.032097	0.026618	<0.15248	0.033334
8	1	0.006122	0.025074	0.006439	0.014504	0.037459	0.005746
9	1	0.010818	0.011941	0.00445	0.00256	0.003705	0.002945
10	1	0.002159	0.01115	0.006411	0.033155	0.091032	0.008214
11	1	0.025874	0.028693	0.007963	0.01241	0.026112	0.006609
12	1	0.016318	0.050342	0.016081	0.015532	0.035606	0.011095
13	1	0.024487	0.030171	0.008522	0.010901	0.021843	0.007535
Ortanca		0.006122	0.012285	0.006411	0.010901	0.017372	0.006502
Ortalama		0.010071	0.02688	0.008472	0.011288	0.023509	0.007939



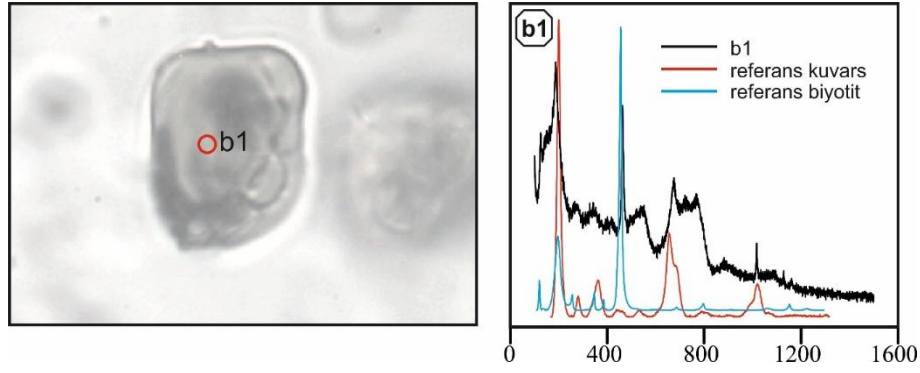
Şekil 3.49. Sıvı kapanımların LA-ICP-MS analiz sonuçlarına ait üçgen diyagramlar

3.7. Ergiyik Kapanımların Kimyası

Karakartal maden sahasında potasik alterasyon zonunda varlığı ilk kez Gümrük (2013) tarafından ortaya konan ergiyik kapanımların bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla sınırlı sayıda kapanım üzerinde Raman ve mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir. Raman analizleri gerçekleştirilen kapanımlardan birinde opak mineralleri saran şeffaf fazın kuvars ile benzer spektrum verdiği, opak fazların ise kalkopirit ve hematit olduğu belirlenmiştir. Diğer kapanımın Raman analiz sonucunda ise edilen spektrum referans biyotit spektrumu ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3.50. Potasik alterasyon zonunda hidrotermal kuvars içinde gözlenen ergiyik kapanımın mikroskop altındaki görüntüsü ve içerdiği katı fazlara ait Raman Spektroskopisi pikleri

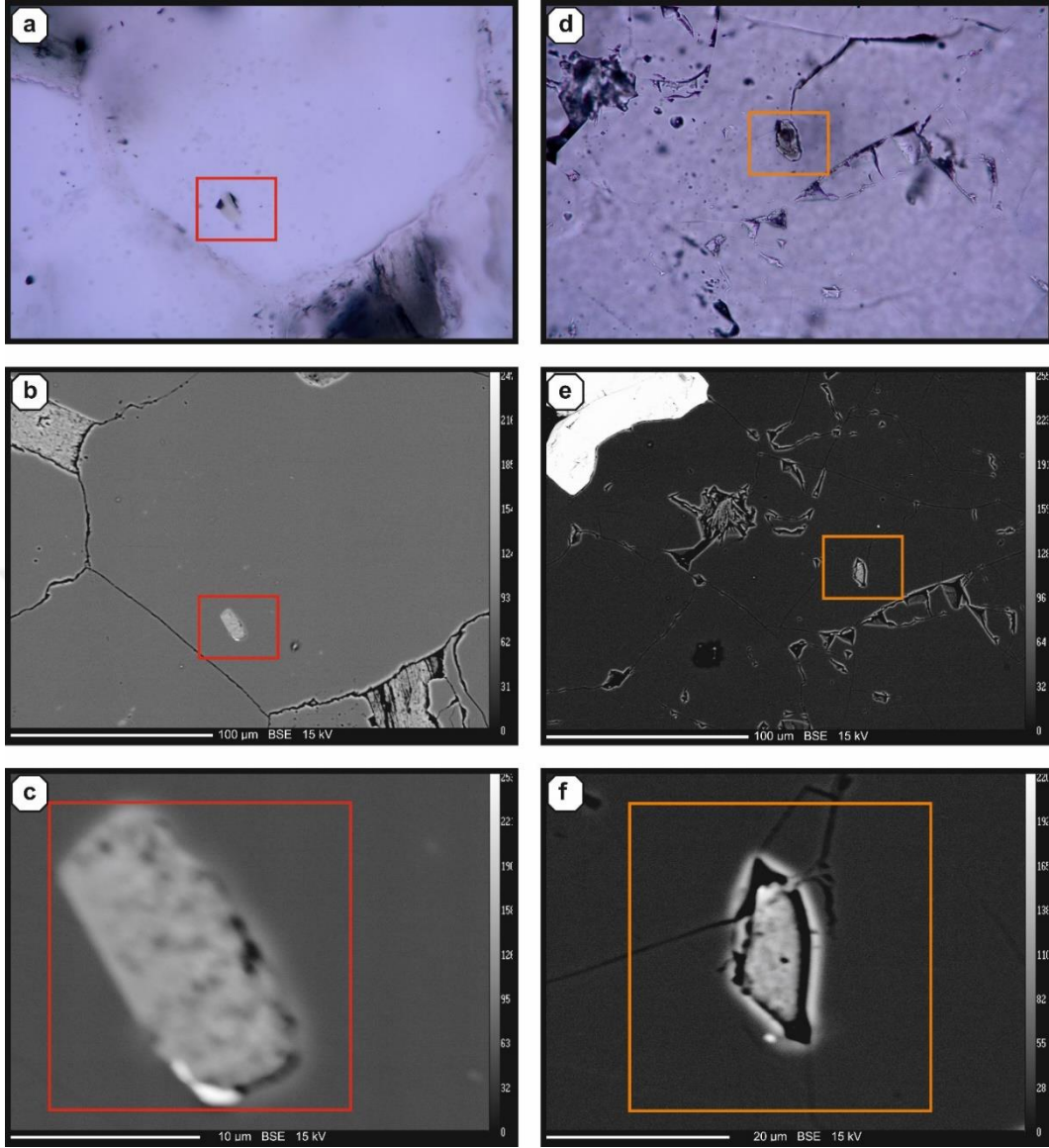


Şekil 3.51. Potasik alterasyon zonunda hidrotermal kuvars içinde gözlenen ergiyik kapanımın mikroskop altındaki görüntüsü ve içerdiği katı fazlara ait Raman Spektroskopisi pikleri

Bu zonda gözlenen üç farklı ergiyik kapanım üzerinde mineral kimyası analizi gerçekleştirilmiştir (Tablo 3.12, Şekil 3.49). Petrografik olarak kahverengi tonlara sahip kapanımlarda biyotit kimyası ile uyumlu sonuçlar elde edilirken petrografik olarak şeffaf gözüken fazlarda bilinen bir mineral ile benzer bir kimyasal sonuç elde edilememiştir.

Tablo 3.12. Potasik alterasyon zonundaki hidrotermal kuvarslarda gözlenen ergiyik kapanımlara ait mineral kimyası analiz sonuçları

Nokta	melt_1	melt_2	melt_3
SiO ₂	40,135	53,417	36,608
MgO	19,407	23,211	16,018
F	0,901	0	0,979
Na ₂ O	0,142	0,022	0,177
Al ₂ O ₃	12,345	0,141	13,977
K ₂ O	8,813	0,01	9,086
Cl	0,183	0,001	0,189
TiO ₂	2,63	0,009	3,118
MnO	0,097	2,226	0,1
CaO	0,034	0,37	0
FeO	9,928	17,965	10,604
Cr ₂ O ₃	0,022	0,012	0,01
BaO	0	0	0,062
Total	94,638	97,383	90,927



Şekil 3.52. Potasik alterasyon zonunda mineral kimyası ölçümü yapılan ergiyik kapanımları mikroskop ve BSE görüntüleri

3.8. Oksijen ve Hidrojen İzotop Analizleri

Karakartal maden sahasında gözlenen farklı alterasyon zonlarını oluşturan çözeltilerin kökeni ve hidrotermal çözelti yan kayaç etkileşimi sonucunda oluşan ikincil minerallerin oluşum sıcaklıklarının belirlenmesi amacıyla oksijen ($\delta^{18}\text{O}$) ve hidrojen (δD) izotop analizleri gerçekleştirilmiştir.

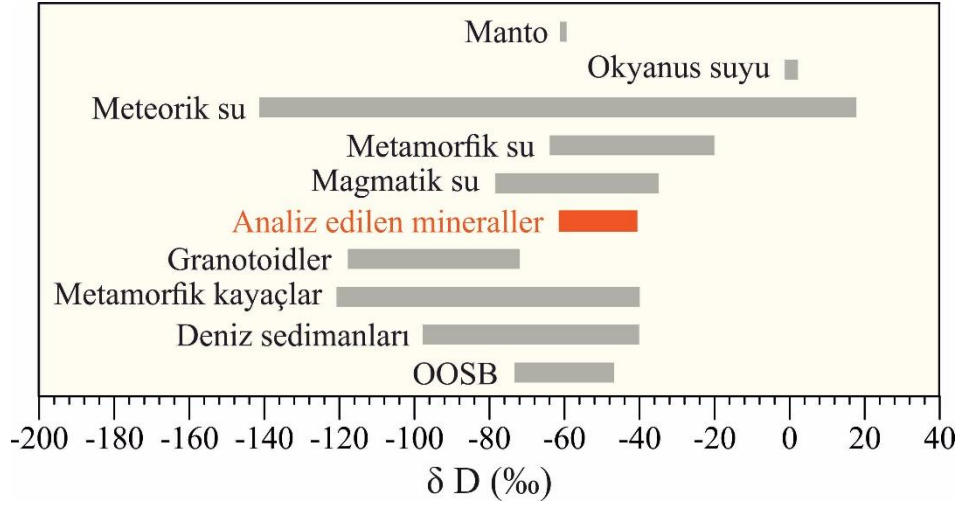
Analizler için seçilen örnekler ilgili alterasyon zonunu en iyi temsil ettiği düşünülen örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Oksijen izotop termometresi hesaplamaları aynı

örnekten seçilen mineral çiftlerinden gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık hesaplamaları için kullanılan formüller EK-7’de verilmiştir.

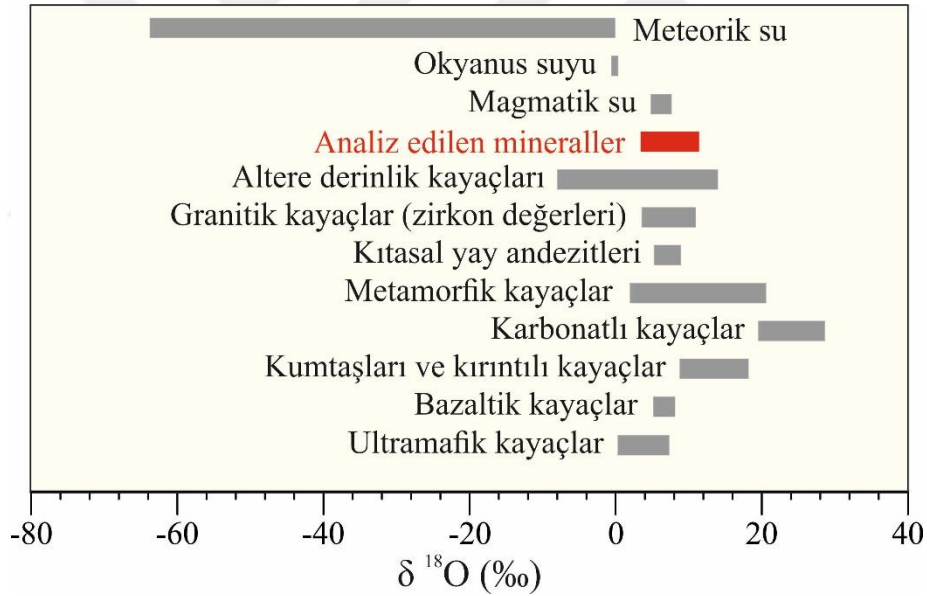
Tablo 3.13 yer alan analiz sonuçlarına göre Karakartal sahasında analiz edilen minerallerin O ve D izotop değerlerinin dar bir alanda değişim gösterdiği görülmektedir. (Şekil 3.53 ve Şekil 3.54). Elde edilen izotop değerleri farklı jeolojik rezervuarlar ile karşılaştırmış bu rezervuarlardan magmatik su, meteorik su ve altere granit kayaçlar gibi cevherleşme ile ilişkili olması beklenen alanlar ile uyumlu olduğu görülmüştür (Şekil 3.53 ve Şekil 3.54). Oksijen izotop termometre çalışmaları hem aynı örnekteki mineraller için hem de diğer örnekteki uygun mineral çiftleri için hesaplanmıştır (Tablo 3.14). Elde edilen sonuçlara göre KDD-7 430 örneğindeki biyotit ve feldspat çifti ile KDD 21 86 örneğinde ki çiftler haricindeki diğer sonuçlar Karakartal cevherleşmesi için beklenen sıcaklık aralıklarının dışında yer almaktadır.

Tablo 3.13. Minerallerin O ve H izotop analiz sonuçları

Örnek No	Mineral	Damar parajenezi	Analiz ID	$\delta^{18}\text{O}_{\text{v-SMOW}} (\text{‰})$	Analiz ID	$\delta\text{D}_{\text{v-SMOW}} (\text{‰})$
KDD-7 430m	Biyotit	Kuvars, Biyotit, K-Feldspat, klorit, manyetit, kalkopirit	O5B	6.2	H5B	-42
	K-Feldspat		O5F	9.9		-
	Kuvars		O5	8.3	H5	-62
KDD-21 86m	Biyotit	Kuvars, Biyotit, K-Feldspat, klorit, manyetit, hematit, kalkopirit, pirit	O12B	5.2	H12B	-53
	K-Feldspat		O12F	9.1		-
	Kuvars		O12	10.1	H12	-62
KDD-47 355m	Kuvars	Kuavars, manyetit	O14	8.2	H14	-48
	Manyetit		O15	4.8		-
KDD-16 08	Kuvars	Kuvars, molibdenit	O9	9.4	H9	-60
SS-161	Kuvars	Kuvars, pirit	O8	8.3	H8	-51



Şekil 3.53. δD izotop oranlarının farklı rezervuar alanları ile karşılaştırılması (rezervuar değerleri Taylor, 1974 ve 1978. Clark 1998'dan Pope ve diğ., 2012 alınmıştır)



Şekil 3.54. $\delta^{18}O$ izotop oranlarının farklı rezervuar alanları ile karşılaştırılması (rezervuar değerleri Bindeman, 2008 ve Hoef 2009'dan alınmıştır)

Tablo 3.14. O-H izotop değerlerine göre hesaplanan sıcaklık (°C) değerleri

Mineral çifti	Sıcaklık °C	Mineral Çifti	Sıcaklık °C
Kuvars _{KDD 7-430} -Biyotit _{KDD 7-430}	897	Biyotit _{KDD 7-430} - Kuvars _{KDD 21-86}	567
Kuvars _{KDD 7-430} -K-Feldspat _{KDD 7-430}	negatif	Biyotit _{KDD 7-430} -K-Feldspat _{KDD 21-86}	599
Biyotit _{KDD 7-430} - K-Feldspat _{KDD 7-430}	462	Biyotit _{KDD 7-430} -Kuvars _{KDD 47-355}	927
Kuvars _{KDD 21-86} -Biyotit _{KDD 21-86}	461	K-Feldspat _{KDD 7-430} - Biyotit _{KDD 21-86}	347
Kuvars _{KDD 21-86} -K-Feldspat _{KDD 21-86}	777	Kuvars _{SS-161} -Biyotit _{KDD 21-86}	697

Tablo 3.14'ün devamı

Mineral çifti	Sıcaklık °C	Mineral Çifti	Sıcaklık °C
Biyotit _{KDD 21-86} -K-Feldspat _{KDD 21-86}	435	Kuvars _{SS-161} -Manyetit _{KDD 47-355}	905
Kuvars _{KDD 47-355} -Manyetit _{KDD 47-355}	911	Kuvars _{KDD 16-08} -Biyotit _{KDD 21-86}	529
Kuvars _{KDD 7-430} -Biyotit _{KDD 21-86}	686	Kuvars _{KDD 16-08} -Manyetit _{KDD 47-355}	769
Kuvars _{KDD 7-430} -K-Feldspat _{KDD 21-86}	negatif	Kuvars _{KDD 21-86} -Manyetit _{KDD 47-355}	707
Kuvars _{KDD 7-430} -Manyetit _{KDD 47-355}	897	Biyotit _{KDD 21-86} -Kuvars _{KDD 47-355}	706
Biyotit _{KDD 7-430} - Kuvars _{SS-161}	913	K-Feldspat _{KDD 21-86} -Manyetit _{KDD 47-355}	1012
Biyotit _{KDD 7-430} - Kuvars ₁₆₋₀₈	663		

3.9. Zirkon İz Element Jeokimyası

Karakartal maden sahasında gözlenen farklı jeolojik birimlerden belirlenen ve U-Pb yaşlandırması yapılan 10 örnekteki toplam 191 zirkon kristali üzerinde iz element analizi gerçekleştirilmiştir. Zirkon iz element analiz sonuçları çalışma alanındaki tüm birimlerin yay ilişkili veya orojenik ortamlarda oluştuğunu ya da bu ortamlardan beslendiklerini göstermektedir (Şekil 3.55a). Alıçlı ve Yoncayolu Formasyonlarından (Keban Metamorfikleri) elde edilen zirkonlar kökensel S tipi granotoidler (Şekil 3.55b ve d) ile benzerlik gösterirken Üst kretase yaşlı Subaşı Formasyonuna ait zirkonlar S ve I tipi granotoidler ile benzer bir alanda dağılım göstermektedir (Şekil 3.55b ve d). Eosen yaşlı andeziti, dasit ve cevherleşme ile ilişkili yarı derinlik kayaçları birbirleri ile oldukça uyumlu bir dağılım sergilemekte ve I tipi granitoid alanında yer almaktadır (Şekil 3.55b ve c). Oligosen yaşlı kumtaşları ise hem kökensel hem de bileşimsel olarak oldukça geniş bir alanda yayılım göstermekte ve çalışma alanında yer alan kendinden yaşlı tüm formasyonlardan beslendiği görülmektedir (Şekil 3.55b ve d). Miyosen yaşlı bazaltlarda yer alan zirkonlar her ne kadar tektonik olarak yitim ilişkili veya orojenik ortamlarda oluşan zirkonlara benzerlik gösteriyor olsalar da bilinen hiçbir magma ile kökensel bir ilişkisi olmadığı gibi bileşimsel olarak oldukça farklı bir grup oluşturmaktadır (Şekil 3.55b ve c).

3.10. Zirkon U-Th-He Termokronolojisi

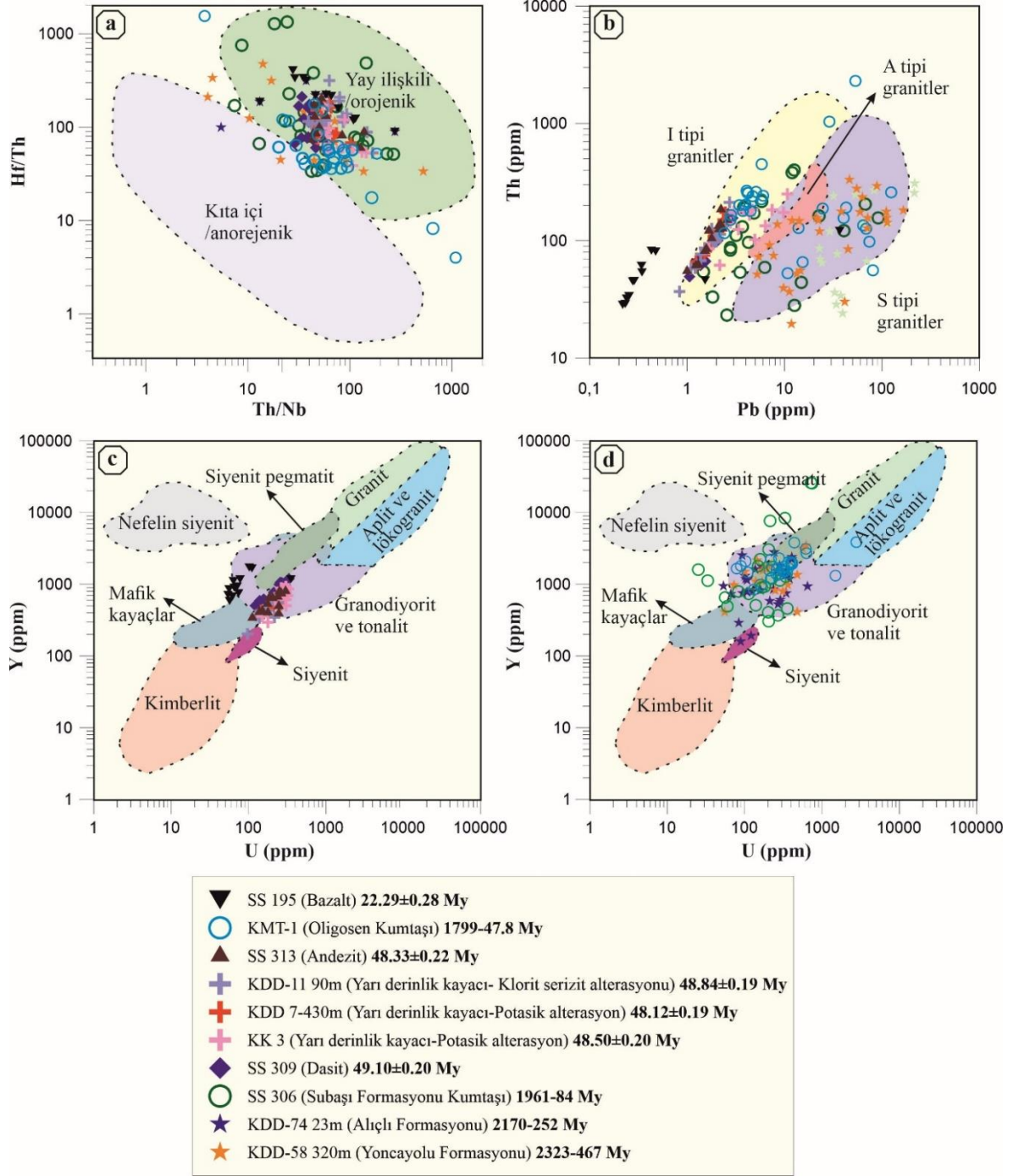
Çalışma alanında U-Pb analizi gerçekleştirilen 4 örnekten seçilen 3 er adet zirkon kristali üzerinde U-Th-He termokronoloji analizi gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 200 °C derece kapanlanma sıcaklığına (McInnes vd., 2005) sahip olan bu yöntem ile analiz edilen

kayaçların soğuma yaşları belirlenmeye çalışılmıştır. Analizler klorit serizit alterasyon ile üzerlenmiş potasik alterasyon, en az altere kayaç ve farklı derinliklerdeki 2 farklı cevherleşme sonrası dayk üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Zirkon U-Pb yaşı 47.98 my olan en az altere örneğin (SS-130) soğuma yaşı zirkon U-Th-He yöntemi ile 46.29 my olarak belirlenmiştir (Tablo 3.15 ve Şekil 3.56). Klorit serizit alterasyonu tarafından üzerlenmiş potasik alterasyon örneğinde (KDD 21 86m) ise zirkon U-Pb yaşı 47.76 my soğuma yaşı ise 45.73 my olarak belirlenmiştir (Tablo 3.15 ve Şekil 3.56).

Cevherleşme sonrası dayklarda ise yüzeyden yaklaşık 430 m derinde olan (KDD 1A 430m) örnekte zirkon U-Pb yaşı 46.67 My iken soğuma yaşı ise 48.14 my'dır (Tablo 3.15 ve Şekil 3.56). Yüzeyden örneklenen ve potasik alterasyon zonunu kesen KK-2 numaralı örnekte ise zirkon U-Pb yaşı 46.66 My soğu yaşı 46.49 My olarak belirlenmiştir (Tablo 3.15 ve Şekil 3.56).

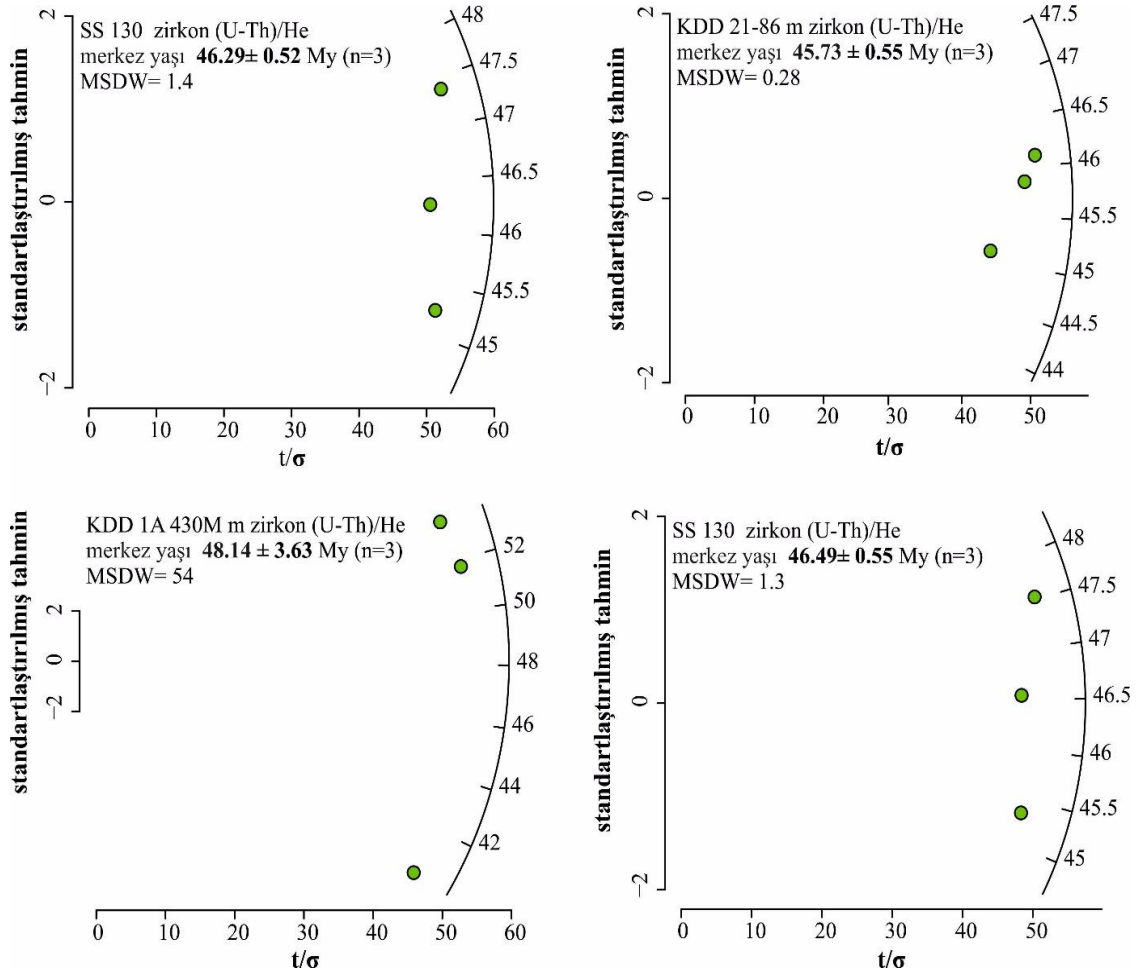
Sokulum yaşını belirten Zirkon U-Pb ve soğuma yaşları karşılaştırıldığında, cevherli zonu temsil KDD 21 86m numaralı örnek 2.03 my da soğurken, cevherli zonun dışından alınan SS-130 numaralı örnek 1.72 my da, cevherleşme sonrası daykları temsil eden KK-2 numaralı önek ise 0.17 my'da soğuduğu belirlenmiştir. Tablo 3.15 KDD 1A 430 numaralı örnekte ise soğuma yaşı zirkon U-Pb yaşından daha yaşlı olarak hesaplandığından ve analiz edilen 3 zirkon kristali arasında 10 My yıllık bir yaş farkı olduğundan, bu örnekte analitik hata veya zirkon içerisindeki kapanıklardan kaynaklanan bir hata olduğu değerlendirilmiştir (Tablo 3.15).



Şekil 3.55. Karakartal maden sahasında gözlenen farklı birimlerde bulunan zirkon kristallerinin iz element sonuçlarına göre oluşturulan ikili diyagramlar a)Th/Yb-Hf/Th diyagramı (alanlar Yang ve diğ., 2012 den alınmıştır) b) Pb-Th diyagramı (Wang ve diğ. 2012'den alınmıştır; c) ve d) U-Y diyagramı (alanlar Belousova ve diğ., 2002 ile Veevers ve diğ., 2006'dan alınmıştır)

Tablo 3.15. Gerçekleştirilen zirkon U-Th-He jeokronolojisi analizlerine ait ölçüm sonuçları ve hesaplanan yaşlar

Örnek	SS 130			KDD 21 86m			KDD 1A 430m			KK 2		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
²³² Th (ng)	2.1	0.65	0.56	1.23	1.27	1.85	2.06	1.25	1.31	2.05	2.64	2.37
±(%)	2.23	2.26	2.3	2.61	2.37	2.45	2.34	2.44	2.47	2.37	2.43	2.34
²³⁸ U (ng)	3.58	1.21	0.97	1.6	1.92	1.97	2.01	1.59	2.41	3.18	3.62	3.02
± (%)	2.49	2.52	2.51	2.45	2.54	2.39	2.55	2.36	2.42	2.46	2.55	2.48
U (ppm)	634.8	427.8	409.3	451.1	747.8	546.3	690.3	562.3	376.7	493.5	899	977.1
±1σ	15.8	10.8	10.3	11.1	19	13.1	17.6	13.3	9.1	12.1	22.9	24.2
Th (ppm)	369.8	228.6	233.7	345	494	509.1	702.4	438.6	203.4	315.2	650.3	760.8
±1σ	8.3	5.2	5.4	9	11.7	12.5	16.4	10.7	5	7.5	15.8	17.8
He (ncc)	18	5.9	4.4	7.9	8.9	10.2	11.7	9.2	10.7	16.5	18.2	15.5
± (%)	2.5	1.6	1.6	1.4	1.3	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Th/U	0.58	0.53	0.57	0.76	0.66	0.93	1.02	0.78	0.54	0.64	0.72	0.78
Ham yaş	36.2 ±1.2	35.6 ±1	32.7 ±0.9	34.4 ±0.9	32.9 ±0.8	34.9 ±1.1	38.4 ±1.3	40 ±1.3	32.2 ±1.1	36.8 ±1.2	35.1 ±1.2	35.6 ±1.2
Ft	0.78	0.75	0.73	0.76	0.72	0.76	0.75	0.74	0.8	0.81	0.76	0.75
Düzeltilmiş Yaş	46.2 ±1.6	47.5 ±1.4	45 ±1.5	45 ±1.2	45.8 ±1.5	46 ±1.6	51.5 ±1.8	53.9 ±2	40.1 ±1.4	45.3 ±1.6	46.2 ±1.6	47.2 ±1.6
Isoplot R Yaş (1σ)	46.25 ±0.92	47.37 ±0.91	45.24 ±0.88	45.1 ±1.02	45.85 ±0.93	46.11 ±0.91	51.7 ±0.98	53.81 ±1.08	40.06 ±0.87	45.34 ±0.94	46.54 ±0.96	47.53 ±0.95
Isoplot R Radyal Plot Yaş	46.29±0.22			45.73±0.53			48.14±3.63			46.49±0.55		
Ağırlıklı Ort. Yaş	46.27±0.52			45.73±0.53			47.50±0.56			46.46±0.55		
U-Pb Yaşları	47.98±0.25			47.76±0.37			46.67±0.43			46.66±0.29		
U-Pb U-Th-He yaş farkı	1.72			2.03			-1.47			0.17		



Şekil 3.56. Karakartal maden sahasında gerçekleştirilen zirkon U-Th-He jeokronoloji analizlerine ait radial plotlar

4. TARTIŞMA

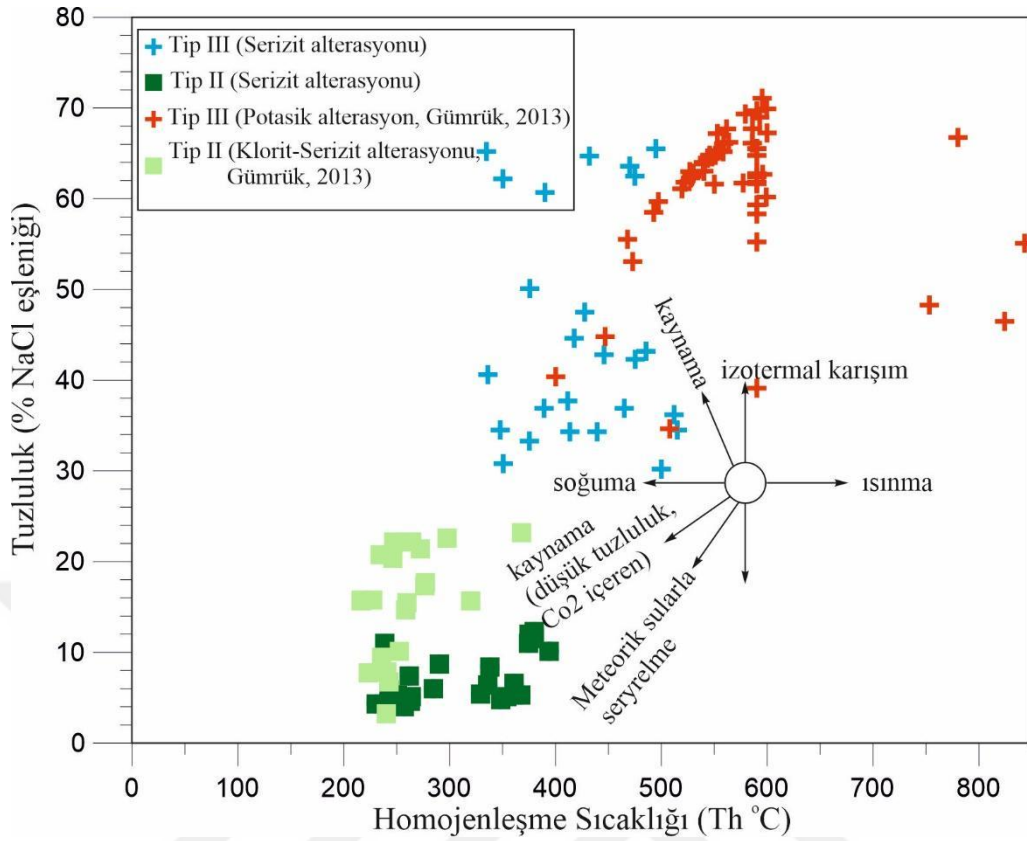
4.1. Karakartal Maden Sahasını Oluşturan Çözeltilerin PTX Özellikleri ve Kökeni

Gerçekleştirilen sıvı kapanım, mineral kimyası, duraylı izotop, LA-ICP MS ve SEM çalışmaları ile Karakartal porfiri tip cevherleşmesini oluşturan çözeltilerin kökeni, basınç, sıcaklık ve bileşimsel özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu değerlendirilme yapılırken Gümrük (2013) tarafından elde edilen, sadece potasik ve bu alterasyonu üzerleyen klorit serizit alterasyon zonundan elde edilen veriler ile bu çalışmada elde edilen veriler birlikte değerlendirilmiştir.

4.1.1. Bileşim

Karakartal maden sahasında gözlenen alterasyon ve cevherleşmelerin oluşumunda rol oynayan çözeltilerin belirlenebilmesi için gerçekleştirilen sıvı kapanım, LA-ICP-MS, SEM çalışmaları neticesinde bu çözeltinin oldukça kompleks bir bileşime sahip olduğu ortaya çıkmaktadır.

Karakartal maden sahasında gözlenen potasik alterasyon zonu için Gümrük (2013) tarafından Tip III kapanımlardan elde edilen veriler potasik alterasyon oluşumuna etki eden çözeltinin %34 ila ~95 NaCl eşleniği tuzluluğa sahip olduğunu göstermektedir. Bu tez çalışmasında ise sıvı kapanımlardan elde edilen veriler serizit alterasyonunu oluşturan çözeltilerin %4-68 arasında NaCl eşleniği tuzluluk değerlerine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Serizit alterasyon zonundan elde edilen bu değerler petrografi çalışmaları ve katodoluminesans çalışmalarından elde edilen üzerleme ilişkileri ile birlikte irdelendiğinde elde edilen bu değerlerin yüksek tuzluluğa sahip olanları potasik alterasyon ile düşük tuzluluğa sahip olanların bir kısmının ise klorit-serizit alterasyonun üzerlemesi ilişkili olabileceğini göstermektedir. Bu ilişki değerlendirildiğinde serizit alterasyon zonunu oluşturan çözeltilerin ~%6 ile 58 NaCl eşleniği tuzluluğa sahip olduğunu belirtmek daha doğru gözükmektedir.



Şekil 4.1. Karakartal maden sahasında sıvı kapanımlardan elde edilen tuzluluk (NaCl eşleniği) ve homojenleşme sıcaklığı (°C) diyagramı, eğilimler Wilkinson ve diğ., (2001) den alınmıştır.

Gerek bu çalışmada gerekse Gümrük (2013) tarafından elde edilen verilen hem potasik hemde serizit alterasyonunu üzerleyen klorit-serizit alterasyonunun %~4 ile %23.2 değişen NaCl_{eq} tuzluluk değerleri ile daha düşük tuzluğa sahip olduğu ortaya koymuştur.

Çözeltilerin doğrudan bileşiminin belirlene bilmesi için gerçekleştirilen LA-ICP-MS analizlerinde potasik ve klorit-serizit alterasyon zonlarında K'nın Ca ve Mg'ye göre daha baskın olduğu, serizitik alterasyonda ise Ca ve Mg'un K göre daha baskın olduğu belirlenmiştir. Potasik alterasyon zonundaki bazı analizlerde ise Ca ve Mg'nin oldukça yüksek değerlere sahip olması SEM çalışmaları ile kapanım içinde belirlenen anhidrit ve MgCl katı fazları ile ilişkilidir. Metalik elementler açısından LA-ICP-MS analizleri değerlendirildiğinde ise serizitik alterasyon zonundaki çözeltinin potasik ve klorit-serizit alterasyon zonunu oluşturan çözeltilere göre daha fazla miktarda Cu ve Zn içerdiğini ortaya konmaktadır. Katodoluminesans analizleri sonuçları da kuvars damarlarında gözlenen zonlanmalardan dolayı her üç alterasyon zonunun birden fazla bileşimdeki çözeltilerden etkilendiğini açıkça ortaya konmaktadır.

Gerçekleştirilen tüm bu analizler ile çalışma alanındaki cevherleşmenin tuz oluşturan bileşimler açısından Na, Mg, Ca metalik element açısından ise Fe, Cu ve Zn bakımından zengin olduğu belirlenmiştir.

4.1.2. Sıcaklık

Çalışma alanında gözlenen potasik alterasyonların Gümrük (2013) tarafından yapılan sıvı kapanım çalışmaları ile 360-800 °C (ortalama 510 °C, %61 NaCl eşleniği) arasında olduğu ve bu alterasyon zonunun 195-345 °C (ortalama 258 °C, %15.5 NaCl eşleniği) arasındaki sıcaklığa sahip çözeltiler ile üzerlendiği ve klorit alterasyon üzerine klorit-serizit alterasyonun geliştiğini belirtmiştir. Bu tez çalışmasında yapılan sıvı kapanım çalışmaları ile çalışılan serizitik (fillik) alterasyon özellikleri gösteren örneklerden elde edilen sıvı kapanım verileri ise alterasyon zonunda iki farklı türde çözelti olduğunu ortaya koymuştur. Bunlardan ilki Tip III kapanımlar ile temsil edilen 334-549.7 °C sıcaklığa ve ortalama %45 NaCl eşleniği tuzluluğa sahip çözeltilerdir. Diğer çözelti ise 224-395 (ortalama 307) °C arasında değişen sıcaklığa ve ortalama %7 NaCl eşleniği tuzluluğa sahip çözeltilerdir. Serizitik alterasyon zonu, klorit serizit alterasyon zonundan daha sık kesimlerde ve sonraki süreçler ile oluşması beklendiğinden (Sillitoe 2000, Sillitoe 2010), bu alterasyonun oluşum sıcaklıklarının Gümrük (2013)'ün ortaya koyduğu sıcaklık aralığından daha düşük olması gerekmektedir. Bu zondaki damarlardan ölçülen sıvı kapanımlarda gözlenen çok fazla kapanımlardan (Tip III) elde edilen değerler bu duruma uymamaktadır. Bu durum gerçekleştirilen katodoluminesans çalışması (Şekil 3.40, 41, 42 ve 43) ile damarlarda magmatik zonlanma gösteren kuvarsların gözlenmesi dolayısıyla ölçüm yapılan kapanımların bu alanlarda yer aldığı düşüncesi ile açıklanabilir. Ayrıca Karakartal maden sahasında gerçekleştirilen sıvı kapanım çalışmalarında bugüne kadar elde edilen tuzluluk-homojenleşme değerleri incelendiğinde serizitik alterasyon zonundaki Tip 3 kapanımların bir kısmının potasik alterasyon zonu ile uyumlu tuzluluk ve sıcaklık değerlerine sahip olduğu gözlenmektedir, buda bu kapanımların damarlardaki magmatik zonlanma (Q1 kuvars) gösteren alanlarda bulunduğunu göstermektedir. Ancak serizitik alterasyon zonundaki kapanımların büyük çoğunluğu ise potasik alterasyon zonundan daha düşük tuzluluk ve sıcaklık değerlerine sahiptir. Bu Tip III kapanımlar ve bunlar benzer sıcaklık aralığına sahip ancak daha düşük sıcaklık değerlerine sahip Tip II kapanımların serizitik alterasyon zonu ile ilişkili damarlarda gözlenmesi muhtemel bir kaynamaya işaret etmektedir ve bu

kapanımların gösterdikleri soğuma-seyrelme trendleri Wilkinson (2001) tarafından önerilen kaynama trendleri ile benzerlikte sunmaktadır. Hem potasik hemde serizitik alterasyon zonlarında gözlenen düşük sıcaklık kapanımlar bu zonların daha sonra gelişen bir klorit-serizit alterasyonu tarafından üzerlendiğini de göstermektedir. Nitekim potasik alterasyon gösteren örnekten gerçekleştirilen katadolüminesans çalışmasında sadece Q1 ve Q2 kuvarsların gözlenmesine karşın klorit-serizit alterasyon zonunca üzerlenmiş potasik alterasyon zonunda bu kuvarslara ek olarak herhangi bir zonlanma göstermeyen koyu renkli Q3'lerin gözlenmesi bunların klorit serizit alterasyonu ile ilişkili olduğunu desteklemektedir. Q3 kuvarsların serizit alterasyon zonunda gözlenmesi de bu alterasyonun belli bir oranda klorit serizit alterasyonu tarafından üzerlendiğini göstermektedir. Katodolüminens çalışması gerçekleştirilen diğer cevherleşmelerde de koyu renk katodolüminesans gösteren kuvarsların en son oluşan kuvarslar olduğu (Qui ve diğ., 2021; Jourdan ve diğ., 2009; Klemm ve diğ., 2008) ve bunların düşük sıcaklıklarda olmuş olduklarını (Ni ve diğ., 2016; Graupner ve diğ., 2000; Borion ve diğ., 1992) belirtilmiştir. Porfiri tip sahalarda gerçekleştirilen benzer çalışmalarda ise son faz koyu katodolüminesans renkli zonlanmasız kuvarslardan Ni ve diğ., (2016) 185-267 °C ve Lang ve diğ., (2021 ise 166-229 °C sıvı kapanım homojenleşme sıcaklıkları değerleri elde etmişlerdir, Bu sıcaklıklarda çalışma alanında alterasyon zonlarının klorit serizit alterasyonu ile üzerlemesi ile ilişkili ilişkilendirilen çözeltilerden elde edilen sıcaklık değerleri ile oldukça benzerdir.

Sıvı kapanım çalışmalarından elde edilen veriler neticesinde Karakartal maden sahasında ~>800-450 °C arasında potasik alterasyonun, ~450-300 °C arasında serizik alterasyonun olduğu ve ~300-200 °C arasın da da bu alterasyon zonlarının klorit-serizit alterasyonu ile üzerlendiği belirtilebilir. Belirlenen bu sıcaklık değerleri de, Dalli (Iran) porfiri Cu-Au (Tip III 620-340 °C Tip II 180-300 °C, Zarasvandi ve diğ., 2015); Bajo de la Alumbrera porfiri Cu-Au (Ulrich ve diğ., 2002; Tip III 770-330 °C ve Tip II 338-204 °C), Duobuza (Tip III 620-960; Li ve diğ., 2011), Çöpler (İmer ve diğ., 2016), Cerro de pasco (Rottier ve diğ., 2016; Tip III >600, Tip II 266-341) gibi pek çok porfiri tipteki maden yatağındaki alterasyon zonları ile uyumludur ile uyum içindedir.

Gerçekleştirilen O izotop analizleri neticesinde: potasik alterasyon gösteren örnekten (KDD 7-430m) kuvars-biyotit çiftinden 897 °C, kuvars-Kfeldspat çiftinden 525 °C, biyotit-Kfeldspat çiftinden 462 °C sıcaklık değerleri; klorit serizit alterasyonu ile üzerlenmiş potasik alterasyonu gösteren örnektenki kuvars-biyotit 461 °C kuvars-Kfeldspat çiftinden 777 °C,

biyotit-Kfeldpat çiftinden ise 435 °C sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Bu sıcaklık değerleride potasik alterasyon zonu ile oldukça uyumludur.

Bean 1974 alterasyon zonlarında gözlenen biyotitler için önerilen formüle göre Mica+ (Yavuz ve Öztaş 1997) programı ile hesaplanan sıcaklık değerleri ikincil biyotitler için (İ-Bt) ortalama 473 °C, biyotitten dönüşen ikincil biyotitler için (BD İ-Bt) için ortalama 416 °C, amfibolden dönüşen ikincil biyotitler için (AD İ-Bt) için ortalama 451°C, yeniden dengelenen manyetik biyotitler için (YD M-Bt) için ortalama 379 °C sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Bu sıcaklık değerleri potasik alterasyon zonundan elde edilen sıvı kapanım ve O izotop termometresi sıcaklık değerleri ile benzer porfiri sistemlerdeki (Tang ve diğ., 2018; Afshooni ve diğ., 2013) sıcaklık aralıkları ile uyumludur. Gümrük (2013) ise Karakartal sahasında klorit serizit alterasyon zonunda gerçekleştirdiği klorit mineral kimyası çalışmaları ile klorit minerallerinden 210-333 °C (ortalama 268 °C) oluşum sıcaklığı değerleri elde etmiştir.

Farklı yöntemler ile elde edilen bu sıcaklık değerleri irdelendiğinde Karakartal maden sahasında alterasyon ve cevherleşmenin 800 ile yaklaşık 200 oC arasında olduğu ve ilk olarak potasik alterasyonun sonrasında ise serizitik alterasyonu geliştiği belirlenmiştir. Klorit serizit alterasyonun ise her iki alterasyon zonunu üzerlediği ortaya konmuştur.

4.1.3. Basınç

Porfiri yatakların genellikle 4-6 km'den daha sığ paleo-derinliklere sokulum yapmış kütleler ile ilişkili olarak oluştuğunu çeşitli araştırmacılar ortaya koymuştur (Cooke et al., 2005; Murakami et al., 2010; Seedorff et al., 2005; Sillitoe, 2010; Singer et al., 2008). Karakartal maden sahasında yer alan cevherleşme ile mekansal ve genetik olarak ilişkili kayaçların petrografik özellikleri, bu kayaçların muhtemelen 4-6 km'den çok daha sığ bir derinliğe sokulum yaptıklarını göstermektedir.

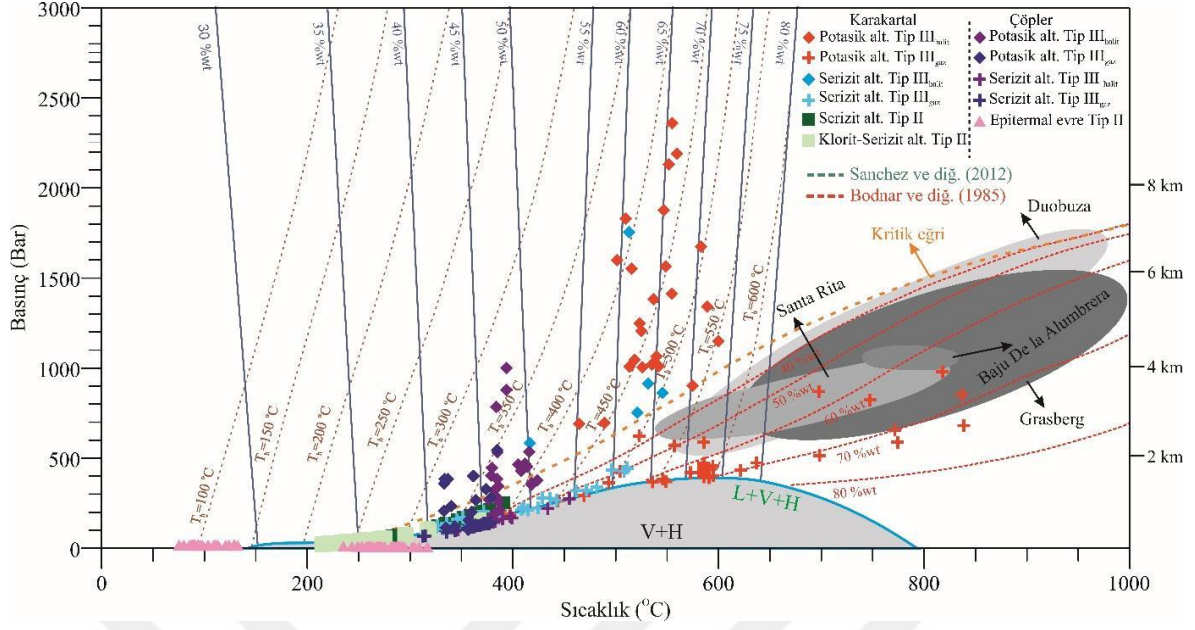
Sıvı kapanım verilerinden hesaplanan basınç değerleri, potasik alterasyon zonu için 188-2480 bar (Gümrük 2013), serizit alterasyon zonu için 27-3567 bar, klorit-serizit alterasyon zonu için 19-166 bar (Gümrük 2013) olarak belirlenmiştir. Potasik ve serizit alterasyon zonundaki basınçlardaki bu farklılık oldukça fazla ve porfiri yataklar için beklenen basınç değerlerinin oldukça üstündedir. Bu zonlardaki sıvı kapanımların homojenleşme eğilimleri irdelendiğinde son homojenleşen fazın tuz yada gaz olması ile hesaplanan basınç değerleri arasında farklılık olduğu görülmektedir. Potasik alterasyon zonu

için gaz homojenleşme sıcaklığı son tuz ergime sıcaklığından büyük ($T_v > T_{mh}$) olan kapanımlar için hesaplanan basınç değerleri 188-977 bar (ort=463 bar, n=28) iken tuz ergime sıcaklığının gaz homojenleşme sıcaklığından büyük kapanımlar için 361-4811 bar (ort=1379, n=23) olduğu ve arada yaklaşık 3 katlık bir farkın olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde serizit alterasyon zonunda da az homojenleşme sıcaklığı son tuz ergime sıcaklığından büyük ($T_v > T_{mh}$) olan kapanımlar için hesaplanan basınç değerleri 91-441 (ort=248, n=19) iken tuz ergime sıcaklığının gaz homojenleşme sıcaklığından büyük kapanımlar için ise hesaplanan basınç aralığının 580 ile 3567 bar (ort=1403 n=7) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Farklı tipte homojenleşen kapanımlarda hesaplanan bu ciddi farklılaşma Karakartal maden sahası ile aynı zonda yer alan Çöpler porfiri-epitermal maden yatağında (İmer 2015) da ve diğer pek çok maden sahasında da gözlenmektedir (Lecumberri-Sanchez ve diğ., 2015).

Lecumberri-Sanchez ve diğ. (2015)'in gerçekleştirdiği çalışmada 57 farklı porfiri maden yatağı incelenmiş ve bunların 52 sinde son homojenleşmenin halit ergimesi ile tamamlan sıvı kapanımlar bulunduğu, bu kapanların oranının ~%50 ye ulaştığı belirtilmiştir. Ele aldıkları bu maden yataklarından sadece birkaç tanesinde her iki homojenleşme eğilimine sahip sıvı kapanımlardan elde edilen basınç değerlerinin birbirleri ile uyumlu olduklarını ifade etmişlerdir. Aynı ortamda oluşan bu kapanımlardaki farklı homojenleşme eğilimleri ve hesaplanan basınçlardaki farklılığının sebebinin yüksek basınç altında kapanlanma, kapanlanma sonrası modifikasyon veya heterojen kapanlanma olabileceğini belirtmişlerdir. Bu üç yaklaşımdan özellikle maden yataklarında oluşumda rol oynayan çözeltilerin hareketi esnasında içerisinde halit başta olma üzere farklı katı fazları barındırması ve bunların sıvı kapanımların kapanlanması esnasında çözelti ile birlikte kapanım içerisine girmesi bu üç yaklaşımdan en kabul edilebilir olduğunu belirtmiştir.

Lecumberri-Sanchez ve diğ., (2015) çalışma sonucunda sıvı kapanımlarda son faz homojenleşmenin halit ile tamamlandığı kapanımlardan elde edilen verilerin gerçek koşulları yansıtmadığı belirtildiğinden Karakartal maden sahasında gözlenen potasik alterasyonun ortalama 463 bar, serizit alterasyonun 248 bar ve bu iki alterasyonu üzerleyen klorit-serizit alterasyonun ise ortalama 43,7 bar da oluştuğu söylenebilir.

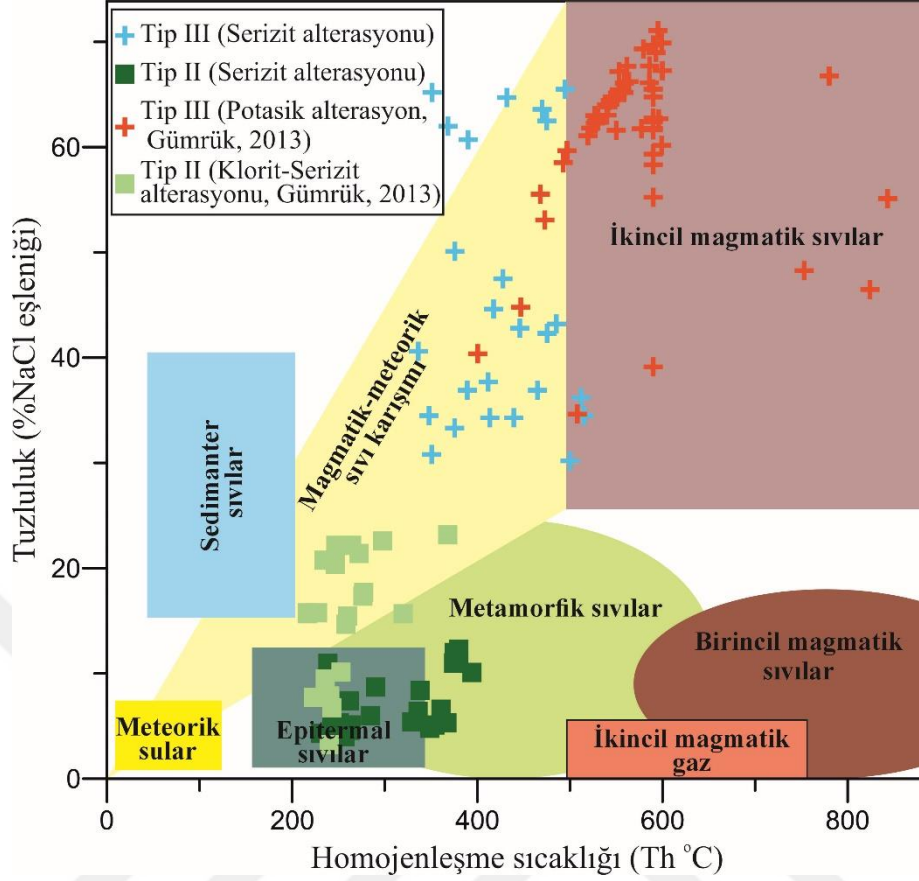


Şekil 4.2. Karakartal sahasından kuvars içinde kapanlanan sıvı kapanımlardan elde edilen veriler ile hesaplanan basınç ve sıcaklık değerleri ile hidrotermal çözeltinin PTX özelliklerinin şematik gösterimi. Kritik eğri Sourirajan ve Kennedy (1962)'den, Santa Rita Teynold ve Beane, 1985'den, Duobuza Li vd., 2011'den ve Bajú De la Alumberra Haris vd., 2003'ten alınmıştır.

4.1.4. Köken

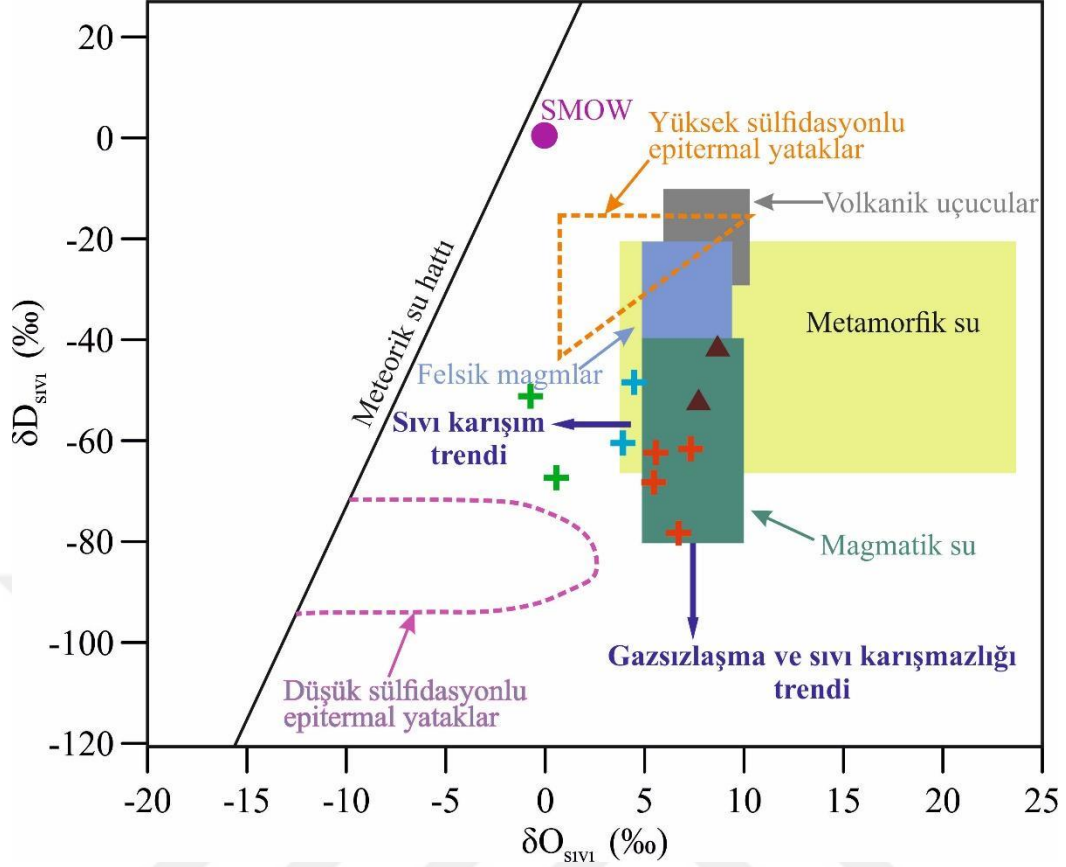
Karakartal maden yatağında gözlenen alterasyon ve cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin kökenini belirleyebilmek için sıvı kapanım, O, H ve S izotop analizleri gerçekleştirilmiştir.

Sıvı kapanım çalışmalarından elde edilen veriler Gümrük (2013) tarafından elde edilen veriler ile birlikte değerlendirildiğinde, potasik alterasyon zonunu oluşturan çözeltilerin kökeninin doğrudan ikincil magmatik sıvılar olduğu, serizit alterasyon zonunun ise ikincil magmatik sıvıların yüzeysel sular ile karışımı ile meydana geldiği görülmektedir. Ancak serizit alterasyon zonunda düşük tuzluluk ve düşük sıcaklığı temsil eden Tip II kapanımlardan elde edilen veriler Tip III kapanımlardan oldukça farklı bir trend göstermesi bu alterasyon zonunda sıvı karışımına ek olarak muhtemel bir kaynama olayına işaret edebilir. Klorit serizit alterasyonunun ise magmatik kökenden tamamen bağımsız olarak epitermal sıvılar ile benzer bir kökene sahip sıvılar ile oluştuğu belirlenmiştir.



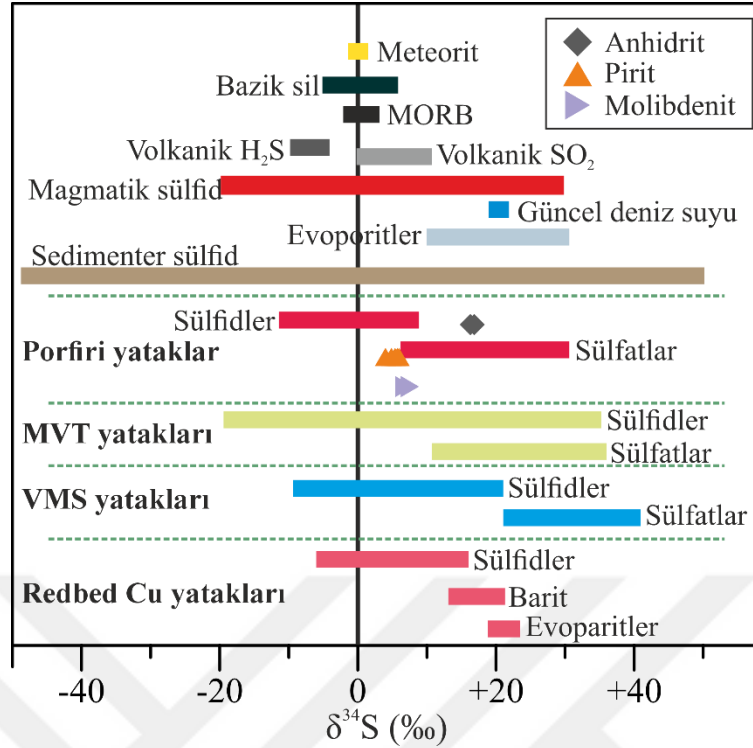
Şekil 4.3. Sıvı kapanımların sıcaklık-tuzluluk diyagramları ve çözelti kaynak alanları (Kaynak alanlar Beane 1983; Roedder 1984; Bodnar et al. 1985; Lattanzi 1991; Wilkinson 2001 Sharma ve Srivastava 2014 verilerinden oluşturulmuştur, yaklaşık sınırlardır)

Kuars damarları ve potasik alterasyon zonundan seçilen ikincil biyotitler üzerinde gerçekleştirilen O-H analizleri ile sıvı kapanımlardan elde edilen verileri destekleyecek bulgulara ulaşılmaya çalışılmıştır. Potasik alterasyon zonunu temsil eden kuvars damarları ve ikincil biyotitler; δD - δO grafiğinde magmatik su alanında yer alırken serizit alterasyon zonunu temsil eden kuvars örnekleri magmatik su alanı ile meteorik su hattı arasında yer almıştır. Klorit serizit alterasyon zonunu temsil eden örnekler ise serizit alterasyon zonuna göre meteorik su hattına daha yakın bir alanda yer almaktadır. Potasik alterasyondan klorit-serizit alterasyon zonuna doğru izotop değerlerindeki bu değişiklik sıvı karışım trendi (Zamanian 2021) ile paralellik göstermektedir. δO_{kuvars} - δO sıvı dönüşümü için klorit serizit alterasyonu için 250 °C, serizit alterasyonu için 350 °C, potasik alterasyon zonuna ait örnekler için 500 °C sıcaklık değerleri kullanılmıştır.



Şekil 4.4. Karakartal maden sahasından seçilen kuvars ve ikincil biyotitlere ait $\delta^{18}\text{O}$ çözelti ye katışı δD diyagramı. (Mereorik su hattı Craig, 1961, magmatik su alanı Taylor 1974 ve 1997, volkanik uçucu alanı, Giggernbach 1992, felsik magma alanı Taylor 1988'dan alınmıştır. Kesikli çizgiler ile gösterilen alanlar ise Hedenquist ve Lowestern 1994 ten alınmıştır. Gazsızlaşma ve sıvı karışım trendi (Shinohara ve Hedenquist, 1997 den alınmıştır)

Çalışma alanında gerçekleştirilen sülfür izotop çalışması ile çözeltiler tarafından taşınan sülfürün kaynağı belirlenmeye çalışılmıştır. Analizler sınırlı sayıda örnek üzerinde gerçekleştirilmiş olsada potasik alterasyon zonundan seçilen pirit ve anhidritler ile serizit alterasyon zonunda gözlenen molibdenitlere ait sonuçlar porfiri yataklar ile oldukça uyumludur. Sülfürlü minerallerden elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ değerlerin 0 yakın olması ise bu minerallerin oluşumunda rol oynayan sülfürün magmatik kökenli olduğunu ifade etmektedir (Ohmoto and Rye, 1979; Faure, 1986). Karakartal maden sahasında da pirit ve molibdenitlerden elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ değerleri 4 ile 6.7 arasında değişen değerler de 0 yakın olduğundan dolayı cevherleşmeyi oluşturan sülfürün kaynağının magmatik olduğu söylenebilir.



Şekil 4.5. Karakartal maden sahasına ait pirit anhidrit ve molibdenit minerallerinin $\delta^{34}\text{S}$ izotop diyagramı. Diğer izotop değerleri Thode 1970, Ohmoto ve Rye 1979, Rollinson 1993, Hoefs 2009, Misra 2000 ve 2012’den alınmıştır)

4.2. Karakartal Maden Sahasının Termokronolojisi

Termokronoloji maden yataklarının oluşum süreçlerinin ortaya koyulmasında, sıcaklığa duyarlı olarak radyometrik yaşlandırma yöntemlerinin kullanılmasıdır. Termokronoloji çalışmalarında kullanılan bu yöntemlerin farklı aralıklardaki kapanma sıcaklıkları mevcuttur (Tablo 4.1) ve bu farklı kapanma sıcaklıkları sayesinde maden yataklarının oluşumunun farklı aşamalarının yaşlandırılması mümkün olmaktadır.

Porfiri tip maden yatakları için cevherleşme ile ilişkili kayaçların yerleşim yaşı U-Pb zirkon yöntemi kullanılarak belirlenmektedir. Bu yöntemin kapanma sıcaklığı magmatik-hidrotermal sistemlerde 750 °C’ye kadar düşmektedir (McInnes ve diğ 2005), Karakartal gibi yüksek sıcaklıklı porfiri maden yataklarında bu sıcaklık potasik alterasyonun başlangıç sıcaklığı olarak değerlendirilebilmektedir. Cevherleşmenin yaşının belirlenmesi için pek çok araştırmacı tarafından önerilen ve kullanılan en yaygın yöntem molibdenit mineralleri üzerinde gerçekleştirilen ve kapanma sıcaklığı yaklaşık 500 °C olan Re-Os jeokronolojidir (Stein ve diğ, 2001, Mcinnes ve diğ 2005, Yang ve diğ 2022). Alterasyon yaşının

belirlenmesi için ise doğrudan potasik alterasyon zonunda gözlenen ikincil biyotit ve K-feldspat mineralleri üzerinde gerçekleştirilen Ar-Ar jeokronolojisi kullanılabilmektedir (McInnes ve diğ 2005, Zhu ve diğ 2015, Hassanpour ve diğ 2015). Biyotit mineralleri için Ar-Ar sisteminin kapanlanma sıcaklığı 350-400 °C arsında yer alırken (McInnes ve diğ, 2005, Grove ve Harrison 1996), K-feldspat minerali için 150-350 °C arasında değişmektedir. Zirkon (U-Th)/He jeokronoloji ise maden yataklarında 180 °C kapanlanma sıcaklığı ile hidrotermal çözeltinin soğuduğu ve porfiri sistemler için cevherleşmenin büyük ölçüde tamamlandığı zamanı tespit etmek için kullanılmaktadır (McInnces 2005).

Yukarıda belirtilen bu yöntemler ile Karakartal maden sahasının oluşumunun farklı aşamaları yaşlandırılmaya çalışılmıştır. Cevherleşmemin oluşumun başlangıcının belirlenmesi için cevherleşme ile ilişkili kayaçların zirkon U-Pb analiz sonuçları kullanılmıştır. 48.84 ± 0.19 my 47.76 ± 0.35 my arasında değişen bu yaşlara göre 48.84 my cevherleşmenin ve alterasyonun başladığı sıcaklığın yaklaşık 750 °C olduğu yaş olarak değerlendirilebilir. Yaklaşık 500 °C sıcaklığı temsil eden molibden Re-Os jeokronolojisinden ise 48.95, 48.63 ve 47.05 my yaşları elde edilmiştir. Bu Re-Os yaşları zirkon U-Pb yaşlarının alt ve üst sınırı ile oldukça uyumlu olmakla birlikte, cevherleşmenin ilk fazlarının yerleşimi ile başladığını ve 48.78 my zirkon U-Pb yaşı elde edilen cevherleşme sonrası daykların yerleşiminden hemen önce tamamlandığını ve yaklaşık 2 my'lık süreçte fillik alterasyon zonlarında gözlenen molibdenit cevherleşmesinin oluşumunun devam ettiğini ifade etmektedir. 47.05 My en geç yaş sistemin 500 °C soğuduğu yaş olarak kabul edilmiştir. Potasik alterasyonu doğrudan temsil eden ikincil ortoklaslardan elde edilen ise 46.83 ve 47.81 My yaşlar ise sistemin 150-350 °C arasına soğuduğu yaşları ifa etmektedir. K-feldspat Ar-Ar sisteminin sıcaklık aralığı oldukça geniş olmasına rağmen diğer yaşlar ile uyumludur. İkincil biyotitlerden gerçekleştirilen Ar-Ar jeokronolojisinden edilen yaşlar ise 49.56 ve 49.86 my'dır. 350-400 °C kapanma sıcaklığına sahip olan bu sistemden beklenen yaşlar molibden Re-Os ve k-feldspat Ar-Ar yaşları arasında olması gerekirken zirkon U-Pb yaşlarından bile daha yaşıdır. Bölüm 3.3.2 de belirtilen biyotitlerde kloritleşmeden dolayı yaşanacak Ar kaybından dolayı bu yaşlar gerçek yaşları ifade etmeyebilir. Vincenzo ve diğ., (2003) kloritleşmiş biyotitler üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada biyotitlerdeki %1'lik kloritleşmenin yaklaşık %2.-2.85'lik bir yaş artışına sebep olduğunu ifade etmişlerdir. Yaklaşık 200 °C kapanma sıcaklığına sahip zirkon (U-Th)/He jeokronolojisinden elde edilen yaş verileri, Karakartal sahası için klorit-serizit alterasyon zonundan elde edilen sıvı kapanım ve klorit jeotermometresinden elde edilen en alt sıcaklık değerleri ile

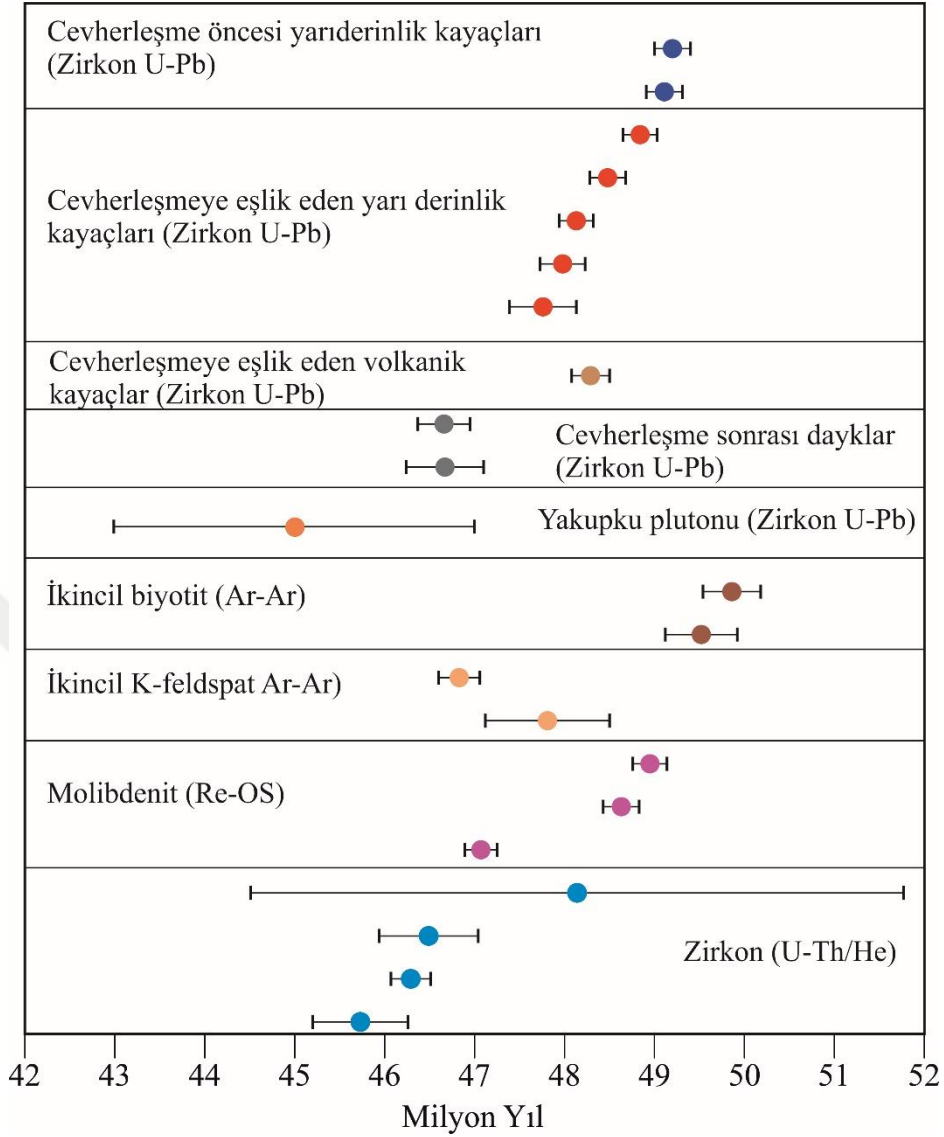
örtüştüğünden, bu yaşlar klorit-serizit alterasyon oluşumunun son yaşı olarak değerlendirilmiştir. Klorit-serizit alterasyonu tarafından üzerlenmiş potasik alterasyon gösteren örnekten elde edilen (KDD-21 86m) 45.73 ± 0.5 my yaş ise bu alterasyon zonun oluşumunun alt sınırındır.

Tablo 4.1. Jeokronoloji ve termokronoloji analiz yöntemlerinin kapanma sıcaklıkları

Yöntem	Mineral	Kapanma sıcaklık aralığı	Referans
U-Pb	Zirkon	690-900	Chermic ve Watson 2001; Mcinnes ve diğ 2005
Ar-Ar	Biyotit	350-400	Mcinnes ve diğ 2005
Ar-Ar	K-feldspat	150-350	Foland 1994
Re-Os	Molibdenit	450-500	Mcinnes ve diğ 2005, Yang ve diğ 2022
(U-Th)\He	Zirkon	180-200	Reiners ve diğ. (2004); Mcinnes ve diğ 2005

Tablo 4.2. Karakartal maden sahasından elde edilen jeokronoloji ve termokronoloji analizlerin sonuçları

		T °C	SS 130	KDD-21.86	KDD 1A-430	KK 2
			En az altere	Klorit alt üzerlenmiş potasik alt.	Cevherleşme sonrası dayk	Cevherleşme sonrası dayk
Yerleşim yaşı	Zirkon U-Pb	750	47.98 ± 0.25 My	47.76 ± 0.37 My	46.76 ± 0.43 My	46.68 ± 0.29 My
Cevherleşme Yaşı	Molibdenit Re-Os	500	47.05-48.95 My			
Potasik Alterasyon Yaşı	K-Feldspat Ar-Ar			46.83 ± 0.23		
Soğuma	Zirkon U-Th-He	200	46.29 ± 0.52 My	45.73 ± 0.5 My	48.14 ± 3.63 My	46.49 ± 0.55 My



Şekil 4.6. Karakartal maden sahasından elde edilen jeokronoloji ve termokronoloji analizlerinin grafik gösterimi

4.3. Kabataş Volkanitlerinin Kalkofil Element Üretkenliği

Özellikle son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar porfiri tip maden yatakları ile ilişkili magmatik kütlelerin üretkenliklerinin araştırılması, özellikle erken arama dönemindeki ki projelerin değerlendirilmesi arama programının şekillendirilmesine katkı sağladığı için önem kazanmıştır (Loucks 2014; Wilkinson ve diğ., 2017; Park ve diğ 2018; Hao ve diğ. 2017).

Porfiri bakır yataklarına yönelik üretkenlik araştırmalarında tüm kayaç analizleri, zirkon iz element analizleri ve platin grup element analizleri olmak üzere üç farklı yaklaşım kullanılmaktadır.

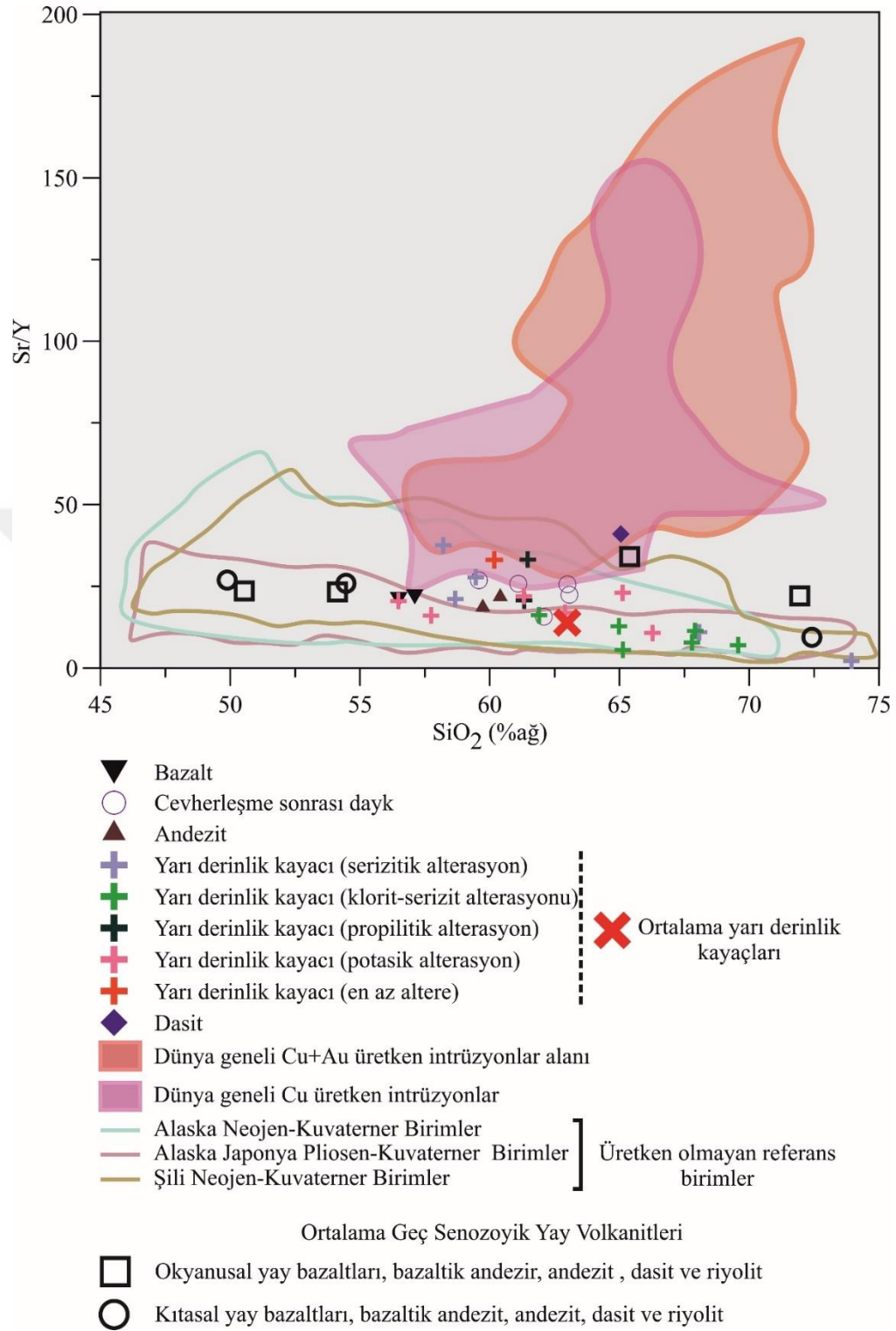
İlk olarak Loucks (2014) tüm kayaç Sr/Y ve V/Sc'ye karşı SiO₂ ikili diyagramları kullanılarak dünya genelindeki porfiri Cu ve Cu+Au yatakları ile Şili'de farklı alanlarda bulunan üretken olmayan volkanik kayaçları karşılaştırmıştır. Hem Sr/Y hemde V/Sc oranlarının üretken/üretken olmayan kayaçların ayırt edilebileceğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde Ahmet ve diğ., (2019) ise Loucks (2014) benzer şekilde tüm kayaç Sr/Y ve Sr/Mn oranları kullanılarak üretken ve üretken olmayan volkanik kayaçların birbirinden ayrılabilirliğini ortaya koymuştur.

Park ve diğ., (2018) Japonya ve Arjantin'deki 3 farklı steril volkanik ve sub-volkanik birimler ile Endonezya (Grasberg Cu-Au) ve Şilideki (Chuquicamata Cu) iki farklı yatak üzerinde gerçekleştirdikleri PGE analizleri ile steril birimlerin Pd içeriğinin 0.1 ppb'nin, Pd/Pt oranının ise 3 ppb'nin altında olduğunu buna karşın Grasberg ve Chuquicamata maden yataklarının oluşumunda rol oynayan magmatik kütlelerin ise 10 ppb ye kadar Pd içerdiğini ve Pd/Pt oranının 0.1-40 arasında değiştiğini ortaya koymuşlardır. Bu çalışma ile oluşturdukları Pd/MgO'ya karşı Pd/Pt diyagramının magmatik ortamların kalkofil element üretkenliğinin steril, porfiri Cu ve porfiri Cu-Au sistemleri için kullanılabileceğini belirlemişlerdir. Ayrıca literatürden derledikleri Candia, Northparkers, Bingham porfiri Cu-Au, Chuquicamata Cu madenlerine ve iki farklı steril birime ait verilerde önerdikleri diyagrama düşürüldüğünde sonuçların kendi çalışmaları ve ortaya koydukları ayrımlar ile örtüştüğünü belirtmişlerdir. Hao ve diğ., (2017) ise benzer porfiri yataklar ile kuzey Şili'deki üretken olmayan volkanik kayaçları karşılaştırarak Pd/Pt yerine Y element değerleri ile benzer ayırımı yapılabileceğini ifade etmişlerdir.

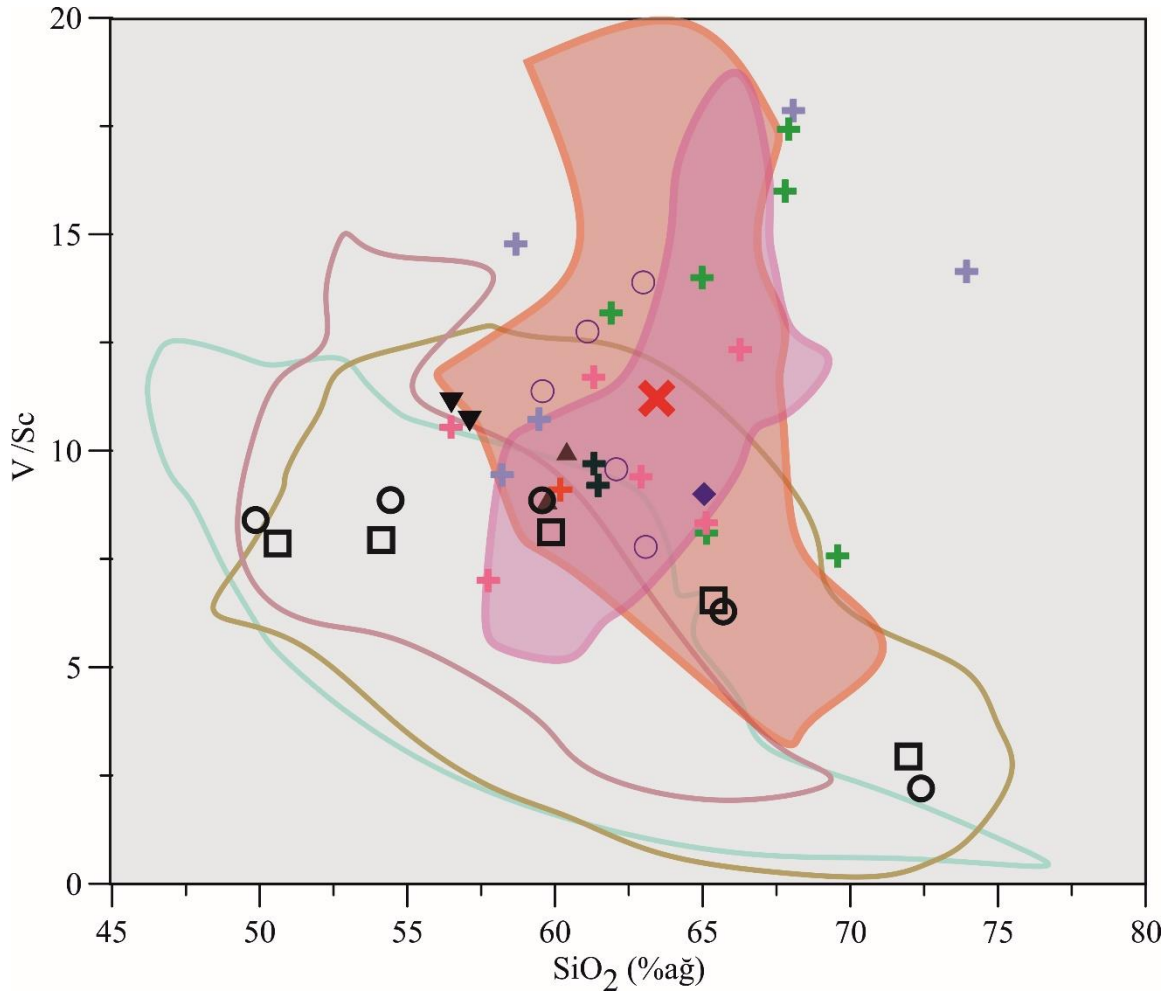
Lu ve diğ. (2016) zirkonlar üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarda üretken ve üretken olmayan intrüzif kayaçların 0.3'den büyük Eu/Eu*, 1'den büyük 10000*(Eu/Eu*)/Y ve 2'den büyük (Ce/Nd)_N/Yb değerlerine sahip olduklarını belirlemiştir. Cooke ve diğ (2017) ön arama dönemindeki porfiri maden sahalarının aranmasındaki riskleri düşürmek üzerine çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada özellikle cevherleşme ile ilişkili olduğu bilinen magmatik kütlelerin üretkenliğinin araştırılmasının önemini vurgulamışlardır. Üretkenlik araştırmasında zirkon iz element analizlerinden elde edilecek Ce⁴⁺/Ce³⁺ değerlerinin kullanılabileceğini belirtmişler ve üretken sistemlerde bu değer 10 dan büyük olduğunu ortaya koymuşlardır.

Karakartal porfiri Cu/Au cevherleşmesi ile ilişkili Kabataş volkanitlerin üretkenliğinin değerlendirilmesi için tüm kayaç jeokimyası ve zirkon iz element jeokimyası verileri kullanılmıştır. Gerçekleştirilen tüm kayaç analiz sonuçlarına göre hazırlanan Sr/Y karşı SiO₂ diyagramına Loucks (2014) tarafından paylaşılan veriler eklendiğinde Kabataş volkanitlerinin genelinin üretken olmayan referans birimler ile benzer alanda yer aldığı, sadece dört örneğin porfiri üretken intrüzyonlar ile üretken olmayan referans birimlerin örtüştüğü alana düştüğü görülmektedir (Şekil 4.7). V/Sc karşı SiO₂ diyagramında da örneklerin ağırlıklı olarak üretken ve üretken olmayan birimlerin örtüştüğü alanda yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 4.8) Sr/Y diyagramından farklı olarak altere örneklerin bir kısmı üretken intrüzyonlar ile benzer alanda yer almaktadır.

Kabataş volkanitlerinden U-Pb yaşlandırması yapılan kayaçlardan seçilen bazı örnekler üzerinde yapılan zirkon iz element analizi sonuçları üretkenlik diyagramlarında değerlendirdiğinde tüm kayaç jeokimyasından daha farklı sonuçlar çıkmıştır. Lu ve diğ.'nin (2019) önerdiği Eu/Eu* karşı $1000 \cdot (Ce/Nd)_N / Yb$ diyagramında Eosen yaşlı Kabataş volkaniklerinden analiz edilen örneklerin tamamı porfiri üretken alanda düşmektedir (Şekil 4.9a). Bu diyagramda Miyosen yaşlı bazaltik birim de ağırlıklı olarak porfiri üretken alana düşmekte ancak Eosen yaşlı Kabataş volkanitlerinden farklı bir dağılım sergilemektedir. Ce^{+3}/Ce^{+4} ve Hf'ye karşı Eu/Eu* diyagramlarında da Kabataş volkanitlerine ait zirkonların tamamı bilinen porfiri yataklar ile benzer alan içerisinde yer alırken, Miyosen bazaltları da bu alan içinde yer aldığı ancak daha farklı dağılım gösterdikleri gözlenmiştir (Şekil 4.9b ve Şekil 4.9c).

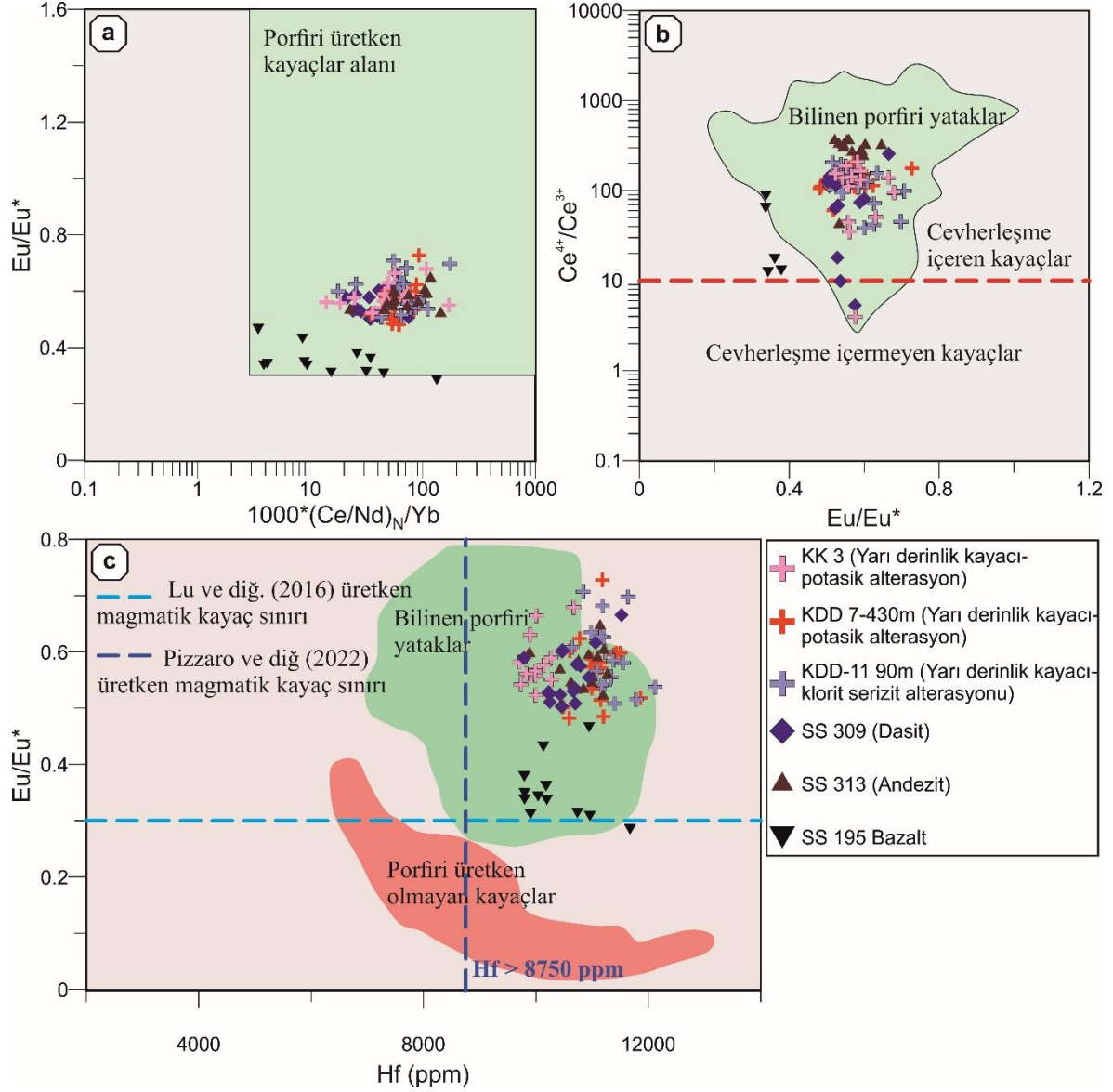


Şekil 4.7. Kabataş volkanitlerine ait Sr/Y karşı SiO₂ diyagramı. Üretken ve üretken olmayan intrüzyon alanları Loucks (2000 ve 2014)'den oluşturulmuştur. Ortalama Geç Senozoik yay volkanikleri Loucks (2014)'den alınmıştır.



Şekil 4.8. Kabataş volkanitlerine ait V/Sc karşı SiO_2 diyagramı. Üretken ve üretken olmayan intrüzyon alanları Loucks (2000 ve 2014)'den oluşturulmuştur. Ortalama Geç Senozoik yay volkanikleri Loucks (2014)'den alınmıştır.

Gerçekleştirilen bu iki farklı kalkofil element üretkenliği çalışmasında zirkon iz elementlerinin, Kabataş volkanitleri için daha hassas bir sonuç verdiği gözlenmiştir. Loucks (2014) tarafından önerilen yöntem de Kabataş volkanitlerine ait örneklerin beklenen sonucu vermemesi bu diyagram oluşturulurken kullanılan bilinen sahaların tamamının yitim ile ilişkili maden yatakları oluşumundan kaynaklanabileceği gibi analiz dilen örneklerin alterasyon süreçlerinde Sr, Y, V, Sc ve Si gibi elementlerin hareketli davranış göstermesinden de kaynaklana bilir.



Şekil 4.9. Kabataş volkanitlerine ait zirkonların a) Eu/Eu^* 'karşı $1000 \cdot (Ce/Nd)_N / Yb$ diyagramı. Eu/Eu^* değeri C1 kondrite (Sun and McDonough, 1989) göre normalize edilmiş değerler ile $Eu/(Sm \cdot Gd)^{1/2}$ formülüne göre hesaplanmıştır. Porfiri üretken kayaçlar alanı Lu ve diğ. (2016) dan alınmıştır; b) Ce^{4+}/Ce^{3+} karşı Eu/Eu^* diyagramı, Ce^{4+}/Ce^{3+} hesaplaması Ballard ve diğ. (2002) önerdiği şekilde yapılmıştır, bilinen porfiri yataklar alanı ve ayırım çizgisi Zhong ve diğ. (2018) den alınmıştır. c) Eu/Eu^* 'yakarşı Hf diyagramı, bilinen porfiri yataklar ve porfiri üretken olmayan kayaç alanları Siani vd diğ., (2020) Hf ayırım çizgisi

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında elde edilen bazı önemli sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

Porfiri dokulu kayalar içerisinde ağsal ve saçınımlı yapıda gözlenen Karakartal cevherleşmesinin yaşları 48.84 ± 0.19 my ile 47.76 ± 0.35 My arasında değişen temel kayaları keserek yerleşen çok fazlı Kabataş volkanitleri ile oluşan porfiri tip bir cevherleşme sonucuna varılabilir.

Yüksek tuz içeriğine sahip çözeltilerin çözeltilerin kaynama ve meteorik sularla seyrelme sebebiyle soğuyarak $800-360$ °C arasında potasik alterasyonu, $515-334$ °C arasında serizitik alterasyonu ve $345-195$ °C arasında klorit-serizit ile serizit alterasyonu oluşturduğu, hidrotermal çözeltinin bu süreçte ikincil magmatik sıvılardan-epitermal sıvılara geçiş yaptığı belirlenmiştir.

Gerçekleştirilen O, H ve S duraylı izotop analizleri; cevherleşmenin oluşumunda rol oynayan çözeltilerin magmatik kökeni ve porfiri tip maden yatakları ile oldukça benzer özellik sergilediklerini göstermiştir.

Termokronoloji analizleri ile Karakartal maden sahasında cevherleşmenin ve alterasyonun oluşumunun 48.95 my ile 45.73 my arasında gerçekleştiği, bir başka deyişle çok fazlı porfiri dokulu intrüzyonların yerleşiminden itibaren sıcaklığın hidrotermal çözeltinin sıcaklığının 200 °C altına düşüşünün yaklaşık 3 my sürdüğü belirlenmiştir.

Karakartal maden sahasında biyotitlerin petrografik özelliklerine göre magmatik biyotitler (M-Bt), yeniden dengelenmiş magmatik biyotitler (YD M-Bt), amfibolden dönüşmüş ikincil biyotitler (AD İ-Bt), biyotitten dönüşmüş ikincil biyotitler (BD-İB) ve ikincil biyotitler (İ-Bt) olarak 5 farklı sınıfa ayrılabilceği belirlenmiş, biyotit mineral kimyası termometresinin sıvı kapanım verileri ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Kuvars damarları üzerinde gerçekleştirilen katodoluminesans analizlerinde, damarlarda 4 farklı kuvars oluşumu tespit edilmiş ve sıvı kapanım analizlerinden aynı kuvars damarında bile farklı mikrotermometrik sonuçlar elde edilmesinin bir sebebinin yukarıdaki durum olduğu sonucuna varılmıştır.

Serizit alterasyonun $334-515$ °C sıcaklığa ve ortalama %45 NaCl eşleniği tuzluluğa sahip bir çözelti tarafından olduğu belirlenmiştir.

Kuvars damarlarında gözlenen çok fazlı sıvı kapanımlarda, halit, silvit $MgCl$, manyetit, pirit, anhidrit ve rutil gibi katı fazlar tespit edilmiştir.

Benzer sıcaklığa sahip sıvı kapanımlarda hesaplanan birbirlerinden çok farklı basınç değerleri heterojen kapanlanma ile açıklanmıştır.

Kuvars damarları içerisinde gözlenen ergiyik kapanımlarının kahverengi tona sahip olanlarının biyotit bileşimli olduğu belirlenmiştir.

Zirkon iz element analizlerinin, porfiri yataklar ile ilişkili olabilecek kayaçların üretkenlik araştırmalarında, yitim ile ilişkili olmayan ortamlarda tüm kayaç analizlerine göre daha sağlıklı sonuçlar verdiği ortaya konmuştur.



6. KAYNAKLAR

- Afshooni, S. Z., Mirnejad, H., Esmaily, D., & Haroni, H. A. (2013). Mineral chemistry of hydrothermal biotite from the Kahang porphyry copper deposit (NE Isfahan), Central Province of Iran. *Ore Geology Reviews*, 54, 214-232.
- Akçay, M., Gümrük, O., Aslan, N., Banks, D., Mc Innes, B. & Jourdan, F. (2014). Evolution of Porphyry Systems in Central Eastern Turkey, Goldschmidt, California, 18.
- Aktimur, H. T., Yurdakul, M. E., Tekirli, M. E., Keçer, M., Sönmez, M., Potoğlu, S., Teoman, Ş., Ateş, Ş. & Öztürk, V. (1988). Erzincan ve Çevresinin Arazi Kullanım Potansiyeli, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Audétat, A., & Günther, D. (1999). Mobility and H₂O loss from fluid inclusions in natural quartz crystals. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 137(1-2), 1-14.
- Avcı N., (1992). Çaltı Granitoyidi'nin (İliç-Erzincan) Petrolojisi, (Yüksek lisans tezi), C.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü (yayınlanmamış).
- Avcı, N., & Ak, S., Tekin, Z. (1996). Erzincan-İliç-Kemaliye Yöresi Altın Aramaları Raporu. MTA Rapor No:9981, (Yayınlanmamış).
- Avcı, N., & Boztuğ, D. (1993). Çaltı granitoidinin (İliç-Erzincan) petrolojisi. *Yerbilimleri*, 15(16), 167-193.
- Avcı, N., Yıldızeli, N., Biçen C., Özcan, H., Ülgen, A.N., & Demirbaş M. (1995). Sivas-Divriği ve Erzincan-İliç-Kemaliye Yöresi Demir Aramaları Raporu. MTA Rapor No: 9937, (Yayınlanmamış).
- Bayhan, H. & Baysal, O. (1981). Güneş-Soğucak (Divriği-Sivas) yöresindeki sülfür cevherleşmelerinin mineralojik ve genetik incelemesi *Yerbilimleri*, 7 (8) , 41-52.
- Beane, R. E. (1974). Biotite stability in porphyry copper environment: ECO-NOMIC GEOLOGY, v. 69.
- Beane, R. E. (1983). The magmatic-meteoric transition. *Geothermal Resources Council Special Report*, 13, 245-253.
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taslı, K., Akdağ, K., & Özgür, S. (1995). Cretaceous rifting of the eastern Pontide carbonate platform (NE Turkey): the formation of carbonates breccias and turbidites as evidences of a drowned platform. *Geologia*, 57(1-2), 233-244.

- Belousova, E. A., Griffin, W. L., O'Reilly, S. Y., & Fisher, N. I. (2002). Apatite as an indicator mineral for mineral exploration: trace-element compositions and their relationship to host rock type. *Journal of Geochemical Exploration*, 76(1), 45-69.
- Bilgiç T. 2008, Divriği J40 Paftası MTA Yayınları.
- Bilgiç, T., (2008). 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Divriği-J41 Paftası. MTA.
- Bindeman, I. (2008). Oxygen isotopes in mantle and crustal magmas as revealed by single crystal analysis. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 69(1), 445-478.
- Bodnar, R. J. (1995). Fluid-inclusion evidence for a magmatic source for metals in porphyry copper deposits. *Magma, fluid and ore deposit*, 139-152.
- Bodnar, R. J., & Beane, R. E. (1980). Temporal and spatial variations in hydrothermal fluid characteristics during vein filling in preore cover overlying deeply buried porphyry copper-type mineralization at Red Mountain, Arizona. *Economic Geology*, 75(6), 876-893.
- Bodnar, R. J., Reynolds, T. J., & Kuehn, C. A. (1985). Fluid-inclusion systematics in epithermal systems.
- Bodnar, R. J., Student, J. J., & Webster, J. D. (2006). Melt inclusions in plutonic rocks: Petrography and microthermometry. *Melt inclusions in plutonic rocks*, 36, 1-25.
- Bodnar, T., Huang, Z., Telenti, A., & Salathé, M. (2015). Identifying adverse effects of HIV drug treatment and associated sentiments using Twitter. *JMIR public health and surveillance*, 1(2), e4488.
- Boomeri, M., Nakashima, K., & Lentz, D. R. (2009). The Miduk porphyry Cu deposit, Kerman, Iran: a geochemical analysis of the potassic zone including halogen element systematics related to Cu mineralization processes. *Journal of Geochemical Exploration*, 103(1), 17-29.
- Bozkaya, Ö., Bozkaya, G., Haniç, N., Güven, A. S., Banks, D. A., & Uysal, I. T. (2018). Çöpler (Erzincan, İç-Doğu Anadolu) Porfiri-Epitermal Altın Yatağında Arjilik Alterasyona İlişkin Mineralojik Kanıtlar. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 61(3), 335-358.
- Boztuğ, D. (1998). Post-collisional central Anatolian alkaline plutonism, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7(3), 145-166.
- Boztuğ, D., & Arehart, G. B. (2007). Oxygen and sulfur isotope geochemistry revealing a significant crustal signature in the genesis of the post-collisional granitoids in central Anatolia, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 30(2), 403-416.
- Boztuğ, D., Debon, F., İnan, S., Tutkun, S. Z., Avcı, N., & Kesgin, Ö. (1997). Comparative Geochemistry of Four Plutons From the Cretaceous-Palaeogene Central Eastern

Anatolian Alkaline Province (Divriği Region, Sivas, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 6(3), 95-115.

- Boztuğ, D., Harlavan, Y., Arehart, G. B., Satır, M., & Avcı, N. (2007). K–Ar age, whole-rock and isotope geochemistry of A-type granitoids in the Divriği–Sivas region, eastern-central Anatolia, Turkey. *Lithos*, 97(1-2), 193-218.
- Boztuğ, D., Kuşçu, İ., Erçin, A. I., Avcı, N., & Şahin, S. Y. (2003). Mineral deposits associated with the pre-, syn-and post-collisional granitoids of the Neo-Tethyan convergence system between the Eurasian and Anatolian plates in NE and Central Turkey. *Mineral exploration and sustainable development*. Millpress, Rotterdam, 1141, 1144.
- Clark, I.D. (1998). Stable isotopes. In: *Geochemistry. Encyclopedia of Earth Science*. Springer, Dordrecht.
- Cooke, D. R., Hollings, P., & Walshe, J. L. (2005). Giant porphyry deposits: characteristics, distribution, and tectonic controls. *Economic geology*, 100(5), 801-818.
- Çelebi, A. & Özcan, H., Unimangan A.Ş.'nin Sicil 847 IR257 Ruhsat Nolu Çöpler (Erzincan-İliç) Manganez Ruhsat Sahası Jeoloji Raporu. MTA Rapor No: 9400, (Yatınlanmamış).
- Di Vincenzo, G., Viti, C., & Rocchi, S. (2003). The effect of chlorite interlayering on ^{40}Ar – ^{39}Ar biotite dating: an ^{40}Ar – ^{39}Ar laser-probe and TEM investigations of variably chloritised biotites. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 145, 643-658.
- Eyüboğlu, Y. (2006). *Doğu Pontid Magmatik Yayı'nda (KD Türkiye) Alaska-Tip Mafik-Ultramafiklerin Tanımı ve Jeotektonik Önemi* (Doctoral dissertation, Doktora Tezi, KT Ü., Fen Bilimler Enstitüsü, Trabzon).
- Fedo, C. M., Wayne Nesbitt, H., & Young, G. M. (1995). Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance. *Geology*, 23(10), 921-924.
- Foster, M.D., 1960, Interpretation of the composition of trioctahedral mica. U.S. Geological Survey Professional Paper, v. 354-B, pp. 11–48.
- Giggenbach, W. F. (1992). Isotopic shifts in waters from geothermal and volcanic systems along convergent plate boundaries and their origin. *Earth and planetary science letters*, 113(4), 495-510.
- Graupner, T., Götze, J., Kempe, U., & Wolf, D. (2000). CL for characterizing quartz and trapped fluid inclusions in mesothermal quartz veins: Muruntau Au ore deposit, Uzbekistan. *Mineralogical Magazine*, 64(6), 1007-1016.
- Grove, M., & Harrison, T. M. (1996). $^{40}\text{Ar}^*$ diffusion in Fe-rich biotite. *American Mineralogist*, 81(7-8), 940-951.

- Guillong, M., Latkoczy, C., Seo, J. H., Günther, D., & Heinrich, C. A. (2008). Determination of sulfur in fluid inclusions by laser ablation ICP-MS. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 23(12), 1581-1589.
- Gumruk, O., Akcay, M., & Aslan, N. (2013). Mineral chemistry of biotite and chlorite from the Karakartal (Kemaliye, Erzincan) porphyry Au-Cu deposit: a geothermometric approach on mineral paragenesis and succession. *Mineral Deposit Research for a High-Tech World*, Vols. 1-4, 805-808.
- Gücer, M. A., & Aslan, Z. (2014). ^{40}Ar - ^{39}Ar age, petrography and geochemistry of the Yoncayolu Metamorphic Rocks (NE Turkey): Subduction-related metamorphism under greenschist facies conditions. *N. Jb. Miner. Abh.(J. Min. Geochem.)*, 191, 3, 257-276 (20).
- Hao, H., Campbell, I. H., Park, J. W., & Cooke, D. R. (2017). Platinum-group element geochemistry used to determine Cu and Au fertility in the Northparkes igneous suites, New South Wales, Australia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 216, 372-392.
- Harnois, L. (1988). The CIW index: a new chemical index of weathering. *Sedimentary geology*, 55(3), 319-322.
- Harris, A. C., Kamenetsky, V. S., White, N. C., van Achterbergh, E., & Ryan, C. G. (2003). Melt inclusions in veins: Linking magmas and porphyry Cu deposits. *Science*, 302(5653), 2109-2111.
- Hassanpour, S., Alirezaei, S., Selby, D., & Sergeev, S. (2015). SHRIMP zircon U–Pb and biotite and hornblende Ar–Ar geochronology of Sungun, Haftcheshmeh, Kighal, and Niaz porphyry Cu–Mo systems: evidence for an early Miocene porphyry-style mineralization in northwest Iran. *International Journal of Earth Sciences*, 104, 45-59.
- Hastie, A. R., Kerr, A. C., Pearce, J. A., & Mitchell, S. F. (2007). Classification of altered volcanic island arc rocks using immobile trace elements: development of the Th–Co discrimination diagram. *Journal of petrology*, 48(12), 2341-2357.
- Hedenquist, J. W., & Lowenstern, J. B. (1994). The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits. *Nature*, 370(6490), 519-527.
- Heinrich, C. A., Halter, W., Landtwing, M. R., & Pettke, T. (2005). The formation of economic porphyry copper (-gold) deposits: constraints from microanalysis of fluid and melt inclusions. Geological Society, London, Special Publications, 248(1), 247-263.
- Hemley, J. J., Meyer, C., Hodgson, C. J., & Thatcher, A. B. (1967). Sulfide solubilities in alteration-controlled systems. *Science*, 158(3808), 1580-1582.
- Hoefs, J., (2009). *Stable isotope geochemistry*. Sixth edition Vol. 201. Berlin: Springer.

- Huang, R., & Audétat, A. (2012). The titanium-in-quartz (TitaniQ) thermobarometer: A critical examination and re-calibration. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 84, 75-89.
- Hughes, T. (1974). The Application of Oxygen and Hydrogen Isotope Studies to Problems of Hydrothermal Alteration and Ore Deposition. *Economic Geology*, 69, 843-883.
- Imer, A., Richards, J. P., & Muehlenbachs, K. (2016). Hydrothermal evolution of the Çöpler porphyry-epithermal Au deposit, Erzincan Province, central eastern Turkey. *Economic Geology*, 111(7), 1619-1658.
- Irvine, T. N., & Baragar, W. R. A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian journal of earth sciences*, 8(5), 523-548.
- İmer, A., Richards, J. P., & Creaser, R. A. (2013). Age and tectonomagmatic setting of the Eocene Çöpler-Kabataş magmatic complex and porphyry-epithermal Au deposit, East Central Anatolia, Turkey. *Mineralium Deposita*, 48, 557-583.
- İmer, A., Richards, J. P., Creaser, R. A., & Spell, T. L. (2015). The late Oligocene Cevizlidere Cu-Au-Mo deposit, Tunceli Province, eastern Turkey. *Mineralium Deposita*, 50, 245-263.
- İmer, E. Ü., Güleç, N., Kuşcu, İ., & Fallick, A. E. (2013). Genetic investigation and comparison of Kartaldağ and Madendağ epithermal gold deposits in Çanakkale, NW Turkey. *Ore Geology Reviews*, 53, 204-222.
- Jackson, S. E., Pearson, N. J., Griffin, W. L., & Belousova, E. A. (2004). The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U-Pb zircon geochronology. *Chemical geology*, 211(1-2), 47-69.
- Jenner, G. A., & Wyman, D. A. (1996). Trace element geochemistry of igneous rocks: geochemical nomenclature and analytical geochemistry. *Trace element geochemistry of volcanic rocks: applications for massive sulfide exploration. Edited by DA Wyman. Geological Association of Canada, Short Course Notes*, 12, 51-77.
- John, D. A., Ayuso, R. A., Barton, M. D., Blakely, R. J., Bodnar, R. J., Dilles, J. H., ... & Vikre, P. G. (2010). Porphyry copper deposit model, chap. B of Mineral deposit models for resource assessment: US Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5070-B.
- Jourdan, A. L., Vennemann, T. W., Mullis, J., Ramseyer, K., & Spiers, C. J. (2009). Evidence of growth and sector zoning in hydrothermal quartz from Alpine veins. *European Journal of Mineralogy*, 21(1), 219-231.
- Jourdan, F., Verati, C., & Féraud, G. (2006). Intercalibration of the Hb3gr $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating standard. *Chemical Geology*, 231(3), 177-189.

- Klemm, L. M., Pettke, T., & Heinrich, C. A. (2008). Fluid and source magma evolution of the Questa porphyry Mo deposit, New Mexico, USA. *Mineralium Deposita*, 43, 533-552.
- Koşal, C. (1973). Divriği ABC demir yataklarının jeolojisi ve oluşumu üzerinde çalışmalar: MTA Bull., 81, 1-22.
- Kovenko, V., (1938). Divrik Mıntıkasındaki Bazı Az Ehemmiyetli Madenlere Demir Bakır Altın Dair Rapor. MTA Rapor No: 496 (Yayınlanmamış).
- Kurtman, F. (1973). Sivas-Hafik-Zara ve Imranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı. *Bull. General Directorate of Mineral Research and Exploration of Turkey*, 80, 1-32.
- Kuscu, I., Kuscu, G. G., Tosdal, R. M., Ulrich, T. D., & Friedman, R. (2010). Magmatism in the southeastern Anatolian orogenic belt: transition from arc to post-collisional setting in an evolving orogen. Geological Society, London, Special Publications, 340(1), 437-460.
- Kuşcu, İ., Tosdal, R. M., Gencalioğlu-Kuşcu, G., Friedman, R., & Ullrich, T. D. (2013). Late Cretaceous to middle Eocene magmatism and metallogeny of a portion of the southeastern Anatolian orogenic belt, east-central Turkey. *Economic Geology*, 108(4), 641-666.
- Kürüm, S., Önal, A., Boztuğ, D., Spell, T., & Arslan, M. (2008). $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age and geochemistry of the post-collisional Miocene Yamadağ volcanics in the Arapkir area (Malatya Province), eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 33(3-4), 229-251.
- Lang, X., Wang, X., Deng, Y., Tang, J., Xie, F., Yang, Z., ... & Jiang, K. (2019). Hydrothermal evolution and ore precipitation of the No. 2 porphyry Cu–Au deposit in the Xiongcu district, Tibet: Evidence from cathodoluminescence, fluid inclusions, and isotopes. *Ore Geology Reviews*, 114, 103141.
- Lattanzi, P. (1991). Applications of fluid inclusions in the study and exploration of mineral deposits. *European Journal of Mineralogy*, 689-702.
- Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M. J., Bonin, B., Bateman, P., ... & Schmid, R. (2002). Igneous rocks. A Classification and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks, Cambridge University Press, Cambridge, 2.
- Leake, B. E., Woolley, A. R., Arps, C. E., Birch, W. D., Gilbert, M. C., Grice, J. D., ... & Youzhi, G. (1997). Nomenclature of amphiboles; report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *The Canadian Mineralogist*, 35(1), 219-246.

- Lecumberri-Sanchez, P., Steele-MacInnis, M., Weis, P., Driesner, T., & Bodnar, R. J. (2015). Salt precipitation in magmatic-hydrothermal systems associated with upper crustal plutons. *Geology*, 43(12), 1063-1066.
- Lenchner, M.J., (2009). Preliminary Estimate of Mineral Resources Karakartal Project, East Central Turkey. Anatolia Minerals Development Limited, 83.
- Li, J. X., Li, G. M., Qin, K. Z., & Xiao, B. (2011). High-temperature magmatic fluid exsolved from magma at the Duobuza porphyry copper–gold deposit, Northern Tibet. *Geofluids*, 11(2), 134-143.
- Li, N., Chen, Y. J., Ulrich, T., & Lai, Y. (2012). Fluid inclusion study of the Wunugetu Cu–Mo deposit, Inner Mongolia, China. *Mineralium Deposita*, 47, 467-482.
- Liu, X., Fan, H. R., Hu, F. F., Yang, K. F., & Wen, B. J. (2016). Nature and evolution of the ore-forming fluids in the giant Dexing porphyry Cu–Mo–Au deposit, Southeastern China. *Journal of Geochemical Exploration*, 171, 83-95.
- Loucks R. R. (2000). Report 1: Development of petrochemical discriminants of metallogenically fertile calc-alkalic igneous suites and their application to regional assessments of gold and copper prospectivity of Neogene and Quaternary volcano-plutonic centers throughout Chile and in southwestern Bolivia. Unpublished report for industry-sponsored research project: Predictive Guides to Copper and Gold Mineralisation at Circum-Pacific Convergent Plate Margins, 73 p.
- Lowenstern, J. B., & Thompson, J. F. H. (1995). Applications of silicate-melt inclusions to the study of magmatic volatiles. *Magmas, fluids and ore deposits*, 23, 71-99.
- Lu, Y. J., Loucks, R. R., Fiorentini, M., McCuaig, T. C., Evans, N. J., Yang, Z. M., ... & Kobussen, A. (2016). Zircon compositions as a pathfinder for porphyry Cu±Mo±Au deposits.
- Marinov, D., Barra, F., & Alizade, F. (2011, September). Re-Os dating of molybdenite mineralisation from Turkish porphyry copper prospects. In Let's talk ore deposits. Proceedings of 11th Biennial SGA Meeting, Antofagasta (Chile) (pp. 26-29).
- Maviş, M. (1977). Erzincan İli İliç İlçesi Fındıklı Deresi Mevkii Detay Demir Etütleri Raporu. MTA Rapor No, 5859. (Yayınlanmamış).
- McInnes, B. I., Evans, N. J., Fu, F. Q., & Garwin, S. (2005). Application of thermochronology to hydrothermal ore deposits. *Reviews in Mineralogy and geochemistry*, 58(1), 467-498.
- McMillan, W. J. (1991). Ore Deposits, Tectonics, and Metallogeny in the Canadian Cordillera. Province of British Columbia, Mineral Resources Division.

- Meyer, C., Hemley, J. (1967). *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. Holt, Rinehart and Winston, New York, 166-235.
- Misra, K. C. (2000). *Understanding Mineral Deposits*, 1st Edn. Springer Netherlands. ISBN: 978-0-04-553009-0. 3.
- Misra, K. C. (2012). *Introduction to geochemistry: principles and applications*. John Wiley & Sons.
- Moshefi, P., Hosseinzadeh, M. R., Moayyed, M., & Lentz, D. R. (2018). Comparative study of mineral chemistry of four biotite types as geochemical indicators of mineralized and barren intrusions in the Sungun Porphyry Cu-Mo deposit, northwestern Iran. *Ore Geology Reviews*, 97, 1-20.
- Murakami, H., Seo, J. H., & Heinrich, C. A. (2010). The relation between Cu/Au ratio and formation depth of porphyry-style Cu–Au±Mo deposits. *Mineralium Deposita*, 45, 11-21.
- Nachit, H., Ibhi, A., & Ohoud, M. B. (2005). Discrimination between primary magmatic biotites, reequilibrated biotites and neoformed biotites. *Comptes Rendus Geoscience*, 337(16), 1415-1420.
- Nasdala, L., Hofmeister, W., Norberg, N., Martinson, J. M., Corfu, F., Dörr, W., ... & Valley, J. W. (2008). Zircon M257-a homogeneous natural reference material for the ion microprobe U-Pb analysis of zircon. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 32(3), 247-265.
- Nasdala, L., Reiners, P. W., Garver, J. I., Kennedy, A. K., Stern, R. A., Balan, E., & Wirth, R. (2004). Incomplete retention of radiation damage in zircon from Sri Lanka. *American Mineralogist*, 89(1), 219-231.
- Ni, P., Pan, J. Y., Wang, G. G., Chi, Z., Qin, H., Ding, J. Y., & Chen, H. (2017). A CO₂-rich porphyry ore-forming fluid system constrained from a combined cathodoluminescence imaging and fluid inclusion studies of quartz veins from the Tongcun Mo deposit, South China. *Ore Geology Reviews*, 81, 856-870.
- Ohmoto, H., & Rye, R. O. (1979). Isotopes of Sulfur and Carbon. In Barnes H. L. (Ed) *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, 2nd Edn. J Wiley and Sons, New York, 509-567.
- Okay, A. I., & Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. *Geological Society, London, Special Publications*, 156(1), 475-515.
- Okay, A. I., Tansel, I., & Tüysüz, O. (2001). Obduction, subduction and collision as reflected in the Upper Cretaceous–Lower Eocene sedimentary record of western Turkey. *Geological Magazine*, 138(2), 117-142.

- Okay, C. (1999). Çöpler-(iliç-erzincan) altın yatağında sıvı kapanım incelemeleri, Cumhuriyet Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi (69 s).
- Ozgul, N., & Tursucu, A. (1984). Stratigraphy of the Mesozoic carbonate sequence of the Munzur Mountains (Eastern Taurides). In *Geology of the Taurus belt. International symposium* (pp. 173-180).
- Önal, A., Boztuğ, D., Kürüm, S., Harlavan, Y., Arehart, G. B., & Arslan, M. (2005). K-Ar age determination, whole-rock and oxygen isotope geochemistry of the post-collisional Bizmişen and Çaltı plutons, SW Erzincan, eastern Central Anatolia, Turkey. *Geological Journal*, 40(4), 457-476.
- Özdemir, C., & İçen, C. (1971). Erzincan İli İliç İlçesi ve civarı demir etütleri raporu. MTA Rapor, (1971), 4461 (Yayınlanmamış).
- Özer, E. (1994). Munzur Dağlarının (Kemah-İliç-Erzincan) stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 37(2), 53-64.
- Özgül, N., Turşucu, A., Özyardımcı, N., Şenol, M., Bingöl, İ., & Uysal, Ş. (1981). Munzur dağlarının jeolojisi. Ankara, Turkey: MTA.
- Öztürk, H., (1993). Türkiye manganez yatakları: oluşumları ve tipleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 43, 24-33.
- Park, J. W., Campbell, I. H., Malaviarachchi, S. P., Cocker, H., Hao, H., & Kay, S. M. (2019). Chalcophile element fertility and the formation of porphyry Cu±Au deposits. *Mineralium Deposita*, 54, 657-670.
- Parker, E. N. (1970). The origin of magnetic fields. *The Astrophysical Journal*, 160, 383.
- Parlak, O., Yılmaz, H., & Boztuğ, D. (2006). Origin and tectonic significance of the metamorphic sole and isolated dykes of the Divriği ophiolite (Sivas, Turkey): evidence for slab break-off prior to ophiolite emplacement. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 15(1), 25-45.
- Pearce, J. A. (1996). A user's guide to basalt discrimination diagrams. *Trace element geochemistry of volcanic rocks: applications for massive sulphide exploration. Geological Association of Canada, Short Course Notes*, 12(79), 113.
- Pi, Q., Hu, R., Xiong, B., Li, Q., & Zhong, R. (2017). In situ SIMS U-Pb dating of hydrothermal rutile: Reliable age for the Zhesang Carlin-type gold deposit in the golden triangle region, SW China. *Mineralium Deposita*, 52, 1179-1190.
- Pope, E. C., Bird, D. K., & Rosing, M. T. (2012). Isotope composition and volume of Earth's early oceans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(12), 4371-4376.

- Qiu, K. F., Deng, J., Yu, H. C., Wu, M. Q., Wang, Y., Zhang, L., & Goldfarb, R. (2021). Identifying hydrothermal quartz vein generations in the Taiyangshan porphyry Cu-Mo deposit (West Qinling, China) using cathodoluminescence, trace element geochemistry, and fluid inclusions. *Ore Geology Reviews*, 128, 103882.
- Richards, J. P. (2003). Tectono-magmatic precursors for porphyry Cu-(Mo-Au) deposit formation. *Economic geology*, 98(8), 1515-1533.
- Richards, J. P. (2009). Postsubduction porphyry Cu-Au and epithermal Au deposits: Products of remelting of subduction-modified lithosphere. *Geology*, 37(3), 247-250.
- Richards, J. P. (2015). Tectonic, magmatic, and metallogenic evolution of the Tethyan orogen: From subduction to collision. *Ore Geology Reviews*, 70, 323-345.
- Roedder, E. (1971). Fluid inclusion studies on the porphyry-type ore deposits at Bingham, Utah, Butte, Montana, and Climax, Colorado. *Economic Geology*, 66(1), 98-118.
- Roedder, E. (1984). Fluid inclusions. *Reviews in mineralogy. Mineral. Soc. Amer.*, 12, 644p.
- Roedder, E. (1984a). Volume 12: fluid inclusions. *Reviews in mineralogy*, 12, 644.
- Roedder, E. (1984b). The fluids in salt. *American Mineralogist*, 69(5-6), 413-439.
- Roedder, E., & Bodnar, R. J. (1984). Geologic pressure determinations from fluid inclusion studies: *American Reviews of Earth and Planetary Science*, v. 8.
- Ross, P. S., & Bédard, J. H. (2009). Magmatic affinity of modern and ancient subalkaline volcanic rocks determined from trace-element discriminant diagrams. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 46(11), 823-839.
- Rottier, B., Kouzmanov, K., Bouvier, A. S., Baumgartner, L. P., Wälle, M., Rezeau, H., ... & Fontboté, L. (2016). Heterogeneous melt and hypersaline liquid inclusions in shallow porphyry type mineralization as markers of the magmatic-hydrothermal transition (Cerro de Pasco district, Peru). *Chemical Geology*, 447, 93-116.
- Rye, R. O. (2005). A review of the stable-isotope geochemistry of sulfate minerals in selected igneous environments and related hydrothermal systems. *Chemical Geology*, 215(1-4), 5-36.
- Seedorff, E., Dilles, J. H., Proffett, J. M., Einaudi, M. T., Zurcher, L., Stavast, W. J., ... & Barton, M. D. (2005). Porphyry deposits: Characteristics and origin of hypogene features.
- Selby, D., & Creaser, R. A. (2004). Macroscale NTIMS and microscale LA-MC-ICP-MS Re-Os isotopic analysis of molybdenite: Testing spatial restrictions for reliable Re-Os age determinations, and implications for the decoupling of Re and Os within molybdenite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68(19), 3897-3908.

- Selby, D., & Nesbitt, B. E. (2000). Chemical composition of biotite from the Casino porphyry Cu–Au–Mo mineralization, Yukon, Canada: evaluation of magmatic and hydrothermal fluid chemistry. *Chemical Geology*, 171(1-2), 77-93.
- Sharma, R., & Srivastava, P. K. (2014). Hydrothermal fluids of magmatic origin. *Modelling of magmatic and allied processes*, 181-208.
- Sharp, Z. D., Atudorei, V., & Durakiewicz, T. (2001). A rapid method for determination of hydrogen and oxygen isotope ratios from water and hydrous minerals. *Chemical geology*, 178(1-4), 197-210.
- Shepherd, T. J., Rankin, A. H., & Alderton, D. H. M. (1985). A practical guide to fluid inclusion studies: Blackie and Son Ltd. *Glasgow*, 239p.
- Shinohara, H. & Hedenquist, J.W., 1(997). Constraints on magma degassing beneath the Far Southeast porphyry Cu–Au deposit, Philippines. *J. Petrol.* 38 (12), 1741–1752.
- Shirey, S. B., & Walker, R. J. (1995). Carius tube digestion for low-blank rhenium-osmium analysis. *Analytical Chemistry*, 67(13), 2136-2141.
- Sillitoe, R. H. (1972). A plate tectonic model for the origin of porphyry copper deposits. *Economic geology*, 67(2), 184-197.
- Sillitoe, R. H. (1973). The tops and bottoms of porphyry copper deposits. *Economic Geology*, 68(6), 799-815.
- Sillitoe, R. H. (2000). Gold-rich porphyry deposits: descriptive and genetic models and their role in exploration and discovery.
- Sillitoe, R. H. (2010). Porphyry copper systems. *Economic geology*, 105(1), 3-41.
- Singer, D., Berger, V., & Moring, B. (2008). Porphyry copper deposits of the world: Database and grade and tonnage. USGS, 1155, 3-42.
- Sláma, J., Košler, J., Condon, D. J., Crowley, J. L., Gerdes, A., Hanchar, J. M., ... & Whitehouse, M. J. (2008). Plešovice zircon—a new natural reference material for U–Pb and Hf isotopic microanalysis. *Chemical Geology*, 249(1-2), 1-35.
- Sourirajan, S., & Kennedy, G. C. (1962). The system H₂O–NaCl at elevated temperatures and pressures. *American Journal of Science*, 260(2), 115-141.
- Speer, J. A. (1987). Evolution of magmatic AFM mineral assemblages in granitoid rocks; the hornblende+ melt= biotite reaction in the Liberty Hill Pluton, South Carolina. *American Mineralogist*, 72(9-10), 863-878.
- Stchepinsky, V., (1940). Erzincan Mıntıkasının Umumi Jeolojisi Hakkında Rapor. MTA Rapor No: 1004, (Yayınlanmamış).

- Stein, H. J., Markey, R. J., Morgan, J. W., Hannah, J. L., & Scherstén, A. (2001). The remarkable Re–Os chronometer in molybdenite: how and why it works. *Terra Nova*, 13(6), 479-486.
- Stein, H., Hannah, J., Rink, W. J., & Thompson, J. (2015). Rhenium–osmium geochronology: Sulfides, shales, oils, and mantle. *Encyclopedia of scientific dating methods*, 707-723.
- Sun, M., Lin, S. Y., Zhang, F. F., Wang, Y. H., Xue, C. J., Zhang, T. T., ... & Wen, X. Y. (2021). Post-ore change and preservation of the late Paleozoic Tuwu porphyry Cu deposit in Eastern Tianshan, NW China: Constraints from geology and apatite fission track thermochronology. *Ore Geology Reviews*, 137, 104297.
- Tablacı, A., & Akyıldız, M., (2012). Bizmişen-Çaltı (Kemaliye-Erzincan) Yöresindeki Fe'lere Bağlı Cu-Au-Ag ve Ni Cevherleşmeleri. *Ç. Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 27, 9.
- Tablacı, A., & Akyıldız, M., (2012). Copper-Gold-Silver and Nicel Occurrences Associated with Bizmişen-Çaltı Iron Oxide Deposits. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 27, 142-150.
- Tang, P., Tang, J. X., Lin, B., Wang, L. Q., Zheng, W. B., Leng, Q. F., ... & Tang, X. Q. (2019). Mineral chemistry of magmatic and hydrothermal biotites from the Bangpu porphyry Mo (Cu) deposit, Tibet. *Ore Geology Reviews*, 115, 103122.
- Taylor Jr, H. P. (1978). Oxygen and hydrogen isotope studies of plutonic granitic rocks. *Earth and Planetary Science Letters*, 38(1), 177-210.
- Taylor Jr, H. P. (1997). Oxygen and hydrogen isotope relationships in hydrothermal mineral deposits. *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*.
- Taylor, H. P. (1988). Oxygen, hydrogen, and strontium isotope constraints on the origin of granites. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 79(2-3), 317-338.
- Thode, H. G. (1970). Sulfur isotope geochemistry and fractionation between coexisting sulfide minerals. *Mineralogical Society of America Special Paper*, 3, 133-144.
- Tischendorf, G., Gottesmann, B., Förster, H. J., & Trumbull, R. B. (1997). On Li-bearing micas: estimating Li from electron microprobe analyses and an improved diagram for graphical representation. *Mineralogical Magazine*, 61(409), 809-834.
- Turner, G., Huneke, J. C., Podosek, F. A., & Wasserburg, G. J. (1971). ^{40}Ar - ^{39}Ar ages and cosmic ray exposure ages of Apollo 14 samples. *Earth and Planetary Science Letters*, 12(1), 19-35.

- Tüzün, D., Topçu, T., Yurt, M.Z., (1990). Çaltı (Sivas)-İliç-Kemaliye (Erzincan)-Munzur Dağları Yörelerinde Demir Aramalarına Yönelik Uzaktan Algılama Raporu. MTA Rapor No: 9099 (Yayınlanmamış).
- Ulrich, T., Günther, D., & Heinrich, C. A. (2001). The evolution of a porphyry Cu-Au deposit, based on LA-ICP-MS analysis of fluid inclusions: Bajo de la Alumbrera, Argentina. *Economic Geology*, 96(8), 1743-1774.
- Veevers, J. J., Belousova, E. A., Saeed, A., Sircombe, K., Cooper, A. F., & Read, S. E. (2006). Pan-Gondwanaland detrital zircons from Australia analysed for Hf-isotopes and trace elements reflect an ice-covered Antarctic provenance of 700–500 Ma age, TDM of 2.0–1.0 Ga, and alkaline affinity. *Earth-Science Reviews*, 76(3-4), 135-174.
- Walton, C., & Crowley, B. (2001). Kabatas Prospect Report, Turkey, p. 34.
- Wang, Q., Zhu, D. C., Zhao, Z. D., Guan, Q., Zhang, X. Q., Sui, Q. L., ... & Mo, X. X. (2012). Magmatic zircons from I-, S-and A-type granitoids in Tibet: Trace element characteristics and their application to detrital zircon provenance study. *Journal of Asian Earth Sciences*, 53, 59-66.
- Wark, D. A., & Watson, E. B. (2006). TitaniQ: a titanium-in-quartz geothermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 152(6), 743-754.
- Wiedenbeck, M. A. P. C., Alle, P., Corfu, F. Y., Griffin, W. L., Meier, M., Oberli, F. V., ... & Spiegel, W. (1995). Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses. *Geostandards newsletter*, 19(1), 1-23.
- Wiedenbeck, M., Hanchar, J. M., Peck, W. H., Sylvester, P., Valley, J., Whitehouse, M., ... & Zheng, Y. F. (2004). Further characterisation of the 91500 zircon crystal. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 28(1), 9-39.
- Wilkinson, J. J. (2001). Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. *Lithos*, 55(1-4), 229-272.
- Wilkinson, J. J., Cooke, D. R., Baker, M. J., Chang, Z., Wilkinson, C. C., Chen, H., ... & Brugge, E. R. (2017). Porphyry indicator minerals and their mineral chemistry as vectoring and fertility tools. Geological Survey of Canada.
- Winchester, J. A., & Floyd, P. A. (1976). Geochemical magma type discrimination: application to altered and metamorphosed basic igneous rocks. *Earth and planetary science letters*, 28(3), 459-469.
- Yang, J., Cawood, P. A., Du, Y., Huang, H., Huang, H., & Tao, P. (2012). Large Igneous Province and magmatic arc sourced Permian–Triassic volcanogenic sediments in China. *Sedimentary Geology*, 261, 120-131.

- Yavuz, F. (2003a). Evaluating micas in petrologic and metallogenic aspect: I—definitions and structure of the computer program MICA+. *Computers & Geosciences*, 29(10), 1203-1213.
- Yavuz, F. (2003b). Evaluating micas in petrologic and metallogenic aspect: Part II—Applications using the computer program Mica+. *Computers & geosciences*, 29(10), 1215-1228.
- Yavuz, F., & Döner, Z. (2017). WinAmpthb: A Windows program for calcific amphibole thermobarometry. *Periodico di Mineralogia*, 86(2), 135-167.
- Yavuz, F., & Öztaş, T. (1997). BIOTERM—A program for evaluating and plotting microprobe analyses of biotite from barren and mineralized magmatic suites. *Computers & Geosciences*, 23(8), 897-907.
- Yavuz, F., Kumral, M., Karakaya, N., Karakaya, M. Ç., & Yıldırım, D. K. (2015). A Windows program for chlorite calculation and classification. *Computers & Geosciences*, 81, 101-113.
- Yazgan, E. (1984). Geodynamic evolution of the Eastern Taurus region. In *Geology of the Taurus belt. International symposium* (pp. 199-208).
- Yılmaz, A. (1985). Yukarı Kelkit Çayı ile Munzur Dağları arasının temel jeoloji özellikleri ve yapısal evrimi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 28(2), 79-92.
- Yılmaz, S. (1991). Hekimhan-Hasançelebi (KB Malat-ya) Yöresi Jeolojisi ve magmatiklerin Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi. *Cum-huriyet Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*, 256s., Sivas.
- Zamanian, H., Dolatshahi, S., Yang, X., Somarin, A. K., & Meshkani, S. A. (2021). Geochemical, fluid inclusion and O–H–S isotope constraints on the origin of the Rangraz copper deposit, Central Iran. *Ore Geology Reviews*, 128, 103877.
- Zarasvandi, A., Rezaei, M., Raith, J., Lentz, D., Azimzadeh, A. M., & Pourkaseb, H. (2015). Geochemistry and fluid characteristics of the Dalli porphyry Cu–Au deposit, Central Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 111, 175-191.
- Zeck, H. P., & Ünlü, T. (1988). Alpine ophiolite obduction before 110±5 Ma ago, Taurus belt, eastern central Turkey. *Tectonophysics*, 145(1-2), 55-62.
- Zhong, S., Feng, C., Seltnann, R., Li, D., & Dai, Z. (2018). Geochemical contrasts between Late Triassic ore-bearing and barren intrusions in the Weibao Cu–Pb–Zn deposit, East Kunlun Mountains, NW China: constraints from accessory minerals (zircon and apatite). *Mineralium Deposita*, 53, 855-870.
- Zhu, X., Li, G., Chen, H., Ma, D., & Huang, H. (2015). Zircon U–Pb, Molybdenite Re–Os and K-feldspar 40 Ar/39 Ar Dating of the Bolong Porphyry Cu–Au Deposit, Tibet, China. *Resource Geology*, 65(2), 122-135.

- Zhu, X., Li, G., Chen, H., Ma, D., & Huang, H. (2015). Zircon U–Pb, Molybdenite Re–Os and K-feldspar $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Dating of the Bolong Porphyry Cu–Au Deposit, Tibet, China. *Resource Geology*, 65(2), 122–135.
- Rollinson, H. R. (1993). A terrane interpretation of the Archaean Limpopo Belt. *Geological Magazine*, 130(6), 755–765.

7. EKLER

Ek 1. Karakartal Sahasında Gerçekleştirilen Zirkon U-Pb Analizlerine Ait Sonuçlar

Örnek Numarası/ Koordinat	Nokta No	U	Th	Pb	U/Th	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ	Yaş ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$)	1 σ
KDD-58 320m 37S 466683.50 D 4355634.80 K	KDD-58 1	286	269	83.14	1.06	5.6227	0.0411	0.0749	0.0008	1055.0	7.0
	KDD-58 2	73	86	22.80	0.84	5.9098	0.0629	0.0746	0.0011	1008.0	10.0
	KDD-58 3	184	36	32.80	5.10	6.0569	0.0477	0.0785	0.0023	985.0	7.0
	KDD-58 4	192	120	29.21	1.60	9.0752	0.0865	0.0630	0.0009	674.0	6.0
	KDD-58 5	478	24	39.50	19.80	10.3681	0.1290	0.0620	0.0008	594.0	7.0
	KDD-58 6	55	29	34.08	1.92	2.2583	0.0256	0.1594	0.0033	2363.0	22.0
	KDD-58 7	360	34	37.88	10.58	8.9087	0.0905	0.0642	0.0012	686.0	7.0
	KDD-58 8	623	246	53.65	2.53	13.2979	0.1804	0.0636	0.0008	467.0	6.0
	KDD-58 9	168	67	69.63	2.52	3.0529	0.0279	0.1237	0.0021	1827.0	15.0
	KDD-58 10	171	77	34.77	2.22	5.9116	0.0622	0.0760	0.0009	1007.0	10.0
	KDD-58 11	144	241	31.85	0.60	10.1061	0.0970	0.0625	0.0011	608.0	6.0
	KDD-58 12	249	139	115.45	1.79	2.9298	0.0227	0.1125	0.0013	1893.0	13.0
	KDD-58 13	476	219	68.10	2.18	8.6979	0.1415	0.0930	0.0071	702.0	11.0
	KDD-58 14	221	70	23.26	3.16	10.4866	0.1254	0.0721	0.0020	587.0	7.0
	KDD-58 15	100	142	62.79	0.71	3.2134	0.0240	0.1112	0.0013	1747.0	11.0
	KDD-58 16	560	256	215.07	2.19	3.3967	0.0338	0.1281	0.0012	1663.0	15.0
	KDD-58 17	139	65	24.25	2.14	9.4814	0.1897	0.0690	0.0066	646.0	12.0

Ek 1'in devamı

Örnek Numarası/ Koordinat	Nokta No	U	Th	Pb	U/Th	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	Yaş (²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U)	1σ
KDD-74 23m 37S 466645.90 D 4356195.00 K	KDD-74 01	107	52	5.15	2.05	24.1546	0.2742	0.0486	0.0015	262.0	3.0
	KDD-74 02	101	20	11.51	5.07	9.4733	0.0736	0.0614	0.0013	647.0	5.0
	KDD-74 03	126	92	6.87	1.36	23.0574	0.2020	0.0545	0.0014	274.0	2.0
	KDD-74 04	107	56	14.21	1.91	8.8629	0.0691	0.0634	0.0012	689.0	5.0
	KDD-74 05	235	333	44.85	0.71	7.6418	0.0473	0.0660	0.0009	793.0	5.0
	KDD-74 06	282	176	57.64	1.60	5.9898	0.0427	0.0737	0.0019	995.0	7.0
	KDD-74 07	262	148	13.81	1.76	22.9674	0.1846	0.0577	0.0012	275.0	2.0
	KDD-74 08	283	178	106.62	1.59	3.3862	0.0242	0.1123	0.0021	1668.0	11.0
	KDD-74 09	342	129	68.57	2.66	5.7026	0.0390	0.0731	0.0009	1042.0	7.0
	KDD-74 10	340	157	68.87	2.16	5.7817	0.0338	0.0743	0.0008	1028.0	6.0
	KDD-74 11	288	179	37.03	1.61	9.3932	0.0635	0.0605	0.0009	652.0	4.0
	KDD-74 12	406	279	53.25	1.46	9.3729	0.0615	0.0621	0.0008	654.0	4.0
	KDD-74 13	121	53	13.04	2.29	10.6022	0.0843	0.0600	0.0012	581.0	4.0
	KDD-74 14	240	149	11.68	1.61	24.6427	0.2125	0.0517	0.0012	256.0	2.0
	KDD-74 15	53	40	9.55	1.33	6.9027	0.0658	0.0701	0.0016	872.0	8.0
	KDD-74 16	359	236	60.89	1.52	7.2291	0.0549	0.0678	0.0009	835.0	6.0
	KDD-74 17	93	139	8.25	0.67	20.6228	0.3317	0.0512	0.0100	305.0	5.0
	KDD-74 18	378	157	20.85	2.41	20.4876	0.1343	0.0535	0.0010	307.0	2.0
	KDD-74 19	169	75	7.56	2.24	25.1130	0.2586	0.0545	0.0015	252.0	3.0
	KDD-74 20	211	158	107.42	1.34	2.5879	0.0190	0.1577	0.0015	2106.0	13.0
	KDD-74 21	89	2	8.67	36.25	10.7331	0.1071	0.0614	0.0018	574.0	6.0
	KDD-74 22	649	183	159.19	3.55	4.7185	0.0508	0.1164	0.0023	1239.0	12.0
	KDD-74 23	103	85	43.45	1.21	3.1964	0.0288	0.1214	0.0028	1755.0	14.0
	KDD-74 24	405	294	85.42	1.38	5.8976	0.0344	0.0728	0.0008	1010.0	5.0
	KDD-74 25	66	37	10.94	1.78	7.4058	0.1124	0.0890	0.0066	817.0	12.0
	KDD-74 26	160	121	22.26	1.33	9.6479	0.0773	0.0615	0.0030	636.0	5.0
	KDD-74 27	269	144	108.95	1.87	3.0567	0.0234	0.1456	0.0017	1825.0	12.0
	KDD-74 28	94	73	5.35	1.29	23.7756	0.2770	0.0550	0.0037	266.0	3.0
	KDD-74 29	137	150	21.67	0.91	8.9582	0.0827	0.0770	0.0020	682.0	6.0
	KDD-74 30	84	31	40.25	2.74	2.4991	0.0152	0.1341	0.0016	2170.0	11.0

Ek 1'in devamı

Örnek Numarası/ Koordinat	NoktaNo	U	Th	Pb	U/Th	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	Yaş (²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U)	1σ
SS306(Kumtaşı) 37S465684.00 D4354108.00K	SS-306 01	181	111	3.18	1.63	0.0998	0.0042	0.0145	0.0002	93.0	1.0
	SS-306 02	166	87	2.79	1.90	0.0973	0.0046	0.0143	0.0002	92.0	1.0
	SS-306 03	331	216	5.84	1.53	0.0985	0.0033	0.0146	0.0002	93.5	0.9
	SS-306 04	356	122	40.66	2.92	0.8467	0.0113	0.1025	0.0006	629.0	3.0
	SS-306 05	204	163	22.59	1.25	0.7254	0.0130	0.0880	0.0006	544.0	4.0
	SS-306 06	158	83	2.79	1.90	0.0883	0.0072	0.0139	0.0002	89.0	1.0
	SS-306 07	112	33	1.83	3.38	0.0974	0.0054	0.0146	0.0002	93.0	1.0
	SS-306 08	83	54	1.47	1.52	0.0990	0.0061	0.0144	0.0003	92.0	2.0
	SS-306 09	743	401	12.54	1.85	0.0921	0.0021	0.0144	0.0001	92.1	0.8
	SS-306 10	204	189	3.91	1.08	0.0991	0.0094	0.0142	0.0004	91.0	3.0
	SS-306 11	340	205	67.38	1.66	1.6240	0.0183	0.1653	0.0010	986.0	6.0
	SS-306 12	149	23	2.57	6.42	0.1118	0.0112	0.0141	0.0002	90.0	1.0
	SS-306 13	228	194	3.82	1.18	0.0884	0.0035	0.0131	0.0002	84.0	1.0
	SS-306 14	223	54	3.50	4.14	0.0934	0.0042	0.0141	0.0002	90.5	1.0
	SS-306 15	212	132	3.69	1.61	0.0951	0.0058	0.0143	0.0002	91.0	1.0
	SS-306 16	25	9	0.48	2.91	0.1228	0.0119	0.0158	0.0005	101.0	3.0
	SS-306 17	285	172	4.86	1.66	0.0934	0.0034	0.0144	0.0001	91.9	0.9
	SS-306 18	33	8	0.60	3.98	0.1181	0.0113	0.0156	0.0005	100.0	3.0
	SS-306 19	60	28	12.66	2.12	1.9266	0.0349	0.1847	0.0015	1092.0	8.0
	SS-306 20	139	59	6.27	2.34	0.3010	0.0094	0.0408	0.0005	258.0	3.0
	SS-306 21	56	44	14.88	1.27	2.3741	0.0405	0.2129	0.0017	1244.0	9.0
	SS-306 22	268	97	4.27	2.77	0.0995	0.0035	0.0143	0.0002	91.0	1.0
	SS-306 23	202	157	91.53	1.29	6.3010	0.0671	0.3555	0.0022	1961.0	10.0
	SS-306 24	718	381	11.99	1.89	0.0949	0.0023	0.0144	0.0001	92.2	0.8

Ek 1'in devamı

Örnek Numarası/ Koordinat	Nokta No	U	Th	Pb	Th/U	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	Yaş (²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U)	1σ
SS-301 37S 465684.00 D 4354108.00.00 K	SS-301 01	211.93	99.84	1.88	0.47	129.0323	2.1644	0.0536	0.0030	49.8	0.8
	SS-301 02	369.33	209.48	3.31	0.57	130.7190	1.7087	0.0515	0.0024	49.1	0.6
	SS-301 03	231.04	111.25	2.04	0.48	130.5483	2.0451	0.0506	0.0028	49.2	0.8
	SS-301 04	142.88	56.87	1.21	0.40	132.4503	2.4560	0.0506	0.0038	48.5	0.9
	SS-301 05	187.05	76.64	1.62	0.41	128.3697	2.4718	0.0501	0.0031	50.0	0.9
	SS-301 06	257.52	124.32	2.26	0.48	130.3781	1.6998	0.0487	0.0025	49.2	0.7
	SS-301 07	386.12	201.55	3.46	0.52	131.7523	1.5623	0.0472	0.0023	48.7	0.6
	SS-301 08	178.29	77.49	1.54	0.43	131.7523	2.2566	0.0487	0.0035	48.8	0.9
	SS-301 09	257.83	124.15	2.24	0.48	131.5789	2.2507	0.0470	0.0026	48.8	0.8
	SS-301 10	190.45	86.31	1.69	0.45	130.2083	2.0345	0.0468	0.0028	49.3	0.8
	SS-301 11	174.15	73.80	1.54	0.42	127.3885	2.2719	0.0475	0.0034	50.4	0.9
	SS-301 12	111.22	47.54	0.96	0.43	133.3333	2.8444	0.0469	0.0045	48.0	1.0
	SS-301 13	200.59	116.66	1.81	0.58	131.4060	1.8994	0.0447	0.0030	48.9	0.7
	SS-301 14	169.49	60.93	1.44	0.36	127.8772	2.6164	0.0430	0.0029	50.0	1.0
	SS-301 15	123.95	49.25	1.04	0.40	133.5113	2.8520	0.0411	0.0036	48.0	1.0

Ek 1'in devamı

Örnek Numarası/ Koordinat	Nokta No	U	Th	Pb	Th/U	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	Yaş (²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U)	1σ
SS-309 37S 464673.26 D 4354593.56 K	SS-309 01	271	148	2.41	1.83	131.0616	1.7177	0.0445	0.0023	49.0	0.6
	SS-309 02	122	49	1.06	2.47	131.7523	2.4302	0.0454	0.0034	48.8	0.9
	SS-309 03	160	62	1.37	2.60	131.5789	2.4238	0.0521	0.0035	48.8	0.9
	SS-309 04	139	61	1.22	2.26	128.7001	2.3189	0.0464	0.0035	49.9	0.9
	SS-309 05	231	100	2.06	2.30	129.0323	1.9979	0.0493	0.0029	49.8	0.8
	SS-309 06	258	134	2.36	1.93	128.2051	1.8080	0.0505	0.0026	50.1	0.7
	SS-309 07	211	94	1.85	2.23	129.0323	1.8314	0.0496	0.0030	49.8	0.7
	SS-309 08	156	64	1.36	2.46	130.8901	2.5698	0.0458	0.0029	49.0	0.9
	SS-309 09	249	131	2.24	1.90	131.0616	1.8895	0.0527	0.0027	49.0	0.7
	SS-309 10	162	69	1.39	2.35	131.0616	2.2330	0.0503	0.0031	49.0	0.8
	SS-309 11	157	67	1.55	2.35	133.1558	2.4823	0.0461	0.0047	48.3	0.9
	SS-309 12	150	68	1.29	2.21	134.5895	2.5360	0.0459	0.0035	47.7	0.9
	SS-309 13	206	90	1.76	2.36	131.9261	2.0885	0.0463	0.0029	47.1	0.8
	SS-309 14	156	66	1.36	2.28	128.5347	2.4782	0.0495	0.0033	48.7	0.8
	SS-309 15	257	127	2.26	2.12	129.7017	1.8505	0.0455	0.0026	51.1	0.8
	SS-309 16	299	170	2.64	2.36	130.2083	1.8650	0.0473	0.0023	50.0	0.9

Ek 1'in devamı

Örnek Numarası/ Koordinat	Nokta No	U	Th	Pb	U/Th	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	Yaş (²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U)	1σ
SS-130 37S 466309.71 D 4354972.42 K	SS-130 01	270	145	8	1.98	132.8021	3.5273	0.0459	0.0056	48.4	0.6
	SS-130 02	467	294	19	1.73	132.2751	3.3244	0.0464	0.0062	48.6	0.6
	SS-130 03	413	288	17	1.50	134.2282	3.7836	0.0468	0.0064	47.9	0.7
	SS-130 04	358	202	11	1.92	132.8021	2.4691	0.0469	0.0047	48.4	0.4
	SS-130 05	380	220	11	1.85	132.2751	4.1992	0.048	0.0058	48.5	0.8
	SS-130 06	236	133	10	1.92	134.0483	2.1563	0.0489	0.0045	47.8	0.4
	SS-130 07	277	189	16	1.61	136.0544	2.9617	0.0496	0.0063	47.1	0.5
	SS-130 08	361	237	16	1.67	129.8701	3.3733	0.0498	0.0080	49.3	0.6
	SS-130 09	180	104	10	1.83	133.6898	3.0384	0.0504	0.0060	47.8	0.5
	SS-130 10	190	156	14	1.42	133.6898	3.2171	0.0507	0.0050	47.8	0.6
	SS-130 11	289	174	13	1.78	135.5565	1.5068	0.0511	0.0041	47.1	0.3
	SS-130 12	291	161	10	1.92	134.9528	2.1855	0.0517	0.0040	47.3	0.4
	SS-130 13	411	297	18	1.49	131.5789	2.2507	0.0518	0.0040	48.5	0.4
	SS-130 14	189	102	10	2.16	132.1004	3.8391	0.0523	0.0061	48.3	0.7

Ek 1'in devamı

Örnek Numarası/ Koordinat	Nokta No	U	Th	Pb	U/Th	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	Yaş (²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U)	1σ
KK-3 37S 465684.00 D4354108.00 K	KDD-3 01	302	174	9.8	1.74	133.8688	1.7921	0.0437	0.0020	48.0	0.7
	KDD-3 02	177	86	1.7	2.07	129.5337	2.1813	0.0438	0.0027	49.6	0.9
	KDD-3 03	246	125	3.4	1.97	133.5113	1.9608	0.0466	0.0023	48.1	0.7
	KDD-3 04	303	146	13.0	2.08	133.6898	1.7873	0.0467	0.0020	48.1	0.6
	KDD-3 05	265	184	7.5	1.44	131.7523	1.9095	0.0472	0.0021	48.7	0.7
	KDD- 3 06	279	134	6.4	2.08	131.9261	1.9145	0.0482	0.0022	48.7	0.7
	KDD-3 07	222	102	5.0	2.17	132.8021	1.9400	0.0486	0.0024	48.3	0.7
	KDD-3 08	150	62	2.2	2.41	129.3661	2.6777	0.0489	0.0031	50.0	1.0
	KDD-3 09	306	142	2.8	2.15	134.2282	2.1621	0.0489	0.0020	47.8	0.8
	KDD-3 10	302	170	3.1	1.78	131.9261	2.0885	0.0490	0.0025	48.7	0.7
	KDD-3 11	270	166	4.4	1.63	133.6898	1.9660	0.0495	0.0020	48.1	0.7
	KDD-3 12	285	184	4.7	1.55	133.6898	2.1448	0.0500	0.0023	48.0	0.8
	KDD-3 13	326	179	3.8	1.82	130.5483	2.0451	0.0503	0.0023	49.2	0.8
	KDD-3 14	319	250	10.7	1.27	130.8901	2.0559	0.0514	0.0023	49.1	0.8

Ek 1'in devamı

Örnek Numarası/ Koordinat	Nokta No	U	Th	Pb	U/Th	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	Yaş (²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U)	1σ
KDD-21 86m 466782.10 D 4356148.40 K	SS-130 01	125.5	90.6	39.6	1.39	132.4503	6.6664	0.0730	0.0155	46.9	4.9
	SS-130 02	423	565	124	0.75	128.8660	3.0722	0.0390	0.0085	50.3	2.4
	SS-130 03	126.9	84	14.1	1.51	134.0483	4.9415	0.0430	0.0070	48.2	3.5
	SS-130 04	233	244.1	48.7	0.95	135.8696	3.5998	0.0340	0.0065	48.0	2.5
	SS-130 05	129.5	106	25.8	1.22	138.5042	5.3714	0.0460	0.0095	46.4	3.6
	SS-130 06	75	52.5	10.8	1.43	133.6898	7.0598	0.0590	0.0140	47.3	5.1
	SS-130 07	182.8	220	54.5	0.83	132.4503	3.3332	0.0480	0.0055	48.4	2.4
	SS-130 08	187.2	180.6	40.6	1.04	134.9528	6.0100	0.0400	0.0145	48.0	4.2
	SS-130 09	95.5	98	20.7	0.97	135.3180	4.9440	0.0370	0.0095	48.1	3.5
	SS-130 10	257	336	69	0.76	134.4086	4.7874	0.0540	0.0080	47.4	3.4
	SS-130 11	71.4	36.2	10.4	1.97	131.2336	3.1861	0.0510	0.0065	48.7	2.4
	SS-130 12	278.3	261.2	58.6	1.07	140.6470	3.3629	0.0416	0.0047	46.0	2.2
	SS-130 13	566	839	221	0.67	141.6431	3.5110	0.0590	0.0100	44.7	2.2
	SS-130 14	162.8	140.4	32.8	1.16	126.9036	4.2677	0.0560	0.0100	50.0	3.4
	SS-130 15	137.8	114.3	43.7	1.21	130.5483	3.3234	0.0424	0.0035	49.5	2.5

Ek 1'in devamı

Örnek Numarası/ Koordinat	Nokta No	U	Th	Pb	U/Th	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	Yaş (²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U)	1σ
KDD-7 430m 37S 467090.43 D 4355962.65 K	KK-1 01	217	108	1.87	2.01	134.590	2.17372	0.0424	0.0031	47.7	0.8
	KK-1 02	145	61	1.24	2.40	131.579	2.59695	0.0437	0.0034	48.8	1.0
	KK-1 03	260	133	2.27	1.96	132.979	1.94517	0.0446	0.0027	48.3	0.7
	KK-1 04	183	85	1.55	2.16	133.869	2.32971	0.0450	0.0034	48.0	0.8
	KK-1 05	243	115	2.09	2.11	132.100	1.91956	0.0459	0.0028	48.6	0.7
	KK-1 06	206	91	1.76	2.26	132.979	2.12200	0.0473	0.0032	48.3	0.8
	KK-1 07	268	174	2.46	1.54	135.501	2.20327	0.0475	0.0033	47.4	0.7
	KK-1 08	271	139	2.36	1.95	131.926	1.74045	0.0478	0.0023	48.7	0.6
	KK-1 09	145	67	1.23	2.17	135.135	2.37310	0.0482	0.0045	47.5	0.9
	KK-1 10	226	108	1.94	2.09	135.135	2.00877	0.0484	0.0035	47.5	0.7
	KK-1 11	257	151	2.35	1.70	129.870	2.19261	0.0486	0.0026	49.4	0.8
	KK-1 12	181	81	1.56	2.22	132.450	2.28060	0.0491	0.0045	48.5	0.8
	KK-1 13	274	150	2.39	1.83	134.590	1.99258	0.0507	0.0025	47.7	0.7
	KK-1 14	217	111	1.90	1.95	135.870	2.21527	0.0508	0.0029	47.3	0.7
	KK-1 15	267	135	2.30	1.98	132.802	1.94001	0.0510	0.0027	48.3	0.7
	KK-1 16	176	75	1.50	2.35	133.156	2.48227	0.0525	0.0034	48.2	0.9

Ek 1'in devamı

Örnek Numarası/ Koordinat	Nokta No	U	Th	Pb	U/Th	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	Yaş (²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U)	1σ
KDD-11 90m 37S 466730.62 D 4356120.85 K	KDD-11 01	223	102	1.96	2.18	131.2336	2.0667	0.0472	0.0037	49.0	0.8
	KDD-11 02	215	102	1.88	2.10	132.8021	2.1164	0.0423	0.0024	48.4	0.7
	KDD-11 03	248	114	2.18	2.18	129.7017	1.8505	0.0490	0.0030	49.5	0.7
	KDD-11 04	155	68	1.38	2.30	131.4060	2.4175	0.0513	0.0037	48.9	0.9
	KDD-11 05	97	37	0.84	2.62	134.7709	3.2694	0.0517	0.0045	48.0	1.0
	KDD-11 06	229	104	2.01	2.20	131.7523	2.0830	0.0447	0.0028	48.7	0.7
	KDD-11 07	162	77	1.39	2.11	130.8901	2.2272	0.0475	0.0038	49.1	0.9
	KDD-11 08	293	212	2.72	1.38	131.2336	2.0667	0.0486	0.0027	48.9	0.8
	KDD-11 09	124	58	1.09	2.14	129.8701	2.5299	0.0520	0.0037	49.4	0.9
	KDD-11 10	260	132	2.31	1.97	132.1004	1.9196	0.0527	0.0030	48.6	0.7
	KDD-11 11	219	98	1.88	2.23	132.1004	2.4431	0.0480	0.0030	48.6	0.9
	KDD-11 12	173	87	1.52	2.00	131.2336	2.2389	0.0443	0.0030	48.9	0.8
	KDD-11 13	236	106	2.07	2.23	130.8901	2.0559	0.0462	0.0029	49.1	0.7
	KDD-11 14	230	98	1.99	2.34	130.5483	2.0451	0.0488	0.0029	49.2	0.8
	KDD-11 15	138	58	1.21	2.36	130.5483	2.7269	0.0529	0.0040	49.0	1.0
	KDD-11 16	197	127	1.79	1.55	132.6260	2.2867	0.0445	0.0035	48.4	0.8
	KDD-11 17	197	127	1.79	1.55	132.6260	2.2867	0.0445	0.0035	48.4	0.8

Ek 1'in devamı

Örnek Numarası/ Koordinat	Nokta No	U	Th	Pb	U/Th	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ	Yaş ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$)	1 σ
SS-313 37S 467465.00.00 D 4356973.00 K	SS-313 01	300	150	2.59	2.00	134.2282	1.6215	0.0431	0.0022	47.9	0.6
	SS-313 02	206	105	1.79	1.96	130.0390	2.3674	0.0442	0.0028	49.4	0.9
	SS-313 03	151	63	1.30	2.40	134.4086	2.5292	0.0454	0.0033	47.8	0.9
	SS-313 04	245	138	2.20	1.77	129.5337	1.8457	0.0453	0.0023	49.6	0.7
	SS-313 05	138	62	1.23	2.24	131.0616	2.5766	0.0469	0.0036	49.0	1.0
	SS-313 06	250	125	2.14	1.99	136.4256	2.2334	0.0476	0.0030	47.1	0.8
	SS-313 07	178	85	1.58	2.09	133.1558	1.9504	0.0468	0.0032	48.2	0.7
	SS-313 08	263	127	2.31	2.06	130.3781	2.0398	0.0499	0.0025	49.3	0.8
	SS-313 09	112	55	1.00	2.03	134.5895	2.8983	0.0515	0.0046	48.0	1.0
	SS-313 10	238	134	2.11	1.78	131.5789	2.0776	0.0502	0.0029	48.8	0.8
	SS-313 11	186	122	1.68	1.52	134.2282	2.1621	0.0501	0.0034	47.8	0.8
	SS-313 12	175	82	1.53	2.14	132.2751	2.4495	0.0501	0.0036	48.6	0.9
	SS-313 13	244	185	2.23	1.32	134.7709	2.1796	0.0514	0.0030	47.7	0.8
	SS-313 14	262	128	2.24	2.06	134.9528	2.5497	0.0511	0.0025	47.6	0.9

Ek 1'in devamı

Örnek Numarası/ Koordinat	Nokta No	U	Th	Pb	U/Th	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	Yaş (²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U)	1σ
KK-2 37S 465684.00 D4354108.00 K	KK-2 01	242	176	7.3	2.29	139.6648	5.7543	0.0540	0.0090	46.0	1.9
	KK-2 02	936	828	44.2	1.79	136.4256	2.7918	0.0469	0.0043	47.1	1.0
	KK-2 03	667	487	25.4	2.16	137.5516	3.5003	0.0550	0.0055	46.7	1.15
	KK-2 04	800	990	43.7	1.29	138.6963	2.9817	0.0454	0.0048	46.3	1.0
	KK-2 05	803	802	42.1	1.55	139.4700	2.9178	0.0525	0.0045	46.1	0.95
	KK-2 06	1053	1217	65.6	1.34	137.3626	2.3586	0.0551	0.0044	46.8	0.80
	KK-2 07	636	572	29.4	1.77	136.0544	3.9798	0.0467	0.0049	47.2	1.35
	KK-2 08	319	166	7.7	3.06	133.5113	4.7237	0.0450	0.0075	48.1	1.70
	KK-2 09	1128	1529	70.2	1.16	139.0821	2.5147	0.0507	0.0037	46.2	0.80
	KK-2 10	505	536	22.2	1.66	130.8901	3.6834	0.0490	0.0060	49.1	1.35
	KK-2 11	637	465	20.6	2.17	138.6963	2.8855	0.0480	0.0050	46.3	0.95
	KK-2 12	743	554	27.9	2.18	139.0821	2.9983	0.0406	0.0049	46.2	1.0
	KK-2 13	759	830	36.7	1.53	137.1742	2.6343	0.0480	0.0039	46.8	0.9

Ek 1'in devamı

Örnek Numarası/ Koordinat	Nokta No	U	Th	Pb	U/Th	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	Yaş (²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U)	1σ
KDD-1A 440m 37S 466938.77 D 4356096.87 K	KDD 1A-44 01	237.7	174	3.82	1.37	132.9787	5.3934	0.051	0.0095	48.05	1.95
	KDD 1A-44 02	196.3	106.6	2.52	1.84	130.2083	5.2558	0.043	0.0095	49.57	1.98
	KDD 1A-44 03	198.1	108.4	2.67	1.83	141.2429	6.7829	0.045	0.0095	45.59	2.18
	KDD 1A-44 04	257.1	163.4	3.7	1.57	134.4086	5.6907	0.064	0.0100	46.76	2.02
	KDD 1A-44 05	221	133.2	3.78	1.66	137.9310	7.3247	0.056	0.0095	46.04	2.46
	KDD 1A-44 06	218.4	139.4	2.98	1.57	137.1742	5.6451	0.035	0.0085	47.53	1.92
	KDD 1A-44 07	165	79.7	1.87	2.07	139.6648	7.3149	0.032	0.0080	46.86	2.40
	KDD 1A-44 08	335	183	4.24	1.83	136.4256	4.4669	0.037	0.0065	47.67	1.54
	KDD 1A-44 09	360.3	224.7	5.19	1.60	145.7726	5.3124	0.040	0.0070	44.45	1.60
	KDD 1A-44 10	199	99.2	2.21	2.01	130.2083	4.7472	0.052	0.0100	49.01	1.79
	KDD 1A-44 11	296	171.8	3.95	1.72	139.6648	5.5593	0.060	0.0095	45.23	1.82
	KDD 1A-44 12	1810	2389	54.1	0.76	136.4256	3.4432	0.047	0.0040	47.07	1.18
	KDD 1A-44 13	142.9	69.6	1.75	2.05	141.2429	6.6831	0.027	0.0095	46.62	2.14
	KDD 1A-44 14	228	136	3.83	1.68	142.0455	5.7504	0.044	0.0085	45.39	1.82
	KDD 1A-44 15	361	204	3.82	1.77	131.7523	4.3397	0.056	0.0080	48.19	1.60
	KDD 1A-44 16	503	604	14.4	0.83	139.4700	4.0849	0.058	0.0085	45.41	1.34
	KDD 1A-44 17	254	177	3.39	1.44	141.8440	6.3378	0.036	0.0070	45.91	2.02

Ek 1'in devamı

Örnek Numarası/ Koordinat	Nokta No	U	Th	Pb	U/Th	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	Yaş (²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U)	1σ
SS-195 37S 465684.00 D4354108.00 K	SS-195 01	74	46	1.52	1.60	286.533	14.7782	0.0674	0.0120	26.0	2.0
	SS-195 02	57	29	0.22	1.97	275.482	14.4192	0.0629	0.0118	23.0	1.0
	SS-195 03	71	54	0.34	1.31	282.486	11.9697	0.0618	0.0108	22.8	1.0
	SS-195 04	62	34	0.25	1.82	285.714	11.4286	0.0666	0.0098	22.5	0.9
	SS-195 05	56	29	0.23	1.91	288.184	8.30503	0.0472	0.0059	24.0	1.0
	SS-195 06	78	62	0.34	1.26	289.855	9.24176	0.0491	0.0061	22.3	0.7
	SS-195 07	64	46	0.28	1.39	290.698	11.8307	0.0461	0.0051	21.0	1.0
	SS-195 08	54	33	0.24	1.66	294.118	14.7059	0.0647	0.0125	24.0	1.0
	SS-195 09	65	46	0.29	1.42	303.030	15.6107	0.0602	0.0107	21.0	1.0
	SS-195 10	102	83	0.43	1.23	303.030	14.6924	0.0653	0.0116	22.2	0.7
	SS-195 11	110	81	0.47	1.35	286.533	14.7782	0.0674	0.0120	26.0	2.0
	SS-195 12	352	122	35,71	2,89	11.094	0.07015	0.0586	0.0012	556.0	3.0

Ek 1'in devamı

Örnek Numarası/ Koordinat	Nokta No	U	Th	Pb	U/Th	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	Yaş (²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U)	1σ
KMT-1 37S 465684.00 D 4354108.00 K	KMT-1 01	306	23	6	1.36	133.1558	2.4823	0.0461	0.0028	48.2	0.9
	KMT-1 02	79	196	15	1.19	7.7857	0.0891	0.0681	0.0013	779.0	8.0
	KMT-1 03	366	151	5	1.53	131.9261	1.2183	0.0461	0.0019	48.7	0.5
	KMT-1 04	103	100	64	0.76	3.1176	0.0271	0.1140	0.0013	1793.0	14.0
	KMT-1 05	130	65	81	2.32	2.1342	0.0173	0.1735	0.0016	2477.0	17.0
	KMT-1 06	89	127	11	1.69	11.2133	0.1169	0.0594	0.0025	551.0	6.0
	KMT-1 07	323	940	4	1.21	121.0654	1.4657	0.0511	0.0022	53.0	0.6
	KMT-1 08	353	123	125	1.36	4.5135	0.0513	0.1038	0.0018	1290.0	13.0
	KMT-1 09	161	171	74	1.64	3.1073	0.0418	0.1164	0.0034	1799.0	21.0
	KMT-1 10	2773	41	54	1.21	78.1861	0.6113	0.0490	0.0007	81.9	0.6
	KMT-1 11	437	152	6	0.97	128.5347	1.6521	0.0461	0.0022	50.0	0.6
	KMT-1 12	1488	100	29	1.44	75.7576	0.6313	0.0461	0.0015	84.5	0.7
	KMT-1 13	323	99	4	1.27	129.8701	1.6866	0.0552	0.0021	49.4	0.6
	KMT-1 14	218	157	40	1.40	8.8082	0.1909	0.0485	0.0152	693.0	14.0
	KMT-1 15	110	93	14	0.85	14.5964	0.1854	0.0642	0.0016	427.0	5.0
	KMT-1 16	395	120	4	1.95	125.3133	1.4133	0.0498	0.0018	51.2	0.6
	KMT-1 17	255	201	3	1.70	123.4568	2.1338	0.0527	0.0023	52.0	0.9
	KMT-1 18	258	125	4	1.44	125.0000	2.1875	0.0513	0.0069	51.4	0.9
	KMT-1 19	412	275	4	1.61	134.4086	1.6259	0.0523	0.0033	47.8	0.6
	KMT-1 20	217	173	2	1.87	129.3661	1.8409	0.0461	0.0053	49.6	0.7
	KMT-1 21	411	173	25	2.18	19.8334	0.1731	0.0540	0.0009	317.0	3.0
	KMT-1 22	629	94	69	4.96	8.9198	0.1249	0.0645	0.0017	685.0	9.0
	KMT-1 24	210	169	58	34.46	3.3291	0.0352	0.1159	0.0011	1693.0	16.0
	KMT-1 25	274	62	3	1.65	129.3661	1.6736	0.0531	0.0023	49.6	0.7
	KMT-1 26	278	382	43	1.45	8.7481	0.0811	0.0636	0.0008	698.0	6.0
	KMT-1 27	298	77	3	1.48	127.7139	1.9573	0.0499	0.0045	50.3	0.8
	KMT-1 28	372	60	5	1.43	108.9325	1.4240	0.0524	0.0044	58.9	0.8
	KMT-1 29	323	175	4	1.80	121.8027	2.0770	0.0504	0.0041	52.7	0.9
	KMT-1 30	409	118	5	1.89	123.0012	2.1181	0.0570	0.0026	52.2	0.9

Ek-2 Karakartal Maden Sahasına Ait Ar-Ar Jeokronolojisi Sonuçları

Örnek: KDD 21-86m Biyotit															
Basamak	³⁶ Ar	%1s	³⁷ Ar	%1s	³⁸ Ar	%1s	³⁹ Ar	%1s	⁴⁰ Ar	%1s	40(r)/39(k) ± 2s	Yaş ± 2s (My)	40Ar(r) (%)	39Ar(k) (%)	
3M31289D 64 °C	0.00007	15.174	-0.00043	167.924	0.00001	67.681	0.00005	21.924	0.01904	0.455	14.92057 118.23	17.92 ± 142.72	3.98	0.02	
3M31290D 66 °C	0.00018	7.718	0.00008	923.576	0.00005	12.492	0.00072	2.158	0.06216	0.364	10.31877 11.73	12.29 ± 13.92	11.98	0.24	
3M31291D 67 °C	0.00021	6.140	-0.00074	113.108	0.00005	10.690	0.00080	1.802	0.06823	0.177	7.23751 9.62	8.63 ± 11.45	8.46	0.27	
3M31293D 68 °C	0.00036	5.121	-0.00022	305.720	0.00009	8.171	0.00072	2.096	0.13163	0.285	34.23068 15.19	40.46 ± 17.76	18.85	0.24	
3M31294D 69 °C	0.00049	3.671	-0.00010	639.208	0.00010	5.710	0.00075	2.443	0.17124	0.183	34.86042 14.40	41.19 ± 16.82	15.21	0.25	
3M31295D 69 °C	0.00143	1.688	0.00021	357.797	0.00029	2.988	0.00170	1.194	0.48867	0.155	37.24811 8.58	43.98 ± 10.01	12.93	0.57	
3M31296D 70 °C	0.00077	2.451	-0.00062	104.840	0.00017	5.027	0.00171	0.994	0.29742	0.119	39.85996 6.63	47.02 ± 7.72	22.94	0.57	
3M31298D 70 °C	0.00140	2.093	0.00026	268.082	0.00033	3.417	0.00414	0.845	0.55612	0.160	33.27611 4.30	39.34 ± 5.03	24.75	1.39	
3M31299D 71 °C	0.00094	2.145	-0.00130	61.456	0.00031	4.447	0.00746	0.550	0.58384	0.089	40.58186 1.68	47.86 ± 1.96	51.85	2.50	
3M31300D 71 °C	0.00106	3.003	0.00027	345.398	0.00041	3.732	0.01178	0.399	0.80804	0.076	41.86694 1.65	49.36 ± 1.91	61.02	3.95	
3M31301D 72 °C	0.00037	4.020	-0.00012	525.339	0.00026	4.457	0.01228	0.837	0.62836	0.081	42.15731 1.02	49.70 ± 1.18	82.37	4.12	
3M31303D 72 °C	0.00018	5.913	0.00007	965.299	0.00016	4.279	0.00808	0.502	0.39676	0.060	42.59859 0.88	50.21 ± 1.03	86.75	2.71	
3M31304D 80 °C	0.00020	5.490	-0.00112	69.472	0.00022	5.553	0.01286	0.450	0.60715	0.096	42.65700 0.63	50.28 ± 0.74	90.39	4.32	
3M31305D 82 °C	0.00114	2.341	0.00146	54.898	0.00383	1.019	0.23477	0.344	10.24813	0.040	42.20538 0.30	49.75 ± 0.35	96.69	78.83	
Σ	0.00877	0.844	-0.00232	119.750	0.00629	0.842	0.29781	0.276	15.06679	0.029					
Sonuçlar	40(a)/36(a) ± 2s		40(r)/39(k) ± 2s		Age± 2s (Ma)		MSWD								
Plato Yaşı			42.29524 ± 0.24860 ± 0.59%		49.85713 ± 0.32 ± 0.65%		0.62								
Normal İzokron	298.74 ± 17.38 ± 5.82%		42.27201 ± 0.31717 ± 0.75%		49.83012 ± 0.40 ± 0.80%		0.78								
Ters İzokron	298.65 ± 17.55 ± 5.88%		42.29530 ± 0.31756 ± 0.75%		49.85720 ± 0.40 ± 0.80%		0.83								

EK-2'in devamı

Örnek: KDD 5-222m Biyotit

Basamak	³⁶ Ar	%1s	³⁷ Ar	%1s	³⁸ Ar	%1s	³⁹ Ar	%1s	⁴⁰ Ar	%1s	40(r)/39(k) ± 2s	Yaş ± 2s (My)	40Ar(r) (%)	39Ar(k) (%)
3M31366D 64 °C	0.00004	24.324	-0.00065	99.737	0.00002	34.468	0.00028	3.323	0.02148	2.093	32.50497 21.16	38.44 ± 24.76	43.07	0.13
3M31367D 66 °C	0.00007	12.097	0.00030	259.553	0.00002	22.785	0.00066	1.847	0.04216	1.061	30.79694 8.33	36.44 ± 9.75	47.85	0.30
3M31368D 67 °C	0.00013	9.311	0.00030	246.264	0.00005	12.530	0.00054	3.961	0.06631	0.740	49.76746 14.21	58.52 ± 16.44	40.67	0.25
3M31370D 68 °C	0.00029	5.027	-0.00091	110.218	0.00006	9.059	0.00070	2.518	0.11658	0.433	42.46502 12.80	50.05 ± 14.88	25.40	0.32
3M31371D 69 °C	0.00037	3.399	0.00033	257.561	0.00009	7.616	0.00084	1.663	0.15118	0.321	47.34180 9.27	55.72 ± 10.74	26.23	0.39
3M31372D 69 °C	0.00062	2.286	0.00031	241.534	0.00014	4.271	0.00147	1.706	0.24147	0.203	39.02322 5.93	46.05 ± 6.91	23.74	0.68
3M31373D 70 °C	0.00034	4.055	0.00046	155.398	0.00010	8.788	0.00247	1.607	0.19279	0.263	37.37695 3.53	44.13 ± 4.12	47.91	1.14
3M31375D 70 °C	0.00018	5.940	-0.00137	59.785	0.00011	8.974	0.00469	1.764	0.24481	0.268	40.56536 2.01	47.84 ± 2.34	77.70	2.16
3M31376D 71 °C	0.00014	7.090	0.00051	162.862	0.00013	7.746	0.00758	0.533	0.35748	0.157	41.65645 0.91	49.11 ± 1.06	88.37	3.50
3M31377D 71 °C	0.00009	12.924	-0.00027	265.414	0.00016	5.667	0.00882	1.045	0.39805	0.121	41.89528 1.21	49.39 ± 1.41	92.87	4.07
3M31378D 72 °C	0.00010	11.850	0.00127	71.254	0.00014	6.676	0.00772	0.690	0.35323	0.201	42.09078 1.06	49.62 ± 1.24	91.99	3.56
3M31380D 72 °C	0.00009	11.795	-0.00036	189.259	0.00016	6.339	0.00829	0.468	0.38238	0.146	42.95615 0.85	50.63 ± 0.99	93.17	3.82
3M31381D 80 °C	0.00020	5.437	-0.00087	92.381	0.00051	3.797	0.03016	0.533	1.33605	0.063	42.31046 0.50	49.87 ± 0.58	95.52	13.90
3M31382D 82 °C	0.00063	3.743	0.00079	95.441	0.00232	1.333	0.14272	0.362	6.15451	0.116	41.80898 0.33	49.29 ± 0.39	96.95	65.79
Σ	0.00329	1.475	-0.00017	1745.159	0.00400	1.140	0.21695	0.260	10.05848	0.074				
Sonuçlar	40(a)/36(a) ± 2s		40(r)/39(k) ± 2s		Yaş ± 2s (My)		MSWD							
Plato Yaşı			42.00337 ± 0.31807 ± 0.76%		49.52 ± 0.40 ± 0.80%		1.75							
Normal İzokron	286.83 ± 55.25 ± 19.26%		42.03056 ± 0.52136 ± 1.24%		49.55 ± 0.62 ± 1.26%		1.68							
Ters İzokron	293.43 ± 63.61 ± 21.68%		42.04851 ± 0.59129 ± 1.41%		49.57 ± 0.70 ± 1.42%		2.09							

EK-2'in devamı

Örnek: KDD-21 86m K-feldspat

Basamak	³⁶ Ar	%1s	³⁷ Ar	%1s	³⁸ Ar	%1s	³⁹ Ar	%1s	⁴⁰ Ar	%1s	40(r)/39(k) ± 2s	Yaş ± 2s (My)	40Ar(r) (%)	39Ar(k) (%)
3M31330D 64 °C	0.01093	1.439	0.002	38.221	0.0022	1.080	0.003	1.500	3.38	0.025	40.05 30.95	47.24 ± 36.03	3.60	1.44
3M31331D 66 °C	0.00446	1.704	0.001	70.641	0.0010	2.253	0.005	1.004	1.55	0.040	41.35 8.66	48.76 ± 10.08	14.07	2.50
3M31332D 68 °C	0.00232	1.841	0.003	20.375	0.0005	2.379	0.009	0.653	1.04	0.052	40.55 3.04	47.83 ± 3.54	33.33	4.06
3M31334D 70 °C	0.00038	4.099	0.003	22.135	0.0001	8.566	0.004	0.799	0.26	0.105	41.37 2.68	48.78 ± 3.12	56.71	1.69
3M31335D 71 °C	0.00204	2.016	0.002	32.125	0.0005	2.884	0.009	0.691	0.98	0.083	40.93 2.78	48.27 ± 3.23	37.87	4.29
3M31336D 72 °C	0.00392	1.831	0.002	40.020	0.0009	2.267	0.016	0.484	1.83	0.073	40.80 2.70	48.12 ± 3.14	35.94	7.63
3M31337D 73 °C	0.00310	1.634	0.001	77.591	0.0008	2.591	0.019	0.548	1.67	0.032	39.39 1.65	46.48 ± 1.93	44.70	9.00
3M31339D 79 °C	0.00143	2.280	0.001	79.466	0.0005	2.372	0.017	0.429	1.11	0.065	39.78 1.19	46.93 ± 1.39	61.42	8.13
3M31340D 80 °C	0.00038	4.699	-0.001	71.238	0.0002	8.140	0.007	1.002	0.38	0.091	39.39 1.76	46.48 ± 2.04	70.28	3.24
3M31341D 80 °C	0.00040	3.384	-0.001	86.829	0.0002	7.144	0.008	0.520	0.45	0.100	39.83 1.08	46.99 ± 1.25	73.19	3.88
3M31342D 81 °C	0.00066	3.069	-0.001	49.752	0.0003	4.466	0.011	0.649	0.62	0.044	39.20 1.22	46.25 ± 1.42	68.51	5.18
3M31344D 81 °C	0.00093	3.432	-0.001	45.332	0.0004	2.786	0.014	0.865	0.84	0.108	39.54 1.50	46.65 ± 1.75	67.06	6.76
3M31345D 82 °C	0.00224	1.814	-0.001	44.023	0.0008	2.589	0.031	0.427	1.91	0.096	39.47 0.85	46.57 ± 0.99	64.90	14.87
3M31346D 82 °C	0.00414	1.623	-0.002	25.239	0.0015	1.798	0.058	0.384	3.53	0.031	39.75 0.76	46.90 ± 0.89	64.96	27.32
Σ	0.03732	0.606	0.007	34.635	0.0099	0.666	0.211	0.170	19.55	0.017				
Sonuçlar	40(a)/36(a) ± 2s		40(r)/39(k) ± 2s		Yaş ± 2s (My)		MSWD							
Plato Yaşı			39.69712 ± 0.37818 ± 0.95%		46.83 ± 0.46 ± 0.99%		0.37							
Normal İzokron	301.13 ± 5.36 ± 1.78%		39.46880 ± 0.59131 ± 1.50%		46.57 ± 0.70 ± 1.51%		0.32							
Ters İzokron	301.18 ± 5.37 ± 1.78%		39.47623 ± 0.59226 ± 1.50%		46.58 ± 0.70 ± 1.51%		0.33							

Ek 3. Karakartal Maden Sahasında Feldspat Mineralleri Üzerinde Gerçekleştirilen Mineral Kimyası Analizlerine Ait Sonuçlar

	SS-130	SS-130	SS-130	SS-130	SS-130	SS-130	SS-130
	Merkez	Kenar	Kenar	Kenar	Merkez	Merkez	Kenar
SiO ₂	53.91	56.84	56.12	58.13	55.56	50.44	60.11
TiO ₂	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	28.82	26.79	27.50	26.37	27.95	31.25	24.67
FeO	0.22	0.13	0.16	0.18	0.22	0.47	0.49
MgO	0.02	0.00	0.03	0.00	0.02	0.02	0.03
CaO	11.58	9.24	10.11	8.48	10.36	14.48	6.74
Na ₂ O	4.55	5.84	5.40	6.21	5.14	3.06	6.83
K ₂ O	0.25	0.44	0.27	0.54	0.32	0.15	0.83
Toplam	99.36	99.28	99.59	99.91	99.57	99.87	99.72
Si	2.45	2.57	2.53	2.61	2.51	2.30	2.69
Al	1.54	1.43	1.46	1.39	1.49	1.68	1.30
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.56	0.45	0.49	0.41	0.50	0.71	0.32
Na	0.40	0.51	0.47	0.54	0.45	0.27	0.59
K	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	0.05
Toplam	4.98	4.99	4.98	4.98	4.98	4.99	4.98
Or	1.48	2.56	1.56	3.18	1.89	0.89	4.93
Ab	40.93	51.99	48.39	55.18	46.45	27.39	61.53
An	57.59	45.44	50.04	41.64	51.66	71.72	33.54

	KDD-1A	KDD-1A	KDD-1A	KDD-1A	KDD-1A	KDD-1A	KDD-1A
	430m	430m	430m	430m	430m	430m	430m
	Merkez	Kenar	Kenar	Kenar	Kenar	Merkez	Kenar
SiO ₂	54.55	55.41	55.97	56.50	57.61	53.77	58.05
TiO ₂	0.01	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Al ₂ O ₃	28.90	27.94	27.65	27.38	27.06	29.30	26.59
FeO	0.20	0.19	0.21	0.20	0.22	0.27	0.22
MgO	0.01	0.00	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
CaO	11.32	10.25	9.93	9.46	9.03	11.82	8.43
Na ₂ O	5.07	5.63	5.66	5.83	6.17	4.69	6.51
K ₂ O	0.27	0.29	0.33	0.32	0.41	0.23	0.34
Toplam	100.32	99.74	99.77	99.71	100.51	100.09	100.15
Si	2.46	2.50	2.52	2.54	2.57	2.43	2.60
Al	1.53	1.49	1.47	1.45	1.42	1.56	1.40
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.55	0.50	0.48	0.46	0.43	0.57	0.40
Na	0.44	0.49	0.49	0.51	0.53	0.41	0.56
K	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02
Toplam	5.00	5.01	5.00	4.99	4.99	5.00	4.99
Or	1.53	1.65	1.90	1.85	2.36	1.33	1.94
Ab	44.10	49.03	49.82	51.74	53.97	41.24	57.18
An	54.37	49.31	48.28	46.42	43.67	57.44	40.89

Ek 3'ün devamı

	KDD-1A 430m	KDD-1A 430m	KDD-1A 430m	KDD-1A 430m	KDD-1A 430m	KDD-1A 430m	KDD-1A 430m
	Kenar	Merkez	Kenar	Kenar	Kenar	Kenar	Merkez
SiO ₂	55.01	54.80	56.57	56.67	55.27	55.63	64.37
TiO ₂	0.00	0.01	0.03	0.03	0.02	0.00	0.02
Al ₂ O ₃	27.94	28.35	27.93	27.58	27.57	27.02	18.72
FeO	0.14	0.19	0.20	0.18	0.18	0.22	0.11
MgO	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
CaO	10.33	10.63	9.82	9.35	9.84	9.23	0.14
Na ₂ O	5.35	5.32	5.81	5.95	5.80	5.97	2.63
K ₂ O	0.29	0.24	0.30	0.34	0.33	0.32	12.62
Toplam	99.06	99.55	100.66	100.10	99.02	98.40	98.62
Si	2.50	2.48	2.53	2.54	2.51	2.54	2.98
Al	1.50	1.51	1.47	1.46	1.48	1.45	1.02
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.50	0.52	0.47	0.45	0.48	0.45	0.01
Na	0.47	0.47	0.50	0.52	0.51	0.53	0.24
K	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.75
Toplam	4.99	5.00	5.00	5.00	5.01	5.01	5.00
Or	1.72	1.39	1.74	1.98	1.88	1.84	75.40
Ab	47.54	46.85	50.80	52.45	50.65	52.96	23.90
An	50.74	51.75	47.45	45.56	47.46	45.20	0.70

	KDD-1A 430m	KDD-1A 430m	KDD-1A 430m	KDD-8 320m	KDD-8 320m	KDD-8 320m	KDD-8 320m
	Merkez	Merkez	Merkez	Merkez	Kenar	Merkez	Kenar
SiO ₂	63.11	64.05	64.69	55.34	55.82	55.03	55.05
TiO ₂	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00
Al ₂ O ₃	18.42	18.29	18.60	27.25	27.26	27.94	27.76
FeO	0.17	0.09	0.14	0.16	0.20	0.11	0.19
MgO	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02
CaO	0.11	0.12	0.13	9.61	9.59	10.44	10.09
Na ₂ O	2.46	2.11	3.01	5.98	5.98	5.55	5.51
K ₂ O	12.94	13.45	12.12	0.32	0.32	0.30	0.29
Toplam	97.22	98.12	98.72	98.68	99.18	99.39	98.91
Si	2.97	2.99	2.99	2.53	2.53	2.50	2.51
Al	1.02	1.01	1.01	1.47	1.46	1.49	1.49
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.01	0.01	0.01	0.47	0.47	0.51	0.49
Na	0.22	0.19	0.27	0.53	0.53	0.49	0.49
K	0.78	0.80	0.71	0.02	0.02	0.02	0.02
Toplam	5.02	5.00	5.00	5.02	5.01	5.01	5.00
Or	77.18	80.25	72.13	1.80	1.82	1.71	1.69
Ab	22.29	19.15	27.22	52.00	52.07	48.20	48.84
An	0.53	0.60	0.65	46.20	46.11	50.09	49.47

Ek 4. Karakartal Maden Sahasında Biyotit Mineralleri Üzerinde Gerçekleştirilen Mineral Kimyası Analiz Sonuçları

Örnek No	KK-2		KDD-1A 268m					
Biyotit türü	M-Bt		M-Bt			AD i-Bt		
SiO ₂	37.60	37.02	36.80	36.77	37.05	37.59	37.43	37.26
TiO ₂	3.66	3.55	3.61	3.62	3.63	3.68	3.60	3.50
Al ₂ O ₃	14.54	14.97	14.47	14.64	14.59	14.85	14.92	14.78
FeO	14.28	14.21	14.19	14.26	13.74	12.33	12.44	11.50
MnO	0.23	0.22	0.17	0.15	0.15	0.07	0.13	0.13
MgO	15.60	15.14	15.56	15.49	15.60	16.67	16.48	17.23
CaO	0.07	0.05	0.10	0.07	0.09	0.03	0.06	0.06
Na ₂ O	0.69	0.62	0.78	0.71	0.75	0.86	0.82	0.83
K ₂ O	8.27	8.21	7.88	7.97	8.04	7.89	7.71	7.71
BaO	0.68	0.58	0.49	0.52	0.57	0.58	0.65	0.61
F	-	-	0.17	0.25	0.26	0.20	0.16	0.23
Cl	0.06	0.07	0.07	0.09	0.09	0.07	0.10	0.06
	95.66	94.65	94.28	94.54	94.56	94.83	94.50	93.88
Si	2.79	2.78	2.77	2.77	2.78	2.79	2.79	2.78
Al ^(IV)	1.21	1.22	1.23	1.23	1.22	1.21	1.22	1.22
Al ^(VI)	0.07	0.10	0.06	0.07	0.08	0.09	0.09	0.08
Ti	0.21	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20
Fe ³⁺	0.31	0.30	0.37	0.38	0.32	0.33	0.33	0.36
Fe ²⁺	0.58	0.59	0.52	0.52	0.54	0.44	0.45	0.36
Fe ³⁺ (M)	0.31	0.30	0.37	0.38	0.32	0.33	0.33	0.36
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Mg	1.73	1.69	1.75	1.74	1.75	1.84	1.83	1.92
Ca	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Na	0.10	0.09	0.11	0.10	0.11	0.12	0.12	0.12
K	0.78	0.79	0.76	0.77	0.77	0.75	0.73	0.73
Ba	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
OH	1.99	1.99	1.95	1.93	1.93	1.94	1.95	1.94
F	-	-	0.04	0.06	0.06	0.05	0.04	0.05
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Toplam	98.87	97.68	97.18	97.39	97.49	97.95	97.57	96.90
Mg#	0.66	0.66	0.66	0.66	0.67	0.71	0.70	0.73
Mika	I:Mg-Fe Mg-	I:Mg-Fe Mg-	I:Mg-Fe Mg-	I:Mg-Fe Mg-	I:Mg-Fe Mg-	I:Mg-Fe Mg-	I:Mg-Fe Mg-	I:Mg-Fe Mg-
MicaN	Ferroan	Ferroan	Ferroan	Ferroan	Ferroan	Ferroan	Ferroan	Ferroan
Sıcaklık	402.51	394.34	412.97	409.43	414.03	447.83	441.90	478.99

Ek 4'ün devamı

Örnek No	KDD-1A 268m							
Biyotit türü	AD İ-Bt							
SiO ₂	37.73	37.91	37.61	37.44	37.20	37.77	37.76	37.86
TiO ₂	3.48	3.53	3.52	3.60	3.59	3.27	3.25	3.35
Al ₂ O ₃	14.92	14.92	15.08	14.84	15.09	14.73	14.47	14.84
FeO	11.88	11.87	11.71	11.84	12.50	12.93	13.33	12.82
MnO	0.13	0.13	0.13	0.13	0.10	0.14	0.15	0.14
MgO	17.23	17.22	17.31	17.12	16.43	16.44	16.32	16.51
CaO	0.02	0.05	0.04	0.03	0.05	0.04	0.04	0.03
Na ₂ O	0.82	0.88	0.81	0.86	0.87	0.80	0.76	0.82
K ₂ O	7.78	7.77	7.75	7.81	7.74	7.77	7.74	7.73
BaO	0.47	0.56	0.56	0.52	0.59	0.45	0.35	0.54
F	0.17	0.17	0.19	0.15	0.21	0.19	0.15	0.17
Cl	0.07	0.09	0.06	0.07	0.09	0.05	0.06	0.05
	94.70	95.09	94.75	94.41	94.44	94.58	94.38	94.85
Si	2.79	2.79	2.78	2.78	2.77	2.81	2.82	2.81
Al ^(IV)	1.21	1.21	1.22	1.22	1.23	1.19	1.18	1.19
Al ^(VI)	0.09	0.09	0.09	0.08	0.10	0.10	0.09	0.10
Ti	0.19	0.20	0.20	0.20	0.20	0.18	0.18	0.19
Fe ³⁺	0.36	0.33	0.37	0.36	0.34	0.31	0.33	0.31
Fe ²⁺	0.38	0.40	0.36	0.37	0.44	0.50	0.50	0.49
Fe ³⁺ (M)	0.36	0.33	0.37	0.36	0.34	0.31	0.33	0.31
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	1.90	1.89	1.91	1.89	1.83	1.82	1.82	1.82
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.12	0.13	0.12	0.12	0.13	0.12	0.11	0.12
K	0.73	0.73	0.73	0.74	0.74	0.74	0.74	0.73
Ba	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
OH	1.95	1.95	1.95	1.96	1.94	1.95	1.96	1.95
F	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Toplam	97.87	98.30	97.88	97.50	97.43	97.76	97.57	98.07
Mg#	0.72	0.72	0.73	0.72	0.70	0.69	0.69	0.70
Mika	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan
Sıcaklık	464.62	462.11	469.00	467.45	442.25	433.17	428.25	433.87

Ek 4'ün devamı

Örnek No	KDD 1A 430 m					KDD-1A 440m		
Biyotit türü	M-Bt					M-Bt		
SiO ₂	36.85	36.43	36.64	36.71	36.27	37.27	37.26	37.35
TiO ₂	4.14	4.17	4.16	4.08	4.58	4.57	4.55	4.35
Al ₂ O ₃	14.56	14.48	14.52	14.43	14.16	13.38	13.45	13.29
FeO	13.67	13.95	13.81	14.21	14.65	14.16	14.05	13.87
MnO	0.33	0.33	0.36	0.31	0.32	0.34	0.38	0.36
MgO	15.19	14.98	15.01	15.10	14.84	15.32	15.10	15.72
CaO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04	0.05	0.02
Na ₂ O	0.41	0.43	0.41	0.30	0.24	0.17	0.17	0.19
K ₂ O	8.82	8.78	8.76	9.06	9.01	9.12	9.07	9.10
BaO	0.65	0.67	0.72	0.67	0.68	0.69	0.63	0.70
F	0.17	0.11	0.16	0.25	0.16	0.00	0.00	0.00
Cl	0.13	0.14	0.12	0.15	0.17	0.24	0.21	0.17
	94.92	94.48	94.68	95.26	95.12	95.30	94.91	95.12
Si	2.77	2.76	2.77	2.77	2.74	2.80	2.81	2.81
Al ^(IV)	1.23	1.24	1.23	1.24	1.26	1.19	1.19	1.18
Al ^(VI)	0.06	0.05	0.06	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00
Ti	0.23	0.24	0.24	0.23	0.26	0.26	0.26	0.25
Fe ³⁺	0.34	0.36	0.35	0.35	0.45	0.40	0.37	0.39
Fe ²⁺	0.52	0.52	0.53	0.54	0.48	0.49	0.51	0.48
Fe ^{3+(M)}	0.34	0.36	0.35	0.35	0.45	0.38	0.37	0.38
Mn	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Mg	1.70	1.69	1.69	1.70	1.67	1.72	1.70	1.76
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.06	0.06	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
K	0.85	0.85	0.84	0.87	0.87	0.88	0.87	0.87
Ba	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
OH	1.94	1.95	1.95	1.92	1.94	1.97	1.97	1.98
F	0.04	0.03	0.04	0.06	0.04	-	-	-
Cl	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02
Toplam	97.81	97.27	97.52	98.07	97.83	98.32	97.95	98.20
Mg#	0.67	0.66	0.66	0.65	0.64	0.66	0.66	0.67
Mika	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan
Sıcaklık	404.17	402.16	400.57	400.39	396.27	403.63	400.53	416.72

Ek 4'ün devamı

Örnek No	KDD-1A 440m	KDD-5 222m						
Biyotit türü	M-Bt	İ-Bt						
SiO ₂	37.07	38.84	37.88	37.82	38.60	39.02	38.54	38.88
TiO ₂	4.15	3.21	3.65	2.90	2.92	2.77	3.15	2.88
Al ₂ O ₃	13.67	13.36	13.60	14.10	13.74	13.34	13.80	13.74
FeO	13.71	11.21	11.70	11.59	11.22	11.37	11.22	11.84
MnO	0.35	0.06	0.04	0.06	0.04	0.07	0.05	0.05
MgO	15.56	17.78	17.24	17.53	17.90	18.23	17.61	17.53
CaO	0.00	0.02	0.04	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04
Na ₂ O	0.27	0.17	0.20	0.20	0.17	0.20	0.18	0.21
K ₂ O	9.09	8.80	8.86	8.76	8.73	8.36	8.78	8.79
BaO	0.54	0.00	0.06	0.11	0.03	0.02	0.03	0.06
F	0.00	0.61	0.57	0.60	0.62	0.54	0.69	0.59
Cl	0.16	0.15	0.16	0.17	0.16	0.17	0.16	0.19
	94.56	94.20	93.98	93.84	94.13	94.10	94.22	94.80
Si	2.80	2.89	2.84	2.84	2.87	2.90	2.87	2.88
Al ^(IV)	1.20	1.11	1.16	1.16	1.13	1.10	1.13	1.12
Al ^(VI)	0.01	0.06	0.04	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08
Ti	0.24	0.18	0.21	0.16	0.16	0.16	0.18	0.16
Fe ³⁺	0.37	0.28	0.35	0.31	0.28	0.32	0.28	0.24
Fe ²⁺	0.50	0.42	0.38	0.42	0.42	0.39	0.42	0.49
Fe ^{3+(M)}	0.37	0.28	0.35	0.31	0.28	0.32	0.28	0.24
Mn	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	1.75	1.97	1.93	1.96	1.99	2.02	1.96	1.94
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
K	0.88	0.84	0.85	0.84	0.83	0.79	0.84	0.83
Ba	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	1.98	1.84	1.85	1.84	1.83	1.85	1.82	1.84
F	-	0.14	0.13	0.14	0.15	0.13	0.16	0.14
Cl	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Toplam	97.58	97.47	96.99	96.81	97.32	97.44	97.36	98.06
Mg#	0.67	0.74	0.72	0.73	0.74	0.74	0.74	0.73
Mika	l:Mg-Fe Mg- Ferroan	l:Mg-Fe Mg- Ferroan	l:Mg-Fe Mg- Ferroan	l:Mg-Fe Mg- Ferroan	l:Mg-Fe Mg- Ferroan	l:Mg-Fe Mg- Ferroan	l:Mg-Fe Mg- Ferroan	l:Mg-Fe Mg- Ferroan
Sıcaklık	418.54	487.48	478.88	487.09	492.17	496.50	483.08	470.26

Ek 4'ün devamı

Örnek No	KDD-5 222m							
Biyotit türü	İ-Bt							
SiO ₂	38.75	38.63	40.79	39.79	39.96	40.34	40.51	39.20
TiO ₂	3.16	2.75	3.28	3.74	3.11	3.44	3.21	3.70
Al ₂ O ₃	13.78	13.58	13.01	13.32	14.46	12.99	12.39	13.59
FeO	11.44	12.01	11.14	12.15	12.62	11.37	11.27	11.67
MnO	0.06	0.07	0.09	0.03	0.10	0.03	0.05	0.08
MgO	17.62	17.14	18.15	16.87	16.64	17.76	18.65	16.70
CaO	0.03	0.08	0.06	0.01	0.02	0.06	0.13	0.03
Na ₂ O	0.21	0.18	0.15	0.16	0.19	0.19	0.21	0.16
K ₂ O	8.78	8.57	8.59	8.60	8.65	8.25	8.22	8.61
BaO	0.09	0.03	0.07	0.07	0.05	0.04	0.00	0.03
F	0.67	0.53	-	-	-	-	-	-
Cl	0.16	0.20	0.16	0.20	0.22	0.18	0.20	0.20
	94.75	93.74	95.48	94.93	96.02	94.63	94.82	93.97
Si	2.87	2.90	2.96	2.92	2.90	2.95	2.96	2.91
Al ^(IV)	1.13	1.11	1.04	1.08	1.10	1.05	1.04	1.10
Al ^(VI)	0.08	0.09	0.07	0.08	0.14	0.07	0.03	0.09
Ti	0.18	0.16	0.18	0.21	0.17	0.19	0.18	0.21
Fe ³⁺	0.27	0.23	0.21	0.25	0.18	0.25	0.30	0.24
Fe ²⁺	0.44	0.52	0.46	0.50	0.59	0.44	0.39	0.49
Fe ^{3+(M)}	0.27	0.23	0.21	0.25	0.18	0.25	0.30	0.24
Mn	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Mg	1.95	1.91	1.96	1.85	1.80	1.94	2.03	1.85
Ca	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Na	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02
K	0.83	0.82	0.80	0.81	0.80	0.77	0.77	0.81
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	1.82	1.85	1.98	1.98	1.97	1.98	1.98	1.98
F	0.16	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
Toplam	97.97	96.96	99.56	98.70	99.84	98.57	98.80	97.58
Mg#	0.73	0.72	0.74	0.71	0.70	0.74	0.75	0.72
Mika	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan
Sıcaklık	477.43	461.77	468.33	433.54	412.72	460.79	492.61	439.19

Ek 4'ün devamı

Örnek No	KDD 7-430m							
Biyotit türü	AD İbt					Mag		
SiO ₂	36.58	36.29	36.41	36.67	36.43	36.71	37.07	36.89
TiO ₂	4.10	4.10	4.00	4.07	4.11	4.10	4.10	3.97
Al ₂ O ₃	14.42	14.29	14.35	14.39	14.42	14.33	14.45	14.43
FeO	15.38	15.50	15.45	15.35	15.59	13.92	14.08	13.99
MnO	0.29	0.27	0.27	0.31	0.29	0.26	0.25	0.27
MgO	13.98	13.96	13.85	14.10	13.89	15.04	14.98	14.84
CaO	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00
Na ₂ O	0.13	0.17	0.17	0.16	0.18	0.17	0.18	0.19
K ₂ O	9.23	9.25	9.31	9.28	9.30	9.26	9.23	9.36
BaO	0.34	0.54	0.45	0.49	0.53	0.51	0.50	0.40
F	0.26	0.34	0.29	0.30	0.29	0.29	0.38	0.41
Cl	0.17	0.19	0.18	0.17	0.21	0.16	0.16	0.16
	94.90	94.89	94.72	95.31	95.24	94.75	95.39	94.89
Si	2.78	2.77	2.78	2.78	2.77	2.78	2.78	2.79
Al ^(IV)	1.22	1.23	1.22	1.22	1.23	1.22	1.22	1.21
Al ^(VI)	0.07	0.05	0.07	0.06	0.06	0.05	0.06	0.07
Ti	0.23	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Fe ³⁺	0.33	0.34	0.30	0.32	0.33	0.33	0.31	0.28
Fe ²⁺	0.65	0.65	0.68	0.65	0.67	0.55	0.57	0.60
Fe ^{3+(M)}	0.33	0.34	0.30	0.32	0.33	0.33	0.31	0.28
Mn	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Mg	1.58	1.59	1.57	1.59	1.57	1.70	1.68	1.67
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
K	0.89	0.90	0.91	0.90	0.90	0.89	0.88	0.90
Ba	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
OH	1.92	1.90	1.91	1.91	1.90	1.91	1.89	1.88
F	0.06	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.09	0.10
Cl	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
Toplam	97.66	97.52	97.41	98.07	97.92	97.54	98.24	97.68
Mg#	0.62	0.62	0.62	0.62	0.61	0.66	0.66	0.65
Mika	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan
Sıcaklık	363.38	367.13	363.08	366.47	362.03	402.45	393.75	393.49

Ek 4'ün devamı

Örnek No	KDD 7 430m	KDD 7 430m						
Biyotit türü	Mag	BD İ-Bt						
SiO ₂	36.71	36.88	37.00	36.75	37.19	36.47	36.73	36.86
TiO ₂	4.19	3.69	3.62	3.80	4.05	3.86	3.30	3.77
Al ₂ O ₃	14.36	14.67	14.66	14.53	14.60	14.71	14.23	14.41
FeO	14.03	15.20	15.36	14.83	14.28	15.42	14.68	15.17
MnO	0.25	0.28	0.33	0.32	0.28	0.33	0.32	0.30
MgO	14.93	14.22	15.21	14.18	14.41	13.95	14.18	14.27
CaO	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
Na ₂ O	0.17	0.17	0.10	0.14	0.16	0.19	0.12	0.14
K ₂ O	9.29	9.42	9.56	9.58	9.34	9.44	9.38	9.39
BaO	0.49	0.09	0.00	0.07	0.09	0.05	0.07	0.00
F	0.38	0.37	0.43	0.30	0.36	0.28	0.38	0.42
Cl	0.16	0.18	0.19	0.17	0.15	0.17	0.19	0.17
	94.95	95.15	96.48	94.66	94.94	94.88	93.58	94.89
Si	2.77	2.79	2.76	2.79	2.80	2.77	2.82	2.79
Al ^(IV)	1.23	1.21	1.24	1.21	1.20	1.23	1.18	1.21
Al ^(VI)	0.05	0.09	0.05	0.09	0.10	0.08	0.10	0.08
Ti	0.24	0.21	0.20	0.22	0.23	0.22	0.19	0.22
Fe ³⁺	0.33	0.28	0.39	0.26	0.26	0.31	0.21	0.30
Fe ²⁺	0.55	0.69	0.57	0.68	0.64	0.67	0.73	0.66
Fe ^{3+(M)}	0.33	0.28	0.39	0.26	0.26	0.31	0.21	0.30
Mn	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Mg	1.68	1.60	1.69	1.60	1.62	1.58	1.62	1.61
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
K	0.90	0.91	0.91	0.93	0.90	0.91	0.92	0.91
Ba	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	1.89	1.89	1.87	1.91	1.89	1.91	1.75	1.88
F	0.09	0.09	0.10	0.07	0.09	0.07	0.09	0.10
Cl	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.15	0.02
Toplam	97.69	97.94	99.27	97.45	97.84	97.59	96.83	97.66
Mg#	0.66	0.63	0.64	0.63	0.64	0.62	0.63	0.63
Mika	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan
Sıcaklık	398.09	366.99	389.09	370.98	374.37	362.41	375.12	369.66

Ek 4'ün devamı

Örnek No	KDD 7 430m							
Biyotit türü	BD İ-Bt	İ-Bt						
SiO ₂	36.93	37.80	36.93	37.48	37.23	37.31	37.16	37.67
TiO ₂	3.73	3.65	3.82	3.69	3.67	3.60	3.29	3.68
Al ₂ O ₃	14.77	13.63	13.97	13.51	13.97	13.96	14.23	13.64
FeO	15.21	12.91	13.41	13.13	13.40	13.31	12.72	12.92
MnO	0.28	0.08	0.12	0.14	0.10	0.10	0.11	0.11
MgO	14.18	16.20	15.79	16.22	15.92	16.01	16.08	16.08
CaO	0.06	0.04	0.01	0.02	0.08	0.00	0.01	0.01
Na ₂ O	0.18	0.20	0.17	0.17	0.22	0.13	0.16	0.16
K ₂ O	9.35	9.08	9.40	9.32	9.06	9.25	9.20	9.20
BaO	0.00	0.10	0.03	0.04	0.10	0.08	0.13	0.13
F	0.31	0.49	0.36	0.39	0.40	0.53	0.43	0.43
Cl	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.21	0.20	0.20
	95.21	94.37	94.21	94.32	94.37	94.49	93.72	94.22
Si	2.79	2.84	2.79	2.83	2.81	2.81	2.81	2.84
Al ^(IV)	1.22	1.16	1.21	1.17	1.19	1.19	1.19	1.16
Al ^(VI)	0.10	0.05	0.04	0.03	0.05	0.05	0.09	0.05
Ti	0.21	0.21	0.22	0.21	0.21	0.20	0.19	0.21
Fe ³⁺	0.28	0.29	0.34	0.33	0.33	0.33	0.27	0.29
Fe ²⁺	0.68	0.52	0.51	0.50	0.52	0.51	0.54	0.53
Fe ^{3+(M)}	0.28	0.29	0.34	0.33	0.33	0.33	0.27	0.29
Mn	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	1.59	1.82	1.78	1.82	1.79	1.80	1.82	1.81
Ca	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Na	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
K	0.90	0.87	0.91	0.90	0.87	0.89	0.89	0.88
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	1.90	1.86	1.89	1.88	1.88	1.85	1.87	1.87
F	0.08	0.12	0.09	0.09	0.10	0.13	0.10	0.10
Cl	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Toplam	98.03	97.36	97.00	97.26	97.23	97.32	96.56	97.20
Mg#	0.62	0.69	0.68	0.69	0.68	0.68	0.69	0.69
Mika	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan
Sıcaklık	364.45	436.55	429.52	441.01	428.79	431.26	440.46	434.41

Ek 4'ün devamı

Örnek No	KDD 7 430m					KDD 10 10		
Biyotit türü	İ-Bt					BD İ-Bt		
SiO ₂	37.10	37.02	38.08	37.85	37.59	36.69	37.98	37.19
TiO ₂	3.64	3.71	3.67	3.64	3.70	3.05	3.26	3.91
Al ₂ O ₃	13.71	13.91	13.67	13.63	13.72	16.06	15.66	15.16
FeO	12.92	13.44	13.33	12.85	13.43	14.85	13.31	14.46
MnO	0.09	0.12	0.07	0.10	0.01	0.08	0.06	0.07
MgO	16.03	15.95	16.37	16.42	16.00	14.25	14.70	14.36
CaO	0.02	0.04	0.03	0.05	0.04	0.09	0.01	0.05
Na ₂ O	0.19	0.17	0.15	0.18	0.16	0.22	0.22	0.18
K ₂ O	9.19	9.24	9.00	8.99	9.10	9.02	9.13	9.02
BaO	0.03	0.00	0.04	0.01	0.15	0.08	0.00	0.10
F	0.50	0.45	0.42	0.53	0.39	-	-	-
Cl	0.20	0.23	0.21	0.20	0.21	0.26	0.26	0.00
	93.62	94.29	95.02	94.45	94.50	94.64	94.58	94.49
Si	2.82	2.80	2.84	2.84	2.83	2.76	2.83	2.79
Al ^(IV)	1.18	1.20	1.16	1.16	1.17	1.24	1.17	1.21
Al ^(VI)	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.19	0.20	0.13
Ti	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.17	0.18	0.22
Fe ³⁺	0.32	0.35	0.34	0.32	0.32	0.21	0.10	0.27
Fe ²⁺	0.50	0.50	0.49	0.48	0.53	0.73	0.73	0.64
Fe ^{3+(M)}	0.32	0.35	0.34	0.32	0.32	0.21	0.10	0.27
Mn	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
Mg	1.82	1.80	1.82	1.84	1.79	1.60	1.63	1.61
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Na	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03
K	0.89	0.89	0.86	0.86	0.87	0.87	0.87	0.86
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	1.85	1.86	1.88	1.85	1.88	1.97	1.97	0.00
F	0.12	0.11	0.10	0.13	0.09	-	-	-
Cl	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00
Toplam	96.41	97.06	98.12	97.44	97.47	97.50	97.81	95.61
Mg#	0.69	0.68	0.69	0.70	0.68	0.63	0.66	0.64
Mika	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan
Sıcaklık	441.69	432.93	431.76	441.80	428.48	365.08	374.78	368.73

Ek 4'ün devamı

Örnek No	KDD 10 10			KDD 21 86m				
Biyotit türü	BD İ-Bt			İ-Bt				
SiO ₂	36.71	37.99	36.67	39.44	40.01	39.72	39.53	39.22
TiO ₂	2.55	2.69	3.07	3.09	3.18	2.88	3.44	3.46
Al ₂ O ₃	16.43	15.52	15.24	13.28	13.26	13.01	13.60	13.18
FeO	14.53	13.97	13.61	12.24	11.76	11.92	11.84	12.38
MnO	0.08	0.07	0.07	0.12	0.14	0.08	0.08	0.10
MgO	15.00	15.29	14.95	17.44	17.53	17.83	17.19	17.32
CaO	0.06	0.03	0.01	0.09	0.02	0.03	0.02	0.04
Na ₂ O	0.13	0.13	0.13	0.16	0.22	0.19	0.26	0.20
K ₂ O	8.94	9.08	8.82	8.92	8.81	8.88	9.22	9.05
BaO	0.09	0.26	0.11	0.11	0.01	0.05	0.00	0.04
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.28	0.23	0.11	0.21	0.19	0.22	0.21	0.17
	94.80	95.26	92.78	95.09	95.13	94.80	95.38	95.15
Si	2.75	2.82	2.79	2.91	2.93	2.93	2.90	2.89
Al ^(IV)	1.25	1.18	1.21	1.10	1.07	1.07	1.10	1.11
Al ^(VI)	0.20	0.18	0.16	0.06	0.08	0.06	0.07	0.04
Ti	0.14	0.15	0.18	0.17	0.18	0.16	0.19	0.19
Fe ³⁺	0.24	0.15	0.24	0.23	0.20	0.22	0.19	0.28
Fe ²⁺	0.67	0.72	0.62	0.52	0.52	0.51	0.54	0.49
Fe ^{3+(M)}	0.24	0.15	0.24	0.23	0.20	0.22	0.19	0.28
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	1.68	1.69	1.70	1.92	1.91	1.96	1.88	1.90
Ca	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03
K	0.85	0.86	0.86	0.84	0.82	0.84	0.86	0.85
Ba	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	1.96	1.97	1.99	1.97	1.98	1.97	1.97	1.98
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.04	0.03	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02
Toplam	97.64	98.50	95.70	98.76	98.97	98.54	99.08	98.78
Mg#	0.65	0.66	0.66	0.72	0.73	0.73	0.72	0.71
Mika	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan
Sıcaklık	383.94	387.20	397.63	458.16	455.23	471.48	450.31	456.62

Ek 4'ün devamı

Örnek No	KDD 21 86m		KDD 22 398m					23-309
Biyotit türü	İ-Bt		M-Bt					
SiO ₂	41.44	40.16	37.21	37.25	37.50	37.48	37.31	37.23
TiO ₂	3.10	3.23	3.69	3.63	3.22	3.27	3.33	3.46
Al ₂ O ₃	12.37	13.03	14.67	14.61	14.55	14.44	14.65	13.62
FeO	11.22	11.93	14.42	14.14	13.52	14.00	13.78	14.91
MnO	0.12	0.12	0.19	0.19	0.19	0.19	0.02	0.26
MgO	18.32	17.63	15.06	15.20	15.91	16.04	16.11	16.08
CaO	0.09	0.09	0.01	0.00	0.01	0.04	0.05	0.20
Na ₂ O	0.18	0.15	0.66	0.64	0.68	0.62	0.77	0.12
K ₂ O	8.34	8.55	8.33	8.25	8.16	8.17	7.90	7.92
BaO	0.04	0.04	0.56	0.57	0.44	0.46	0.55	0.29
F	0.00	0.00	0.08	0.15	0.20	0.18	0.21	0.00
Cl	0.20	0.18	0.07	0.07	0.06	0.07	0.06	0.28
	95.42	95.10	94.94	94.69	94.42	94.96	94.74	94.35
Si	3.00	2.94	2.79	2.80	2.81	2.80	2.79	2.81
Al ^(IV)	1.00	1.06	1.21	1.20	1.19	1.20	1.21	1.19
Al ^(VI)	0.06	0.06	0.09	0.09	0.10	0.07	0.08	0.02
Ti	0.17	0.18	0.21	0.21	0.18	0.18	0.19	0.20
Fe ³⁺	0.19	0.24	0.33	0.30	0.28	0.34	0.34	0.52
Fe ²⁺	0.49	0.49	0.58	0.59	0.56	0.54	0.52	0.42
Fe ^{3+(M)}	0.19	0.24	0.33	0.30	0.28	0.34	0.34	0.52
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02
Mg	1.98	1.92	1.69	1.70	1.78	1.79	1.80	1.81
Ca	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Na	0.03	0.02	0.10	0.09	0.10	0.09	0.11	0.02
K	0.77	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.75	0.76
Ba	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
OH	1.98	1.98	1.97	1.96	1.95	1.95	1.94	1.97
F	0.00	0.00	0.02	0.03	0.05	0.04	0.05	0.00
Cl	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
Toplam	99.67	98.99	97.50	97.73	97.52	98.05	97.78	97.35
Mg#	0.74	0.73	0.65	0.66	0.68	0.67	0.68	0.66
Mika	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan
Sıcaklık	467.90	455.14	389.60	396.62	419.01	419.37	425.32	419.01

Ek 4'ün devamı

Örnek No	KDD 23 309m					KDD 23 358m		
Biyotit türü	BD i-Bt					i-Bt		
SiO ₂	37.40	37.52	37.21	38.95	37.19	39.42	38.23	39.10
TiO ₂	3.31	3.23	4.10	3.95	3.66	3.17	3.28	2.80
Al ₂ O ₃	13.54	13.70	13.70	12.75	13.39	14.49	14.57	15.04
FeO	14.92	14.91	15.69	15.14	15.73	10.12	10.62	9.70
MnO	0.23	0.22	0.29	0.23	0.29	0.05	0.01	0.05
MgO	15.46	15.80	14.80	15.15	15.19	18.09	17.39	17.67
CaO	0.05	0.15	0.08	0.09	0.08	0.00	0.04	0.01
Na ₂ O	0.07	0.13	0.15	0.09	0.12	0.19	0.23	0.17
K ₂ O	8.47	8.57	8.42	8.61	8.18	9.39	9.25	9.43
BaO	0.33	0.47	0.47	0.38	0.23	0.04	0.17	0.06
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.06	0.96	0.92
Cl	0.32	0.33	0.27	0.29	0.32	0.18	0.18	0.19
	94.09	95.02	95.16	95.63	94.38	96.20	94.93	95.14
Si	2.84	2.82	2.80	2.90	2.82	2.87	2.84	2.87
Al ^(IV)	1.17	1.18	1.20	1.10	1.18	1.13	1.16	1.13
Al ^(VI)	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02	0.12	0.11	0.18
Ti	0.19	0.18	0.23	0.22	0.21	0.17	0.18	0.15
Fe ³⁺	0.39	0.37	0.46	0.31	0.50	0.16	0.19	0.06
Fe ²⁺	0.55	0.56	0.53	0.63	0.50	0.46	0.47	0.54
Fe ^{3+(M)}	0.39	0.37	0.46	0.31	0.50	0.16	0.19	0.06
Mn	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00
Mg	1.75	1.77	1.66	1.68	1.72	1.97	1.92	1.94
Ca	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Na	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02
K	0.82	0.82	0.81	0.82	0.79	0.87	0.88	0.88
Ba	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
OH	1.96	1.96	1.97	1.96	1.96	1.74	1.75	1.76
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.23	0.22
Cl	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02
Toplam	97.12	98.07	98.15	99.11	97.35	99.43	97.86	98.33
Mg#	0.65	0.65	0.63	0.64	0.63	0.76	0.75	0.77
Mika	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan	I:Mg-Fe Mg- Ferroan
Sıcaklık	402.19	410.11	377.83	378.56	390.09	489.39	482.92	482.41

Ek 4'ün devamı

Örnek No	KDD 23 358m							KDD 26 139m
Biyotit türü	İ-Bt							AD İ-Bt
SiO ₂	39.12	38.18	39.15	38.43	38.92	38.10	38.82	39.49
TiO ₂	3.48	3.06	3.14	3.26	3.13	3.38	3.26	3.56
Al ₂ O ₃	14.07	14.99	14.50	15.19	13.84	14.66	14.77	12.82
FeO	10.29	9.96	10.09	10.53	10.58	10.37	10.37	11.46
MnO	0.05	0.03	0.05	0.04	0.04	0.05	0.03	0.13
MgO	17.62	17.28	17.99	17.23	18.09	17.61	17.59	18.14
CaO	0.01	0.02	0.06	0.03	0.01	0.00	0.01	0.01
Na ₂ O	0.16	0.16	0.20	0.19	0.20	0.20	0.17	0.18
K ₂ O	9.35	9.25	9.40	9.32	9.22	9.24	9.34	8.84
BaO	0.27	0.33	0.29	0.29	0.15	0.14	0.13	0.04
F	0.93	0.96	1.01	0.90	0.98	1.03	0.97	0.55
Cl	0.20	0.19	0.21	0.20	0.20	0.17	0.19	0.17
	95.54	94.41	96.08	95.59	95.36	94.95	95.66	95.36
Si	2.88	2.84	2.87	2.83	2.87	2.83	2.85	2.91
Al ^(IV)	1.12	1.16	1.14	1.17	1.13	1.17	1.15	1.10
Al ^(VI)	0.10	0.16	0.12	0.15	0.08	0.11	0.13	0.02
Ti	0.19	0.17	0.17	0.18	0.17	0.19	0.18	0.20
Fe ³⁺	0.16	0.12	0.13	0.15	0.21	0.23	0.17	0.33
Fe ²⁺	0.48	0.50	0.49	0.50	0.44	0.41	0.47	0.37
Fe ^{3+(M)}	0.16	0.12	0.13	0.15	0.21	0.23	0.17	0.33
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Mg	1.93	1.92	1.96	1.89	1.99	1.95	1.93	1.99
Ca	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03
K	0.88	0.88	0.88	0.88	0.87	0.87	0.88	0.83
Ba	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	1.76	1.75	1.74	1.77	1.75	1.74	1.75	1.85
F	0.22	0.23	0.23	0.21	0.23	0.24	0.23	0.13
Cl	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
Toplam	98.73	97.32	99.24	98.59	98.47	97.81	98.75	98.84
Mg#	0.75	0.76	0.76	0.75	0.75	0.75	0.75	0.74
Mika	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan	İ:Mg-Fe Mg- Ferroan
Sıcaklık	482.09	483.63	492.86	468.74	500.80	492.75	478.86	487.99

Ek 4'ün devamı

Örnek No	KDD 26 139m							
Biyotit türü	AD İ-Bt							
SiO ₂	40.25	39.41	39.53	39.82	40.03	40.15	40.13	39.73
TiO ₂	2.59	2.64	2.81	2.62	2.48	2.57	2.66	2.59
Al ₂ O ₃	13.00	13.06	12.77	13.90	12.91	13.22	12.64	13.03
FeO	10.93	10.88	11.32	10.79	10.92	10.59	10.65	11.13
MnO	0.11	0.17	0.13	0.12	0.11	0.15	0.11	0.15
MgO	18.62	19.46	18.59	18.77	18.71	18.97	18.98	19.14
CaO	0.03	0.07	0.02	0.00	0.05	0.03	0.02	0.03
Na ₂ O	0.15	0.14	0.20	0.13	0.17	0.13	0.16	0.13
K ₂ O	8.48	7.42	8.44	8.43	8.43	8.43	8.53	8.11
BaO	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.44	0.55	0.46	0.68	0.53	0.59	0.41	0.59
Cl	0.18	0.16	0.18	0.17	0.19	0.15	0.17	0.18
	94.81	93.93	94.45	95.43	94.52	94.97	94.46	94.81
Si	2.95	2.91	2.92	2.91	2.95	2.94	2.95	2.92
Al ^(IV)	1.05	1.09	1.08	1.10	1.05	1.06	1.05	1.08
Al ^(VI)	0.08	0.04	0.04	0.10	0.07	0.08	0.05	0.05
Ti	0.14	0.15	0.16	0.14	0.14	0.14	0.15	0.14
Fe ³⁺	0.23	0.48	0.32	0.29	0.24	0.26	0.26	0.37
Fe ²⁺	0.45	0.19	0.38	0.37	0.44	0.39	0.40	0.31
Fe ^{3+(M)}	0.23	0.48	0.32	0.29	0.24	0.26	0.26	0.37
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	2.04	2.14	2.05	2.04	2.06	2.07	2.08	2.10
Ca	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
K	0.79	0.70	0.80	0.79	0.79	0.79	0.80	0.76
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	1.88	1.85	1.87	1.82	1.85	1.85	1.88	1.84
F	0.10	0.13	0.11	0.16	0.12	0.14	0.10	0.14
Cl	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Toplam	98.54	97.38	97.97	98.95	98.15	98.62	98.17	98.33
Mg#	0.75	0.76	0.75	0.76	0.75	0.76	0.76	0.75
Mika	l:Mg-Fe Mg- Ferroan	l:Mg-Fe Mg- Ferroan	l:Mg-Fe Mg- Ferroan	l:Mg-Fe Mg- Ferroan	l:Mg-Fe Mg- Ferroan	l:Mg-Fe Mg- Ferroan	l:Mg-Fe Mg- Ferroan	l:Mg-Fe Mg- Ferroan
Sıcaklık	495.56	531.28	504.66	498.03	503.94	508.47	516.07	515.70

Ek 4'ün devamı

Örnek No	KDD 26 139m				
Biyotit türü	AD İ-Bt	İ-Bt			
SiO ₂	39.39	38.56	40.25	40.68	39.19
TiO ₂	2.62	2.55	2.29	2.18	2.56
Al ₂ O ₃	13.20	13.09	12.14	12.12	13.36
FeO	11.15	11.21	10.20	10.00	11.50
MnO	0.13	0.09	0.08	0.07	0.09
MgO	19.08	18.69	19.97	19.86	18.81
CaO	0.05	0.00	0.02	0.00	0.03
Na ₂ O	0.14	0.23	0.25	0.23	0.26
K ₂ O	8.08	9.09	8.75	8.77	9.10
BaO	0.00	0.00	0.01	0.05	0.00
F	0.41	0.93	1.13	0.99	0.84
Cl	0.18	0.17	0.15	0.15	0.16
	94.42	94.60	95.24	95.11	95.90
Si	2.90	2.88	2.96	2.98	2.88
Al ^(IV)	1.10	1.12	1.04	1.02	1.12
Al ^(VI)	0.05	0.03	0.01	0.03	0.04
Ti	0.15	0.14	0.13	0.12	0.14
Fe ³⁺	0.39	0.29	0.25	0.19	0.28
Fe ²⁺	0.30	0.41	0.37	0.42	0.43
Fe ³⁺ (M)	0.39	0.29	0.25	0.19	0.28
Mn	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Mg	2.10	2.08	2.19	2.17	2.06
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04
K	0.76	0.87	0.82	0.82	0.85
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH	1.88	1.76	1.72	1.75	1.79
F	0.09	0.22	0.26	0.23	0.20
Cl	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Toplam	97.92	97.65	98.69	98.74	99.16
Mg#	0.75	0.75	0.78	0.78	0.75
Mika	I:Mg-Fe Mg-biotite Ferroan-	I:Mg-Fe Mg-biotite Ferroan-	I:Mg-Fe Mg-biotite Ferroan-	I:Mg-Fe Mg-biotite Ferroan-	I:Mg-Fe Mg-biotite Ferroan-
Sıcaklık	518.39	530.35	562.60	553.11	514.73

Ek 5. Karakartal Maden Sahasında Amfibol Mineralleri Üzerinde Gerçekleştirilen Mineral Kimyası Analizlerine Ait Sonuçlar

	SS-130						KDD-1A 430m		
	En az altere yarı derinlik kayacı						Cevherleşme sonrası dayk		
SiO ₂	42.77	44.06	42.99	43.32	44.11	44.35	47.43	47.08	46.65
TiO ₂	1.46	1.47	1.89	1.66	1.57	1.53	0.95	1.04	1.16
Al ₂ O ₃	12.07	11.55	11.36	11.38	11.38	12.04	7.79	7.96	7.72
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00
FeO ^T	10.12	9.78	10.81	9.71	9.57	8.78	12.64	12.51	12.84
MnO	0.13	0.12	0.14	0.12	0.13	0.12	0.54	0.59	0.57
MgO	15.53	15.96	15.51	15.81	15.84	16.41	15.09	14.76	14.32
CaO	11.49	11.40	11.28	11.53	11.74	11.83	10.59	10.69	11.24
Na ₂ O	2.10	1.91	2.32	2.45	1.94	1.89	1.36	1.54	1.51
K ₂ O	0.55	0.53	0.51	0.52	0.54	0.56	0.27	0.31	0.45
F	0.46	0.36	0.68	0.92	0.00	0.00	0.06	0.13	0.09
Cl	0.03	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.05	0.04	0.08
O=F,Cl	0.20	0.15	0.29	0.39	0.00	0.00	0.04	0.06	0.06
Toplam %	96.51	97.00	97.21	97.06	96.87	97.52	96.72	96.59	96.57
Si	6.33	6.45	6.35	6.38	6.45	6.41	6.97	6.95	6.92
Al ^(IV)	1.67	1.55	1.65	1.62	1.55	1.59	1.03	1.05	1.08
Toplam T-	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Al ^(VI)	0.43	0.44	0.32	0.36	0.41	0.46	0.32	0.33	0.27
Ti	0.16	0.16	0.21	0.18	0.17	0.17	0.11	0.12	0.13
Mg	3.42	3.48	3.41	3.47	3.45	3.54	3.31	3.25	3.17
Fe ²⁺	0.98	0.92	1.06	0.98	0.96	0.83	1.26	1.31	1.43
Toplam C-	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Mn	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.07	0.07	0.07
Fe ²⁺	0.27	0.28	0.28	0.21	0.21	0.23	0.29	0.23	0.16
Ca	1.71	1.71	1.71	1.77	1.77	1.75	1.64	1.69	1.77
Toplam B-	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Na	0.60	0.54	0.66	0.70	0.55	0.53	0.39	0.44	0.43
Ca	0.11	0.08	0.08	0.05	0.07	0.08	0.03	0.00	0.02
K	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.06	0.08
Toplam A-	0.81	0.72	0.84	0.84	0.72	0.71	0.46	0.50	0.54
F	0.21	0.16	0.32	0.43	0.00	0.00	0.03	0.06	0.04
Cl	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
OH	1.78	1.83	1.68	1.57	2.00	2.00	1.96	1.93	1.94
Toplam OH-	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Amfibol grubu	Kalsik Amfibol						Kalsik Amfibol		
Amfibol Türü	Pargasite						Magnesio-	Edenit	
P ₁	5.5	5.6	4.1	4.5	5.3	6.0	4.1	4.2	3.3
T ₁	808	770	801	790	768	780	600	609	617
Ab	48.61	48.61	48.61	48.61	48.61	48.61	50.74	50.74	50.74
An	49.25	49.25	49.25	49.25	49.25	49.25	47.49	47.49	47.49
Or	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	2.14	1.77	1.77	1.77
P ₂	5.7	5.1	5.0	5.0	4.9	5.4	2.3	2.4	2.3
T ₂	891	871	897	882	868	871	799	799	803

Ek 5'in devamı

	KDD-1A 430m		KDD-88 55m					
			Cevherleşme sonrası dayk					
SiO ₂	48.18	49.09	46.19	47.19	45.89	46.96	47.62	47.40
TiO ₂	0.97	0.88	0.91	0.92	1.05	0.96	0.91	0.96
Al ₂ O ₃	7.24	4.50	7.78	7.07	8.31	7.92	7.75	7.69
Cr ₂ O ₃	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
FeO ^T	12.39	10.24	12.31	12.11	12.79	12.49	12.55	12.48
MnO	0.55	0.86	0.52	0.52	0.50	0.50	0.53	0.55
MgO	15.61	16.86	15.11	15.39	14.60	15.04	15.23	15.03
CaO	10.57	11.17	10.57	10.72	10.75	10.59	10.44	10.48
Na ₂ O	1.43	1.13	1.25	1.17	1.38	1.49	1.20	1.28
K ₂ O	0.30	0.39	0.28	0.24	0.32	0.28	0.25	0.28
F	0.14	0.08	0.12	0.03	0.11	0.06	0.10	0.00
Cl	0.05	0.06	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.00
O=F,Cl	0.07	0.05	0.06	0.02	0.06	0.04	0.05	0.00
Toplam %	97.35	95.21	95.01	95.38	95.69	96.28	96.55	96.16
Si	7.03	7.27	6.92	7.02	6.85	6.94	7.00	7.00
Al ^(IV)	0.97	0.73	1.08	0.98	1.15	1.06	1.00	1.00
Toplam T-	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Al ^(VI)	0.28	0.06	0.30	0.26	0.32	0.32	0.34	0.34
Ti	0.11	0.10	0.10	0.10	0.12	0.11	0.10	0.11
Mg	3.40	3.72	3.38	3.41	3.25	3.31	3.34	3.31
Fe ²⁺	1.22	1.12	1.22	1.22	1.31	1.26	1.22	1.25
Toplam C-	0.28	0.06	0.30	0.26	0.32	0.32	0.34	0.34
Mn	0.07	0.11	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07
Fe ²⁺	0.29	0.15	0.32	0.29	0.28	0.28	0.32	0.29
Ca	1.64	1.74	1.62	1.65	1.65	1.65	1.61	1.64
Toplam B-	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Na	0.40	0.32	0.36	0.34	0.40	0.43	0.34	0.37
Ca	0.01	0.03	0.08	0.06	0.07	0.02	0.03	0.02
K	0.06	0.07	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05
Toplam A-	0.47	0.43	0.50	0.45	0.53	0.50	0.42	0.44
F	0.06	0.04	0.06	0.01	0.05	0.03	0.05	0.00
Cl	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
OH	1.92	1.95	1.93	1.98	1.93	1.96	1.94	2.00
Toplam OH-	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Amfibol grubu	Kalsik Amfibol		Kalsik Amfibol					
Amfibol Türü	Magnesio-hornblend		Magnesio-hornblend					
P ₁	3.4	0.5	3.7	3.3	4.0	4.1	4.4	4.2
T ₁	582	503	617	584	638	611	591	592
Ab	48.61	48.61	50.74	50.74	48.84	48.84	48.84	51.23
An	49.25	49.25	47.49	47.49	49.47	49.47	49.47	46.98
Or	2.14	2.14	1.77	1.77	1.69	1.69	1.69	1.79
P ₂	2.0	0.8	2.4	2.0	2.7	2.4	2.3	2.3
T ₂	788	721	806	784	814	806	797	795

Ek 6. Karkakartal Maden Sahasında Ait Yüzey ve Karot Örneklerinin Tüm Kayaç Analiz Sonuçları

Örnek- No	SS 301	SS-130	SS-169	NE-8-3	KDD-5 222m	KDD-7 25m	KDD-7 228m	KDD-7 430m
	Dasit	Yarı derinlik kayacı (en az altere)	Yarı derinlik kayacı (Propilitik alterasyon)		Yarı derinlik kayacı (Poatasik alterasyon)			
SiO ₂	65.05	60.18	61.32	61.46	66.27	62.91	65.12	57.74
Al ₂ O ₃	15.31	17.2	15.95	16.25	11.42	16.53	10.92	12.88
Fe ₂ O ₃	4.64	4.8	5.06	4.95	9.14	6.7	4.52	2.91
MgO	1.92	3.13	2.37	2.14	1.7	2.37	1.48	1.76
CaO	4.7	5.46	5.5	3.25	0.99	2.19	4.46	7.55
Na ₂ O	2.89	3.4	2.94	1.63	2.27	4.52	2.99	3.2
K ₂ O	1.61	2.16	1.78	0.67	4.64	2.04	2.04	2.93
TiO ₂	0.52	0.47	0.48	0.47	0.31	0.48	0.29	0.37
P ₂ O ₅	0.15	0.17	0.14	0.16	0.03	0.11	0.06	0.09
MnO	0.04	0.08	0.08	0.1	0.03	0.03	0.02	0.02
Cr ₂ O ₃	0.002	0.004	0.004	0.004	0.002	0.002	0.005	0.002
A.K.	3	2.7	4.2	8.7	2.1	1.9	7.6	10
Toplam	99.84	99.79	99.83	99.81	98.97	99.75	99.48	99.42
Ba	423	534	492	518	298	321	331	581
Co	11.9	12.2	11.2	13.1	6.7	8.2	7.3	9
Hf	3	3.6	3.2	3.6	2.2	3.7	2	2
Nb	6.7	8.6	10.8	9.9	6.9	7.7	6.1	6.8
Rb	40.1	41.4	42.7	13	57	36.6	31	43.3
Sr	545.4	490.2	290.9	375.2	86	194.9	147.3	219.8
Ta	0.4	0.5	0.8	0.6	0.4	0.6	0.5	0.6
Th	5.5	9	8	9.6	5.4	6.9	5.7	5.4
U	1.1	2	1.9	2.6	0.4	1.3	0.7	1
V	90	91	97	92	74	94	50	49
W	0.6	1.6	0.5	0.9	0.7	0.7	0.7	<0.5
Zr	124.4	123.6	108.2	131.8	75.6	138.8	72.2	86.2
Y	13.3	14.8	14.1	11.3	8	11.5	6.4	13.7
TOT/C	0.08	0.14	0.51	0.07	0.13	0.02	0.1	0.06
TOT/S	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	0.77	0.16	2.11	3.61
Mo	1.8	2.9	1.5	3.6	5.4	4.7	5.9	7.9
Cu	14.6	11.7	29.5	27	7403.1	1051.4	3817.2	3714.8
Pb	0.8	1.4	1.1	10.2	2.4	1	1	1.8
Zn	32	36	41	38	27	52	30	33
As	<0.5	0.5	<0.5	11.8	0.5	1.3	0.5	<0.5
Sb	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.3	0.1	<0.1
Ag	<0.1	0.1	<0.1	0.3	1.8	0.1	0.3	0.2
Au	0.7	0.5	1.1	<0.5	2860.2	261.1	548.7	268.3
La	17.6	24.2	21.3	24.9	8	16.1	7.6	12.4
Ce	31.1	43.3	39.4	40.9	14.3	27.9	14.3	22.1
Pr	3.61	4.91	4.08	4.92	1.75	2.97	1.54	2.38
Nd	13.4	18.3	15.9	18.6	7.1	12	6	8
Sm	2.33	3.19	2.83	3.14	1.54	2.17	1.14	1.72
Eu	0.81	0.86	0.84	0.85	0.36	0.6	0.38	0.5
Gd	2.38	2.78	2.73	2.8	1.43	2.16	1.24	1.64
Tb	0.37	0.42	0.43	0.38	0.2	0.31	0.17	0.27
Dy	2.09	2.6	2.78	2.2	1.25	2.08	1.09	1.79
Ho	0.45	0.53	0.54	0.39	0.24	0.43	0.22	0.32
Er	1.35	1.36	1.68	1.19	0.76	1.21	0.64	0.94
Tm	0.2	0.21	0.26	0.19	0.11	0.17	0.11	0.14
Yb	1.37	1.46	1.63	1.26	0.8	1.14	0.67	0.96
Lu	0.2	0.23	0.26	0.2	0.11	0.18	0.11	0.18
WIP	77.92	98.12	85.19	48.48	86.98	95.68	80.69	174.45
CIW	66.86	66.00	65.40	76.90	77.79	71.13	59.44	54.51
CIA	62.46	60.95	60.95	74.54	59.11	65.39	53.50	48.49
PIA	64.35	62.93	62.67	76.15	67.53	68.35	54.38	48.07

Ek 6'nın devamı

Örnek- No	KDD-21 335m	KDD-26 139m	KDD-1A 38m	KDD-1A 118m	KDD-6 33m	KDD-7 90m	KDD-21 84m	KDD-21 198m
	Yarı derinlik kayacı (Poatasik alterasyon)		Yarı derinlik kayacı (Klorit-serizit alterasyon)					
SiO ₂	56.48	61.31	67.79	59.76	65.13	69.57	67.91	64.98
Al ₂ O ₃	13.72	15.94	11.5	14.16	16.39	11.77	12	12.41
Fe ₂ O ₃	6.75	6.44	8.61	6.16	4.38	4.77	7.09	8.92
MgO	2.61	2.42	1.66	2.44	1.91	0.96	1.8	2.1
CaO	5.64	3.61	1.42	4.52	0.47	2.18	1.7	1.39
Na ₂ O	3.78	3.95	2.48	4.31	3.78	3.59	2.85	2.36
K ₂ O	2.12	2.35	2.63	0.93	2.66	1.44	2.87	4.16
TiO ₂	0.47	0.51	0.32	0.42	0.45	0.31	0.35	0.39
P ₂ O ₅	0.09	0.13	0.07	0.13	0.05	0.22	0.07	0.08
MnO	0.06	0.06	0.03	0.04	0.01	0.03	0.04	0.03
Cr ₂ O ₃	0.002	0.003	0.002	0.003	0.002	0.005	0.005	0.004
A.K.	7.9	2.2	2.8	6.8	4.2	4.6	2.8	2.7
Toplam	99.61	99.81	99.34	99.7	99.42	99.4	99.49	99.47
Ba	224	434	208	118	347	135	331	313
Co	11.5	10.6	10.7	8.4	7.6	14.6	5.7	7.5
Hf	1.2	3	2.1	1.7	2.5	2	2.3	2.2
Nb	8.7	11.6	5.2	7	9.1	6.8	6.6	8.4
Rb	41.4	44.6	32.3	16	52.7	28.5	33.6	49.2
Sr	240	226.2	51.5	170.3	90.6	75.8	90.8	85.6
Ta	0.4	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5
Th	3.9	7.9	5.3	5.9	6.4	7.4	4.8	5
U	0.6	1.4	0.8	1.2	1.2	1	0.7	0.6
V	116	117	112	124	81	53	122	112
W	<0.5	0.5	2.2	0.5	1	1	0.9	0.5
Zr	52	108.7	77.4	61.2	89.3	75.6	73.5	66.6
Y	11.7	10.3	6.6	10.9	16.4	10.8	8	6.7
TOT/C	0.05	0.24	0.24	0.17	0.02	0.32	0.2	0.15
TOT/S	2.03	0.03	1.34	1.97	1.34	2.98	0.53	0.45
Mo	3.5	4.1	5.3	8.9	12.5	8	5	4.6
Cu	2172.8	545.6	5117.5	1701.8	4331	4741.4	3475.5	3726.6
Pb	1.1	0.8	4	1.4	6.8	15.3	1.3	1.2
Zn	57	44	27	37	29	79	41	32
As	<0.5	0.5	4.7	0.5	0.5	236.1	0.5	0.5
Ag	261.5	151.4	976.9	105.5	0.3	2.5	0.2	0.4
Au	169.37	97.06	70.38	90.34	326.5	253.2	638.9	1323
La	12.7	15.8	19.6	7.8	29.1	10.9	10	7.8
Ce	24.5	28.3	35.7	14.7	54.3	21.3	17.7	14.5
Pr	2.84	2.96	3.72	1.52	5.67	2.28	1.98	1.65
Nd	9.9	10.4	13.8	5.3	20.9	7.8	6.4	5.9
Sm	2.31	2.05	2.5	1.2	3.85	1.84	1.39	1.26
Eu	0.67	0.64	0.77	0.38	1.24	0.51	0.45	0.36
Gd	2.24	1.88	2.43	1.21	4.24	1.9	1.36	1.26
Tb	0.36	0.3	0.32	0.18	0.63	0.29	0.21	0.18
Dy	2.12	1.81	2.14	1.21	3.63	1.75	1.2	0.95
Ho	0.5	0.37	0.38	0.25	0.67	0.34	0.26	0.22
Er	1.24	1.18	1.27	0.7	1.84	1.13	0.83	0.72
Tm	0.21	0.18	0.19	0.12	0.27	0.16	0.12	0.1
Yb	1.46	1.19	1.27	0.68	1.75	1.26	0.83	0.78
Lu	0.2	0.22	0.2	0.12	0.26	0.19	0.13	0.11
WIP	59.29	67.83	74.68	61.59	84.60	71.51	143.85	158.33
CIW	54.32	61.66	63.78	59.20	79.41	67.10	72.51	76.79
CIA	55.19	64.26	69.46	59.97	70.34	62.01	61.79	61.07
PIA	56.48	61.31	67.79	59.76	76.36	64.16	66.74	68.75

Ek 6'nın devamı

Örnek-No	KDD-7 336m	KDD-18 193m	KDD-19 129m	KDD-20 462m	KDD-22 152m	SS-313	SS-192
	Yarı derinlik kayacı (Serizitik alterasyon)					Andezit	
SiO ₂	58.21	58.67	68.07	59.46	73.94	59.73	60.4
Al ₂ O ₃	15.04	15.75	10.56	16.08	12.06	17.36	16.95
Fe ₂ O ₃	3.73	4.58	8.02	2.4	2.68	5.74	5.39
MgO	2.26	2.34	2.37	2.39	1.7	1.78	2.22
CaO	6.72	5.4	0.71	5.08	0.93	4.97	5.07
Na ₂ O	3.69	4.13	3.57	4.02	1.29	3.06	3.19
K ₂ O	1.55	1.48	0.62	1.44	2.67	2.26	1.91
TiO ₂	0.44	0.44	0.32	0.46	0.35	0.59	0.59
P ₂ O ₅	0.1	0.11	0.06	0.07	0.07	0.12	0.15
MnO	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.1	0.11
Cr ₂ O ₃	0.004	0.004	0.004	0.002	0.003	0.002	0.003
A.K.	7.9	6.9	5.2	8.4	3.7	4.1	3.8
Toplam	99.73	99.85	99.58	99.8	99.45	99.87	99.81
Ba	358	358	47	340	228	457	520
Co	11.3	7.1	8.3	7	9.3	12.1	13.3
Hf	2.6	2.4	1.3	2.8	1.9	3.4	3.7
Nb	6.3	9	6.4	9.3	8	9.9	10.4
Rb	32	31	9.3	33	44.9	49.6	45.7
Sr	416.8	247.1	71.2	324.9	15.2	285.7	316.1
Ta	0.5	0.7	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7
Th	6.1	7.2	3.9	7.8	6.3	7.9	8
U	1.1	1.2	0.7	1.5	0.6	1.2	1.5
V	85	133	125	118	99	123	129
W	0.5	0.5	1.2	2.1	1.7	0.7	0.5
Zr	88.9	90	50.9	99	77.2	131.5	135.6
Y	11.1	11.7	6.5	11.7	7	15.4	14.5
TOT/C	0.03	0.14	0.1	0.14	0.15	0.03	0.02
TOT/S	2.47	1.04	5.22	2	1.57	<0.02	<0.02
Mo	18.3	5	6	41.5	17.1	0.4	2
Cu	1102.4	279.6	3458.1	617.6	4412.8	5.9	14
Pb	1.2	1.2	21.2	2.8	2.9	0.8	1
Zn	29	32	62	55	55	44	44
As	0.5	0.5	39.4	1.6	0.5	<0.5	<0.5
Ag	0.1	0.1	1.2	0.1	0.2	<0.1	<0.1
Au	108.8	10.4	166.8	39.1	295.8	<0.5	<0.5
La	14.5	15.8	8.8	18.3	9.2	22	22
Ce	25.7	27	16.3	31.8	17.3	37.9	39.3
Pr	2.72	2.9	1.77	3.3	1.93	4.27	4.25
Nd	11.3	11.4	6.7	12.2	8.5	15.9	13.8
Sm	1.97	2.03	1.32	2.26	1.58	3.22	3.02
Eu	0.63	0.7	0.34	0.74	0.4	0.89	0.92
Gd	2.09	2.25	1.27	2.33	1.47	2.97	2.92
Tb	0.3	0.33	0.17	0.33	0.19	0.46	0.46
Dy	1.86	1.96	1.1	2.22	1.23	2.7	2.79
Ho	0.39	0.39	0.23	0.4	0.23	0.56	0.53
Er	1.14	1.31	0.75	1.19	0.72	1.73	1.69
Tm	0.16	0.19	0.11	0.18	0.11	0.24	0.24
Yb	1.16	1.3	0.68	1.33	0.83	1.66	1.68
Lu	0.18	0.21	0.1	0.19	0.11	0.27	0.27
WIP	96.00	96.41	64.08	93.73	54.43	87.00	87.41
CIW	59.10	62.30	71.16	63.86	84.45	68.37	67.24
CIA	55.70	58.86	68.31	60.41	71.15	62.78	62.50
PIA	56.44	59.96	69.90	61.67	80.88	65.28	64.55

Ek 6'nın devamı

Örnek- No	KDD-1A 268m	KD-1A 440m	KDD-8 320m	KDD-19 225m	KDD-23 523m	KK-2	SS- 195	SS- 196
	Cevherleşme sonrası dayk						Bazalt	
SiO ₂	60.1	60.52	63.07	62.99	61.1	62.08	57.11	56.49
Al ₂ O ₃	15.61	16.69	16.68	16.66	16.69	15.66	17.76	17.88
Fe ₂ O ₃	3.58	4.37	4.59	4.56	4.59	3.94	7.06	7.39
MgO	1.76	1.82	2.33	2.21	2.11	1.09	2.76	2.82
CaO	4.51	6.34	4	4.37	4.58	5.09	7.21	7.23
Na ₂ O	2.31	3.74	4.32	4.07	3.87	2.69	3.39	3.36
K ₂ O	5.67	1.68	1.76	2.06	1.81	3.17	1.73	1.81
TiO ₂	0.34	0.43	0.43	0.45	0.44	0.35	0.77	0.76
P ₂ O ₅	0.13	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.13	0.16
MnO	0.12	0.09	0.12	0.08	0.05	0.16	0.11	0.12
Cr ₂ O ₃	0.003	0.004	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002
A.K.	5.7	4.0	2.4	2.3	4.5	5.4	1.7	1.8
Toplam	99.86	99.83	99.85	99.85	99.86	99.83	99.78	99.8
Ba	526	480	519	534	442	538	302	288
Co	7.4	7.8	8.7	7.6	7.8	7.1	18.2	16.9
Hf	2.2	3.1	2.4	2.9	2.9	3	4.1	4.2
Nb	8.4	9.4	8.8	9.8	9.4	8.9	6.3	5.8
Rb	58.7	33.3	29.5	37.8	37.1	53.3	38.3	36.9
Sr	86.7	268.7	293.8	304.6	304.2	207.5	523	483.3
Ta	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.8	0.5	0.4
Th	8.6	8.1	8.4	7.8	7.6	9.7	5.3	5.4
U	2.6	410.9	2.3	1.9	1.9	2.5	1.5	1.5
V	64	0.7	70	125	102	67	203	200
W	1.9	8.9	0.5	0.5	0.5	1.2	0.7	0.7
Zr	117.8	2	94.2	94.2	110.5	105.8	141.2	137.7
Y	13.3	88	13.1	11.9	11.8	13.2	24	23.1
TOT/C	0.91	0.81	0.21	0.1	0.2	0.67	0.02	0.02
TOT/S	0.04	0.26	0.03	0.18	0.92	0.04	0.02	0.02
Mo	2.1	4.6	2.6	4.2	5.9	2.7	1.5	1.3
Cu	6.5	45.1	7.2	72.2	39.6	28.2	34.9	32.8
Pb	1.2	2.4	0.5	1.9	1.5	5.9	5.5	5
Zn	39	31	66	57	32	56	39	35
As	3.8	2.5	0.5	0.5	0.8	2.3	0.6	0.6
Ag	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Au	4.6	9.7	0.5	19.1	0.7	0.5	0.5	0.5
La	25.1	21.2	24.4	19.8	18.7	26.4	18.1	18.4
Ce	45.2	35.6	44.1	33.3	34.4	45.6	38.8	37.2
Pr	4.83	4.09	4.45	3.62	3.68	4.76	4.92	4.77
Nd	18.5	15.1	15.3	13	12.3	15.2	20.6	20.4
Sm	3.08	2.58	3	2.51	2.59	2.83	4.62	4.26
Eu	0.9	0.75	0.82	0.71	0.76	0.81	1.23	1.14
Gd	2.63	2.59	2.66	2.33	2.18	2.51	4.67	4.04
Tb	0.45	0.37	0.39	0.34	0.33	0.37	0.69	0.66
Dy	2.56	2.6	2.2	2.22	2.28	2.45	4.2	4.73
Ho	0.47	0.49	0.4	0.38	0.43	0.43	0.81	0.83
Er	1.37	1.35	1.21	1.27	1.21	1.23	2.42	2.28
Tm	0.22	0.21	0.2	0.2	0.2	0.19	0.38	0.35
Yb	1.76	1.63	1.4	1.43	1.27	1.36	2.21	2.33
Lu	0.26	0.25	0.21	0.2	0.2	0.21	0.38	0.35
WIP	110.84	94.59	96.60	97.34	92.58	88.99	98.15	98.94
CIW	69.59	62.35	66.72	66.37	66.39	66.81	62.62	62.80
CIA	55.55	58.66	62.33	61.34	61.93	58.85	59.02	59.05
PIA	59.31	59.82	64.20	63.37	63.78	61.62	60.20	60.28

Ek 7. Duraylı İzotop Jeotermometresi İçin Kullanılan Formüller

Oksijen izotop denge denklemleri: Mineral-Su Çiftleri

Denklem-1 (Zeng, 1993a)

$$1000 \ln a_{(kuvars-su)} = \frac{4,48 * 10^6}{T^2} - \frac{4,77 * 10^3}{T} + 1,71$$

Denklem-2 (Friedman ve O'Neil, 1977)

$$1000 \ln a_{(kuvars-su)} = \frac{3,55 * 10^6}{T^2} - 2,57$$

Denklem-3 (Zheng, 1993b)

$$1000 \ln a_{(biyotit-su)} = \frac{3,84 * 10^6}{T^2} - \frac{8,76 * 10^3}{T} + 2,46$$

Denklem-4 (Zheng, 1993b)

$$1000 \ln a_{(flogopit-su)} = \frac{3,86 * 10^6}{T^2} - \frac{8,68 * 10^3}{T} + 2,45$$

Denklem-5 (Zheng, 1993a)

$$1000 \ln a_{(feldspat-su)} = \frac{4,32 * 10^6}{T^2} - \frac{6,27 * 10^3}{T} + 2,00$$

Denklem-6 (Zheng ve Simon, 1991)

$$1000 \ln a_{(manyetit-su)} = \frac{2,69 * 10^6}{T^2} - \frac{12,82 * 10^3}{T} + 3,78$$

Denklem-7 (CHIBA ve diğ, 1980)

$$1000 \ln a_{(anhidrit-su)} = \frac{3,21 * 10^6}{T^2} - 4,71$$

Ek 7'nin devamı

Oksijen izotop denge denklemleri: Mineral-Mineral Çiftleri

Denklem-1 (Zheng, 1993b)

$$1000 \ln a_{(kuvars-biyotit)} = \frac{0,64 * 10^6}{T^2} + \frac{3,99 * 10^3}{T} - 1,67$$

Denklem-2 (Zheng, 1993b)

$$1000 \ln a_{(kuvars-flogopit)} = \frac{0,62 * 10^6}{T^2} + \frac{3,92 * 10^3}{T} - 1,64$$

Denklem-3 (Zheng, 1993a)

$$1000 \ln a_{(kuvars-K feldspat)} = \frac{0,16 * 10^6}{T^2} + \frac{1,50 * 10^3}{T} - 0,62$$

Denklem-4 (Zheng ve Simon, 1991)

$$1000 \ln a_{(kuvars-manyetit)} = \frac{1,55 * 10^6}{T^2} + \frac{9,05 * 10^3}{T} - 4,82$$

Denklem-5 (Denklem 7-2 den, Ek-1)

$$1000 \ln a_{(anhidrit-kuvars)} = -\frac{0,34 * 10^6}{T^2} - 2,14$$

Denklem-6 (Denklem 5-3 den, Ek-1)

$$1000 \ln a_{(K feldspat-biyotit)} = \frac{0,48 * 10^6}{T^2} + \frac{2,49 * 10^3}{T} - 0,46$$

Denklem-7 (Denklem 5-4 den, Ek-1)

$$1000 \ln a_{(K feldspat-flogopit)} = \frac{0,46 * 10^6}{T^2} + \frac{2,41 * 10^3}{T} - 0,45$$

Denklem-8 (Denklem 4-7 den, Ek-1)

$$1000 \ln a_{(flogopit-manyetit)} = \frac{1,17 * 10^6}{T^2} + \frac{4,14 * 10^3}{T} - 1,33$$

Denklem-9 (Denklem 5-7 den, Ek-1)

$$1000 \ln a_{(K feldspat-manyetit)} = \frac{1,63 * 10^6}{T^2} + \frac{6,55 * 10^3}{T} - 1,78$$

Ek 7'nin devamı

Oksijen izotop denge denklemleri: Mineral-Mineral Çiftleri

Denklem-10 (Denklem 5-6 dan, Ek-1)

$$1000 \ln a_{(K \text{ feldspat}-\text{anhidrit})} = \frac{1,63 * 10^6}{T^2} + \frac{6,55 * 10^3}{T} - 1,78$$

Denklem-11 (Denklem 4-6 dan, Ek-1)

$$1000 \ln a_{(flogopit-\text{anhidrit})} = \frac{1,1 * 10^6}{T^2} + \frac{4,14 * 10^3}{T} - 1,33$$

Denklem-12 (Denklem 7-6 dan, Ek-1)

$$1000 \ln a_{(\text{manyetit}-\text{anhidrit})} = -\frac{0,52 * 10^6}{T^2} - \frac{12,82 * 10^3}{T} + 8,5$$

ÖZGEÇMİŞ

İlköğretimini 1995 yılında Ankara Zehraönder İlköğretim Okulu'nda, lise öğrenimini 2001 yılında Ankara Atatürk Anadolu Lisesi'nde tamamladıktan sonra 2001 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne başladı. Bu bölümden 2007 yılında mezun oldu. 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalı, Maden Yatakları-Jeokimya dalında Yüksek Lisans'ını tamamladı. 2010-2011 yıllarında bir yıl süreyle Erasmus değişim programı kapsamında Montan Universität Leoben'de (Avusturya) bulundu. 2013 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalı, Maden Yatakları-Jeokimya dalında doktora eğitimine başladı. 2011-2013 yılları arasında TÜBİTAK 1001 proje kapsamında proje görevlisi, 2014-2019 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalında Araştırma Görevlisi olarak görev yaptı. Halen özel sektörde kıdemli arama jeoloğu olarak çalışmaktadır.