



T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



EĞRİKAR (TORUL, GÜMÜŞHANE) Fe-Cu SKARN CEVHERLEŞMESİNİN
PETROGRAFİK ve JEOKİMYASAL AÇIDAN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Meltem YILMAZ

OCAK 2016
GÜMÜŞHANE

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

EĞRİKAR (TORUL, GÜMÜŞHANE) Fe-Cu SKARN CEVHERLEŞMESİNİN
PETROGRAFİK ve JEOKİMYASAL AÇIDAN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Meltem YILMAZ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
”Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07.01.2016

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 22.01.2016

OCAK 2016



KABUL ve ONAY



Doç. Dr. Ferkan SİPAHİ danışmanlığında Meltem YILMAZ tarafından hazırlanan “EĞRİKAR (TORUL, GÜMÜŞHANE) Fe-Cu SKARN CEVHERLEŞMESİNİN PETROGRAFİK ve JEOKİMYASAL AÇIDAN İNCELENMESİ” isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

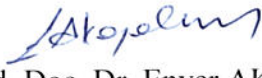
Başkan

: 
Prof. Dr. İbrahim UYSAL

Üye (Danışman)

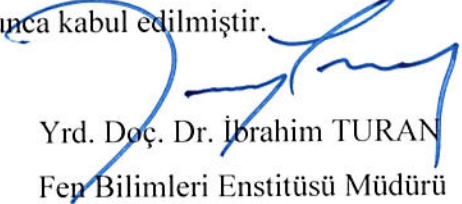
: 
Doç. Dr. Ferkan SİPAHİ

Üye

: 
Yrd. Doç. Dr. Enver AKARYALI

ONAY

Bu tez 17.02.2016 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.


Yrd. Doç. Dr. İbrahim TURAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu çalışma Tübitak Başlangıç Ar-Ge Projesi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 114Y013

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum "Eğrikar (Torul/Gümüşhane) Fe-Cu Skarn Cevherleşmesinin Petrografik ve Jeokimyasal Açından İncelenmesi" isimli tez çalışmasında; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 07/01/2016


Meltem YILMAZ

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**EĞRİKAR (TORUL, GÜMÜŞHANE) Fe-Cu SKARN CEVHERLEŞMESİNİN
PETROGRAFİK ve JEOKİMYASAL AÇIDAN İNCELENMESİ**

Meltem YILMAZ

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ferkan SİPAHİ
2016, 82 sayfa

Eğrikar Fe–Cu skarn yatağı Gümüşhane'nin (KD Türkiye) yaklaşık 100 km kuzeybatısında yer almaktadır. Eğrikar (Torul, Gümüşhane) ve çevresindeki tortul ve volkanik kayalar Geç Kretase yaşlı olup, tabanda kireçtaşı içeren dasit ve üstünde bulunan hornblendli andezitten oluşmaktadır. Bu kayalar Geç Kretase yaşlı Eğrikar granitoyidi (monzogranit, granodiyorit ve diyorit) tarafından kesilmektedir. Dasitik kayalar porfirik dokuda olup, başlıca kuvars, plajiyoklas, biyotit ve opak minerallerden oluşmaktadır. Kireçtaşları ise yer yer mermere dönüşmüş ve kristalize olmuştur. Hornblendli andezitler mikrogranü porfirik ve glomeroporfirik dokulu olup plajiyoklas, hornblend, biyotit ve kuvars minerallerini içermektedir. Eğrikar granitoyidi üç farklı litolojiden (monzogranit,

granodiyorit ve diyorit) oluşmakta olup, mirmekitik, yazı ve elek dokusu göstermektedir. Bu kayaçlar başlıca plajiyoklas, kuvars, hornblend, ortoklas ve muskovitten oluşmaktadır.

Eğrikar Yaylası'nın güneybatısında granitoidin (özellikle monzogranit) kireçtaşı ile volkanitlere sokulumu sonucu dokanak metamorfizması oluşmuş ve skarn zonu gelişmiştir. Monzogranitten kireçtaşına doğru endo- ve ekzoskarn zonlarının oluştuğu belirlenmiştir. Skarn zonunda piroksen, granat, epidot, kuvars, kalsit ve aktinolit-tremolit skarn minerallerini oluşturmaktadır. Skarn zonunda piroksen türü hedenberjit, granat türü grossular andradit ile andradittir. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının cevher minerallerinin parajenezi manyetit, pirit, hematit, kalkopirit, altın ve nabit bakırdan oluşmaktadır. Manyetitte ve hematitlerde kafes, kutu, lifsi ve bantlı dokular görülmektedir. İkincil cevher mineralleri olarak götit, limonit, dijenit, malakit, azurit, bornit ve lepidokrozit belirlenmiştir.

Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki volkanitler kalk-alkali karakterdedir. Granitoidler orta K'lu kalk-alkali bileşimdedir. Eğrikar Granitoidik kayaçların iz element karakteristikleri, genel olarak yay granitlerine benzerlik göstermekte ve Eğrikar Fe-Cu skarn sahasında Fe-skarn ile ilişkili granitoidlerin yitim sonrası meydana gelmiş olduğu belirlenmiştir.

Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki ekzoskarn zonunda kuvars minerallerinde yapılan sıvı kapanım çalışmalarında sıvı kapanımlar birincil, yalancı ikincil ve ikincil kökenli kapanımlar olarak sınıflandırılmıştır. Kuvarslarda yapılan sıvı kapanım çalışmaları sıcaklığın ekzoskarn zonu için 160-380 °C ve tuzluluğun % 3.4-7.6 arasında olduğu belirlenmiş olup epitermal ve skarn kökeni desteklemektedir.

Eğrikar Fe-Cu skarn yatağında ki piroksen ve granatın silikat mineralleri oluşturması, bol manyetit, hematit ve çok az piritin görülmesi ile sıvı kapanım sonucu elde edilen sıcaklık ve tuzluluk verileri bu yatağın oksitli şartlar altında sıvı sokulum sonucu oluştuğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Eğrikar Fe-Cu Skarn, Ekzoskarn, Granat, Manyetit, Piroksen, Sıvı Kapanım, Gümüşhane, Türkiye.

ABSTRACT
MS THESIS

**PETROGRAPHICAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATIONS OF THE
EĞRIKAR (TORUL, GÜMÜŞHANE) Fe-Cu SKARN DEPOSIT**

Meltem YILMAZ

Gümüşhane University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ

2016, 82 pages

Egrikar Fe-Cu skarn deposit is located about 100 km northwest of Gümüşhane (NW Turkey). Sedimentary and volcanic rocks in Eğrikar (Torul-Gümüşhane) and its surrounding are of late Cretaceous age and they consist of dacite containing limestone at the base and hornblende-andesite above it. These rocks are cut by late Cretaceous Eğrikar Granitoid composed of monzogranite, granodiorite and diorite. Dacitic rocks have porphyry texture and are comprised of mainly quartz, plagioclase, biotite and opaque minerals. On the otherhand, limestones are sporadically turned into marble and crystallized. Hornblende-andesites have micro-granular porphyric and glomeroporphyric textures and contain plagioclase, hornblende, biotite and quartz. Eğrikar Granitoid comprises three different lithologies (monzogranite, granodiorite and diorite) and show

myrmekitic, scripture and sieve textures. These rocks essentially comprises of plagioclase, quartz, hornblende, orthoclase and mucovite.

The contact metamorphism occurred due to intrusion of granitoidic rocks (especially monzogranite) into the limestone and volcanics in the southwestern of Eğrikar Plateau, and skarn zone developed. The formation of endoskarns and exo skarns zones from monzogranit toward limestone are determined. In the skarn zone pyroxene, garnet, epidote, quartz, clacite and actinolite-tremolite form the skarn minerals. In the skarn zone hedenbergite is found as pyroxene type and grossular-andradite and andradite are found as garnet type, respectively. The ore mineral paragenesis of Eğrikar skarn deposits consist of magnetite, pyrite, hamtite, chalcopyrite, gold and native copper. The patterned framework, boxwork, acicular, fibrous and banded textures are seen with magnetite and hematite. Goethite, limonite, digenit, malachite, azurite, bornite and lepidocrocite are determine as secondary ore minerals

The volcanics of Eğrikar Fe-Cu skarn deposits are of calc-alkalen character. On the other hand granitoids have calc-alkalen composition with medium K. The trace element characteristics of Eğrikar Granitoidic rocks in general show similarity to arc granites and Fe-skarn related to granitoids in Eğrikar Fe-Cu skarn field are determined to be occurred in post subduction.

Fluid inclusions are classified as primary, pseudo-secondary and secondary through the fluid inclusion studies made on quartz minerals from exoskarn zone of Eğrikar Fe-Cu skarn deposit. The measurements made on quartz samples determined that temperatures are between 160-380 °C and salinity between % 3.4-7.6 for the exoskarn zone, supporting an epithermal and skarn origin.

In Eğrikar Fe-Cu skarn deposits, pyroxene and garnet main forming the silicate minerals and apperance of abundant magnetite, hematite and very little pyrite along with fluid inclusion data obtained indicate that this deposit formed under oxidizing conditions by shallow intrusion.

Keywords: Eğrikar Fe-Cu skarn, Exoskarn, Garnet, Manyetite, Pyroxene, Fluid Inclusion, Gümüşhane, Turkey.

TEŞEKKÜR

“Eğrikar (Torul, Gümüşhane) Fe-Cu Skarn Cevherleşmesinin Petrografik ve Jeokimyasal Açından İncelenmesi” adlı bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Uygulanan yöntemler ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda bilim dünyasına katkılar sağlayacağına inandığım bu çalışmanın, en meşgul olduğu dönemlerde bile tez çalışmama zaman ayıran, planlanmasından yazımına kadar geçen her aşamada değerli bilgilerini ve tecrübelerini benimle paylaşan, manevi desteğini ve değerli vakitlerini benden esirgemeyen, iyi niyeti, hoşgörüsü, güler yüzü ile çalışmalarına destek olarak yön veren kıymetli Danışman Hocam, Doç. Dr. Ferkan SİPAHİ’ye şükran ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım sırasında tecrübelerinden ve desteğinden yararlandığım Öğr. Gör. İbrahim AKPINAR, paleontolojik incelemelerin yapılmasında Yrd. Doc. Dr. Meral KAYA’ya, tez çalışmamın çeşitli aşamalarında yardımcı olan Arş. Gör. Yusuf KAYA ve Yrd. Doc. Dr. Mehmet Ali GÜCER’e ve ince kesitleri hazırlayan Hakkı YOKUŞ’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tüm yaşamım süresince, bana güvenen ve maddi-manevi desteğini eksik etmeyerek her zaman yanımda olan annem Pakize YILMAZ ve babam Hacı YILMAZ’a, kardeşim Ali YILMAZ’a ve arkadaşlarım Leyla TELLİ, Güner DAĞDEVİREN ve Sabriye PEKTAŞ’a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Meltem YILMAZ
Gümüşhane, 2016

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.1. Coğrafi Bilgiler.....	2
1.2.1. Coğrafi Konum.....	2
1.2.2. Topoğrafya	2
1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü.....	3
1.2. Bölgesel Jeoloji	3
1.3. Önceki Çalışmalar	4
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	6
2.1. Amaç ve Yöntemler.....	6
2.1.1. Arazi Çalışmaları.....	6
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları	7
2.1.2.1. İnce Kesit ve Parlak Kesitlerin Hazırlanması, İncelenmesi	7
2.1.2.2. Kimyasal Analiz İçin Örnek Hazırlanması	7
2.1.2.3. Sıvı Kapanım Analizleri.....	8
2.1.3. Büro Çalışmaları.....	8
3. BULGULAR	10
3.1. Stratigrafi ve Petrografi	10
3.1.1. Dasit ve Piroklastları	12
3.1.2. Kireçtaşı.....	13
3.1.3. Hornblendli Andezit.....	15
3.1.4. Eğrikar Granitoyidi.....	18
3.1.5. Monzogranit	19
3.1.6. Granodiyorit ve Diyorit	21

3.2.	Kayaç Jeokimya	23
3.2.1.	Volkanik Kayaç Jeokimyası	23
3.2.2.	Kireçtaşlarının Jeokimyası	34
3.2.3.	Eğrikar Granitoyidi'nin Jeokimyası	37
3.3.	Eğrikar Skarn Yatağı	47
3.3.1.	Skarn Minerolojisi	49
3.3.2.	Cevher Mineralleri, Parajenez ve Süksesyon	53
3.3.2.1.	İkincil Cevher Mineralleri	60
3.4.	Sıvı Kapanım	61
3.5.	Homojenleşme sıcaklığı ve tuzluluk değerleri	65
4.	TARTIŞMA	68
5.	SONUÇLAR	73
6.	KAYNAKLAR	75
	ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Çalışma alanının yer bulduru haritası	1
Şekil 1.2.	Çalışma alanındaki Eğrikar Fe-Cu Skarn Madeni'nin genel görünümü	2
Şekil 1.3.	Karadeniz Bölgesi'ndeki Metalojenik Kuşakları gösteren harita.....	4
Şekil 3. 1.	Eğrikar Fe-Cu skarn yatağı ve çevresinin stratigrafik kolon kesiti	10
Şekil 3.2.	İnceleme alanının jeolojik haritası.....	11
Şekil 3.3.	Çalışma alanındaki dasitik piroklastların arazideki görünümü	12
Şekil 3.4.	Dasit ve piroklastlarının mikroskopta çift nikoldeki görünümü.....	13
Şekil 3.5.	Eğrikar Fe-Cu skarn sahasındaki kireçtaşlarının görünümü.....	14
Şekil 3.6.	Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının kireçtaşından alınan biyomikritte belirlenen fosillerin mikroskopta tek nikoldeki görünümleri	15
Şekil 3.7.	Çalışma alanında hornblendli andezitin arazideki görünümü.	16
Şekil 3.8.	Hornblendli andezitin mikroskoptaki görünümü.....	17
Şekil 3.9.	Eğrikar Fe-Cu Skarn cevherleşmesinde görülen granitoyidlere ait kayaç örneklerinin QAP diyagramındaki konumları	19
Şekil 3.10.	Eğrikar'daki monzogranitlerde gözlenen dokular.	20
Şekil 3.11.	İbrahimöldü Tepe'nin güneydoğusunda yüzeyleme veren diyoritin arazideki görünümü	21
Şekil 3.12.	Granodiyorit ve diyorit örneğinin ince kesitte çift nikoldeki görünümleri.....	22
Şekil 3.13.	Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki volkanik yan kayaç örneklerinin diyagramlardaki yerleri.....	23
Şekil 3.14.	Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki volkanik yan kayaç örneklerinin diyagramlardaki konumları.....	28
Şekil 3.15.	Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki volkanik yan kayaç örneklerinin SiO ₂ 'e karşı ana oksit değişim diyagramları	29
Şekil 3.16.	Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki volkanik yan kayaç örneklerinin SiO ₂ 'e karşı iz element değişim diyagramları.....	30
Şekil 3.17.	Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki volkanik yan kayaç örneklerinin dağılım diyagramları.....	32
Şekil 3.18.	Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki volkanilere ait mineral ayrışma ve birikimini yansıtan değişim diyagramları.....	33
Şekil 3.19.	Çalışma alanındaki volkanitlerin Ta/Yb-Th/Yb diyagramındaki dağılımı.....	34
Şekil 3.20.	Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki kireçtaşlarının SiO ₂ karşı değişim diyagramları.....	37
Şekil 3.21.	Eğrikar Fe-Cu skarn yatağına ait granitoyidik kayaç örneklerinin sınıflama diyagramdaki yerleri	41

Şekil 3.22. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki granitoyidik kayaç örneklerinin SiO ₂ 'ye karşı ana oksit değişim diyagramları	42
Şekil 3.23. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki granitoyidik kayaca ait örneklerin SiO ₂ 'ye karşı iz element değişim diyagramları	43
Şekil 3.24. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki granitoyidik kayaç örneklerinin değişim diyagramı	44
Şekil 3.25. Çalışma alanındaki granitoyid örneklerinin üçgen diyagramlardaki konumları.....	46
Şekil 3.26. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki granitoyidlerin ve Fe-, Au-, Cu-, Zn-, W-, Mo- ve Sn-skarnlara eşlik eden granitoyidlerin diyagramlardaki konumları.....	47
Şekil 3.27. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının cevherleşme alanlarını ve skarn mineral birlikteliklerini gösteren harita.	48
Şekil 3.28. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının arazide ki görünümü.....	49
Şekil 3.29. Eğrikar Fe-Cu Skarn cevher yatağının enine kesiti	50
Şekil 3.30. Endo ve ekzoskarndaki minerallerin görünümü	51
Şekil 3.31. Kireçtaşının arazideki görünümü.....	52
Şekil 3.32. Skarn zonunda görülen ikincil cevher minerallerini arazideki görünümü.....	53
Şekil 3.33. Manyetitin cevher mikroskobisindeki görüntüleri.....	55
Şekil 3.34. Hematitin cevher mikroskobisindeki görüntüleri.	56
Şekil 3.35. Piritin cevher mikroskobisinde değişik mikroskobik görüntüleri	57
Şekil 3.36. Kalkopiritin cevher mikroskobundaki görüntüleri.	58
Şekil 3.37. Kireçtaşındaki altının cevher mikroskobundaki görünümü.....	59
Şekil 3.38. İkincil cevher minerallerinin mikroskoptaki görüntüleri.....	61
Şekil 3.39. Eğrikar skarn yatağında ekzoskarn zonundaki kuvars minerallerinin birincil sıvı kapanım görüntüleri	62
Şekil 3.40. Kuvars minerallerine ait sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıklarının histogramları.	63
Şekil 3.41. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağına ait sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığına ile tuzluluk değerlerinin dağılımı	66
Şekil 3.42. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağında kuvarslardaki tuzluluk (% NaCl) ve homojenleşme sıcaklıklarının (°C) çeşitli yatak tiplerinde görülen karakteristik tuzluluk (% NaCl) ve sıcaklık (°C) değerleri ile karşılaştırılması.....	67
Şekil 3.43. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağında kuvarslardaki tuzluluk (%NaCl) ve homojenleşme sıcaklıklarının (°C) dağılımı	67

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Eğrikar ve çevresindeki plütonik kayaların modal analiz sonuçları	18
Tablo 3.2. Eğrikardaki dasit ve andezitlere ait ana (%) ve iz (ppm) element analiz sonuçları.....	24
Tablo 3.3. Eğrikardaki dasit ve andezitlere ait nadir toprak element (ppm) analiz sonuçları.....	26
Tablo 3.4. Eğrikar Fe-Cu skarn cevherleşmesi yakınındaki kireçtaşı ve mermerin jeokimyasal analiz sonuçları.....	35
Tablo 3.5. Eğrikar Granitoyidi'ne ait ana (%) ve iz element (ppm) analizleri	38
Tablo 3.6. Eğrikar Fe-Cu Skarn yatağındaki cevherleşmenin parajenezindeki minerallerin oluşum sırası.	60
Tablo 3.7. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağında ekzoskarn zonundaki kuvars minerallerine ait mikrotermometrik veriler.....	64
Tablo 3.8. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağında ekzoskarn zonundaki kuvars minerallerine ait % NaCl eş değeri tuzluluk verileri.	65
Tablo 4 1. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının Türkiye'deki ve Dünya'daki Fe ve Fe-Cu skarn yatakları ile karşılaştırılması.	70

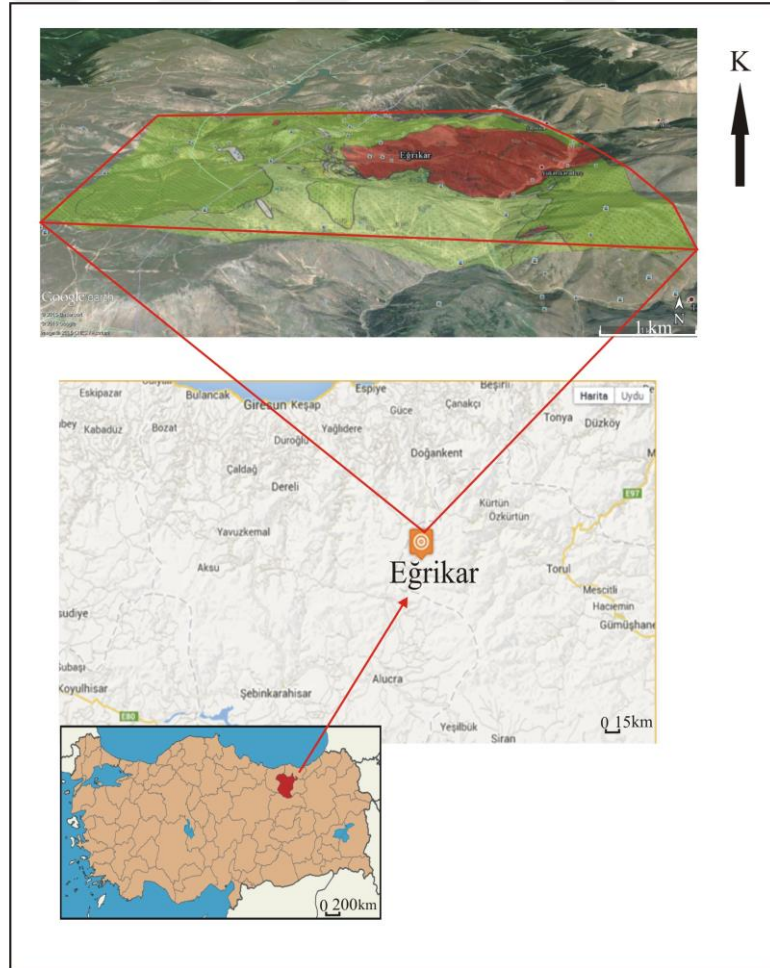
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AFK	: Asimilasyon Fraksiyonel Kristallenme
A.K.	: Ateşte Kayıp
ANTE	: Ağır Nadir Toprak Elementler
BİYE	: Büyük İyon Yarıçaplı Elementler
Eu	: Eu_N/Eu^*
Eu*	: $(Sm_N+Gd_N)/2$
Eu _N	: Normalleştirilmiş Eu
FK	: Fraksiyonel Kristallenme
HNTE	: Hafif Nadir Toprak Elementler
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma –Kütle Spektrometrisi
K	: Potasyum
N-MORB	: Normal Tip Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
NTE	: Nadir Toprak Elementler
PİZ	: Plaka İçi Zenginleşme
VAG	: Volkanik Yay Granitleri
YÇAE	: Yüksek Çekim Alanlı Elementler
YZZ	: Yitim Zonu Zenginleşmesi
Z-OOSB	: Zenginleşmiş Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bu çalışma, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Kuzey-Güney Geçiş Zonu'nda Gümüşhane İli Torul İlçesi'deki (Şekil 1.1) skarn yataklarından biri olan Eğrikar Fe-Cu skarn yatağını kapsamaktadır. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağı, granitoidin kireçtaşına sokulumu ile gelişen ekzoskarn tipindedir. Bu çalışmada, Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının cevher ve skarn mineral türleri, cevherin dokusu, mineral parajenezi ve süksesyonu, mineralojisi ve jeokimya; sıvı kapanım ve yatak oluşum özellikleri ortaya konulmuştur. Granitoid ve tortul kayalar skarn yatağının yan kayaları olduğundan, elde edilecek yeni jeolojik bulgular bölgenin ekonomik potansiyelinin yeniden değerlendirilmesinde çok önemli bir rol oynayacaktır.



Şekil 1. 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

1.1. Coğrafi Bilgiler

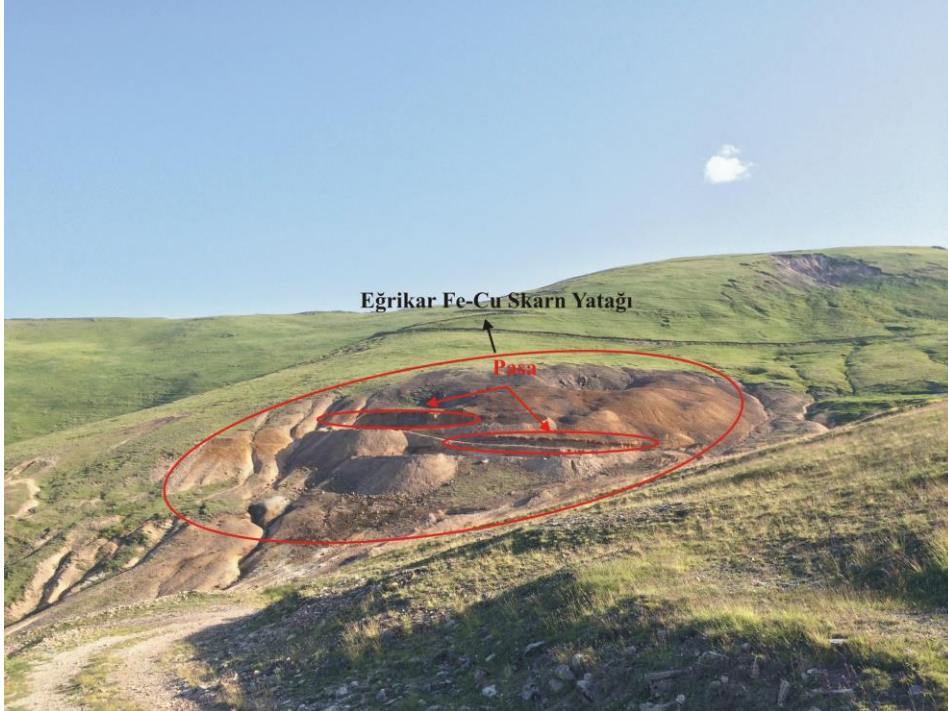
1.2.1. Coğrafi Konum

İnceleme alanı, Doğu Karadeniz Bölgesi, Gümüşhane İli, Torul İlçesi Eğrikar Yaylası'nda olup, 1/25.000 ölçekli Giresun G41-C4 paftasında yer alan bir alanı kapsamaktadır. Çalışma alanı Gümüşhane İli'ne yaklaşık 100 km uzaklıktadır.

1.2.2. Topoğrafya

İnceleme alanı, derin vadiler ve yüksek tepelerden oluşan bir topoğrafyaya sahiptir (Şekil 1.2). Çalışma alanının önemli yükseklikleri Eğrikarmaden Tepe, İbrahimöldü Tepe, Evliya Tepe, Çekümbaşı Tepe, Kazanyokuşbaşı Tepe, Hasanöldü Sırtı ve Çimdalkıranı Sırtı oluşturmaktadır.

Sahada bulunan akarsular, güney-kuzey yönünde akmaktadır. Bunların en önemlileri ise Eğrikar Dere, Karadere, Güven Deresi, Gavur Dere, Çamin Dere ve Erik Deresi'dir. Ayrıca bunlara bağlı birçok tali derelerde mevcuttur.



Şekil 1.2. Çalışma alanındaki Eğrikar Fe-Cu Skarn Madeni'nin genel görünümü

1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Saha, Doğu Karadeniz bölgesi iklim kuşağındadır. Ancak, sahilden uzak ve yüksek oluşu nedeni ile daha kuru ve serindir.

Rakımı 1500 metreye kadar olan yerler bol ve gür yayvan yapraklı bitkilerle kaplıdır. 2000 metreye kadar olan yerlerde ise iğne yapraklılar egemendir. Daha yüksekler ise çıplak ve çayırlarla kaplıdır.

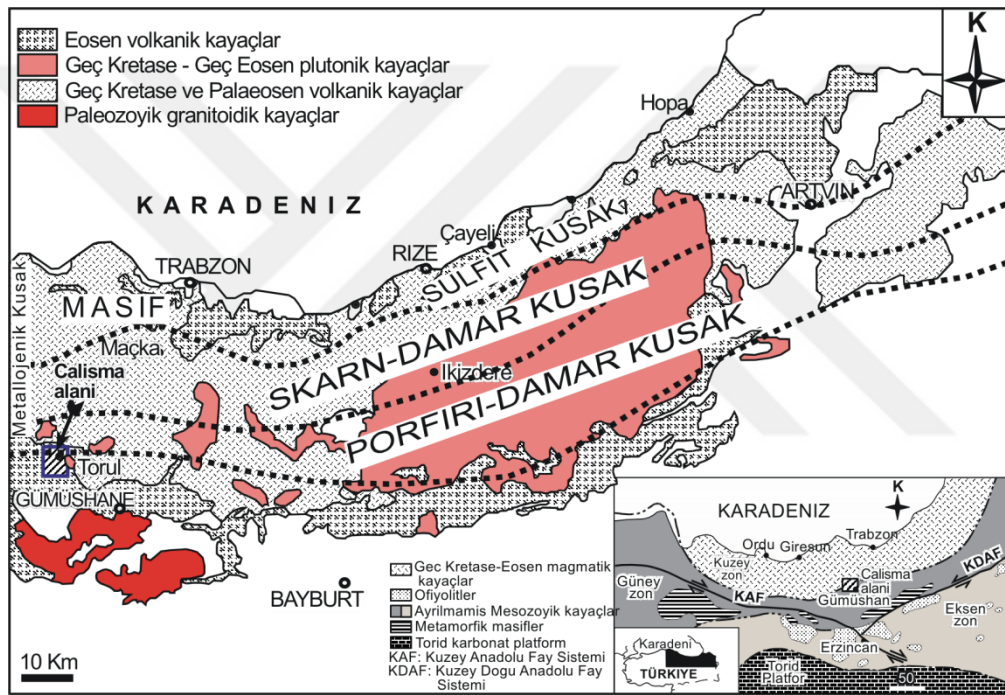
1.2. Bölgesel Jeoloji

Ketin (1966), Türkiye'nin orojenik gelişimi esasına dayanarak kuzeyden güneye doğru Karadeniz Dağları (Pontidler), Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları kuşağı olarak dört ana tektonik birliğe ayırmıştır. Bu tektonik birlikleri, Ketin ve Canitez (1972) yeniden düzenleyerek, Karadeniz Dağlarını "Doğu Karadeniz" ve Batı Karadeniz" olmak üzere ikiye ayırmışlardır. Ayrıca Doğu Karadeniz Bölümü'nde Geç Kretase yaşlı kayaçlar, kuzey ve güney bölgelerinde farklılıklar gösterdikleri için güney (iç) ve kuzey (dış) bölümlere ayrılmıştır (Akın, 1978; Gedikloğlu ve diğ., 1979; Özsayar ve diğ., 1981).

Magmatik kayaçların egemen olduğu, magmatizmaya ve volkanizmaya bağlı maden yataklarının sıkça gözleendiği Doğu Pontidler, yüzyılın başından bu yana yerli ve yabancı jeologların (Örneğin, Schultz-Westrum, 1961; Pejatoviç, 1979; Türk-Japon Ekibi, 1985; Sipahi, 2011; Aydınçakır, 2014; Akaryalı, 2010; Sipahi ve Sadıklar, 2014; Kaygusuz ve diğ., 2014; Sipahi ve diğ., 2014; Akaryalı, 2016; Akaryalı ve Akbulut, 2016) büyük ilgisini çekmiştir. Bu çalışmalarda ağırlık özellikle ekonomik değer taşıyan cevherleşmelere verilmiştir. Çalışma alanını da içine alan, Doğu Karadeniz metal provensi, Tetis Okyanus kabuğunun Paleozoyik-Miyosen zaman dilimindeki yitimine bağlı olarak bir magmatik yay üzerinde yer alır (Dixon ve Pereira, 1974; Şengör ve Yılmaz, 1981; Çağatay ve Eastoe, 1995). Tetis-Avrasya metalojenik kuşağının bir parçası olan bu zon, Doğu Avrupa, Kuzeydoğu Türkiye, Kafkaslar, İran ve Orta Asya'dan Pasifik Metalojenik Kuşağına kadar uzanır (Jankoviç, 1980).

Doğu Karadeniz Bölümü maden yatakları açısından zengin olup, D-B yönüne paralel pek çok sayıda ve farklı tiplerde maden yatağını içerisinde bulundurur (Şekil 1.3) ve bu nedenle maden yatakları bölgenin jeolojik evrimi ile ilgili olup cevherleşmeye yönelik çok sayıda çalışmaya konu olmuştur (Tüysüz ve diğ., 1994; Akçay ve diğ., 1998; Tüysüz

ve Akçay, 2000; Lermi, 2003; Saraç, 2003; Sipahi, 1996, 2005 ve 2011; Akaryalı, 2010; Demir, 2005; Demi ve diğ., 2008; Sipahi ve diğ., 2014; Akaryalı, 2016; Akaryalı ve Akbulut, 2016). Bu yataklardan en önemlileri; porfiri Cu (Au, Mo) yatakları, skarn yatakları, volkanizma ile ilişkili masif sülfür yatakları ve epitermal Au-Ag yataklarıdır (Tüysüz, 1995; Akçay ve Tüysüz 1998; Akçay ve Arar, 1999; Tüysüz ve Akçay, 2000.; Akaryalı, 2010, Sadıklar ve diğ., 2007; Sipahi, 1996, 2011; Sipahi ve Sadıklar 2011; Akaryalı ve Tüysüz, 2013; Sipahi ve diğ., 2014; Akaryalı, 2016; Akaryalı ve Akbulut, 2016).



Şekil 1.3. Karadeniz Bölgesi'ndeki Metalojenik Kuşakları gösteren harita (Pejatoviç, 1971)

1.3. Önceki Çalışmalar

Karadeniz Bölgesi'nin bir magmatik yay olduğu, volkanizma, tektonizma ve plutonizma ile ilişkili maden yataklarının bu magmatik yay üzerinde geliştiği bütün araştırmacılar (Çoğulu, 1975; Pejatoviç, 1979; Bektaş, 1986; Tüysüz, 2000; Lermi, 2003, Akaryalı, 2010; Sipahi, 2011; Sipahi ve Sadıklar, 2014; Sipahi ve diğ., 2014) tarafından kabul edilmektedir.

İncelenecek skarn yatağında MTA tarafından 1970 ve 1992 yılları arasında değişik zamanlarda etüd çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar skarn yataklarının cevher türü ve gang bileşimini belirtmeden öteye gitmemiştir.

Kamitani ve diğ. (1978), Gümüşhane (Torul) Eğrikar yöresinde Kretase yaşlı volkanik kayalar, piroksenli andezit, volkano sedimanter kayalar, dasitik kayalar ve hornblendli andezitlerin bulunduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar ayrıca, bunları kesen kuvars porfirler, andezit daykları, skarnlaşmış kireçtaşları ve Cu-Fe cevherleşmesinden söz etmektedir.

Takaoğlu ve diğ. (1978), Eğrikar ve çevresinde yaptıkları çalışmada skarn ve hidrotermal tip olmak üzere iki çeşit cevherleşme olduğunu saptamış ve skarn cevherleşmesinin volkano-sedimanter kayalar içinde geliştiğini saptamışlardır. Epidot, aktinolit ve klorit mineralleri skarn minerallerini; manyetit, hematit, spekülarit, pirit ve kalkopiritin ise cevher minerallerini oluşturduğu belirtilmiştir. Cevherli skarn zonundan alınan örneklerde ortalama % 1 Cu tenörü saptanmıştır.

Çekiç ve diğ. (1985) Eğrikar ve çevresinde yapmış oldukları çalışmada zuhurun kireçtaşı ara katkılı bazikler kesen intrüziyelere bağlı olarak geliştiğini belirtmişlerdir. Bu rapora göre, Eğrikar'da skarn mineralleri olarak epidot, aktinolit, tremolit ve çok az miktarda garnet ve piroksen; cevher mineralleri olarak hematit ve kalkopiritin bulunduğunu tespit etmişler; Cu tenörü % 0.14-11.26 ve Fe tenörü % 9.29-47.78 arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Er ve Serdar (1992) bölgede yapılan maden arama çalışmalarını derleyerek Eğrikar demir-bakır zuhurunun 700 m uzunluğunda ve 300 m genişliğinde olup, pirit, manyetit ve kalkopiritten ibaret ve cevherleşmenin ortalama % 0.8 Cu tenörlü olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışma alanı içerisinde yüzeyleme veren ve skarn yatağı ile ilgili olarak incelenecek olan granitoidik kayalarla ilgili yapılan çalışmalar sınırlı olup, yalnızca Torul granitoyidi (Kaygusuz, 2000; Kaygusuz ve diğ., 2008; 2012; 2013) ve Zigana Plutonu (Karslı, 1996) ile ilgili detay araştırmalar yapılmış, çalışma sahasındaki granitoidik kayalarda ise yalnızca sınırlı petrografik çalışma yapılmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Amaç ve Yöntemler

Bu çalışma Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Gümüşhane (Torul) il sınırları içinde Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının cevher ve skarn mineralleri, yan kayaçların dokusu, minerolojik ve jeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Ayrıntılı olarak mineralojik ve jeokimyasal özellikleri ile tanımlanacak olan bu yatağın konumu Doğu Karadeniz Bölgesi'nin jeotektonik evrimine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu tez kapsamında yapılacak arazi çalışmaları sonucunda detay jeoloji haritası oluşturulmuş ve araziden alınan örneklerin petrografik incelemesi sonucunda kayaç dokusu, minerolojisi ve türü belirlenmesi amaçlanmıştır. Tüm kayaç kimyası sonucu elde edilen verilerden oluşum şartları araştırılacaktır. Ayrıca cevherli örneklerden hazırlanacak parlak kesitler üzerinde cevher mikroskobisi çalışmalarıyla cevherleşmenin mineral parajenezi ve süksesyonu belirlenecektir. Kuvarlarda yapılan sıvı kapanım ölçümleri ile cevherleşmenin oluşum sıcaklığı hakkında bilgi elde edilmesi amaçlanmıştır.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmasının ilk aşaması daha çok bu sahada yüzeylenen birimlerin tanınması, dokanak ilişkileri ve yapısal unsurların belirlenmesine yönelik olmuştur. Daha sonra yoğun bir arazi çalışması yapılmış ve sistematik olarak 150 civarında kayaç ve cevher örneği alınmıştır. Bu kayaç örneklerinden 20 tanesi plütonik, 70 tanesi volkanik, 10 tanesi kireçtaşı ve 50 tanesi de cevher ve skarn minerallerinde oluşmaktadır. Önceki çalışmalar da dikkate alınarak çalışma sahasının 1/25000 ölçekli jeoloji haritası revize edilmiş, plütonik kayaçlar ile onların dokanak halinde olduğu yan kayaç sınırlarında önemli düzeltmeler ve değişiklikler yapılmıştır. Ayrıca maden sahasının detay jeolojik haritası hazırlanmıştır.

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.1.2.1. İnce Kesit ve Parlak Kesitlerin Hazırlanması, İncelenmesi

Çalışma alanından alınan kayaç örneklerinden 150 tanesinin ince kesitleri hazırlanmış ve her biri mikroskopta detaylı olarak incelenmiştir (doku, bileşim, modal analizler, adlama). Örneklerin mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar için kesitler, Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Hazırlama Laboratuvar'ında yapılmıştır. İnce kesit hazırlama sürecinde kayaçlarda alınan 0.5x2x4 cm boyutundaki küçük plakalar, bir yüzeyleri pürüzsüzleştirildikten sonra 1 mm kalınlığındaki 2.5x5 cm boyutundaki cam üzerine kanada balzamu ile yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapışmış olan plaka, aşındırıcılar yardımıyla 0.03 mm kalınlığına kadar inceltilerek petrografik inceleme için hazır hale getirilmiştir. Eğrikar Fe-Cu maden sahasından alınan cevher ve yan kayaç örneklerinden, cevher mineral parajenezini ve süksiyonunu belirlemek için parlak kesitler hazırlanmıştır. Araziden alınan örnekler, amaca uygun olarak 2x2x1 cm boyutunda kesilmiştir. Kesilen bu örnekler çeşitli boyutlardaki aşındırıcılar ile parlatma işlemine tabi tutulmuş ve son olarakta 0.1 mikron boyutundaki alüminyum oksit tozu ile uygun yüzeyi amaca uygun olarak parlatılmıştır.

Hazırlanan ince kesitler polarizan mikroskobunda incelenerek petrografisi belirlenmiştir. Cevher ve yan kayaç örneklerinden hazırlanan parlak kesitler ise üstten aydınlatmalı cevher mikroskobu ile incelenerek cevherleşmenin mineral parajenezi belirlenmiştir.

2.1.2.2. Kimyasal Analiz İçin Örnek Hazırlanması

Petrografik incelemeler sonucu taze ve ayrışmamış 43 adet (23 adet volkanik, 2 adet kireçtaşı ve 8 adet plütonik) kayaç örneğinin ana-iz-nadir toprak element (NTE) analizleri ACME (Vancouver, Kanada) analitik kimya laboratuvarında yapılmıştır.

Seçilen kayaç örnekleri, öncelikle çelik kırıcılarla kırılmış, daha sonra dane büyüklüğü 200 mesh'den daha küçük olacak biçimde halkalı öğütücüde öğütülmüştür. Analiz edilecek örnekler yaklaşık 1-2 kg ağırlığındaki örneklerden çeyrekleme yöntemi ile hazırlanmıştır. Ana ve iz element içerikleri, 0.2 g toz kayaç örneğinin 1.5 g LiBO₂ ile çözdürülüp daha sonra 100 ml %5 HNO₃ de çözünmesiyle ICP-MS ile ölçülmüştür. NTE

içerikleri 0.25 g toz kayaç örneği dört değişik asit içerisinde çözündürülüp ICP-MS ile analiz edilmiştir. Ateşte kayıp (A.K), örnekler 1000°C'de yakılarak ağırlık farkından hesaplanmıştır. Toplam Fe içeriği, Fe₂O₃ cinsinden ifade edilmiştir. Dedeksiyon limitleri, ana oksitler için % ağırlık olarak 0.002 ile 0.04, iz elementler için 0.1 ile 8 ppm ve NTE için 0.01 ile 0.3 ppm arasında bir değer almaktadır.

2.1.2.3. Sıvı Kapanım Analizleri

Sıvı kapanım çalışmaları MTA Analiz Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Sıvı kapanım için hazırlanan örnekler standart 28x48x1 mm ebadındaki lam üzerine entellan ile yapıştırılarak incelenecek mineralin şeffaflığına göre yaklaşık 60-100 µm kalınlıkta hazırlanarak çift taraflı parlatılmıştır.

Linkam MDSG 600 (motorize) ısıtma ve soğutma tablası, Leica DM 2500 M mikroskoba monte edilmiştir. İncelemeler için 20x ve 50x büyütme objektifleri kullanılmıştır. Linkam MDSG 600, tam otomatik ve programlanabilen bir sistemdir. Programlanabilmesi için bilgisayar ortamında Linksys32 isimli yazılım kullanılmaktadır. Linkam tablasının sıcaklık aralıkları -196°C ile 600°C arasında değişmektedir. Isıtma ve soğutma hızı 0.1 °C/dk'dan 150 °C'ya kadar çıkmaktadır. Soğutma işlemlerinde ise sıvı azot (N₂) kullanılmaktadır. Cihaz, sentetik saf H₂O ve H₂O-NaCl sıvı kapanım standartları ile kalibre edilmiştir. Bu standartlarla yapılan deneylerde sıvı kapanım termometresi için doğruluk ölçümleri; H₂O homojen sıcaklığı (Th H₂O) ± 4.0 °C, H₂O son buz ergime (Tm H₂O) ± 0.1 °C ve H₂O-NaCl ötektik sıcaklık (Te) ± 0.8 °C olarak bulunmuştur.

2.1.3. Büro Çalışmaları

Büro çalışmasında, tez çalışmasının konusu ile ilgili araştırmalar yapılarak, arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen veriler birlikte değerlendirilmiştir. Yapılan arazi ve mikroskobik incelemeler sonucunda çalışma alanının jeoloji ve petrografi haritası yeniden hazırlanmış ve kayaçların stratigrafik ilişkileri belirlenerek skarn yatağının özellikleri ortaya konulmuştur. Kesitler bilgisayara aktarılıp, çizim programları kullanılarak çizilmiştir. Petrografik, mineralojik ve kimyasal analiz sonuçları da çeşitli programlar yardımı ile değerlendirilip, grafik ve tablolar hazırlanmıştır.

Elde edilen veriler birleştirilerek yorumlanmış ve Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uyularak tezin yazımı gerçekteşirilmifitir.



3. BULGULAR

3.1. Stratigrafi ve Petrografi

Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının bulunduğu alanda tabanda tortul ara katkılı dasit ve piroklastları bulunmaktadır. Dasit ve piroklastların üzerine ise hornblendli andezit gelmektedir. Tüm bu birimleri Eğrikar Granitoyidi (monzogranit, granodiyorit ve diyorit) kesmektedir (Şekil 3.1, 3.2, 3.3). Saha da Eğrikar Granitoyidi ile dasit-kireçtaşı-andezit dokanağında skarn cevherleşmesi gelişmiştir.

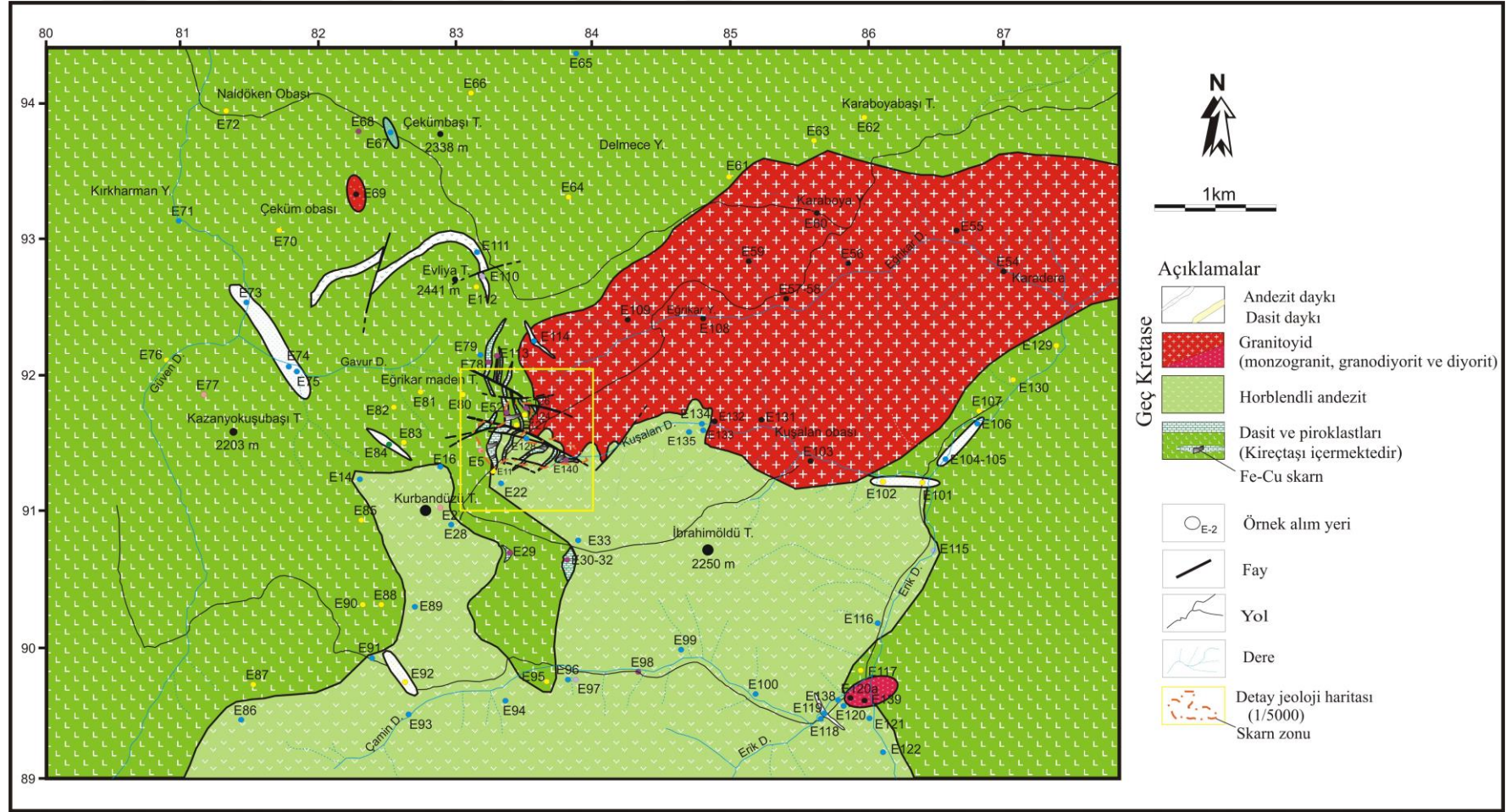
Saha ve yakın çevresindeki stratigrafik birimler yaşlıdan gence (alttan üste) doğru aşağıdaki gibi sıralanır;

3. Eğrikar Granitoyidi (monzogranit ve diyorit)
 2. Hornblendli andezit
 1. Dasit ve piroklastları (kireçtaşı mercekleri içerir)
- } Geç Kretase

ZAMAN	DEVİR	DEVRE	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
MESOZOYİK	KRETASE	GEÇ KRETASE	EĞRIKAR		Eğrikar Granitoyidi (Monzogranit, granodiyorit ve diyorit)
					Andezit daykı
					Hornblendli andezit
					Fe-Cu Skarn
					Dasit ve piroklastları (Kireçtaşı içermektedir)
					Dasit daykı

Ölçeksiz

Şekil 3. 1. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağı ve çevresinin stratigrafik kolon kesiti



Şekil 3.2. İnceleme alanının jeolojik haritası (Takaoğlu, 1978' den değiştirilmiştir).

3.1.1. Dasit ve Piroklastları

Bu birim, jeolojik haritanın orta ve batı kısmında geniş bir alanda, Evliya Tepe ve Gavurderesi Yayla çevresinde yüzeylemekte olup, dasit, aglomera ve tuf şeklindedir (Şekil 3.3.). Tortul kayaçlarla yer yer (kumlu kireçtaşı, kireçtaşı ve çört) ardalanma gösterirler. Özellikle dasitik tüflerde hematitleşme ve limonitleşmeler görülmektedir. Dasidik kayaçlar makroskobik olarak beyazımsı ve grimsi renkte olup, mikroskop altında porfirik dokuya sahiptir. Başlıca mineralleri plajiyoklas, kuvars, amfibol, biyotit ve opak minerallerdir.



Şekil 3.3. Çalışma alanındaki dasitik piroklastların arazideki görünümü

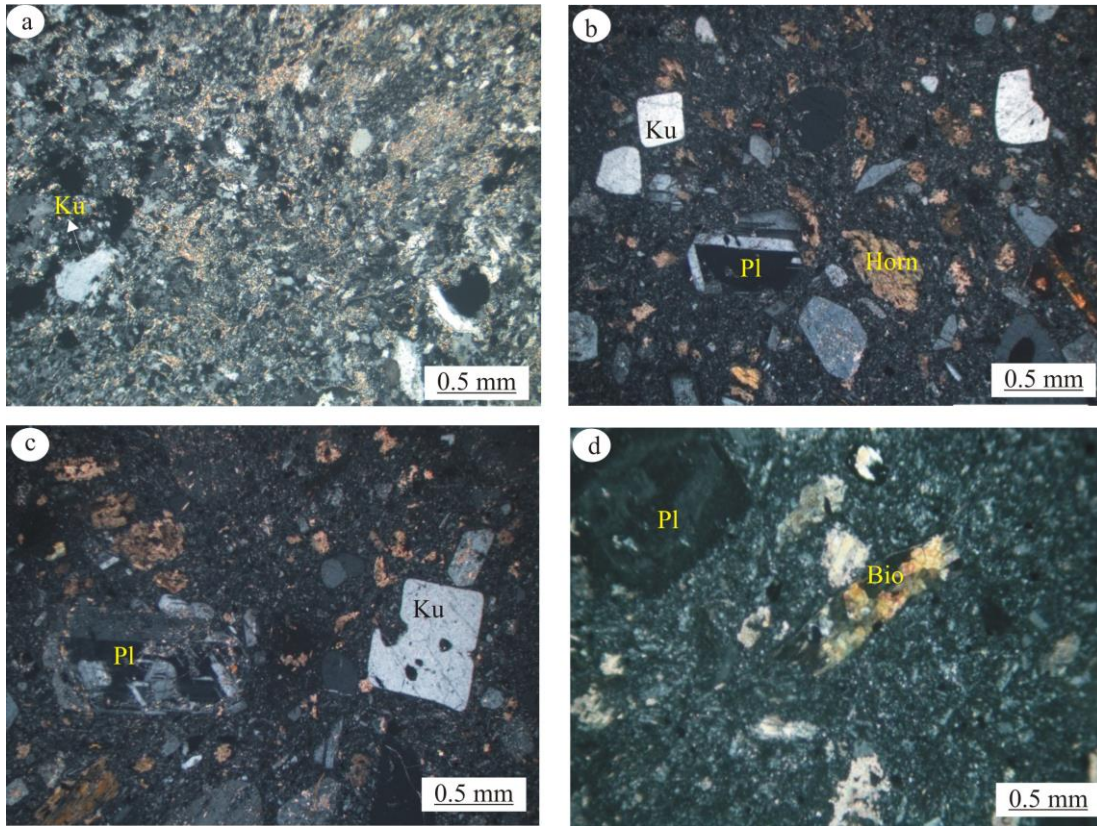
Plajiyoklaslar, öz ve yarı öz şekilli levhamsı iri kristaller, hamurda da küçük kristaller halinde bulunmaktadır. İri kristaller albit ikizi ve zonlu yapı göstermektedirler. Plajiyoklaslarda 010'a dik kesitlerde yapılan cins tayininde cinsinin andezin (An_{32-36}) olduğu belirlenmiştir. Kayaçta yaklaşık %55-60 arasında bulunmaktadır (Şekil 3.4)

Kuvars, yarı öz şekilli olarak ve hamur tarafından kemirilmiş (korrede olmuş) olarak görülmektedir. Yaklaşık olarak %20-25 arasındadır (Şekil 3.4a).

Hornblend, tek nikelde öz ve yarı öz şekilli olarak görülmekte ve renk pleokrizması göstermektedir. Çift nikelde ise serizitleşme ve kloritleşme mevcuttur. Kayaçta yaklaşık olarak %8-10 oranında bulunur (Şekil 3.4b).

Biyotit, tek nikelde yeşilimsi ve kahverengi renklerde, genellikle yarı öz şekilli olarak görülmektedir. Biyotit mineralinde epidotlaşma ve kloritleşme mevcuttur. Yaklaşık olarak %3-4 oranında bulunur (Şekil 3.4d).

Opak mineraller: Yaklaşık olarak %1 oranında bulunurlar. Ve yuvarlağımsı şekillerde görülürler.

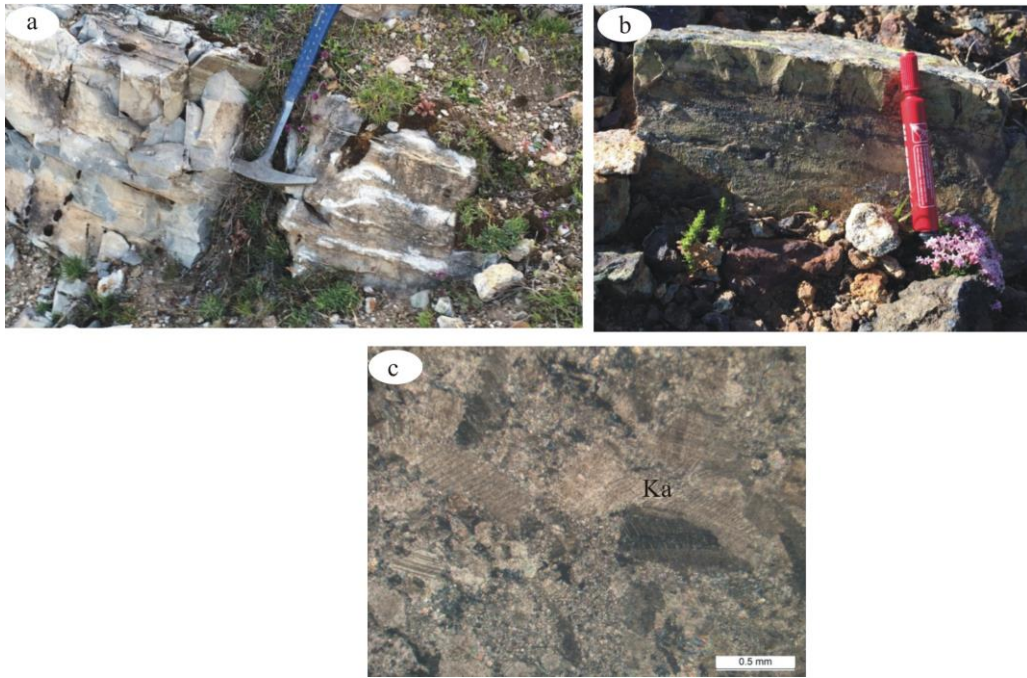


Şekil 3.4. Dasit ve piroklastlarının mikroskopta çift nikeldeki görünümü. a) Dasitik tüf (Örn.No.: E-117), b) Dasitteki hornblendin görünümü Örn. No.: E-16), c) Dasitte korrode olmuş kuvars minerali (Örn. No.: E-16), d) Dasitteki ayrıışmış biyotit mineralinin görünümü. Ku: Kuvars, Horn: Hornblend, Pl: Plajiyoklas, Bio: Biyotit.

3.1.2. Kireçtaşı

Çalışma alanındaki kireçtaşları KD-GB doğrultu ve GD eğimli olup, dasitlerle ardalı ve hornblendli andezitlerin altında bulunmaktadır. Genellikle beyazımsı, gri-

grimsi renktedirler (Şekil 3.5). Kireçtaşları tabakalı yapıda, yer yer ince-orta laminalı ve üst seviyelerde ise orta-kalın tabakalı özellik göstermektedir. Eğrikar Granitoyidi dokanağına yakın kısımlarda manyetit, hematit damarcıkları ve yer yer epidot bantları gözlenmektedir (Şekil 3.5b). Mikroskopta yapılan incelemelerde bazı örneklerde % 7-8 oranında köşeli-yarı köşeli monokristalin kuvars, % 2-3 oranında alkali feldispat, yaklaşık % 1 oranında radyolarya ve % 2-3 opak mineral ve Fe-oksitlenmeleri belirlenmiştir. Bu bileşimdeki örnekler “kumlu kireçtaşı” olarak adlandırılmıştır. Sadece kalsit mineralinden oluşan ve bol miktarda fosil içeren kireçtaşı örnekleri ise biyomikrit olarak adlandırılmıştır.



Şekil 3.5. Eğrikar Fe-Cu skarn sahasındaki kireçtaşlarının görünümü. a) Kireçtaşındaki orta tabakalanma, b) kireçtaşı içinde manyetit bantları (siyah renkli), c) Mermere dönüşmüş kireçtaşının ince kesitte çift nikoldeki görünümü (Örn. No.: E-40). Ka: Kalsit

Örn. No: E-32

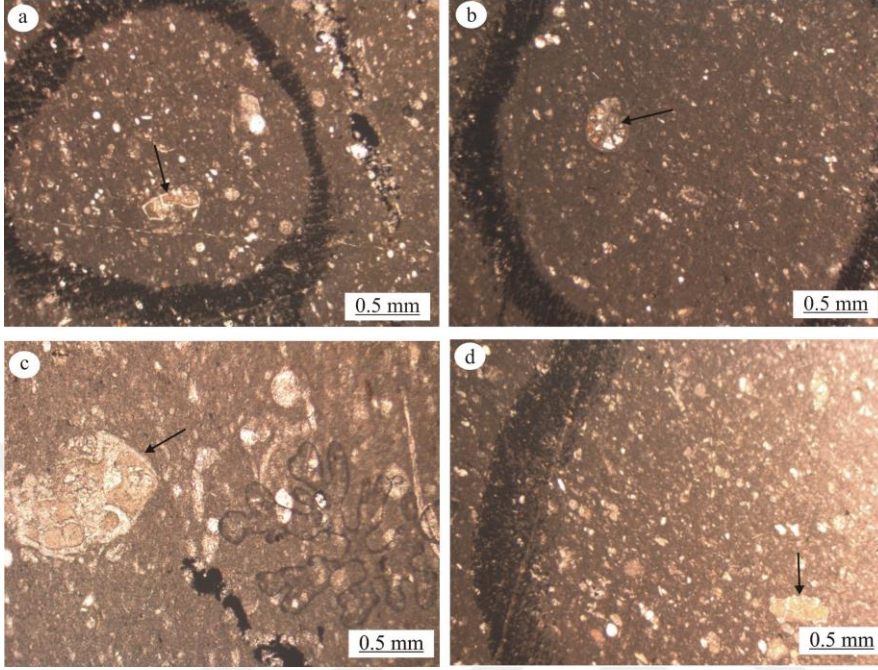
Alındığı yer: Hasanöldü sırtı

Bentik Foraminifer: *Planulina sp.*

Plantik foraminifer: *Rosita contusa* (Cushman), *Gansserina gansseri* (Bolli), *Globotruncana cf. bulloides* Vogler, *Globotruncanita cf. conica* (White), *Globotruncana ventricosa* (White) (Şekil 3.6.).

Yaş: Orta-Üst Maastrichtiyen

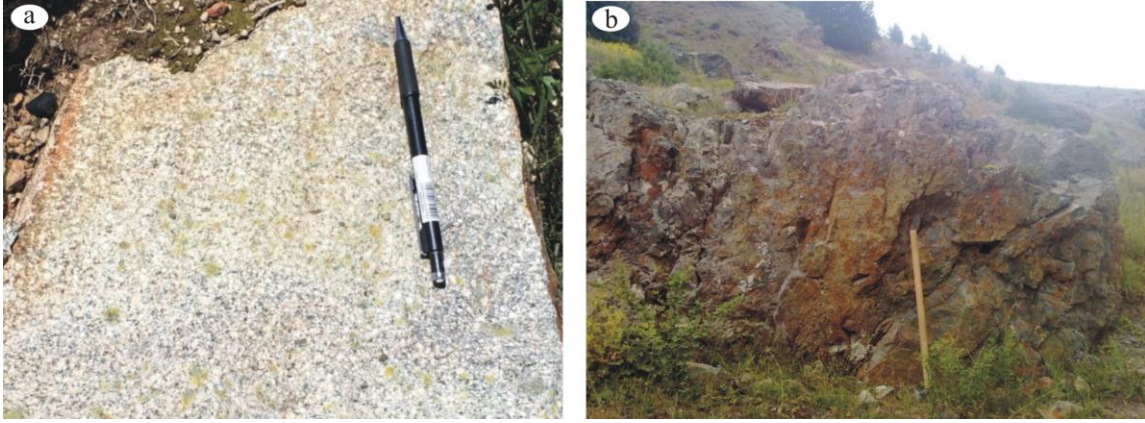
Kayaç adı: Biyomikrit



Şekil 3.6. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının kireçtaşından alınan biyomikritte belirlenen fosillerin mikroskopta tek nikoldeki görünümleri. a) *Globotruncana cf. bulloides* (Vogler), b) *Planulina* sp., c) *Globotruncanita cf. conica* (White), d) *Globotruncana ventricosa* (White)

3.1.3. Hornblendli Andezit

Bu birim çalışma alanının güney ve güneydoğu kesimlerinde Kurbandüzü Tepe, Hasanöldü Sırtı ve İbrahimöldü Tepe çevresinde yer almaktadır. Bu kayaçlar Orta-Geç Maastrichtiyen yaşlı kireçtaşlarının üzerinde bulunmaktadır. Arazide grimsi ve siyahımsı renklere görülmekte ve yer yer hematitleşmişlerdir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Çalışma alanında hornblendli andezitin arazideki görünümü a) Epidotlu hornblendli andezit ve b) Hematitleşmiş hornblendli andezit.

Mikroskobik incelemelerde kayaçların mikrogranü porfirik ve glomeroporfirik dokulu olduğu plajiyoklas, hornblend, biyotit, kuvars ve opak minerallerden oluştuğu görülmüştür.

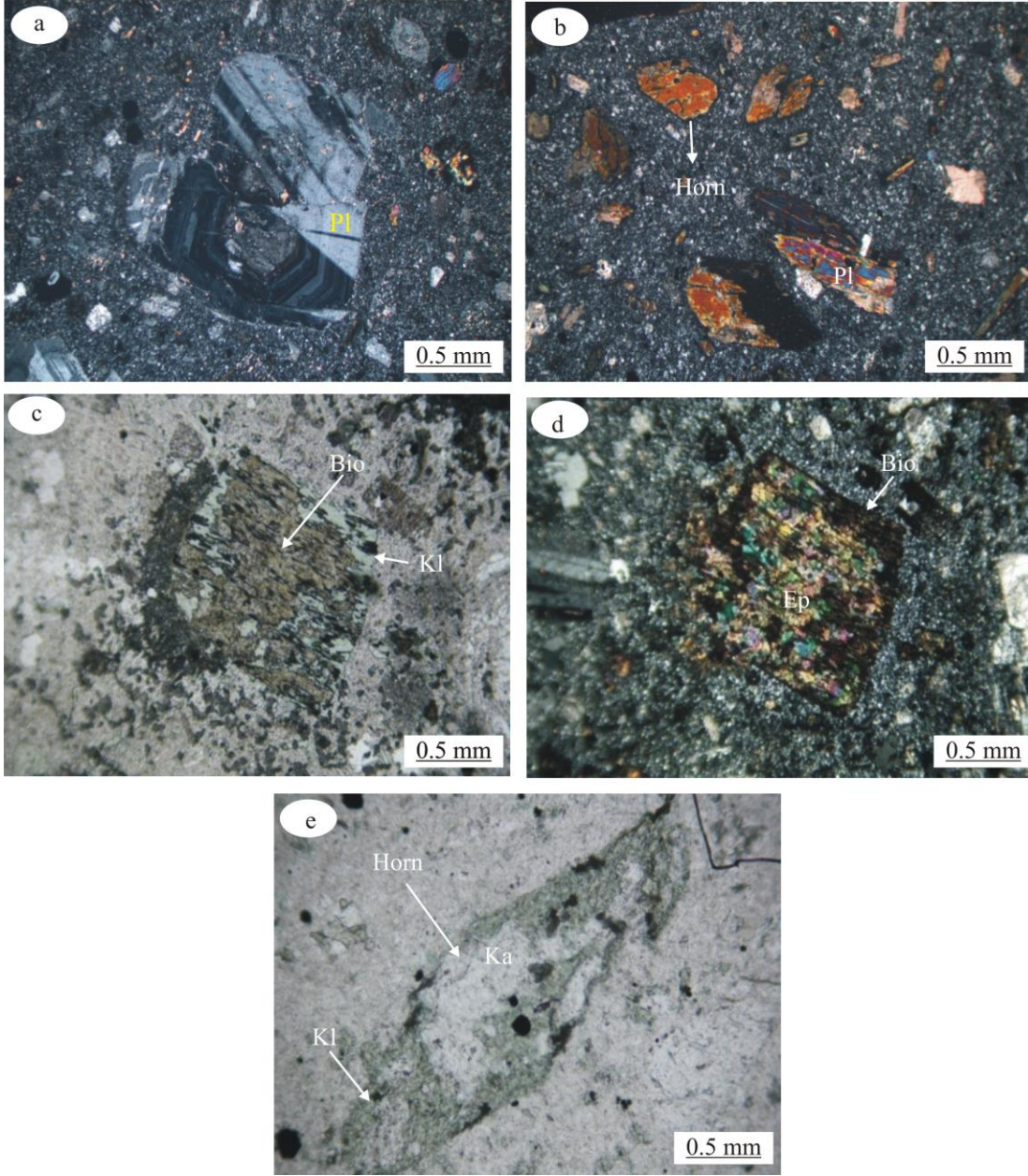
Plajiyoklas, genellikle öz ve yarı öz şekilli, hamurda da küçük kristaller halinde bulunur. Plajiyoklaslarda elek dokusu olup, kayaçta %50-55 oranına bulunur. Sönme açlarına göre yapılan cins tayininde (010'a dik kesitlerde) An içeriğinin 30-48 arasında değiştiği ve cinsinin andezin olduğu belirlenmiştir. Bazılarında epidotlaşmalar oluşmuştur.

Hornblend, öz ve yarı öz şekillidirler. Hornblend mineralleri üzerinde ayrışma sonucu kloritleşme ve epidotlaşma gelişmiştir. Kayaçta %20-25 arasında bulunur.

Biyotit, genellikle yarı öz şekilli olarak görülmektedir. Tek nikelde yeşilimsi ve kahverengimsi renklerde ve çift nikelde ise canlı renklerde görülmektedir. Biyotit mineralinde epidotlaşma ve kloritleşme mevcuttur. Yaklaşık olarak %3-4 oranında bulunurlar.

Kuvars, hamur tarafından kemirilmiş (korrede) olarak görülür ve %5-10 oranında bulunur.

Opak mineraller ise kayaçta %1 oranında olup, pirit ve kalkopiritten oluşmaktadırlar.



Şekil 3.8. Hornblendli andezitin mikroskoptaki görünümü a) Çift nikolde iri kristalli, yarı öz şekilli, albit ikizi ve zonlu yapı gösteren plajiyoklas minerali (Örn. No.: E-118), b) Çift nikolde öz şekilli ve yarı öz şekilli hornblend mineralleri (Örn. No.: E-79), c) Yarı öz şekilli biyotit mineralinin tek nikoldeki görünümü (Örn. No.: E-89) ve d) Çift nikolde epidotlaşmış, kloritleşmiş biyotitin görünümü (Örn. No.: E-89), e) Tek nikolde hornblendlerin ayrışması ile oluşan kloritl ve kalsit minerallerinin görünümü (örn. No.: E-89) Pl: Plajiyoklas, Horn: Hornblend, Bio: Biyotit, Kl: Klorit, Ep: Epidot, Ka: Kalsit

3.1.4. Eğrikar Granitoyidi

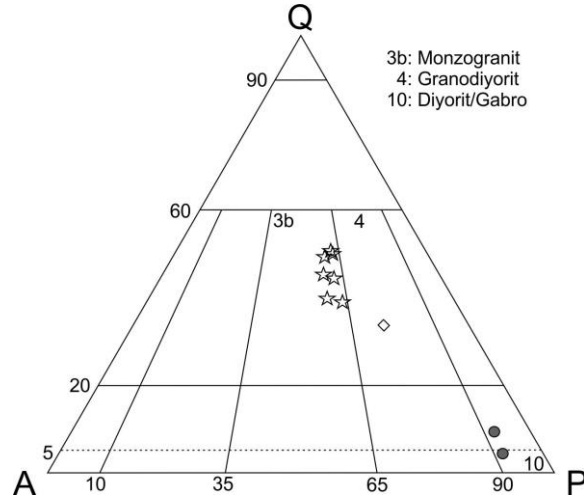
Bu çalışma kapsamında incelenen Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının doğusundaki granitoidik kayalar Takaoğlu ve diğ. (1978), Çekiç ve diğ. (1985) ve Yılmaz ve diğ. (1993) tarafından yapılan çalışmalarda kuvars porfir olarak adlandırılmıştır.

Eğrikar'daki granitoyide ait 10 adet örneğin modal analizleri (Tablo 3.1) yapılmış olup, modal analize dayalı QAP diyagramına (Streckeisen, 1976) aktarıldığında (Şekil 3.9.), granitoyidin monzogranit, granodiyorit ve diyorit bileşimli kayalardan oluştuğu görülmektedir. Çalışma alanının büyük oranda monzogranit ve daha az orandada granodiyorit ve diyorit bileşiminde olduğu tespit edilmiştir. Birim ilk defa bizim tarafımızdan Eğrikar Granitoyidi olarak adlandırılmıştır.

Bu kayaların yaşı ile ilgili jekronolojik bir çalışma yapılmamıştır. Bu birim Takaoğlu ve diğ. (1978) tarafından Geç Kretase-Eosen ve Çekiç ve diğ. (1985) ile Yılmaz ve diğ. (1993) tarafından Tersiyer olarak yaşlandırılmışlardır. Yapılan çalışmalarda bu kayaların Orta-Geç Maastrichtiyen yaşlı kireçtaşlarını (biyomikrit) kestikleri belirlenmiştir. Bu kayalar ayrıca dasit ve andezitleri de kesmektedir.

Tablo 3. 1. Eğrikar ve çevresindeki plütönik kayaların modal analiz sonuçları

Kayaç adı	Monzogranit							Granodiyorit	Diyorit	
	E-56	E-55	E-103	E-57	60	E-59	E-132		E139	E120A
Mineraller										
Plajiyoklas	34.3	29.5	29.3	27	29.7	26.7	29.1	42.1	45.3	54.1
Kuvars	34.4	33.4	41.6	44.2	38.4	44.2	46.0	29.3	2.2	5.8
Ortoklas	19.8	20.9	21	18.6	18.4	16.6	17.5	14.9	4.1	4.7
Biyotit	3.7	1.6	0.5	1.5	5.3	0.90	5.1	2.0	-	6.5
Hornblend	-	-	-	-	-	-	-	6.5	37.6	20.1
Muskovit	1.9	6.5	2.1	2.4	1	6.1	-	-	-	-
Opak	1.7	3.2	1.1	1.2	1	0.90	2.3	4.2	3.2	3.1
Epidot	-	-	-	-	-	-	-	1.0	5.4	3.7
İkincil mineraller	4.3	4.9	4.6	5.6	6.3	4.60	-	-	2.7	2.0
TOPLAM	100.10	100.00	100.20	100.50	100.10	100.00	100.00	100.00	100.50	100.00



Şekil 3.9. Eğrikar Fe-Cu Skarn cevherleşmesinde görülen granitoidlere ait kayaç örneklerinin QAP diyagramındaki konumları (Streckeisen, 1976).

3.1.5. Monzogranit

Eğrikar Granitoidine ait monzogranitler makroskobik olarak pembemsi ve grimsi renkli olup iri ve bol kuvars kristalleri bulunmaktadır.

Mikroskobik olarak orta daneli, mirmekitik ve yazı dokusu göstermekte olup (Şekil 3.10) kuvars, plajiyoklas, ortoklas, biyotit, muskovit ve opak minerallerden oluşmaktadır (Tablo 3.1). Zirkon ise tali minerali oluşturur.

Kuvars, yarı öz şekilli ve öz şekilsiz kristaller halinde, kısmende korrede olmuş şekilde bulunmaktadır. Ortoklasla beraber diğer minerallerin arasını doldurmaktadır. Kuvarslar yer yer dalgalı sönme göstermektedirler. Kayaçta yaklaşık olarak %33-44 arasında bulunmaktadırlar.

Plajiyoklas, irili ufaklı öz şekilli ve yarı öz şekilli olarak bulunurlar. Bazı plajiyoklaslar zonlu yapıda olup halkalı zonlanma gösterirler. Kayaçta %26-34 oranında bulunur Genellikle polisentetik ikizlenme ve bazılarında ise albit ikizi gözlenir. Bazı plajiyoklaslar çok az kırıklı ve kısmen serizitlemiştir. Albit ikizi gösteren kristallerin (010)'a dik kesitlerinde yapılan cins tayinlerine göre bileşimlerinin andezin (An_{35-45}) olduğu belirlenmiştir.

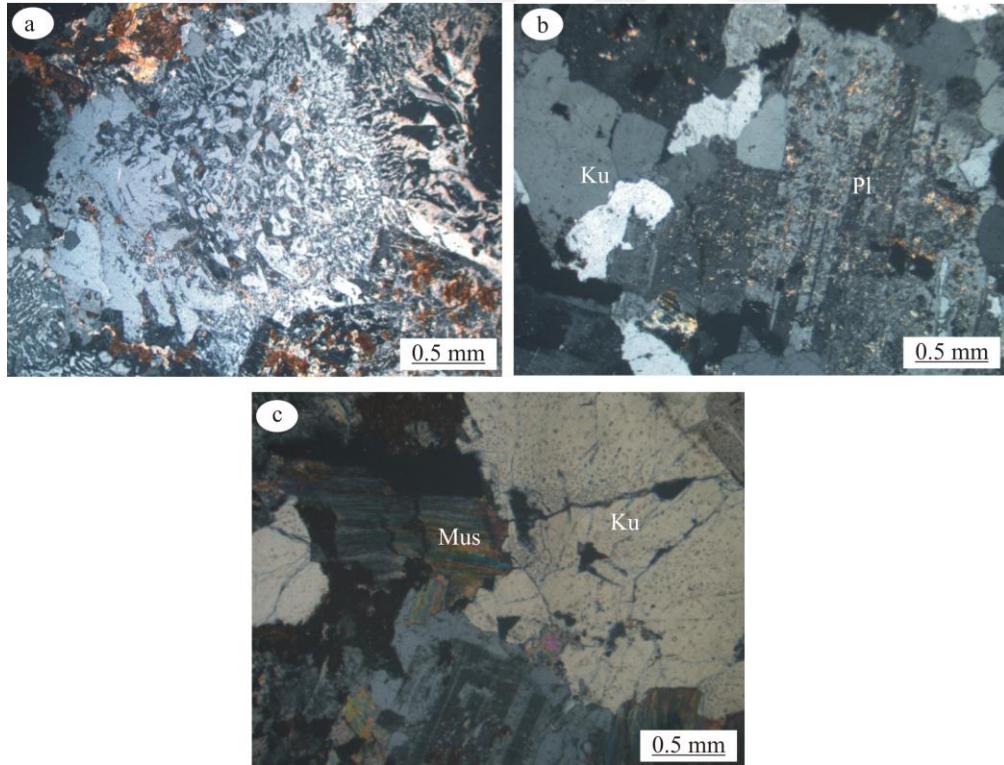
Ortoklas, iri daneli ve yarı öz şekilli kristaller halinde bulunmakta ve karlspad ikizi göstermektedirler. Ortoklas ile plajiyoklas arasında mirmekitik oluşumlar mevcuttur. Bazılarında ise enine pertitik yapı bulunmaktadır. Kayaçta yaklaşık %16-21 oranında yer alırlar.

Biyotit, öz ve yarı öz şekilli, irili ufaklı küçük kristaller şeklindedir. Ayrışmamış minerallerde pleokroizma yönlerine göre şöyledir: z ve y: kahverengimsi kırmızı -yeşil, x: sarımsı kahverengi. Kayaçta %0.5-5 arasında yer almaktadır.

Muskovit, öz ve yarı öz şekilli iri kristaller şeklinde bulunurlar. Kayaçta % 1-7 oranında bulunurlar.

Zirkon, az oranda mevcuttur ve özşekilli küçük prizmatik kristaller halinde görülmektedir. Çok yüksek rölyefte olup uzantıya paralel kesitler dik sönmelidir.

Opak mineraller değişken boyutlarda, yarı öz ve öz şekilsiz olup, manyetit ve piritten oluşmaktadır.



Şekil 3.10. Eğrikar'daki monzogranitlerde gözlenen dokular. a) Yazı dokusu (Örn. No.:E-108), b) Taneli doku (Örn. No.: E-109), c) Kümelenmiş muskovit mineralleri. Pl: Plajiyoklas, Ku: Kuvars, Mus: Muskovit

3.1.6. Granodiyorit ve Diyorit

Bu birimler İbrahimöldü Tepe'nin güneydoğusunda küçük bir yüzeyleme vermiştir (Şekil 3.11). Volkanitlerle direk dokanak halinde olup, dokanaklar nettir. Kayaç koyu grimsi renktedir (Şekil 3.11). Monzogranitten daha koyu renktedirler ve mafik mineral içeriğinin zengin olması nedeniyle de kolayca ayırt edilmektedir. Ayrışmalar yaygın olarak görülmekle birlikte monzogranite göre daha tanelidir.



Şekil 3.11. İbrahimöldü Tepe'nin güneydoğusunda yüzeyleme veren diyoritin arazideki görünümü

*Granodiyorit*in modal mineralojik bileşimi pl %42.1, kuvars %28.3, ortoklas 14.9, hornblend %6.5, biyotit %2 ve opak mineraller %4.2 oranında bulunmaktadır.

Plajiyoklas, kısmen serizitleşmiş ve albit ikizlidir. Plajiyoklas cinsi (010)'a dik kesitlerinde yapılan cins tayinlerine göre andezin (An_{31-43}) olarak belirlenmiştir (Şekil 3.12a).

Kuvars, öz şekilsiz kristaller halinde bulunmaktadır.

Ortaklas, küçük ve öz şekilsiz kristaller halinde olup, killeşmiştir.

Hornblend, öz şekilli ve yarı özşekilli kristaller halinde olup, genelde kloritleşmiş ve kısmen epidotlaşmışlardır.

Biyotit, küçük kristaller halinde bulunmaktadır. Biyotitler kloritleşmiştir.

Opak mineraller, küçük özşekilsiz kristaller halinde hornblendlerle birlikte bulunmaktadır.

Diyorit modal mineralojik bileşimi plajiyoklas %45.3-54.1, hornblend %37.6-20.1, epidot %3.7-5.4, ortoklas %4.1, kuvars %2.2-5.8 ve opak mineraller %3.2 oranında bulunmaktadır.

Plajiyoklas, öz ve yarı öz şekilli olup, elek dokusu vardır. Plajiyoklas kristallerini bazılarında zonlanmalar mevcuttur. Plajiyoklasların bazıları serizitleşmiş ve kısmende killeşmiştir. Polisentetik ikizlenme ve albit ikizi gösterir. Albit ikizi gösteren kristallerin (010)'a dik kesitlerinde yapılan cins tayinlerine göre bileşimlerinin andezin (An_{38-48}) olduğu belirlenmiştir.

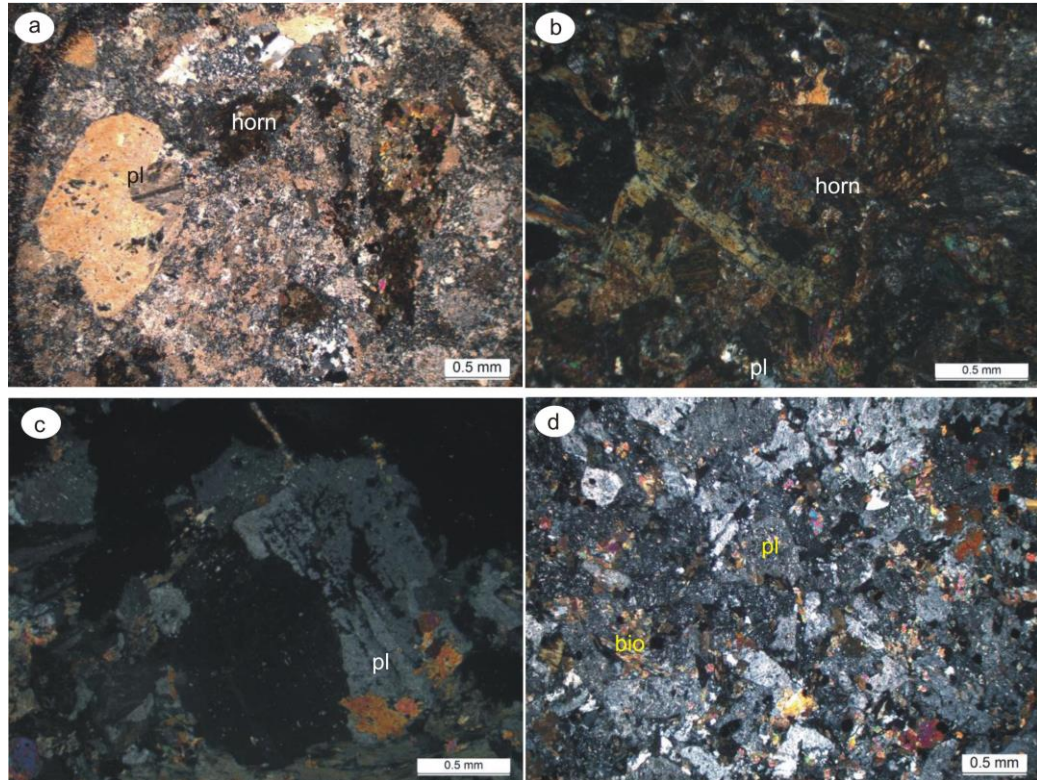
Hornblend, öz ve yarı öz şekilli olarak bulunmakta olup bazıları kloritleşmiştir.

Epidot, hornblendlerin ayrışma ürünü olarak bulunmaktadır.

Ortoklas, Yarı öz şekilli ve küçük kristaller şeklinde karlspat ikizlidir.

Kuvarlar, öz şekilsiz olarak bulunur ve ortoklasla birlikte diğer minerallerin arasını doldurmaktadır.

Opak mineraller, manyetit ve pirit minerallerinden ibarettir.

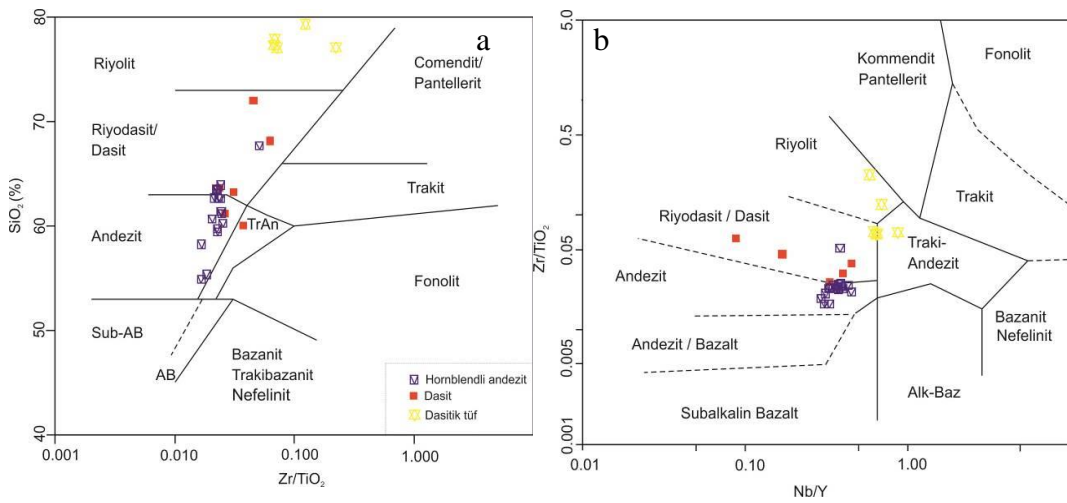


Şekil 3.12. Granodiyorit ve diyorit örneğinin ince kesitte çift nikoldeki görünüşleri. a) Plajiyoklas ve hornblend minerali (Örn. No.: E-139), b) Hornblend minerali (Örn. No: E-120A), c) Elek dokulu plajiyoklas mineralleri (Örn. No.: 120A), d) Biotit minerali (E-138c). Horn: Hornblend, Pl: Plajiyoklas, Bio: Biotit

3.2. Kayaç Jeokimya

3.2.1. Volkanik Kayaç Jeokimyası

Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının yan kayaçlarını oluşturan Geç Kretase yaşlı dasit ve piroklastları ile hornblendli andezitlerin ana, iz (Tablo 3.2) ve nadir toprak element analizleri yapılarak (Tablo 3.3) jeokimyasal özellikleri tespit edilmiştir. Volkanik kayaçların adlandırılması $\text{SiO}_2\text{-Zr/TiO}_2$ (Winchester ve Floyd, 1977) diyagramına aktarıldığında volkanitlerin andezit, dasit ve riyolit alanına düştüğü görülmektedir (Şekil 3.13a). Arazi ve mikroskop incelemelerinde volkanitlerin ayrışmaya (serizitleşme, silisleşme, kloritleşme ve karbonatlaşma) uğradıkları belirlenmiş olup K, Si, Mg ve Ca'ca zenginleşme veya fakirleşme gösterebilirler. Bu nedenle, kayaç sınıflandırmalarında ayrışmanın etkisini en aza indirmek için ayrışma sırasında hareketsiz veya daha az hareketli kabul edilen Ti, Zr, Nb ve Y (Barrett ve diğ., 1993) gibi elementleri kullanıldığı sınıflama diyagramları tercih edilmiştir. Ti, Zr ve Nb elementleri hidrotermal ayrışma ve yeşil şist derecesindeki metamorfizma ortamında hareketsiz; Y ise genellikle hareketsiz olup, çok güçlü kloritleşme zonlarında hareketli olabilir (MacLean ve Kranidoitis, 1987; Barrett ve MacLean, 1991; Barrett ve diğ., 1993). Çalışma alanındaki volkanitlerden dasitik tüf örnekleri Nb/Y–Zr/TiO₂ (Winchester ve Floyd, 1977) diyagramına göre riyolit alanına; dasit örnekleri riyodasit/dasit alanına ve hornblendli andezit örnekleri bir örnek dışında andezit alanına düşmektedir (Şekil 3.13b).



Şekil 3.13. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki volkanik yan kayaç örneklerinin diyagramlardaki yerleri a) SiO_2 'ye karşı Zr/TiO_2 ve b) Nb/Y'a karşı Zr/TiO_2 (Winchester ve Floyd, 1977).

Tablo 3.2. Eğrikardaki dasit ve andezitlere ait ana (%) ve iz (ppm) element analiz sonuçları

örnek no	Dasitik tüf				Dasit									
	E117	E76	E82	E64	E53	E16	E104	E75	E84	E89	E101	E106	E71	E99
SiO ₂	77.11	77.33	77.94	77.08	81.32	61.21	60.04	67.67	63.27	61.39	68.150	72.00	79.4	63.64
Al ₂ O ₃	13.55	12.47	12.32	12.54	10.87	15.76	15.56	14.97	15.52	15.79	13.420	13.00	12.1	16.31
Fe ₂ O _{3t}	1.29	0.94	0.67	0.77	1.07	4.88	3.65	3.26	4.17	4.69	4.640	4.00	0.6	4.53
MgO	0.84	0.45	0.23	0.92	0.60	3.32	1.66	1.72	2.21	2.46	2.370	1.00	0.7	2.04
CaO	0.06	0.17	0.08	0.39	0.07	4.65	5.30	1.64	3.51	4.80	0.710	a.s.a	0.0	4.30
Na ₂ O	1.11	1.63	3.02	1.38	2.59	2.72	3.11	3.13	3.28	2.69	3.090	4.00	0.1	3.70
K ₂ O	3.62	5.43	4.31	4.51	2.11	2.61	1.57	5.32	3.25	3.28	1.600	1.00	4.9	2.48
TiO ₂	0.05	0.10	0.11	0.10	0.10	0.39	0.29	0.30	0.34	0.40	0.190	a.s.a	a.s.a	0.36
P ₂ O ₅	<0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.12	0.14	0.10	0.10	0.12	0.050	a.s.a	<0.01	0.12
MnO	0.01	0.05	<0.01	0.02	0.03	0.19	0.09	0.12	0.10	0.12	0.210	a.s.a	a.s.a	0.11
A.K.	2.20	1.30	1.20	2.20	1.10	3.70	8.40	1.50	40	40	5.50	3.40	1.80	2.10
Toplam	99.85	99.88	99.88	99.92	99.91	99.55	99.81	99.7	99.72	99.71	99.89	99.92	99.8	99.72
Cr ₂ O ₃	a.s.a	a.s.a	a.s.a	<0.002	a.s.a	0.02	<0.002	a.s.a	0.01	a.s.a	<0.002	<0.002	a.s.a	0.01
Sc	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	12.00	6.00	6.00	9.00	11.0	5.00	16.00	2.00	10.00
Ba	937.00	586.00	811.00	566.00	621.00	2246.00	793.00	1774.00	1041.00	1206.00	234.00	155.00	1463.00	1112.00
Be	2.00	4.00	1.00	1.00	1.00	<1	<1	1.00	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Co	1.70	0.40	0.60	0.50	0.70	14.30	6.70	4.50	9.90	11.60	0.80	1.10	<0.2	9.90
Cs	2.40	1.00	0.40	2.20	0.40	0.30	1.80	0.40	0.60	0.50	0.70	0.20	0.70	0.20
Ga	15.90	9.00	8.80	9.70	6.70	15.10	14.80	12.10	13.90	13.50	14.50	14.30	10.40	12.90
Hf	4.20	2.50	2.50	2.40	2.40	2.90	3.10	4.10	2.80	2.70	3.50	3.50	2.20	2.5
Nb	10.40	8.60	7.40	9.10	6.20	5.90	4.80	7.40	5.10	4.20	3.30	4.70	8.30	4.00
Rb	109.60	145.40	96.20	145.80	76.20	49.90	39.70	101.70	69.10	64.30	29.40	22.80	139.40	42.20
Sn	4.00	1.00	1.00	1.00	1.00	<1	<1	1.00	<1	<1	<1	<1	2.00	<1
Sr	45.20	94.60	87.00	33.50	42.60	620.00	314.90	249.40	492.0	583.00	72.00	95.30	23.90	687.90
Ta	1.10	0.80	0.70	0.80	0.60	0.50	0.30	0.60	0.40	0.30	0.20	0.30	0.80	0.30
Th	18.40	26.90	23.20	26.40	16.90	5.80	4.30	16.50	7.40	7.20	2.00	3.10	13.60	6.10
U	6.60	3.70	4.80	5.20	4.40	1.90	1.10	5.00	1.90	2.00	0.40	0.90	3.00	1.80
V	<8	<8	<8	<8	8.00	102.00	69.00	47.00	93.00	108.00	<8	<8	<8	106.00
W	2.10	2.30	1.50	3.30	<0.5	0.80	0.80	3.70	0.60	1.00	<0.50	1.00	<0.50	0.60
Zr	111.70	67.50	76.00	71.30	70.40	102.00	109.10	152.90	105.50	97.90	118.50	127.40	49.50	85.10
Y	17.70	13.40	11.30	14.70	7.10	17.80	10.60	19.20	12.80	12.10	37.60	27.70	12.00	11.10
Mo	7.50	3.80	2.70	2.20	3.90	2.70	1.20	2.60	1.90	1.50	1.60	1.90	2.50	2.80
Cu	5.90	4.50	31.00	2.30	7.70	25.60	4.30	4.70	2.80	4.80	3.20	1.90	3.90	31.80
Pb	48.10	16.80	2.00	4.00	27.30	10.90	6.20	5.20	3.40	2.40	0.90	1.00	33.50	2.70
Zn	11.00	81.00	13.00	3.00	14.00	129.00	27.00	54.00	218.00	57.00	73.00	62.00	43.00	46.00
Ni	4.00	5.50	4.10	3.10	5.30	38.80	5.30	5.80	8.80	9.60	2.00	2.10	3.00	10.00

Fe₂O_{3t}: Fe₂O₃ cinsinden toplam Fe, A.K.: Ateşte kayıp, a.s.a: Analiz sınırının altında

Tablo 3.2 (devamı)

Andezit														
örnek no	E116	E100	E77	E93	E33	E27	E86	E79	E120	E121	E118	E22B	E94	E5
SiO ₂	55.00	63.00	59.70	58.20	55.40	60.30	61.20	60.60	63.00	63.6	63.90	59.40	62.60	63.00
Al ₂ O ₃	16.00	16.00	16.50	15.60	17.50	16.00	16.30	16.50	16.00	16.30	16.10	15.30	16.00	16.00
Fe ₂ O ₃	8.00	6.00	5.50	5.60	6.50	5.10	4.80	5.30	5.00	4.80	4.60	4.80	5.20	5.00
MgO	5.00	2.00	2.80	4.60	4.10	2.90	2.80	3.10	2.00	2.20	2.20	2.60	3.20	3.00
CaO	5.00	4.00	4.90	6.10	5.70	5.40	3.40	4.10	5.00	4.30	4.70	5.50	4.90	5.00
Na ₂ O	3.00	3.00	3.10	3.10	3.10	3.40	4.40	4.70	3.00	3.60	3.00	3.20	3.40	3.00
K ₂ O	1.00	2.00	2.70	1.80	1.70	2.50	2.20	1.90	2.00	2.20	2.70	2.20	2.90	3.00
TiO ₂	1.00	a.s.a	0.50	0.50	0.60	0.40	0.40	0.40	a.s.a	0.40	0.40	0.40	0.40	a.s.a.
P ₂ O ₅	a.s.a	a.s.a	0.10	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	a.s.a	0.10	0.10	0.10	0.10	a.s.a
MnO	a.s.a	a.s.a	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	a.s.a	0.10	0.10	0.10	0.10	a.s.a
A.K	6.10	2.40	3.80	4.00	5.10	3.60	4.20	3.00	2.20	2.20	2.00	6.10	0.80	0.70
Toplam	99.79	99.69	99.72	99.72	99.73	99.71	99.75	99.72	99.74	99.71	99.72	99.78	99.72	99,52
Cr ₂ O ₃	a.s.a	a.s.a	a.s.a	a.s.a	a.s.a	a.s.a	a.s.a	a.s.a	a.s.a	a.s.a	a.s.a	a.s.a	a.s.a	a.s.a
Sc	26.00	12.00	12.00	15.00	23.00	13.00	10.00	12.00	11.00	10.00	10.00	12.00	15.00	13.00
Ba	327.00	1415.00	1030.00	832.00	843.00	1000.00	1082.00	980.00	985.00	1208.00	1058.00	645.00	988.00	2665.00
Be	<1	2.00	1.00	<1	2.00	1.00	<1	<1	1.00	<1	<1	<1	2.00	3.00
Co	21.00	9.90	12.30	17.90	14.90	13.30	11.50	12.90	9.50	7.50	6.10	11.40	15.00	13.40
Cs	0.50	0.30	0.10	0.60	0.80	0.30	1.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.50	0.30	0.40
Ga	14.60	15.00	15.50	13.80	15.90	17.40	14.20	15.00	13.60	14.30	13.60	13.40	15.90	16.10
Hf	2.80	2.80	3.10	2.00	3.20	2.80	2.50	2.50	2.50	2.40	2.80	2.60	2.90	2.40
Nb	6.40	5.30	6.00	4.10	6.30	5.00	4.70	4.10	4.40	4.10	5.10	4.10	4.70	6.00
Rb	28.30	44.90	53.60	34.20	52.60	56.20	62.00	37.80	52.20	39.10	48.20	61.90	51.70	72.90
Sn	<1	<1	<1	<1	1.00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sr	160.70	445.80	639.00	501.60	398.00	627.20	331.60	690.30	613.90	686.30	553.10	522.20	591.80	534.10
Ta	0.40	0.40	0.40	0.30	0.50	0.30	0.40	0.30	0.40	0.30	0.40	0.20	0.40	0.40
Th	3.30	7.30	4.70	5.70	10.00	5.20	4.00	3.20	6.90	6.00	6.20	5.20	7.40	5.40
U	0.80	1.90	1.20	1.70	2.70	1.40	1.00	1.40	1.70	1.70	1.70	1.40	2.10	1.50
V	196.00	113.00	120.00	132.00	170.00	119.00	104.00	123.00	112.00	111.00	102.00	118.00	137.00	105.00
W	<0.5	0.80	0.70	<0.5	1.80	1.10	0.50	<0.5	0.50	1.00	<0.5	<0.5	1.00	1.90
Zr	101.20	100.50	110.60	75.30	116.50	103.80	90.80	86.60	89.20	84.10	99.40	89.20	102.70	85.70
Y	20.70	13.40	15.10	12.40	21.50	12.90	12.40	13.10	13.40	10.90	11.80	11.20	14.10	13.30
Mo	0.50	3.70	2.10	2.00	1.40	4.30	1.40	2.50	3.20	2.50	2.00	1.20	1.50	2.70
Cu	1.50	104.20	11.00	31.60	3.40	15.00	1.30	7.20	13.10	109.60	138.50	13.40	36.90	25.60
Pb	2.00	2.10	1.60	1.50	3.80	31.30	1.10	4.80	2.10	3.70	1.50	2.20	1.40	4.30
Zn	79.00	18.00	53.00	30.00	70.00	34.00	56.00	48.00	14.00	27.00	26.00	38.00	25.00	242.00
Ni	15.90	12.20	10.00	55.40	8.50	14.50	13.70	13.30	11.70	11.50	7.90	12.60	13.10	37.90

Tablo 3. 3. Eğrikardaki dasit ve andezitlere ait nadir toprak element (ppm) analiz sonuçları

örnek no	Dasitik tuf				Dasit									
	E117	E76	E82	E64	E53	E16	E104	E75	E84	E89	E101	E106	E71	E99
La	26.00	28.80	34.10	27.30	27.90	26.00	22.90	36.80	21.90	22.30	11.90	13.90	20.10	22.10
Ce	47.50	52.30	50.80	45.00	43.90	42.00	40.70	59.60	35.00	37.80	28.20	28.10	35.20	36.10
Pr	5.32	4.82	4.72	4.25	4.06	4.91	4.28	5.92	3.72	3.90	3.52	3.49	3.69	3.78
Nd	18.90	14.40	14.4	13.80	12.10	18.20	16.90	20.90	13.60	14.10	16.60	14.30	13.00	13.90
Sm	3.63	2.42	2.12	2.29	1.87	3.18	2.76	3.24	2.56	2.59	4.42	3.47	2.21	2.48
Eu	0.51	0.34	0.37	0.37	0.34	0.90	0.83	0.85	0.71	0.74	1.24	1.22	0.16	0.72
Gd	3.24	2.02	1.88	1.96	1.32	3.23	2.41	3.33	2.36	2.43	5.26	4.08	1.96	2.38
Tb	0.50	0.30	0.29	0.31	0.20	0.50	0.33	0.48	0.36	0.36	0.97	0.74	0.34	0.34
Dy	3.05	1.83	1.71	1.94	1.13	2.71	1.85	2.81	2.07	2.01	6.35	4.82	2.06	1.96
Ho	0.64	0.39	0.39	0.43	0.21	0.55	0.37	0.63	0.42	0.38	1.34	1.04	0.41	0.39
Er	1.80	1.31	1.22	1.39	0.78	1.55	0.97	1.91	1.21	1.18	4.06	3.27	1.34	1.12
Tm	0.31	0.22	0.21	0.24	0.15	0.25	0.16	0.31	0.20	0.18	0.63	0.52	0.20	0.18
Yb	2.08	1.59	1.51	1.71	1.01	1.63	1.11	2.13	1.38	1.30	4.29	3.36	1.57	1.23
Lu	0.31	0.29	0.26	0.30	0.19	0.25	0.18	0.36	0.22	0.20	0.69	0.57	0.24	0.21
(La/Lu)N	8.70	10.30	8.70	9.40	15.20	10.8	13.20	10.60	10.30	11.90	1.80	2.50	8.70	10.90
(La/Sm)N	4.50	7.50	10.10	7.50	9.40	5.10	5.20	7.10	5.40	5.40	1.70	2.50	5.70	5.60
(Gd/Lu)N	1.30	0.90	0.90	0.80	0.90	1.60	1.70	1.20	1.30	1.50	0.90	0.90	1.00	1.40
(Sm+Gd)N	26.30	17.10	15.30	16.30	12.40	24.30	19.80	24.90	18.80	19.20	36.30	28.40	16.00	18.50
Eu*	13.20	8.50	7.70	8.20	6.20	12.20	9.90	12.50	9.40	9.60	18.20	14.20	8.00	9.30
Eu _N	5.86	3.91	4.25	4.25	3.91	10.34	9.54	9.77	8.16	8.51	14.25	14.02	1.84	8.28
Eu	0.44	0.46	0.55	0.52	0.63	0.85	0.96	0.78	0.86	0.89	0.78	0.99	0.23	0.89

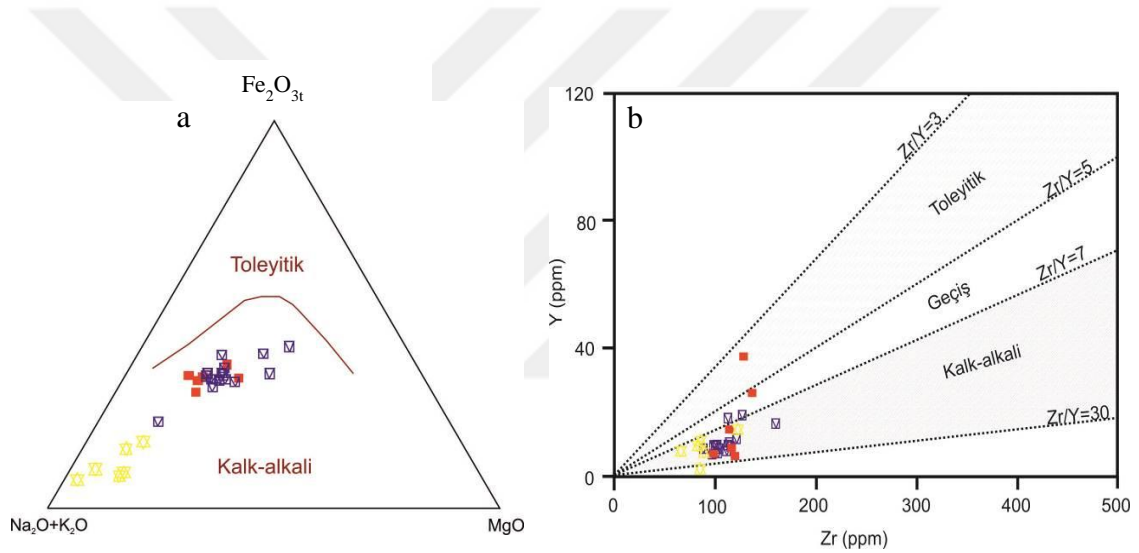
Eu* = (Sm_N+Gd_N)/2, Eu = Eu_N/Eu*

Tablo 3.3 (devamı)

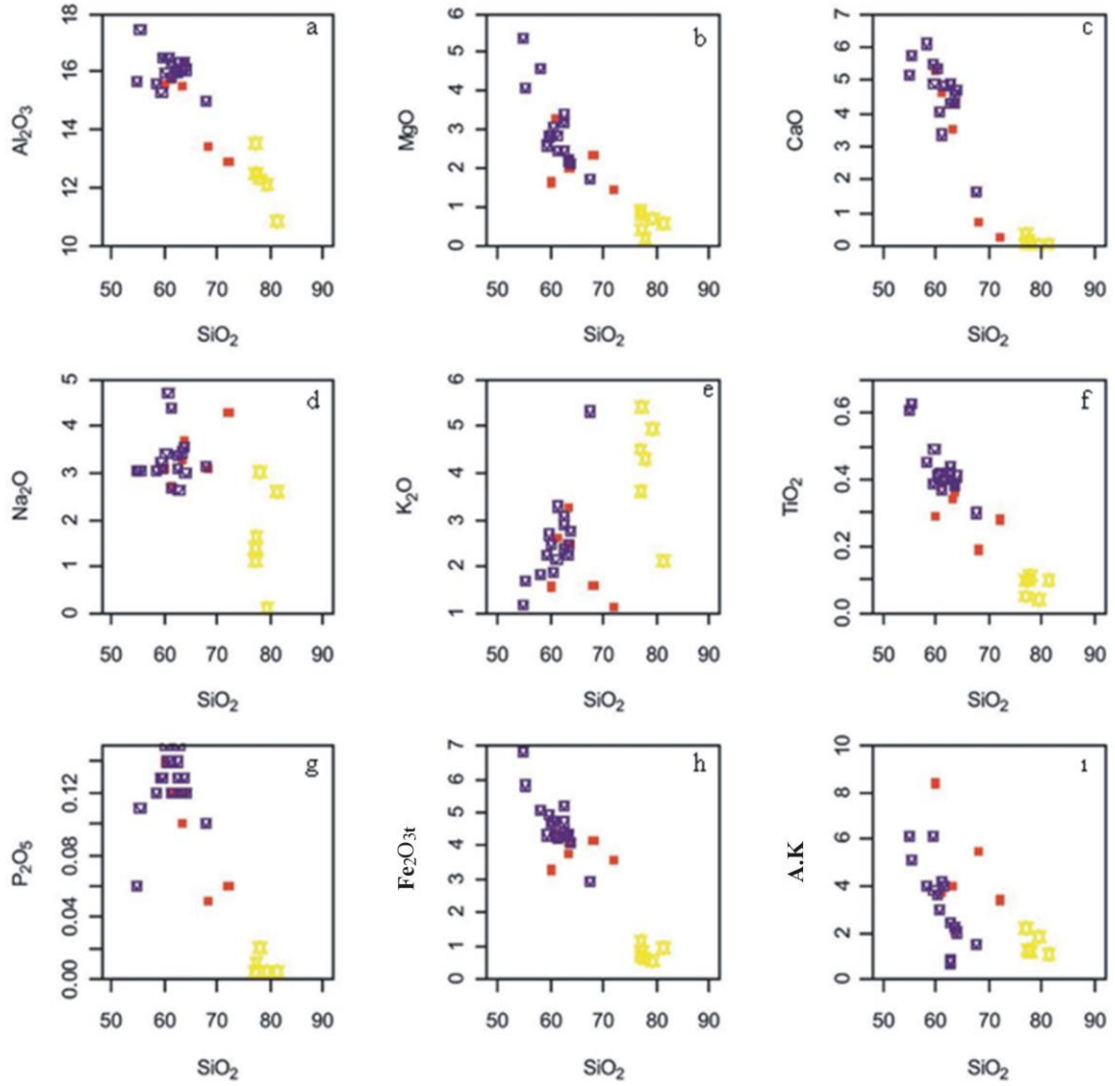
örnek no	Andezit													
	E116	E100	E77	E93	E33	E27	E86	E79	E120	E121	E118	E22B	E94	E5
La	16.00	24.50	20.40	17.20	24.20	22.00	19.10	17.60	21.60	22.40	21.30	18.90	21.50	23.20
Ce	31.60	42.10	37.10	31.30	46.70	38.30	31.70	33.40	36.70	38.20	35.10	34.30	34.40	38.60
Pr	3.54	4.26	4.09	3.35	5.07	4.07	3.50	3.71	3.83	3.96	3.84	3.70	3.79	4.16
Nd	14.70	15.30	16.70	12.70	19.20	15.20	12.60	13.80	14.60	14.20	14.00	14.00	15.00	15.50
Sm	3.06	3.00	3.36	2.54	3.79	2.75	2.41	2.83	2.64	2.68	2.81	2.54	2.71	3.00
Eu	0.82	0.76	0.81	0.77	0.91	0.76	0.76	0.80	0.77	0.76	0.76	0.76	0.81	0.78
Gd	3.40	2.63	3.08	2.40	3.51	2.74	2.25	2.62	2.54	2.50	2.48	2.33	2.76	2.62
Tb	0.59	0.41	0.45	0.38	0.57	0.40	0.33	0.38	0.38	0.34	0.40	0.35	0.39	0.38
Dy	3.63	2.28	2.68	2.17	3.29	2.28	1.91	2.18	2.38	2.00	2.20	1.98	2.14	2.01
Ho	0.79	0.46	0.55	0.44	0.75	0.45	0.38	0.39	0.50	0.39	0.43	0.40	0.41	0.36
Er	2.09	1.49	1.57	1.23	2.19	1.27	1.11	1.30	1.45	1.15	1.04	1.17	1.25	1.23
Tm	0.32	0.21	0.22	0.20	0.35	0.20	0.16	0.19	0.22	0.18	0.18	0.18	0.21	0.18
Yb	2.13	1.38	1.58	1.37	2.16	1.33	1.10	1.24	1.45	1.24	1.25	1.17	1.44	1.36
Lu	0.34	0.24	0.25	0.20	0.36	0.21	0.17	0.19	0.23	0.19	0.19	0.21	0.23	0.21
(La/Lu)N	4.90	10.10	8.50	8.90	7.00	10.9	11.70	9.60	9.70	12.20	11.60	9.30	9.70	11.50
(La/Sm)N	3.30	5.10	3.80	4.30	4.00	5.00	5.00	3.90	5.10	5.30	4.80	4.70	5.00	4.90
(Gd/Lu)N	1.20	1.40	1.50	1.50	1.20	1.60	1.60	1.70	1.40	1.60	1.60	1.40	1.50	1.60
(Sm+Gd)N	24.40	21.60	24.60	18.80	27.90	20.90	17.80	20.80	19.70	19.80	20.30	18.60	20.80	21.50
Eu*	12.20	10.80	12.30	9.40	13.90	10.40	8.90	10.40	9.90	9.90	10.10	9.30	10.40	10.80
Eu _N	9.43	8.74	9.31	8.85	10.46	8.74	8.74	9.20	8.85	8.74	8.74	8.74	9.31	8.97
Eu	0.77	0.80	0.75	0.94	0.75	0.84	0.98	0.88	0.89	0.88	0.86	0.93	0.89	0.83

Çalışma alanındaki volkanitlerin jeokimyasal karakteristikleri, AFM (Şekil 3.14a) ve Zr-Y (Şekil 3.14b) diyagramları kullanılarak irdelenmiş ve volkanitlerin kalk-alkali alanına düştüğü belirlenmiştir.

Volkanitler için SiO_2 'ye karşı oluşturulan ana element değişim diyagramında andezitten dasite doğru bir değişim izlenmiştir (Şekil 3.15). Tüm örneklerde SiO_2 'ye K_2O dışında, Al_2O_3 , MgO , Fe_2O_{3t} , Na_2O , P_2O_5 ve TiO_2 'te SiO_2 'e karşı negatif bir yönseme görülmektedir. Artan SiO_2 değerine karşılık Al_2O_3 , CaO ve MgO 'un azalması amfibol ve plajiyoklas ayrımlaşmasını, Fe_2O_{3t} ve TiO_2 'in azalması magnetit ve hematit fraksiyonlaşmasını göstermektedir. K_2O artması alkali feldispat ve biyotit birikimini göstermektedir.

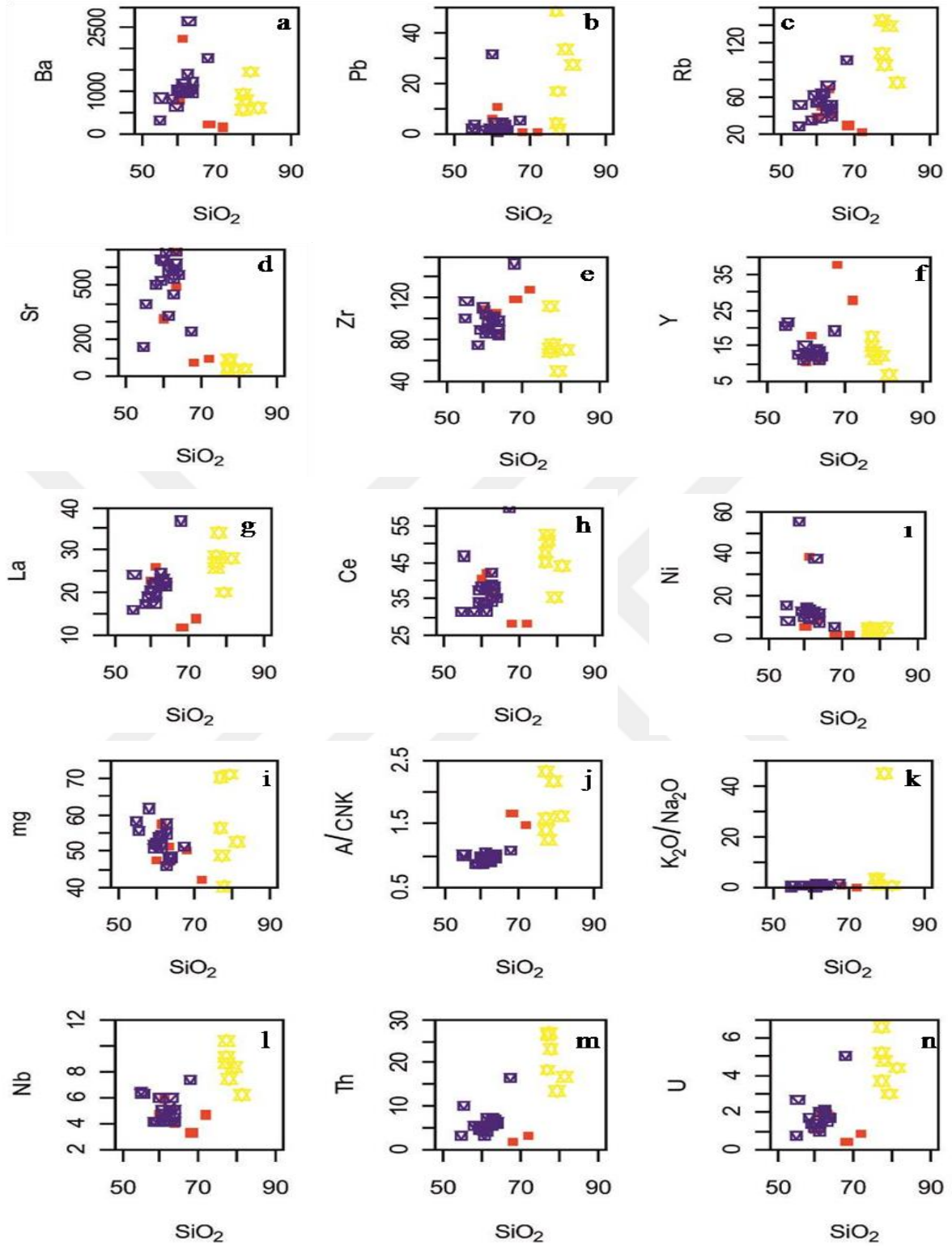


Şekil 3.14. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki volkanik yan kayaç örneklerinin diyagramlardaki konumları a) AFM (Irvine ve Baragar, 1971) ve b) Zr'a karşı Y diyagramındaki toleyitik-geçiş-kalk-alkalen ayırım doğruları Barrett ve MacLean 1994, 1999'den alınmıştır).



Şekil 3.15. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki volkanik yan kayaç örneklerinin SiO_2 'e karşı ana oksit değişim diyagramları (semboller için Şekil 3.13a'ya bakınız).

Kayaçlarda, SiO_2 miktarına karşı Sr, Zr, Y ve Ni gibi iz elementlerde genelde negatif bir ilişki gözlenirken, diğer elementlerde ise pozitif bir ilişki mevcuttur (Şekil 3.16). Genelde diyagramlarda gözlenen düzensiz dağılım ayrışmanın etkisini göstermektedir. Ayrıca pozitif veya negatif yönsemelerin parabolik olmayıp doğrusal olması ayrışmanın etkisini göstermektedir.



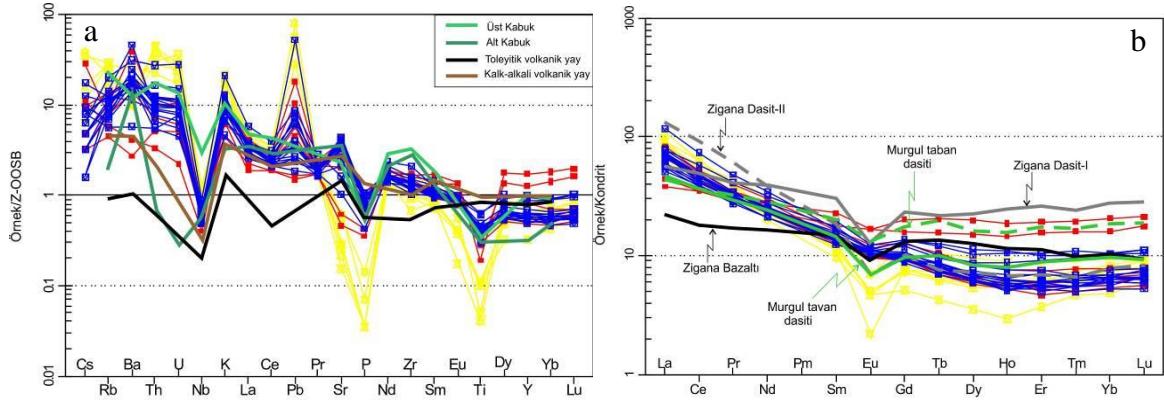
Şekil 3.16. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki volkanik yan kayaç örneklerinin SiO₂'e karşı iz element değişim diyagramları (semboller için Şekil 3.13a'ya bakınız).

Zenginleşmiş Okyanus Ortası Sırtı Bazaltlarına (Z-OOSB) göre Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının volkanik yan kayaçları normalleştirildiğinde Sr dışında, yüksek çekim alanlı elementler (YÇAE) bakımından fakirleşme, K, Rb, Ba ve Th gibi büyük iyon yarıçaplı elementler (BİYE) bakımından ise zenginleşme görülür (Şekil 3.17a). BİYE'lerden özellikle Ba'daki zenginleşme en yüksek değerdedir. Volkanitler yüksek BİYE ve düşük YÇAE içerikleri ile yüksek BİYE/YÇAE oranları yitim ilişkili kayaçların tipik karakterlerini yansıtmaktadırlar.

YÇAE'lerden Ce'de çok az zenginleşme; Nb, P ve Ti'da ise negatif bir ilişki gözlenmektedir (Şekil 3.17a). Ti ve P'da görülen negatif ilişki, farklılaşma sırasında meydana gelen Fe-Ti oksit ve apatitin fraksiyonel kristallenmesinden kaynaklanmış olabilir. Dolayısıyla zenginleşme gösteren elementler yitim zonu, Z-OOSB çizgisine paralellik gösteren elementler ise manto kaynaklı olabilir.

Volkanitlerin nadir toprak elementlerinin (NTE) kondirite göre normalleştirilmiş dağılım diyagramları Şekil 3.17b'de verilmiştir. Dasidik tüf örneklerinin La_N/Lu_N oranı 8.7-15.2, dasit örneklerinin 1.8-13.2 ve hornblendli andezit örneklerinin ise 4.9-12.2 arasında değişkenlik göstermekte ve ağır nadir toprak element (ANTE) bakımından yataya yakın bir dağılım sunmaktadırlar. Dasitik tüflerde hafif nadir toprak element (HNTE) içerikleri yaklaşık 83-110 x kondirit ve ağır nadir toprak element (ANTE) içerikleri yaklaşık 5-9 x kondirit arasındadır. Dasitlerde HNTE içeriği yaklaşık 38-83 x kondirit ve ANTE element içeriği yaklaşık 5-21 x kondirit arasında değişmektedir. Hornblendli andezitlerde ise HNTE içerikleri yaklaşık 51-118 x kondirit ve ANTE içerikleri yaklaşık 5-11 x kondirit arasındadır.

Eu değeri dasitik tüflerde 0.24-0.66, dasitlerde 0.79-0.99 ve hornblendli andezitlerde 0.76-1.00 arasındadır. Özellikle dasitik tüflerde görülen negatif Eu değeri, düşük basınç (≤ 10 kb) plajiyoklas ayrımlaşmasının ürünü olabilir (Briggs ve McDonough, 1990).

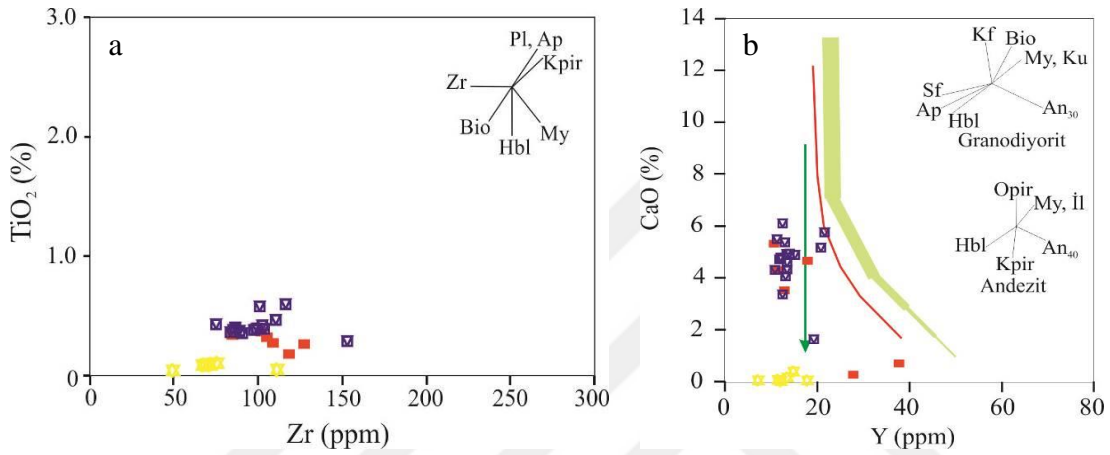


Şekil 3.17. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki volkanik yan kayaç örneklerinin dağılım diyagramları a) Zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltına (Z-OOSB değerleri Sun ve McDonough, 1989'dan alınmıştır) göre normalize edilmiş uyumsuz element (AK: Alt kabuk, Weaver ve Tarney, 1984; ÜK: Üst kabuk, Taylor ve McLennan, 1981; Toleyitik ve kalk-alkali volkanik yay, Pearce, 1982) ve b) Kondirite göre normalize edilmiş NTE dağılımı (kondirit değerleri Boynton, 1984, Zigana volkanitleri Sipahi ve Sadıklar, 2014, Murgul volkanitleri Sipahi ve diğ. 2014'den alınmıştır). Semboller için Şekil 3.13a'ya bakınız.

Ana ve iz elementler, adayayı volkanitlerinin çeşitli türlerinin oluşumunda etkili olan fraksiyonel kristallenmenin önemini belirtmektedir (Thirlwall ve diğ., 1996). Eğrikar skarn yatağındaki volkanitlerin benzer BİYE, YÇAE ve NTE patternleri göstermeleri, dasitik tüflerde kondrit-normalleştirilmiş negative Eu değerinin (Şekil 3.17) büyüklüğünün artan SiO₂ içeriği ile artması dasitik tüfler için plajiyoklas fraksiyonlaşmasını, NMORB normalleştirilmiş negative Nb, Ti ve P₂O₅ anomalileri hornblende, Fe-Ti oksit ve apatit fraksiyonlaşmasını gösterebilir. Volkanitlerin BİYE zenginleşmesi ve gösterdikleri yönelme değerleri toleyitik volkanik yaylardan fazla ve genel olarak kalk-alkali volkanik yaylardakine benzemektedir. Fakat kalk-alkali volkanik yaylardan daha fazla BİYE zenginleşmesi göstermektedir. Ayrıca volkanitlerin spider diyagramındaki elementlerinin genel dağılımları üst kabuk dağılımı ile uyumludur. Asidik kayaçlarda negatif Nb, Sr, P ve Ti değerleri Pearce (1982) ve Cox ve Hawkesworth (1985)'e göre adayayı volkanitlerinin karakteristiğidir.

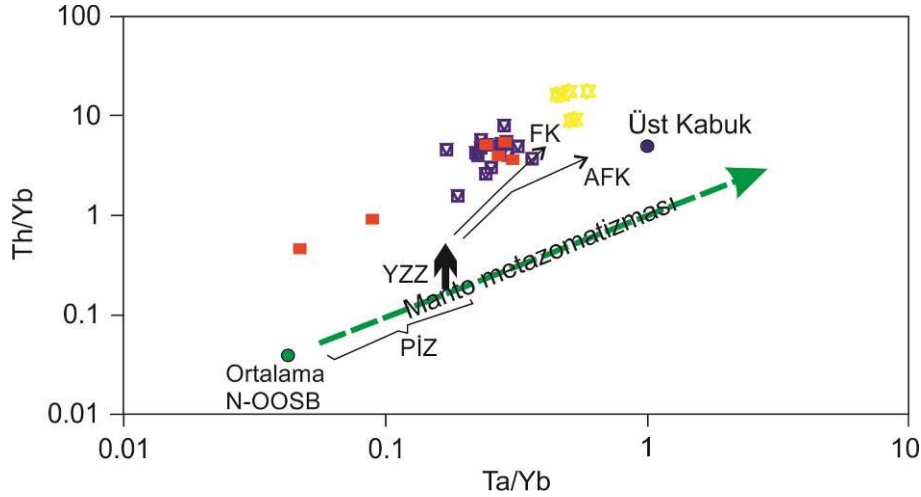
Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki volkanitlerde mineral ayrışması için Zr-TiO₂ ve Y-CaO değişim diyagramları kullanılmıştır (Şekil 3.18). TiO₂'nin sabit kalması ve Zr'un artması (Şekil 3.18a), hornblend birikimini göstermektedir. Zr ve TiO₂ arasındaki ilişki volkanitlerde hornblendin olmasından kaynaklanabilir. Volkanitler için oluşturulan Y-CaO diyagramında, örneklerde mineral ayrışma yönsemeleri görülmektedir (Şekil 3.18b).

Standart kalk-alkali yönseme dikkate alındığında hafif L ve J şeklinde bir değişim görülmektedir (Şekil 3.18b). L tipi yönsemede CaO azalmasına karşılık Y artmakta; J tipi yönsemede ise CaO ve Y beraber hareket etmektedir. Volkanitlerde belirlenen L ve J tipi yönseme hornblend, plajiyoklas, apatit ve biyotit ayrışmasına bağlı bir değişimin olduğu görülmektedir. İnce kesitlerde dasit ve andezitlerde biyotit ve hornblend olması bu ayrışmayı doğrulamaktadır.



Şekil 3.18. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki volkanitlere ait mineral ayrışma ve birikimini yansıtan değişim diyagramları. a) Zr-TiO₂ ve b) Y-CaO (Vektörler, mineral ayrışması ve birikim yönlerini göstermekte olup, Lambert ve Holland, 1974 ve Pearce ve Norry, 1979'a göre). Pl: Plajiyoklas, Kpir: Klinopiroksen, Hbl: Hornblend, Bio: Biyotit, My: Magnetit, Zr: Zirkon, Ap: Apatit. Semboller için Şekil 3.13a'ya bakınız.

Bu çalışmadaki dasitik tüfler 20.1-34.1 ppm La ve 35.2-52.3 ppm Ce, dasitler 11.9-26 ppm La ve 28.1-42 ppm Ce, hornblendli andezitler 16-36.8 ppm La ve 31.3-59.6 ppm Ce değerlerindedir. İncelenen volkanik kayaçların düşük La ve Ce içerikleri kabuki materyali ile magmanın etkileşimini göstermektedir. Kaynak bileşimi ve kabuksal kirlenmenin belirlenmesinde Th/Yb oranına karşı Ta/Yb oranının kullanılması diğer elementlere göre kabuksal kirlenmenin Th elementini daha fazla etkilemesidir (Pearce ve diğ., 1990). Th/Yb'a karşı Ta/Yb diyagramında volkanitlerin gelişimde fraksiyonel kristallenmenin daha etkili olduğu görülmektedir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Çalışma alanındaki volkanitlerin Ta/Yb-Th/Yb diyagramındaki dağılımı (Pearce, 1983; Pearce ve diğ., 1990). FK: Fraksiyonel kristallenme, AFK: Asimilasyon-fraksiyonel kristallenme, YZZ: Yitim zonu zenginleşmesi, PİZ: Plaka içi zenginleşme. Semboller için Şekil 3.13a'ya bakınız.

3.2.2. Kireçtaşlarının Jeokimyası

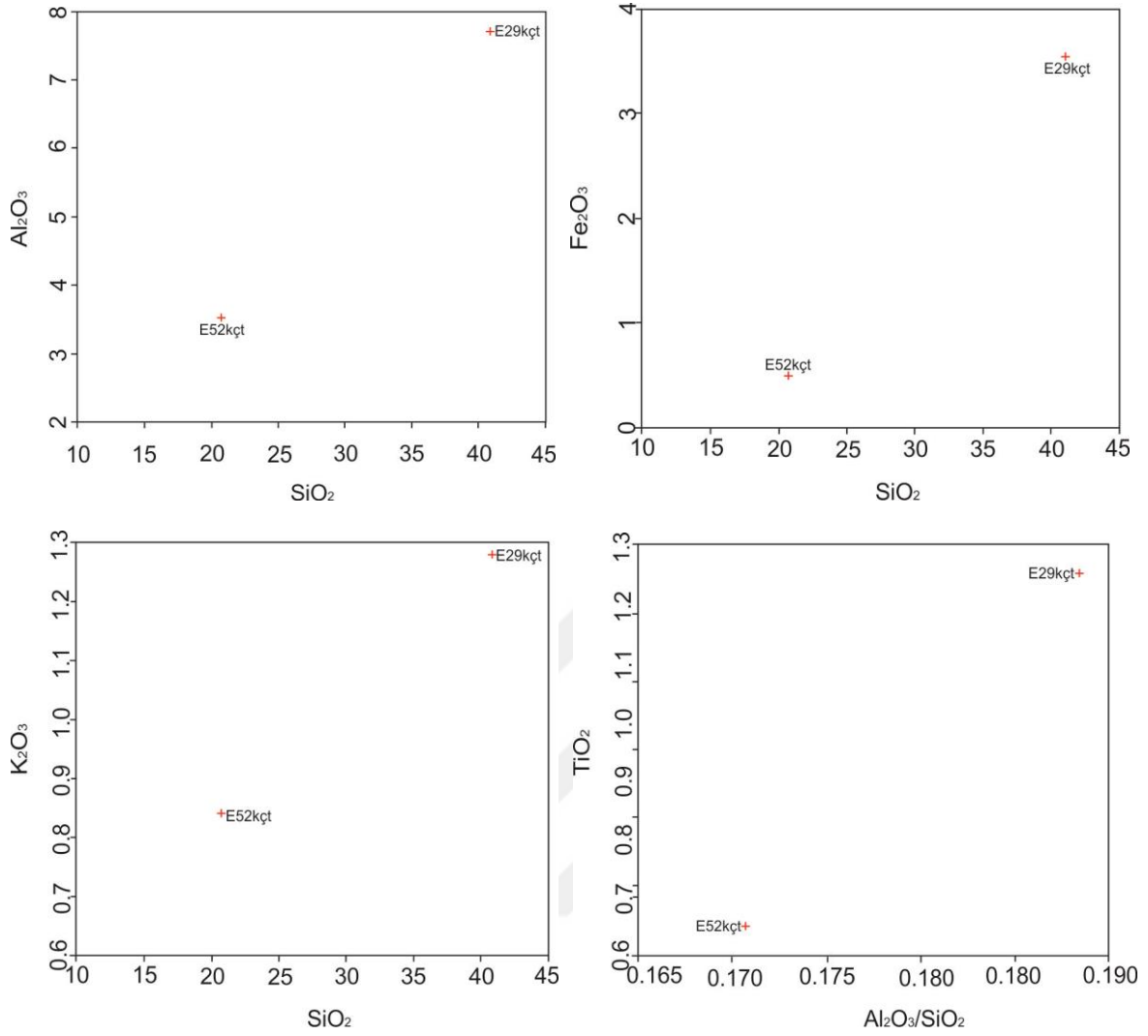
Çalışma alanında skarnlaşma ile ilişkili olan kumlu kireçtaşlarından ve yeniden kristalleşmiş kireçtaşından birer örnek alınarak ana ve iz element özelliklerinin incelenmesi için analiz edilmiş ve Tablo 3.4'te verilmiştir. Kumlu kireçtaşı, yeniden kristalleşmiş kireçtaşına (skarn zonuna uzak) göre daha yüksek Ca ve daha düşük Mg miktarlarına sahiptir. İnceleme alanındaki yeniden kristallenmiş kireçtaşlarında Ca ve Mg değerleri daha çok dolomitik olan mermerlerinkine (Lentz ve Suzuki, 2000) yakındır. Kumlu kireçtaşının metamorfizmasıyla, yeniden kristalleşmiş kireçtaşı oluşurken SiO₂ (% 40.92), Al₂O₃ (% 7.71), Fe₂O₃ (% 3.55) ve K₂O (% 1.28) ilave edilmiştir (Tablo 3.4, Şekil 3.20). Kumlu kireçtaşından yeniden kristalleşmiş kireçtaşına doğru CaO (veya CO₂) miktarında % 40 azalma olurken MgO miktarında % 157 artma olmuştur. Kumlu kireçtaşına göre Fe-Cu skarn zonuna doğru yeniden kristalleşmiş kireçtaşında CaO değerinin azalması ve MgO değerinin artması birçok skarn cevherleşmeleri ile uyumludur (Barton ve diğ., 1991; Lentz, 2000). Kumlu kireçtaşının Fe/Mg (0.62) oranı yeniden kristalleşmiş kireçtaşının Fe/Mg (1.75) oranından azdır. Ayrıca yeniden kristalleşmiş kireçtaşında Ba, V, Cu, Pb, Zn, Ni, As ve Au gibi iz elementler kumlu kireçtaşına göre artmıştır (Tablo 3.4).

Tablo 3.4. Eğrikar Fe-Cu skarn cevherleşmesi yakınındaki kireçtaşı ve mermerin jeokimyasal analiz sonuçları.

	Kumlu kireçtaşı	Mermer
örnek no	E52	E29
SiO ₂	20.69	40.92
Al ₂ O ₃	3.53	7.71
Fe ₂ O ₃	0.49	3.55
MgO	0.79	2.03
CaO	39.40	23.50
Na ₂ O	0.49	0.45
K ₂ O	0.84	1.28
TiO ₂	0.02	0.28
P ₂ O ₅	<0.01	0.14
MnO	0.04	0.12
Cr ₂ O ₃	<0.002	0.003
A.K.	33.60	19.90
Toplam	99.89	99.86
Ba	172.00	270.00
Sc	<1	8.00
Co	0.70	4.20
Cs	0.30	1.20
Ga	2.60	7.10
Hf	0.70	2.20
Nb	2.00	4.30
Rb	28.10	40.80
Sn	<1	1.00
Sr	519.70	317.40
Ta	0.20	0.30
Th	5.20	6.90

Tablo 3.4 (devamı)

	Kumlu kireçtaşı	Mermer
örnek no	E52	E29
U	1.40	2.10
V	<8	107.00
W	<0.50	1.20
Zr	18.70	83.00
Y	5.90	12.10
La	8.50	16.70
Ce	14.90	29.90
Pr	1.56	3.27
Nd	5.60	12.30
Sm	0.83	2.23
Eu	0.14	0.47
Gd	0.87	2.34
Tb	0.13	0.36
Dy	0.92	2.12
Ho	0.17	0.43
Er	0.54	1.30
Tm	0.09	0.20
Yb	0.59	1.31
Lu	0.09	0.19
Top. C	8.72	4.85
Top. S	<0.02	0.13
Mo	1.10	1.00
Cu	2.20	14.90
Pb	12.60	31.40
Zn	4.00	33.00
Ni	0.50	10.80
As	1.00	4.80
Sb	<0.1	0.10
Bi	0.10	1.00
Au	0.50	1.10
Hg	<0.01	0.03



Şekil 3.20. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki kireçtaşlarının SiO₂ karşı değişim diyagramları a) Al₂O₃, b) Fe₂O₃ ve c) K₂O, d) SiO₂/Al₂O₃'e karşı TiO₂

3.2.3. Eğrikar Granitoyidi'nin Jeokimyası

İnceleme alanında skarnlaşma ile ilişkili olan Eğrikar Granitoid'inin ana ve iz element (Tablo 3.5) özellikleri incelenmiştir. Eğrikar Fe-Cu Skarn yatağının yakın kesimlerinden alınan granitoyid örnekleri; Middlemost (1994)'un sınıflama diyagramına aktarıldığında, Eğrikar Fe-Cu Skarn yatağının doğusundan alınan örneklerin granit alanına, çalışma alanının güney doğusundan alınan örneklerin ise gabroyik diyorit, diyorit ve granodiyorit alanına düştüğü görülmektedir (Şekil 3.21a). Alınan bu örneklerin kimyasal sınıflaması petrografik sınıflama ile karşılaştırıldığında aynı sonuca varılmıştır. K₂O-SiO₂ diyagramında (Le Maitre,1989) örnekler bir örnek dışında orta K'lu kalk-alkali bir bileşim

sunmuş ve AFM (Irvine ve Baragar, 1971) diyagramında kalk-alkali olarak sınıflanmıştır (Şekil 3.21b ve c). Monzogranit örneklerinin A/CNK [molar $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$] değerleri iki örnek dışında (E69 ve E132 nolu örnekte A/CNK= 2.12 ve 1.58) 1.04-1.45 arasında ve granodiyorit 0.98 olup, peralümin karaktere; gabroyik diyorit (0.76) ve diyorit (0.98) örnekleri ise metalimünyum karaktere sahiptir.

Tablo 3.5. Eğrikar Granitoyidi'ne ait ana (%) ve iz element (ppm) analizleri

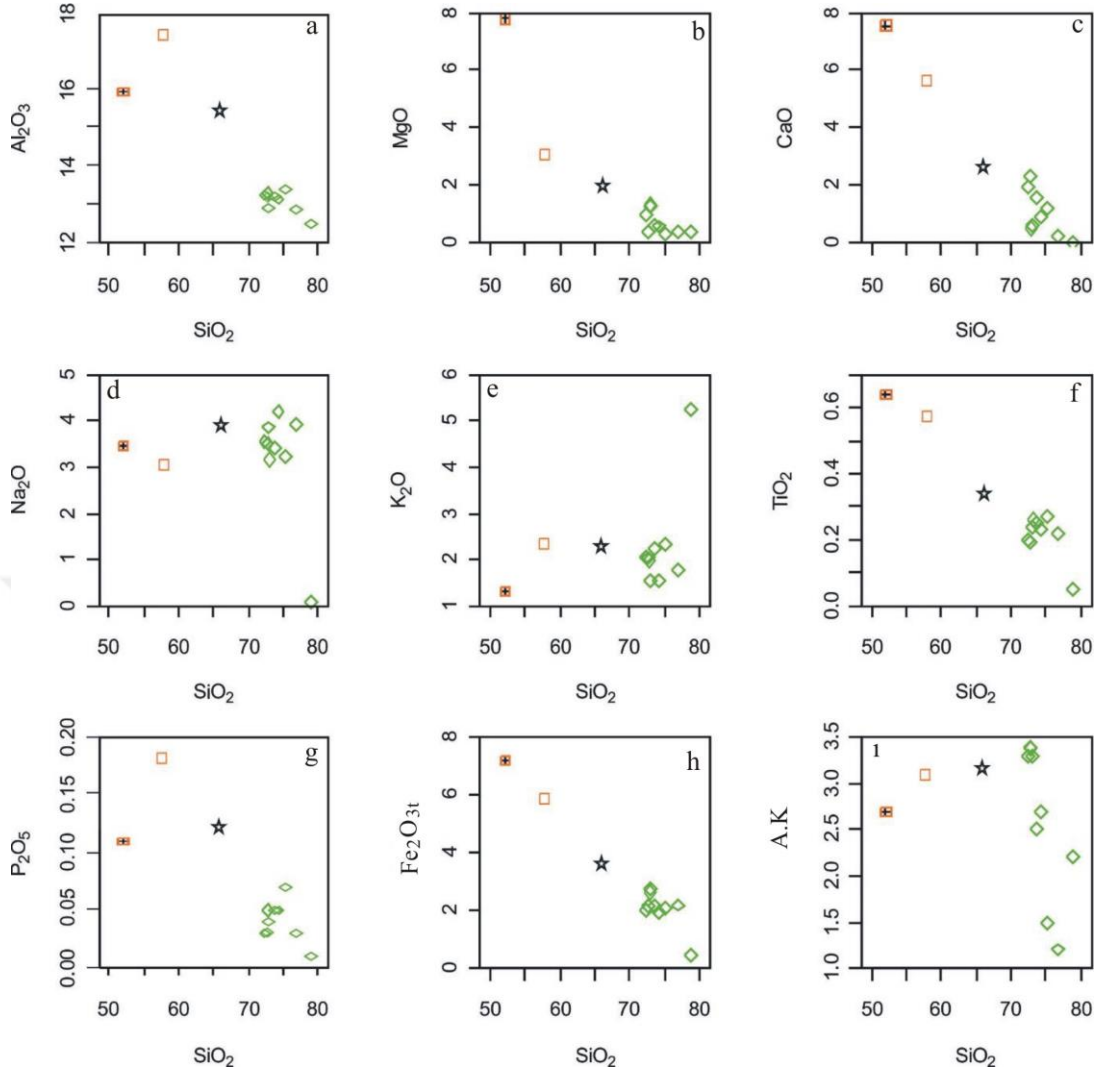
Örnek	Monzogranit								Granodiyorit	Diyorit	
	E-103	E-55	E-56	E-60	E-57	E-59	E-54	E-69	E-139	E-120A	E-138C
SiO ₂	72.96	72.68	72.36	76.79	73.68	75.15	74.21	78.87	65.77	52.04	57.67
Al ₂ O ₃	12.90	12.87	13.22	12.85	13.19	13.38	13.12	12.49	15.47	15.91	17.46
Fe ₂ O ₃	3.04	2.433	2.20	2.44	2.37	2.35	2.19	0.52	4.08	8.04	6.62
MgO	1.29	0.37	0.96	0.39	0.62	0.29	0.58	0.41	1.98	7.78	3.05
CaO	0.61	2.35	1.94	0.23	1.55	1.20	0.90	0.04	1.65	7.55	5.58
Na ₂ O	3.86	3.52	3.55	3.94	3.42	3.23	4.19	0.08	3.87	3.47	3.03
K ₂ O	1.55	2.03	2.05	1.78	2.24	2.33	1.56	4.24	2.27	1.30	2.32
TiO ₂	0.24	0.19	0.20	0.22	0.25	0.27	0.23	0.05	0.34	0.64	0.57
P ₂ O ₅	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05	0.07	0.05	0.01	0.12	0.11	0.18
MnO	0.08	0.05	0.06	0.05	0.05	0.10	0.09	<0.01	0.08	0.17	0.08
Cr ₂ O ₃	0.008	0.003	<0.002	0.005	0.003	0.004	<0.002	0.003	0.003	0.042	0.005

Tablo 3.5 (devamı)

Örnek	Monzogranit									Grano di- yorit	Diyorit	
	E-103	E-55	E-56	E-60	E-57	E-59	E-54	E-69	E-139		E-120A	E-138C
A.K.	3.30	3.40	3.30	1.20	2.50	1.50	2.70	2.2	3.20	2.70	3.10	
Topla m	99.88	99.94	99.93	99.94	99.92	99.86	99.86	99.87	99.77	99.75	99.68	
Sc	8.00	8.00	8.00	9.00	8.00	9.00	8.00	2.00	10.00	30.00	16.00	
Be	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3.0	2.00	5.00	
Co	2.10	2.30	2.60	1.80	2.20	1.90	2.30	0.40	9.30	29.70	14.20	
Cs	0.60	0.70	0.30	0.30	0.50	0.80	0.30	2.00	0.50	<0.1	0.40	
Ga	11.70	12.00	11.40	11.80	11.80	13.70	14.30	10.20	12.70	17.10	15.00	
Hf	3.80	4.10	4.10	4.00	4.40	4.40	4.50	2.80	2.30	1.90	2.40	
Nb	4.00	4.00	4.50	5.10	4.60	5.00	5.10	9.90	4.00	2.70	3.70	
Rb	31.30	50.20	50.50	29.20	40.10	50.30	31.10	130.00	42.70	28.60	65.60	
Sn	1.00	<1	<1	<1	<1	1.00	<1	2.00	<1	<1	<1	
Sr	74.80	61.90	41.40	81.80	64.80	59.50	65.70	13.20	267.10	606.60	645.60	
Ta	0.30	0.40	0.40	0.30	0.30	0.40	0.30	1.00	0.30	<0.1	0.30	
Th	3.90	4.80	4.60	4.60	4.40	3.60	5.20	15.20	8.80	2.40	5.50	
U	0.90	1.20	1.30	1.20	1.20	1.10	1.30	2.70	2.60	0.40	2.00	
V	25.00	21.00	21.00	16.00	21.00	21.00	15.00	<8	86.00	213.00	181.00	
W	1.40	0.90	1.40	0.80	0.70	1.70	0.80	2.20	0.80	<0.5	1.40	
Zr	125.60	128.90	139.00	131.90	145.00	146.90	161.00	65.10	81.90	69.40	84.40	
Y	27.20	32.70	31.90	25.70	28.20	29.70	32.30	18.80	9.50	17.70	15.70	
La	15.40	17.00	20.50	13.20	15.60	15.00	19.00	27.50	21.80	12.30	21.20	
Ce	30.30	35.60	41.70	31.50	31.80	30.70	37.90	50.80	36.50	22.00	39.50	
Pr	3.60	4.29	4.83	3.15	3.88	3.73	4.21	5.40	3.78	2.70	4.46	
Nd	15.10	17.30	19.70	12.50	15.10	15.80	17.40	16.90	13.40	11.90	16.10	
Sm	3.28	3.99	4.14	3.00	3.57	3.69	4.60	2.97	2.66	2.89	3.14	
Eu	0.76	0.82	0.79	0.56	0.73	0.73	0.86	0.28	0.74	0.87	1.20	
Gd	3.86	4.42	4.43	3.29	4.90	4.20	4.48	2.85	2.20	3.40	3.17	
Tb	0.70	0.77	0.77	0.64	0.72	0.77	0.77	0.45	0.31	0.49	0.52	

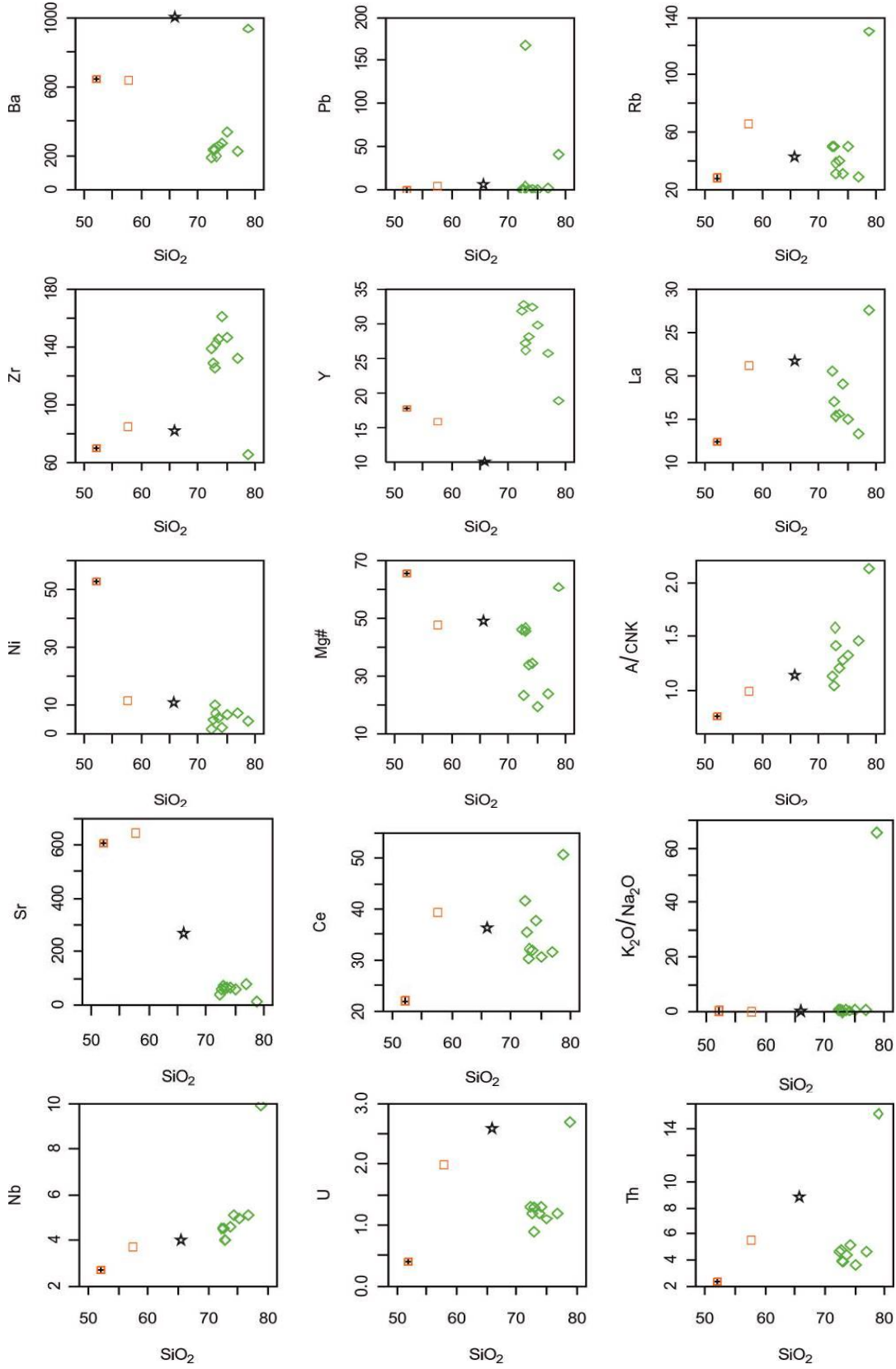
Tablo 3.5 (devamı)

Örnek	Monzogranit								Granodiyorit E-139	Diyorit	
	E-103	E-55	E-56	E-60	E-57	E-59	E-54	E-69		E-120A	E-138C
Dy	4.51	5.17	4.89	4.17	4.45	4.87	5.28	2.80	1.89	2.78	2.81
Ho	0.99	1.17	1.60	1.20	1.40	1.12	1.11	0.61	0.39	0.56	0.57
Er	3.12	3.71	3.33	3.24	3.50	3.29	3.55	1.90	1.30	1.74	1.72
Tm	0.48	0.57	0.54	0.51	0.50	0.56	0.61	0.32	0.19	0.25	0.26
Yb	3.33	3.94	3.78	3.60	3.43	3.47	3.88	2.16	1.20	1.58	1.74
Lu	0.58	0.65	0.65	0.57	0.59	0.61	0.64	0.34	0.21	0.24	0.26
Top.C	0.46	0.49	0.40	<0.02	0.30	0.25	0.17	0.03	0.22	0.07	0.04
Top.S	0.44	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.09	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Mo	11.70	4.80	1.30	5.50	4.70	5.10	1.60	3.70	3.50	1.70	2.70
Cu	12.80	11.30	19.80	6.40	50.70	17.50	3.40	6.30	7.20	3.80	544.70
Pb	168.00	1.20	0.90	2.30	0.90	0.90	1.50	42.10	5.90	0.70	3.70
Zn	214.00	29.00	35.00	15.00	26.00	27.00	58.00	9.00	21.00	20.00	35.00
Ni	10.10	4.80	1.70	7.30	5.50	6.50	2.40	4.30	10.70	52.90	11.40
As	3.40	<0.5	<0.5	<0.5	0.60	0.50	<0.5	3.80	0.60	1.10	0.90
Cd	0.60	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.20	<0.1	<0.1	<0.1	0.10
Bi	0.10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.20	0.10	<0.1	<0.1
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Au	1.00	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.60	<0.5	<0.5	<0.5	0.90

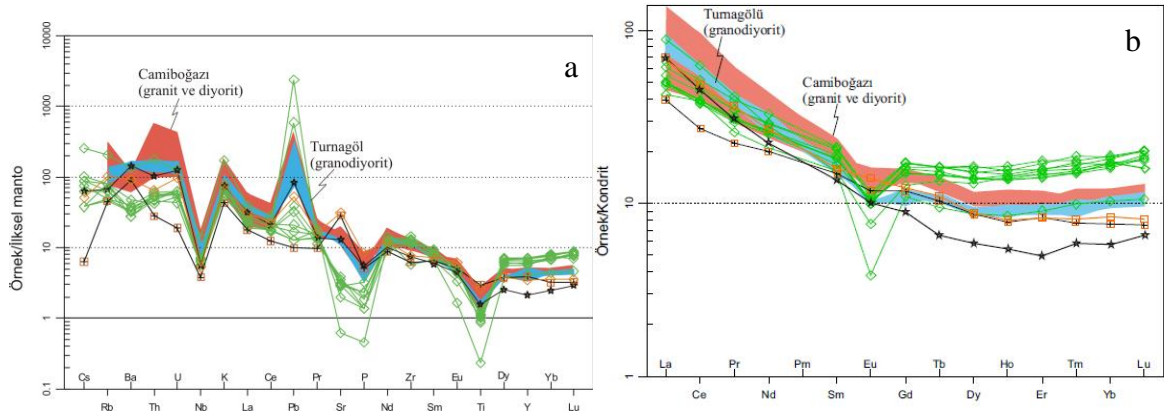


Şekil 3.22. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki granitoidik kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı ana oksit değişim diyagramları (semboller için Şekil 3.20a'ya bakınız).

Gabroyik diyoritten monzogranite doğru SiO_2 'e karşı iz element değişim diyagramında Ba, Sr, Ni, Nb, U ve Th'da negatif bir değişim görülürken, Rb, Y, La, Ce ve Zr'da pozitif bir değişim görülmektedir (Şekil 3.23). Granitoidlerin ilksel mantoya (Sun ve McDonough, 1989'dan) göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramında genel itibariyle bir zenginleşme mevcuttur (Şekil 3.23). Zenginleşme büyük iyon yarıçaplı elementlerde (Rb, Ba, Th) fazladır. Th, U, K ve Rb gibi elementlerdeki zenginleşmeler kabuk etkisini yansıtırken, Nb, P, Pb ve Ti'da oldukça belirgin negatif değişim gözlenmektedir (Şekil 3.23). Çalışma alanındaki granitoidik kayaçların iz element karakteristikleri, genel olarak yay granitlerine benzerlik göstermektedir.



Şekil 3.23. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki granitoidik kayaca ait örneklerin SiO₂'ye karşı iz element değişim diyagramları (semboller için Şekil 3.20a'ya bakınız).

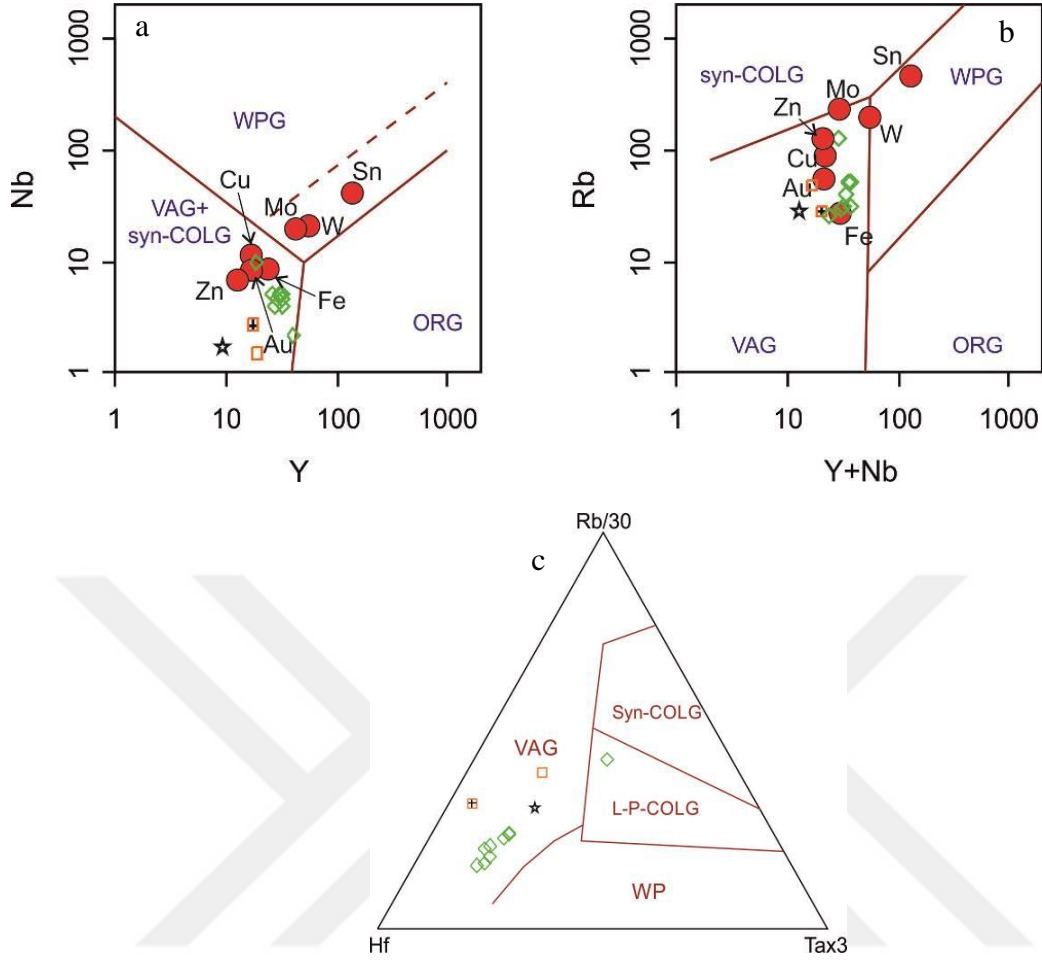


Şekil 3.24. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki granitoidik kayaç örneklerinin değişim diyagramı a) ilksel mantoya bileşimine (Sun ve McDonough, 1989) ve b) kondrit bileşimine (Boynton, 1984, Camiboğazı Kaygusuz ve diğ., 2014, Turnagölü Kaygusuz ve diğ., 2012'den alınmıştır)(semboller için Şekil 3.20a'ya bakınız).

Granitoid örneklerinin kondirit (Boynton, 1984)'e göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramının dağılımları incelendiğinde, dağılımların genel olarak birbirlerine benzerlik gösterdiği görülmektedir. Hafif nadir toprak elementler (HNTE) ağır nadir toprak elementlerine (ANTE) göre daha fazla zenginleştiği göstermiştir ($(La/Sm)_N=2.56-5.82$; $(Gd/Lu)_N=0.71-1.57$). Monzogranit örneklerinin $(La/Lu)_N$ değerleri 2.40-8.40 arasındadır ve negatif Eu değeri (Eu/Eu^*) gösterirler. Gabroyikdiyorit, diyorit ve granodiyorit örnekleri ise Eu değerleri 0.74-1.02 arasında olup yönlenme göstermezler (Şekil 3.24b). Gabroyik diyorit, diyorit ve granodiyorit örnekleri monzogranit örneklerine göre HNTE ve ANTE bakımından fakirdir. Örneklerin bu dağılımlarında orta kısmın çukur olması ve hafif nadir toprak elementlere yaklaştıkça yukarıya doğru konkav bir yapı sunması, granitik kayaçların gelişiminde hornblend fraksiyonlaşmasının etkili olduğu göstermektedir. Negatif Eu değeri, kayaçların gelişiminde plajiyoklas fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu gösterir. Özellikle örneklerin Eu da negatif anomali yapması, kayaçların gelişiminde plajiyoklas ayrışmasının önemli bir rol oynadığını göstermektedir. ANTE değerlerinin yataya yakın olması ilksel mantoda granat mineralinin olmadığını gösterir. Ayrıca granitoidik kayaçların monzogranit ve diyorit bileşimleri sunması bu kayaçların gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin etkisini belirtmektedir. Element dağılımları Camiboğazı ve Turnagölü örnekleri ile kıyaslandığında genel olarak benzerlik gösterirken, Ba, Sr, P ve Ti gibi bazı elementlerde negatif yönlenmenin daha belirgin olduğu gözlenmektedir (Şekil 3.24a). Hafif nadir toprak elementleri (HNTE) Turnagölü ve

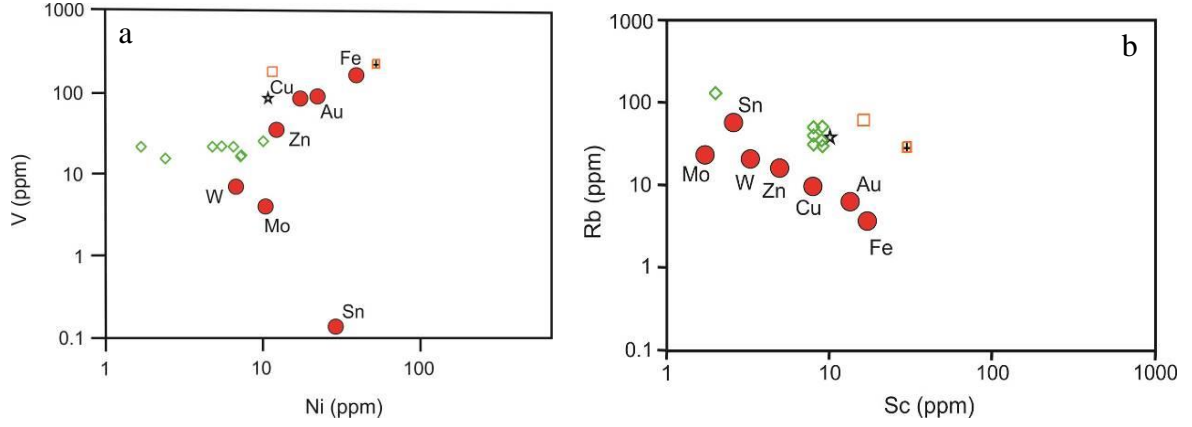
Camiboğazı ile yaklaşık zenginleşme göstermektedir (Şekil 3.24b). Ağır nadir toprak elementlerinde Turnagöl ve Camiboğazı örnekleri Eğrikar granodiyorit ve diyorit elementlerine göre daha çok zenginleşmişken granit elementlerine göre daha fakirdir (Şekil 3.24b).

Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki granitoidlerin tektono magmatik sınıflamasını yapabilmek için iz element diyagramları kullanılmıştır. İz element konsantrasyonları Nb-Y diyagramında (Pearce ve diğ., 1984) tüm örneklerin volkanik yay granitleri (VAG) ile eş zamanlı çarpışma granitleri (syn-COLG) alanına düşmüşlerdir (Şekil 3.25a). Volkanik yay granitlerini, çarpışmayla eş yaşlı granitlerden ayıran Rb-(Y+Nb) diyagramında ise (Pearce ve diğ., 1984), örnekler volkanik yay granitleri alanındadırlar (Şekil 3.25b). Rb/30-Hf-Ta*3 (Harris ve diğ., 1986) üçgen diyagramında bir örnek dışında, diğer örnekler volkanik yay granitleri alanında ve WPG (plaka içi granitler)-eş zamanlı-COLG-VAG alanlarının kesişim bölgesine yakın bulunmaktadır (Şekil 3.25c). Eğrikar Fe-Cu skarn sahasında skamlasmaya neden olan granitoidlerin VAG (volkanik yay granitleri) alanında yer aldığı ve Fe skarnlarla ilişkili olan granitoyide yakındır. Rb-(Y+Nb) diyagramında, WPG-syn-COLG-VAG alanlarında kesişme gösteren granitoidler (Şekil 3.25b) çarpışma sonrası olarak yorumlanmaktadır (Pearce, 1996). Çarpışma sonrası olarak bilinen Adarnello (İtalya), Oman, Şili granitoidlerini kullanan Nicolescu ve Cornett (1999) Fe-skarnlarıyla ilişkili Dogneca (Romanya) granitoidlerinin çarpışma sonrası olduğunu ifade etmektedir. Çalışma alanında yer alan granitoidlerin Rb-(Y+Nb) diyagramında WPG-syn-COLG-VAG alanlarının kesiştiği bir alanda ve Nicolescu ve Cornett (1999)'in çarpışma sonrası olarak tanımladığı alana yakın yer alması Eğrikar Fe-Cu skarn sahasında Fe-skarn ile ilişkili granitoidlerin çarpışma sonrası oluştuğunu göstermektedir.



Şekil 3.25. Çalışma alanındaki granitoid örneklerinin üçgen diyagramlardaki konumları a) Nb-Y, b) Rb-(Y+Nb) (Pearce ve diğ., 1984) ve c) Rb/30-Hf-Ta*3 (Harris ve diğ., 1986), (Çeşitli skarn yataklarına eşlik eden plütonik kayalar için ortalama değerler Meinert, 1985'den alınmıştır. Semboller için Şekil 3.20a'ya bakınız).

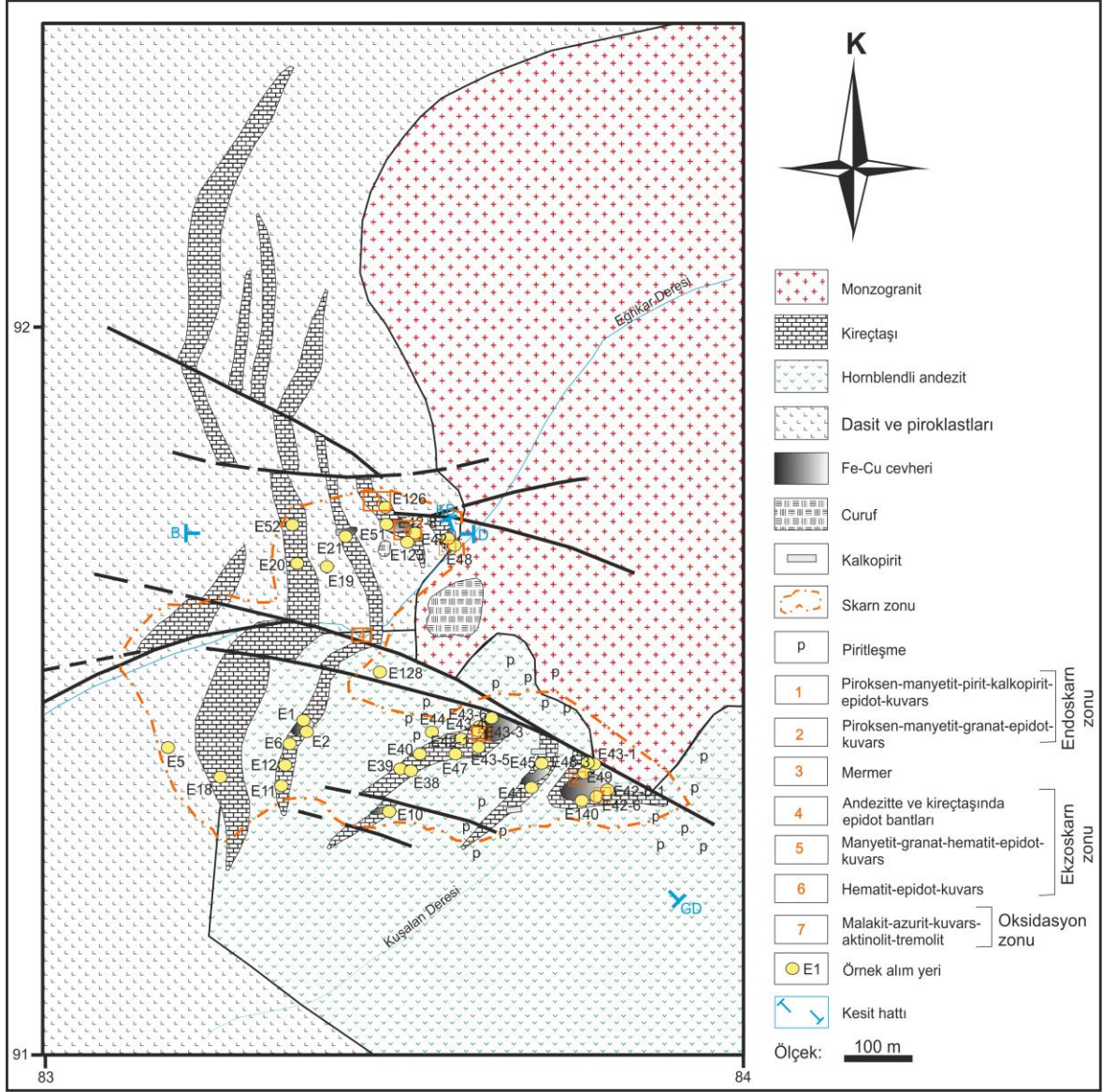
Ni'e karşı V ve Sc'a karşı Rb diyagramlarında (Meinert, 1995) gabroyik diyorit örneği Fe skarn alanına yakın yer alırken, diyorit ve granodiyorit Cu alanına ve monzogranit örnekleri ise W-Zn (Şekil 3.26a) ve Cu (Şekil 3.26b) skarn arasında yer almaktadır. Ni ve V, kalsik Fe skarlara eşlik eden plütonlarda en yüksek değerlerde, Au, Cu, Zn ve W skarlara doğru gittikçe azalmaktadır (Meinert ve diğ., 2005).



Şekil 3.26. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki granitoidlerin ve Fe-, Au-, Cu-, Zn-, W-, Mo- ve Sn-skarnlara eşlik eden granitoidlerin diyagramlardaki konumları a) Ni'e karşı V ve b) Sc'a karşı Rb (Meinert, 1995; Meinert ve diğ., 2005'ten değiştirilerek). Semboller için Şekil 3.20a'ya bakınız.

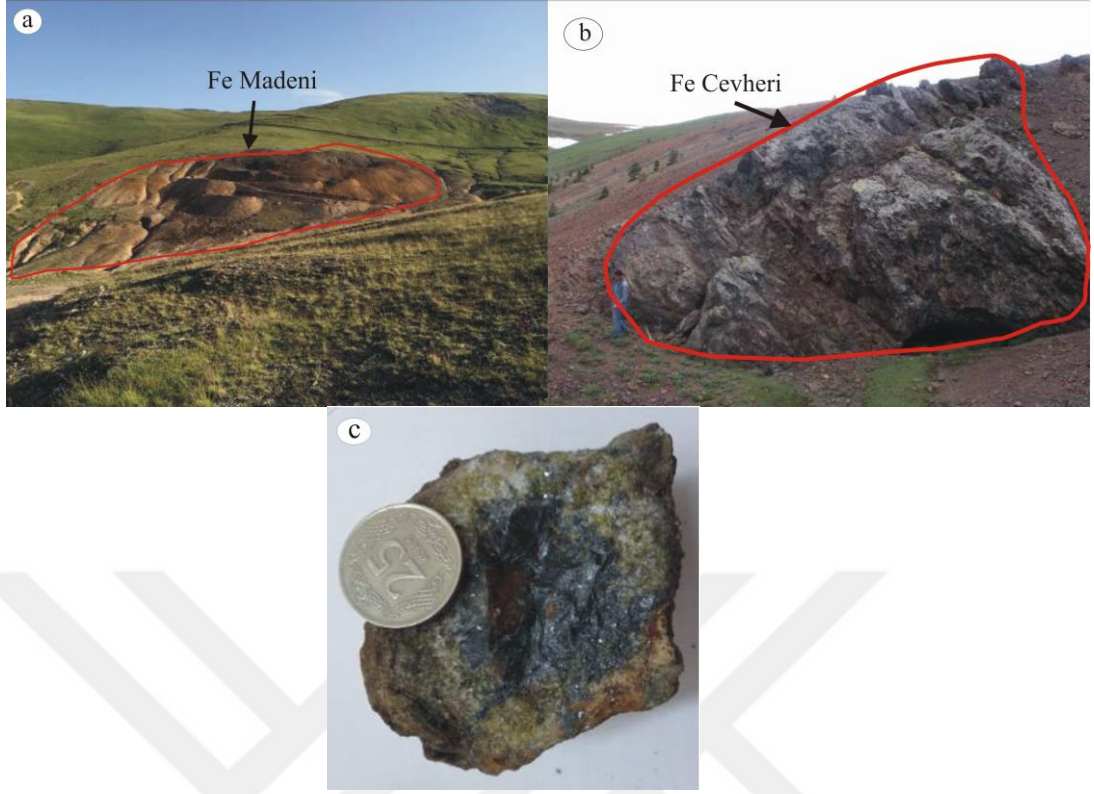
3.3. Eğrikar Skarn Yatağı

Eğrikar Yayla'sının güneybatısında granitoidin kireçtaşı ve volkanitlere sokulumu sonucu dokanak metamorfizması oluşmuş ve granitoid (özellikle monzogranit) ile kireçtaşı arasında skarn zonu gelişmiştir (Şekil 3.27). Bu skarn yatağında yapılan çalışmalar ile skarn mineral birliktelikleri ve cevherleşmenin genel özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 3.27. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının cevherleşme alanlarını ve skarn mineral birlikteliklerini gösteren harita.

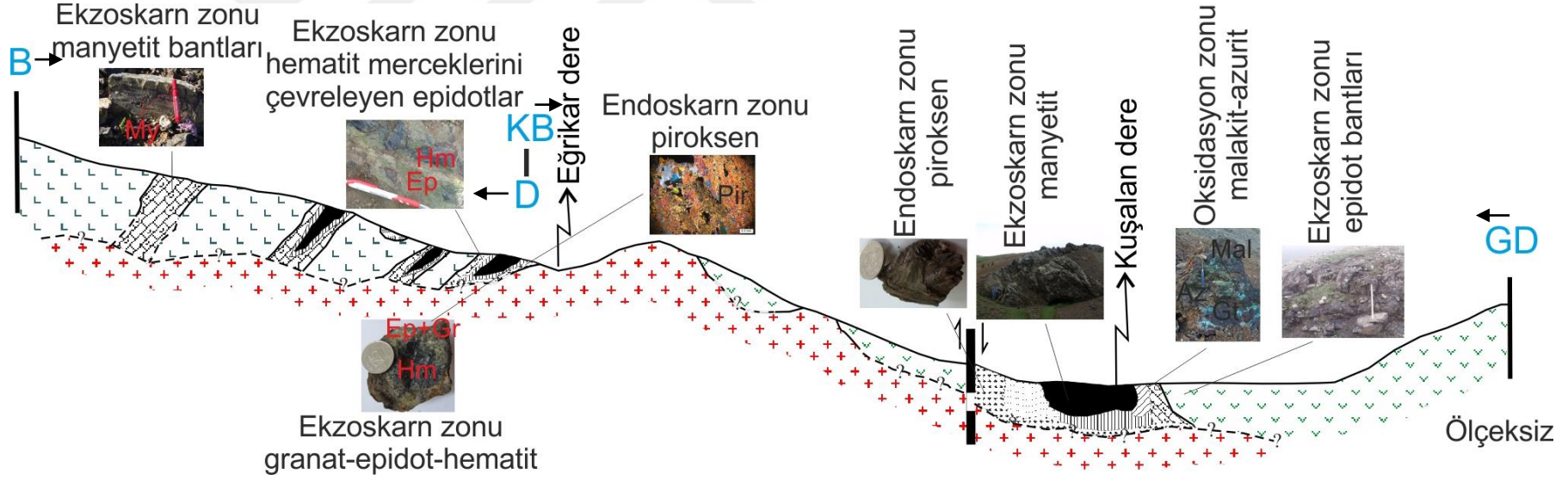
Eğrikar yaylası ve civarında mostra veren kayalar içerisinde iki ayrı cevherleşme tipi belirlenmiştir. 1. tip: Granitoidik (özellikle monzogranit) kayalar ile dasitik tüf, andezit ve kireçtaşı kontaklarında gelişen skarn tip cevherleşme (Şekil 3.28), 2. tip ise bölgedeki genç volkanik kayalardan andezitlere bağlı hidrotermal damar tip (muhtemelen epitermal) cevherleşmedir.



Şekil 3.28. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağına ait arazi görünümü. a) ve b) cevher pasaları ve c) Hematit-granat- epidotun makro örneği.

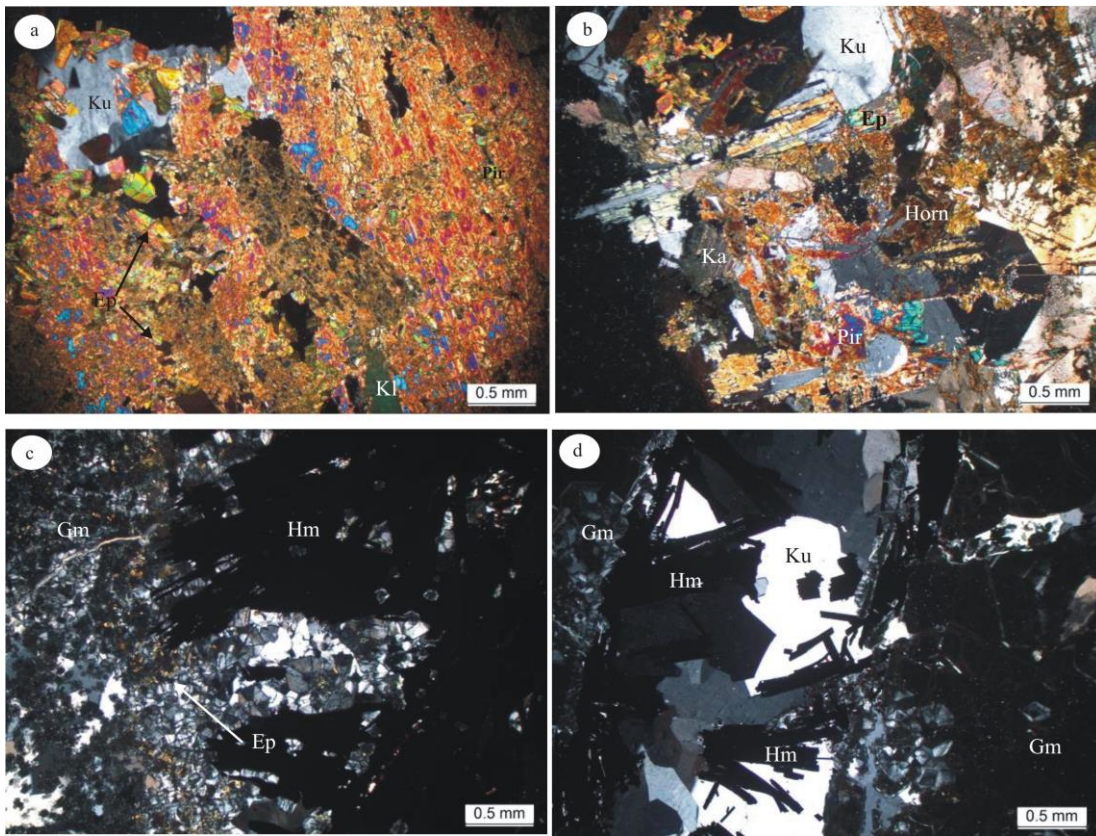
3.3.1. Skarn Minerolojisi

Eğrikar Fe-Cu skarn yatağından alınan örneklerde yapılan incelemelerde piroksen, manyetit, hematit, granat, epidot, kalkopirit, pirit, kuvars, hornblend, kalsit, klorit ve malakit-azurit mineralleri belirlenmiş olup monzogranitten kireçtaşına doğru endo ve ekzoskarn zonlarının geliştiği tespit edilmiştir (Şekil 3.29).

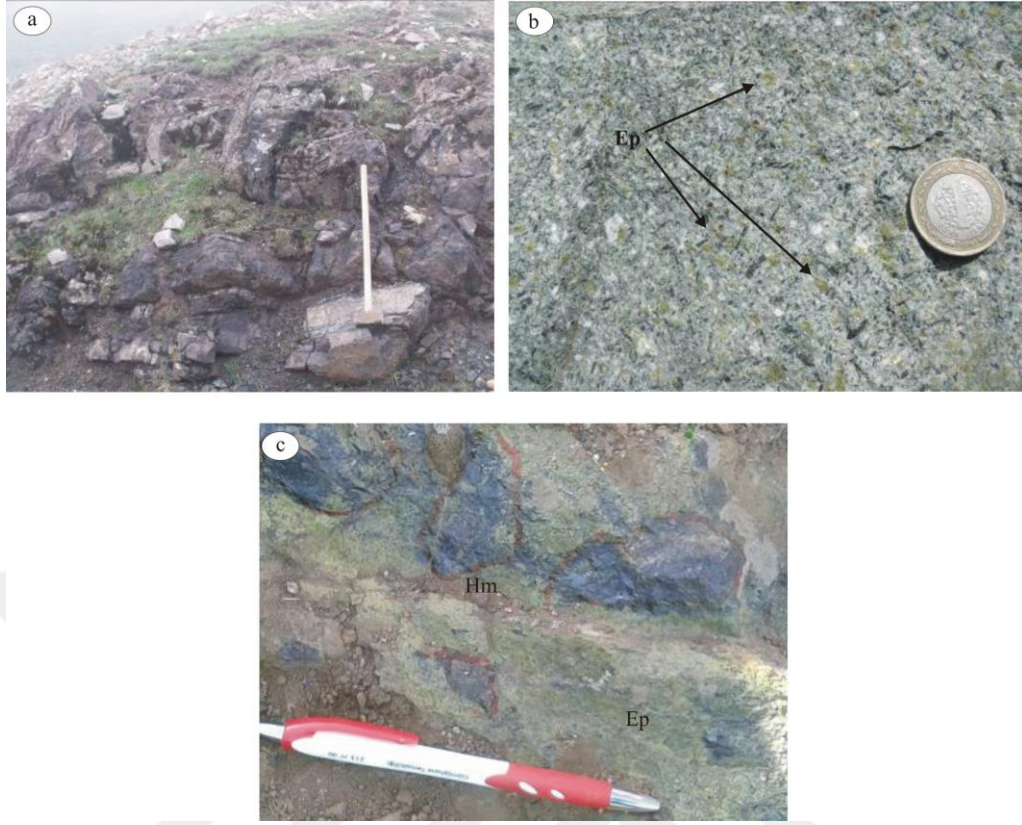


Şekil 3.29. Eğrikar Fe-Cu Skarn cevher yatağının enine kesiti

Endo skarn zonundan alınan örneklerde piroksen ile birlikte manyetit, granat, epidot ve kuvars mineralleri bulunmaktadır (Şekil 3.30). Bu zonda, piroksenler oluşuktan sonra manyetit ve granat gelişmiştir. Piroksen ve granat gibi susuz ve yüksek sıcaklık mineralleri ilerleyen evrede ve endoskarn zonunda oluşmuştur. Epidot, hornblend ve çok az klorit ise piroksenlerin bir kısmının yerine geçmiştir (Şekil 3.30). Ayrıca manyetit ve granatı kesmiş epidotlar da bulunmaktadır. Andezit ve kireçtaşında epidot damarları, diyoritte epidot benekleri ve kireçtaşında ışınal hematit mercekleri ile bunları çevreleyen epidot mineralleri bulunmaktadır (Şekil 3.31).

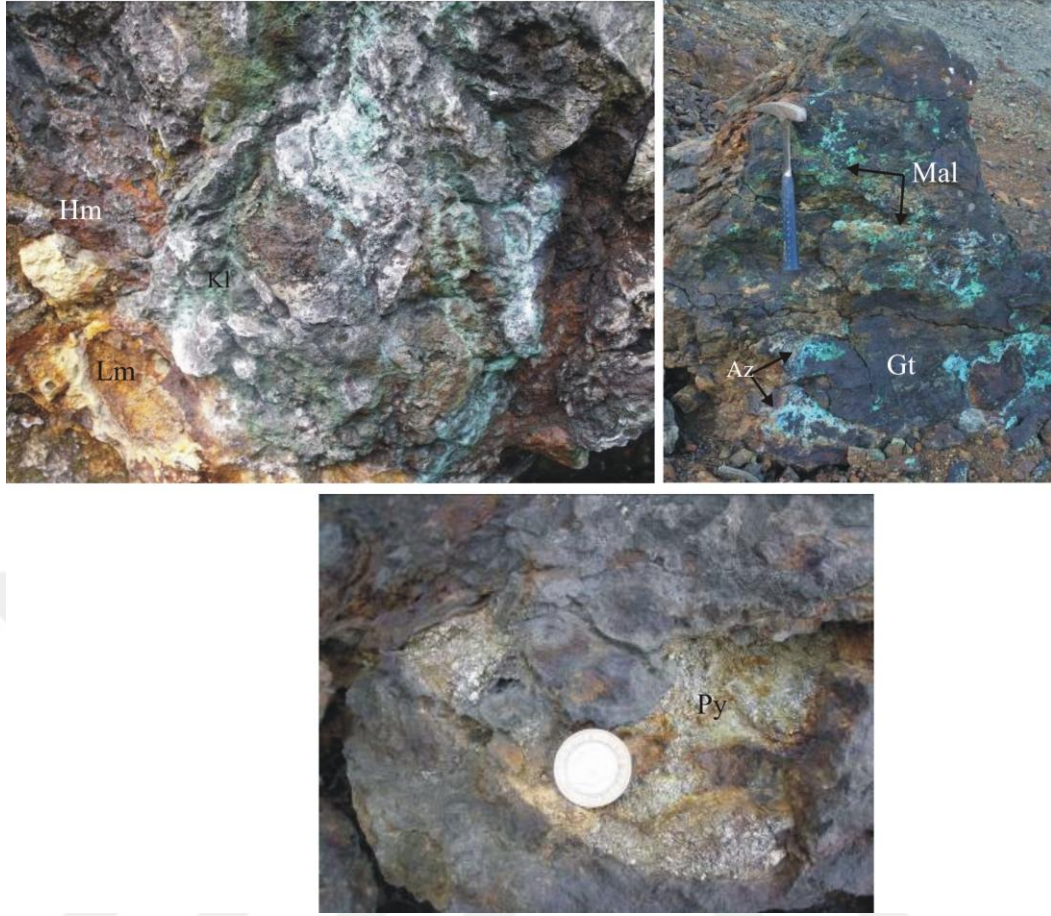


Şekil 3.30. Endo ve ekzoskarndaki minerallerin görünümü a) Endoskarn zonunda piroksenlerin yerini almış epidotların mikroskoptaki görünümü (Örn. No.: E48-3), b) Endoskarndan ekzoskarn zonuna geçişi gösteren piroksen-hornblend-epidot-kuvars-kalsit (Örn. No.: E48-2). c) Ekzoskarn zonunda Granat-hematit-epidot-kuvars birlikteliği (Örn. No.: E45) ve d) Ekzoskarn zonunda granatların arasını dolduran hematit ve kuvars damarları (Örn. No.: E42-10) Pir: Piroksen, Grn: Granat, Horn: Hornblend, Hm: Hematit, Ep: epidot, Ku: Kuvars, Kl: Klorit.



Şekil 3.31. Kireçtaşının arazideki görünümü a) Ekzoskarn zonunda epidot bantları içeren kireçtaşı, b) Diyoritte epidot benekleri ve c) Kireçtaşında ekzoskarn zonunda hematit mercikleri ile bunları çevreleyen epidotlar.

Skarn zonunda manyetit, kalkopirit ve pirit minerallerinin dışında malakit, azurit, hematit, pirit, limonit ve götit gibi ikincil cevher mineralleri de görülmektedir (Şekil 3.32). İkincil cevher mineralleri oksidasyon sonucu oluşmuş ve oluşmaya devam etmektedir. Bu ikincil minerallerle birlikte kuvars, klorit, kalsit ve daha az oranda aktinolit-tremolit mineralleri görülmektedir.



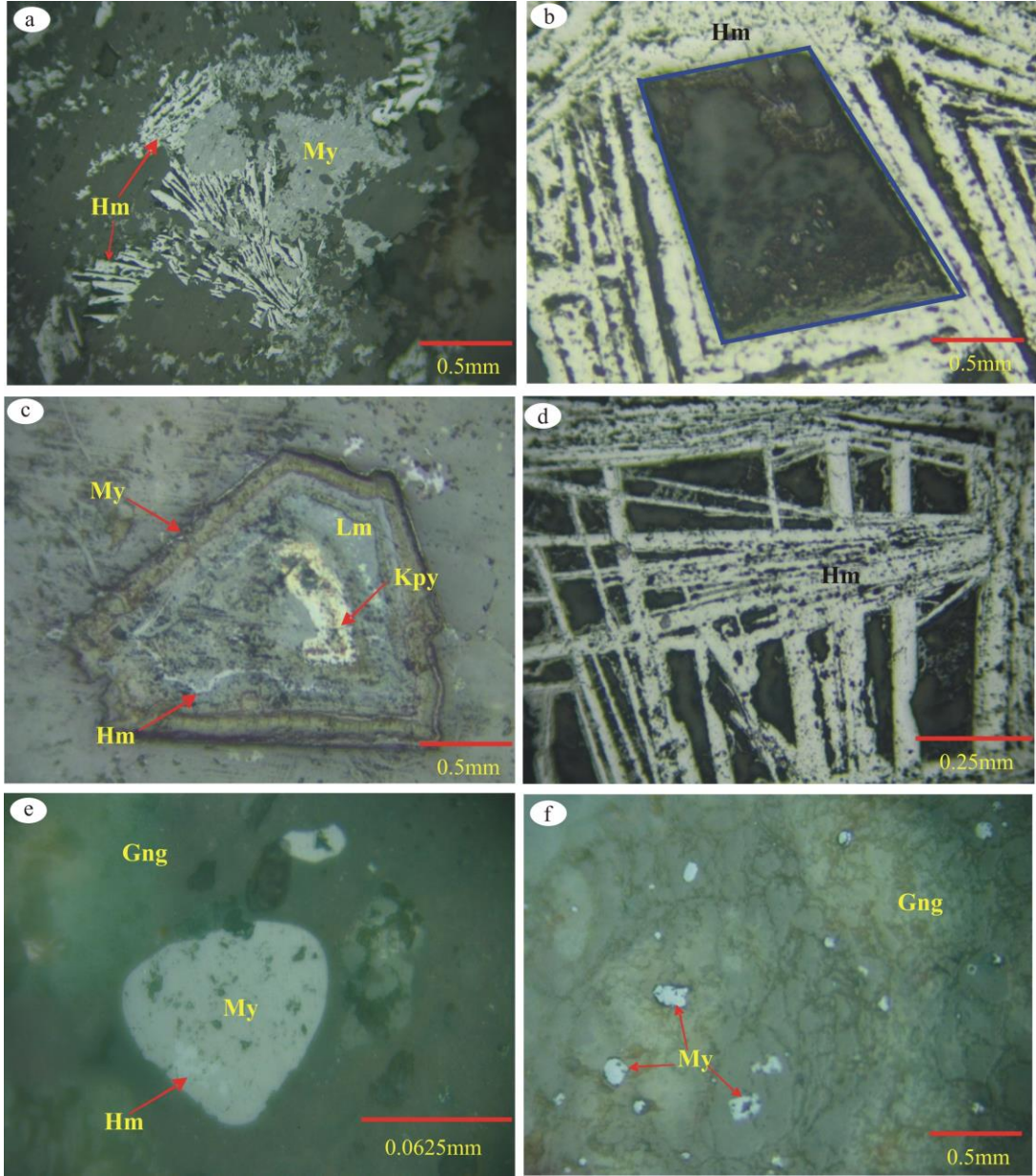
Şekil 3.32. Skarn zonunda görülen ikincil cevher minerallerini arazideki görünümü.
Mal: Malakit, Az: Azurit, Hm: Hematit, Lm: Limonit, Gt: Götüt, Py: Pirit, Kl: Klorit

3.3.2. Cevher Mineralleri, Parajenez ve Süksesyon

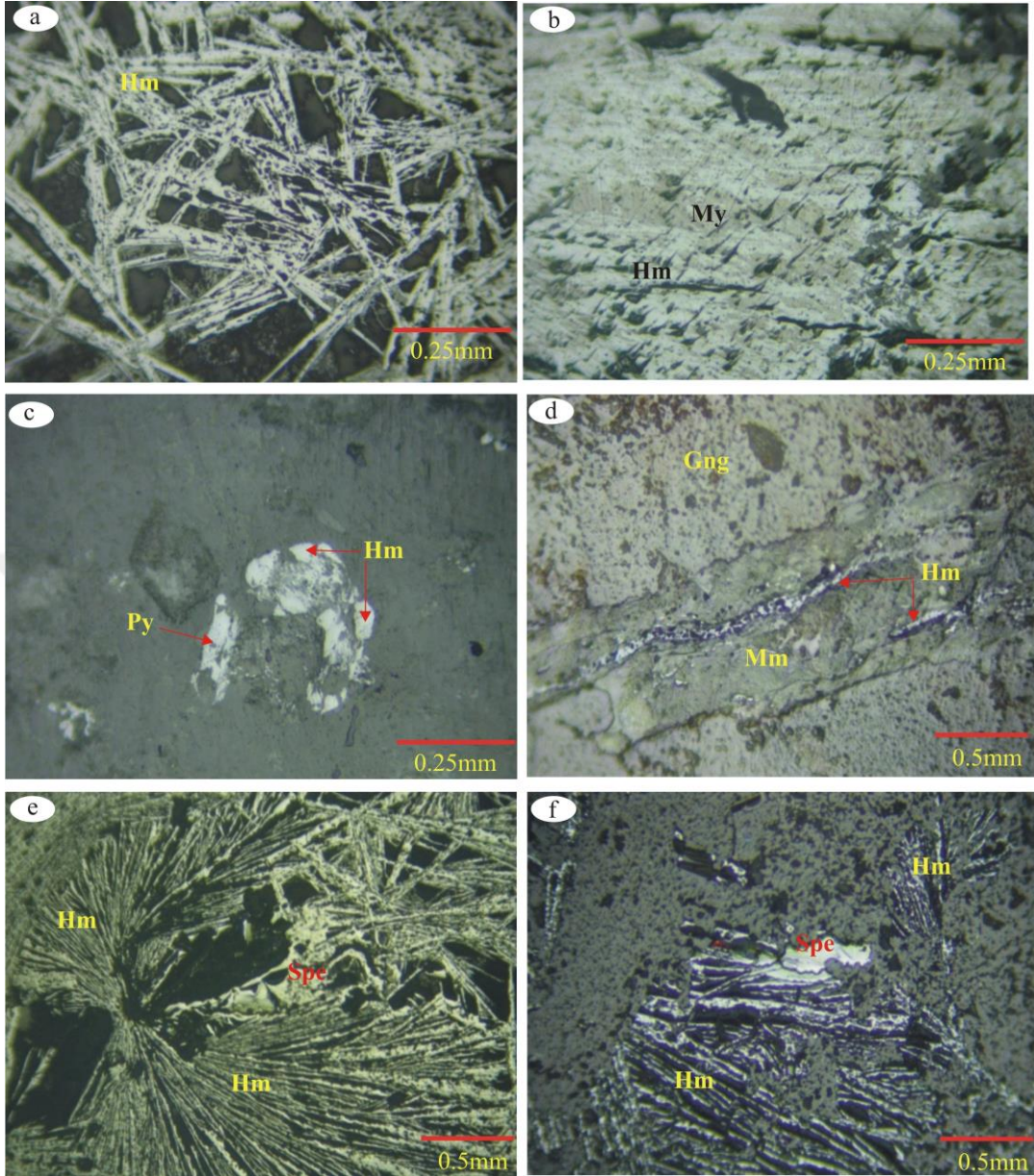
Eğrikar yaylası ve civarında mostra veren kayaçlar içerisinde ve bu kayaçlara bağlı olarak oluşmuş skarn tip cevherleşme (daha önce işletilen maden yatağı pasalarından, cevherli mostralardan ve yan kayaçlardan alınan örneklerin incelenmesi sonucunda) endoskarn zonunda klinopiroksen fazla oranda mevcutken, çok az oranda epidot ve granat vardır. Endoskarn zonunda az miktarda olan granat ve epidot ekzoskarn zonuna doğru artarken piroksen ise azalmaktadır. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının cevher minerallerinin oluşum sırası (süksesyon) şu şekildedir: Manyetit, hematit, pirit, kalkopirit, altın ve nabit bakır. Bunlara ilaveten alterasyon ve oksidasyon mineralleride götüt, limonit, azurit, malakit, dijenit ve lepidokrozit olarak belirlenmiştir. Skarn mineralleri; piroksen, granat, epidot, kuvars, kalsit ve aktinolit–tremolittir.

Manyetitler, Orta-iri boyutlarda, yarı öz şekilli ve öz şekilsiz nadiren de küçük boyutlarda öz şekilli olarak bulunurlar. Manyetit gri-açık gri renklerde ve masif yapılı olarak bulunur (Şekil 3.33). Gang içerisindeki öz şekilli ve yarı öz şekilli taneler küçük boyutlarda saçınımlı olarak bulunurlar (Şekil 3.33f). Bazı manyetitler hematite dönüşmüştür (Şekil 3.33a). Hematitleşmiş taneler gri ve beyaz renklerde görülür (Şekil 3.33b ve d). Bazı manyetit tanelerinin etrafında ise limonitleşmeler mevcuttur (Şekil 3.33c). Parlak kesitte kafes ve kutu şeklinde cevher dokuları gözlenmiştir (Şekil 3.33d). Manyetitler iki fazda gerçekleşmiştir: Birinci Fazda oluşan manyetitler özşekilli ve yarı öz şekilli olup, ayrışma sonucunda hematite dönüşmüşlerdir ve içerisinde başka bir mineral bulundurmamıştır. İkinci fazda oluşan manyetitler ise bazen üçgen, yamuk ve öz şekilsiz olup içerisinde küçük boyutlarda kalkopirit kapanımları bulundururlar (Şekil 3.33c).

Hematitler, genel olarak açık beyaz renkte ve bazen açık gri tonlarda manyetitle birlikte izlenir. Yapılan incelemelerde üç farklı şekilde oluşmuş hematit varlığı belirlenmiştir. Bunlar; 1) Birincil demir cevheri minerali olan manyetitlerin ayrışması sonucu onların üzerinde veya kenarlarında gelişmiştir (Şekil 3.34a ve b). 2) Piritlerin alterasyonu sonucu piritlerin üzerinde ve kenarlarında oluşmuş hematitler (Şekil 3.34c). 3) Kayaç yapıcı mafik minerallerin alterasyonu sonucu bu minerallerin üzerinde dilinim yüzeyleri boyunca ve kırıklarında gelişmiş hematitler (Şekil 3.34d). Hematitlerde görülen cevher dokuları iğnemsî lataların oluşturduğu lifsi dokular, radyal doku, kravat dokusu, hücre şekilli kutu ve ağsal dokulardır (Şekil 3.34a, e ve f). Bazı parlak kesit örneklerinde bir hematit türü olan spekularite de rastlanmıştır. Spekularitler hematite göre daha parlak ve geniş yüzeyli, iğnemsî ve çubuksu olarak görülür (Şekil 3.34f).



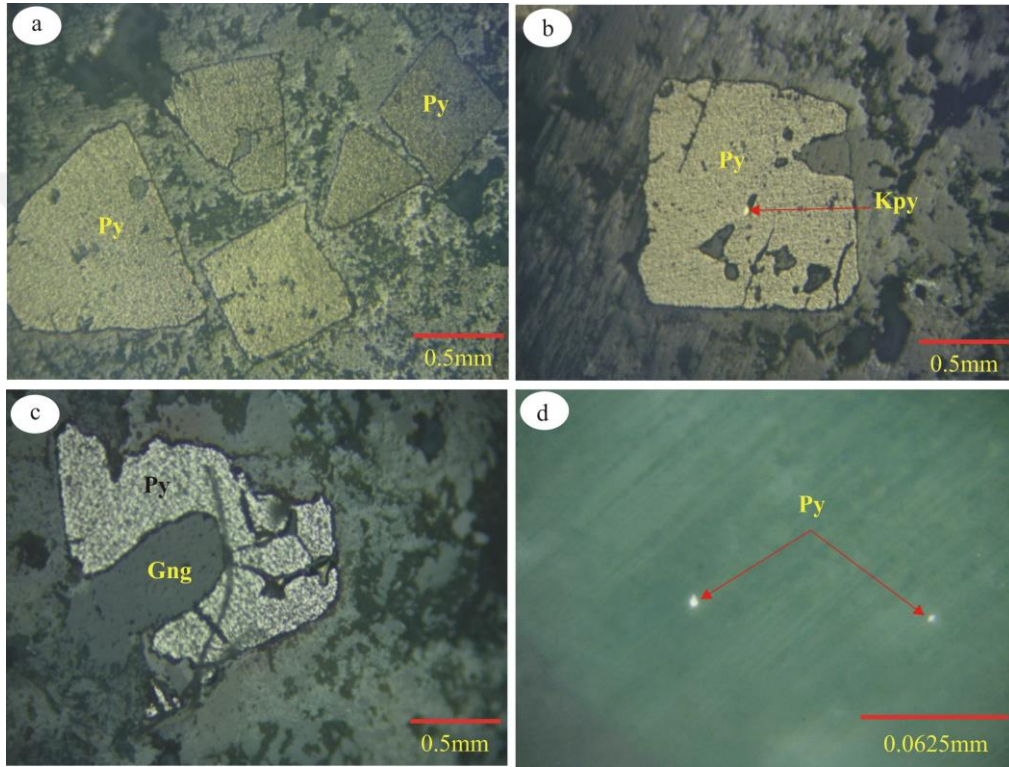
Şekil 3.33. Manyetit in cevher mikroskobisindeki görünümleri. a) Manyetit ve ışınal hematit birlikteliği (Örn. No.: E10R), b) Kutu şeklinde hematit çubukları (Örn. No.: E1), c) Manyetit içinde kalkopirit kapanımı ve limonit ve hematit oluşumları (Örn. No.: E12), d) Kafes dokulu hematitler (Örn. No.: E1), e) Manyetit içinde ekzoskarn hematit kapanımı (Örn. No.: E48-1), f) Gang içinde yuvarlağımsı ve öz şekilsiz manyetit taneleri (Örn. No.: E14), My: Manyetit, Hm: Hematit, Mrt: Martitleşme, Kpy: Kalkopirit, Lm: Limonit, Gng: Gang.



Şekil 3.34. Hematitin cevher mikroskobisindeki görünüşleri. a) Çubuksu hematitlerde görülen kafes dokusu (Örn. No.: E1), b) Manyetit üzerinde gelişmiş hematitler (Örn. No.: E42-3), c) Pritin alterasyonu sonucu oluşan hematitler (Örn. No.: E3) d) Monzogranitteki biyotitlerde ayrışma sonucu gelişmiş hematitler (Örn. No.: E54), e) Yelpeze veya demet şekilli hematitler (Örn. No.: E1), f) Hematit ve spekülarit oluşumu (Örn. No.: E10). My: Manyetit, Hm: Hematit, Spe: Spekülarit, Gng: Gang, Mm: Mafik

Pirit küçük, orta, iri ve çok iri boyutlarda çoğunlukla yarı özşekilli ve kısmen öz şekilli (kare, dikdörtgen, altıgen ve üçgenimsi şekillerde; Şekil 3.35a) ve kısmen de öz şekilsiz daneler olarak bulunmaktadır (Şekil 3.35c). Öz şekilli ve öz şekilsiz pirit daneleri gang hamuru tarafından yenmiş olarak görülür (Şekil 3.35b ve c). Öz şekilli piritlerin

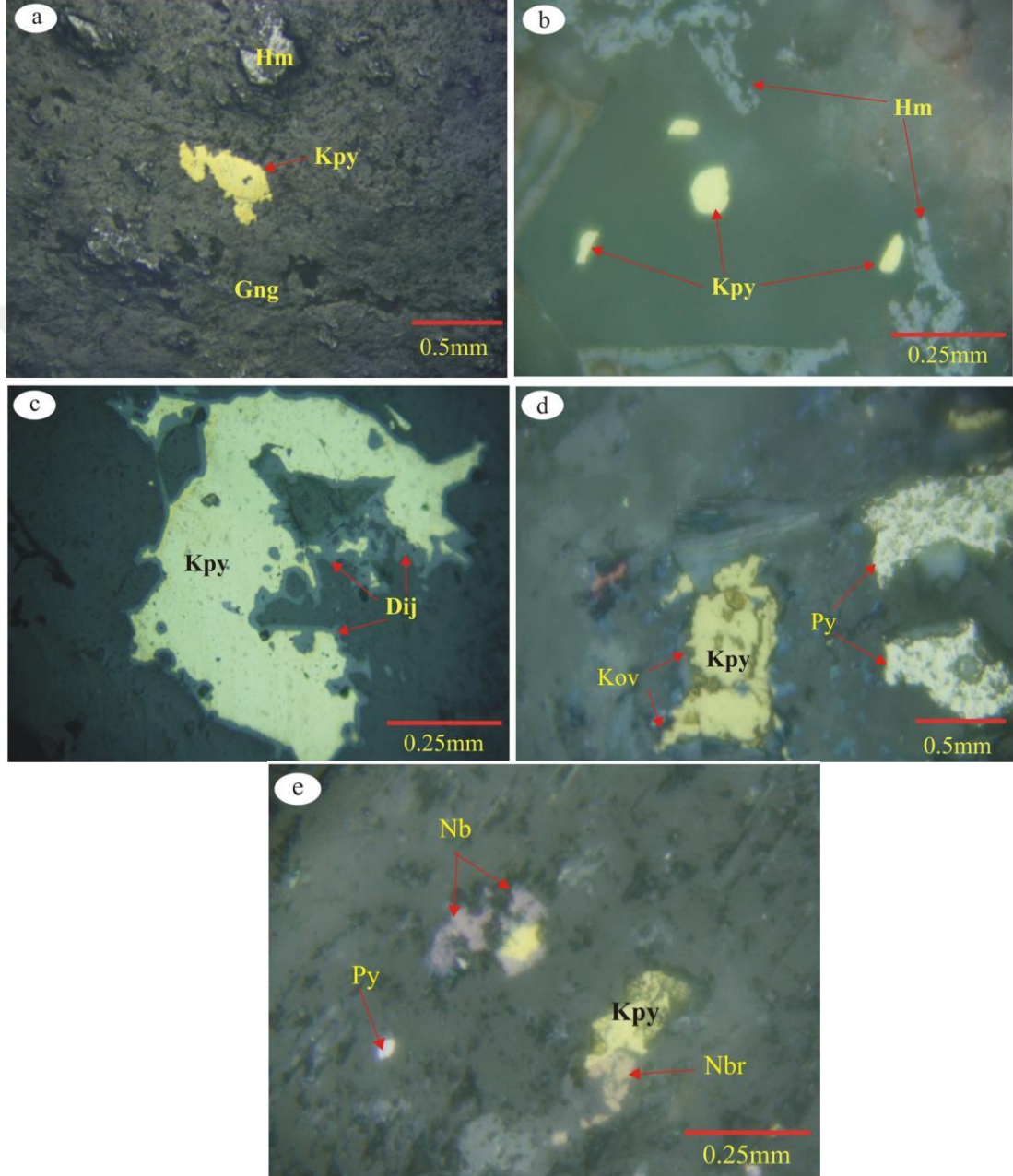
boyutları 0.1-0.25 mm'den 1.0-1.5 mm'ye kadar değişmektedir. Piritler iki farklı evrede oluşmuşlardır. Birinci evredeki piritler öz şekilli ve iri boyutludur. Bazı piritlerde deformasyon sonucu kataklastik doku gelişmiştir (Şekil 3.35a ve c). Hamur tarafından yenmiş olan bazı piritler yoğun şekilde hematit ve diğer demir oksitlere (götüt ve limonite) dönüşmüştür. İkinci fazda oluşan piritler ise gang içerisinde öz şekilsiz daneler halinde saçınımlı olarak bulunmaktadırlar (Şekil 3.35d).



Şekil 3.35. Piritin cevher mikroskobisinde değişik mikroskobik görünüşleri. a) Öz ve yarı öz şekilli piritler (Örn. No.: E44), b) Hamur tarafından yenmiş pirit (Örn. No.: E44), c) Kataklastik doku (Örn. No: E44), d) Saçınımlı halinde piritler (Örn. No.: E47). Py: Pirit, Kpy: Kalkopirit, Gng: Gang

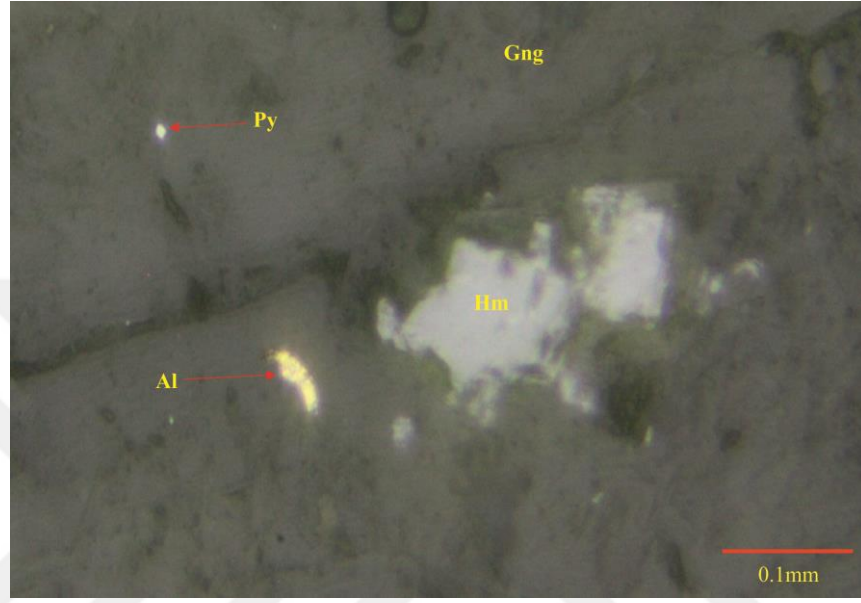
Kalkopirit çoğunlukla öz şekilsiz, geniş yüzeyli kenarları girintili çıkıntılı iri boyutlarda canlı sarı renklerde izlenir (Şekil 3.36a). Kalkopiritler bazen de küçük boyutlarda yarı öz şekilli nadiren özşekilli parlak sarı renklerde gözlenmektedir (Şekil 3.36b). Kalkopiritlerin kenarları ve kırık yüzeyleri boyunca alterasyon sonucu mavimsi renk tonlarında dijenit ve kovellin gelişmiştir (Şekil 3.36c ve d). Bazı kalkopiritler ise kısmen bornit ve nabit bakıra dönüşmüştür (Şekil 3.36e). Kalkopiritler iki farklı evrede oluşmuşlardır.

Birinci evrede öz şekilsiz, geniş yüzeyle, orta ve iri boyutlardadır (Şekil 3.36a). İkinci evrede özşekilli, yarı özşekilli ve yuvarlaklaşmış küçük daneler halinde bulunmaktadır (Şekil 3.36b).



Şekil 3.36. Kalkopiritin cevher mikroskobundaki görünümü. a) Öz şekilsiz kalkopirit (Örn. No.: E10a), b) Gang içerisinde kalkopirit ve hematit (Örn. No.: 10R), c) Kalkopiritin kenarlarında dijenit oluşumları (Örn. No.: E12), d) Kalkopiritin kenar kısmında kovellin oluşumu (Örn. No.: E44) e) Bornite dönüşmeye başlamış kalkopirit ve nabit bakır (Örn. No.: E15). Kpy: Kalkopirit, Py: Pirit, Hm: Hematit, Dij: Dijenit, Kov: Kovellin, Nb: Nabir bakır, Brn: Bornit, Gng: Gang

Altın, incelenen parlak kesitler içerisinde çok nadir olarak rastlanılan altın sadece E31 nolu kireçtaşı örneğinde bulunmaktadır. Ve çok küçük boyutlarda canlı parlaklıkta gözlenir. Düzensiz şekilli küçük tane olarak görülen altın yüksek yansıtma özelliği ile dikkat çekmektedir (Şekil 3.37).



Şekil 3.37. Kireçtaşındaki altının cevher mikroskopundaki görünümü (Örn. No: E31). ;Al: Altın, Py: Pirit, Hm: Hematit, Gng: Gang

Skarn tip mineral parajenezinde cevher minerali olarak manyetit ve pirit diğer minerallerden önce birinci ve ikinci fazda oluşmuşlardır (Tablo 3.6). Piritten sonra kalkopirit oluşmuştur. Hematit ise manyetitin, bazı piritlerin ve mafik minerallerin alterasyona uğraması ile ikinci fazdan başlayarak oksidasyon evresi boyunca gelişmiştir. Altın ise ikinci fazın sonuna doğru küçük boyutlarda nadir olarak bulunur.

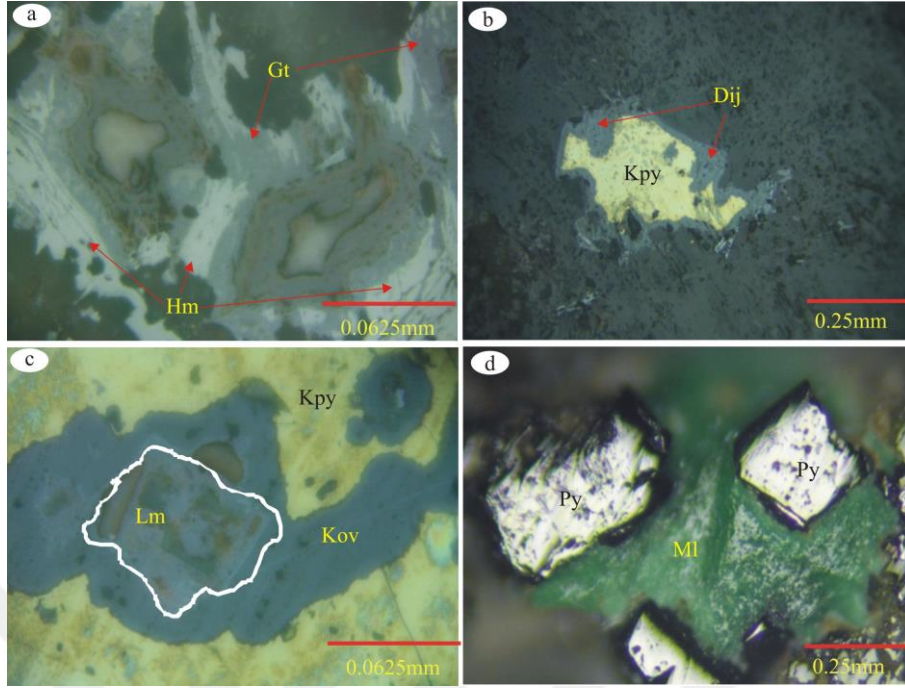
Piroksen minerali monzogranit ile kireçtaşı arasında monzogranitin kenar kısmında endoskarn zonundan başlayıp ekzoskarn zonuna doğru azalarak devam etmektedir (Tablo 3.6). Benzer şekilde piroksenle beraber endoskarn zonunda az oranda epidot, granat, kuvars-I ve hornblend mineralleri ekzoskarn zonuna doğru artmaktadır. Hornblend mineralleri ise ekzoskarn zonunun sonuna doğru azalırken diğerleri görülmemektedir. Kuvars-II minerali ikinci fazın sonuna doğru gelişmekte olup oksidasyon zonunda devam etmektedir. Ayrıca ekzoskarn zonunda az miktarda kalsit gözlenmektedir.

Tablo 3.6. Eğrikar Fe-Cu Skarn yatağındaki cevherleşmenin parajenezindeki minerallerin oluşum sırası.

Mineraller	Endoskarn	Ekzoskarn		Oksidasyon
		I. Faz	II. Faz	
Piroksen	██████████	██		
Granat	██	██████████	██	
Epidot		██████████	██	
Hornblend	██	██████████	██	
Manyetit	██	██████████	██	
Pirit	██	██████████	██████████	
Kalkopirit		██	██████████	
Hematit			██	██
Altın			██	
Kovellin				██████████
Dijenit				██████████
Limonit				██████████
Götüt-Lepidokrozit				██████████
Azurit				██████████
Malakit				██████████
Kuars I	██	██████████	██████████	
Kuars II			██	██
Aktinolit-Tremolit			██	██████████

3.3.2.1. İkincil Cevher Mineralleri

Alterasyon mineralleri olarak oksidasyon zonunda hematit, limonit, götüt, malakit, azurit, lepidokrozit, dijenit ve kovellin belirlenmiştir. Bunlardan hematit, limonit ve götüt daha çok manyetit, pirit ve kalkopiritin bozuşmasının ürünü olarak gelişmiştir (Şekil 3.38a). Kovellin, bornit ve dijenit ise kalkopiritin bozuşması sonucu minerallerin çevresinde ve kırıklarında gelişmişlerdir (Şekil 3.38b ve c). İkincil cevher mineralleri olarak malakit, azurit ve lepidokrozit ise daha az oranda ve çoğunlukla kalkopirit, pirit ve az oranda da hematitin alterasyonu sonucu oluşmaktadır; Bazen limonit de bunlara eşlik etmektedir (Şekil 3.38d).



Şekil 3.38. İkincil cevher minerallerinin mikroskoptaki görünüşleri a) Götit ve limonit oluşumu (Örn. No.: E10R), b) Kalkopirit etrafında gelişen dijenitler (Örn. No.: E12), c) Kalkopiritin içinde kovellin ve limonit (Örn. No.: E12), d) Malakit oluşumu (Örn. No.: 48-3). Gt: Götit, Lm: Limonit, Hm: Hematit, Ml: Malakit

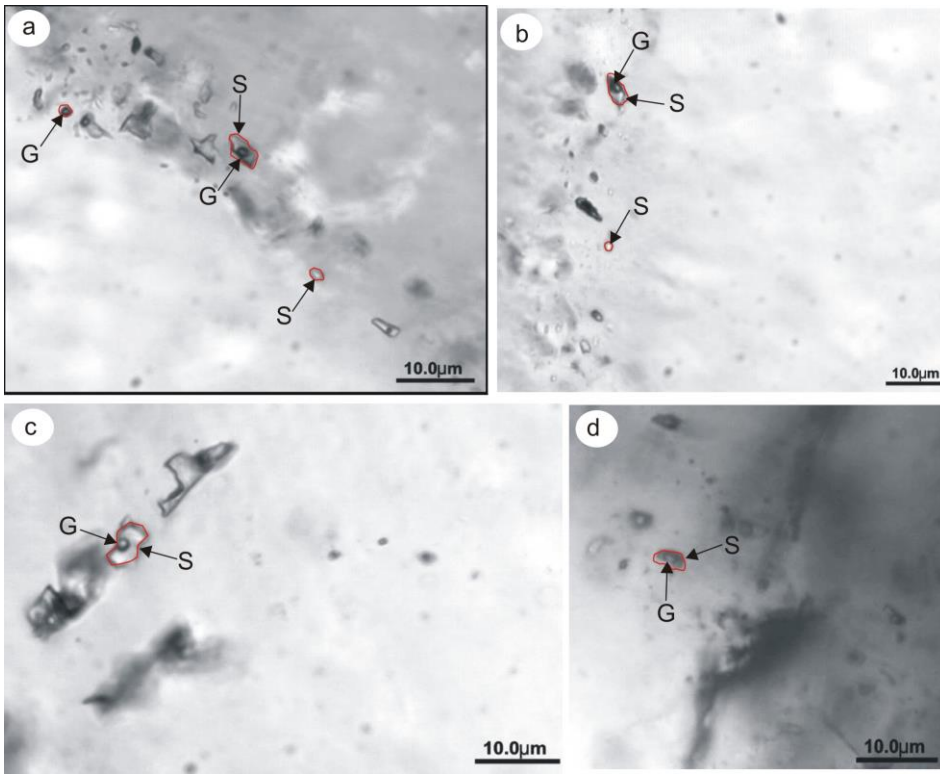
3.4. Sıvı Kapanım

Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki ekzoskarn zonunda kuvars minerallerinde yapılan sıvı kapanım ölçümlerinde önce sıvı kapanım tipleri, petrografik olarak Roedder (1984) ve Van den Kerkhof ve Hein (2001) tarafından belirtilen kriterlere göre birinci, yalancı ikincil ve ikincil kökenli kapanımlar olarak sınıflandırılmıştır. Sıvı kapanımların boyutları genel olarak küçüktür (1 – 20 μm).

Şeffaf-yarı şeffaf kristallerdeki yalancı ikincil kökenli kapanımlar birincil ve ikincil kökenli kapanımlara göre yaygın olarak izlenmekte ve tek fazlı (sıvı) kapanımlardır. Birincil kökenli kapanımlar ikincil kökenli kapanımlara göre oldukça eser bollukta görülmektedir. Yalancı ikincil kökenli kapanımların büyük çoğunluğu tek fazlı (sıvı) kapanımlar, ikincil kökenli sıvı kapanımlar ise büyük çoğunluğu tek fazlı (sıvı) kapanımları oluştururken, iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar daha az ve tek fazlı (gaz) kapanımlar ise eser oranda bulunur. Birincil ve ikincil kökenli kapanımları yalnız tek fazlı (sıvı) ve tek fazlı (gaz) kapanımlar oluşturmaktadır.

Sıvı kapanımda genel olarak düzensiz, elipsoidal, karemsi, dikdörtgenimsi, yuvarlak, tüp, mercek ve değnek şekilli kapanımlar görülmektedir (Şekil 3.39). Ölçüm yapılan iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarda büyüklükler genellikle <1 ile 12 μm arasında çıkmıştır. Tek fazlı (sıvı) ve tek fazlı (gaz) kapanımların ve ikincil kökenli kapanımlarının boyutları ise <1 ila 20 μm arasında değişmektedir.

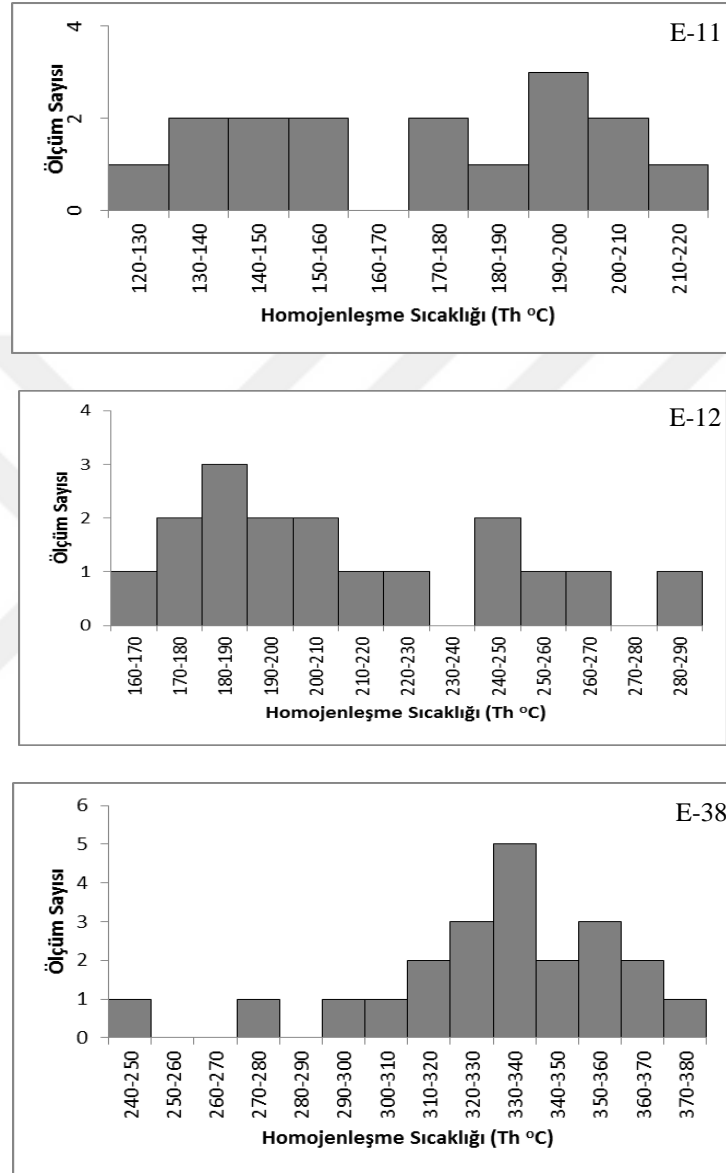
Birincil kökenli kapanımlar genellikle kristal düzlemine paralel dizilimli ve/veya bazı kristallerde küçük kümeler halinde, bazı örneklerde ise izole (tek başına) görülmektedir.



Şekil 3.39. Eğrikar skarn yatağında ekzoskarn zonundaki kuvars minerallerinin birincil sıvı kapanım görüntüleri. a) iki ve tek fazlı kapanım (Örn. No.: E11), b) İki ve tek fazlı kapanım (Örn. No.:E12), c) ve d) İki fazlı kapanım (Örn. No.: E12 ve E38). S: Sıvı, G: Gaz

Yapılan incelemelerde kuvars kristallerinin bazılarında, özellikle yalancı ikincil ve ikincil kökenli kapanımlarda boyunlanmış (necking down), uzamış şekilli kapanımlar gözlenmiştir. Boyunlanmış kapanımların bazılarının iki fazlı duruma geldikleri görülmekte ve böyle kapanımlarda mikrotermometrik ölçümler yapılmamıştır. Sıvı kapanım incelemelerinde bazı birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımların yavru/içelti

mineraller (daughter mineral) de içerdiği belirlenmiştir. Ancak bu yavru/içelti minerallerin bileşimi tespit edilememiştir. Ölçüm yapılan kapanımların tamamı sıvı fazda homojenleşmiştir (Şekil 3.40). Ayrıca kapanımlardaki sıvı fazın gaz faza oranı fazladır.



Şekil 3.40. Kuvars minerallerine ait sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıklarının histogramları.

Kuvars kristallerindeki iki fazlı (sıvı+gaz), birincil ve yalancı ikincil kökenli kapanımlarda yapılan mikrotermometrik analizlerde elde edilen homojenleşme sıcaklıkları (Th °C) Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.7. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağında ekzoskarn zonundaki kuvars minerallerine ait mikrotermometrik veriler.

Örnek No.	Kapanım	Homojenleşme	Homojenleşme
	Türü (Tip I /	Fazı	Sıcaklığı Th (°C)
E-11	iki fazlı	sıvı faza	128
	iki fazlı	sıvı faza	138
	iki fazlı	sıvı faza	140
	iki fazlı	sıvı faza	141
	iki fazlı	sıvı faza	150
	iki fazlı	sıvı faza	155
	iki fazlı	sıvı faza	160
	iki fazlı	sıvı faza	177
	iki fazlı	sıvı faza	179
	iki fazlı	sıvı faza	189
	iki fazlı	sıvı faza	192
	iki fazlı	sıvı faza	193
	iki fazlı	sıvı faza	196
	iki fazlı	sıvı faza	209
	iki fazlı	sıvı faza	209
E-12	iki fazlı	sıvı faza	216
	yalancı ikincil	sıvı faza	163
	yalancı ikincil	sıvı faza	179
	yalancı ikincil	sıvı faza	180
	yalancı ikincil	sıvı faza	184
	yalancı ikincil	sıvı faza	185
	yalancı ikincil	sıvı faza	188
	birincil	sıvı faza	196
	yalancı ikincil	sıvı faza	200
	yalancı ikincil	sıvı faza	201
	birincil	sıvı faza	204
	yalancı ikincil	sıvı faza	217
	birincil	sıvı faza	221
	yalancı ikincil	sıvı faza	245
	yalancı ikincil	sıvı faza	249
yalancı ikincil	sıvı faza	253	
E-38	yalancı ikincil	sıvı faza	267
	birincil	sıvı faza	282
	iki fazlı	sıvı faza	245
	iki fazlı	sıvı faza	276
	iki fazlı	sıvı faza	298
	iki fazlı	sıvı faza	308
	iki fazlı	sıvı faza	317
	iki fazlı	sıvı faza	320
	iki fazlı	sıvı faza	322
	iki fazlı	sıvı faza	324
	iki fazlı	sıvı faza	328
	iki fazlı	sıvı faza	331
	iki fazlı	sıvı faza	333
	iki fazlı	sıvı faza	336
	iki fazlı	sıvı faza	340
iki fazlı	sıvı faza	340	
iki fazlı	sıvı faza	341	
iki fazlı	sıvı faza	346	
iki fazlı	sıvı faza	352	
iki fazlı	sıvı faza	359	
iki fazlı	sıvı faza	359	
iki fazlı	sıvı faza	367	
iki fazlı	sıvı faza	370	
iki fazlı	sıvı faza	380	

Eğrikar Fe-Cu skarn yatağında ekzoskarn zonundan alınan üç adet kuvars minerallerinde yapılan 55 adet ölçüm değerlerine göre, kapanımların homojenleşme sıcaklığı sıvı fazda gerçekleşmiş ve 120-380 °C arasında değişmektedir.

3.5. Homojenleşme sıcaklığı ve tuzluluk değerleri

Homojenleşme sıcaklıklarının ölçüldüğü birincil ve yalancı ikincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar sıvı azot kullanılarak dondurulmuş ve ergime sıcaklıkları (T_m °C) bulunmuştur. Ölçülebilen ergime sıcaklıkları (T_m °C) ve bunlara karşılık gelen % NaCl eşdeğerleri Bodnar (1993)'ın eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır ve Tablo 3.8'de verilmiştir.

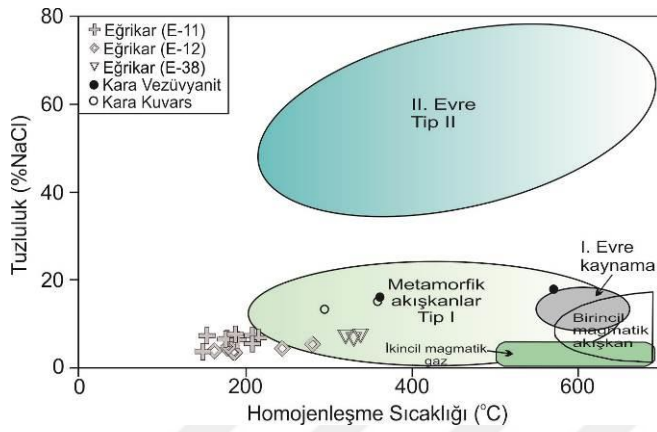
Tablo 3.8. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağında ekzoskarn zonundaki kuvars minerallerine ait % NaCl eş değeri tuzluluk verileri.

Örn. No.	T_m (°C)	Homojenleşme sıcaklığı T_h (°C)	% NaCl eşdeğeri
E-11	-4.8	189	7.6
	-4.6	155	7.3
	-4.5	209	7.2
	-4.2	216	6.9
	-4.1	177	6.6
	-4.0	179	6.5
	-4.0	192	6.5
	-4.0	193	6.5
E-12	-3.5	209	5.7
	-3.1	282	5.1
	-2.8	180	4.7
	-2.7	179	4.5
	-2.5	245	4.2
	-2.4	163	4.0
E-38	-2.1	188	3.6
	-2.0	185	3.4
	-4.5	340	7.2
	-4.1	322	6.6
	-4.0	331	6.5

Eğrikar Fe-Cu skarn yatağında ekzoskarn zonundan alınan üç adet kuvars minerallerinde elde edilen 20 adet T_m (°C) sonucuna göre, kapanımları tuzluluğu % 3.4 - 7.6 NaCl eş değeri arasında değişmektedir. Çalışma alanındaki tip I kapanımlarda (Örn. No. E-11 ve E-38) T_m (°C) sonucuna göre tuzluluk % 5.7 - 7.6 NaCl eş değeri arasındadır.

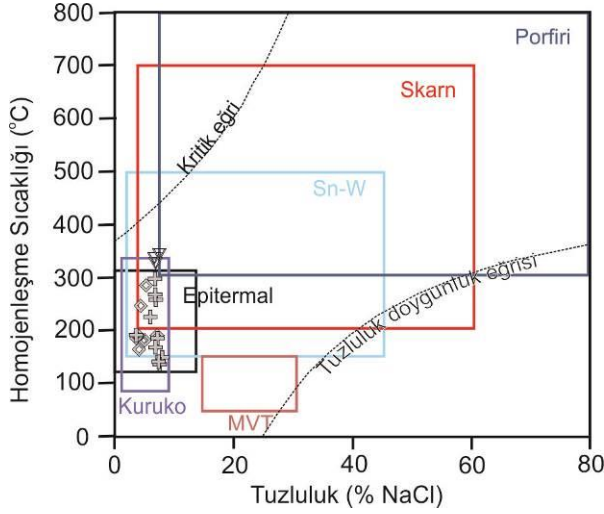
Eğrikar Fe-Cu skarn yatağına ait homojenleşme sıcaklıkları ve tuzluluk değerleri birlikte değerlendirildiğinde çözeltilerin metamorfik akışkanlar tip-I alanında yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 68). Tip-I kapanım içeren kuvarslardan, özellikle E38 nolu örnekte, sıvı ve gaz fazınca zengin olan kapanımların sıcaklık (322-340°C) homojenleşme değerleri (Tablo 3.8) “metamorfik akışkanlar” alanında bulunmaktadır. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağındaki kuvarslardaki sıvı kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklık ve

tuzluluk değerleri, Susurluk skarn yatağındaki (Orhan ve diğ., 2010) proksimal zonda vezüvyanite ait Tip-I kapanımın homojenleşme sıcaklığı (>437°C) ve tuzluluğu (ortalama %11.1 NaCl eşdeğeri) ile Kara Magnetit-Şeelit skarndaki (Singoyi ve Zaw, 2001) II. Evre'ye ait vezüvyanitlerdeki (Tip I kapanım) homojenleşme sıcaklık (Th= 362-571 °C) ve tuzluluk (%16.3-17.8 NaCl eş değeri) ile III. Evreye ait kuvarslardaki homojenleşme sıcaklık (Th=295.5-359 °C) ve tuzluluk (% 13.4-15.3 NaCl eş değeri) değerlerine sahip olup "Metamorfik Akışkanlar" alanına düşmektedirler (Şekil 3.41).



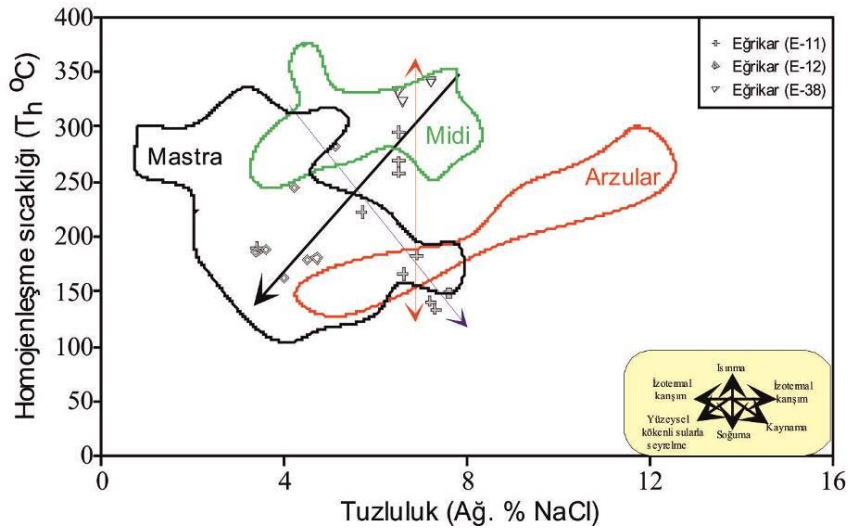
Şekil 3.41. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağına ait sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığına ile tuzluluk değerlerinin dağılımı (farklı kökenli hidrotermal akışkanların ortalama sıcaklık ve tuzluluk alanları Bodnar, 1999'dan alınmıştır).

Eğrikar Fe-Cu skarnda belirlenen tip-I kapanımların homojenleşme sıcaklığı ile %NaCl eş değeri tuzluluk değerleri çeşitli yatak tipleriyle karşılaştırıldığında, skarnlaşma kritik eğrinin altında (120-380 °C ve % 3.4-7.6 NaCl eşdeğeri tuzluluk) epitermal ve skarn alanına düşmektedir (Şekil 3.42)



Şekil 3.42. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağında kuvarslardaki tuzluluk (% NaCl) ve homojenleşme sıcaklıklarının (°C) çeşitli yatak tiplerinde görülen karakteristik tuzluluk (% NaCl) ve sıcaklık (°C) değerleri (Wilkinson, 2001) ile karşılaştırılması

Eğrikar Fe-Cu skarndaki kuvarslarda tespit edilen tip-I kapanımların homojenleşme sıcaklığı ile %NaCl eş değeri tuzluluk değerleri çeşitli sıvıların gelişim yönsemeleri (Wilkinson, 2001) ile karşılaştırıldığında ısınma-soğuma ve yüzeysel sularla seyrelme etkisi görülmektedir (Şekil 3.43).



Şekil 3.43. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağında kuvarslardaki tuzluluk (%NaCl) ve homojenleşme sıcaklıklarının (°C) dağılımı (sıvıların gelişim yönsemeleri Wilkinson, 2001; Midi Mastra ve Arzular sahalarının verileri Akaryalı, 2016'den alınmıştır).

4. TARTIŞMA

Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının cevher mineralleri olarak manyetit, hematit, kalkopirit, pirit, altın ve nabit bakırdır. Skarn mineralleri olarak piroksen, granat, epidot, kuvars, kalsit ve aktinolit–tremolittir.

Susuz ve yüksek sıcaklık mineralleri olan piroksen ile granat ilerleyen evrede ve endoskarn zonunda oluşmuştur. Piroksenlerin bir kısmının yerini epidot, hornblend ve çok az klorit almıştır (Şekil 3.30). Epidot, hornblend ve klorit gibi sulu mineraller gerileyen evrede gelişir (Einaudi ve Burt, 1982; Meinert, 1992; 1997; Meinert ve diğ., 2005). Piroksen ve granatların kırıkları boyunca üzerlerinde epidotlar gelişmiştir (Einaudi, 1982; Murakami, 2005). Andezit epidot damarları, kireçtaşında ışınal epidot damarları ve hematit mercikleri ve diyoritte epidot benekleri bulunmaktadır (Şekil 3.31). Murakami (2005) gerileyen evrede minerallerin bazen damarlar şeklinde de geliştiğini belirtmiştir. İlerleyen evreye ait granatların aralarını hematit ve kuvars damarlarının doldurduğu görülmektedir.

Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının skarn mineralojisi ile Türkiyede, Şamlı-Balıkesir Fe-Cu skarn, Özdil-Trabzon Fe-Cu skarn (Aslan, 1991; Sadıklar, 1993), Çambaşı-Ordu Fe-Cu skarn (Saraç, 2003), Çelebi (Kırıkkale) Fe-W ve Cu skarn (Kuşcu ve diğ., 2002), Karamadazı-Kayseri (Kuşcu ve diğ., 2002), Ayazmant-Balıkesir Fe-Cu skarn (Oyman, 2010), Susurluk-Balıkesir Fe skarn (Orhan, 2008), Arnastal-Gümüşhane Fe skarn (Sipahi, 2011) ve dünyada, (Pena Colorado-Meksika Fe skarn (Zürcher ve diğ., 2001), Ocna de Fier-Dognecea-Romanya Cu-Fe skarn (Cook ve Ciobanu, 2001; Ciobanu ve Cook, 2004), Edong-Çin Cu-Fe ve Fe skarn (Guiqing Xie ve diğ., 2015) Fe-Cu skarn yataklarının skarn mineralojisi bir çok yönden benzer özellik göstermektedir (Tablo 4.1).

Fe ve Fe-Cu skarn yataklarının yan kayaçları genelde aynı olup kireçtaşından oluşmaktadır. Sadece Çambaşı (Ordu) Fe-Cu skarn yatağının yan kayacı kireçtaşı ile trakiandezit, Kara (Tazmanya) Fe-skarn yatağının kireçtaşı-kumtaşı, Pena Colorada (Meksika) Fe yatağının volkano-sedimanter ve Edong (Çin) Fe ile Fe-Cu skarn yatağının ise dolomitten ibarettir (Tablo 4.1). Eğrikar (Gümüşhane) Fe-Cu skarn yatağının yan kayacında kireçtaşından oluşmaktadır (Tablo 4.1). Fe-skarn yataklarını sebep olan sokulum kayaçları genelde granit ve monzonit bileşimli olup Pena Colorado (Meksika) Fe-skarn ve Edong (Çin) Fe- ve Fe-Cu skarn yataklarında diyorit de

görülmektedir. Fe- ve Fe-Cu skarn yataklarını oluşturan sokulum kayalarının yaşları değişiklik arz etmektedir. Karamadazı (Kayseri) Fe-skarn, Kara (Tazmanya) Fe-skarn, Edong (Çin) Fe- ve Fe-Cu skarn yatakları Paleozoyik yaşlı, Susurluk (Balıkesir) Fe ve Ayazmant (Balıkesir) Fe-Cu yatakları Tersiyer yaşlı, diğerleri ise Kretase yaşlıdır. Tablo 4.1’de verilen skarn zonlarındaki sıcaklık değeri 300-600 °C arasında değişmekte olup, Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının ekzoskarn zonu için sıcaklığı 160°-380°C arasındadır. Bu çalışmadaki ekzoskarn zonunun sıcaklık değerinin diğer yatakların ekzoskarn zonlarındakiler ile benzer olduğu görülmektedir. Çambaşı ve Ayazmant Fe-Cu skarn ve Susurluk Fe-skarn yataklarının granat türü grossular-andradit iken Pena Colorado Fe-skarn yatağının grossularit diğerlerinin ise andradittir.



Tablo 4.1. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının Türkiye’deki ve Dünya’daki seçilmiş Fe ve Fe-Cu skarn yatakları ile karşılaştırılması.

Skarn Yatağı Adı	Eğrikar Fe-Cu (Gümüşhane)	Arnastal ve Camiboğazı Fe (Gümüşhane)	Özdil Fe (Trabzon)	Çambaşı Fe-Cu (Ordu)	Karamadazi Fe (Kayseri)	Susurluk Fe (Balıkesir)	Ayazmant Fe-Cu (Balıkesir)
Yan kayaç	Kireçtaşı	Kireçtaşı	Kireçtaşı	Kireçtaşı-Trakiandezit	Kireçtaşı	Kireçtaşı	Kireçtaşı
İntrüzyon	Monzogranit	Monzonit-granit	Granitoyid	Monzonit	Granit-monzodiyorit	Granitoyid	Granit
İntrüzyon Yaşı	Geç Kretase	Geç Kretase (Kaygusuz ve diğ., 2014)	Jura-Erken Kretase	Geç Kretase	Paleozoyik-Mezozoyik (?) (Hersiniyen)	Tersiyer	Geç Oligosen
Skarn tipi	Ekzoskarn	Ekzoskarn	Ekzoskarn	Ekzoskarn	Endo- ve ekzoskarn	Ekzoskarn	Endo- ve ekzoskarn
Sıcaklık	160-380°C (Kuars)	329°-558°C (Vezüvyanit-Diyopsit)	400°-600°C			396.5°-600°C	300°-576°C (Piroksen-Manyetit)
Granat türü	Andradit- (Ad ₉₁₋₉₉ Gr ₀₁₋₀₇) Grossular Andradit (Ad ₄₄₋₉₅ Gr ₀₅₋₅₄) (Sipahi ve diğ., 2016)	Andradit (Ad ₇₂₋₁₀₀ Gr ₀₋₂₈)	Andradit (Ad ₇₃₋₉₉ Gr ₁₋₂₇)	Grossular-Andradit (Ad ₁₋₅₀ Gr ₄₃₋₉₂)	Granat	Grossular-Andradit	Grossular-Andradit (Ad ₈₄₋₈₉ Gr ₇₅₋₇₉)
Piroksen türü	Hedenberjit	Diyopsit (Di ₉₇₋₉₉ Hd ₁₋₃ Jo ₀)	Diyopsit (Di ₅₅₋₆₄ Hd ₃₀₋₄₁ Jo ₃₋₇)	Diyopsit	Diyopsit- Hedenberjit	Diyopsit- Hedenberjit	Diyopsit (Di ₆₅₋₇₅)
Epidot	Epidot	Epidot	Klinozoyisit-Epidot	Klinozoyisit-Epidot	Epidot	Yok	Epidot
Manyetit	bol	bol	yok	bol	bol	bol	bol
Hematit	bol	bol	bol	yok	az	bol	az
Kalkopirit	az	yok	az	az	yok	az	az
Pirit	az	az	az	az	az	az	az
Pirotin	yok	az	az	az	yok	az	az
Oksitleyici/ İndirgeyici	Oksitlenmiş	Yüksek derecede oksitlenmiş	Oksitlenmiş	Oksitlenmiş	Oksitlenmiş	Oksitlenmiş	Oksitlenmiş
Referanslar	Bu çalışma	Sipahi (2011)	Aslan (1991) ve Sadıklar (1993)	Saraç (2003)	Kuşçu (2002)	Orhan (2008)	Oyman (2010)

Tablo 4.1 (devamı)

Skarn Yatağı Adı	Kara Fe (Tazmanya)	Pena Colorado Fe (Meksika)	Edong (Çin) Fe	Edong (Çin) Cu-Fe
Yan kayaç	Kireçtaşı-Kumtaşı	Volcano Sedimanter	Dolomit	Dolomit
İntrüzyon	Graniti	Diyoriti	Diyorit, Granit ve Monzonit	Diyorit ve Kuvars diyorit
İntrüzyon Yaşı	Devoniyen	Geç Kretase-Erken Tersiyer	Erken Kretase	Erken Kretase
Skarn tipi	Ekzoskarn	Endoskarn	Ekzoskarn	Ekzoskarn
Sıcaklık	450°-600°C 350°-240°C (Klinoproksen-sıvı kapanım)	Yaklaşık 590°C (Granat-Piroksen)		
Granat türü	Andradit (Ad ₇₅₋₁₀₀ Gr ₀₋₂₅)	Grossularit (Ad ₃ Am ₃₆ Gr ₆₁)	Andradit (Ad ₃₇₋₁₀₀ Gr ₀₋₆₂)	Andradit (Ad ₂₉₋₉₆ Gr ₀₋₆₈)
Piroksen türü	Diyopsit (Di ₇₅₋₁₀₀ Hd ₀₋₂₅)	Diyopsit (Di ₆₂₋₉₄ Hd ₅₋₃₃ Jo ₁₋₅)	Diyopsit (Di ₆₁₋₁₀₀ Hd ₀₋₃₈)	Diyopsit (Di ₅₄₋₉₈ Hd ₂₋₄₅)
Epidot	Epidot	Fe-Epidot	yok	yok
Manyetit	bol	bol	bol	bol
Hematit	az	az	az	az
Kalkopirit	yok	yok	az	orta
Pirit	az	az	az	bol
Pirotin	yok	az	az	az
Oksitleyici İndirgeyici	Yüksek dereceli oksitlenme	İndirgenmiş orta dereceli oksitlenme	Nispeten oksitlenmiş ortamlarda	Nispeten oksitlenmiş ortamlarda
Referanslar	Zaw ve Singoyi (2000)	Zürcher ve diğ. (2001)	Xie ve diğ. (2015)	Xie ve diğ. (2015)

Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının granat türü ise andradit ve grossular-andradit olarak belirlenmiştir. Susurluk Fe skarn ve Karadamazı Fe skarn yataklarının piroksen türü diyopsit-hedenberjit iken diğer skarn yataklarının piroksen türü diyopsittir (Tablo 4.1). Ayrıca Kara Fe skarn, Pena Colorado Fe-skarn ve Edong Fe- ve Fe-Cu skarn yataklarında da az miktarda hedenberjit tespit edilmiştir. Bu çalışmadaki piroksen türü ise hedenberjit olarak belirlenmiştir. Susurluk Fe skarn ve Edong Fe- ve Fe-Cu skarn yatakları hariç diğer skarn yataklarında epidot minerali bulunmaktadır. Özdil Fe-skarn ile Çambaşı Fe-Cu skarn yataklarında klinozoist epidot bulunurken, Pena Colorado Fe-skarn yatağında Fe'li epidotlar mevcuttur. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağında da önemli miktarda epidot vardır.

Fe- ve Fe-Cu skarn yataklarının hepsi bol miktarda manyetit içerirken, Camiboğazı-Arnastal (Gümüşhane) Fe-skarn, Karamadazı (Kayseri) Fe-skarn, Kara (Tazmanya) Fe-

skarn ve Pena Colorado (Meksika) Fe-skarn yatakları hariç diğer Fe- ve Fe-Cu skarn yatakları az miktarda kalkopirit içermektedir (Tablo 4.1). Eğrikar Fe-Cu skarn yatağında ise manyetit ve hematit bol, kalkopirit ise az miktarda bulunmaktadır. Arnastal-Camiboğazı (Gümüşhane) Fe-skarn ile Kara (Tazmanya) Fe-skarn yatakları yüksek dereceli oksitli ve Pena Colorada (Meksika) Fe-skarn yatakları ise indirgenmiş-orta dereceli oksitli ve diğer Fe- ve Fe-Cu skarn yatakları oksitlenmiş şartlar altında oluşmuştur (Tablo 4.1). Bu çalışmadaki Fe-Cu skarn yatağının skarn minerallerinin andradit ve hedenberjit olması; cevher minerallerinden manyetit ve hematit bol iken, pirit ve kalkopiritin az oranlarda olması yatağın oksitli şartlar altında geliştiğini işaret etmektedir.



5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasının neticesinde aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

1. Çalışma alanındaki kayalar dasit ve piroklastları, kireçtaşı, hornblendli andezit ve Eğrikar Granitoyidi (monzogranit, granodiyorit ve diyorit) olarak belirlenmiştir.

2. Dasitler plajiyoklas, kuvars, hornblend ve biyotit; andezitler plajiyoklas, hornblend, biyotit, kuvars mineralleri; monzogranitler kuvars, plajiyoklas, ortoklas, biyotit ve muskovit mineralleri; granodiyorit plajiyoklas, kuvars, ortoklas, hornblend, biyotit ve epidot mineralleri ve diyorit ise plajiyoklas, hornblend, ortoklas, kuvars, epidot ve biyotit mineralleri içermektedir.

3. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağı endo ve ekzoskarn zonlarından oluşmaktadır. Skarn mineralleri olarak piroksen, granat, epidot, kuvars, kalsit ve aktinolit-tremolit tespit edilmiştir.

4. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağının cevher minerallerinin dokusu kafes, kutu, saçınım ve demet ve mineral parajenezi manyetit, pirit, hematit, kalkopirit, altın ve nabit bakırdan oluşmaktadır. Bunlara ilaveten alterasyon ve oksidasyon mineralleri olarak götit, limonit, dijenit, malakit, azurit ve lepidokrozit belirlenmiştir.

5. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağı ile ilişkili volkanitler jeokimyasal olarak kalk-alkali karakterde ve yay magmatizmasının ürünü olup, fraksiyonel kristallenmenin etkin olduğu bir süreçte yitim ilişkili kayaların karakteristik özelliğini yansıtmaktadır.

6. Çalışma alanındaki granitoidler orta K'lu kalk-alkali karakterdedir. Monzogranit ve granodiyoritler peralimünyum diyoritler ise metalimünyum özelliktedir. Eğrikar Granitoyidik kayaların iz element karakteristikleri, genel olarak yay granitlerine benzerlik göstermektedir. Eğrikar Fe-Cu skarn sahasında Fe-skarn ile ilişkili granitoidlerin yitim sonrası meydana gelmiş olduğu düşünülmektedir.

7. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağı kuvarslarda yapılan sıvı kapanım çalışmaları sıcaklığın ekzoskarn zonu için 160-380 °C ve tuzluluğun % 3.4-7.6 NaCl eşdeğeri tuzluluk arasında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca damardaki kuvarslarda elde edilen sıcaklık değerleri epitermal zonu işaret etmektedir. Kuvarslardaki sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığı epitermal ve skarn kökeni desteklemektedir.

8. Eğrikar Fe-Cu skarn yatağında skarn ve cevher minerallerinin türü ve sıvı kapanım sonucu elde edilen veriler bu yatağın oksijenli şartlar altında sığ sokulum sonucu oluştuğunu desteklemektedir.



6. KAYNAKLAR

- Akaryalı, E., 2010, Arzular (Gümüşhane KD-Türkiye) Altın Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensel İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akaryalı, E., 2016. Geochemical, fluid inclusion and isotopic (O, H and S) constraints on the origin of Pb-Zn±Au vein-type mineralizations in the Eastern Pontides Orogenic Belt (NE Turkey). Ore Geology Reviews, 74, 1-14.
- Akaryalı, E. ve Akbulut, K., 2016. Constraints of C-O-S isotope compositions and the origin of the Ünlüpınar volcanic-hosted epithermal Pb-Zn±Au deposit, Gümüşhane, NE Turkey, Journal of Asian Earth Science, 117, 119-134.
- Akaryalı, E. ve Tüysüz, N., 2013. The genesis of the slab window-related Arzular low sulfidation epithermal gold mineralization (Eastern Pontides, NE Turkey). Geoscience Frontiers, 4-4, 409-421.
- Akçay, M., Gündüz, Ö. ve Çoban, H., 1998. A Multi-phase Intrusion around the Gümüşhane Village (Artvin) and Associated Mineralisation Types: A Geologic and Associated Approach, Geosound, 33,1-18.
- Akçay, M. ve Arar, M., 1999. Geology, Mineralogy and Geochemistry of the Çayeli Massive Sulphide Ore Deposit, Rize, NE Turkey, Mineral Deposits: Processes to Processing, Stanley et al. (Eds), Balkema, Rotterdam, 459-462.
- Akın, H., 1978. Geologie, magmatismus and Lager-Staettenbidung im Ostpontischen Gebirge-Tukei ausder Sicht der Platten tektonic. Geologische Rundschau 68, 253-283.
- Aslan, Z., 1991, Özdil (Yomra-Trabzon) Yöresinin Petrografisi, Skarn Olusukları ve Granit-Piroksen Ritmikleri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bil. Enst., s.74, Trabzon.
- Aydınçakır, E., 2014. The Petrogenesis of Early-Eocenenon-adakiticvolcanism in NE Turkey: Constraints on geodynamic implications. Lithos, 208, 361-377.
- Barrett, T.J., Cattalani, S. ve MacLean, W.H. 1993. Volcanic lithochemistry and alteration at the delbridge massive sulphide deposit, Noranda Quebec. Journal of Geochemical Exploration, 48, 135-173.
- Barrett, T.J. ve MacLean, W.H. 1991. Chemical, Mass and Oxygen Isotope Changes During Extreme Hydrothermal Alteration of an Archean Rhyolite, Noranda, Quebec, Economic Geology, 86, 406-414.

- Barrett, T.J. ve MacLean, W.H. 1994. Mass changes in hydrothermal alteration zones associated with VMS deposits in the Noranda area. Exploration and Mining Geology, 3, 131-160.
- Barrett, T.J. ve MacLean, W.H. 1999. Volcanic sequences, lithochemistry and hydrothermal alteration in some bimodal volcanic-associated massive sulfide systems, volcanic-associated massive sulfide systems: Processes and examples in modern and ancient settings. Eds: Barrie, C.T., Hannington, M.D. Reviews in Economic Geology, 8, 101-131.
- Batchelor, B., ve Bowden, P., 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters, Chemical Geology, 48, 43-55.
- Bektaş, O., 1986. Paleostress Trajectories and Polyphase Rifting in Arc of Eastern Pontides, MTA Bulletin, 103/104, 1-15.
- Barton, M.D., Ilchik, R.P., ve Marikou. M.A., 1991. Metasomatism: Reviews in Mineralogy, 26, 321-350.
- Bodnar, R.J., 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions. Geochimica et Cosmochimica Acta, 57, 683-684.
- Bodnar, R.J., 1999. Hydrothermal solutions. in Marshall, C.P., and Fairbridge (eds.), Encyclopedia of geochemistry: Lancaster, Kluwer Academic Publishers, p. 333-337.
- Boynton, W.V., 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements; meteorite studies. In: Rare earth element geochemistry. Henderson, P. (Editor), Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam, 63-114.
- Briggs, R.M., ve McDonough, W.F., 1990. Contemporaneous convergent margin and intraplate magmatism, North Island, New Zealand, Journal of Petrology, 31, 14, 813-851.
- Ciobanu, C.L. ve Cook, N.J., 2004, Skarn texture and a case study: the Ocna de Fier Dognecea orefield, Banat, Romania, Ore Geology Reviews, 24, 315-370.
- Cook, N.J. ve Ciobanu, C.L., 2001. Paragenesis of Cu-Fe ores from Ocna de Fier-Dognecea (Romania), typifying fluid plume mineralization in a proximal skarn setting. Mineralogical Magazine, 65(3), 351-372.
- Cox, K.G., 1985. Hawkesworth, C.J., Geochemical stratigraphy of the deccan traps at Mahabaleshwar, Western Ghats, India, with implications for Open System Magmatic Processes. Journal of Petrology, 26, 355-388.
- Çağatay, M.N., Eastoe, C.J., 1995. A Sulfur Isotope Study of Volcanogenic Massive Sulfide Deposits of the Eastern Black Sea Province, Turkey, Mineralium Deposita, 30, 55-66.

- Çekiç, Y., Güç, A.R., Eroğlu, C.İ., Türkmen, İ., Çağlar, O., Akıncı, S. ve Kurtoğlu, T., 1985. Giresun G41-c1-c2-c3-c4-d1-d2-d3-d4 Paftalarının Polimetallik Masif Sülfid Cevheri Proeksiyonu Raporu, MTA Raporu, No: 84-8e.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrografik ve Jeokronolojik Araştırmalar, İTÜ Kütüphanesi, İstanbul, 1034,.
- Demir, Y., 2005. İstala ve Köstere (Zigana/Gümüşhane) Cu-Pb-Zn Madenleri ve Yan Kayaçlarının Mineralojisi ve Dokusal Özelliklerinin Karşılaştırılmalı İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Demir Y., Uysal I., Sadıklar M.B., Sipahi F., 2008. Mineralogy, mineral chemistry, and fluid inclusion investigation of Kostere hydrothermal vein-type deposit (Gumushane, NE-Turkey), Neues Jahrbuch Fur Mineralogie-Abhandlungen, 185, 215-232.
- Dixon, J.C. ve Pereira, J., 1974. Plate Tektonics and Mineralization in the Tethyan Region, Min. Deposita, 9, 185-198.
- Einaudi, M.T., 1982. Descriptions of skarn associated with porphyry copper plutons, South western North America, in S.R., Titley, (ed.), Advances in geology of the porphyry copper deposits, South western North America, Tucson, University of Arizona, 185-210.
- Einaudi, M.T. ve Burt, D.M., 1982. A Special Issue Devoted to Skarn Deposits, Introduction-Terminology, Classification and Composition of Skarn Deposits, Economic Geology, 77, 4, 745-754.
- Er, M., ve Serdar, A.M., 1992. Doğu Karadeniz Bölgesinde 1967-1991 yılları arasında yapılan çalışmalar – elde edilen sonuçlar ve yeni maden arama proje önerileri. MTA Raporu.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S. ve Özsayar, T., 1979. Tectonic Evolution of the Eastern Pontide in Mesozoic, Geocom – I, Abstracts, 68.
- Güven İ.H. 1993. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/25.000 Ölçekli Jeolojisi ve Komplikasyonu, MTA, Ankara (yayınlanmamış).
- Harris, N.B.W., Pearce, J.A. ve Tindle, A.G., 1986. Geochemical Characteristics of Collision-Zone Magmatism, Geol. Soc. Lond. Spec. Pub., 19, 67-81.
- Irvine, I.C. ve Baragar, W.R.A., 1971. A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences, 8, 523-548.
- Jankovic, S., 1980. Porphyry copper and massive-sulfide ore deposits in the northeastern Mediterranean. In: Ridge JD (ed) Fifth Quadrenial IAGOD Symposium, Schweizerbart, Stuttgart, 431-444.

- Kamitani, M., Takaoğlu, S., Çekiç, Y. ve Şahinoğlu, E., 1978. Espiye Güneyindeki Çakıldağ Bakır ve Demir Zuhurları ve Eğrikar Yatağının Kökeni. MTA Raporu. No: 1544, Jd. 206 Ankara.
- Karlı, O., 1996, Zigana Granitoidi'nin (Maçka-Trabzon) mineralojik ve jenetik açıdan incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bil. Enst., s.125, Trabzon.
- Kaygusuz, A., 2000, Torul ve Çevresinde Yüzeyleyen Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen. Bil. Enst., 235 Sayfa, Trabzon.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Şen, C. ve Satır, M., 2008. Petrochemistry and Petrology of I-type Granitoids in an Arc Setting: The Composite Torul Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey. Int. J. Earth Sci. 97, 739 –764.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Wolfgang, S., Sipahi, F. ve İlbeyli, N., 2012a. Geochronological Evidence and Tectonic Significance of Carboniferous Magmatism in the Southwest Trabzon Area, Eastern Pontides, Turkey. International Geology Rew 54 (15), 1776-1800.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., İlbeyli, N., Sipahi, F. ve Aydınçakır, E., 2012b. Doğu Pontid Kuzey Zonunda Yüzeyleyen Paleozoyik Yaşlı granitlerin U-Pb Zirkon Yaşlandırması, Sr-Nd-Pb-O İzotop Sistematiikleri ve Jeodinamik Evrimi, (TÜBİTAK PROJESİ) Proje No: 109Y052.
- Kaygusuz, A., Sipahi, F., İlbeyli, N., Arslan, M., Chen, B., ve Aydınçakır, E., 2013. Petrogenesis of the Late Cretaceous Turnagöl Intrusion in the Eastern Pontides: Implications for Magma Genesis in the Arc Setting. Geoscience Frontiers, 4, 423-438.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W., Sipahi, F., İlbeyli, N. ve Temizel, İ., 2014. LA-ICP MS zircon dating and whole-rock Sr-Nd-Pb-O isotope geochemistry of the Camiboğazı pluton, Eastern Pontides, NE Turkey: Petrogenesis and tectonic implications of arc-related I-type magmatism. Lithos, 192-195, 271-290 (2014).
- Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji, İTÜ Kütüphanesi, 520, İstanbul.
- Ketin, İ., 1966. Türkiye'nin Tektonik Birlikleri, MTA yay. Ankara No: 66, , 20-34.
- Kuşcu, İ., Gençlioğlu-Kuşcu, G., Meinert, L.D. ve Floyd, P.A., 2002. The Geochemical characteristics of the Çelebi Granitoid, Kırıkkale-Turkey and comparison with world skarn granitoids. Journal of Geochemical Exploration
- Lambert, R.S.J. ve Holland, J.G., 1974. Yttrium Geochemistry Applied to Petrogenesis Utilizing Calcium-Yttrium Relationships in Minerals and Rocks. Geochimica Cosmochimic Acta, 38, 1393–1414.

- Lermi, A., 2003, Midi Pb-Zn Yatağı'nın Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve kökensele İncelemesi (Karamustafa / Gümüşhane), KD-Türkiye, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Ens., Trabzon.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Wooley, A.R. ve Zanettin, B.A., 1989. Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms, Blackwell, Oxford, Pp: 93.
- Lentz, D.R. ve Suzuki, K., 2000. A low-F, pegmatite-related Moskarn from the South western Grenville Province, Ontario, Canada: phasee quilibria and petrogeneti cimplications. Econ. Geol. 95, 1319-1337
- Maclean, W.H. ve Kranidiotis, P., 1987. Immobil Elements as Monitors of Mass Transfer in Hydrothermal Alteration: Phelps Dodge Massive Sulfide Deposit Matagami, Quebec, Economic Geology, 82, 951-962.
- Meinert, L.D., 1992. Skarn and skarn deposits, Geoscience Canada, 19, 145-162.
- Meinert, L. D., 1995. Compositional variation of igneous rock sassociated with skarn deposits-chemical evidence for a genetic connection between petrogenesis and mineralization: Mineralogical Association of Canada Short Course Series, 23, 401-418.
- Meinert, L.D., 1997. Application of SkarnDepositZonationModelsto Mineral Exploration, Explor. Mining Geol, 6, 2, 185-208.
- Meinert, L. D., Diple, G. M. ve Nicolescu, S., 2005. World SkarnDeposits, Society of Economic Geologist, Inc. Economic Geology 100th Anniversary Volume, 299-336.
- Middlemost, E.A.K., 1985. Magmasand Magmatic Rocks. An Introduction to Igneous Petrology. London, New York: Longman.
- Middlemost, E.A.K., 1994. Naming Materials in the Magma/Igneous Rock System, Earth Sci. Rev., 37, 215-224.
- Murakami,H., 2005. How toStudyskarntypeDeposits, A shortterm expert seminar, submittedto: Remote Sensing Center. MTA.
- Nicolescu, S. ve Comell, D.H., 1999. P-T conditions during skam formation in the Ocna de Fier ore district, Romania. Mineralium Deposita, 34, 730-742.
- Orhan, A., 2008, "Susurluk Skarn Yataklarının Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri (Balıkesir-Batı Anadolu)", ESOGU Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, ss. 258.
- Orhan, A., Mutlu, H. ve Hanilçı, N., 2010, Susurluk (Balıkesir) "Oksidasyon Tip" W-SkarnınınMikratermometrik özellikleri. MTA Dergisi. 141, 55-71.

- Oyman, T., 2010. Geochemistry, Mineralogy and Genesis of the Ayazmant Fe–Cu Skarn Deposit in Ayvalık, (Balıkesir), Turkey. Ore Geology Reviews, 37, 175–201.
- Özsayar , T., Pelin, S., ve Gedikoğlu, A., 1981, Doğu Pontidler’de Kretase, KTÜ Yer Bilimleri Dergisi, cilt 1, 65-114.
- Pearce, J.A. ve Norry, M.L., 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. Contributions to Mineralogy and Petrology, 69, 33-47.
- Pearce, J. A., 1982. Trace Element Characteristics of Lavas from Destructive Plate Boundaries, in Thorpe R.S.(Ed.), Andesites, Wiley and Sons, 525 – 548.
- Pearce, J.A., 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C.J., Norry, M.J. (Eds.), Continental Basalts and Mantle Xenoliths. Shiva, Cheshire, U.K., 230–249.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. ve Tindle, A.G., 1984. Trace Element Discrimination Diagram for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks, J. Petrol, 25, 956–983.
- Pearce, J.A., 1996. A user’s Guide to Basalt Discrimination Diagrams, ed: Wyman, D.A., Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration. Geological Association of Canada, Short Course Notes, 12, 79-113.
- Pearce, J.A. ve Bender, J.F., Delong, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Guner, Y., Saroglu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S., Mitchell, J.G., 1990. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 44, 1-2, 189-229.
- Pejatoviç, S., 1971, Doğu Karadeniz-Küçük Kafkasya Bölgesindeki Metalojenik Zonlar ve Bunların Metalojenik Özellikleri. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 77, 10-21.
- Pejatoviç, S., 1979. Metallogeny of the Pontid – Type Massive Sulfide Deposits, Spec. Publ. No: 177, MTA Yayını, Ankara, 98s.
- Roedder, E., 1984. Fluid inclusions, Reviews in Mineralogy, 12, 12- 45.
- Schultze-Westrum, H. H. 1961. Giresun Civarındaki Aksu Deresinin Jeolojik Profili, MTA Enstitüsü Yayını, 57, 63-71.
- Streckeisen, A., 1976. To Each Plutonic Rock its Proper Name, Earth Science Review, 12, 1–33.
- Singoyi, B. ve Zaw, K., 2001, A petrological and fluid inclusion study of magnetite scheelite skarn mineralization at Kara, Northwestern Tasmania, Implications for ore genesis, Chemical Geology, 173, 239-253.

- Sipahi, F., 1996, Camiboğazı ve Sarıtaş Yaylaları Arasındaki Bölgenin Petrografi ve Maden Yatakları Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sipahi, F., 2005, Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaların Mineraloji ve Jeokimyası, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Sipahi, F., 2011. Formation of Skarns at Gümüşhane (Northeastern Turkey). Neues Jahrbuch für Mineralogy-Abhandlungen, 188, 2, 169-190.
- Sipahi, F., Sadıklar, M.B. ve Şen C., 2013. The Geochemical and Sr-Nd isotopic Characteristics of Murgul (Artvin) Volcanics in the Eastern Black Sea Region (NE Turkey). Chemie der Erde/Geochemistry, DOI:10.1016/j.chemer.2013.08.005.
- Sipahi, F. ve Sadıklar, M.B., 2014. Geochemistry of Dacitic Volcanics in the Eastern Pontide (NE Turkey). Geochemistry International, 52, 4, 296-315.
- Sipahi, F., Sadıklar, M.B. ve Şen, C., 2014. The Geochemical and Sr-Nd isotopic Characteristics of Murgul (Artvin) Volcanics in the Eastern Black Sea Region (NE Turkey). Chemie der Erde/Geochemistry, 74, 331-342.
- Streckeisen, A., 1976. To Each Plutonic Rock its Proper Name, Earth Science Review, 12, 1-33.
- Sun, S.S. ve McDonough, W.F., 1989. Chemical and Isotope Systematics of Oceanic Basalts; Implication for Mantle Compositions and Processes, Magmatism in the Ocean Basins, eds: Saunders A.D., Nory M.J., 42, Geol. Soc. London. Spec. Pub., 313-345.
- Şengör, A.M.C., ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Takaoğlu, S., Kamitani, W., Çekiç, Y. ve Şahinoğlu, 1978. Gümüşhane-Torul-Eğrikar Bakır-Demir Zuhurunun 1/10.000 Ölçekli Jeoloji Raporu, MTA Raporu, No: 4284.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1981. The Composition and Evolution of the Continental Crust, Rare Element Evidence from Sedimentary Rocks, Phil., Trans, Roy. Soc., A301, 381.
- Thirlwall, M.F., Graham, A.M., Arculus, R.J., Harmon, R.S. ve Macpherson, C.G., 1996. Resolution of the effects of crustal assimilation, sediment subduction and fluid transport in island arc magmas: Pb-Sr-Nd-O isotope geochemistry of Grenada, Lesser Antilles. Geochimica Cosmochimic Acta, 60, 4785-4810.
- Türk-Japon Ekibi, 1985. The Republic of Turkey Report on The Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Phase 1, 72 s.

- Tüysüz, N., Özdoğan, K., Er, M., Yılmaz, Z. ve Ağan, A., 1994, Pontit Adayayında Carlin Tipi Kaletaş (Gümüşhane) Altın Altın Zuhuru, Türkiye Jeoloji Bülteni, 37, 41-46.
- Tüysüz, N., 1995. Lahanos (Espiye-Giresun) Masif Sülfid Yatağına Ait Cevher Mineralleri ve Dokularının Cevher Oluşumu Açısından İncelenmesi, Geosound/Yerbilimleri, 26, 79-92.
- Tüysüz, N. ve Akçay, M., 2000. Doğu Karadeniz Bölgesindeki Altın Yataklarının Karşılaştırılmalı İncelenmesi, Cumhuriyetin 75. yılı Yer Bilimleri ve Madencilik Kongresi, Bildiriler Kitabı, 625-645.
- Tüysüz, N., 2000. Geology, Lithogeochemistry and Genesis of the Murgul Massive Sulfide Deposit, NE-Turkey. Chemie der Erde, 60, 231-250.
- Van den Kerkhof, A.M. ve Hein, U.F., 2001. Fluid inclusion petrography, Lithos, 55, 27-47.
- Weaver, B.L. ve Tarney, J., 1984. Empirical approach to estimating the composition of the continental crust. Nature 310, 575-577.
- Wilkinson, J.J., 2001. Fluid Inclusions in Hydrothermal ore Deposits, Lithos, 55, 229-272.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology, 20, 325-343.
- Xie, G., Mao, J., Zhu, Q., Yao, L., Li, Y., Li, W. ve Zhao, H., 2015. Geochemical constraints on Cu-Fe and Fe skarn deposits in the Edong district, Middle-Lower Yangtze River metallogenic belt, China. Ore Geology Reviews, 64, 425-444.
- Yılmaz, B.S., Özdoğan, K., Çakır, M., Yılmaz, T. ve Köse, Z., 1993. Giresun İli Güney Yöreleri Genel Maden Aramaları Prospeksiyon Raporu, MTA Raporu.
- Zürcher, L., Ruiz, J. ve Barton, M.D. (2001) Paragenesis, elemental distribution and stable isotopes at the Peña Coloradairon skarn, Colima, México. Economical Geology, 96, 535-557.

ÖZGEÇMİŞ

Meltem YILMAZ, 1990 yılında Konya’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Gümüşhane Gazipaşa İlköğretim Okulu’nda tamamlayan Yılmaz, 2007 yılında Gümüşhane Lisesi’nden mezun oldu. 2008 yılında girdiği ÖSS sınavı sonucu Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nü kazandı. 2012 yılında mezun oldu. 2013 yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans programına başladı.

