

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KÖPRÜYANI (MAÇKA-TRABZON) Cu-SKARN CEVHERLEŞMESİNİN
JEOLJİSİ VE MİNERAL KİMYASI ÖZELLİKLERİ

YÜKSEK LİSANS

Adem SİVRİKAYA

ŞUBAT-2022
GÜMÜŞHANE



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KÖPRÜYANI (MAÇKA-TRABZON) Cu-SKARN CEVHERLEŞMESİNİN
JEOLJİSİ VE MİNERAL KİMYASI ÖZELLİKLERİ**

**GEOLOGY AND MINERAL CHEMISTRY FEATURES OF KÖPRÜYANI
(MAÇKA-TRABZON) Cu-SKARN MINERALIZATION**

YÜKSEK LİSANS

Adem SİVRİKAYA

**ŞUBAT 2022
GÜMÜŞHANE**



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KÖPRÜYANI (MAÇKA-TRABZON) Cu-SKARN CEVHERLEŞMESİNİN
JEOLJİSİ VE MİNERAL KİMYASI ÖZELLİKLERİ**

**GEOLOGY AND MINERAL CHEMISTRY FEATURES OF KÖPRÜYANI
(MAÇKA-TRABZON) Cu-SKARN MINERALIZATION**

YÜKSEK LİSANS

Adem SİVRİKAYA

Doç. Dr. Enver AKARYALI

**ŞUBAT 2022
GÜMÜŞHANE**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “**Köprüyanı (Maçka-Trabzon) Cu-Skarn Cevherleşmesinin Jeolojisi ve Mineral Kimyası Özellikleri**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi'nin lisanslı kullanıcısı olduğum intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

24/02/2022

Adem SİVRİKAYA

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlananmış olup "21.E0115.07.01" proje kodu ile Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (GÜBAP) Koordinatörlüğü tarafından maddi olarak desteklenmiştir.

Çalışmaların her aşamasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım danışman hocam Doç.Dr. Enver AKARYALI'ya candan teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince her türlü desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ ve Doç. Dr. Mehmet Ali GÜCER'e teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmaları sırasında yardımlarından dolayı değerli meslektaşlarım, Jeoloji Yüksek Mühendisi Ekrem SARI ve Jeoloji Mühendisi Hakan TÜFEK'e, ince kesitlerin hazırlanmasındaki katkılarından dolayı Tekniker Ferdi DAYANÇ'a, parlak kesitlerin hazırlanmasındaki emeği için Tuğçe Nurten AKDAĞ'a teşekkür ederim..

Çalışmalarım sırasında bana her zaman destek olan ve bugünlere gelmeme vesile olan aileme çok teşekkür ederim.

Adem SİVRİKAYA
GÜMÜŞHANE – 2022

ÖZET

Bu çalışmada, Doğu Pontidler' in Kuzey Zonunda Trabzon ili sınırlarında Köprüyanı mevkiindeki Cu-Skarn cevherleşmesinin; jeolojisi, petrografisi, cevher mikroskobisi özellikleri ve mineral kimyası içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Köprüyanı cevherleşme sahasında, aktinolit, tremolit, pirit, kalkopirit, manyetit ve malakit mineralleri ile kırık çatlak zonları boyunca gelişmiş limonitleşme, hematitleşme kloritleşme ve epidotlaşma türü alterasyonlar gözlenmektedir. Manyetit minerallerinin genellikle kalkopirit, pirit ve granat ile birlikte bulunduğu, TiO₂ içeriklerinin çok düşük (%0.02-1.02) olduğu buna karşılık FeO_t içeriklerinin ise %83.13-92.00 arasında değiştiği, türlerinin titonamanyetit olduğu belirlenmiştir. Manyetit ile beraber bulunan ve ekzoskarn zonunda yer alan kalkopirit minerallerinin Cu içeriğinin %33.50-43.27 ve Fe içeriği %29.84-39.11 arasında değiştiği, belirlenmiştir. Epidot minerallerinin Al içeriklerinin yüksek (2.06-2.46), Mn içeriklerinin düşük (0.01-0.03) ve Fe⁺³ içeriklerinin ise nispeten yüksek (0.59-0.96) olduğu belirlenmiştir. Al bakımından zengin olan epidotların türünün ise klinozoisit olduğu tespit edilmiştir. Granat türleri ağırlıklı olarak andradit ve grossular-andradittir. Pirop+Almandin+Spessartin–Grossular-Andradit üçgen diyagramına göre Köprüyanı cevherleşmesinin Cu-Skarn alanında yer aldığı tespit edilmiştir. Cevher mikroskobisi ve mineral kimyası çalışmaları kapsamında derlenen verilere bağlı olarak, Köprüyanı cevherleşmesinin Cu-skarn tipinde olduğu ve bölgede var olan skarn cevherleşmelerinin parajenez, süksesyon ve mineral kimyası verileri ile benzerlik gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Köprüyanı, Epidot, Granat, Mineral kimyası, Skarn,

SUMMARY

In this study, it is aimed to determine the geology, petrography, ore microscopy properties and mineral chemistry content of Cu-Skarn mineralization in Köprüyanı locality within the borders of Trabzon province in the Northern Zone of the Eastern Pontides. Actinolite, tremolite, pyrite, chalcopyrite, magnetite and malachite minerals; and limonitization, hematitization, chloritization and epidotization type alterations developed along the fractured crack zones are observed in the Köprüyanı mineralization area. Magnetite minerals are generally found together with chalcopyrite, pyrite and garnet, TiO_2 contents are very low (0.02-1.02%), whereas FeO_t contents vary between 83.13-92.00%, and their species are titanomagnetite. It has been determined that the Cu content of the chalcopyrite minerals found together with magnetite and located in the exoskarn zone varies between 33.50-43.27% and the Fe content varies between 29.84-39.11%. It was determined that Al contents of epidote minerals were high (2.06-2.46), Mn contents were low (0.01-0.03) and Fe⁺³ contents were relatively high (0.59-0.96). It has been determined that the type of epidotes rich in Al is clinozoisite. Garnet species are predominantly andradite and grossular-andradite. According to the Pyrop+Almandine+Spessartin–Grossular-Andradite triangular diagram, Köprüyanı mineralization is found to be located in the Cu-Skarn area. Based on the data compiled within the scope of ore microscopy and mineral chemistry studies, it was concluded that Köprüyanı mineralization is of Cu-skarn type and shows similar features in paragenesis, succession and mineral chemistry data when compared to that of the existing skarn mineralizations in the region.

Keywords: Köprüyanı, Epidote, Garnet, Mineral chemistry, Skarn

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
EKLER DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. İnceleme Alanının Konumu.....	1
1.3. Çalışmanın Amacı.....	1
1.4. Bölgesel Jeoloji	2
1.5. Önceki Çalışmalar.....	3
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	6
2.1. Giriş.....	6
2.2. Arazi Çalışması	6
2.3. Laboratuvar Çalışmaları.....	6
2.3.1. İnce ve Parlak Kesitlerin Hazırlanması.....	6
2.3.2. Elektron Mikroprob Analizleri.....	7
2.4. Büro Çalışmaları	7
3. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	8
3.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi.....	8
3.1.1. Hamurkesen Formasyonu.....	9
3.1.2. Berdiga Formasyonu	9
3.1.3. Çatak Formasyonu	10
3.1.4. Kızılkaya Formasyonu	12
3.1.5. Alüvyon.....	12
3.2. Köprüyanı Skarn Cevherleşmesi.....	13
3.2.1. Köprüyanı Skarn Cevherleşmesinin Detay Jeolojisi.....	13
3.3. Cevher Mikroskobisi Çalışmaları ve Mineral Kimyası	15
3.3.1. Manyetit	15

3.3.2. Kalkopirit	17
3.3.3. Pirit.....	18
3.3.4. Epidot	18
3.3.5. Granat.....	20
4. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME	23
KAYNAKÇA.....	25
EKLER	30
ÖZGEÇMİŞ	45



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Köprüyanı cevherleşme sahasına ulaşım haritası(yer bulduru haritası)	2
Şekil 2. Doğu Pontidler'in başlıca tektonik ve litolojik birlikleri.....	4
Şekil 3. Cevherleşme bölgesine ait genel stratigrafik kolon kesiti.	8
Şekil 4. Köprüyanı ve çevresinin genel jeoloji haritası.....	9
Şekil 5. Çatak formasyonuna ait birimlerin arazi görünüşleri.....	10
Şekil 6. Andezitlerdeki porfirik doku (a) Tek nikol, (b) Çift nikol	11
Şekil 7. Galerinin görünümü	13
Şekil 8. Cevherleşme sahasında gözlenen minerallerin makroskobik görünüşleri	14
Şekil 9. Cevherleşme sahasında gözlenen alterasyonlar	14
Şekil 10. Manyetit minerallerinin cevher mikroskobu görünüşleri.....	16
Şekil 11. Manyetit minerallerinin mikroskobik (a) ve BSE (b) görünüşleri	16
Şekil 12. Fe-Ti oksit minerallerinin bileşimi.	17
Şekil 13. Kalkopirit minerallerinin cevher mikroskobu görünüşleri.....	17
Şekil 14. Pirit minerallerinin cevher mikroskobu görünüşleri	18
Şekil 15. Epidot minerallerinin mikroskobik (a ve c) ve BSE (b ve d) görünüşleri.....	19
Şekil 16. Epidot grubu minerallerinin üçgen sınıflama diyagramı	20
Şekil 17. Granat minerallerinin mikroskobik (a) ve BSE (b) görünüşleri.....	20
Şekil 18. Köprüyanı skarn yatağındaki granatların Pirop+Almandin+Spessartin- Grossular- Andradit üçgen diyagramında sınıflandırılması	21
Şekil 19. Köprüyanı Cu-Skarn cevherleşmesinin parajenez ve süksesyonu.....	22

EKLER DİZİNİ

Ek 1. Köprüyanı cevherleşmesi manyetite ait mineral kimyası analizleri	30
Ek 2. Köprüyanı cevherleşmesi kalkopirite ait mineral kimyası analizleri.	33
Ek 3. Köprüyanı cevherleşmesi piritte ait mineral kimyası analizleri.	36
Ek 4. Köprüyanı cevherleşmesi epidota ait mineral kimyası analizleri.	37
Ek 5. Köprüyanı cevherleşmesi granata ait mineral kimyası analizleri.	40



1. GENEL BİLGİLER

1.1.Giriş

Balkanlar'dan Himalayalar'a kadar uzanan yaklaşık 6000 km uzunluğundaki metalojenik kuşağı içinde yer alan Pontidler, farklı tür cevherleşmelere ev sahipliği yapması bakımından önemli bir bölge konumundadır (Akaryalı, 2010). Çalışma alanının içinde yer aldığı Doğu Pontidler'in Kuzey zonu da Au ve Ag gibi değerli metallerin yanı sıra Cu, Pb ve Zn gibi metaller açısından zengin bir potansiyele sahiptir. Kuzey zonda gözlenen cevherleşmelere yönelik önemli çalışmalar; masif sülfür (Eyüboğlu vd. 2014; Abdioğlu vd., 2015; Tüysüz, 2000), porfiri bakır (Yalçınalp, 1992), skarn (Sipahi, 2011; Saraç ve Van, 2005) ve epitermal damar tipi (Akaryalı, 2016; Akaryalı ve Akbulut, 2016; Akaryalı ve Tüysüz 2013) cevherleşmelerine yönelik yapılmıştır. Madencilik açısından önemli bir potansiyele sahip Trabzon ilinde gözlenen cevherleşmeler de genel olarak bölgede hakim olan KB-GD ve D-B kırık sistemleri ile ilişkilidir. Köprüyanı cevherleşmesi söz konusu kırık sistemine bağlı olarak hidrotermal çözeltilerin yan kayaçlarla etkileşimi sonucu birimlerin dokanaklarında ortaya çıkmıştır.

1.2. İnceleme Alanının Konumu

Köprüyanı cevherleşme sahsına 1/25.000 ölçekli G43-A4, paftasında yer almaktadır. Çalışma alanının Trabzon il merkezine 28 km, Maçka ilçe merkezine uzaklığı 6 km'dir. Çalışma alanına ulaşım, Trabzon-Maçka-Zigana Yolundan Köprüyanı, Kiremitli, Sukenarı, Ardıçlıyayla, Çoşandere, Yukarıköy Köylerinin çevresindeki mezralara devam eden asfalt ve stabilize yollardan sağlanmaktadır (Şekil 1).

1.3.Çalışmanın Amacı

Bu tez kapsamında, cevherleşme çevresinde yer alan hidrotermal alterasyon türleri araştırılacak, sahada daha önce işletilmiş galeriden ve yan kayaçlardan örnekler alınacaktır. Çalışmanın amacını Doğu Pontidler' in Kuzey Zonunda Trabzon ili sınırlarında Köprüyanı mevkiindeki Cu-Skarn cevherleşmesinin; jeolojisi, petrografisi, cevher mikroskobisi özellikleri ve mineral kimyası özelliklerinin belirlenmesi oluşturmaktadır. Cevherli örneklerin mikroskobik incelemesi sonu elde edilen ornatım ayrılım, kapanım ve kataklastik gibi doku türlerinden yola çıkarak cevherleşmeye ait

parajenez ve süksesyon belirlenecektir. Mineral kimyası analizleri yardımıyla cevherleşmenin kökenine ait bilgiler elde edilecektir.



Şekil 1. Köprüyanı cevherleşme sahasına ulaşım haritası (yer bulduru haritası)

1.4. Bölgesel Jeoloji

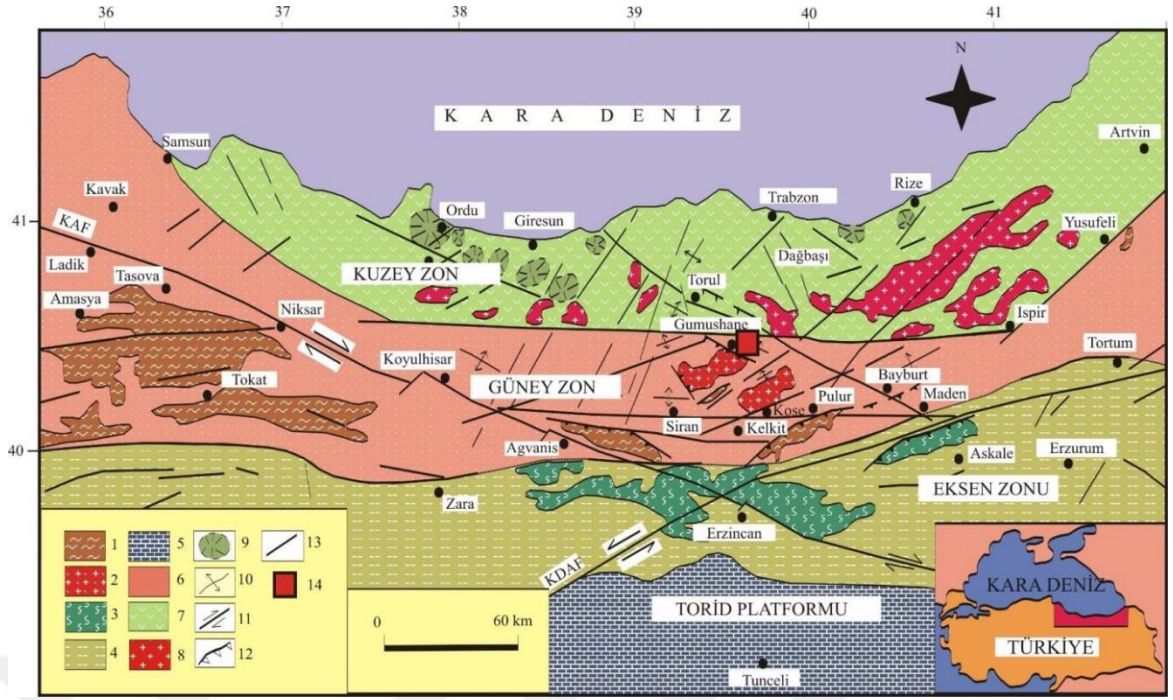
Doğu Pontidlerin, jeolojik olarak oluşum süreci ile farklı görüşler değişik araştırmacılar tarafından ileri sürülmüştür. Adamiya vd. (1977) Paleotetis okyanus kabuğunun oluşumunu kuzey yönlü yitim modeli ile açıklamıştır. Paleotetis

okyanusunun Paleozoyik'ten Dogger'e kadar güney yönlü bir yitimin etkisinde kaldığını, akabinde Neotetis okyanus kabuğunun Dogger'den sonraki zaman diliminde kuzey yönlü Pontid kıtasının altına dalım yaptığını ise Şengör ve Yılmaz (1981) ileri sürmüştür. Üçüncü ve son görüş ise Pontid birliğinin Paleozoyik'ten Eosen sonuna kadar süre gelen güney yönlü bir yitime bağlı olarak oluştuğu şeklindedir (Dewey vd., (1973); Chorowicz (1998) ve Bektaş vd., 1984 ve 1999). Tüm bu görüşlere ilaveten Eyüboğlu (2010), yaptığı çalışmalarla Pontidler oluşumu için güney yönlü iki evreden oluşan bir yitim modelini öne sürmüştür.

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı, bölgede bulunan kayaç birlikteliklerinin özelliklerine ve tektonik özelliklere bağlı olarak kuzey, güney ve eksen zon şeklinde 3 farklı bölümde tanımlanmıştır (Bektaş vd. 1995; Eyüboğlu vd., 2006). Doğu Pontid Orojenik kuşağı kuzeyden güneye doğru önemli litolojik değişiklikler gösterir. Köprüyanı cevherleşmesinin bulunduğu alan kuzey zonda yer almakta olup, çalışılan cevherleşme Üst Kretase yaşlı volkanik kayaçlar ile ilişkilidir. Geç Mesozoyik ve Senozoik devirlerde oluşan volkanik ve granitik kayalar kuşağın kuzeyindeki baskın litolojilerdir. Kuşağın güney kısmı ise: Paleozoik metamorfik masifler (örneğin Pulur, Ağvanis ve Tokat masifleri), Geç Karbonifer felsik intrüzyonlar (örneğin Gümüşhane ve Köse Granitoidleri; Topuz vd., 2010), Geç Karbonifer – Erken Jura Alaskan tipi intrüzyonlar (Eyüboğlu vd., 2010, 2016b), Erken-Orta Jura mafik ve felsik intrüzyonlar (Eyüboğlu vd., 2016b), Geç Kretase yaşlı yüksek potasyumlu volkanik kayaçlar (Eyüboğlu, 2010, 2015; Eyüboğlu vd., 2014), Erken Eosen adakitik ve adakitik olmayan felsik intrüzyonlar (Eyüboğlu vd., 2011a, 2011b, 2013, 2017; Karslı vd., 2010; Topuz vd., 2005), Miyosen adakitik porfirleri (Eyüboğlu vd., 2012), Meso–Senozoik tortul kayaçlar ana bölümleri içermektedir. Daha güneyde Doğu Pontid Orojenik kuşağı ile Tauride Platformu arasındaki ana litolojiyi yaşı bilinmeyen serpantinleşmiş ultramafik oluşumlar mevcuttur. Bu oluşumlar Orta-Geç Kretase yaşlı ofiyolitik melanj ve Senozoik yaşlı sedimanter kayaçlardır.

1.5. Önceki Çalışmalar

Geçmişten günümüze kadar, bölgede inceleme alanını kapsayan çok sayıda jeolojik araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalar ile yörenin detaylı jeolojik haritaları çıkarılmış ve yüksek lisans tezi kapsamında kullanılan isimlendirmeler yapılmıştır (Şekil 2). Yörede yapılan maden yatakları ile ilgili başlıca çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.



Şekil 2. Doğu Pontidler'in başlıca tektonik ve litolojik birlikleri. (1) Paleozoyik metamorfik taban, (2) Paleozoyik granitleri, (3) Manto peridotitleri, (4) Genellikle Mesozoyik ve Senozoyik kayalar, (5) Karbonatlar, (6) Başlıca Mesozoyik ve Senozoyik sedimanter kayalar, (7) Geç Kretase ve Eosen yaşlı yay volkanikleri, (8) Eosen granitleri, (9) Kaldera veya dom, (10) Kıvrım eksenleri, (11) Doğru atımlı fay, (12) Bindirme fayı, (13) Tanımlanmamış fay (14) Çalışma alanı (Eyüboğlu vd. 2006'dan alınmıştır).

Yalçınalp (1992); Güzelyayla (Maçka- Trabzon) porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası' adlı doktora tezinde Güzelyayla Mo-Cu cevherleşmesinin yöredeki granit sokulumlarına bağlı olarak geliştiğini vurgulayarak Pontid Alt Bazik karmaşığı ve Zigana Granitoyidi içindeki kuvarslı mikrodioritler içinde gelişen maden yatağının storkwork ve saçınım şeklinde yerleştiğini söylemiştir. Buna ek olarak potasik, fillik ve propilitik ayrışma zonları izlenen yatakta arjilik kuşağın gelişmediğini, Güzelyayla porfiri Cu-Mo yatağının mezotermal karakterde olduğunu ve 280-460 °C arasında oluştuğunu ileri sürmüştür.

Eyüboğlu vd. (2014), çeşitli jeolojik, jeokimyasal, jeokronolojik ve jeofiziksel verileri kullanarak alandaki masif sülfid cevherleşmelerinin Kuruko tip masif sülfid cevherleşmeleri ile farklı özellikte olduğunu, bu nedenle bölgedeki cevherleşmeler için Doğu Karadeniz Tip Masif Sülfid Yatağı ismini önermiştir.

Sipahi ve Sadıklar (2010); Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) yöresindeki çalışmalarında, kayalarda meydana gelen alterasyon ürünlerinin mezo-epitermal evrede, geliştiğini belirtmiştir.

Sipahi (2011); Gümüşhane ili Arnastal mevkiinde yaptığı çalışma kapsamında, söz konusu cevherleşmeye parajenezinin piroksen, granat, epidot minerallerinden teşkil ettiğini Arnastal yöresindeki cevherleşmenin Fe-Skarn tipinde olduğunu ifade etmiştir.

Akbulut vd. (2014); inceleme alanında yaptıkları çalışmada cevher mineral parajenezi pirit, kalkopirit, sfalerit, galen altından, kuvars ve kalsit mineralinden oluştuğunu, volkaniklerin mineral kimyasına göre klinopiroksenlerin ojit bileşiminde olduğu, cevher minerallerin mineral kimyasına göre cevherleşmenin magmatik kökenli olduğunu belirlemişlerdir.

Akaryalı, (2016); Liyas yaşlı volkanitler içinde gelişen Altınpınar (Torul) Pb-Zn cevherleşmesine yönelik yapmış olduğu sıvı kapanım, mineral kimyası ve duraylı izotop çalışmalarına göre, cevherleşmenin granitik kayalarla ilişkili epitermal damar tip olduğunu ortaya koymuştur.

Akaryalı ve Akbulut (2016); Ünlüpınar (Kelkit-Gümüşhane) yöresinde gelişen Pb-Zn cevherleşmesi üzerinde yapılan sıvı kapanım, mineral kimyası ve duraylı izotop çalışmalarına göre cevherleşmenin oluşumunda adakitik olmayan granitik kayaların etkili olduğunu belirlemiştir.

Kurt (2018), silikat mineralleri üzerinde yapılan mikroprob analiz sonuçlarından yararlanarak Gümüşdamla Köyü (Aydıntepe-Bayburt) yöresindeki cevherleşmenin Fe-Skarn tipinde olduğu sonucuna varmıştır.

Saraç ve Van (2005) Çambaşı (Ordu) ve Dereli (Giresun) yörelerindeki skarn cevherleşmesi üzerine yaptıkları ayrıntılı çalışmalarda Çambaşı bölgesindeki skarn yatağına ait granatların grossular-andradit, Dereli bölgesindeki skarn yatağına ait granatların ise andradit ve andradit-grossular bileşiminde olduğunu tespit etmişlerdir.

Sipahi vd. (2017) ve Sipahi vd., (2020), Eğrikar (Torul-Gümüşhane) Fe-Cu skarn cevherleşmenin mineral parajenezi ve süksesyonunu belirlemiş olup, Eğrikar Fe-Cu skarn cevherleşmesinde gerçekleştirdiği duraylı izotop çalışmalarından yararlanarak Doğu Karadeniz Dağ Kaşağındaki skarn yataklarında demir oluşumunu kontrol eden olası mekanizmaları ortaya çıkarmışlardır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Doğu Pontidler' in Kuzey Zonunda Trabzon ili sınırlarında Köprüyanı mevkiindeki Cu-Skarn cevherleşmesinin; jeolojisi, petrografisi, cevherin içinde geliştiği kayaçların jeokimyası ve cevher mikroskobisi özellikleri ve mineral kimyası özelliklerinin belirlenmesini amaçlayan bu çalışma kapsamında cevher örneklerinden mineral kimyası analizleri yapılmış ve elde edilen bulgular Doğu Pontid Orojenik Kuşağında yapılan diğer çalışmalarla da karşılaştırılmıştır. Bu bağlamda yapılan çalışmalar bölümünü arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları oluşturmaktadır.

2.2. Arazi Çalışması

Arazi çalışmalarının ilk etabı, Köprüyanı cevherleşmesinin de içinde bulunduğu yaklaşık 15 km²'lik bir alan içinde yaygın olan birimlerin tanımlanması, stratigrafiklerinin ortaya konması ve yapısal özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmaları kapsamaktadır. Bu doğrultuda, Köprüyanı ve çevresinde yaygın olan birimlerde yapılan gözlemler neticesinde mevcut yapısal unsurlardan ölçümler alınmış, formasyon sınırları haritaya işlenmiş ve 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Arazi çalışmaları neticesinde yapılan örneklemeler şu şekilde özetlenebilir: 1/25000 ölçekli haritalama işlemleri sırasında, birimleri temsil eden kayaçlardan petrografik ve kimyasal analiz amaçlı örnekler alınmıştır.

2.3. Laboratuvar Çalışmaları

2.3.1. İnce ve Parlak Kesitlerin Hazırlanması

Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit hazırlama laboratuvarında, çalışma sahasından toplanan kayaçların, petrografik ve mineralojik tayinlerine yönelik ince kesitler yapılmıştır. İnce kesit hazırlama esnasında kayaçlardan alınan 0.5x2x4 cm boyutundaki plakacıklar, bir yüzeylerinin pürüzlülükleri giderildikten sonra 1 mm kalınlığındaki 2.5x5 cm boyutundaki cam üzerine kanada balzamu kullanılarak yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapışmış olan plaka, dereceli aşındırıcılar yardımıyla 0.025 mm kalınlığa kadar inceltilerek petrografik tayin için hazır hale getirilmiştir. Çalışma sahasından toplanan cevherli örnekler ise çeşitli aşındırıcı tozlar kullanılarak parlak kesit haline getirilmiş

olup, parlak kesitler üzerinde yapılan mikroskobik incelemelere bağlı olarak çalışılan Köprüyanı cevherleşmesine ait parajenez ve süksesyon ortaya çıkarılmıştır.

2.3.2. Elektron Mikroprob Analizleri

Köprüyanı cevherleşme sahasından alınan 3 adet örnek üzerinde, epidot, granat, manyetiti, pirit ve kalkopirit minerallerine ait mikroprob analizleri, 20 kV ve 30 nA şartlarında alışan CAMECA SX-100 model analiz aleti ile Kanada'da bulunan New Mexico Bureau of Geology & Mineral Resources New Mexico Institute of Mining & Technology laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

2.4. Büro alışmaları

Büro alışmaları kapsamında, arazi ve laboratuvar çalışmalarına bağlı olarak toplanan veriler değerlendirilmiş olup, Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına göre tezin yazımı gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi

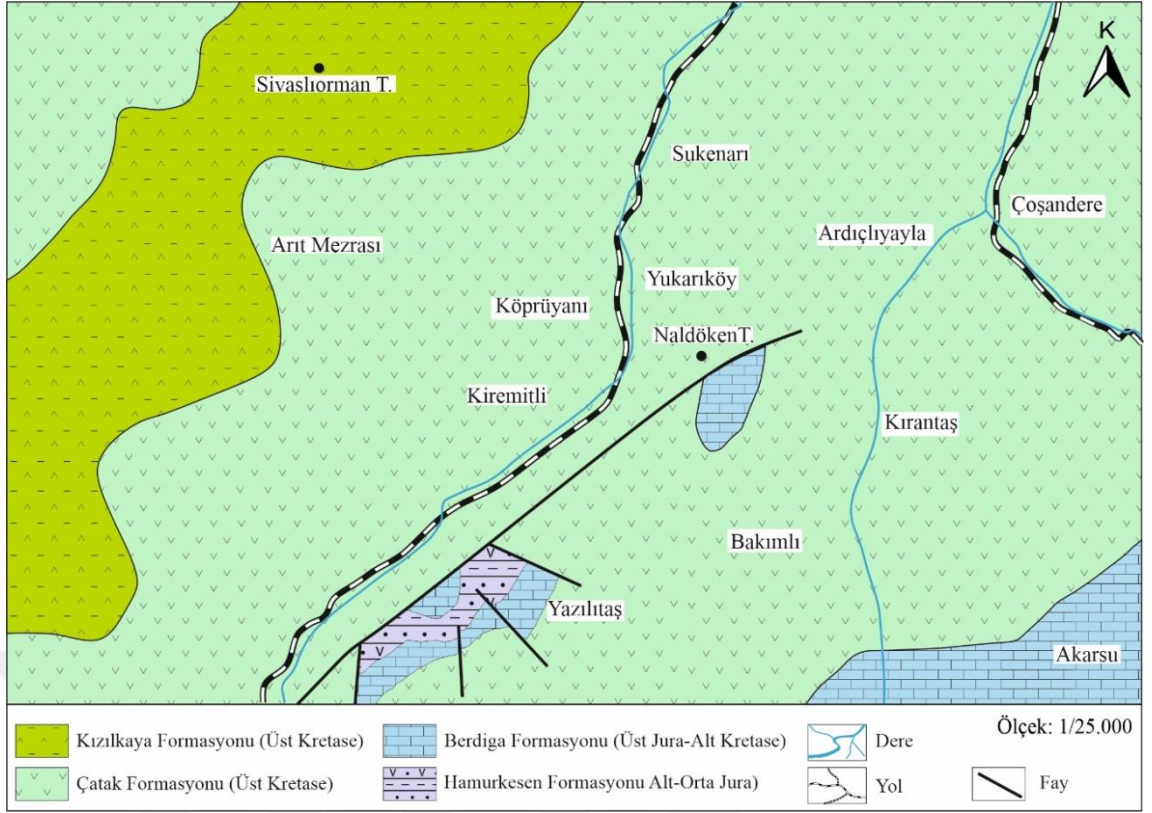
Çalışma alanı ve yakın çevresindeki kayalar yaşlıdan gence doğru (Şekil 3 ve 4) aşağıdaki gibidir.

- Hamurkesen Formasyonu (Alt-Orta Jura)
- Berdiga Formasyonu (Üst Jura-Alt Kretase)
- Kızılkaya Formasyonu (Üst Kretase)
- Çatak Formasyonu (Üst Kretase)
- Alüvyon (Kuvaterner)

Çalışma konusunu oluşturan cevherleşme, Çatak Formasyonu içerisinde geliştiğinden, bu bölümde Çatak Formasyonu daha kapsamlı verilmiş olup, diğer birimler ise genel literatür bilgileri kapsamında verilmiştir.

ÜST SİSTEM	SENO-ZOYİK	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
MESOZOYİK	KRETASE	Üst Kretase	Kızılkaya	Kızılkaya		Alüvyon, yamaç molozu
		Alt Kretase	Berdiga		Kireçtaşı, dolomit, dolomitik kireçtaşı	
						Üst
JURA	Alt - Orta					

Şekil 3. Cevherleşme bölgesine ait genel stratigrafik kolon kesiti



Şekil 4. Köprüyanı ve çevresinin genel jeoloji haritası

3.1.1. Hamurkesen Formasyonu

Çalışma alanında gözlenen volkano tortul istif olup en yaşlı birimdir. Açar (1977) tarafından isimlendirilmiştir. Gümüşhane-Yağlıdere, Maçka-Hamsiköy, Meryemana ve dumanlı köyü civarında yüzeylenmiştir. Formasyon genellikle mor, yeşilimsi gri renkli bazalt, dasit, andezit, lav ve piroklastlardan oluşur. Birimde yer yer killi kireç taşı, şeyl ve kumtaşı ara tabakaları mevcuttur. Bazaltlarda albitleşme serizitleşme ve kloritleşme yaygın olarak görülüp seyrek olarak yastık yapıları görülmektedir. Hamurkesen formasyonu Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları (Berdiga Formasyonu) tarafından uyumlu olarak üstlenmiştir. Stratigrafik konumu ve bölgesel korelasyon sonucuna dayanarak birimin Liyas yaşında olduğu kabul edilmiştir. Gümüşhane, Şiran, Kelkit ve Bayburt bölgelerinde yapılan önceki çalışmalarda (Ketin, 1951; Baykal, 1952; Nebert, 1961; Açar, 1977) bu formasyona karşılık gelen birimlerin içinde Liyas yaşını belgeleyen; *Arietites vemiceras spiratissimum Quenstedt*, *phylloceras partschi steuer*, *nautilus pantica meister*, *terebratula punctata*, *sowerby* formları bulunmuştur.

3.1.2. Berdiga Formasyonu

Volkanik, volkano-tortul istiflerin arasında yer alan neritik karbonatlardır. Pelin (1977) tarafından tanımlanan bu formasyon ismini Berdiga Dağından (Alucra güneyi)

almıştır. Gümüşhane-Yağlıdere, Maçka-Hamsiköy, Meryemana, Arsin- Çatak ve dumanlı köyü (Santa) dolaylarında Hamurkesen formasyonu üzerinde yüzeyletir. Çoğunlukla gri renkli, orta tabakalanmalı, killi kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı ve kumlu kireçtaşından oluşur, kuzen zonda daha masif görülürken güney zonda pelajik karakterlidir. Berdiga formasyonu Üst Kretase yaşlı volkano-tortul bir istif olan Çatak formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülür. Formasyondan alınan paleontolojik örneklerdeki, *Heedbergella sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Valvulinidae*, *Textularidae*, *Ophthalmidae* formlarına ve bölgesel korelasyonuna dayanılarak Üst Jura-Senomaniyen yaşı verilmiştir.

3.1.3. Çatak Formasyonu

Berdiga formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen bazik karakterli volkano-tortul istiftir. Güven (1993) tarafından Maçka ili Çatak köyü etrafında tipik olarak gözleendiğinden dolayı ismini buradan almıştır. Bu birim inceleme alanında Kiremitli, Köprüyanı, Sukenarı Mahalleleri ve civarında yüzeyleme verir. Formasyonun tabanı inceleme alanında görülmemekte olup, Kızılkaya Formasyonu tarafından uyumlu olarak üstlenir. Çatak Formasyonu, inceleme alanında genelde andezitlerden, az oranda da tuf ve breşlerden oluşmakta ve killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, gri kireçtaşı ve tüffit ara seviyeleri içermektedir. Tuf ve breşler, andezitlere oranla daha fazla ayrışmış olarak görülürler (Şekil 5)



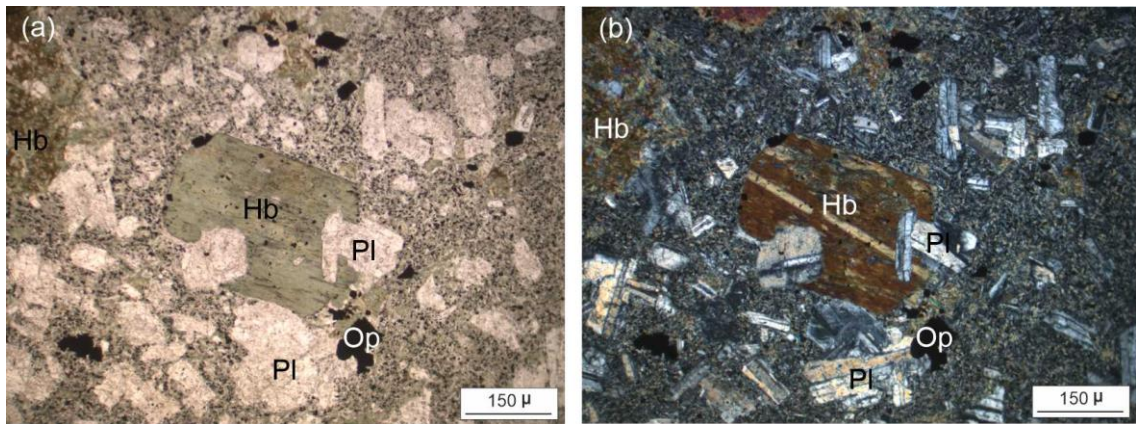
Şekil 5. Çatak formasyonuna ait andezitlerin arazi görünümüleri

Andezitler genelde grimsi yeşil ve koyu yeşil renkte olup, makroskobik olarak hornblend ve plajiyoklas mineralleri tanınabilmektedir. Bu birimden alınan örneklerin mikroskobik incelemesinde aşağıdaki özellikler gözlenmiştir.

Doku: Porfirik, yer yer de mikrolitik porfirik (Şekil 6)

Mineraller:

Plajiyoklas: İri levhamsı kristaller, hamurda da küçük kristaller halinde bulunur. İri kristaller öz ve yarı öz şekilli olup, polisentetik ikizlenme, küçük kristaller ise albit ikizlenmesi gösterirler. Yapılan cins tayininde (010'a dik kesitlerde) cinsinin andezin (An_{35-43}) olduğu belirlenmiştir. Bazı plajiyoklaslarda zonlu yapı görülür. En yaygın bozlaşma türleri kalsitleşme ve serisitleşmedir. *Hornblend*: İri, öz ve yarı öz şekilli levhamsı prizmatik kristaller, hamurda da küçük çubuğumsu kristaller halinde görülür. Bazı mineraller plajiyoklas ve opak mineral enklizyonları içerirler. Bazı minerallerde birbirlerine 56 derecelik açılar yapan dilinimler, bazı minerallerde de tek yönde dilinimler belirgindir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde yaklaşık 21-23 derece arasında sönme açıları gösterirler. Pleokroizma renkleri; z: kahverengimsi yeşil, y: yeşil, x: açık sarı yeşildir (Şekil 6). Genelde kalsite ayrılmış ve kenar kısımlarda opak mineraller gelişmiştir. *Biyotit*: Genelde küçük prizmatik kristaller halinde bulunur. X istikametindeki pleokroizma kırmızımsı kahverengi, y ve z istikametindeki pleokroizma sarımsı kahverengidir. (001) yüzeyine paralel dilinim belirgin ve bu dilinime göre paralel sönme göstermektedir. Bazı mineraller kenarlarından itibaren kısmen kloritleşmiş olarak bulunurlar. *Piroksen*: Genelde küçük taneler halinde ve az oranda görülür. (010) yüzeyine paralel kesitlerde sönme açıları yaklaşık 40-42 derece arasında değişir. Bazı minerallerde birbirlerine 90 derecelik açılar yapan dilinimler, bazı minerallerde de tek yönde dilinimler belirgindir. Genelde ayrılmış, kalsit ve epidota dönüşmüştür. *Opak mineral*: Genellikle köşeli, yuvarlak ve düzensiz şekillidirler (Şekil 6). *İkincil mineraller*: Kalsit, serisit ve klorit mineralleri ayrışma ürünü ve çatlaklarda ikincil olarak bulunurlar. *Hamur*: Plajiyoklas, hornblend, biyotit, piroksen ve opak minerallerin mikro ve kriptokristallerinden oluşur. Kayaç adı: Andezit (Şekil 6).



Şekil 6. Andezitlerdeki porfirik doku (a) Tek nikol, (b) Çift nikol (Pl: Plajiyoklas, Hb: Hornblend, Op: Opak mineral)

İnceleme alanındaki piroklastik kayaçlar genellikle tuf, az oranda da volkanik breşlerden oluşur. Tüflerde plajiyoklas ve hornblend mineralleri tanınabilmektedir. Breşi oluşturan çakıllar köşeli olup, boyutları 2 cm'den 20 cm'ye kadar değişen andezitik bileşimde kayaç parçalarından oluşur.

İnceleme alanında değişik seviyelerde ince tabakalı killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, gri kireçtaşı ve tüffit ara seviyeleri, volkanitlerle ara katkılı olarak bulunur. Kalınlıkları yaklaşık 1-20 m arasında değişmektedir.

Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda Gedikoğlu (1978), Taslı (1984), Türk-Japon Ekibi (1985), Bulut (1989) ve Yalçınalp (1992) tarafından yapılan çalışmalarda formasyonun yaşı Üst Kretase olarak belirtilmiştir. Güven (1993), bu birim içindeki kırmızı-bordo renkli killi kireçtaşlarından saptadığı fosil türlerine bağlı olarak birimin yaşını göre, birimin yaşını Turoniyen-Koniasiyen-Santoniyen olarak tespit etmiştir.

3.1.4. Kızılkaya Formasyonu

Birim Güven (1993) tarafından Çatak formasyonunu üsteleyen asidik karakterli lav ve piroklastlar için tanımlanmıştır. Arsin-Harmanlı, Yomra-Kayabaşı, Maçka ilçe merkezinin kuzeydoğusunda yüzeyleme göstermektedir. Formasyon riyodasidik-dasidik lav ve piroklastlardan oluşur ve Çatak formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir. Çoğunlukla sarımsı ayrışmalı gri renkli ve prizmatik kolon yapılıdır. Çok iri kuvarslı, porfiritik dokulu ve akma yapılı olarak da gözlenir. Yer yer iyi tabakalanmalı tuf, aglomera ve breş seviyeleri formasyonun üst horizonları içinde daha yaygındır. Yöresel alterasyon zonlarını kapsayan Kızılkaya formasyonu tüm Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik provensi içinde yaygın biçimde bulunan volkanojenik polimetalik masif sülfid yataklarının oluşumunda önemli bir rol alan formasyondur. Bu formasyonun paleontolojik yaş tayinine yardımcı veriler olmamakla birlikte, Turoniyen-Santoniyen yaşlı birimler üzerine gelen ve Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı Çatak formasyonunca uyumlu örtülen dasidik lavlar Santoniyen yaşında kabul edilmiştir.

3.1.5. Alüvyon

Kuvaterner yaşlı alüvyonlar Değirmendere ve yan kolları boyunca gelişmiştir. Çalışma sahsında yaklaşık 1 km²'lik bir alanda ve sadece vadi tabanında yüzeyleme göstermektedir. Alüvyon içerisinde çevre kayaçların blok boyutundan kil boyutuna kadar değişen boyutlarda malzemelerini gözlemek mümkündür. Alüvyonlar güncel olarak oluşmaya devam etmektedir.

3.2. Köprüyanı Skarn Cevherleşmesi

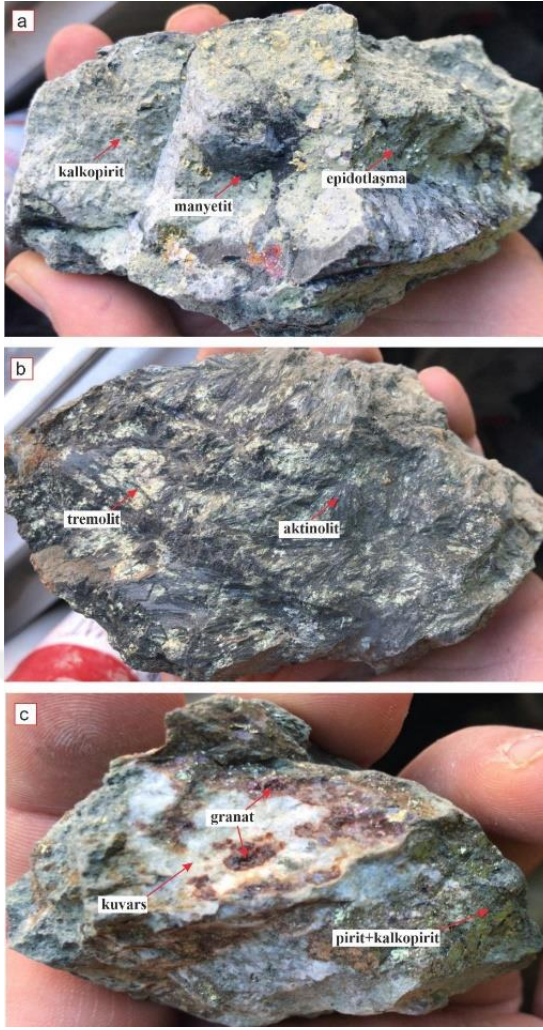
3.2.1. Köprüyanı Skarn Cevherleşmesinin Detay Jeolojisi

Köprüyanı cevherleşme sahasında, bölgede gözlenen kırık sistemlerine paralellik gösteren K35-50 doğrultu girişli galeri bulunmaktadır (Şekil 7). Cevherleşmenin gözlendiği K30-50 doğrultulu ana kırık sistemini kesen yer yer paralellik gösteren küçük ölçekli (mikro) kırıklar da gözlenmektedir.

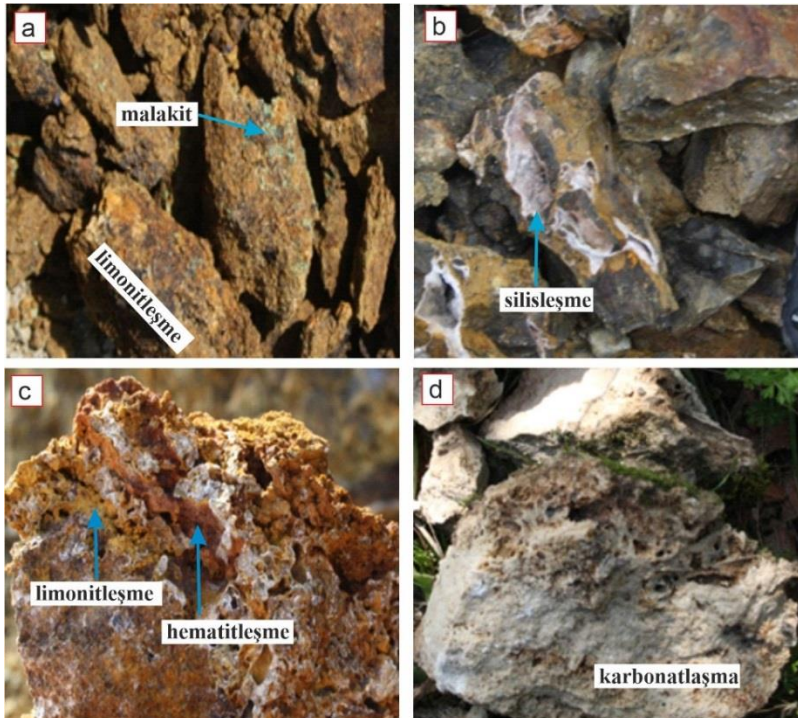


Şekil 7. Galeri girişinin görünümü

Galerinin stok alanı çevresinde aktinolit, tremolit, pirit, kalkopirit, manyetit ve malakit mineralleri, ayrıca kırık çatlak zonları boyunca gelişmiş limonitleşme, hematitleşme kloritleşme, epidotlaşma türü alterasyonlar gözlenmektedir (Şekil 8). Çatak formasyonun volkano-tortul seviyelerin kırık çatlak zonları boyunca limonitleşme ve hematitleşme, taze andezitlerde kloritleşme, galerinin üst kotlarındaki bazaltik andezitlerin içerisinde malakit-azurit sıvamaları, yine galerinin üst kotlarında kireçtaşlarının andezitlerle kontak yaptığı zonlarda kalsit yer yer kuvars+kalsit cevherleşme sahasında gözlenen alterasyon ve gang minerallerini oluşturmaktadır (Şekil 9).



Şekil 8. Cevherleşme sahasında gözlenen minerallerin makroskobik görünüşleri



Şekil 9. Cevherleşme sahasında gözlenen alterasyonlar

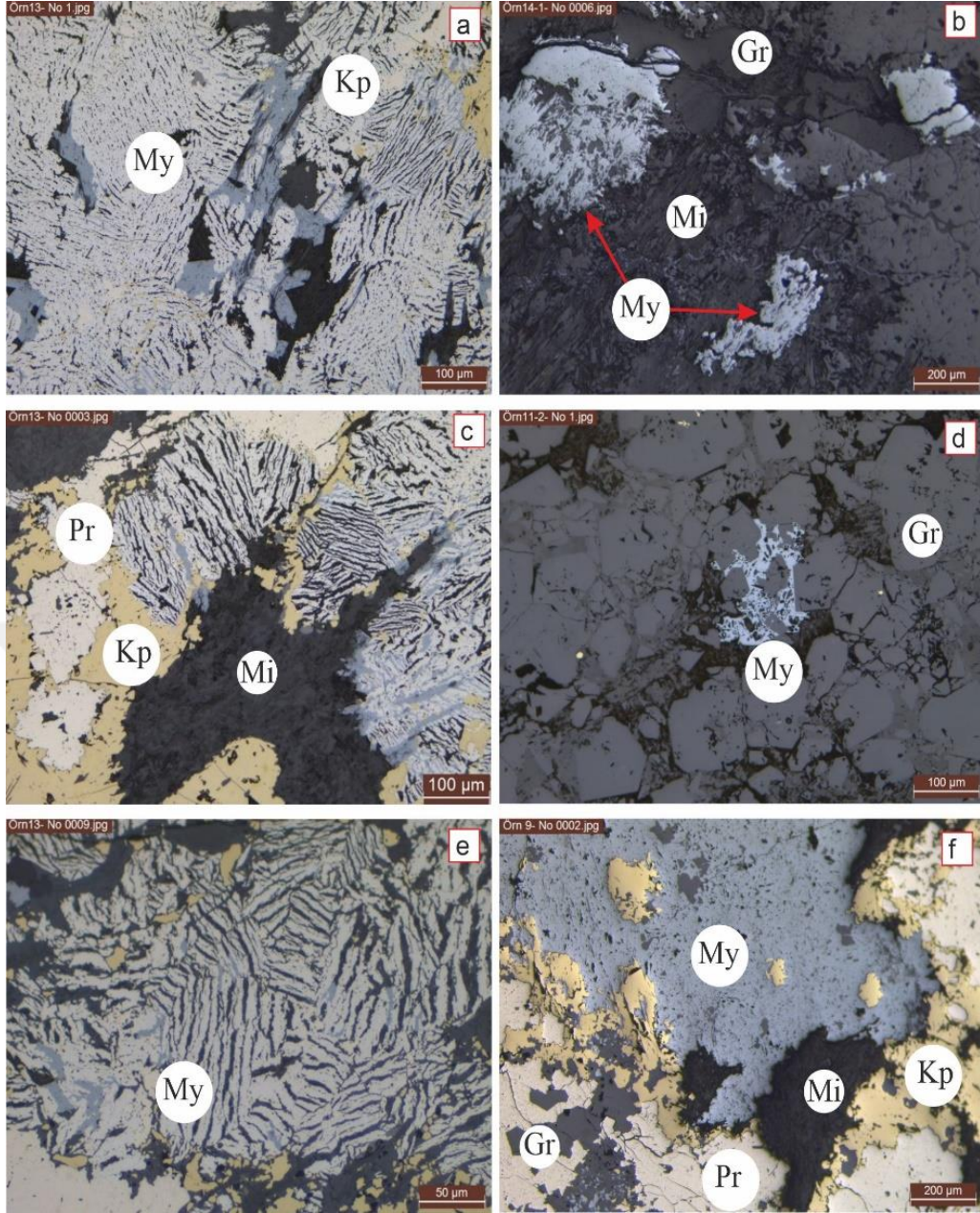
3.3. Cevher Mikroskobisi Çalışmaları ve Mineral Kimyası

Köprüyanı cevherleşmesindeki epidot ve granat gibi silikat mineralleri ile pirit, kalkopirit ve manyetit gibi cevher minerallerinin kimyasal içeriklerinin belirlenmesine yönelik mikroprob analizleri 3 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sülfür grubu pirit ve kalkopirit minerallerinin analizi çoğunlukla 1 ve 13 nolu örnekler üzerinde, oksit grubu manyetit mineralinin analizleri 1, 5 ve 13 nolu örneklerde, silikat grubu granat ve epidot minerallerinin analizi ise sırasıyla 1 ve 13 nolu örnekler ile 5 nolu örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ekzoskarn zonundan alınan pirit minerali analizleri 1 nolu örnekte 4 nokta üzerinde, kalkopirit minerali analizleri 1 nolu örnekte 6 nokta üzerinde, 13 nolu örnekte ise 26 nokta üzerinde yapılmıştır. 1, 5 ve 13 nolu örnekte gerçekleştirilen ekzoskarn zonuna ait manyetit minerallerinin analizleri sırasıyla 4, 6 ve 23 nokta üzerinde yapılmıştır. Epidot mineralinin üzerinde yapılan toplam analiz sayısı 53 olmakla birlikte, bu analizlerin 45 tanesi ekzoskarn zonuna ait 5 nolu örnek üzerinde, 8 tanesi ise endoskarn zonuna ait 1 nolu örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Endoskarn zonuna ait 1 nolu örnekte toplam 14 noktada, ekzoskarn zonuna ait 13 nolu örnekte ise toplam 15 noktada granat mineralinde analiz yapılmıştır. Mineral kimyası kapsamında yapılan analizlere ait ölçüm sonuçları ve hesaplamalar Ek Tablo 1-5'te verilmiştir.

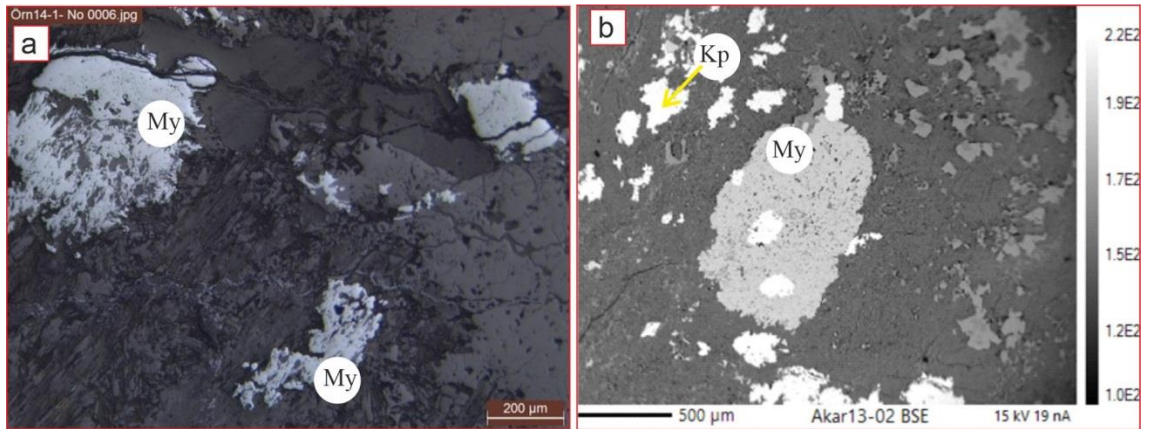
3.3.1. Manyetit

Köprüyanı Cu skarn yatağı endoskarn zonunda çoğunlukla kuvars mineralleri ile birlikte bulunan manyetit az miktarda da olsa granat minerallerinin arasındaki boşluklarda, 1 mm'ye kadar varan boyutlarda ve öz şekilsiz olarak gözlenmektedir. Ekzoskarn zonunda ise manyetitlerde hematit lataları da gelişmiştir. İki evrede oluşan manyetit minerallerinin gang tarafından ornatıldığı ve ilk evrede oluşmuş olanların alterasyon sonucu hematite dönüştüğü belirlenmiştir. Genel olarak öz şekilsiz ve kırıklı olarak gözlenen manyetitlerin ikinci evrede oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 10).

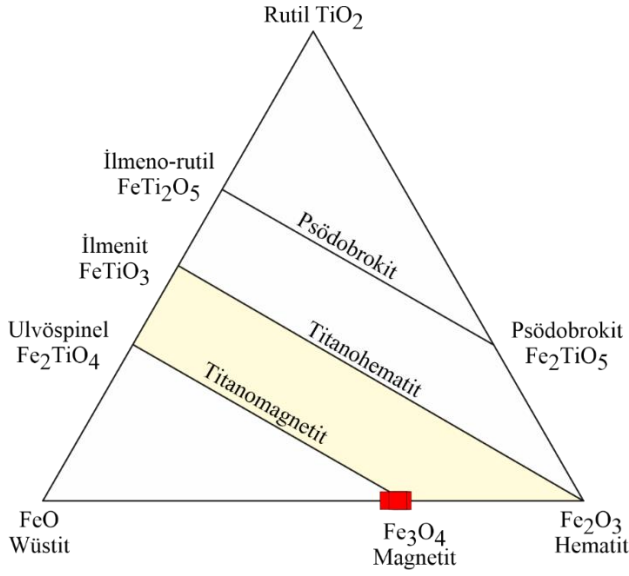
Köprüyanı Cu skarn yatağında ekzoskarn zonunda manyetit minerallerinin genellikle kalkopirit, pirit ve granat ile birlikte bulunduğu (Şekil 11) gözlenmektedir. TiO_2 içeriklerinin çok düşük (%0.02-1.02) olduğu buna karşılık FeO içeriklerinin ise %83.13-92.00 arasında değiştiği belirlenmiştir. SiO_2 içerikleri %0.13-3.06 arasında değişmekte olup ekzoskarn zonundaki manyetit ve hematitlerde merkezden kenara doğru SiO_2 içeriği artmaktadır (Ek Tablo 1). Fe^{+2} ve Fe^{+3} kanyonları sırasıyla 8.02-8.93 ve 13.67-15.90 arasında değişmekte olup Bacon ve Hirschmann (1988) tarafından önerilen diyagrama göre türlerinin titonamanyetit (Şekil 12) olduğu belirlenmiştir.



Şekil 10. Manyetit minerallerinin cevher mikroskobu görünüşleri (Pr: Pirit, Kp: Kalkopirit, My: Manyetit, Gr: Granat, Mi: Mika.)



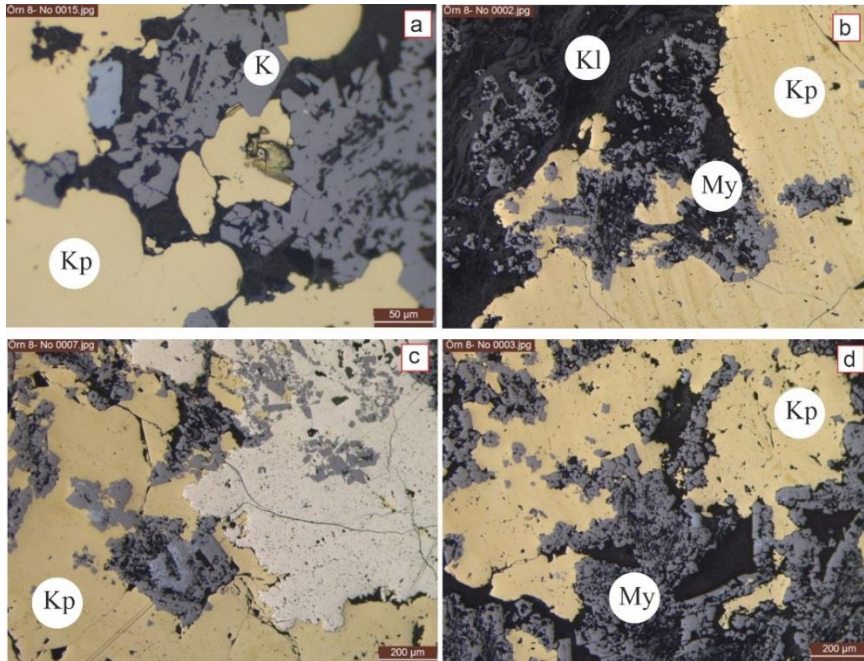
Şekil 11. Manyetit minerallerinin mikroskobik (a) ve BSE (b) görünüşleri (My: Manyetit, Kp: Kalkopirit)



Şekil 12. Fe-Ti oksit minerallerinin bileşimi (Bacon ve Hirschmann, 1988).

3.3.2. Kalkopirit

Kalkopirit minerali açık sarı renklerde ve çoğunlukla öz şekilsiz olarak gözlenmektedir. Köprüyanı Cu skarn yatağında manyetit mineralinden sonra en fazla gözlenen cevher minerali olup boyutları genel olarak 0.02-0.5 mm arasında değişmektedir. İki farklı evrede gözlenen ve genellikle manyetiti ornatan kalkopirit, kalsit ve kuvars gangi tarafından da kataklasta uğratılmıştır (Şekil 13). Ekzoskarn zonunda kalkopiritler manyetit mineralleri arasında küçük ve öz şekilsiz kapanımlar halinde de bulunmaktadır.



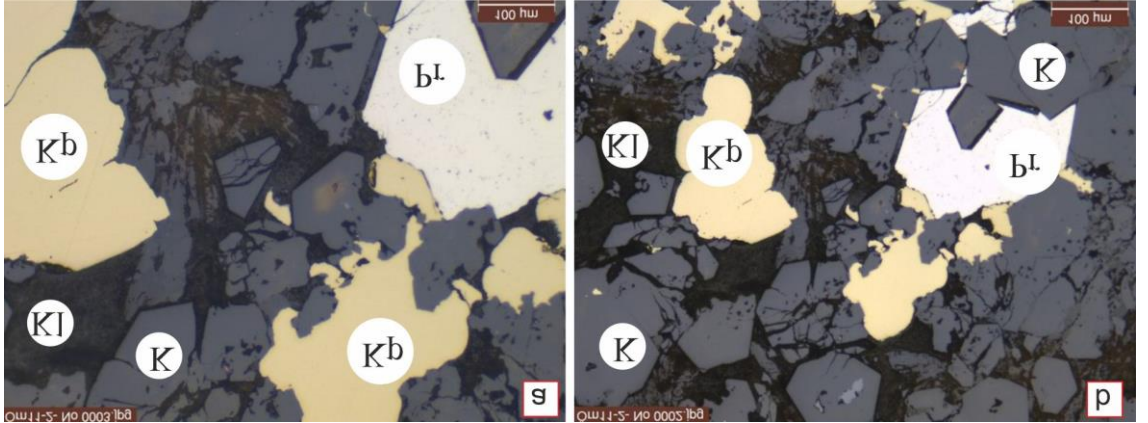
Şekil 13. Kalkopirit minerallerinin cevher mikroskobu görünümleri (Pr: Pirit, Kp: Kalkopirit, My: Manyetit, K: Kuvars, Kl: Kalsit)

Kalkopirit minerallerinde gerçekleştirilen kimyasal analiz sonuçları Ek Tablo 2’de verilmiş olup kimyasal bileşimlerinde herhangi bir değişikliğin olmadığı gözlenmiştir. Çoğunlukla manyetit ile beraber bulunan ve ekzoskarn zonunda yer alan kalkopirit minerallerinin Cu içeriğinin %33.50-43.27 ve Fe içeriği %29.84-39.11 arasında değiştiği, belirlenmiştir.

3.3.3. Pirit

Pirit, manyetit ve kalkopiritten sonra yaygın olarak gözlenen bir diğer cevher mineralidir. Öz şekilsiz ve kısmen de öz şekilli olarak ekzoskarn zonunda gözlenen piritlerin oluşumları iki farklı evrede gerçekleşmiştir. Genel olarak kalkopirit içerisinde kapanım halinde bulunan piritler, tektonik faaliyetlere bağlı olarak da kataklastik doku sunmaktadır (Şekil 14).

Pirit minerallerinde yapılan kimyasal analiz (Ek Tablo 3) sonuçlarına göre Fe içeriği %46.01-46.73 arasında olup çok az Cu (%0.05-0.07) belirlenmiştir. Merkezde %0.06-0.07 arasında Cu bulunurken kenar kısımda %0.05-0.07 arasında Cu içeriği tespit edilmiştir. Bu durum mineralin merkez ve kenar arasında belirgin bir bileşimsel farklılığın olmadığını göstermektedir.

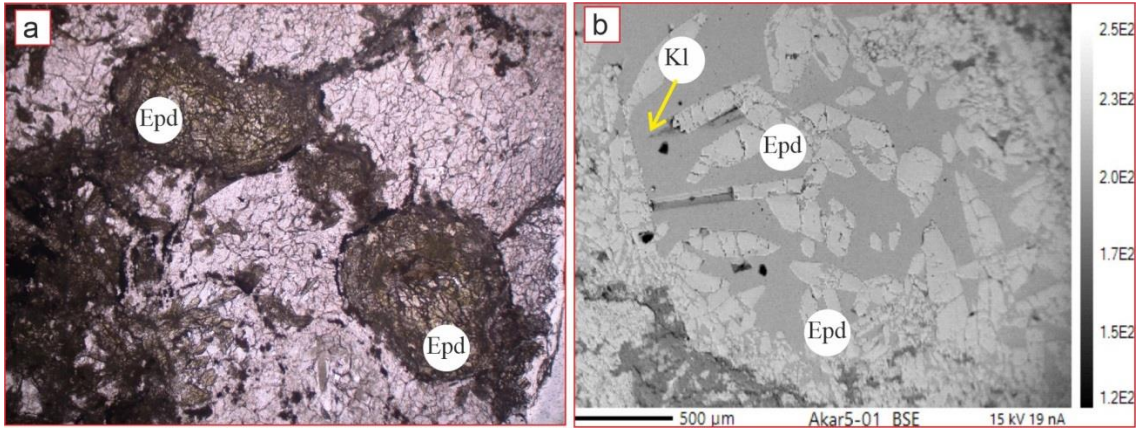


Şekil 14. Pirit minerallerinin cevher mikroskobu görünüşleri (Pr: Pirit, Kp: Kalkopirit, K: Kuvars, Kl: Kalsit)

3.3.4. Epidot

Epidot mineralleri Köprüyanı Cu skarn cevherleşmesinde endoskarn ve ekzoskarn olmak üzere iki zonda gözlenmektedir. Cevhrece yakın endoskarn zonunda daha az oranda ve andezitlerin kırık ve çatlaklarında damarlar halinde bulunmakta iken, ekzoskarn zonunda granat ve manyetit ile birlikte bol miktarda ve küçük kristaller şeklinde gözlenmektedir (Şekil 15). Epidot minerallerinin (Ek Tablo 4) SiO₂ içerikleri endoskarn zonunda %36.22-38.54 arasında, endo-ekzoskarn geçiş zonunda %36.22-

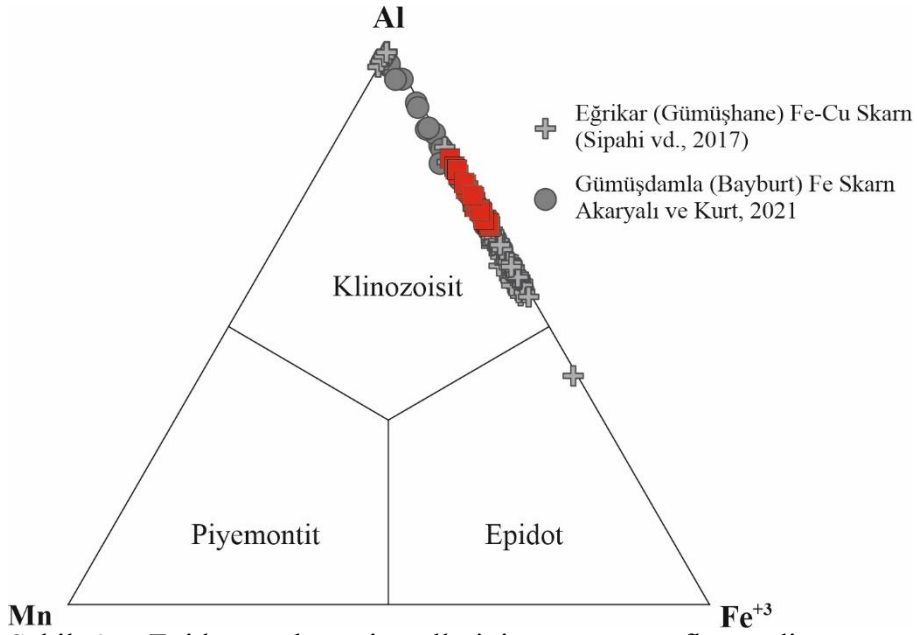
37.90 arasında ve ekzoskarnda %37.23-38.54 arasında değişmektedir. Epidot minerallerinin Al_2O_3 ve FeOt bileşimleri sırasıyla %21.92-26.66 ve %9.05-14.44 arasında değişmekte ve yüksek CaO (%22.15-23.76) değerleri göstermektedir. İri kristallerde merkezden kenara doğru Al_2O_3 içeriğinin nispeten arttığı, buna karşılık FeOt içeriğinin ise nispeten azaldığı, diğer ana oksitlerde ise belirgin bir değişikliğin gözlenmediği ortaya konmuştur. Özellikle ekzoskarn zonunda gözlenen FeOt ve Al_2O_3 arasındaki bu ilişki dikkat çekmekte olup FeOt içeriği artarken Al_2O_3 azalmaktadır. Benzer durum Ayazmant (Balıkesir) Fe-Cu skarn (Oyman, 2010) ve Eğrikar Fe-Cu skarn (Sipahi vd., 2017) yataklarındaki ekzoskarn epidotlarının FeOt- Al_2O_3 içeriklerinde de gözlenmekte olup çalışılan cevherleşme ile uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 15. Epidot minerallerinin mikroskobik (a) ve BSE (b) görünüşleri (Ep: Epidot, Kl: Kalsit)

Epidot mineralleri Köprüyanı Cu skarn cevherleşmesinde en yaygın gözlenen sulu silikat mineralini oluşturmaktadır. Al içeriklerinin yüksek (2.06-2.46), Mn içeriklerinin düşük (0.01-0.03) ve Fe^{+3} içeriklerinin ise nispeten yüksek (0.59-0.96) olduğu epidot grubu minerallerinin Al bakımından zengin olduğu belirlenmiş, Armbruster vd. (2006) üçgen sınıflama diyagramına göre ise türü klinozoisit olarak bulunmuştur (Şekil 16).

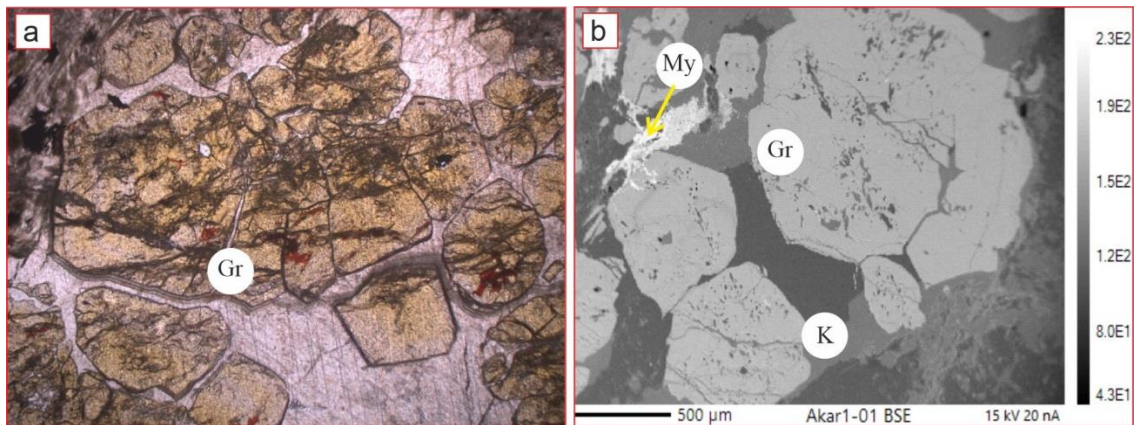
Epidot grubu minerallerin Doğu Pontid Orojenik Kuşağı kuzey zonunda yer alan Eğrikar (Gümüşhane) Fe-Cu skarn (Sipahi vd., 2017) cevherleşmesi ile güney zonda yer alan Gümüşdamla (Bayburt) Fe skarn (Akaryalı ve Kurt, 2021) cevherleşmesinde gözlenen epidot mineralleri ile benzer bileşime sahip oldukları, ancak Al içeriklerinin Eğrikar (Gümüşhane) Fe-Cu skarn epidotlarına göre nispeten yüksek, Gümüşdamla (Bayburt) Fe skarn epidotlarına göre ise nispeten düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 16. Epidot grubu minerallerinin üçgen sınıflama diyagramı (Armbruster vd., 2006).

3.3.5. Granat

Granat mineralleri genel olarak tek nikolde yeşilimsi kahverenginde ve yuvarlağımsı, iri ve küçük kristalli, öz ve yarı öz şekilli halde gözlenmektedir. Granatlar bazı örneklerde ince bantlar şeklinde zonlanma göstermekte, bazı örneklerde ise granatlar kalıntı olarak kalmış ve yerleri kısmen kuvars, Fe-oksit ve epidot tarafından alınmış şekilde izlenir. Bunlar genelde kırıklı ve kataklastik doku göstermekte olup granat-I olarak tanımlanmıştır. Bazı granatlar manyetitle birlikte ve küçük kristaller halinde izlenmekte olup granat-II olarak tanımlanmıştır (Şekil 17).

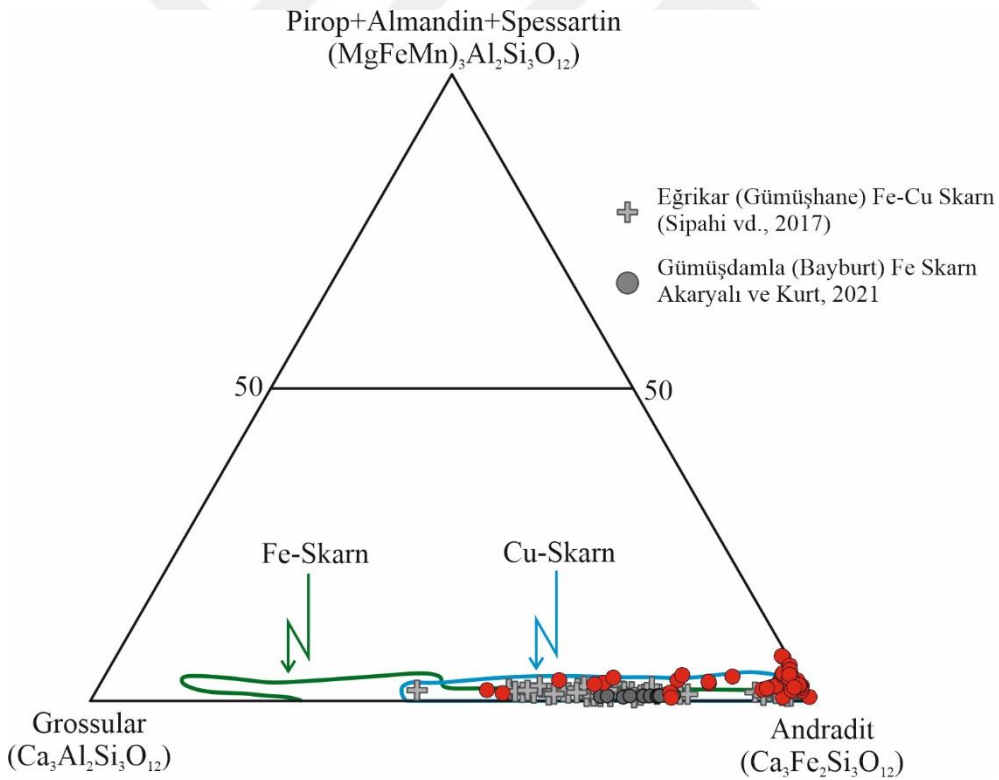


Şekil 17. Granat minerallerinin mikroskopik (a) ve BSE (b) görüntüleri (Gr: Granat My: Manyetit, K: Kuvars)

Analiz sonuçlarına göre (Ek Tablo 5) granatların merkezden kenara belirgin bileşimsel farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Ca, Fe bakımından zengin olan

örneklerde Al_2O_3 (%0.06-10.47), MnO (%0.46-1.43) ve MgO (%0.01-0.06) içerikleri düşük, buna karşın Fe_2O_3 (%17.84-32.58) ve CaO (%30.65-33.89) içerikleri ise yüksektir. Yapılan hesaplamalar türlerinin ağırlıklı olarak andradit ve grossular-andradit ($And_{54-99}Grs_{0.3-44}$) olduğunu göstermektedir (Şekil 18). Granat minerallerinde ferro demir (Fe^{+2}) çok düşük (0.01-0.11) olup örneklerde ferri demir (Fe^{+3}) hâkim olduğu (1.2-2.24) ortaya konmuştur. Çalışılan cevherleşmedeki granat minerallerine ait kimyasal veriler üçgen sınıflandırma diyagramına aktarıldığında, söz konusu cevherleşmesinin Cu-Skarn alanında yer aldığı görülmektedir.

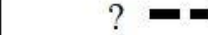


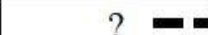


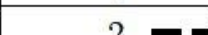




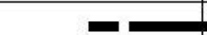
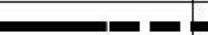









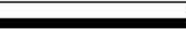

Granat grubu minerallerin Doğu Pontid Orojenik Kuşağı kuzey zonunda yer alan Eğrikar (Gümüşhane) Fe-Cu skarn (Sipahi vd., 2017) cevherleşmesi ile güney zonda yer alan Gümüşdamla (Bayburt) Fe skarn (Akaryalı ve Kurt, 2021) cevherleşmesinde gözlenen granat mineralleri ile benzer bileşime sahip oldukları, ancak Ca-Fe içeriklerinin Eğrikar (Gümüşhane) Fe-Cu skarn ve Gümüşdamla (Bayburt) Fe skarn granatlarına göre ise nispeten yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 18).



Şekil 18. Köprüyanı skarn yatağındaki granatların Pirop+Almandin+Spessartin–Grossular–Andradit üçgen diyagramında sınıflandırılması (Fe- ve Cu-Skarn alanları Meinert, 1992’den alınmıştır).

Köprüyanı cevherleşmesi kapsamında yapılan mikroskobik çalışmalar neticesinde cevherleşmenin parajenezinin granat, epidot, manyetit, pirit, kalkopirit, kuvars ve

kalsitten oluştuğu belirlenmiştir. Söz konusu mineraller arasında tespit edilen dokusal özelliklere bağlı olarak belirlen süksesyon Şekil 19’da verilmiştir.

Mineraller	Endoskarn	Ekzoskarn		Oksidasyon
		I. Faz	II. Faz	
Granat	? 			
Epidot	? 			
Manyetit	? 			
Pirit				
Kalkopirit				
Kuvars	? 			
Kalsit	? 			
Hematit				
Limonit				
Malakit				
Azurit				

Şekil 19. Köprüyanı Cu-Skarn cevherleşmesinin parajenez ve süksesyonu

Epidot ve granat minerallerinin hem endoskarn hem de ekzoskarn zonunda iki farklı evre de gözlemlendiği Şekil 19’da görülmektedir. Benzer şekilde manyetit, kuvars ve kalsitin de oluşumunun endoskarn ve ekzoskarn zonunda gerçekleştiği, buna karşın pirit ve kalkopiritin ekzoskarn zonunda birinci faz ve ikinci fazda oluşumlarının gözlemlendiği belirlenmiştir. Cevher oluşumundan sonra gerçekleşen oksidasyon zonunda ise hematit, limonit, malakit ve azurit minerallerinin varlığı tespit edilmiştir.

Cevher mikroskobisi ve mineral kimyası çalışmaları kapsamında derlenen verilere bağlı olarak, Köprüyanı cevherleşmesinin Cu-skarn tipinde olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Buna bağlı olarak çalışma sahasına yakın bölgede yer alan ve daha önce çalışılmış olan skarn yataklarına (Aslan 1991; Sadıklar, 1993; Sipahi, 2011; Sipahi vd., 2017; Sipahi vd., 2018; Akaryalı ve Kurt 2021) ait mikroprob analiz verileri, Köprüyanı skarn cevherleşmesine ait benzer verileri ile karşılaştırıldığında önemli benzerlikler (Şekil 17 ve 18) elde edilmiştir. Bu bağlamda, yapılan karşılaştırmalar neticesinde elde edilen veriler, Köprüyanı cevherleşmesinin Cu-skarn tip bir cevherleşme olduğu yönündeki görüşü desteklemektedir.

4. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Doğu Pontidler' in Kuzey Zonunda Trabzon ili sınırlarında Köprüyanı mevkiindeki Cu-Skarn cevherleşmesinin; jeolojisi, petrografisi, cevher mikroskobisi özellikleri ve mineral kimyası özelliklerinin belirlenmesini amaçlayan çalışmanın başlıca sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çalışma alanı ve yakın çevresindeki yaşlıdan gence doğru Hamurkesen formasyonu, Berdiga formasyonu, Kızılkaya formasyonu, Çatak formasyonu ve Alüvyon birimleri yer almaktadır.

Köprüyanı cevherleşme sahasında, bölgede gözlenen kırık sistemlerine paralellik gösteren K35-50 doğrultu girişli galeri stok alanı ve çevresinde aktinolit, tremolit, pirit, kalkopirit, manyetit ve malakit mineralleri ile kırık çatlak zonları boyunca gelişmiş limonitleşme, hematitleşme kloritleşme ve epidotlaşma türü alterasyonlar gözlenmektedir.

Köprüyanı Cu skarn yatağında endoskarn zonunda manyetit minerallerinin genellikle kalkopirit, pirit ve granat ile birlikte bulunduğu, TiO_2 içeriklerinin çok düşük (%0.02-1.02) olduğu buna karşılık FeO_t içeriklerinin ise %83.13-92.00 arasında değiştiği, türlerinin titonamanyetit olduğu belirlenmiştir.

Kalkopirit minerallerinde gerçekleştirilen kimyasal analiz sonuçlarına göre çoğunlukla manyetit ile beraber bulunan ve ekzoskarn zonunda yer alan kalkopirit minerallerinin Cu içeriğinin %33.50-43.27 ve Fe içeriği %29.84-39.11 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Pirit minerallerinin kimyasal analiz sonuçlarına göre Fe içeriğinin %46.01-46.73 arasında olduğu, mineralin merkezinde %0.06-0.07 arasında Cu bulunurken kenar kısımda %0.05-0.07 arasında Cu içerdiği, bu durumun mineralin merkez ve kenar arasında belirgin bir bileşimsel farklılığın olmadığını göstermektedir.

Köprüyanı Cu skarn cevherleşmesinde en yaygın gözlenen sulu silikat minerali olan epidotun Al içeriklerinin yüksek (2.06-2.46), Mn içeriklerinin düşük (0.01-0.03) ve Fe^{+3} içeriklerinin ise nispeten yüksek (0.59-0.96) olduğu, epidot grubu minerallerinin Al bakımından zengin olduğu ve üçgen sınıflama diyagramına göre ise türünün klinozoisit olduğu belirlenmiştir.

Granatlarda gerçekleştirilen kimyasal analiz sonuçları türlerinin ağırlıklı olarak andradit ve grossular-andradit ($And_{54-99}Gr_{80.3-44}$) olduğu ve granat minerallerinde ferro

demir (Fe^{+2}) çok düşük (0.01-0.11) olup örneklerde ferri demir (Fe^{+3}) hâkim olduğu (1.2-2.24) ortaya konmuştur. Çalışılan cevherleşmedeki granat minerallerine ait kimyasal veriler üçgen sınıflandırma diyagramına aktarıldığında, söz konusu cevherleşmenin Cu-Skarn tipinde olduğu sonucuna varılmıştır.

Granat grubu minerallerin Doğu Pontid Orojenik Kuşağı kuzey zonunda yer alan Eğrikar (Gümüşhane) Fe-Cu skarn cevherleşmesi ile güney zonda yer alan Gümüşdamla (Bayburt) Fe skarn cevherleşmesinde gözlenen granat mineralleri ile benzer bileşime sahip oldukları, ancak Ca-Fe içeriklerinin Eğrikar (Gümüşhane) Fe-Cu skarn ve Gümüşdamla (Bayburt) Fe skarn granatlarına göre ise nispeten yüksek olduğu belirlenmiştir.

Epidot ve granat minerallerinin hem endoskarn hem de ekzoskarn zonunda iki farklı evre de gözlendiği, benzer şekilde manyetit, kuvars ve kalsitin de oluşumunun endoskarn ve ekzoskarn zonunda gerçekleştiği, buna karşın pirit ve kalkopiritin ekzoskarn zonunda birinci faz ve ikinci fazda oluşumlarının gözlendiği belirlenmiştir. Cevher oluşumundan sonra gerçekleşen oksidasyon zonunda ise hematit, limonit, malakit ve azurit minerallerinin varlığı tespit edilmiştir.

Elde edilen tüm veriler neticesinde; Köprüyanı cevherleşmesinin Cu-skarn türünde ve bölgede var olan skarn cevherleşmelerinin parajenez, süksesyon ve mineral kimyası verileri ile benzerlik gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKÇA

- Abdioğlu, E., Arslan, M., Kadir, S. ve Temizel, İ. (2015). Alteration mineralogy, lithochemistry and stable isotope geochemistry of the Murgul (Artvin, NE Turkey) volcanic hosted massive sulfide deposit: Implications for the alteration age and ore forming fluids. *Ore Geology Reviews*, 66, 219-242.
- Adamia, S., Lordkitanidze, M.B. ve Zakariadze, G.S. (1977). Evolution of an active continental margin as exemplified by the alpine history of caucasus. *Tectonophysics*, 40, 183-189.
- Açar, Ü. (1977). *Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi*. Yayınlanmamış doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Akaryalı, E. (2010). *Arzular (Gümüşhane KD-Türkiye) altın yatağının jeolojik, mineralojik, jeokimyasal ve kökenselel incelenmesi*. Yayınlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Akaryalı, E. ve Tüysüz, N. (2013). The genesis of the slabindow-related Arzular low-sulfidation epithermal gold mineralization (Eastern Pontides, NE Turkey). *Geoscience Frontiers*, 4-4,409-421.
- 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
- Akbulut, K., Akaryalı, E., Akpınar, İ. ve Aydınçakır, E. (2015). Ünlüpınar Kelkit Gümüşhane Pb Zn Au cevherleşmesinin jeolojik jeokimyasal ve kökenselel olarak incelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1), 34-49
- Armbruster, T., Bonazzi, P., Akasaka, M., Bermanec, V., Chopin, Ch., Giere', R., ... Pasero, M. (2006). Recommended nomenclature of epidote-group minerals. *European Journal of Mineralogy*, 18, 551-567.
- Aslan, Z. (1991). *Özdil (Yomra-Trabzon) yöresinin petrografisi, skarn oluşukları ve granat-piroksen ritmitleri*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Bacon, C.R. ve Hirschmann, M.M. (1988). Mg/Mn partitioning as a test for equilibrium between coexisting Fe-Ti oxides. *American Mineralogist*, 73, 57-61.

- Baykal, F. (1952). Kelkit-Şiran bölgesinde jeolojik araştırmalar. *MTA Raporu No: 2205*, Ankara.
- Bektaş, O., Pelin, S. ve Korkmaz, S. (1984). Doğu Pontid yay gerisi havzasında manto yükselimi ve polijenetik ofiolit olgusu. Türkiye Jeoloji Kurultayı Ketin Sempozyumu, 20-21 Şubat 1984, Ankara, s. 175-88.
- Bektaş, O. ve Güven, İ.H. (1995). Alaskan Aphinitic type ultramafic and mafic complexes as the root zone of the Eastern Pontide magmatic arc (NE Turkey). *Geology of the Black Sea Region*, 189-196.
- Bektaş, O., Sen, C., Atıcı, Y. ve Köprübaşı, N. (1999). Migration of the upper cretaceous subduction-related volcanism towards the back-arc basin of the eastern pontide magmatic arc (NE Turkey). *Geological Journal*, 34, 95-106.
- Bulut, Y., Öğün, Y., Dümenci, S., Bozkuş, C., Taka, M. ve Öner, A. (1989). Tortum-Narman-Oltu-Olur dolayının jeolojisi ve kömür olanakları. MTA Rapor No: 8889, Ankara.
- Chorowiecz, J., Dhont, D. ve Adıyaman, Ö. (1998). Isotope geochemistry of xenoliths from East Africa: Implications for development of mantle reservoirs and their interaction. *Earth and Planetary Science Letters*, 68, 209-220.
- Dewey, J.F., Pitman, W.C., Ryan, W.B.F. ve Bonnin, J. (1973). Plate tectonics and evolution of Alpine System. *Geological Society of America Bulletin*, 84, 3137-3180.
- Eyüboğlu, Y. (2010). Late Cretaceous high-K volcanism in the Eastern Pontide Orogenic Belt: Implications for the geodynamic evolution of NE Turkey. *International Geology Review*, 52, 142-186.
- Eyüboğlu, Y., Bektaş, O., Seren, A., Nafiz, M., Jacoby, W.R. ve Özer, R. (2006). Three- directional extensional deformation and formation of the Liassic rift basins in the Eastern Pontides (NE Turkey). *Geologica Carpathica*, 57(5), 337-346.
- Eyüboğlu, Y., Chung S.I., Dudas, F.O., Santosh, M., ve Akaryalı, E. (2011a). Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: implications for slab window melting. *Gondwana Research*, 19, 413-429.
- Eyüboğlu, Y., Chung S.I., Dudas, F.O., Santosh, M. ve Akaryalı, E. (2011b). Migrating magmatism in a continental arc: geodynamics of the Eastern Mediterranean revisited. *Journal of Geodynamics*, 52, 2-15.
- Eyüboğlu Y., Santosh, M., Yi, K., Bektaş, O., ve Kwon, S. (2012). Discovery of Miocene adakitic dacite from The Eastern Pontides Belt (Ne Turkey) and a

- revised geodynamic model for the Late Cenozoic evolution of the Eastern Mediterranean Region. *Lithos*, 146, 218-232.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F. O., Akaryalı, E., Chung, S. L., Akdag, K. ve Bektaş, O. (2013). The nature of transition from adakitik to non-adakitik magmatism in a slab-window setting: A synthesis from the eastern Pontides, NE Turkey. *Geoscience Frontiers*, 4(4), 353-375.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Keewook, Yi., Tüysüz, N., Korkmaz, S., Akaryalı, E., ... Bektaş, O. (2014). The Eastern Black Sea-type volcanogenic massive sulfide deposits: Geochemistry, zircon U–Pb geochronology and an overview of the geodynamics of ore genesis. *Ore Geology Reviews*, 59, 29-54.
- Eyüboğlu Y. (2015). Petrogenesis and U–Pb zircon chronology of felsic tuffs interbedded with turbidites (Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey): Implications for Mesozoic geodynamic evolution of the eastern Mediterranean region and accumulation rates of turbidite sequences. *Lithos*, 212-215, 74-92.
- Eyüboğlu Y., Dudas F.O., Santosh M., Xiao Y., Yi, K., Chatterjee, N., Wu, F.Y., ve Bektaş, O. (2016b). Where are the remnants of a Jurassic Ocean in the Eastern Mediterranean Reagion? *Gondwana Research*, 33, 63-92.
- Eyüboğlu Y., Dudas F.O., Thorkelson D., Zhu D., Liu Z., Chatterjee N., ... Santosh, M. (2017). Eocene granitoids of northern Turkey: Polybaric magmatism in an evolving arc-slab window system. *Gondwana Research*, 50, 311-345.
- Gedikoğlu, A. (1978). *Harşit granit karmaşığı ve çevre kayalarları*. Yayınlanmamış doçentlik tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Güven, İ.H. (1993). Doğu Pontidlerin jeolojisi ve 1/250.000 ölçekli kompilasyonu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, I., Aydın, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, J.R. (2010). Generation of the Early Cenozoic adakitik volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: Implications for crustal thickening to delamination, *Lithos*, 114, 109-120.
- Ketin, İ. (1951). Bayburt bölgesinin jeolojisi, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası*, 16, İstanbul.
- Kurt, A.H. (2018). *Gümüşdamla (Aydıntepe-Bayburt) skarn cevherleşmesinin jeolojik, mineralojik ve kökensel incelenmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane.
- Meinert, L. D. (1992). Skarns and skarn deposits. *Geoscience Canada*, 19(4), 145-162.

- Neber, K. (1961). Kelkit çayı ve Kızılırmak (Kuzeydoğu Anadolu) nehirleri mecrası bölgelerinin Jeolojik yapısı: *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 57, 1-49
- Oyman, T. (2010). Geochemistry, mineralogy and genesis of the Ayazmant Fe–Cu skarn deposit in Ayvalık (Balıkesir), Turkey. *Ore Geology Reviews*, 37, 175-201
- Pelin, S. (1977). *Alucra (Giresun) Güneydoğu yöresinin petrol olanakları bakımından jeolojik incelemesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi yayın no: 87, Trabzon
- Sadıklar, M.B. (1993) Granat-pyroxene-rhytmite bei Özdil-Trabzon, NE-Türkei. *Chemie der Erde*, 53, 341–353
- Saraç, S. ve Van, A. (2005). Çambaşı (Ordu) ve Dereli (Giresun) yörelerindeki skarn yataklarının karşılaştırılmalı kimyasal ve mineralojik özellikleri: Doğu Pontid kuzey zonu (KD Türkiye). *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 29(2), 27-44.
- Sipahi, F. (2011). Formation of skarns at Gümüşhane (Northeastern Turkey). *Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen*, 188 (2), 169-190.
- Sipahi, F. ve Sadıklar, B. (2010). Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) volkanitlerinin alterasyon mineralojisi ve kütle değişimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 53, 2-3.
- Sipahi, F., Akpınar, I., Saydam Eker, Ç., Kaygusuz, A., Vural, A. ve Yılmaz, M. (2017). Formation of the Eğrikar (Gümüşhane) Fe–Cu skarn type mineralization in NE Turkey: U–Pb zircon age, litho-geochemistry, mineral chemistry, fluid inclusion, and O–H–C–S isotopic compositions. *Journal of Geochemical Exploration*, 182 32-52.
- Sipahi, F., Kaygusuz, A., Saydam Eker, Ç., Vural, A. ve Akpınar, I. (2018). Late Cretaceous arc igneous activity: the Eğrikar monzogranite example. *International Geology Review*, 60 (3), 382-400.
- Sipahi, F., Gücer, M.A. ve Saydam Eker, Ç. (2020). Geochemical composition of magnetite from different iron skarn mineralizations in E. Turkey: implication for source of ore forming fluids. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(2), 1-15.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Taşlı, K. (1984) *İkisü (Gümüşhane) İle Hamsiköy (Trabzon) yörelerinin jeolojisi ve Berdiga Formasyonunun biyostratigrafik denetimi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satir, M. ve Dokuz, A. (2005). Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: The Eocene Saraycik granodiorite (Eastern Pontides, Turkey). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 150, 441-455.

- Topuz G., Altherr R., Siebel W., Schwarz W.H., Zack T., Hasozbek A., ... Şen, C. (2010). Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in The Eastern Pontides: The Gümüşhane Pluton (NE Turkey). *Lithos*, 116, 92-110.
- Türk Japon Ekibi (1985). *The cooperative mineral exploration of Gümüşhane area, Phase I*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Raporu No:334, Ankara
- Tüysüz, N. (2000). Geology, lithochemistry and genesis of the Murgul massive sulfide deposit, NE Turkey. *Chemie der Erde-Geochemistry*, 60, 231-250.
- Yalçınalp, B. (1992). *Güzelyayla (Maçka-Trabzon) porfiri cu-mo cevherleşmesinin jeolojik yerleşimi ve jeokimyası*. Yayımlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.



EKLER

Ek 1. Köprüyanı cevherleşmesi manyetite ait mineral kimyası analizleri

Mineral	Manyetit											
	1				5				13			
Örnek no	1-39	1-40	1-41	1-42	5-30	5-31	5-42	5-43	5-44	5-45	13-01	13-02
Açıklama	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	k	m
SiO ₂	0.31	0.77	0.26	0.22	1.77	2.30	1.95	1.81	1.50	1.90	0.56	0.67
TiO ₂	0.09	0.1	0.03	0.07	0.91	1.02	0.91	0.78	0.75	0.90	0.14	0.02
Al ₂ O ₃	0.16	0.27	0.02	0.02	0.79	0.99	0.77	0.83	0.79	0.87	0.00	0.03
Cr ₂ O ₃	0.01	0.01	0.00	0.01	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.00	0.01
FeO	88.73	87.16	88.84	88.27	83.13	85.12	83.84	83.53	85.28	84.15	88.87	89.11
MnO	0.03	0.05	0.02	0.00	0.04	0.02	0.04	0.03	0.03	0.01	0.03	0.04
MgO	0.04	0.22	0.04	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	0.00	0.11	0.04
CaO	0.06	0.32	0.06	0.05	0.09	0.1	0.08	0.08	0.22	0.18	0.15	0.32
Toplam	89.42	88.9	89.28	88.65	86.76	89.6	87.65	87.1	88.65	88.06	89.87	90.23
Si	0.10	0.25	0.08	0.07	0.58	0.73	0.63	0.59	0.48	0.61	0.18	0.21
Ti	0.02	0.02	0.01	0.02	0.22	0.24	0.22	0.19	0.18	0.22	0.03	0.00
Al	0.06	0.10	0.01	0.01	0.31	0.37	0.30	0.32	0.30	0.33	0.00	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Fe(iii)	15.70	15.35	15.81	15.81	14.07	13.67	13.98	14.10	14.37	13.99	15.58	15.55
Fe(ii)	8.07	8.04	8.05	8.06	8.77	8.93	8.82	8.75	8.55	8.77	8.10	8.08
Mn	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Mg	0.02	0.11	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.05	0.02
Ca	0.02	0.11	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.08	0.06	0.05	0.11
Toplam	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Fe/Fe+Mg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cr/Cr+Al	0.04	0.02	0.00	0.25	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.00	0.18

Ek 1. (Devamı)

Mineral	Manyetit														
Örnek no	13														
Analiz noktası	13-03	13-04	13-31-1	13-32-2	13-33-3	13-34-4	13-35-5	13-36-6	13-45-1	13-46-2	13-47-3	13-48-4	13-49-5	13-50-6	
Açıklama	k	m	merkezden-----				kenara				merkezden-----				kenara
SiO ₂	0.85	2.13	0.61	0.24	0.45	0.22	0.82	0.84	1.49	0.2	0.61	0.13	1.73	0.29	
TiO ₂	0.07	0.02	0.07	0.06	0.00	0.00	0.01	0.02	0.06	0.03	0.07	0.02	0.04	0.01	
Al ₂ O ₃	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.03	0.03	0.10	0.01	0.02	0.01	0.09	0.01	
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	
FeO	89.31	86.97	89.2	89.55	89.37	89.54	88.93	88.41	88.02	89.66	89.15	89.87	90.98	89.58	
MnO	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.04	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	
MgO	0.21	0.14	0.10	0.05	0.08	0.05	0.19	0.22	0.22	0.01	0.13	0.05	0.02	0.05	
CaO	0.03	0.94	0.04	0.02	0.03	0.03	0.05	0.04	0.23	0.04	0.03	0.01	0.1	0.14	
Toplam	90.5	90.28	90.03	89.94	89.96	89.9	90.08	89.59	90.15	89.96	90.04	90.11	92.99	90.11	
Si	0.27	0.67	0.19	0.08	0.14	0.07	0.26	0.27	0.47	0.06	0.19	0.04	0.53	0.09	
Ti	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	
Al	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.04	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Fe ⁽ⁱⁱⁱ⁾	15.43	14.64	15.57	15.81	15.71	15.84	15.46	15.44	14.99	15.85	15.57	15.90	14.88	15.81	
Fe ⁽ⁱⁱ⁾	8.17	8.28	8.15	8.06	8.10	8.04	8.15	8.15	8.29	8.05	8.13	8.02	8.50	8.02	
Mn	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	
Mg	0.10	0.07	0.05	0.02	0.04	0.02	0.09	0.10	0.10	0.00	0.06	0.02	0.01	0.02	
Ca	0.01	0.32	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.08	0.01	0.01	0.00	0.03	0.05	
Toplam	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
Fe/Fe+Mg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Cr/Cr+Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.07	0.00	

Ek 1. (Devamı)

Mineral	Manyetit							
Örnek no	13							
Analiz noktası	13-51	13-52	13-53	13-54	13-55	13-56	13-57	13-58
Açıklama	k	m	k	k	k	m	k	m
SiO ₂	3.06	1.26	0.31	1.36	0.52	0.66	0.44	1.8
TiO ₂	0.06	0.03	0.00	0.01	0.06	0.03	0.16	0.06
Al ₂ O ₃	0.20	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.04
Cr ₂ O ₃	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
FeO	89.5	87.86	89.32	87.06	89.16	88.3	89.03	92.00
MnO	0.03	0.04	0.01	0.05	0.00	0.00	0.01	0.05
MgO	0.02	0.18	0.06	0.22	0.08	0.11	0.06	0.21
CaO	0.34	0.55	0.04	0.47	0.18	0.27	0.10	0.36
Toplam	93.23	89.94	89.74	89.19	90.01	89.39	89.83	94.53
Si	0.93	0.40	0.10	0.43	0.17	0.21	0.14	0.54
Ti	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.01
Al	0.07	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe(iii)	14.03	15.18	15.80	15.12	15.64	15.56	15.63	14.87
Fe(ii)	8.82	8.12	8.05	8.16	8.08	8.07	8.11	8.33
Mn	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Mg	0.01	0.09	0.03	0.10	0.04	0.05	0.03	0.09
Ca	0.11	0.19	0.01	0.16	0.06	0.09	0.03	0.12
Toplam	24	24	24	24	24	24	24	24
Fe/Fe+Mg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cr/Cr+Al	0.00	0.40	0.00	0.00	0	0.40	0.00	0.00

Ek 2. Köprüyanı cevherleşmesi kalkopirite ait mineral kimyası analizleri

Mineral	Kalkopirit												
Örnek no	1						13						
Analiz noktası	1-21	1-22	1-23	1-24	1-51	1-52	13-05-1	13-06-2	13-07-3	13-08-4	13-09-5	13-10-6	13-23
Açıklama	k	m	k	m	k	m	merkezden -----					kenara	k
S	34.89	34.85	34.47	34.82	34.92	34.84	38.16	35.72	34.38	34.2	35.74	34.36	34.84
Fe	30.27	30.06	30.18	30.32	30.57	29.84	34.29	31.18	30.21	30.31	31.61	30.38	31.32
Cu	33.70	33.50	33.47	34.00	34.21	33.59	38.31	34.61	33.91	33.93	34.95	33.76	34.46
Al	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Si	0.07	0.04	0.07	0.08	0.07	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01
Toplam	98.97	98.32	98.16	99.17	99.8	98.17	110.79	101.57	98.56	98.51	102.36	98.51	100.64
Mineral	Kalkopirit												
Örnek no	13												
Analiz noktası	13-24	13-28	13-29	13-37	13-38	13-39	13-40	13-59	13-60	13-61	13-62	13-63	13-64
Açıklama	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m
S	34.11	34.87	34.49	34.59	33.76	34.35	33.93	33.97	33.5	33.55	37.88	33.58	34.67
Fe	31.02	30.92	31.33	31.75	31.61	30.92	31.10	30.93	31.13	30.51	35.12	31.00	32.09
Cu	34.51	34.38	34.49	35.23	34.16	34.76	34.26	34.43	34.51	34.01	38.71	34.34	35.22
Al	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00
Si	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04
Toplam	99.68	100.21	100.35	101.61	99.57	100.03	99.3	99.33	99.17	98.1	111.73	98.95	102.03

Ek 2. (Devamı)

Mineral	Kalkopirit												
Örnek no	13						1			13			
Analiz noktası	13-65-1	13-66-2	13-67-3	13-68-4	13-69-5	13-70-6	1-21	1-24	1-51	13-23	13-24	13-28	13-29
Açıklama	merkezden-----						kenara						
S	33.67	33.54	33.75	33.62	42.25	33.51	34.89	34.82	34.92	34.84	34.11	34.87	34.49
Fe	31.06	30.76	31.13	31.16	39.11	30.88	30.27	30.32	30.57	31.32	31.02	30.92	31.33
Cu	34.40	34.64	34.70	34.56	43.27	34.45	33.70	34.00	34.21	34.46	34.51	34.38	34.49
Al	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
Si	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.07	0.08	0.07	0.01	0.04	0.02	0.03
Toplam	99.17	98.95	99.61	99.36	124.66	98.88	98.97	99.17	99.8	100.64	99.68	100.21	100.35
Mineral	Kalkopirit												
Örnek no	13											1	
Analiz noktası	13-38	13-39	13-40	13-59	13-60	13-63	13-65-1	13-66-2	13-67-3	13-68-4	13-69-6	1-21	1-22
Açıklama												k	m
S	33.76	34.35	33.93	33.97	33.50	33.58	33.67	33.54	33.75	33.62	33.51	34.42	34.62
Fe	31.61	30.92	31.10	30.93	31.13	31.00	31.06	30.76	31.13	31.16	30.88	30.33	30.25
Cu	34.16	34.76	34.26	34.43	34.51	34.34	34.40	34.64	34.7	34.56	34.45	34.29	34.28
Al	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Si	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.07
Toplam	99.57	100.03	99.3	99.33	99.17	98.95	99.17	98.95	99.61	99.36	98.88	99.08	99.23

Ek 2. (Devamı)

Mineral	Kalkopirit													
Örnek no	1				13									
Analiz noktası	1-23	1-24	1-51	1-52	13-05-1	13-06-2	13-07-3	13-08-4	13-09-5	13-10-6	13-61	13-62	13-63	
Açıklama	k	m	k	m	Merkezden-----kenara									
S	34.67	34.60	34.35	34.54	34.99	34.54	34.48	34.47	34.44	34.46	35.07	34.36	34.43	
Fe	30.30	30.21	30.23	30.2	30.25	30.13	30.15	29.98	30.17	30.06	30.4	30.3	30.20	
Cu	34.48	34.49	34.35	34.43	34.44	34.00	34.58	34.22	34.32	34.27	34.18	33.81	34.18	
Al	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	
Si	0.07	0.06	0.07	0.08	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.07	0.03	
Toplam	99.53	99.36	99	99.25	99.7	98.7	99.26	98.69	98.96	98.87	99.71	98.55	98.85	
Mineral	Kalkopirit													
Örnek no	13													
Analiz noktası	13-64		13-65-1		13-66-2		13-67-3		13-68-4		13-69-5		13-70-6	
Açıklama	m merkezden-----kenara													
S	34.31		34.46		34.43		34.42		34.5		34.34		34.19	
Fe	30.12		30.36		30.62		30.21		30.46		30.17		30.12	
Cu	34.03		34.31		34.28		34.5		34.12		34.27		33.99	
Al	0.00		0.00		0.01		0.00		0.00		0.01		0.00	
Si	0.06		0.03		0.03		0.04		0.02		0.03		0.03	
Toplam	98.51		99.16		99.36		99.16		99.1		98.83		98.34	

Ek 3. Köprüyanı cevherleşmesi piritte ait mineral kimyası analizleri

Mineral	Pirit			
Örnek no	1			
Analiz noktası	1-25	1-26	1-25	1-26
Açıklama	k	m	k	m
Al	0.00	0.00	0.00	0.00
S	53.38	53.23	53.02	52.95
Fe	46.58	46.01	46.73	46.03
Cu	0.07	0.06	0.05	0.07
Si	0.03	0.04	0.03	0.06
Toplam	100.06	99.33	99.83	99.11

Ek 4. Köprüyanı cevherleşmesi epidota ait mineral kimyası analizleri

Mineral	Epidot											
Örnek no	5											
Analiz Noktası	5-01	5-02	5-03	5-04	5-05	5-06	5-07	5-08	5-09	5-10	5-11	5-12
Açıklama	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k
SiO ₂	37.26	38.21	37.66	38.10	38.04	37.90	37.23	38.05	37.30	37.85	37.70	37.83
TiO ₂	0.28	0.08	0.37	0.07	0.38	0.10	0.33	0.13	0.34	0.09	0.36	0.10
Al ₂ O ₃	23.40	26.66	22.09	24.78	22.51	25.84	22.08	26.14	21.92	26.08	22.27	24.95
FeO ^T	12.70	9.05	14.15	11.76	14.42	10.43	14.04	9.73	14.44	9.94	13.81	11.55
MnO	0.44	0.19	0.12	0.20	0.10	0.26	0.10	0.21	0.11	0.24	0.14	0.30
MgO	0.06	0.02	0.03	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	0.03	0.01	0.04	0.00
CaO	22.15	23.10	22.53	22.77	23.07	22.92	22.66	23.01	22.74	22.87	22.64	22.69
Na ₂ O	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H ₂ O	1.75	1.81	1.74	1.79	1.75	1.79	1.73	1.79	1.73	1.80	1.73	1.78
F	0.13	0.13	0.15	0.14	0.17	0.15	0.15	0.16	0.15	0.13	0.17	0.13
Toplam	98.16	99.26	98.83	99.65	100.49	99.41	98.37	99.22	98.76	99.01	98.87	99.36
Si	2.977	2.986	2.999	2.986	2.983	2.970	2.982	2.981	2.980	2.973	3.000	2.974
Ti	0.017	0.005	0.022	0.004	0.022	0.006	0.020	0.008	0.020	0.005	0.022	0.006
Al	2.204	2.455	2.073	2.289	2.080	2.386	2.085	2.413	2.064	2.414	2.089	2.312
Fe ⁺³	0.849	0.591	0.942	0.771	0.946	0.683	0.941	0.637	0.965	0.653	0.919	0.759
Mn	0.030	0.013	0.008	0.013	0.007	0.017	0.007	0.014	0.007	0.016	0.009	0.020
Mg	0.007	0.002	0.004	0.002	0.005	0.002	0.005	0.002	0.004	0.001	0.005	0.000
Ca	1.896	1.934	1.922	1.912	1.938	1.924	1.945	1.931	1.946	1.925	1.930	1.911
Na	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Toplam	8.980	8.987	8.971	8.981	8.981	8.989	8.986	8.986	8.986	8.988	8.975	8.985

Ek 4. (Devamı)

Mineral	Epidot									
Örnek no	5									
Analiz noktası	5-13-1	5-14-2	5-15-3	5-16-4	5-17-5	5-20-2	5-21-3	5-22-4	5-23-5	5-24 6
Açıklama	merkezden-----kenara					merkezden-----kenara				
SiO ₂	37.56	37.73	37.72	37.75	37.83	37.82	37.88	37.42	38.13	38.18
TiO ₂	0.34	0.38	0.38	0.04	0.03	0.19	0.10	0.08	0.08	0.06
Al ₂ O ₃	22.25	22.06	22.11	24.27	24.98	23.80	23.86	23.26	24.13	25.87
FeO	13.94	14.13	14.29	12.24	11.27	12.45	12.67	13.45	12.32	10.00
MnO	0.13	0.09	0.07	0.14	0.11	0.23	0.16	0.14	0.06	0.14
MgO	0.04	0.05	0.06	0.02	0.02	0.07	0.02	0.02	-0.01	0.00
CaO	22.55	22.66	22.50	22.82	22.96	22.72	22.68	22.72	22.84	23.14
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H ₂ O	1.74	1.75	1.73	1.77	1.78	1.78	1.78	1.76	1.78	1.82
F	0.14	0.12	0.17	0.14	0.14	0.11	0.11	0.13	0.14	0.10
Toplam	98.70	98.99	99.02	99.18	99.11	99.17	99.27	98.99	99.48	99.31
Si	2.995	3.000	2.998	2.979	2.979	2.987	2.988	2.971	2.998	2.990
Ti	0.020	0.023	0.023	0.002	0.002	0.011	0.006	0.005	0.005	0.004
Al	2.091	2.068	2.071	2.257	2.318	2.215	2.218	2.176	2.236	2.387
Fe ⁺³	0.929	0.940	0.950	0.808	0.742	0.822	0.836	0.893	0.810	0.655
Mn	0.009	0.006	0.005	0.009	0.007	0.015	0.011	0.009	0.004	0.009
Mg	0.005	0.006	0.007	0.002	0.002	0.008	0.002	0.002	-0.001	0.000
Ca	1.926	1.931	1.916	1.929	1.937	1.923	1.917	1.932	1.924	1.941
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Toplam	8.975	8.973	8.969	8.987	8.989	8.983	8.979	8.992	8.975	8.986

Ek 4. (Devamı)

Mineral	Epidot								
Örnek No	5								
Analiz noktası	5-25	5-26	5-36 1	5-37 2	5-38 3	5-39 4	5-40-5	5-41-6	
Açıklama	k	m	Merkezden-----					-----kenara	
SiO ₂	37.64	38.23	38.54	37.71	37.55	36.22	37.51	37.75	
TiO ₂	0.52	0.21	0.51	0.25	0.11	0.09	0.13	0.10	
Al ₂ O ₃	21.96	25.15	22.74	23.19	22.87	22.21	21.92	24.01	
FeO	14.08	11.10	13.34	13.16	14.03	12.58	12.52	12.01	
MnO	0.10	0.19	0.12	0.22	0.30	0.13	0.18	0.13	
MgO	0.08	0.01	0.04	0.05	0.04	0.05	0.79	0.02	
CaO	22.66	22.92	22.27	22.43	22.20	23.76	22.61	22.65	
Na ₂ O	0.02	0.01	0.27	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
H ₂ O	1.74	1.80	1.76	1.74	1.72	1.61	1.69	1.76	
F	0.15	0.12	0.16	0.17	0.19	0.33	0.23	0.13	
Toplam	98.95	99.75	99.75	98.92	99.02	96.98	97.61	98.55	
Si	2.996	2.988	3.029	2.991	2.982	2.954	3.020	2.995	
Ti	0.031	0.012	0.030	0.015	0.007	0.006	0.008	0.006	
Al	2.060	2.317	2.106	2.168	2.141	2.135	2.080	2.245	
Fe ⁺³	0.937	0.726	0.877	0.873	0.932	0.858	0.843	0.797	
Mn	0.007	0.013	0.008	0.015	0.020	0.009	0.012	0.009	
Mg	0.009	0.001	0.005	0.006	0.005	0.006	0.095	0.002	
Ca	1.932	1.920	1.875	1.906	1.889	2.076	1.950	1.925	
Na	0.003	0.002	0.041	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Toplam	8.976	8.979	8.970	8.974	8.975	9.044	9.013	8.979	

Ek 5. Köprüyanı cevherleşmesi granata ait mineral kimyası analizleri

Mineral	Granat									
Örnek no	1									
Analiz noktası	1-01-1	1-02-2	1-03-3	1-04-4	1-05-5	1-06-6	1-07	1-08	1-09	1-12
Açıklama	Merkezden-----					-----kenara	k	m	m	k
SiO ₂	34.68	34.57	34.76	35.87	35.38	35.08	35.4	36.63	35.77	35.13
TiO ₂	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0	0.01	0.02	0.02
Al ₂ O ₃	0.92	0.06	0.2	0.34	0.60	1.43	0.74	7.89	4.08	0.43
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Fe ₂ O ₃	30.88	31.67	31.87	32.5	31.41	29.84	30.84	21.48	27.39	31.28
MnO	0.75	0.68	0.72	0.75	0.77	0.76	0.46	0.9	0.63	0.61
MgO	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.01	0.00	0.02
CaO	32.18	32.08	31.93	32.68	31.87	32.16	32.04	33.06	32.3	32.13
F	0.4	0.42	0.36	0.29	0.29	0.27	0.25	0.43	0.41	0.26
Toplam	99.8	99.51	99.85	102.47	100.36	99.55	99.76	100.41	100.61	99.89
Si	2.87	2.88	2.88	2.89	2.91	2.90	2.92	2.93	2.90	2.90
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.09	0.01	0.02	0.03	0.06	0.14	0.07	0.74	0.39	0.04
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ³⁺	2.17	2.24	2.21	2.18	2.12	2.06	2.08	1.40	1.81	2.15
Fe ²⁺	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.00	0.05	0.04	0.05	0.01
Mn	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.06	0.04	0.04
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	2.85	2.86	2.84	2.83	2.81	2.85	2.84	2.83	2.81	2.85
Toplam	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Almandine	0	0	0	1	1	0	2	1	2	0
Spessartine	1	1	2	2	2	2	1	2	1	2
Pyrope	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0
Grossular	4	0	1	1	3	6.	3	33	17	2

Ek 5. (Devamı)

Mineral	Granat													
	Örnek no	1												
Analiz noktası	1-13	1-14	1-15	1-16	1-17	1-18	1-19	1-20	1-27-1	1-28-2	1-29-3	1-30-4	1-31-5	1-32-6
Açıklama	m	m	m	k	m	m	k	m	Merkezden-----kenara					
SiO ₂	36.26	35.45	35.3	35.23	36.21	35.92	35.06	35.24	34.76	34.73	34.63	34.75	35.01	35.04
TiO ₂	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.00	0.02	0.01	0.02
Al ₂ O ₃	6.43	3.01	0.14	0.55	6.03	3.74	4.48	4.53	0.32	0.10	0.15	0.28	1.1	0.88
Cr ₂ O ₃	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Fe ₂ O ₃	23.21	27.67	31.98	31.08	23.95	27.08	25.79	25.77	31.32	31.61	31.47	31.32	30.24	30.46
MnO	0.86	0.78	0.64	0.61	0.8	0.79	0.92	0.72	0.7	0.73	0.7	0.71	0.6	0.64
MgO	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00
CaO	32.87	32.17	31.87	32.01	32.55	32.15	32.3	32.74	31.77	31.66	31.65	31.45	31.97	31.9
F	0.31	0.34	0.24	0.29	0.31	0.32	0.62	0.33	0.36	0.33	0.32	0.32	0.34	0.34
Toplam	99.97	99.43	100.2	99.8	99.89	100.01	99.21	99.35	99.25	99.19	98.91	98.86	99.3	99.29
Si	2.92	2.91	2.91	2.91	2.93	2.93	2.88	2.88	2.90	2.90	2.90	2.91	2.91	2.91
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.61	0.29	0.01	0.05	0.57	0.36	0.43	0.44	0.03	0.01	0.01	0.03	0.11	0.09
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ³⁺	1.54	1.88	2.16	2.12	1.57	1.78	1.80	1.80	2.17	2.19	2.19	2.15	2.08	2.09
Fe ²⁺	0.03	0.02	0.05	0.03	0.05	0.07	-0.03	-0.04	0.01	0.02	0.01	0.04	0.02	0.03
Mn	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	2.84	2.83	2.82	2.84	2.82	2.81	2.84	2.87	2.84	2.83	2.84	2.82	2.84	2.84
Toplam	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Almandine	1	1	2	1	2	2	0	0	0	1	0	1	1	1
Spessartine	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2
Pyrope	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grossular	27	13	0	3	26	16	19	19	2	0	1	1	5	4
Andradite	70	84	96	95	70	80	79	80	96	97	97	96	93	93

Ek 5. (Devamı)

Mineral	Granat								
	Örnek no	1							
Analiz noktası	1-36	1-37	1-38	1-43-1	1-44-2	1-45-3	1-46-4	1-47-5	1-48-6
Açıklama	k	m	m	merkezden-----kenara					
SiO ₂	34.94	35.03	35.56	35.09	34.84	34.76	34.64	34.8	35.49
TiO ₂	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.01	0.02	0.01	0.03
Al ₂ O ₃	0.17	0.27	2.13	0.16	0.46	0.35	0.5	0.93	3.03
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Fe ₂ O ₃	31.94	31.51	29.04	31.48	31.45	31.72	31.19	30.63	28.1
MnO	0.72	0.64	0.71	0.61	0.79	0.71	0.7	0.7	0.79
MgO	0.02	0.01	0.00	0.06	0.03	0.00	0.03	0.00	0.01
CaO	31.82	31.81	31.91	31.99	31.74	31.59	31.8	31.72	32.13
F	0.32	0.28	0.27	0.27	0.35	0.32	0.32	0.3	0.31
Toplam	99.94	99.57	99.64	99.68	99.69	99.46	99.2	99.11	99.9
Si	2.89	2.91	2.93	2.91	2.89	2.89	2.89	2.90	2.91
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.02	0.03	0.21	0.02	0.04	0.03	0.05	0.09	0.29
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ³⁺	2.19	2.15	1.94	2.16	2.17	2.18	2.18	2.11	1.89
Fe ²⁺	0.02	0.03	0.06	0.02	0.01	0.03	0.00	0.02	0.03
Mn	0.05	0.05	0.05	0.04	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05
Mg	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	2.82	2.83	2.82	2.84	2.82	2.82	2.84	2.83	2.82
Toplam	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Almandine	1	1	2	0	0	1	0	1	1
Spessartine	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pyrope	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grossular	1	1	9	1	2	1	2	4	13
Andradite	96	96	87	97	96	96	96	93	84

Ek 5. (Devamı)

Mineral	Granat										
	Örnek no	1		13							
Analiz noktası	1-49	1-50	13-11	13-12	13-13	13-14	13-15	13-16	13-17	13-18	13-19
Açıklama	k	m	m	m	m	k	m	k	m	m	m
SiO ₂	35.84	34.58	36.1	35.08	35.38	35.33	35.37	35.84	35.24	34.9	36.13
TiO ₂	0.05	0.04	0.17	0.02	0.01	0.02	0.01	0.11	0.03	0.01	0.2
Al ₂ O ₃	6.72	1.30	9.83	0.5	0.16	0.5	0.19	10.3	0.46	0.11	10.34
Cr ₂ O ₃	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	22.59	30.86	18.25	31.05	31.79	30.96	31.85	17.84	31.1	32.49	17.91
MnO	0.88	0.84	0.79	1.05	1.34	0.96	1.34	0.82	1.05	1.43	0.80
MgO	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
CaO	32.59	31.66	33.89	31.48	30.74	31.58	30.65	33.62	31.45	30.74	33.89
F	0.48	0.26	0.63	0.24	0.15	0.25	0.16	0.64	0.26	0.18	0.59
Toplam	99.17	99.55	99.68	99.43	99.59	99.61	99.59	99.19	99.61	99.85	99.87
Si	2.91	2.86	2.89	2.91	2.94	2.93	2.94	2.88	2.92	2.90	2.88
Ti	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Al	0.64	0.13	0.93	0.05	0.02	0.05	0.02	0.97	0.04	0.01	0.97
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ³⁺	1.52	2.14	1.28	2.12	2.10	2.09	2.10	1.26	2.10	2.19	1.25
Fe ²⁺	0.02	0.00	0.00	0.04	0.11	0.06	0.11	0.00	0.05	0.06	0.00
Mn	0.06	0.06	0.05	0.07	0.09	0.07	0.09	0.06	0.07	0.10	0.05
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	2.84	2.81	2.90	2.80	2.74	2.81	2.73	2.89	2.80	2.73	2.89
Toplam	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Almandine	1	0	0	1	3	2	4	0	2	2	0
Spessartine	2	2	0	2	3	2	3	2	2	4	2
Pyrope	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
Grossular	29	5	42	2	1	2	0	43	2	0	42
Andradite	68	93	58	95	93	94	93	55	94	94	56

Ek 5. (Devamı)

Mineral	Granat						
Örnek no	13						
Analiz noktası	13-20	13-21	13-71	13-72	13-73	13-74	13-75
Açıklama	m	m	m	m	m	m	m
SiO ₂	34.94	34.74	36.48	34.78	35.00	36.31	34.78
TiO ₂	0.02	0.01	0.17	0.02	0.01	0.33	0.01
Al ₂ O ₃	0.37	0.19	10.47	0.18	0.29	9.97	0.37
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	32.04	32.58	17.86	32.01	32.24	18.4	31.95
MnO	1.08	1.38	0.86	0.74	0.97	0.82	0.87
MgO	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
CaO	31.42	30.82	33.58	31.65	31.3	33.7	31.76
F	0.2	0.19	0.51	0.32	0.28	0.6	0.26
Toplam	100.07	99.92	99.95	99.74	100.09	100.13	100
Si	2.89	2.88	2.90	2.89	2.90	2.89	2.88
Ti	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
Al	0.04	0.02	0.98	0.02	0.03	0.94	0.04
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ³⁺	2.18	2.22	1.20	2.20	2.18	1.24	2.21
Fe ²⁺	0.03	0.04	0.00	0.02	0.05	0.00	0.00
Mn	0.08	0.10	0.06	0.05	0.07	0.06	0.06
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	2.78	2.74	2.86	2.82	2.78	2.87	2.81
Toplam	8	8	8	8	8	8	8
Almandine	1	2	0	0	2	0	0
Spessartine	3	3	2	2	2	2	2
Pyrope	0	0	0	0	0	0	0
Grossular	1	1	44	1	1	42	2
Andradite	96	94	54	97	95	56	96

ÖZGEÇMİŞ

Adem SİVRİKAYA ilkokul ve lise öğrenimini Trabzon'un Akçaabat ilçesinde tamamladıktan sonra 2012 yılında Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı ve 2017 yılında lisans eğitimini tamamladı. 2018 yılında vatani görevi olan askerlik görevini Kıbrıs/Gazi Magosa'da tamamlayıp 2019 yılında Erzurum/Aşkale'de bulunan TURKMAG Madencilik San. ve Tic. A.Ş.'nde Hidrojeoloji Mühendisi olarak işe başladı ve aynı yıl Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Eğitimine başladı. 2019 yılının aralık ayında Aşkale'de bulunan görevinden ayrıldı, 2020 yılının sonlarına doğru Ortadoğu Sondaj San. ve Tic. A.Ş.'nde şantiye şefi olarak göreve başladı. Madencilik sektöründe faaliyet gösteren Esan, Centerra-Gold, META-Nikel/Cobalt, gibi şirketlerin karotlu sondaj projelerinde şantiye şefi olarak çalıştı ve 2021 yılı sonlarına doğru buradaki pozisyonundan ayrıldı.