



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ORTA TOROSLARDAKİ KIZILTEPE
(BOLKARDAĞI-ULUKIŞLA-NİĞDE) ALTIN-
GÜMÜŞ-ÇİNKO-KURŞUN YATAĞININ BAZI
JEOLOJİK, MİNERALOGİK VE JEOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Mehmet GÜLTEKİN

YÜKSEK LİSANS

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül-2021

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet GÜLTEKİN tarafından hazırlanan “Orta Toroslardaki Kızıltepe (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) Altın-Gümüş-Çinko-Kurşun Yatağının Bazı Jeolojik, Mineralojik Ve Jeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi” adlı tez çalışması 09/07/2021 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Sinan ALTUNCU

.....

Danışman

Prof. Dr. Şuayip KÜPELİ

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Alican ÖZTÜRK

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan Kesen
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması Konya Teknik Üniversitesi tarafından 201007032 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all materials and results that are not original to this work.

Mehmet GÜLTEKİN
06.09.2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORTA TOROSLARDAKİ KIZILTEPE (BOLKARDAĞI-ULUKIŞLA-NİĞDE) ALTIN-GÜMÜŞ-ÇİNKO-KURŞUN YATAĞININ BAZI JEOLJİK, MİNERALOGİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Mehmet GÜLTEKİN

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Şuayip KÜPELİ

2021, 189 Sayfa

Güney Türkiye’de, Orta Torosların doğusundaki Bolkardağları’nda yer alan sülfürlü ve sülfürsüz Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağı jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin yanı sıra oluşum mekanizmasını anlamak amacıyla incelenmiştir. Yataktaki sülfürlü ve sülfürsüz cevherler Permo-Triyas yaşlı düşük dereceli metamorfik platform tipi Bolkardağ karbonatları içerisindeki devrik bir antiklinalin çatlak, kırık, fay ve breşik zonları ile yer yer de tabaka düzlemleri boyunca yer almaktadırlar.

Başlıca pirit, galenit, sfalerit, fahlerz minarellerden oluştuklarını ve piritlerin yer yer markazitlere dönüştüğü, piritlere seyrek olarak da arsenopirit minerallerin eşlik ettiği belirlenmiştir. Eser oranlarda gümüşlü? sulfotuz ve kovellin gibi minerallerden oluşan birincil sülfürlü cevher kalıntıları, Zn-Pb karbonatlar, Zn silikatlar ve Fe-Mn oksidoksidlerden oluşan ikincil ve üçüncül sülfürsüz cevherler ve yan kayaçlar içerisinde kısmen de olsa korunabilmişlerdir. Birincil sülfürlü cevherlere göre çok daha baskın olan ikincil ve üçüncül sülfürsüz cevherler, ya yüzeysel ayrışma süreçleri ile birincil sülfürlü cevher kütlelerinin yerini almışlar (otokton) ya da açık tektonik hatlar ve bunlarla ilişkili karstik boşluklar içerisinde yeniden depolanmışlardır (allokton).

Mineralojik ve petrografik incelemeler saha gözlemlerinin yanı sıra ince ve parlak kesit mikroskop, XRD ve SEM-EDS çalışmaları ile yürütülmüştür. SEM-EDS çalışmaları sırasında yapılan elementel ölçekli noktasal analizler ile ICP-MS ve ICP-OS cihazları ile gerçekleştirilen tüm kayaç ana ve iz element analizleri jeokimyasal çalışmaların temelini oluşturmuştur.

Birincil sülfürlü cevherler ortalama %32.08 Pb, %26.8 S, %20.41 Fe₂O₃, %15.22 Zn, %13.29 AK, %4.04 CaO ve %1,84 SiO₂ içermektedirler. İstatistiksel analizlerde Fe-S, Al-K ve Zn-Fe arasında kuvvetli; Zn-Ca, Mg-Ca, Pb-Ca, Al-Si ve Mn-Fe arasında ise zayıf ya da çok zayıf pozitif korelasyonlar buna karşın Pb-AK ve Pb-Fe arasında ise kuvvetli; Zn-Pb ve Pb-Mg arasında da zayıf ya da çok zayıf negatif korelasyonlar belirlenmiştir.

Birincil sülfürlü cevherlerden türeyen ikincil ve üçüncül sülfürsüz cevherler ortalama % 30.81 Fe₂O₃, %11,73 AK, % 11.27% MnO, % 10.09 Pb, %5.06 Zn ve % 3.42 CaO içerirler. Bu bileşenlerden K-Al; S-Fe arasında kuvvetli; Mg-Al, Pb-Fe arasında zayıf pozitif, buna karşın S-Mn, S-P

arasında kuvvetli, Mn-Fe, Fe-Si, P-Ca ve Mn-Pb arasında da zayıf ya da çok zayıf negatif korelasyonlar görülmektedir.

Sülfürsüz ikincil-üçüncül cevherler, sülfürlü birincil cevherlere göre Mn, Si, K, Al, Fe, C bakımından zenginleşirken S, Mg, Pb, ve P bakımından da fakirleşmişlerdir. Birincil sülfürlü cevherlerde diğer iz elementlere göre daha yüksek oranlarda bulunan As, Cu, Sb, Cd ve Sn içerikleri sırasıyla 2518.2 ppm; 1181.9 ppm; 1107.6 ppm; 810.6 ppm ve 730.4 ppm dir. Bunlardan yüksek Cu, Sn ve Cd değerleri yüksek ısı, As ve Sb değerleri ise düşük ısı bir oluşuma işaret etmektedirler. Çok evreli yüzeysel ayrışma ve karstlaşma süreçleri, birincil sülfürlü Zn-Pb cevherlerini özellikle Au (1686.46 ppb) ve Ag (>100 ppm) bakımından zenginleştirerek onları sadece Zn ve Pb için değil aynı zamanda Au ve Ag için de işletilebilir düzeyde tenörlere sahip olan polimetallik ikincil-üçüncül sülfürsüz Zn-(Pb) cevherlerine dönüştürmüştür.

Sülfürlü birincil cevherler toplam 8.66 ppm toplam NTE+Y; sülfürsüz ikincil cevherler ise 18,16 ppm toplam NTE+Y içeriklerine sahiptirler. Şeyl normalize birincil sülfürlü cevher örnekleri zayıf negatif Ce ($Ce/Ce^*=0.79$ Ortalama) ve kuvvetli pozitif Eu ($Eu/Eu^*=1.83$ Ortalama) anomalileri ile kondritik Y/Ho oranlarına (Ortalama 26) sahip birbirlerine benzer düz veya düze yakın NTE desenleri sunmaktadırlar. Sülfürsüz ikincil-üçüncül cevherler belirgin negatif Ce (Ortalama $Ce/Ce^*=0.77$) ve kuvvetli pozitif Eu (Ortalama $Eu/Eu^*=10.17$) anomalileri ile süper kondritik Y/Ho oranlarına (Ortalama 39.7) sahip olan birbirlerine çok benzeyen düz veya düze yakın NTE desenleri gösterirler. Şeyl ile birincil ve ikincil-üçüncül cevherler arasındaki en önemli fark, NTE+Y içeriklerinin Şeyl'e göre özellikle birincil cevherlerde, daha az oranda da ikincil cevherlerde daha düşük olmasıdır. Bu belirgin farklılığın nedeni cevher yapıcı hidrotermal çözeltilerin asıl kaynağı durumundaki litosferik manto kökenli Horoz granodiyoriti ile ilişkili sıcak çözeltilerin NTE içeriklerinin kabuk kökenli bir magma ile ilişkili hidrotermal çözeltilere göre daha fakir olması olabilir.

Elde edilen jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal veriler, Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağının üç evreli bir oluşum modeline sahip olduğunu göstermektedir. Birinci evre Geç Kretase'den itibaren başlayan ve Geç Paleosen-Erken Eosen döneminde giderek etkinleşen Neotetis okyanusunun güney kolunun kapanması ile ilişkili kompresyonel tektonik rejim altındaki dalma-batma, çarpışma ve kabuk kalınlaşması gibi bir dizi tektonik olay sırasında Horoz Granodiyoriti'nin Permo-Triyas yaşlı Bolkardağ karbonatları içerisine sokulum yapması ve eş zamanlı hidrotermal çözeltilerden tektonik kontrollü hipojen-epijenetik karakterli birincil sülfürlü Zn-Pb cevher damar, mercek ve kütlelerinin çökmesidir. İkinci evre birincil sülfürlü Zn-Pb cevherlerinin erken yüzeysel ayrışma ve karstlaşma süreçleri sonucunda Zn-Pb karbonat, -silikat ve Fe-Mn oksi-hidroksitlerden oluşan toprağımsı-kabuğumsu-böbreğımsi ikincil sülfürsüz Zn-Pb cevherlerine dönüşmesidir. Üçüncü evre ise çok evreli geç yüzeysel ayrışma ve iç karstlaşma süreçleri ile birlikte hem birincil sülfürlü cevher kalıntılarının hem de ikincil sülfürsüz cevherlerin Zn karbonat, Zn-silikat, Zn-hidrat ve Fe-Mn oksi-hidroksit minerallerine dönüşerek üçüncül sülfürsüz Zn-(Pb) cevherlerini oluşturması ve daha önce oluşmuş olan birincil ve ikincil cevherlerle birlikte çok karmaşık bir şekilde karst sedimanları şeklinde iç içe yeniden çökelmeleridir.

Anahtar kelimeler: Sülfürlü Zn-Pb cevheri, Sülfürsüz Zn-(Pb) cevheri, Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağı, hidrotermal Zn-Pb yatağı, Bolkardağları (Ulukışla-Niğde Türkiye), Horoz granodiyoriti, karstik Zn-Pb cevheri, pirit, galenit, sfalerit, fahlerz, serüzit, simitsonit, NTE+Y jeokimyası

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGON OF SOME GEOLIGICAL, MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL PROPERTIES OF KIZILTEPE (BOLKARDAĞI-ULUKIŞLA- NİĞDE) GOLD-SİLVER-ZİNC-LEAD DEPOSIT IN THE CENTRAL TAURUS BELT

Mehmet GÜLTEKİN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geological Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Şuayip KÜPELİ

2021, 189 Pages

The sulfide and non-sulfide Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb deposit, located in the Bolkar mountains, east of the Central Taurus Belt in Southern Turkey, was investigated in order to understand its formation mechanism as well as its geological, mineralogical and geochemical properties. The sulfide and non-sulfide ores in the deposit are located along the crack, fracture, fault, brecciated zone and in some places bedding planes of an overturned anticline within the Permo-Triassic low grade metamorphic platform type Bolkardağ carbonates.

Primary sulfide ore residues, mainly composed of minerals such as pyrite, galena, sphalerite and fahlerz, and pyrites are occasionally transformed into marcasites, and pyrites are rarely accompanied by arsenopyrite minerals. Trace proportions of silver minerals such as sulphate and covellite have been partially preserved in secondary and tertiary non-sulfide ores composed of Zn-Pb carbonates, Zn silicates and Fe-Mn oxy-hydroxides and in host rock carbonates. Much more dominant than primary sulfide ores, secondary and tertiary sulfide ores have either been displaced by surface weathering processes (autochthon) or redeposited in open tectonic lines and associated karstic spaces (allochthon).

Mineralogical and petrographic studies were carried out with field observations as well as thin section optical and ore microscopes, XRD and SEM-EDS studies. Elemental scale point analyzes made during SEM-EDS studies and all rock major and trace element analyzes performed with ICP-MS and ICP-OES devices formed the basis of geochemical studies.

Primary sulfide ores contain on average 32.08% Pb, 26.8% S, 20.41% Fe₂O₃, 15.22% Zn, 13.29% AK, 4.04% CaO and 1.84% SiO₂. In statistical analysis, strong positive correlations between Fe-S, Al-K and Zn-Fe; Weak or very weak positive correlations between Zn-Ca, Mg-Ca, Pb-Ca, Al-Si and Mn-Fe, whereas strong negative correlations between Pb-AK and Pb-Fe; Weak or very weak negative correlations were also determined between Zn-Pb and Pb-Mg.

Secondary-tertiary non-sulfide ores derived from primary sulfide ores contain an average of 30.81% Fe₂O₃, 11.73% AK, 11.27% MnO, 10.09% Pb, 5.06% Zn and 3.42% CaO. There are strong positive correlations between K-Al, S-Fe; weak positive correlations between Mg-Al, Pb-Fe, while strong negative correlations between S-Mn, S-P, and weak or very weak negative correlations between Mn-Fe, Fe-Si, P-Ca and Mn-Pb in the secondary-tertiary non-sulfide ores.

Non-sulfide secondary-tertiary ores are enriched in Mn, Si, K, Al, Fe, C, and depleted in S, Mg, Pb, and P compared to sulfide primary ores. The contents of As, Cu, Sb, Cd and Sn, which are found at higher rates in primary sulfide ores than other trace elements, are 2518.2 ppm, 1181.9 ppm; 1107.6 ppm; 810.6 ppm and 730.4 ppm, respectively. Of these, high Cu, Sn and Cd values indicate a high-temperature formation, while As and Sb values indicate a low-temperature formation. As a result of multi-stage surface weathering and karstification processes, primary sulfide Zn-Pb ores were especially enriched in Au (1686.46 ppb) and Ag (>100ppm) and transformed into secondary non-sulfide Zn-(Pb) ores that yielded exploitable grades for Au and Ag as well as zinc and lead.

Primary sulfide Zn-Pb ores have a total 8.66 ppm REE+Y; non-sulfide secondary Zn-(Pb) ores have a total REE+Y content of 18.16 ppm. Shale normalized primary sulfide ore samples exhibit similar flat or nearly flat REE patterns with weakly negative Ce (Average Ce/Ce*=0.79) and strongly positive Eu (Average Eu/Eu*=1.83) anomalies and chondritic Y/Ho ratios (Average 26). Non-sulfide secondary-tertiary ores have very similar REE+Y patterns with super chondritic Y/Ho ratios (mean 39.7), distinct negative Ce (Ce/Ce*= Mean 0.77) and strongly positive Eu (Eu/Eu* = Avg. 10.17) anomalies. They show flat or nearly flat REE patterns. The most important difference between shale and primary and secondary-tertiary ores is that REE+Y contents are lower than Shale especially in primary ores and to a lesser extent in secondary-tertiary ores. The reason for this significant difference may be that the REE contents of the hydrothermal solutions associated with the lithospheric mantle-origin Horoz granodiorite, which is the main source of ore-forming solutions, are poorer than the hydrothermal solutions associated with a crustal magma.

The geological, mineralogical, petrographic and geochemical data show that the Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb deposit has a three-stage formation model. The first stage is the intrusion of the lithospheric mantle-origin magma formed in the Bolkardağ region into the Permo-Triassic units and simultaneously emerged hydrothermal solutions in this process precipitating sulfide Zn-Pb ore veins, lenses and masses along the cracks, fractures, faults and brecciated zones in the Bolkardağ marbles. This process, which provides the formation of primary sulfidic Zn-Pb ores with hypogene epigenetic character, was resulted from the compressional tectonic regime causing a series of tectonic events such as subduction, collision and crustal thickening occurred simultaneously with the closure of the southern branch of the Neotethys ocean in Turkey, which started from the Late Cretaceous and became more active during the Late Paleocene-Early Eocene. The second phase is the transformation of primary sulfide Zn-Pb ores into earthy-crustic-renewal-like secondary sulphur-free Zn-Pb ores consisting of Zn-Pb carbonate, -silicate and Fe-Mn oxy-hydroxides as a result of early surface weathering and karstification processes. The third stage is the transformation of both primary sulfide ore residues and secondary non-sulfur ores into Zn carbonate, Zn-silicate, Zn-hydrate and Fe-Mn oxy-hydroxide minerals to form tertiary sulfide-free Zn-Pb ores, with multi-stage late superficial weathering and internal karstification processes. and they are intertwined in the form of karst sediments in a very complex way together with the primary and secondary ores that have formed before.

Keywords: Sulfurous Zn-Pb ore, Sulfur-Free Zn-(Pb) ore, Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb deposit, hydrothermal Zn-Pb deposit, Bolkardağları (Ulukışla-Niğde Turkey), Horoz granodiorite, karstic Zn-Pb ore, pyrite, galena, sphalerite, fahlerz, cerussite, smithsonite, REE+Y geochemistry

ÖNSÖZ

Öncelikle beni tez öğrencisi olarak kabul eden, tezin yürütülmesi ve sonuçlandırılmasında, değerli bilgi ve tecrübeleri ile bana sürekli yardımcı olan ve bizzat inceleme alanıma gelerek saha çalışmalarına ve analizlerin yorumlanmasına katkı sağlayan hocam Prof. Dr. Şuayip Küpeli'ye, ders döneminde katkılarını sunan Doç. Dr. M. Muzaffer Karadağ'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecinde katkılarını esirgemeyen Esen Madencilik Kızıltepe işletme müdürü Ali Rıza Yılmaz'a, üretim şefi Süleyman Akın'a, mesai arkadaşlarım, Müslüm Kodal, Salih Gültekin ve Okan Doğan'a teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca yanımda hissettiğim aileme özellikle de sevgili anneme ve babama teşekkürü bir borç bilirim. Yaşantımın her alanında olduğu gibi, tez çalışmamı hazırlarken de her aşamada bana yardımcı olan sevgili eşime sonsuz teşekkür ederim.

Mehmet GÜLTEKİN
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışma Alanı	2
1.2.1. Ulaşım	4
1.2.2. İklim ve bitki örtüsü	4
1.2.3. Morfoloji ve hidrografya.....	4
1.3. Materyal Ve Metot	5
1.3.1. Literatür araştırması	5
1.3.2. Saha çalışmaları	6
1.3.3. Laboratuvar çalışmaları	8
1.3.4. Jeokimyasal analizler.....	9
1.3.5. Mineralojik ve petrografik analizler	10
1.4. Önceki Çalışmalar	11
2. MADENİN TARİHÇESİ.....	16
3. GENEL JEOLJİ	20
3.1. Torosların Tarihsel Jeolojisi.....	20
3.2. Torosların Stratigrafisi	21
3.2.1. Bolkardağı birliği	22
3.3. Bolkardağlar (Ulukışla-Niğde)’ın Stratigrafisi	22
3.3.1. Alt mermerler	23
3.3.2. Bolkardağ şistleri.....	23
3.3.3. Bolkardağ mermerleri.....	24
3.3.4. Alihoca ofyolitleri	25
3.3.5. Kalkankaya formasyonu	26
3.3.6. Horoz granodiyoriti ve yan kayaçları	26
3.3.7. Delimahmutlu formasyonu	28
3.3.8. Taraça çökelleri ve yamaç molozları.....	28
3.4. Yapısal Jeoloji-Tektonik.....	30
3.4.1. Uyumsuzluklar	31
3.4.2. Kıvrımlar	31
3.4.3. Faylar	32
3.4.4. Eklemler	34
3.5. Çalışma Alanının Jeolojisi	36
4. MADEN JEOLJİSİ VE CEVHERLEŞME.....	40
4.1. Mesoskopik Cevher Yapı ve Dokuları	59
5. MİNERALojİK VE PETROGRAfİK İNCELEMELER.....	73
5.1. İnce Kesit Polarizan Mikroskop Çalışmaları	73
5.1.1. Porfir dayk örneklerinin incelenmesi	74
5.1.2. Karbonat yan kayaç örneklerinin incelenmesi.....	77
5.2. Parlak Kesit Cevher Mikroskobu İncelemeleri.....	82
5.2.1. BS1 kodlu örnek.....	83

5.2.2. BS2 kodlu örnek.....	90
5.2.3. BS3 kodlu örnek.....	99
5.2.4. BS4 kodlu örnek.....	105
5.2.5. BS5 kodlu örnek.....	107
5.3. XRD Çalışmaları	112
5.4. SEM EDS Çalışmaları	114
6. JEOKİMYA.....	162
6.1. Ana Element Jeokimyası.....	162
6.1.1. Birincil cevherlerin ana element jeokimyası.....	162
6.1.2. İkincil cevherlerin ana element jeokimyası.....	169
6.1.3. Yan kayaç numunelerinin ana element jeokimyası.....	174
6.1.4. Birincil sülfürlü cevherlerin iz element jeokimyası.....	177
7. SONUÇLAR.....	185
KAYNAKLAR.....	188



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 5.1. BO3 kodlu ikincil cevher numunesinin XRD analiz sonucu (Analiz: MTA, MAT Dairesinde yapılmıştır).....	112
Çizelge 5.2. BO4 kodlu ikincil cevher numunesinin XRD analiz sonucu (Analiz: MTA, MAT Dairesinde yapılmıştır).....	113
Çizelge 5.3. BO11 kodlu ikincil cevher numunesinin XRD analiz sonucu (Analiz: MTA, MAT Dairesinde yapılmıştır).....	113
Çizelge 5.4. BO16 kodlu ikincil cevher numunesinin XRD analiz sonucu (Analiz: MTA, MAT Dairesinde yapılmıştır).....	114
Çizelge 5.5. Şekil 5.69 üzerinde gösterilen EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	117
Çizelge 5.6. Şekil 5.72 üzerindeki EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	120
Çizelge 5.7. Şekil 5.72 üzerindeki EDS-2 noktasının eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	121
Çizelge 5.8. Şekil 5.72 üzerindeki EDS-3 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	122
Çizelge 5.9. Şekil 5.72 üzerindeki EDS-4 noktasının eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	123
Çizelge 5.10. Şekil 5.72 üzerindeki EDS-5 noktasının eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	124
Çizelge 5.11. Şekil 5.79 üzerindeki EDS-1 noktasında yapılan eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	126
Çizelge 5.12. Şekil 5.79 üzerindeki EDS-2 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	127
Çizelge 5.14. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	129
Çizelge 5.15. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-2 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	130
Çizelge 5.16. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-3 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	131
Çizelge 5.17. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-4 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	132

Çizelge 5.18. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-5 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	133
Çizelge 5.19. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-6 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	134
Çizelge 5.20. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-7 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	135
Çizelge 5.21. Şekil 5.83. üzerindeki EDS-8 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	136
Çizelge 5.22. Şekil 5.92. üzerinde yer alan EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	137
Çizelge 5.23. Şekil 5.92. üzerinde yer alan EDS-2 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	138
Çizelge 5.24. Şekil 4.94 üzerindeki EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	140
Çizelge 5.25. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-2 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	141
Çizelge 5.26. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-3 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	142
Çizelge 5.27. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-4 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları(%).....	143
Çizelge 5.28. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-5 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	144
Çizelge 5.29. Şekil 5.103 üzerindeki EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	146
Çizelge 5.30. Şekil 5.103 üzerindeki EDS-2 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	147
Çizelge 5.31. Şekil 5.103 üzerindeki EDS-3 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	148
Çizelge 5.32. Şekil 5.103 üzerindeki EDS-4 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	149
Çizelge 5.33. Şekil 5.109 üzerindeki EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	152
Çizelge 5.34. Şekil 5.109 üzerindeki EDS-2 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	153
Çizelge 5.35. Şekil 5.109 üzerindeki EDS-3 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	154

Çizelge 5.36. Şekil 5.114 üzerindeki EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	156
Çizelge 5.37. Şekil 5.114 üzerindeki EDS-2 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	157
Çizelge 5.38. Şekil 5.114 üzerindeki EDS-3 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	159
Çizelge 5.39. Şekil 5.119 üzerindeki EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	161
Çizelge 5.40. Şekil 5.119 üzerindeki EDS-2 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).....	162
Çizelge 6.1. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher numunelerinin ana element içerikleri (%).....	163
Çizelge 6.2. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerine ait ana bileşen içerikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları.....	167
Çizelge 6.3. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinin ana bileşenleri ile NTE içerikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları.....	167
Çizelge 6.4. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) yöresindeki Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait ikincil cevher örneklerinin ana element içerikleri (%).....	170
Çizelge 6.5. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) yöresindeki Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait yan kayaç örneklerinin ana element içerikleri (%).....	174
Çizelge 6.6. Kızıltepe (Bolkardağ-Horoz-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait ikincil cevher (oksitli) örneklerinin ortalama ana bileşen içeriklerinin süperjen kökenli ayrışma sırasında birincil cevher (sülfürlü) örneklerinin ortalama ana bileşen içeriklerine göre maruz kaldığı zenginleşme ve fakirleşme oranları (negatif sayılar fakirleşme; pozitif sayılar ise zenginleşme katsayılarıdır).....	176
Çizelge 6.7. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) yöresindeki Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinin iz element içerikleri (ppm); Au (ppb).....	177
Çizelge 6.8. Kızıltepe (Bolkardağ- Horoz-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait ikincil cevher örneklerine ait ana bileşenler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları.....	182
Çizelge 6.9. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağının birincil sülfürlü cevher örneklerine ait ana bileşenler ile NTE ve diğer bazı iz element grupları (THFSE, TBİLE, THNTE, TANTE) arasındaki Pearson korelasyon katsayıları.....	183
Çizelge 6.10. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağının birincil sülfürlü cevher örneklerine ait iz elementler ile NTE ve diğer bazı iz element grupları (THFSE, TBİLE, THNTE, TANTE) arasındaki Pearson korelasyon katsayıları.....	184

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 1.1.** Türkiye'nin güneyi boyunca uzanan Toros Dağlarında Batı, Orta ve Doğu Toros bölümleri ile buralarda yüzeylemiş ana tektonik birlikler (Alanya, Antalya, Aladağ, Geyikdağ, Bitlis-Pütürge, Bolkardağ ve Bozkır birlikleri) ve Bolkardağ Birliği içerisinde yer alan çalışma alanının konumu (mavi ok) (Özgül, 1976).....1
- Şekil 1.2.** İnceleme alanının yer bulduru haritası.....2
- Şekil 1.3.** Çok engebeli genç bir morfoloji sunan inceleme alanına kuzeydoğudan-güneybatıya doğru bir bakış. Pozantı'dan (Adana) itibaren Şekerpınarı ve Horoz Köyü (Ulukışla-Niğde) üzerinden Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağına ulaşımı gösteren kara yolu güzergâhı (Kesikli çizgilerle gösterilen oklar).....3
- Şekil. 1.4.** Bolkardağları'nda maden işletmesine ait şantiye binasına güneyden bakış (İşletmede çalışan personel yatılı olarak bu binalarda barınmaktadır).....6
- Şekil 1.5.** Kızıltepe maden yatağında açılmış olan galeriler içerisinde gözlenen ahşap tahkimatlar (sol ve sağdaki şekiller). Soldaki galeri tavanında yan kayaç parçalarını içeren breşik ve masif yapıli birincil hematit cevheri ile sağdaki şekilde galeri aynasında ikincil nitelikteki toprağımsı limonitik karstik cevherlerden numune alım çalışmalarından görüntüler.....7
- Şekil 1.6.** Mineralojik-petrografik analizler için seçilerek etiketlenmiş ve analize gönderilmek üzere poşetlenmiş örnekler.....8
- Şekil 2.** Roma Döneminden kalma çalışmalar: Yukarıda Kasapoğlu mağarası, altta madeni taşımak için yapılmış patika yol (Totalstation cihaz görüntüsü).....17
- Şekil 2.1** Alihoca Maden köyü arasında Kalkanya Mevkiinde yaklaşık 3000 yıllık bu yazıt Hititçe yazılmış olup ilk maden ruhsatı kabul edilmektedir.....18
- Şekil 2.2.** Gümüştaş A.Ş Niğde Tepeköy altın gümüş zenginleştirme tesisi.....19
- Şekil 3.1.** İnceleme alanı Kızıltepe ve Öküzgönü Tepe'nin (3200 m yükseklik) tektonik birimleri ve fayları gösteren jeolojik haritası (Şişman ve ark., 1982).....21
- Şekil 3.2.** Sulucadere mevkiinde görülen şistler,dilimli bozuşmuş bol çatlaklı inceleme sahasının mücavirinde bulunmaktadır (mavi okla gösterilen,).....24
- Şekil 3.3.** Gri renkli kalın tabakalı bol çatlaklı ve kırıklı Permo-Triyas (PTbm) yaşlı Bolkardağ mermerleri.....25
- Şekil 3.4.** Horoz köyü yakınında yüzeylenen gri ince taneli, silisleşmiş Horoz granadiyoriti.....27
- Şekil 3.5.** Horoz plütonun jeolojik haritası (Kadıoğlu ve Dilek, 2010'dan değiştirilerek alınmıştır).....27
- Şekil 3.6.** Horoz köyü yakınındaki taraça çökelleri (beyaz sınırlar arasında) ve Horoz Deresi (mavi kesikli çizgi),bu deredeki çakıllar yöre tarafından değerlendirilmektedir...29

Şekil 3.7. Horoz granodiyoriti ile ilişkili bir diyorit porfir daykının (Kpd) bir fay hattı boyunca yerleşerek Bolkardağ mermerlerini (PTbm) kestiği görülmektedir. Çalışma alanı içerisinde bulunan Horozoğlu Deresi, (sol altta) ve terkedilmiş ocaklara ait yapılan çalışmalar (sağ üst köşede).....30

Şekil 3.8. Geç Kretase’de tektonik dokanakla yerleşen Alihoca ofiyoliti (Kaof) karışığı yer almaktadır. Alihoca ofiyoliti Bolkardağ mermerine (Pbm) tektonik dokunakla gelmektedir (kırmızı hat dokanak).....31

Şekil 3.9. İnceleme alanında görülen D - B doğrultulu, dike yakın eğimli faydan bir görünüm (beyaz kesikli çizgi).....34

Şekil. 3.10. İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş dikme kesiti (Şişman ve Şenocak, 1981’den sadeleştirilmiştir).....35

Şekil 3.11. Öküzgönü Tepe (3160 m yükseklik) civarından ofiyolitik melanja bakış işletmenin batı tarafında kalmaktadır (beyaz sınırlar içerisinde).....37

Şekil 3.12. Şişman ve Şenocak (1981) tarafından Bolkardağı mermeri olarak isimlendirilen Koçakkale formasyonu, kuzeye devrik bir antiklinalin kuzey kanadında yer almaktadır.....38

Şekil 3.13. Çalışma alanının jeoloji haritası (Çiftçi ve Demirören,2011;Özbek 2014’dan değiştirilerek alınmıştır).....39

Şekil 4.1. Arka planda Horoz granodiyoriti ile ilişkili bir diyorit porfir daykının (Kpd) bir fay hattı boyunca yerleşerek Bolkardağ mermerlerini (PTbm) kestiği görülmektedir. Karbonat kayalara göre yüzeysel ortam şartlarına karşı daha dayanımsız olan diyorit porfir daykı ayrışarak erozyona uğraması nedeniyle topoğrafyada derin bir hendek şeklinde gözlenen çok belirgin bir çukurluk oluşturmıştır. Ön planda ise arka taraftaki Bolkardağ mermerleri içerisinde açılmış olan maden galerilerinden üretilen ve ağırlıklı olarak da ikincil cevher stoklarında elle triyaj işlemi yapan madenciler gözlenmektedir.....43

Şekil 4.2. Gri renkli kalın tabakalı bol çatlaklı ve kırıklı Permo-Triyas (PTbm) yaşlı Bolkardağ mermerleri.....44

Şekil 4.3. Bolkardağ mermerlerinde (PTbm) cevherli zona yakın bir kesimde gözlenen çok ezikli breşik ve sağ alt köşede de karstik yan kayaç yapısı ile cevherleşme sırasındaki hidrotermal alterasyon süreçlerine işaret eden sarımsı kahve-gri renkli alterasyon zonları.....44

Şekil 4.4. Bolkardağ mermerleri içerisinde oluşmuş karstik boşluklardan (mağaralardan) bazılarının görünümü. Geçmiş dönemlerde madencilik faaliyetlerinin bir kısmı bu karstik mağaralardan girilerek yapılmıştır (Üstteki iki resim). Cevherleşmeye yakın kesimlerde gözlenen sarımsı kahve renkli hidrotermal alterasyon zonları ve eski bir işletmeye ait galeri girişi karstik mağara (alttaki resim).....45

Şekil 4.5. Bolkardağ mermerlerini (PTbm) sıcak dokanakla keserek yerleşmiş olan diyorit porfir daykının (Kpd) yakından görünümü. Yaygın olarak soğuma çatlak ve kırıkları kapsayan yaklaşık olarak 5m genişliğindeki daykın dokanakları boyunca kalınlığı 5-15 cm arasında değişen bir killeşme zonu görülmektedir. Kireçtaşlarına göre yüzeysel ortam şartlarında daha hızlı ayrışan diyorit porfir daykının üst taraftan itibaren erozyona uğraması sonucunda topoğrafyada çok belirgin 1-5 m derinliğinde bir hendek morfolojisi oluşmuştur.....46

- Şekil 4.6.** Kızıltepe (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağında Bolkardağ birliği içerisindeki devrik antiklinalin kuzey kanadında yüzeyleyen Permo-Triyas yaşlı Bolkardağ mermerleri (PTbm) içerisinde açılmış olan galeri girişlerinin görünümü (Ga-Beyaz oklar, KD'dan GB'ya bakış). Bolkardağ mermerlerinin üzerinde de bölgeye Geç Kretase'de yerleşmiş olan Bozkır Birliğine ait Alihoca ofiyolitli karışığı yer almaktadır (Kaof).....47
- Şekil 4.7.** Kızıltepe işletmesi yeraltı ocak girişi. Ocak girişi 2680 m yükseklikte olup birbirinden bağımsız giriş çıkışları bulunmaktadır.....48
- Şekil 4.8** Ocak içerisindeki yapılan çalışmalar 3 boyutlu programlara işlenerek yapılan ve yapılacak olan çalışmaların takibi yakından incelenmektedir. Her renk yeraltındaki farklı bir galeriyi temsil etmektedir.(Micromine 2020 programı).....49
- Şekil.4.9.** Kızıltepe maden yatağında açılmış olan galeriler içerisinde gözlenen ahşap tahkimatlar (sol ve sağdaki şekiller). Soldaki galeri tavanında yan kayaç parçalarını içeren breşik ve masif yapıli birincil hematit cevheri ile sağdaki şekilde galeri aynasında ikincil nitelikteki toprağımsı limonitik karstik cevherlerden numune alım çalışmalarından görüntüler.....50
- Şekil 4.10.** Üretim panolarında elde edilen madeni lastikli yer altı yükleyicilerle yükleme noktalarına taşınmaktadır.....50
- Şekil 4.11.** Tektonik hatlar boyunca ortaya çıkan breşik zonlar içerisine ornatım ve dolgu biçiminde yerleşmiş olan cevherlerin görünümü. A. İnce taneli birincil galenit-fahlerz ve ikincil hematit-götit cevherleri ve içerisinde kenarlarından itibaren kısmen ornatılmış olan karbonat yan kayaç (Bolkardağ mermerleri) parçaları görölüyor. B. Çok ezikli bir fay zonu boyunca dolgu biçiminde yerleşmiş saçınımlı pirit cevherlerinin yüzeysel ayrışma ve iç karstlaşma süreçleriyle birlikte sarımsı kahve renkli limonite dönüştüğü görölüyor.....51
- Şekil 4.12.** Bolkardağ mermerlerini ornatarak yerleşmiş olan yeşilimsi sarı renkli masif-saçınımlı birincil demir sülfürlü (pirit) cevher kütlesi içerisinde, ince taneli-masif, mavimsi gri renkli Pb-Sb-As sülfürlü (galenit+fahlerz) mineraller tarafından oluşturulmuş kısmen ağsal yapıli birincil cevher damarları.....52
- Şekil 4.13.** İçerisinde yan kayacın tabakalı yapısı ayırt edilebilen ve yan kayacı ornatarak yerleşmiş olan yeşilimsi sarı renkli masif-saçınımlı yapıli birincil demirli sülfür (pirit) cevher kütleleri içerisinde görölün bol çatlaklı, kırıklı ve yer yer de breşik yapıli zonlar içerisine dolgu ve ornatım biçiminde yerleşmiş olan mavimsi gri renkli ince taneli-masif Pb-Sb-As sülfür cevher (galenit+fahlerz) cevher damarları. Birincil demir sülfür cevher kütlelerinin çok çatlaklı-kırıklı ve breşik yapısı, muhtemelen cevherleşme sürecinde etkili olan tektonik hareketler ya da basınçlı sıvı çıkışlarına bağıli patlamalar sonucunda ortaya çıkmış olmalıdır.....52
- Şekil 4.14.** Yeşilimsi sarı renkli masif-saçınımlı pirit cevher kütlelerinin içerisine çatlak ve kırık dolguları ya da ornatım biçiminde yerleşmiş olan mavimsi gri renkli masif-ince taneli galenit+fahlerz minerallerinden oluşan cevher damarları ve bunlar içerisinde yer alan kirli beyaz renkli kalsit+kuvars topluluğı (kırmızı oklar). Bu fotoğrafta iki evreli cevher yerleşimi ile birlikte tipik bir breşik-ağsal cevher yapısı da gözlenmektedir.....53
- Şekil 4.15.** Kalkopirit-pirit-galenit ve yer yer kalsit (sağ alt köşe) kapsayan ince taneli masif yapıli birincil sülfidli cevher.....53

Şekil 4.16. Yeşilimsi sarı renkli ince taneli masif yapılı pirit+kalkopirit (?) cevher kütlelerinin (P+Kp) ince taneli masif yapılı koyu gri renkli ince taneli galenit+fahlerzler (?) tarafından oluşturulan cevherler (G+F) tarafından ornatılması (beyaz oklar).....54

Şekil 4.17. Koyu gri renkli ince taneli masif galenit+fahlerzler ve sarımsı yeşil renkli saçınımlı pirit+kalkopirit (?) lerce zengin seviyelerin oluşturduğu ve yer yer faylarla atılmış bantlı birincil cevher yapısı.....54

Şekil 4.18. Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağından alınan ve sol alt taraftan sağ üst köşeye doğru iri taneli galenit-ince taneli pirit-ince taneli galenit-ince taneli pirit-galenit ve iri taneli galenit bölümlerini kapsayan masif+bantlı yapı örnekleri sunan birincil sülfürlü cevher numunesi. Düzensiz beyaz renkli minerallerin büyük çoğunluğu kalsit, bir kısmı da kuvarstır.....55

Şekil 4.19. Şeklin alt kesiminde belirgin dilinimli iri kristalli galenit (kurşun grisi), kataklastik kırılımlı pirit (sarı renkli) iri kristalli sfalerit (vişnemsı renkli) ve düzensiz dağılımlı kalsitlerin (beyaz renkli) masif yapılı birincil sülfürlü cevher yapısı içerisinde birbirleriyle olan ilişkisi. Şeklin sağ üst kesimine doğru tane boyu küçülmüş sarımsı renkli piritik ve daha sonra da yine ince taneli galenit ve tekrar pirit zonları görülmektedir. Dolayısıyla bu örnekte kısmi bir bantlı yapı örneği de görülmektedir.....55

Şekil 4.20. Maden işletme faaliyetleri sırasında bir galeride ulaşılan karstik bir mağarada oluşan kırmızımsıpas,sarı kahve ve gri reklı toprağımsı-kabuğumsu yaygın olarak süperjen ornatma yapı ve dokuları gösteren genellikle yumuşak güncel ikincil cevher (limonit, götit, serüzit, anglezit, simitsonit) ve mağaranın tavanında gözlenen beyaz renkli genellikle kabuğumsu, sarkıt ve dikit şekilli aragonit oluşumları (beyaz okla gösterilen).....56

Şekil 4.21. Üretim halindeki bir galeri aynasında gözlenen ikincil toprağımsı-kabuğumsu sarımsı kahve renkli cevherler ile koyu gri-siyah renkli cevherler ve beyazımsı renkli kalsit oluşumlarının süperjen ornatma yapılarından bir görünüm.....57

Şekil 4.22. İkincil cevherlerde masif-kovuklu- kabuğumsu ve kısmen de böbreğımsi yapı örnekleri bir arada görülmektedir.....57

Şekil 4.23. Ocak önüne çıkartılan ikincil cevher triyaj işlemi uygulanarak yüklemeye hazır hale getirilmektedir.....58

Şekil 4.24. Ocak önünde bekletilen ikincil cevher, numune alınarak ilgili tenör aralığı belirlenmektedir.....58

Şekil 4.25. El örneğinde alt kesimden üst kesime doğru ince-orta taneli pirit, ince-orta taneli galenit, orta taneli pirit ve iri öz şekilli galenit seviyelerinin oluşturduğu kısmi bantlı cevher yapısından bir örnek (Ölçek çizgisi 1 cm'dir).....60

Şekil 4.26. Masif yapılı sülfürlü birincil bir cevher örneğinde alt kesimden itibaren üst kesime doğru ince taneli pirit, orta taneli galenit, ince-orta taneli pirit ve orta-iri taneli öz şekilli galenit bölümleri ayırt edilebilmektedir (Ölçek çizgisi: 1 cm).....61

Şekil 4.27. Bantlı yapı sunan birincil sülfürlü bir cevher örneğinde, piritçe zengin kesimlerin öncelikle ayrışarak sarımsı-kahve renkli demir oksit-hidroksitlere dönüştükleri, buna karşın sağ alt tarafta görülen galenit ve kalsitçe zengin birincil sülfürlü cevher bölümünün henüz ayrışmadığı görülmektedir. (Ölçek: 0,5 cm).....61

- Şekil 4.28.** Sarımsı kahve renkli ince taneli piritli kesimler ile gri renkli galenitli kesimlerin oluşturduğu bantlı yapı içerisinde uyumlu olarak yer alan beyaz renkli kalsitli seviyeler ve bantlı yapıyı kesen ince genç kalsit damarları.....62
- Şekil 4.29.** İri öz şekilli galenit ve daha az oranda da sfalerit ve fahlerz minerallerinden oluşan masif yapıli birincil sülfidli cevher örnekleri (Ölçek: 4 cm).....62
- Şekil 4.30.** Birincil sülfidli cevher örneği içerisinde öz şekilli parlak gri renkli galenit kristal toplulukları ile öz-yarı öz şekilli mat beyaz kalsit kristal toplulukları arasındaki ornatma dokulu sınır ilişkisi (Ölçek: 1 cm).....63
- Şekil 4.31.** Masif yapıli birincil sülfidli cevher örneğinin büyük bir bölümünü oluşturan iri öz şekilli galenitler içerisinde ayırt edilebilen öz şekilli prizmatik safalerit kristalleri (sarı oklar) (Ölçek: 4 cm).....63
- Şekil 4.32.** Masif yapıli birincil sülfidli cevher örneği içerisinde öz-yarı öz şekilli, iri kristalli, apartman yapıli parlak gri renkli galenit, soluk yeşilimsi gri renkli, öz şekilsiz, orta-iri kristalli sfalerit (kırmızı oklar), ince taneli sarı renkli kısmen limonitleşmiş pirit (sarı oklar) ve beyaz renkli iri öz-yarı öz şekilli kalsit kristal topluluklarının birbirleriyle aralarında oluşturdukları ornatım doku örnekleri (Ölçek: 0,5 cm).....64
- Şekil 4.33.** İri kristalli ve kısmen ezikli-breşik bir yapı sergileyen birincil sülfürlü bir cevher örneğinde ezilerek özşekilli kristal yapısı kısmen veya tamamen bozulmuş galenit bölümleri içerisindeki sarımsı renkli kısmen saçınımlı pirit (sarı oklar) ve daha açık parlak beyazımsı sarı markazit (yeşil oklar) ve düzensiz sınırlı adacıklar şeklinde gözlenen kuvars (kırmızı oklar) toplulukları.....64
- Şekil 4.34.** Masif yapıli, birincil sülfürlü cevher örnekleri içerisinde parlak çelik grisi renginde, öz şekilli iri galenit ve pastel gri renkli sfalerit ile birlikte bulunan kirli beyaz renkli, iri öz şekilsiz kalsit kristal ve sarımsı renkli ince taneli pirit kristal toplulukları..65
- Şekil 4.35.** Piritli galenit-sfalerit bileşimindeki birincil sülfidli cevher örneğinde ince-orta taneli pirit ve ayrılmış galenit-sfalerit toplulukları arasındaki gözlenen düzensiz sınır ilişkisi ve beyaz renkli sülfürsüz kalemın oluşumları.....65
- Şekil 4.36.** Toprağımsı-kabuğımsu ve yer yer de kovuklu yapı gösteren ikincil sülfürsüz kırmızı kalemın cevheri örneğinde limonit, götit, ve beyudandit (?) ilişkisi.....66
- Şekil 4.37.** Fotoğrafın alt kesiminde karst sedimantasyonuna işaret eden laminalı-bantlı çökelme yapılarına; üst kesiminde ise toprağımsı yapıya sahip olan sülfürsüz üçüncül kırmızı kalemın cevher örnekleri 67
- Şekil 4.38.** Muhtemelen serüzit, anglezit, götit, lepidokrosit, beyudantit, ikincil hematit gibi mineralleri kapsayan sarımsı kahve-siyah renkli, toprağımsı kırmızı kalemın cevherleri ile simitsonit-hemimorfit, mimetit gibi mineralleri kapsayan sülfürsüz beyaz renkli kalemın cevherleri arasındaki süperjen ornatım dokuları.....68
- Şekil 4.39.** Muhtemelen limonit-götit bileşimindeki sülfürsüz kırmızı kalemın cevheri ile simitsonit (kırmızı ok)-hemimorfit (siyah ok) bileşimindeki sülfürsüz beyaz kalemın cevherleri arasındaki süperjen ornatma dokuları.....69

- Şekil 4.40.** İlerleyen ayrışma ve iç karstlaşma süreçleri sonucunda toprağımsı-kabuğumsu- kovuklu sülfürsüz kırmızı kalamın cevherlerinin sülfürsüz beyaz kalamın cevherine dönüşümü.....70
- Şekil 4.41.** Muhtemelen götit-beyudandit-ikincil hematit minerallerini kapsayan masif yapılı sülfürsüz kırmızı kalemın cevher örnekleri.....71
- Şekil 4.42.** Sülfürsüz ikincil cevher örneğinde beyudandit-götit-limonit gibi mineraller içeren kırmızı kalamın cevher örneği üzerinde sıva şeklinde gözlenen ve muhtemelen hemimorfit-mimetit gibi mineralleri kapsayan sülfürsüz beyaz kalamın cevherlerinin oluşumu.....72
- Şekil 4.43.** Başlıca limonit-simitsonit ve götit-lepidokrosit gibi ikincil mineralleri kapsayan ve genellikle kabuğumsu-kovuklu-toprağımsı yapılar sunan sülfürsüz kırmızı kalamın cevher örneği.....72
- Şekil 5.1.** Mineralojik-petrografik incelemeler için porfir dayk ve karbonat yan kayaç örneklerinden hazırlanan ince kesitler.....73
- Şekil 5.2.** El örneği düzeyinde porfir dayk örnekleri; sarımsı gri renkli kısmen ayrıışmış porfir dayk örneği (soldaki resimde, kırmızı okla gösterilmiş), beyazımsı gri renkli (sağdaki resimde kırmızı okla gösterilmiş) ve mavimsi gri renkli (diğerleri) porfir dayk örnekleri.....74
- Şekil 5.3.** BP1 kodlu diyorit porfir örneğinin ince kesit mikroskop görünümümü: Kısmen ayrıışarak killeşmiş ve karbonatlaşmış iri feldispat kristalleri (kırmızı oklar) (Çift Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 1 mm dir).....75
- Şekil 5.4.** BP1 kodlu diyorit porfir örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: Killeşmiş-karbonatlaşmış iri feldispatlar (kırmızı oklar), biyotit mineralleri (mavi oklar), amfiboller (sarı oklar), opak mineraller (kahve renkli ok) ve aralarındaki hamur fazı. (Tek Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 1 mm).....75
- Şekil 5.5.** BP2 kodlu diyorit porfir örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: İri feldispat kristalleri (Kırmızı oklar), (Çift Nikol, ölçek çizgisi 1 mm).....76
- Şekil 5.6.** BP2 kodlu diyorit porfir örneğinin ince kesit mikroskop görünümü (// nikol, ölçek çizgisi 1 mm), bir hamur fazı içerisinde killeşmiş-karbonatlaşmış feldispatlar (kırmızı oklar) ve opak mineraller (mavi oklar).....76
- Şekil 5.7.** Açık gri-açık mavimsi gri renkli, orta-küçük, iri-orta-küçük taneli, granoblastik dokulu Bolcardağ mermerlerine ait iki elörneği.....77

Şekil 5.8. BY4 kodlu karbonat yan kayaç örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: Orta-küçük taneli, homojen dağılımlı, polisentetik ikiz lamelleri şeklinde kayma ikizleri gösteren (sarı oklar) öz şekilsiz kalsit kristallerinin oluşturduğu tipik ince taneli granoblastik (mozaik) dokulu düşük dereceli metamorfik mermer örneği, (Çapraz Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 1 mm).....78

Şekil 5.9. BY4 kodlu karbonat yan kayaç örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: Orta-küçük taneli, homojen dağılımlı, öz şekilsiz, polisentetik ikiz lamelleri şeklinde kayma ikizleri (sarı oklar) sunan, kısmen yönlenmiş kalsit kristallerinin oluşturduğu tipik ince taneli granoblastik dokulu düşük dereceli metamorfik ve hiç opak mineral içermeyen mermer örneği, (Tek Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 1 mm).....79

Şekil 5.10. BY6 kodlu karbonat yan kayaç örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: Orta-küçük taneli, homojen dağılımlı, polisentetik ikiz lamelleri şeklinde kayma ikizleri gösteren (sarı oklar) öz şekilsiz kalsit kristallerinin oluşturduğu tipik ince taneli granoblastik (mozaik) dokulu düşük dereceli metamorfik mermer örneği, (Çift Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 500 μ m).....79

Şekil 5.11. BY6 kodlu karbonat yan kayaç örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: Orta-küçük taneli, homojen dağılımlı, öz şekilsiz, polisentetik ikiz lamelleri şeklinde kayma ikizleri (sarı oklar) ve sitilolitik basınç çözünmesi gösteren (kırmızı oklar) kalsit kristallerinin oluşturduğu tipik ince taneli granoblastik dokulu düşük dereceli metamorfik ve çok seyrek olarak opak mineral (siyah renkli noktalar) içeren mermer örneği, (Tek Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 500 μ m).....80

Şekil 5.12. BY9 kodlu karbonat yan kayaç örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: Orta-küçük taneli, homojen dağılımlı, polisentetik ikiz lamelleri şeklinde kayma ikizleri gösteren (sarı oklar), öz şekilsiz kısmen yönlenmeli, kalsit kristallerinin oluşturduğu tipik granoblastik (mozaik) dokulu düşük dereceli metamorfik mermer örneği, (Çift Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 1 mm).....80

Şekil 5.13. BY9 kodlu karbonat yan kayaç örneğinin ince kesit mikroskop görüntüsü: orta-küçük taneli, homojen dağılımlı, öz şekilsiz polisentetik ikiz lamelleri şeklinde kayma ikizleri gösteren (kırmızı oklar) hafifçe yönlenmeli kalsit kristallerinin oluşturduğu tipik ince taneli granoblastik (mozaik) dokulu, seyrek olarak da opak mineral (siyah renkli noktalar) içeren düşük dereceli metamorfik mermer örneği, (Tek Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 1 mm).....81

Şekil 5.14. BY10 kodlu karbonat yan kayaç örneğinin ince kesit mikroskop görüntüsü: Orta-iri-küçük taneli, homojen dağılımlı, öz şekilsiz, polisentetik ikiz lamelleri şeklinde kayma ikizleri gösteren (sarı oklar) belirgin yönlenmeli kalsit kristallerinin oluşturduğu tipik granoblastik (mozaik) dokulu düşük dereceli metamorfik mermer örneği, (Çift Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 1 mm).....81

Şekil 5.15. BY10 kodlu karbonat yan kayaç örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: Orta-iri-küçük taneli, homojen dağılımlı, öz şekilsiz polisentetik ikiz lamelleri şeklinde kayma ikizleri gösteren (sarı oklar), belirgin yönlenmeli, yer yer de sitilolitik basınç çözümleri (kırmızı oklar) sunan kalsit kristallerinin oluşturduğu tipik ince taneli granoblastik (mozaik) dokulu düşük dereceli metamorfik mermer örneği, (Tek Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 1 mm).....82

- Şekil 5.16.** Cevher mikroskobu ile yansıyan ışık altında incelenen birincil sülfidli cevher örneklerine ait parlak kesitler(soldan sağa doru BS-1, -2, -3, -4 ve -5).....83
- Şekil 5.17.** İri yarı öz şekilli kısmen kataklastik kırılımlı (sol alt kesim) pirit içerisinde düzensiz sınırlı adacıklar şeklinde gözlenen galenit kapanımları.....84
- Şekil 5.18.** İri öz şekilsiz-yarı öz şekilli pirit kristalinin üst kısımdan itibaren markazit mineraline dönüşmesi.....84
- Şekil 5.19.** Kataklastik kırılımlı piritlerin sol taraftan itibaren sağa doğru markazit mineraline dönüşümü.....85
- Şekil 5.20.** İri öz şekilsiz pirit kristaline eşlik eden öz şekilli yarı öz şekilli sfalerit kristalleri ile pirit içerisinde küçük damlacıklar şeklinde gözlenen galenit kapanımları..85
- Şekil 5.21.** Öz şekilsiz sfalerit ve galenit tarafından ornatılan öz şekilli yarı öz şekilli orta-iri pirit kristalleri.....86
- Şekil 5.22.** Öz şekilsiz sfalerit içerisinde düzensiz sınırlı öz şekilsiz küçük galenit ve pirit ile daha küçük taneli yarı öz şekilli arsenopirit kriristal kalıntıları.....86
- Şekil 5.23.** İri taneli öz şekilsiz kataklastik kırılımlı pirit kristalinin markazite dönüşmesi.....87
- Şekil 5.24.** Gang mineralleri içerisinde sol alt köşede yarı öz şekilli orta taneli pirit kristalini keserek yerleşmiş olan düzensiz sınırlı galenit damarı içerisinde küçük damlacıklar şeklinde gözlenen sfaleritler ile sağ üst köşede gang mineralleri içerisindeki küçük öz şekilsiz galenitler.....87
- Şekil 5.25.** İri yarı öz şekilli pirit kristalini ornatarak yerleşen yarı öz şekilli iri sfalerit kristali ile pirit içerisindeki damlacık ve çubuksu şekilli galenit kapanımları.....88
- Şekil 5.26.** Kataklastik kırılımlı öz-yarı öz şekilli pirit kristallerini ornatarak ya da çatlak ve kırıkları boyunca yerleşmiş olan öz şekilsiz düzensiz sınırlı galenit ve ince düzenli sınırlı galenit damarcıkları.....88
- Şekil 5.27.** Yoğun kataklastik kırılımlı orta-iri taneli pirit kristallerinin markazit mineraline dönüşümü.....89
- Şekil 5.28.** İri pirit kristali içerisinde yer alan galenit kapanımları.....89

- Şekil 5.29.** Orta-iri kristalli, yarı öz şekilli-öz şekilsiz piritlerin markazite dönüşümü ve iri öz şekilsiz sfalerit kristalinin ince galenit damarcıkları tarafından kat edilmesi.....90
- Şekil 5.30.** İri taneli galenit kristali içerisinde gözlenen çok küçük, bazen sub mikroskopik ölçekteki damlacık ya da merceğimsi şekillerdeki gümüşlü? sulfotuzlar (freibergite ?).....91
- Şekil 5.31.** İri taneli galenit kristali içerisinde gözlenen çok küçük, bazen sub mikroskopik ölçekteki damlacık ya da merceğimsi şekillerdeki gümüşlü? sulfotuzlar (freibergite ?). ?).....92
- Şekil 5.32.** Kısmen serüzit ve /veya anglezitlere dönüştükleri görülen iri taneli galenit kristalleri arsında yer alan düzensiz sınırlı ince sfalerit damarcığı ile küçük yarı öz şekilli pirit kristallerinin ilişkisi?).....92
- Şekil 5.33.** Yaygın olarak kataklastik kırılımlı orta iri taneli yarı öz ya da öz şekilsiz pirit kristal topluluğu.....93
- Şekil 5.34.** Öz şekilsiz iri sfalerit kristallleri içerisinde yer alan ince taneli öz şekilsiz galenit ve fahlerz kristallerinden oluşan düzensiz sınırlı damar ve damarcıkların görünümü.....93
- Şekil 5.35.** Alt kesimde izlenen yarı öz şekilli-öz şekilsiz kısmen kataklastik kırılımlı orta iri kristalli piritler ile orta-üst kesimlerde yer alan öz şekilsiz düzensiz sınırlı adacıklar şeklinde birbirlerini ornatın galenit, fahlerz, sfalerit ve daha az olarak da kovellin kapsayan sülfidli cevher mineralleri topluluğu.....94
- Şekil 5.36.** Yaygın kataklastik kırılımlı yarı öz şekilli-öz şekilsiz orta-iri taneli pirit kristal topluluğu içerisindeki çatlak ve kırıklar boyunca yerleşmiş olan kısmen ağsal yapılı galenit damar ve damarcıkları.....94
- Şekil 5.37.** Sağ üst köşede öz şekilsiz pirit kristalini ornatın ve sağ alt köşeye doğru yaygınlaşın öz şekilsiz sfalerit mineral topluluğu ile düzensiz sınırlı ornatım dokuları sunan öz şekilsiz galenit, fahlerz ve daha az oranlarda da kovellin mineral topluluğunu kapsayan birincil sülfürlü cevher mineralleri.....95
- Şekil 5.38.** Tipik üçgen kırılma boşlukları sunan iri galenit kristali içerisinde yer alan bir damarda gang mineralleri içerisinde ayırt edilen küçük-orta taneli öz şekilsiz pirit ve düzensiz sınırlı ornatım dokulu sfalerit adacıkları.....95

- Şekil 5.39.** Kalkopirit ayrılmaları içeren orta-iri taneli öz şekilsiz sfalerit minerallerini kat eden yarı öz şekilli-öz şekilsiz pirit kristalleri ile öz şekilsiz galenit minerallerini kapsayan genç cevher jenerasyonuna ait damar ve damarcıklar.....96
- Şekil 5.40.** Birbirleriyle düzensiz sınırlı ornatım dokuları sergileyen öz şekilsiz galenit, fahlerz, kalkopirit (?) ayrılmaları içeren sfalerit ve çok az oranda gözlenen kovellin mineral topluluğu.....96
- Şekil 5.41.** Kataklastik kırılımlı iri öz şekilsiz pirit kristallerinin markazit mineraline dönüşümü.....97
- Şekil 5.42.** Kısmen serüzit/anglezit minerallerine dönüşmekte olan iri öz şekilsiz galenit kristalleri ile içerisinde yer yer sfalerit ayrılmaları kapsayan orta-iri taneli yer yer kataklastik kırılımlı öz şekilsiz pirit kristallerinin ilişkisi.....97
- Şekil 5.43.** İçerisinde tipik üçgen kristal köşesi kırılma boşlukları kapsayan iri öz şekilli galenit krstalleri ile içerisinde düzensiz sınırlı ince galenit damar ve adacıklarını kapsayan öz şekilli sfalerit kristalinin kısmen düzensiz ve yer yer ornatım dokuları sergileyen sınır ilişkileri.....98
- Şekil 5.44.** İçerisinde yaygın olarak gümüşlü sülfotuz kapanımları içeren iri galenit kristali.....98
- Şekil 5.45.** Orta-iri kristalli, kısmen kataklastik kırılımlı öz-yarı öz şekilli piritlerin markazite dönüşümü.....99
- Şekil 5.46.** Kısmen kataklastik kırılımlı yarı öz-öz şekilsiz piritlerin öz şekilsiz sfaleritler tarafından ornatılması.....100
- Şekil 5.47.** Seyrek kataklastik kırılımlı öz-yarı öz şekilli piritlerin ara boşluklarının öz şekilsiz sfaleritler tarafından doldurulması ve piritlerin dıştan içe doğru kısmen ornatılması.....100
- Şekil 5.48.** Kataklastik kırılımlı iri-orta öz şekilsiz piritlerin ara boşluklarının öz şekilsiz sfaleritler tarafından doldurulması ve piritlerin dıştan içe doğru kısmen ornatılması...101
- Şekil 5.49.** İçerisinde öz-yarı öz şekilli arsenopirit kapanımları içeren orta-iri kristalli, öz şekilli piritler ile öz-yarı öz şekilli galenitlerin ilişkisi.....101
- Şekil 5.50.** Gang mineralleri içerisinde yarı öz şekilli-öz şekilsiz tipik üçgen köşe kırılım boşlukları sunan galenitlerin öz şekilsiz-yarı öz şekilli sfaleritler tarafından ornatılması ve öz şekilli küçük pirit kristalleri ile ilişkisi.....102
- Şekil 5.51.** Kısmen kataklastik kırılımlı öz şekilsiz piritlerin, içerisinde galenit adacıkları da kapsayan öz şekilsiz sfaleritler tarafından ornatılması.....102

- Şekil 5.52.** Seyrek kataklastik kırılımlı öz-yarı öz şekilli iri-orta pirit ve yarı öz şekilli orta taneli galenit kristallerinin öz şekilsiz sfaleritler tarafından ornatılması ve pirit içerisinde gözlenen sfalerit ve arsenopirit kapanımları.....103
- Şekil 5.53.** İri pirit kristali içerisinde yer alan öz-yarı öz şekilli galenit ve arsenopiritler.....103
- Şekil 5.54.** İri taneli kısmen kataklastik kırılımlı pirit içerisinde yer alan düzensiz sınırlı öz şekilsiz arsenopirit adacıkları ve muhtemelen öz şekilli dolomit gangı (siyah renkli romboederler, sağ üst köşede).....104
- Şekil 5.55.** Seyrek kataklastik kırılımlı iri taneli pirit içerisinde gözlenen düzensiz sınırlı öz şekilsiz arsenopirit adacıkları ve muhtemelen öz şekilli kuvars ve dolomit gangı (siyah renkli oktaeder ve romboederler).....104
- Şekil 5.56.** İri taneli pirit içerisinde yer alan küçük düzensiz sınırlı sfalerit ve galenit ayrılımları.....105
- Şekil 5.57.** Gang içerisinde gözlenen orta taneli öz şekilli piritler ile küçük öz şekilsiz pirit topluluklarını kapsayan framboidal piritler.....106
- Şekil 5.58.** Kristal sınırları boyunca serüzit ve/veya anglezite dönüşen iri öz şekilli galenitler ile küçük taneli öz-yarı öz şekilli pirit ve orta taneli öz şekilsiz sfaleritlerin arsında yer alan koyu renkli gang dolgusu.....106
- Şekil 5.59.** Gang içerisinde yer alan iri yarı öz şekilli-öz şekilsiz pirit kristallerinin mikro çatlakları boyunca limonit ve markazite dönüşümü.....107
- Şekil 5.60.** Gang içerisinde yer alan kataklastik kırılımlı yarı öz şekilli--öz şekilsiz piritlerin limonit ve markazitlere dönüşümü 108
- Şekil 5.61.** Öz şekilsiz iri sfaleritler içerisinde yer alan öz şekilsiz küçük-ince taneli piritlerin limonitlere dönüşümü.....108
- Şekil 5.62.** İri öz şekilsiz sfaleritin etrafında gang ile birlikte gözlenen küçük-ince taneli genellikle öz şekilsiz piritlerin limonitlere dönüşümü.....109
- Şekil 5.63.** Düzensiz sınırlı öz şekilsiz sfaleritler ile birlikte bulunan ikincil pirit ve limonitlerde gözlenen tipik kolloform dokulu konsantrik çökelme yapıları 109
- Şekil 5.64.** İri kataklastik kırılımlı öz şekilsiz sfalerit içerisinde gözlenen submikroskobik kalkopirit? ayrılımlar 110
- Şekil 5.65.** İçerisinde yer yer gümüşlü sülfotuz kapanımları içeren iri öz şekilsiz galenit kristalinin iri kataklastik kırılımlı öz şekilsiz sfaleritler tarafından yer yer ornatılması ve galenitin serüzit ve/veya anglezite dönüşmesi.....110
- Şekil 5.66.** İri kataklastik kırılımlı bir sfalerit kristalinin çatlak ve kırıkları boyunca yerleşmiş olan galenitlerin oluşturduğu ince galenit damarcıkları.....111
- Şekil 5.67.** Gang içerisinde öz şekilsiz iri taneli galenit, orta taneli sfalerit ve ince-küçük taneli piritlerin birlikteliği ile piritlerde kolloform dokulu limonitleşme ve galenitler içerisindeki çizgisel görünümlü sülfotuz ayrılımları.....111

- Şekil 5.68.** İri öz şekilli, tipik apartman yapılı ve üçgen kristal köşe kırılmalarına sahip olan ve birincil sülfüdlü cevherlerin ana bileşenlerinden birini oluşturan galen kristallerinin SEM görüntüleri. Dikdörtgen içerisindeki bölüm SEM-EDS analizleri için seçilmiş olan alanı göstermektedir.....116
- Şekil 5.69.** Şekil 5.68 üzerinde gösterilen dikdörtgen içerisindeki alanının büyütülmüş SEM görüntüsü ve EDS analizi için seçilen noktanın konumu.....116
- Şekil 5.70.** Şekil 5.69 üzerinde gösterilen EDS-1 noktasına ait analitik çizim grafiği...117
- Şekil 5.71.** BS-2 kodlu birincil sülfüdlü cevher örneğine ait EDS2 alanında yer alan minerallerin SEM görüntüleri. Sağ tarafta gözlenen iri öz şekilli galenit kristalleri çatlak ve kırıkları boyunca erken ayrışma süreçleri ile birlikte kısmen serüsite dönüşmüştür (sarı oklar).....118
- Şekil 5.72.** Şekil 5.71. üzerinde görülen dikdörtgen içerisindeki alanın büyütülmüş SEM görüntüsü ve her biri farklı bir minerali temsil etmek üzere seçilmiş olan EDS analiz noktalarının konumları.....119
- Şekil 5.73.** Şekil 5.72 üzerindeki EDS-1 noktasının analitik çizim grafiği.....119
- Şekil 5.74.** Şekil 5.72 üzerindeki EDS-2 noktasındaki EDS analizine ait analitik çizim grafiği.....121
- Şekil 5.75.** Şekil 5.72 üzerindeki EDS-3 noktasına ait analitik çizim grafiği.....122
- Şekil 5.76.** Şekil 5.72 üzerindeki EDS-4 noktasındaki EDS analizinin analitik çizim grafiği.....123
- Şekil 5.77.** Şekil 5.72 üzerindeki EDS-5 noktasının EDS analiz sonuçlarının analitik çizim grafiği.....124
- Şekil 5.78.** Birincil sülfüdlü cevherlerden BS2-EDS3 alanının genel görünümü. Koyu gri renkli yarı öz şekilli veya öz şekilsiz sfalerit kristalleri sınırları boyunca açık parlak gri renkli ikincil çinko minerallerine dönüşmektedir.....124
- Şekil 5.79.** Şekil 5.78 üzerinde görülen dikdörtgen içerisindeki alanın büyütülmüş SEM görüntüsü ve farklı mineralleri temsil etmek üzere seçilmiş olan EDS analiz noktalarının konumları.....125
- Şekil 5.80.** Şekil 5.79 üzerindeki EDS-1 noktasına ait EDS analiz sonuçlarının analitik çizim grafiği.....125
- Şekil 5.81.** Şekil 5.79 üzerindeki EDS-2 noktasına ait analitik çizim grafiği.....126
- Şekil 5.82.** Birincil sülfüdlü cevherlerden BS2-EDS4 alanının SEM görünümü ve üzerinde EDS analizleri için seçilmiş olan mikro jeokimyasal alanın konumu.....127
- Şekil 5.83.** Şekil 5.82 üzerinde görülen dikdörtgen içerisindeki alanın büyütülmüş SEM görüntüsü ve farklı mineralleri temsil etmek üzere seçilmiş olan EDS analiz noktalarının konumları. Sağ alt kesimde gri renkli konkoidal kırılımlı jips, merkezde siyah renkli jips ve hemen bitişiğinde açık parlak beyaz renkli iğnemsî büyüme yapıları gösteren beyudandit ve koyu gri-siyah renkli öz-yarı öz şekilli kuvars kristalleri görülmektedir...128

Şekil 5.84. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-1 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	129
Şekil 5.85. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-2 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	130
Şekil 5.86. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-3 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	131
Şekil 5.87. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-4 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	132
Şekil 5.88. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-5 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	133
Şekil 5.89. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-6 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	134
Şekil 5.90. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-7 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	135
Şekil 5.91. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-8 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	136
Şekil 5.92. Birincil sülfidli cevherlerden BS2-EDS6 alanının genel görünümü ve EDS analizi için seçilen noktaların konumları. Sağ alt köşede ve EDS2 noktasında koyu gri-siyah renkli öz şekilsiz jips mineralleri ile diğer kesimlerde yer alan öz şekilsiz kısmen yaprağımsı polimetallik bir mineraller topluluğu izlenmektedir.....	136
Şekil 5.93. Şekil 5.92 üzerinde gözlenen EDS-1 noktasına ait analitik çizim grafiği...	137
Şekil 5.94. Şekil 5.92 üzerinde gözlenen EDS-2 noktasına ait analitik çizim grafiği...	138
Şekil 5.95. BS3-EDS2 alanının genel SEM görünümü ve EDS analizleri için seçilen dikdörtgen içerisindeki alanın konumu.	139
Şekil 5.96. Şekil 4.94 üzerinde görülen dikdörtgen içerisindeki alanın büyütülmüş SEM görünümü ve farklı mineralleri temsil etmek üzere seçilmiş olan EDS analiz noktalarının konumları.....	139
Şekil 5.97. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-1 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	140
Şekil 5.98. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-2 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	141
Şekil 5.99. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-3 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	142
Şekil 5.100. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-4 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	143
Şekil 5.101 Şekil 5.95 üzerindeki EDS-5 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	144
Şekil 5.102. BS3-EDS5 alanının genel SEM görünümü ve EDS analizleri için seçilen dikdörtgen içerisindeki alanın konumu.....	145
Şekil 5.103. Şekil 5.101 üzerinde görülen dikdörtgen içerisindeki alanın büyütülmüş SEM görümü ve farklı mineralleri temsil etmek üzere seçilmiş olan EDS analiz noktalarının konumları.....	145
Şekil 5.104. Şekil 5.102 üzerindeki EDS-1 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	146
Şekil 5.105. Şekil 5.103 üzerindeki EDS-2 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	147
Şekil 5.106. Şekil 5.103 üzerindeki EDS-3 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	148
Şekil 5.107. Şekil 5.103 üzerindeki EDS-4 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	149
Şekil 5.108. BS3-EDS6 alanının genel SEM görünümü ve EDS analizleri için seçilen kare içerisindeki alanın konumu.....	150

Şekil 5.109. Şekil 5.108 üzerinde görülen kare içerisindeki alanın büyütülmüş SEM görünümü ve farklı mineralleri temsil etmek üzere seçilmiş olan EDS analiz noktaları....	151
Şekil 5.110. Şekil 5.109 üzerindeki EDS-1 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	152
Şekil 5.111. Şekil 5.109 üzerindeki EDS-2 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	153
Şekil 5.112. Şekil 5.109 üzerindeki EDS-3 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	154
Şekil 5.113. BS4-EDS1 alanının genel SEM görünümü ve EDS analizleri için seçilen dikdörtgen içerisindeki alanın konumu.....	155
Şekil 5.114. Şekil 5.113 üzerinde görülen dikdörtgen içerisindeki alanın büyütülmüş SEM görünümü ve farklı mineralleri temsil etmek üzere seçilmiş olan EDS analiz noktaları.....	155
Şekil 5.115. Şekil 5.114 üzerindeki EDS-1 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	156
Şekil 5.116. Şekil 5.114 üzerindeki EDS-2 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	157
Şekil 5.117. Şekil 5.114 üzerindeki EDS-3 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	158
Şekil 5.118. BS4-EDS2 alanının genel SEM görünümü ve EDS analizleri için seçilen dikdörtgen içerisindeki alanın konumu.....	159
Şekil 5.119. Şekil 4.117 üzerinde görülen dikdörtgen içerisindeki alanın büyütülmüş SEM görünümü ve farklı mineralleri temsil etmek üzere seçilmiş olan EDS analiz noktaları.....	160
Şekil 5.120. Şekil 5.120 üzerindeki EDS-1 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	161
Şekil 5.121. Şekil 5.119 üzerindeki EDS-2 noktasına ait analitik çizim grafiği.....	162
Şekil 6.1. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinin ana element içeriklerinin grafiksel dağılımı. Örneklerin başlıca Pb, Zn, Fe, S, AK, Ca, TOPK ve Al'dan oluştuğu görülmektedir.....	164
Şekil 6.2. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinin ASAŞ-normalize ana element desenleri.	164
Şekil 6.3. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinde kuvvetli pozitif (A, B, C) ve orta pozitif (D,E, F, G) korelasyon ilişkilerine sahip olan ikili ana bileşen diyagramları.....	165
Şekil 6.4. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinde kuvvetli negatif (A, B); orta negatif (C) ve zayıf negatif (D,E, F) korelasyon ilişkileri gösteren ikili ana element diyagramları.....	166
Şekil 6.5. Kızıltepe (Bolkardağ-la-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinin ASAŞ normalize ana element desenleri, LOI (Ateşte Kayıp).....	168
Şekil 6.6. Kızıltepe (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinin ASAŞ normalize iz element desenleri.....	169
Şekil 6.7. Kızıltepe (Bolkardağ-Horoz-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinin ASAŞ-normalize NTE desenleri.....	169

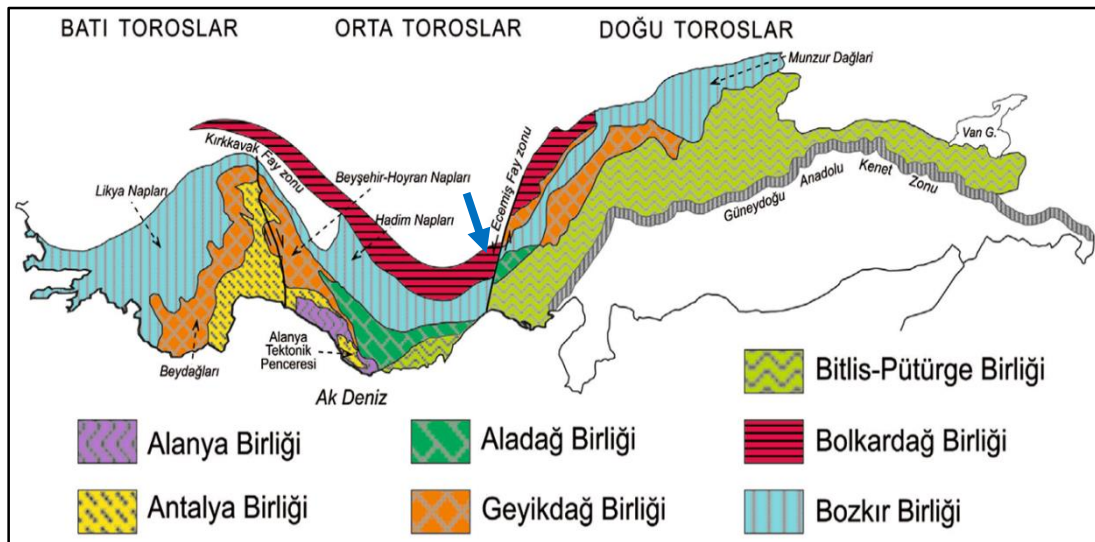
- Şekil 6.8.** Kızıltepe (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait ikincil cevher örneklerine ait ana element içeriklerinin grafiksel gösterimi.....171
- Şekil 6.9.** Kızıltepe (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait ikincil oksitli ve karbonatlı cevher örneklerinde kuvvetli (A, B); orta (C) ve zayıf (D) pozitif korelasyon ilişkileri gösteren ikili ana element diyagramları.....172
- Şekil 6.10.** Kızıltepe (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait ikincil oksitli ve karbonatlı cevher örnekleri içerisinde kuvvetli (A, B); orta (D) ve zayıf (E, F) negatif korelasyon ilişkileri gösteren ikili ana element diyagramları.....173
- Şekil 6.11.** Kızıltepe (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait yan kayaç örneklerine ait ana element içeriklerinin grafiksel gösterimi.....175
- Şekil 6.12.** Kızıltepe (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait ikincil oksitli ve karbonatlı cevher örnekleri içerisinde kuvvetli pozitif (solda); ve kuvvetli negatif (sağda) korelasyon ilişkileri gösteren ikili ana element diyagramları.....175
- Şekil 6.13.** Kızıltepe (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) Pb-Zn-Fe-Mn-Ag-Au yatağına ait oksitli cevher örneklerinin birincil sülfürlü cevher örneklerine göre normalize edilmiş ana bileşen içeriklerine ait zenginleşme ve fakirleşme oranlarını gösteren histogram diyagramı.....176
- Şekil 6.14.** Kızıltepe (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örnekleri içerisinde kuvvetli (B, C, D, E); orta (F, G, H) pozitif korelasyon ilişkileri gösteren ikili ana element diyagramları.....179
- Şekil 6.15.** Kızıltepe (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örnekleri içerisinde kuvvetli (I, J, K, L); orta (M, N, O) pozitif korelasyon ilişkileri gösteren ikili ana element diyagramları.....180
- Şekil 6.16.** Kızıltepe (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örnekleri içerisinde kuvvetli (Y, T); orta (P, S, Ş, V) pozitif korelasyon; orta negatif korelasyon (Ö, R) ilişkileri gösteren ikili ana element diyagramları.....181

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada Orta Toroslarda yer alan Horoz köy (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) yöresindeki Kızıltepe altın-gümüş-çinko-kurşun yatağına ait cevher ve yan kayaç örneklerinin ana, iz ve nadir toprak element içerikleri ve mineralojik bileşimleri belirlenerek cevherleşmenin oluşum mekanizması, kökeni ve cevherleşme sırasındaki element davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır (Şekil 1.1).

Çalışma sonucunda elde edilen jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal veriler, mevcut literatür bilgileri ile de sentezlenerek Kızıltepe altın yatağının oluşum mekanizması ve kökeni hakkında bir modelleme oluşturulmaya çalışılmıştır. Kurgulanan bu modellemeden bölgede henüz keşfedilmemiş olan cevherlerin araştırılması ve geliştirilmesinde yararlanılabileceği umulmaktadır. Ayrıca uygulanan jeokimyasal ve istatistiksel analizler sonucunda da altına eşlik eden fakat bolluğu ve yayılımı altına göre çok daha fazla olan bazı iz element ya da iz element grupları da belirlenerek hem bölgedeki hem de başka yerlerdeki benzer oluşumların araştırılmasında yararlı birer klavuz şeklinde değerlendirilebileceği beklenmektedir.

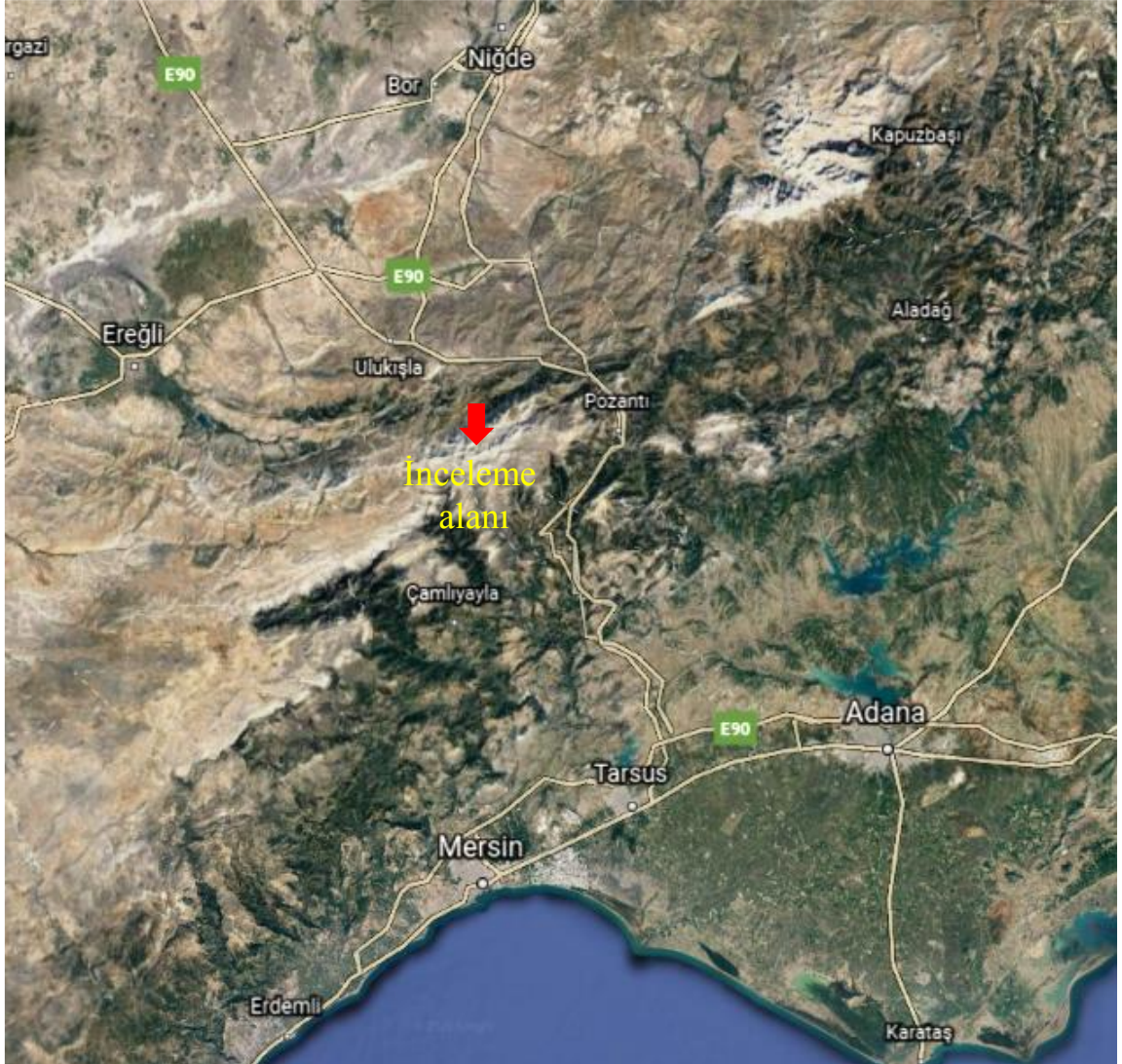


Şekil 1.1. Türkiye'nin güneyi boyunca uzanan Toros Dağlarında Batı, Orta ve Doğu Toros bölümleri ile buralarda yüzeyleşmiş ana tektonik birlikler (Alanya, Antalya, Aladağ, Geyikdağ, Bitlis-Pütürge, Bolkardağ ve Bozkır birlikleri) ve Bolkardağ Birliği içerisinde yer alan çalışma alanının konumu (mavi ok) (Özgül, 1976).

1.2 . Çalışma Alanı

Çalışma alanı Türkiye'nin güneyinde yaklaşık batı-doğu yönünde uzanan Toroslar dağ silsilesinin Orta Toroslar bölümünde yer almaktadır. Bolkardağları'nın kuzeydoğu kesiminde bulunan Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağı Niğde ili, Ulukışla ilçesine bağlı olan Alihoca Köyü'nün yaklaşık 6 km güneydoğusunda, Maden Köyü'nün 5 km güneydoğusunda ve Horoz Köyü'nün ise yaklaşık 8 km kuzeybatısındadır (Şekil 1.2).

Çalışma bölgesi çok değişik yükseltilere sahip olup, GPS ve Total Station ile elde edilen ölçümlerde 1540 metre ile 3200 metreye varan değişik yükseklikler gözlemlenmiştir. Öküzgözü Tepe (3200 m), Kızıltepe (2975 m). Bunlar gibi çeşitli yükseklikte bulunur. İncelenen alan oldukça sarp bir topoğrafyaya sahiptir ve çalışmalar mevsim şartları nedeniyle yalnızca Mayıs ve Kasım ayları arasında yapılabilmektedir.



Şekil 1.2. İnceleme alanının yer bulduru haritası.



Şekil 1.3. Çok engebeli genç bir morfoloji sunan inceleme alanına kuzeydoğudan-güneybatıya doğru bir bakış. Pozantı'dan (Adana) itibaren Şekerpınarı ve Horoz Köyü (Ulukışla-Niğde) üzerinden Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağına ulaşımı gösteren kara yolu güzergâhı (Kesikli çizgilerle gösterilen oklar).

Adana-Niğde sınırında yer alan inceleme alanında en yüksek zirveyi güneybatıdaki Medetsiz Tepe (3524 m) oluşturmaktadır. Bölgede genellikle GB-KD ve KB-GD yönünde uzanan yüksek sırtlar ve bunları birbirinden ayıran derin vadiler görülmektedir. Adana ile Niğde il sınırında yer alan inceleme alanında batıdan doğuya doğru Darboğaz, Maden köy, Alihoca ve Horoz Niğde iline; güney doğu kesimde yer alan Pozantı, Gökbezi ve Alpu ise Adana iline bağlı yerleşim birimlerini oluşturmaktadırlar. Kızıltepe maden yatağına Pozantı-Şekerpınarı- Horoz güzergahını takip ederek hızlı kısmen tutturulmuş bir yamaç molozu birikintisi üzerinde açılmış olan çok keskin zikzaklar yapan stabilize bir yolla gerçekleştirilen hızlı bir yamaç tırmanışıyla ulaşılmaktadır. Madenin bulunduğu Kızıltepe mevki 2780 m yüksekliğindedir.

1.2.1 Ulaşım

İnceleme alanına karadan, Ankara üzerinden Konya-Ankara otobanını izleyerek, Adana-Pozantı yolu üzerinden Horoz köy sapağından gidilebilir. Hava ulaşımı için; Adana Havalimanı kullanılabilir. Ankara-Adana karayolu ve demir yolu çalışma sahasının yakınından geçmektedir (Şekil 1.3).

1.2.2. İklim ve bitki örtüsü

Toros Dağları'nın deniz gören kısımlarında Akdeniz iklimi görülmektedir. Güneyden kuzeye doğru yüksekliğin giderek artmasıyla birlikte iklimde de tedrici bir değişim gözlenir. Güneyden itibaren kuzeye doğru Toros Dağlarının yüksek ve iç Anadolu'ya bakan kuzey yamaçlarına ulaşıldığında; yazları sıcak ve kurak kışları ise ılık ve bol yağışlı Akdeniz ikliminden karasal iklime geçildiği görülür. Bolkardağları'nın yüksek ve özellikle de kuzeye bakan kesimlerinde yaz aylarında bile erimeyen kar örtüsü bazen bütün bir yıl boyunca kalabilmektedir.

Torosların Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü güney yamaçlarında bodur çalılıklardan oluşan maki türü bitki örtüsü yaygındır. Bazı derin vadilerde de iğne yapraklı çam, köknar ve sedir orman örtüleri görülmektedir. Bitki örtüsü yüksekliğin artması ve karasal iklim şartlarının egemen olması sonucunda yağışın da azalmasıyla birlikte İç Anadolu'ya bakan kesimlerde giderek fakirleşir. İnceleme alanının doğu kesimlerinde yer alan Pozantı ve Çiftahan yöreleri sık çam ormanları ile kaplıdır. Türkiye genelindeki orman varlıklarının dörtte biri Akdeniz bölgesinde ve özelliklede Toroslar da bulunur.

1.2.3 Morfoloji ve hidrografi

Toroslar, Rodos Adası'ndan başlayarak Türkiye'nin güneyi boyunca Akdeniz kıyılarına paralel bir şekilde kabaca doğu-batı yönünde Suriye sınırlarına kadar uzanan yaklaşık olarak 2.000 kilometre uzunluğunda ve ortalama 100 km genişliğinde bir dağ silsilesinden oluşmaktadır. Mevcut jeolojik ve morfolojik yapısını büyük ölçüde Geç Mesozoyik-Erken Senozoik dönemdeki Alpin hareketleri ile kazanmış olan Toros dağlarında, karbonat kayaç mostralarının yaygınlığı zaman içerisinde etkili olan karstik süreçlerle birlikte özellikle de Orta ve Batı Toroslarda gözlenen yaygın karst

topoğrafyasının oluşmasına sebep olmuştur.

Orta Toroslarda yükseltiler kuzeydoğuya doğru doğru artmaktadır. Toros dağlarının en yüksek noktalarına Bolkar Dağları'nda Medetsiz Tepe'de (3524 m), Aladağlarda ise Demirkazık'ta (3756 m) ulaşılmaktadır. Çalışma sahasının en önemli akarsuları: Çiftehan Çayı (Pozantı deresi) ile bunun kollarını oluşturan Kırkgeçit dere, Maden (Alihoca) deresi ve Horoz deresidir. Çiftehan deresi önce batıdan doğuya, Çiftehan'dan sonra da kuzeyden güneye doğru akar. Su boylarındaki dar alüvyonlarda ve dere yamaçlarındaki sulanabilir kısımlarda meyve, sebze yetiştiriciliği yapılmaktadır.

1.3. Materyal Ve Metot

Tez çalışması inceleme alanı ve çalışma konusunun kararlaştırılması, literatür taraması, saha çalışmaları ve laboratuvar incelemeleri ile rapor yazımı süreçlerini kapsayan dört aşamalı bir program çerçevesinde yürütülmüştür. Bu aşamalarda yapılan faaliyetler aşağıda sırasıyla açıklanmaktadır.

1.3.1. Literatür araştırması

Bu dönemde inceleme alanı ve yakın çevresi ile ilgili literatür taramaları yapılmış, bu kapsamda yerli ve yabancı birçok araştırma incelenmiştir. Böylece bölgenin genel jeolojik özelliklerinin yanı sıra tektono-stratigrafik özellikleri, maden jeolojisi, cevher mineralojisi ve jeokimyası ile cevher kökeni hakkında önceden yapılmış çalışmalar sonucunda elde edilmiş olan bilgilere ulaşılmıştır.

Literatür taraması sonucunda tez çalışmamızın yataklarla ilgili olarak eksikliği tespit edilen iz ve nadir toprak element jeokimyası ile bunların cevherleşme sırasındaki jeokimyasal davranışları üzerine yoğunlaştırılması kararlaştırılmıştır. Sonuçta elde edilen tüm veriler önceki verilerle birlikte sentezlenerek cevher oluşum mekanizması ve kökeninin daha iyi anlaşılması yönünde yorumlanmaya çalışılmıştır.

Elde edilen bu literatür bilgileri ışığında ve saha çalışmaları sırasında Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağı sahasında iyi gelişmiş cevher damar ve/veya zonları belirlenerek yan kayalardan itibaren cevher damarı-zonu ve bunlarla ilişkili alterasyon zonlarını kat edecek şekilde sistematik bir örnekleme yapılacaktır.

1.3.2. Saha çalışmaları

Orta Torosların kuzeydoğu kesiminde Maden köy (Ulukışla-Niğde) ile Horoz Köy (Pozantı-Adana) arasında yer alan Bolkar Dağları'nın yaklaşık 2850-3200 m yüksekliklerinde bulunan Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağına ulaşabilmek için, yörede halen işletme faaliyetlerini sürdürmekte olan ve benim de jeoloji mühendisi olarak çalışmakta olduğum maden şirketine ait 4x4 bir arazi aracı kullanılmıştır. Saha çalışmaları sırasında barınma ve iye gereksinimleri de yine şirkete ait o yöredeki şantiye binasından sağlanmıştır (Şekil 1.4)



Şekil 1.4. Bolkardağları'nda maden işletmesine ait şantiye binasına güneyden bakış (İşletmede çalışan personel yatılı olarak bu binalarda barınmaktadır).

Saha çalışmaları önceden yapılmış olan 1/5000 ve 1/25000 ölçekli jeolojik haritalar üzerinden mevcut verilerin sahada görülmesi, denetlenmesi, teyit edilmesi şeklinde yürütülmüştür. Bu süreç genel jeoloji, yapısal jeoloji ve maden jeolojisi kapsamındaki makro ölçekli gözlemleri, cevher yapı-doku incelemeleri, örnekleme faaliyetleri ve makro düzeydeki fotoğraflama çalışmalarını kapsamaktadır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Kızıltepe maden yatağında açılmış olan galeriler içerisinde gözlenen ahşap tahkimatlar (sol ve sağdaki şekiller). Soldaki galeri tavanında yan kayaç parçalarını içeren breşik ve masif yapılı birincil hematit cevheri ile sağdaki şekilde galeri aynasında ikincil nitelikteki toprağımsı limonitik karstik cevherlerden numune alım çalışmalarından görüntüler.

Bu sürecin en önemli aşamalarından birini oluşturan örnekleme çalışmaları hem bölgede halen faaliyet gösteren maden galerileri içerisinde hem de galerilerin dışında gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda birincil ve ikincil cevher kütleleri ile birlikte onları bünyesinde barındıran Permo-Triyas yaşlı karbonat yan kayaçlar ve cevher oluşumunda önemli rol oynadığı düşünülen Paleosen-Eosen yaşlı diyorit porfir daykları ayrı ayrı örneklenmiştir. Örnekleme sırasında örneklerin yeterli miktarda (yaklaşık 1kg) olmasına, alındığı kütleyi en iyi şekilde temsil etmesine ve yerli mostralardan alınmasına özen gösterilmiştir. Örnek lokasyonları tanımlanarak harita üzerine işaretlenmiş ve bu sırada önemli görülen petrografik-mineralojik, yapısal ve dokusal özellikler yüksek çözünürlüklü dijital bir kamera ile kaydedilmiştir.

1.3.3. Laboratuvar çalışmaları

Örnekleme çalışmaları sonucunda 20 adet birincil cevher, 20 adet ikincil cevher, 20 adet yan kayaç, 5 adet diyorit porfir dayk ve 10 adet de diğer litolojilere ait toplamda 75 örnek alınmıştır. Konya Teknik Üniversitesi BAP birimi tarafından desteklenen bu projenin toplam bütçesi 10.000 TL civarındadır. Bu bütçe çerçevesinde derlenen 75 adet örnek arasından en karakteristik ve temsil gücü en yüksek olanlar seçilerek örnek sayısı bütçeye uygun sayıya düşürülmeye çalışılmıştır (Şekil 1.6). Laboratuvarda yürütülen bu çalışmalar sonucunda mineralojik, petrografik ve jeokimyasal incelemeler için 5 adet birincil cevher, 7 adet ikincil cevher, 5 adet karbonat yan kayaç ve 2 adet de diyorit porfir örneği seçilerek toplamda 19 örnek tez çerçevesinde çeşitli laboratuvar yöntem ve ekipmanları ile incelenerek amaç doğrultusunda veriler elde edilmeye çalışılmıştır (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Mineralojik-petrografik analizler için seçilerek etiketlenmiş ve analize gönderilmek üzere poşetlenmiş örnekler.

1.3.4. Jeokimyasal analizler

Örneklerin Jeokimyasal özelliklerini belirleyebilmek amacıyla 5 birincil, 7 ikincil cevher örneği ile 2 karbonat yan kayaç ve 1 diyorit porfir dayk örneğinin ana, iz ve nadir toprak element (NTE) içerikleri Vancouver (Kanada) da bulunan ACME Lab. Ltd. Şti.

laboratuvarlarında belirlenmiştir. Cevher ve yan kayaç numunelerinin kimyasal analizi için örnekler önce birkaç kez redistile suyla yıkanıp havada kurutulduktan sonra % 70'i 2 mm'lik elek gözünden geçene kadar çeneli kırıcılarda öğütülür. İyice karıştırılan öğütülmüş numuneden 250 gr'lık bir bölümü alınarak tekrar bir çelik halka-ve-disk değirmeninde %95'i 100 μ ' dan daha küçük olacak şekilde öğütülerek toz haline getirilir. Toz örneklerin her birinden 0.2 gram tartılarak grafit bir çözme potası içerisinde konularak üzerine çözücü olarak 1.5 gram LiBO_2 (Lityum metaborat)/ $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (Lityum tetraborat) karışımı ilave edilir ve bir muffle fırın içerisinde 30 dakika boyunca 980 °C' sıcaklıkta çözündürülerek soğumaya bırakılır. Soğuyan numune üzerine % 5' lik 100 ml HNO_3 (redistile su ile seyreltilmiş ACS-dereceli nitrik asit) ilave edilerek bütünüyle çözündürülür. Sonuçta elde edilen her bir örneğe ait bu çözeltiler analizi yapılmak üzere ICP-ES cihazı içerisinde buhar fazında alınarak kapsadığı SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , MnO , TiO_2 , P_2O_5 ve Cr_2O_3 içerikleri yüzde cinsinden ölçülür. Fe_2O_3 ile Cr_2O_3 dışında kalan diğer ana element içeriklerinin en küçük ölçülebilir sınırları % 0.01 dir. Fe_2O_3 , Cr_2O_3 ve AK (Ateşte kayıp) bileşenlerinin ise en küçük ölçülebilir sınırları sırasıyla % 0.04, % 0.002 ve % 0.1 dir. Ateşte kayıp 1 gr ağırlığındaki bir numunenin 950 °C sıcaklıkta 150 dakika ısıtıldıktan sonra uğramış olduğu ağırlık kaybının başlangıçtaki ağırlığına oranının yüzdesi şeklinde hesaplanır. Total sülfür (TOTS) ve total karbon (TOPC) içerikleri LECO (Laboratory Equipment Company) yöntemiyle belirlenmektedir.

En küçük ölçülebilir sınırları parantez içerisinde verilmiş olan Ba, Be, Sc ve Sn (1ppm); Co ve Th (0.2 ppm); Cs, Hf, Nb, Rb, Ta, U, Y, Zr, La ve Ce (0.1 ppm); Ga, Sr ve W (0.5 ppm); V (8 ppm), Pr (0.02 ppm), Nd (0.3 ppm), Sm, Dy ve Yb (0.05 ppm), Eu (0.02 ppm), Gd (0.05 ppm), Tb (0.01 ppm), Ho (0.02 ppm), Er (0.03 ppm), Tm ve Lu (0.01 ppm) gibi element içerikleri yukarıda açıklanan yöntemlerle elde edilmiş olan örnek çözeltilerinin ICP-ES cihazı içerisinde buhar fazında alınarak yapılan ölçümlerle belirlenir. Buna karşın en küçük ölçülebilir sınırları yanındaki parantezler içinde verilmiş olan Au (0.5 ppb); Ag, Bi, Cd, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Tl, Zn (0.1 ppm) ve Se (0.5 ppm) gibi iz element analizleri için farklı bir çözündürme yöntemi uygulanır. Toz halindeki örneklerin her birinden 0.5 gr alınarak bire üç oranında karıştırılmış olan nitrik ve hidroklorik asit karışımı ile muamele edilmek suretiyle (Kıral Suyu = Aqua Regia) bütünüyle çözünmesi sağlanır. Daha sonra hazırlanan bu çözeltiler ICP-MS (Perkin-Elmer Elan 6000 veya 9000) cihazı içerisinde buhar fazında gönderilerek söz konusu element içerikleri

monitörden okunur. ACME, ISO belgeli akredite bir analiz laboratuvarı olup, ICP-ES ve ICP-MS analizleriyle belirlenen ana ve iz element içeriklerinin doğruluğu, British Columbia sertifikalı bir uzman tarafından kontrolden geçirilerek denetlendikten sonra kesinlik kazanmış olmaktadır. Analiz sonuçlarının kesinliği ve doğruluğu, numunelerin tekrarlanan analizleri ve iki uluslararası standart referans numunesi (STD SO-18 ve STD OREAS45EA) ile kontrol edilerek belirlenmektedir. Yinelenen analizler arasındaki farkın % 10'dan az olması gerekmektedir.

1.3.5. Mineralojik ve petrografik analizler

Cevher ve yan kayaç numunelerinin mineralojik ve petrografik özelliklerini belirleyebilmek amacıyla, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarlarında 5 adet birincil cevher numunesinin parlak kesiti ve 5 adet karbonat yan kayaç ile 2 adet diyorit porfir dayk örneğinin ince kesiti hazırlanmıştır. Parlak kesit cevher numuneleri Leica DM2500P tipi üstten aydınlatmalı bir polarizan cevher mikroskobu; ince kesitler ise Leica MZ16 tipi alttan aydınlatmalı bir polarizan ince kesit mikroskobu ile incelenmişlerdir. Bu sırada belirlenen mineral bileşenleri ile bunlar arasında gözlenen karakteristik mikro dokusal özelliklerin fotoğrafları çekilmiştir.

Mikroskobik çalışmaları desteklemek amacıyla kalitatif mineralojik analizler için 3 karbonat yan kayaç örneği ile 3 ikincil cevher örneği, %90' ını 100µ boyutunun altında olacak şekilde öğütülerek toz haline getirilmiştir. Her bir örnekten 50'şer gr toz numune tartılarak MTA Laboratuvarlarında X-Işını Kırınım (XRD) analizleri yapılmıştır. XRD çekimleri Cu K α radyasyonu üreten, 40 kV, 30 mA güce sahip, bir grafit monokromatör tüpü olan ve 2 θ açısı 2° ile 70° arasında değişen, saniyede 10 sayıma ayarlanmış Philips PW 3710/1830 tipi bir XRD cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıntılı mineral tayinleri ise XRD difraktogramları üzerinden ASTM standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

Kalitatif cevher mikroskobu çalışmaları ile cevher numunelerinin mineralojik bileşimleri, minerallerin birbirleriyle olan ilişkileri, mikro dokusal ve mikro jeokimyasal özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla 0.5x0.5x0.5 cm boyutlarında 3 birincil ve 2 ikincil cevher örneği MTA laboratuvarlarında iyice kurutulduktan sonra altın-paladyum alaşımı ile kaplanmış ve EDS ilaveli FEI INSPECT F50 marka bir tarayıcı elektron mikroskobu (SEM) altında incelenmişlerdir. Bu çalışma sırasında önemli

görülen mikro dokusal özellikler fotoğraflanmış ve seçilen noktalarda EDS analizleri yapılarak o noktaya ait mikro jeokimyasal analiz değerleri elde edilmiştir.

Cevher ve yan kayaç örneklerinin ana, iz ve NT element içeriklerinin fraksiyonlaşma özelliklerini incelemek amacıyla örneklere ait element içerikleri Post-Archean Australian Shale (PAAS), (McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1985) ve Kondrit (Gromet ve ark., 1986) gibi standartlara ait element içeriklerine göre normalize edilmişlerdir. Elementler arası ilişkilerinin belirlenebilmesi için SPSS olarak bilinen istatistiksel bir program kullanılarak korelasyon katsayıları hesaplanmış ve Excel programında çizilen grafikler üzerinden regresyon denklemleri elde edilmiştir. ASAŞ-normalize Ce ve Eu anomalileri $Ce/Ce^* = Ce/(2Pr-Nd)$ ve $Eu/Eu^* = Eu/(0.67Sm+0.33Tb)$ formüllerine göre klasik yöntemle hesaplanmıştır. Cevher ve yan kayaç numunelerinin PAAS ve Kondrit normalize NTE+Y dağılım desenleri, onların atom numaralarına göre logaritmik ölçek kullanılarak yine Excel programında çizilmişlerdir. Bunun tek istisnası ise atom yarıçaplarındaki benzerlik nedeniyle Ho elementinin önüne eklenen Y elementidir.

1.4. Önceki Çalışmalar

Petraschek (1965), Bolkardağ kurşun-çinko yataklarının Horoz granodiyoriti ile ilişkili hidrotermal metazomatik bir yatak tipi olduğunu belirtmiştir. Özgül (1976), Torosların Kambriyen Tersiyer aralığında çökelmiş kayaç birimlerini barındırdığını söylemiştir. Yazar tarafından Bolkardağ birliği, Aladağ birliği, Geyikdağı birliği, Alanya birliği, Bozkır birliği ve Antalya birliği olarak isimlendirilmiş olan bu birlikler stratigrafi ve metamorfizma özellikleri, kapsadıkları kaya birimleri ve günümüzdeki yapısal konumlarıyla birbirlerinden ayrılmaktadır. Kurşun-çinko cevherleşmeleri için magmatik-hidrotermal kökeni olabileceği çok düşük ihtimal olarak yorumlamıştır.

Demirtaşlı ve ark. (1973), Bolkardağları'nda iki ayrı tektonik birim belirtmişlerdir. Bunlar Bolkardağ birliği ve Orta Toros birlikleridir. Bazik intruzif kayalar, ofiyolitlerden ve ofiyolitik melanj kayalarından kesinlikle ayırt edilmiştir. Ofiyolitik melanjin farklı havzalardaki bulunuş şekilleri açıklanmıştır. Ereğli-Ulukışla ve Ayrancı havzalarındaki kayaç stratigrafi birimleri ayırtlanmış ve adlandırılmıştır.

Çalapkulu (1977a), Bolkardağlarındaki cevherlerde Kurşun ve gümüş dağılımı konusunda yapmış olduğu çalışmada, bölgede Au-Ag-Zn-Pb içeren birden fazla mağaranın varlığından bahsetmektedir. Triyas yaşlı mermerler içinde, damarlara ve

tabakalanmaya paralel boşluklara yerleşen kükürtlü cevherlerin karstik cevherleri kestiğini ve bu mağaralarda üç farklı oksitli cevherin görüldüğünü belirtmektedir: (I) Yerinde oksitlenmiş; (II) alüvyonda ve (III) çökelmiş cevherdir olduğunu belirtmiştir.

Çalapkulu (1977b), Bolkardağı Pb-Zn-Ag-Au kükürtlü cevherleri içinde bravoyit, skutterudit [(Co,Ni)As₃] mineralleri saptanmıştır. Skutteruditin içinde bulunduğu Pb-Zn parajenezine yabancı olduğu ve başka sıvılar tarafından taşındığı saptanmıştır. Kimyasal analizler nikel elementinin kaynağının bölgedeki ofiyolitler olduğunu ortaya koymuştur. Bolkardağı cevherleşmesinin olduğu dönemde sıvıların ofiyolitik seriden nikeli yıkayarak Pb-Zn-Ag-Au cevherleşmesinin olduğu ortama taşıdığını ileri sürmektedir. Skutterudit yüksek sıcaklık ve kontak metazomatik yatakları yansıtmaktadır. Cevherleşmenin oluşumundan hemen önce bölgede izlenen magmatik işlev ve jeotermal gradyanın yükselmiş olması ofiyolitik serinin alterasyonunun ve nikel elementinin göçünün hidrotermal koşullar altında oluşunu destekler.

Çalapkulu (1980), Bolkardağları'nın doğusunda yer alan Horoz granodiyoritinin incelenmesi kayacın tektonizma sonrası ve sıkı yerleşim granodiyoriti olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca granodiyorit yerleşmesi sırasında bölgesel jeotermal gradyanın yükseldiği saptanmıştır. Granodiyorite bağlı damar kayaçları oluşum sıralarına göre, biyotit tonalit porfir, muskovit tonalit porfir ve diyorit porfirdir. Bu kayaçlar zamanla ters orantılı olarak granodiyorit içinde azalır. Damar kayaçları granodiyorit uzun eksenine paralel olarak bütün aşamalarda yerleşim gösterir. Eksene çapraz damarlar birincilerden daha çok gelişmiş olup zamanla yönleri değişir.

Şişman ve Şenocak (1981), Bolkardağ ve yöresinde eskiden beri bilinen altın ve gümüşlü Pb-Zn yataklarını incelemiştir. Bolkardağ cevherleşmesini Bolkardağ I sahası Pb-Zn-Au-Ag cevherleşmesi ve Bolkardağ II sahası cevherleşmeleri olarak ikiye ayırmışlardır. Bolkardağ II sahasının, Bolkardağ I sahasının devamı şeklinde olduğunu belirtmişlerdir Bolkardağ II sahasındaki mağaralar küçük diye rezervin az olduğunu belirtmişlerdir.

Oktay (1982), Tuz gölü havzasının güney kesiminde Geç Kretase'de güneye dalan (Bolkar kıtası altına) bir okyanusal kabuğun Horoz granodiyoritlerini oluşturduğunu, aynı okyanusal kabuğun Paleosende ise terslenerek kuzeye dalmasıyla bir ada yayı (Ulukışla ada yayı) geliştiğini ileri sürmüştür. Daha sonra Geç Eosen'de kıta-ada yayı-kıta çarpışmasıyla da okyanusun kapandığını belirtmiştir.

Özgül (1984), Bolkar ve Bozkır birliği üzerine ofiyolitlerin Senoniyen-

Paleosen'de üzerlemeye başladığını belirtilen bu araştırmada yazar, Geç Senoniyen ve Erken Tersiyerde Geyik dağı ile Aladağ birliği arasında bir okyanusun oluştuğunu, bunun da Aladağ-Bolkardağ birliği altına dalarak granit ve kuvars porfirlerin oluşmasını sağladığını öne sürmüştür.

Çağatay ve Arman (1989), Bolkardağ mermeri içinde oluşan Sulucadere kalay içerikli çinko kurşun cevherleşmesinin hidrotermal-metazomatik kökenli olduğunu belirtmişlerdir. Başlıca cevher mineralleri sfalerit, galen ve pirittir. Fahlerz, kalkopirit, arsenopirit, markazit, stanit, burnonit-seligmanit, pirotin, siderit, ankerit, nabit altın, idayit ve Ag-sülfotuzları daha az bulunmaktadır. Bu minerallerin yüzeysel ayrışması sonucu kovelin, kalkozin, limonit, malakit, azurit, anglezit, serüzit, smitzonit, hidrozinik, psilomelan, skorodit gibi ikincil mineraller oluşmuştur. Başlıca gang mineralleri kalsit, dolomit, kuvars, epidot, serisit, muskovit ve kloritten ibarettir.

Temur (1989), Bolkardağı (Ulukışla-Niğde) yöresi Zn-Pb yataklarının genetik özellikleri konusunda yapmış olduğu çalışmada; yörede Permien yaşlı Alt Mermerler, Alt-Orta Triyas yaşlı Bolkardağı Şistleri, Üst Triyas yaşlı Bolkardağı mermerleri, Üst Kretase 'de yerleşen Alihoca Ofiyolitleri, Alt Paleosen yaşlı Kalkankaya formasyonu, Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Horoz granodiyoriti ve damar kayaçları, Orta Eosen yaşlı Delimahmutlu formasyonu ile Kuvaterner yaşlı çökellerin yüzeyletiğini, Alt mermerler ve Bolkardağı mermerlerinin içinde yer alan Pb-Zn yataklarının tabakaya-bağlı (strata-bound) olduğunu belirlemiştir. Mezotermal evreyi yansıtan ana mineralizasyon oldukça karmaşık bir mineral parajenezi sunmakta ve dört evreli bir oluşum yansıtmaktadır. Jeokimyasal özelliklerinin de mezotermal evrede oluşan yataklara benzediğini ileri sürmektedir.

Çevikbaş (1991), Niğde grubu ve Bolkar grubu, Geç Mestrihtiyen öncesinde metamorfizma geçirmiş ve sokulumlar tarafından kesilmiştir. Aynı zamanda Alihoca ofiyolitik karmaşığı ve Maden köyü ofiyolitik melanji muhtemelen kara haline gelmiştir. Tüm birimler, bu şekilde Erken Mastrihtiyende karasallaşmıştır şeklinde yorumlamıştır.

Temur (1991), Bolkardağı yöresi birincil sülfütlü cevher damarlarının Orta Toros kuşağındaki benzer yataklara göre daha karmaşık bir cevher parajenezine sahip olduğunu tespit etmiştir. Parajenezde arsenopirit, bornit, fahlerz, pirit, magnetit, molibdenit, skuterudit, meneginit gibi yüksek sıcaklıklı bir oluşumu yansıtan minerallerin yanı sıra, barit, markazit, nabit gümüş, arjantit, bravoyit, gibi düşük sıcaklıklarda ortaya çıkan minerallerde yer almaktadır. Fakat parajenezdeki minerallerin tamamının mezotermal

evrede ve epitermal evrenin başlangıcında oluşması mümkündür. Dolayısıyla birincil minerallerin mezotermal evrede oluştuğu ve çözeltilerin soğuyarak epitermal evreye de kaydığını belirlemiştir.

Çevikbaş ve Öztunalı (1992)'ya göre, Güneydeki Bolkar grubu, Mestrihtiyen yaşındaki Kalkankaya formasyonunun kireçtaşı tabakalarının çökmesinden önce metamorfizma geçirmiştir. Kalkankaya formasyonu karasal transgresif özelliktedir. Bolkar grubu da Erken Mestrihtiyende kara haline gelmiştir. Diğer taraftan Bolkar grubunu ve Maden köy ofiyolit melanjinini Horoz graniti, kuvarsporfir ve andezit daykları keserken, bunların üzerinde gelişen Ulukışla-Çamardı Tersiyer havzasında bu litolojiler kesinlikle görülmez. Buda daykların Kalkankaya formasyonundan önce geliştiğini göstermektedir.

Çopuroğlu (1996), Yahyalı-Demirkazık arasındaki bölgenin Orta Torosların KD'sinde, nap tektoniğinin, kırık ve fayların yoğun olduğu bir alan içerisinde yer aldığı tespitini yapmıştır. Bölgede irili ufaklı çok sayıda Zn-Pb yatak ve zuhurları damar, damarcık, fay ve karst boşlukları şeklinde, Permiyen-Jura zaman aralığında oluşan çeşitli özelliklerdeki karbonatlı kayaçlar içerisinde yerleşmiştir.

Demir ve Bingöl (2000)'e göre oksit-karbonat tip Zn-Pb cevherleşmelerinin kendine has özelliklerden birisinin aynı birim içinde yer alan cevherleşmelerde damar doğrultularının aynı olmasıdır. Toros kuşağında izlenen oksit-karbonat tip Zn-Pb cevherleşmelerinin oluşumu için iki oluşum dile getirilmiştir: (I) Hidrotermal oluşum, (II) karstik oluşum. Toros kuşağında tüm yataklarda yapılan incelemeler sonucunda, hidrotermal oluşum modelini destekleyecek pozitif veriler bulunamamıştır. Elde edilen veriler ışığında Aladağlar bölgesinde yer alan cevherleşmeler için karstik oluşum modeli daha gerçekçi bir model olarak öne çıkmaktadır. Bölgenin jeolojik evrimi boyunca gelişen kıvrımlanma ve faylanmaların karstlaşmanın gelişimi ve cevherleşmenin yerleşimi için uygun ortamlar yarattığını ileri sürülmüşlerdir.

Kuşçu ve Cengiz (2001), Orta Toroslarda karbonatlı kayaçlara bağlı Pb-Zn cevherleşmelerinin kükürt izotoplarını irdeleyerek Orta Toroslarda, genellikle farklı stratigrafik birimlerin değişik yaştaki kireçtaşları içinde çoğunlukla epijenetik ve yer yer onları ornatarak yataklanmış olduğunu ileri sürmektedirler. Yataklarda gerek galen ve gerekse sfalerit örneklerinin 34S değerlerinin oldukça dar bir aralığa düştüğü belirlenmiştir. Bu izotopsal bileşim oranlarının; yatakların diğer kaynaklardan gelen eriyiklerle karışmış ve onların 34S ve 32S izotoplarından da etkilenen magmatik-

hidrotermal eriyiklerden şekillenmiş olabileceğini ileri sürmektedirler.

Cengiz ve Kuşçu (2005), Orta Toroslarda bulunan galen içeren barit ve barit yataklarındaki kükürt izotop verileri ve cevher parajenezi verilerine dayanarak, bu cevherleşmeleri epijenetik hidrotermal kökenli mineralizasyonlar olarak yorumlamışlardır.

Çiftçi ve ark. (2006), Bolkardağ ve Aladağlardaki başlıca cevher oluşumlarının cevher mineral parajenezi, baz ve değerli metal içerikleri, ana cevher minerallerinin eser element içerikleri ve kükürt izotop sonuçlarını bölgesel jeoloji ile yorumlayarak, Bolkardağ cevher oluşumlarının magmatik kaynağa nispeten daha yakın (proksimal), Aladağlardaki oluşumların ise çoğunlukla magmatik kaynağa nispeten uzak (distal), damar tipi magmatik hidrotermal yataklar olarak tanımlamışlardır.

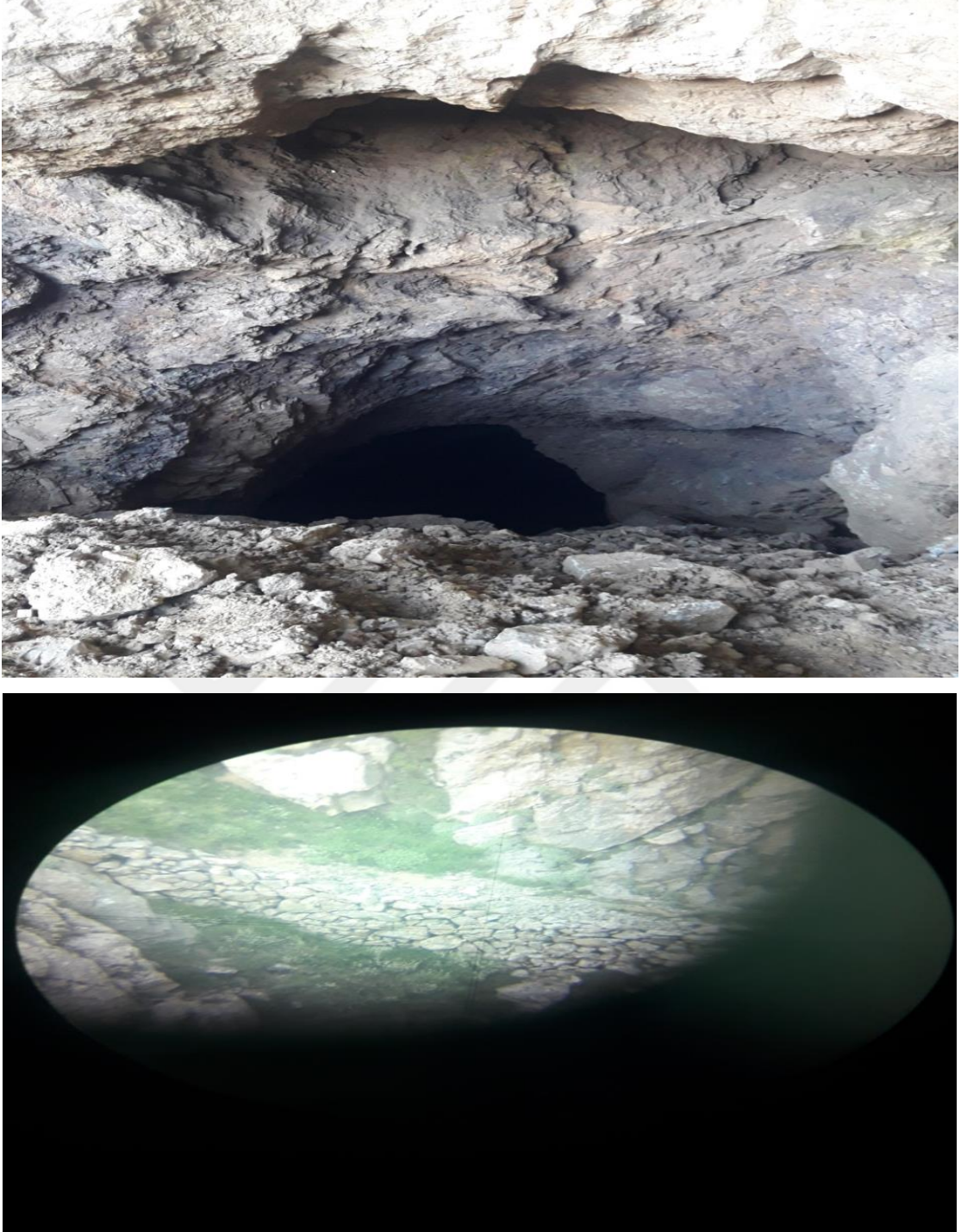
Çiftçi ve Demirören (2011), Bolkardağ ve Aladağlardaki başlıca cevher oluşumlarının kurşun izotop bileşimlerini inceleyerek bunların Misisipi Vadisi Tipi (MVT) yataklara oranla daha az radyojenik nitelikte olduklarını, dar bir aralıkta değişim gösterdiklerini, Pb-Pb yaşlarının 202 ile 254 my arasında değiştiğini, Pb için MORB benzeri-manto bileşeni ve kıtasal kabuk kökenli bir rezervuarın kaynak olabileceğini belirlemişlerdir. Cevher oluşumlarının muhtemelen daha yaşlı bir rezervuardan mobilize olmuş bu kurşunun, epijenetik olarak daha genç mekân kayalar içine ornatımla yerleşmesinin bir sonucu olabileceğini önermişlerdir.

Kahya (2018), Bolkardağ Au-Ag-Zn-Pb cevherleşmesini iki farklı sınıfa ayırmışlardır. Bunlar hipojen (birincil) Pb-Zn sülfidler, superjen zenginleşme ile karstik-dolgu tipi cevherleşme (İkincil cevherleşme). Tetis Okyanusu Geç Kretase- Paleosen'de kapanmaktadır, Üst Kretasede Tetis Okyanusunun kapanması, sıkışmalı tektonik rejimi oluşturmakta olduğunu belirtmişlerdir.

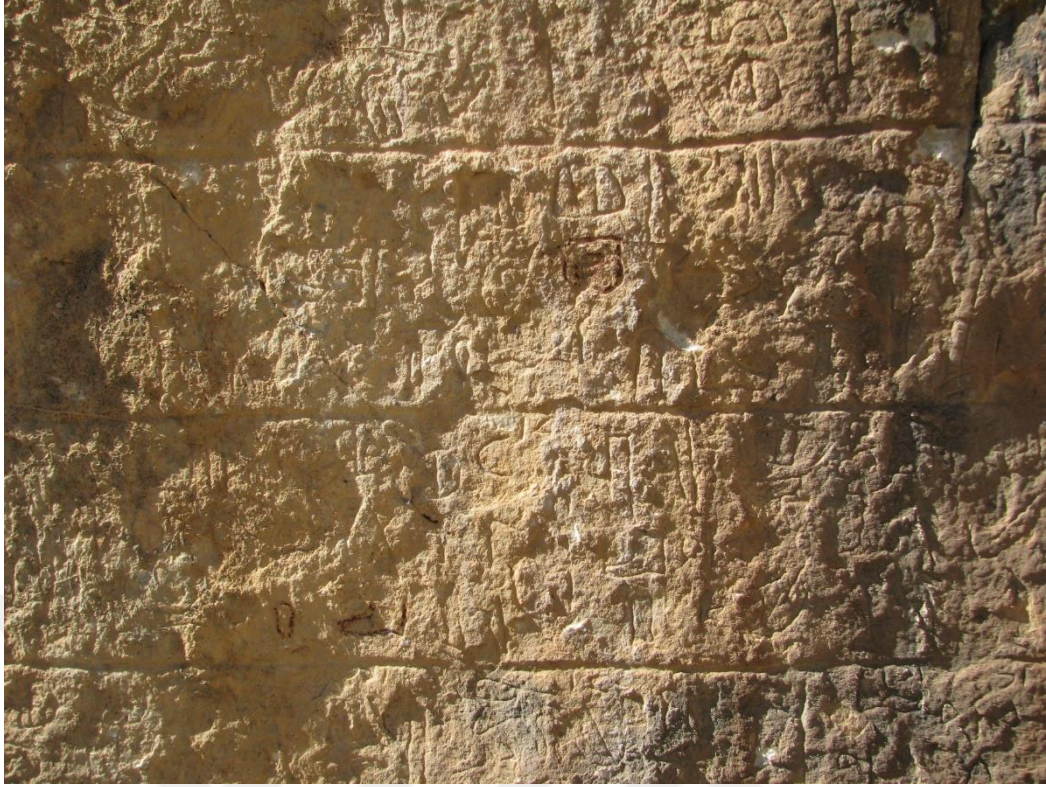
2. MADENİN TARİHÇESİ

Bolkardağları yöresinde bulunan eski işletmelerde yapılan çalışmalardan ve çevresinde bulunan yazıtlardan) hareketle, bu bölgedeki madenlerin M.Ö.8. yüzyıldan beri işletildiği bilinmektedir. Birçok yazılı kaynak eski işletmelerin önce Hititler, daha sonra Bizanslılar tarafından işletildiğini belirtmektedir (Hannebert, 1888). Bu bölgede antik madencilik izlerine ve antik dönemlerden kaldığı düşünülen cüruf yığınlarına, Avrupalı jeologlar 19. yüzyıldan itibaren yazdıkları raporlarında yer vermiş ve kayıt altına almışlardır (Beral, 1865; Hannebert, 1888). Hannebert'in (1888) raporuna göre işleyen maden ocağı sayısı yirmi dördtür. Yeşelli işletmesinin giriş kısmında kalker üzerine yapılan haç işareti ve 1880 yılı yazısı, o yıl ocakta hayatını kaybeden Rum madencilerin isimleri ile tarihleri yazılarak madencilerin anısı için yapılmıştır.

Bolkardağ ile ilgili en somut kaynak, Neo-Hitit dönemi ile ilişkilendirilen 5 satırlık hiyeroglif bir yazıttır. Alihoca köyünün 2-3 km doğusunda, asfalt yola yaklaşık 250 m mesafede bulunan bu yazıt, 4-5 m yükseklikteki engebeli bir kayanın yüzeyinde bulunmaktadır (Şekil 2.1). Bu yazının Tuwanuwa (Tuwana) kralı Warpalawas'a (M.Ö. 738-710) bağlı prens Tarhunzas tarafından yazdırıldığı belirtilmiştir (Bossert, 1954). Metinde "Tuwana kralı Urballa" (Hawkins, 1969) olarak sözü edilen kral Warpalawas, "Muti" dağı olarak adlandırılan Bolkardağ yöresini Tarhunzas'a bağışlamaktadır. İlk Maden Ruhsatı olarak isimlendirilen bu metinde Tarhunzas, kral Warpalawas'ı kastederek "Efendim Warpalawas'a iyilik ettim, o da Muti Dağı'nı bana verdi" demektedir. Ayrıca metinde "Kubab" gibi çeşitli tanrı ve tanrıçaların dağı bereketli kılması dilenmektedir ki; bu da bereketli olması beklenen madenlerin gümüş madenleri olduğunu düşündürmektedir (Yener, 1938). Metinde "ve beyim Warpalawa'yı iyi bir şekilde yükselttim (?), o bana süratli (?) katırlar verdi" demektedir. Metnin sonunda "bu yazıtı kim kazırsa (silerse, parçalarsa) bu kimseyi fırtına tanrısı ve tanrılar sürsünler (kovsunlar) ve ay tanrısı onu alsın. Ve tanrı Nikaruha onu yesin. Tanrı Kupada 'da onu sin" ifadeleri yer almaktadır (Kalaç, 1976). Metinde geçen süratli (?) katırların madende çıkartılan cevherin taşınmasında kullanıldıklarını söylemek yanlış olmamalıdır (Şekil 2).



Şekil 2. Roma Döneminden kalma çalışmalar: Yukarıda Kasapoğlu mağarası, altta madeni taşımak için yapılmış patika yol (Totalstation cihaz görüntüsü).



Şekil 2.1. Alihoca Maden köyü arasında Kalkanya Mevkiinde yaklaşık 3000 yıllık bu yazıt Hititçe yazılmış olup ilk maden ruhsatı kabul edilmektedir.

Bolkardağ madenciliği ile ilgili en eski rapor, Beral (1865) tarafından yazılmıştır. Raporda madenler ve çevresinin jeolojisinden bahsedilmektedir. Madenlerin 1825 yılından beri çalıştığını, yılda ortalama 1000 ton cevher çıkartıldığını, 1863'te beş ve 1864'te on ocakta işletme yapıldığını, üretilen cevherin yaklaşık % 21 Pb, 428 g/t Ag, 40 g/t Au tenörlü olduğunu ve Maden köyde bulunan on üç adet manşlı fırın ile dört adet Küpelasyon fırınında izabe edildiğini belirtmektedir. Wartheman (1888), 1870-1887 yılları arasında, her yıl yaklaşık 2250 ton cevher izabe edildiğini; Cokino (1927) Bolkar madenlerindeki işletme çalışmalarının 1912 yılında Balkan Savaşı sırasında devlet tarafından durdurulduğunu ifade etmektedir. Cumhuriyetin kuruluşundan sonra maden işletilmesi için girişlerde bulunulmuştur. 1927- 1928 senelerinde maden üzerinde ayrıntılı jeoloji çalışmaları yapılarak işletme tesisleri kurulması önerilen fabrika planları hazırlanmıştır (Ralli, 1928; Helke, 1929). 1935 yılından itibaren Bolkardağ madenlerinde M.T.A araştırmalara başlamıştır. 1935-1938 yılları arasında Bolkardağ sahasında Yeşelli, Küçük Toyislam, Keçili, Davalı, Sirostat ve Timyos mağaralarında bulunan cevherlerin rezerv hesapları yapılmış, işletme galerileri açılmıştır (Romberg, 1937; Hummel, 1938; Oelsner, 1938). 1939 yılında Bolkardağ- I ve II sahası Etibank'a devredilmiştir. 1939-1942 yılları arasında Bolkardağ-I ve II sahasında incelemeler sürdürülerek cevherlerin

rezerv hesapları yapılmıştır (Kovenko, 1942; Ajoukiewichz, 1946). II. Dünya Savaşı'nın çıkması ile madenin işletilmesine başlanamamıştır. M.T. A Enstitüsü ve Etibank ortak bir proje ile 1976 yılında Bolkardağ bölgesinde ayrıntılı araştırmalara başlamış, kurşun çinko cevherleşmesi bakımından önemli olduğu düşünülen ve belirlenen yeni sahalarda jeoloji ve jeofizik incelemeler tamamlanmış ve bu sahalarda araştırma sondajları yapılmıştır (Şişman ve ark., 1981). MTA'nın jeoloji çalışmalarını yaptığı ve sondajlarla rezervini tespit ettiği bu saha Etibank'a devredilmiştir. Etibank sahayı işlettikten sonra verim alamadığı için terk etmiştir. Günümüzde özel müesseseye ait Gümüştaş A.Ş. üretim faaliyetlerini yürütmektedir. Galerî çalışmalarıyla alınan maden Tepeköy'e (Niğde-Ulukışla) taşınarak burada kurulan fabrikada zenginleştirilmektedir. (Şekil 2.2).



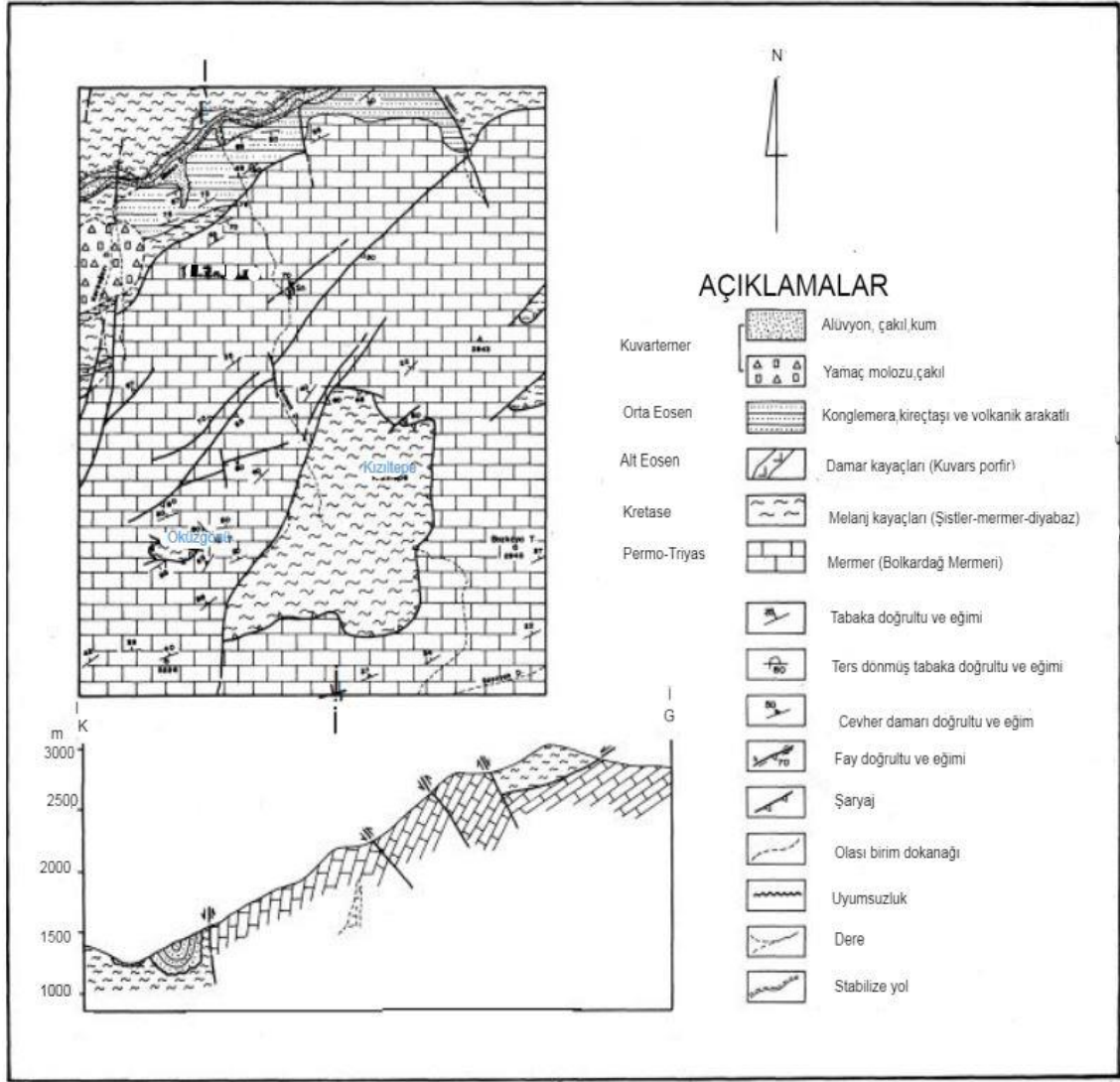
Şekil 2.2. Gümüştaş A.Ş. Niğde Tepeköy altın gümüş zenginleştirme tesisi, inceleme alanında üretilen tüvenan cevher kamyonlarla buraya taşınmaktadır.

3. GENEL JEOLojİ

3.1. Torosların Tarihsel Jeolojisi

Anadolu'nun güney ve doğu kesimlerinden geçen önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu özelliği ile 20. yüzyılın başlarından bu yana yer bilimcilerin ilgisini çekmiştir. Ancak Toros kuşağının jeoloji özelliklerini konu alan sistemli araştırmalar yakın bir geçmişe dayanmaktadır. M. M. Blumenthal tarafından 1940-1950 yılları arasında yapılmış olan araştırmalar Toroslar'ın genel jeoloji özelliklerine değin ilk önemli verilerin kaynağını oluşturmaktadır, özellikle son on yıl içinde Toroslar'ın çeşitli kesimlerinde yerli ve yabancı yerbilimciler tarafından yapılmış olan araştırmalarla bu kuşağın jeoloji özelliklerinin ortaya çıkarılmasında önemli gelişmeler sağlanmış ve Toroslar'ın son yıllara kadar bilinenden çok değişik ve karmaşık jeoloji özellikleri taşıdığı anlaşılmıştır. Toroslarda Permiyen-Üst Kratese yaş aralığında bulunan kireçtaşlarından anlaşıldığı kadarıyla, Alpin orojenezinden önce Toros-Anadolu platformu bin metre genişliğinde denizel bir ortamı yansıtıyordu. Toros-Anadolu platformu Erken Paleozoyik-Erken Triyas aralığında, farklı ortam koşullarını yansıtmalarına karşın, Antalya, Alanya, Geyik dağı, Aladağ, Bolkar dağı birlikleri ile Bozkır Birliği'nin bir bölümünü kapsayan tek bir platformun bulunduğu anlaşılmaktadır (Birlikler güneyden kuzeye doğru sıralanmıştır). Üst Paleosen-Alt Eosen zaman aralığında gerçekleşen Toros-Anadolu platformu ile Pontidler arasında gerçekleşen çarpışma esnasında Toros-Anadolu platformunda bulunan birlikler bulundukları yerden tektonik olarak birbirinin üstüne naplarla yerleşiyorlar. Bu birliklerin hepsinin birbiriyle dokanak ilişkisi tektonik ve aralarında herhangi bir okyanus bulunmamaktadır. (Özgül, 2009).

Orta Toroslarda yer alan Horoz köy (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) yöresindeki Kızıltepe altın-gümüş-çinko-kurşun yatağı ve hemen yanındaki Öküzgözü Tepe (3200 m) güneyden kuzeye doğru itilmelerin oluşturduğu düşük eğimli (40-60 derece) ve genelde doğu-batı doğrultulu ters faylanmalar bulunmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. İnceleme alanı Kızıltepe ve Öküzgözü Tepe'nin (3200 m yükseklik) tektonik birimleri ve fayları gösteren jeolojik haritası (Şişman ve ark., 1982).

3.2. Torosların Stratigrafisi

Toros-Anadolu platformu Bolkardağı Birliği, Aladağ Birliği, Geyikdağı Birliği, Alanya Birliği, Bozkır Birliği ve Antalya Birliği olmak üzere çeşitli birliklere ayrılmıştır. Bunlar stratigrafik ve metamorfizma özellikleri, içerdikleri kaya birimleri ve günümüzdeki yapısal konumlarıyla birbirlerinden farklı olmuşlardır. Birlikler birbirlerini allokon şekilde üzerleyerek kilometrelerce yanal devamlılık gösterirler. Bolkardağı, Aladağ, Geyikdağı ve Alanya birlikleri şelf türü karbonat ve kırıntılı kayaları kapsamaktadır. Bozkır ve Antalya birlikleri ise derin deniz çökellerini, ofiyolitleri ve bazik denizaltı volkanitlerini kapsamaktadır (Özgül, 1976).

3.2.1. Bolkardağı birliği

Birliğin adı Orta Toroslarda Bolkardağı'ndan alınmıştır. Toros kuşağının en kuzeyinde yer alır. Bolkar dağı Birliği'nin Konya güneyinde Bozkır-Hadim ilçeleri dolaylarındaki allokton yüzeylemeleri Güney İç Anadolu Birliği olarak bilinmektedir (Özgül, 1971). Ancak, birliğin tümü için, bu birliğe ait ayırtman kaya birimlerini kapsayan ve Toroslar'ın en yüksek dağlarından biri olan, Bolkar dağı adının kullanılması yazar tarafından daha uygun görülmüştür. Bolkardağı Birliği Menderes masifi ve olasılıkla Kırşehir masifinin örtüsünü oluşturur. Çoğunlukla, yeşil şist fasiyesli metamorfizmaları kapsar. Birliğin fosil kapsayan en yaşlı birimi Devoniyen şist ve mermerleridir (Özgül, 1971). Bolkardağı Birliği, Orta-Geç Devoniyen ve Erken Tersiyer zaman diliminde çökelmiş birimleri içerir. Devoniyen-Üst Kretase zaman dilimi ise şelf türü karbonat ve kırıntılı kayalarla, Mestrihtiyen-Paleosen aralığında olistostrom fasiyesinde kayalarla temsil edilir. Geç Paleozoyik ve Mezozoyik süresince epirojenik hareketler etkili olmuştur. Bazı yerlerde Permian, Triyas, Liyas, Senoniyen ve Paleosen yaşta kayaların tabanında uyumsuzluk hakimdir. Çoğunlukla yeşil şist fasiyesinde metamorfizma gözlenir. Metamorfizmanın etkisi bölgeden bölgeye değişmekte ve derinlikle beraber artmaktadır. Bolkardağı birliği Milas (Muğla) batısından başlayarak doğuya doğru Denizli, Afyon, Konya, Bolkardağı, Niğde tarafına kadar devam eder (Özgül, 1971, 1976, 1984).

3.3. Bolkardağlar (Ulukışla-Niğde)'in Stratigrafisi

Bolkardağı Birliği tabanda Permian yaşlı Bolkardağı mermer ve şistlerinden oluşur üzerine Alihoca ofiyolit karmaşığı tektonik dokunakla gelir. Horoz granodiyoriti Bolkardağı mermerlerini, damar kayaları da ofiyolitik kayaları keser.

Menderes masifinin örtü kesimi olarak da yorumlanır. Kuşağın kuzey kesiminde yer alır. Yeşilşist fasiyesi metamorfizmadan etkilenmiştir (Işık ve ark., 2006).

Bolkardağları'nın kuzeyinde bulunan Ulukışla Tersiyer havzasına sebebiyle de yer yer Tersiyer yaşlı sedimanter birimler Bolkardağı Birliğinin üzerinde bulunmaktadır (Çevikbaş ve Öztunalı, 1991).

3.3.1. Alt mermerler

Birim gri-siyah renkli, ince-orta kalınlıkta tabakalı mermerlerden oluşmaktadır. İlk olarak Çalapkulu (1980) tarafından adlandırılmıştır. Şişman ve Şenocak (1981) birimin ismini mermer şistler olarak tanımlamaktadır. Alt mermerler hemen hemen her zaman koyu renkli olmaları nedeniyle diğer mermerlerden ayrılır. 15-40 cm düzgün tabaka kalınlığına sahip olarak gözükmetedir. İçinde % 10-15 oranında killi-bitümlü malzeme ve % 5 oranında serisit, klorit ve kuvars bulundurur. Birimde bulunan mermerler Geç Permiyen yaşlıdır. Birimin üzerinde Erken-Orta Triyas yaşlı Bolkardağ şistleri uyumlu olarak bulunmaktadır (Blumenthal, 1956). Toroslarda Geç Permiyen genellikle Mizzia'lı kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Alt mermerler de gerek Mizzia alglerinin bulunmaması gerekse litolojik benzerliklerin az olması sebebiyle Toroslardaki diğer Erken Permiyen birimlerinden ayrılmaktadır (Özgül, 1976; Çalapkulu, 1980; Temur, 1989).

3.3.2. Bolkardağ şistleri

Bolkardağ şistleri kalkşist, serisit-klorit şist, muskovit-biyotit-albit-kuvars şist, aktinolit-albit şist, kuvars-albit-epidot-muskovit şist gibi kayalarından oluşmuştur. Bunlar gri-mavi-yeşil renkli, iyi tabakalı, kuvarporfir daykları ile kesilmiş ve şisti dokulu olup serisit, klorit, kalsit, albit, muskovit, kuvars, aktinoliti biyotit ile az olarak turmalin, granat ve manyetit içerirler (Şişman ve ark, 1981).

Genellikle olarak Horoz köyü ile Sivri Tepe arasında bulunmaktadır. Birim Çalapkulu (1980) tarafından tanımlandırılmıştır. Birim, tabanında alt mermerler ve üzerindeki Bolkardağ mermerleri ile uyumludur. Stratigrafik konumuna göre Erken-Orta Triyas yaşı verilmiştir. Yöredeki Triyas birimleri hem metamorfizma geçirmiş, hem diğer Triyas birimleri ile aynı istif sunmadıklarından ayırt edilir (Şekil. 3.2) (Demirtaşlı ve ark., 1975; Özgül, 1976; Çalapkulu, 1980).



Şekil 3.2. Sulucadere mevkiinde görülen şistler, dilimli bozuşmuş bol çatlaklı inceleme sahasının yanında bulunmaktadır (mavi okla gösterilen).

3.3.3. Bolkardağ mermerleri

Beyaz ve gri renkli, genellikle kalın tabakalı mermerlerden oluşur. Genellikle Sulucadere yakınlarında bulunmaktadır. Genellikle beyaz ve gri renkli, üst seviyelerine doğru koyu gri renkli olan mermerler 10 cm ile 1 m arasında değişen kalınlıklarda düzgün tabakalanma göstermektedir (Şekil 3.3). Mermer içinde iyi gelişmiş mağara oluşumlarına ve cevherleşme ile ilgili olarak oluşmuş silisleşmiş kısımlara rastlanır. Birim üste doğru gri, siyah renkli, manganlı, bitki kalıntılı mermer ve kalkışte geçer. Bazı kesimlerinde kuvarsporfir ile diyabaz dayk ve silleri tarafından kesilen Bolkardağ mermer ve şistlerinin tabanı görülememekte, üstünde ise karmaşık kayaçlar (melanj kayaçları) bulunmaktadır. Yer yer bitümlü kısımlara rastlanmaktadır. Birim Çalapkulu (1980) tarafından adlandırılmıştır. Piritli yerlerin alterasyonu sonucu limonitleşmeler ve mermerlerde demir boyamaları çok yer kaplamaktadır. Bolkardağı şistlerini üzerinde uyumlu olarak örten Bolkardağı mermerlerinin üzerine ise, tektonik dokanak ile gelen Alihoca ofiyolitleri ya da açılı bir uyumsuzlukla gelen Tersiyer yaşlı sedimanter veya volkano sedimanter birimler yer almaktadır. İnceleme alanımızın büyük bir kısmı Bolkardağı mermerleri ile kaplıdır.



Şekil 3.3. Gri renkli kalın tabakalı bol çatlaklı ve kırıklı Permo-Triyas (PTbm) yaşlı Bolkardağ mermerleri.

3.3.4. Alihoca ofiyolitleri

Alihoca Ofiyoliti, peridotit, serpantinit, gabro, diyabaz, spilit gibi kayalardan oluşmuştur. İnceleme alanı dışında Alihoca Köyü batısından başlayıp, doğuya doğru 1-2 km genişlikte bir şerit şeklinde yüzeyleyir. Tipik olarak Madendere vadisinin Alihoca Köyü civarında ve Çiftehan Çayı (Çakıt Çayı) vadisinde gözlenir. Katrancı Köyü'nün doğusunda çoğunlukla serpantinit ile peridotit, batısında ise gabro ve diyabaz egemendir.

Alihoca Ofiyolit Masifinin Pozantı-Karsantı Ofiyolit Masifi ile ilişkili olarak oluştuğu ve onun batıdaki uzantılarından olduğu sanılmaktadır (Şişman ve ark., 1981).

Alihoca Ofiyolit Masifinin kendisinden daha yaşlı birimlerle olan dokanakları tektoniktir. Masifin üstüne genellikle Maestrihtiyen-Alt Paleosen yaşlı Kalkankaya Formasyonu uyumsuz olarak gelir. Ancak yersel olarak da Kampaniyen yaşlı Kırmızı Kireçtaşının konglomera ile birlikte masif üzerine geldiği gözlenmiştir.

Alihoca ofiyolitinin yerleşim yaşı Kampaniyenden sonradır. Bu veriler ışığında birimin yaşı Geç Kretase olarak verilmiştir. Alihoca ofiyolitleri Orta Toros kuşağında yer alan Karsantı, Karaman ve Başyayla (Aladağlar) vb. ofiyolit kütleleri ile aynı yerleşim yaşına sahip olup, aynı özelliklerdedir (Özgül, 1976; Çalapkulu, 1980; Temur, 1989).

3.3.5. Kalkankaya formasyonu

Çifttehan'ın güneyinde doğu-batı yönlü ince bir şerit halinde, Maden Deresi yamaçlarında ve Horozköy yolu girişi ile Ağcabel Mevkii'nde yüzeylenen Kalkankaya Formasyonu tipik olarak Maden Deresi içinde Kalkankaya'da ve Ağcabel Mevkii'nde görülür.

Birim genellikle kireçtaşı ve çakıлтаşıdan oluşur, ilk olarak, Alihoca köyünün güneybatısındaki Kalkankaya tepesine göre Blumenthal (1956) tarafından adlanmıştır. Daha sonra Çalapkulu (1980) ve Demirtaşlı ve ark., (1975) aynı adı kullanmışlardır. Egemen litolojisi kireçtaşı olan formasyon tabanda kırmızı renkli kırıntılı (çakıлтаşı, kumtaşı) kayalarla başlar; üste doğru bol rudist ve loftusia fosillerini içeren kireçtaşları olarak devam eder. Tabandaki çakıлтаşı düzeyi kırmızı ve tane desteklidir. Ofiyolitli kaya, çört ve rekristalize kireçtaşı çakılları kapsar. Çakıllar genellikle orta boyda olup, fazla yuvarlaklaşmamıştır.

Kalkankaya formasyonu tabakaları çoğunlukla dike yakın eğimde ve ters dönmüşlerdir. Horoz Köyü yolu girişinde kendi içinde, Alihoca Köyü civarında ofiyolit kayaları ile beraber antiklinal şeklinde kıvrımlanmış birim, karmaşık kayalar ve ofiyolitik kayalar üzerinde uyumsuz olarak bulunur. Paleosen-Alt Eosen yaşlı kayalar tarafından da uyumsuz olarak örtülür.

3.3.6. Horoz granodiyoriti ve yan kayaları

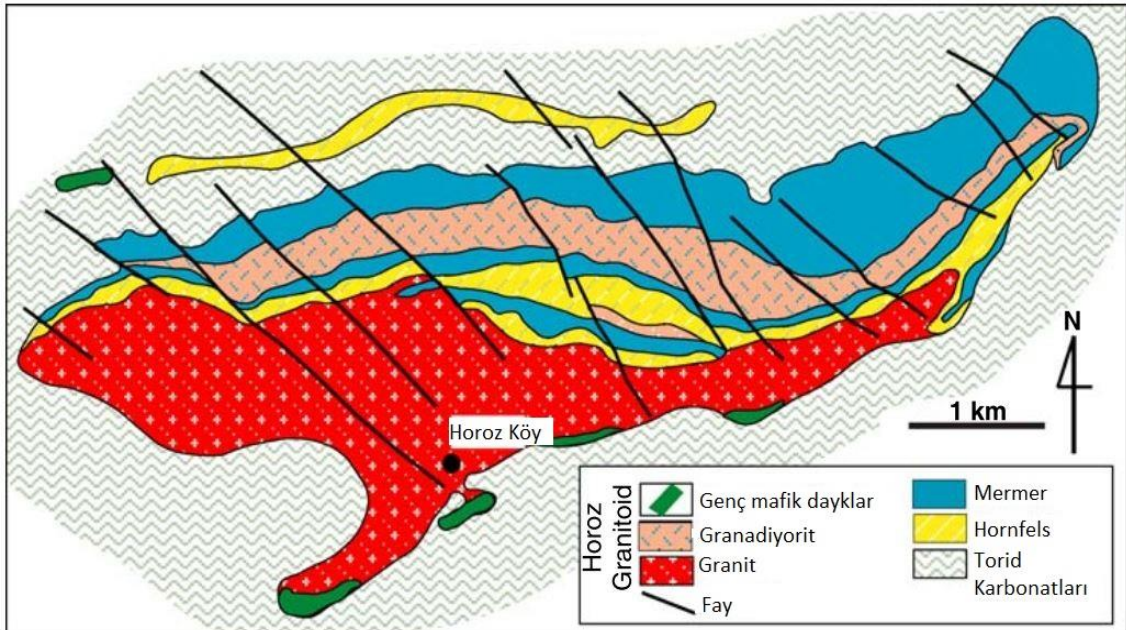
Horoz granit-granodiyoriti, Horozdere vadisinde yaklaşık 8 km uzunlukta ve en az 2 km kadar genişlikte olabilen bir alan içinde yüzeylenir. Granit-granodiyorite ait damar kayaları ise Horozdere vadisinden başlayıp, Madenköy'e kadar uzanan 3-4 km genişlikteki bir zon içinde görünür (Şekil 3.4). Yanında bulunan alt mermerler, Bolkardağı şistleri, Bolkardağı mermerleri granodiyorit tarafından kesilmiştir. Horoz granodiyoriti Bolkardağı antiklinaline göre asimetric yerleşimlidir.

Granit-granodiyorit ile ilgili olarak oluşan damar kayalarının çoğunluğu bu kütlede uzanım eksenine paralel olup doğu-batı doğrultuludurlar. Bazen bu damar kayaları stok (kafa) şeklinde gözlenir. Damar kayaları arazi çalışmalarında ve makroskopik ayrımlara göre kuvarsporfir olarak adlandırılmıştır. Petrografik analizler sonucu bunların dasit, riyodasit, riyolit oldukları saptanmıştır (Şişman ve ark., 1981).

Damar kayaçları alt mermerler, Bolkardağı şistleri, Bolkardağı mermerleri, Alihoca ofiyolitleri ve Kalkankaya formasyonunu kesmektedir. Horoz Plütunu, genel olarak granit ve granodiyoritik kayalardan oluşmaktadır. (Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Horoz köyü yakınında yüzeylenen gri ince taneli, silisleşmiş Horoz granodiyoriti.



Şekil 3.5. Horoz plütunun jeolojik haritası (Kadioğlu ve Dilek, 2010'dan değiştirilerek alınmıştır).

3.3.7. Delimahmutlu formasyonu

Taban konglomeraları ve fliş fasiyesinde gelişmiş kayaçlarla temsil edilen formasyon genellikle Maden deresinin güney yamacında, Alihoca ve Sulucadere arasında gözlenmektedir. Formasyonunun egemen litolojisini çakıltası, kumtaşı ve kireçtaşı oluşturur. Yukarı doğru dereceli olarak kumtaşlarına ve kumlu-killi kireçtaşlarına geçmektedir (Alan ve ark., 2007) Kendisinden yaşlı olan formasyonları açılı bir uyumsuzlukla örten Formasyonlara ait kireçtaşlarından elde edilen nummulitler Lütesiyen (Orta Eosen) yaşını vermektedir (Şişman ve Şenocak, 1982).

3.3.8. Taraça çökelleri ve yamaç molozları

Birim çalışma sahasında Horoz deresi ile Maden Deresinin yamaçlarında iyi gelişmiş, olarak görülür. Taraçayı oluşturan konglomera 0.4-100 cm arasında değişik boylarda, orta yuvarlanmış çakıllı, kumlu ve kireçli dayanımsız çimentolu, bazen çok kötü boylanmalı, iyi belirgin olmayan çok kalın tabakalıdır. Konglomeranın çakıllarının çoğunluğunu mermer, az olarak şist, kuvarsporfir ile bölgedeki diğer kayaçların parçaları oluşturur. Sulucadere yamaçlarında kalınlıkları 5-10 m arasında değişen üç taraça seviyesi göze çarpar. Horoz deresi içinde ise 60-70 m kalınlığa ulaşır (Şekil 3.6). Bunların yaşı Erken Kuvaternerdir. Alüvyonlar ise dere içinde ve kenarlarda görülmektedir. Bunların her ikisi de Kuvaterner yaşlı olup, oluşumları devam etmektedir (Şişman ve Şenocak, 1982). İnceleme alanında Horoz Deresi ile Maden deresinin güney yamaçlarında iyi görülür. Birim içindeki çakıl ve blokların çoğunluğu Bolkardağ mermerine ait parçalardır. Az olarak şist parçaları da vardır. Bu çakıl ve bloklar, 1 m'ye kadar olabilen çok değişik boyda ve köşelidir. Bazen zayıf kireçli bir çimento ile tutturulmuşlardır. Yamaç molozları yaklaşık 10 m kalınlıktadır.



Şekil 3.6. Horoz köyü yakınındaki taraça çökelleri (beyaz sınırlar arasında) ve Horoz Deresi (mavi kesikli çizgi),bu deredeki çakıllar yöre tarafından değerlendirilmektedir.

3.4. Yapısal Jeoloji-Tektonik

Çalışma sahasında, Permo-Triyas yaşlı Bolkardağ mermer ve şisti, eksenini doğu-kuzeydoğu, batı-güneybatı yönünde uzanan ve kuzeye devrik olan bir antiklinal oluşturacak şeklinde kıvrımlanmıştır. Horoz köy civarında ve Horoz dere boyunca antiklinal eksenini aşmış ve antiklinalin kuzey kanadı altında doğu-batı yönünde yerleşmiş Horoz Granit-Granodiyoriti açığa çıkmıştır. Permiyen yaşlı mermer ve şistler, Permo-Triyas yaşlı Bolkardağ mermer ve şistleri üzerine güneyden kuzeye doğru itilmişlerdir. İtilme hattı, Eşme, Öküz çukuru ve Çadır tepeler ile Karayalım tepe güneyi ve Asmacık derenin güney yamaçlarını izleyerek Katrancı dağına ulaşmaktadır. Çadır tepe civarında şaryajın eğimi 30 derece ile güneydir. Bolkardağ mermeri içinde güneyden kuzeye doğru itilmelerin oluşturduğu düşük eğimli (40-60 derece) ve genelde doğu-batı doğrultulu ters faylanmalar bulunmaktadır. Çalışma sahasında Esen Madencilik işletmesine ait galerilerin içinde bulunduğu Bolkardağ mermerinde iyi gelişmiş eklem takımları izlenmiştir.



Şekil 3.7. Horoz granodiyoriti ile ilişkili bir porfir daykının (Kpd) bir fay hattı boyunca yerleşerek Bolkardağ mermerlerini (PTbm) kestiği görülmektedir. Çalışma alanı içerisinde bulunan Horozoğlu Deresi, (sol altta) ve terkedilmiş ocaklara ait yapılan çalışmalar (sağ üst köşede).



Şekil 3.8. Geç Kretase’de tektonik dokanakla yerleşen Alihoca ofiyoliti (Kaof) karışığı yer almaktadır. Alihoca ofiyoliti Bolkardağ mermerine (Pbm) tektonik dokunakla gelmektedir (kırmızı hat dokanak).

3.4.1. Uyumsuzluklar

İnceleme alanı ve çevresinde Üst Kretase (Kampaniyen) yaşlı konglomera-kumtaşı-kırmızı kireçtaşı, Üst Maestrihtiyen - Alt Paleosen yaşlı Kalkankaya Formasyonu, Paleosen-Alt Eosen yaşlı volkanik ara katkılı konglomera-kumtaşı-kireçtaşı-marn-tüf ardalanması, Orta Eosen (Lütesiyen) yaşlı konglomera-kireçtaşı ve volkanik ara katkılı kumtaşı-marn ardalanması ve Kuvaterner yaşlı konglomera birimlerinin tabanında belirgin olarak uyumsuzluk görülür. Permo-Triyas yaşlı Bolkardağ mermer ve şisti Horoz granit-granodiyoriti tarafından kesilmiştir.

3.4.2. Kıvrımlar

İnceleme alanındaki sedimanter ve volkanik-sedimanter kökenli kayalarda kıvrımlanmalar belirgin olarak gözlenebilmiştir.

Permiyen yaşlı mermer-şistler eksenleri genellikle doğu-batı yönünde olan düzgün antiklinal ve senklinaller oluşturur. Yalnızca bu birimin kuzeyinde bulunan senklinal ekseninin Karasivri Tepe (1937m) dolaylarına kadar doğu-batı yönlü olduğu daha doğu da ise kuzeydoğuya yöneldiği izlenmiştir (Şişman ve ark. 1981). Senklinal ekseninin bu şekilde dönmesinin, Ecemiş Koridorunun oluşumu sırasında etkin olan kırılma tektoniği ile ilgili olduğu sanılmaktadır.

Antiklinal eksen, Medetsiz Tepe (3524 m), Kopukgöl Tepe (3441 m), Tırnaklar Tepe (3049 m), Öküzçukuru Tepe (2787m) ve Çadır Tepe (2049 m) dolaylarında iyi izlenir. Horoz köy civarında ve Horoz dere boyunca antiklinal eksen aşınmış ve antiklinalin kuzey kanadı altında doğu-batı yönünde yerleşmiş olan Horoz Granit-Granodiyoriti açığa çıkmıştır.

Karmaşık kayaçlarda bir kıvrımlanmaya rastlanılmamıştır. Ancak fazlaca karışmış, düzensiz, küçük boyutlarda kıvrımcıklar görülebilmektedir.

Üst Kretase-Alt Paleosen yaşlı Kalkankaya Formasyonu genel olarak eksenini doğu batı yönünde uzanan dik ve dar bir antiklinal şeklinde bir kıvrımlanma gösterir. Bu antiklinal Alihoca Köyü'nün 2-3 km batısından başlayarak doğuya doğru 15 km kadar uzanır. Antiklinalin eksenini boyunca bütünüyle aşınması ofiyolit yüzeyleşmelerini açığa çıkarmış ve Kalkankaya Formasyonu antiklinalin kuzey ve güney kanatları olarak kalmıştır. Horoz derenin Çiftehane çayına birleştiği noktadan 1 km kadar güneyinde ise birim, düzensiz mantar şeklinde bir antiklinal biçimi gösterir. Burada Kalkankaya Formasyonu kuzey ve güney sınırları boyunca faylanmış (Blumenthal, 1956).

3.4.3. Faylar

Sahada Permiyen yaşlı mermer ve şistler, Permo-Triyas yaşlı Bolcardağ mermer ve şistleri üzerine güneyden kuzeye doğru bindirilmişlerdir (Şişman ve ark., 1981).

Bindirme hattı, Eşme Tepe (2904 m), Öküzçukuru Tepe (2787 m), Çadır Tepe (2049 m), Karakalım Tepe (2238 m) güneyi ve Asmacık derenin güney yamaçlarını izleyerek Katrancı Dağı'na (2206 m) uzanmaktadır. Bindirmenin iyi izlenebildiği yerler Çadır Tepe ile Öküzçukuru Tepe civarlarıdır. Bu kesimlerde bindirme hattındaki kayaçlarda zayıf ezilmeler görülmektedir. Çadır Tepe (2049 m) civarında bindirmenin eğim açısı 30° ile eğim yönü güneydir (Şişman ve ark., 1981).

Bolkardağ mermeri içinde güneyden kuzeye doğru bindirmelerin oluşturduğu düşük eğimli (40° - 60°) ve çoğunlukla doğu-batı doğrultulu ters faylanmalar da izlenilmiştir.

Sahada gözlenen karmaşık kayaçların Bolkar mermeri ile dokanağı tektoniktir. Bu dokanağın güney yönlü bindirmelerle kökensel ilişkili olduğu daha sonraki aşamalarda bugünkü durumunu aldığı sanılmaktadır.

Karmaşık kayaçların ofiyolit ile olan dokanağının da iyi gözlenememekle birlikte tektonik olduğu düşünülmektedir.

Çalışma sahasındaki kayaçlarda kırılma tektoniği etkileri ile oluşan fay sistemleri yaşlıdan gence doğru kabaca aşağıdaki gibi gururlandırılabilirler;

1. D - B doğrultulu ve dik eğimli,
2. K 30 B doğrultulu ve dik eğimli,
3. K 30-40 E doğrultulu ve 50° - 70° GD eğimli,
4. K - G doğrultulu ve 60° D - 90° eğimli,

1-) D - B doğrultulu ve dik eğimli faylar: Bu grup faylar diğerlerinden daha yaşlı olup, en iyi gözlemlendikleri yerler Horoz derenin Çiftehan Çayına birleştiği noktada yüzeylenen Kalkankaya Formasyonunun kuzey ve güney sınırları ile Kayserilinin Dere'dir. Bu fayların doğrultusu genellikle doğu-batı, eğimleri ise dike yakın veya 80° ' ye kadar kuzey ve güneyedir.

2-) K 30 B doğrultulu ve dik eğimli faylar: Çalışma sahasında daha az olarak gözlenen bu grup faylar özellikle Maden Köyü' n güneyinde Bolkardağ mermeri içindeki mineralize kesimlerde yoğunluk kazanır.

1. ve 2. grup faylar Bolkardağ cevherleşmesi ile yakından ilgilidir. Bunlar cevherleşmeden önce veya cevherleşme ile birlikte oluşmuşlardır.

3-) K 30-40 D doğrultulu ve 50° - 70° GD eğimli faylar: Oldukça yaygın olarak izlenen bu tür fayların çoğunluğunda doğu blok kuzeye bindirilmiştir. Bunların Ecemiş Koridorunun oluşması ile ilgili oldukları sanılmaktadır.

4-) K - G doğrultulu ve 60° D - 90° eğimli faylar: Bu faylar genellikle K - G doğrultulu ve az uzanımlıdır. Bazen doğrultusu 15° - 20° 'ye kadar batı veya doğuya olabilir. Diğer fay gruplarından daha gençtirler. 3. ve 4. gruptaki faylar cevherleşmeden daha sonraki evrelerde oluşmuşlardır.



Şekil 3.9. İnceleme alanında görülen düşük eğimli (44° güneyden kuzeye doğru bindirme hattı, sol köşede görünen (kırmızı okla) ocak doğal havalandırma galerisi.

3.4.4. Eklemler

İnceleme alanında Bolkardağ mermerinde ve Horoz Granit-Granodiyoritinde iyi gelişmiş eklem takımları izlenmiştir. Bunlardan alınan ölçülere göre yoğunlaşan doğrultu ve eğim dereceleri aşağıdaki gibidir.

Mermer; K 50-60 D doğrultulu ve 60° - 70° GD eğimli

K 40-50 B doğrultulu ve 70° - 80° GB eğimli

K 40-50 D doğrultulu ve 60° - 70° GD eğimli

Granit-Granodiyorit; K 40-50 B doğrultulu ve 80° - 90° GB eğimli

K 10-20 B doğrultulu ve 70° - 80° GB eğimli

K 70-80 D doğrultulu ve 70° - 80° GD eğimli

Bolkardağ ve yöresinde güneyden kuzeye doğru gelen kuvvetlerin etkisi fazlaca izlenir. Bu kuvvetlerin etkisi ile bölgede bir sıkışma oluşmuştur (Şekil 3.9). Bu durum Permian yaşlı mermer ve şistlerin, kuzeye doğru Bolkardağ mermer ve şistleri üzerine bindirilmeleri, Bolkardağ antiklinalinin kuzeye devrik olması, Maden köy - Koçak köyü-

Çiftahan dolaylarındaki Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı birimlerdeki tabakalanmaların çok dik ve ters dönmüş olmaları ile kıvrımların dik veya devrik olmaları açıklar (Şişman ve ark.,1981).

ZAMAN	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	KUVATERNER				Konglemera, kumtaşı, killi kireçtaşı ardalanması Alüvyon
	NEOJEN	PLİYOSEN			Uyumsuzluk
	PALEOJEN	EOSEN	ORTA	DELİ MAHMUTLU	Kumtaşı, çamurtaşı, çakıltı, kireçtaşı
			ERKEN	HOROZ GRANODİYORİTİ	Açılı Uyumsuzluk Horoz Granodiyortu
		PALEOSEN	ERKEN	KALKANKAYA	Kireçtaşı, kumtaşı, çakıltı Uyumsuzluk
MESOZOYİK	KRATESE	GEÇ	ALİHOCA OFİYOLİTİ		Peridotit, serpantinit, gabro, diyabaz
					Tektonik dokanak Ofiyolitik melanj Tektonik dokanak
PALEOZOYİK	PERMİYEN-TRİYAS		KOÇAKKALE		Cevherleşme Diyorit Porfir Dayk
					Rekristalize kireçtaşı, dolomit Kalkışist, şist, Bolkar Mermeri

Şekil. 3.10. İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş dikme kesiti (Şişman ve Şenocak, 1981'den değiştirilerek alınmıştır).

3.5. Çalışma Alanın Jeolojisi

Geç Kretasede Neo Tetis okyanusunun Anadolu'daki güney kolunun kapanması ile birlikte inceleme alanı ve çevresi hemen hemen bugünkü konumuna ulaşmıştır. Alpin orojenezi ve Lütésiyen sonrasında bölgede ortaya çıkan sol yanal atımlı Ecemiş Fayı, Bolkardağlarında yer alan kayaç gruplarının tektonik hareketlerden önemli ölçüde etkilenmesine ve sonuçta da faylı, bindirmeli, devrik yapıların ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

Bu sırada başlıca KB-GD ve K-G yönlü tektonik hatlar ve KB-GD, KKB-GGD yönünde uzanan kıvrımlı yapılar ortaya çıkmıştır. Halen etkileri devam etmekte olan aktif tektonik hareketler sonucunda sünek davranamayan gevrek kayaç grupları özellikle de karbonat ve silisi-klastik kayaç grupları çok kırıklı, faylı, breşik zonlu ve blok faylanmalı bir yapısal özellik kazanmışlardır. Bu türden tektonik hareketlerin etkileri özellikle Ecemiş Fayı'na yakın olan kesimlerde çok daha belirgin olarak gözlenmektedir.

Ecemiş Fayı'nın hemen batı bitişiğinde Orta Torosların doğu sınırında yer alan inceleme alanında Bolkardağ Birliği kapsamında yer alan Permo-Triyas yaşlı karbonat kayaçlar mostra vermektedir. Rijit karakterli bu birimler maruz kaldıkları yoğun tektonik hareketlerle birlikte çatlak, kırık, fay ve breşik-ezik zon gibi hem cevher yerleşimi hem de karstik süreçler için gereksinim duyulan iyi gelişmiş bir drenaj sistemi ve cevher yerleşimi için açık boşluklu bir yapı kazanmışlardır. Bu süreksizliklere tektonik hareketler sırasında açılarak yer yer geçirgen bir yapı kazanan tabaka düzlemleri de eklenebilir.

Bölgede karbonat kayaçların varlığı ve yaygınlığının yanı sıra söz konusu kayaçların kazanmış oldukları tektonik alt yapı ve drenaj sistemi hem bölgedeki cevher yerleşimi hem de ilerleyen süreçlerde birincil cevher kütlelerinin yan kayaçları ile birlikte karstlaşmaları sırasında çok önemli bir rol oynamıştır.

İnceleme alanı ve yakın çevresinin yükselerek mostra vermesi sonucunda etkisini gösteren karstik süreçler Bolkardağ mermerlerinin hem mostra yüzeylerinde hem de süreksizlikler boyunca derinlere doğru süzülen meteorik suların etkisiyle iç kesimlerinde tektonik kontrollü karst sistemlerinin gelişmesini sağlamıştır. Bunun sonucunda da bölgede çeşitli ölçeklerde lapyra, dolin, uvala ve düden gibi çok sayıda karstik yüzey şekilleri ile birbirleriyle bağlantılı yer altı karst sistemlerini oluşturan düşey ve yatay yönde gelişmiş erime boşlukları-mağaralar ve yer altı akarsu ağları ortaya

çıkmiştir. Günümüzde de bu karstik faaliyetler bütün hızıyla devam etmektedir. Bölgede halen aktif birçok karst kaynağının bulunması bunun en belirgin delilleri arasındadır.



Şekil 3.11. Öküzgözü Tepe (3160 m yükseklik) civarından Geç Kretase’de yerleşmiş olan Alihoca ofiyolitli karmaşığına (Kaof) bakış, Kızıltepe işletmesinin batı tarafında kalmaktadır (beyaz sınırlar içerisinde).

Çalışma alanındaki cevherleşmeler, Koçakkale formasyonunun rekristalize kireçtaşlarında yer almaktadır. Şişman ve Şenocak (1981) tarafından Bolkardağı mermeri olarak isimlendirilen Koçakkale formasyonu, eksenini doğu, kuzeydoğu-batı, güneybatı yönünde uzanan ve hafifçe kuzeye devrik bir antiklinalin kuzey kanadında yer almakta ve cevherleşmenin bulunduğu yerlerde kireçtaşlarında yer yer çökme breşleri görülmektedir.

Bolkardağı cevherleşme zonu Maden köyü güneyinden, doğuda Kızıltepe ve Suluca dereye kadar uzanmakta olup, yaklaşık 7 km uzunluk ve 1- 3 km genişliktedir. Bu birliğe ait birimler ise rekristalize kireçtaşı, şist, kalkışist ve kuvarsitlerden oluşan Karbonifer yaşlı Ardıçlıpınar formasyonu; üzerine uyumlu olarak gelen Erken Permian yaşlı girvanellalı rekristalize kireçtaşı ile kalkışistten oluşan Çiğdemgölü Formasyonu; alttaki birimleri uyumlu olarak üzerleyen başlıca rekristalize kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşından oluşan Geç Permian yaşlı Karlığın tepe formasyonu; başlıca şist, kalkışist, rekristalize kireçtaşı ile temsil edilen, alttaki birimler üzerine geçişli olarak gelen Erken-Orta Triyas yaşlı Kocatepe formasyonudur. Çalışma alanında görülen farklı litolojik özellikleri verilen bu birlikler ve dilimler, Tersiyer yaşlı Ereğli-Ulukışla havzasına ait

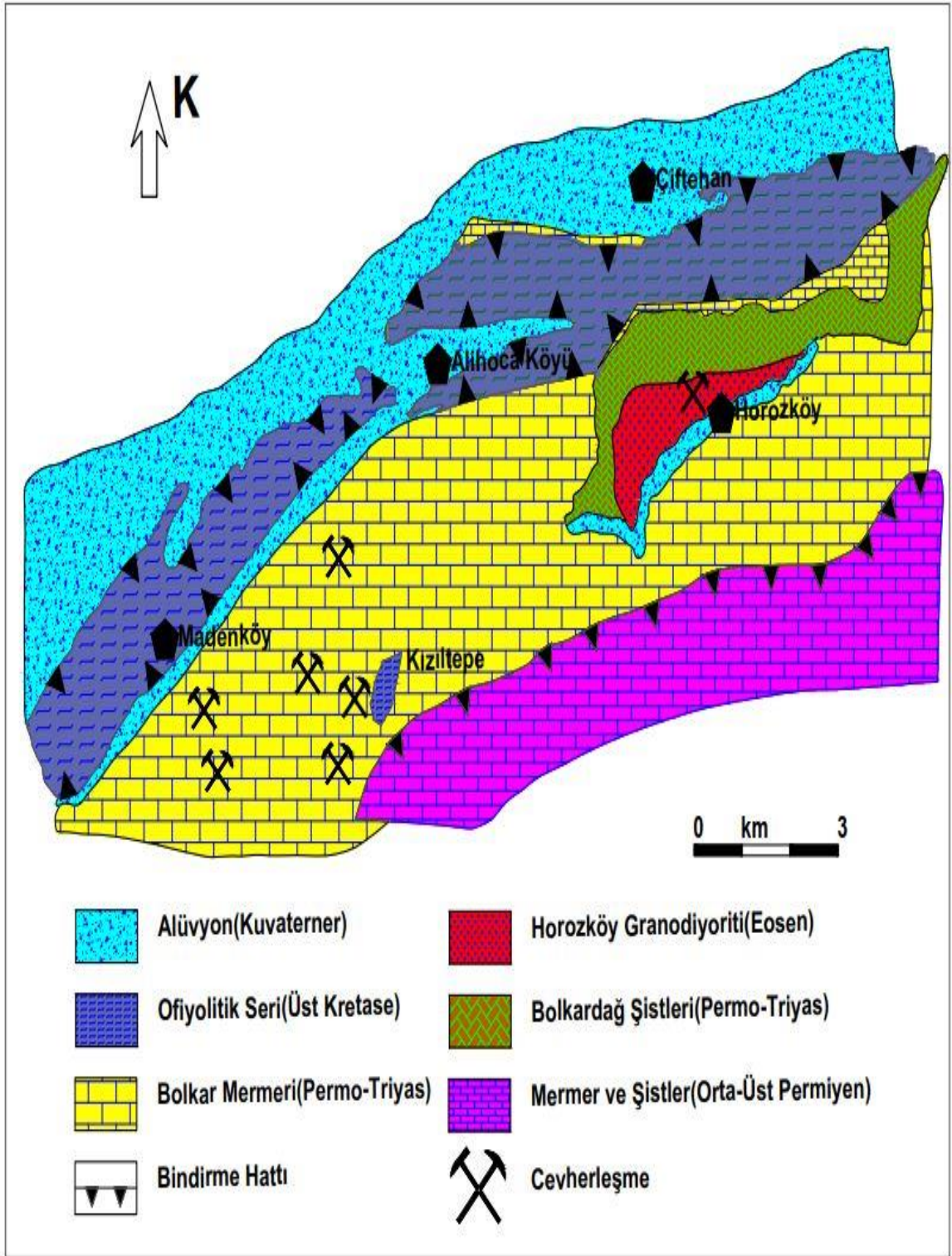
birimler tarafından örtülür (Alan ve ark., 2007). Bu birimler, Paleosen-Orta Eosen yaşlı, çakıltası, kumtaşı, killi kireçtaşı, marn, spilitik lav, aglomera ve kireçtaşı bloklarından oluşan Halkapınar formasyonu ve bu birimin üzerine uyumsuz olarak gelen kumlu çakıl taşı ve çakıl taşından oluşan Orta- Eosen yaşlı Delimahmut formasyonlarıdır. Ayrıca, bölgede Orta Eosen öncesi birimleri kesen ve cevherleşmeye kaynak olan granadiyorit ve granitten oluşan Paleosen-Erken Eosen yaşlı Horoz Granitoidi de bulunmaktadır.

Granit ve granadiyorite ait damar kayaçları (kuvars porfir olarak adlandırılmış) Horoz köyden başlayıp Maden köye kadar uzanan 3-4 km'lik bir zon içinde görülmektedir (Şişman ve Şenocak, 1981). Bunlar, inceleme alanında cevherleşmenin bulunduğu Koçakkale formasyonuna ait rekristalize kireçtaşlarını da kesmektedir. Kuvars porfirlerin yan kayaçlar üzerindeki kontakt etkileri az ve/veya çok azdır.

Cevherleşmelerin yakınlarında bulunan saçınımlı pirit içeren kuvars porfirler, yüzeysel suların etkisi ile yer yer killeşmiştir (kaolinleşmiştir). Horoz granadiyoritine bağlı hidrotermal sıvıların, Koçakkale formasyonuna ait rekristalize kireçtaşları ile ofiyolit melanj dokanağındaki kontakt zonda oluşan breşik zonda etkin olarak bu zonu silisleştirdiği (listvenitleştirdiği) belirtilmiştir (Çevikbaş ve Öztunalı, 1991). İnceleme sahasındaki tüm birimler, Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tarafından üzerlenmektedir.



Şekil 3.12. Şişman ve Şenocak (1981) tarafından Bolkardağı mermeri olarak isimlendirilen Koçakkale formasyonu, kuzeye devrik bir antiklinalin kuzey kanadında yer almaktadır (yükseklik 2200 m).



Şekil 3.13. Çalışma alanının jeoloji haritası (Çiftçi ve Demirören,2011;Özbek 2014'den değiştirilerek alınmıştır).

4. MADEN JEOLJİSİ VE CEVHERLEŞME

Permo-Triyas yaşlı karbonat kayaçlarından oluşan Bolkardağı kuzeye devrik bir antiklinal olup, eksenini KD-GB istikametindedir. Cevherleşme bu antiklinalın kuzey kanadında bulunmaktadır. Cevherleşme süperjen zenginleşme ve hipojen cevherleşmenin kalıntıları şeklindedir. Hipojen cevherleşme daha sonra gelişen tektonik süreçler ve karstlaşma sonucunda bozulmuştur.

İkincil cevherler ise birincil cevher minerallerinin atmosferik şartlar altında hem fiziksel hem de oksidasyon, hidrasyon ve sementasyon gibi kimyasal ayrışma süreçleri sonucunda oluşan ikincil cevher minerallerinin birbirleriyle bağlantılı karstik boşluklar içerisinde dolaşan yer altı suları tarafından taşınarak uygun yerlerde depolanması ile ortaya çıkmışlardır. İnceleme alanındaki mineralizasyon, tektonik kontrollüdür.

Mineralizasyon Bolkardağ mermerindeki antiklinalın kuzey kanadı boyunca yoğunlaşmıştır. Bolkardağ mermerinin, karmaşık kayaçlarla olan dokanağında (D-B yönlü fay) mermer içinde, bazen tabakalanma ile uyumlu olabilen yaygın mineralizasyona rastlanmaktadır. Özellikle sülfidli (birincil) cevherleşmelerin bulunduğu yerlerde mermer ve kuvarsporfir ayrılmıştır. Ayrışmanın kuvvetli olduğu ve aynı zamanda cevherleşmelerin bulunduğu yerlerde mermer fazlaca silisleşmiş ve bazen de breşleşmiştir. Kuvarsporfir de ise kaolinleşme, az silisleşme ve piritleşme görülür. Birincil cevher oluşumu en az dört evrede gerçekleşmiştir. Bu evrelerde kalsit ve kuvars dörder, pirit ve dolomit üçer, sfalerit, kalkopirit, fahlerz ve siderit ise ikişer defa tekrarlanmışlardır. Ayrıca ana mineralizasyondan sonra etkin olan ve Orta Eosen yaşlı kayaçların kıvrımlanmasını sağlayan sıkışma tektoniği sonucunda da birincil cevherler kısmen rekristalize olarak pirit, sfalerit, galenit ve markasit gibi minerallerin yeniden kristallenmeleri sağlanmıştır (Temur, 1991, 1992).

İnceleme alanındaki cevherleşmeler şu şekilde sınıflandırılabilir.

1. Birincil Cevherleşmeler
2. İkincil Cevherleşmeler

1-) Birincil Cevherleşmeler: Kızıltepe cevher yatağında birincil cevher kütlelerini esas olarak pirit, galenit, fahlerz ve sfalerit gibi sülfidli mineral toplulukları oluşturmaktadır. Saçınımlı, masif, breşik, bantlı yapılarda görülen ve düzensiz sınırlı cevher damar ve kütlelerini oluşturan bu birincil cevherler oluşum süreci sırasında ve/veya sonrasında çok evreli tektonik hareketlerden etkilenmişlerdir. Bu nedenle cevher

kütleleri yan kayaçları ile birlikte çok çatlaklı-kırıklı ve breşik bir yapı kazanmışlardır. Gang mineralleri olarak kuvars, kalsit, dolomit bulunur.

2-) İkincil Cevherleşmeler: Birincil sülfidli cevherlerin yüzeysel ayrışması sonucunda oluşmuşlardır. Karstlaşma açısından büyük bir avantaja sahip olan yan kayacın karbonat bileşiminin yanı sıra, meteorik suların derinlere doğru kolayca süzülebilmesine imkân veren süreksizliklerin yaygınlığı, karstik suların birincil sülfidli cevher kütlelerinin kolayca ayrıştırılarak ikincil cevherlere dönüştürülebilmesine ve karbonat yan kayaçların da kolayca karstlaştırılabilmesine neden olmuştur. Böylece birincil cevher kütleleri genellikle toprağimsi, koloidal laminalı-bantlı çökel, kırıntılı bantlı-tabakalı çökel, konsantrik sarıımlı, kabuğumsu, bol kovuklu yer yer böbreğimsi bazen de sarkıt-dikit şekilli limonit-götit-lepidokrosit-hematit, beyudantit gibi ikincil demir ve Mangan oksit-hidroksit ile serüzit, simitsonit, hidrozinkit ve anglezit gibi ikincil Zn-Pb karbonat ve sülfat mineral topluluklarına dönüşmüşlerdir.

Bu süreçte yan kayaç bileşiminde yer alan kalsit ve dolomitlerin bir kısmı da çözünerek ortamdaki taşınarak karstik boşlukların oluşmasına imkân vermişler, bir kısmı da oluşan karstik boşlukların yüzeylerinde, çatlak ve kırıklarında yeniden çökmek suretiyle genellikle sarkıt ve dikit, bazen kabuğumsu böbreğimsi çökel yer yer de çatlak, kırık ve boşluk dolguları şeklinde izlenen güncel ışınal demetler halinde kristallenmiş olan aragonit minerallerinin çökmesini sağlamışlardır. Aragonitlere yer yer ikincil kalsit kristallerinin eşlik ettiği de görülmektedir.

Birincil cevher kütleleriyle birlikte onları kapsayan karbonat yan kayaçların birlikte ayrışması ve karstlaşması sonucunda birincil ve önceden oluşmuş ikincil cevherlerden türeyen kırıntılı materyaller yeni oluşmuş ve/veya oluşmakta olan karst sistemi içerisindeki kanal, boşluk ve mağaralar zincirinde yanal ve düşey yönlerde kısa veya nispeten uzun sayılabilecek mesafeler boyunca taşınarak uygun yerlerde yeniden çökmek suretiyle karst sedimanları şeklinde izlenen karstik cevher çökellerini oluşturmuşlardır. Bu süreçte karbonat yan kayaçlar içerisinde nispeten düzenli bir konumda bulunan birincil cevher kütlelerinin şekli ve dağılımı önemli ölçüde bozularak karmaşık bir hal almıştır. Yer altı su tablasının mevsimsel olarak alçalıp yükselmesine bağlı olarak da birincil cevher kütlelerinin derin kesimlerinde henüz ayrışmamış birincil sülfidli cevher kütleleri gözlenirken sıg kesimlerine doğru yükseldikçe önce simitsonit-serüzit ağırlıklı ikincil karbonatlı Zn-Pb cevherleri daha sonra da limonit-götit ağırlıklı oksitli cevherler görülür.

Yüzeysel ayrışma ve iç karstlaşmanın ilk evrelerini takip eden yapısal hareketler sonucunda genellikle birincil cevher kütlelerinin üst kesimlerinde ortaya çıkan otokton karakterli süperjen kökenli ikincil cevherler yeni gelişen çatlak-kırık ve faylanmalarla birlikte ilksel yapı, doku ve konumlarını büyük ölçüde kaybetmişlerdir. Böylece ortaya çıkan kısmen yatay ve/veya düşey yönlü yeni yer altı drenaj sistemi boyunca yeniden etkili olmaya başlayan yüzeysel ayrışma ve karstlaşma süreçleriyle birlikte önceden oluşmuş ayrışma ve karstlaşma ürünü ikincil cevherler yukardan aşağı doğru süzülen ve karst sistemi içerisinde akmakta olan sularla taşınarak uygun yerlerde yeniden çöktürmüşler ve böylece de allohton kökenli ileri derecede ayrılmış ve Au ve Ag gibi bazı cevher yapıcı bileşenlerce zenginleşmiş olan yer yer laminalı, bantlı ve tabakalı sedimanter yapılar, bazen koloidal ritmik çökme yapıları, bazen de kırıntılı sedimantasyon ve dereceli çökme yapıları gösteren birbirleriyle iç içe geçmiş çok evreli iç karstlaşma ürünü ikincil cevher çökellerini oluşturmuşlardır.

Yüzeysel ayrışma ve karstlaşmanın başlangıç aşamasında birincil cevher kütleleri ayrılarak ve karstlaşarak genellikle otokton konumlu ikincil karbonatlı-sülfatlı ve oksitli cevherlere dönüşerek birincil cevherlerin ayrışma zonlarını oluşturmuşlardır. Bu süreçte yer altı su tablasının alçalıp yükselmesi de önemli rol oynamıştır. Buna bağlı olarak oksidasyon ve sementasyon zonları gelişmiştir. Bu aşamada koloidal-kırıntılı taşınma süreçlerinin etkileri pek fazla olmamıştır. Ancak daha sonra ortaya çıkan tektonik hareketlerle birlikte yapısal dengesi yeniden bozulan bölgede mevcut ayrışma-karstlaşma sisteminde tekrardan canlanan ayrışma ve karstlaşma süreçleri önceden oluşmuş ikincil karbonatlı-sülfatlı ve oksitli cevherlerin ilksel konum, yapı ve dokularını bozarak onların fiziksel olarak parçalanmasına çok çatlaklı-kırıklı-faylı ve breşik bir yapı kazanmasına sebep olmuştur. Böylece ortaya çıkan yeni yer altı drenaj sistemi içerisinde hareket eden yer altı suları uygun bir karst sistemi oluşturmak üzere mevcut ikincil cevher ve birincil cevher ve yan kayaca ait ortaya çıkan kil-blok boyutundaki materyalleri taşımış ve yeniden depolamışlardır.

Yapılan saha çalışmaları ile birlikte yöredeki Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb cevherlerinin Horoz granodiyoriti ile ilişkili diyorit porfir daykları tarafından da kesilmiş olan Bolkardağ mermerleri içerisinde yer aldıkları görülmüştür. Gri-koyu gri ve açık gri renklerde gözlenen Permo-Triyas yaşlı Bolkardağ mermerleri kalın tabakalı, bol çatlaklı ve kırıklı olup yer yer breşik yapıdadırlar (Şekil 4.1, 4.2).



Şekil 4.1. Arka planda Horoz granodiyoriti ile ilişkili bir diyorit porfir daykının (Kpd) bir fay hattı boyunca yerleşerek Bolkardağ mermerlerini (PTbm) kestiği görülmektedir. Karbonat kayalara göre yüzeysel ortam şartlarına karşı daha dayanımsız olan diyorit porfir daykı ayrışarak erozyona uğraması nedeniyle topoğrafyada derin bir hendek şeklinde gözlenen çok belirgin bir çukurluk oluşturmuştur. Ön planda ise arka taraftaki Bolkardağ mermerleri içerisinde açılmış olan maden galerilerinden üretilen ve ağırlıklı olarak da ikincil cevher stoklarında elle triyaj işlemi yapan madenciler gözlenmektedir.

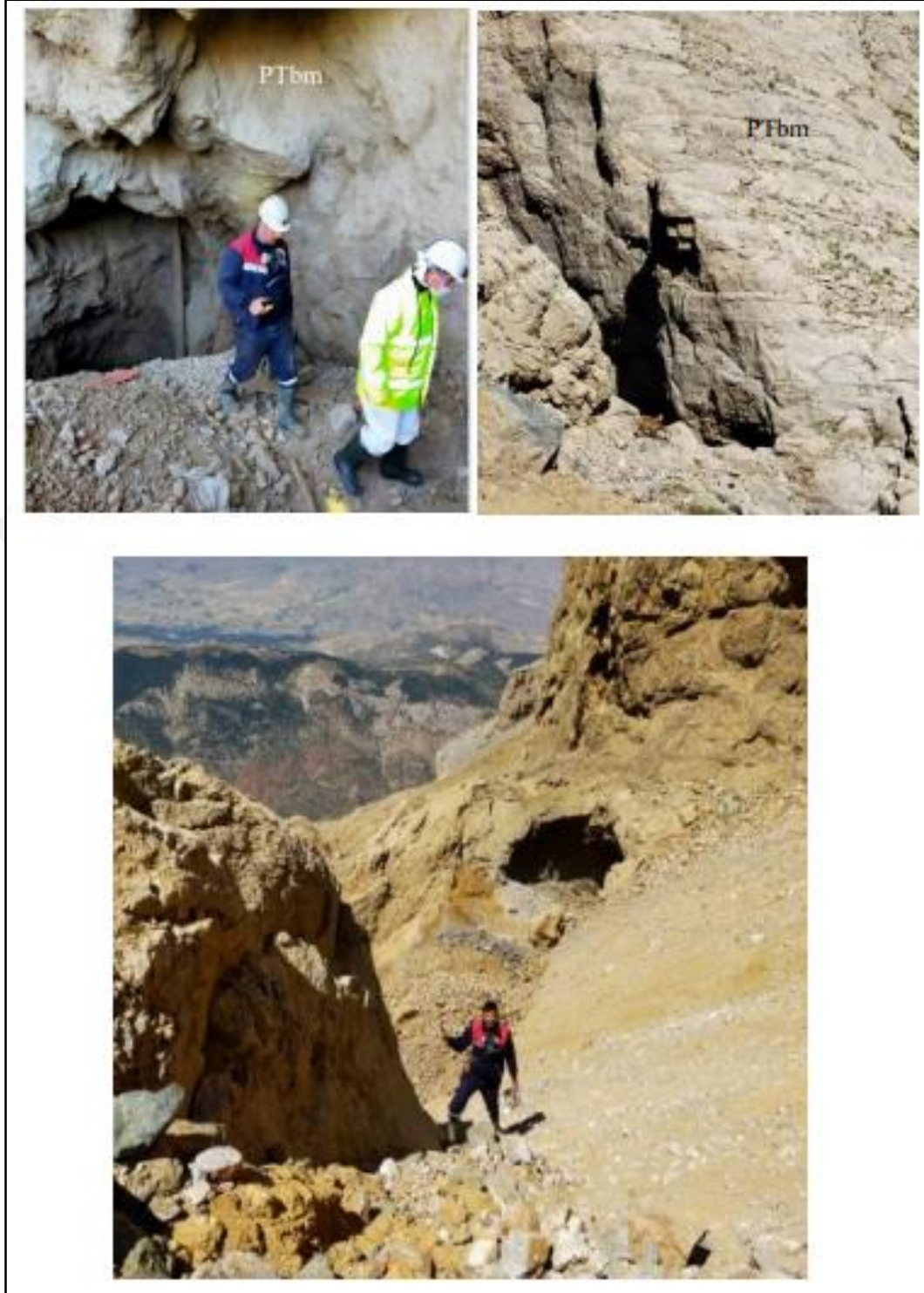


Şekil 4.2. Gri renkli kalın tabakalı bol çatlaklı, dilimli ve kırıklı Permo-Triyas (PTbm) yaşlı Bolkardağ mermerleri.

Birincil cevher kütleleri tektonik hatlar, breşik zonlar, tabaka düzlemleri ve karstik boşluklar içerisinde depolanmışlardır. Cevher yerleşimi genellikle ornatım ve/veya açık boşluk dolgusu şeklindedir. Cevherli zonların etrafında yer yer 10-15 m genişliğe ulaşan sarımsı kahve-gri renkli alterasyon zonları oluşmuştur (Şekil 4.3, 4.4). Bu verilere göre incelenen Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb cevherlerinin tektonik kontrollü, litoloji seçimli ve epijenetik karakterli olduğu söylenebilir.



Şekil 4.3. Bolkardağ mermerlerinde (PTbm) cevherli zona yakın bir kesimde gözlenen çok ezikli breşik ve sağ alt köşede de karstik yan kayaç yapısı ile cevherleşme sırasındaki hidrotermal alterasyon süreçlerine işaret eden sarımsı kahve-gri renkli alterasyon zonları.



Şekil 4.4. Bolkardağ mermerleri içerisinde oluşmuş karstik boşluklardan (mağaralardan) bazılarının görünümü. Geçmiş dönemlerde madencilik faaliyetlerinin bir kısmı bu karstik mağaralardan girilerek yapılmıştır (Üstteki iki resim). Cevherleşmeye yakın kesimlerde gözlenen sarımsı kahve renkli hidrotermal alterasyon zonları ve eski bir işletmeye ait galeri girişi karstik mağara (alttaki resim).

Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağında yan kayacı temsil eden Bolkardağ mermerlerini keserek yerleşmiş olan yaklaşık 5 m kalınlığında bir diyorit porfir daykı yer almaktadır.

Ayrıca bu daykın karbonatlarla olan dokanakları boyunca, birkaç cm-dm kalınlığında killeşmiş bir alterasyon zonu görülür (Şekil 4.5). Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağında cevherli zonları kapsayan Bolkardağ Birliği'ne ait Bolkardağ mermerlerinin bölgeye Geç Kretase'de yerleşmiş olan Bozkır Birliğine ait Alihoca ofiyolitli karışığı tarafından tektonik bir dokanakla üstlendiği görülür (Şekil 4.6).



Şekil 4.5. Bolkardağ mermerlerini (PTbm) sıcak dokanakla keserek yerleşmiş olan diyorit porfir daykının (Kpd) yakından görünümü. Yaygın olarak soğuma çatlak ve kırıkları kapsayan yaklaşık olarak 5m genişliğindeki daykın dokanakları boyunca kalınlığı 5-15 cm arasında değişen bir killeşme zonu görülmektedir. Kireçtaşlarına göre yüzeysel ortam şartlarında daha hızlı ayrılan diyorit porfir daykının üst taraftan itibaren erozyona uğraması sonucunda topografyada çok belirgin 1-5 m derinliğinde bir hendek morfolojisi oluşmuştur.



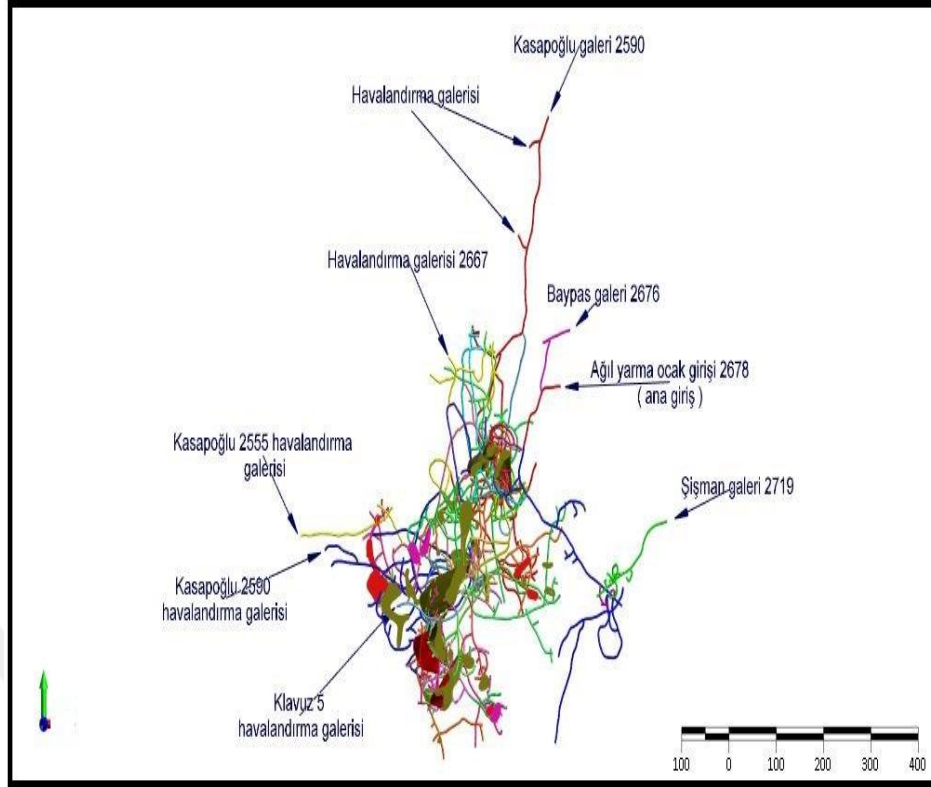
Şekil 4.6. Kızıltepe (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağında Bolkardağ birliği içerisindeki devrik antiklinalin kuzey kanadında yüzeyleyen Permo-Triyas yaşlı Bolkardağ mermerleri (PTbm) içerisinde açılmış olan galeri girişlerinin görünümü (Ga-Beyaz oklar, KD'dan GB'ya bakış). Bolkardağ mermerlerinin üzerinde de bölgeye Geç Kretase'de yerleşmiş olan Bozkır Birliğine ait Alihoca ofiyolitli karışığı yer almaktadır (Kaof).

Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb maden yatağında özel bir madencilik şirketi tarafından jeolojik ve jeokimyasal etütler, sondaj çalışmaları, yarma ve yer altı galeri çalışmaları ile hazırlıklar yapıldıktan sonra yer altı üretim çalışmalarına başlanılmıştır (Şekil 4.7). Kızıltepe maden ocağında arama ve üretim hazırlıkları aynı anda devam etmektedir.



Şekil 4.7. Kızıltepe işletmesi yeraltı ocak girişi, ocak girişi 2680 m yükseklikte olup birbirinden bağımsız giriş çıkışları bulunmaktadır.

Üretilen cevherin net rezerv ve tenörü ancak yer altında yapılan jeolojik etütler ile elde edilen bilgiler ışığında, yapılan kılavuz ve arama galerileri ve üretim esnasında net olarak ortaya çıkarılmaktadır. Eski imalat boşluklarının jeolojik etüt çalışmaları ve yer altı etüt çalışmaları ve arama faaliyetleri ile görülen cevher zonlarının görünür ya da muhtemel rezervleri hesaplanabilmektedir. Ancak bu hesabın doğruluk payı % 60 kadardır. Maden ocağında üretim ocak içerisinde zonları takip ederek galeri sürerek üretim yapılmaktadır. Ocak içerisinde üretim katları oluşturularak üretim çalışmalarına devam edilmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Ocak içerisindeki yapılan çalışmalar 3 boyutlu programlara işlenerek yapılan ve yapılacak olan çalışmaların takibi yakından incelenmektedir. Her renk yeraltındaki farklı bir galeriyi temsil etmektedir (Micromine 2020 programı).

Yıl içerisinde mevsim şartlarına göre tüvenan oksitli cevher üretimi gerçekleşmekte olup günümüze kadar tüvenan oksitli cevher üretimi gerçekleşmiştir. Üretim esnasında yer yer sülfürlü cevher ile karşılaşılıp üretimi yapılmaktadır. Bu sülfürlü cevherin kendisini izole edip oksitlenmediği düşünülmektedir. Yüksekliği 3000 m'yi bulan bölgede çok soğuk ve kar yağışlı geçen kış nedeniyle, üretim faaliyetleri her yıl yaklaşık olarak altı ay süresince, özellikle yaz kısmen de bahar ve sonbahar aylarında yapılabilmektedir. Yılın geri kalan kesiminde ise bölge karlarla kaplı olduğundan işletme faaliyetlerine ara verilmektedir. Üretim galeriler boyunca gerekli görülen yerlerde ahşap tahkimat destekli olarak deliciler, sondajlı tespit çalışmaları, patlatma, kazıcılar, yükleyiciler, taşıyıcılar kapsamındaki madencilik ekipmanları ile 24 saat üç vardiyalı çalışma sistemine göre devam ettirilmektedir (Şekil 4.9, 4.10).



Şekil4.9. Kızıltepe maden yatağında açılmış olan galeriler içerisinde gözlenen ahşap tahkimatlar (sol ve sağdaki şekiller). Soldaki galeri tavanında yan kayaç parçalarını içeren breşik ve masif yapılı birincil hematit cevheri ile sağdaki şekilde galeri aynasında ikincil nitelikteki toprağımsı limonitik karstik cevherlerden numune alım çalışmalarından görüntüler.



Şekil 4.10. Üretim panolarında elde edilen madeni lastikli yer altı yükleyicilerle yükleme noktalarına taşınmaktadır.

Mağaralar özellikle Bolkardağ mermerindeki zayıf zonlar olan, tabaka, fay ve diğer kırıklar boyunca gelişmiştir. Birincil cevher damarlarının bulunduğu zayıf zonlar boyunca dolaşan yeraltı suları mermeri eriterek karstik boşluklar oluştururken, oksitlenmiş ve parçalanmış cevherleri de yakınında oluşmuş karstik mağara boşluklarına doğru taşıyarak biriktirmiştir. İnceleme alanındaki altın ve gümüşlü kurşun-çinko

cevherleşmesi, Horoz granit-granodiyoriti ile ilişkili ve kuvarsporfir damarlarının yerleşimi sırasında başlamıştır. Birincil cevherleşmenin oluşumundan sonraki evrelerde ikincil cevher oluşumları başlamıştır. Orta Eosen (Lütesiyen)'den sonra Bolkardağın yükselmesi sürecinde başlayan bu ikincil oluşumlar günümüze kadar devam etmiştir (Şişman ve Şenocak, 1981).

Hem galerilerde hem de cevher stoklarında yürütülen saha çalışmaları sonucunda birincil cevherlerin Bolkardağ mermerleri içerisinde yer alan tektonik hatlar boyunca gözlenen breşik zonlar ve karstik boşluklar içerisinde daha çok ornatım, kısmen de dolgu biçiminde yerleştikleri görülmüştür (Şekil 8A ve B). Makro düzeyde yapılan saha gözlemlerine göre birincil sülfidli cevherlerin başlıca pirit, galenit, sfalerit, fahlerz, kuvars ve kalsit-dolomit gibi mineral topluluklarından oluştuğu görülmüştür. Yan kayacı oluşturan Bolkardağ mermerleri içerisine esas olarak dolgu ve ornatım biçiminde yerleşmiş olan birincil cevherlerin breşik, masif, saçınımlı ve yer yer de bantlı yapılarda olduğu görülmektedir (Şekil 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15).

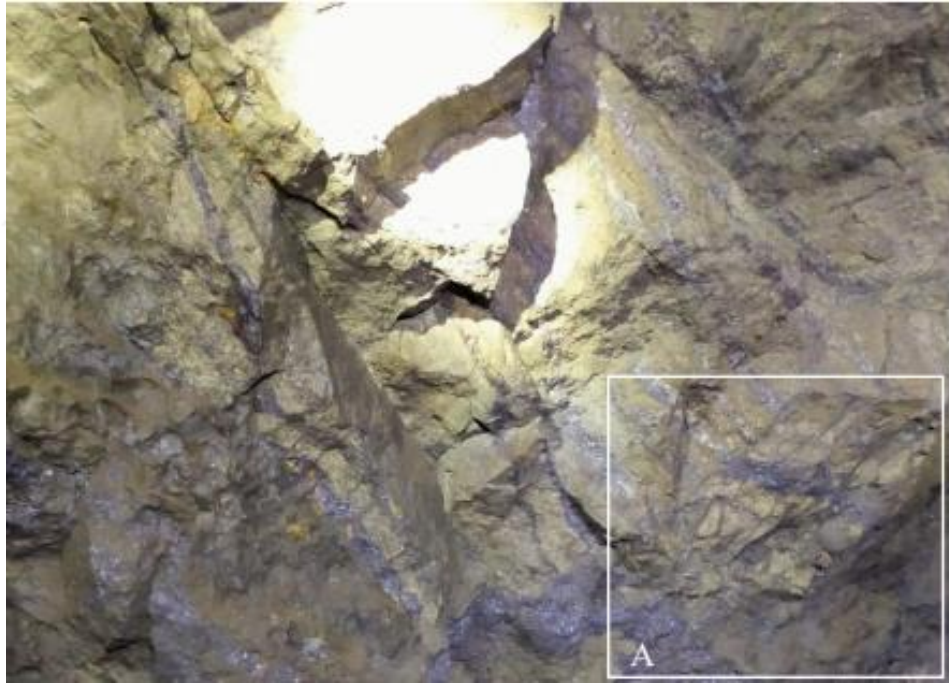
Galenit cevher kütlelerini oluşturan galen kristallerinin iri (2-5mm) ve ince (1mm) taneli olmak üzere iki farklı boyutta galen kristallerinin oluşturduğu görülmektedir (Şekil 4.16). Piritler masif ve saçınımlı olarak hem yan kayaç içerisinde hem de galenitler içerisinde gözlenebilmektedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.11. Tektonik hatlar boyunca ortaya çıkan breşik zonlar içerisine ornatım ve dolgu biçiminde yerleşmiş olan cevherlerin görünümü. A. İnce taneli birincil galenit-fahlerz ve ikincil hematit-götit cevherleri ve içerisinde kenarlarından itibaren kısmen ornatılmış olan karbonat yan kayaç (Bolkardağ mermerleri) parçaları görülüyor. B. Çok ezikli bir fay zonu boyunca dolgu biçiminde yerleşmiş saçınımlı pirit cevherlerinin yüzeysel ayrışma ve iç karstlaşma süreçleriyle birlikte sarımsı kahve renkli limonite dönüştüğü görülüyor.



Şekil 4.12. Bolkardağ mermerlerini ornatarak yerleşmiş olan yeşilimsi sarı renkli masif-saçınımlı birincil demir sülfürlü (pirit) cevher kütlesi içerisinde, ince taneli-masif, mavimsi gri renkli Pb-Sb-As sülfürlü (galenit+fahlerz) mineraller tarafından oluşturulmuş kısmen ağsal yapılı birincil cevher damarları.



Şekil 4.13. İçerisinde yan kayacın tabakalı yapısı ayırt edilebilen ve yan kayacı ornatarak yerleşmiş olan yeşilimsi sarı renkli masif-saçınımlı yapılı birincil demirli sülfür (pirit) cevher kütleleri içerisinde görülen bol çatlaklı, kırıklı ve yer yer de breşik yapılı zonlar içerisine dolgu ve ornatım biçiminde yerleşmiş olan mavimsi gri renkli ince taneli-masif Pb-Sb-As sülfür cevher (galenit+fahlerz) cevher damarları. Birincil demir sülfür cevher kütlelerinin çok çatlaklı-kırıklı ve breşik yapısı, muhtemelen cevherleşme sürecinde etkili olan tektonik hareketler ya da basınçlı sıvı çıkışlarına bağlı patlamalar sonucunda ortaya çıkmış olmalıdır.



Şekil 4.14. Yeşilimsi sarı renkli masif-saçınımlı pirit cevher kütlelerinin içerisine çatlak ve kırık dolguları ya da ornatım biçiminde yerleşmiş olan mavimsi gri renkli masif-ince taneli galenit+fahlerz minerallerinden oluşan cevher damarları ve bunlar içerisinde yer alan kirli beyaz renkli kalsit+kuvars topluluğu (kırmızı oklar). Bu fotoğrafta iki evreli cevher yerleşimi ile birlikte tipik bir breşik-ağsal cevher yapısı da gözlenmektedir.



Şekil 4.15. Kalkopirit-pirit-galenit ve yer yer kalsit (sağ alt köşe) kapsayan ince taneli masif yapıları birincil sülfürlü cevher.



Şekil 4.16. Yeşilimsi sarı renkli ince taneli masif yapılı pirit+kalkopirit (?) cevher kütlelerinin (P+Kp) ince taneli masif yapılı koyu gri renkli ince taneli galenit+fahlerzler (?) tarafından oluşturulan cevherler (G+F) tarafından ornatılması (beyaz oklar).



Şekil 4.17. Koyu gri renkli ince taneli masif galenit+fahlerzler ve sarımsı yeşil renkli saçınımlı pirit+kalkopirit (?) lerce zengin seviyelerin oluşturduğu ve yer yer faylarla atılmış bantlı birincil cevher yapısı.



Şekil 4.18 Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağından alınan ve sol alt taraftan sağ üst köşeye doğru iri taneli galenit-ince taneli pirit-ince taneli galenit-ince taneli pirit-galenit ve iri taneli galenit bölümlerini kapsayan masif+bantlı yapı örnekleri sunan birincil sülfürlü cevher numunesi. Düzensiz beyaz renkli minerallerin büyük çoğunluğu kalsit, bir kısmı da kuvarstır.



Şekil 4.19. Şeklin alt kesiminde belirgin dilinimli iri kristalli galenit (kurşun grisi), kataklastik kırılımlı pirit (sarı renkli) iri kristalli sfalerit (vişnemsı renkli) ve düzensiz dağılımlı kalsitlerin (beyaz renkli) masif yapılu birincil sülfürlü cevher yapısı içerisinde birbirleriyle olan ilişkisi. Şeklin sağ üst kesimine doğru tane boyu küçülmüş sarımsı renkli piritik ve daha sonra da yine ince taneli galenit ve tekrar pirit zonları görülmektedir. Dolayısıyla bu örnekte kısmi bir bantlı yapı örneği de görülmektedir.

Birincil cevherlerle birlikte gözlenen ve yüzeysel ayrışma süreçlerinin yanı sıra karstik süreçlerle de yakından ilişkili oldukları anlaşılan ikincil cevherler genellikle sarımsı-kırmızımsı pas-kahve-koyu gri-siyah renklerde toprağımsı, kabuğımsu, konsantrik bantlı bazen de sarkıt ve dikitler şeklindedirler. Karstik boşluk çapları yer yer 10-15 m ye kadar ulaşmaktadır. İkincil cevher kütleleri de limonit, götit, simitsonit, hidrohematit, serüzit, Mn oksitler, kalsit, kuvars ve aragonit gibi ikincil mineral topluluklarından oluşmaktadırlar (Şekil 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24).



Şekil 4.20. Maden işletme faaliyetleri sırasında bir galeride ulaşılan karstik bir mağarada oluşan kırmızımsıpas,sarı kahve ve gri rekli toprağımsı-kabuğımsu yaygın olarak süperjen ornatma yapı ve dokuları gösteren genellikle yumuşak güncel ikincil cevher (limonit, götit, serüzit, anglezit, simitsonit) ve mağaranın tavanında gözlenen beyaz renkli genellikle kabuğımsu, sarkıt ve dikit şekilli aragonit oluşumları (beyaz okla gösterilen).



5.

Şekil 4.21. Üretim halindeki bir galeri aynasında gözlenen ikincil toprağımsı-kabuğımsu sarımsı kahve renkli cevherler ile koyu gri-siyah renkli cevherler ve beyazımsı renkli kalsit oluşumlarının süperjen ornatma yapılarından bir görünüm.



Şekil 4.22. İkincil cevherlerde masif-kovuklu- kabuğımsu ve kısmen de böbreğımsi yapı örnekleri bir arada görülmektedir.



Şekil 4.23. Ocak önüne çıkartılan ikincil cevher triyaj işlemi uygulanarak yüklemeye hazır hale getirilmektedir.



Şekil 4.24. Ocak önünde bekletilen ikincil cevher numune alınarak ilgili tenör aralığı belirlenmektedir. İnce taneli olduğu gibi iri takozlar halinde de bulunabilmektedir.

4.1. Mesoskopik Cevher Yapı ve Dokuları

Bu bölümde el örneği ölçeğinde laboratuvarında yapılan çalışmalar sırasında toplam 19 adet cevher örneği fotoğraflanarak karakteristik mesoskopik cevher yapı ve dokuları hakkında bilgi verilmiştir. İncelenen 10 adet birincil sülfürlü cevher örneğinde başlıca masif, bantlı ve kısmen de breşik cevher yapıları görülür (Şekil 4.25 ile Şekil 4.35 arası).

Masif yapı içerisinde yer alan ve en yaygın birincil sülfürlü bileşenlerden biri olan galenitler, ekseriyetle iri, öz şekilli ve apartman yapıli kristallerden oluşmaktadırlar (Şekil 4.25 - Şekil 4.35 arası). Galenitlere göre daha küçük kristalli olan piritler ise, genellikle masif yapıli bazen de saçınımlı piritli cevher bölümleri oluştururlar. Genellikle galenitler tarafından ornatılan piritli bölümlerde yer yer çatlak ve kırıklar boyunca yüzeysel ayrışma ve limonitleşmeler görülür (Şekil 4.27). Bazı örneklerde galenit seviyeleri ile piritli seviyeler ardalanarak bantlı cevher yapısı oluşturmuşlardır. Galenitli seviyelere göre daha ince olan piritli seviyelerin yer yer cevher oluşumu ile eş zamanlı mikro çatlak, kırık ve faylanmalarla kesildiği görülür (Şekil 4.25, 26, 27, 28).

El örneklerinde birincil sülfürlü mineral grubunda yer alan sfalerit ve fahlerz minerallerini ayırt etmek ise pirit ve galenitlere göre daha zordur. Sfaleritler bazen mat soluk kahve bazen de yeşilimsi gri renklerde öz şekilli ya da özşekilsiz kristaller halindedirler. Yer yer galenitlerin de ayrışarak beyaz renkli kalamın cevherine dönüştükleri görülür (Şekil 4.35).

İkincil sülfürsüz cevherler süperjen ayrışma ve karstlaşma süreçleri sonucunda birincil sülfürlü cevherlerden türemişlerdir. Bunlar kırmızı ve beyaz renkli kalamın cevherleri olmak üzere iki alt gruba ayrılabilirler (Şekil 4.36 ile 4.43 arası). Tamamen iç içe görülen bu alt cevher grupları birbirleriyle çok tipik süperjen ornatma dokuları gösterirler (Şekil 4.36 ile 4.43 arası).

Genellikle toprağımsı yer yer kabuğunsu-böbreğımsi, sarkıt-dikit, konsantrik sarılımlı ve laminalı, bantlı, bazen de tabakalı ve breşik yapılarda görülen ikincil sülfürsüz cevher minerallerini kesin sınırlarla birbirlerinden ayırt etmek oldukça zordur. Ancak beyaz renkli kalamın cevherleri ile kırmızı renkli kalamın cevherlerini renk farkı nedeniyle birbirlerinden ayırt etmek mümkün olabilmektedir (Şekil 4.38, 4.39, 4.42). Kırmızı renkli kalamınler kapsamış oldukları ikincil demir oksit-hidroksit

mineralleri nedeniyle genellikle kırmızımsı-sarımsı pas, sarımsı kahve, kırmızımsı kahve, koyu kahve ve siyah renklerde de görülebilmektedirler (Şekil 4.36, 4.38, 4.41, 4.42).



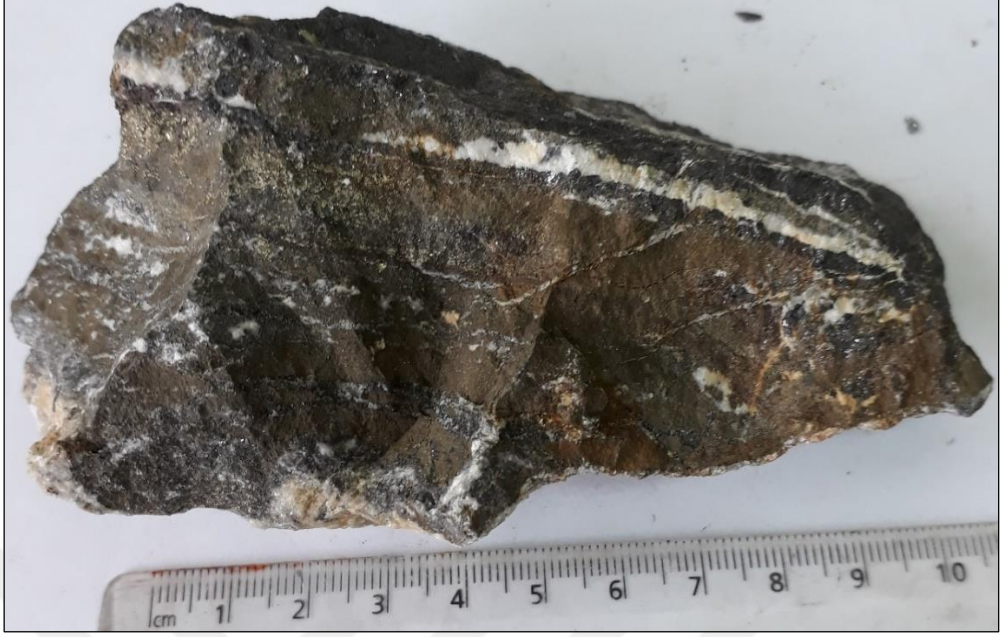
Şekil 4.25. El örneğinde alt kesimden üst kesime doğru ince-orta taneli pirit, ince-orta taneli galenit, orta taneli pirit ve iri öz şekilli galenit seviyelerinin oluşturduğu kısmi bantlı cevher yapısından bir örnek (Ölçek çizgisi 1cm'dir).



Şekil 4.26. Masif yapılı sülfürlü birincil bir cevher örneğinde alt kesimden itibaren üst kesime doğru ince taneli pirit, orta taneli galenit, ince-orta taneli pirit ve orta-iri taneli öz şekilli galenit bölümleri ayırt edilebilmektedir (Ölçek çizgisi: 1 cm).



Şekil 4.27. Bantlı yapı sunan birincil sülfürlü bir cevher örneğinde, piritçe zengin kesimlerin öncelikle ayrılarak sarımsı-kahve renkli demir oksidi-hidroksitlere dönüştükleri, buna karşın sağ alt tarafta görülen galenit ve kalsitçe zengin birincil sülfürlü cevher bölümünün henüz ayrılmadığı görülmektedir. (Ölçek: 0,5 cm).



Şekil 4.28. Sarımsı kahve renkli ince taneli piritli kesimler ile gri renkli galenitli kesimlerin oluşturduğu bantlı yapı içerisinde uyumlu olarak yer alan beyaz renkli kalsitli seviyeler ve bantlı yapıyı kesen ince genç kalsit damarları.



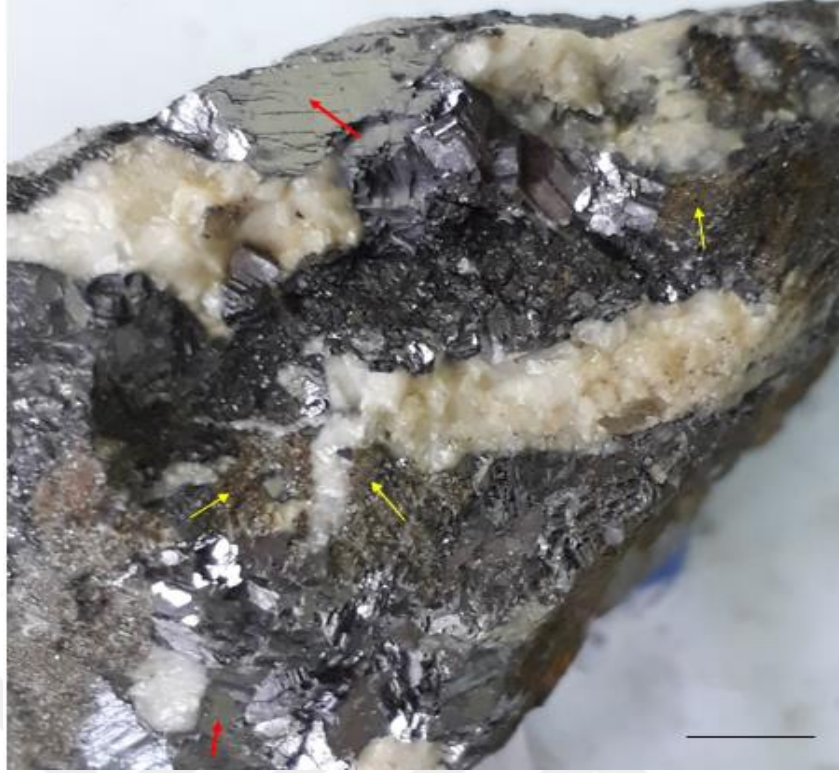
Şekil 4.29. İri öz şekilli galenit ve daha az oranda da sfalerit ve fahlerz minerallerinden oluşan masif yapılı birincil sülfürlü cevher örnekleri (Ölçek: 4 cm).



Şekil 4.30. Birincil sülfürlü cevher örneği içerisinde öz şekilli parlak gri renkli galenit kristal toplulukları ile öz-yarı öz şekilli mat beyaz kalsit kristal toplulukları arasındaki ornatma dokulu sınır ilişkisi (Ölçek: 1 cm).



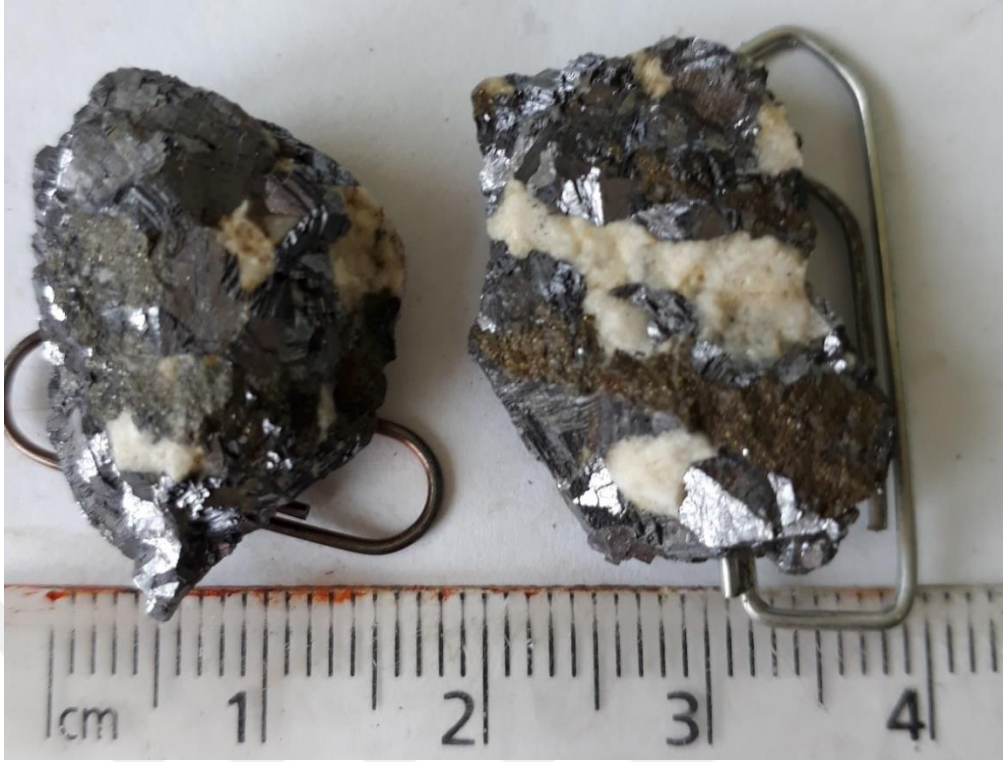
Şekil 4.31. Masif yapılı birincil sülfürlü cevher örneğinin büyük bir bölümünü oluşturan iri öz şekilli galenitler içerisinde ayırt edilebilen öz şekilli prizmatik safalerit kristalleri (sarı oklar) (Ölçek: 4 cm).



Şekil 4.32. Masif yapılı birincil sülfürlü cevher örneği içerisinde öz-yarı öz şekilli, iri kristalli, apartman yapıları parlak gri renkli galenit, soluk yeşilimsi gri renkli, öz şekilsiz, orta-iri kristalli sfalerit (kırmızı oklar), ince taneli sarı renkli kısmen limonitleşmiş pirit (sarı oklar) ve beyaz renkli iri öz-yarı öz şekilli kalsit kristal topluluklarının birbirleriyle aralarında oluşturdıkları ornatım doku örnekleri (Ölçek: 0,5 cm).



Şekil 4.33. İri kristalli ve kısmen ezikli-breşik bir yapı sergileyen birincil sülfürlü bir cevher örneğinde ezilerek özşekilli kristal yapısı kısmen veya tamamen bozulmuş galenit bölümleri içerisindeki sarımsı renkli kısmen saçınımlı pirit (sarı oklar) ve daha açık parlak beyazımsı sarı markazit (yeşil oklar) ve düzensiz sınırlı adacıklar şeklinde gözlenen kuvars (kırmızı oklar) toplulukları.



Şekil 4.34. Masif yapı, birincil sülfürlü cevher örnekleri içerisinde parlak çelik grisi renginde, öz şekilli iri galenit ve pastel gri renkli sfalerit ile birlikte bulunan kirli beyaz renkli, iri öz şekilsiz kalsit kristal ve sarımsı renkli ince taneli pirit kristal toplulukları.



Şekil 4.35. Piritli galenit-sfalerit bileşimindeki birincil sülfürlü cevher örneğinde ince-orta taneli pirit ve ayrılmış galenit-sfalerit toplulukları arasındaki gözlenen düzensiz sınır ilişkisi ve beyaz renkli sülfürsüz kalem oluşumları.



Şekil 4.36. Toprağımsı-kabuğumsu ve yer yer de kovuklu yapı gösteren ikincil sülfürsüz kırmızı kalsin cevheri örneğinde limonit, götit ve beyudandit (?) ilişkisi.



Şekil 4.37. Fotoğrafın alt kesiminde karst sedimentasyonuna işaret eden lamine-bantlı çökelme yapılarına; üst kesiminde ise toprağımsı yapıya sahip olan sülfürsüz üçüncül kırmızı kalamın cevher örnekleri.



Şekil 4.38. Muhtemelen serüzit, anglezit, götit, lepidokrosit, beyudantit, ikincil hematit gibi mineralleri kapsayan sarımsı kahve-siyah renkli, toprağımsı kırmızı kalamın cevherleri ile simitsonit-hemimorfit, mimetit gibi mineralleri kapsayan sülfürsüz beyaz renkli kalamın cevherleri arasındaki süperjen ornatım dokuları.



Şekil 4.39. Muhtemelen limonit-götit bileşimindeki sülfürsüz kırmızı kalamın cevheri ile simitsonit (kırmızı ok)-hemimorfit (siyah ok) bileşimindeki sülfürsüz beyaz kalamın cevherleri arasındaki süperjen ornatma dokuları.



Şekil 4.40. İlerleyen ayrışma ve iç karstlaşma süreçleri sonucunda toprağımsı-kabuğımsu- kovuklu sülfürsüz kırmızı kalamın cevherlerinin sülfürsüz beyaz kalamın cevherine dönüşümü.



Şekil 4.41. Muhtemelen götit-beyudandit-ikincil hematit minerallerini kapsayan masif yapılı sülfürsüz kırmızı kalemin cevher örnekleri.



Şekil 4.42. Sülfürsüz ikincil cevher örneğinde beyudandit-götit-limonit gibi mineraller içeren kırmızı kalamın cevher örneği üzerinde sıva şeklinde gözlenen ve muhtemelen hemimorfit-mimetit gibi mineralleri kapsayan sülfürsüz beyaz kalamın cevherlerinin oluşumu.



Şekil 4.43. Başlıca limonit-simitsonit ve götit-lepidokrosit gibi ikincil mineralleri kapsayan ve genellikle kabuğumsu-kovuklu-toprağımsı yapılar sunan sülfürsüz kırmızı kalamın cevher örneği

5. MİNERALojİK VE PETROGRAfİK İNCELEMELER

Saha çalışmaları ile birlikte daha önceki çalışmalarda da belirtildiği gibi Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağının Horoz granodiyoriti ile ilişkili porfir daykları tarafından kesilmiş olan Permo-Triyas yaşlı karbonat kayaçlar içerisinde yer aldığı görülmüştür. Bu nedenle bu bölümde Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağı sistemini oluşturan cevher, karbonat yan kayaç ve porfir dayk kütleleri örneklenerek makro ve mikro düzeydeki mineralojik ve petrografik özellikleri laboratuvar çalışmaları ile belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda elde edilen veriler el örneklerinin çıplak gözle makro düzeydeki laboratuvar incelemelerinin yanı sıra mikro ölçekteki ince kesit, cevher ve tarayıcı elektron mikroskopları ile XRD çalışma sonuçlarını kapsamaktadır.

4.1. İnce Kesit Polarizan Mikroskop Çalışmaları

Bu kapsamda iki adet porfir dayk ve dört adet karbonat yan kayaç el örneğinin öncelikle makro düzeydeki petrografik özellikleri belirlendikten sonra toplamda altı adet ince kesit hazırlanarak mineralojik bileşimleri, dokusal özellikleri ve ait oldukları kayaç türleri belirlenmek üzere alttan aydınlatmalı bir polarizan mikroskopta incelenmişlerdir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Mineralojik-petrografik incelemeler için porfir dayk ve karbonat yan kayaç örneklerinden hazırlanan ince kesitler.

5.1.1. Porfir dayk örneklerinin incelenmesi

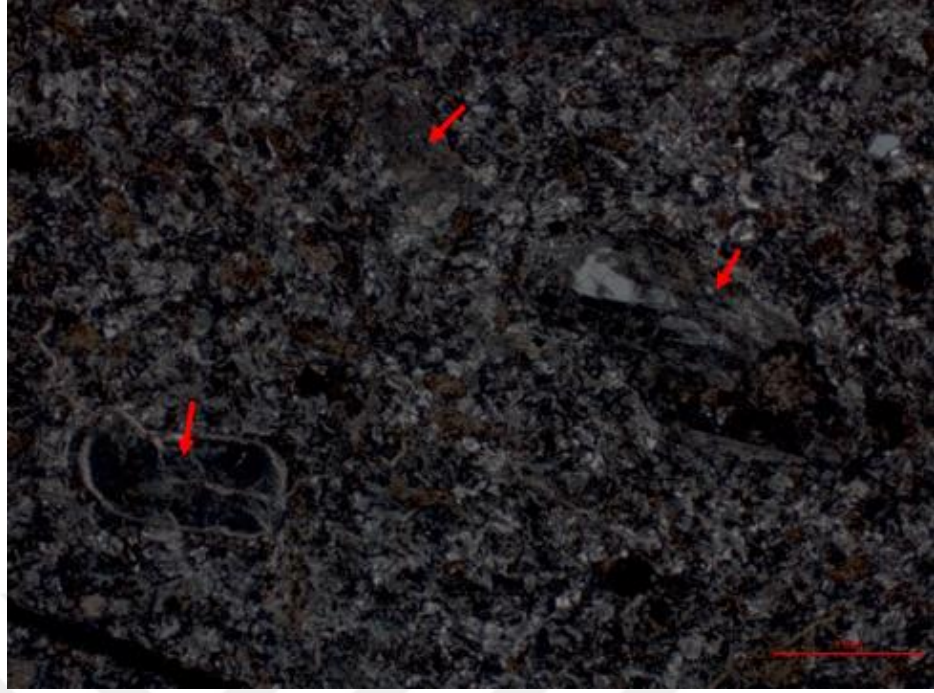
Horoz grano diyoriti ile ilişkili porfir daykları temsil etmek üzere alınan iki adet el örneği, hafifçe mavimsi gri (5B 5/1)-beyazımsı gri (N9) altere olanlar sarımsı gri renkli, orta-iri-küçük taneli, masif-tanesel ya da porfirik dokuludurlar (Şekil 5.2).



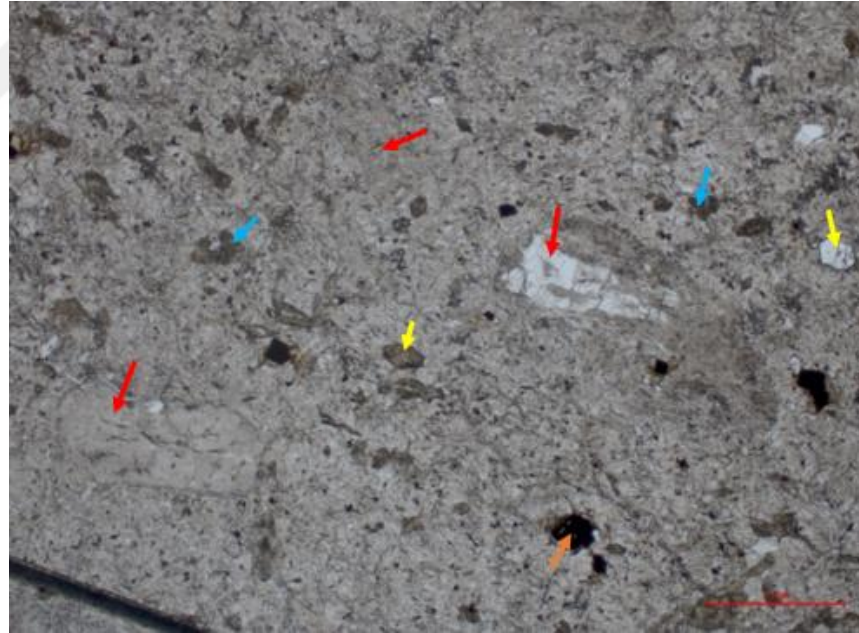
Şekil 5.2. El örneği düzeyinde porfir dayk örnekleri; sarımsı gri renkli kısmen ayrılmış porfir dayk örneği (soldaki resimde, kırmızı okla gösterilmiş), beyazımsı gri renkli (sağdaki resimde kırmızı okla gösterilmiş) ve mavimsi gri renkli (diğerleri) porfir dayk örnekleri.

Porfir dayk kütlelerini temsil eden el örneklerinden hazırlanmış olan BP1 ve BP2 kodlu ince kesitlerin mikroskopta yapılan incelemeleri sonucunda, porfir dayk örneklerinin bir hamur fazı içerisinde yer alan başlıca plajioklas, amfibol, K-feldispat ve biyotit grubu minerallerden oluştukları görülmüştür. Kayaç içerisinde tali bileşen olarak apatit grubu mineraller ile opak mineraller yer almaktadır (Şekil 5.3, 5.4, 5.5, 5.6).

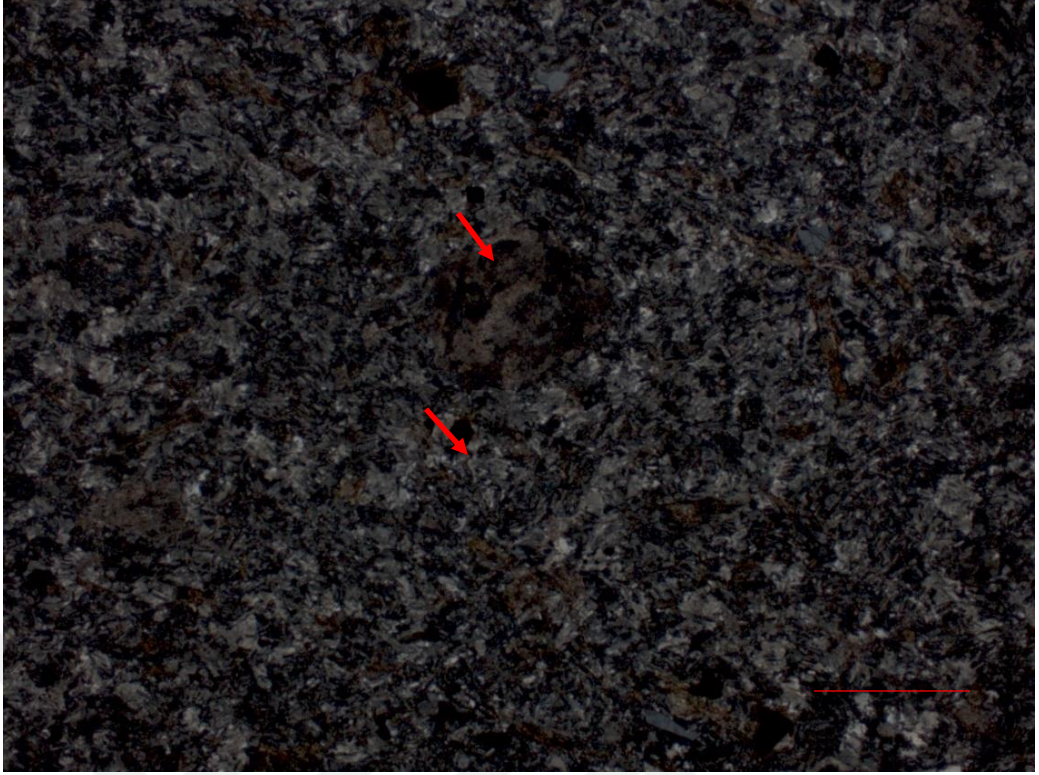
Plajioklas grubu mineraller orta-iri-küçük taneli, yarı öz şekilli prizmatik kristaller, amfibol grubu mineraller orta-küçük taneli yarı öz şekilli altıgen-levhamsı kristaller, alkali feldispat grubu mineraller orta taneli öz şekilsiz kristaller, biyotit grubu mineraller ise orta-küçük taneli levhamsı kristaller şeklindedirler (Şekil 5.3, 5.4, 5.5, 5.6). Homojen bir dağılım sunan tali bileşenlerden opak mineraller küçük taneli, apatitler ise küçük-orta taneli öz şekilsiz kristaller halinde görülürler.



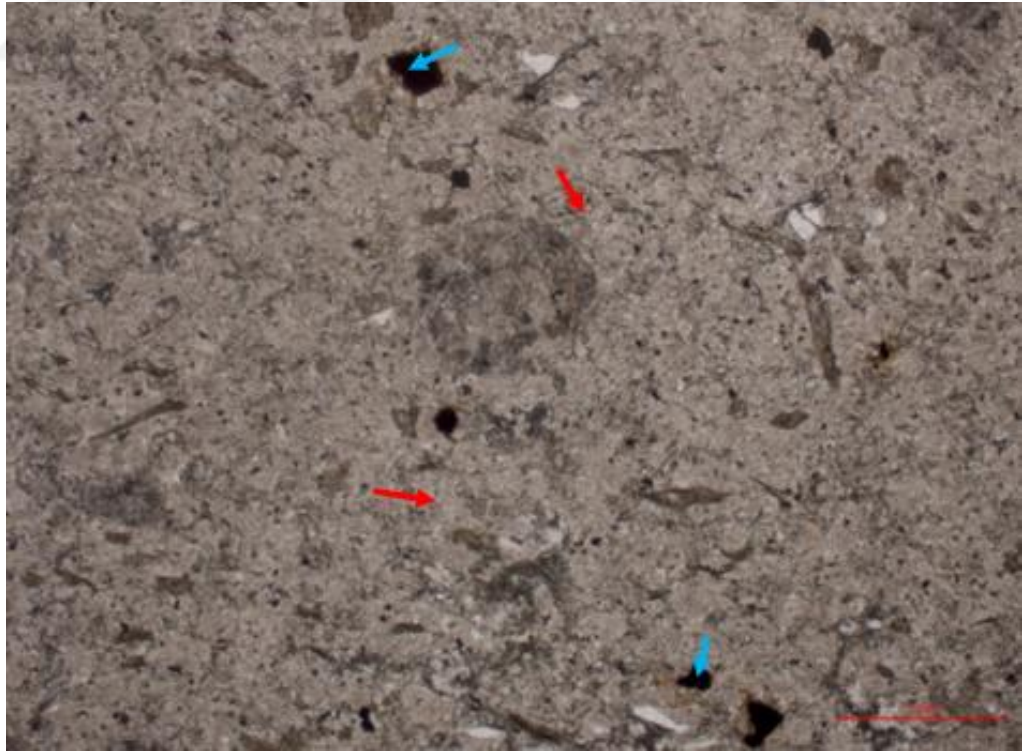
Şekil 5.3. BP1 kodlu diyorit porfir örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: Kısım ayrışarak killeşmiş ve karbonatlaşmış iri feldispat kristalleri (kırmızı oklar) (Çift Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 1 mm dir).



Şekil 5.4. BP1 kodlu diyorit porfir örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: Killeşmiş-karbonatlaşmış iri feldispatlar (kırmızı oklar), biyotit mineralleri (mavi oklar), amfiboller (sarı oklar), opak mineraller (kahve renkli ok) ve aralarındaki hamur fazı. (Tek Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 1 mm).



Şekil 5.5. BP2 kodlu diyorit porfir örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: İri feldispat kristalleri (Kırmızı oklar), (Çift Nikol, ölçek çizgisi 1 mm).



Şekil 5.6. BP2 kodlu diyorit porfir örneğinin ince kesit mikroskop görünümü (// nikol, ölçek çizgisi 1 mm), bir hamur fazı içerisinde killeşmiş-karbonatlaşmış feldispatlar (kırmızı oklar) ve opak mineraller (mavi oklar).

İncelenen dayk örnekleri mikroskobik ölçekte tipik yarı özşekilli taneseli-porfirik dokuludurlar (Şekil 5.3, 5.4, 5.5, 5.6). Plajiolit minerallerinde kısmi killeşme-karbonatlaşma görülür. Mafik minerallerde ise ileri derecede kloritleşme dikkat çekicidir (Şekil 5.3, 5.4, 5.5, 5.6). Plajiolitlerde anortit ölçümü yapılabilecek uygun mineraller bulunamamış, bu nedenle de anortit miktarları ölçülememiştir. Tüm bu veriler sonucunda incelenen her iki dayk örneğinin de diyorit porfir şeklinde adlandırılması uygun görülmüştür.

5.1.2. Karbonat yan kayaç örneklerinin incelenmesi

Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağında yan kayacı temsil eden Permo-Triyas yaşlı karbonatlardan dört adet el örneği (BY4, BY6, BY9, BY10) alınarak laboratuvarında petrografik ince kesitleri yapılmış ve alttan aydınlatmalı bir polarizan mikroskobta incelenmişlerdir.

El örneği üzerinde yapılan makro düzeydeki gözlemler, açık mavimsi gri (5B 7/1)- orta açık gri (N6), çok açık gri (N8) renklerde gözlenen karbonat kayaç örneklerinin, orta-küçük, kısmen de iri-orta-küçük taneli, granoblastik (mozaik) dokulu, homojen tane dağılımına sahip mermer niteliğinde olduklarını göstermiştir (Şekil 5.7).

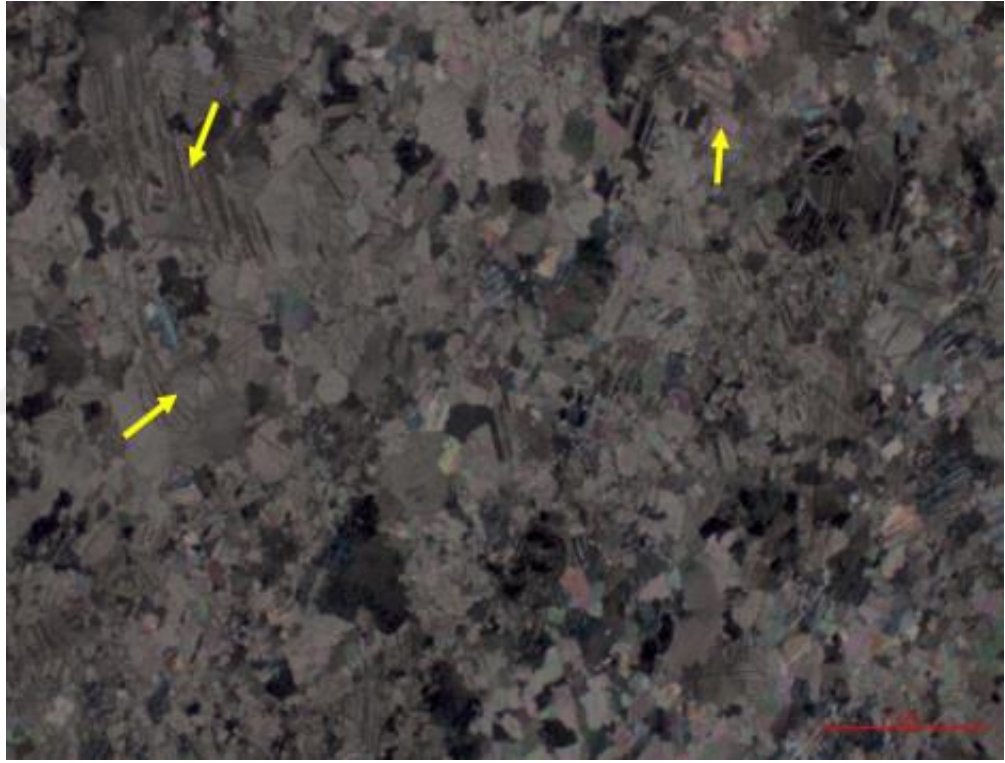


Şekil 5.7. Açık gri-açık mavimsi gri renkli, orta-küçük, iri-orta-küçük taneli, granoblastik dokulu Bolkardağ mermerlerine ait iki el örneği.

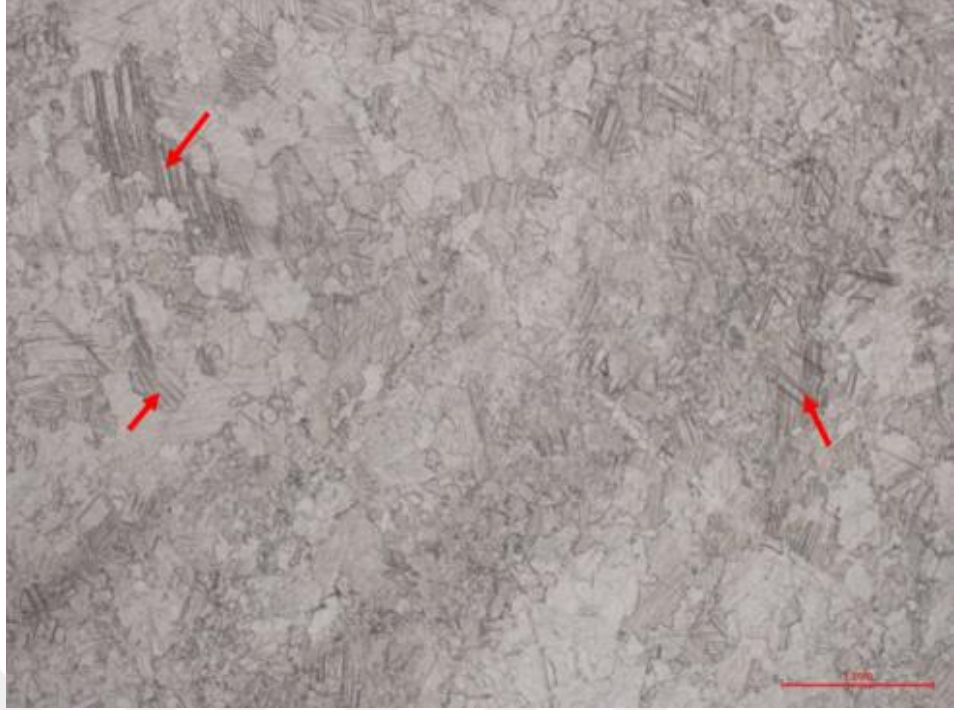
Örneklerin ince kesit mikroskop çalışmalarında başlıca kalsit minerallerinden oluştuğu, tali bileşen olarak da bazı opak mineral türlerini kapsadığı belirlenmiştir. Kalsitler genellikle orta-küçük, bazen de iri-orta-küçük taneli ve öz şekilsiz kristaller, opak mineraller ise küçük taneli ve öz şekilsiz kristaller şeklindedirler (Şekil 5.8, 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15).

Mikroskobik ölçekte de incelenen örnekler, homojen dağılımlı ve ince-orta taneli granoblastik dokuludurlar. Birimin düşük dereceli bir metamorfizmanın etkisinde kaldığı, kalsit kristallerinde görülen belirgin yönlenmelerin yanı sıra iri kalsit kristallerinde izlenen polisentetik kayma ikizleri ve bazı kesitlerdeki stilolitik basınç çözünmelerinden de anlaşılabilmektedir.

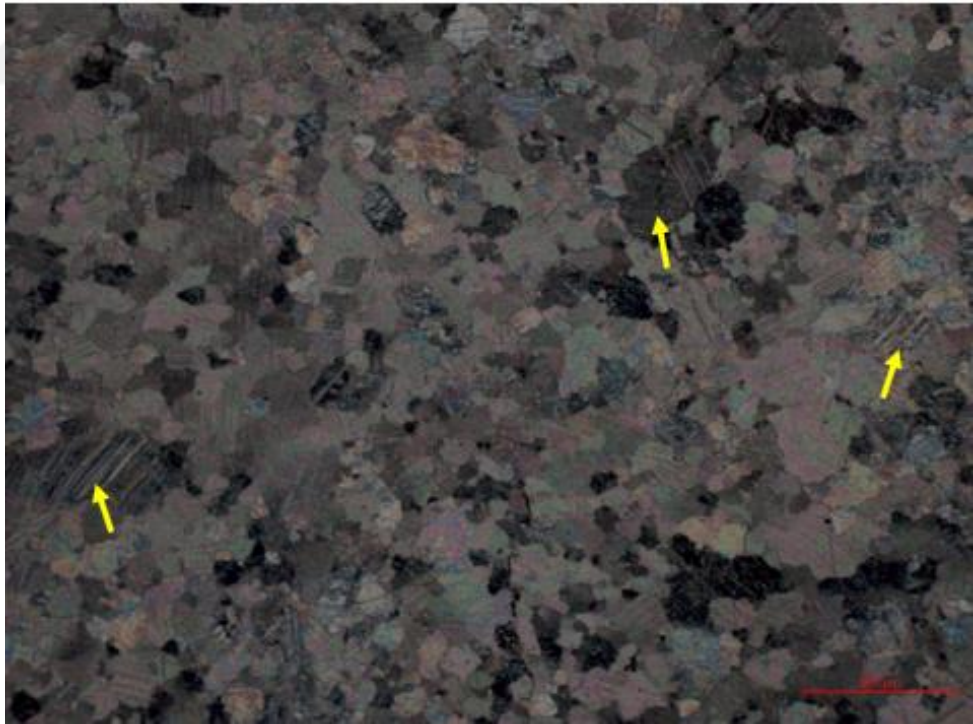
Makro ve mikro düzeyde elde edilen veriler, incelenen karbonat yan kayaç örneklerinin düşük dereceli bir metamorfizma geçirmiş mermer niteliğindeki kireçtaşlarından oluştuklarını göstermiştir (Şekil 5.8, 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15).



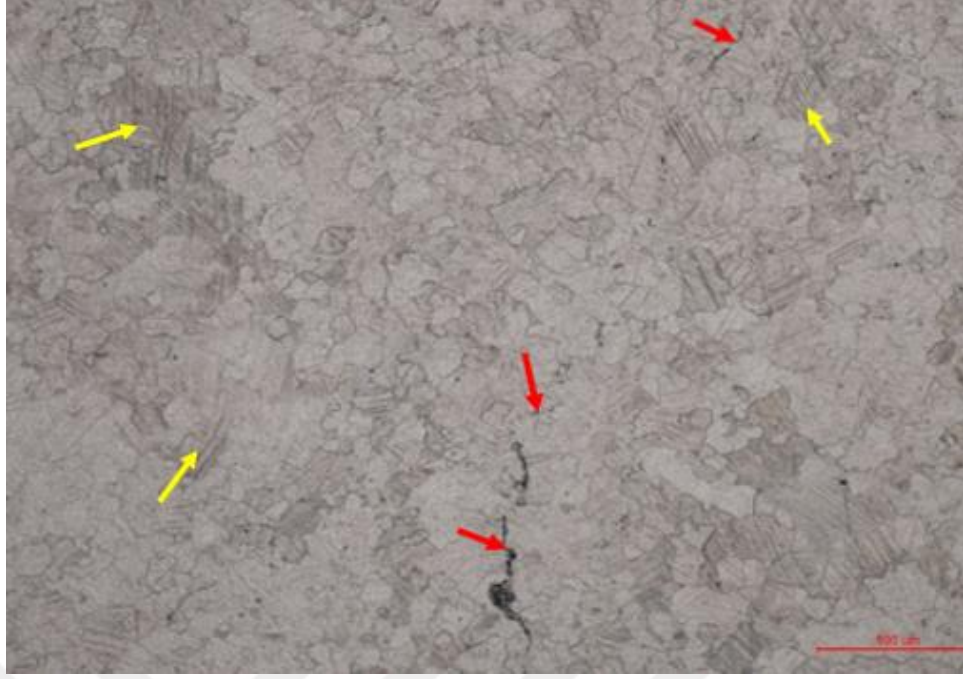
Şekil 5.8. BY4 kodlu karbonat yan kayaç örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: Orta-küçük taneli, homojen dağılımlı, polisentetik ikiz lamelleri şeklinde kayma ikizleri gösteren (sarı oklar) öz şekilsiz kalsit kristallerinin oluşturduğu tipik ince taneli granoblastik (mozaik) dokulu düşük dereceli metamorfik mermer örneği, (Çapraz Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 1 mm).



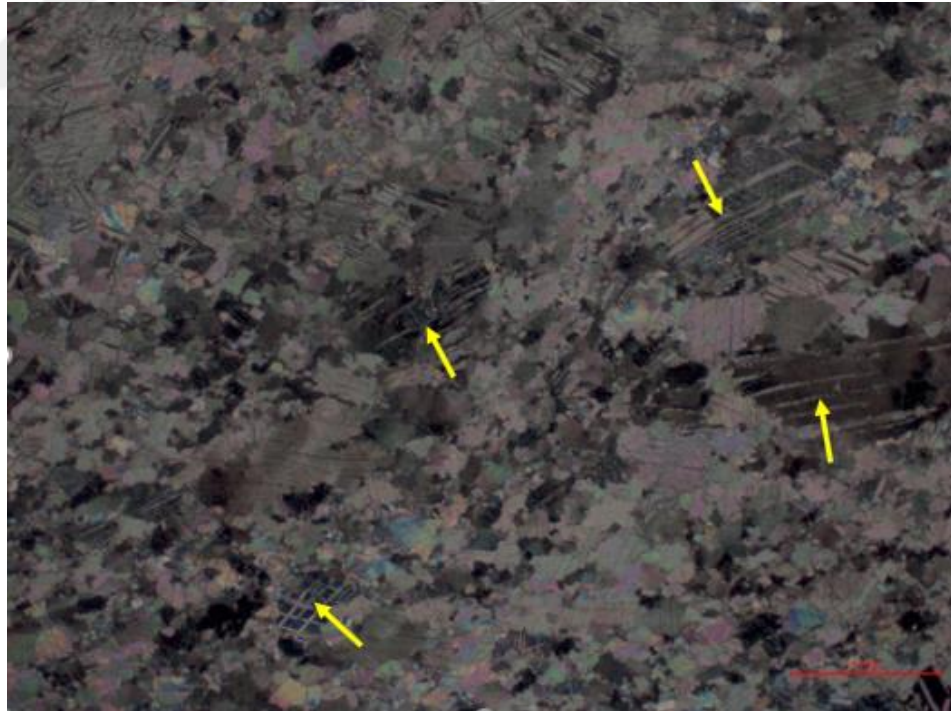
Şekil 5.9. BY4 kodlu karbonat yan kayaç örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: Orta-küçük taneli, homojen dağılımlı, öz şekilsiz, polisentetik ikiz lamelleri şeklinde kayma ikizleri (sarı oklar) sunan, kısmen yönlenmiş kalsit kristallerinin oluşturduğu tipik ince taneli granoblastik dokulu düşük dereceli metamorfik ve hiç opak mineral içermeyen mermer örneği, (Tek Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 1 mm).



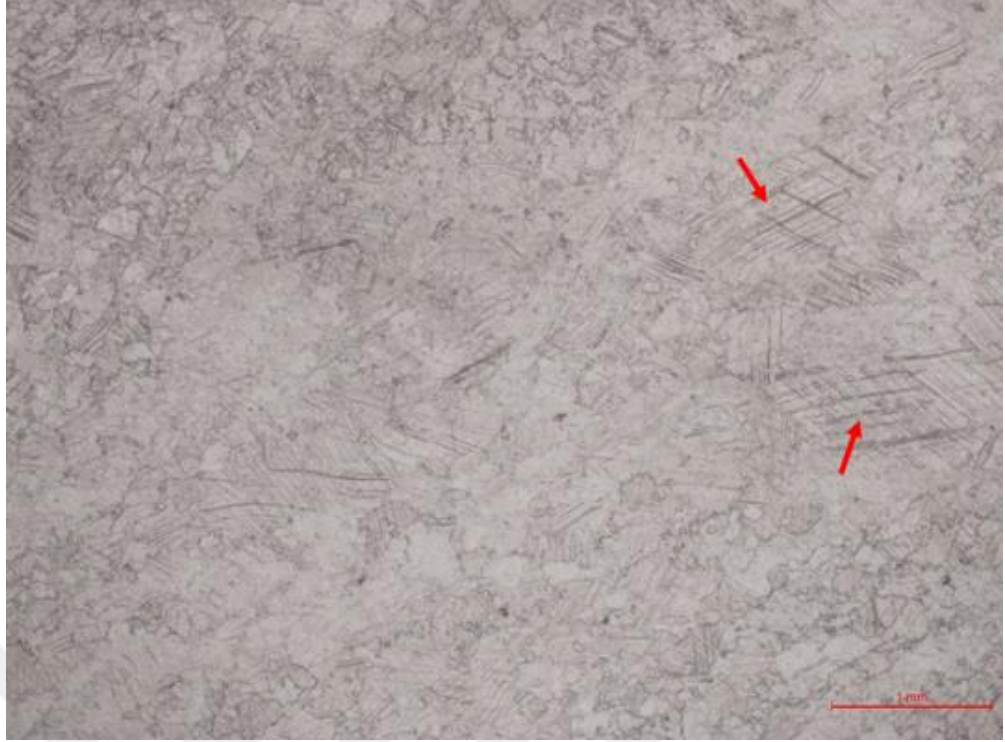
Şekil 5.10. BY6 kodlu karbonat yan kayaç örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: Orta-küçük taneli, homojen dağılımlı, polisentetik ikiz lamelleri şeklinde kayma ikizleri gösteren (sarı oklar) öz şekilsiz kalsit kristallerinin oluşturduğu tipik ince taneli granoblastik (mozaik) dokulu düşük dereceli metamorfik mermer örneği, (Çift Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 500 µm).



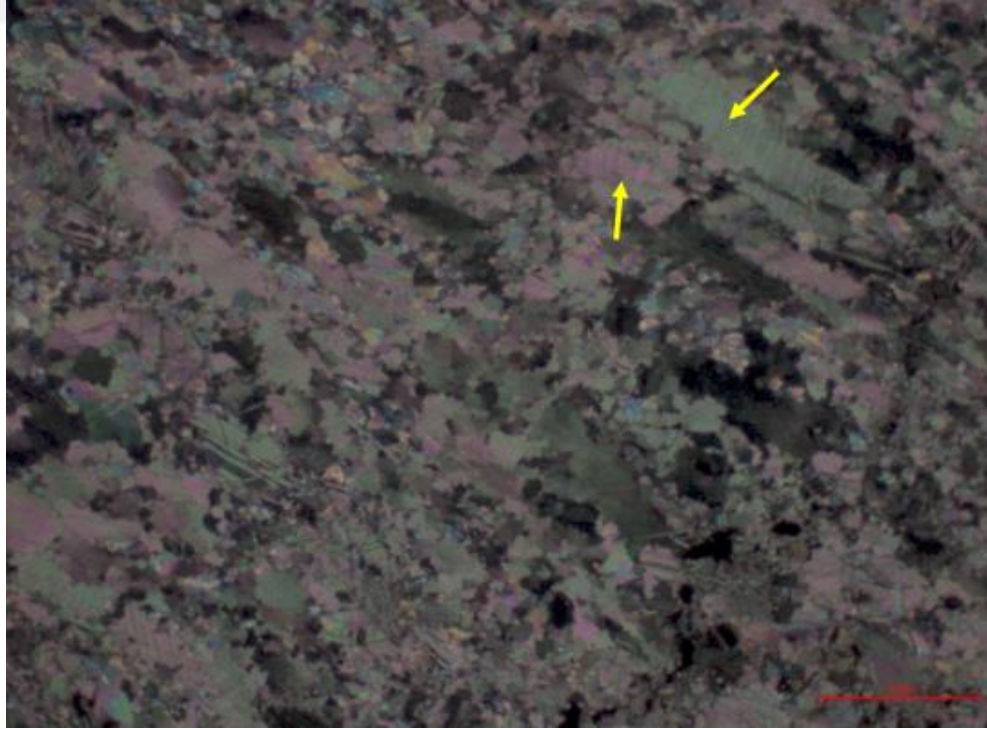
Şekil 5.11. BY6 kodlu karbonat yan kayaç örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: Orta-küçük taneli, homojen dağılımlı, öz şekilsiz, polisentetik ikiz lamelleri şeklinde kayma ikizleri (sarı oklar) ve sitilolitik basınç çözünmesi gösteren (kırmızı oklar) kalsit kristallerinin oluşturduğu tipik ince taneli granoblastik dokulu düşük dereceli metamorfik ve çok seyrek olarak opak mineral (siyah renkli noktalar) içeren mermer örneği, (Tek Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 500 µm).



Şekil 5.12. BY9 kodlu karbonat yan kayaç örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: Orta-küçük taneli, homojen dağılımlı, polisentetik ikiz lamelleri şeklinde kayma ikizleri gösteren (sarı oklar), öz şekilsiz kısmen yönelmeli, kalsit kristallerinin oluşturduğu tipik granoblastik (mozaik) dokulu düşük dereceli metamorfik mermer örneği, (Çift Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 1 mm).



Şekil 5.13. BY9 kodlu karbonat yan kayaç örneğinin ince kesit mikroskop görüntüsü: orta-küçük taneli, homojen dağılımlı, öz şekilsiz polisentetik ikiz lamelleri şeklinde kayma ikizleri gösteren (kırmızı oklar) hafifçe yönlenmeli kalsit kristallerinin oluşturduğu tipik ince taneli granoblastik (mozaik) dokulu, seyrek olarak da opak mineral (siyah renkli noktalar) içeren düşük dereceli metamorfik mermer örneği, (Tek Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 1 mm).



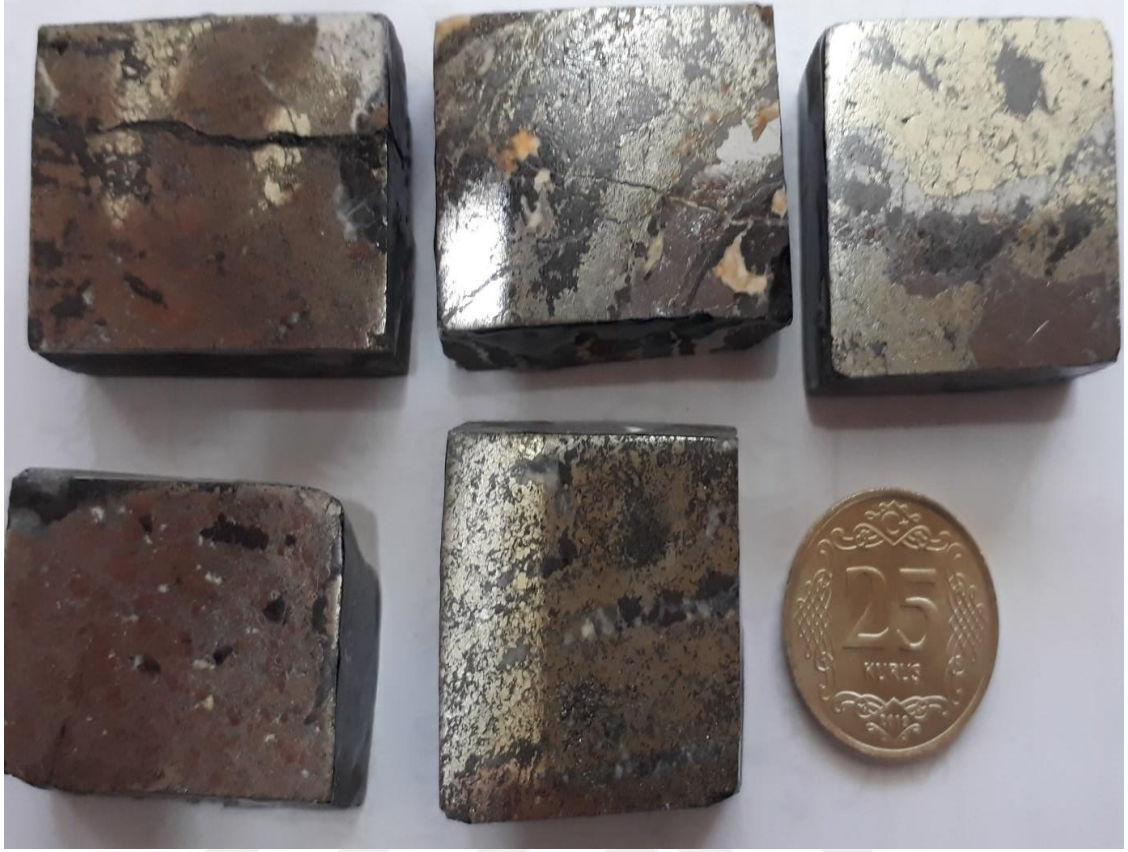
Şekil 5.14. BY10 kodlu karbonat yan kayaç örneğinin ince kesit mikroskop görüntüsü: Orta-iri-küçük taneli, homojen dağılımlı, öz şekilsiz, polisentetik ikiz lamelleri şeklinde kayma ikizleri gösteren (sarı oklar) belirgin yönlenmeli kalsit kristallerinin oluşturduğu tipik granoblastik (mozaik) dokulu düşük dereceli metamorfik mermer örneği, (Çift Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 1 mm).



Şekil 5.15. BY10 kodlu karbonat yan kayaç örneğinin ince kesit mikroskop görünümü: Orta-iri-küçük taneli, homojen dağılımlı, öz şekilsiz polisentetik ikiz lamelleri şeklinde kayma ikizleri gösteren (sarı oklar), belirgin yönlenmeli, yer yer de stilolitik basınç çözünmeleri (kırmızı oklar) sunan kalsit kristallerinin oluşturduğu tipik ince taneli granoblastik (mozaik) dokulu düşük dereceli metamorfik mermer örneği, (Tek Nikol, sağ alt köşedeki ölçek çizgisi 1 mm).

5.2. Parlak Kesit Cevher Mikroskobu İncelemeleri

Bu kapsamda Kızıltepe (Bokardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağından alınan beş adet birincil sülfidli cevher numunesinden yapılan parlak kesitler (BS1, BS2, BS3, BS4 ve BS5) üstten aydınlatmalı bir polarizan mikroskop altında incelenerek cevherin mineralojik bileşimi, minerallerin oluşum sırası ve mikro dokusal özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 5.16). Bu çalışmalar kapsamında incelenen beş parlak kesitten toplamda 28 dijital fotoğraf çekimi yapılmış ve tipik özellikleri bu bölümde sunulmuştur.



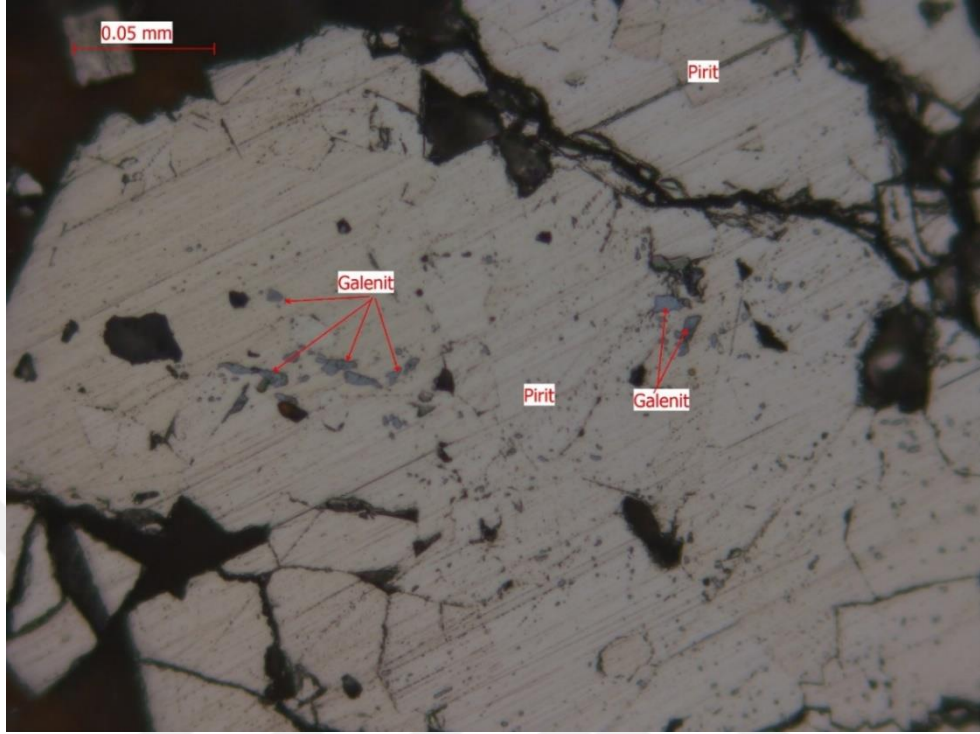
Şekil 5.16. Cevher mikroskobu ile yansıyan ışık altında incelenen birincil sülfürlü cevher örneklerine ait parlak kesitler(soldan sağa doru BS-1, -2, -3, -4 ve -5).

5.2.1. BS1 kodlu örnek

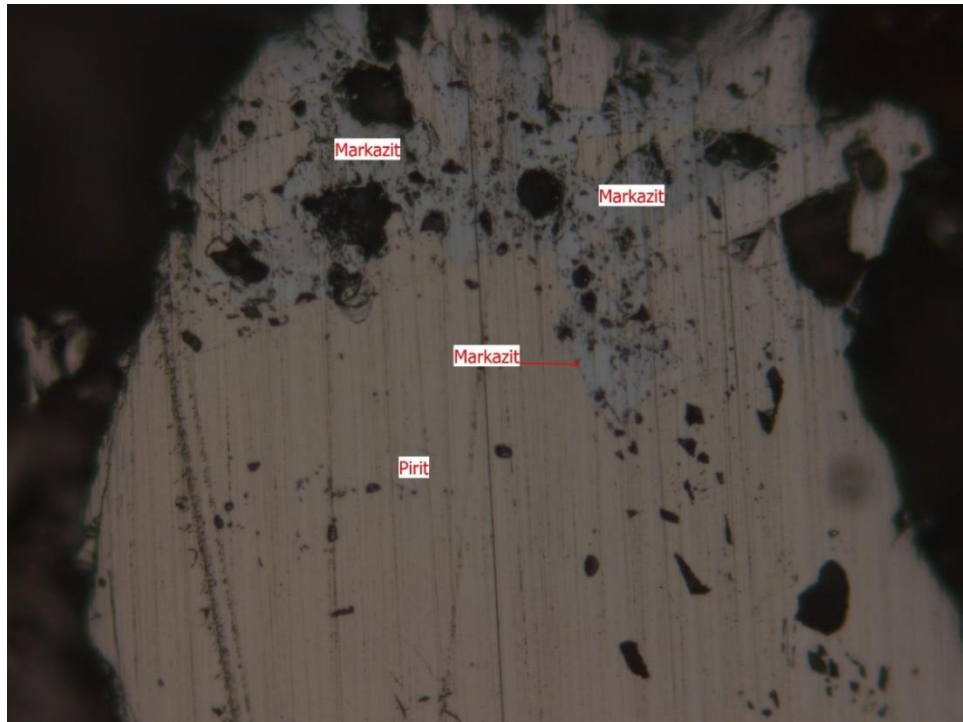
Numune hemen hemen masif denilebilecek kadar bol miktarda opak cevher minerali ile az oranda gang minerali kapsamaktadır (Şekil 5.17’den Şekil 5.28’e kadar). Örnekteki ana cevher minerali pirittir. Yarı öz şekilli-öz şekilsiz kristaller şeklinde gözlenen piritler yer yer iri taneli ve genellikle de kataklastik kırılımlıdırlar (Şekil 5.17’den Şekil 5.29’e kadar). Piritlerin yer yer markazitlere dönüştükleri görülür (Şekil 5.18, 5.19, 5.23, 5.27, 5.29). Piritlere az miktarda sfalerit, eser miktarda galenit ve daha seyrek olarak da arsenopirit mineralleri eşlik eder (Şekil 5.17, 5.20, 5.21, 5.22, 5.24, 5.25, 5.26, 5.28, 5.29).

Arsenopiritler sfaleritlerin içerisinde öz şekilli-yarı öz şekilli çok küçük kristaller şeklinde görülürler (Şekil 5.22). Genellikle belli bir alan ve/veya hat boyunca yerleşmiş olan sfaleritler iri taneli ve kısmen de kataklastik kırılımlıdırlar (Şekil 5.20, 5.21, 5.22, 5.24, 5.25, 5.29). Sfaleritler bazen piritlerin ara-boşluklarında ve kenar kısımlarında yer alır (Şekil 5.20, 5.21, 5.24, 5.25, 5.29). Galenitler; piritlerin ve gang minerallerinin ara-boşluklarında, etrafında, bazen de submikroskobik ince taneler

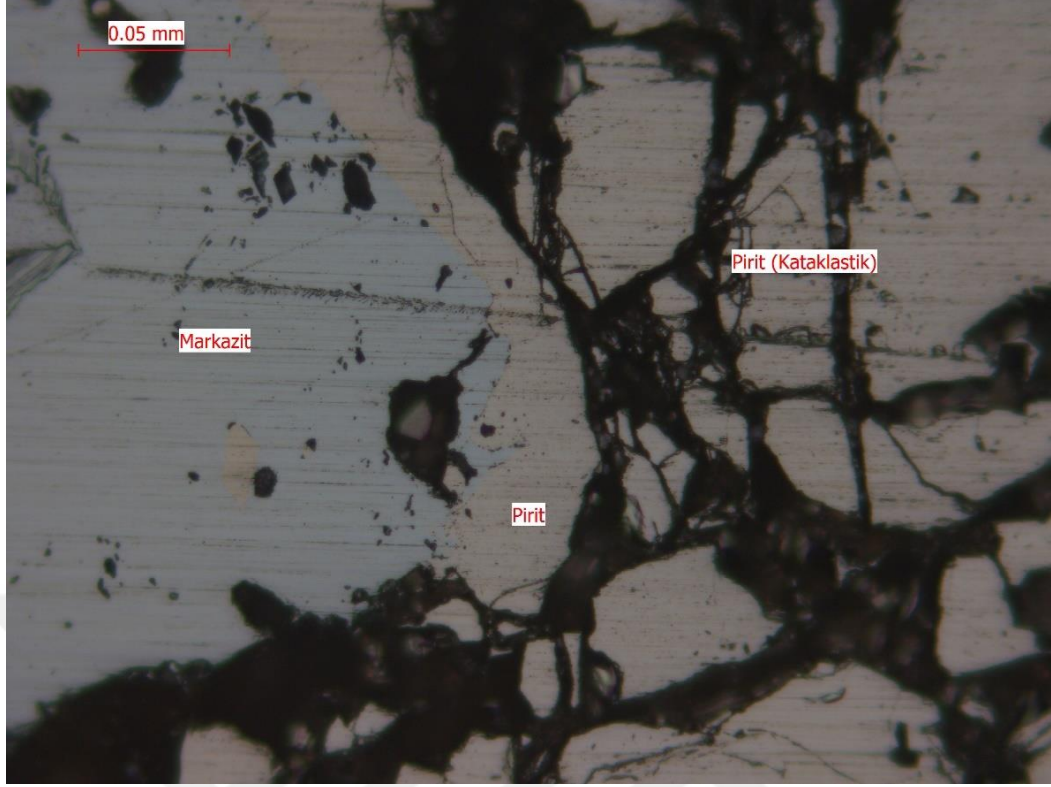
şeklinde içlerinde ve sfaleritlerin kenar kısımlarında, ara-boşluklarında gözlenmektedirler (Şekil, 5.17, 5.22, 5.24, 5.25, 5.26, 5.28, 5.29).



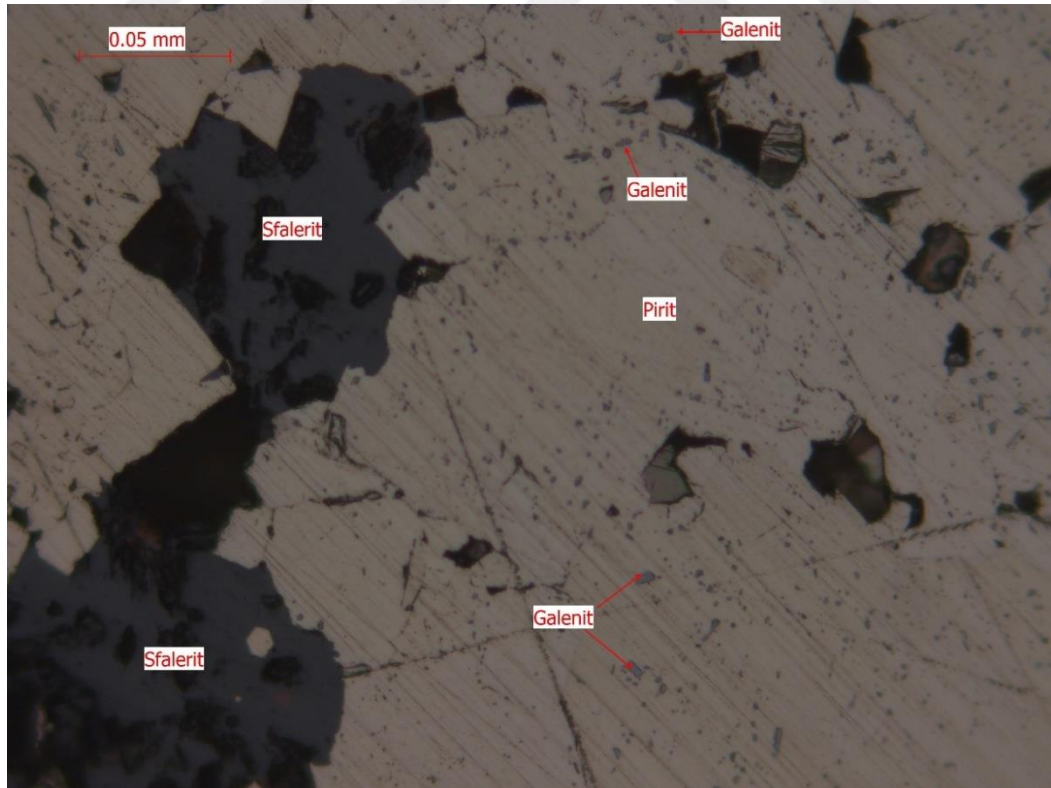
Şekil 5.17. İri yarı öz şekilli kısmen kataklastik kırılımlı (sol alt kesim) pirit içerisinde düzensiz sınırlı adacıklar şeklinde gözlenen galenit kapanımları.



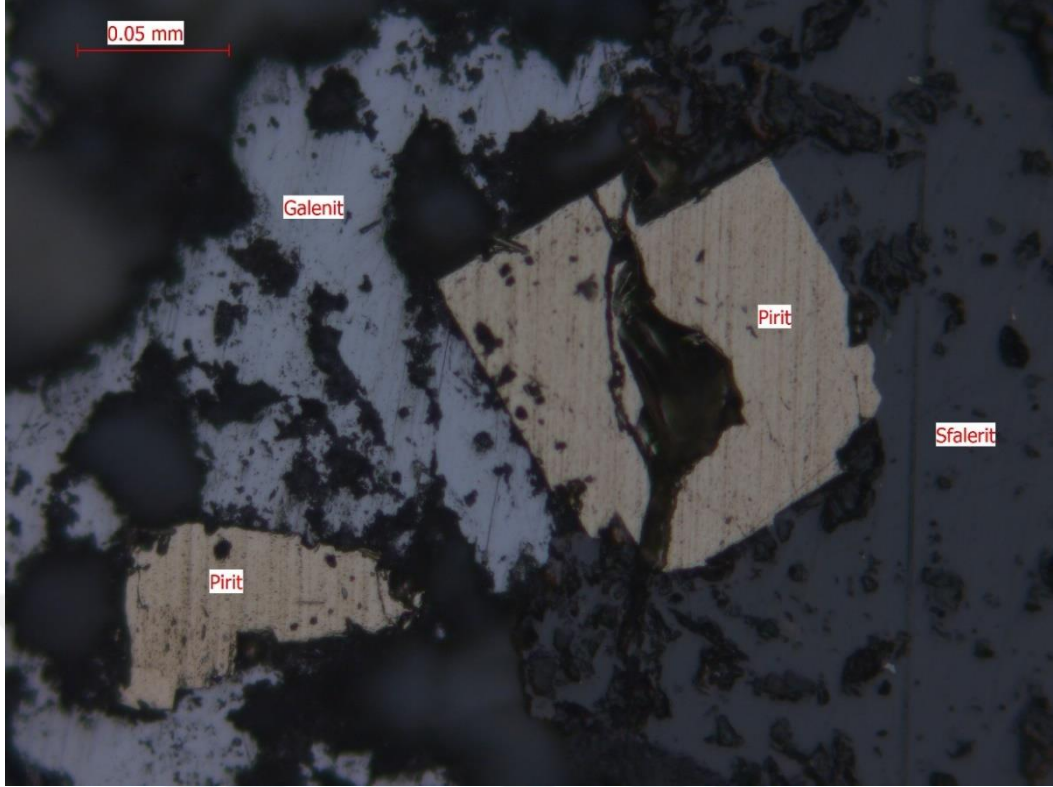
Şekil 5.18. İri öz şekilsiz-yarı öz şekilli pirit kristalinin üst kısımdan itibaren markazit mineraline dönüşmesi.



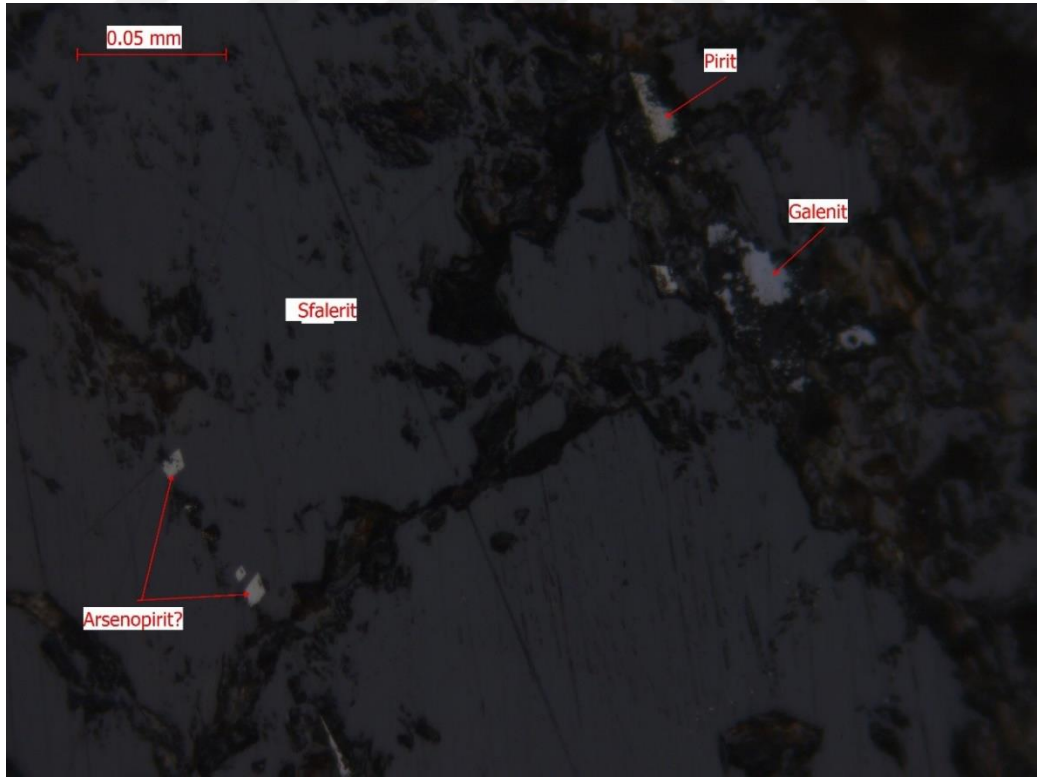
Şekil 5.19. Kataklastik kırılımlı piritlerin sol taraftan itibaren sağa doğru markazit mineraline dönüşümü.



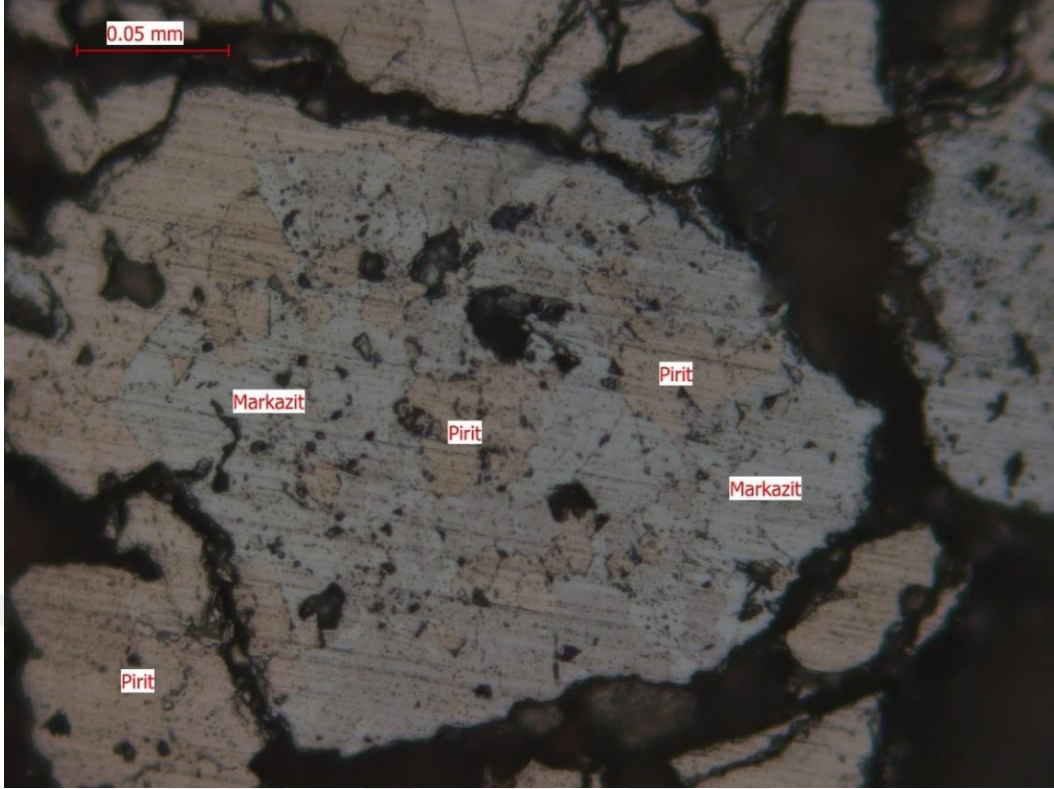
Şekil 5.20. İri öz şekilsiz pirit kristaline eşlik eden öz şekilli yarı öz şekilli sfalerit kristalleri ile pirit içerisinde küçük damlacıklar şeklinde gözlenen galenit kapanımları.



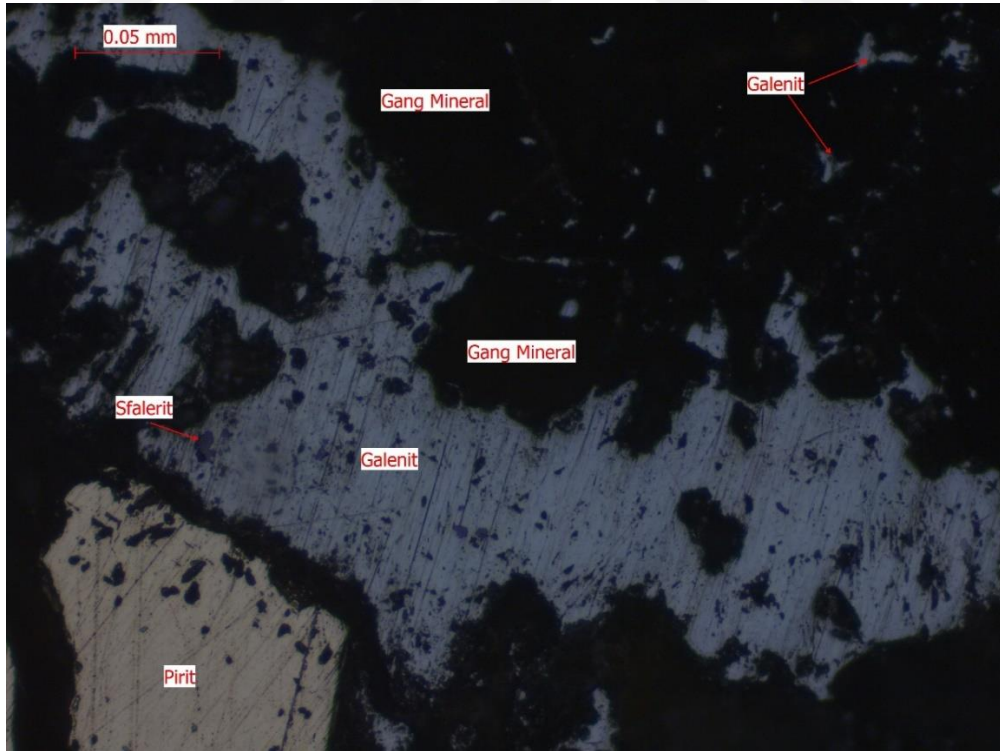
Şekil 5.21. Öz şekilsiz sfalerit ve galenit tarafından ornatılan öz şekilli yarı öz şekilli orta- iri pirit kristalleri.



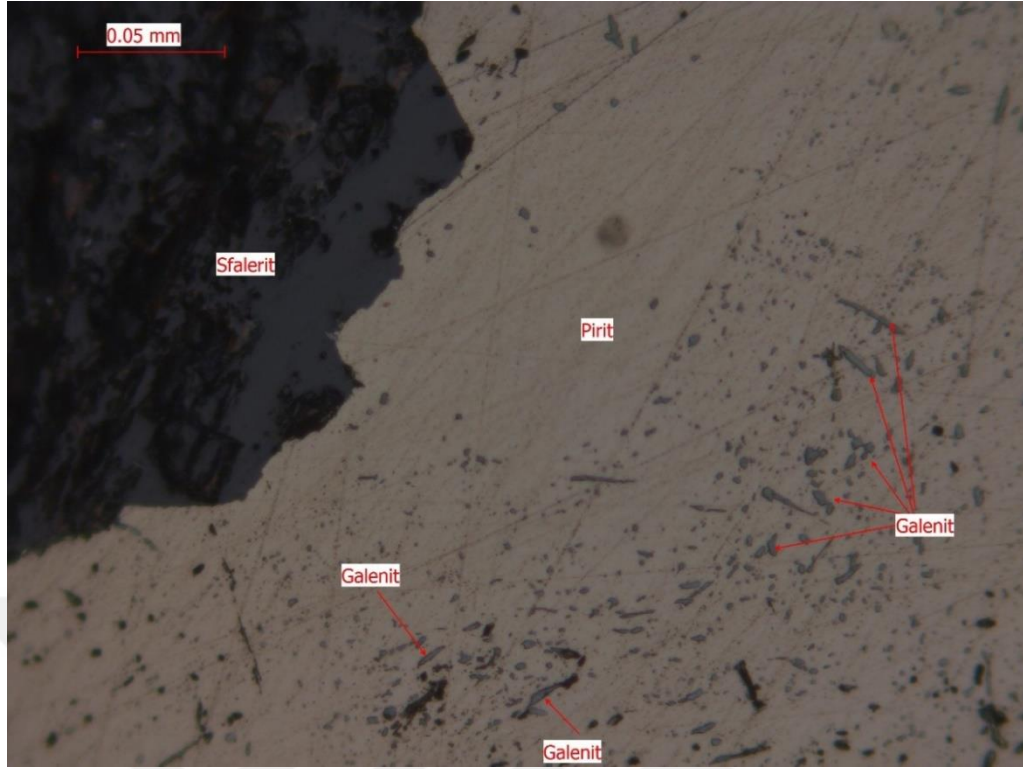
Şekil 5.22. Öz şekilsiz sfalerit içerisinde düzensiz sınırlı öz şekilsiz küçük galenit ve pirit ile daha küçük taneli yarı öz şekilli arsenopirit kriristal kalıntıları.



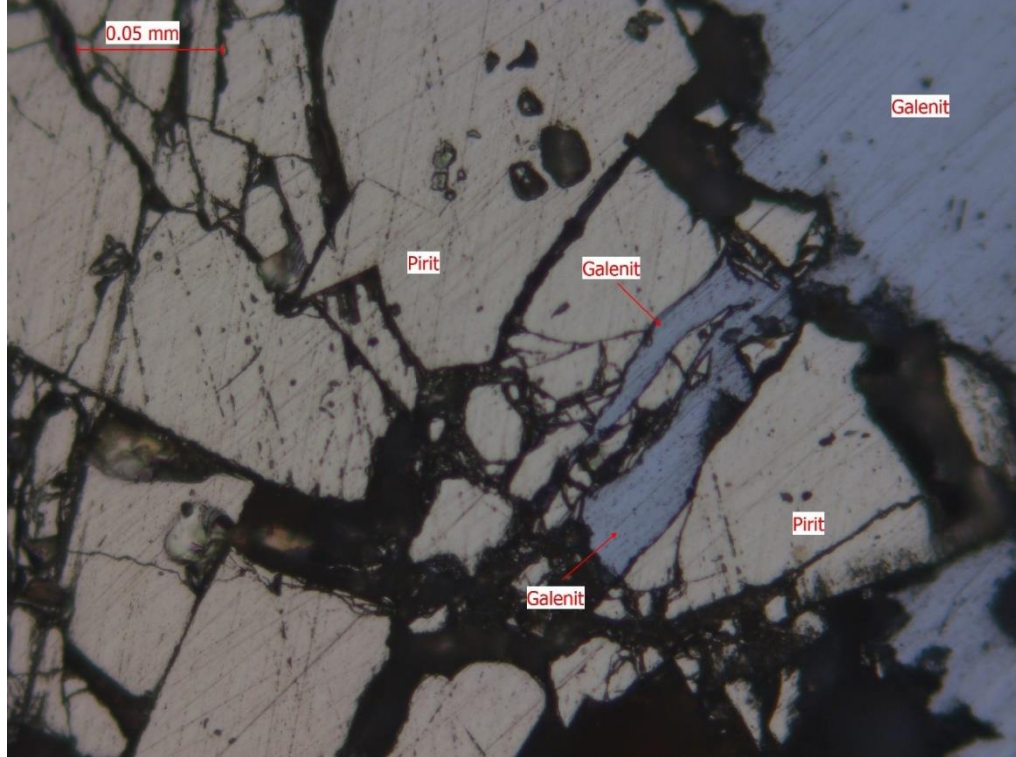
Şekil 5.23. İri taneli öz şekilsiz kataklastik kırılımlı pirit kristalinin markazite dönüşmesi.



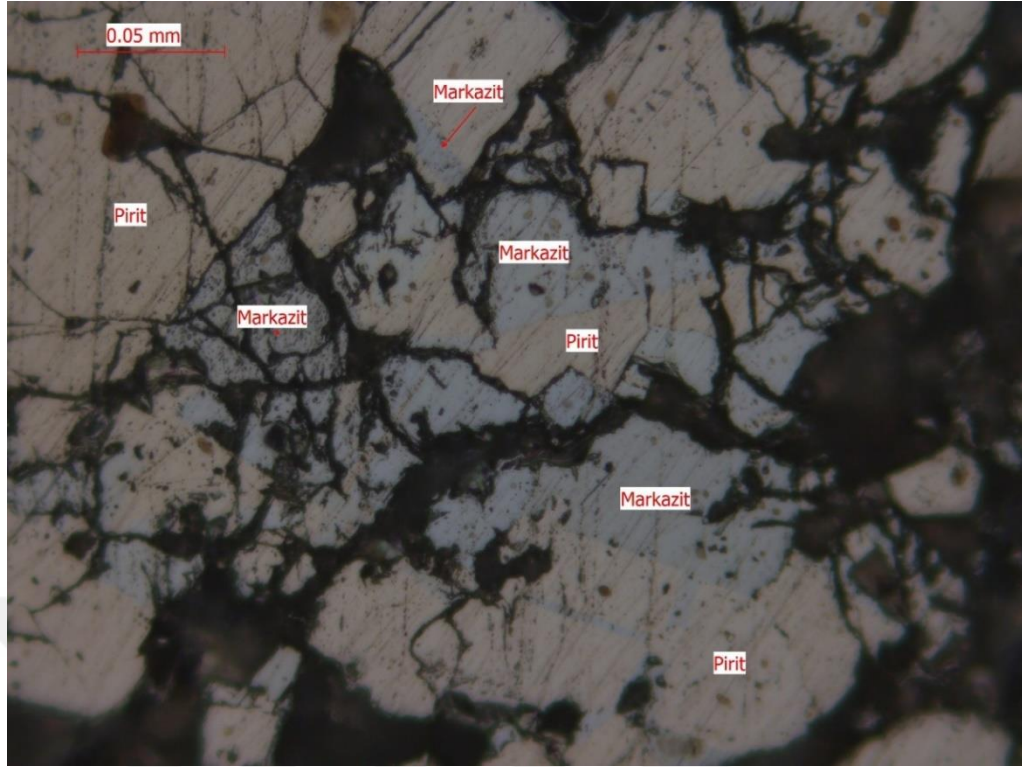
Şekil 5.24. Gang mineralleri içerisinde sol alt köşede yarı öz şekilli orta taneli pirit kristalini keserek yerleşmiş olan düzensiz sınırlı galenit damarı içerisinde küçük damlacıklar şeklinde gözlenen sfaleritler ile sağ üst köşede gang mineralleri içerisindeki küçük öz şekilsiz galenitler.



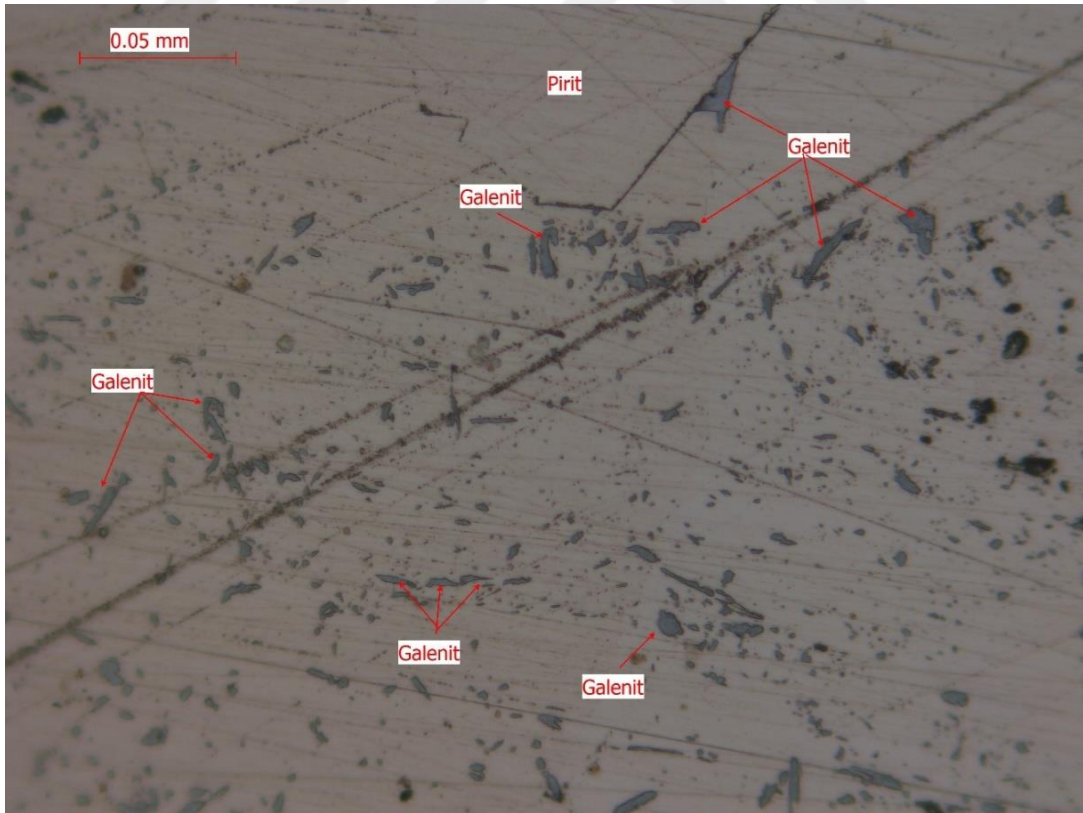
Şekil 5.25. İri yarı öz şekilli pirit kristalini ornatarak yerleşen yarı öz şekilli iri sfalerit kristali ile pirit içerisindeki damlacık ve çubuksu şekilli galenit kapanımları.



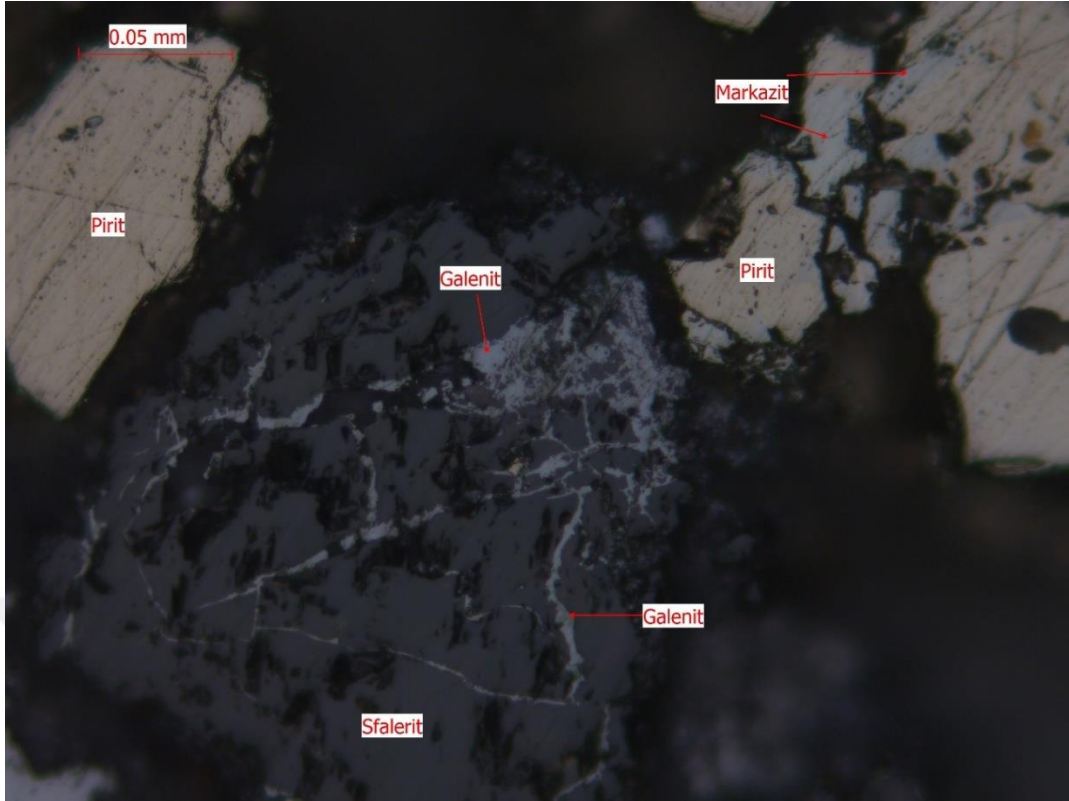
Şekil 5.26. Kataklastik kırılımlı öz-yarı öz şekilli pirit kristallerini ornatarak ya da çatlak ve kırıkları boyunca yerleşmiş olan öz şekilsiz düzensiz sınırlı galenit ve ince düzenli sınırlı galenit damarcıkları.



Şekil 5.27. Yoğun kataklastik kırılımlı orta-iri taneli pirit kristallerinin markazit mineraline dönüşümü.



Şekil 5.28. İri pirit kristali içerisinde yer alan galenit kapanımları.



Şekil 5.29. Orta-iri kristalli, yarı öz şekilli-öz şekilsiz piritlerin markazite dönüşümü ve iri öz şekilsiz sfalerit kristalinin ince galenit damarcıkları tarafından kat edilmesi.

5.2.2. BS2 kodlu örnek

Örnek eser oranlarda gümüşlü? sulfotuz ve kovellin içeren hemen hemen maşif denilebilecek kadar bol miktarda pirit ve galenit ile daha az oranlarda da sfalerit ve fahlerz minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 5.30'dan Şekil 5.44'e kadar).

Galenit ve sfaleritler genellikle 0,5-1 cm arasında değişen kalınlıklara sahip olan zonlu bir yapı içerisinde görülürler. Bu zonlar içerisinde galenit ve sfaleritler genellikle iri tanelidirler (Şekil 5.35, 5.37, 5.40, 5.43).

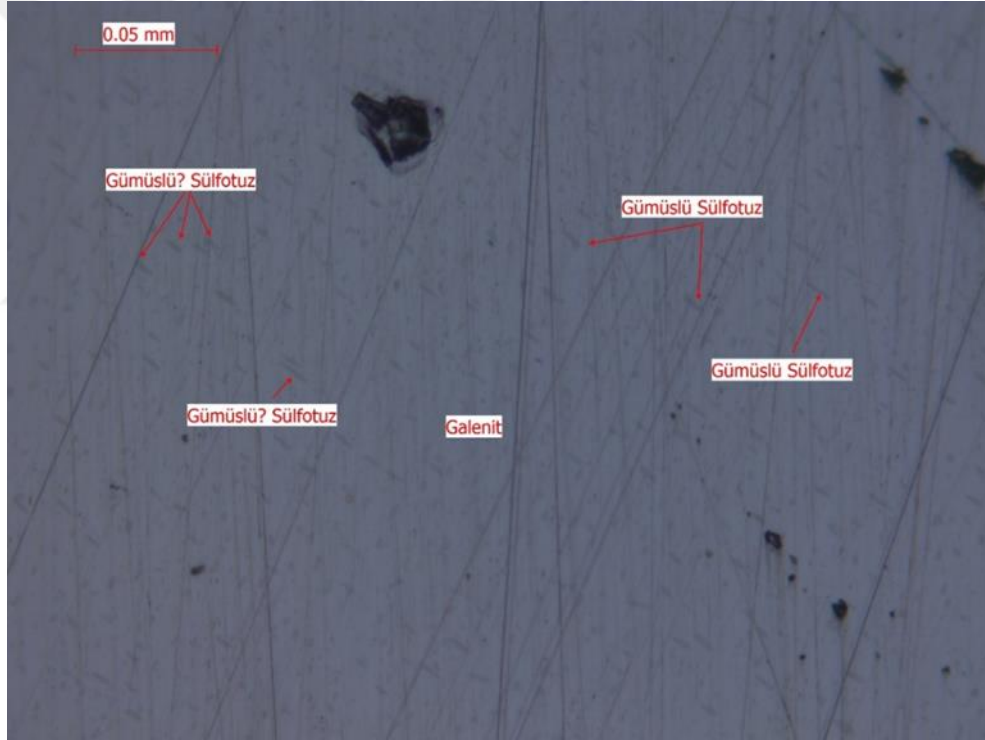
Galenitler yer yer sfaleritlerin çatlak ve kırıkları boyunca yerleşmişlerdir (Şekil 5.34, 5.39). İri taneli galenitlerin bazıları kenar, çatlak ve kırıkları boyunca serüzit ve/veya anglezite dönüşmüşlerdir (Şekil 5.41, 5.42). Bazı iri taneli galenitlerin içerisinde çok küçük, bazen submikroskopik ölçekte, damlacık ya da merceğimsi şekillerde görülen gümüşlü? sulfotuzlar yer almaktadır (Şekil 5.30, 5.31, 5.44). Bazı galenitlerin çatlak ve kırıkları boyunca ince taneli pirit ve sfaleritlerin yerleştiği görülmektedir (Şekil 5.38).

Sfaleritlerin bir kısmı yarı mikroskopik kalkopirit ayrılımları içermektedir (Şekil 5.39, 5.40). İri taneli sfaleritler içerisindeki ince kılcal çatlaklar boyunca yaygın olarak galenit, bazen fahlerz, bazen de piritlerin yer aldığı görülmektedir (Şekil 5.34, 5.35, 5.39).

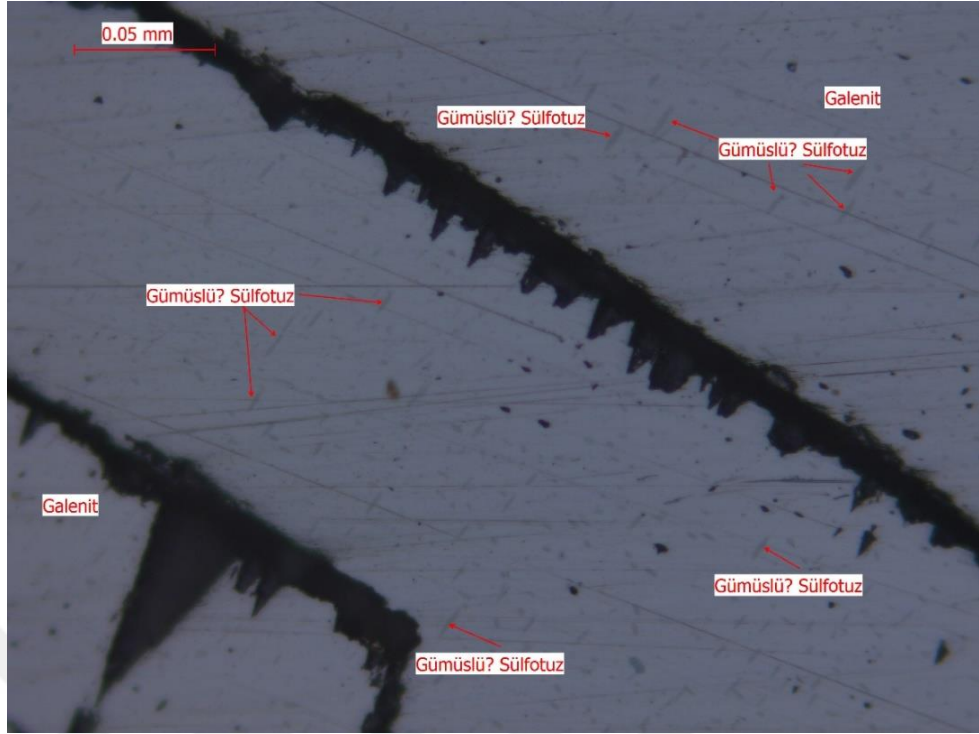
Fahlerz ve kovellinler ise galenit ve sfaleritler ile iç içe görülmektedirler (Şekil 5.35, 5.37, 5.40).

Parlak kesitin diğer kesimlerinde ise hemen hemen bütünüyle piritler yer alır. Öz şekilsiz ve kısmen de kataklastik kırılımlı olan piritler yer yer markazite dönüşmüştür (Şekil 5.33, 5.35, 5.36, 5.41, 5.42). Piritlerin ara boşluklarında, kırık ve çatlaklarında da az oranda galenit ve sfalerit saptanmıştır (Şekil 5.36, 5.42).

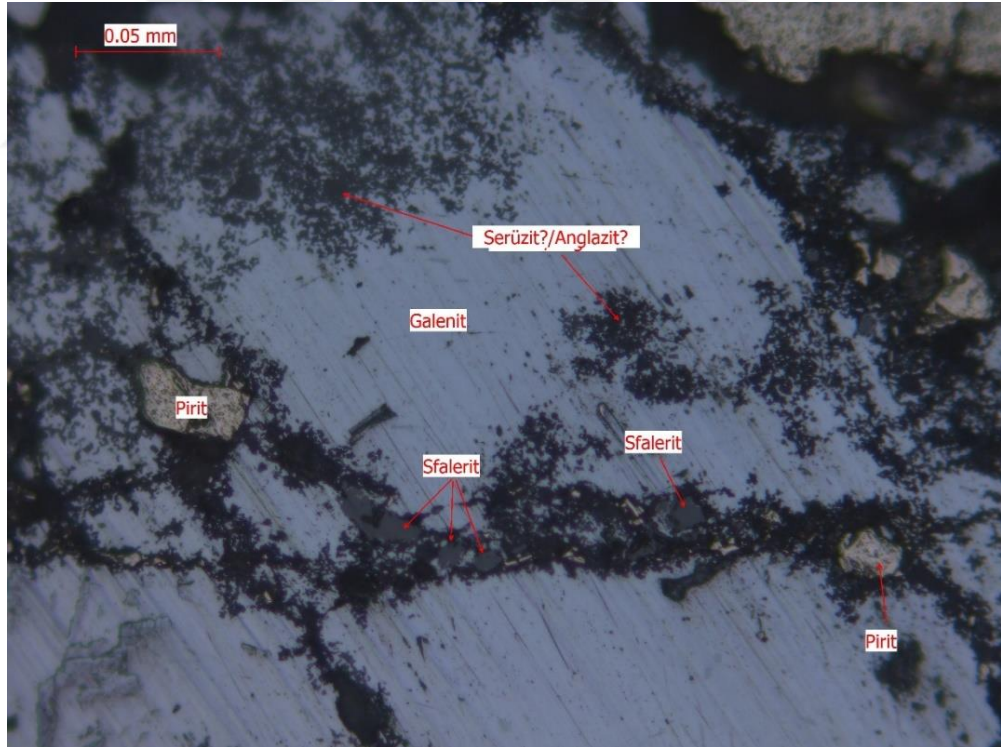
Galenitler bazen de çok küçük yer yer yarı mikroskobik boyutta izlenen taneler halinde piritlerin içerisinde yer almaktadırlar (Şekil 5.36). Bazı galenitlerin çatlak ve kırıklarında da ince taneli pirit ve sfaleritler gözlenmektedir (5.38). Sfaleritlerin bir kısmı submikroskobik kalkopirit ayrılımları içerirken iri taneli sfaleritlerin ince kılcal çatlaklarının da genellikle galenit, bazen fahlerz, bazen de piritler tarafından dolgulanmış olduğu görülmektedir (Şekil 5.34, 5.39, 5.40).



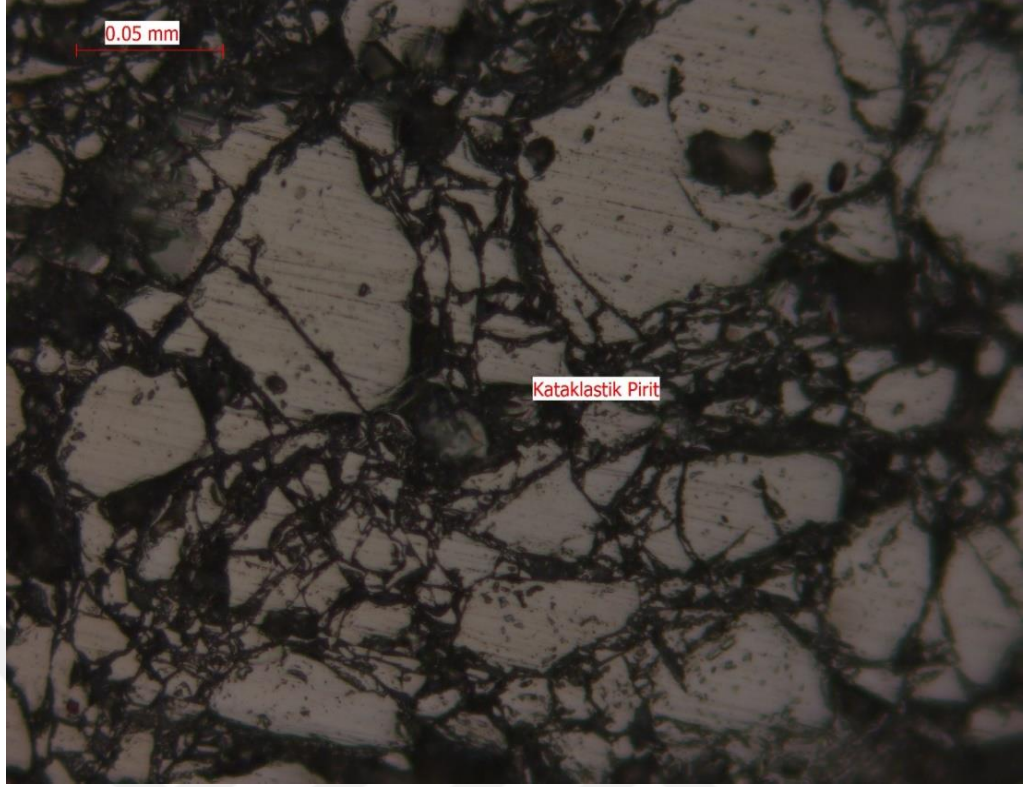
Şekil 5.30. İri taneli galenit kristali içerisinde gözlenen çok küçük, bazen sub mikroskobik ölçekteki damlacık ya da merceğimsi şekillerdeki gümüşlü? sulfotuzlar (freibergite ?).



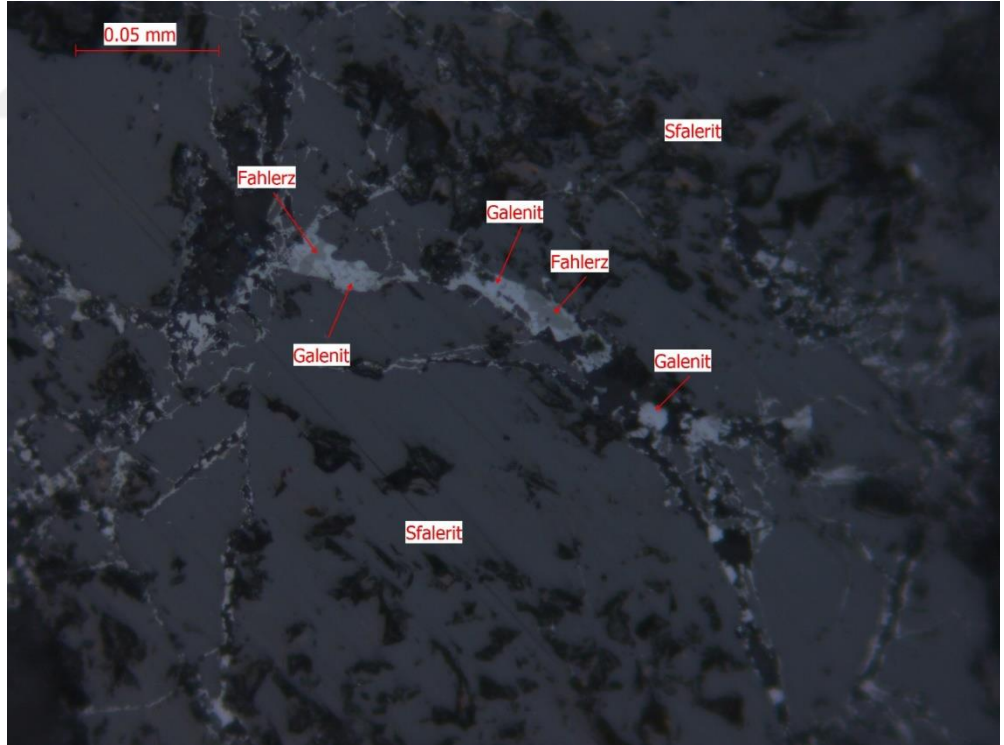
Şekil 5.31. İri taneli galenit kristali içerisinde gözlenen çok küçük, bazen sub mikroskopik ölçekteki damlacık ya da merceğimsi şekillerdeki gümüşlü? sülfotuzlar (freibergite ?).



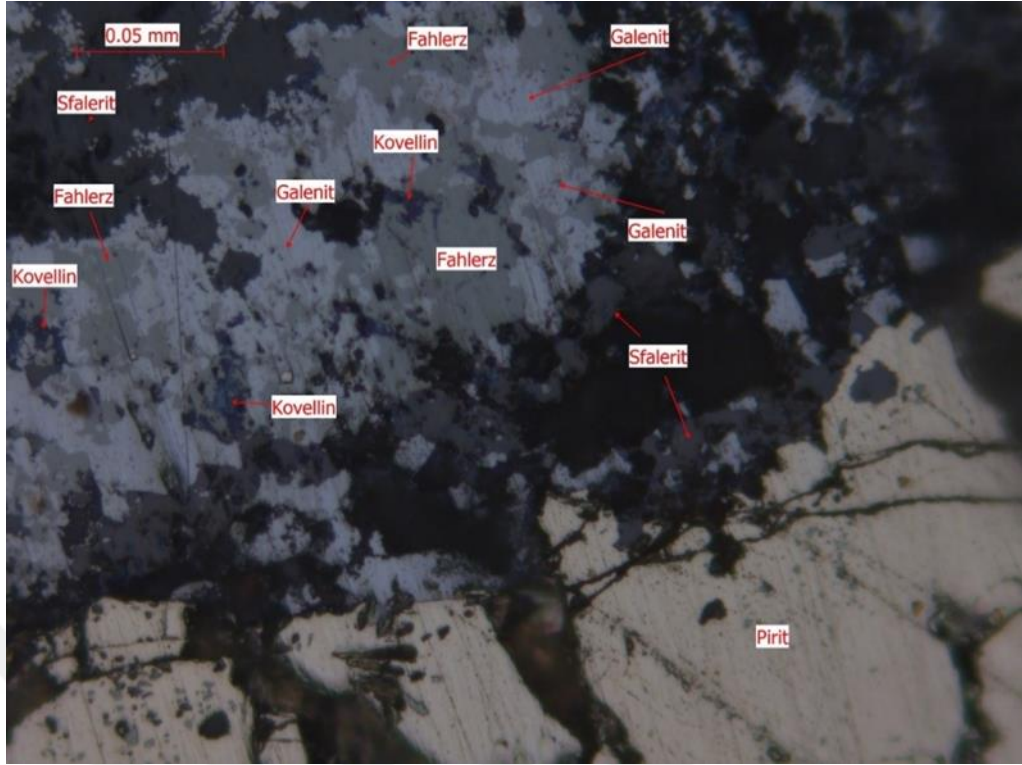
Şekil 5.32. Kısım serüzit ve /veya anglezitlere dönüştükleri görülen iri taneli galenit kristalleri arasında yer alan düzensiz sınırlı ince sfalerit damarcığı ile küçük yarı öz şekilli pirit kristallerinin ilişkisi.



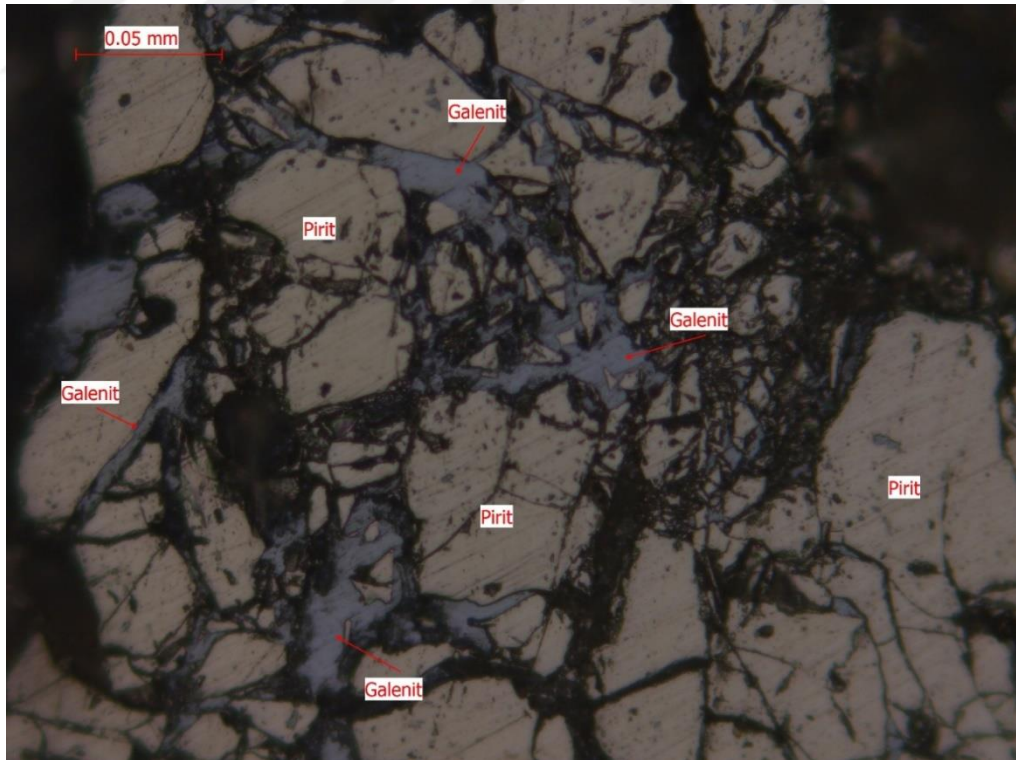
Şekil 5.33. Yaygın olarak kataklastik kırılımlı orta iri taneli yarı öz ya da öz şekilsiz pirit kristal topluluğu.



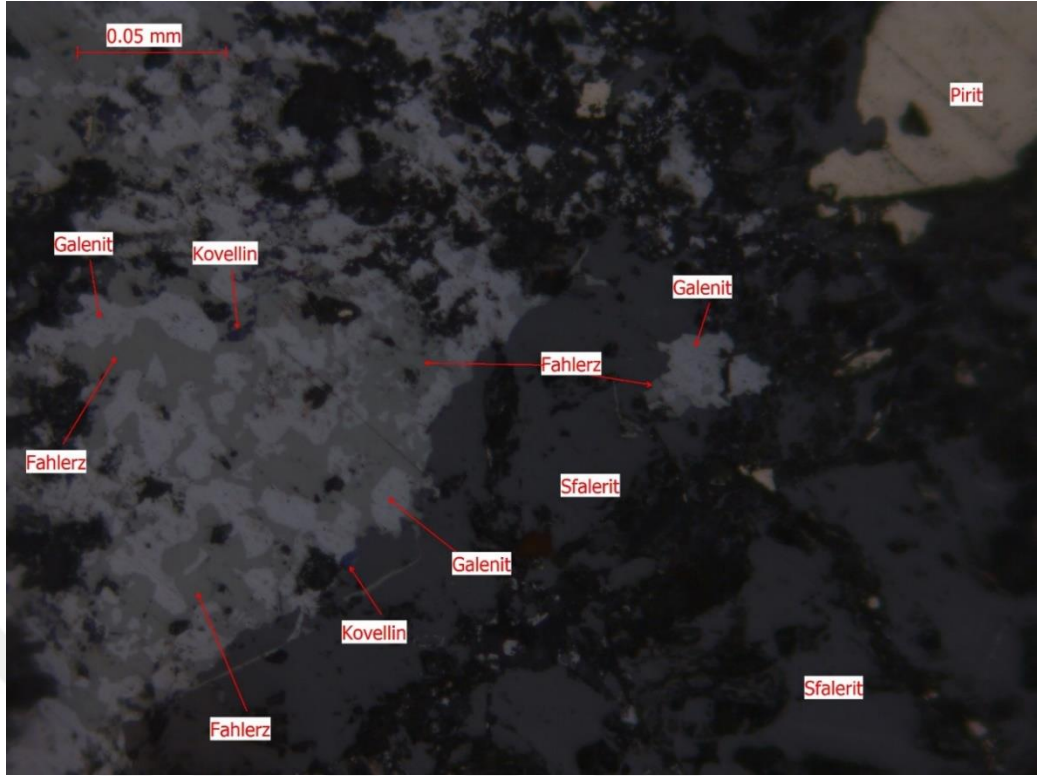
Şekil 5.34. Öz şekilsiz iri sfalerit kristalleri içerisinde yer alan ince taneli öz şekilsiz galenit ve fahlerz kristallerinden oluşan düzensiz sınırlı damar ve damarcıkların görünümü.



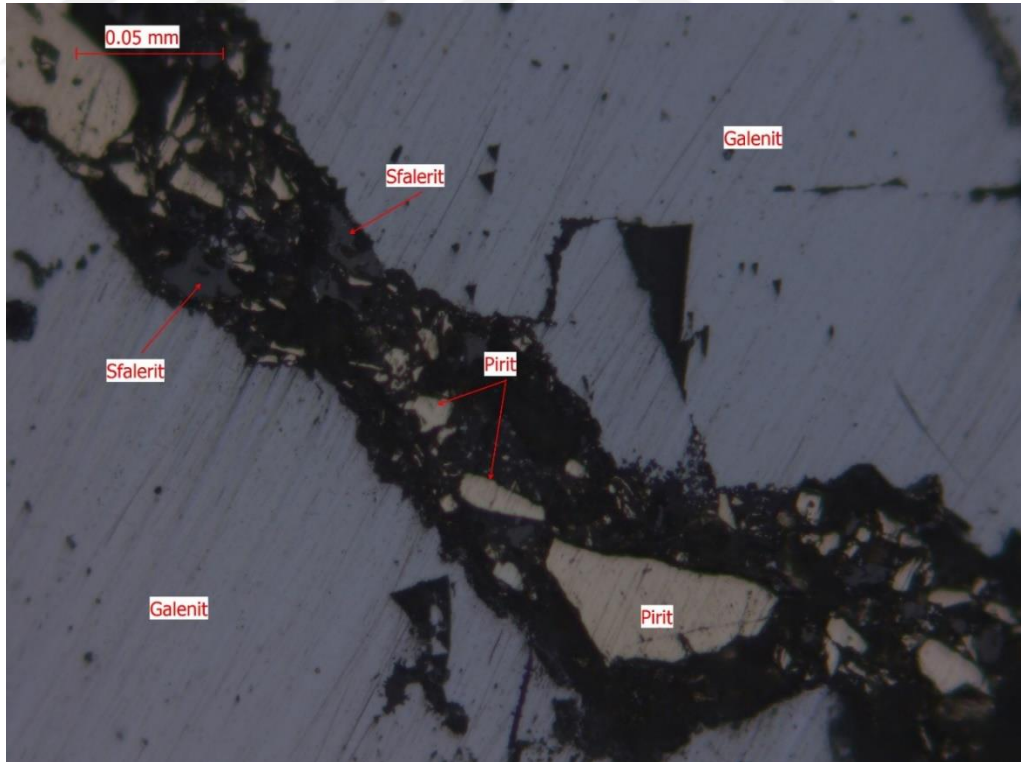
Şekil 5.35. Alt kesimde izlenen yarı öz şekilli-öz şekilsiz kısmen kataklastik kırılımlı orta iri kristalli piritler ile orta-üst kesimlerde yer alan öz şekilsiz düzensiz sınırlı adacıklar şeklinde birbirlerini ornatmış galenit, fahlerz, sfalerit ve daha az olarak da kovellin kapsayan sülfürlü cevher mineralleri topluluğu.



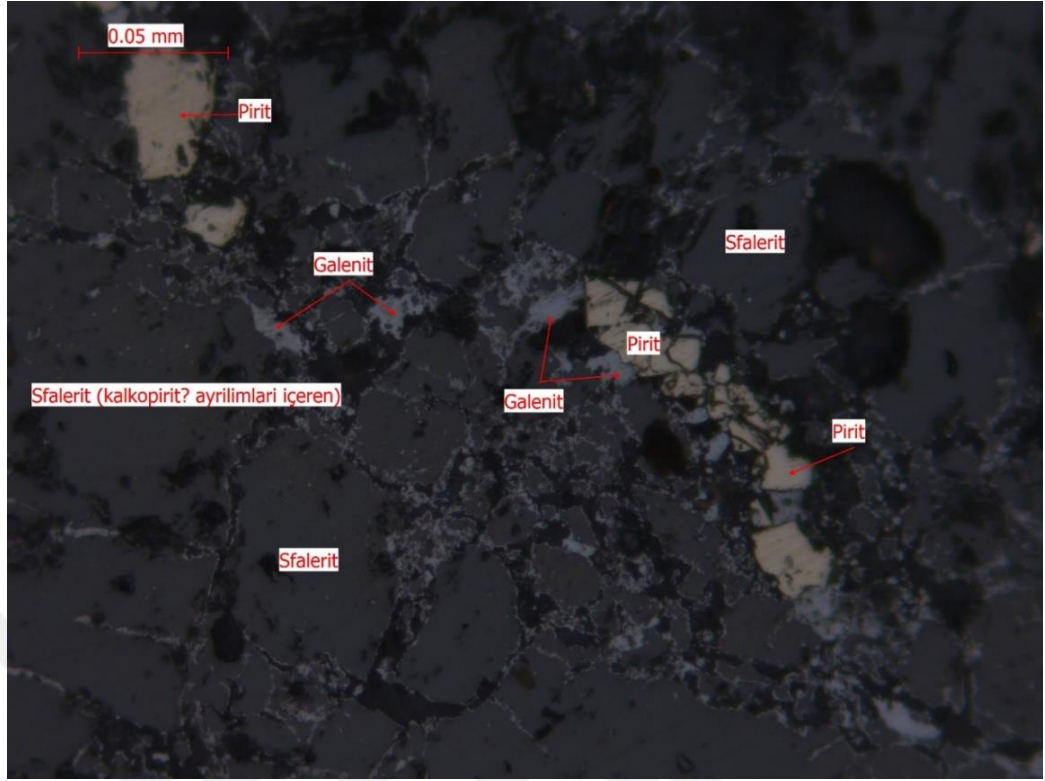
Şekil 5.36. Yaygın kataklastik kırılımlı yarı öz şekilli-öz şekilsiz orta-iri taneli pirit kristal topluluğu içerisindeki çatlak ve kırıklar boyunca yerleşmiş olan kısmen ağsal yapılı galenit damar ve damarcıkları.



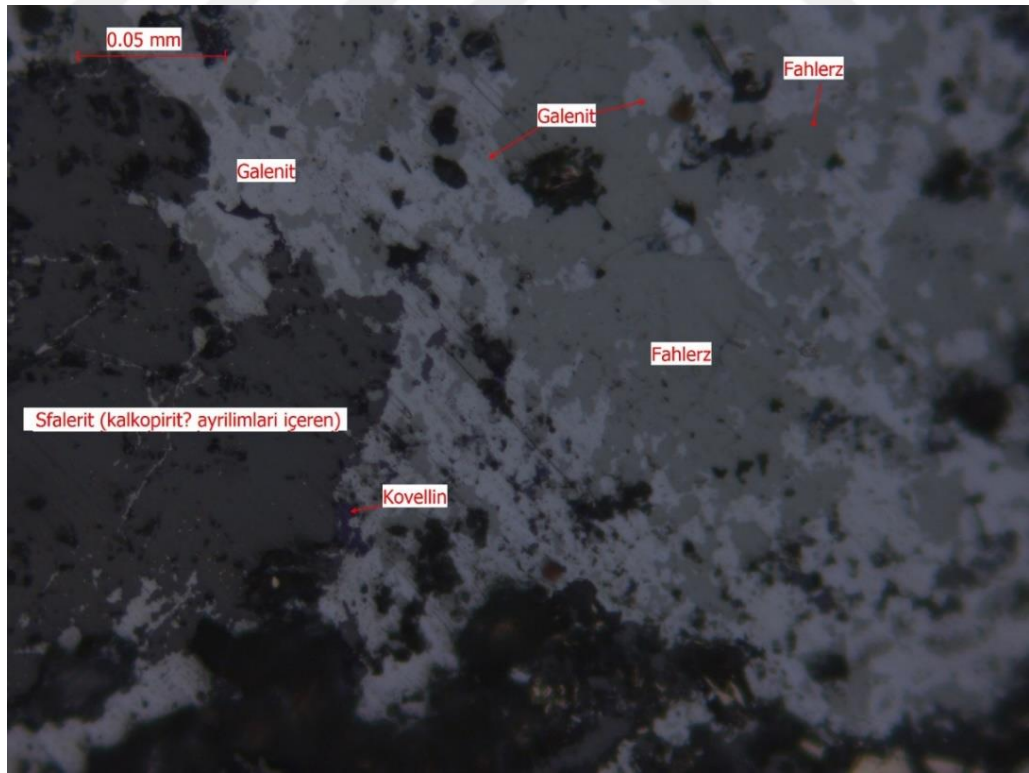
Şekil 5.37. Sağ üst köşede öz şekilsiz pirit kristalini ornatın ve sağ alt köşeye doğru yaygınlaşın öz şekilsiz sfalerit mineral topluluğu ile düzensiz sınırlı ornatım dokuları sunan öz şekilsiz galenit, fahlerz ve daha az oranlarda da kovellin mineral topluluğunu kapsayan birincil sülfürlü cevher mineralleri.



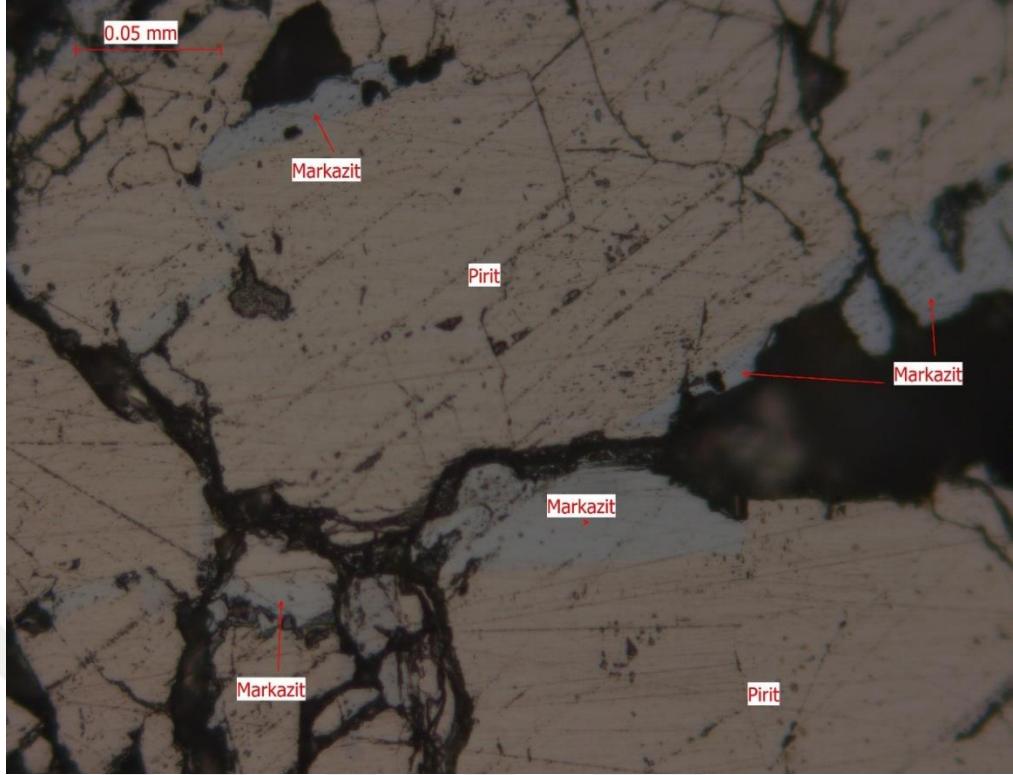
Şekil 5.38. Tipik üçgen kırılma boşlukları sunan iri galenit kristali içerisinde yer alan bir damarda gang mineralleri içerisinde ayırt edilen küçük-orta taneli öz şekilsiz pirit ve düzensiz sınırlı ornatım dokulu sfalerit adacıkları.



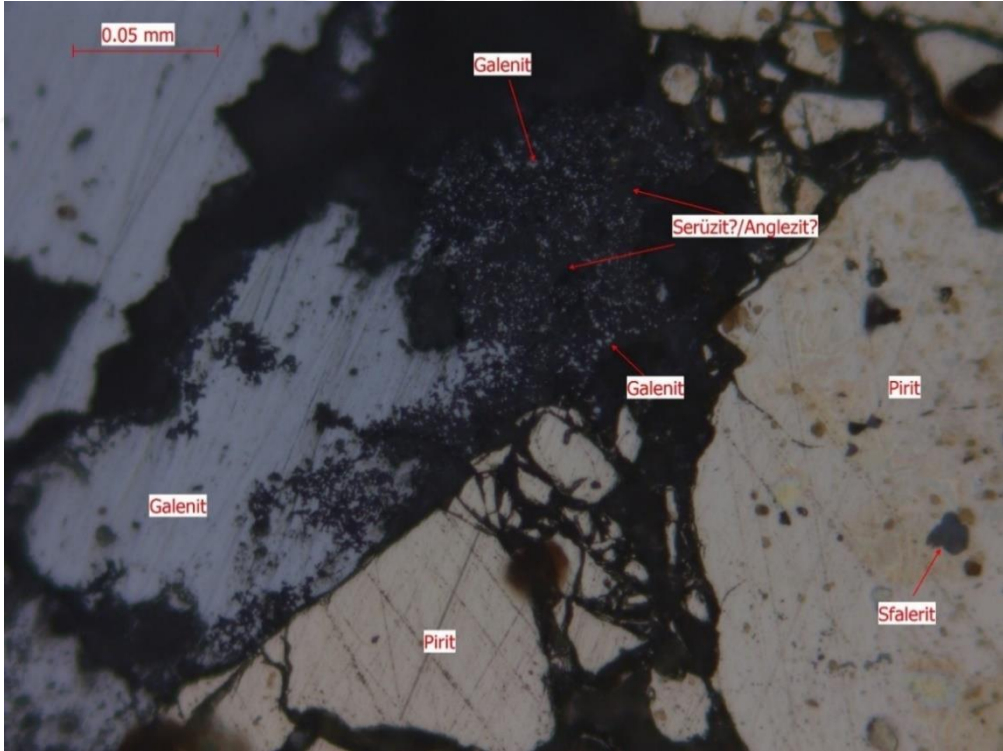
Şekil 5.39. Kalkopirit ayrılımları içeren orta-iri taneli öz şekilsiz sfalerit minerallerini kat eden yarı öz şekilli-öz şekilsiz pirit kristalleri ile öz şekilsiz galenit minerallerini kapsayan genç cevher jenerasyonuna ait damar ve damarcıklar.



Şekil 5.40. Birbirleriyle düzensiz sınırlı ornatım dokuları sergileyen öz şekilsiz galenit, fahlerz, kalkopirit (?) ayrılımları içeren sfalerit ve çok az oranda gözlenen kovellin mineral topluluğu.



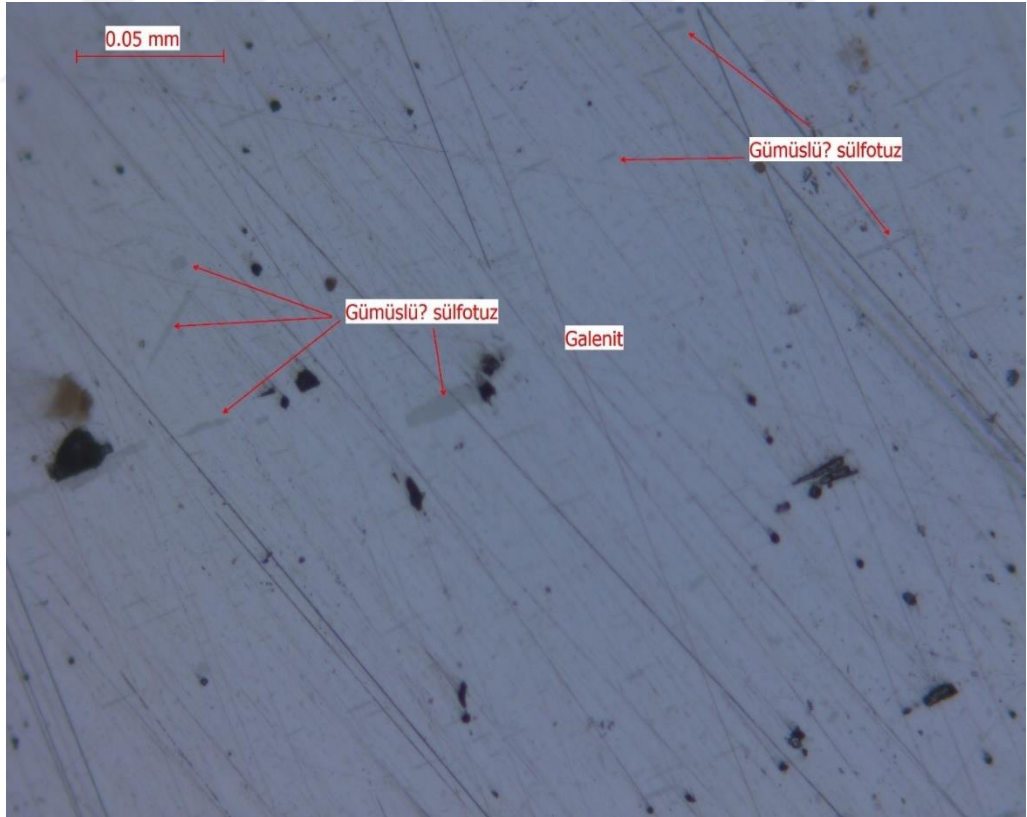
Şekil 5.41. Kataklastik kırılımlı iri öz şekilsiz pirit kristallerinin markazit mineraline dönüşümü.



Şekil 5.42. Kısmen serüzit/anglezit minerallerine dönüşmekte olan iri öz şekilsiz galenit kristalleri ile içerisinde yer yer sfalerit ayrılımları kapsayan orta-iri taneli yer yer kataklastik kırılımlı öz şekilsiz pirit kristallerinin ilişkisi.



Şekil 5.43. İçerisinde tipik üçgen kristal köşesi kırılma boşlukları kapsayan iri öz şekilli galenit krstalleri ile içerisinde düzensiz sınırlı ince galenit damar ve adacıklarını kapsayan öz şekilli sfalerit kristalinin kısmen düzensiz ve yer yer ornatım dokuları sergileyen sınır ilişkileri.



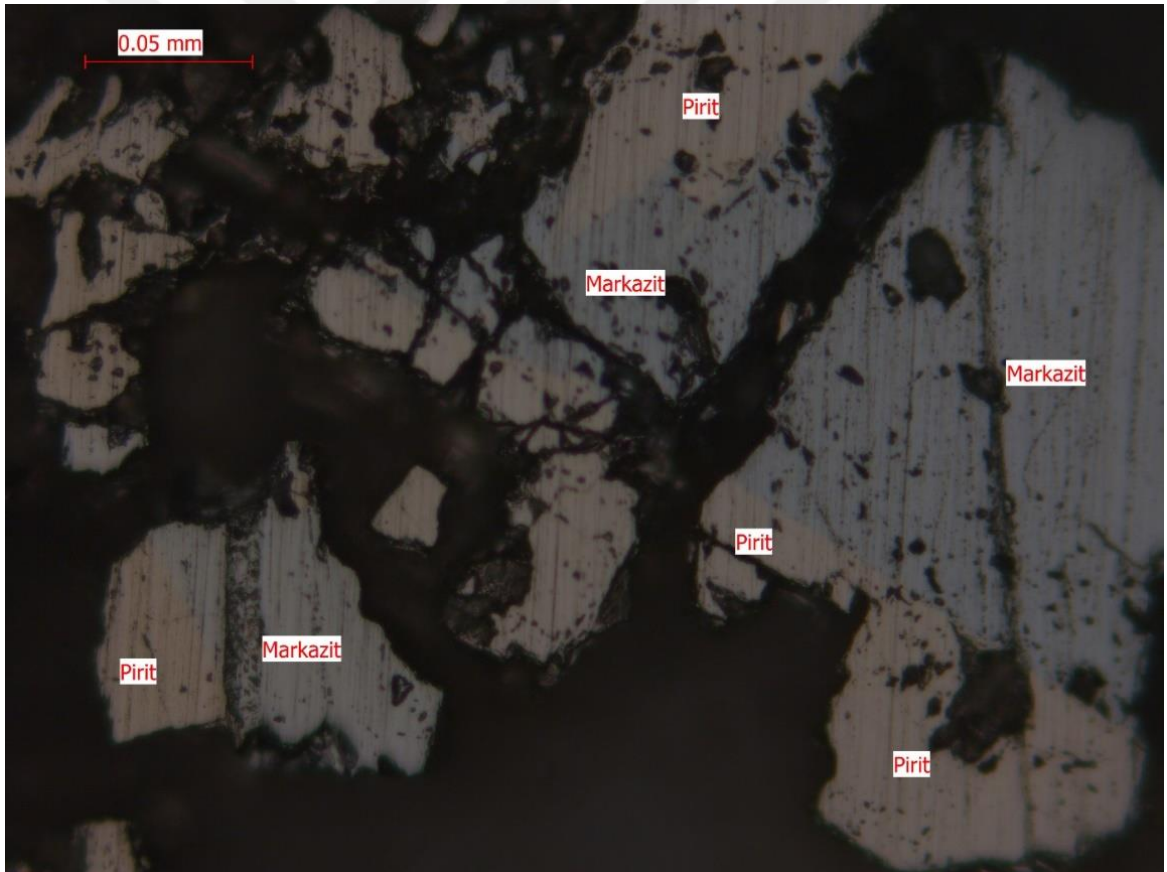
Şekil 5.44. İçerisinde yaygın olarak gümüşlü sülfotuz kapanımları içeren iri galenit kristali.

5.2.3. BS3 kodlu örnek

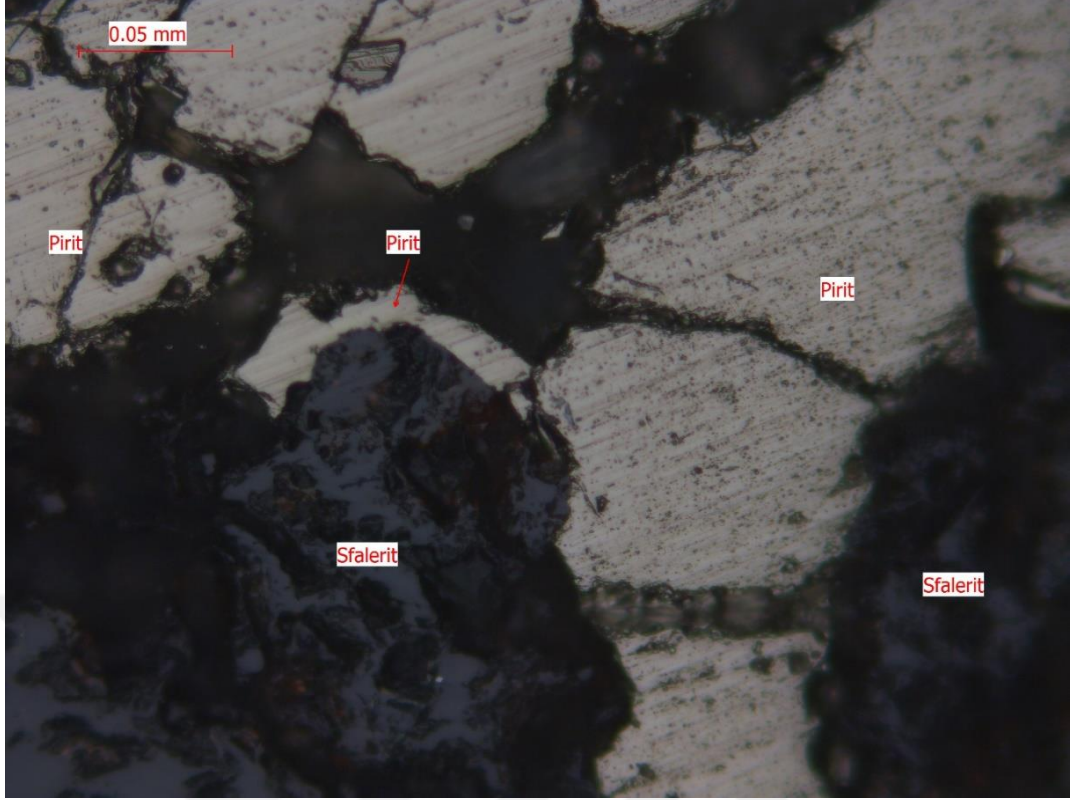
Örnek masif denilebilecek kadar bol miktarda pirit, daha az oranlarda da sfalerit, galenit ve eser miktarda da arsenopirit içermektedir (Şekil 5.45’den, Şekil 5.56’e kadar).

Yarı öz şekilli, öz şekilsiz, kısmen de kataklastik kırılımlı piritler, yer yer markazitlere dönüşmüşlerdir (Şekil 5.45). Genellikle orta-iri taneli olan sfaleritler, pirit ve gang minerallerinin ara-boşluklarını doldurmuşlardır (Şekil 5.46, 5.47, 5.48). Sfaleritlerin çok az bir kısmı submikroskobik kalkopirit? ayrılımları içerir.

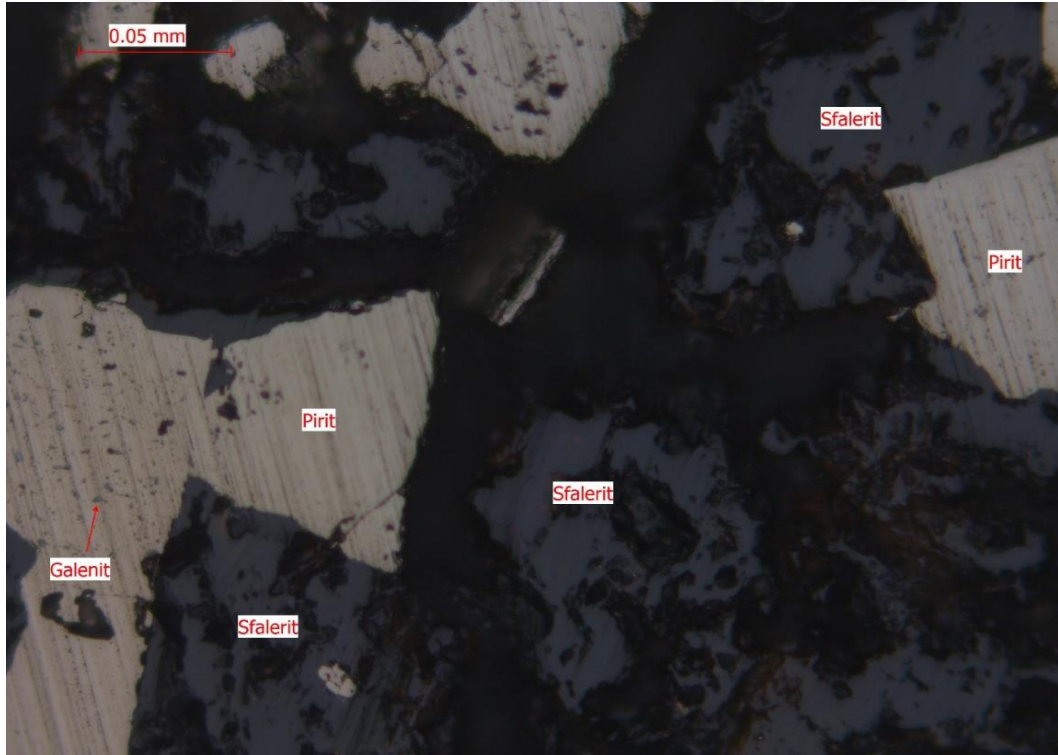
Galenitler çoğunlukla sfalerit ve piritlerin ara-boşluklarında, bazen de çok ince ya da submikroskobik taneler şeklinde piritlerin içerisinde yer alırlar (Şekil 5.44, 45, 46, 47). Öz şekilli-yarı öz şekilli-öz şekilsiz taneler halinde izlenen arsenopiritler ise, piritlerin içerisinde gözlenmektedirler (Şekil 5.48, 5.49, 5.50, 5.51).



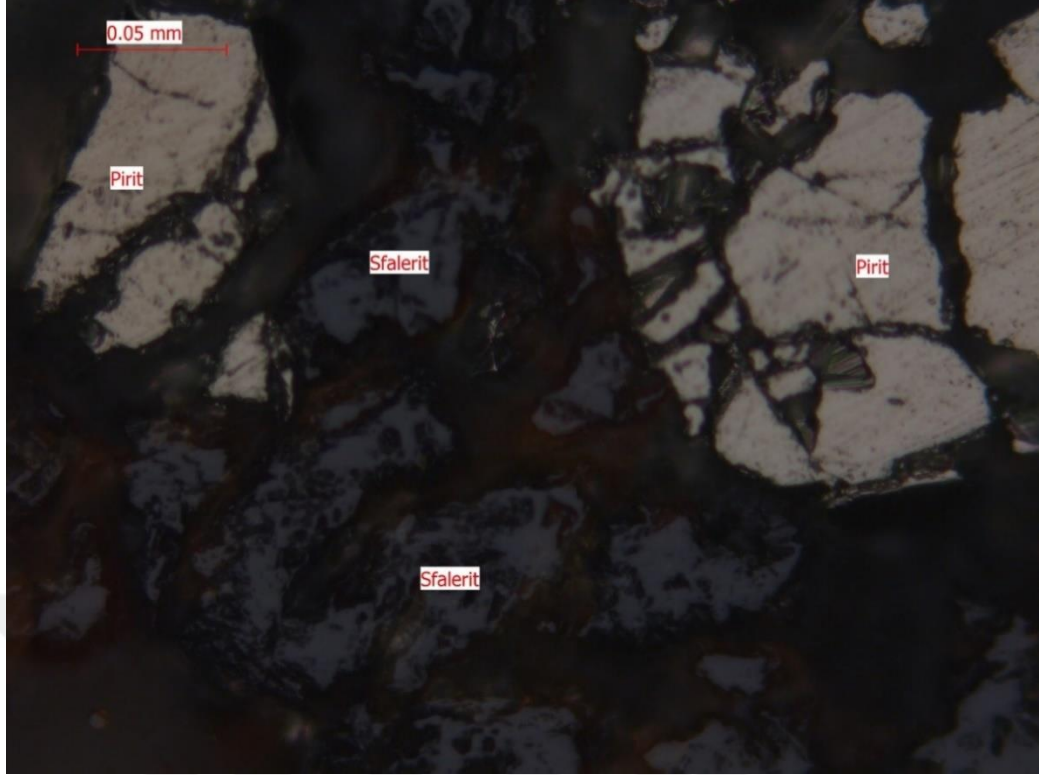
Şekil 5.45. Orta-iri kristalli, kısmen kataklastik kırılımlı öz-yarı öz şekilli piritlerin markazite dönüşümü.



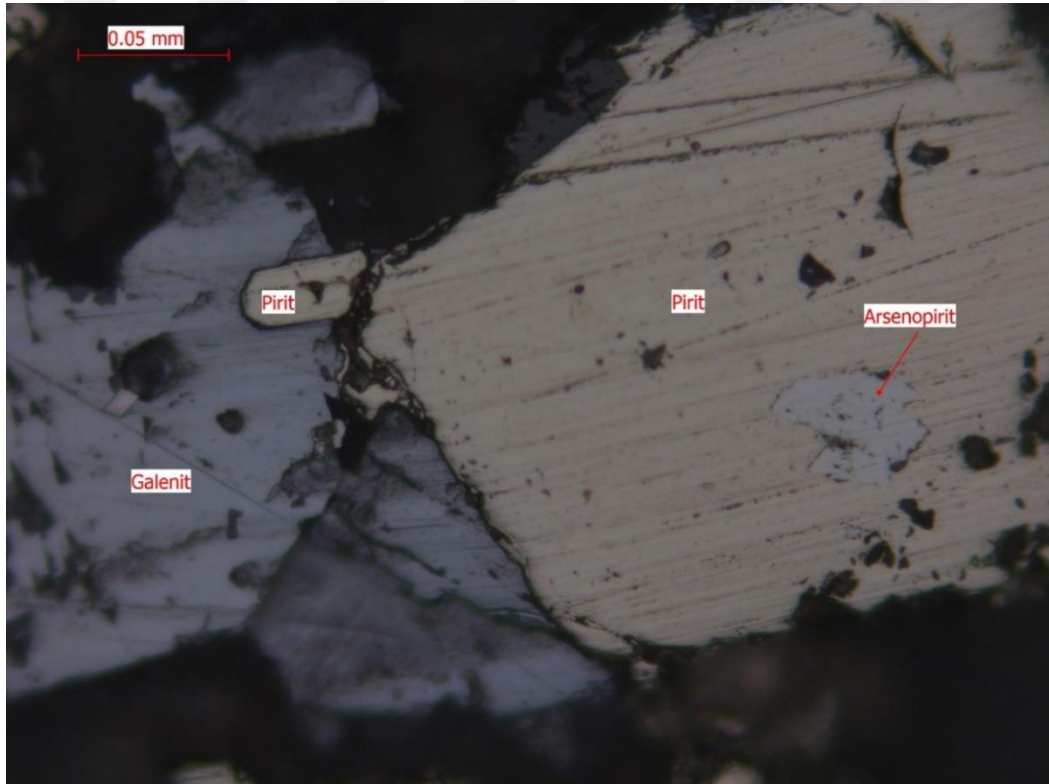
Şekil 5.46. Kısmen kataklastik kırılımlı yarı öz-öz şekilsiz piritlerin öz şekilsiz sfaleritler tarafından ornatılması.



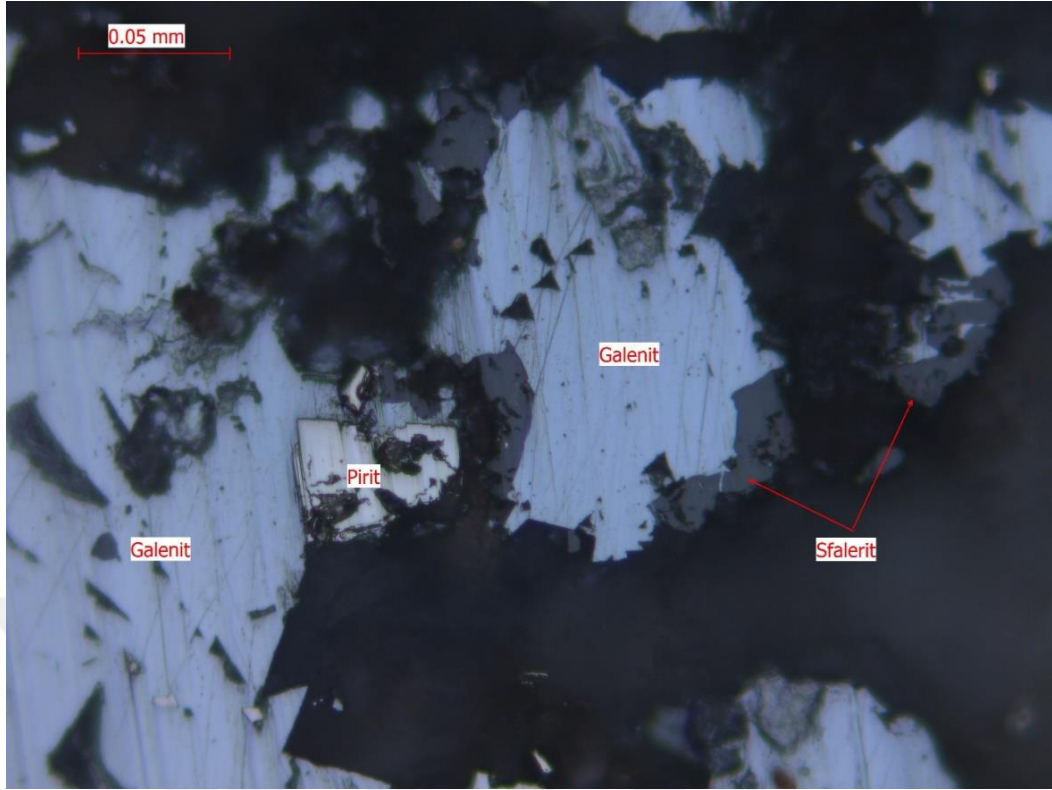
Şekil 5.47. Seyrek kataklastik kırılımlı öz-yarı öz şekilli piritlerin ara boşluklarının öz şekilsiz sfaleritler tarafından doldurulması ve piritlerin dıştan içe doğru kısmen ornatılması.



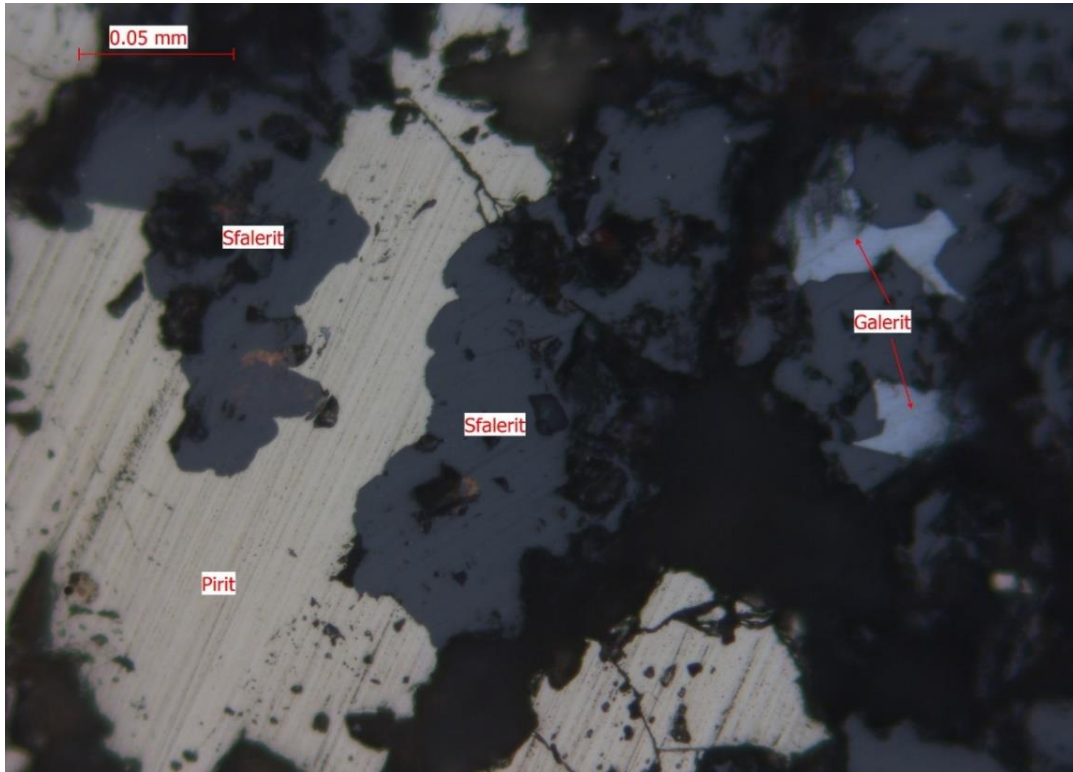
Şekil 5.48. Kataklastik kırılımlı iri-orta öz şekilsiz piritlerin ara boşluklarının öz şekilsiz sfaleritler tarafından doldurulması ve piritlerin dıştan içe doğru kısmen ornatılması.



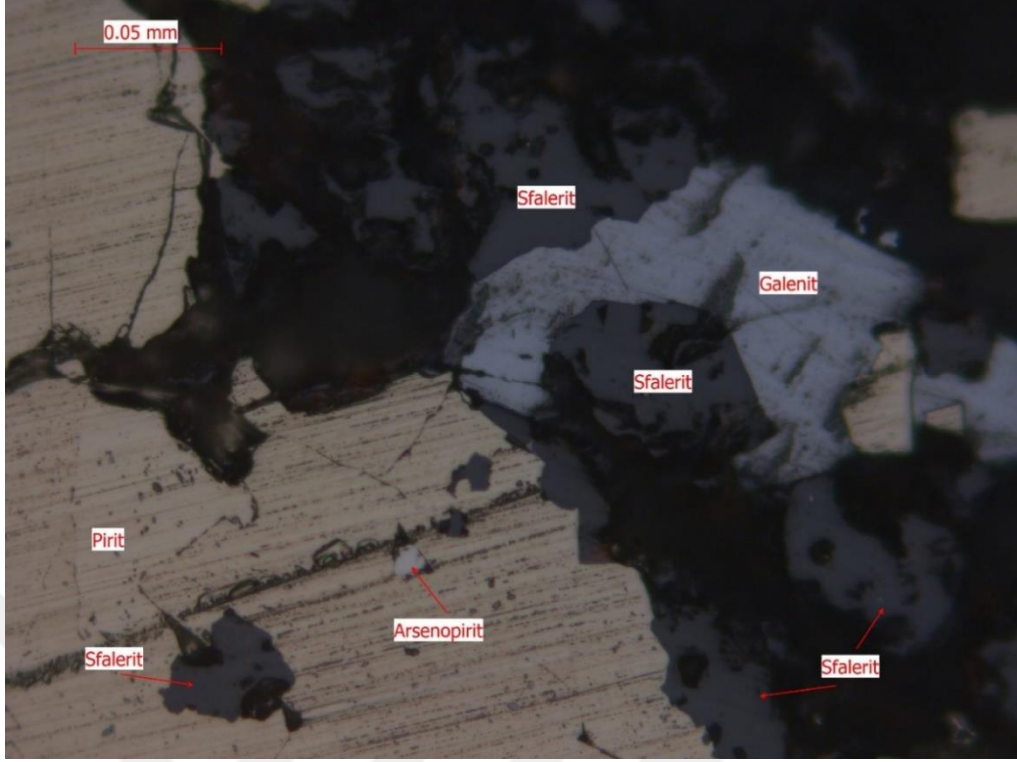
Şekil 5.49. İçerisinde öz-yarı öz şekilli arsenopirit kapanımları içeren orta-iri kristalli, öz şekilli piritler ile öz-yarı öz şekilli galenitlerin ilişkisi.



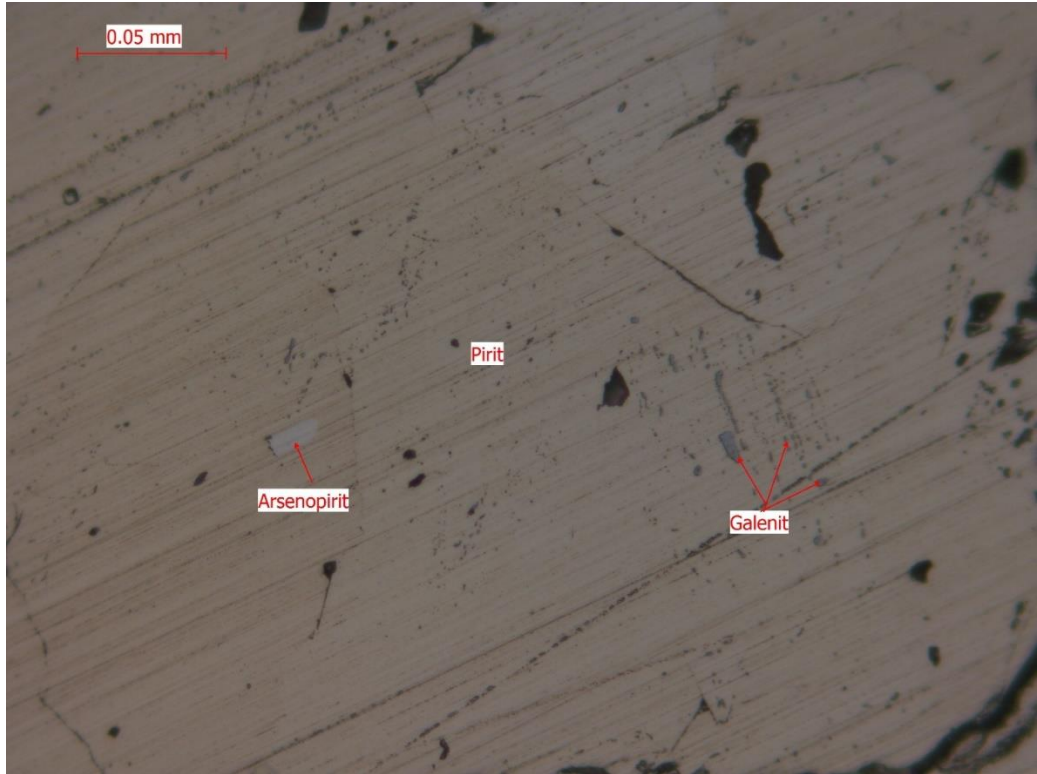
Şekil 5.50. Gang mineralleri içerisinde yarı öz şekilli-öz şekilsiz tipik üçgen köşe kırılım boşlukları sunan galenitlerin öz şekilsiz-yarı öz şekilli sfaleritler tarafından ornatılması ve öz şekilli küçük pirit kristalleri ile ilişkisi.



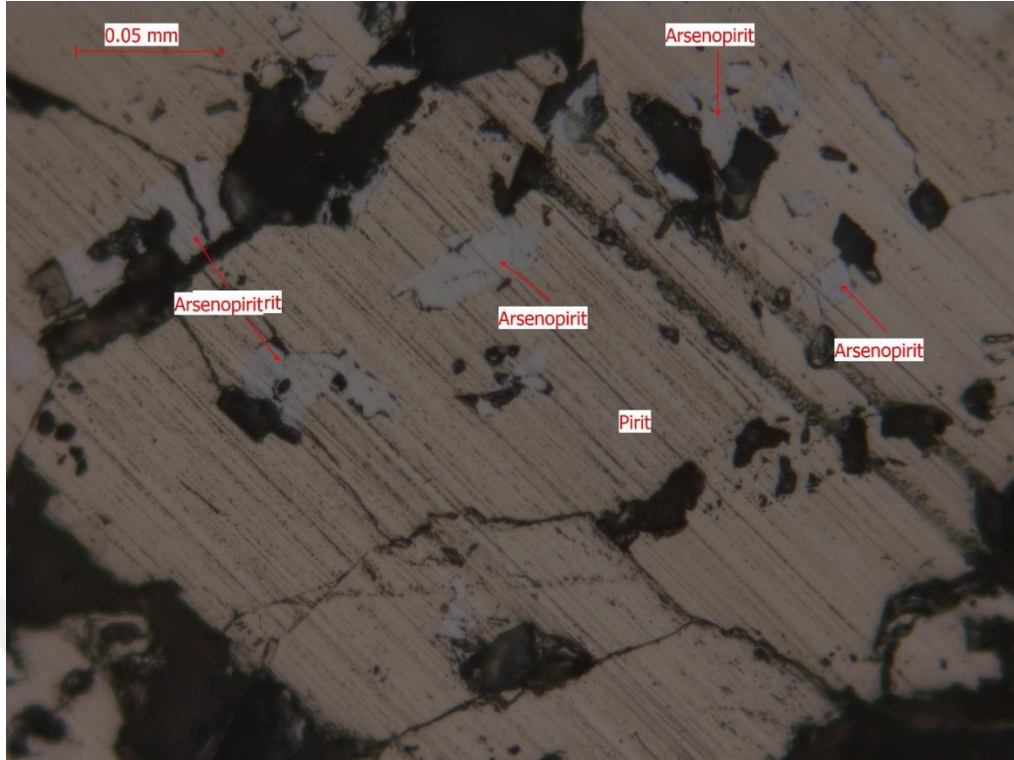
Şekil 5.51. Kısmen kataklastik kırılımlı öz şekilsiz piritlerin, içerisinde galenit adacıkları da kapsayan öz şekilsiz sfaleritler tarafından ornatılması.



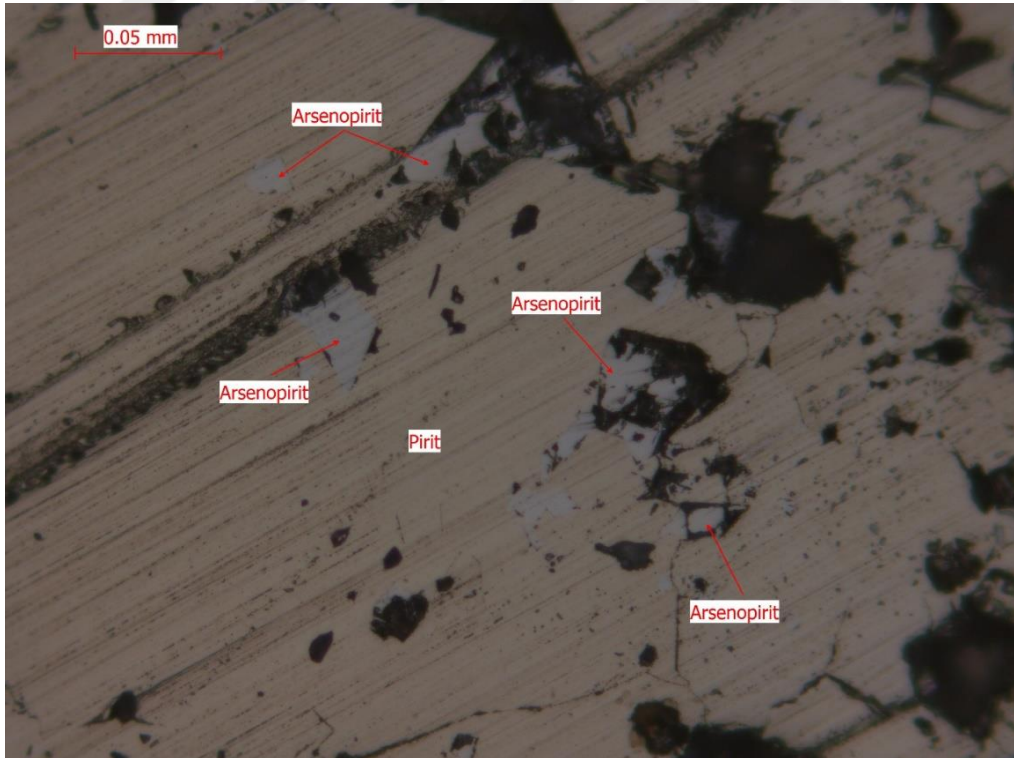
Şekil 5.52. Seyrek kataklastik kırılımlı öz-yarı öz şekilli iri-orta pirit ve yarı öz şekilli orta taneli galenit kristallerinin öz şekilsiz sfaleritler tarafından ornatılması ve pirit içerisinde gözlenen sfalerit ve arsenopirit kapanımları.



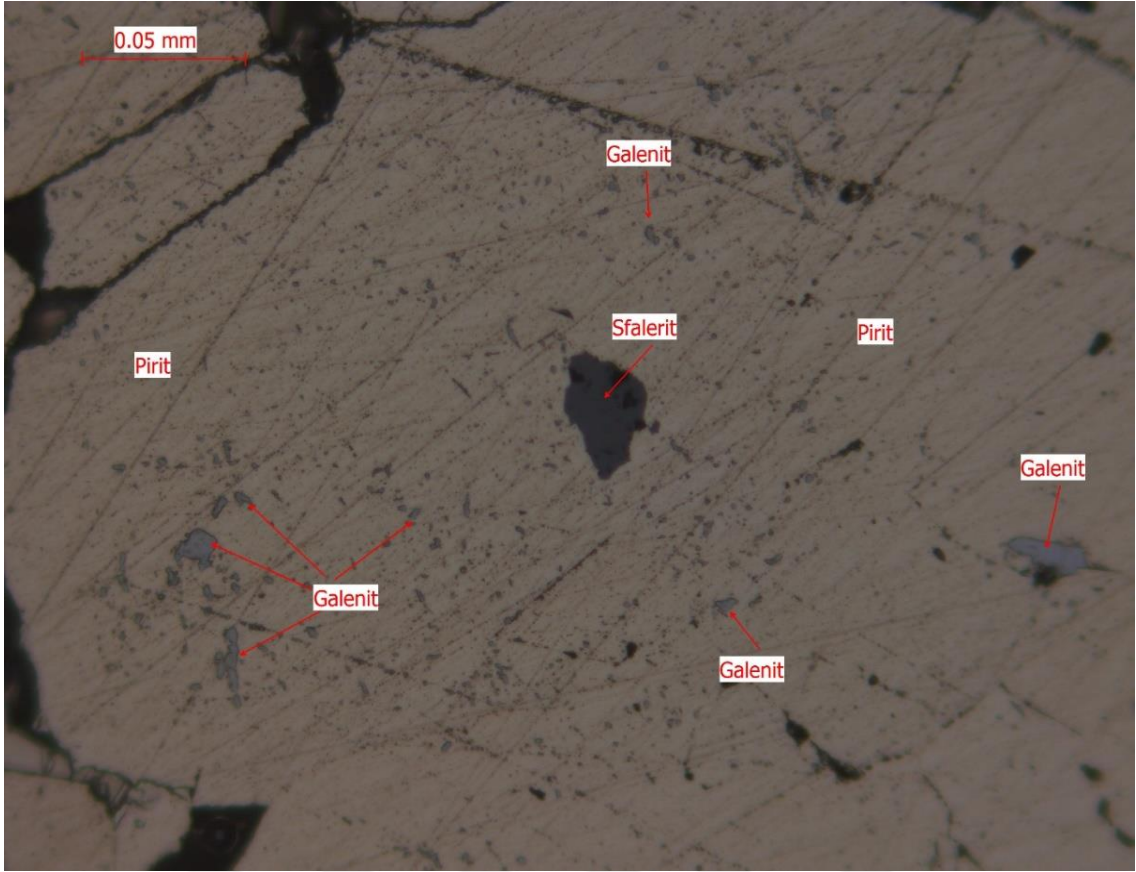
Şekil 5.53. İri pirit kristali içerisinde yer alan öz-yarı öz şekilli galenit ve arsenopiritler.



Şekil 5.54. İri taneli kısmen kataklastik kırılımlı pirit içerisinde yer alan düzensiz sınırlı öz şekilsiz arsenopirit adacıkları ve muhtemelen öz şekilli dolomit gangı (siyah renkli romboederler, sağ üst köşede).



Şekil 5.55. Seyrek kataklastik kırılımlı iri taneli pirit içerisinde gözlenen düzensiz sınırlı öz şekilsiz arsenopirit adacıkları ve muhtemelen öz şekilli kuvars ve dolomit gangı (siyah renkli oktaeder ve romboederler).

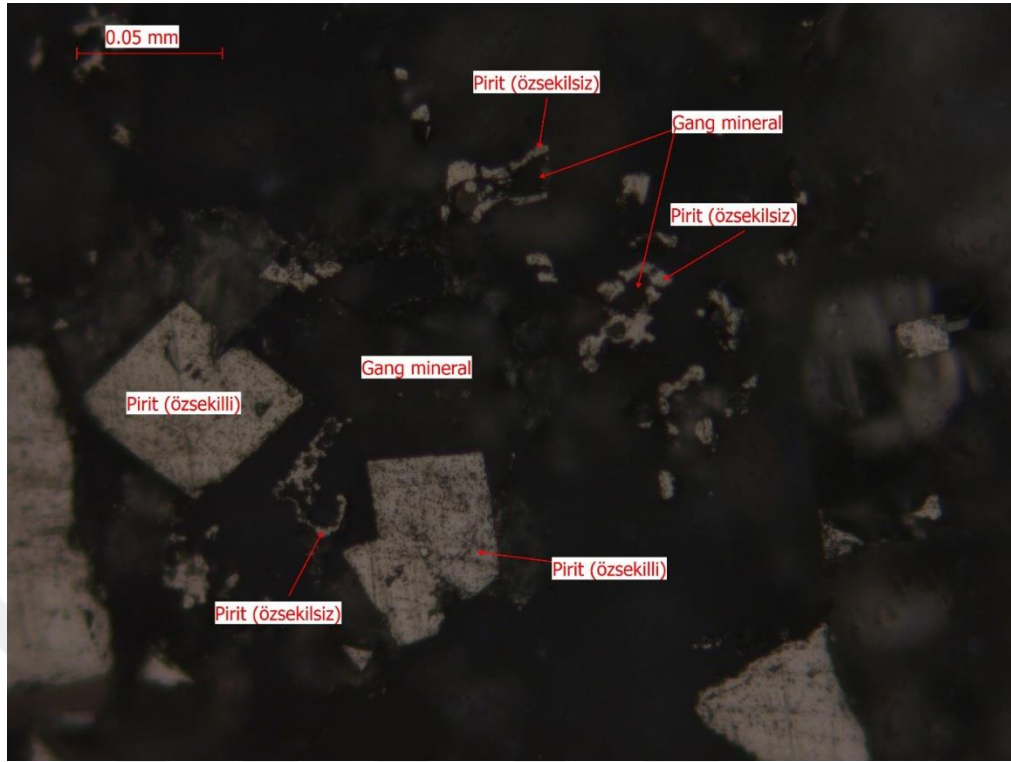


Şekil 5.56. İri taneli pirit içerisinde yer alan küçük düzensiz sınırlı sfalerit ve galenit ayrılmaları.

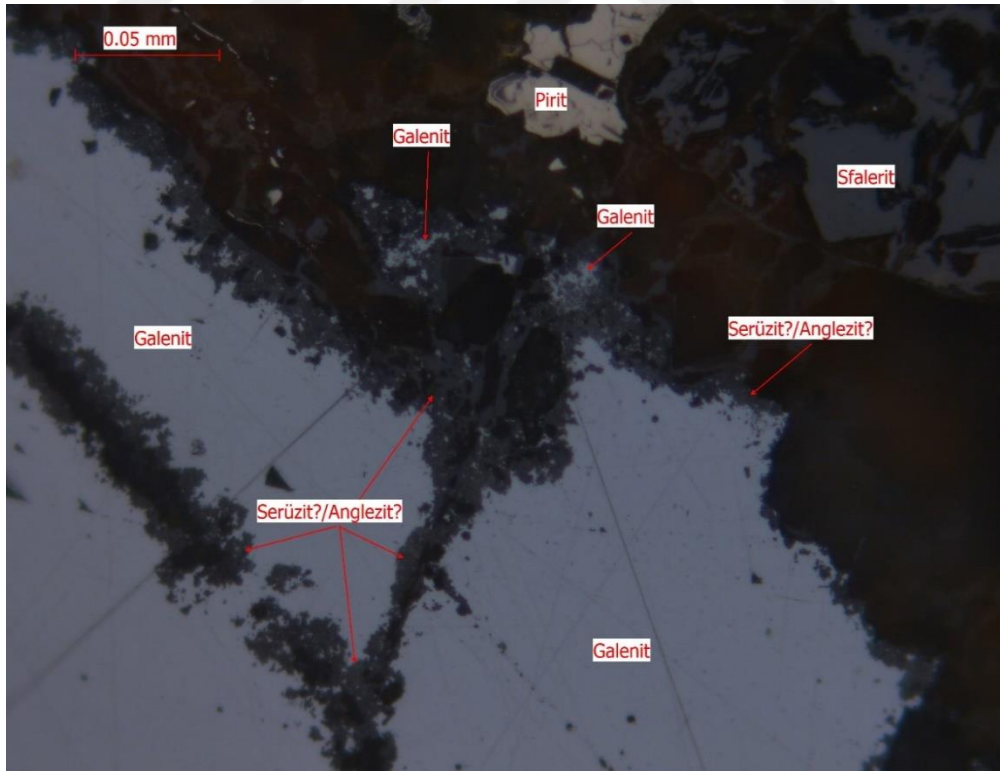
5.2.4. BS4 kodlu örnek

Numunenin el örneği 1-3 cm büyüklüğe sahip parçalar şeklinde olup, parlak kesit yapılırken bunların içlerinden dört parça kalıba alınarak parlak kesit hazırlanmıştır. Numunede bol miktarda pirit, çok az miktarda sfalerit ile eser oranda galenit tespit edilmiştir (Şekil 5.57’den Şekil 5.59’a kadar).

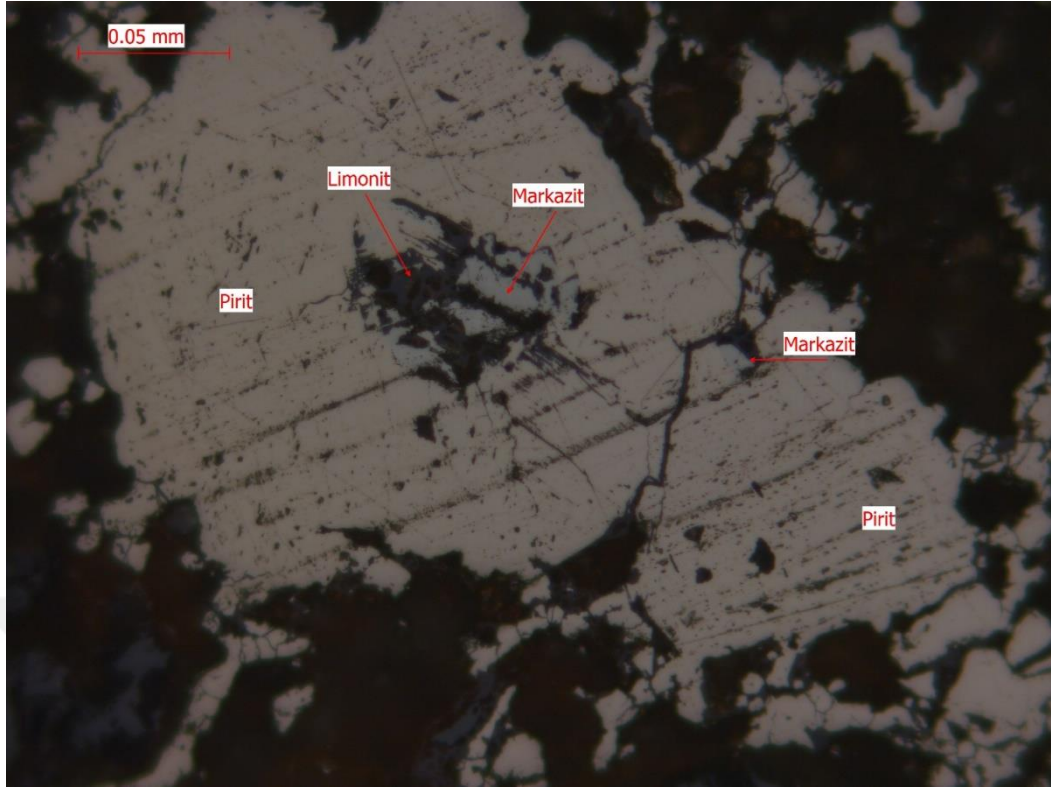
Piritler; öz şekilli-yarı öz şekilli ve öz şekilsiz taneler şeklinde ve yer yer kataklastik kırılımlıdır (Şekil 5.57, 5.58, 5.59). Öz şekilsiz piritler ince taneli olup, diğer piritlerin ve gang minerallerinin aralarında yer alırlar. Bunların büyük bir çoğunluğu bakteri topluluklarının etkinliğinde oluşmuş framboidal piritlerdir (Şekil 5.57). Piritlerin bir kısmında limonitleşme ve markazite dönüşüm görür (Şekil 5.59). Yarı öz şekilli, öz şekilsiz orta ince taneli sfaleritler pirit ve galenitlerle birlikte görülürler (Şekil 5.58). İri taneli galenitler dıştan içe ve dilinimleri boyunca serüzit ve anglezitlere dönüşmüşlerdir (Şekil 5.58).



Şekil 5.57. Gang içerisinde gözlenen orta taneli öz şekilli piritler ile küçük öz şekilsiz pirit topluluklarını kapsayan framboidal piritler.



Şekil 5.58. Kristal sınırları boyunca serüzit ve/veya anglezite dönüşen iri öz şekilli galenitler ile küçük taneli öz-yarı öz şekilli pirit ve orta taneli öz şekilsiz sfaleritlerin arsında yer alan koyu renkli gang dolgusu.



Şekil 5.59. Gang içerisinde yer alan iri yarı öz şekilli-öz şekilsiz pirit kristallerininin mikro çatlakları boyunca limonit ve markazite dönüşümü.

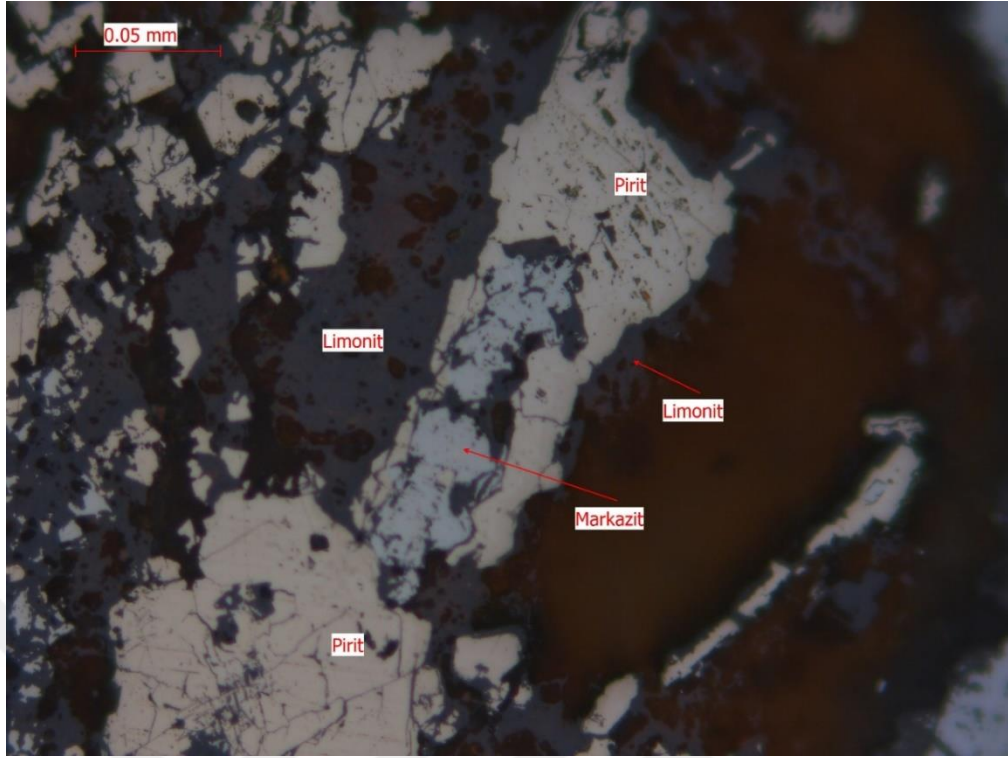
5.2.5. BS5 kodlu örnek

Numunede bol miktarda pirit, sfalerit, daha az oranda galenit ve çok az miktarda limonit ile gümüşlü? sülfotuz tespit edilmiştir (Şekil 5.60'dan Şekil 5.67'ye kadar).

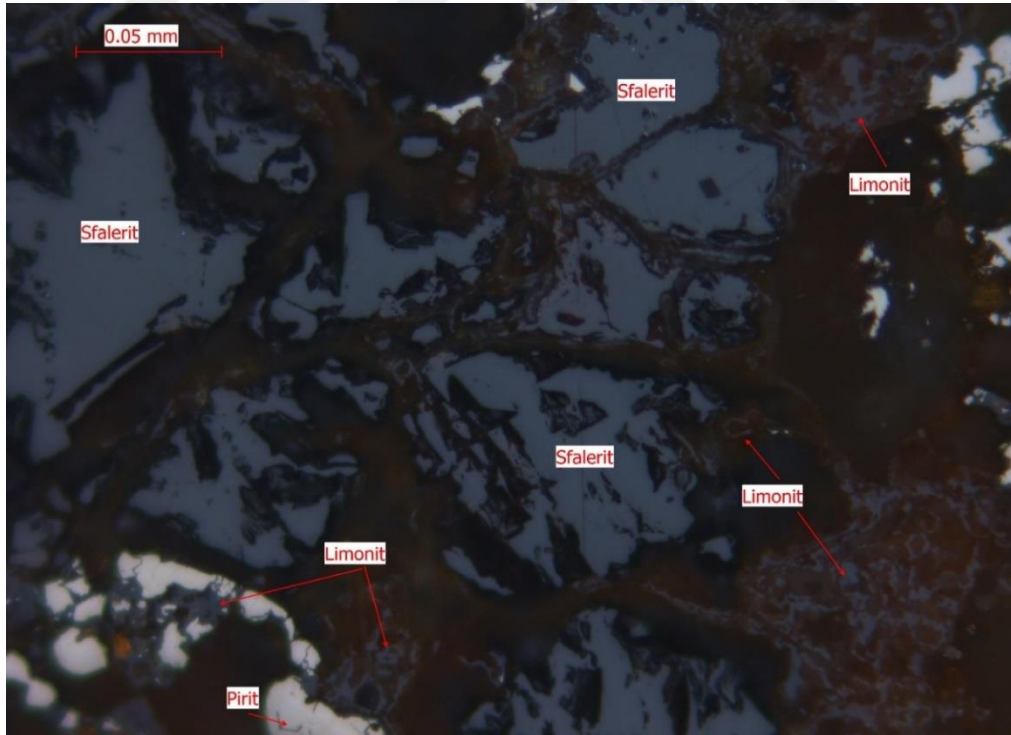
Piritler yarı öz şekilli, öz şekilsiz ince-orta tanelidirler. Gang mineralleri ve sfaleritlerin ara-boşlukları ile kenar kesimlerinde gözlenirler. Piritler çatlak, kırık ve kenarlarından itibaren limonite ve yer yer de markazite dönüşmüşlerdir (Şekil 5.60, 5.61, 5.62, 5.63).

Yer yer kataklastik kırılımlı, orta-iri taneli sfaleritlerin bazılarının içerisinde submikroskobik ölçeklerde kalkopirit?/pirit? ayrılımları gözlenmektedir (Şekil 5.64).

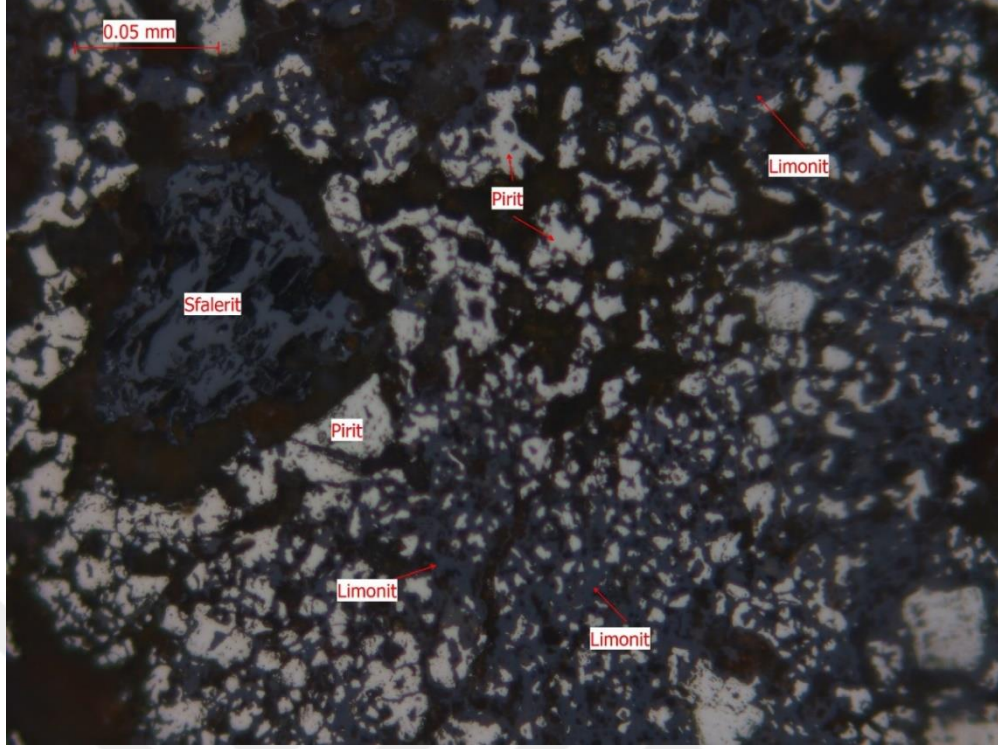
Galenitler ise genellikle parlak kesitin bir kısmında yoğunlaşmış iri taneler şeklinde, bazen de sfaleritlerin kılcal çatlaklarında belirlenmiştir. İri taneli galenitlerin bazılarının içlerinde çok küçük, damlacık-mercekler şeklinde gümüşlü sülfotuzlar saptanmıştır. Galenitler kenar, kırık ve çatlaklarından itibaren serüzit (?) ve/veya anglezite dönüşüm göstermektedirler.



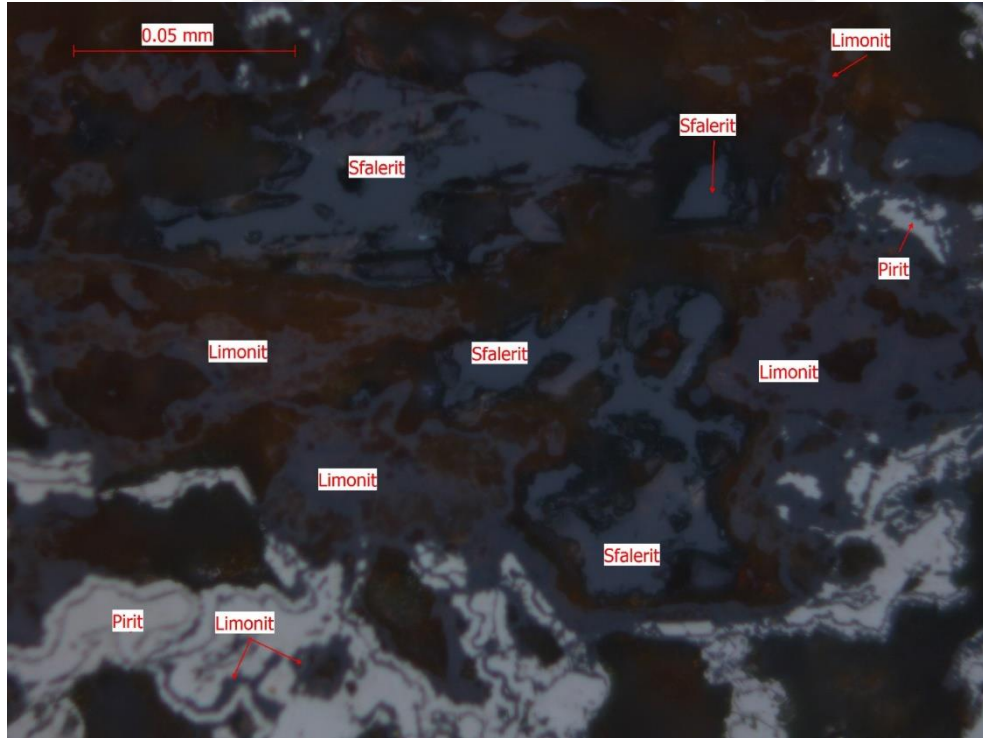
Şekil 5.60. Gang içerisinde yer alan kataklastik kırılımlı yarı öz şekilli--öz şekilsiz piritlerin limonit ve markazitlere dönüşümü.



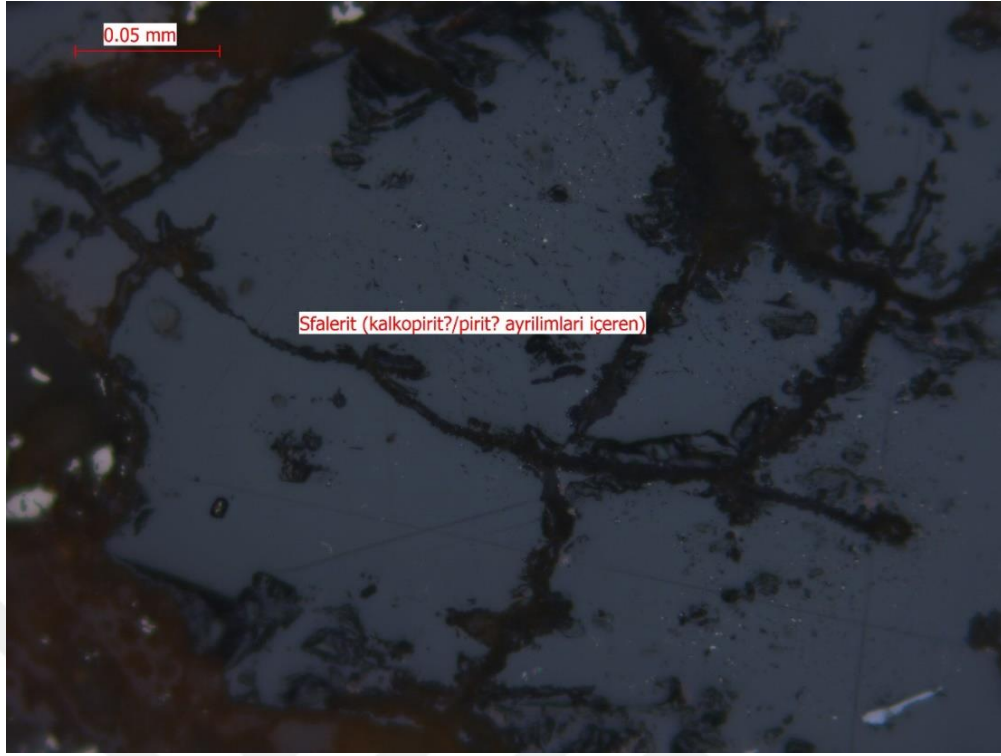
Şekil 5.61. Öz şekilsiz iri safaleritler içerisinde yer alan öz şekilsiz küçük-ince taneli piritlerin limonitlere dönüşümü.



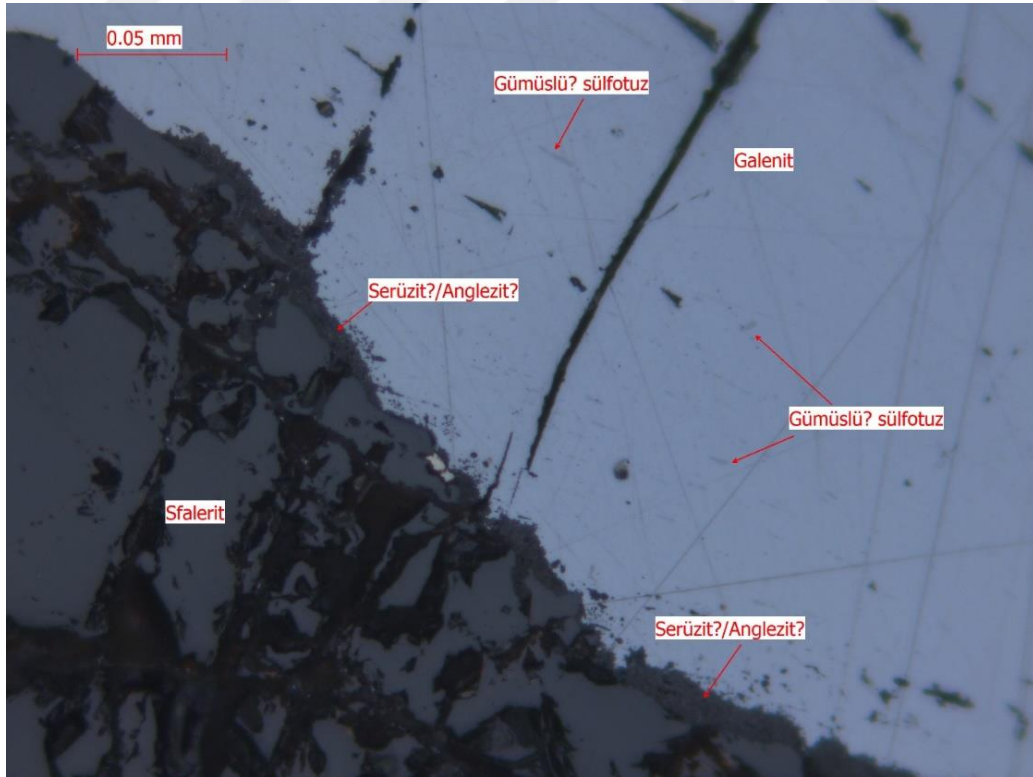
Şekil 5.62. İri öz şekilsiz sfaleritin etrafında gang ile birlikte gözlenen küçük-ince taneli genellikle öz şekilsiz piritlerin limonitlere dönüşümü.



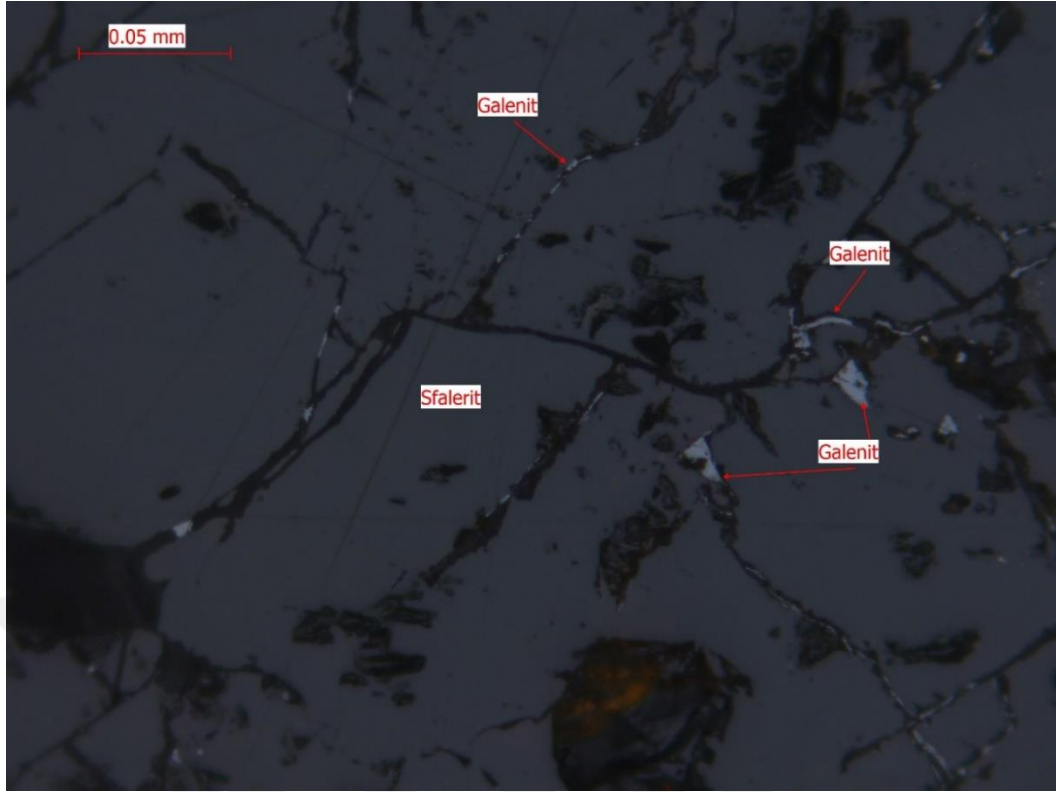
Şekil 5.63. Düzensiz sınırlı öz şekilsiz sfaleritler ile birlikte bulunan ikincil pirit ve limonitlerde gözlenen tipik kolloform dokulu konsantrik çökelme yapıları.



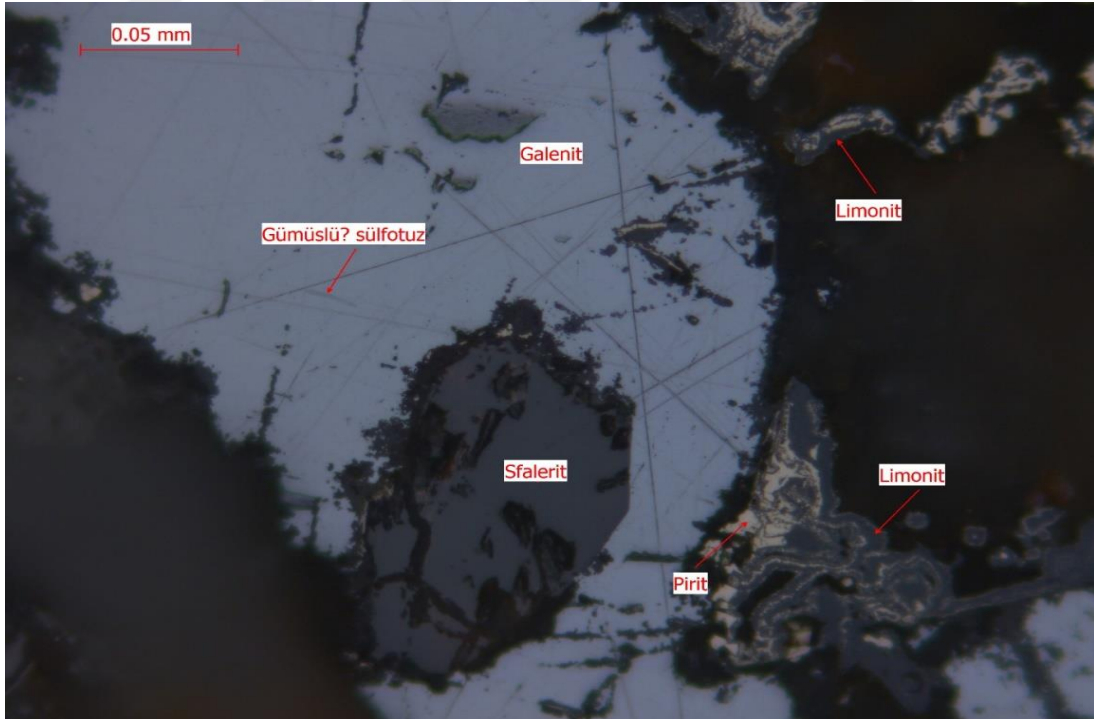
Şekil 5.64. İri kataklastik kırılımlı öz şekilsiz sfalerit içerisinde gözlenen submikroskopik kalkopirit? ayrılımları.



Şekil 5.65. İçerisinde yer yer gümüşlü sülfotuz kapanımları içeren iri öz şekilsiz galenit kristalinin iri kataklastik kırılımlı öz şekilsiz sfaleritler tarafından yer yer ornatılması ve galenitin serüzit ve/veya anglezite dönüşmesi.



Şekil 5.66. İri kataklastik kırılımlı bir sfalerit kristalinin çatlak ve kırıkları boyunca yerleşmiş olan galenitlerin oluşturduğu ince galenit damarcıkları.



Şekil 5.67. Gang içerisinde öz şekilsiz iri taneli galenit, orta taneli sfalerit ve ince-küçük taneli piritlerin birlikteliği ile piritlerde kolloform dokulu limonitleşme ve galenitler içerisindeki çizgisel görümlü sülfotuz ayrılımları.

Fahlerz, çoğunlukla tennantit ($\text{Cu}_6[\text{Cu}_4(\text{Fe,Zn})_2]\text{As}_4\text{S}_{13}$ ve tetrahedrit ($\text{Cu}_6[\text{Cu}_4(\text{Fe,Zn})_2]\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ arasındaki katı çözelti serisini kapsayan kompleks sülfotuzların oluşturduğu bir cevheri ifade eder. Almanca soluk anlamına gelen “fahl” kelimesi, bu minerallerde gözlenen karakteristik soluk gri ile koyu siyah renkleri ifade etmektedir (<https://en.wikipedia.org/wiki/Fahlore>). Bunlardan As içeriği yüksek olana tennantit, Sb içeriği yüksek olana tetrahedrit; Ag içeriği yüksek olana frayberjit, Hg içeriği yüksek olana ise Şıvarzit adı verilmektedir (www.mindat.org).

5.3 XRD Çalışmaları

Bu kapsamda BO3, BO4, BO11 ve BO16 kodlu dört adet ikincil cevher örneği incelenmiştir. Bu örneklerden elde edilen XRD verilerine göre ikincil cevher numuneleri içerisinde yer alan başlıca cevher minerallerini seruzit, götit, beyudantit ve pirit, gang minerallerini ise kuvars, kalsit, biyotit-illit ve manyezit oluşturmaktadır (Çizelge 5.1, 5.2, 5.3, 5.4).

Çizelge 5.1. BO3 kodlu ikincil cevher numunesinin XRD analiz sonucu (Analiz: MTA, MAT Dairesinde yapılmıştır).

Numune Kayıt No. <i>Receipt No. of Sample</i>	: 21-H-002181
Numune İşareti <i>Sample Sign</i>	: BO3
Numune Hazırlama Sorumlusu: <i>Sample Preparation Officer</i>	Serdar CENGİZ, [Serdar CENGİZ, Mehmet BATU]
Analiz/Test Kodu/Adı <i>Analysis / Test Name</i>	: Standart Kalitatif Mineral Analizi
Analiz/Test Metodu <i>Analysis / Test Method</i>	: -
Seruzit	
Götit	
Kuvars	
Beyudantit	
Pirit	

Çizelge 5.2. BO4 kodlu ikincil cevher numunesinin XRD analiz sonucu (Analiz: MTA, MAT Dairesinde yapılmıştır).

¹Numune İşareti Sample Sign	: BO4
Numune Hazırlama Sorumlusu: Sample Preparation Officer	Serdar CENGİZ, [Serdar CENGİZ, Mehmet BATU
Analiz/Test Kodu/Adı Analysis / Test Name	: Standart Kalitatif Mineral Analizi
Analiz/Test Metodu Analysis / Test Method	: -
Kuars Götit Beyudantit	

Çizelge 5.3. BO11 kodlu ikincil cevher numunesinin XRD analiz sonucu (Analiz: MTA, MAT Dairesinde yapılmıştır).

Numune Kayıt No. Receipt No. of Sample	: 21-H-002185
¹Numune İşareti Sample Sign	: BO11
Numune Hazırlama Sorumlusu: Sample Preparation Officer	Serdar CENGİZ, [Serdar CENGİZ, Mehmet BATU
Analiz/Test Kodu/Adı Analysis / Test Name	: Standart Kalitatif Mineral Analizi
Analiz/Test Metodu Analysis / Test Method	: -
Kuars Kalsit Mika Minerali/İllit (Biyotit)	

Çizelge 5.4. BO16 kodlu ikincil cevher numunesinin XRD analiz sonucu (Analiz: MTA, MAT Dairesinde yapılmıştır).

Numune Kayıt No. Receipt No. of Sample	: 21-H-002186
¹Numune İşareti Sample Sign	: BO16
Numune Hazırlama Sorumlusu: Sample Preparation Officer	Serdar CENGİZ, [Serdar CENGİZ, Mehmet BATU]
Analiz/Test Kodu/Adı Analysis / Test Name	: Standart Kalitatif Mineral Analizi
Analiz/Test Metodu Analysis / Test Method	: -
Kuars	
Manyezit	
Götit	

5.4. SEM-EDS İNCELEMELERİ

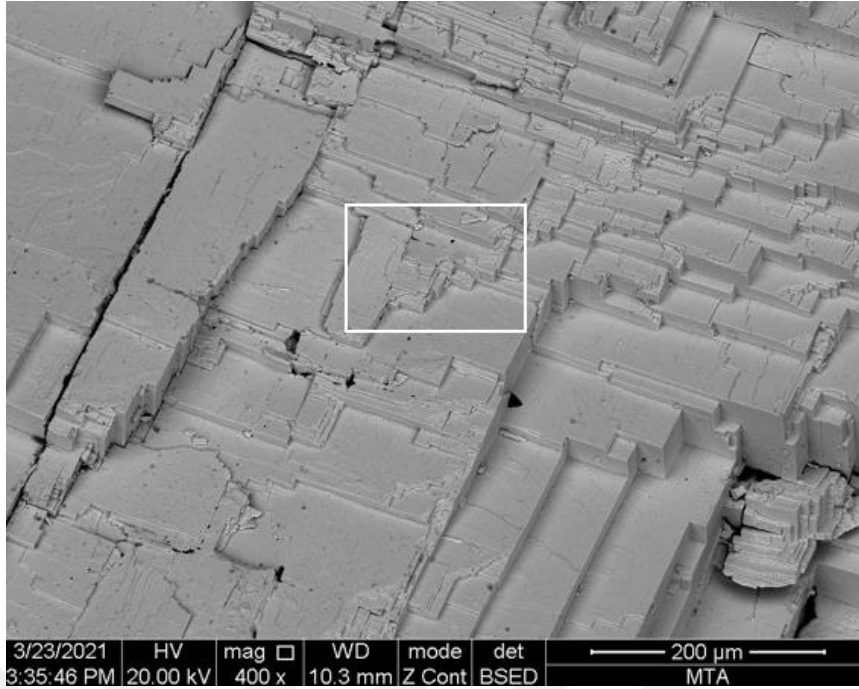
Bu kapsamda birincil sülfürlü cevher örneklerinden BS2, BS3 ve BS4 kodlu ve ikincil sülfürsüz cevher örneklerinden de BO4 kodlu örnekleri temsil etmek üzere her biri yaklaşık 1cm³ olan 4 adet numune, kapsadıkları minerallerin mikro morfolojik ve belirli noktalardaki mikro-jeokimyasal özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla EDS ilaveli bir taramalı elektron mikroskop altında incelenmişlerdir.

Birincil sülfürlü cevher örneklerinden BS2 kodlu örnek üzerinde BS2-EDS1'den BS2-EDS7'e kadar yedi; BS3 kodlu örnek üzerinde BS3-EDS1'den BS3-EDS6'ya kadar altı ve BS4 kodlu örnek üzerinde BS4-EDS1'den BS4-EDS4'e kadar 4; ikincil sülfürsüz cevher örneklerinden de sadece BO4 kodlu örnek üzerinde BO4-EDS1' den BO4-EDS7'e kadar 7 olmak üzere toplam 21 mikro alan üzerinde belirlenen noktalarda mikro jeokimyasal analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma sırasında hem bu EDS alanları hem de bu alanlar içerisinde mikro jeokimyasal EDS analizleri için belirlenen noktaları kapsayan mikro alanlar dijital olarak görüntülendikten sonra detaylı jeokimyasal analizler için mikro alanlar içerisinde her biri farklı bir minerali temsil etmek

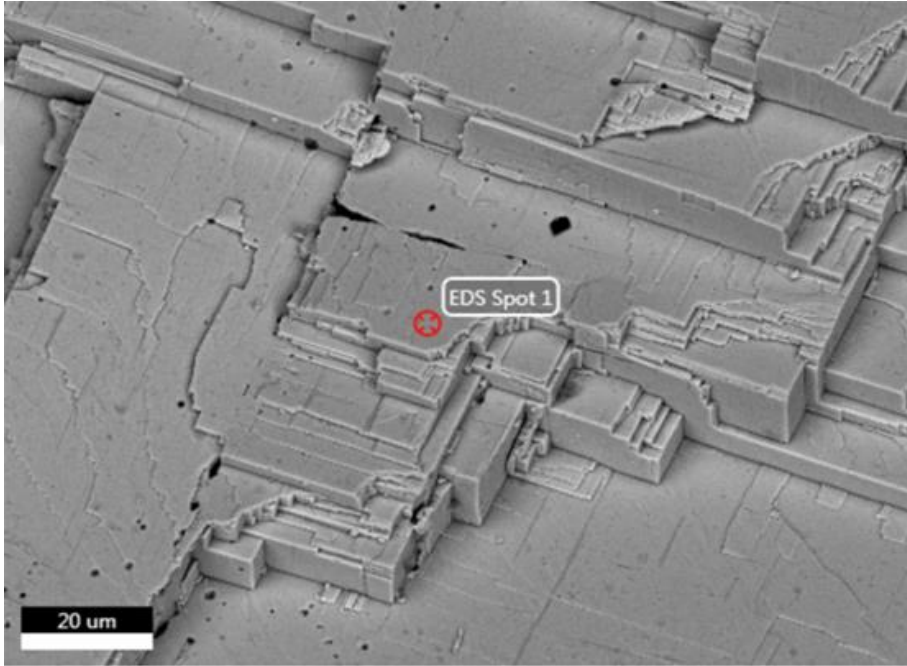
üzere seçilen noktaların EDS analizleri yapılarak kapsadığı mineraller ve jeokimyasal bileşimleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışma kapsamında mikro-jeokimyasal EDS analizleri için **BS2 örneğine ait** EDS1 alanında 1, EDS2 de 5, EDS3 de 2, EDS4 de 8, EDS5 de 5, EDS6 da 2, EDS7 de 5; **BS3 örneğine ait** EDS1 alanında 7, EDS2 de 5, EDS3 de 2, EDS4 de 9, EDS5 de 4, EDS6 da 3; **BS4 örneğine ait** EDS1 alanında 3, EDS2 de 2, EDS3 de 4, EDS4 de 3; **BO4 örneğine ait** EDS1 alanında 1, EDS2 de 3, EDS3 de 1, EDS4 de 1; EDS5 de 3, EDS6 da 3 ve EDS7 de de 1 olmak üzere toplam 83 noktada EDS analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerle birlikte her bir noktada yer alan minerallerin jeokimyasal bileşimi hakkında bilgi veren hem kalitatif bir analitik EDS-çizim grafiği hem de kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz değerleri elde edilmiştir. Bu bölüm, yukarıda sözü edilen dijital SEM görüntüleri, analitik EDS grafikleri ve eZAF Smart Quant elementel analiz verileri ve bunlara dayalı yorumlamaları kapsamaktadır.

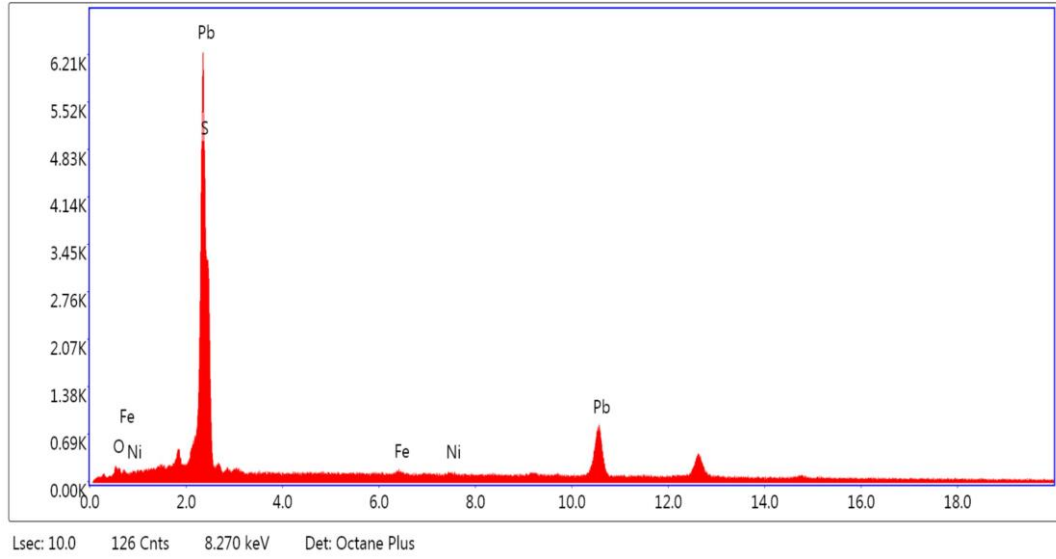
Birincil süfidli cevher örneklerinden BS2-EDS1 alanı içerisinde yer alan iri öz şekilli, kübik kristaller şeklindeki galenit kristalleri tipik apartman yapılarına ve üçgen köşe kırılmalarına sahiptirler (Şekil 5.68 ve 5.69). Şekil 5.69 üzerindeki EDS-1 noktasında yapılan mikro jeokimyasal EDS analizine ait analitik çizim grafiği Şekil 5.70’ de; eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.5’ de görülmektedir. Bu verilere göre, EDS-1 noktası ağırlık cinsinden %75.80 Pb, %11.93 O, %11.15 S, %0.74 Fe ve %0.39 Ni içermektedir (Çizelge 5.5). Atomik orana göre aynı noktada %24.74 Pb, %50.41 O, %23.51 S, %0.89 Fe ve %0.45Ni içeriği belirlenmiştir (Çizelge 5.5). Galen mineralinin bileşimini yansıtan bu ana element oranlarının yanı sıra belirlenen Fe ve Ni gibi tali elementlerin galenin kristal yapısı içerisinde Pb yerine ikame elementler olarak girdikleri tahmin edilmektedir.



Şekil 5.68. İri öz şekilli, tipik apartman yapılı ve üçgen kristal köşe kırılmalarına sahip olan ve birincil sülfürlü cevherlerin ana bileşenlerinden birini oluşturan galen kristallerinin SEM görüntüleri. Dikdörtgen içerisindeki bölüm SEM-EDS analizleri için seçilmiş olan alanı göstermektedir.



Şekil 5.69. Şekil 5.68 üzerinde gösterilen dikdörtgen içerisindeki alanının büyütülmüş SEM görüntüsü ve EDS analizi için seçilen noktanın konumu.



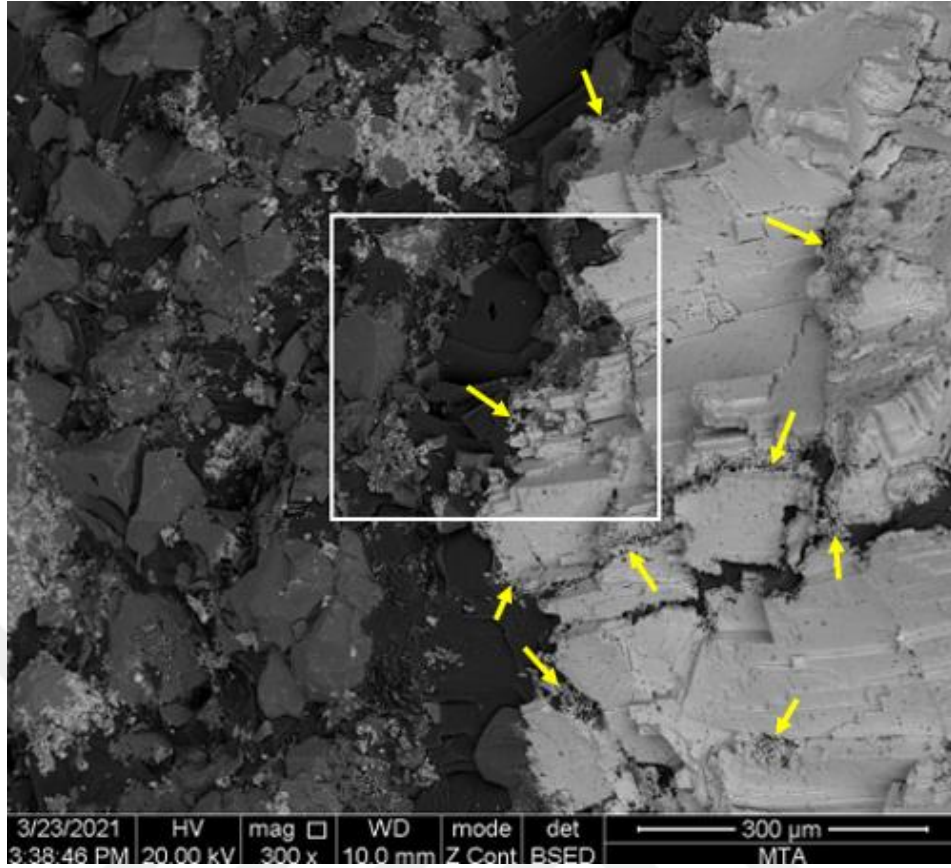
Şekil 5.70. Şekil 5.69 üzerinde gösterilen EDS-1 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.5. Şekil 5.69 üzerinde gösterilen EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	11.93	50.41	172.06	14.22	0.0228	1.3926	0.1375	1.0000
S K	11.15	23.51	1713.21	5.69	0.0906	1.2775	0.6338	1.0041
FeK	0.74	0.89	69.82	35.58	0.0077	1.1414	0.7942	1.1549
NiK	0.39	0.45	36.88	60.00	0.0049	1.1646	0.8596	1.2592
PbL	75.80	24.74	1427.48	6.71	0.6734	0.8702	1.0209	0.9999

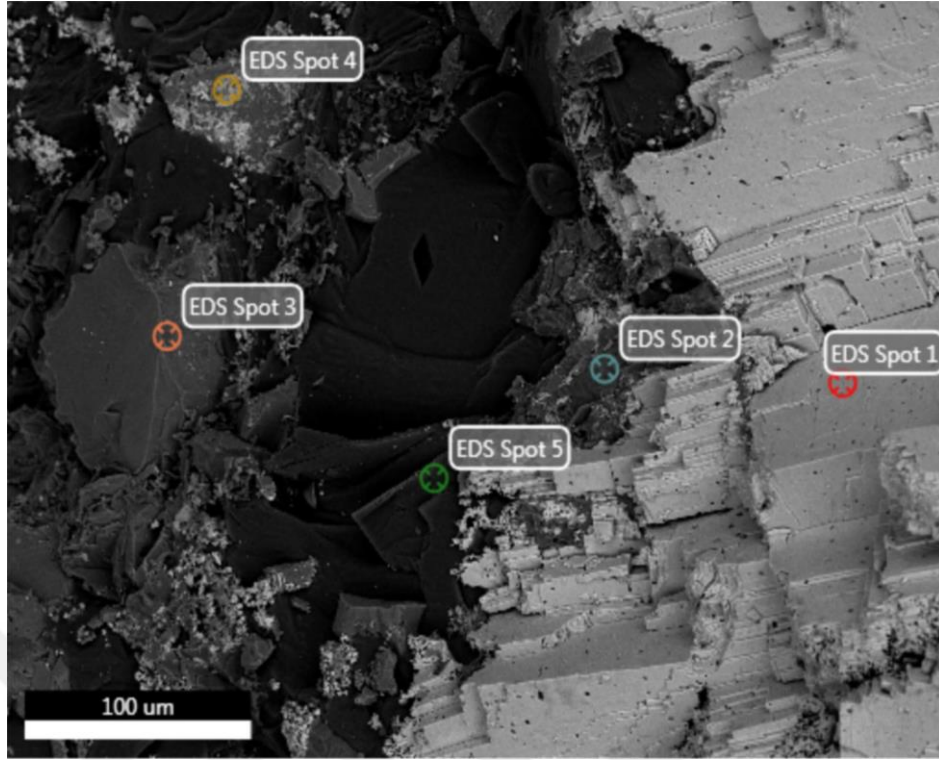
Bazı araştırmacılar çok sayıda örnek üzerinde yapmış oldukları Lazer mikroprob analiz çalışmaları sonucunda galen mineralinin iz element olarak her zaman bir miktar Bi, Ag ve Cu içerdiğini, daha seyrek olarak da Fe, Zn, Ni ve Sn elementlerine rastlanıldığını ifade etmişlerdir (örn. Blackburn, W.H. and Schwendeman, J.F., 1977). Bizim çalışmamızda da EDS-1 noktasındaki galen mineralinin iz element olarak Pb yerine bir miktar Fe ve Ni kapsadığı anlaşılmaktadır (Şekil 5.70, Çizelge 5.5).

BS2 kodlu örneğin EDS2 alanına ait SEM görüntüleri Şekil 5.71 ve 5.72 de görülmektedir. Şekillerde iri öz şekilli olarak gözlenen galenitler, mikro çatlak ve kırıklar boyunca erken ayrışma süreçleriyle birlikte yer yer serüzit mineraline dönüşmüşlerdir.

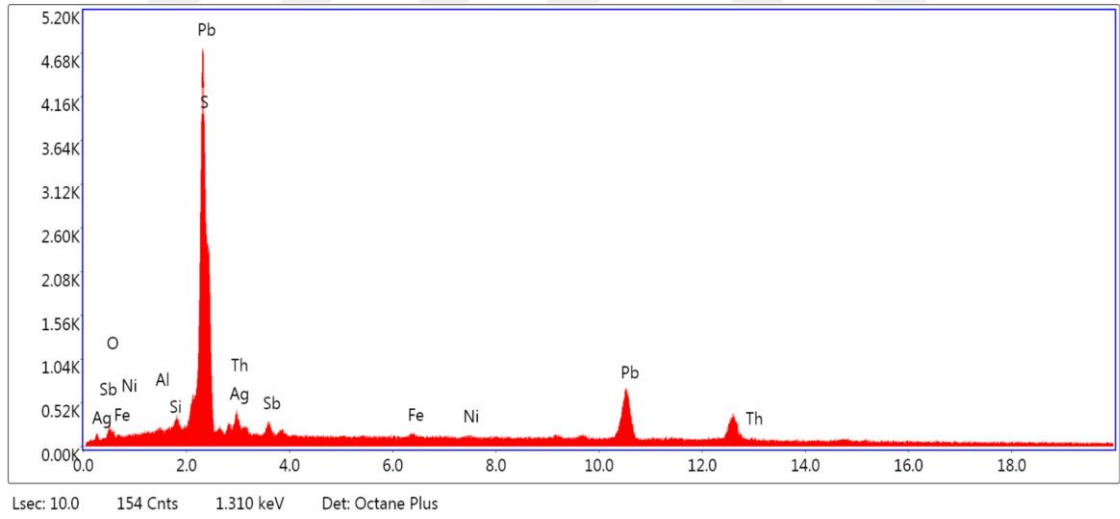


Şekil 5.71. BS-2 kodlu birincil sülfürlü cevher örneğine ait EDS2 alanında yer alan minerallerin SEM görünüşleri. Sağ tarafta gözlenen iri öz şekilli galenit kristalleri çatlak ve kırıkları boyunca erken ayrışma süreçleri ile birlikte kısmen serüsite dönüşmüştür (sarı oklar).

Şekil 5.71’ de işaretlenen dikdörtgen içerisindeki alanda EDS analizleri için seçilmiş olan ve herbiri farklı bir minerali temsil eden noktalar görülmektedir (Şekil 5.72). EDS-1 noktasının analitik çizim grafiği Şekil 5.73’ de; eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.6’ de görülmektedir. Grafikte Pb ve S piklerinin yanı sıra Ag, Sb, Th, Fe, Ni ve Al pikleri de yer almaktadır (Şekil 5.73). Bu noktada ağırlık olarak %61.29 Pb, %10.74 S, %10 O, %8.17 Ag, %4.94 Sb, %3.60 Th, %0.66 Fe, %0.32 Ni, %0.16 Si ve %0.13 Al; atomik olarak ise %44.17 O, %23.66 S, %20.90 Pb, %5.35 Ag, %2.87 Sb, %1.10 Th, %0.84 Fe, %0.38 Ni, %0.39 Si ve %0.34 Al içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.6).



Şekil 5.72. Şekil 5.71. üzerinde görülen dikdörtgen içerisindeki alanın büyütülmüş SEM görüntüsü ve her biri farklı bir minerali temsil etmek üzere seçilmiş olan EDS analiz noktalarının konumları.



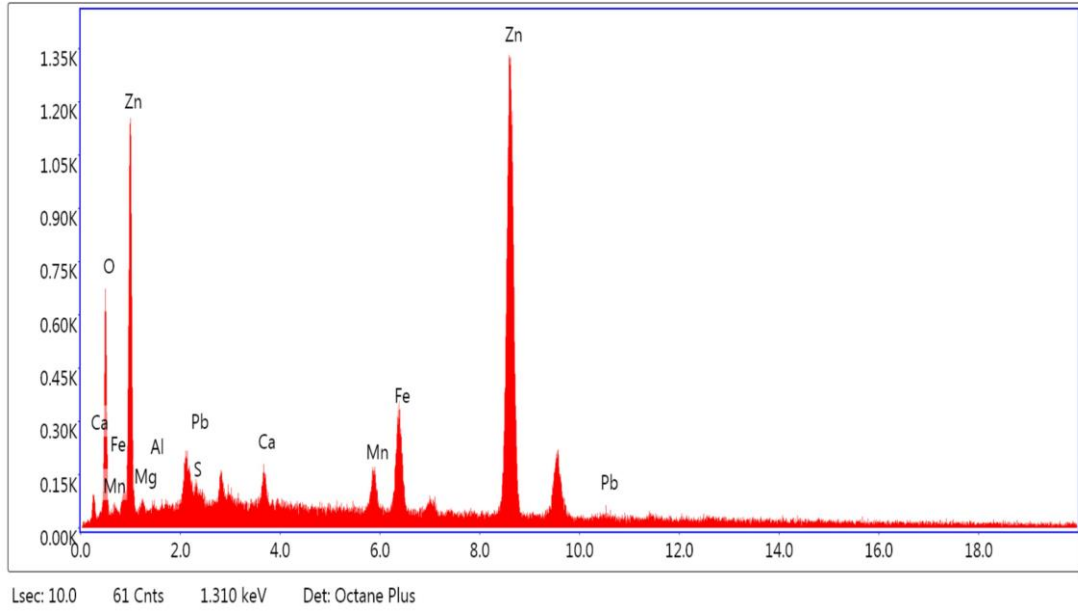
Şekil 5.73. Şekil 5.72 üzerindeki EDS-1 noktasının analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.6. Şekil 5.72 üzerindeki EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	10.00	44.17	142.68	15.84	0.0182	1.3886	0.1312	1.0000
AlK	0.13	0.34	10.93	74.56	0.0005	1.2594	0.3137	1.0010
SiK	0.16	0.39	18.46	69.03	0.0008	1.2917	0.4118	1.0019
S K	10.74	23.66	1664.30	5.89	0.0842	1.2741	0.6123	1.0050
AgL	8.17	5.35	353.19	14.39	0.0420	1.0151	0.5052	1.0017
SbL	4.94	2.87	186.83	17.82	0.0276	0.9718	0.5740	1.0018
FeK	0.66	0.84	62.44	37.88	0.0066	1.1381	0.7836	1.1192
NiK	0.32	0.38	29.70	59.43	0.0038	1.1611	0.8524	1.1996
PbL	61.29	20.90	1205.82	7.23	0.5432	0.8670	1.0201	1.0022
ThL	3.60	1.10	30.51	56.85	0.0289	0.8186	1.0065	0.9737

Yüksek Ag, Sb ve Th içerikleri, galenit içerisinde bu elementleri kapsayan bir mineral inklüzyonunun varlığına, Fe ve Ni içerikleri Pb'un kısmen bu metaller tarafından ikame edildiğine, Al ve Si varlığı ise muhtemel bir kil oluşum sürecine işaret etmektedir. BS2 kodlu örneğin parlak kesit çalışmalarında galenit mineralleri içerisinde yer yer freiberjit ayrılmalarına rastlanılmıştır. Mikro jeokimyasal EDS analizinde belirlenen yüksek Ag, Sb ve Th içerikleri de muhtemelen bu ayrılmalarla ilişkilidir.

Şekil 5.72'de görülen EDS-2 noktasına ait analizin çizim grafiği Şekil 5.74'de, eZAF Smart Quant elementel analiz değerleri ise Çizelge 5.7' de görülmektedir. Şekil 5.74' de Zn pikine O, Fe, Pb, Mn, Mg, Ca, Al ve S pikleri eşlik etmektedir. Mikro jeokimyasal EDS analizinde ağırlık olarak %58.46 Zn, %24.68 O, % 6.54 Fe, %3.15 Mg, %2.47 Pb, %2.45 Mn ve %1.21 Ca, %0.75 Al ve %0.29 S; atomik olarak da % 54.95 O, %, 31.86 Zn, % 4.61 Mg, %4.18 Fe, % 1.59 Mn, % 1.08 Ca, % 0.99 Al, %0.42 Pb ve % 0.32 S içerikleri tespit edilmiştir (Çizelge 5.7). Bu veriler muhtemelen zinkit ve franklinit gibi ikincil çinko mineralleri ile dolomitin birlikte bulunduğu diğer elementlerin ise kirliliklerle ilişkili olabileceğine işaret etmektedir.

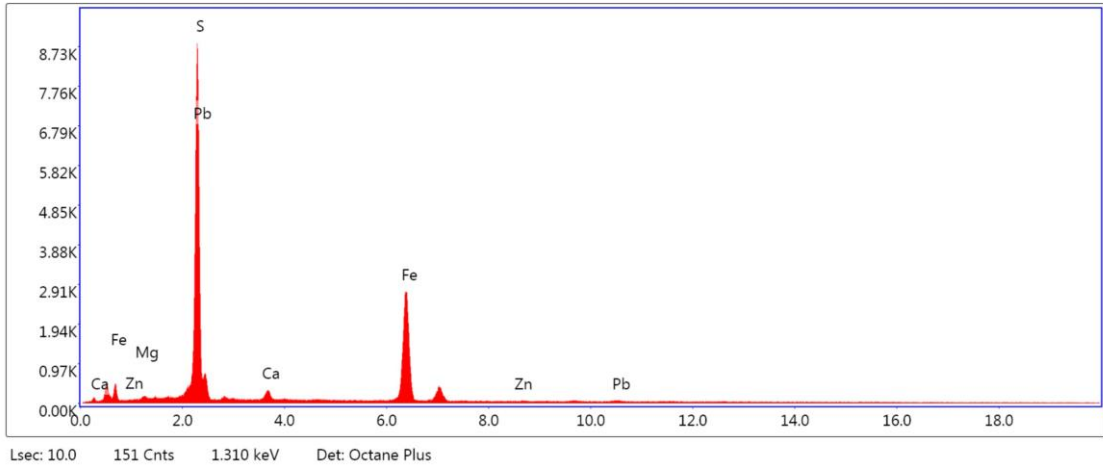


Şekil 5.74. Şekil 5.72 üzerindeki EDS-2 noktasındaki EDS analizine ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.7. Şekil 5.72 üzerindeki EDS-2 noktasının eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	24.68	54.95	409.82	9.90	0.0758	1.1727	0.2619	1.0000
MgK	3.15	4.61	55.11	21.59	0.0039	1.1030	0.1133	1.0004
AlK	0.75	0.99	20.02	47.27	0.0013	1.0660	0.1680	1.0010
S K	0.29	0.32	19.65	67.48	0.0014	1.0770	0.4570	1.0052
CaK	1.21	1.08	104.34	17.12	0.0104	1.0494	0.7972	1.0255
MnK	2.45	1.59	176.68	13.08	0.0245	0.9337	0.9663	1.1112
FeK	6.54	4.18	442.54	5.18	0.0677	0.9512	0.9791	1.1105
ZnK	58.46	31.86	2339.46	2.04	0.5403	0.9224	0.9891	1.0130
PbL	2.47	0.42	26.19	59.32	0.0171	0.7034	1.0042	0.9795

Şekil 5.72’de görülen EDS-3 noktasında uygulanan EDS analizine ait çizim grafiği Şekil 5.75’de, eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.8’ de verilmiştir. Grafikte Fe, S, Ca, Mg, Pb ve Zn pikleri yer almaktadır (Şekil 5.75). Bu noktada ağılık olarak %1.63 Mg, %48.69 S, %2.62 Ca, % 44.65 Fe; % 0.06 Pb ve %2.35 Zn; atomik olarak da % 2.72 Mg, %61.66 S, % 2.66 Ca, % 32.46 Fe, % 0.04 Zn ve %0.46 Pb belirlenmiştir (Çizelge 5.8).



Şekil 5.75. Şekil 5.72 üzerindeki EDS-3 noktasına ait analitik çizim grafiği.

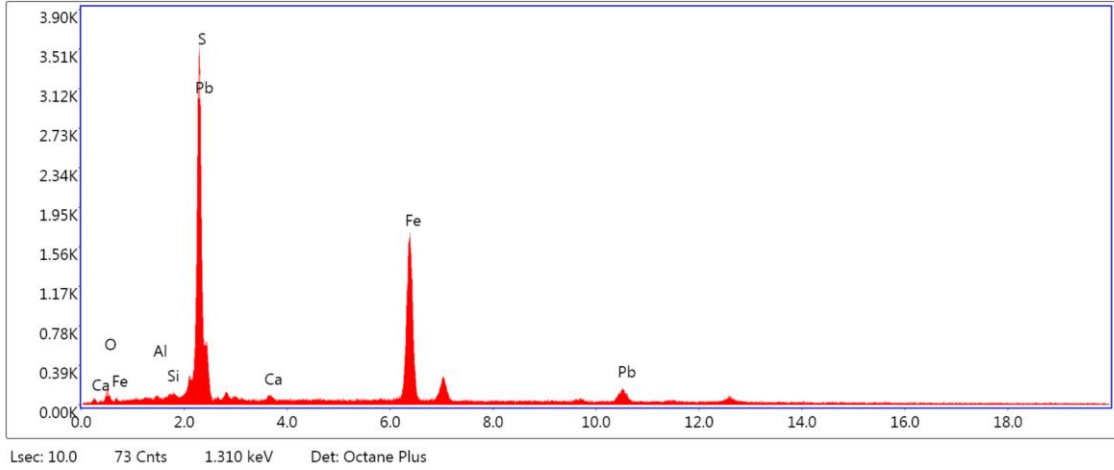
Çizelge 5.8. Şekil 5.72 üzerindeki EDS-3 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
MgK	1.63	2.72	86.39	16.79	0.0040	1.0892	0.2254	1.0016
S K	48.69	61.66	7557.57	4.16	0.3602	1.0626	0.6936	1.0038
CaK	2.62	2.66	294.11	10.21	0.0191	1.0344	0.6895	1.0207
FeK	44.65	32.46	4007.11	2.08	0.3987	0.9363	0.9425	1.0119
ZnK	0.06	0.04	3.64	75.00	0.0005	0.9070	0.9099	1.0436
PbL	2.35	0.46	38.91	55.85	0.0165	0.6903	1.0331	0.9871

Price, (1972) 40 pirit örneği üzerinde yapmış olduğu araştırmada, yüksek Pb ve Zn içeriklerini, bu elementlerin oluşturduğu mineral inklüzyonlarıyla açıklamıştır. Bazı araştırmacılar da piritlerin içerisindeki Pb ve Zn varlığını, orta-düşük ısı (T<300°C) bir hidrotermal oluşuma bağlamışlardır (Granta ve ark., 2018; Maslennikov ve ark., 2020). Bu veriler EDS-3 noktasındaki piritin galen ve dolomit inklüzyonları kapsadığına, düşük Zn içeriğinin ise demirin Zn tarafından ikame edildiğine işaret etmektedir. Piritteki Fe katyonunun Pb, Zn ve Mg gibi bazı elementlerce ikame edilmesi ve/veya pirit içerisinde bu elementlerle ilgili bazı inklüzyonların yer alması orta-düşük ısı hidrotermal bir oluşuma işaret edebilir.

Şekil 5.76'da, Şekil 5.72'de yer alan EDS-4 noktasında yapılan analize ait çizim grafiği, Çizelge 5.9' da da eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları görülmektedir. Grafikte Pb, Fe, S, O, Ca, Al ve Si pikleri yer almaktadır (Şekil 5.76). Bu noktadaki analizde ağırlık olarak %41.83 Fe, %29.19 S, %22.02 Pb, %5.95 O; %0.06 Pb ve %2.35 Zn; atomik olarak da %42.04 S, %34.59 Fe, %17.18 O, %4.91 Pb, %0.87 Ca, %0.22 Si ve

%0.19 Al değerleri ölçülmüştür (Çizelge 5.9). Bu veriler EDS-4 noktasında pirit ve galenit minerallerinin yanı sıra bir miktar da ikincil demir oksit-hidroksit ve kil minerallerinin bulunduğunu göstermektedir.

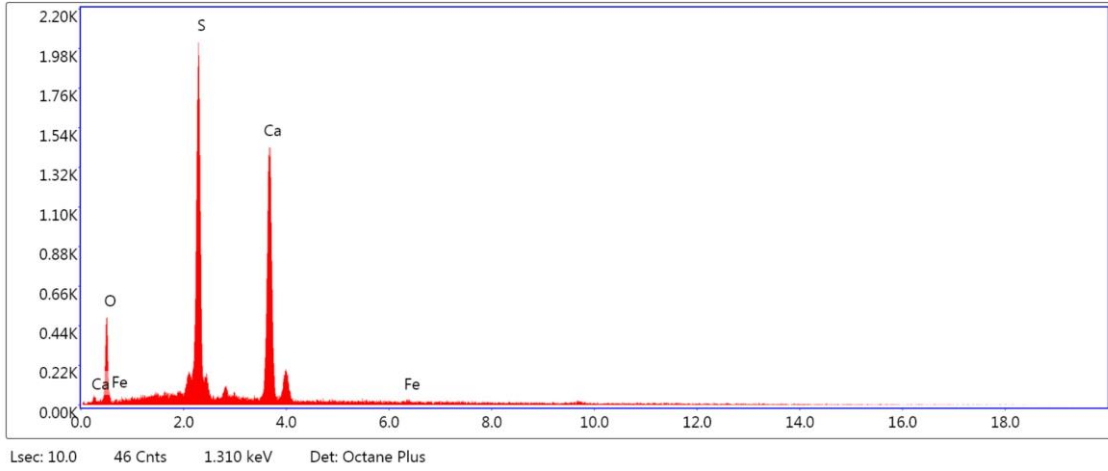


Şekil 5.76. Şekil 5.72 üzerindeki EDS-4 noktasındaki EDS analizinin analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.9. Şekil 5.72 üzerindeki EDS-4 noktasının eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	5.95	17.18	63.68	19.09	0.0125	1.2198	0.1720	1.0000
AlK	0.11	0.19	5.26	80.63	0.0004	1.1099	0.2997	1.0014
SiK	0.13	0.22	9.12	73.27	0.0006	1.1383	0.4125	1.0025
S K	29.19	42.04	2724.47	4.96	0.2118	1.1222	0.6440	1.0039
CaK	0.76	0.87	50.03	24.56	0.0053	1.0945	0.6264	1.0209
FeK	41.83	34.59	2425.85	2.76	0.3936	0.9938	0.9114	1.0388
PbL	22.02	4.91	238.50	15.65	0.1651	0.7388	1.0246	0.9905

Şekil 5.77 de, Şekil 5.72’de görülen EDS-5 noktasının analitik çizim grafiği, Çizelge 5.10’ da ise eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları verilmiştir. Grafikte Pb, S, Fe, Ca, Al, Si ve O pikleri görülmektedir (Şekil 5.77). EDS analizinde ağılık olarak %37.74O, %34.95 Ca, %26.19 S ve %1.12 Fe; atomik olarak da %57.99O, %21.43 Ca, %20.08 S ve %0.50 Fe değerleri elde edilmiştir (Çizelge 5.10). Bu verilere göre, incelenen noktada pirit ve galenit minerallerine ikincil götit ve kil minerallerinin de eşlik ettiği söylenebilir.

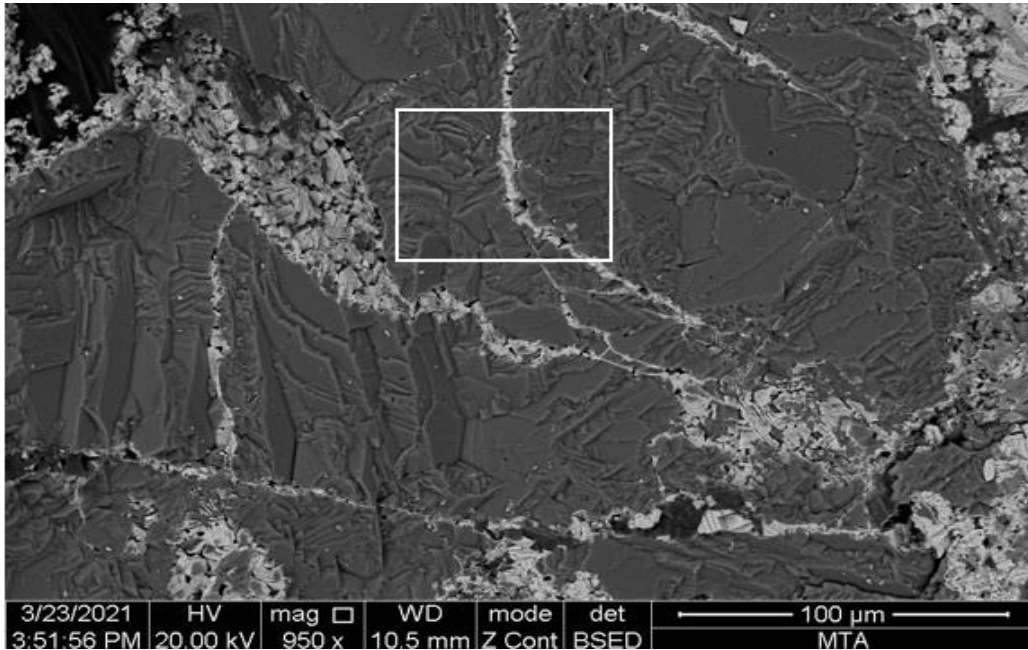


Şekil 5.77. Şekil 5.72 üzerindeki EDS-5 noktasının EDS analiz sonuçlarının analitik çizim grafiği.

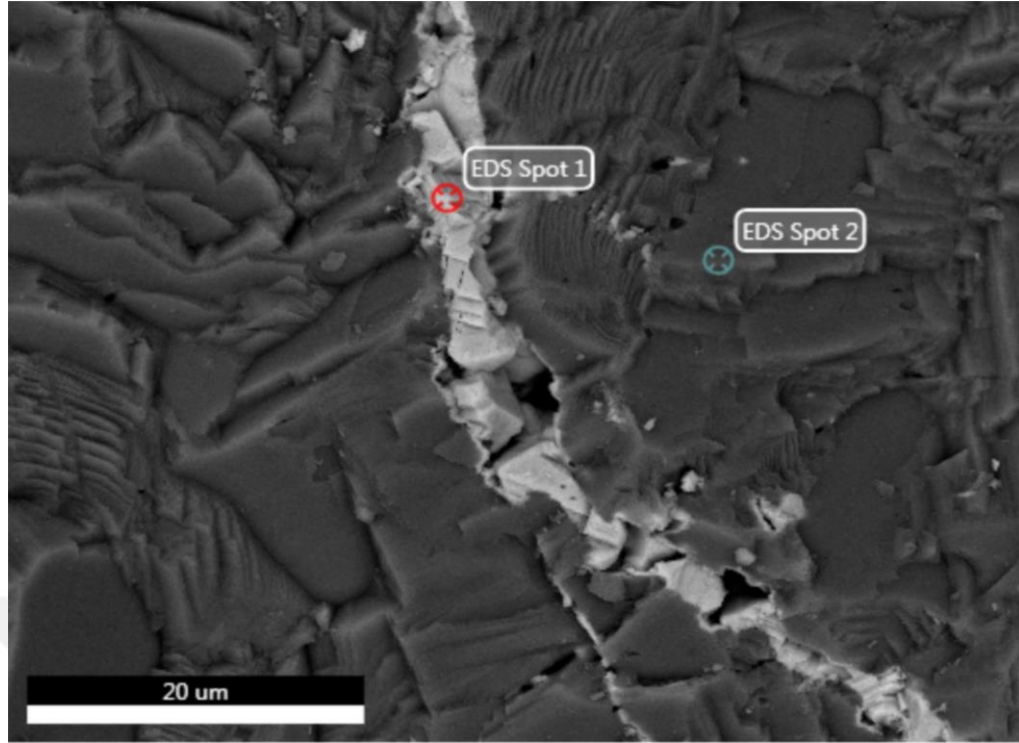
Çizelge 5.10. Şekil 5.72 üzerindeki EDS-5 noktasının eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	37.74	57.99	299.27	12.24	0.0517	1.0803	0.1268	1.0000
S K	26.19	20.08	1965.42	2.74	0.2333	0.9668	0.9127	1.0098
CaK	34.95	21.43	1622.84	2.84	0.3037	0.9332	0.9278	1.0037
FeK	1.12	0.50	25.62	27.45	0.0093	0.8335	0.9627	1.0307

Şekil 5.78’ de, BS2-EDS3 alanının genel görünümü ve odaklanılmak üzere seçilen dikdörtgen içerisinde kalan mikro alan; Şekil 5.79’ de ise EDS analizleri için seçilen noktalar ve cevher minerallerinin birbirleriyle ilişkileri görülmektedir.

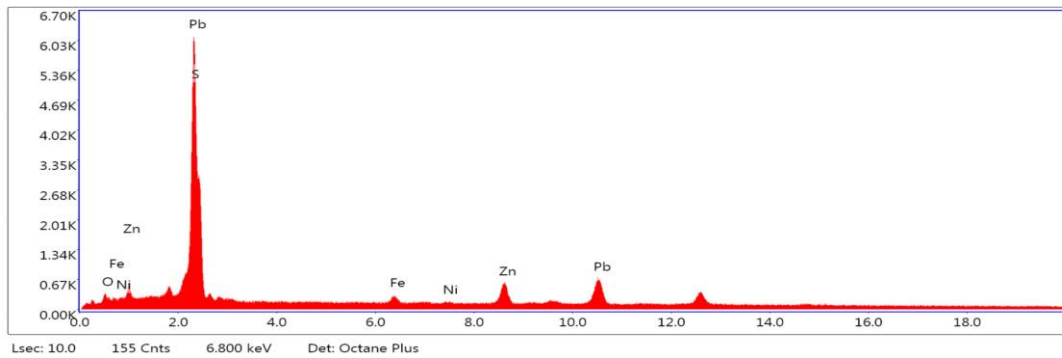


Şekil 5.78. Birincil sülfürlü cevherlerden BS2-EDS3 alanının genel görünümü. Koyu gri renkli yarı öz şekilli veya öz şekilsiz sfalerit kristalleri sınırları boyunca açık parlak gri renkli ikincil çinko minerallerine dönüşmektedir.



Şekil 5.79. Şekil 5.78 üzerinde görülen dikdörtgen içerisindeki alanın büyütülmüş SEM görüntüsü ve farklı mineralleri temsil etmek üzere seçilmiş olan EDS analiz noktalarının konumları.

Şekil 5.80’de EDS-1 noktasındaki kalitatif analiz sonuçlarına ait çizim grafiği, Çizelge 5.11 de ise kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Pb, S, Zn, Fe, Ni ve O pikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.11). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %58.63 Pb, %16.02 O, %13.46 S, %9.46 Zn, % 2.21 Fe ve %0.23 Ni; atomik olarak da %52.91 O, %22.18 S, %14.96 Pb, %7.65 Zn, % 2.09 Fe ve %0.20 Ni içerikleri tespit edilmiştir. Bu verilere göre EDS-1 noktasında $\text{Pb}(\text{Fe}_2^{3+}\text{Zn})(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ bileşimli beaverit mineralinin olduğu ve mineral bileşimindeki katyonların bir kısmının Ni tarafından ikame edildiği söylenebilir.

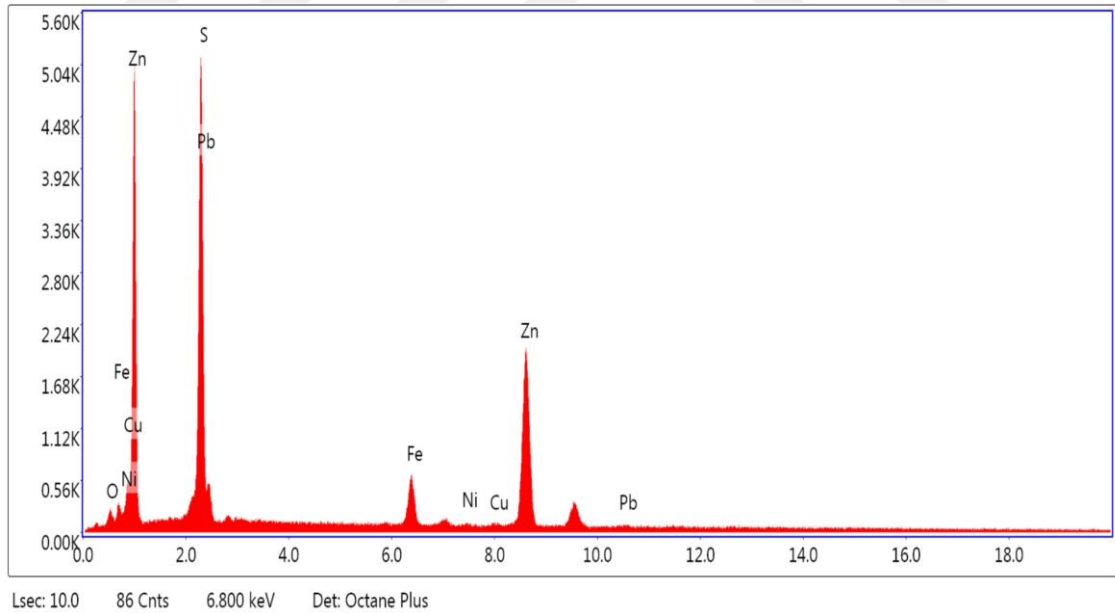


Şekil 5.80. Şekil 5.79 üzerindeki EDS-1 noktasına ait EDS analiz sonuçlarının analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.11. Şekil 5.79 üzerindeki EDS-1 noktasında yapılan eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	16.02	52.91	260.47	12.98	0.0322	1.3178	0.1524	1.0000
S K	13.46	22.18	2058.17	5.71	0.1016	1.2130	0.6203	1.0038
FeK	2.21	2.09	219.23	16.86	0.0226	1.0814	0.8336	1.1356
NiK	0.23	0.20	21.91	63.20	0.0027	1.1022	0.8862	1.2247
ZnK	9.46	7.65	771.30	7.20	0.1203	1.0551	0.9257	1.3029
PbL	58.63	14.96	1106.92	7.22	0.4877	0.8164	1.0221	0.9969

EDS-2 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 4.80’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.12’ de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Pb, S, Zn, Fe, Cu, Ni ve O pikleri görülmektedir (Şekil 5.81). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %50.89Zn, %0.47 Pb, %34.70S, %7.01 O, %6.84 Fe, %0.01 Ni ve %0.08 Cu; atomik olarak ise %44.63 S, %32.11 Zn, %18.06 O, % 5.05 Fe, %0.01 Ni, %0.09 Pb ve %0.08 Cu içerikleri ölçülmüştür (Çizelge 5.12). Buna göre EDS-2 noktasında önemli ölçüde sfalerit ve kısmen de kalkopirit ayrılımları kapsayan muhtemelen Ni ikameli galenitlerin olduğu ve bunların kısmen Pb-Zn sülfatlara ve kısmen da Fe oksi-hidroksitlere dönüştükleri söylenebilir.

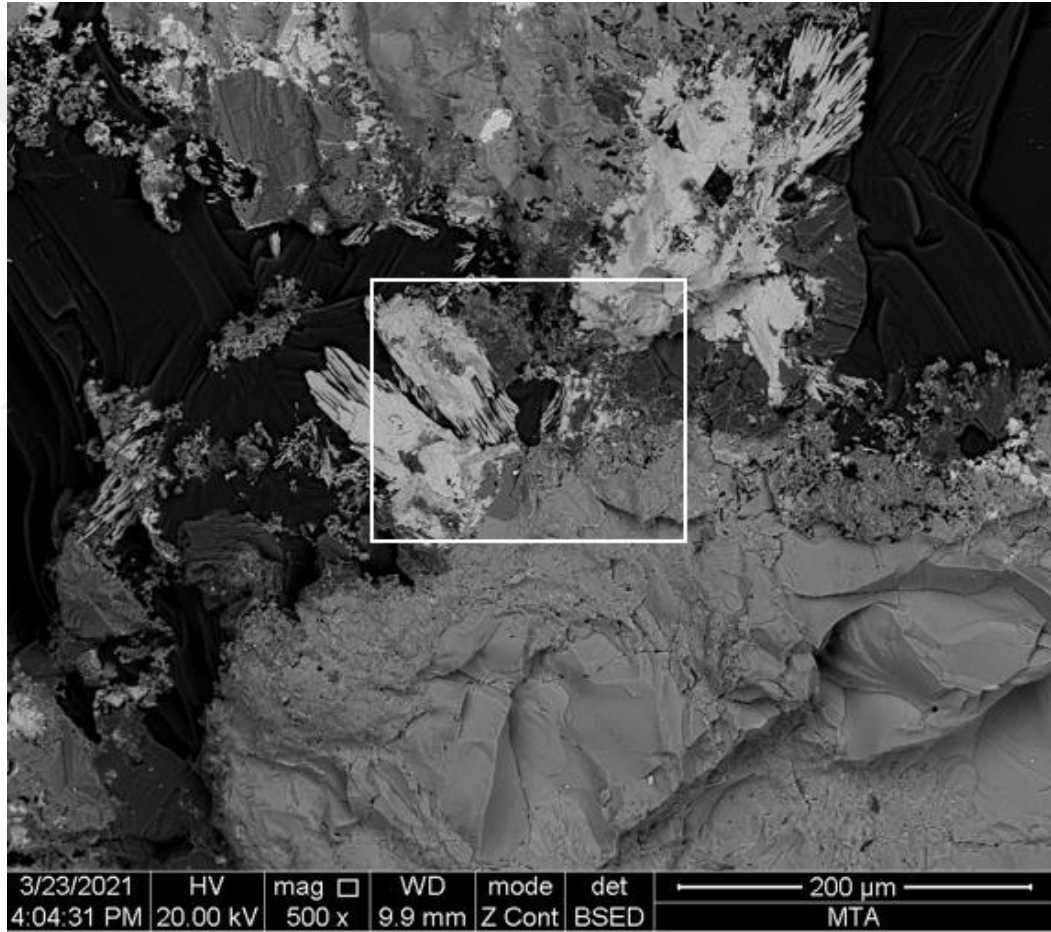


Şekil 5.81. Şekil 5.79 üzerindeki EDS-2 noktasına ait analitik çizim grafiği.

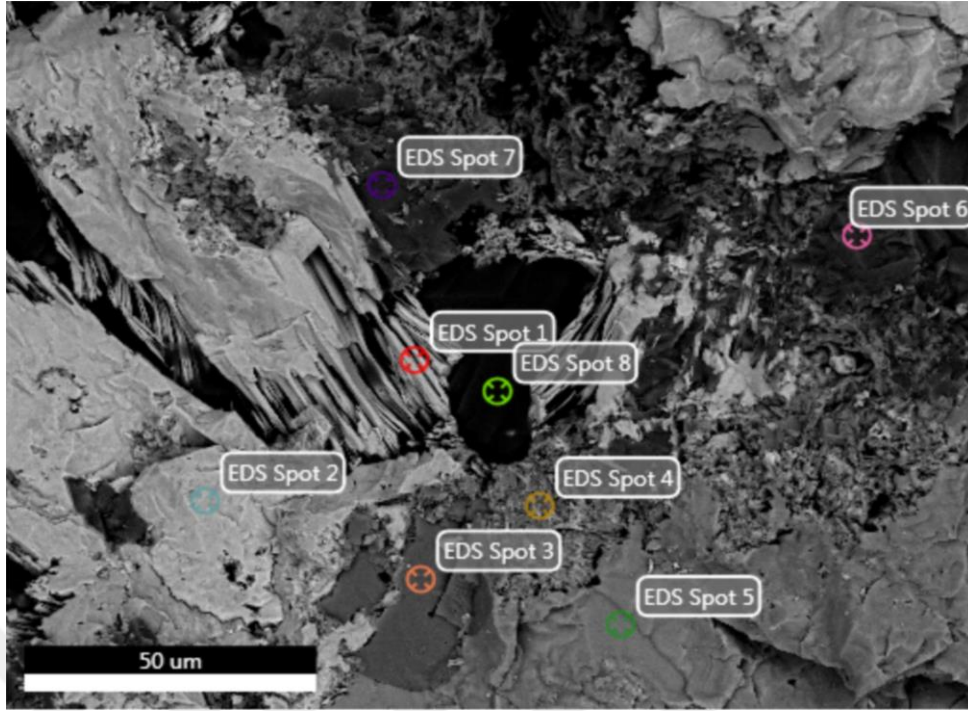
Çizelge 5.12. Şekil 5.79 üzerindeki EDS-2 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	7.01	18.06	114.94	16.82	0.0136	1.1741	0.1650	1.0000
S K	34.70	44.63	4258.56	5.89	0.2010	1.0777	0.5357	1.0033
FeK	6.84	5.05	689.71	5.98	0.0681	0.9510	0.9530	1.0987
NiK	0.01	0.01	0.85	99.99	0.0001	0.9665	0.9612	1.1687
CuK	0.08	0.05	6.53	81.15	0.0009	0.9207	0.9726	1.1415
ZnK	50.89	32.11	3127.84	2.07	0.4665	0.9220	0.9817	1.0128
PbL	0.47	0.09	7.83	60.03	0.0033	0.7027	1.0099	0.9804

Şekil 5.82’ de, BS2-EDS4 alanının genel görünümü ve odaklanılmak üzere seçilen dikdörtgen içerisinde kalan mikro alan; Şekil 5.83’ de ise EDS analizleri için seçilen noktalar ve cevher minerallerinin birbirleriyle olan ilişkileri görülmektedir.

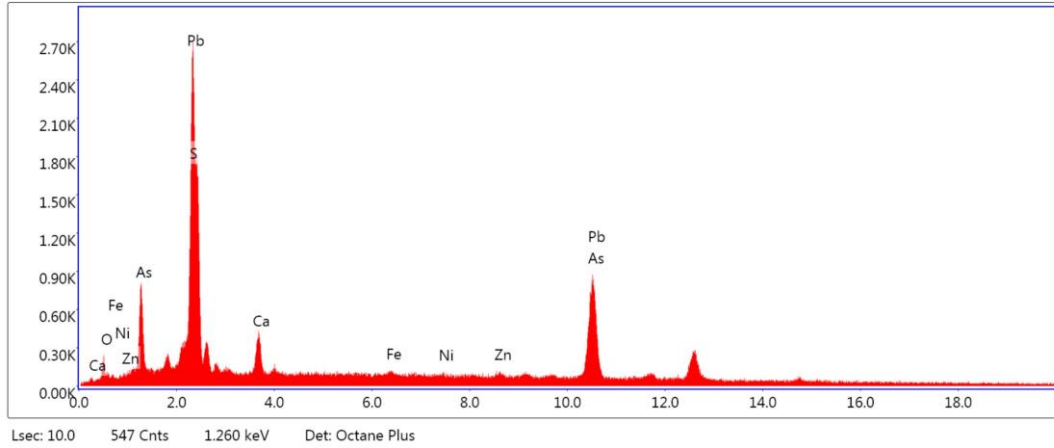


Şekil 5.82. Birincil sülfürlü cevherlerden BS2-EDS4 alanının SEM görünümü ve üzerinde EDS analizleri için seçilmiş olan mikro jeokimyasal alanın konumu.



Şekil 5.83. Şekil 5.82 üzerinde görülen dikdörtgen içerisindeki alanın büyütülmüş SEM görüntüsü ve farklı mineralleri temsil etmek üzere seçilmiş olan EDS analiz noktalarının konumları. Sağ alt kesimde gri renkli konkoidal kırılımlı jips, merkezde siyah renkli jips ve hemen bitişiğinde açık parlak beyaz renkli iğnemi büyüme yapıları gösteren beyudandit ve koyu gri-siyah renkli öz-yarı öz şekilli kuvars kristalleri görülmektedir.

EDS-1 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.84’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.14’ de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Pb, S, As, Ca, Zn, Fe, Ni ve O pikleri görülmektedir (Şekil 5.84). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak ağırlık olarak % 60.03 Pb, % 18.11 As, % 12.29 O, % 5.52 Ca, % 1.38 S, % 1 Fe, % 0.96 Zn ve % 0.71 Ni; atomik olarak ise % 50.37 O, %19 Pb, %15.85 As, % 9.04 Ca, %2.82 S, % 1.18 Fe, % 0.96 Zn ve %0.71 Ni içerikleri ölçülmüştür (Çizelge 5.14). Buna göre EDS-1 noktasında Beyudandit $PbFe_3(AsO_4)(SO_4)(OH)_6$ ve jips minerallerinin yer aldığı, beyudandit mineralinin bileşimindeki Pb ve Fe yerine sırasıyla bir miktar Zn ve Ni elementinin girmiş olduğu söylenebilir.

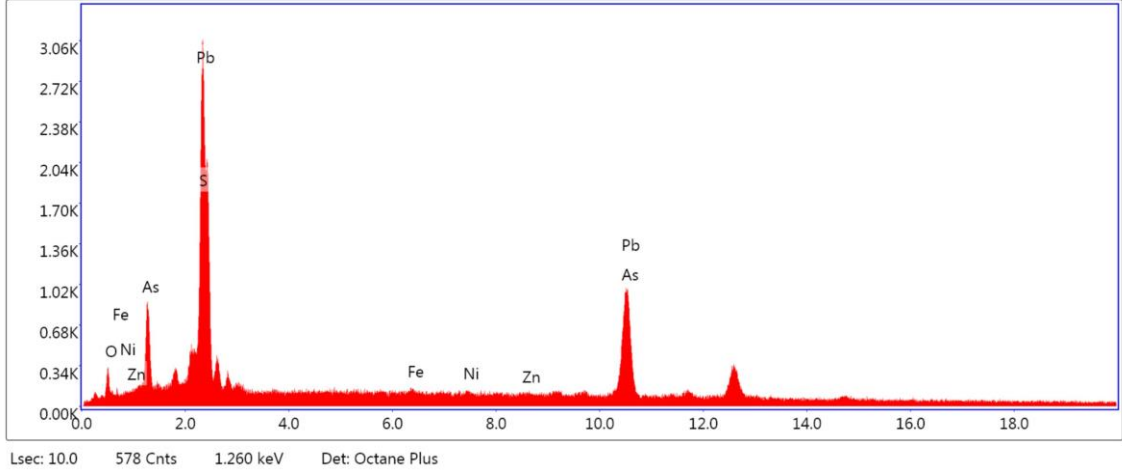


Şekil 5.84. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-1 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.14. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	12.29	50.37	137.29	14.08	0.0229	1.3697	0.1360	1.0000
S K	1.38	2.82	139.26	18.58	0.0092	1.2586	0.5275	1.0039
CaK	5.52	9.04	376.57	10.82	0.0338	1.2303	0.4884	1.0192
FeK	1.00	1.18	75.19	26.04	0.0104	1.1232	0.8183	1.1263
NiK	0.71	0.79	51.98	36.81	0.0086	1.1454	0.8776	1.2044
ZnK	0.96	0.96	61.87	30.50	0.0129	1.0972	0.9183	1.3316
AsK	18.11	15.85	708.52	6.87	0.2525	1.0483	0.9563	1.3904
PbL	60.03	19.00	879.99	8.04	0.5174	0.8521	1.0183	0.9931

EDS-2 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.85’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.15’de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Pb, S, As, Zn, Fe, Ni ve O pikleri görülmektedir (Şekil 5.85). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %63.50 Pb, % 18.87 As, % 15.91 O, % 0.76 Fe, % 0.56 Ni, % 0.39 Zn ve % 0.01 S; atomik olarak da % 62.86 O, % 19.37 Pb, % 15.92 As, %0.86 Fe, % 0.60 Ni, % 0.38 Zn ve %0.01 S içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.15). Buna göre EDS-2 noktasında Beyudandit mineralinin yer aldığı ve bileşimindeki Pb ve Fe elementlerinin yerine sırasıyla bir miktar Zn ve Ni elementinin girdiği anlaşılmaktadır.

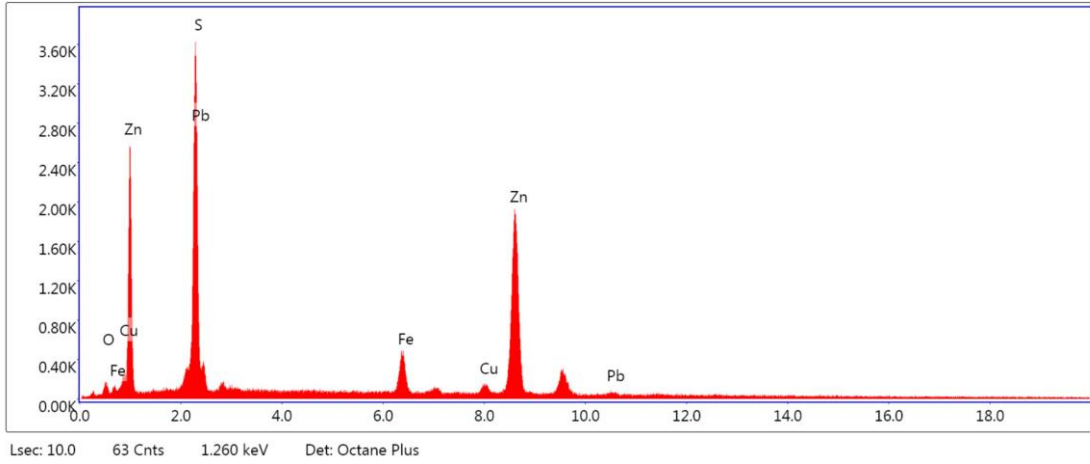


Şekil 5.85. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-2 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.15. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-2 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	15.91	62.86	228.83	12.78	0.0337	1.3795	0.1534	1.0000
S K	0.01	0.01	0.72	99.99	0.0000	1.2672	0.5195	1.0038
FeK	0.76	0.86	65.46	37.51	0.0080	1.1314	0.8207	1.1341
NiK	0.56	0.60	47.28	53.72	0.0069	1.1539	0.8797	1.2175
ZnK	0.39	0.38	29.60	50.77	0.0054	1.1057	0.9199	1.3576
AsK	18.87	15.92	857.38	7.28	0.2697	1.0569	0.9579	1.4117
PbL	63.50	19.37	1064.59	7.24	0.5525	0.8596	1.0188	0.9936

EDS-3 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.86’da, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.16’da görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Pb, S, Zn, Fe, Cu ve O pikleri görülmektedir (Şekil 5.86). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %56.01 Zn, %28.40 S, %6.63 Fe, % 3.75 Pb, % 2.94 O, % 2.27 Cu; atomik olarak da %42.20 S, % 40.83 Zn, %8.75 O, %1.71 Cu ve %0.86Pb içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.16). Buna göre EDS-3 noktasında kalkopirit ayrılımları içeren sfalerit mineralinin olduğu ve sfalerit bileşimindeki Zn elementinin yerine bir miktar Pb elementinin geçtiği anlaşılmaktadır.

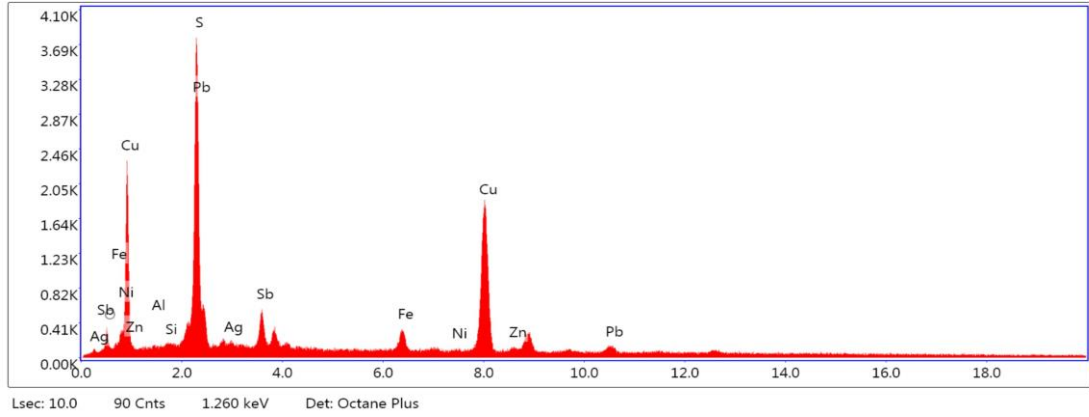


Şekil 5.86. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-3 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.16. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-3 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	2.94	8.75	43.98	26.08	0.0059	1.2045	0.1678	1.0000
S K	28.40	42.20	2930.45	6.47	0.1568	1.1068	0.4970	1.0035
FeK	6.63	5.66	606.15	4.87	0.0677	0.9785	0.9451	1.1039
CuK	2.27	1.71	159.63	15.06	0.0238	0.9479	0.9682	1.1405
ZnK	56.01	40.83	3138.52	1.99	0.5291	0.9495	0.9774	1.0178
PbL	3.75	0.86	55.92	45.03	0.0266	0.7252	0.9996	0.9804

EDS-4 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.87’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.17’ de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Pb, S, Cu, Zn, Fe, Ni, Ag, Sb ve Si pikleri görülmektedir (Şekil 5.87). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %43.78 Cu, %25.02 S, %9.69 Sb, %7.53 O, %6.57 Pb, %3.79 Fe, %1.89 Ag, %0.69 Zn, %0.58 Al, %0.30 Si ve %0.21 Ni; atomik olarak da %35.76 S, %31.57 Cu, %21.58 O, %3.65 Sb, %3.05 Fe, %1.45 Pb, %0.99 Al, %0.080 Ag, %0.050 Si, %0.49 Zn ve %0.17 Ni içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.17). Buna göre EDS-4 noktasında tetrahedrite $\text{Ag}_6(\text{Cu}_4\text{Fe}_2)\text{Sb}_4\text{S}_{12}$ ve freyberjit $\text{Ag}_6[\text{Cu}_4\text{Fe}_2]\text{Sb}_4\text{S}_{13-x}(?)$ gibi minerallerin varlığından söz edilebilir.

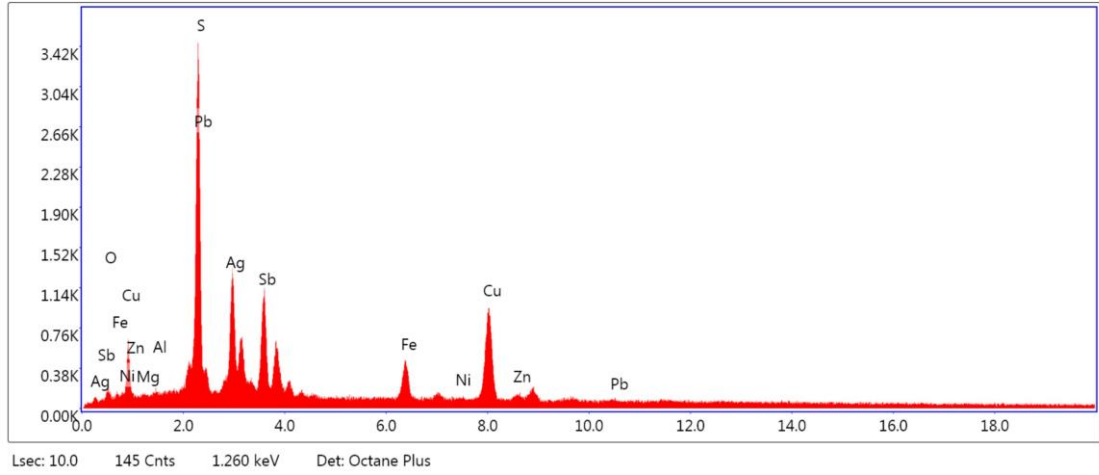


Şekil 5.87. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-4 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.17. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-4 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	7.53	21.58	138.92	16.14	0.0177	1.2157	0.1938	1.0000
AlK	0.58	0.99	30.89	39.36	0.0014	1.1060	0.2220	1.0020
SiK	0.30	0.50	24.31	67.93	0.0011	1.1342	0.3157	1.0035
S K	25.02	35.76	3003.55	6.09	0.1519	1.1180	0.5400	1.0059
AgL	1.89	0.80	105.96	24.56	0.0126	0.8894	0.7462	1.0033
SbL	9.69	3.65	493.73	7.97	0.0730	0.8501	0.8831	1.0029
FeK	3.72	3.05	346.22	9.25	0.0365	0.9895	0.9118	1.0894
NiK	0.21	0.17	17.73	66.07	0.0022	1.0063	0.9408	1.1022
CuK	43.78	31.57	2931.19	2.40	0.4132	0.9590	0.9553	1.0303
ZnK	0.69	0.49	41.67	58.78	0.0066	0.9607	0.9568	1.0397
PbL	6.57	1.45	106.84	32.35	0.0481	0.7347	1.0104	0.9862

EDS-5 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.88’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.18’ de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Pb, S, Ag, Cu, Fe, Zn, Ni, Mg, O ve Ni pikleri görülmektedir (Şekil 5.88). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %24.23 Sb, %22.71 S, %21.58Cu, %20.37 Ag, %5.65 Fe, %3.68 O, %0.90 Zn, %0.28 Mg, %0.27 Al, %0.19 Pb ve %0.15 Ni; atomik olarak ise %39.23 S, %18.81 Cu, %12.73 O, %11.02 Sb, %10.46 Ag, %5.61 Fe, %0.77 Zn, %0.63 Mg , %0.54 Al, %0.14 Ni ve %0.05 Pb içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.18). Buna göre EDS-5 noktasında da EDS-4 noktasında olduğu gibi Pb, Ni, Al, Mg ikameli veya kirliliği kapsayan tetrahedrit $\text{Ag}_6(\text{Cu}_4\text{Fe}_2)\text{Sb}_4\text{S}_{12}$ ve freyberjit $\text{Ag}_6[\text{Cu}_4\text{Fe}_2]\text{Sb}_4\text{S}_{13-x}(?)$ gibi minerallerin varlığından söz edilebilir.

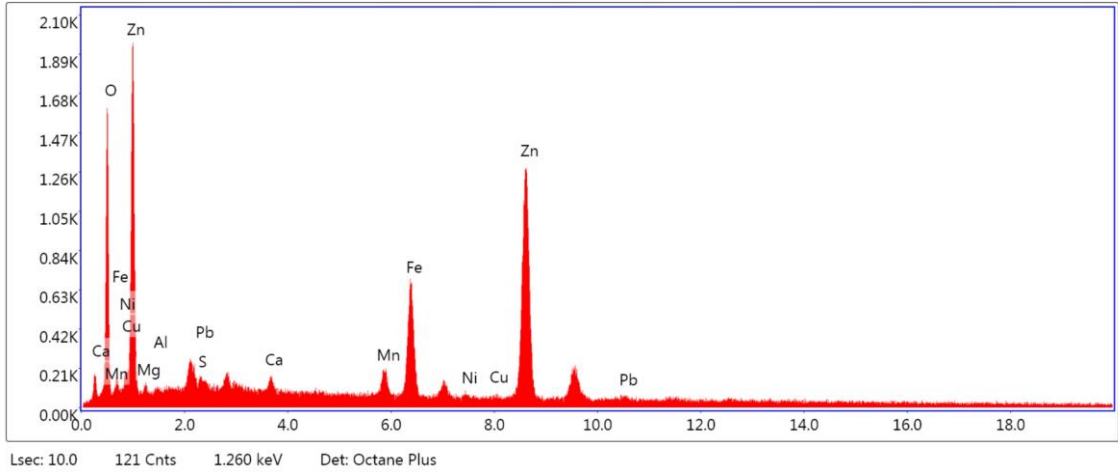


Şekil 5.88. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-5 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.18. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-5 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	3.68	12.73	57.88	25.22	0.0071	1.2543	0.1538	1.0000
MgK	0.28	0.63	11.12	82.25	0.0005	1.1808	0.1604	1.0022
AlK	0.27	0.54	16.13	73.02	0.0007	1.1416	0.2359	1.0041
S K	22.71	39.23	3051.89	5.95	0.1482	1.1546	0.5578	1.0131
AgL	20.37	10.46	1356.71	4.62	0.1548	0.9190	0.8229	1.0050
SbL	24.23	11.02	1211.05	5.03	0.1718	0.8789	0.8060	1.0012
FeK	5.65	5.61	505.02	8.08	0.0512	1.0246	0.8433	1.0478
NiK	0.15	0.14	11.94	85.37	0.0014	1.0427	0.8880	1.0529
CuK	21.58	18.81	1491.71	3.72	0.2019	0.9941	0.9107	1.0334
ZnK	0.90	0.77	56.71	41.24	0.0087	0.9964	0.9246	1.0423
PbL	0.19	0.05	3.44	69.24	0.0015	0.7649	1.0166	0.9970

EDS-6 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.89’da, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.19’ da görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Zn, O, Fe, Mn, Ca, S, Pb, Cu, Ni, Mg ve Al pikleri görülmektedir (Şekil 5.87). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %40.97 Zn, %38.94 O, %10.28 Fe, %3.15 Mg, %2.71 Pb, %2.06 Mn, %1.00 Al, %0.33 Ca, %0.29 Ni ve %0.27 Cu; atomik olarak da %69.96 O, %18.01 Zn, %5.29 Fe, %3.72 Mg, %1.08 Mn, %1.07 Al, %0.38 Pb, %0.24 Ca, %0.14 Ni, %0.12 Cu ve %0.01 S içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.19). Buna göre EDS-6 noktasında muhtemelen Zn, Fe, Pb, Mn ve Cu gibi metallerin ikincil oksitli mineralleri ile az oranda dolomit ve kil minerallerinin yer aldığı söylenebilir.

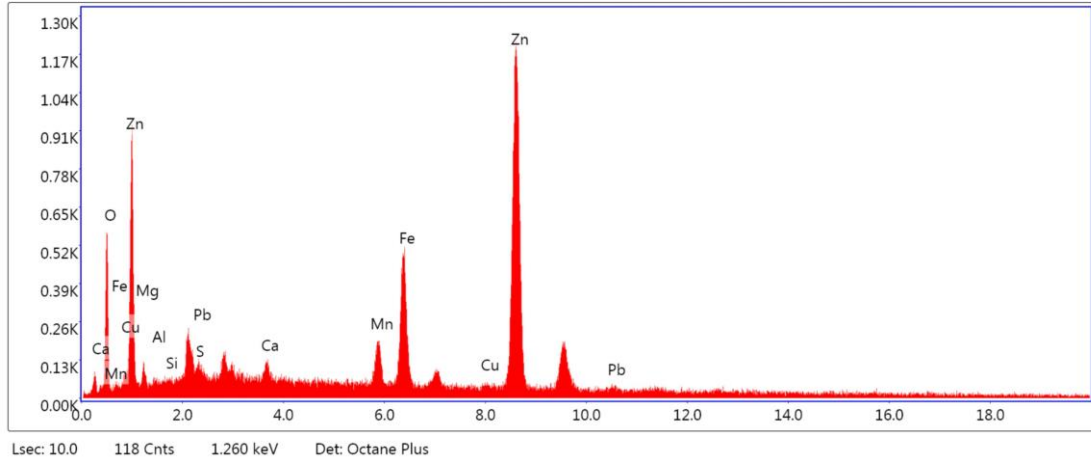


Şekil 5.89. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-6 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.19. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-6 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	38.94	69.96	1062.53	8.62	0.1429	1.1322	0.3242	1.0000
MgK	3.15	3.72	84.66	21.60	0.0044	1.0638	0.1311	1.0005
AlK	1.00	1.07	40.83	32.57	0.0020	1.0279	0.1934	1.0010
S K	0.00	0.00	0.10	99.99	0.0000	1.0379	0.5069	1.0055
CaK	0.33	0.24	39.20	46.09	0.0028	1.0105	0.8322	1.0275
MnK	2.06	1.08	200.36	12.63	0.0202	0.8982	0.9825	1.1153
FeK	10.28	5.29	917.73	3.47	0.1020	0.9149	0.9925	1.0935
NiK	0.29	0.14	22.85	64.60	0.0030	0.9294	0.9717	1.1569
CuK	0.27	0.12	18.12	65.35	0.0027	0.8853	0.9809	1.1362
ZnK	40.97	18.01	2180.52	2.32	0.3660	0.8863	0.9877	1.0208
PbL	2.71	0.38	38.72	57.22	0.0184	0.6743	1.0233	0.9816

EDS-7 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.90'da, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.20' de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Zn, O, Fe, Mn, Ca, S, Pb, Cu, Mg, Si ve Al pikleri görülmektedir (Şekil 5.90). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %54.91 Zn, %20.61 O, %10.71 Fe, %4.86 Mg, %3.16 Pb, %3.10 Mn, %1.15 Al, %0.58 Cu, %0.46 Ca, %0.35 Si ve %0.13 S; atomik olarak da %48.23 O, %31.45 Zn, %7.49 Mg, %7.18 Fe, %2.11Mn, %0.57 Pb, %0.47 Si, %0.43 Ca ve %0.15 S içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.20). Buna göre EDS-7 noktasında noktasında muhtemelen Zn, Fe, Pb, Mn, Cu gibi metallerin ikincil oksitli mineralleri ile az oranda jips, dolomit ve kil minerallerinin varlığından söz edilebilir.

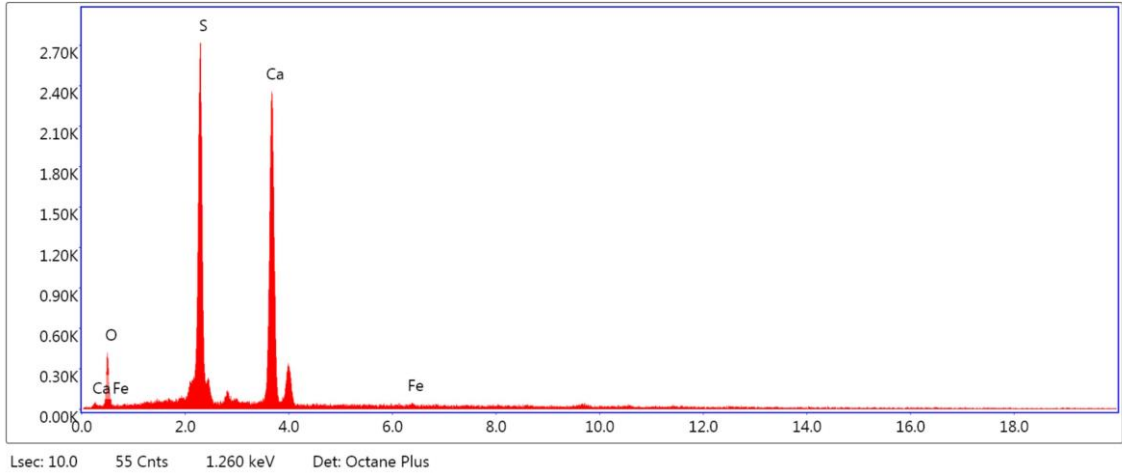


Şekil 5.90. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-7 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.20. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-7 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	20.61	48.23	318.36	10.61	0.0649	1.1820	0.2663	1.0000
MgK	4.86	7.49	79.27	15.85	0.0062	1.1118	0.1153	1.0004
AlK	1.15	1.60	27.97	33.86	0.0021	1.0745	0.1671	1.0010
SiK	0.35	0.47	13.03	70.71	0.0009	1.1018	0.2430	1.0018
S K	0.13	0.15	7.69	79.46	0.0006	1.0857	0.4510	1.0052
CaK	0.46	0.43	35.67	39.54	0.0039	1.0580	0.7880	1.0262
MnK	3.10	2.11	204.02	11.78	0.0312	0.9415	0.9648	1.1087
FeK	10.71	7.18	652.86	3.91	0.1099	0.9592	0.9776	1.0950
CuK	0.58	0.34	26.25	60.31	0.0059	0.9289	0.9701	1.1369
ZnK	54.91	31.45	1997.30	2.22	0.5078	0.9303	0.9792	1.0152
PbL	3.16	0.57	30.65	57.37	0.0220	0.7097	1.0029	0.9798

EDS-8 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.91’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.21’ de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Ca, S, O ve Fe pikleri görülmektedir (Şekil 5.91). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %47.95 O, %29.60 S, %21.98 Ca ve %0.47 Fe; atomik olarak da %66.94 O, %20.62 S, %12.25 Ca ve %0.19 Fe içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.21). Buna göre EDS-8 noktasında Fe ikameli Jips minerali yer almaktadır.

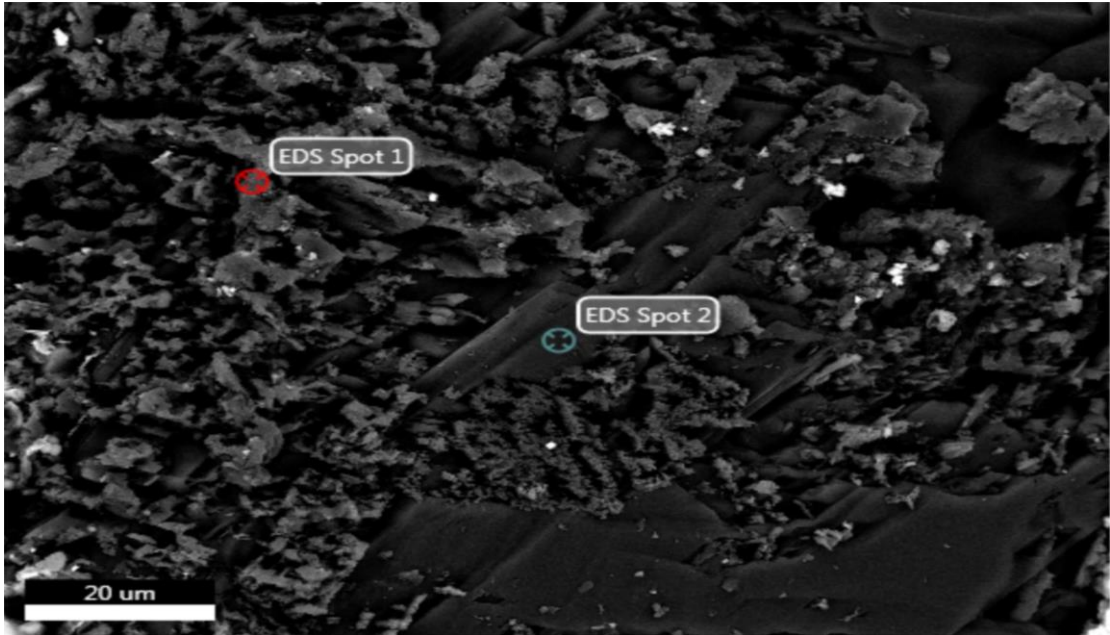


Şekil 5.91. Şekil 5.83 üzerindeki EDS-8 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.21. Şekil 5.83. üzerindeki EDS-8 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

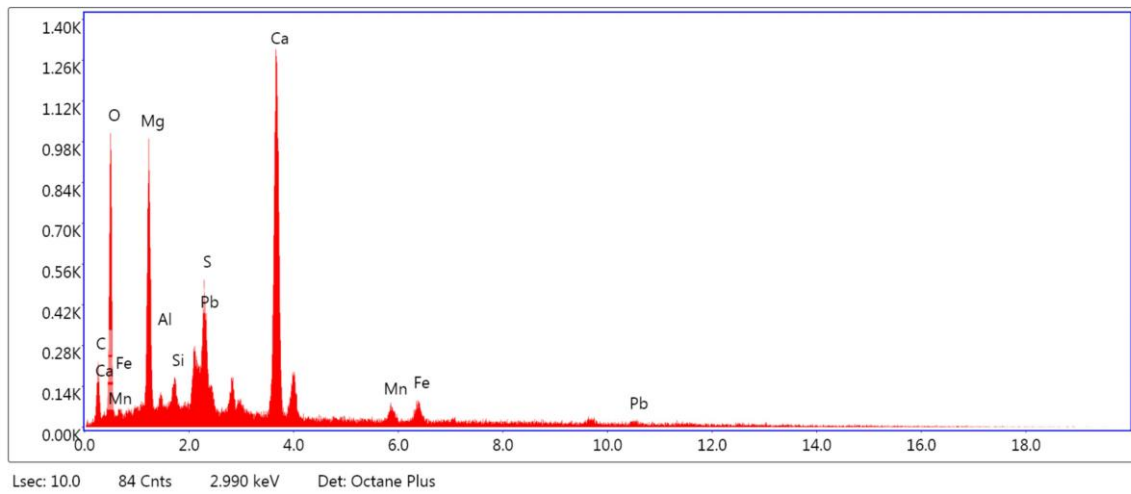
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	47.95	66.94	240.48	12.97	0.0635	1.0513	0.1259	1.0000
S K	29.60	20.62	2321.63	3.52	0.2426	0.9568	0.8497	1.0081
CaK	21.98	12.25	1215.10	4.75	0.1728	0.9291	0.8422	1.0051
FeK	0.47	0.19	17.74	62.55	0.0039	0.8381	0.9453	1.0397

Şekil 5.92’ de, BS2-EDS6 alanının genel görünümü ve EDS analizleri için seçilen noktaların konumları ile bu alanda yer alan minerallerinin birbirleriyle olan ilişkileri ve mikro morfolojik özellikleri görülmektedir.



Şekil 5.92. Birincil sülfidli cevherlerden BS2-EDS6 alanının genel görünümü ve EDS analizi için seçilen noktaların konumları. Sağ alt köşede ve EDS2 noktasında koyu gri-siyah renkli öz şekilsiz jips mineralleri ile diğer kesimlerde yer alan öz şekilsiz kısmen yaprağımsı polimetallik bir mineraller topluluğu izlenmektedir.

EDS-1 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.93’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.22’ de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Ca, Mg, O, S, Pb, Al, Si, Fe, C, ve Mn pikleri yer almaktadır (Şekil 5.91). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %42.03 O, %22.67 Ca, %11.12 Mg, %9.02 C, %7.06 Pb, %2.75 Fe, %2.30 S, %1.50 Mn, %1.04 Si; atomik olarak da %56.62 O, %216.19 C, %12.19 Ca, %9.86 Mg, %1.54 S, %1.06 Fe, %0.80 Si, %0.073 Pb, %0.59 Mn ve %0.42 Al içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.21). Buna göre EDS-1 noktasında dolomit, serüzit, Jips, limonit, serüzit, kuvars, manganit-pirolusit-rodokrosit ve kil minerallerinin topluca bir arada bulundukları tahmin edilmektedir.



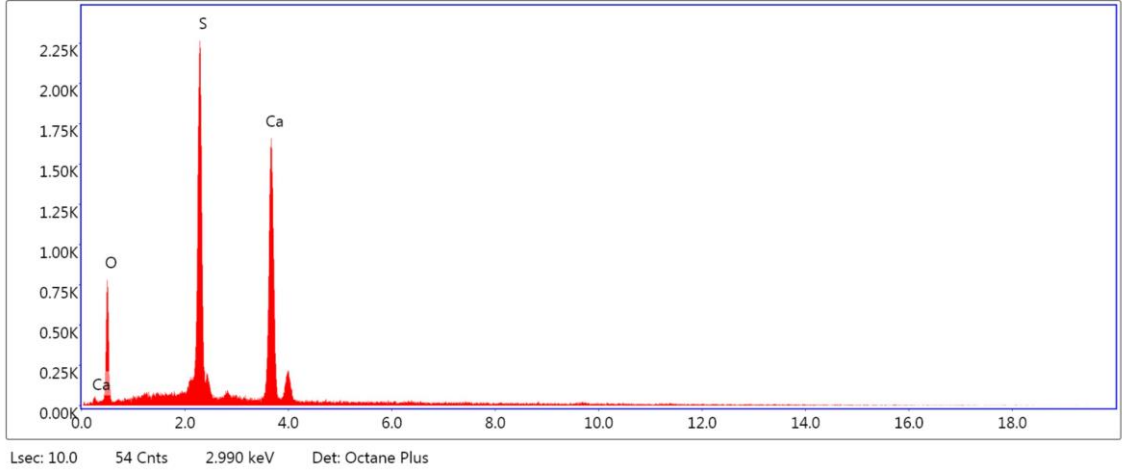
Şekil 5.93. Şekil 5.92 üzerinde gözlenen EDS-1 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.22. Şekil 5.92. üzerinde yer alan EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	9.02	16.19	99.17	12.94	0.0281	1.1230	0.2777	1.0000
O K	42.03	56.62	667.15	10.83	0.0796	1.0777	0.1758	1.0000
MgK	11.12	9.86	777.92	7.90	0.0508	0.9992	0.4569	1.0006
AlK	0.52	0.42	39.73	28.98	0.0026	0.9629	0.5127	1.0013
SiK	1.04	0.80	98.82	14.70	0.0066	0.9847	0.6415	1.0023
S K	2.30	1.54	227.59	7.97	0.0185	0.9654	0.8315	1.0059
PbM	7.06	0.73	298.14	7.72	0.0617	0.6361	1.2648	1.0865
CaK	22.67	12.19	1547.02	3.02	0.1986	0.9324	0.9409	0.9986
MnK	1.50	0.59	55.27	21.88	0.0120	0.8204	0.9668	1.0027
FeK	2.75	1.06	90.40	17.00	0.0225	0.8335	0.9772	1.0040

EDS-2 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.94’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.23’ de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Ca, S ve O pikleri yer almaktadır (Şekil 5.94).

Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %44.42 O, %31.56 Ca ve %24.02 S, atomik olarak da %64.37 O, %18.26 Ca ve % 17.37 S içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.23). Buna göre EDS-2 noktasında jips mineralinin yer aldığı anlaşılmaktadır.

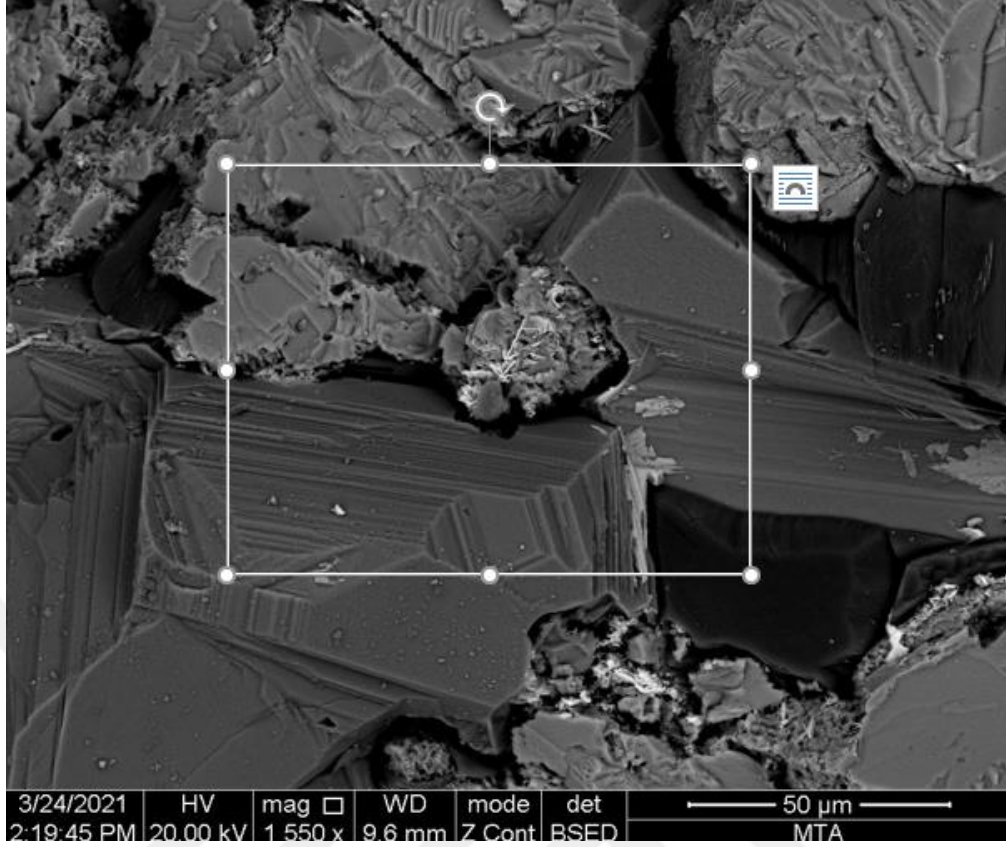


Şekil 5.94. Şekil 5.92 üzerinde gözlenen EDS-2 noktasına ait analitik çizim grafiği.

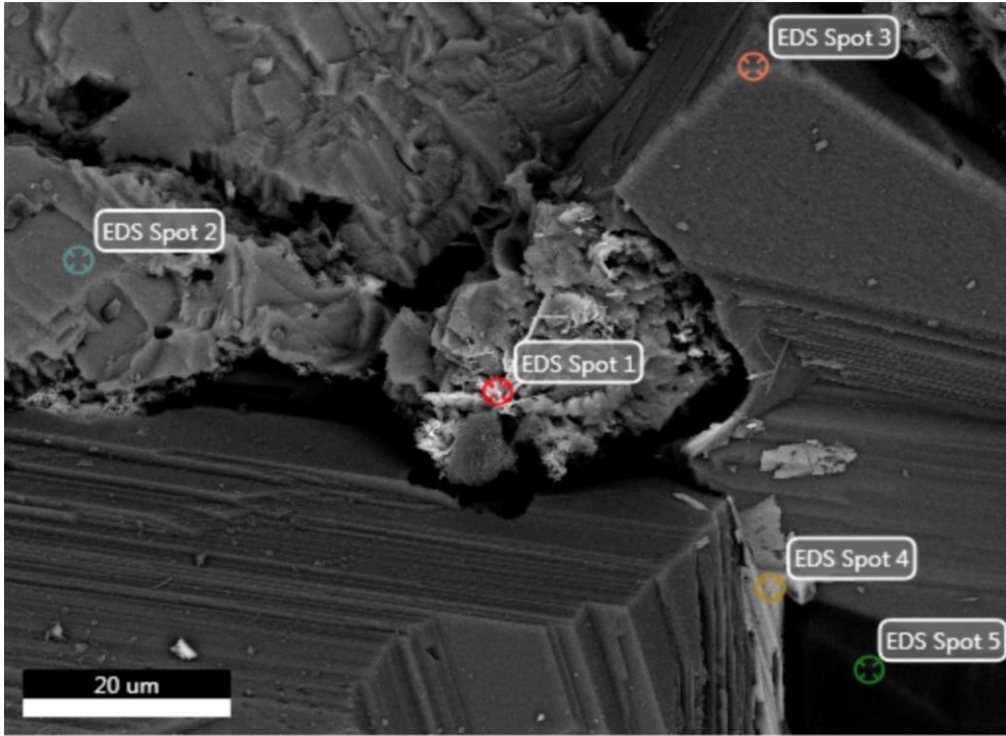
Çizelge 5.23. Şekil 5.92. üzerinde yer alan EDS-2 noktasına ait eZAF Smart Quant elemental analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	44.42	64.37	476.66	11.55	0.0657	1.0698	0.1382	1.0000
S K	24.02	17.37	2253.48	2.69	0.2121	0.9567	0.9134	1.0100
CaK	31.56	18.26	1843.38	2.72	0.2733	0.9232	0.9345	1.0035

Şekil 5.95’ de, BS3-EDS2 alanının genel görünümü ile bu alanda yer alan minerallerinin birbirleriyle olan ilişkileri ve mikro morfolojik özellikleri görülmektedir. Şekil 5.96 da ise Şekil 5.95 üzerinde belirlenen dikdörtgen içerisindeki alanda EDS analizleri için tespit edilen noktalar ve bu alanda bulunan minerallerin mikro morfolojik özellikleri ile birbirleriyle olan ilişkileri gözlenmektedir.

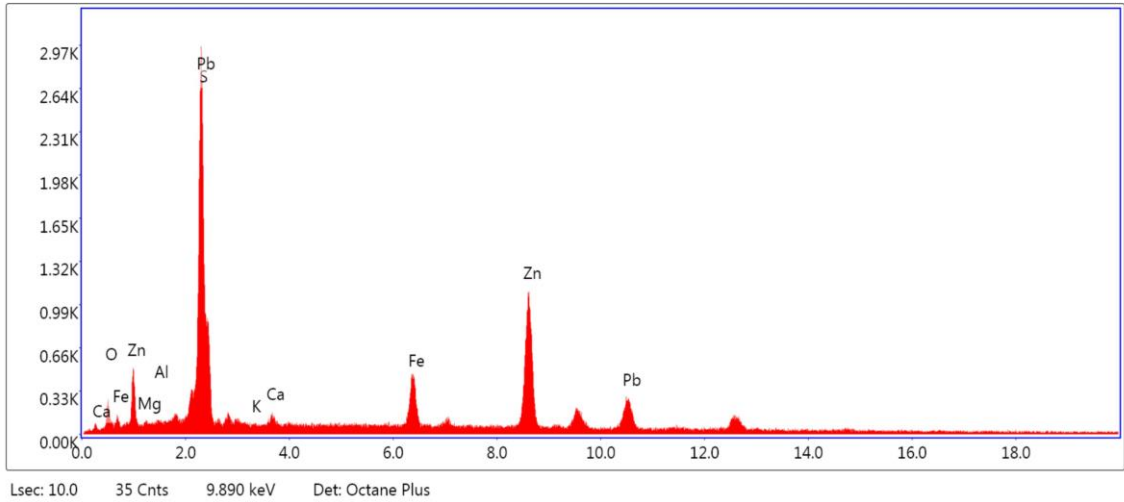


Şekil 5.95. BS3-EDS2 alanının genel SEM görünümü ve EDS analizleri için seçilen dikdörtgen içerisindeki alanın konumu.



Şekil 5.96. Şekil 5.95 üzerinde görülen dikdörtgen içerisindeki alanın büyütülmüş SEM görünümü ve farklı mineralleri temsil etmek üzere seçilmiş olan EDS analiz noktalarının konumları.

EDS-1 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.97’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.24’ de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Pb, S, Zn, Fe, Mg, Al, K, Ca ve O pikleri yer almaktadır (Şekil 5.97). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %31.62 Zn, %31.35 Pb, %18.41 S, %9.15 O, % 7.84 Fe, %1.39 Ca, %0.29 Mg, %0.22 Al ve %0.03 K; atomik olarak da %29.16 S, %29.03 O, %24.56 Zn, %7.68 Pb, %7.12 Fe, %1.39 Ca, %0.60 Mg, %0.42 Al ve %0.04 K içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.24). Buna göre EDS-1 noktasında muhtemelen kil kapsayan pirit, galenit, sfalerit ve jips topluluğu yer almaktadır.



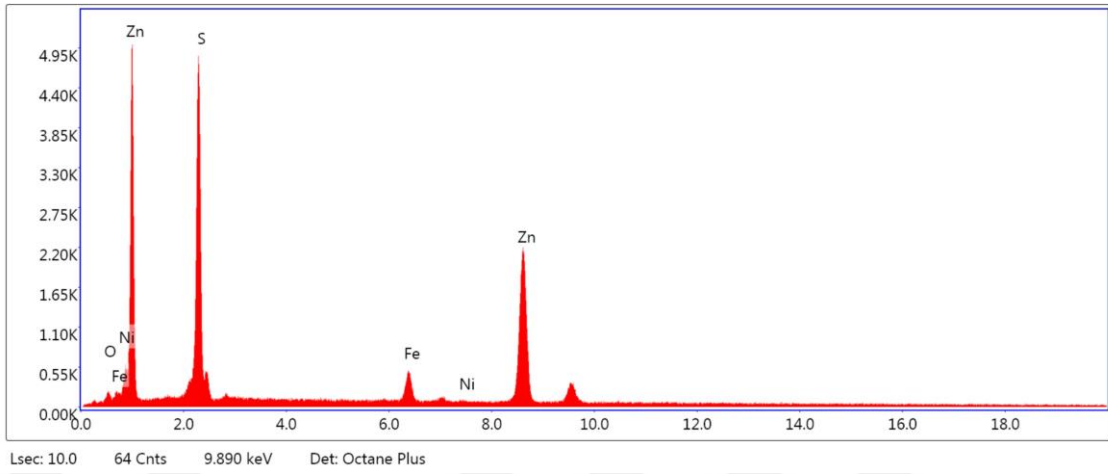
Şekil 5.97. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-1 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.24. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	9.15	29.03	116.07	16.30	0.0185	1.2601	0.1605	1.0000
MgK	0.29	0.60	8.98	76.93	0.0006	1.1863	0.1607	1.0004
AlK	0.22	0.42	10.54	72.15	0.0006	1.1469	0.2362	1.0009
S K	18.41	29.16	1874.72	6.23	0.1176	1.1602	0.5485	1.0036
K K	0.03	0.04	2.21	99.99	0.0002	1.1090	0.5048	1.0138
CaK	1.10	1.39	85.86	23.50	0.0073	1.1327	0.5793	1.0192
FeK	7.84	7.12	602.42	5.43	0.0788	1.0305	0.8858	1.1011
ZnK	31.62	24.56	1694.14	3.32	0.3343	1.0026	0.9448	1.1162
PbL	31.35	7.68	432.68	11.17	0.2414	0.7705	1.0103	0.9890

EDS-2 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.98’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.25’ de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Zn, S, O, Fe ve Ni pikleri yer almaktadır (Şekil 5.98). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %52.68 Zn, %36.66 S, %5.40 O, %5.18 Fe ve %0.08 Ni; atomik olarak da %48.02 S, %33.85 Zn, %14.18 O, %3.89 Fe ve %0.05 Ni içerikleri

belirlenmiştir (Çizelge 5.25). Buna göre EDS-2 noktasında Ni' li pirit kapanımları kapsayan sfalerit yer almaktadır.

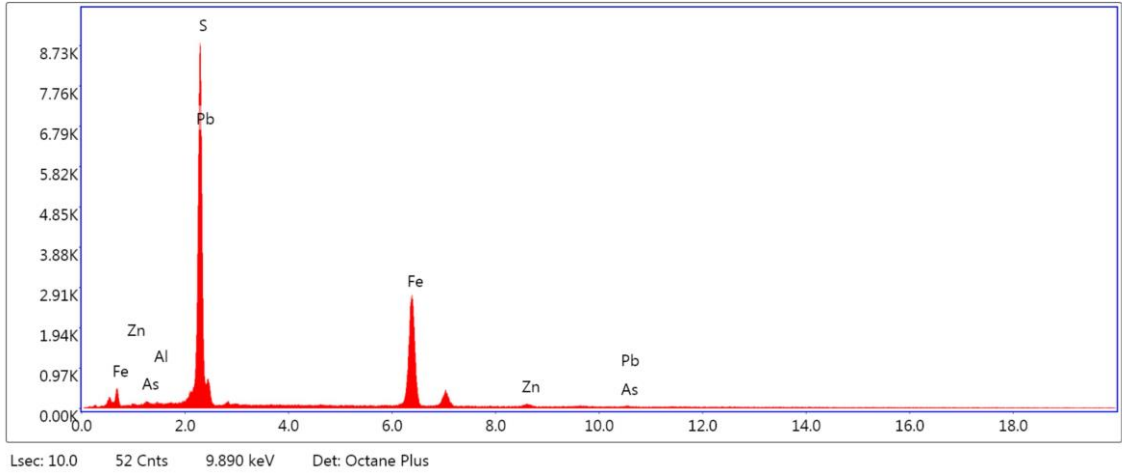


Şekil 5.98. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-2 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.25. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-2 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	5.40	14.18	92.77	17.72	0.0101	1.1752	0.1594	1.0000
S K	36.66	48.02	4892.73	5.87	0.2100	1.0786	0.5293	1.0032
FeK	5.18	3.89	578.22	6.00	0.0517	0.9519	0.9504	1.1039
NiK	0.08	0.05	7.72	67.25	0.0008	0.9673	0.9640	1.1769
ZnK	52.68	33.85	3581.69	1.89	0.4836	0.9228	0.9837	1.0112

EDS-3 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.99’da, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.26’ da görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde S, Fe, Pb, Zn, As ve Al pikleri yer almaktadır (Şekil 5.99). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %50.98 S, %45.11 Fe, %2.15 Pb, %1.19Zn, %0.31 As ve % 0.26 Al; atomik olarak ise %65.16 S, %33.10 Fe, %0.75 Zn, %0.42 Pb, %0.39 Al ve %0.17 As içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.26). Buna göre EDS-3 noktasında muhtemelen Pb, Zn, As, Al kirlilikleri kapsayan pirit ve/veya arsenopirit yer almaktadır.

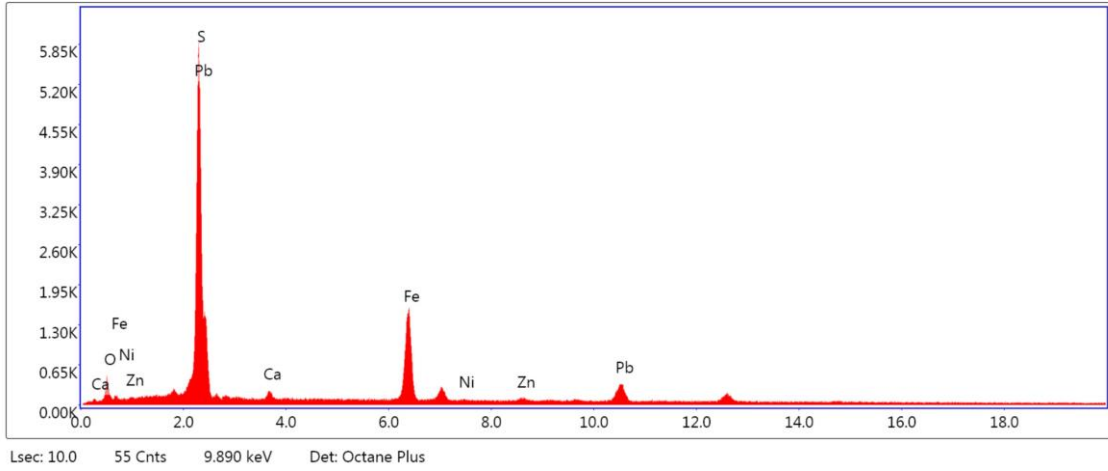


Şekil 5.99. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-3 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.26. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-3 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
AlK	0.26	0.39	19.38	68.03	0.0009	1.0545	0.3219	1.0031
S K	50.98	65.16	7583.02	4.18	0.3761	1.0646	0.6904	1.0036
FeK	45.11	33.10	3922.66	2.06	0.4054	0.9382	0.9454	1.0133
ZnK	1.19	0.75	65.68	25.33	0.0102	0.9089	0.9097	1.0422
AsK	0.31	0.17	10.43	61.37	0.0028	0.8606	0.9544	1.0875
PbL	2.15	0.42	34.32	55.61	0.0151	0.6918	1.0322	0.9866

EDS-4 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.100'de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.27'de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Pb, S, Fe, O, Ca, Zn ve Ni pikleri yer almaktadır (Şekil 5.100). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %30.71 Pb, %26.54 S, %24.61 Fe, %15.74 O, %1.50 Ca, %0.53 Zn ve %0.37 Ni; atomik olarak da %40.12 O, %33.75 S, %17.97 Fe, %6.05 Pb, %1.53 Ca, %0.33 Zn ve %0.26 Ni içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.27). Buna göre EDS-4 noktasında muhtemelen Zn, Ca kirliliği taşıyan ve galenit kapanımları içeren nikelli pirit yer almaktadır.

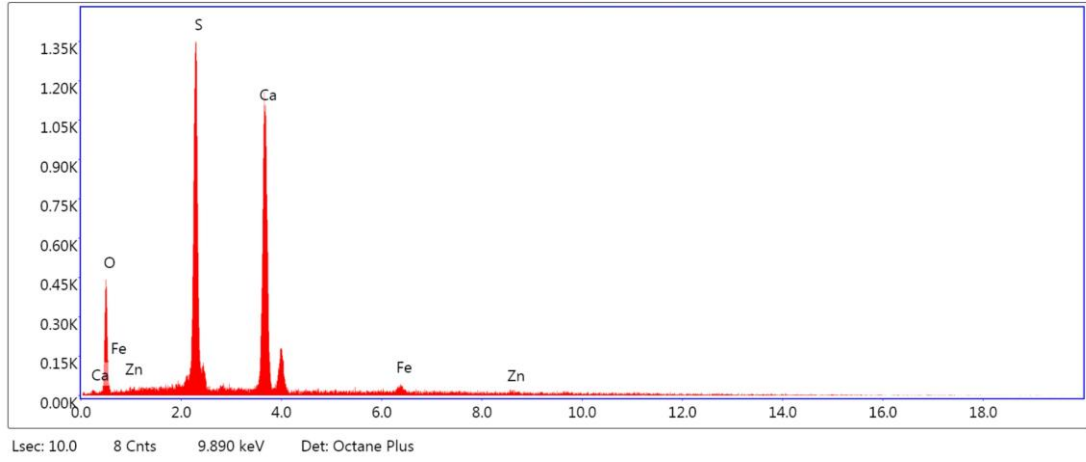


Şekil 5.100. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-4 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.27. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-4 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları(%).

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	15.74	40.12	247.70	12.90	0.0315	1.2147	0.1649	1.0000
S K	26.54	33.75	3987.18	4.61	0.1997	1.1181	0.6706	1.0037
CaK	1.50	1.53	145.22	19.70	0.0099	1.0910	0.5922	1.0196
FeK	24.61	17.97	2221.59	3.27	0.2319	0.9913	0.8917	1.0660
NiK	0.37	0.26	29.06	62.03	0.0036	1.0085	0.8734	1.1121
ZnK	0.53	0.33	35.22	65.20	0.0055	0.9633	0.9172	1.1888
PbL	30.71	6.05	522.73	10.57	0.2329	0.7379	1.0335	0.9941

EDS-5 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.101’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.28’ de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Ca, O, S, Fe ve Zn pikleri yer almaktadır (Şekil 5.101). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak % 40.53O, % 33.81 Ca, % 22.23 S, % 2.01 Fe ve %1.42 Zn; atomik olarak da %61.37 O, % 20.44 Ca, %16.79 S, % 0.87 Fe ve %0.53 Zn içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.28). Buna göre EDS-5 noktasında Fe ve Ni kirliliği içeren jips yer almaktadır.

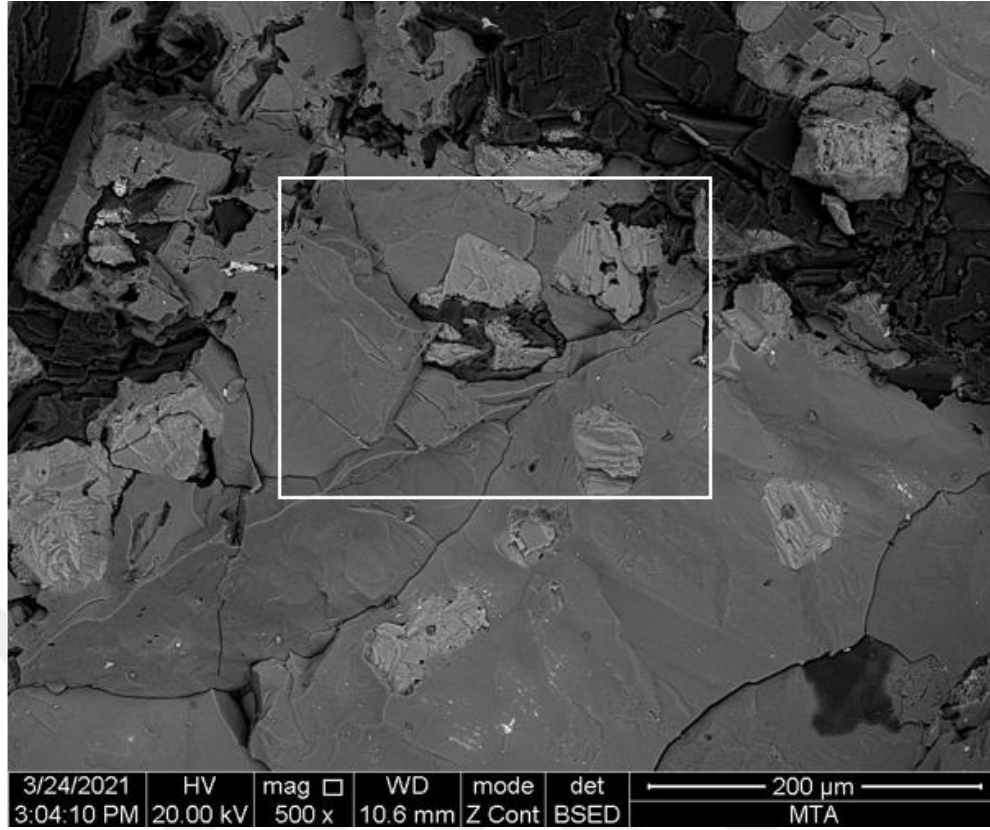


Şekil 5.101 Şekil 5.95 üzerindeki EDS-5 noktasına ait analitik çizim grafiği.

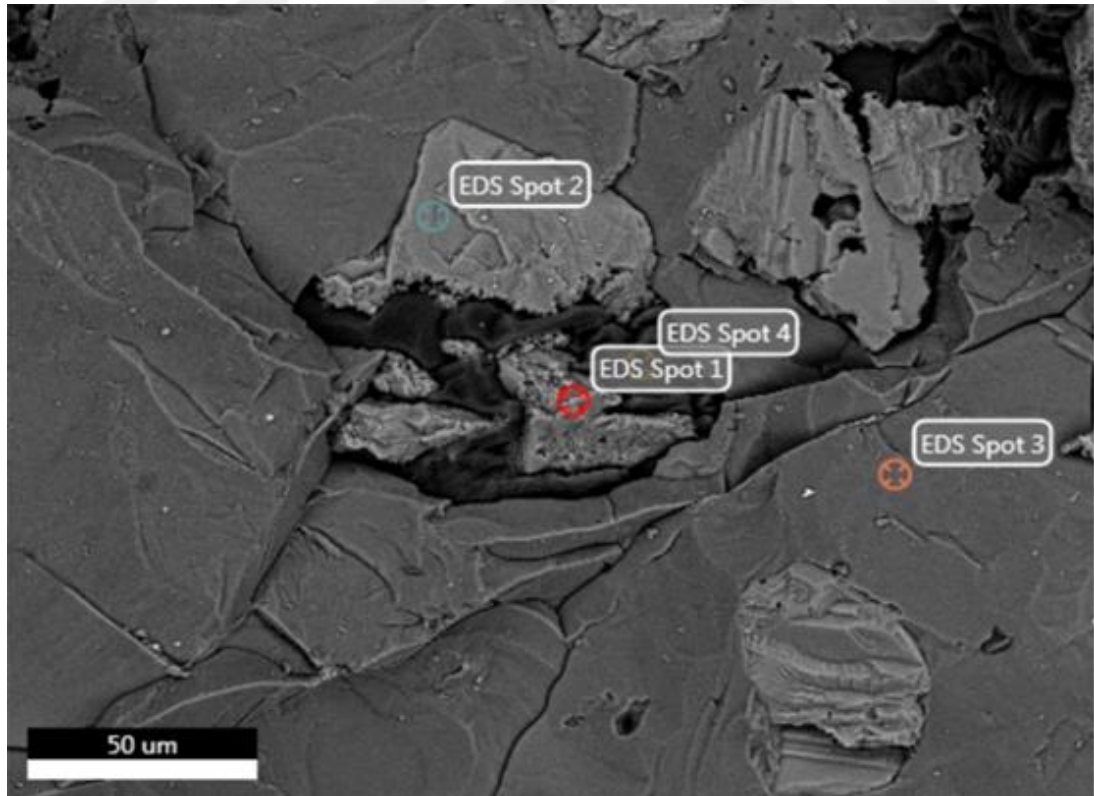
Çizelge 5.28. Şekil 5.95 üzerindeki EDS-5 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	40.53	61.37	277.40	12.20	0.0584	1.0796	0.1336	1.0000
S K	22.23	16.79	1352.42	3.09	0.1948	0.9662	0.8987	1.0097
CaK	33.81	20.44	1305.93	2.90	0.2965	0.9327	0.9358	1.0049
FeK	2.01	0.87	37.95	24.70	0.0167	0.8331	0.9655	1.0344
ZnK	1.42	0.53	14.58	60.20	0.0121	0.7960	0.9922	1.0787

Şekil 5.102’ de, BS3-EDS5 alanının genel görünümü ile bu alanda yer alan minerallerin birbirleriyle olan ilişkileri görülmektedir. Şekil 5.103’ de ise Şekil 5.102 üzerinde dikdörtgen içerisinde görülen alan içerisinde EDS analizleri için seçilmiş olan ve her biri bir minerali temsil eden noktaların konumları ile söz konusu minerallerin mikro morfolojik özellikleri ve birbirleriyle olan ilişkileri gözlenmektedir.

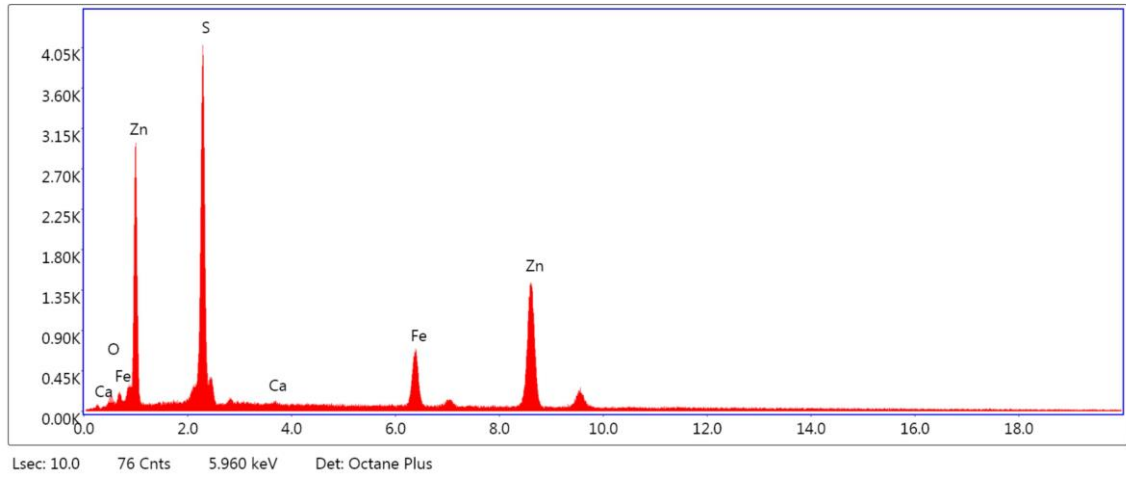


Şekil 5.102. BS3-EDS5 alanının genel SEM görünümü ve EDS analizleri için seçilen dikdörtgen içerisindeki alanın konumu.



Şekil 5.103. Şekil 5.101 üzerinde görülen dikdörtgen içerisindeki alanın büyütülmüş SEM görünümü ve farklı mineralleri temsil etmek üzere seçilmiş olan EDS analiz noktalarının konumları.

EDS-1 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.104’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.29’ da görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Zn, S, Fe, O ve Ca pikleri yer almaktadır (Şekil 5.103). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %45.74 Zn, %36.47 S, %10.064 Fe, %6.83 O ve %0.32 Ca; atomik olarak ise %46.19 S, %28.41 Zn, %17.35 O, %7.74 Fe ve %0.32 Ca içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.28). Buna göre EDS-1 noktasında baskın mineral sfalerittir. Aynı noktada muhtemelen çok az jips ve limonit de yer almaktadır.



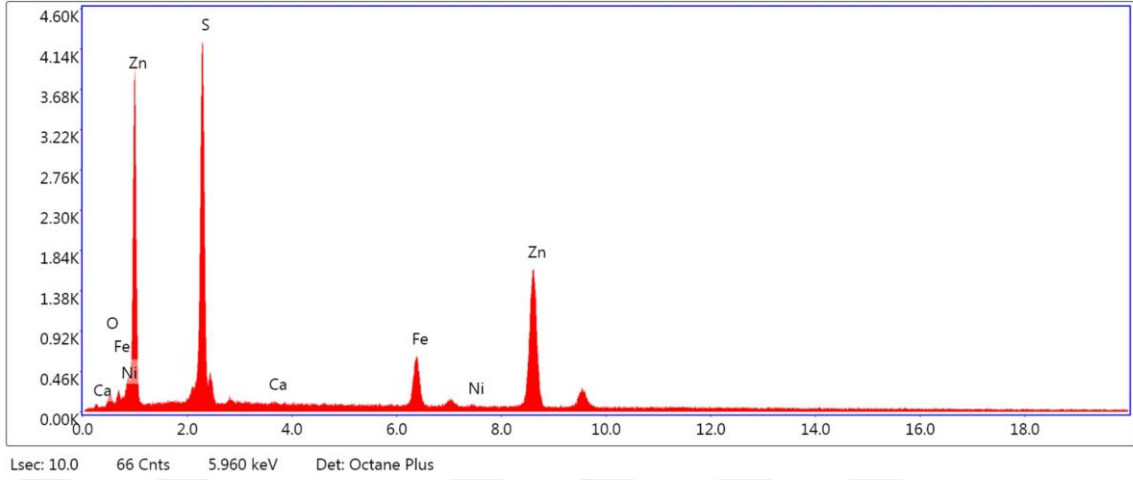
Şekil 5.104. Şekil 5.102 üzerindeki EDS-1 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.29. Şekil 5.103 üzerindeki EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	6.83	17.35	94.99	17.42	0.0131	1.1694	0.1637	1.0000
S K	36.47	46.19	3929.43	5.69	0.2168	1.0730	0.5522	1.0033
CaK	0.32	0.32	31.47	49.00	0.0024	1.0450	0.7051	1.0190
FeK	10.64	7.74	902.95	3.74	0.1043	0.9466	0.9538	1.0854
ZnK	45.74	28.41	2375.76	2.16	0.4145	0.9175	0.9751	1.0130

EDS-2 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.105’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.30’ da görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Zn, S, Fe, O, Ca ve Ni pikleri yer almaktadır (Şekil 5.105). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %47.90 Zn, %36.45 S, %9.00 Fe, %6.23 O, %0.25 Ca ve %0.16 Ni; atomik olarak da %46.80 S, %30.16 Zn, %16.03 O, %6.63 Fe, %0.26 Ca ve %0.12 Ni içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.30). Buna göre EDS-

2 noktasında baskın mineral sfalerittir. Muhtemelen az miktarda da kısmen limonite dönüşmüş Ni içerikli pirit ve az miktarda da jips bulunmaktadır.

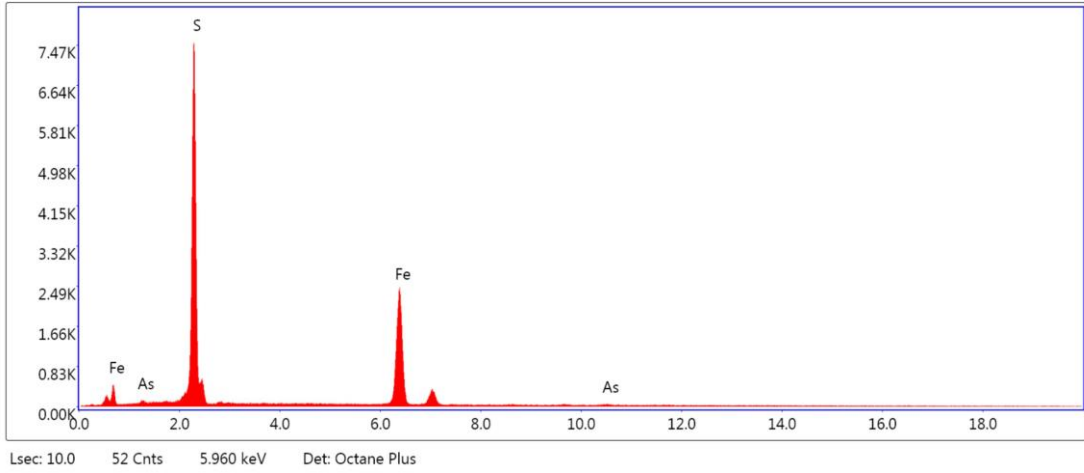


Şekil 5.105. Şekil 5.103 üzerindeki EDS-2 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.30. Şekil 5.103 üzerindeki EDS-2 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	6.23	16.03	93.33	17.60	0.0119	1.1716	0.1625	1.0000
S K	36.45	46.80	4218.51	5.74	0.2148	1.0752	0.5463	1.0033
CaK	0.25	0.26	27.09	61.24	0.0019	1.0472	0.7026	1.0189
FeK	9.00	6.63	832.34	3.94	0.0887	0.9486	0.9530	1.0907
NiK	0.16	0.12	13.69	65.47	0.0017	0.9640	0.9556	1.1554
ZnK	47.90	30.16	2706.67	2.09	0.4359	0.9195	0.9774	1.0124

EDS-3 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.106'da, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.31'de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Fe, S, As pikleri yer almaktadır (Şekil 5.106). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %53.57 S, %43.76 Fe ve %2.66 As; atomik olarak da %67.10 S, %31.47 Fe ve %1.43 As içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.31). Buna göre EDS-3 noktasında arsenopirit minerali yer almaktadır.

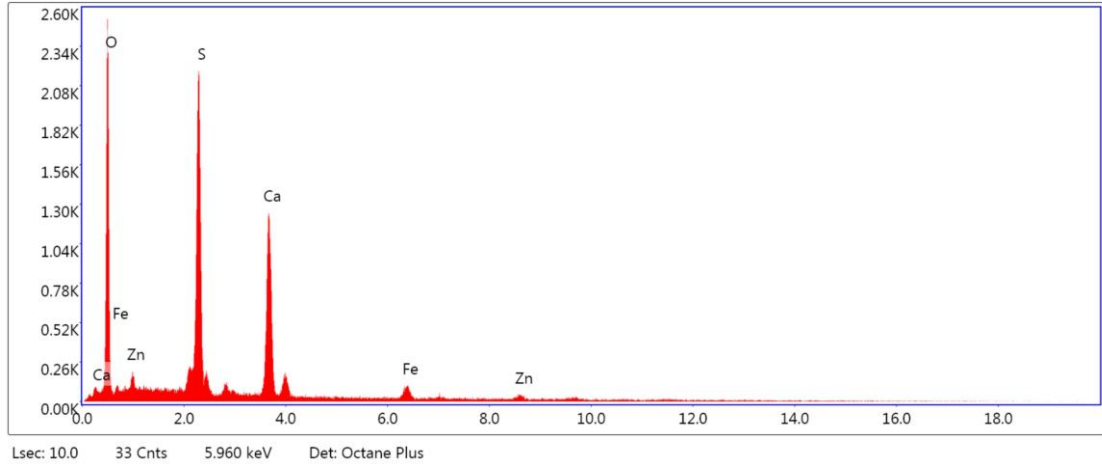


Şekil 5.106. Şekil 5.103 üzerindeki EDS-3 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.31. Şekil 5.103 üzerindeki EDS-3 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
S K	53.57	67.10	7323.85	4.09	0.3966	1.0582	0.6972	1.0035
FeK	43.76	31.47	3454.13	2.04	0.3916	0.9320	0.9493	1.0115
AsK	2.66	1.43	79.60	14.20	0.0234	0.8544	0.9594	1.0694

EDS-4 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.107’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.32’de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde O, S, Ca, Fe ve Zn pikleri yer almaktadır (Şekil 5.107). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %61.13 O, %17.16 S, %16.61 Ca, %3.01 Fe ve %2.10 Zn; %78.68 O, %11.02 S, %8.53 Ca, %1.11 Fe ve %0.66 Zn içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.32). Buna göre EDS-4 noktasında muhtemelen oksitli Fe ve Zn kirliliği kapsayan jips minerali yer almaktadır.

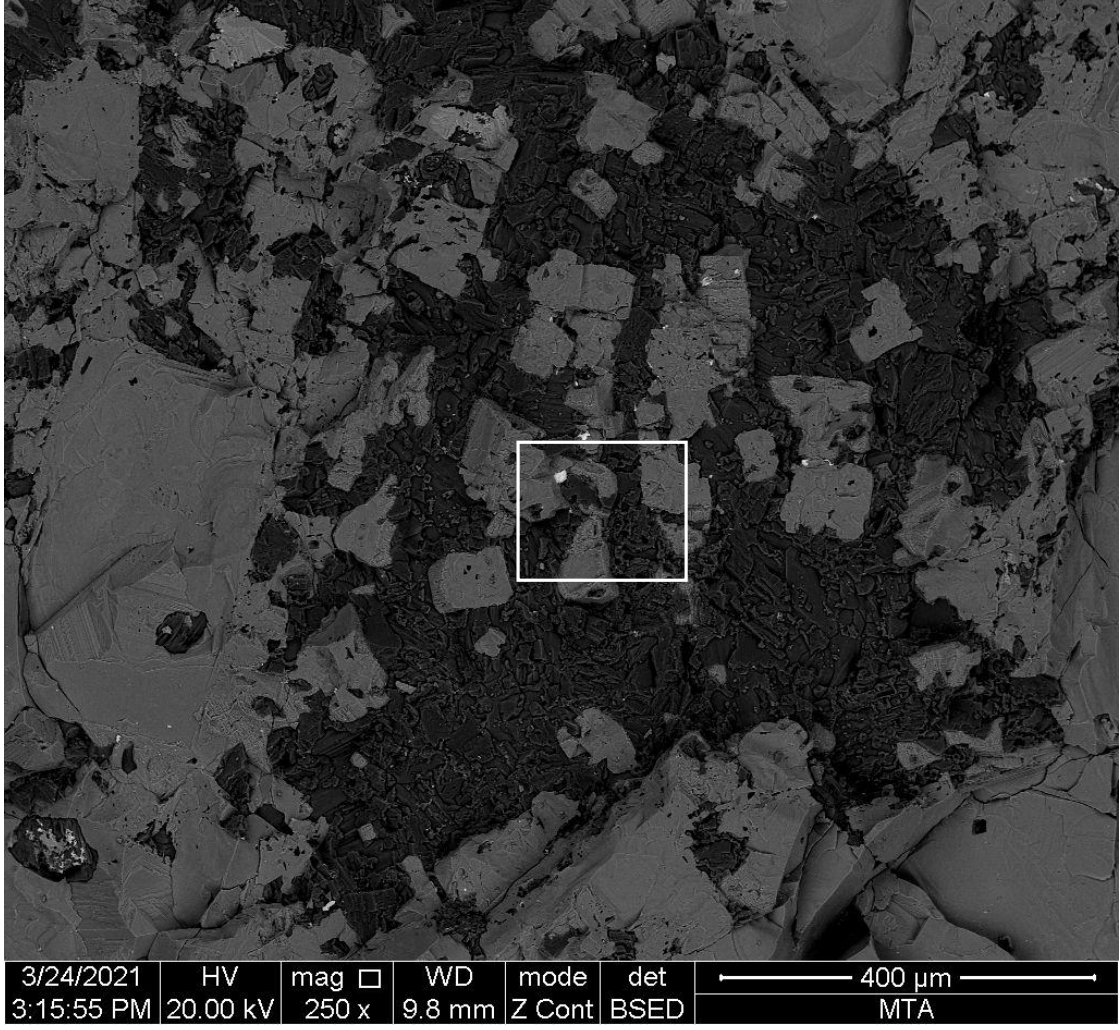


Şekil 5.107. Şekil 5.103 üzerindeki EDS-4 noktasına ait analitik çizim grafiği.

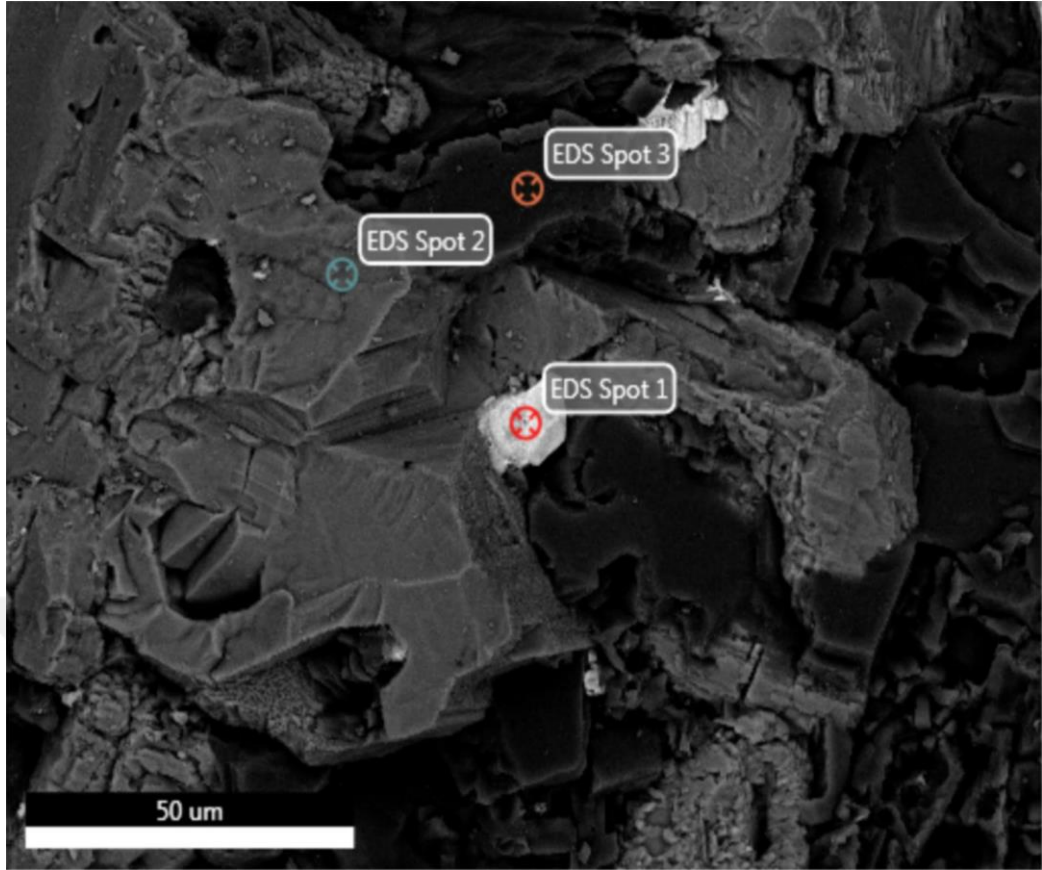
Çizelge 5.32. Şekil 5.103 üzerindeki EDS-4 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	61.13	78.68	1560.36	9.63	0.1469	1.0521	0.2285	1.0000
S K	17.16	11.02	2226.35	2.99	0.1451	0.9395	0.8933	1.0081
CaK	16.61	8.53	1405.71	2.93	0.1446	0.9063	0.9517	1.0099
FeK	3.01	1.11	126.42	11.85	0.0252	0.8087	0.9895	1.0497
ZnK	2.10	0.66	47.17	16.92	0.0177	0.7718	1.0012	1.0944

Şekil 5.108’ de, BS3-EDS6 alanının genel görünümü ile bu alanda yer alan minerallerin birbirleriyle olan ilişkileri görülmektedir. Şekil 5.109’ da da Şekil 5.108 üzerindeki kare içerisinde EDS analizleri için seçilmiş olan noktaların konumları ve bu alanda yer alan minerallerin mikro morfolojik özellikleri ile birbirleriyle olan ilişkileri gözlenmektedir.

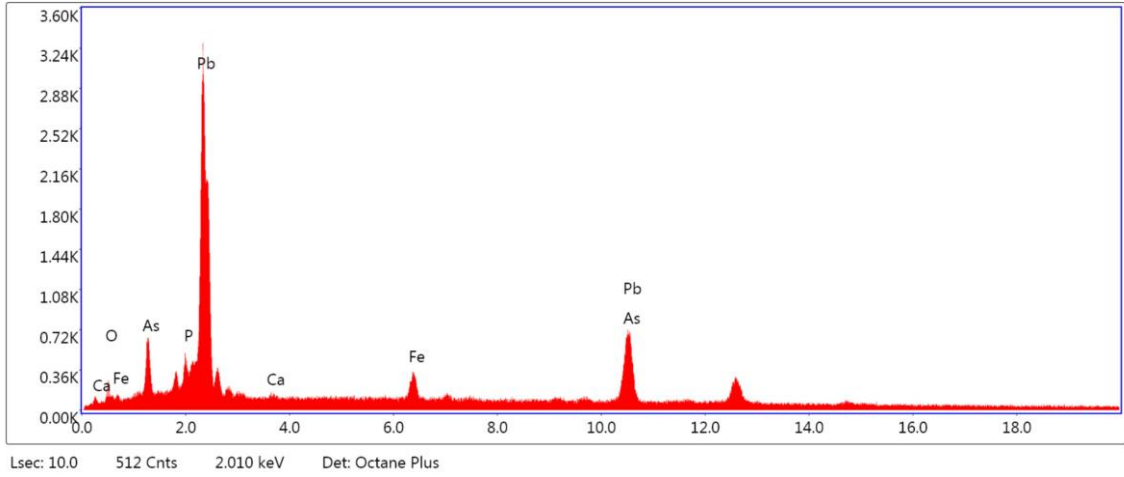


Şekil 5.108. BS3-EDS6 alanının genel SEM görünümü ve EDS analizleri için seçilen kare içerisindeki alanın konumu.



Şekil 5.109. Şekil 5.108 üzerinde görülen kare içerisindeki alanın büyütülmüş SEM görünümü ve farklı mineralleri temsil etmek üzere seçilmiş olan EDS analiz noktaları.

EDS-1 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.110’da, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.33’ de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Pb, O, As, Fe, P ve Ca pikleri yer almaktadır (Şekil 5.110). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %65.32 Pb, %14.67 O, %10.45 As, % 5.05 Fe, %4.23 P ve %0.28 Ca; atomik olarak da %57.11 O, %19.63 Pb, %8.68 As, %8.50 P, %5.63 Fe, %0.44 Ca içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.33). Buna göre EDS-1 noktasında muhtemelen az oranda apatit minerali ile birlikte esas olarak beyudandit ($\text{PbFe}_3(\text{OH})_6\text{SO}_4\text{AsO}_4$) minerali yer almaktadır.

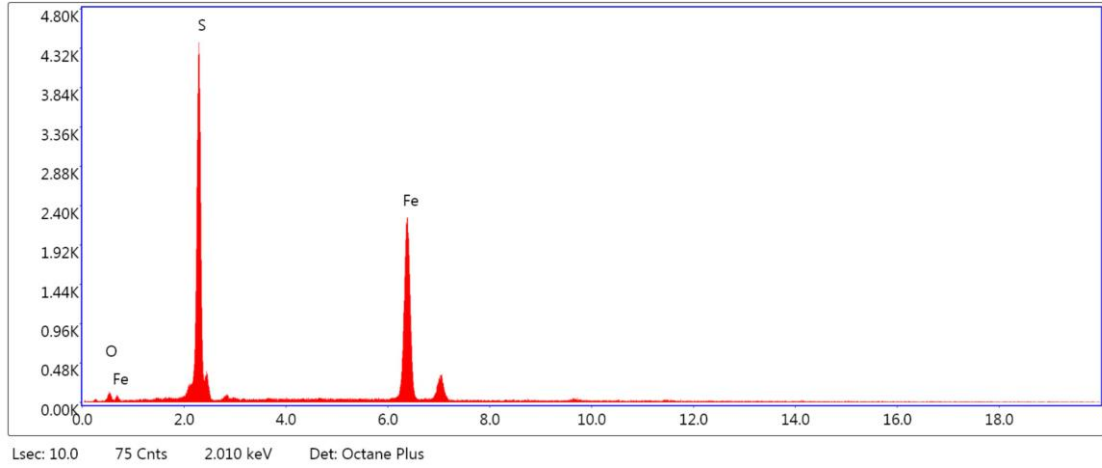


Şekil 5.110. Şekil 5.109 üzerindeki EDS-1 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.33. Şekil 5.109 üzerindeki EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%).

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	14.67	57.11	166.49	13.58	0.0308	1.3736	0.1527	1.0000
P K	4.23	8.50	323.11	9.55	0.0241	1.2333	0.4608	1.0024
CaK	0.28	0.44	16.89	75.15	0.0017	1.2337	0.4709	1.0211
FeK	5.05	5.63	344.30	10.43	0.0525	1.1266	0.8174	1.1285
AsK	10.45	8.68	401.02	11.72	0.1580	1.0521	0.9535	1.5074
PbL	65.32	19.63	873.02	8.01	0.5675	0.8555	1.0200	0.9956

EDS-2 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.111’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.34’ de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Fe, S ve O pikleri yer almaktadır (Şekil 5.111). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak, % 54.00 Fe, %43.14 S ve %2.86 O; atomik olarak da %54.01 S, % 38.82 Fe ve %7.17 O içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.34). Buna göre EDS-2 noktasında kısmen okside olmuş pirit minerali bulunmaktadır.

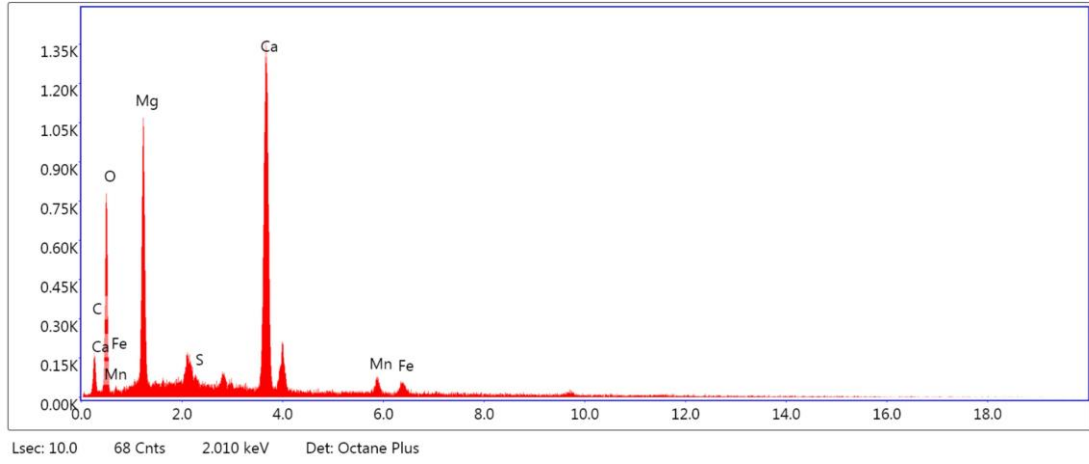


Şekil 5.111. Şekil 5.109 üzerindeki EDS-2 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.34. Şekil 5.109 üzerindeki EDS-2 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	2.86	7.17	32.25	24.98	0.0059	1.1596	0.1768	1.0000
S K	43.14	54.01	4283.26	4.51	0.3075	1.0628	0.6677	1.0044
FeK	54.00	38.82	3264.08	1.88	0.4888	0.9363	0.9605	1.0064

EDS-3 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.112’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.35’ de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde O, Ca, Mg, C, Mn, Fe, S pikleri yer almaktadır (Şekil 5.112). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %42.57 O, %28.15 Ca, %14.84 Mg, %7.91 C, %2.42 Mn, %2.26 Fe ve %1.86 S; atomik olarak da %55.74 O, %14.71 Ca, %13.79 C, %12.78 Mg, %1.21 S, %0.92 Mn ve %0.85 Fe içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.35). Buna göre EDS-3 noktasında çok az pirit ile Mn kapsayan dolomit mineralleri bulunmaktadır.

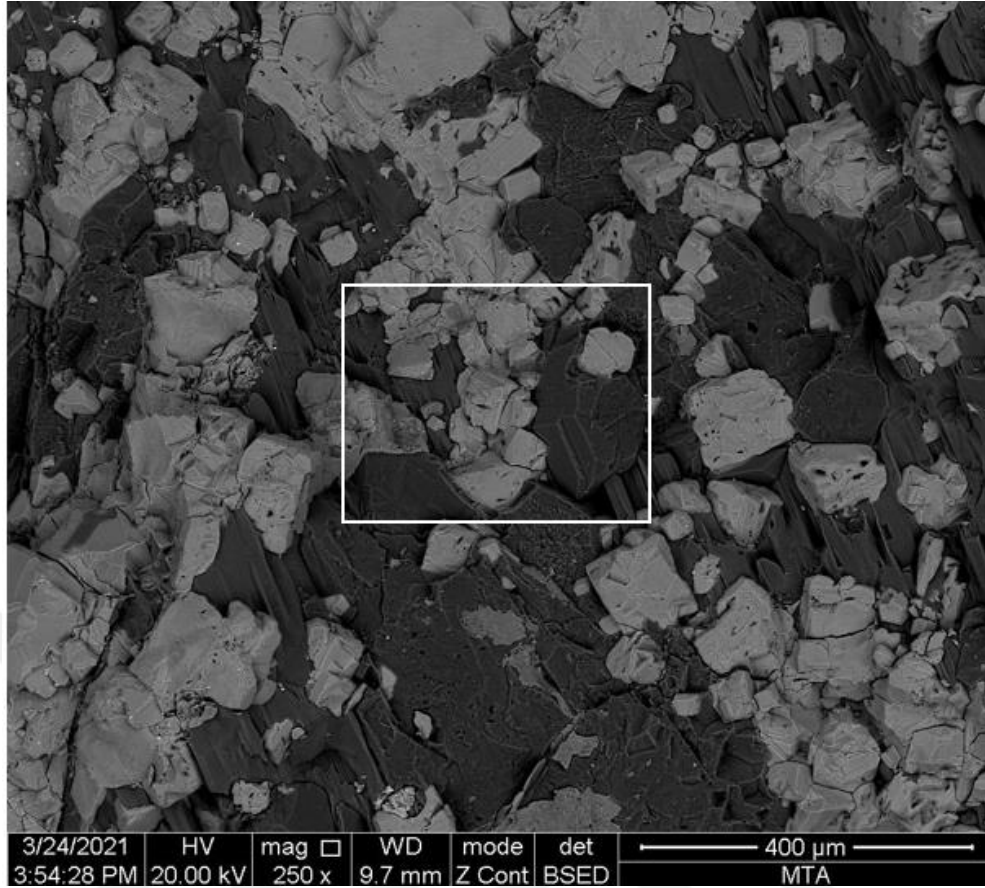


Şekil 5.112. Şekil 5.109 üzerindeki EDS-3 noktasına ait analitik çizim grafiği.

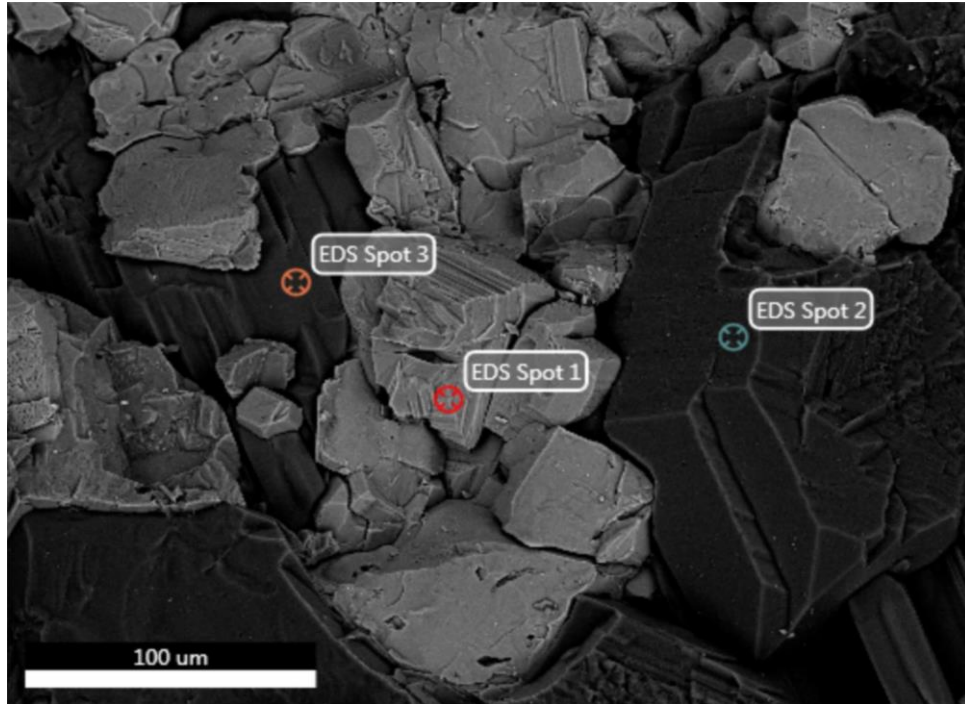
Çizelge 5.35. Şekil 5.109 üzerindeki EDS-3 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	7.91	13.79	68.25	13.91	0.0242	1.1036	0.2774	1.0000
O K	42.57	55.74	495.72	11.09	0.0742	1.0580	0.1647	1.0000
MgK	14.84	12.78	828.69	7.70	0.0680	0.9796	0.4674	1.0017
S K	1.86	1.21	145.25	11.13	0.0149	0.9453	0.8380	1.0135
CaK	28.15	14.71	1574.74	2.47	0.2546	0.9120	0.9837	1.0086
MnK	2.42	0.92	71.55	17.64	0.0195	0.8014	0.9730	1.0312
FeK	2.26	0.85	59.38	19.83	0.0186	0.8140	0.9821	1.0331

Şekil 5.113’de, BS4-EDS1 alanının genel görünümü ile bu alanda yer alan minerallerin birbirleriyle olan ilişkileri görülmektedir. Şekil 5.114’ de ise Şekil 5.113 üzerindeki görülen dikdörtgen içerisinde EDS analizleri için seçilen noktaların konumları ve bu alandaki minerallerin birbirleriyle ilişkileri ile mikro morfolojik özellikleri gözlenmektedir.

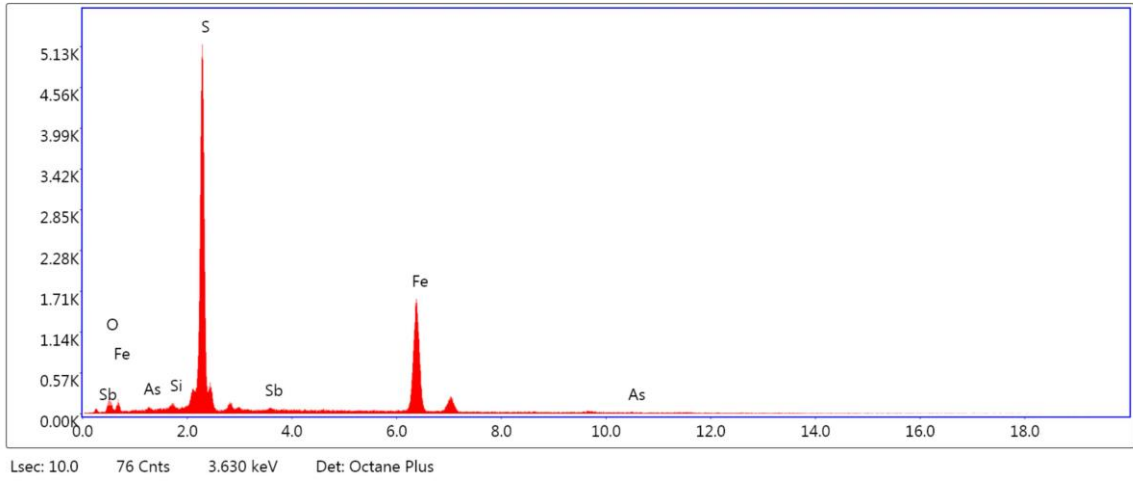


Şekil 5.113. BS4-EDS1 alanının genel SEM görünümü ve EDS analizleri için seçilen dikdörtgen içerisindeki alanın konumu.



Şekil 5.114. Şekil 5.113 üzerinde görülen dikdörtgen içerisindeki alanın büyütülmüş SEM görünümü ve farklı mineralleri temsil etmek üzere seçilmiş olan EDS analiz noktaları.

EDS-1 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.115’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.36’ de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Fe, S, O, As, Sb, Si pikleri yer almaktadır (Şekil 5.115). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %50.82 Fe, %41.99 Fe, %3.51 O, %2.63 As, %0.78 Sb; atomik olarak da %52.59 S, %36.54 Fe, %8.81 O, %1.41 As, %0.39 Si ve %0.26 Sb içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.36). Buna göre EDS-1 noktasında muhtemelen kısmen okside Sb içerikli arsenopirit ile çok az miktarda kuvars minerali bulunmaktadır.

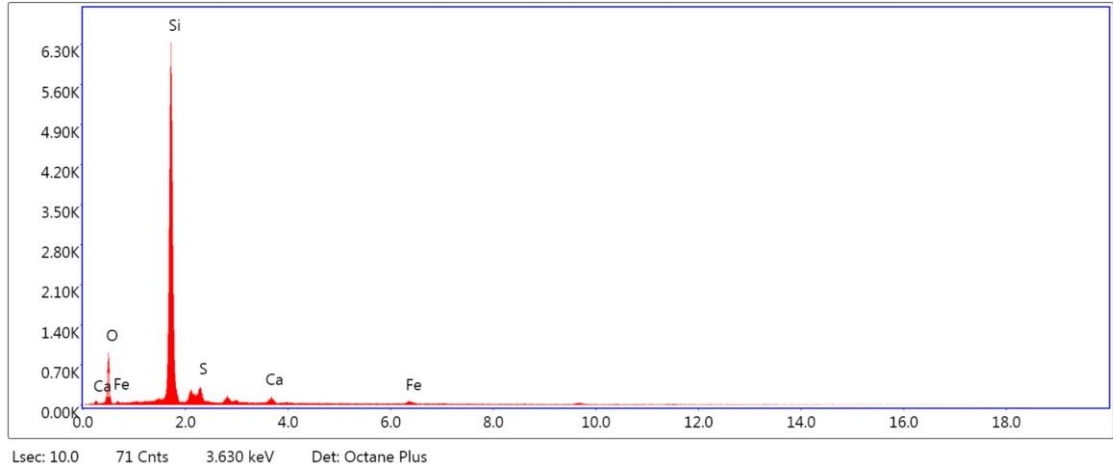


Şekil 5.115. Şekil 5.114 üzerindeki EDS-1 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.36. Şekil 5.114 üzerindeki EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	3.51	8.81	91.77	17.67	0.0095	1.1916	0.2272	1.0000
SiK	0.28	0.39	30.43	34.73	0.0018	1.0931	0.5819	1.0051
S K	41.99	52.59	5028.19	3.61	0.3569	1.0728	0.7890	1.0040
SbL	0.78	0.26	28.31	43.51	0.0060	0.7822	0.9729	1.0063
FeK	50.82	36.54	2156.26	2.53	0.4678	0.9310	0.9800	1.0089
AsK	2.63	1.41	25.48	32.59	0.0229	0.8362	0.9809	1.0629

EDS-2 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.116’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.37’ de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Si, O, S, Fe ve Ca pikleri yer almaktadır (Şekil 5.116). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %55.07 Si, %31.74 O, %7.95 S, %3.09 Fe, %2.15 Ca; atomik olarak da %46.12 O, %45.58 Si, %5.77 S, %1.28 Fe ve %1.25 Ca içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.37). Buna göre EDS-2 noktasında muhtemelen Ca içerikli pirt ile kuvars mineralleri bulunmaktadır.

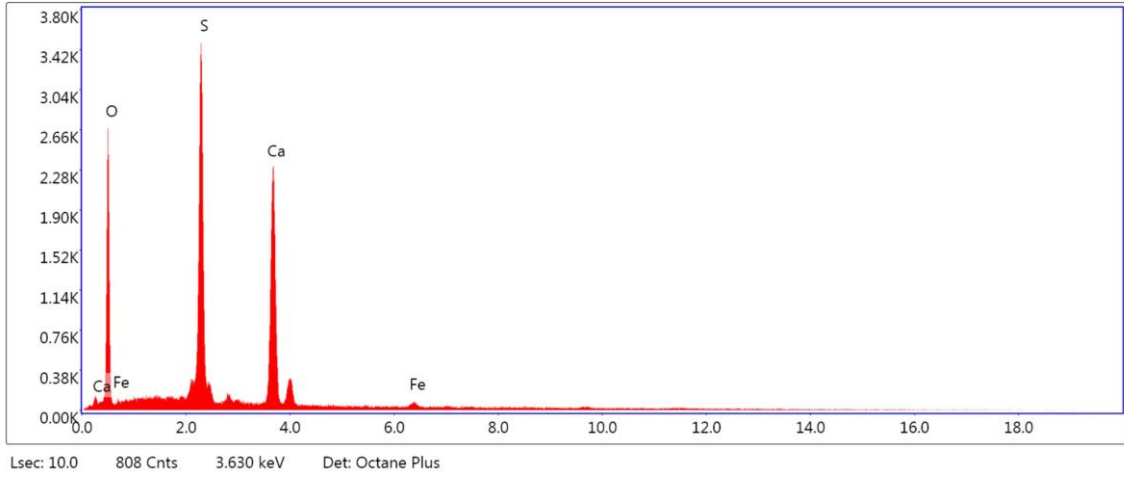


Şekil 5.116. Şekil 5.114 üzerindeki EDS-2 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.37. Şekil 5.114 üzerindeki EDS-2 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	31.74	46.12	517.42	10.15	0.0843	1.0696	0.2484	1.0000
SiK	55.07	45.58	5057.90	2.89	0.4602	0.9751	0.8555	1.0021
S K	7.95	5.77	418.35	7.81	0.0467	0.9554	0.6134	1.0026
CaK	2.15	1.25	100.11	17.03	0.0176	0.9215	0.8781	1.0120
FeK	3.09	1.28	77.40	14.20	0.0264	0.8222	0.9905	1.0514

EDS-3 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.117’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.38’ de görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde O, Ca, S ve Fe pikleri yer almaktadır (Şekil 5.117). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %57.47 O, %22.50 Ca, %19.09 S ve %0.95 Fe; atomik olarak da %75.37 O, %12.49 S, %11.78 Ca ve %0.36 Fe içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.38). Buna göre EDS-3 noktasında Fe kirliliği kapsayan jips minerali bulunmaktadır.



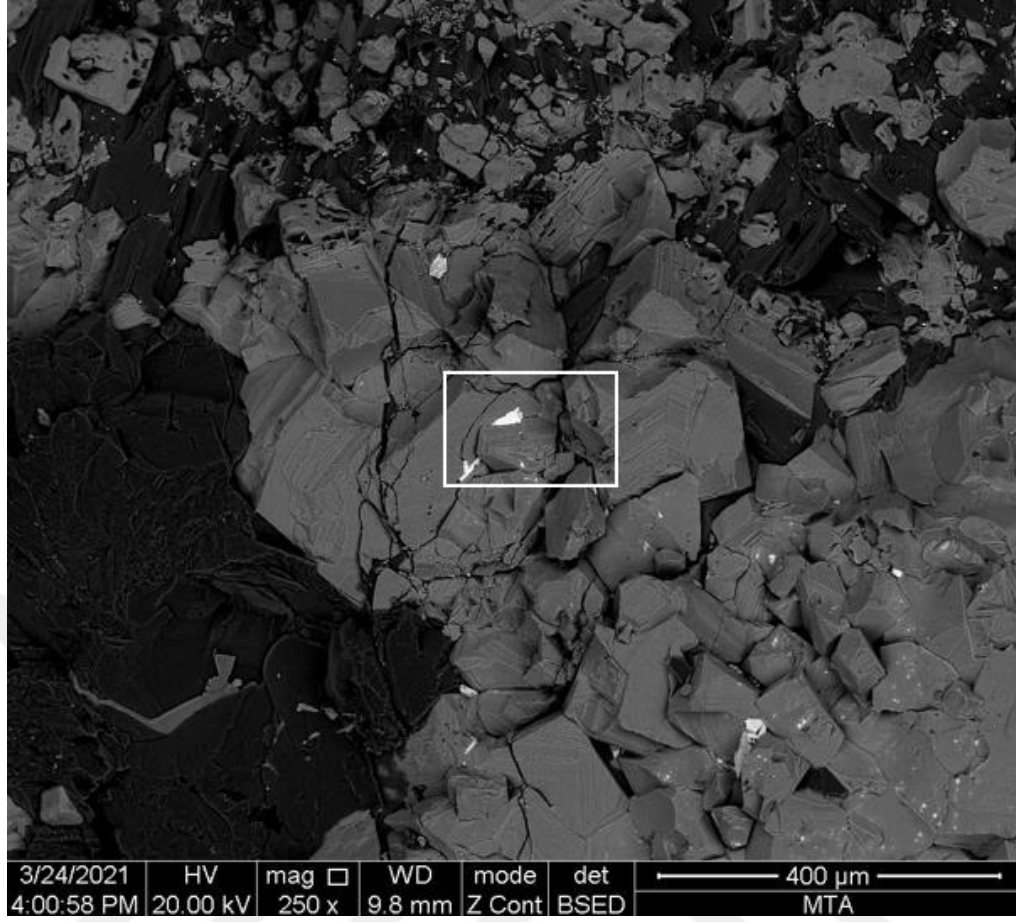
Şekil 5.117. Şekil 5.114 üzerindeki EDS-3 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.38. Şekil 5.114 üzerindeki EDS-3 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

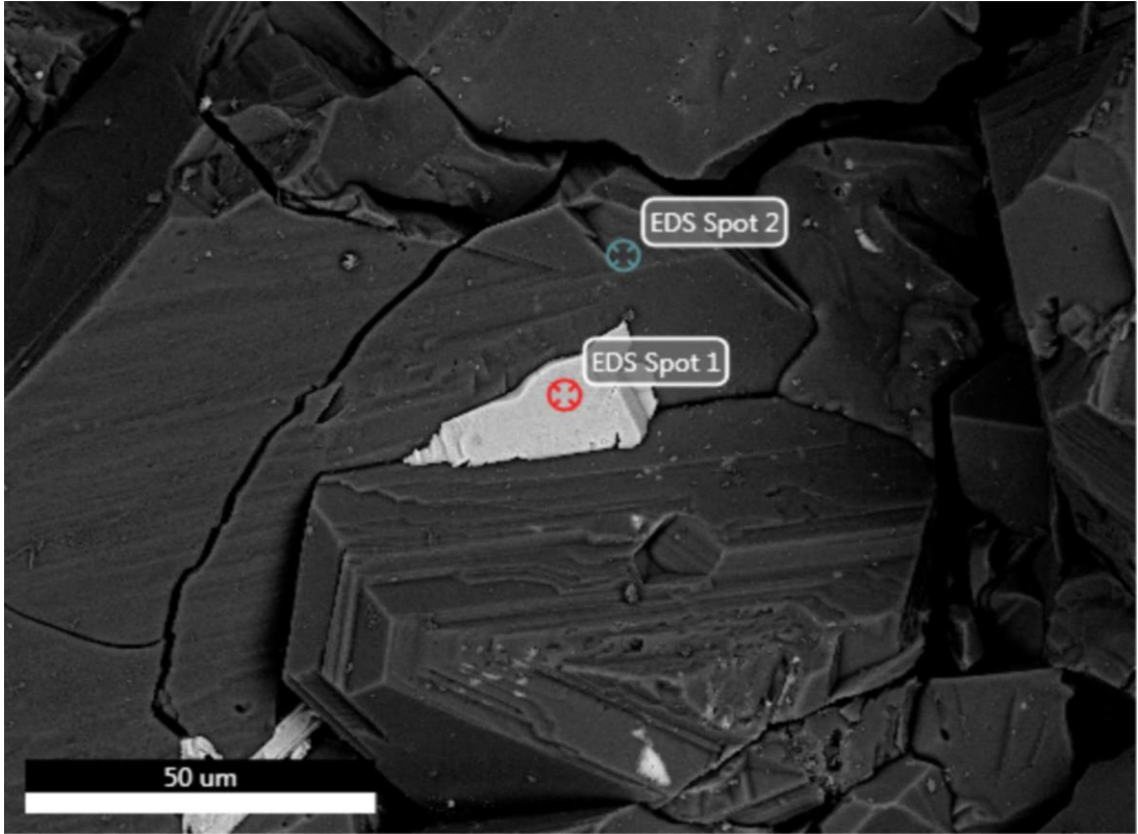
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	57.47	75.37	1595.05	10.07	0.1119	1.0529	0.1848	1.0000
S K	19.09	12.49	3427.09	2.64	0.1647	0.9402	0.9083	1.0096
CaK	22.50	11.78	2575.02	2.50	0.1950	0.9069	0.9495	1.0060
FeK	0.95	0.36	53.63	22.77	0.0079	0.8093	0.9821	1.0414

Fe ikameli jips veya piritli jips

Şekil 5.118’ de, BS4-EDS2 alanının genel görünümü ile bu alanda yer alan minerallerin birbirleriyle olan ilişkileri görülmektedir. Şekil 5.119’ de ise Şekil 5.118 üzerinde görülen dikdörtgen içerisinde EDS analizleri için seçilen noktaların konumları ve bu alandaki minerallerin birbirleriyle olan ilişkileri ile mikro morfolojik özellikleri gözlenmektedir.

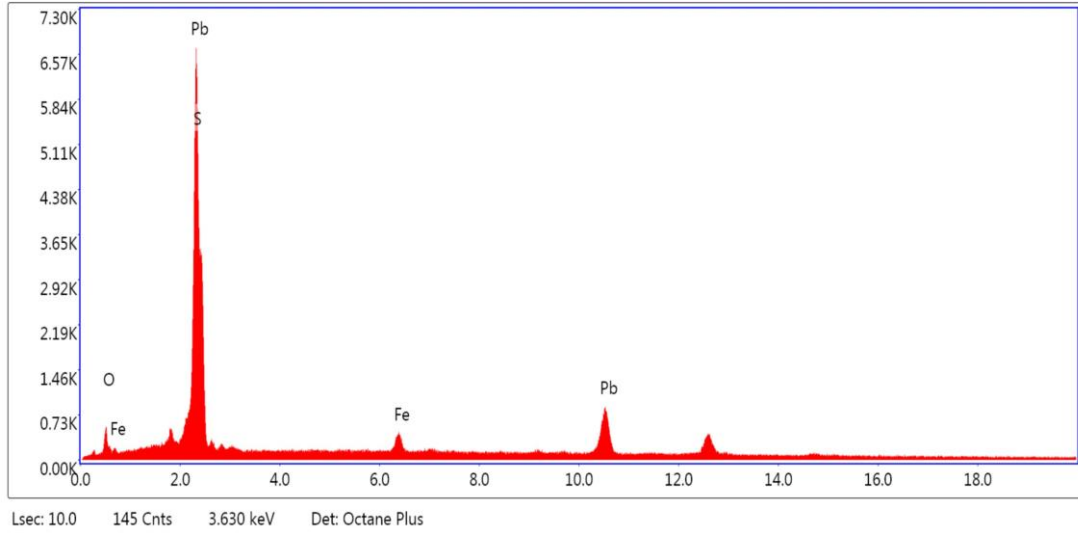


Şekil 5.118. BS4-EDS2 alanının genel SEM görünümü ve EDS analizleri için seçilen dikdörtgen içerisindeki alanın konumu.



Şekil 5.119. Şekil 5.118 üzerinde görülen dikdörtgen içerisindeki alanın büyütülmüş SEM görünümü ve farklı mineralleri temsil etmek üzere seçilmiş olan EDS analiz noktaları.

EDS-1 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.120’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.39’ da görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde Pb, S, O ve Fe pikleri yer almaktadır (Şekil 5.120). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %66.38 Pb, %19.06 O, %10.65 S ve %3.91 Fe; atomik olarak da %62.25 O, %17.36 S, %16.74 Pb ve %3.65 Fe içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.39). Buna göre EDS-3 noktasında Fe kirliliği kapsayan anglezit minerali yer almaktadır.

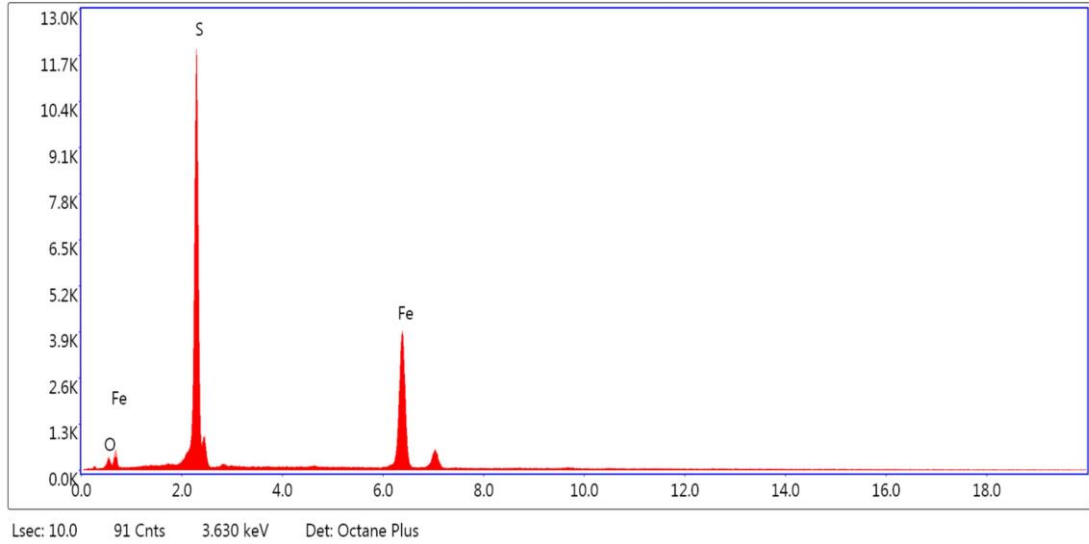


Şekil 5.120. Şekil 5.119 üzerindeki EDS-1 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.39. Şekil 5.119 üzerindeki EDS-1 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	19.06	62.25	351.82	12.37	0.0387	1.3325	0.1523	1.0000
S K	10.65	17.36	1942.29	5.51	0.0844	1.2259	0.6439	1.0041
FeK	3.91	3.65	440.82	9.47	0.0400	1.0940	0.8179	1.1440
PbL	66.38	16.74	1458.96	6.92	0.5647	0.8281	1.0276	0.9996

EDS-2 noktasında elde edilen kalitatif analitik çizim grafiği Şekil 5.121’de, kantitatif eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları ise Çizelge 5.40’ da görülmektedir. Kalitatif analiz grafiğinde S, Fe ve O pikleri yer almaktadır (Şekil 5.120). Kantitatif EDS analizinde ağırlık olarak %51.06 S, %44.31 Fe ve %4.63 O; atomik olarak da %59.52 S, %29.65 Fe ve %10.83 O içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 5.39). Buna göre EDS-2 noktasında kısmen okside olmuş pirit minerali yer almaktadır.



Şekil 5.121. Şekil 5.119 üzerindeki EDS-2 noktasına ait analitik çizim grafiği.

Çizelge 5.40. Şekil 5.119 üzerindeki EDS-2 noktasına ait eZAF Smart Quant elementel analiz sonuçları (%)

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	4.63	10.83	101.73	17.05	0.0085	1.1444	0.1604	1.0000
S K	51.06	59.52	11542.90	3.86	0.3817	1.0481	0.7106	1.0037
FeK	44.31	29.65	5702.01	1.84	0.3934	0.9227	0.9541	1.0087

6. JEOKİMYA

Bu bölümde ana, iz ve eser element analizleri yapılan birincil ve ikincil cevher numuneleri ile yan kayaç numunelerine ait jeokimyasal veriler, temsil ettikleri cevher ve yan kayaç kütlelerinin ana, iz ve eser element jeokimyasına ait karakteristik özelliklerini belirlemek amacıyla incelenmiştir.

6.1. Ana Element Jeokimyası

Bu kapsamda birincil ve ikincil cevher örnekleri ile yan kayaç örneklerinin ana element jeokimyası ayrı başlıklar altında incelenmektedir.

6.1.1. Birincil cevherlerin ana element jeokimyası

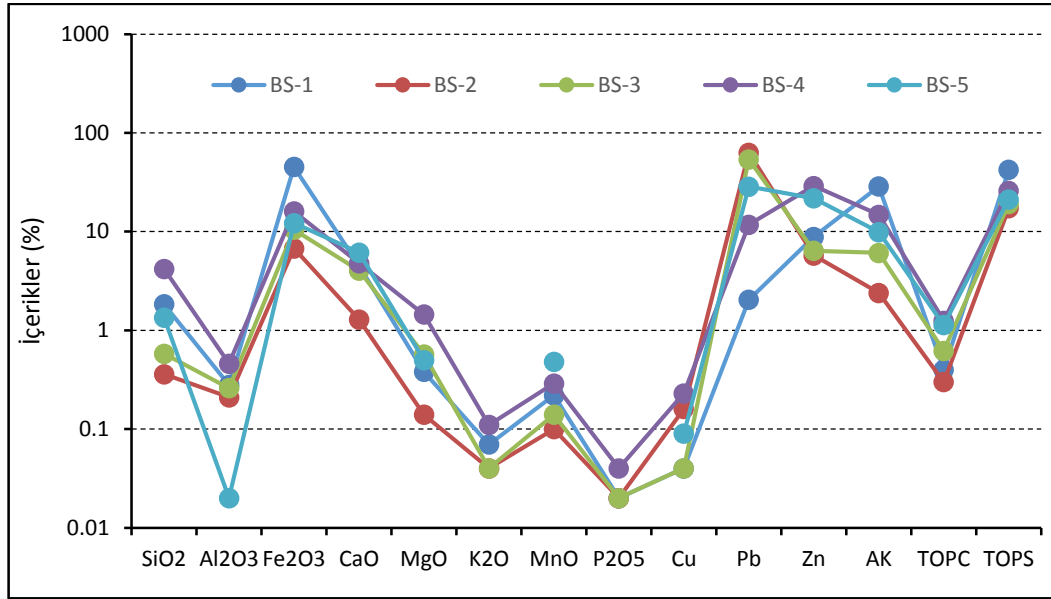
Proje bütçesi çerçevesinde ancak beş adet birincil sülfürlü cevher numunesinin jeokimyasal analizi yapılabilmektedir. Analiz sonucunda elde edilen ana element içerikleri,

ateşte kayıp (AK), toplam (TOP), toplam karbon (TOPC) ve toplam kükürt (TOPS) içerikleri Çizelge 6.1’de görülmektedir. Pb, Zn içerikleri de yüksek olduğundan dolayı ana elementler kapsamında ele alınmıştır.

Çizelge 6.1. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher numunelerinin ana element içerikleri (%).

Örnek	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	Pb	Zn	AK	TOP	TOPC	TOPS
BS-1	1,84	0,28	45,31	4,53	0,38	0,07	0,22	<0,01	0,02	<0,01	2,04	8,85	28,7	94,73	0,4	42,31
BS-2	0,36	0,21	6,76	1,29	0,14	0,04	0,1	<0,01	0,02	<0,01	63,1	5,75	2,4	84,83	0,3	17,25
BS-3	0,58	0,26	10,49	4,05	0,57	0,04	0,14	<0,01	0,02	<0,01	53,9	6,41	6,1	86,67	0,62	19,11
BS-4	4,2	0,46	16,01	4,8	1,45	0,11	0,29	<0,01	0,04	<0,01	11,76	29	14,8	89,94	1,25	25,93
BS-5	1,35	0,02	12,22	6,15	0,5	<0,01	0,48	<0,01	<0,01	<0,01	28,6	21,78	9,9	87,38	1,13	21,21
Mak.	4,2	0,46	45,31	6,15	1,45	0,11	0,48	<0,01	0,04	<0,01	63,1	29	28,7	94,73	1,25	42,31
Min.	0,36	0,02	6,76	1,29	0,14	0,04	0,1	<0,01	0,02	<0,01	2,04	5,75	2,4	84,83	0,3	17,25
Ort.	1,84	0,24	20,41	4,04	0,66	0,07	0,26	<0,01	0,03	<0,01	32,08	15,22	13,29	89,02	0,75	26,48

Jeokimyasal analiz sonuçlarına göre birincil cevher örneklerinde Pb %2.04 ile 63,1 (Ort: %32.08); TOPS %17,25 ile 42.31 (Ort: %26,48); Fe₂O₃ %6,76 ile 45.31 (Ort: %20.41); Zn %5,75 ile 29 (Ort: %15.22); AK %2,4 ile 28,7 (Ort: %13.29); CaO %1.29 ile 6.76 (Ort: %4.04) ve SiO₂ %0.36 ile 4.2 (Ort: %1,84) arasında değişen içeriklere sahiptirler (Çizelge 6.1). Birincil cevher örneklerinde bollukları daha az olan Al₂O₃, MgO, K₂O, MnO, TiO₂, P₂O₅ ve Cr₂O₃ gibi diğer ana bileşen içerikleri ise %1’den daha azdır (Çizelge 6.1, Şekil 6.1). Bu verilere göre birincil cevher örneklerinin başlıca Pb, S, Fe, Zn, Ca ve Si gibi ana bileşenlerden oluştuğu görülmektedir (Şekil 6.1). Mineralojik analizlerle birlikte değerlendirildiğinde Pb, Zn ve Fe dağılımlarının sırasıyla galenit, sfalarit ve pirit gibi cevher mineralleri; Ca ve Si dağılımlarının ise sırasıyla kalsit ve kuvars gibi gang mineralleri tarafından kontrol edildiği ortaya çıkmaktadır.



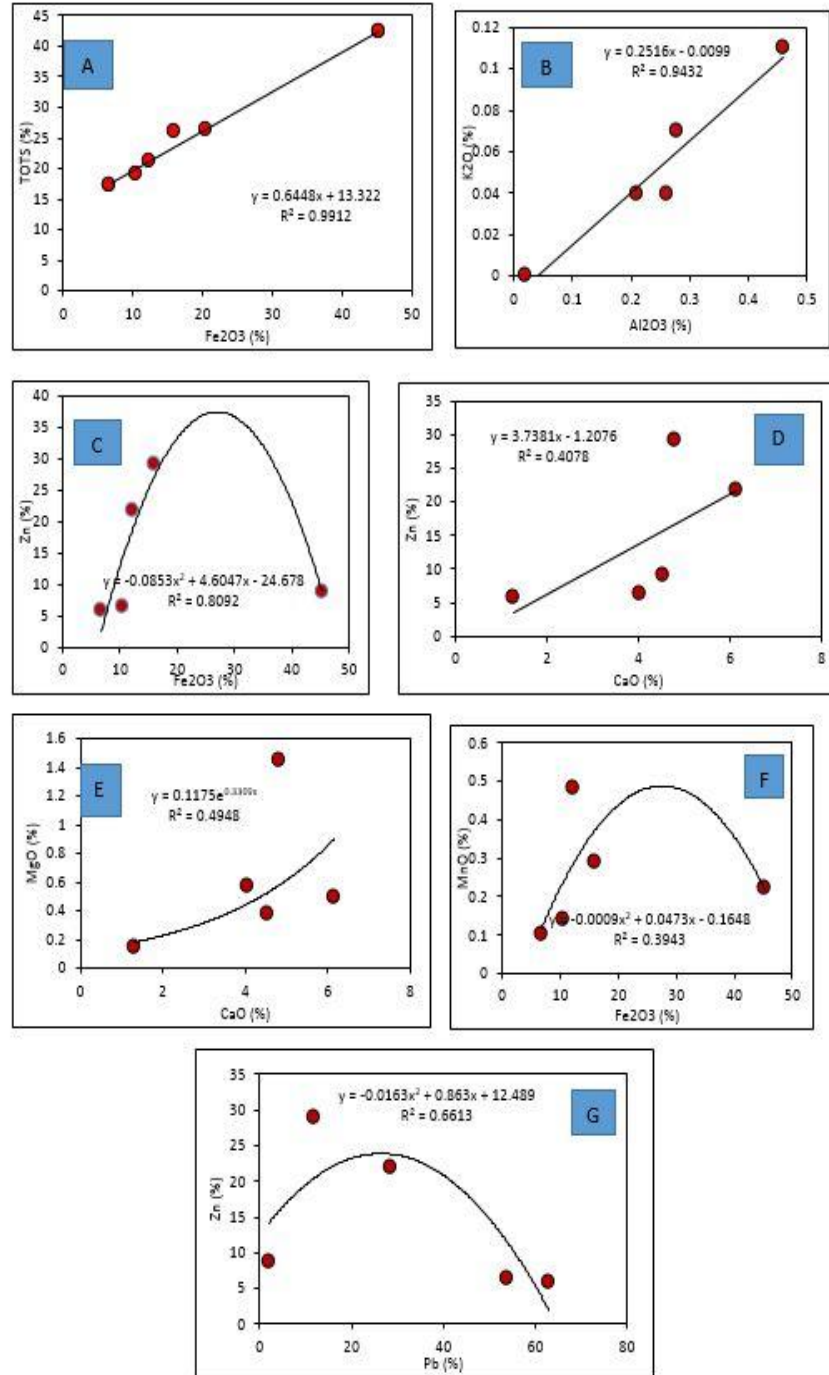
Şekil 6.1. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinin ana element içeriklerinin grafiksel dağılımı. Örneklerin başlıca Pb, Zn, Fe, S, AK, Ca, TOPK ve Al'dan oluştuğu görülmektedir.

Arkeen Sonrası Avustralya Şeyli (ASAŞ)-normalize birincil cevher ana element değerleri, birbirlerine paralel ve oldukça benzeyen desenler sunmaktadırlar (Şekil 6.2). Bu verilere göre birincil cevher örnekleri ASAŞ'a kıyasla Fe₂O₃, CaO, MnO ve AK bakımından genellikle daha zengin buna karşın SiO₂, Al₂O₃, K₂O, TiO₂ ve Cr₂O₃ bakımından daha fakir, P₂O₅ ve MgO bakımından ise kısmen fakirdirler (Şekil 6.2).

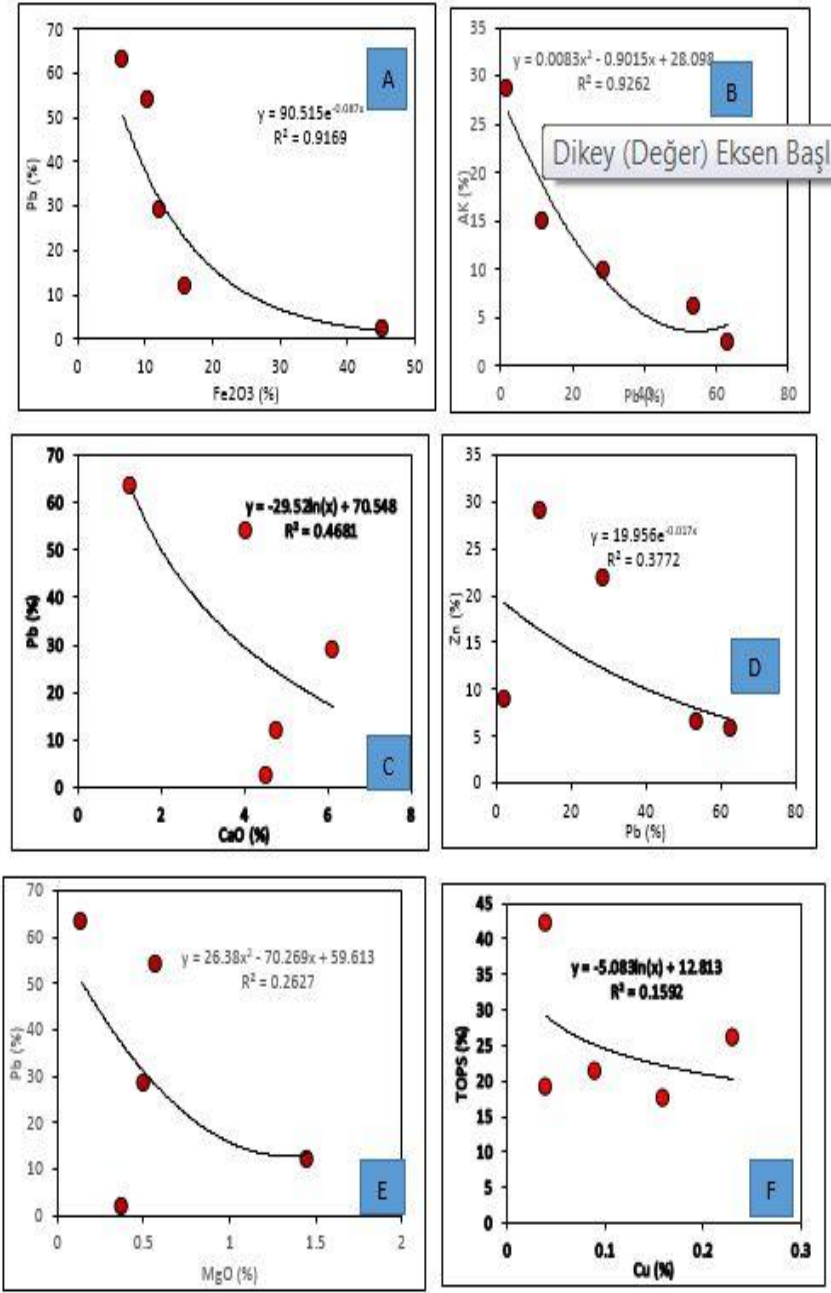


Şekil 6.2. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinin ASAŞ-normalize ana element desenleri.

İstatistiksel analizler Fe-S; Al-K ve Zn-Fe arasında kuvvetli pozitif (Şekil 6. 2A, B, C); Zn-Ca; Mg-Ca; Pb-Ca; Al-Si ve Mn-Fe arasında ise orta pozitif korelasyonlar olduğunu gösterirken (Şekil 6.2. D, E, F, G) ; Pb-AK ve Pb-Fe arasında kuvvetli negatif (Şekil 6.3A, B), Zn-Pb; ve Pb-Mg arasında da zayıf negatif korelasyonlar olduğunu göstermektedir (Çizelge 6.2; Şekil 6.4D, E).



Şekil 6.3. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinde kuvvetli pozitif (A, B, C) ve orta pozitif (D,E, F, G) korelasyon ilişkilerine sahip olan ikili ana bileşen diyagramları.



Şekil 6.4. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinde kuvvetli negatif (A, B); orta negatif (C) ve zayıf negatif (D, E, F) korelasyon ilişkileri gösteren ikili ana element diyagramları.

Çizelge 6.2. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerine ait ana bileşen içerikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları.

Element	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	Cu	Pb	Zn	AK
SiO ₂	1	0,672	0,255	0,449	,908*	0,827	0,368	0,8	0,611	-0,742	0,836	0,472
Al ₂ O ₃		1	0,215	-0,176	0,678	,955*	-0,429	,946*	0,482	-0,325	0,222	0,296
Fe ₂ O ₃			1	0,274	-0,056	0,358	0,031	0,024	-0,405	-0,778	-0,102	,968**
CaO				1	0,446	-0,015	0,854	-0,091	-0,212	-0,652	0,639	0,438
MgO					1	0,734	0,301	0,821	0,6	-0,481	0,821	0,172
K ₂ O						1	-0,208	,941*	0,543	-0,554	0,403	0,475
MnO							1	-0,222	0,051	-0,493	0,737	0,2
P ₂ O ₅								1	0,716	-0,321	0,477	0,164
Cu									1	-0,028	0,616	-0,256
Pb										1	-0,544	-,910*
Zn											1	0,147
AK												1

* Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır; ** Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır; **AK**: Ateşte kayıp

Çizelge 6.3. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinin ana bileşenleri ile NTE içerikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları.

Element	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
SiO ₂	0,196	0,167	0,084	0,233	0,239	0,051	0,165	0,006	0,238	0,111	0,35	-0,238	0,504	-0,009
Al ₂ O ₃	-0,587	-0,612	-0,653	-0,545	-0,533	-0,699	-0,61	-0,28	-0,54	-0,626	-0,457	-0,386	-0,292	-0,03
Fe ₂ O ₃	0,012	-0,12	-0,27	-0,206	-0,208	-0,17	-0,164	0,87	-0,185	-0,022	0,002	0,086	-0,058	0,45
CaO	0,798	0,718	0,53	0,682	0,74	0,626	0,695	0,425	0,736	0,484	0,737	-0,403	0,75	-0,401
MgO	0,12	0,111	0,027	0,195	0,233	-0,009	0,119	-0,316	0,218	-0,07	0,235	-0,543	0,424	-0,395
K ₂ O	-0,374	-0,409	-0,462	-0,346	-0,348	-0,505	-0,411	-0,089	-0,347	-0,384	-0,215	-0,244	-0,06	0,126
MnO	,982**	,966**	,885*	,956*	,968**	,922*	,958*	0,339	,971**	0,852	,978**	0,032	,966**	-0,132
P ₂ O ₅	-0,395	-0,387	-0,397	-0,29	-0,288	-0,475	-0,375	-0,408	-0,296	-0,408	-0,226	-0,32	-0,036	-0,055
Cu	-0,056	0,041	0,17	0,17	0,12	0,02	0,076	-0,564	0,117	0,132	0,159	0,197	0,307	0,174
Pb	-0,394	-0,289	-0,126	-0,26	-0,267	-0,188	-0,257	-0,669	-0,282	-0,286	-0,456	0,061	-0,485	-0,235
Zn	0,609	0,623	0,575	0,695	0,701	0,535	0,632	-0,096	0,696	0,51	0,73	-0,154	0,854	-0,176
AK	0,144	0,014	-0,153	-0,053	-0,049	-0,061	-0,027	0,825	-0,029	0,07	0,162	0,003	0,138	0,369

* Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır; ** Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır; **AK**: Ateşte kayıp

Birincil sülfürlü cevher örneklerinin ana, iz ve NTE element içerikleri, Arkeen Sonrası Avusturalya Şeylleri (ASAŞ)'nin ana, iz ve NTE element içerikleri ile karşılaştırılmak üzere ASAŞ'a göre normalize edilmişlerdir. Ayrıca birincil cevher örneklerinin NTE içerikleri kondritin NTE içerikleri ile karşılaştırılmak üzere kondrite göre de normalize edilmişlerdir. ASAŞ-normalize ana element desenleri, birincil sülfürlü

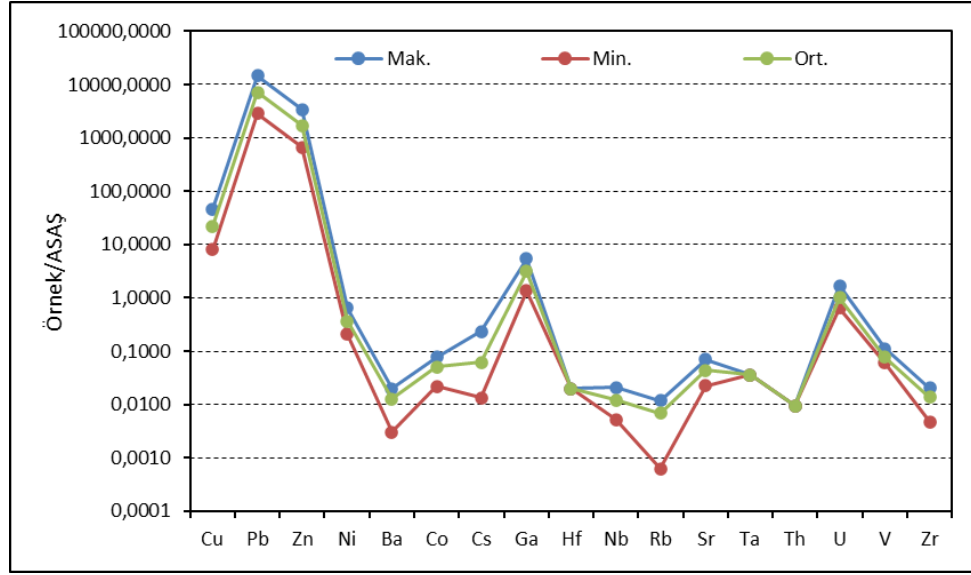
cevher örneklerinin Fe_2O_3 , CaO , MnO ve Ateş Kaybı gibi ana bileşenler bakımından zenginleştiğini buna karşın SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 ve MgO bileşen içerikleri bakımından ise fakirleştiğini göstermektedir (Şekil 6.5).



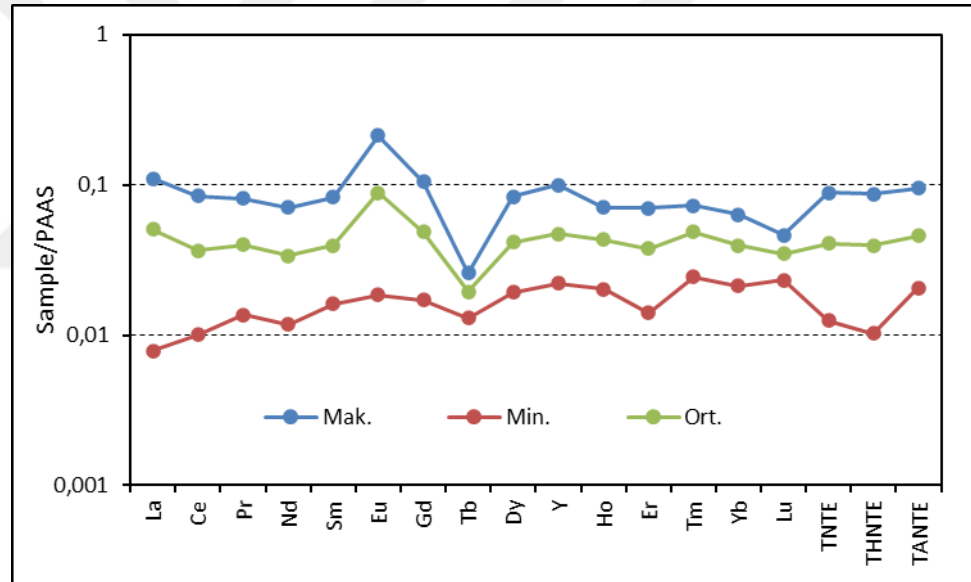
Şekil 6.5. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinin ASAŞ normalize ana element desenleri, LOI (Ateşte Kayıp).

Birincil sülfürlü cevher örneklerinin ASAŞ-normalize iz element desenleri birincil sülfürlü cevher örneklerinin ASAŞ'a göre Pb, Zn, Cu, Ga ve U bakımından zenginleştiğini buna karşın Ni, Ba, Co, Cs, Hf, Nb, Rb, Sr, Ta, Th, V ve Zr bakımından fakirleştiğini göstermektedir (Şekil 6.6).

Birincil sülfürlü cevher örneklerinin ASAŞ-normalize NTE desenleri ASAŞ'a benzemekle birlikte, NTE içerikleri ASAŞ'a göre 10 ile 100 kat arasında daha düşüktür. Düz veya düze yakın bir NTE deseni sunan birincil sülfürlü cevher örnekleri hafifçe negatif Ce anomali ve belirgin pozitif Eu anomalisine sahiptirler (Şekil 6.7).



Şekil 6.6. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinin ASAŞ normalize iz element desenleri.



Şekil 6.7. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinin ASAŞ-normalize NTE desenleri.

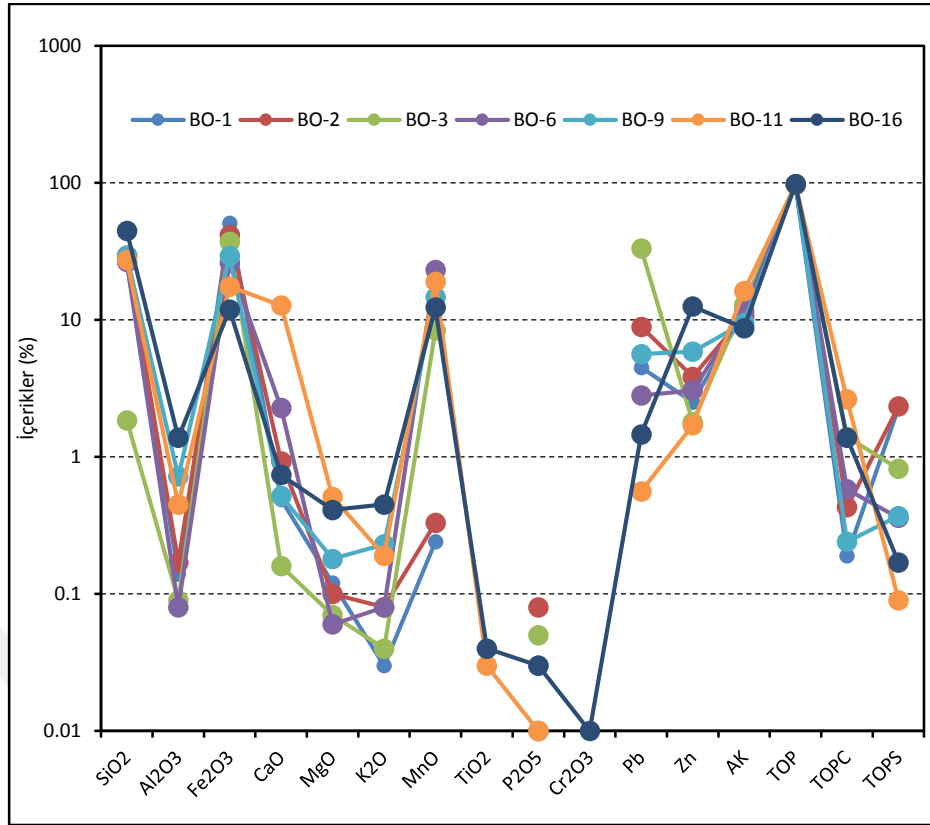
6.1.2. İkincil cevherlerin ana element jeokimyası

Proje bütçesi dâhilinde ancak yedi adet ikincil cevher örneğinin jeokimyasal analizi yapılarak incelenebilmiştir. İkincil cevher örneklerinin ana element içerikleri Çizelge 6.4’de topluca görülmektedir. Buna göre ikincil cevherler başlıca Fe_2O_3 , SiO_2 , AK, MnO, Pb, Zn ve CaO gibi ana bileşenler ile bollukları çok daha az olan TOPC, TOPS, Al_2O_3 , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 ve Cr_2O_3 gibi tali bileşenlerden oluşmaktadırlar (Çizelge 6. 4).

Çizelge 6.4. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) yöresindeki Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait ikincil cevher örneklerinin ana element içerikleri (%).

Örnek	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	Pb	Zn	AK	TOP	TOPC	TOPS
BO-1	26,44	0,14	50,9	0,49	0,12	0,03	0,24	<0,01	0,05	<0,01	4,5	2,51	11,3	97,83	0,19	2,29
BO-2	29,5	0,17	41,64	0,93	0,1	0,08	0,33	<0,01	0,08	<0,01	8,91	3,85	10,6	97,93	0,43	2,34
BO-3	1,85	0,09	37,13	0,16	0,07	0,04	8,36	<0,01	0,05	<0,01	33,2	1,79	12,9	97,56	1,4	0,82
BO-6	26,42	0,08	26,06	2,28	0,06	0,08	23,17	<0,01	0,01	<0,01	2,81	3,06	11,5	96,59	0,58	0,36
BO-9	29,33	0,72	29,32	0,52	0,18	0,23	14,63	<0,01	0,03	<0,01	5,64	5,87	9,5	98,05	0,24	0,37
BO-11	27,32	0,45	17,52	12,73	0,51	0,19	18,99	0,03	0,01	<0,01	0,56	1,7	16,2	96,69	2,63	0,09
BO-16	44,54	1,38	11,9	0,74	0,41	0,45	12,33	0,04	0,03	0,01	1,46	12,51	8,7	97,84	1,38	0,17
Mak.	44,54	1,38	50,9	12,73	0,51	0,45	23,17	0,04	0,08	0,01	33,2	12,51	16,2	98,05	2,63	2,34
Min	1,85	0,08	11,9	0,16	0,06	0,03	0,24	0,03	0,01	0,01	0,56	1,7	8,7	96,59	0,19	0,09
Ort.	25,75	0,50	30,81	3,42	0,22	0,18	11,27	0,04	0,04	0,01	10,09	5,06	11,73	97,46	1,07	0,99

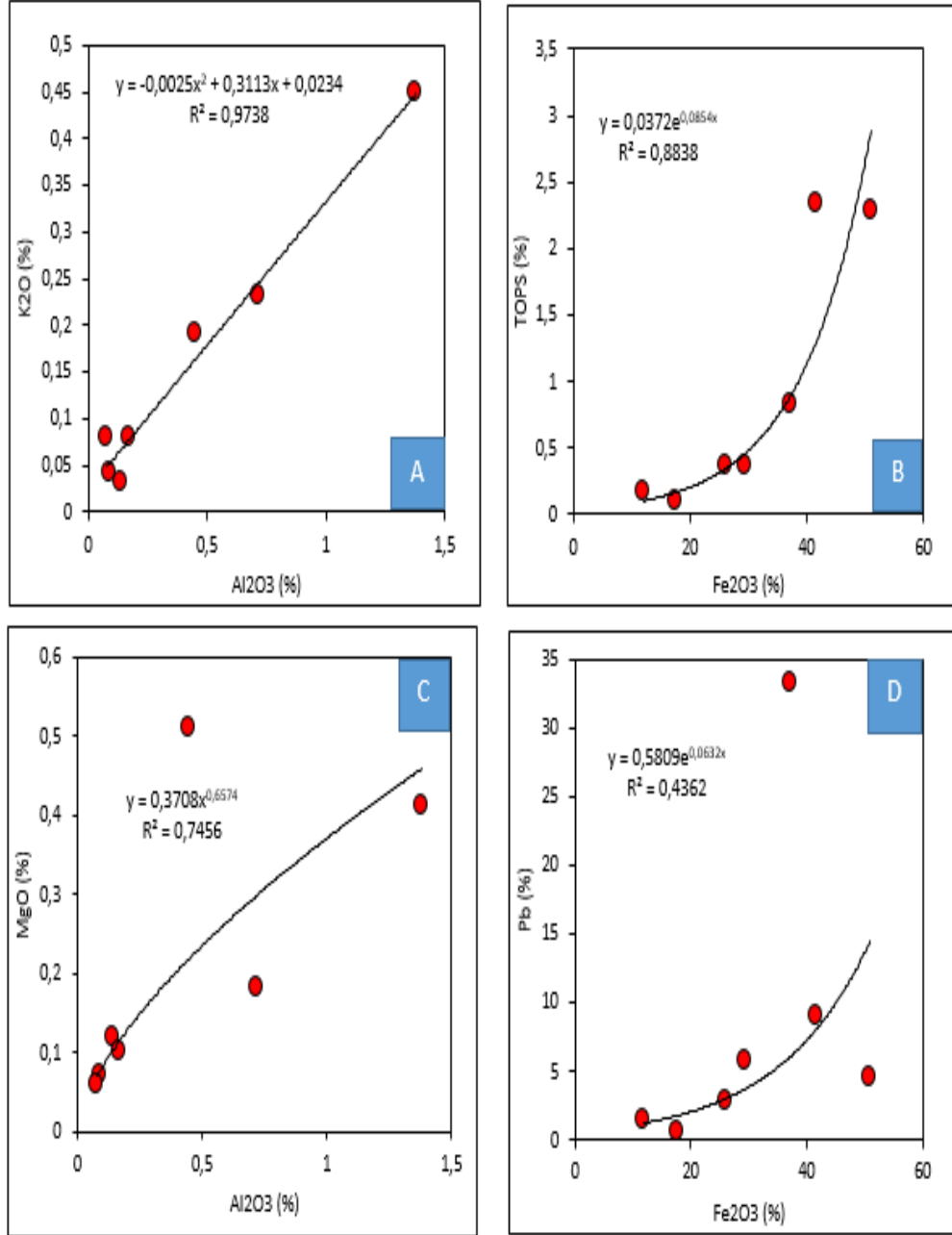
Ana bileşenlerden demir % 11.9 ile 50.9 (Ort: % 30.81); silis % 1.85 ile 44.54 (Ort: % 25.75); ateşte kayıp % 8.7 ile 16.7 (Ort. % 11.73), mangan % 0.24 ile 23.17 (Ort: % 11.27), kurşun % 0.56 ile 33.2 (Ort: % 10.09), çinko % 1.7 ile 12.51 (Ort: %5.06) ve kalsiyum % 0.16 ile 12.73 (Ort: % 3.42) arasında değişmektedir (Çizelge 6.4). Tali bileşen içerikleri ise %1'den daha azdır (Çizelge 6.4, Şekil 6.8).



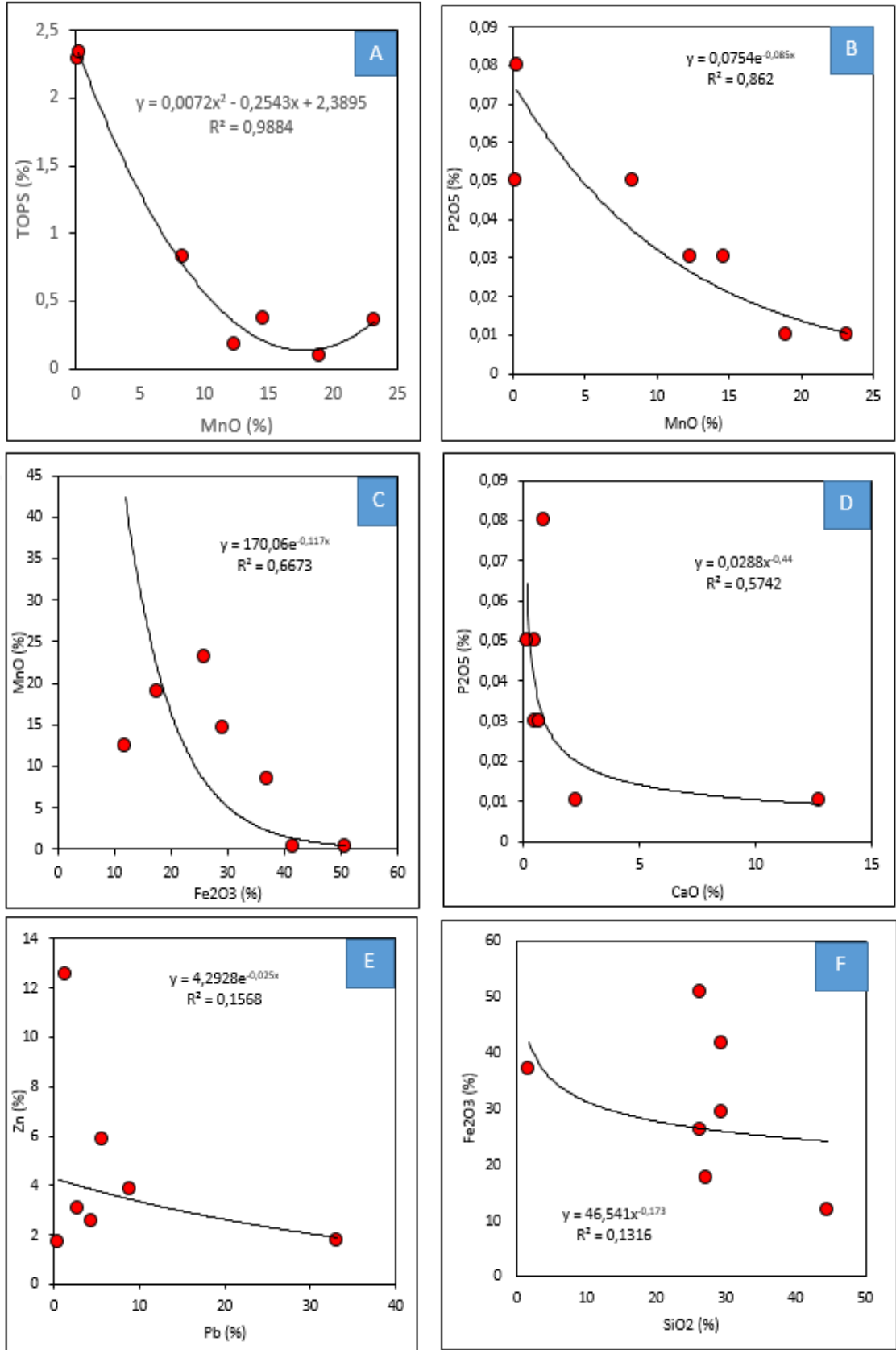
Şekil 6.8. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait ikincil cevher örneklerine ait ana element içeriklerinin grafiksel gösterimi.

Ana element içeriklerine göre ikincil cevherlerin esas olarak limonit (götit, lepidokrosit), hidro hematit, ankerit, siderit, proluzit, rodokrozit, serüzit, anglezit ve simitsonit gibi ikincil cevher mineralleri ile galenit, sfalerit, pirit, hematit, siderit ve ankerit gibi henüz tam olarak ayrışmamış minerallerden oluşan birincil cevher reliktlerinden oluştuğu söylenebilir. Ayrıca bu cevher minerallerine ikincil kuvars, kalsit, dolomit, kil ve apatit gibi gang minerallerinin de eşlik ettiği tahmin edilmektedir. Bu mineral parajenezi XRD ve SEM çalışmaları ile de desteklenecektir.

İstatistiksel analizler ana elementlerden K-Al; TOPS-Fe arasında kuvvetli; Mg-Al arasında orta, Pb-Fe arasında ise zayıf pozitif korelasyon; TOPS-Mn; TOPS-P arasında kuvvetli, Mn-Fe arasında orta, Fe-Si; P-Ca ve Mn-Pb arasında ise zayıf negatif korelasyon ilişkilerinin olduğunu göstermiştir (Şekil 6.9; Şekil 6.10).



Şekil 6.9. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait ikincil oksitli ve karbonatlı cevher örneklerinde kuvvetli (A, B); orta (C) ve zayıf (D) pozitif korelasyon ilişkileri gösteren ikili ana element diyagramları.



Şekil 6.10. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait ikincil oksitli ve karbonatlı cevher örnekleri içerisinde kuvvetli (A, B); orta (D) ve zayıf (E, F) negatif korelasyon ilişkileri gösteren ikili ana element diyagramları.

6.1.3. Yan kayaç numunelerinin ana element jeokimyası

Bu kapsamda sınırlı proje bütçesi nedeniyle ancak iki karbonat kayaç (BY-1 ve BY-2) ve bir de granodiyoritik porfir daykı numunesi (BP-2) incelenebilmiştir. Bolkardağı mermerlerinden alınan karbonat kayaç örneklerinden birisi (BY-1) mermerlerin koyu gri renkli kesimlerini, diğeri ise (BY-2) açık gri renkli kesimlerini temsil etmektedir. Yan kayaç numunelerine ait ana element içerikleri Çizelge 6.5’de görülmektedir.

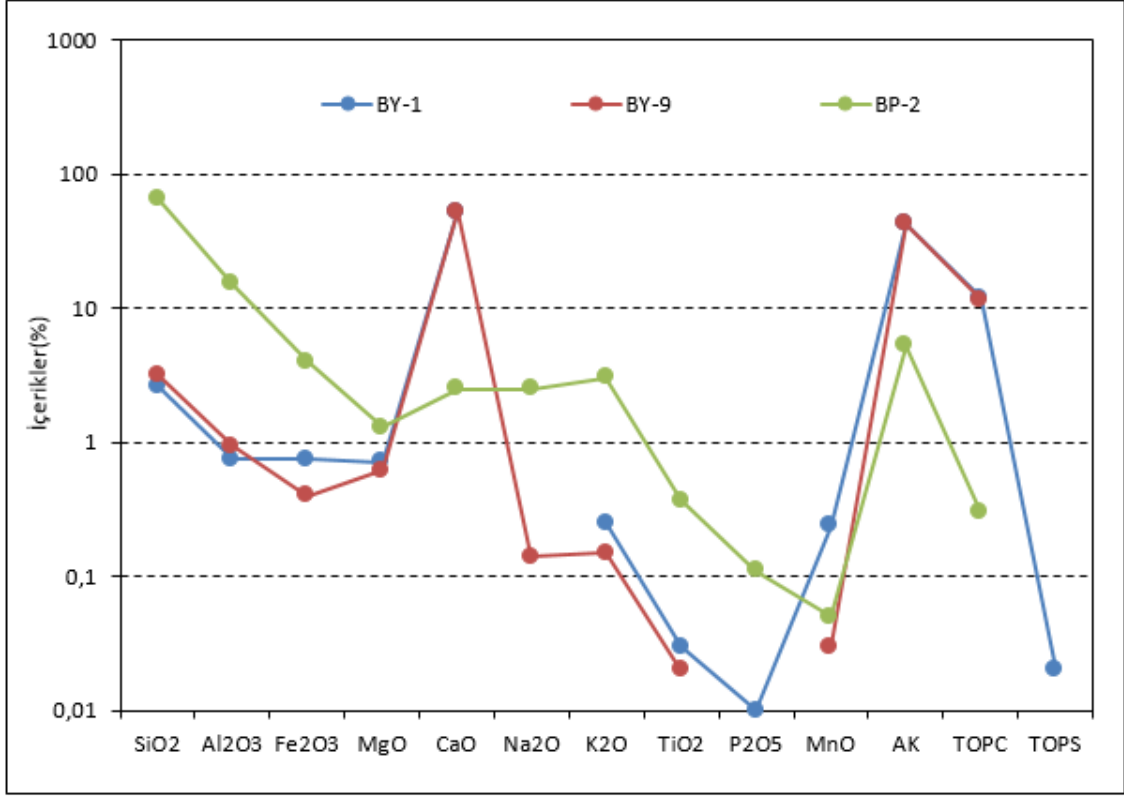
Çizelge 6.5. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) yöresindeki Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait yan kayaç örneklerinin ana element içerikleri (%).

Sample	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	AK	TOP	TOPC	TOPS
BY-1	2,62	0,75	0,75	0,71	52,14	<0,01	0,25	0,03	0,01	0,24	<0,002	42,3	99,86	11,85	0,02
BY-9	3,2	0,93	0,4	0,62	52,27	0,14	0,15	0,02	<0,01	0,03	<0,002	42,2	99,95	11,44	<0,02
Min.	2,62	0,75	0,4	0,62	52,14	0,14	0,15	0,02	0,01	0,03	<0,002	42,2	99,86	11,44	0,02
Mak.	3,2	0,93	0,75	0,71	52,27	0,14	0,25	0,03	0,01	0,24	<0,002	42,3	99,95	11,85	0,02
Ort.	2,91	0,84	0,575	0,665	52,205	0,14	0,2	0,025	0,01	0,135	<0,002	42,25	99,905	11,645	0,02
BP-2	65,56	15,25	4	1,29	2,49	2,5	3,04	0,37	0,11	0,05	<0,002	5,2	99,9	0,3	<0,02

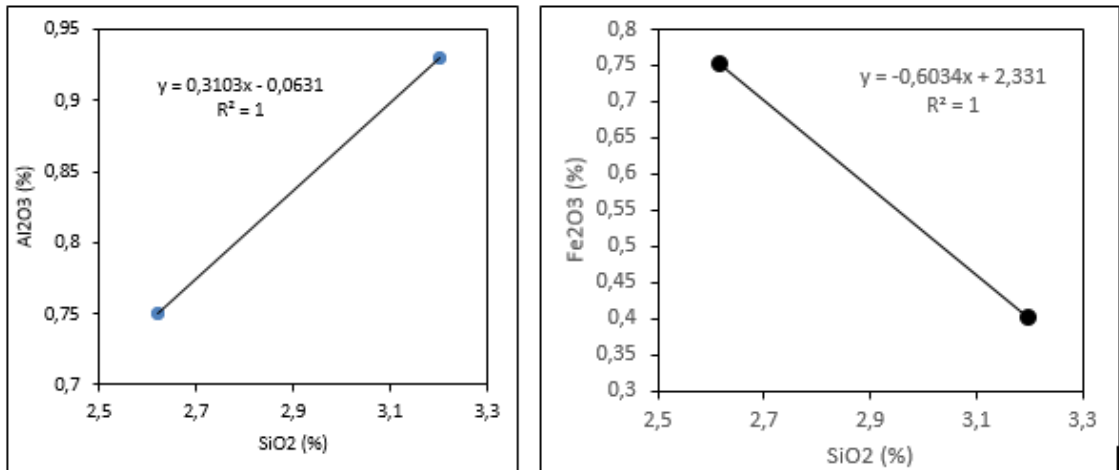
Analiz sonuçlarına göre, Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağında karbonat yan kayaç örnekleri esas olarak CaO, AK; TOPC ve SiO₂ bileşenlerinden oluşmaktadırlar (Çizelge 6.5; Şekil 6.11). Bunlardan kalsiyum içerikleri % 52.14-52.27 (Ort: % 52.21); Ateşte kayıp içerikleri % 42.2-42.3 (Ort: % 42.25) ve toplam karbon içerikleri %11.44-11.85 (Ort: % 11.65) arasında değişmektedirler (Çizelge 6.5; Şekil 6.11). İçerikleri %1’den daha düşük olan Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, Na₂O, K₂O TiO₂, P₂O₅, MnO ve TOPS gibi diğer bileşenler ise karbonat yan kayaç örnekleri içerisinde tali bileşen durumundadırlar. Bunların ortalama içerikleri ise sırasıyla % 0.84; 0.58; 0.67; 0.14; 0.20; 0.03; 0.01; 0.14 ve 0.02’dir (Çizelge 6.6).

Granodiyoritik bileşimli kuvars porfir örneği bolluk sırasına göre SiO₂, Al₂O₃, AK, Fe₂O₃, K₂O, Na₂O, CaO ve MgO gibi ana bileşenlerden oluşmaktadır. İçerikleri %1’den daha az olan TiO₂, P₂O₅, Cr₂O₃ ve TOPC ise tali bileşenleri oluşturur (Çizelge 6.4; Şekil 6.7). Al ile Si ve Na arasında pozitif bir korelasyon ilişkisi gözlenirken; Al, Si ve Na ile Fe, Mg, Ca, K, Ti, P, Mn, TOPC ve TOPS arasında ise negatif bir korelasyon ilişkisi gözlenmektedir.

İkincil oksitli cevher ana bileşen içerikleri ile birincil sülfürlü cevher ana bileşen içerikleri birbirleriyle karşılaştırılarak zenginleşme ve fakirleşme faktörleri belirlenmiştir. Buna göre oksitli cevherlerden MnO, SiO₂, K₂O, Al₂O₃, Fe₂O₃, P₂O₅ ve TOPC bileşenleri zenginleşirken,

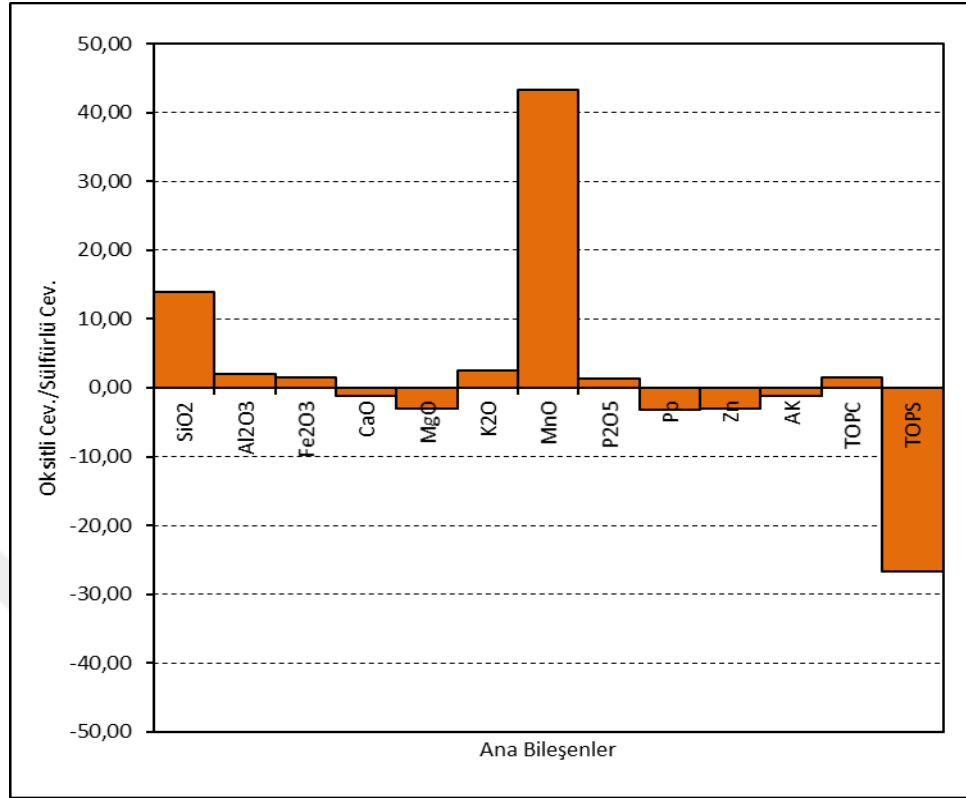


Şekil 6.11. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait yan kayaç örneklerine ait ana element içeriklerinin grafiksel gösterimi.



Şekil 6.12. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait ikincil oksitli ve karbonatlı cevher örnekleri içerisinde kuvvetli pozitif (solda); ve kuvvetli negatif (sağda) korelasyon ilişkileri gösteren ikili ana element diyagramları.

TOPS, Pb, Zn ve MgO bileşenleri fakirleşmiştir. Bileşenlerden Ca ve AK içerikleri ise hemen hemen hiç değişmemiştir (Şekil 6.13).



Şekil 6.13. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait oksitli cevher örneklerinin birincil sülfürlü cevher örneklerine göre normalize edilmiş ana bileşen içeriklerine ait zenginleşme ve fakirleşme oranlarını gösteren histogram diyagramı.

Zenginleşme faktörleri Mn için 43.6, Si için 13.99; K için 2.57; Al için 2.04; Fe için 1.51 ve TOPC için se 1.13 kat; fakirleşme oranları ise TOPS için -26,87, Mg, Pb ve Zn için ise yaklaşık olarak -3 kat olarak belirlenmiştir (Çizelge 6.6).

Çizelge 6.6. Kızıltepe (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait ilköncül cevher (oksitli) örneklerinin ortalama ana bileşen içeriklerinin süperjen kökenli ayrışma sırasında birincil cevher (sülfürlü) örneklerinin ortalama ana bileşen içeriklerine göre maruz kaldığı zenginleşme ve fakirleşme oranları (negatif sayılar fakirleşme; pozitif sayılar ise zenginleşme katsayılarıdır).

Örnek	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	Pb	Zn	AK	TOPC	TOPS
Ok. Cev. (İkincil Cev.)	25,75	0,5	30,81	3,42	0,22	0,18	11,27	0,04	10,09	5,06	11,73	1,07	0,99
Sül. Cev. (Birincil Cev.)	1,84	0,24	20,41	4,04	0,66	0,07	0,26	0,03	32,08	15,22	13,29	0,75	26,48
Ok. C/Sül. C	13,99	2,08	1,51	-1,18	-3,00	2,57	43,35	1,33	-3,18	-3,01	-1,13	1,43	-26,75

6.1.4. Birincil sülfürlü cevherlerin iz element jeokimyası

Birincil sülfürlü cevher örneklerinde analizi yapılan 28 iz elementten minimum dedeksiyon limitlerinin altında olduğu için bollukları hiçbir örnekte belirlenemeyen Be, Ta ve Th elementleri dışında kalan 25 iz elementin içerikleri Çizelge 6.7’de görülmektedir. İz element jeokimyası verilerine göre birincil sülfürlü cevher örneklerinin As, Cu, Sb, Cd ve Sn elementleri bakımından zengin; Ga, Tl, Ni, V, Sr, Hg, Ba, Mo ve Se elementleri bakımından ise kısmen zengin oldukları, buna karşın U, W, Zr, Y, Co, Cs ve Rb elementleri bakımından fakir, Nb, Hf ve Bi elementleri bakımından ise çok fakir oldukları anlaşılmaktadır (Çizelge 6.7).

Berilyum, Ta ve Th elementlerinin içerikleri, minimum dedeksiyon limitinin (0.1 ppm) altında kalmaları nedeniyle belirlenememişlerdir. Bollukları dedeksiyon limitlerinin üzerinde olup içeriği belirlenebilen elementlerden bollukları yüksek olan As, Cu, Sb, Cd ve Sn elementlerinin ortalama içerikleri sırasıyla 2518.2; 1181.9; 1107.6; 810.6 ve 730.4 ppm’dir. Birinci gruba göre bollukları daha düşük olan ikinci grup elementleri oluşturan Ga, Tl, Ni, V, Sr, Hg, Ba, Mo ve Se elementlerinin ortalama içerikleri ise sırasıyla 64.0; 25.4; 21.0; 12.2; 9.0; 8.6; 8.0; 7.0 ve 5.0 ppm dir. Birinci ve ikinci gruba göre içerikleri çok daha düşük olan üçüncü grubu oluşturan Nb, Hf, ve Bi elementlerinin içerikleri ise 1 ppm’den daha düşüktür (Çizelge 6.7).

Çizelge 6.7. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) yöresindeki Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örneklerinin iz element içerikleri (ppm); Au (ppb).

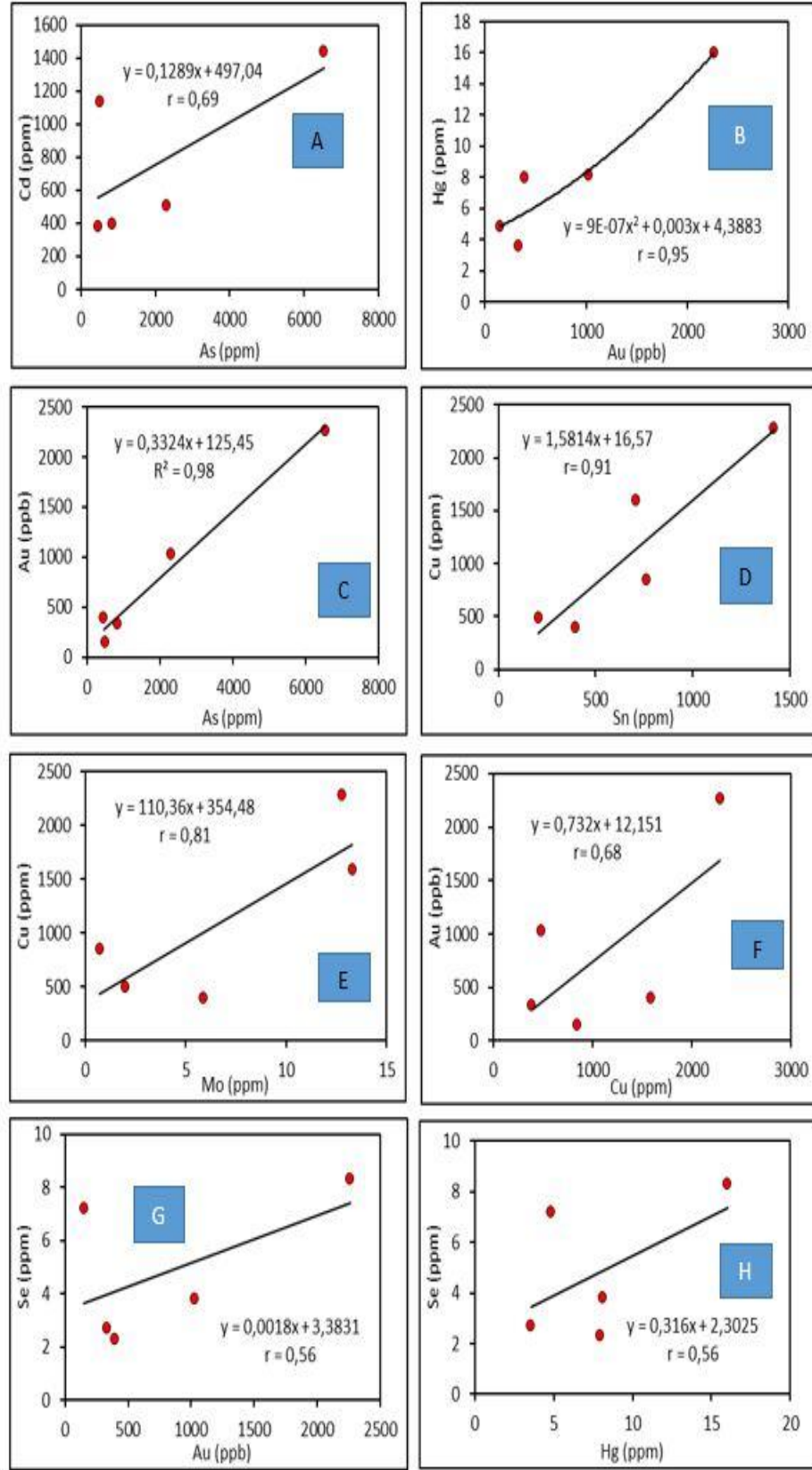
Örnek	Ba	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	U	V	W	Zr
BS-1	11	1,6	0,3	41,1	<0,1	0,4	1,5	205	14	2,9	17,0	3,4	3,3
BS-2	8	1	0,2	27,1	<0,1	<0,1	1	708	4,5	2,4	9,0	2,6	2,6
BS-3	7	1	0,3	29,8	<0,1	0,1	1	395	6,4	3,1	<8	5,2	3,1
BS-4	13	1,8	0,3	109,1	0,1	0,2	1,9	1418	12,6	5,3	12,0	5,0	4,3
BS-5	2	0,5	3,5	104,9	<0,1	<0,1	0,1	764	6,7	2,0	9,0	1,0	1,0
Mak.	13	1,8	3,5	109,1	0,1	0,4	1,9	1418	14	5,3	17,0	5,2	4,3
Min.	2	0,5	0,2	27,1	0,1	0,1	0,1	205	4,5	2,0	9,0	1,0	1,0
Ort.	8,0	1,2	1,2	64,0	0,1	0,2	1,1	730,4	9,0	3,3	12,2	3,3	2,8

Çizelge 6.7. Devam

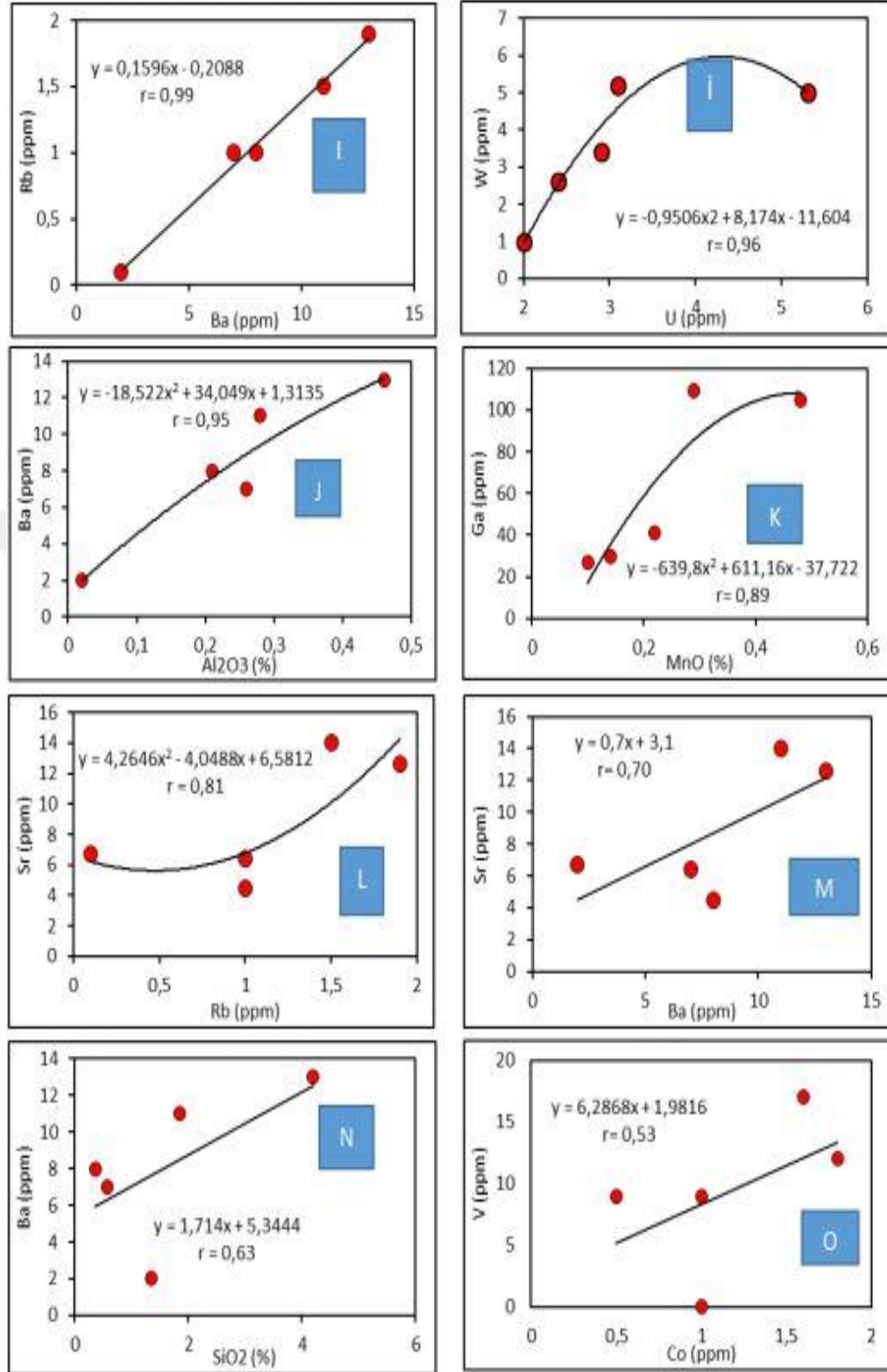
Örnek	Y	Mo	Cu	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Au	Hg	Tl	Se
BS-1	0,7	2,0	489	36	2301	507	386	0,7	1027,1	8,1	54,9	3,8
BS-2	0,6	13,3	1591	13	456	383	>2000	0,6	394,5	8,0	14,0	2,3
BS-3	0,6	5,9	389	11	833	393	>2000	0,7	328,5	3,6	17,7	2,7
BS-4	1	12,8	2282	21	6540	1436	1621	0,6	2263,6	16,0	15,0	8,3
BS-5	2,7	0,7	851	19	502	1138	1523,7	0,6	147,8	4,8	10,6	7,2
Mak.	2,7	13,3	2282	36	6540	1436	1621	0,7	2263,6	16,0	54,9	8,3
Min.	0,6	0,7	389	11	456	383	386	0,6	147,8	3,6	10,6	2,3
Ort.	1,3	7,0	1181,9	21,0	2518,2	810,6	1107,6	0,6	939,0	8,6	25,4	5,0

Birincil sülfidli cevherlere eşlik eden ve yüksek oranda bulunan birinci grup iz elementlerden As, 456 ile 6540 ppm, Cu, 389 ile 2282 ppm, Sb, 386 ile 1621ppm; Cd, 383 ile 1436 ppm ve Sn, 205 ile 1418 ppm arasında değişen içeriklere sahiptirler (Çizelge 6.7). Birinci grup elementlere göre daha az oranda bulunan ikinci grup elementlerden Ga, 27.1-109.1 ppm; Tl, 10.6-54.6 ppm; Ni, 11-36 ppm; V, 9-17 ppm; Sr, 4.5-14 ppm; Hg, 3.6-16 ppm; Ba, 2-13 ppm; Mo, 0.7-13 ppm ve Se 2.3-8.3 ppm arasında değişen içeriklere sahiptirler (Çizelge 6.7).

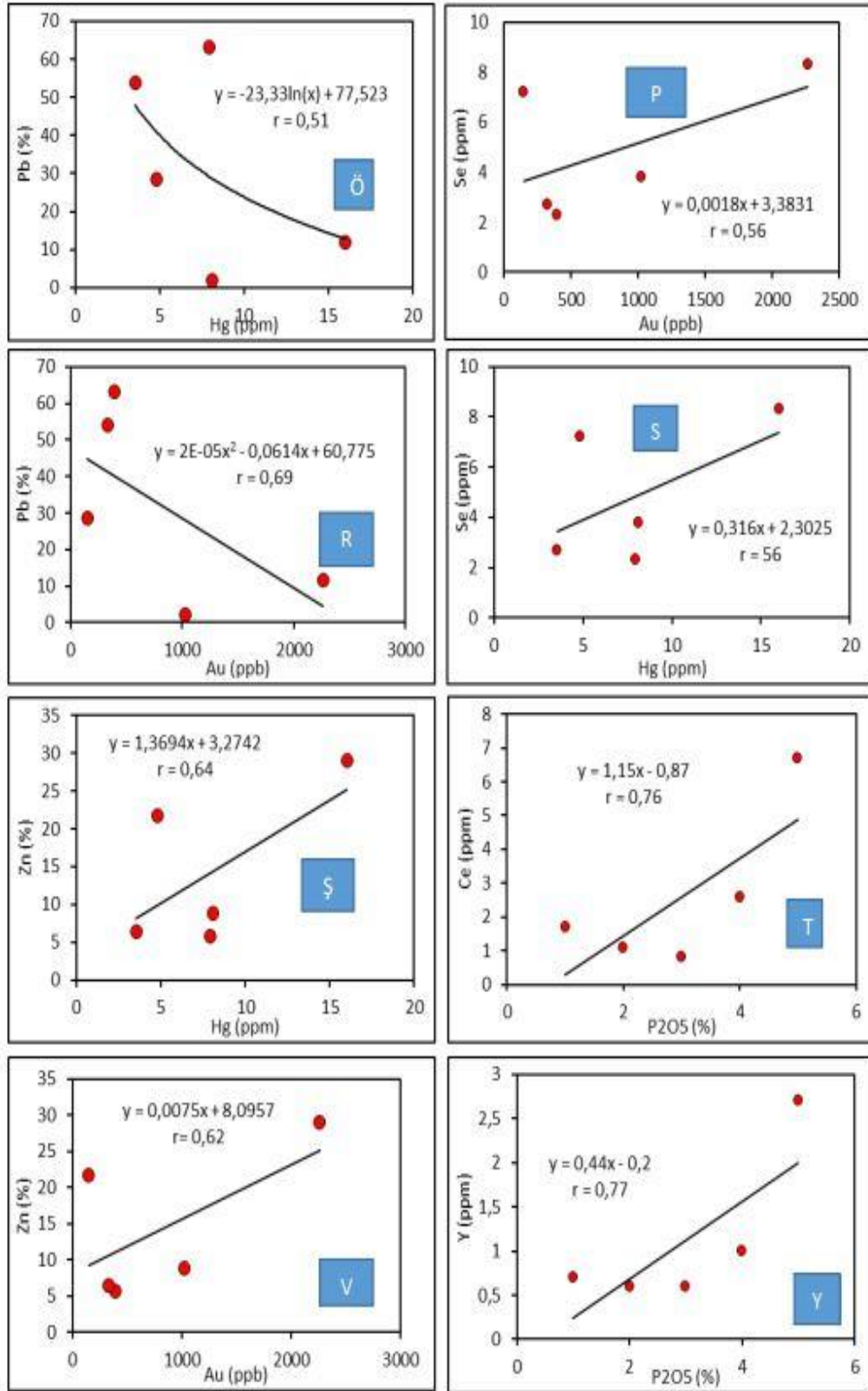
Birincil sülfidli cevher örneklerinin Cu içerikleri 389-2282 ppm arasında geniş bir dağılım sunmasına karşın 1120.4 ppm'lik aritmetik ortalaması önemli çıkmaktadır (Çizelge 6.7). Cevher içinde kalkopirit, bornit, fahlerz gibi bakırlı minerallerin dağılımı düzensiz olduğundan Cu değerleri de düzensiz dağılım sunmaktadır. Genel olarak Zn-Pb yataklarında oluşum sıcaklığının artması ile birlikte Cu konsantrasyonu da yükselmektedir. Volkanik ve subvolkanik kayalarla beraber bulunan Pb-Zn yataklarında ve asidik plütonlara bağlı Pb-Zn yataklarında ana bileşenlerden birini oluşturan Cu (Aslaner, 1977), kontakt-metasomatik oluşumlu Balya Madeni'nde 5300 ppm'e (Gümüş, 1964) ulaşırken sedimanter veya düşük sıcaklıklı hidrotermal oluşuma sahip Serguza (Irak) yatağında 443 ppm'e kadar düşmekte ve bu durum oluşum sıcaklığının düşük olması gerektiği şeklinde yorumlanmaktadır (Al Bassam ve ark., 1982). Orta sıcaklıklı bir oluşumu yansıtan Horzum (Kozan-Adana) piritli Zn-Pb yataklarında 717 ppm Cu değeri (Temurs 1986) elde edilirken karbonatlı kayalar içinde yer alan Aladağ-Delikkaya Pb-Zn yataklarında 25 ppm (Ayhan, 1983), Bakır Dağı yataklarında 90 ppm'dir (Vache, 1964) ve hidrotermal oluşumlu Cafana (Malatya) yataklarında 36 ppm'dir (Önal ve ark., 1991). Bu bilgilere göre örneklerin Cu değerleri oldukça yüksek sıcaklıklı, hipojen-hidrotermal yataklara ait bir oluşumu yansıtmaktadır.



Şekil 6.14. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örnekleri içerisinde kuvvetli (B, C, D, E); orta (F, G, H) pozitif korelasyon ilişkileri gösteren ikili ana element diyagramları.



Şekil 6.15. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukişla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örnekleri içerisinde kuvvetli (I,İ,J,K,L); orta (M,N,O) pozitif korelasyon ilişkileri gösteren ikili ana element diyagramları.



Şekil 6.16. Kızıltepe (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait birincil sülfürlü cevher örnekleri içerisinde kuvvetli (Y,T); orta (P, S, Ş, V) pozitif korelasyon; orta negatif korelasyon (Ö,R) ilişkileri gösteren ikili ana element diyagramları.

Çizelge 6.8. Kızıltepe (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde Au-Ag-Zn-Pb yatağına ait ikincil cevher örneklerine ait ana bileşenler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları.

Elmt.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	Ba	Cu	Pb	Zn	AK	TOP	TOPC	TOPS
SiO ₂	1	0,708	-0,466	0,07	0,51	0,725	0,111	0,571	-0,19	0,632	0,168	-0,834*	-0,870*	0,731	-0,479	0,151	-0,082	-0,123
Al ₂ O ₃		1	-0,708	-0,014	0,664	0,987**	0,198	0,771*	-0,267	0,872*	0,216	-0,612	-0,398	0,921**	-0,468	0,32	0,223	-0,506
Fe ₂ O ₃			1	-0,459	-0,741	-0,804*	-0,754	-0,805*	0,703	-0,605	-0,175	0,596	0,375	-0,554	-0,056	0,393	-0,63	0,883**
CaO				1	0,714	0,085	0,476	0,494	-0,541	-0,176	-0,227	-0,525	-0,362	-0,324	0,823*	-0,682	0,797*	-0,401
MgO					1	0,71	0,343	0,922**	-0,482	0,499	-0,171	-0,758*	-0,489	0,381	0,312	-0,215	0,767*	-0,534
K ₂ O						1	0,315	0,818*	-0,351	0,864*	0,209	-0,654	-0,441	0,900**	-0,397	0,186	0,305	-0,587
MnO							1	0,309	-0,921**	0,059	0,447	-0,399	-0,297	0,056	0,265	-0,733	0,417	-0,891**
TiO ₂								1	-0,424	0,764*	-0,282	-0,641	-0,419	0,6	0,105	-0,168	0,714	-0,539
P ₂ O ₅									1	-0,126	-0,352	0,534	0,424	-0,07	-0,314	0,703	-0,451	0,845*
Cr ₂ O ₃										1	-0,129	-0,362	-0,259	0,927**	-0,504	0,249	0,2	-0,337
Ba											1	-0,251	-0,217	0,191	-0,418	0,135	-0,433	-0,395
Cu												1	0,915**	-0,43	0,024	0,159	-0,248	0,385
Pb													1	-0,341	0,137	0,193	0,029	0,138
Zn														1	-0,725	0,429	-0,052	-0,312
AK															1	-0,693	0,713	-0,164
TOP																1	-0,534	0,472
TOPC																	1	-0,566
TOPS																		1

* Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır; ** Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır.

AK: Ateşte kayıp; TOP: Toplam; TOPC: Toplam karbon; TOPS: Toplam kükürt

İkincil cevher örneklerinde ana elementlerden Si ile Zn, K, Al; Al ile K,Cr, Ti; Fe ile P;Ti ile TOPC; AK ile TOPC arasında kuvvetli; Si ile Cr, Ti, Mg; Al ile Mg; Fe ile Cu; Ti ile Zn; P ile Cu arasında orta pozitif korelasyonlar görülür.

Çizelge 6.9. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağının birincil sülfürlü cevher örneklerine ait ana bileşenler ile NTE ve diğer bazı iz element grupları (THFSE, TBİLE, THNTE, TANTE) arasındaki Pearson korelasyon katsayıları.

Element	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	TOPC	TOPS	TNTE	THFSE	TLILE	TLREE	THREE
SiO ₂	0,07	0,20	0,17	0,08	0,23	0,24	0,05	0,17	0,01	0,24	0,11	0,35	-0,24	0,50	-0,01	0,69	0,37	0,19	0,59	0,83	0,19	0,22
Al ₂ O ₃	-0,68	-0,59	-0,61	-0,65	-0,55	-0,53	-0,70	-0,61	-0,28	-0,54	-0,63	-0,46	-0,39	-0,29	-0,03	0,09	0,29	-0,60	-0,20	,95*	-0,60	-0,57
Fe ₂ O ₃	-0,19	0,01	-0,12	-0,27	-0,21	-0,21	-0,17	-0,16	0,87	-0,19	-0,02	0,00	0,09	-0,06	0,45	-0,25	,99**	-0,10	-0,01	0,37	-0,10	-0,11
CaO	0,70	0,80	0,72	0,53	0,68	0,74	0,63	0,70	0,43	0,74	0,48	0,74	-0,40	0,75	-0,40	0,74	0,31	0,73	0,81	-0,01	0,73	0,69
MgO	0,05	0,12	0,11	0,03	0,20	0,23	-0,01	0,12	-0,32	0,22	-0,07	0,24	-0,54	0,42	-0,40	0,79	0,05	0,13	0,52	0,73	0,13	0,14
K ₂ O	-0,50	-0,37	-0,41	-0,46	-0,35	-0,35	-0,51	-0,41	-0,09	-0,35	-0,38	-0,22	-0,24	-0,06	0,13	0,21	0,45	-0,39	0,03	1,000**	-0,39	-0,36
MnO	,94*	,98**	,97**	,89*	,96*	,97**	,92*	,96*	0,34	,97**	0,85	,98**	0,03	,97**	-0,13	0,78	0,08	,97**	,96**	-0,20	,97**	,96**
P ₂ O ₅	-0,46	-0,40	-0,39	-0,40	-0,29	-0,29	-0,48	-0,38	-0,41	-0,30	-0,41	-0,23	-0,32	-0,04	-0,06	0,34	0,12	-0,37	0,05	,94*	-0,38	-0,34
Cu	-0,02	-0,06	0,04	0,17	0,17	0,12	0,02	0,08	-0,56	0,12	0,13	0,16	0,20	0,31	0,17	0,45	-0,30	0,05	0,30	0,54	0,04	0,11
Pb	-0,19	-0,39	-0,29	-0,13	-0,26	-0,27	-0,19	-0,26	-0,67	-0,28	-0,29	-0,46	0,06	-0,49	-0,24	-0,39	-0,84	-0,31	-0,55	-0,56	-0,31	-0,32
Zn	0,56	0,61	0,62	0,58	0,70	0,70	0,54	0,63	-0,10	0,70	0,51	0,73	-0,15	0,85	-0,18	,95*	0,01	0,64	,89*	0,40	0,63	0,66
AK	-0,07	0,14	0,01	-0,15	-0,05	-0,05	-0,06	-0,03	0,83	-0,03	0,07	0,16	0,00	0,14	0,37	-0,01	,99**	0,04	0,20	0,48	0,04	0,03

* Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır; ** Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır.

TNTE: Toplam nadir toprak elementleri; **TYSDE:** Toplam yüksek saha dayanımlı elementler; **TBİLE:** Toplam büyük iyonlu litofil elementler; **THNTE:** Toplam hafif nadir toprak elementleri; **TANTE:** Toplam ağır nadir toprak elementleri

Çizelge 6.10. Kızıltepe (Bolkardağ-Ulukışla-Niğde) Au-Ag-Zn-Pb yatağının birincil sülfürlü cevher örneklerine ait iz elementler ile NTE ve diğer bazı iz element grupları (THFSE, TBİLE, THNTE, TANTE) arasındaki Pearson korelasyon katsayıları.

Element	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	TOPC	TOPS	TNTE	THFSE	TBİLE	THNTE	TANTE
Ba	-0,59	-0,63	-0,66	-0,59	-0,60	-0,70	-0,64	-0,04	-0,59	-0,54	-0,45	-0,14	-0,33	0,27	-0,10	0,50	-0,61	-0,25	,95*	-0,62	-0,58
Co	-0,46	-0,51	-0,58	-0,48	-0,48	-0,60	-0,52	0,09	-0,48	-0,45	-0,32	-0,19	-0,20	0,24	0,01	0,61	-0,49	-0,11	,97**	-0,50	-0,47
Cs	,95*	,96**	,94*	,93*	,94*	,98**	,96**	0,26	,94*	0,87	,88*	0,17	0,80	-0,15	0,52	-0,20	,96*	0,75	-0,64	,96*	,94*
Ga	0,76	0,77	0,72	0,83	0,83	0,70	0,78	0,00	0,83	0,66	0,85	-0,09	,94*	-0,18	,95*	-0,01	0,78	,97**	0,22	0,78	0,80
Nb	-0,09	-0,21	-0,34	-0,27	-0,28	-0,27	-0,25	0,77	-0,26	-0,09	-0,06	0,10	-0,08	0,50	-0,23	,99**	-0,19	-0,03	0,54	-0,19	-0,19
Rb	-0,60	-0,64	-0,68	-0,59	-0,59	-0,71	-0,64	-0,08	-0,59	-0,58	-0,46	-0,23	-0,33	0,18	-0,05	0,47	-0,62	-0,24	,96**	-0,62	-0,59
Sn	0,20	0,28	0,35	0,40	0,39	0,23	0,31	-0,56	0,38	0,24	0,38	-0,05	0,54	-0,12	0,75	-0,34	0,29	0,56	0,48	0,28	0,33
Sr	0,05	-0,06	-0,22	-0,08	-0,07	-0,17	-0,09	0,55	-0,06	-0,05	0,12	-0,17	0,18	0,23	0,21	,88*	-0,04	0,27	0,77	-0,04	-0,03
U	-0,25	-0,27	-0,32	-0,18	-0,16	-0,38	-0,26	-0,35	-0,17	-0,36	-0,11	-0,48	0,08	-0,22	0,49	0,16	-0,25	0,18	,92*	-0,25	-0,23
V	-0,04	-0,15	-0,26	-0,20	-0,22	-0,20	-0,18	0,76	-0,20	0,00	0,02	0,18	0,00	0,57	-0,17	,98**	-0,13	0,05	0,57	-0,13	-0,11
W	-0,67	-0,71	-0,79	-0,67	-0,61	-0,79	-0,71	-0,40	-0,63	-0,87	-0,65	-0,74	-0,50	-0,45	0,01	0,09	-0,70	-0,39	0,68	-0,69	-0,71
Zr	-0,66	-0,69	-0,74	-0,64	-0,63	-0,78	-0,70	-0,23	-0,63	-0,70	-0,55	-0,40	-0,40	-0,02	-0,03	0,34	-0,68	-0,30	,927*	-0,68	-0,66
Y	,98**	,99**	,97**	,98**	,98**	,99**	,99**	0,23	,98**	,90*	,94*	0,16	,89*	-0,14	0,64	-0,17	,99**	0,85	-0,50	,99**	,98**
Mn	-0,61	-0,51	-0,35	-0,39	-0,43	-0,49	-0,47	-0,76	-0,44	-0,39	-0,44	0,10	-0,31	0,13	-0,04	-0,42	-0,51	-0,32	0,50	-0,52	-0,46
Cu	-0,08	0,01	0,14	0,14	0,09	-0,01	0,04	-0,53	0,08	0,11	0,14	0,21	0,29	0,21	0,42	-0,25	0,02	0,28	0,58	0,01	0,08
Ni	0,19	0,08	-0,06	0,01	-0,01	0,02	0,04	0,88	0,02	0,20	0,23	0,20	0,18	0,53	-0,07	,98**	0,10	0,22	0,41	0,10	0,10
As	-0,06	-0,08	-0,14	0,00	0,00	-0,19	-0,08	-0,14	0,00	-0,12	0,11	-0,30	0,28	-0,02	0,55	0,32	-0,06	0,37	,93*	-0,06	-0,03
Cd	0,63	0,65	0,60	0,72	0,72	0,56	0,65	-0,09	0,72	0,54	0,75	-0,13	0,87	-0,17	,95*	-0,01	0,66	,90*	0,38	0,66	0,68
Sb	-0,21	-0,09	0,06	0,00	0,01	-0,04	-0,04	-0,938*	-0,01	-0,20	-0,21	-0,20	-0,13	-0,51	0,15	-0,97	-0,10	-0,16	-0,27	-0,10	-0,10
Bi	-0,38	-0,51	-0,67	-0,60	-0,54	-0,54	-0,54	0,41	-0,54	-0,61	-0,54	-0,48	-0,59	-0,22	-0,49	0,50	-0,50	-0,52	0,03	-0,49	-0,56
Au	-0,15	-0,17	-0,22	-0,10	-0,10	-0,28	-0,17	-0,10	-0,10	-0,17	0,03	-0,22	0,19	0,09	0,44	0,39	-0,15	0,28	,97**	-0,15	-0,11
Hg	-0,13	-0,11	-0,09	-0,02	-0,05	-0,18	-0,10	-0,19	-0,04	-0,02	0,09	0,05	0,25	0,27	0,40	0,25	-0,09	0,29	,89*	-0,10	-0,04
Tl	-0,20	-0,32	-0,45	-0,41	-0,42	-0,35	-0,36	0,81	-0,40	-0,20	-0,23	0,10	-0,30	0,47	-0,48	,94*	-0,31	-0,26	0,30	-0,31	-0,32
Se	0,70	0,70	0,63	0,75	0,76	0,61	0,70	0,02	0,76	0,58	0,80	-0,14	,903*	-0,16	,95*	0,08	0,71	,94*	0,34	0,71	0,73

* Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır; ** Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır.

TNTE: Toplam nadir toprak elementleri; **TYSDE:** Toplam yüksek saha dayanımlı elementler; **TBİLE:** Toplam büyük iyonlu litofil elementler; **THNTE:** Toplam hafif nadir toprak elementleri; **TANTE:** Toplam ağır nadir toprak elementleri

7. SONUÇLAR

Orta Toroslarda yer alan (Bolkardağı-Ulukışla-Niğde) yöresindeki Kızıltepe altın-gümüş-çinko-kurşun cevherleşmesi, Horoz granodiyoriti ile ilişkili diyorit porfir daykları tarafından da kesilmiş olan Permo-Triyas yaşlı Bolkardağ mermerleri içerisinde yer aldıkları görülmüştür

Birincil cevher kütleleri tektonik hatlar, breşik zonlar, tabaka düzlemleri ve karstik boşluklar içerisinde depolanmışlardır. Cevher yerleşimi genellikle ornatım ve/veya açık boşluk dolgusu şeklindedir.

Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağındaki birincil sülfidli cevherlerin başlıca pirit, sfalerit, fahlerz ve galenit gibi sülfidli minerallerden oluştuklarını, bu minerallere çok daha az oranlarda da kalkopirit, markazit, manyetit, ankerit ve siderit minerallerinin eşlik ettiği görülmüştür.

Piritlerin yer yer markazitlere dönüştüğü, piritlere seyrek olarak da arsenopirit minerallerin eşlik ettiği belirlenmiştir. Eser oranlarda gümüşlü? sulfotuz ve kovellin gibi minerallerden oluşan birincil sülfürlü cevher kalıntıları, Zn-Pb karbonatlar, Zn silikatlar ve Fe-Mn oksi-hidroksitlerden oluşan ikincil ve üçüncül sülfürsüz cevherler ve yan kayaçlar içerisinde kısmen de olsa korunabilmişlerdir. Birincil sülfürlü cevherlere göre çok daha baskın olan ikincil ve üçüncül sülfürsüz cevherler, ya yüzeysel ayrışma süreçleri ile birincil sülfürlü cevher kütlelerinin yerini almışlar (otokton) ya da açık tektonik hatlar ve bunlarla ilişkili karstik boşluklar içerisinde yeniden depolanmışlardır (allokton).

Sülfürlü birincil cevherler toplam 8.66 ppm toplam NTE+Y; sülfürsüz ikincil cevherler ise 18,16 ppm toplam NTE+Y içeriklerine sahiptirler. Şeyl normalize birincil sülfürlü cevher örnekleri zayıf negatif Ce ($Ce/Ce^*=0.79$ Ortalama) ve kuvvetli pozitif Eu ($Eu/Eu^*=1.83$ Ortalama) anomalileri ile kondritik Y/Ho oranlarına (Ortalama 26) sahip birbirlerine benzer düz veya düze yakın NTE desenleri sunmaktadırlar. Sülfürsüz ikincil-üçüncül cevherler belirgin negatif Ce (Ortalama $Ce/Ce^*=0.77$) ve kuvvetli pozitif Eu (Ortalama $Eu/Eu^*=10.17$) anomalileri ile süper kondritik Y/Ho oranlarına (Ortalama 39.7) sahip olan birbirlerine çok benzeyen düz veya düze yakın NTE desenleri gösterirler. Şeyl ile birincil ve ikincil-üçüncül cevherler arasındaki en önemli fark, NTE+Y içeriklerinin Şeyl'e göre özellikle birincil cevherlerde, daha az oranda da ikincil cevherlerde daha düşük olmasıdır. Bu belirgin farklılığın nedeni cevher yapıcı hidrotermal çözeltilerin asıl kaynağı durumundaki litosferik manto kökenli Horoz

granodiyoriti ile ilişkili sıcak çözeltilerin NTE içeriklerinin kabuk kökenli bir magma ile ilişkili hidrotermal çözeltilere göre daha fakir olması olabilir.

İkincil cevherlerin ise başlıca simitsonit, serüzit, götit, lepidokrosit, beyudandit, pirolusit, manganit, limonit (amorf demir oksit-hidroksitler+kil boyutunda materyaller) ve anglezit minerallerinden oluştukları anlaşılmıştır.

Birincil sülfidli cevherlerin Fe-S; Al-K ve Zn-Fe arasında kuvvetli pozitif; Zn-Ca; Mg-Ca; Pb-Ca; Al-Si ve Mn-Fe arasında ise orta pozitif korelasyonlar olduğunu gösterirken; Pb-AK ve Pb-Fe arasında kuvvetli negatif, Zn-Pb; ve Pb-Mg arasında da zayıf negatif korelasyonlar olduğunu göstermektedir.

İkincil cevherler de ana elementlerden K-Al; TOPS-Fe arasında kuvvetli; Mg-Al arasında orta, Pb-Fe arasında ise zayıf pozitif korelasyon; TOPS-Mn; TOPS-P arasında kuvvetli, Mn-Fe arasında orta, Fe-Si; P-Ca ve Mn-Pb arasında ise zayıf negatif korelasyon ilişkilerinin olduğu görülmüştür.

Granodiyoritik bileşimli kuvars Porfir örneği bolluk sırasına göre SiO₂, Al₂O₃, AK, Fe₂O₃, K₂O, Na₂O, CaO ve MgO gibi ana bileşenlerden oluşmaktadır. İçerikleri %1'den daha az olan TiO₂, P₂O₅, Cr₂O₃ ve TOPC ise tali bileşenleri oluşturur. Al ile Si ve Na arasında pozitif bir korelasyon ilişkisi gözlenirken; Al, Si ve Na ile Fe, Mg, Ca, K, Ti, P, Mn, TOPC ve TOPS arasında ise negatif bir korelasyon ilişkisi gözlenmektedir.

İkincil oksitli cevher ana bileşen içerikleri ile birincil sülfürlü cevher ana bileşen içerikleri birbirleriyle karşılaştırılarak zenginleşme ve fakirleşme faktörleri belirlenmiştir. Buna göre oksitli cevherlerden MnO, SiO₂, K₂O, Al₂O₃, Fe₂O₃, P₂O₅ ve TOPC bileşenleri zenginleşirken, TOPS, Pb, Zn ve MgO bileşenleri fakirleşmiştir. Bileşenlerden Ca ve AK içerikleri ise hemen hemen hiç değişmemiştir.

Birincil sülfidli cevher örneklerinin Cu içerikleri 389-2282 ppm arasındadır. Cu değerinin 1120.4 ppm'lik aritmetik ortalaması önemli bir değerdir. Örneklerin Cu değerleri oldukça yüksek sıcaklıklı, hipojen-hidrotermal yataklara ait bir oluşumu göstermektedir.

Elde edilen jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal veriler, Kızıltepe Au-Ag-Zn-Pb yatağının üç evreli bir oluşum modeline sahip olduğunu göstermektedir. Birinci evre Geç Kretase'den itibaren başlayan ve Geç Paleosen-Erken Eosen döneminde giderek etkinleşen Neotetis okyanusunun güney kolunun kapanması ile ilişkili kompresyonel tektonik rejim altındaki dalma-batma, çarpışma ve kabuk kalınlaşması gibi bir dizi tektonik olay sırasında Horoz Granodiyoriti'nin Permo-Triyas yaşlı Bolcardağ

karbonatları içerisine sokulum yapması ve eş zamanlı hidrotermal çözeltilerden tektonik kontrollü hipojen-epijenetik karakterli birincil sülfürlü Zn-Pb cevher damar, mercek ve kütlelerinin çökmesidir.

İkinci evre birincil sülfürlü Zn-Pb cevherlerinin erken yüzeysel ayrışma ve karstlaşma süreçleri sonucunda Zn-Pb karbonat, -silikat ve Fe-Mn oksi-hidroksitlerden oluşan toprağımsı-kabuğumsu-böbreğımsi ikincil sülfürsüz Zn-Pb cevherlerine dönüşmesidir.

Üçüncü evre ise çok evreli geç yüzeysel ayrışma ve iç karstlaşma süreçleri ile birlikte hem birincil sülfürlü cevher kalıntılarının hem de ikincil sülfürsüz cevherlerin Zn karbonat, Zn-silikat, Zn-hidrat ve Fe-Mn oksi-hidroksit minerallerine dönüşerek üçüncül sülfürsüz Zn-(Pb) cevherlerini oluşturması ve daha önce oluşmuş olan birincil ve ikincil cevherlerle birlikte çok karmaşık bir şekilde karst sedimanları şeklinde iç içe yeniden çökmeleridir.

KAYNAKLAR

- Blackburn, W. H. and Schwendeman, J. F.,** 1977, Trace-element substitution in galena, *The Canadian Mineralogist* 15 (3): 365–373.
- Cengiz, O. and Kuşçu, M.** (2005). Geological properties of galena-bearing barite and barite deposits in the central Taurides, 41 st Forum on the Geology of Industrial Minerals, ITU.
- Çağatay, A. ve Arman, B.** (1989). Mineralogy of the tin bearing Bolkardağ Sulucadere (Ulukışla-Niğde) lead-zinc mineralization (in Turkey).
- Çalapkulu, F.** (1977 a). Bolkardağı sülfürlü cevherlerinde bulunan nikel mineralleri ve genetik açıklaması. TÜBİTAK IV. Bilim Kongresi, Temel Bilimler Oturumu, 81-98.
- Çalapkulu, F.** (1977b). Bolkardağ magralarındaki cevherleşmelerde Pb ve Ag dağılımı. Ege Üniv. M.M.F. Yerbilimleri bölümü., 81-110.
- Çalapkulu, F.** (1978). Bolkardağ yöresinin jeolojik evrimi. TJK 32. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özleri, 7-8.
- Çalapkulu, F.** (1980). Horoz Granadiyoritinin jeolojik incelemesi, TJK Bülteni, 23, 1, 59-68.
- Çevikbaş, A.** (1991). Ulukışla-Çamardı (Niğde) Tersiyer havzasının jeodinamik evrimi ve maden yatakları yönünden önemi, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi, 235 S, İstanbul.
- Çevikbaş, A. ve Öztunalı, S.** (1992). Ulukışla-Çamardı Havzasının Maden Yatakları, Jeoloji Mühendisleri Dergisi, 39, 22-40.
- Çiftçi, E., Demirören, S.S.** (2011). “Orta Toroslar Pb-Zn Damar Yataklarının Kurşun İzotop Karakteristikleri”. TUBİTAK Proje no: ÇAYDAG-110Y016, Ankara.
- Çopuroğlu, İ.** (1996). Yahyalı Kayseri-Demirkazık Niğde-Çamardı yöresi Zn-Pb yataklarının minaralojisi ve jenezi. MTA dergisi 118, 35-46.
- Demirtaşlı, E., Bilgin, A. Z., Erenler, F., Işıklar, S., Sanlı, D., Selim, M. ve Turhan, N.** (1973). Bolkardağlarının Jeolojisi. Cumhuriyetin 50. Yılı Yer Bilimleri Kongresi, MTA Dergisi, 12, 42-67.
- Demirtaşlı, E., Bilgin, A. Z., Erenler, F., Işıklar, S., Sanlı, D., Selim, M. ve Turhan, N.** (1975). Geology of the Bolkar Mountains, in Alpan S. (Ed.), Congress of Earth sciences 50th. Year of the republic, Ankara, MTA, special Publication, 42-57.

- Granta, H.L.J., Hanningtona,M.D. , Petersena, S., Frischea, M. , Fuchsa,S.H.,** (2018). Constraints on the behavior of trace elements in the actively-forming TAG deposit, Mid-Atlantic Ridge, based on LA-ICP-MS analyses of pyrite , 498, 45-71.
- Kadioğlu, Y., ve Dilek, Y.,** (2010). Structure andgeochemistry of the adakitik Horoz granitoid, Bolkar Mountains, south-central Turkey, and its tectonomagmatic evolution. International Geology Review, 52, 505- 535.
- Kahya, A.,** (2018). Madenköy (Ulukışla/Niğde) Yöresi Karbonat Yan Kayaçlı Au-Ag-Zn±Pb Yatağının jeolojisi ve jeokimyası.
- Kuşçu, M. ve Cengiz, O.** (2001). Karbonatlı kayaçlara bağlı Orta Toroslar Zn-Pb cevherleşmelerinin kükürt izotopları incelemesi. TJK Bülteni, 44, 3, 59-73
- Maslennikov, V.V., Cherkashov, G., Artemyev, D.A., Firstova, A., Large, R.R.,Tseluyko, A. and Kotlyarov, V.,** 2020, Pyrite Varieties at Pobeda Hydrothermal Fields, Mid-Atlantic Ridge 17°070–17°080 N: LA-ICP-MS Data Deciphering, Minerals, 10, 622, 1-27.
- Oktay, F.Y.** (1982). Ulukışla ve çevresinin stratigrafisi e jeolojik evrimi. TJK Bülteni, 25, 15-23.
- Özbek, A.C. (2014).** Orta Ve Doğu Toroslarda Bulunan Karbonat Yankayaçlı Pb Zn Cevher Oluşumlarının Alterasyon Mineralojisi Ve Duraylı İzotop Nitelikleri. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Özgül, N.** (1971). Orta Torosların kuzey kesiminin yapısal gelişiminde blok hareketlerinin önemi. TJK Bül., 14, 75-87.
- Price, B.C.** 1972, Minor elements in pyrites from the Smithers Map Area B.C. and exploration aplication of minor element studies, Master Thesis, the University of British Colombia, Vancouver, Canada, 291s.
- Şişman, A. N. ve Şenocak, M. H.** (1981). Bolkardağ yöresinin jeolojisi ve maden yatakları, MTA Raporu No: 38579/6, (yayınlanmamış), Ankara.
- Şişman, A. N. ve Şenocak, M. H.** (1982). Bolkardağı Yöresinin jeolojisi ve Maden yatakları, MTA Rapor No:1790, s. 58.
- Temur, S.** (1989). Bolkardağ (Ulukışla-Niğde) yöresi çinko-kurşun yataklarının incelenmesi. Selçuk Üniversitesi Araştırma Projesi No: 659, Konya.
- Temur, S.** (1991). Bolkardağ (Ulukışla-Niğde) yöresi Zn-Pb yataklarının jenetik özellikleri. Çukurova Üniv. M.M.F. Jeoloji Mühendisliği Bölümü. Ahmet Acar Jeoloji Sempozyum Bildirileri. 191-198.
- Temur, S.** (1996). Horzum (Kozan-Adana) ve Bolkardağı (Ulukışla - Niğde) yöreleri Zn-Pb yataklarına ait piritlerin iz element konsantrasyonlarının karşılaştırılması. KTÜ, Jeoloji Müh. Böl. 30. yıl Sempozyum Bildirileri, 6781, Trabzon.