



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ERENLER (MERKEZ-ARTVİN) KÖYÜ
ÇEVRESİNİN JEOLojİK ÖZELLİKLERİ VE
MADEN YATAKLARI

Tuğrul KOÇAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Tuğrul KOÇAL tarafından hazırlanan “Erenler (Merkez-Artvin) Köyü Çevresinin Jeolojik Özellikleri ve Maden Yatakları” adlı tez çalışması 24/12/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr Fetullah ARIK
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Danışman

Prof. Dr Fetullah ARIK
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Üye

Doç Dr. Yeşim ÖZEN
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Sinan ALTUNCU
(Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi)

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

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 material and results that are not original to this work.

İmza

Tuğrul KOÇAL

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

ERENLER (MERKEZ-ARTVİN) KÖYÜ ÇEVRESİNİN JEOLojİK ÖZELLİKLERİ VE MADEN YATAKLARI

Tuğrul KOÇAL

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Fetullah ARIK

2024, 84 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Fettullah ARIK
Doç. Dr. Yeşim ÖZEN
Dr. Öğr. Üyesi Sinan ALTUNCU

Erenler (Artvin/Merkez) köyü ve civarında yer alan yaklaşık 2,5 km² lik bir alanı kaplayan çalışma alanının en yaşlı birimini Santoniyen yaşlı asidik volkanizma ürünlerinden dasit, riyodasit, riolit ve bunların piroklastikleri ile yer yer mikritik kireçtaşları ve tuf seviyelerinden oluşan Kızılkaya formasyonu oluşturur. Birimin üst kesiminde yer alan mikritik kireçtaşları volkanizmanın duraksadığı dönemde bu asidik volkanizma ürünleri üzerine uyumlu olarak yerleşmiştir. Bölge genelinde Doğu Pontidler ile Toridler'in, Selandiyen-Erken Tanesiyen zaman aralığında çarpışmasından sonra, gerilmeli tektonik rejim sonucu olarak denizel ortam koşulları egemen olmuş ve Geç Tanesiyen-İpresiyen yaşlı Erenler formasyonu aşıl uyumsuzlukla çekelmiştir. Erenler formasyonu uyumsuz olarak çoğunlukla türbiditik kırıntılı kayalardan oluşur. Çalışma alanında Santoniyen yaşlı Kızılkaya formasyonuna ait dasit-dasitik tuf ve piroklastikleri daha genç olan Erenler formasyonu üzerine tektonik olarak yerleşmiştir.

MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1974-1984 yılları arasında lokal bir alanda çalışılan Erenler alterasyon sahasının, potansiyeli nedeniyle daha geniş alanda VMS cevherleşmesi açısından önemli olabileceği için sahanın Cu-Au-Ag-Zn-Pb cevherleşmelerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Cevher içinde ortalama % 0.46 Fe₂O₃, % 0.77 CuO, % 8.23 ZnO, % 3.36 PbO, % 40.83 BaO ve % 27.66 SO₃ bulunmakta olup bu bileşenler pirit, kalkopirit, fahlerz grubu, galenit, sfalerit ve baritlerin oluşumunu sağlamıştır.

Erenler sahasında yapılan küme analizlerine göre ana bileşenler ve NTE ayrı bir grup olarak ana bileşenler – NTE kümesini oluştururken Fe, Cu, Pb, Zn, Ba ve S yöredeki sülfidli cevherleşmeye bağlı olarak kümelenmişlerdir.

Alterasyon zonlarında alınan mineralojik-petrografik ve XRD örneklerinin analiz sonuçlarına göre çalışma alanında arjilik (kuvars, illit, kaolinit) alterasyonun geliştiği tespit edilmiştir.

Bütün volkanik kayalar büyük iyon çaplı litofil elementler açısından kalıcılığı yüksek elementlere göre zenginleşme göstermesi magmanın dalma batma süreci ile ilişkili olarak geliştiğine işaret eder

Anahtar Kelimeler: Alterasyon, Cevherleşme, Tektonik, Volkanizma

ABSTRACT
MS THESIS
GEOLOGICAL FEATURES AND MINERAL DEPOSITS OF ERENLER
(CENTRAL-ARTVİN) VILLAGE SURROUNDINGS

Tuğrul KOÇAL

Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geological Engineer

Advisor: Prof. Dr. Fetullah ARIK

2024, 84 page

Jury

Prof. Dr. Fettullah ARIK

Doç. Dr. Yeşim ÖZEN

Dr. Lecturer Sinan ALTUNCU

The oldest unit of the study area, which covers an area of approximately 2.5 km² in Erenler (Artvin/Merkez) village and its surroundings, is the Kızılkaya formation, which consists of Santonian aged acidic volcanism products such as dacite, rhyodacite, rhyolite and their pyroclastics, and occasionally micritic limestones and tuff layers. . Micritic limestones located in the upper part of the unit settled harmoniously on these acidic volcanism products during the period when volcanism paused. After the collision of the Eastern Pontides and the Taurids throughout the region in the Selandian-Early Thanetian time interval, marine environmental conditions prevailed as a result of the tensional tectonic regime and the Late Thanetian-Ypresian aged Erenler formation was deposited with angular unconformity. The Erenler formation unconformably consists mostly of turbiditic clastic rocks. In the study area, dacite-dacitic tuffs and pyroclastics belonging to the Santonian aged Kızılkaya formation were tectonically deposited on the younger Erenler formation.

It was aimed to reveal the Cu-Au-Ag-Zn-Pb mineralizations in the Erenler alteration area, which was investigated locally by the MTA General Directorate between 1974 and 1984, considering that they may be important for VMS mineralization in a wider area. The ore contains an average of 0.46% Fe₂O₃, 0.77% CuO, 8.23% ZnO, 3.36% PbO, 40.83% BaO and 27.66% SO₃, and these components have provided the formation of pyrite, chalcopyrite, fahlerz group, galenite, sphalerite and barite.

According to the cluster analyses conducted in the Erenler mineralization, the main components and REE form a separate group, the main components - REE cluster, while Fe, Cu, Pb, Zn, Ba and S are clustered depending on the sulfide mineralization.

According to the analysis results of mineralogical-petrographic and XRD samples taken in the alteration zones, it was determined that argillic (quartz, illite, kaolinite) alteration developed in the study area.

All volcanic rocks are enriched in lithophile elements with large ion diameters compared to elements with high persistence, indicating that the magma developed in relation to the subduction process.

Keywords: Alteration, Mineralization, Tectonic, Volcanism

ÖNSÖZ

"Erenler (Merkez-Artvin) Köyü Çevresinin Jeolojik Özellikleri Ve Maden Yatakları" başlıklı bu çalışma MTA Genel Müdürlüğü Maden Etüt ve Arama Dairesi tarafından yürütülen "Doğu Karadeniz Yay Magmatitleri ile İlişkili Polimetal Maden Aramaları Projesi" projesinin bir bölümü ile ortak sonuçları içermektedir.

Tez projemin her aşamasında şahsıma karşı göstermiş olduğu nezaketi ve güler yüzünün yanı sıra bilgi ve tecrübe anlamında yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım sevgili hocam Prof. Dr. Fetullah ARIK'a, katkılarından dolayı değerli jüri başkanı, jüri üyesi Üyesi hocalarıma saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Görev yapmış olduğum Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü "Doğu Karadeniz Yay Magmatitleri İle İlişkili Polimetal Maden Aramaları Projesi" kapsamında ilgili arazi, ofis ve laboratuvar çalışmalarında sağlamış olduğu imkanlardan dolayı Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'ne aynı zamanda yardımlarını ve tecrübelerini esirgemeyen MTA Doğu Akdeniz Bölge Müdürü Jeoloji Yük. Müh. Ümit AYDIN'a ayrıca Maden Etüt ve Arama Daire Başkanı Jeoloji Yük. Müh. Serkan ÖZKÜMÜŞ'e, MTA Baz ve Değerli Metaller Birim Koordinatörü Jeo. Yük. Müh. Veysel URKAN'a, Jeo. Yük. Müh. İhsan GÖKALP'e, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tabi ki de bu eğitim yanı sıra vermiş oldukları ailevi eğitim, güven ve özveriyle birlikte manevi desteğini esirgemeyen annem Songül KOÇAL, babam Ruhan KOÇAL, eşim Özge KOÇAL'a benliğimi değerli hissettiren kızlarım Asya ve Derin KOÇAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Tuğrul KOÇAL
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
Simgeler	ix
Kısaltmalar	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Coğrafya ve Ulaşım	3
2.2. Önceki Çalışmalar	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	12
3.1. Saha Öncesi Çalışmalar	12
3.2. Arazi Çalışmaları	12
3.3. Laboratuvar Çalışmaları	12
3.3.1.1. Sondaj çalışmaları	12
3.3.1.2. Mineralojik ve petrografik çalışmalar	17
3.3.1.3. X-Işınları difraktometre (XRD) analizleri	19
3.3.1.4. Kimyasal analizler	19
3.4. Büro ve Ofis Çalışmaları	21
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	22
4.1. Genel Jeoloji	22
4.1.1. Bölgesel jeoloji	22
4.1.2. Çalışma alanının jeolojisi.....	27
4.1.2.1. Kızılkaya formasyonu	29
4.1.2.1.1. Epiklastik seviye (mikritik kireçtaşı)	29
4.1.2.1.2. Dasit, tuf, dasitik tuf	30
4.1.2.2. Erenler formasyonu.....	31
4.1.2.3. Kabaköy formasyonu.....	32
4.1.2.4. Eosen yaşlı genç asidik kayalar	33
4.1.2.5. Yamaç molozu ve alüvyon	33
4.1.3. Tektonizma	33
4.2. Maden Jeolojisi	35
4.2.1. Erenler polimetal cevherleşmesinin yayılımı	35
4.2.2. Mineralojik - petrografik incelemeler	38
4.2.2.1. Yan kayaların mineralojik petrografik özellikleri.....	38
4.2.2.1.1. Petrografik ince kesit incelemeleri	38
4.2.2.1.2. X-Işınları difraktometre (XRD) analizleri	43
4.2.2.2. Cevher petrografisi (Parajenez-Süksesyon).....	44
4.2.2.2.1. Mineral parajenezi	44
4.2.2.2.2. Süksesyon	52
4.2.3. Jeokimyasal incelemeler	54
4.2.3.1. Yankayaç jeokimyası.....	54
4.2.3.2. Alterasyon jeokimyası	61
4.2.3.3. Mineralizasyon jeokimyası	65
4.2.4. Teknolojik Çalışmalar.....	72

4.2.5. Rezerv ve Kaynak Hesabı.....	74
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	78
5.1. Sonuçlar	78
5.2. Öneriler	80
KAYNAKLAR	81
EKLER	84



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Ag	Gümüş
As	Arsenik
Au	Altın
Ba	Baryum
C	Santigrat
Ce	Selenyum
Cr	Krom
Cu	Bakır
Dy	Disprosyum
Eu	Evropiyum
F	Flor
Gd	Gadolinyum
Hf	Hafniyum
Ho	Holmiyum
La	Lantan
Lu	Lütesyum
mg	Magnezyum
Nb	Niyobyum
Pb	Kurşun
Pr	Praseodim
Rb	Rubidyum
S	Kükürt
Sb	Antimon
	Silisyum
Sio2	dioksit
Sm	Samaryum
Sr	Stronsiyum
Ta	Tantal
Th	Toryum
Tm	Tulyum
U	Uranyum
Y	İtriyum
Zr	Zirkon

Kısaltmalar

A.Za	Ateşte Zaiyat
cc	Santimetre küp
CIA	Kimyasal Ayrışma İndeksi
D-B	Doğu-Batı
GB	Güney Batı
GD	Güney Doğu
KB	Kuzey Batı
KD	Kuzey Doğu
K-G	Kuzey-Güney
km	Kilometre
LILE	Büyük iyon çaplı litofil elementler
LAI	Lanz Ayrışma İndeksi
mm	Milimetre
MME	Mafik Mineral Anklavları
MTA	Maden Tetkik ve Arama
MY	Milyon Yıl
ORG	Okyanus Sırtı Granitoyidleri
sn	Saniye
VAG	Volkanik yay granitoyidleri
VMS	Volkanojenik Masif Sülfid
XRD	X-ışınları difraksiyonu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	3
Şekil 3.1. Karotların arazideki ön determinasyonu	13
Şekil 3.2. Karot sandıklarının kontrolü	13
Şekil 3.3. Karotların yarılanma işlemi.....	14
Şekil 3.4. Karotların fotoğraflanma işlemi	14
Şekil 3.5. Karotların detay determinasyonunun yapılması.....	15
Şekil 3.6. Karotlardan numune alma işlemi	15
Şekil 3.7. Numune alma işlemi.....	15
Şekil 3.8. Numunelerin çeyrekleme ve etüv işlemi	16
Şekil 3.9. Numunelerin öğütme işlemi	16
Şekil 3.10. Numunelerin kolileme işlemi	16
Şekil 3.11. Petrografik el örneklerinden görünüm	17
Şekil 3.12. Petrografik el örneklerinden hazırlanan ince kesitler.....	18
Şekil 3.13. Cevher parlatma örneklerine ait makroskobik görünümüleri.....	19
Şekil 3.14. Cevher parlatma örneklerine ait makroskobik görünümüleri-2	20
Şekil 3.15. Alterasyon alanının Google Earth görüntüsü	21
Şekil 4.1. Bölgesel jeoloji haritası (Güven, 1993).....	25
Şekil 4.2. Doğu Pontidler'in genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (ölçeksiz) (Güven, 1993).	26
Şekil 4.3. İnceleme alanına ait uydu görüntüsü ve jeoloji haritası	28
Şekil 4.4. Erenler (İrsahan) sahasının enine kesiti (ölçeksiz).....	28
Şekil 4.5. Çalışma alanında yapılan sondajlardan elde edilen litolojik birimleri gösterir K-G yönlü jeolojik enine kesit.....	29
Şekil 4.6. Kızılkaya Formasyonu mikritik kireçtaşı seviyeleri (y: 4574492, x: 735647)	30
Şekil 4.7. Kızılkaya Formasyonunun epiklastik seviyeleri ile dasitik tuf sınırı (y: 4574512, x: 735642).....	30
Şekil 4.8. Kızılkaya formasyonu dasit, dasitik tuf ve tüflerinin gözleendiği alandan genel görünüm	31
Şekil 4.9. Erenler formasyonuna ait flişler (y: 4574361, x: 735258).	31
Şekil 4.10. Kabaköy formasyonu hornblend andezitten bir görünüm (y: 4574066, x: 734265).....	32
Şekil 4.11. Eosen yaşlı genç asidik dayklar (y: 4574167 x: 735365).....	33
Şekil 4.12. Rize-Artvin yöresi tektonik yapılar ve VMS tip yataklar ile ilişkileri (Revan, 2010)	35
Şekil 4.13. Çalışma alanına ait 1/5.000 ölçekli detay maden jeoloji haritası	37
Şekil 4.14. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerde gözlenen fliş örneğinin ince kesiti (31909-Aer-15 , 98.00).....	39
Şekil 4.15. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerde gözlenen fosilli kireçtaşı örneğinin ince kesiti (465553-Aer-32, 184.00)	39
Şekil 4.16. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerde gözlenen mikritik kireçtaşı örneğinin ince kesiti (465548-Aer-32, 762.00).....	40
Şekil 4.17. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerde gözlenen dasit örneğinin ince kesiti (417906-Aer-30, 590,00)	40
Şekil 4.18. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerden yapılan dasit örneğinin ince kesitinde (84309 Aer 24A, 44.00, plajiyoklaz (Pl), kuvars (Qz).	41
Şekil 4.19. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerde gözlenen dasit örneğinin ince kesiti (008586 Aer-15,109.00, Qz: kuvars)	42

Şekil 4.20. Erenler alterasyon sahasından derlenen dasit örneğinin ince kesiti (0038814 Aer-27,472.00, Pl: plajiyoklaz, Qz: kuvars)	42
Şekil 4.21. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerde gözlenen Tüf örneğinin ince kesiti (417900 Aer-30,261.00).....	43
Şekil 4.22. XRD analiz sonuçlarına göre mineral dağılımını grafiği	43
Şekil 4.23. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-32; 547.00-467486).....	44
Şekil 4.24. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-32; 599.00-467487).....	45
Şekil 4.25. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-32, 630.00-467488).....	45
Şekil 4.26. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-35, 68.00-467489).....	46
Şekil 4.27. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-35, 83.00-467490).....	46
Şekil 4.28. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-35, 120.00-467491).....	47
Şekil 4.29. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-35, 514.00-467492).....	48
Şekil 4.30. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-33, 564.00-467493).....	48
Şekil 4.31. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-17A, 439.00-008601).....	49
Şekil 4.32. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-27, 54.00-069879).....	49
Şekil 4.33. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-27,154.00-069881).....	50
Şekil 4.34. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-26A,92.00-069886).....	51
Şekil 4.35. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-25, 384.00-083398).....	51
Şekil 4.36. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-25, 541.00-083400).....	52
Şekil 4.37. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-36, 51.00-532483).....	52
Şekil 4.38. Erenler köyü cevherleşmesinin mineral parajenezi ve süksesyonu.....	53
Şekil 4.39. Kızılıkaya formasyonuna ait dasitlerin toplam alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) SiO_2 diyagramına göre adlandırılması	57
Şekil 4.40. Kızılıkaya formasyonuna ait dasitlerin AFM diyagramı (Toleyitik-kalkalkali eğrisi Irvine ve Baragar 1971'den alınmıştır) ve Yb'a karşı La (Barret ve MacLean 1994)	57
Şekil 4.41. Kızılıkaya Formasyonu dasit-dasitik tüflerinin iz elementler için çoklu element diyagramlarında gösterimi (Pearce, 1984)	58
Şekil 4.42. Kızılıkaya Formasyonuna ait dasitlerde LAI ($(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO})/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$)'ne karşı ana elementlerin değişim diyagramları.	59
Şekil 4.43. Kızılıkaya Formasyonuna ait dasitlerin ana ve iz elementlerinin LAI ($(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO})/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$) 'ne karşı değişim diyagramları.....	60
Şekil 4.44. Kızılıkaya formasyonuna ait dasitlerin Rb – Y+Nb ve Sr/Y – Y iz elementler diyagramlarında gösterimi.	60

Şekil 4.45. Aer-1 nolu sondajda alterasyona uğramış kayaçların $Al_2O_3-(CaO+Na_2O)-K_2O$ ve $Al_2O_3-(CaO+Na_2O+K_2O)-Fe_2O_3+MgO$ üçgen diyagramlarda gösterilmesi.....	61
Şekil 4.46. Aer-3 nolu sondajda alterasyona uğramış kayaçların $Al_2O_3-(CaO+Na_2O)-K_2O$ ve $Al_2O_3-(CaO+Na_2O+K_2O)-Fe_2O_3+MgO$ üçgen diyagramlarda gösterilmesi.....	62
Şekil 4.47. Aer-8 nolu sondajda alterasyona uğramış kayaçların $Al_2O_3-(CaO+Na_2O)-K_2O$ ve $Al_2O_3-(CaO+Na_2O+K_2O)-Fe_2O_3+MgO$ üçgen diyagramlarda gösterilmesi.....	62
Şekil 4.48. Aer-10 nolu sondajda alterasyona uğramış kayaçların $Al_2O_3-(CaO+Na_2O)-K_2O$ ve $Al_2O_3-(CaO+Na_2O+K_2O)-Fe_2O_3+MgO$ üçgen diyagramlarda gösterilmesi.....	63
Şekil 4.49. Aer-13 nolu sondajda alterasyona uğramış kayaçların $Al_2O_3-(CaO+Na_2O)-K_2O$ ve $Al_2O_3-(CaO+Na_2O+K_2O)-Fe_2O_3+MgO$ üçgen diyagramlarda gösterilmesi.....	63
Şekil 4.50. Aer-33 nolu sondajda alterasyona uğramış kayaçların $Al_2O_3-(CaO+Na_2O)-K_2O$ ve $Al_2O_3-(CaO+Na_2O+K_2O)-Fe_2O_3+MgO$ üçgen diyagramlarda gösterilmesi.....	64
Şekil 4.51. Aer-37 nolu sondajda alterasyona uğramış kayaçların $Al_2O_3-(CaO+Na_2O)-K_2O$ ve $Al_2O_3-(CaO+Na_2O+K_2O)-Fe_2O_3+MgO$ üçgen diyagramlarda gösterilmesi.....	64
Şekil 4.52. Aer-39 nolu sondajda alterasyona uğramış kayaçların $Al_2O_3-(CaO+Na_2O)-K_2O$ ve $Al_2O_3-(CaO+Na_2O+K_2O)-Fe_2O_3+MgO$ üçgen diyagramlarındaki görünümü.....	65
Şekil 4.53 Cevher numunelerinde ortak korelasyon katsayılar göre hazırlanan küme analizi dendrogramında ortaya çıkan ana ve alt kümeler	71
Şekil 4.54. Modal Mineraloji (Tüm Fraksiyonlar için ortalama değerler alınmıştır).....	73
Şekil 4.55. Pb-Zn-Cu ve S elementlerine ait hesaplanmış teorik elementsel içerik grafiği	73
Şekil 4.56. Pb-Zn-Cu ve S elementlerine ait elementsel dağılım grafikleri	74
Şekil 4.57. Sondajlar -x ekran görüntüsü.....	75
Şekil 4.58. Au için Blok -x ekran görüntüsü	75
Şekil 4.59. Cu için Blok -x ekran görüntüsü.....	75
Şekil 4.60. Zn için Blok -x ekran görüntüsü.....	76
Şekil 4.61. Pb için Blok -x ekran görüntüsü	76
Şekil 4.62. Ag için Blok -x ekran görüntüsü	76

ÇİZELGELER LİSTESİ

Tablo 4.1. Dasitik tüflerden alınan kayaçlara ait ana oksit, iz element, NTE analiz sonuçları ve bu sonuçlara ait ortalama, standart sapma, standart hata ve anakitle aritmetik ortalamasının güven aralığı (μ_1 ve μ_2)	55
Tablo 4.2. Dasitlerden alınan numunelere ait ana oksit, iz element, NTE analiz sonuçları ve bu sonuçlara ait ortalama, standart sapma, standart hata ve anakitle aritmetik ortalamasının güven aralığı (μ_1 ve μ_2)	56
Tablo 4.3. Cevherli zondan alınan numunelere ait kimyasal analiz sonuçları, ortalama, standart sapma, standart hata, hesaplanan t (t_n) ve anakitle aritmetik ortalamasının alt ve üst sınırlar (μ_1 ve μ_2)	67
Tablo 4.4. Cevherli zondan alınan numunelerde analizi yapılan bileşenlere ait korelasyon katsayıları	69
Tablo 4.5. Sadeleştirilmiş Modal Mineralojik Bileşim Tablosu	73
Tablo 4.6. Erenler, Balcı sahasının Altın, Bakır, Çinko, Kurşun ve Gümüş için Maden Kaynak Tahmini	76

1. GİRİŞ

Çalışma alanı magmatik yay özelliğindeki Doğu Pontidler'in kuzey zonunda (Doğu Karadeniz Bölgesi'nde) yer almaktadır. Yörede bulunan volkanosedimanter birimler Geç Kretase'de başlayan denizaltı volkanizması ve sedimantasyonu sonucu oluşmuştur. Doğu Karadeniz kuşağında yer alan VMS yatakları; denizaltı volkanizması ve sedimantasyonunun tüm özelliklerini taşıması bakımından karakteristiktir. Özellikle Cu-Au-Zn-Ag maden yatakları bakımından özel bir konuma sahip olan bu bölgede, örtülü yeni rezervlerin bulunması ülke madenciliği için ayrı bir öneme sahiptir.

Bu tez, 2014-2021 yılları arasında MTA Genel Müdürlüğüne ait ruhsat sahasında yer alan Erenler (İrsahan) alterasyon alanında yapılmış prospeksiyon, detay etüt ve sondajlı arama çalışmaları ve bunlara ilişkin çalışmaların bir bölümünü kapsamaktadır.

Erenler (Artvin/Merkez) köyü ve civarında yer alan ve yaklaşık 2,5 km²'lik bir alanı kapsayan çalışma alanının en yaşlı birimini Santoniyen yaşlı asidik volkanizma ürünlerinden dasit, riyodasit, riyolit ve bunların piroklastikleri ile yer yer kırmızı çamurtaşı ve tuf seviyelerinden oluşan Kızılkaya formasyonu oluşturur. Birimin üst kesiminde çalışma sahasında volkanizmanın duraksadığı dönemde bordo renkli mikritik kireçtaşları bu asidik volkanizma ürünleri üzerine uyumlu olarak yerleşmiştir. Doğu Pontidler ile Toridler'in, Selandiyen-Erken Tanesiyen zaman aralığında çarpışmasından sonra, gerilmeli tektonik rejim sonucu olarak denizel ortam koşulları egemen olmuş ve Geç Tanesiyen-İpresiyen yaşlı Erenler formasyonu açısız uyumsuzlukla çökelmiştir (Kandemir ve diğ., 2017). Erenler formasyonu uyumsuz olarak çoğunlukla türbiditik kırıntılı kayaçlardan oluşur. Çalışma alanında Santoniyen yaşlı Kızılkaya formasyonuna ait dasit-dasitik tuf ve piroklastikleri Erenler formasyonu üzerine tektonik olarak gelmiştir.

Erenler (İrsahan) alterasyon sahasındaki cevherleşme Geç Kretase yaşlı (Kızılkaya Formasyonu) dasitik volkanizma ile ilişkili olup; volkanojenik masif sülfür tipi bir cevherleşme olup dasitlerin içinde saçılımı-ağsal damar, masif ve breşik tiptedir.

Erenler sahasının maden potansiyelinin ortaya çıkarılması için detaylı çalışmalar yapılmıştır. Bu bağlamda sahanın 1/5000 ölçekli detay maden jeoloji haritası hazırlanmıştır.

Sahanın cevher potansiyelinin ve rezervinin ortaya çıkarılması için Erenler Sektöründe toplam 64 adet 30820.60 m ve Balcı Sektöründe 10 adet 5130.9 m karotlu maden sondajı yapılmış ve sondajlardan alınan karotların Hopa (Artvin) ilçesinde bulunan depolarda yarılama ve çeyrekleme işlemine tabi tutularak örnekleme yapılmıştır. Sondaj karotlarından toplam 25 adet jeokimya örneği Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığı laboratuvarlarına gönderilmiş ve analizleri yapılmıştır. Ayrıca mineraloji ve petrografi kapsamında 8 adet petrografi, 15 adet parlatma, 130 adet XRD örneği alınmıştır.

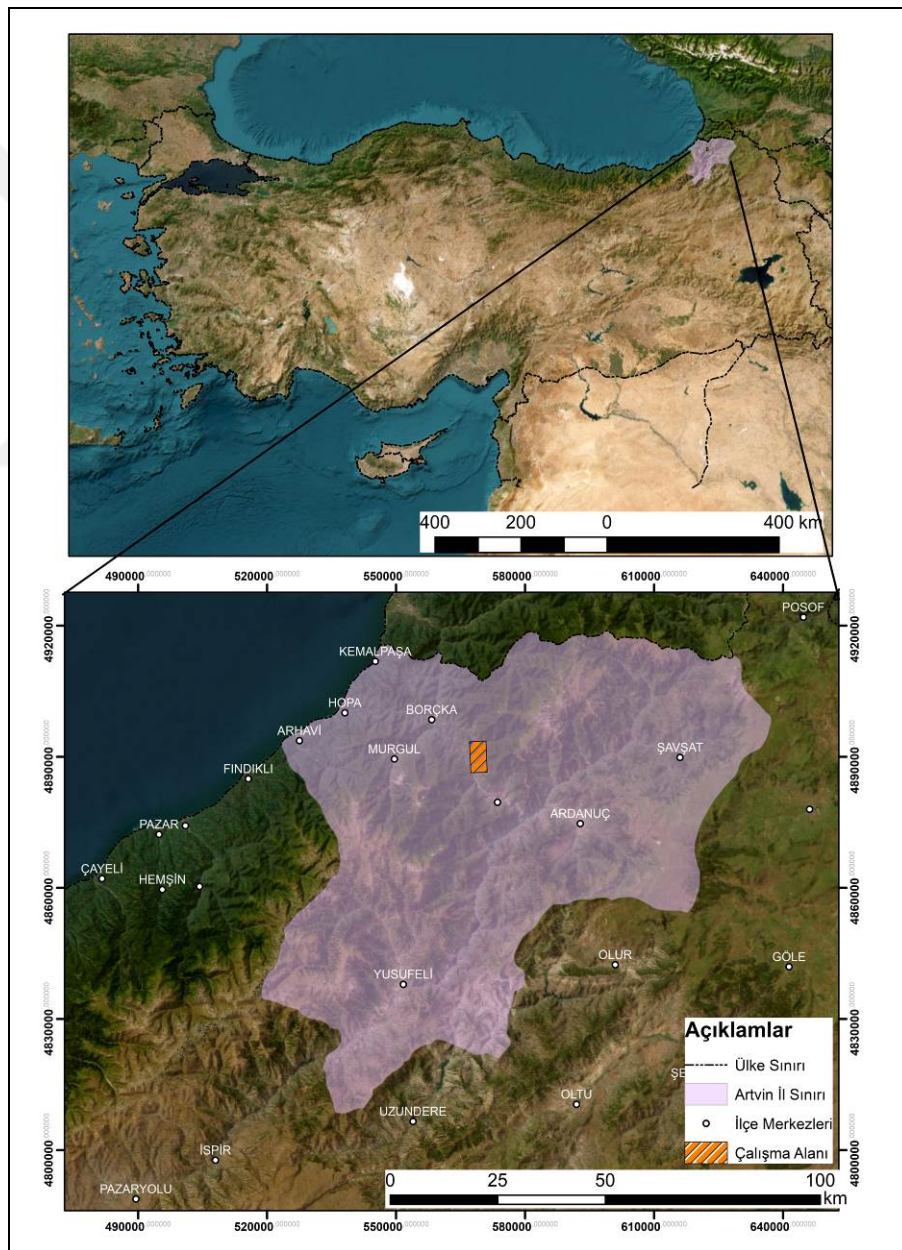
Bütün bu çalışmalardan elde edilen verilerden yararlanılarak Erenler alterasyon sahasının cevherleşme , yan kayaç ve kökensel ilişkisi ortaya koyulmaya çalışılmıştır.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Coğrafya ve Ulaşım

Çalışma alanı Artvin ili, Erenler (İrsahan) köyü sınırları içerisinde, Artvin F47-b4 paftasında yer almaktadır. İnceleme sahası, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, Artvin'in kuş uçuşu 12 km kuzeybatısında, Erenler (İrsahan) köyü sınırları içinde bulunmakta olup Artvin ilinden 20 km'lik yolla ulaşılabilir (Şekil 2.1). Sahada yükseltiler 750 m ile 1800 m arasında değişmektedir. Sahanın en yüksek kesimi Deli Tepe (1770 m) civarındır. Çalışma alanının yaklaşık 4 km batısında Çoruh Nehri bulunmaktadır.



Şekil 2.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

2.2. Önceki Çalışmalar

Doğu Karadeniz Bölgesi'nin (Doğu Pontidler) jeolojisi ve oluşumuna yönelik genel anlamda pek çok çalışma yapılmıştır. Bölge ilginç jeolojik yapı ile bilimsel, yaygın maden yatakları ve doğal kaynakları ile ekonomik açıdan önemli bir yere sahiptir. Çalışma alanı ile ilgili ilk jeolojik araştırmalar Hamilton (1842) ile başlar. MTA'nın kurulmasıyla bölgede Chaput (1936), Arni (1939), Kovenko (1942), Stchepinsky (1945) ve Wijkerslooth (1946) gibi araştırmacılar genel ve ekonomik jeolojiye yönelik ilk araştırmalar yapmışlardır. Bu araştırmaları 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası'na (Trabzon ve Kars paftaları; Gattinger ve diğ., 1962), taban teşkil edecek 1/100.000 ölçekli jeoloji harita çalışmaları (Baykal, 1950 ve 1953; Gattinger, 1955 ve 1962) izlemiştir. Doğu Pontidler Liyas'tan Pliyosen'e kadar geçen zaman aralığında magmatik yay özelliğinde kalmış, bunun sonucunda volkanik kayalar gelişmiştir.

Bölgenin geniş alanlı jeolojik yapısını oluşturan kayaların temelinde Yusufeli-Demirkent bucağı çevresinde yüzeylenmiş gnays ve mika şistler ile temsil olunan paleozoik yaşlı bir masif bulunmaktadır. Bu temel üzerine Liyas yaşlı epi-metamorfik bir seri (tortul-metavolkanik) ve daha üste doğru Dogger, Malm, Erken Kretase, Geç Kretase ve Tersiyer yaşlı tortul serilerin geldiği, bu yörede yapılan 1/25.000 ölçekli jeolojik harita alımı sonucunda belirlenmiştir (Baydar ve diğ., 1969).

Liyas epi-metamorfikleri (Meta-bazalt, fillit, kuvarsklorit şist, serizit şist) granitik bir sokulum ile kesilmiştir. Artvin çevresinde yapılan 1/25000 ölçekli jeolojik harita alımı sonucunda epi-metamorfiklerinin, tabanında kırmızı renkli bir konglomera seviyesi bulunan Geç Jura-Erken Kretase yaşlı kireçtaşları ile üstlendiği saptanmıştır.

İnceleme alanı çevresinde yapılan 1/10.000 ölçekli jeolojik harita alımı ve 1/25.000 ölçekli jeolojik harita alımı (Güven ve diğ., 1998) çalışmaları sonucunda bakır-kurşun-çinko cevherleşmeleriyle yakın ilişkisi olan asit volkanitler ayrılmıştır. Asit volkanitler genellikle Geç Kretase-Geç Senoniyen yaşlı çamurtaşı (biyomikritik kireçtaşı) mercikleri içerirken, yastıklı bazalt lav ve piroklastikleri ile üstlenirler. Daha üstte ise Paleosen-Eosen flišleri ve genç andezitik volkanitler yüzeylenmiştir.

Çalışma alanı çevresinde önemli faylı ve kıvrımlı yapılar bulunmaktadır. Çalışma alanı yakın çevresinde bilinen en büyük tektonik hat Artvin il merkezinin doğusunda bulunan Liyas metamorfikleri ile Geç Kretase volkanitleri arasında GB-KD doğrultusunda uzanan ters faylı bindirme hattıdır. Ayrıca çalışma alanı içerisinde

cevherli dasitlerle filişler arasındaki KB-GD uzanımlı sınırın da ters faylı bindirmeli bir hat oluşturduğu belirlenmiştir.

Dewey ve diğ. (1973), Paleotetis'i, Pontidlerin kuzeyine yerleştirmiş ve Paleozoyik sonundan Eosen'e kadar devam eden güney yönlü bir yitimi belirtmiştir.

Koprivica (1976), Hopa-Murgul-Artvin madencilik bölgesinde yer alan çalışma alanında büyük ihtimalle Oligosen-Miyosen yaşlı diyorit ve gabro, granodiyorit, kuvarsdiyorit, biyotit granitlerle temsil edilen magmatik kayaçların bulunduklarını ve Tersiyer'de volkanizmanın yeniden canlanmasıyla ojit-hornblend andezit, ojit-diyabaz ve bazaltların damar ve siller şeklinde görüldüğünü belirtmiştir. Araştırmacı mineral zuhurları, bileşimleri ve jenezlerine göre pirit, manganez ve skarn tip olmak üzere üç bölüme ayrılabilğini ifade etmiştir.

Güven ve diğ. (1998), bölgede yaptıkları 1/10.000 ölçekli jeolojik harita alımı çalışmalarına göre çalışma alanı ve civarının jeolojik yapısının horst-graben sistemi içerisinde gelişen blok faylanmalı yapılara bağlı olduğunu açıklamışlardır. Ancak daha sonra yapılan 1/25.000 ölçekli jeolojik harita alımı çalışmalarında horst graben sistemi yanında daha çok kıvrımlanma yapısının olduğu ve ileri derecede kıvrımlanma sonucu bazı kesimlerde yatık kıvrımlı yapılar ve buna bağlı bindirmelerin varlığı ortaya konulmuştur. Kuvarshan maden sahasında cevherli asit volkanitlerden daha genç olmasına rağmen alt konumda yer alan bazik seri -2'nin itilmeye bağlı bir bindirme sonucunda bu durum kazandığı söylenebilir. İnceleme alanında bulunan tortul seriler içerisindeki kıvrımlanma eksenleri genel olarak KB-GD doğrultusunda gelişmiş olup volkanitler de tortul serilere uyumlu olarak yerleşmişlerdir. Faylı yapılar genellikle cevherleşmeden sonra gelişmiş olup bunların bir kısmı cevherli zonlar üzerinde etkin rol oynamıştır. İnceleme alanı içerisinde belirlenen en önemli fay hattı Kuvarshan ve Erenler maden yataklarının bulunduğu kesimden geçen, KB-GD doğrultusunda uzanan ve devrik yapıya bağlı olarak gelişen ters faydır.

Bektaş ve diğ. (1987), Kuzey zon, Güney zon ayırtlamasına Eksen zonu adını verdiği bir üçüncü zonu eklemişler, kuzey-güney zon sınırını Torul ilçesinin yakın güneyinden geçen, granitik kuşağını güneyinden sınırlayan Niksar-İspir-Ardanuç fay hattı ile bağlamışlardır.

Er (1991), Murgul maden arama ve geliştirme çalışmasında, tespit edilen Cu-Pb-Zn anomalilerinin kaynağının çalışma sahasının yakınında bulunan Eosen yaşlı riyolit-kuvars porfir volkanizmasına bağlı olduğu, ancak cevherli ergiyiklerin zengin olmadığı kanaatine varmıştır.

Güven (1993), Doğu Karadeniz Bölgesinin 1/250000 ölçekli Jeoloji ve Metalojeni Haritasını hazırlamış ve Pontidlerin kuzey ve güney zonu için iki farklı stratigrafik kesit önermiştir.

Adamia ve diğ. (1995), Artvin-Borçka arasındaki kesimde (Artvin-Bolnisi) temeli Variskan granitleri ile metamorfitlelerinin oluşturduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu temelin, çok sayıda diyabaz, gabro, granit porfir ve dasitik dayklarınca kesildiğini ve Geç Kretase yaşlı volkano-sedimanter birimince transgresif olarak örtüldüğünü ifade etmişlerdir.

Çamur ve diğ. (1996), Pontidlerin Kuzey zonundaki volkanik kayalar stratigrafik olarak Jura Volkanik Devri, Geç Kretase Alt Volkanik Devri, Geç Kretase Üst Volkanik Devri ve Tersiyer Volkanik Devri olmak üzere dört evreye ayırmışlardır. Çalışmalarında Jura volkanitlerinin yay gerisi ve zenginleşmiş okyanus ortası bazaltı özellikleri taşıdığını, Geç Kretase volkanik kayalarının toleyitik ve kalk-alkali, Tersiyer volkanitlerinin ise şoşonitik özellikte olduklarını belirtmişlerdir.

Arslan ve diğ. (1997), Doğu Karadeniz Bölgesi Kuzey Zonu volkanizmasını Liyas, Geç Kretase ve Eosen olmak üzere üç ana volkanik evreye ayırmışlardır. Her bir evreyi jeokimyasal ve petrolojik olarak inceleyip birbiriyle karşılaştırmalarını yapan araştırmacılar, jeokimyasal ve petrolojik verilerin ada yayı ortamını gösterdiğini, Liyas volkanitlerinin toleyitik-kalkalkalen, Geç Kretase volkanitlerinin subalkali, Eosen volkanitlerinin ise alkali özellikte olduğunu belirtmişlerdir.

Yılmaz ve diğ. (1997), Türkiye-Gürcistan sınırının Pontidler'in en doğu ucu ile Trans-Kafkasya'nın güney kesiminin bir parçası olduğu ve kuzeyde Adjara-Trialeti birimi, güneyde ise Artvin-Bolnisi birimi ile temsil edildiğini ve her iki birimin en alt düzeyinin, Doğu Pontid-Güney Trans-Kafkasya'nın Geç Kretase yaşlı-yay ve yay-ardı topluluğu ile temsil olunduğu belirtmişlerdir. Artvin-Bolnisi birimi boyunca, Maestrihtiyen-Paleosen yaşlı sığ denizel kireçtaşı ve türbiditik kırıntılı kayaların yerel uyumsuzluklarla temsil edilen ilişkilerle yay topluluğu üzerine geldiği ve üste doğru Eosen volkanoklastik kayalarına geçtiği, Orta Eosen volkanik kayalarının Adjara-Trialeti biriminde görülen istife benzer bir sıralanım gösterdiği ve 1.5-2 km. kalınlık sunduğu belirtilmiştir. Bu istifin Geç Eosen yaşlı sığ denizel kırıntılı kayalar tarafından yerel bir uyumsuzlukla izlendiğini ifade eden araştırmacılar, her iki birimde kalınlık, yerel uyumsuzluklar ve kaya türleri yönünden izlenen farklılıklara rağmen, her iki ana tektonik birimin Maestrihtiyen-Eosen istiflerinin korele edilebileceğini söylemişlerdir.

Aksay ve Turhan (1998), “Şavşat-Ardanuç (Artvin) Dolayının (Ardahan-F48 paftası) Jeolojisi” başlıklı çalışmalarında; yörede birbirleriyle tektonik olarak sınırlanmış, farklı stratigrafik bütünlükler sunan, Kuzey İstifi, Güney İstifi-1 ve Güney İstifi-2 şeklinde üç ayrı istif ayırtlamışlardır. Araştırmacılar Erken Jura yaşlı Bertaderesi formasyonunun kendisini kesen Pırnallı granitiyle birlikte, kırmızı renkli çakıldaşlarından oluşan İsolevler üyesi tarafından açılı uyumsuzlukla örtüldüğünü belirtmişlerdir.

Güven (1998)’ in yapmış olduğu sınıflamada masif sülfid cevherleşmeleri içeren Geç Kretase-Paleosen dönemine ait kayaların genelde andezitik-bazaltik volkaniklerden oluşan Çatak Formasyonu, dasitik volkaniklerin baskın olduğu Kızılkaya Formasyonu ve andezitik-bazaltik lav ve piroklastiklerden oluşan Çağlayan formasyonu ile temsil edildiklerini belirtmiştir.

Konak ve diğ. (2001), “Kuzeydoğu Pontidlerin (Oltu-Olur-Şenkaya-Narman-Uzundere-Yusufeli) Jeolojisi” başlıklı çalışmalarında, bölgede birbirleriyle tektonik ilişkili farklı litostratigrafi ve litofasiyes özelliğindeki çeşitli birliklerin bulunduğunu belirtmişlerdir. Bu birliklerin yaklaşık KD-GB doğrultulu yapısal hatlarla yan yana veya üst üste gelmiş olduğunu ve bir kısmında Geç Paleosen’e kadar sürekliliğin izlenebildiğini ifade eden araştırmacılar, Jura-Kretase yaşlı bu birlikleri aralarındaki ortak özellikleri dikkate alarak dört zon bazında gruplandırarak incelemiştir. Bu zonlar kuzeyden güneye doğru Hopa-Borçka Zonu, Artvin-Yusufeli Zonu, Olur-Tortum Zonu ve Erzurum-Kars Ofiyolit Zonu’dur. Bunlardan en kuzeydeki Hopa-Borçka zonu tek istif ile temsil olunurken Artvin-Yusufeli Zonu kuzeydoğudan güneybatıya doğru Öğdem, Zeytinlik, Madenler, Ardanuç, Üçsu ve Günyayla birliklerini; Olur-Tortum Zonunun Olur, Aksu ve Çardaklı birliklerini kapsadığı belirtilmiştir. En güneydeki Erzurum-Kars Ofiyolit Zonu ise Kırdag ve Karadağ birliği olarak tanımlanmıştır. Ayrıca Artvin-Yusufeli Zonu kapsamındaki Zeytinlik, Madenler ve Günyayla birliklerinde Geç Jura-Erken Kretase yaşlı birimler üzerine aşıl uyumsuzlukla gelen Geç Kretase istiflerinin altta kırmızı renkli karasal çakıldaşı düzeyi ile başladığını belirtmişlerdir. Yine aynı çalışmada Geç Paleosen-Erken Eosen zaman aralığının: yöredeki önemli kıvrımlı ve bindirmeli yapılarla doğrultu atımlı fayların ilk gelişmeye başladığı, önemli tektonik rejim değişikliğinin olduğu, zon ve birliklerin sınırını belirleyen fayların geliştiği bir dönem olduğu ifade edilmiştir.

Okay (2008), Türkiye’nin, jeolojik olarak Alpin orojenezi süresince kaynaşarak birleşmiş, çok sayıda mikrolevhadan oluştuğunu söylemiş ve başlangıçta bu

mikrolevhaları birbirinden ayıran okyanusların kalıntılarının Anadolu’da yaygın olarak izlenen ofiyolitler ve yığışım kompleksleri ile temsil edildiğini belirtmiştir. İzmir-Ankara-Erzincan sutureunun kuzeyindeki alanları kapsayan Pontidlerin, birbirlerinden farklı jeolojik evrim sunan üç tektonik birlikten oluştuğunu ve bunların Istranca Masifi, İstanbul ve Sakarya zonu olarak adlandırıldığını ifade etmiştir. Pontidleri oluşturan bu üç kıtacığın Lavrasya kıtasına benzer özellikler gösterdiğini, Variskan ve Kimmerid orojenezinin kanıtlarını içerdiklerini söylemiştir. Ayrıca bunların Paleozoyik ve Mesozoyik evrimlerinin Anatolid-Toridler’den oldukça farklı olduğunu, Pontidler ve Anatolid-Toridler’in Fanerozoik boyunca bağımsız olarak evrimleştiğini ve ilk kez Tersiyer’de bir araya geldiklerini ifade etmiştir. Anadolu’yu oluşturan kıtasal birliklerin Oligo-Miyosen’de nihai birleşmesinin; kıta içi sedimantasyon, kalk-alkali magmatizma, genişleme ve doğrultu atımlı faylarla temsil edilen yeni bir tektonik dönemi başlattığını ve Kuzey Anadolu Fayı gibi birçok güncel aktif yapıların bu Neotektonik fazın sonucu oluştuğunu ifade etmiştir.

Akdeniz ve Hasanov (2011), Azerbaycan ile ortak yürütülen çalışmada Doğu Pontidleri güneyden kuzeye “Kuzey Anadolu Ofiyolit Zonu”, “Ovacık Olur Zonu”, Bayburt Artvin Zonu”, “Harşit Borçka Zonu” başlıkları ile 4 ana tektonostratigrafik birime ayırmışlar ve Doğu Pontidlerde yay eksenini belirlemişlerdir.

Aydınçakır (2012), “Borçka (Artvin, KD-Türkiye) Yöresi Tersiyer Volkanitlerinin Petrografisi, Jeokimyası ve Petrojenezi” adlı çalışmada, Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin ana, iz element, Ar-Ar yaş ve Sr-Nd izotop verilerini incelemiştir. Tersiyer yaşlı Borçka (Artvin) volkanitlerinin, Geç Kretase yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak yer aldığını ifade etmiş ve Borçka (Artvin) volkanitlerini, tabanda Borçka Bazaltı, Civanköy Üyesi ve bunları kesen bazik dayk olmak üzere üç üyeye ayırmıştır. Volkanitlerin plajiyoklas, klinopiroksen, hornblend fenokristalleri ile magnetit/titanomagnetit ve apatit içerdiklerini belirtmiş ve hornblendlerden elde ettiği ^{40}Ar - ^{39}Ar ($46,1\pm0,8 - 39,9\pm0,5$ My) yaşlarına göre de Borçka volkanitlerinin Orta Eosen zamanında oluştuklarını ifade etmiştir. Ayrıca Tersiyer volkanizmasının Pontidlerin kuzeyinde ve güneyinde aynı jeokimyasal özellikler gösterdiğini belirtmiştir.

Revan ve diğ. (2013), Doğu Karadeniz Bölgesi masif sülfür yataklarının cevherlerinin yapı-doku ve bileşenler açısından iyi korunmuş özelliklere sahip olduğunu ve bu iyi korunmuş özelliklerden yola çıkarak bazı masif sülfür yataklarının deniz

tabanında moloz/kütle akmaları şeklinde, bazı yatakların ise deniz tabanının hemen altındaki ornatma süreçleriyle oluştuğunu belirtmektedir.

Eyüboğlu ve diğ. (2013, 2017), Kop Dağı ultramafiklerini kesen adakitik türü porfiri tip dasit ve riyodasit türü kayaçların yaşını U-Pb yaşlandırma yöntemiyle 52-59 milyon yıl arası bulmuştur. Bu kayaçların petrojenezinin güneye yönlü bir yitim zonuyla ilişkili tüketilmiş manto bileşenli olduğunu belirtmişlerdir. Bu kayaçlara bağlı porfiri tip Au-Cu cevherleşmelerinin varlığı MTA tarafından tespit edilmiş ve çalışmalar devam etmektedir.

Kandemir ve diğ. (2017), Artvin Borçka-Yusufeli arasında kalan bölgede yapmış oldukları çalışmada, çalışma alanının temelini Karbonifer yaşlı Artvin granitoidinin oluşturduğunu, Artvin granitoidinin yer yer dinamik etkilere bağlı olarak az derecede yönlenme gösterdiğini, sıklıkla diyabaz daykları ve aplitlerce kesildiğini belirtmişlerdir. Granitlerin kenar kesimlerinde ise granitle eş yaşlı, asidik kökenli, yarıderinlik/subvolkanik kayaçlardan oluşan Yalnızçamtepe volkanitinin yer aldığını gözlemlemişlerdir. İlk uyumsuzluk düzlemini Artvin granitoidini transgresif olarak üzerleyen Berta formasyonunun oluşturduğunu; Lias-Dogger yaşlı olan Berta formasyonunun dasit, granitoid, şist çakıllı taban konglomerası ile başladığını, giderek derinleşen ortamda oluşan istifin çoğunlukla pelitik kayaçlarla temsil edildiğini belirtmişlerdir. Birimin çökelişi esnasında volkanik faaliyet gelişmiş, birim ile ara seviyeler oluşturmuştur. Volkanik faaliyetin çok yoğun olduğu üst kesimler Hızarlidere volkaniti adı altında incelenmiş, Berta formasyonu ile tektonik ilişkili kümülat gabrolar Soylu gabrosu adıyla ele alınmıştır. Berta formasyonunun tabanında yer alan konglomeralar Huletindere üyesi, kanal dolguları Güzelköy üyesi olarak ayırtlanmıştır. Tüm bu Erken-Orta Jura birimleri, Narlık grubu üst başlığı altında ele alınmıştır. Dogger sonunda yükselerek pozitif alan oluşturan Hızarlidere volkanitleri üzerine, karasal konglomera ve kumtaşından oluşan Erken Kretase yaşlı Öğdem formasyonu uyumsuzlukla gelmiştir. Kırmızı karasal konglomeralardan itibaren transgresif ilerleme ile birimler, kıyı fasiyesinde gelişmiş sarımsı renkli kumtaşı-konglomeraya geçiş göstermiştir. Bunların da üzerine Erken Kretase neritik karbonatlarından oluşan Aşağımaden formasyonu uyumlu olarak gelmiştir. Geç Kretase öncesi tüm birimler “Temel Birimler” başlığı altında incelenmiştir. Geç Kretase Doğu Pontid Yayı; Neo-Tetis’in kuzey kolunun, Sakarya Kıtası altına kuzey yönlü dalma-batması sırasında, Sakarya Kıtasının güneye bakan yamacı boyunca deniz altında oluşmuştur. Volkanik yay; bölgede Erken-Orta Turoniye’de gelişimine başlamış, Erken Maestrihtiyen’de

yükselen yay bölgesinde bazı alanlarda Geç Kampaniyen'e kadar varlığını sürdürmüştür. Geç Kretase volkanik yayının oluşumu süresince volkanizmanın karakterinde dönem dönem değişiklikler olmuş ve volkanizmanın etkin olmadığı dönemlerde çökel istifler gelişmiştir. Yanal ve düşey fasiyes değişikliklerinin sık gözlemlendiği, kırıntılı ve yer yer pelajik çökellerle ardalanan yay volkanitlerini temsil eden farklı lito-fasiyes ve yaş özelliği sunan Geç Kretase Doğu Pontid Yay Birimleri; Çatak formasyonu, Zeytinlik üyesi (taban konglomerası), Kızılkaya formasyonu, subvolkanik Sakalar volkaniti, Çağlayan formasyonu ve Çayırbağ formasyonu adı altında ele alınmışlardır. Aynı dönemde yaya bağlı gelişen derinlik ve ilişkili yarı derinlik kayalarları Kaçkar granitoyidi-I adı altında incelenmişlerdir. Erken-Orta Turoniyen'de taban konglomerası ile gelişimine başlayan yay istifi, Geç Kampaniyen-Erken Maestrihtiyen'e kadar gelişimine devam etmiştir. Yay, ilk defa Geç Kampaniyen, nihai olarak erken Maestrihtiyen'de yükselerek pozitif alan haline gelmiş ve yayın kuzeyinde Doğu Karadeniz yay-ardı havzası açılmaya başlamıştır. Yükselen yay bölgesi ile yay-ardı havza sınırını oluşturan tektonik hat Murgul-Borçka arasında KD-GB yönlü olarak uzandığını ve Murgul-Borçka Hattı olarak tanımlanmışlardır. Yükselen yay bölgesi tektonik hattın güney-güneydoğusunda yer alır. Muhtemelen yay ekseninin güneye göçü neticesinde yükselen yay bölgesi çökmüş, bu bölgedeki yay birimleri geç Maestrihtiyen transgresyonuyla, kırıntılardan oluşan Ovacık formasyonu, resifal kireçtaşları ve diğer kırıntılardan oluşan Ağıllar formasyonu, hemipelajik kireçtaşı ve klastiklerden oluşan Beşağıl formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenmiştir. Bu yay-içi örtü birimleri muhtemelen Selandiyen başlarına kadar çökelimine devam etmiştir. Buna karşın Murgul-Borçka hattının kuzey-kuzeybatısında, çöken yay-ardı bölgesindeki Kampaniyen-Maestrihtiyen istifleri derin denizel karakterde ve yay birimleri ile geçişlidirler. Yay-ardı bölgesinin pelajik çökellerinden oluşan Cankurtaran formasyonu, Geç Kampaniyen yanalda bazı alanlarda erken Maestrihtiyen'de gelişimine başlamış, Geç Daniyen'e kadar çökelimine devam etmiştir. Pelajiklerin üst kesimlerindeki birimle geçişli geç Daniyen yaşlı bordo renkli kilitaşı, çamurtaşları Koyuncular formasyonu adıyla incelemişlerdir. Yapılan çalışmada yay-ardı, yükselen yay ve yay-içi örtü birimleri, kırıntılardan oluşan Erenler formasyonu tarafından Geç Tanesiyen'de uyumsuz olarak üzerlenmiştir. Devamında gerilmeli tektonik rejim sonucu Erken İpresiyen-Lütesiyen'de çarpışma sonrası volkanitlerden oluşan Kabaköy formasyonu ve üyeleri gelişmiştir. Paleosen-Eosen dönemi derinlik ve ilişkili yarıderinlik kayalarları Kaçkar Granitoyidi-2 adıyla incelenmiştir. Doğu Pontidler'de, Selandiyen Erken

Tanesiyen arasındaki bu çökelmezlik dönemi, Doğu Pontidler ile Anatolid-Torid bloku çarpışmasının bu dönemde gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Kuzeydoğu-güneybatı gidişli tektonik yapılar içeren Doğu Pontid kıvrım-bindirme kuşağı ise Lütesiyen sonrası gelişmiştir. Yapılan çalışmada inceleme alanında tespit edilen en genç magmatizma ürünü çoğunlukla subvolkanik riyolitlerden ve granit porfirlerden oluşan Erken Oligosen yaşlı Efeler volkanitinin olduğunu belirtmişlerdir.

Revan ve diğ. (2019), Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Geç Kretase yaşlı birimler içerisindeki VMS yataklarını köken ve oluşum ortamlarını ortaya koymuş olup, bu bölgedeki yatakların oluşumunun, Rusya'nın Ural bölgesinde oluşan VMS-tip cevherleşmelerin oluşumuyla benzer olduğunu belirtmişlerdir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Giriş bölümünde belirtilen amaç doğrultusunda arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmalarından oluşan jeolojik ve jeokimyasal çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

3.1. Saha Öncesi Çalışmalar

Saha çalışmasına başlamadan önce inceleme alanı ve yakın çevresinin, jeoloji ile ilgili daha önce araştırmacılar tarafından yürütülmüş, araştırılmış olan rapor ve yayınlar derlenmiştir. Ayrıca bu dönemde arazi çalışmaları için ilgili kurum olan Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünden gerekli izinler alınmıştır.

3.2. Arazi Çalışmaları

Çalışma alanında arazi çalışmaları, prospeksiyon, detay maden jeolojisi ve sondaj çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ruhsat sahasının 1/5000'lik detay maden jeolojisi haritaları yapılmıştır.

Yapılan arazi çalışmaları ile alterasyon sahasındaki kayaç tipleri, formasyon sınırları, ve alterasyon tipleri belirlenmiştir. Mevcut yapısal unsurlar tabaka, kıvrım, fay, çatlak, vb. belirlenmiş ve gerekli ölçüm işleri yapılarak, bu düzlemsel yapıların konumları 1/5000 ölçekli harita üzerine işlenmiştir. Sahada sondaj çalışmaları yapılarak karot örnekleri alınmıştır.

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

3.3.1.1. Sondaj çalışmaları

2017-2021 yılları arasında Erenler sahasında yapılan sondajlardan alınan karotlar depolarda yarılama işlemine tabi tutulmuş ve tüm kuyulardan alınan karot örneklerinin determinasyonları yapılmıştır. Determinasyonları yapılan karotlar kırıcı makineler ile belirli boyutlara getirilmiş ve numune torbalarına koyulmuştur. Numuneler analiz için Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığı (MTA) laboratuvarlarına gönderilmiş ve analizleri yapılmıştır.

Çalışma alanında yapılan sondajların ön determinasyonu kapsamında konum bilgileri, eğim ve azimut değerleri, başlangıç ve bitiş tarihi, sondaj derinliği, manevra boyları ve karot sandık sayıları sondaj defterine işlenmiştir. Karotlar litolojik olarak

incelenmiş, RQD (Kaya Kalitesi) hesaplamaları yapılmış ve kuyu logları (ön determinasyon) sondaj defterine yazılmıştır. Arazide sondaj defterine işlenen tüm bu bilgiler, ofise gelindiğinde bilgisayara kaydedilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Karotların arazideki ön determinasyonu

Sondaj çalışmalarından elde edilen karotlar kamp şefliğinin bulunduğu İlçe 'deki karot kesimhanelerine nakledilmiştir. Kesimhanelere gelen sandıkların kapağına ve üzerine yazılan, proje bilgileri, başlangıç-bitiş seviyeleri, manevra takozları, sandık numaraları kontrol edilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Karot sandıklarının kontrolü

Kesimhanelere gelen ve kontrolleri yapılan karotlar tam ortadan iki eşit parçaya ayrılacak şekilde elmaslı testerelerle kesilmiştir. Karotlar yarılandıktan sonra kesilen yüzeyi üst tarafa gelecek şekilde sandıklara yerleştirilmiş ve sandıklar istiflenerek depoya nakledilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Karotların yarılanma işlemi

Depoya nakledilen karot sandıkları sandık numarasına göre sırayla yere serilerek tüm sandıklar su ile temizlenmiştir. Daha sonra her sandığın kapağıyla birlikte okunaklı olacak şekilde genel fotoğrafı çekilmiştir. Özel doku içeren kısımların beyaz tahta üzerinde ölçekli olarak detay fotoğrafı çekilmiştir (Şekil 3.4).



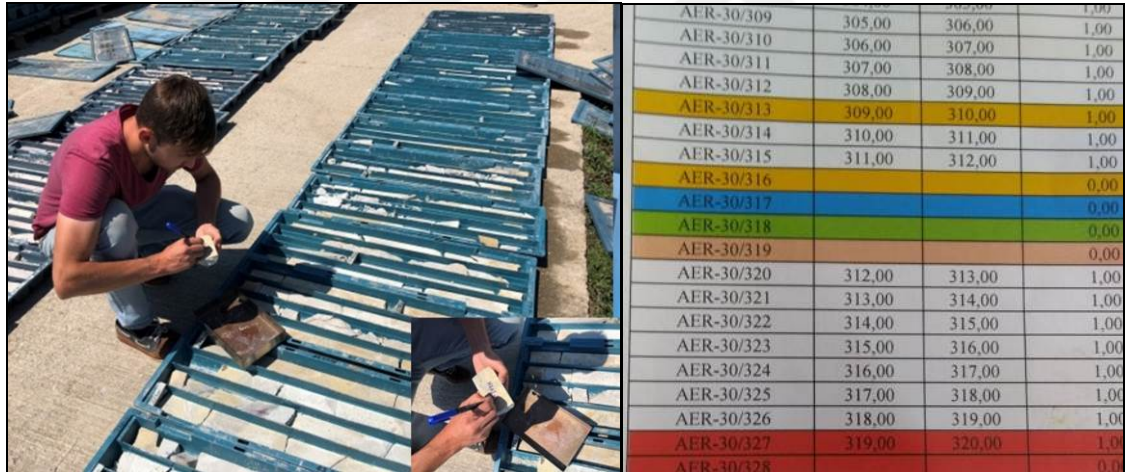
Şekil 3.4. Karotların fotoğraflanma işlemi

Her kuyunun detaylı olarak litolojik incelemesi, determinasyonu yapılmıştır (Şekil 3.5). Determinasyonu biten kuyular litoloji ve cevher durumuna göre uygun görülen metrelerden petrografi, parlatma, XRD ve yoğunluk analizleri için (beyaz tahta üzerinde ölçekli olarak fotoğraf çekildikten sonra) numuneler alınmıştır (Şekil 3.6).

Jeokimyasal Numune: Alındığı metre aralığı bilinen ve kontrol amacı taşımayan sadece jeokimyasal analiz sonucu beklenen numunelerdir. Litoloji değişimi ve cevher durumuna göre daha önceden belirlenen seviyelerden alınan numuneler, sırasıyla kaplara konularak çeneli kırıcıda tane boyu 3 mm'nin altına düşecek şekilde kırılmıştır. Her kırım işleminden sonra kırıcılar basınçlı hava ile temizlenmiş ve numuneler aynı kaplara doldurularak çeyrekleme işlemine geçilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.5. Karotların detay determinasyonunun yapılması



Şekil 3.6. Karotlardan numune alma işlemi



Şekil 3.7. Numune alma işlemi

Kırılan numuneler çeyrekleme aletinde ikiye bölünerek bir bölümü şahit olarak saklanacak şekilde numuneler 1000 cc'lik plastik kutulara doldurulmuştur. Diğer bölümü ise numune adının yazılı olduğu yanmayan bir kâğıtla tepsilere alınarak etüve (80 °C) yerleştirilmiş ve kurumaya bırakılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Numunelerin çeyrekleme ve etüv işlemi



Şekil 3.9. Numunelerin öğütme işlemi

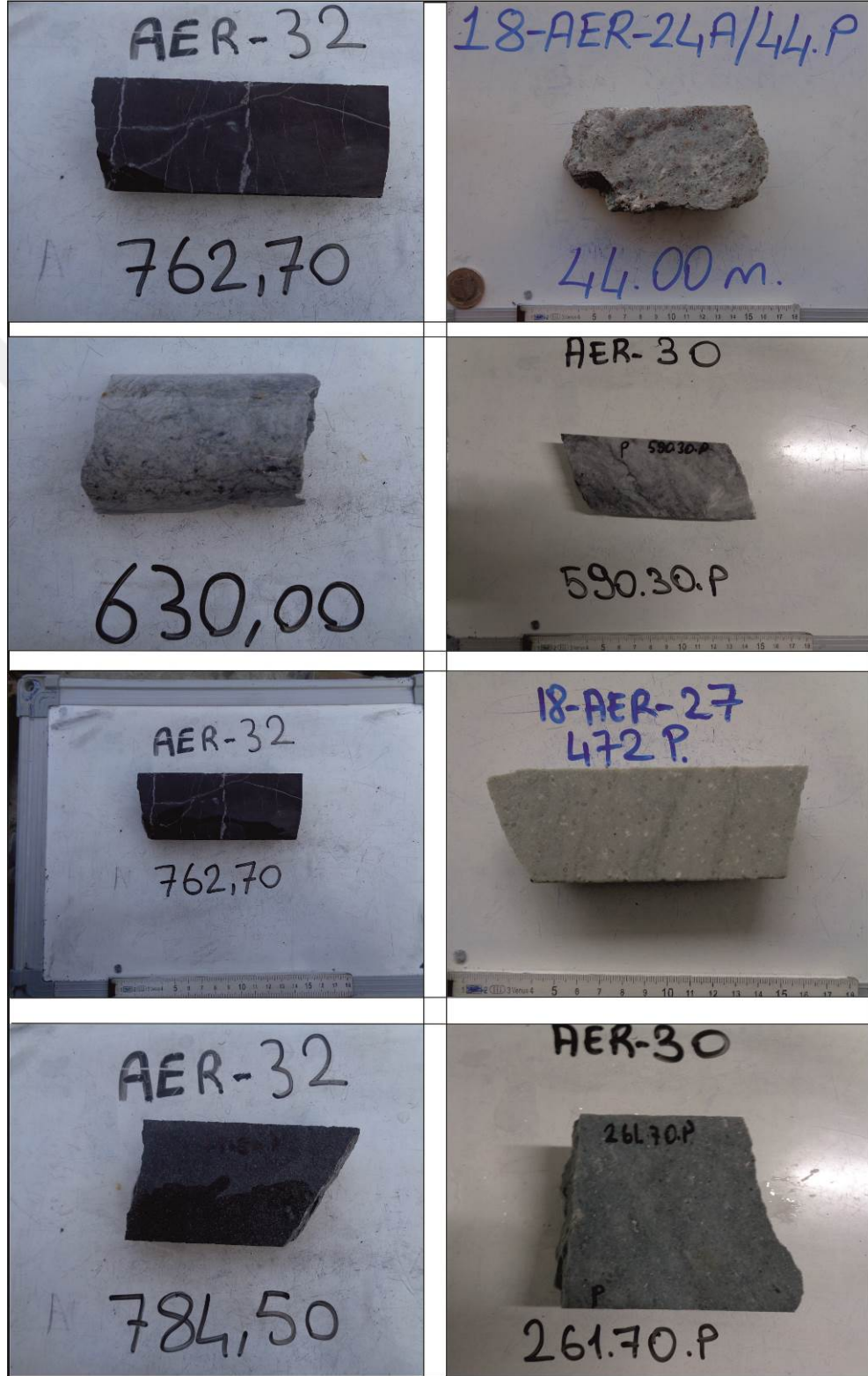
Bu koliler sudan ve nemden etkilenmeyecek şekilde streç filmle kaplanmış ve tahta paletlere istiflenmiştir. Bu numuneler daha sonra gerekli görüldüğünde tekrar incelenmek üzere karot bankasına aktarılmıştır (Şekil 3.10).



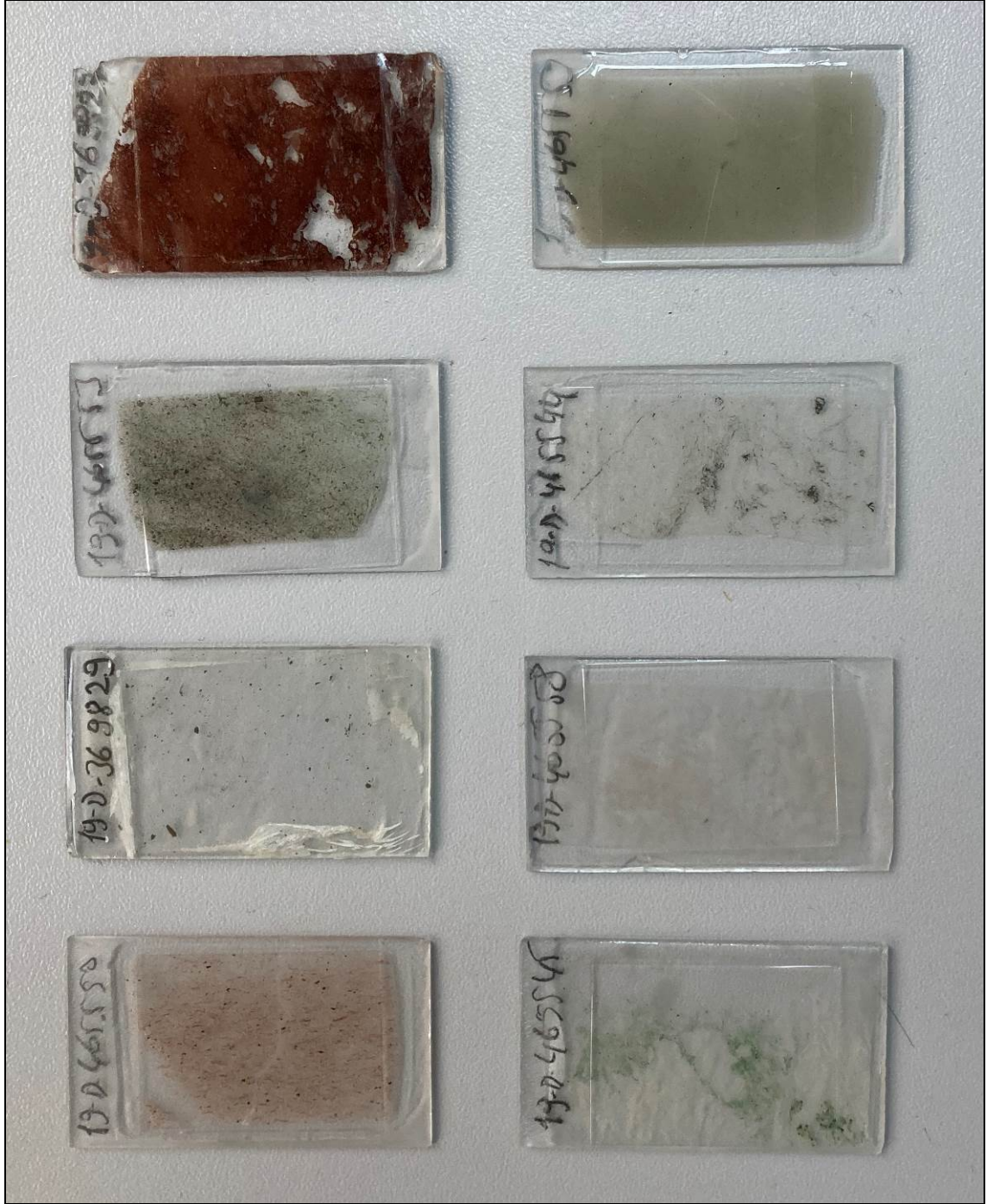
Şekil 3.10. Numunelerin kolileme işlemi

3.3.1.2. Mineralojik ve petrografik çalışmalar

Çalışma alanının istifini temsil edecek şekilde; MTA laboratuvarında toplamda 5 adet sondajdan 8 adet petrografik el örneği alınmıştır (Şekil 3.11). Alınan el örneklerinden ince kesitler hazırlanmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.11. Petrografik el örneklerinden görünüm



Şekil 3.12. Petrografik el örneklerinden hazırlanan ince kesitler

Cevherleşmeyi temsil edecek şekilde; toplam 8 adet sondajdan 15 adet parlatma örneği alınmış, alınan el örneklerinin fotoğrafları çekilmiş ve MTA laboratuvarında parlak kesitler hazırlanmıştır (Şekil 3.13-14)



Şekil 3.13. Cevher parlatma örneklerine ait makroskobik görünimleri

3.3.1.3. X-Işınları difraktometre (XRD) analizleri

33 sondajdan toplamda 130 adet X-Ray Difaktometre (XRD) analizi yapılmış MTA laboratuvarında yapılmıştır

3.3.1.4. Kimyasal analizler

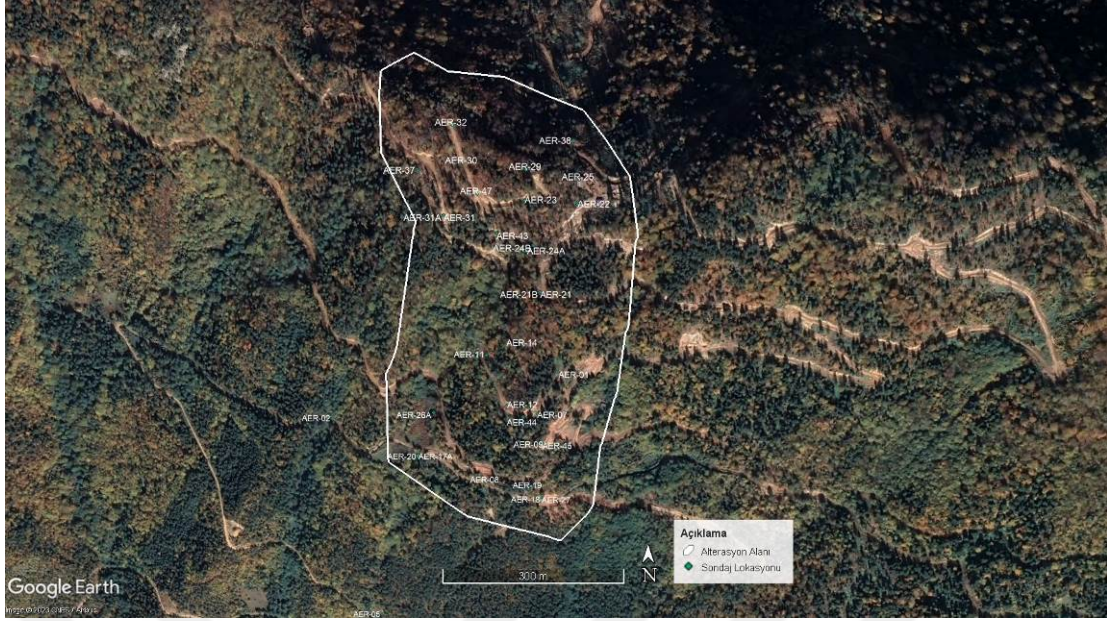
Kimyasal çalışmalar iki ana başlıkta incelenmiş olup; Kızılkaya formasyonuna ait dasit-dasitik tüflerin ve yine bu formasyona ait olan alterasyon zonlarının çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde dasit-dasitik tüflerin jeokimyasal analiz

sonuçları neticesinde grafikler çizilmiş ve altere zonlar belirlenip alterasyonun türü ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Kızılkaya formasyonunun epiklastik seviyelerindeki kireçtaşı, dasit, dasitik tüf ve cevherli seviyeler olmak üzere 4 adet sondajdan toplamda 25 adet örnek alınmış alınan örneklerden majör oksit ve iz element analizi yapılmıştır. Bu formasyon içerisinde altere olarak belirlenen zonlardan 8 sondajdan 209 adet örneğin majör oksit analizleri yapılmıştır (şekil 3.15).



Şekil 3.14. Cevher parlatma örneklerine ait makroskobik görünümüleri-2



Şekil 3.15. Alterasyon alanının Google Earth görüntüsü

3.4. Büro ve Ofis Çalışmaları

Saha öncesi çalışmalar, saha çalışmaları ve derlenen yan kayaç, alterasyon zonu ve cevher numunelerinin analizlerinden (mineralojik, kimyasal, ve diğ.) elde edilen tüm veriler yorumlanarak, daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Kimyasal analiz sonuçları istatistiksel yöntemler ile değerlendirilerek örnek gruplarına ait ortalama, medyan, standart sapma, standart hata, ana kitle aritmetik ortalamasının güven aralığı gibi değişkenlik ölçüleri ortaya konulmuştur.

Rapor yazımı aşamasında, mineral, kayaç ve karot analizlerinden elde edilen veriler istatistiksel analiz, kelime işlemci, elektronik hesaplama, bilgisayar destekli tasarım konularında hazır bilgisayar paket programlarında değerlendirilmiştir. Arazi, laboratuvar ve istatistiksel analizler sonucunda elde edilen bütün veriler kullanılarak sahadaki cevherleşmelerin birbirleri ve yan kayaçları ile ilişkileri yorumlanmıştır. Son aşamada ise bütün bulgular birleştirilerek tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Genel Jeoloji

Tetis-Avrasya kuşağının bir parçası olan Doğu Pontidler, Tetis Okyanus kabuğunun Jura'dan Miyosen'e kadar devam eden yitimine bağlı olarak gelişen bir ada yayı üzerinde yer almaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bölgedeki VMS porfiri-tip Cu-Mo ve volkanojenik Cu-Pb-Zn yataklarının ada yayları ile ilişkili ortamlarda oluştuğu görüşü pek çok araştırmacı tarafından desteklenmektedir (Adamia ve diğ.,1977; Tüysüz ve diğ., 1994; Brauhart ve diğ., 1998; Saez ve diğ., 1999; Çiftçi, 2000; Tüysüz, 2000; Tüysüz ve Akçay, 2000; Revan, 2010; Revan ve diğ., 2013; Okay ve Nikishin, 2015; Delibaş ve diğ., 2016).

4.1.1. Bölgesel jeoloji

Çalışma alanının bölgesel jeolojisi Kandemir ve diğ. (2017) raporundan alınmıştır. Bu kapsamda inceleme alanı ve yakın çevresinde farklı jeolojik döneme ait kaya birimleri yer alır. En yaygın litoloji topluluğu, Geç Kretase yaşlı birimlerdir. Anlatımda kolaylık sağlamak adına inceleme alanındaki Geç Kretase öncesi birimler “Temel Birimler” adı altında ele alınmış olup Artvin granitoyidi, Yalnızçamtepe volkaniti, Narlık grubu, Öğdem formasyonu ve Aşağımaden formasyonundan oluşur.

Çalışma alanının temelini Hersiniyen orojenezine bağlı olarak gelişen Artvin granitoyidi oluşturmaktadır. Artvin granitoyidi inceleme alanı dışında Geç Paleozoyik yaşta yeşilşist metamorfikleri içerisine sokulum yapmaktadır (Konak ve diğ., 2001). Yaşını Karbonifer (Misisipiyen-Orta Pensilvaniyen) olarak belirlenen granitoidleri ve volkanitleri Liyas-Dogger yaşlı Berta formasyonu taban konglomerası ile uyumsuz olarak üzerlemektedir. Aynı dönemde toleyitik volkanizma ürünlerinden oluşan Hızarlidere volkaniti gelişimine başlamıştır. Berta formasyonu içerisinde tektonik dilim şeklinde gözlenen kümülat gabrolar, Soylu gabrosu adıyla tanımlanmıştır. Bu birimler Narlık grubu adı altında incelenmiştir (Kandemir ve diğ., 2017). Berta formasyonu içerisindeki taban koglomerası ve kanal dolgusu üye mertebesinde incelenmiştir. Geç Jura-Erken Kretase'den itibaren yeni bir trangresyonu temsil eden ve bu birimleri uyumsuz üzerleyen Öğdem ve Aşağımaden formasyonları ile daha genç birimler metamorfizma göstermemektedir (Kandemir ve diğ., 2017).

Dogger sonlarından itibaren yükselen bölgeyi yeni bir transgresyonla Erken Kretase yaşlı karasal-sığ denizel konglomera-kumtaşlarından oluşan Öğdem formasyonu uyumsuz olarak üzerlemiştir. Karasal ve sığ denizel detritikler tedrici olarak Aşağımaden formasyonuna ait neritik kireçtaşlarına geçmektedir.

Geç Kretase dönemi Doğu Pontidler’de geniş alanlar kaplayan yay magmatizması ürünlerinin geliştiği bir dönemdir. Bu dönem çoğunlukla olgun yay dönemi olarak tanımlanmıştır (Konak ve diğ., 2001). Geç Kretase döneminden itibaren başlayan bu bölüm; 1) Geç Kretase Doğu Pontid Yay Birimleri, 2) Yay-içi Örtü Birimleri, 3- Yay-ardı Havza Birimleri ve 4-Çarpışma Sonrası Birimler olarak dört bölüme ayrılmaktadır.

Geç Kretase Doğu Pontid Yay Birimleri; Çatak formasyonu, Kızılkaya formasyonu, Sakalar volkaniti, Çağlayan formasyonu, Çayırbağ formasyonu ve Kaçkar Granitoyidi-I ile temsil edilmektedir.

Geç Kretase yay volkanizmasının ilk ürünü Erken-Orta Turoniyen’de gelişimine başlayan Çatak formasyonudur. Çatak formasyonu Narlık grubu ve Aşağımaden formasyonu birimlerini karasal konglomera ile uyumsuz olarak örtmektedir. Taban konglomerası niteliğindeki bu birim Zeytinlik üyesi adı ile ele alınmıştır. Ortamın deniz altı olması ve hızla derinleşmesi neticesinde küçük taneli kırıntılılar ve mikritik kireçtaşları çökelmiş ve devamında bazik-ortaç volkanizma eşlik etmiştir (Kandemir ve diğ., 2017).

Koniasiyen sonlarında asidik volkanizma ürünleri oluşmaya başlamış Santoniyen’den itibaren bölgedeki masif sülfid cevherleşmesinin kaynağı konumundaki Kızılkaya formasyonu gelişmiştir. Birim içerisindeki haritalanabilecek ölçekteki pelajik kireçtaşları Kireçtaşı üyesi olarak incelenmiştir.

Kızılkaya formasyonu ile aynı dönemde gelişen geniş yayımlı subvolkanik dasitler ise Sakalar volkaniti adı ile incelenmiştir.

Geç Santoniyen’de yeniden bazik-ortaç volkanik faaliyet başlamış (Çağlayan formasyonu) ve Geç Kampaniyen’e kadar varlığını sürdürmüştür.

Geç Kampaniyen-Erken Maestrihtiyen dönemi yine asidik volkanizma ürünlerinin egemen olduğu bir dönemdir. Yay volkanizmasının son ürünleri olan bu birimler Çayırbağ formasyonu adı ile incelenmiştir. Üst seviyelerindeki yaklaşık 30 m. kalınlıktaki pelajik kireçtaşları Kireçtaşı üyesi olarak incelenmiştir.

Turoniyen-Erken Maestrihtiyen aralığında volkanizmanın duraksadığı dönemlerde sedimanter birimler çökeline eşlik etmiştir. Birimlerde yanal ve düşey

fasiyes değişimleri yoğun olarak gözlenmekte ve birbirleri ile girik olarak izlenebilmektedir. Geç Kretase’de yay magmatizmasının plütönik ürünleri olarak Kaçkar granitoyidi-I gelişmiştir.

Yay içi Örtü Birimleri: İlk olarak Geç Kampaniyen’de yükselmeye başlayan yay bölgesi, nihai olarak Erken Maestrihtiyen sonunda yükselerek aşınma alanı haline gelmiş, yay volkanizması sona ermiş ve yayın kuzeyinde Doğu Karadeniz yay-ardı havzası açılmaya başlamıştır. Diğer bir deyişle yükselen doğu-batı uzanımlı sıradağlar (Kaçkarlar) ilk defa bu dönemde Neo-Tetis ile Doğu Karadeniz havzasını ayıran bir set oluşturmuştur. Bu döneme kadar Neo-Tetisin parçası/devamı olan Doğu Karadeniz Geç Kampaniyen/Erken Maestrihtiyen’den itibaren Neo-Tetisten ayrılarak hızla derinleşmiştir. Bu hat Murgul-Borçka hattı olarak tanımlanmıştır.

Geç Maestrihtiyen’de yeni bir trangresyonla Ağıllar formasyonu ve Beşagıl formasyonu yükselen yay bölgesini uyumsuz olarak üzerler. Bu birimlerin taban konglomeraları Ovacık formasyonu adıyla incelenmiştir. Bu formasyonlar “Yay-içi Örtü Birimleri” olarak değerlendirilmiştir.

Murgul-Borçka hattına uzak alanlardaki Ağıllar formasyonu genelde taban konglomerası ile başlayan neritik karbonatlardan oluşur. Ağıllar formasyonunun taban kesimlerinde gözlenen hemipelajik kireçtaşları Saygılı üyesi adıyla incelenmiştir. Murgul-Borçka hattına yakın konumlanan Beşagıl formasyonu ise yer yer taban konglomerası ile başlar, hemipelajik kireçtaşı-yer yer neritik kireçtaşı ile devam eder. Birimler olası olarak Erken Selandiyen’e kadar çökelimine devam etmiştir.

Yay-ardı Havza Birimleri; Hattın kuzeyinde, yay ardında kalan ve yay birimlerini uyumlu olarak üzerleyen Cankurtaran ve Koyuncular formasyonu “Yay-ardı Havza Birimleri” olarak ele alınmıştır. Cankurtaran formasyonu yamaç-havza niteliğindeki pelajik çökellerden meydana gelmiştir. Cankurtaran formasyonu Geç Kampaniyen/yanalda bazı alanlarda Erken Maestrihtiyen’de çökelimine başlamış ve Geç Daniyen sonlarına kadar varlık göstermiştir. Cankurtaran formasyonu çamurtaşlarından oluşan Geç Daniyen yaşlı Koyuncular formasyonu ile uyumlu olarak örtülmektedir.

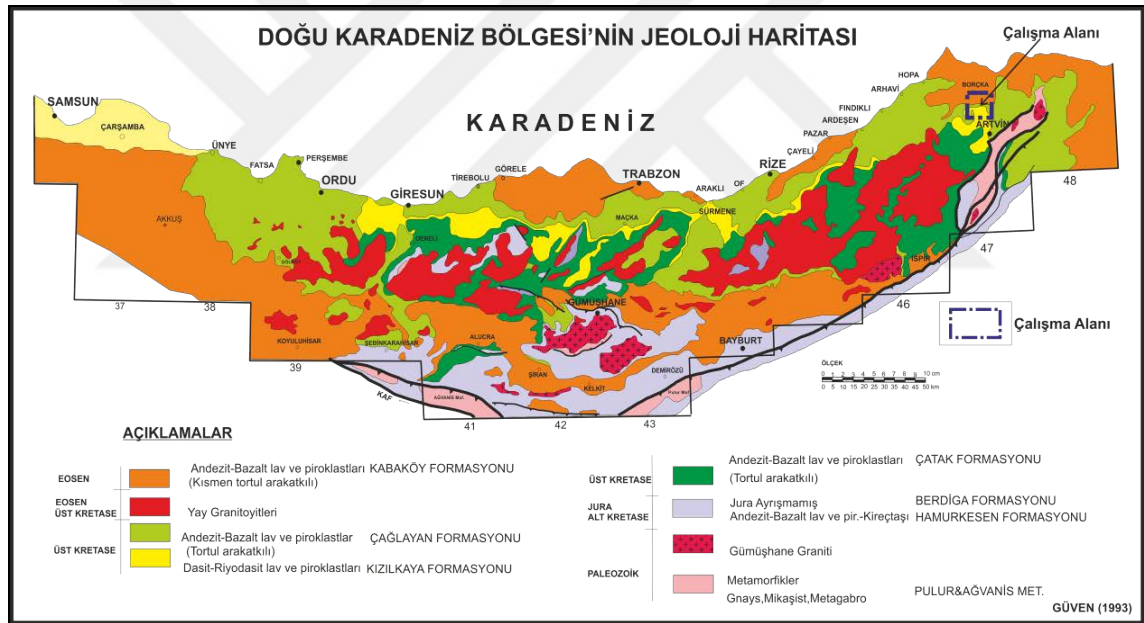
Çarpışma Sonrası Birimler; Geç Daniyen sonrası yay ve yay-ardı bölgede Geç Tanesiyen’e kadar çökel gözlenememiştir. Bu durum bu bölgedeki yükselmeye işaret etmektedir. Doğu Pontidlerin kuzeydoğusundaki çökelmezlik dönemine karşılık gelen bu yükselimin Doğu Pontidler ile Torid-Anatolid’in çarpışmasıyla ilişkili olduğu tarafımızdan değerlendirilmiştir. Bu dönemden sonra gelişen Erenler formasyonu,

Kabaköy formasyonu ve Kaçkar granitoyidi-2 birimleri “Çarpışma Sonrası Birimleri” adı altında incelenmiştir.

Çarpışma sonrası erozyon ve gerilmeli tektonik rejim neticesinde Geç Tanesiyen’den itibaren kırıntılardan oluşan Erenler formasyonu yay, yay-ıçi örtü ve yay-ardı birimlerini transgresif olarak üzerler ve Geç İpresiyen’e kadar çökeline devam eder. Erken İpresiyen’de birime volkanik faaliyet eşlik eder ve Lütesiye’nin son bulur (Şekil 13).

Volkanik faaliyetin yoğun gözlemlendiği alanlar Kabaköy formasyonu adı altında incelenmiştir. Kabaköy formasyonu içerisinde dasit, diyorit porfir/andezit, bazalt ve volkanotortul birimler üye mertebesinde haritalanmıştır.

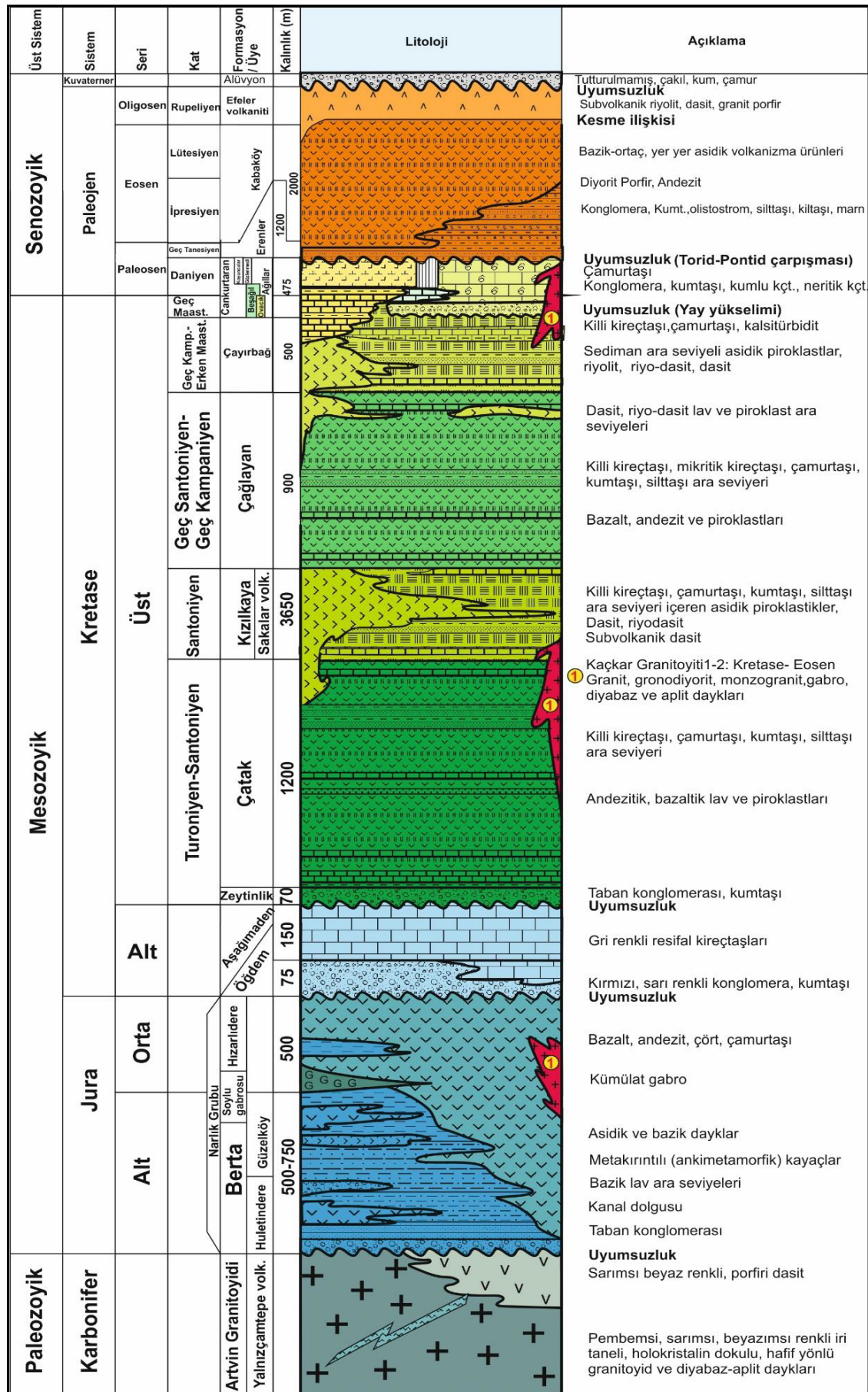
İnceleme alanında tespit edilen en genç volkanizma ürünleri asidik volkanit ve yarı derinlik kayalarından oluşan, Kabaköy formasyonunu kesen 33 my yaştaki Efeler volkanitidir (Kandemir ve diğ., 2017) (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Bölgesel jeoloji haritası (Güven, 1993)

Doğu Karadeniz Bölgesinde Mesozoyik-Tersiyer döneminde üç magmatik evre tanımlanmıştır (Okay ve Şahintürk, 1997);

1. İlk evre Erken-Orta Jurasik toleyitik karakterli olup rifleşme ile ilintilidir.
2. Subalkalen karakterli Türoniyen-Maestrihtiyen magmatizması ikinci evreyi temsil eder ve yitim ile ilişkilidir. Kretase volkanizması tamamen denizel olup, çoğunlukla subalkalendir ve tipik ada yayı ürünleridir (Gedikoğlu, 1978; Akıncı, 1984.).
3. Kalk-alkalen Orta Eosen magmatizması son evre magmatizmayı temsil eder ve olasılıkla açılmalı rejim ile ilintilidir (Adamia ve diğ., 1977; Çamur ve diğ., 1996).



Şekil 4.2. Doğu Pontidler'in genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (ölçeksiz) (Güven, 1993).

Kuzey Anadolu metalojenik kuşağı içermiş olduğu çok sayıda ekonomik-yarı ekonomik maden yatak ve zuhurlarından dolayı birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Kuşağın özellikle doğu kesimleri Doğu Pontidler (Yılmaz ve diğ., 1997; Okay ve Şahintürk, 1997) olarak bilinir ve günümüzde işletilmekte olan 5 adet volkanojenik masif sülfür yatağı ve çok sayıda yarı ekonomik yatak ve zuhur içerir. İşletilen bu yataklardan yalnız iki tanesi (Çayeli-Rize ve Murgul- Artvin) önemli rezervlere sahiptir. Bu yataklara ek olarak volkanojenik kökenli çok sayıda alterasyon zonları gözlenir ve bunlar olasılıkla bölgede gömülü volkanojenik masif sülfür yataklarının varlığına işaret eder. Porfiri, damar ve skarn tip yataklar kuşakta bulunan diğer yataklardır ve VMS yataklarına göre ekonomik olarak daha az önem taşırlar. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Geç Kretase yaşlı VMS yatakları metamorfizma geçirmemiş doğaları ile ilksel cevherleşmeye ilişkin yapısal ve dokusal özellikleri iyi korunmuş yataklardır. Bu özellikleri ile Japonya (Kuroko tip) ve Urallar'daki (Ural tip) yataklara benzerlik sunarlar (Revan ve diğ., 2013).

Kretase bimodal volkanizmasının ürünleri olan bölgedeki VMS yatakları ada yayı ortamında gelişmiş dairesel yapılar ve fay kontrollü çöküntü alanları ile ilişkilidir (Tüysüz, 2000). Yapısal kontrollü bu VMS yatakları, dasitik/riyolitik domların yakın kesimlerinde oluşmuştur. Doğu Karadeniz kuşağında tanımlanan tüm VMS yatakları çok kalın olmayan dasitik/ riyolitik kayalar içerisinde oluşmuştur ve bu yataklar değişik kalınlıklarda dasit, andezit, bazalt ve volkanosedimanter istifler ile üzerlenir. Bu yataklar dasitik/riyolitik kayaların en üst kesimlerinde veya üzerleyen kayaların en alt kesiminde yer alır (Revan, 2010).

Bölgede yüzeyleyen kayalar masif, sarımsı-bej renkte mostralardan oluşmaktadır. Riyolit ve dasitler, yarı derinlik kayası olmaları nedeniyle genelde kolon yapıdadırlar.

4.1.2. Çalışma alanının jeolojisi

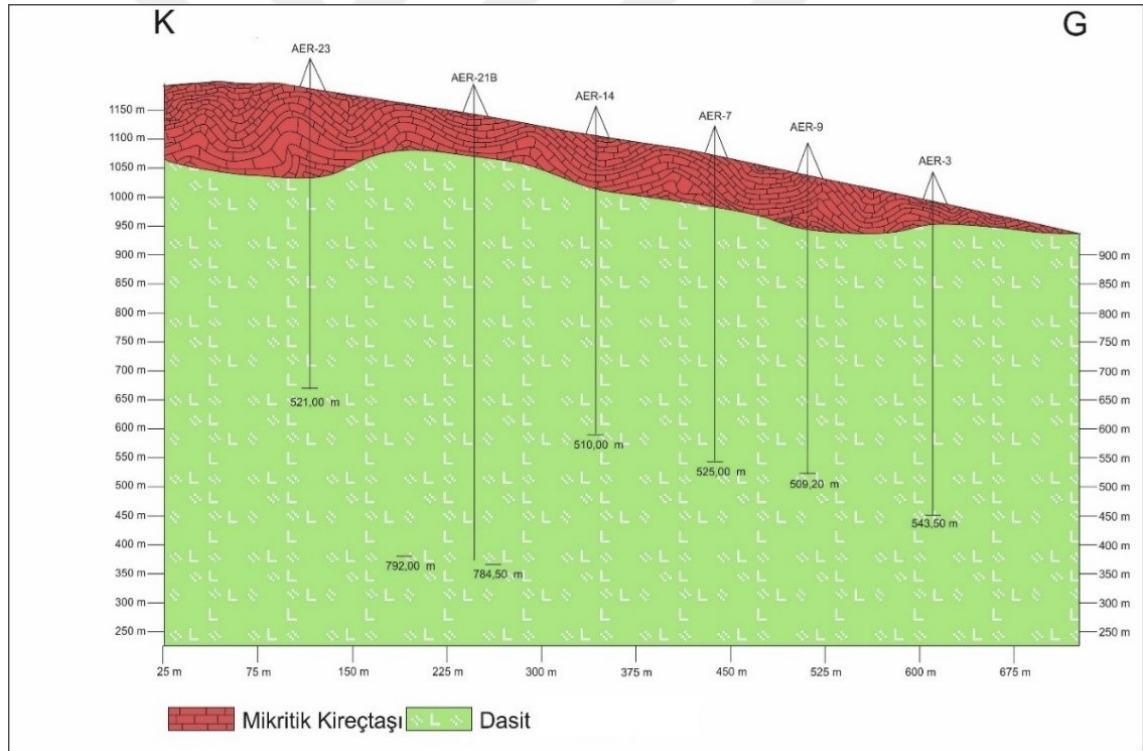
Erenler sahası, Artvin ili Merkez ilçesi, Erenler (İrsahan) köyü sınırlarında, Artvin'in kuş uçuşu 12 km kuzeybatısında yer almakta olup, Artvin'e 20 km mesafededir. Saha F47-b4 (1/25000) paftası içerisinde yer almaktadır.

İnceleme alanı Doğu Pontidler, Kuzeydoğu Zonu içerisinde kalmakta olup, bölgede Geç Kretase döneminde etkin bir yay volkanizması gözlenmektedir. Ayrıca çalışma alanı Eosen döneminde de etkin ve yaygın bir volkanizma izlenmektedir. Çalışma alanında volkanizmalar denizaltı volkanizması şeklinde olup, bazik ve asidik

4.1.2.1. Kızılkaya formasyonu

Doğu Pontidler’de Geç Kretase yay magmatizmasının ilk asidik evresini temsil eden Kızılkaya formasyonu sahamızda en yaşlı birim olarak gözlenmektedir. Kızılkaya formasyonu şarabi renkli ve Globotruncana’lı karbonatlar içermesinden dolayı derin deniz ortamına işaret etmektedir. Formasyonunun yaşı mikritik kireçtaşlarından alınan fosil örnekleri ile Santoniyen yaş aralığında olduğu kabul edilmektedir. Birim içerisinde volkanoklastik seviyelerin varlığı nedeniyle stratigrafik bir seviye olarak tanımlanır. Birimin üst kesiminde, volkanizma duraksamış ve bordo renkli mikritik kireçtaşları, asidik piroklastlar üzerine tedrici geçişli olarak gelmiştir. Kızılkaya formasyonu, Erenler formasyonu üzerine bindirmeyle gelir.

Erenler alterasyon sahasında yapılan karotlu maden sondajlarında kesilen Kızılkaya formasyonunu, epiklastik seviye (mikritik kireçtaşı) ile dasit-tüf-dasitik tüften oluşan volkanik seviyeden oluşmaktadır.



Şekil 4.5. Çalışma alanında yapılan sondajlardan elde edilen litolojik birimleri gösterir K-G yönlü jeolojik enine kesit

4.1.2.1.1. Epiklastik seviye (mikritik kireçtaşı)

Çalışma alanında Kızılkaya formasyonunun en üst seviyesini oluştururlar. Genellikle gri, bordo mikritik kireçtaşı, killi kireçtaşı ve tüf ardalanmasından oluşur. İnceleme alanında sondajların genelinde gözlenmektedir (Şekil 4.6.-7).



Şekil 4.6. Kızılkaya Formasyonu mikritik kireçtaşı seviyeleri (y: 4574492, x: 735647)



Şekil 4.7. Kızılkaya Formasyonunun epiklastik seviyeleri ile dasitik tuf sınırı (y: 4574512, x: 735642)

4.1.2.1.2. Dasit, tuf, dasitik tuf

Çalışma alanında Kızılkaya formasyonunun cevherli seviyesini oluştururlar. Birim litolojik olarak dasit, dasitik tuf ve tüflerden oluşmaktadır. İnceleme alanı güneyi boyunca geniş yüzeylenme verirler (Şekil 4.8).

Genellikle açık renkli, sarımsı gri, beyazımsı sarı renklerde yer yer düzgün tabakalanma ve breşik yapı göstermektedirler. Breşik yapısı karakteristiktir. Dasitler bol eklemlili olup, epidotlaşma, killeşme, limonitleşme, serizitleşme, kloritleşme ve silisleşmeler şeklinde görülen hidrotermal alterasyonları yaygındır. Riyodasitik ve dasitik tüfler açık sarı ve beyaz renktedir. Riyolitik ve dasitik lavlar ve bunların piroklastikleri, inceleme alanında birbirinden ayrılamayacak şekilde girift durumdadır.



Şekil 4.8. Kızılkaya formasyonu dasit, dasitik tüf ve tüflerinin gözlemlendiği alandan genel görünüm

4.1.2.2. Erenler formasyonu

Erenler formasyonu, çalışma alanının batısında yüzeilenmektedir. Birim çoğunlukla türbiditik kırıntılı kayaçlardan oluşur. Sarımsı renkli orta-kaba taneli kumtaşı, kireçtaşı, killi kireçtaşı ve mikro konglomera ara tabakalarından oluşur. Havza kenarı özelliğindeki bölgede oluşmasından dolayı formasyon içerisinde çok sayıda bloklara rastlanır. Bloklar bazen 10-15 metre boyutta olabilmektedir. Çok fazla taşınmamış olan bu bloklar asidik ve bazik volkaniklere ait kayaç parçalarıdır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Erenler formasyonuna ait flišler (y: 4574361, x: 735258).

4.1.2.3. Kabaköy formasyonu

Kabaköy formasyonu andezitik, bazaltik lav ve piroklastikleri ile konglomera, kumlu kireçtaşı, kumtaşı, marn ve tüflerden oluşmaktadır. Andezitik-bazaltik lav ve piroklastikler masif veya kalın katmanlı bol ojit ve hornblend içerir. Andezit ve bazalt, hemikristalin porfirik dokulu olup, labradorit, ojit fenokristal ve mikrolitleri bazen santimetre boyutlarına ulaşan bol hornblend kristalleri ve az biyotit içerir.

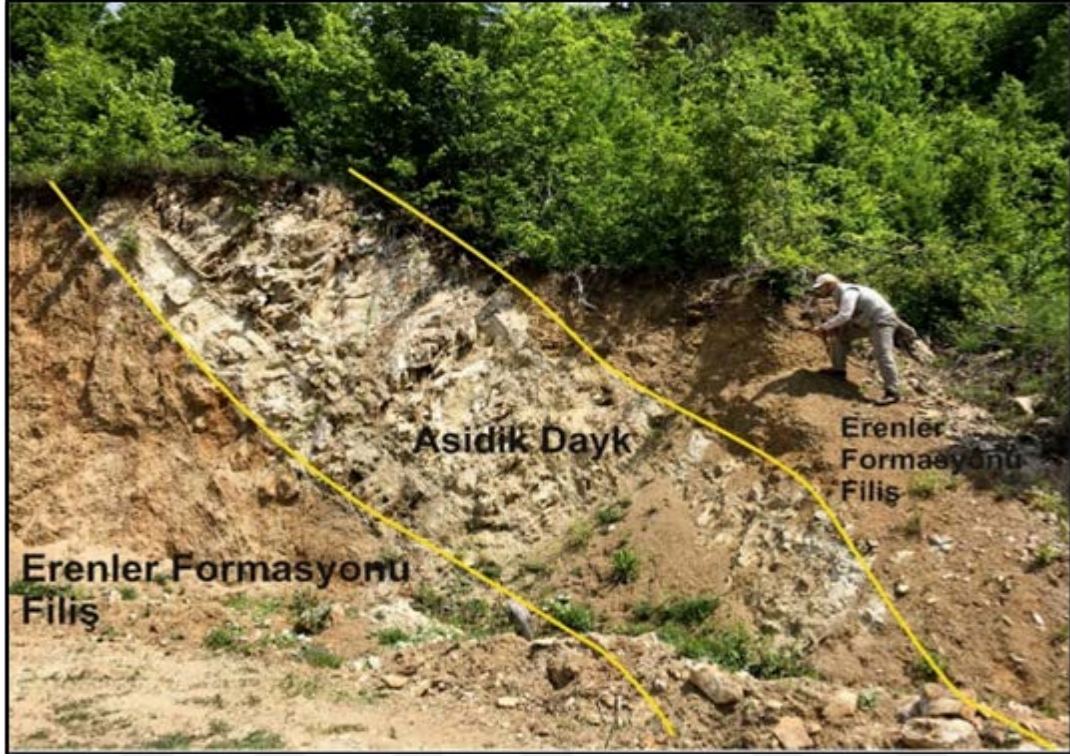
Çalışma alanının batısında gözlenen Kabaköy formasyonu gri-koyu gri renkli, porfirik dokulu, silis damarcıklı, az manyetitli, andezitlerden oluşmaktadır. Andezitler genelde hipokristalin porfirik dokuludur. Plajiyoklaz ve amfibol ana mineral bileşenleridir. Killeşme, karbonatlaşma ve kloritleşme yaygındır. Plajiyoklaz, klinoproksen, olivin, biyotit mineralleri ihtiva eder (şekil 4.10).



şekil 4.10. Kabaköy formasyonu hornblend andezitten bir görünüm (y: 4574066, x: 734265)

4.1.2.4. Eosen yaşı genç asidik kayaçlar

Çalışma alanı güneyinde gözlenen açık gri beyazımsı bej renkli, Erenler formasyonunu kesen Eosen yaşı genç asidik dayklardan oluşmaktadır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Eosen yaşı genç asidik dayklar (y: 4574167 x: 735365)

4.1.2.5. Yamaç molozu ve alüvyon

Yamaç molozu çalışma alanının tamamında gözlenmektedir. Yamaç molozları yamaç eğimleri boyunca akma yapısı gösteren daha yaşlı birimlere ait kayaçlardan oluşmuş blok, çakıl ve kum boyutunda malzemelerin birikiminden oluşmaktadır. Sondajlarda tespit edilen kalınlıklar 1- 5 m'dir.

4.1.3. Tektonizma

Doğu Pontidler, Karadeniz'in güneydoğu kıyısı boyunca yaklaşık 500 km. uzunluğunda ve 100 km. genişliğinde bir dağ silsilesi şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Jeolojik olarak ise Senoniyen sırasında kuzeye dalan okyanus tabanının üzerinde gelişmiş ve iyi korunmuş eski bir ada yayı örneğini teşkil ettiği birçok araştırmacı tarafından kabul edilir. Doğu Pontidler genelde içermiş olduğu litolojik birimler ve maruz kaldığı deformasyon şiddeti göz önüne alınarak kuzey ve güney zon olmak üzere

ikiye ayrılmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay, 1989). Senoniyen ve Eosen volkanik ve sedimanter kayaçlarının egemen olduğu kuzey zonda magmatik yayın üst kesimlerindeki çökel istifleri (Dewey ve diğ., 1973; Boccaletti ve diğ., 1974) veya yay içi havzayı temsil eden iki kilometreden kalın bir Kretase volkano-sedimanter istif tüm bu zon boyunca yüzeyler. Kuzey zon yaygın polimetalik sülfid cevherleşmeler içerdiğinden dolayı çok çalışılmıştır.

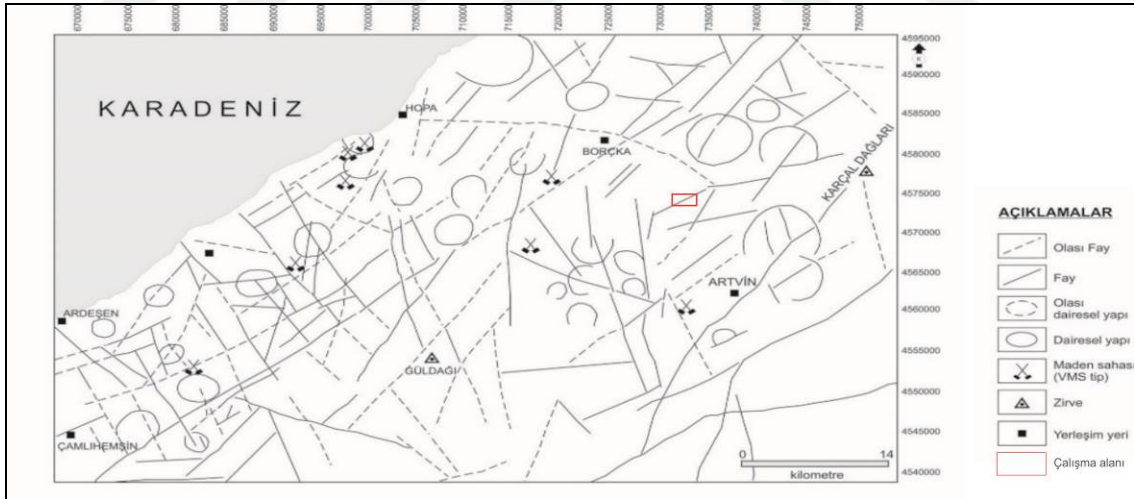
Kuzey zondaki Kretase volkanik istifi Apsiyen yaşlı (Kurt ve diğ., 2005) bazaltik ve andezitik lavlarla başlar ve üst kesimlere doğru dasitik - riyolitik lav ve breşleri ile sediman arakatkılı tüflere geçer. İstif, Maestrihtiyen yaşlı kireçtaşlarıyla son bulur. Fakat, bazı bulgular (Korkmaz ve Gedik, 1988; Korkmaz, 1993) volkanizmanın Maestrihtiyen'de kısmen devam ettiğini belgeler niteliktedir. Kretase volkano-klastik ve volkanik istifinin kalınlığı 2000 metreden fazladır ve volkanizma tümüyle denizaltı kökenli olup Globotruncana içeren pelajik ve rudist içeren neritik kireçtaşlarının arıdanmasından yola çıkarak düzensiz bir denizaltı topoğrafyası üzerinde olduğu görülür (Konak ve diğ., 2009). Bölgedeki masif sülfid cevherleşmeleri bu volkanik istife ait dasitik-riyolitik lav ve breşleri ile sediman arakatkılı tüfler içinde yer alır. Doğu Pontidler'deki masif sülfid cevherleşmelerin dağılımı Santoniyen dönemdeki asidik volkanik çıkış merkezlerine işaret eder ve Karadeniz kıyılarına yakın bir volkanik eksen boyunca dağılım sunarlar.

Doğu Pontidler'deki çizgisellikler yönlerine göre değerlendirildiğinde; K-G, KD-GB, KB-GD ve D-B gibi değişik yönlerde gelişikleri görülmektedir. Genel olarak çizgiselliklerin yönlenmeleri KB-GD ile KD-GB yönlüdür. KB-GD doğrultulu olanların dışındaki çizgisel hatlar daha önce oluşmuş olduğu düşünülen dairesel yapıları ve bu dairesel yapılar içerisinde ve/veya hemen kenarlarına yakın oluşmuş cevherleşmeleri etkilemiş olduğu gözlenir. KB-GD doğrultulu çizgisellikler genelde farklı yönde yapısal unsurlarla kesilerek doğrultularında sapmalar gözlenir.. Bu nedenle KB-GD doğrultulu çizgisellikler en yaşlı yapısal unsurlar olarak tanımlanabilir. Lokal çizgisellikler ise değişik doğrultu ve uzunluklarda gelişmişlerdir. Dairesel yapılar ise inceleme alanının kuzey kesimlerinde daha yaygındır ve 2 ile 8 km çapındadır. Dairesel yapılar Giresun, Rize ve Artvin İlleri çevresinde yaygındır, Trabzon ve çevresinde ise diğer bölgelere göre daha azdır. Çizgisellikler ve dairesel yapıların volkanojenik masif sülfid yatakları ile yakın ilişkileri dikkat çekicidir (Şekil 4.12 ;Revan, 2010).

4.2. Maden Jeolojisi

4.2.1. Erenler polimetallik cevherleşmesinin yayılımı

D-B yönünde yaklaşık 350 km uzunluğa ve K-G yönlü yaklaşık 60 km genişliğe sahip olan Doğu Karadeniz Metalojenik Kuşağı içerisinde içinde birçok VMS tip cevherleşme mevcuttur. Erenler alterasyon sahalarının yakınında Çayeli, Murgul, Cerattepe sülfid cevherleşmeleri yer almakta olup, halen işletilmektedir. VMS yatakları bölgedeki magmatik yaygın gelişimi süresince oluşan volkanizmaya bağlı olarak ortaya çıkan riyolitik/dasitik domlara yakın kesimlerde oluşmuşlardır. Bu yataklardan Erenler alterasyon sahasında oluşan mineralizasyonun; çeşitli kırık ve kanallar boyunca yayılan hidrotermal çözeltilerin deniz tabanında masif, deniz tabanının hemen altında dasitik/riyolitik yan kayaçların zayıflık zonlarına sızarak ağsal-saçınımlı (stockwork) ve damar/ mercek (sub-seafloor replacement) türde cevher fasiyeslerini oluşturduğu gözlenir. Piritçe zengin masif kısımlar yer yer Au ve Zn, nispeten Pb bakımından zengin iken, ağsal-saçınımlı kısımlarda ise genelde Cu bakımından zengin olduğu gözlenmiştir. Örtü kayaçlarla uyumlu bir ilişkiye sahip olan masif cevher kısımları (pirit>kalkopirit) genelde düzenli bir yataklanmaya sahiptir. Genelde masif gövdenin hemen altında yer almayan ağsal saçınımlı tip cevherleşmeler mercekler halinde yer almaktadır.



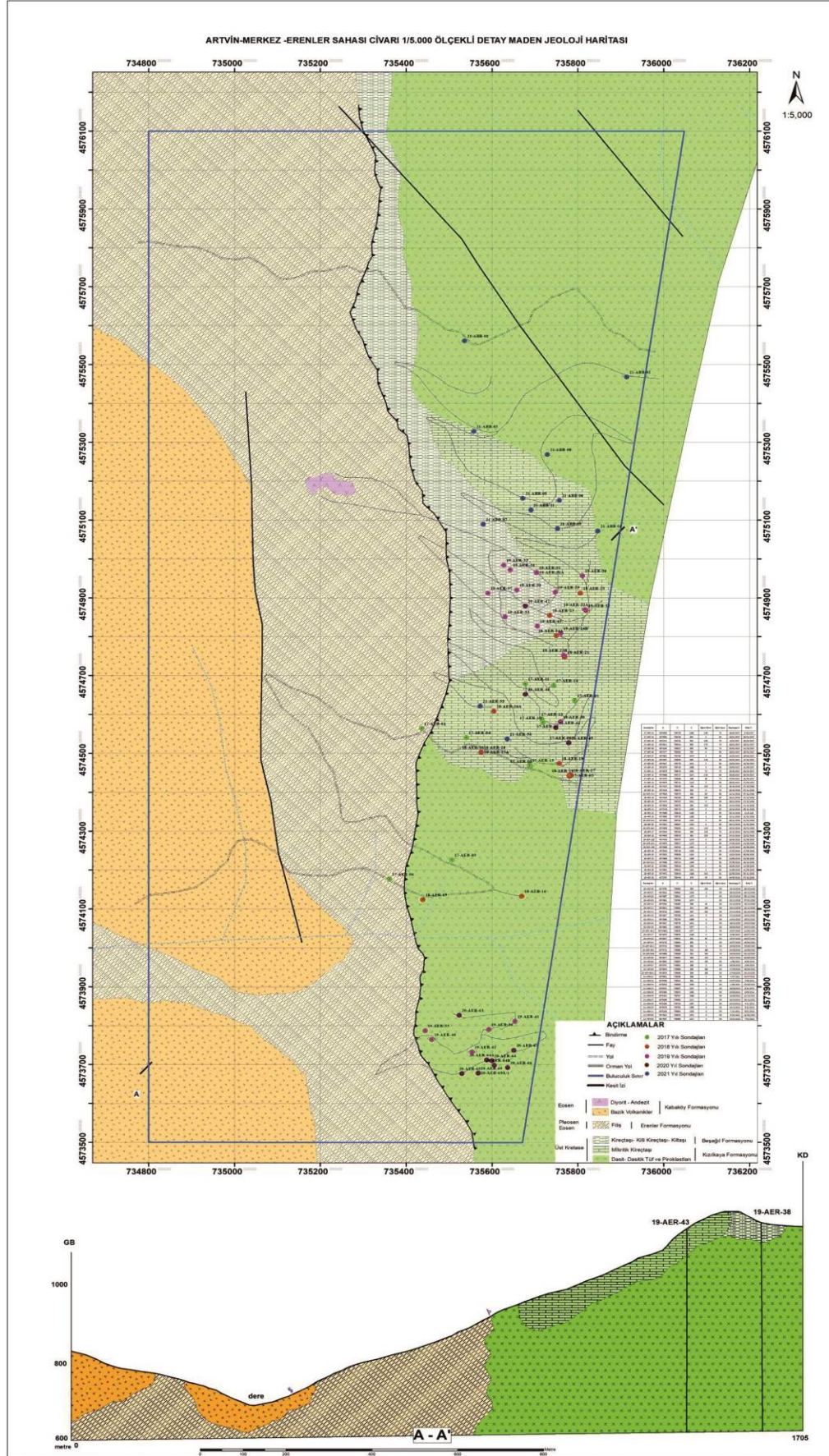
Şekil 4.12. Rize-Artvin yöresi tektonik yapılar ve VMS tip yataklar ile ilişkileri (Revan, 2010)

Doğu Karadeniz Metalojenik Kuşağı içerisinde oluşan maden yataklarının oluşum ortam ve şartlarını kontrol eden süreçlere cevap bulabilmek amacıyla, Artvin iline bağlı Sinkot ve Erenler civarındaki bakır-altın-kurşun-çinko (Cu-Au-Pb-Zn) cevherleşmeleri oldukça önemlidir. Kızılkaya formasyonu içinde Geç Kretase yaşlı (82-91 Milyon yıl) dasit-dasitik tüfler içinde gözlenen Cu-Au-Pb-Zn cevherleşmelerinin

oluşum şekli ve boyutu yeni maden yataklarının bulunmasında bir yol haritası oluşturacaktır. Bölgedeki bu tip maden yataklarının büyük bir kısmı derin deniz ortamında volkanik kayaçların baskın olduğu seriler içinde oluşmuştur. Geç Kretase yaşlı volkanik kayaçların egemen olduğu bu ortamdaki kayaçların yaygın olarak altere olmuş lav, lav breşi ve hiyaloklastik kayaçlar olduğu gözlenir. Sedimanter kayaçlar ise mikritik kireçtaşları, çamurtaşları ve sıcak su çökellerinden oluşur

Doğu Karadeniz Yay Magmatitleri ile İlişkili Polimetal Maden Aramaları Projesi kapsamında 2019 yılında saha içerisindeki sondaj alanı ve çevresinin 1/5000 ölçekli detay maden jeoloji haritası yapılmıştır (Şekil 4.13). Sondajlardan elde edilen jeolojik verilerle de yüzey haritası verileri karşılaştırılarak korele edilmiştir.





Şekil 4.13. Çalışma alanına ait 1/5.000 ölçekli detay maden jeoloji haritası

4.2.2. Mineralojik - petrografik incelemeler

Erenler alterasyon sahasında yapılan incelemeler ve 2017-2021 yılları arasında yapılan sondajlardan alınan örneklere göre cevherli birimlerin içinde yer aldıkları yan kayaçlardan, cevherli zonlardan ve alterasyon kuşaklarından alınan numuneler üzerinde mineralojik-petrografik araştırmalar yapılmıştır.

4.2.2.1. Yan kayaçların mineralojik petrografik özellikleri

4.2.2.1.1. Petrografik ince kesit incelemeleri

Erenler alterasyon sahasında 2017-2021 yılları arasında yapılan sondajlardan mineralojik ve petrografik analizler için alınan örnekler Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığı laboratuvarlarında analizleri yapılmıştır. Çalışma sahasından alınan 1 adet fliş, 1 adet fosilli kireçtaşı, 1 adet mikritik kireçtaşı, 3 adet dasit ve 1 adet tüf örneğinin ince kesitleri yapılarak mineralojik ve petrografik analizleri yapılmıştır.

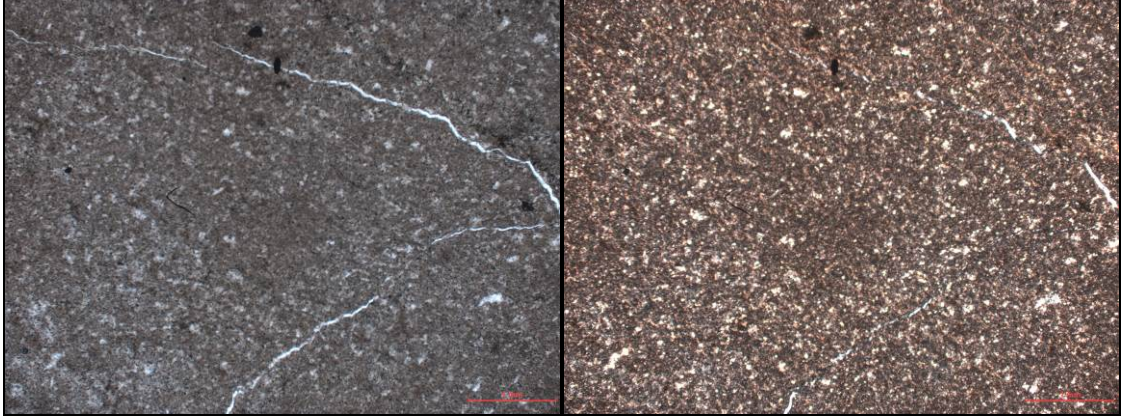
İnceleme alanında yapılan Aer-15 sondajının 98.00 m'sinden alınan 31909nolu fliş örneği makroskobik olarak gri orta açık gri renkli küçük kristalli, masif dokulu, mikroskobik olarak kırıntılı tabakalı, bileşenleri küçük kristalli ve yarı yuvarlak bileşen halinde bazı seviyelerde glokonit mineralleri izlenen kırıntılar ve karbonat minerallerinden oluşan (kripto-mikrokristalin) çimentodan oluşmaktadır.

Numunede genişliği 0.16 mm-0.5 mm arasında değişen, karbonat dolgulu damarlar mevcuttur. Karbonat minerallerine zaman zaman ince kristalli kuvars mineralleri de eşlik etmektedir.

Tabakalı bir yapı gösteren örnekte kumlu seviyelerle siltli seviyeler ardalanmalar halinde izlenmektedir. Karbonatlı seviyeler de zaman zaman bu ardalanmaya katılmaktadır. Siltli seviyelerde silt boyu kırıntılılar (kuvars, feldispat ve fosil kavrıkları) karbonat çimento ile birbirine bağlanmıştır. Çimentonun tane boyu kriptokristalindir. Kumlu seviyelerde kum boyu kırıntılılar (kuvars, feldispat, fosil kavrıkları, mika ve glokonit mineralleri) karbonat çimento ile birbirine bağlanmıştır. Bazı seviyelerde kum boyu kırıntılılar ince kum boyunda bazılarında ise orta kum boyundadır. Çimentonun tane boyu mikrokristalindir.

Ayrıca örnekte yer yer demirli opak mineraller de tabakaya paralel uzanmışlardır. Bu kesişimlerde yoğun demir oksitle boyamalar gözlenmiştir. Örnekte izlenen karbonat damarları tabakalanmayı keser konumdadır. Örnek mineralojik ve

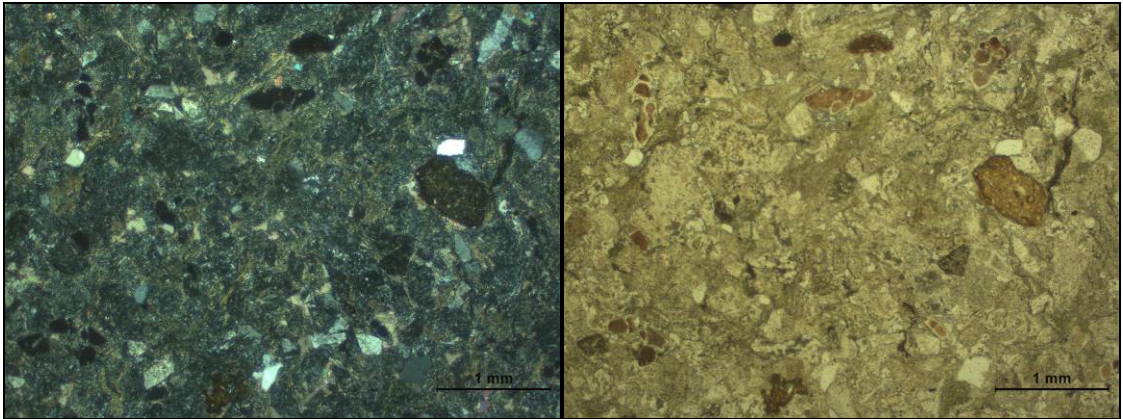
dokusal özelliklerine göre silttaşı-kumtaşı arıdalanması olarak adlandırılmıştır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerde gözlenen fliš örneğinin ince kesiti (31909-Aer-15 , 98.00).

Aer-32 sondajının 184.00 m'sinden alınan 465553 nolu fosilli kireçtaşı numunesinin ana bileşenleri pümis parçaları, fosil kavkıları, opak mineraller, feldispat grubu mineralleri; küçük kristalli, yarı öz şekilli-özşekilsiz küçük kristaller halinde homojen dağılımlı halinde kuvars, heterojen dağılımlı küçük kristaller halinde fosil kavkıları ile temsil edilmekte olup bağlayıcısı silis klorit ve yer yer karbonatlardır.

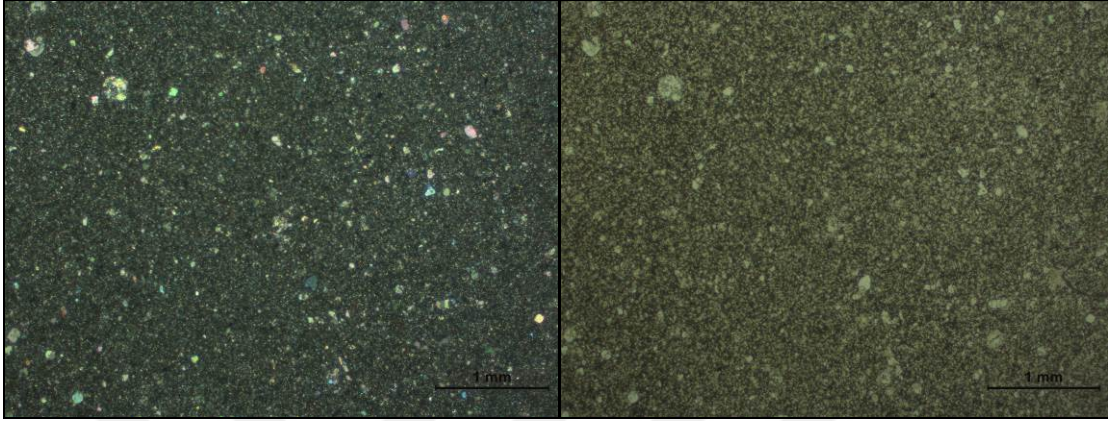
Kayaç kırıntılı dokuda olup kayacı oluşturan köşeli-yarı yuvarlak bileşenlerin tane boyları çok kaba kum boyutuna kadar çıkmaktadır. Kayaç parçalarını başlıca volkanik kayaç parçaları ve sedimanter kayaç parçaları oluşturmaktadır. Kayaç parçalarının büyük oranda altere olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerde gözlenen fosilli kireçtaşı örneğinin ince kesiti (465553-Aer-32, 184.00)

Aer-32 sondajının 762.00 m'sinden 465548 nolu mikritik kireçtaşı örneği makro olarak koyu kırmızı renkli ve masif dokuludur. Mikroskop altında ana bileşenleri karbonat grubu mineraller, kuvars, fosil kavkıları ve opak minerallerdir. Karbonat grubu mineraller kriptokristalin-mikrokristalin, özşekilsiz kristaller halinde homojen dağılımlı

kalsitlerle temsil edilirken, kuvarslar küçük kristalli, özşekilsiz kristaller halinde, homojen dağılımlıdır. Kayaç içinde yer yer küçük kristalli heterojen dağılımlı fosil kavkıları bulunmaktadır. Mikritik çimento bağlayıcılı, değişik yönlerde gelişmiş karbonat dolgulu makro-mikro çatlaklar halinde süreksizlik içeren kayaç mikritik kireçtaşı olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerde gözlenen mikritik kireçtaşı örneğinin ince kesiti (465548-Aer-32, 762.00)

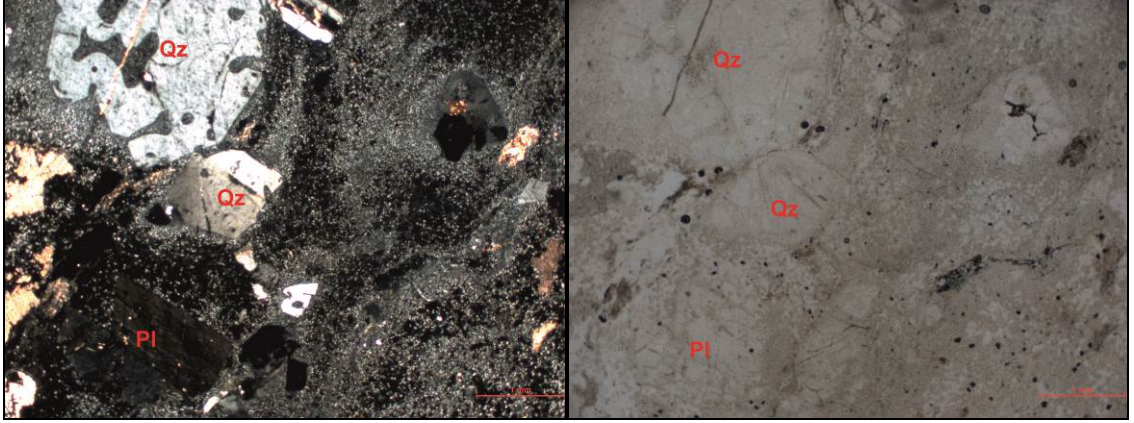
Aer-30 sondajının 590.00 m'sinden alınan 417906 nolu dasit örneği makroskobik olarak açık gri renkli, masif dokulu ve ince kristallidir. Mikroskobik olarak porfirik dokulu ana bileşenler (kuvars ve plajiyoklaz) ve tali bileşenlerden (opak mineraller) oluşur. İnce kesitlerde kuvarslar ince-orta kristalli, özşekilsiz, homojen dağılımlı, plajiyoklazlar ise orta-iri kristalli, özşekilsiz ve homojen dağılımlıdır. Tali bileşenler (opak mineraller) ise ince-orta kristalli, öz-yarı özşekilli, homojen dağılımlıdır. Kayaç adı dasit olarak adlandırılmıştır. Kayaçta bulunan plajiyoklazlar killeşmiştir. Kuvarslar kemirilmiş olup kenarlarında reaksiyon kuşağı gelişmiştir. Hamurda killeşme ve serisitleşme yaygındır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerde gözlenen dasit örneğinin ince kesiti (417906-Aer-30, 590,00)

Aer 24A sondajının 44.00 m'sinden alınan 84309 numaralı dasit örneği makroskobik olarak açık gri renkli, masif dokulu ve ince kristallidir. Petrografik incelemelerde porfirik dokulu ana bileşenler kuvars ve feldispatlardan oluşan fenokristaller ve hamur fazından oluşmaktadır.

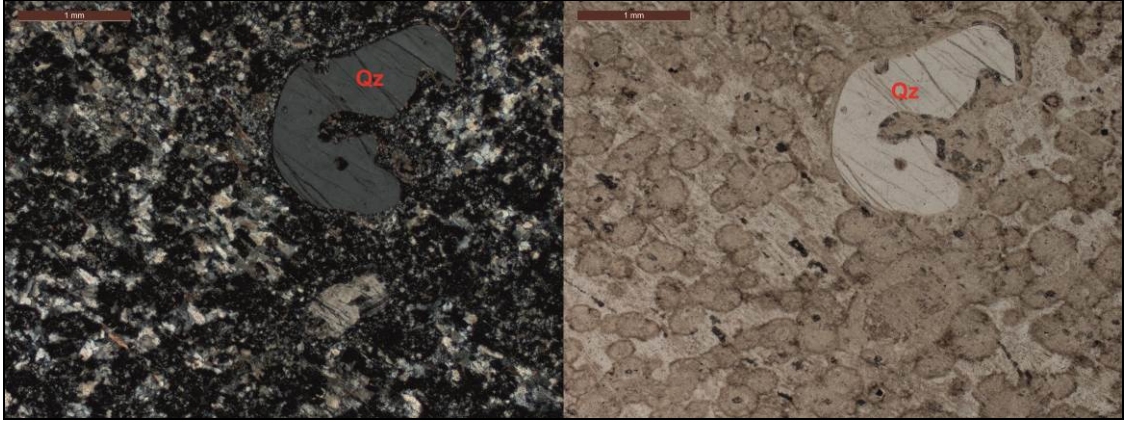
Kuvarslar ince-orta kristalli, özşekilli, kemirilmiş kristaller halindedir. Feldispatlar ise ince-orta kristalli, ikizli ve levhamsı mineraller halindedir. Hamur çok ince kristalli kuvars ve devitrifiye olmuş camsı malzemeden oluşmaktadır. Genişliği 0.4 mm'ye ulaşan karbonat dolgulu damarlarla kesilmektedir. Hamurda zayıf akma dokusu izlenmektedir. Örnekte yer yer karbonatlaşmalar sınırları belirgin olmayan kayaç parçaları saptanmıştır. Kayaç parçaları mikrolitik olası andezitik ve sferulitik dokulu olası riyolitik bileşimlidirler. Mineralojik ve dokusal özelliklerine göre dasit olarak adlandırılmıştır(Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerden yapılan dasit örneğinin ince kesitinde (84309 Aer 24A, 44.00, plajiyoklaz (Pl), kuvars (Qz)).

Aer-15 sondajının 109.00 m'sinden alınan 008586 numaralı dasit örneği makroskobik olarak açık yeşilimsi, gri renkli, masif dokulu ve ince-orta kristallidir. Mikroskobik olarak porfirik dokulu olup fenokristal fazı ince-orta kristalli, allotriyomorf kuvars mineralleri ve ince-orta kristalli hipidiyomorf prizmatik şekilli plajiyoklazlar ve tali olarak ince, allotriyomorf kristalli opak minerallerden oluşurken hamur fazı devitrifiye silisleşmelerle temsil edilmektedir. Kayaç Altere dasit olarak adlandırılmıştır.

Kayaçta fenokristal fazının ana bileşenleri olan kuvarsların kenarları kemirilmiştir. Plajiyoklaz grubu minerallerde killeşme ve serisitleşme görülmektedir (Şekil 4.19).

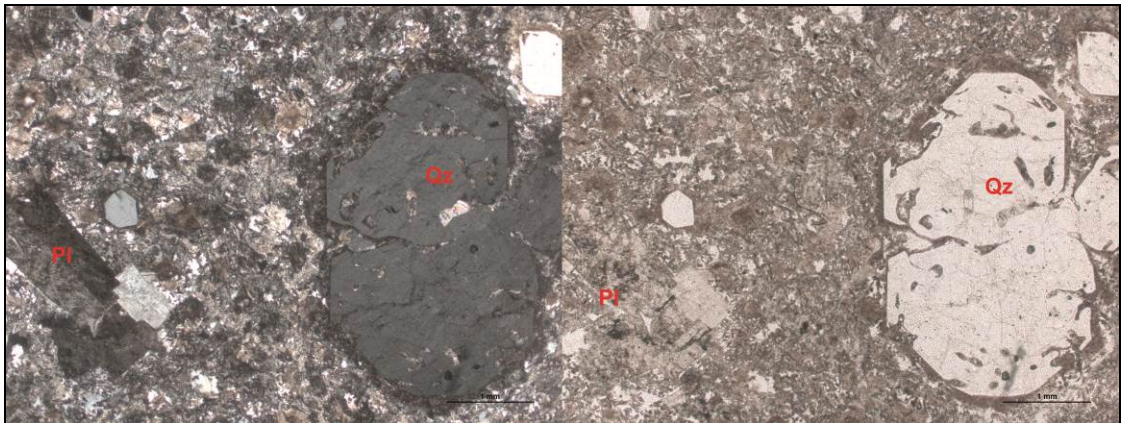


Şekil 4.19. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerde gözlenen dasit örneğinin ince kesiti (008586 Aer-15,109.00, Qz: kuvars)

Aer-27 sondajının 472.00 m'sinden alınan 0038814 nolu dasit numunesi makroskobik olarak açık yeşilimsi gri renkli masif dokulu, ince-iri kristallidir. El örneğinde porfirik doku kolaylıkla gözlenmektedir. Mafik mineraller tamamen altere olmuş, ilksel mineralojilerini kaybetmiş, ikincil minerallere dönüşmüşlerdir. Mikroskobik olarak ise porfirik dokulu, ana bileşenler plajiyoklaz ve alkali feldispatlarla kuvars, tali bileşenler ise apatit ve opak minerallerle temsil edilmektedir.

Fenokristal fazındaki feldispatlar homojen dağılımlı, ince-iri kristalli, levhamsı ve öz şekilli, kuvarslar ise öz şekilli-yarı öz şekilli, ince-orta kristalli, kenarlarından kemirilmiştir. Kayaçta ayrıca ince kristalli, yarı öz şekilli-öz şekilsiz, serbest ya da birleşmiş kristaller halinde apatitlerle, ince kristalli, öz şekilli- yarı özşekilli- öz şekilsiz serbest ya da birleşik kristaller halinde heterojen dağılımlı opak mineraller gözlenmiştir.

Hamur fazı mikrokristalin kuvars kristalleri, feldispat mikrolitleri ile serisit, kil gibi ikincil minerallerin karışımından oluşmaktadır. Kayaç genelinde karbonatlaşma ve silisleşme yoğun olup, serisitleşme, killeşme, kloritleşme ve opaklaşma gözlenmektedir. Kayaç altere dasit olarak adlandırılmıştır(Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Erenler alterasyon sahasından derlenen dasit örneğinin ince kesiti (0038814 Aer-27,472.00, Pl: plajiyoklaz, Qz: kuvars)

Aer-30 sondajının 261.00 m'sinden alınan 417900 numaralı tuf örneği makroskobik olarak orta açık gri renkli kırıntılı dokulu ve ince-orta kristallidir. Mikroskobik olarak kırıntılı dokulu bileşenleri, ince orta kristalli, köşeli- orta yuvarlak, homojen dağılımlı kuvarslar, orta-ince kristalli, köşeli, homojen dağılımlı plajiyoklaz, orta kristalli, yarı özşekilli, homojen dağılımlı alkali feldspat, ince-orta kristalli, köşeli, heterojen dağılımlı biyotit ve orta kristalli, özşekilsiz, homojen dağılımlı opak minerallerin oluşturduğu kristal köşeli, homojen yer yer serisitleşmiş, killeşmiş volkan küllü bağlayıcılı altere volkanik kayaç parçalarından oluşur.

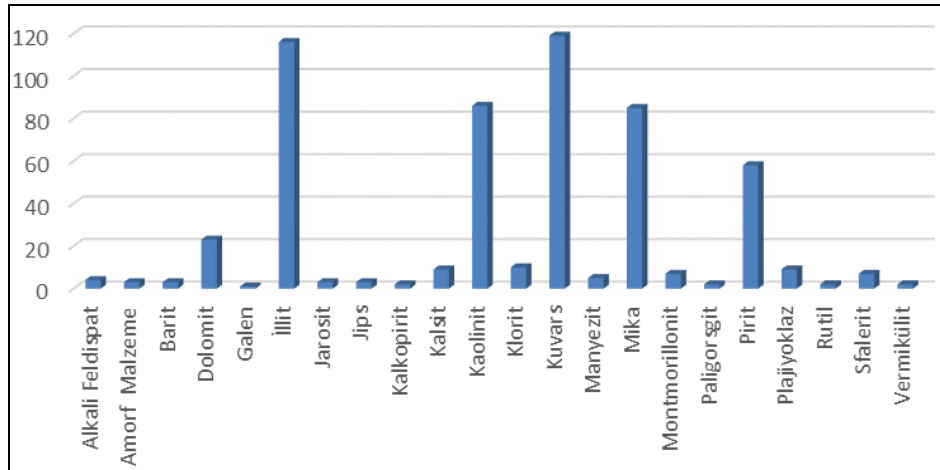
Örnek ince kristalli olup kristallerde kırılmalar, eğilme/bükülme mevcuttur. Kayaçta tamamen killeşmiş cam olabileceği düşünülen ince kristalli parçalar gözlenmiştir. Kayaç adı kristal tuf olarak adlandırılmıştır (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerden yapılan ince kesitlerde gözlenen Tuf örneğinin ince kesiti (417900 Aer-30,261.00)

4.2.2.1.2. X-Işınlari difraktometre (XRD) analizleri

Bölgede yapılan 33 sondajdan toplamda 130 adet numunede X-Işınlari Kırınım (XRD) analizi yapılmış ve analiz sonucuna göre çoktan aza doğru illit, kuvars, kaolinit, mika ve pirit bulunmaktadır (şekil 4.22).



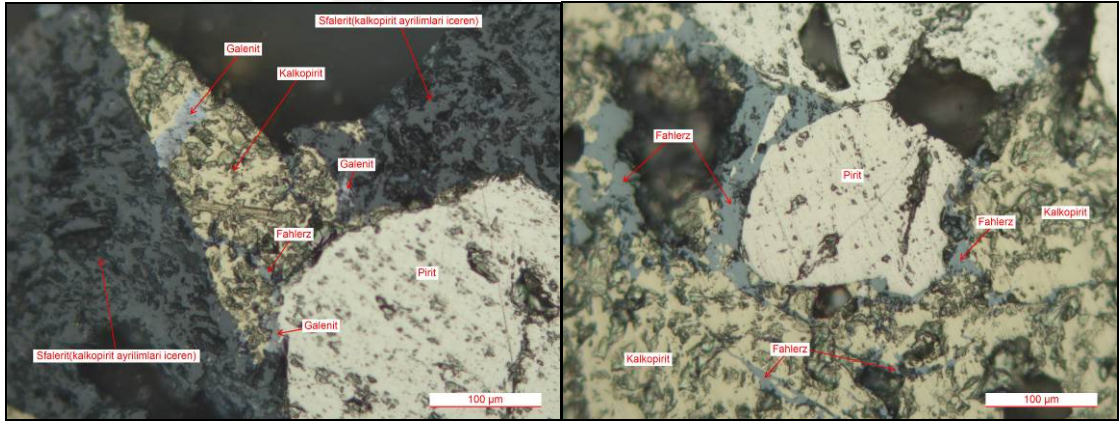
Şekil 4.22. XRD analiz sonuçlarına göre mineral dağılımını grafiği

4.2.2.2. Cevher petrografisi (Parajenez-Süksesyon)

Erenler sahasında cevher minerallerinin baskın olduğu bazı sondajlardan alınan numunelerin parlak kesitleri yapılarak cevher mikroskobunda incelenmiş olup cevherleşmeye ait parajenezi ve süksesyon belirlenmiştir.

4.2.2.2.1. Mineral parajenezi

Erenler sahasında yapılan Aer-32 sondajından alınan 467486 numaralı örnekte (Aer-32; 547.00-467486) çoktan aza sfalerit, pirit, kalkopirit, fahlerz ve galenit (eser) saptanmıştır. Piritler, yarı özşekilli-özşekilsiz kristaller halinde olup sfalerit, kalkopirit ve fahlerzler yarı özşekilli piritlerin aralarında, etrafında ve çatlak-boşluklarını doldurmuş olarak izlenmiştir. Sfaleritler, yer yer piritlerin çatlaklarında (veya içinde damarcık şeklinde) gözlenmiştir. Sfaleritler genellikle, ince kristalli-submikroskobik kalkopirit ayrılmaları içermektedir. Kalkopiritler bazen, sfaleritin kenarında ve sfalerit içinde kılcal damarcık şeklinde gözlenmiş olup yer yer de sfalerit kalkopiritin çatlağındadır. Galenit ve fahlerz piritin çatlak ve boşluklarında izlenmiş olup fahlerz bazen de kalkopirit içerisinde kılcal damarcık şeklinde belirlenmiştir (Şekil 4.23).



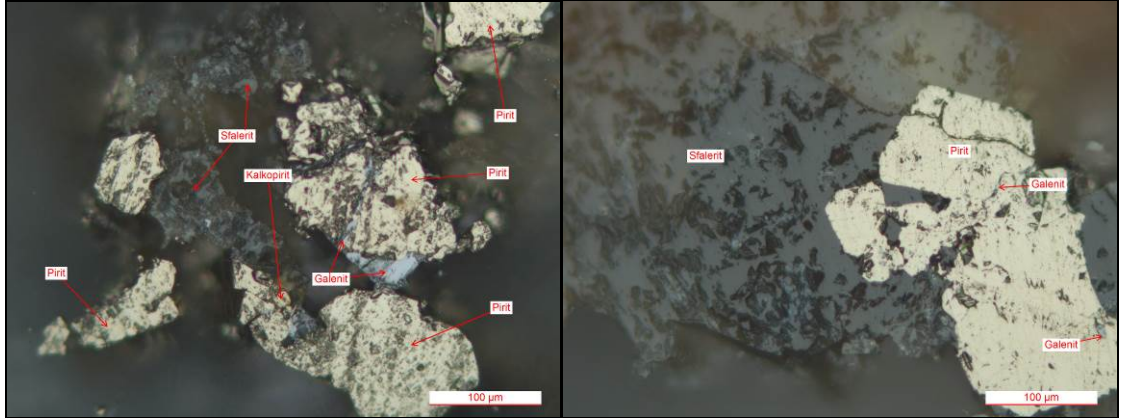
Şekil 4.23. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-32; 547.00-467486)

Erenler sahasında aynı sondajın 599. m'sinden alınan 467487 numaralı örnekte (Aer-32; 599.00-467487) cevher mineralleri çoğunlukla devamlılığı izlenemeyen bir çatlaklar boyunca izlenmiş olup çoktan aza kalkopirit, sfalerit, galenit, fahlerz (tennantit + tetraedit) ve pirit saptanmıştır. Piritler özşekilsiz-yarı özşekilli olup sfalerit, kalkopirit, galenit ve fahlerzler yer yer piritlerin etrafında, aralarında. Piritler, damar dışındaki kısımda, çok ince kristallerden oluşan küçük topluluk-birikim halinde de tespit edilmiştir. Sfaleritler çoğunlukla submikroskobik kalkopirit ayrılmaları içermektedir. Fahlerz, kalkopirit ve galenitler, bazen sfalerit içinde damarcık şeklinde belirlenmiştir. Yer yer kalkopirit içinde galenit ve fahlerz damarcıkları vardır (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-32; 599.00-467487)

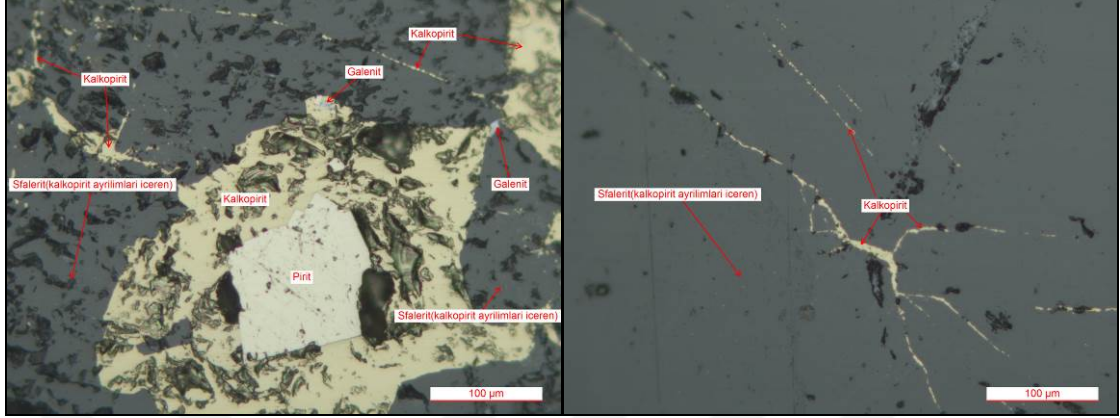
Aer 32 sondajının 630. m'sinden alınan 467488 numaralı örnekte (Aer-32; 630.00-467488) cevher mineralleri olarak az miktarda sfalerit, pirit, fahlerz, çok az miktarda galenit ve eser miktarda kalkopirit saptanmıştır. Piritler özşekilsiz, bazen yarı öz şekilli olup saçınımlı kristaller halinde izlenmiştir. Sfalerit ve fahlerz, örneğin bazı kısımlarında birikimler halindedir. Sfaleritler, yer yer submikroskopik kalkopirit ayrımları içermektedir. Sfalerit ve galenitler, piritlerin aralarında ve çatlaklarında gözlenmiş olup ayrıca gang içinde de ince, özşekilsiz kristaller halinde tespit edilmiştir. Pirit ve sfaleritin sınırında kalkopirit belirlenmiştir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-32, 630.00-467488)

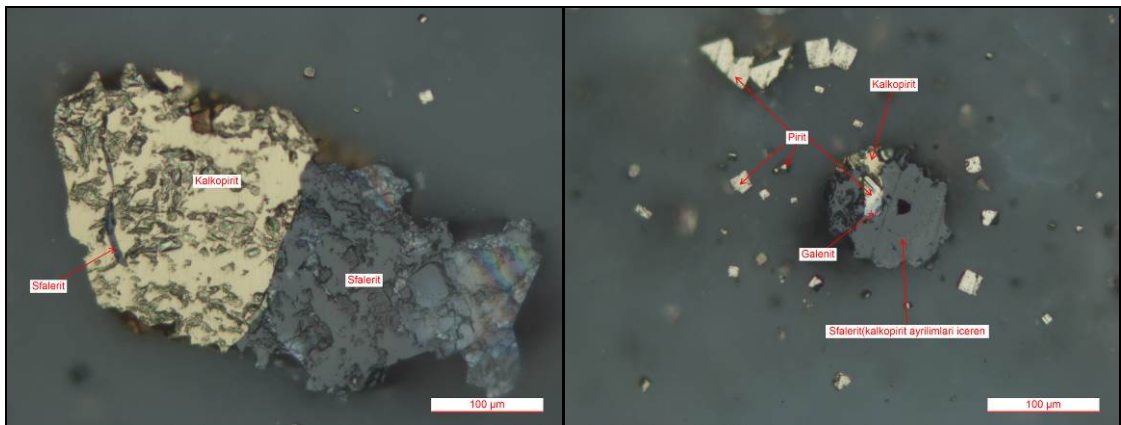
Aer 35 sondajının 68.00 m'sinden alınan 467489 numaralı örnekte (Aer-35, 68.00-467489) bol miktarda cevher minerali ile az miktarda gang minerali içermektedir. Cevher minerali olarak bol miktarda sfaleritler ile daha az miktarda kalkopirit ve çok az miktarda pirit, galenit, fahlerz tespit edilmiştir. Sfaleritler genellikle submikroskopik kalkopirit ayrımları içermektedir. Kalkopirit, fahlerz ve galenitler yer yer sfalerit içinde kılcal damarcık şeklinde olup yer yer de sfaleritlerin kenarlarında, aralarında gözlenmiştir. Piritler, yarı özşekilli-özşekilsiz kristaller ve bazen de küçük topluluklar

halinde olup sfalerit, kalkopirit ve galenitler, yer yer de piritlerin etrafında, aralarında. Galenit ve fahlerz bazen de kalkopiritlerin içinde ve aralarında. Örnekte ayrıca çok ince kristalli piritler izlenmiş olup sfalerit içinde, aralarında, bir hat boyunca dizilim gösteren kristaller şeklinde tespit edilmiştir (Şekil 4.26).



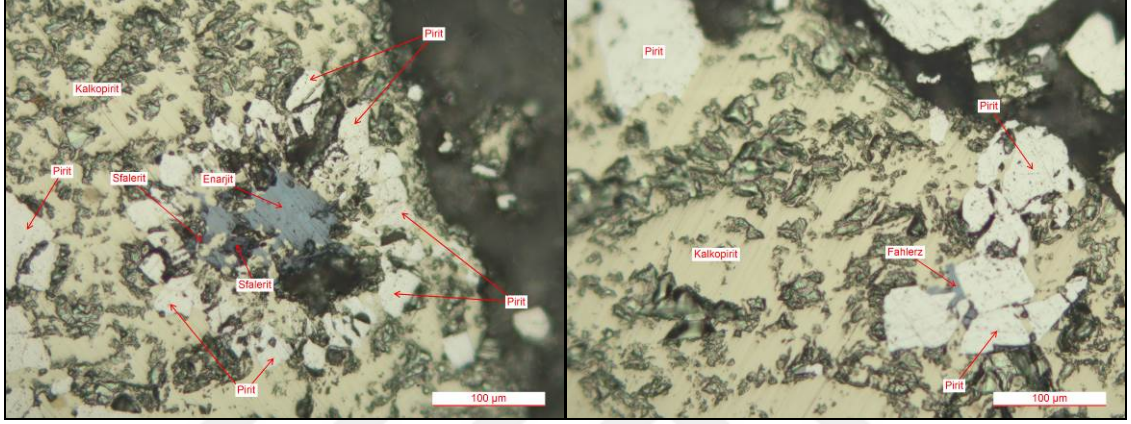
Şekil 4.26. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-35, 68.00-467489)

Aer 35 sondajının 83.00 m'sinden alınan 467490 numaralı örnekte (Aer-35, 83.00-467490) az miktarda pirit ile çok miktarda sfalerit, kalkopirit ve eser miktarda galenit saptanmıştır. Piritler, yarı özşekilli-özşekilsiz, saçınımlı kristaller halindedir. Piritler ayrıca, devamlılığı izlenemeyen hatlar boyunca (yarı özşekilli, ince kristalli) ve bazen de gang minerallerinin aralarında birikimler halinde gözlenmiştir. Sfalerit, bir yerde iri kristal (ve/veya birikim) ve birkaç da küçük kristal olarak belirlenmiş olup bazıları submikroskopik kalkopirit ayrımları içermektedir. Kalkopiritler, yer yer gang içinde özşekilsiz kristaller halinde, yer yer piritlerin kenarında, etrafında olup bir yerde de sfaleritle kenetlidir. Galenit, gang içinde ve piritin kenarında çok ince kristalli olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.27).



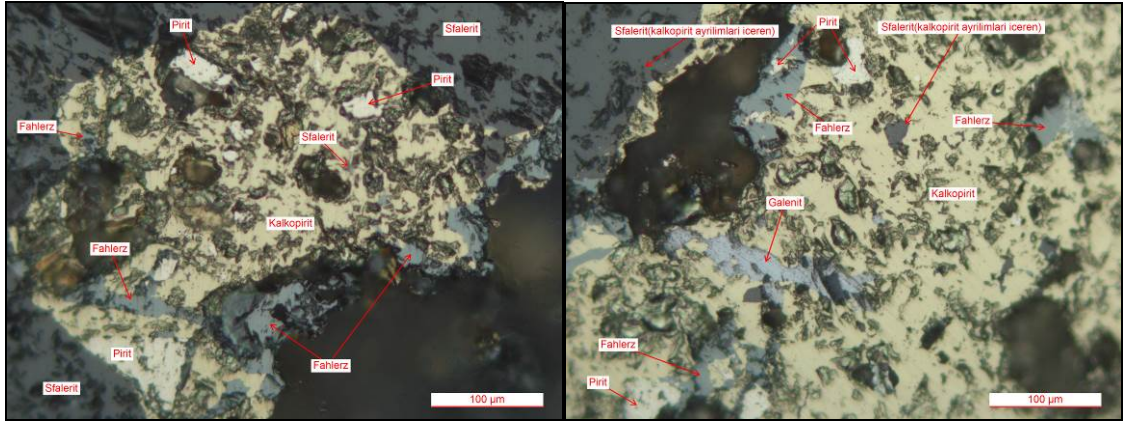
Şekil 4.27. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-35, 83.00-467490)

Aer 35 sondajının 120.00 m'sinden alınan 467491 numaralı örnekte (Aer-35, 120.00-467491) çoktan aza doğru kalkopirit, pirit, sfalerit, galenit, enarjit (eser), fahlerz (eser) saptanmıştır. Piritler, yarı özşekli-özşekilsiz saçınımlı kristaller ve bazen de topluluklar halinde olup kalkopirit, sfaleritler piritlerin etrafında, aralarında, çatlaklarında gözlenmiştir. Sfaleritler ve galenitler yer yer kalkopiritlerin içinde, kenarında, aralarında belirlenmiştir. Sfaleritlerin bazıları submikroskopik kalkopirit ayrımları içermektedir. Enarjit ve fahlerz kalkopiritin içinde (çok küçük) tespit edilmiştir (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-35, 120.00-467491)

Aer 35 sondajının 514.00 m'sinden alınan 467492 numaralı örnekte (Aer-35, 514.00-467492) tespit edilen cevher mineralleri çoktan aza sfalerit, pirit, kalkopirit, fahlerz (çok az) ve eser miktarda galenittir. Sfalerit, kalkopirit ve fahlerz yer yer piritlerin etrafında, aralarında ve piritlerin çatlaklarını doldurmuş olarak belirlenmiştir. Sfalerit, gang minerallerinin aralarında birikimler ve öz şekilsiz kristaller halinde ve bazen de piritlerin etrafında-aralarında gözlenmiştir. Sfaleritlerin çok az bir kısmı da kalkopirit içinde küçük kristaller şeklinde izlenmiş olup bazıları submikroskopik kalkopirit ayrımları içermektedir. Piritler, özşekli-yarı özşekli kristaller halinde belirlenmiştir. Piritler bazen, çok küçük kristallerden oluşan küçük topluluk şeklinde izlenmiştir. Kalkopirit ve fahlerzler, yer yer de sfaleritlerin kenarında, aralarında ve sfalerit içinde damarcık şeklinde tespit edilmiştir. Galenitler, sfalerit, pirit (piritin çok küçük boşluklarını doldurmuştur) ve kalkopirit içinde damarcıklar şeklinde olmak üzere birkaç yerde gözlenmiştir (Şekil 4.29).



Şekil 4.29. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-35, 514.00-467492)

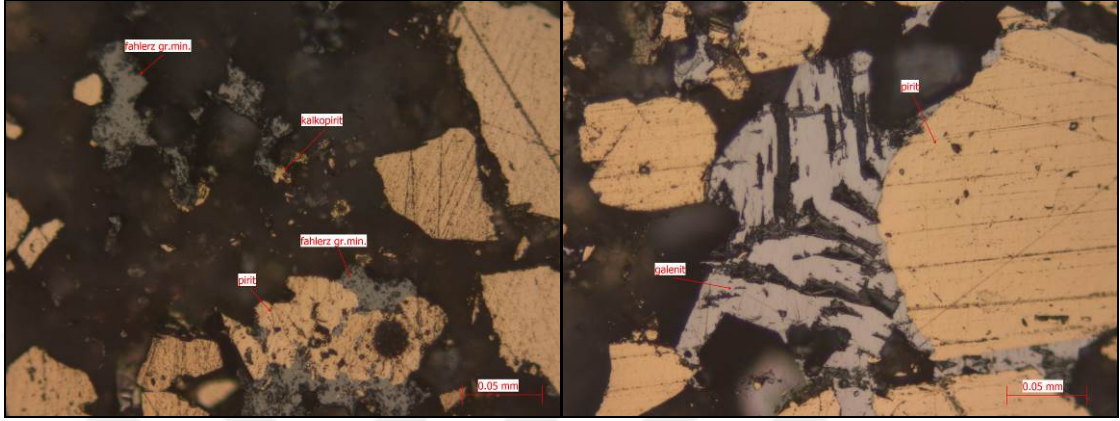
Aer 33 sondajının 564.00 m'sinden alınan 467493 numaralı örnekte (Aer-35, 564.00-467493) bol miktarda cevher minerali gözlenmiş olup tespit edilen cevher mineralleri gang minerallerinin aralarında birikimler halindedir. Parlatma örneğinde, bol miktarda sfalerit, galenit, daha az miktarda kalkopirit, çok az miktarda fahlerz ve eser miktarda burnonit ve pirit saptanmıştır. Galenit ve kalkopirit yer yer sfaleritlerin aralarında ve sfalerit içinde kılcal damarcık şeklinde belirlenmiştir. Sfaleritler yer yer submikroskopik kalkopirit ayrımları içermektedir. Kalkopiritler, bazen galenit içinde, kenarına küçük kristaller ve bazen de devamlılığı olmayan damarcık şeklinde olup bazen de galenit kalkopirit içinde damarcık şeklinde izlenmiştir. Fahlerzler, çoğunlukla galenit içinde, kenarında çok küçük kristaller halinde tespit edilmiştir. Fahlerz, bazen de sfalerit içinde kılcal damarcıklar şeklinde gözlenmiştir. Burnonitler, galenit içinde çok ince kristalli olarak saptanmıştır. Piritler, sfalerit içinde-çatlağında bir hat boyunca dizilim gösteren çok ince kristaller halinde gözlenmiştir (Şekil 4.30).



Şekil 4.30. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-33, 564.00-467493)

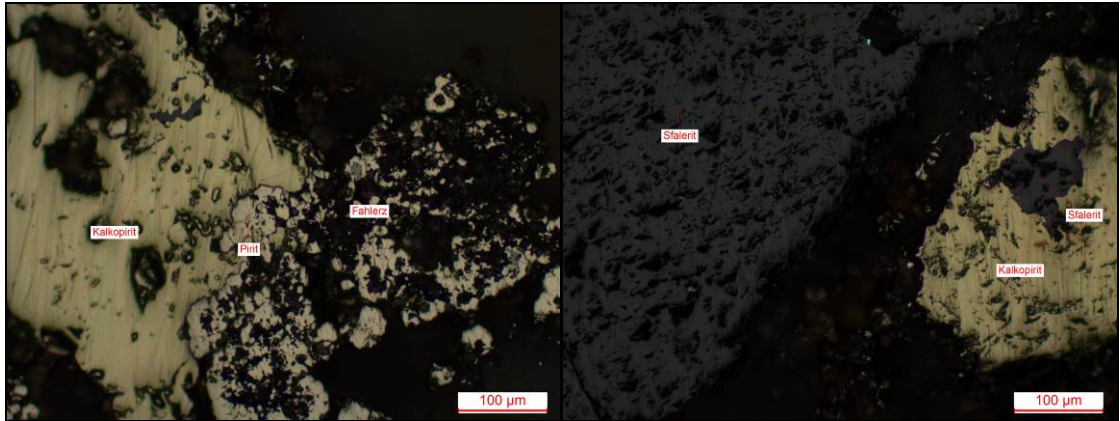
Aer 17A sondajının 439.00 m'sinden alınan 008601 numaralı örnekte (Aer-17A, 439.00-008601) tespit edilen cevher mineralleri özşekli ve özşekilsiz kristaller halinde sfaleritler ve sfaleritlerle kenetli olarak eser miktarda fahlerz grubu minerallerdir.

Numuneyi kesen 1 mm ve 2 mm genişliğindeki iki damarda, pirit ve az miktarda sfalerit, galenit, fahlerz grubu mineraller ve eser miktarda kalkopirit tespit edilmiştir. Galenit, sfalerit ve fahlerz grubu mineraller pirit kristallerinin aralarını doldurur şekilde ya da çatlaklarında bulunmaktadır. Kalkopiritler, fahlerz grubu minerallerle birlikte/kenetli çok ince kristal boyunda ve eser miktardadır (Şekil 4.31).



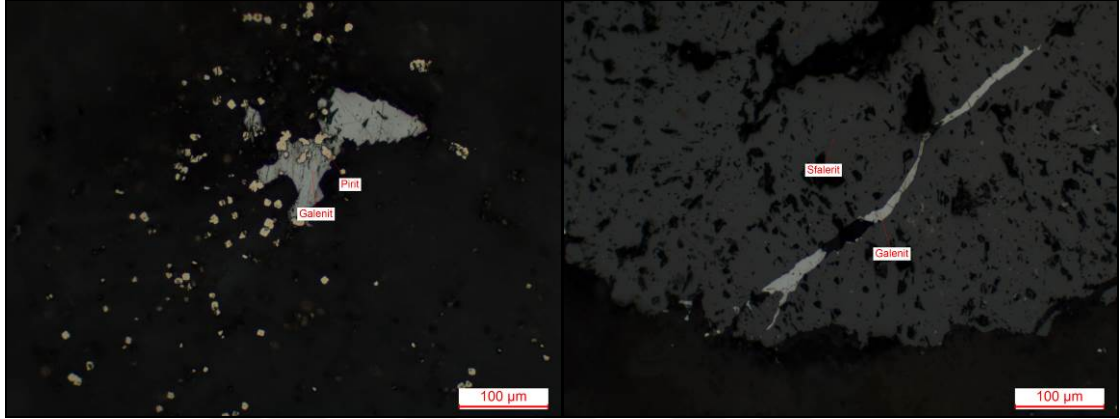
Şekil 4.31.Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-17A, 439.00-008601)

Aer 27 sondajının 54.00 m'sinden alınan 069879 numaralı örnekte (Aer-27, 54.00-069879) çoktan aza doğru sfalerit, kalkopirit, pirit ile eser oranda fahlerz tespit edilmiştir. Sfaleritlerin bazıları gang mineralleri arasında iri kristaller halinde bazıları kalkopiritlerin içinde izlenmiştir. Kalkopiritler gang mineralleri arasında iri kristaller halinde bazı kısımlarda piritlerin kenarında/etrafında izlenmiştir. Piritler gang mineralleri arasında yarı özşekilli-özşekilsiz küçük kristaller ve birikimler halinde, bazıları yarı özşekilli kristaller halinde olup etrafını özşekilsiz piritler sarmıştır. Bazı kısımlarda gang minerallerinin kenarında devamlılığı olmayan damarcıklarda yer yer kolloform görünümlü kristaller ve birikimler halindedir. Fahlerz eser miktarda olup piritlerin ve sfaleritlerin içinde ve çatlaklarında izlenmiştir (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-27, 54.00-069879)

Aer 27 sondajının 154.00 m'sinden alınan 069881 numaralı örnekte (Aer-27, 154.00-069881) tespit edilen cevher mineralleri çoktan aza doğru sfalerit, galenit ve pirittir. Sfaleritler özşekilsiz iri kristaller halinde bazıları galenit ile bir arada, bazıları piritlerin kenarını sarmıştır. Galenitler gang mineralleri arasında özşekilsiz, küçük orta kristaller halinde bazıları yarı özşekilli piritlerin kenarında-etrafında, bazıları da sfalerit ile bir arada sfaleritlerin çatlağında izlenmiştir. Piritler gang mineralleri arasında yarı özşekilsiz küçük kristaller ve belirli kısımlarda birikimler halindedir(Şekil 4.33).

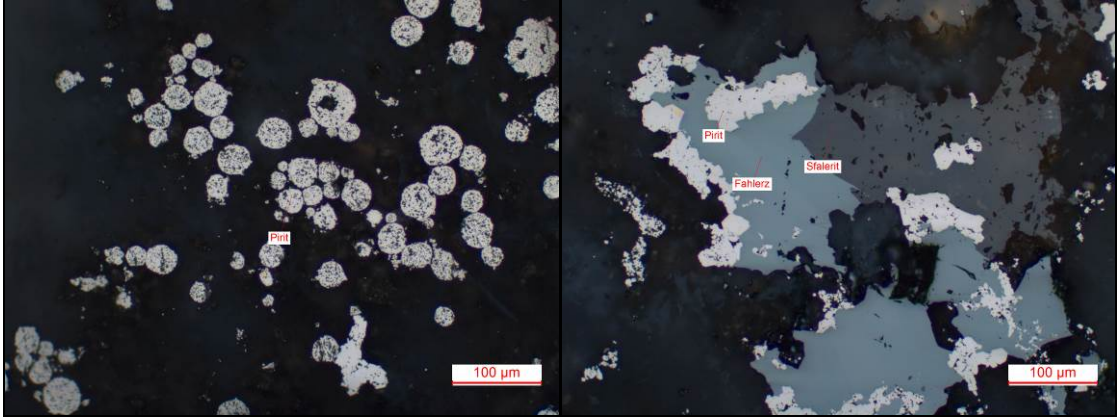


Şekil 4.33. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-27,154.00-069881)

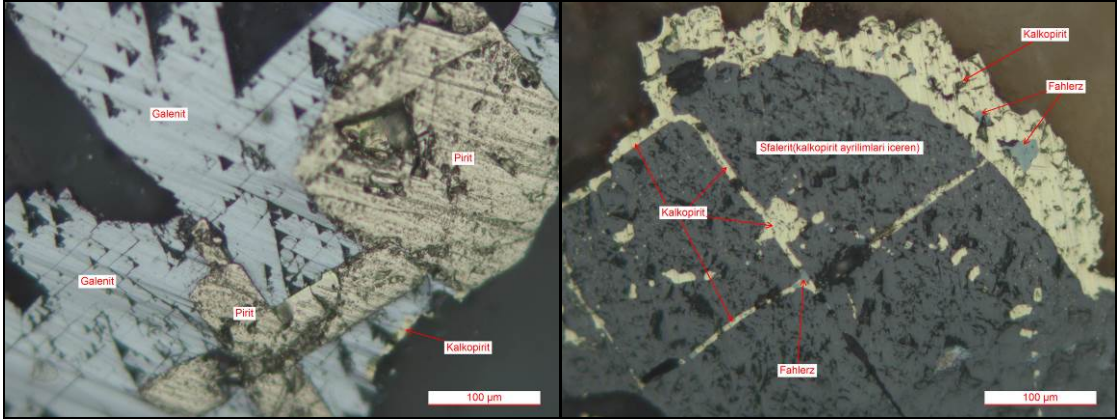
Aer 26A sondajının 92.00 m'sinden alınan 069886 numaralı örnekte (Aer-26A, 92.00-069886) tespit edilen cevher mineralleri çoktan aza doğru sfalerit, pirit. Sfaleritler gang mineralleri arasında belirli kısımlarda büyük kristaller birikimler halinde ya da devamlılığı olmayan 100-200 mikron kalınlıkta damarlarda birikmiştir. Sfaleritler iki farklı türde izlenmiş olup bir kısmının demir içeriği düşüktür. Fahlerz iri kristaller halinde bazıları sfalerit ile bir arada bazıları da yarı özşekilli küçük piritlerin aralarında, etrafını sarmıştır. Piritler gang mineralleri arasında özşekilsiz, yarı özşekilli, bazıları küresel yuvarlağımsı şekilli kristaller küçük birikimler halinde bazı kristaller de kalkopirit eser miktarda özşekilsiz sfalerit ve fahlerz ile bir aradadır. Galenitler eser miktarda olup fahlerz içinde yarı öz şekilli-özşekilsiz olarak izlenmiştir(Şekil 4.34).

Aer 25 sondajının 384.00 m'sinden alınan 083398 numaralı örnekte (Aer-25, 384.00-083398) tespit edilen cevher mineralleri çoktan aza doğru sfalerit, pirit, galenit, kalkopirit ve fahlerzdir. Parlak kesitte devamlılığı olmayan bir hat/damar boyunca birikimler halinde izlenmiştir. Sfaleritler yer yer özşekilli-yarı özşekilli piritlerin aralarında-etrafında olup çok az bir kısımda gang içinde özşekilsiz kristaller halinde saptanmıştır. Sfaleritlerin hemen hepsi submikroskopik kalkopirit ayrılımlar içermektedir. Piritler, yarı özşekilli-özşekilsiz (az bir kısımda özşekillidir) olup

genellikle saçınımlı kristaller ve yer yer de topluluklar şeklinde gözlenmiştir. Kalkopirit, galenit ve fahlerz yer yer piritlerin aralarında, etrafındadır. Kalkopirit, galenit ve fahlerzler sfaleritlerin kenarlarında-etrafında tespit edilmiştir(Şekil 4.35).

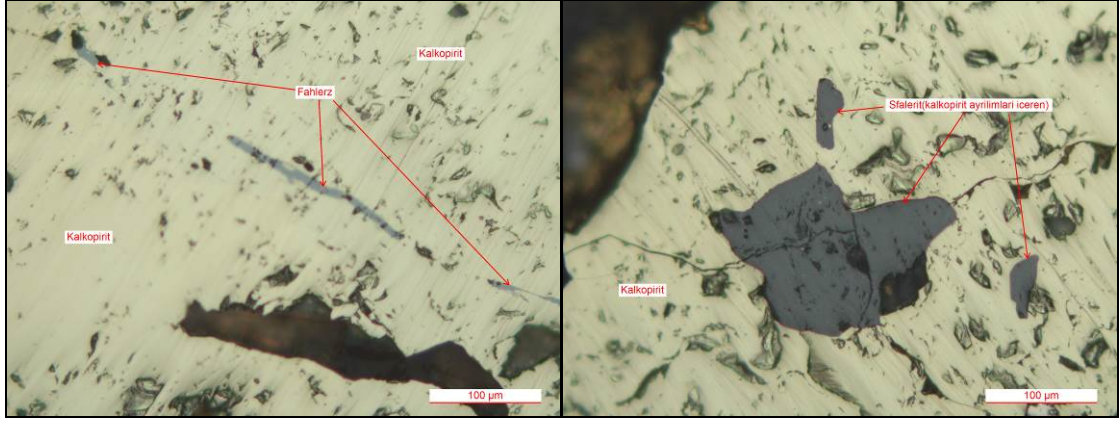


Şekil 4.34. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-26A,92.00-069886)



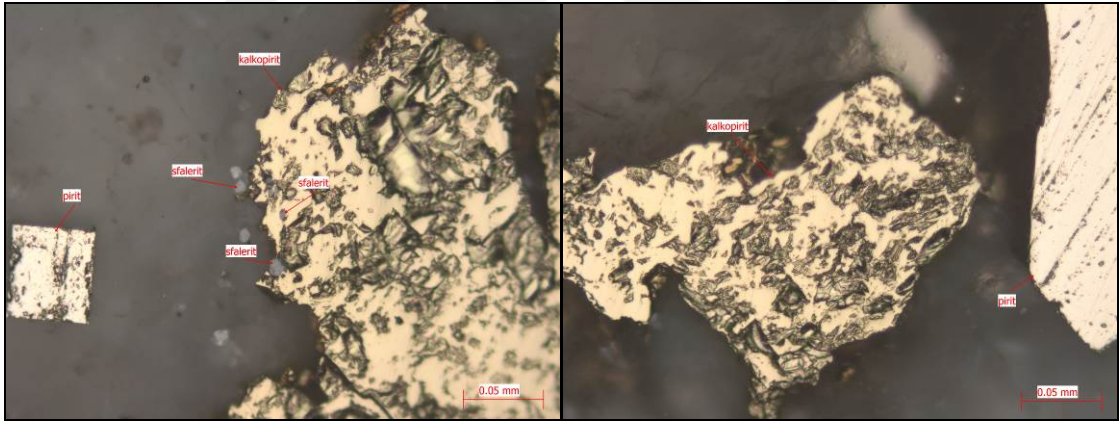
Şekil 4.35. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-25, 384.00-083398)

Aer 25 sondajının 541.00 m'sinden alınan 083400 numaralı örnekte (Aer-25, 541.00-083400) tespit edilen cevher mineralleri parlak kesitin bir kenarına (veya el örneğinde bir hat boyuncar) birikimler halinde kalkopirit, pirit, az sfalerit ve çok az fahlerzdir. Kalkopiritler, yarı özşekilli-özşekilsiz piritler etrafında, aralarında ve piritin çatlaklarında izlenmiştir. Piritler gang içinde saçınımlı kristaller halinde belirlenmiştir. Sfaleritler, kalkopiritlerin aralarında, kenarında ve bazen de kalkopiritin içindedir. Sfaleritlerin hemen hepsi çok ince- submikroskopik kalkopirit ayrılımları içermektedir. Fahlerzler, genellikle kalkopiritin içinde kılcal damarcık şeklinde gözlenmiştir. Kalkopirit ve fahlerz yer yer sfalerit içinde kılcal damarcık şeklinde de tespit edilmiştir (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-25, 541.00-083400)

Aer 36 sondajının 51.00 m'sinden alınan 532483 numaralı örnekte (Aer-36, 51.00-532483) tespit edilen cevher mineralleri pirit ve kalkopirittir. Pirit içerisinde birkaç mikron büyüklüğünde eser miktarda galenit, sfalerit, kalkopirit ve fahlerz grubu mineraller tespit edilmiştir. Piritler özşekilli kristaller halindedir. Piritlerin çatlaklarında ya da özşekilsiz serbest kristaller halinde izlenmiştir. Çok az miktarda kalkopirit içinde veya serbest küçük kristaller halinde sfalerit izlenmiştir (Şekil 4.37).



Şekil 4.37. Erenler alterasyon sahasından derlenen örneklerdeki cevher minerallerinin cevher mikroskopisi görüntüleri (Aer-36, 51.00-532483)

4.2.2.2.2. Süksesyon

Erenler köyü Geç Kretase yaşlı Kızılkaya formasyonuna ait dasitlerin ve kuzey-güney uzanımlı alterasyon zonlarından alınan numunelerde yapılan makro gözlemler ve cevher petrografisi incelemelerine göre cevher minerallerinin röliye, ortaya çıkma, kaybolma, kapanım, ayrılım, ornatım ilişkilerine bölgedeki cevherleşme evreleri için pre-mineralizasyon, ana mineralizasyon ve ikincil mineralizasyon (süperjen) olmak üzere üç evre tanımlanabilmektedir (Şekil 4.38).

Pre-mineralizasyon evresi için belirgin cevher minerali pirit gang mineralleri ise, kuvars ve feldispat ile karakteristiktir.

Ana mineralizasyon evresi I . ve II. faz olmak üzere iki evreye ayrılmaktadır. Ana mineralizasyonun I. fazında cevher mineralleri bol miktarda pirit, sfalerit ve kalkopirit ile az miktarda galenit ve fahlerz ile temsil edilirken başlıca gang minerali kuvarstır. Ana mineralizasyonun II. fazında cevher mineralleri bolluk derecesine göre pirit, sfalerit, kalkopirit, galenit, fahlerz ve brumanit, gang mineralleri ise kuvars, illit ve kaolinittir.

İkincil mineralizasyon evresinde (oksidasyon zonunda) ise bolluk derecesine göre cevher mineralleri fahlerz ve pirit gang mineralleri ise illit ve kaolinitlerle temsil edilmektedir (Şekil 4.38).

Evre		<i>Pre-mineralizasyon</i>	<i>Mineralizasyon</i>		<i>Oksidasyon</i>
Mineral			I. Faz	II. Faz	
<i>Cevher</i>	Pirit	—	—	—	-----
	Sfalerit	—	—	—	
	Kalkopirit	—	—	—	
	Galenit	—	-----	—	
	Fahlerz	—	-----	—	-----
	Brumonit	—		—	
<i>Gang/alterasyon</i>	Kuvars	—	—	—	
	İllit	—	-----	—	
	Kaolinit	—	-----	—	
	Feldispat	—			

bol
 az
 iz

Şekil 4.38. Erenler köyü cevherleşmesinin mineral parajenezi ve süksesyonu

4.2.3. Jeokimyasal incelemeler

Çalışma alanındaki Üst Kretase dasitlerinin ve bu dasitlerin içerisinde olan cevherli zonun jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi için cevher ve alterasyon zonlarını içinde bulunduran Kızılkaya formasyonuna ait 6 adet dasitik tüf 8 adet dasit numunesi ile 5 adet cevherli numune olmak üzere 19 adet numunenin ana oksit, iz element ve NTE analizleri yapılmıştır.

4.2.3.1. Yankayaç jeokimyası

İnceleme alanında cevherleşme ve alterasyon zonları Kızılkaya formasyonuna ait tüfler ve dasitler içinde yer almaktadır. Dolayısıyla bu formasyona ait dasitik tüfler ve dasitler yan kayaç olarak değerlendirilmiş olup 6 adet dasitik tüf ve 8 adet dasit numunesinin ana oksit, iz element ve NTE analizleri yapılmıştır.

Kızılkaya formasyonuna ait dasitik tüflerden alınan 6 adet numunede yapılan ana oksit, iz element ve NTE analiz sonuçları kullanılarak yapılan student t testine göre TiO_2 , MnO , MgO , K_2O , P_2O_5 , V_2O_5 , Co_3O_4 , CuO , ZnO , ZrO_2 , Rb_2O , SrO , NiO , CdO , Bi_2O_3 , Cs , Ta , Th , Eu ve Tm değerleri deteksiyon limitinin altında kalmaları veya bütün değerlerin aynı olmaları nedeniyle % 95 anlamlılık düzeyinde tutarlı değildir.

Dasitik tüflerde SiO_2 ortalama % 40.70 ve anakitlede % 32.13-% 49.27 arasında değişmekte iken Al_2O_3 ortalama % 15.82, Fe_2O_3 % 1.37, % 18.13 CaO , % 1.52 BaO iken ortalama 43 ppm Pb bulunmaktadır (Tablo 4.1).

Cevherleşmenin içinde bulunduğu dasitlerde de MnO , P_2O_5 , V_2O_5 , CuO , ZnO , ZrO_2 , SrO , BaO ve S değerleri deteksiyon limitinin altında kaldıkları veya bütün numunelerde aynı sonucu verdikleri için student t testine göre yapılan yorumlar % 95 olasılıkla tutarlı olmadığından değerlendirmeye alınmamıştır (Tablo 4.2).

Dasitlerde SiO_2 ortalama % 41.14 ve anakitlede % 39.19-% 43.09 arasında değişmektedir. Dasitlerde ortalama % 11.83 Al_2O_3 , ortalama, % 4.59 Fe_2O_3 , % 2.04 MgO , % 16.61 CaO , % 2.86 K_2O ve 362 ppm Pb bulunmaktadır (Tablo 4.2).

Volkanik kayaçların sınıflandırılması ve jeotektonik ortamının belirlenmesi için bu analiz sonuçları kullanılarak farklı diyagramlarda değerlendirilmiştir. Tablo 4.1’de dasitik tüfler içerisindeki yoğun karbonat alterasyonlu 2 örneğe grafiklerde yer verilmiştir.

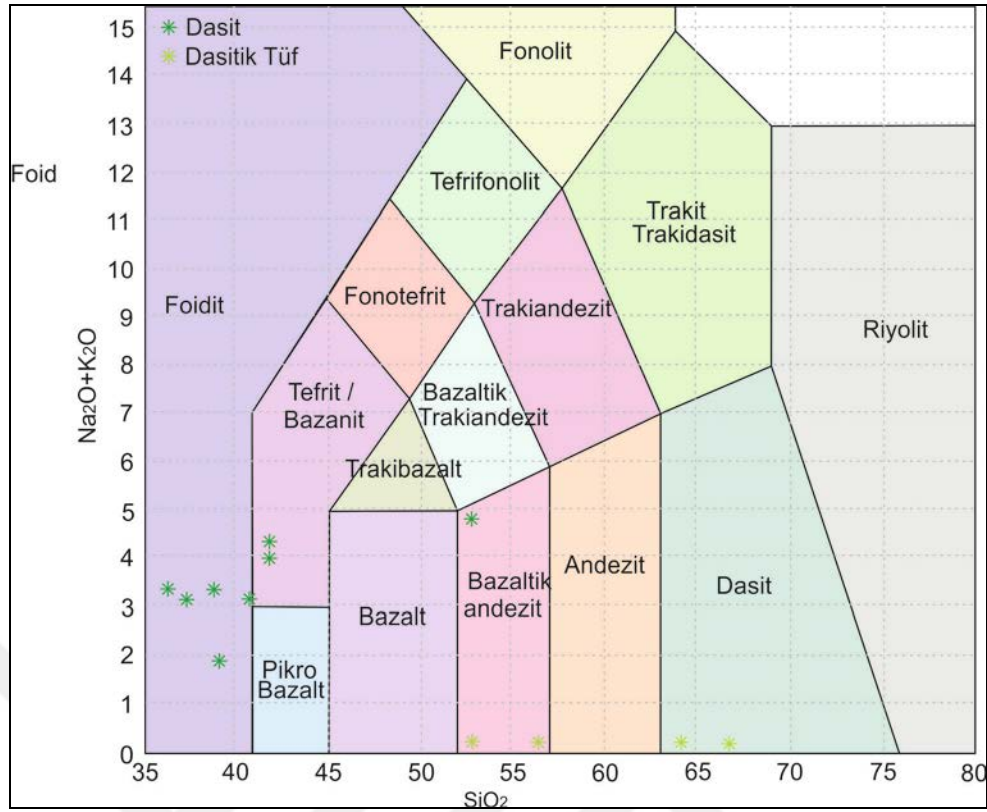
Tablo 4.1.Dasitik tüflerden alınan kayaçlara ait ana oksit, iz element, NTE analiz sonuçları ve bu sonuçlara ait ortalama, standart sapma, standart hata ve anakitle aritmetik ortalamasının güven aralığı (μ_1 ve μ_2)

Örnek No	AER-32/351	AER-32/352	AER-32/353	AER-32/354	AER-32/356	AER-32/357	Ort.	Standart Sapma	Standart Hata	μ_1	μ_2
SiO ₂	66.70	56.40	52.90	2.00	2.00	64.20	40.70	27.75	3.33	32.13	49.27
TiO ₂	0.30	0.40	0.30	0.10	0.10	0.30	0.25	0.11	0.22	-0.32	0.82
Al ₂ O ₃	21.10	27.60	22.60	0.60	0.60	22.40	15.82	10.95	1.88	11.00	20.64
Fe ₂ O ₃	0.80	1.10	4.40	0.30	0.30	1.30	1.37	1.41	0.37	0.43	2.31
MnO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.13	-0.23	0.43
MgO	0.10	0.10	0.10	0.40	0.20	0.10	0.17	0.11	0.13	-0.17	0.50
CaO	0.10	0.10	0.10	54.20	54.20	0.10	18.13	25.50	0.13	17.80	18.47
Na ₂ O	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.04	0.00	0.08	0.08
K ₂ O	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.13	-0.23	0.43
P ₂ O ₅	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.13	-0.23	0.43
V ₂ O ₅	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	-0.09	0.11
Co ₃ O ₄	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	-0.09	0.11
CuO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	-0.09	0.11
ZnO	0.01	0.02	0.11	0.01	0.01	0.04	0.03	0.04	0.04	-0.07	0.14
ZrO ₂	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.06	-0.13	0.17
Rb ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	-0.09	0.11
SrO	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.00	0.07	-0.15	0.22
BaO	1.84	2.59	2.85	0.01	0.01	1.79	1.52	1.13	0.55	0.09	2.94
NiO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	-0.09	0.11
CdO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	-0.09	0.11
Bi ₂ O ₃	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	-0.09	0.11
A.Z.	7.00	9.20	10.25	42.05	42.15	7.10	19.63	15.93	1.08	16.85	22.40
Cr	73.20	30.70	24.40	9.60	9.70	64.10	35.28	24.91	3.49	26.31	44.26
Cs	0.40	0.50	0.90	0.10	0.20	0.50	0.43	0.26	0.26	-0.23	1.10
Hf	12.36	15.97	12.83	0.49	0.21	11.00	8.81	6.16	1.44	5.12	12.50
Nb	12.70	18.60	13.20	0.90	0.70	11.90	9.67	6.63	1.45	5.93	13.41
Pb	85.40	64.10	41.00	1.40	0.10	65.20	42.87	32.43	3.77	33.17	52.56
S	1.73	2.07	5.94	0.02	0.03	2.29	2.01	1.98	0.54	0.63	3.39
Ta	1.40	1.70	1.40	0.10	0.10	1.10	0.97	0.64	0.48	-0.27	2.21
Th	2.41	3.59	1.80	0.17	0.10	0.61	1.45	1.28	0.63	-0.18	3.08
Yb	8.69	9.04	8.83	1.08	0.93	8.38	6.16	3.65	1.20	3.07	9.25
U	4.07	5.74	2.61	0.83	0.55	1.09	2.48	1.90	0.82	0.36	4.60
Sc	10.13	13.07	11.26	2.83	2.46	7.38	7.86	4.05	1.30	4.52	11.19
Y	32.61	38.45	33.50	8.56	7.37	28.95	24.91	12.30	2.33	18.92	30.90
La	19.14	20.67	14.67	5.28	4.68	12.79	12.87	6.17	1.79	8.28	17.46
Ce	56.94	60.94	54.18	6.10	5.72	40.14	37.34	23.12	3.08	29.42	45.25
Pr	6.25	6.29	5.92	1.62	1.61	3.95	4.27	2.04	1.02	1.65	6.90
Nd	21.11	22.77	22.18	5.30	5.26	13.98	15.10	7.52	1.88	10.28	19.92
Sm	4.33	4.80	5.01	1.15	1.03	3.17	3.25	1.63	0.85	1.07	5.43
Eu	2.35	1.76	0.87	0.22	0.33	1.27	1.13	0.76	0.63	-0.48	2.74
Gd	5.18	6.61	5.69	1.16	1.37	4.77	4.13	2.10	0.93	1.74	6.52
Tb	1.18	1.37	1.12	0.22	0.20	1.10	0.87	0.47	0.44	-0.27	2.00
Dy	8.35	10.03	8.07	1.47	1.43	8.89	6.37	3.53	1.18	3.34	9.41
Ho	2.39	2.47	2.12	0.40	0.36	2.32	1.68	0.92	0.63	0.05	3.30
Er	6.79	7.35	6.58	1.12	0.86	6.85	4.93	2.79	1.06	2.19	7.66
Tm	1.37	1.42	1.39	0.20	0.18	1.30	0.98	0.56	0.48	-0.25	2.20
Lu	1.31	1.27	1.41	0.16	0.15	1.20	0.92	0.54	0.47	-0.28	2.12
Toplam	98.42	98.10	94.19	100.00	100.00	97.90					

Tablo 4.2. Dasitlerden alınan numunelere ait ana oksit, iz element, NTE analiz sonuçları ve bu sonuçlara ait ortalama, standart sapma, standart hata ve anakitle aritmetik ortalamasının güven aralığı (μ_1 ve μ_2)

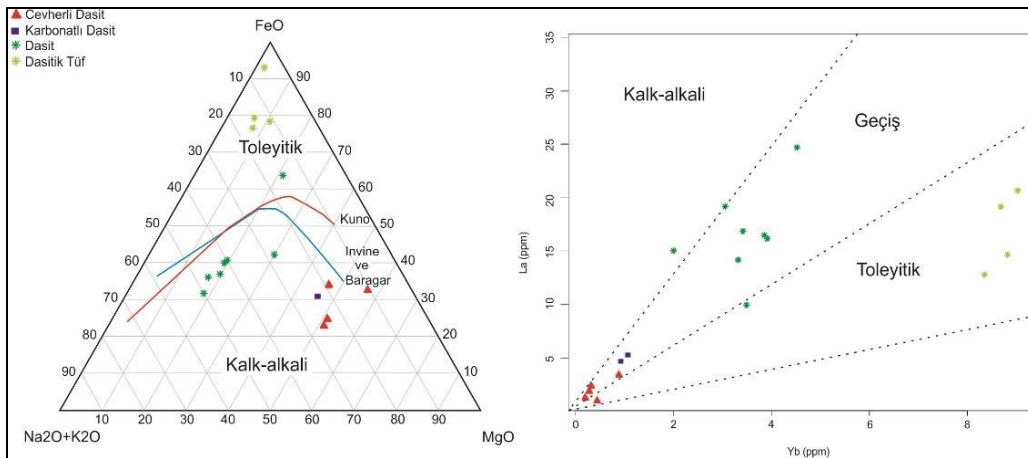
Örnek No	AER-42/121	AER-42/122	AER-42/123	AER-42/124	AER-42/125	AER-42/126	AER-42/127	AER-32/355	Ort.	Standar Sapma	Standart Hata	μ_1	μ_2
SiO ₂	52.80	41.90	38.80	37.30	36.50	41.90	40.70	39.20	41.14	4.78	0.83	39.19	43.09
TiO ₂	0.50	0.40	0.40	0.40	0.40	0.50	0.30	0.30	0.40	0.07	0.10	0.16	0.64
Al ₂ O ₃	15.70	13.90	10.20	9.60	10.00	12.40	11.40	11.40	11.83	1.97	0.53	10.57	13.08
Fe ₂ O ₃	3.40	3.70	3.70	3.70	3.70	3.80	5.50	9.20	4.59	1.85	0.51	3.38	5.80
MnO	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.70	0.25	0.17	0.16	-0.12	0.62
MgO	1.80	1.60	1.60	1.60	1.60	1.80	3.50	2.80	2.04	0.67	0.31	1.31	2.77
CaO	8.90	17.00	22.00	23.20	23.30	17.90	15.10	5.50	16.61	6.17	0.94	14.40	18.83
Na ₂ O	1.00	0.80	0.80	0.70	0.70	0.80	0.30	0.10	0.65	0.28	0.20	0.18	1.12
K ₂ O	3.80	3.50	2.60	2.50	2.60	3.20	2.90	1.80	2.86	0.59	0.29	2.18	3.55
P ₂ O ₅	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.03	0.07	-0.05	0.27
V ₂ O ₅	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	-0.05	0.08
Co ₃ O ₄	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
CuO	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01	0.02	0.01	0.04	-0.09	0.12
ZnO	0.08	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.25	3.45	0.48	1.13	0.40	-0.47	1.43
ZrO ₂	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	-0.05	0.08
Rb ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
SrO	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.02	0.25	0.07	0.07	0.10	-0.17	0.30
BaO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	9.20	1.16	3.04	0.66	-0.39	2.71
A.Z.	10.95	16.35	19.30	20.35	20.75	17.10	18.45	9.65	16.61	3.91	0.75	14.85	18.38
Cs	5.70	5.60	5.10	5.00	6.00	6.50	2.60	5.90	5.30	1.12	0.40	4.36	6.24
Rb	55.10	82.60	76.90	68.10	76.40	88.70	63.00	32.60	67.93	16.72	1.55	64.28	71.57
Nb	10.40	12.50	8.10	7.70	9.50	10.20	6.50	5.10	8.75	2.22	0.56	7.42	10.08
Ta	1.00	1.00	0.70	0.70	0.80	1.00	0.70	0.50	0.80	0.17	0.16	0.43	1.17
Pb	43.80	10.60	13.10	12.60	5.60	13.10	52.00	2743.30	361.76	900.28	11.34	335.00	388.53
Cr	39.80	21.30	19.90	20.70	19.10	25.00	47.50	35.40	28.59	10.15	1.20	25.75	31.43
S	0.52	0.27	0.24	0.32	0.08	0.14	1.15	5.68	1.05	1.78	0.50	-0.14	2.24
Th	0.75	1.03	0.71	1.07	1.83	2.14	1.05	1.14	1.22	0.47	0.26	0.60	1.83
Yb	4.53	3.06	3.34	3.89	3.86	3.43	3.50	2.01	3.45	0.69	0.31	2.71	4.19
Hf	6.25	5.11	4.47	4.50	4.91	5.32	5.22	2.23	4.75	1.09	0.39	3.82	5.68
U	0.49	0.63	0.41	0.60	1.03	1.27	1.80	2.05	1.04	0.58	0.29	0.35	1.72
Y	17.58	16.91	15.02	16.28	19.19	16.38	17.89	14.03	16.66	1.53	0.47	15.56	17.76
Sc	12.27	8.66	8.74	8.87	10.18	10.89	9.75	7.54	9.61	1.39	0.45	8.56	10.67
La	24.71	19.20	14.24	16.27	16.46	16.92	9.96	15.19	16.62	3.94	0.75	14.85	18.39
Ce	59.49	55.39	42.47	43.41	48.73	47.79	26.22	47.36	46.36	9.30	1.15	43.64	49.08
Pr	7.71	7.13	5.43	5.28	6.08	6.13	3.56	6.57	5.99	1.19	0.41	5.01	6.96
Nd	28.31	25.28	19.91	18.78	21.82	22.19	12.80	23.82	21.61	4.36	0.79	19.75	23.48
Sm	5.44	4.81	3.71	3.68	4.08	4.35	2.88	4.51	4.18	0.73	0.32	3.42	4.95
Eu	0.97	1.02	0.70	0.67	0.83	1.01	0.61	2.24	1.01	0.49	0.26	0.38	1.63
Gd	5.46	5.10	3.96	3.89	4.25	4.50	3.03	4.98	4.40	0.73	0.32	3.63	5.16
Tb	0.95	0.78	0.74	0.72	0.75	0.78	0.61	0.68	0.75	0.09	0.11	0.48	1.02
Dy	5.58	5.09	4.60	4.40	4.76	4.78	4.30	3.70	4.65	0.52	0.27	4.01	5.30
Ho	1.34	1.19	1.06	1.11	1.28	1.18	1.14	0.87	1.15	0.13	0.14	0.82	1.47
Er	4.09	3.32	3.08	3.33	3.40	3.32	3.27	2.22	3.25	0.48	0.26	2.64	3.87
Tm	0.76	0.63	0.61	0.56	0.63	0.63	0.62	0.38	0.60	0.10	0.12	0.32	0.88
Lu	0.72	0.54	0.51	0.59	0.58	0.56	0.56	0.30	0.55	0.11	0.12	0.25	0.84
Toplam	99.42	99.67	99.91	99.85	100.00	99.93	98.92	94.21					

Üst Kretase yaşlı Kızılkaya formasyonuna ait dasit ve dasitik tüflerin toplam alkaliye (Na₂O₃+K₂O) karşı SiO₂ diyagramında foidit, bazaltik andezit ve dasit alanlarına düşmektedir (Şekil 4.39). Örneklerin tamamının dasite düşmemesi yoğun alterasyonla açıklanabilir. İnce kesit ve saha gözlemleri neticesinde tüm örnekler dasit ve dasitik tüf olarak adlandırılmıştır.



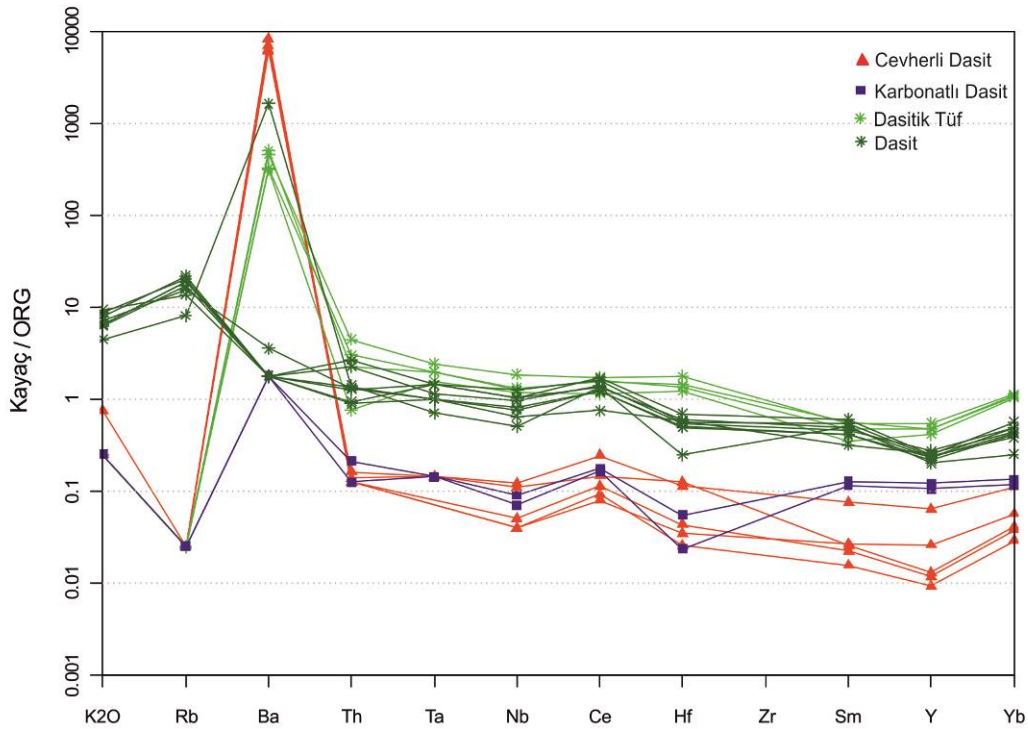
Şekil 4.39. Kızılkaya formasyonuna ait dasitlerin toplam alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) SiO_2 diyagramına göre adlandırılması

Kızılkaya Formasyonuna ait dasitlerin jeokimyasal karakteristikleri, AFM, Yb-La (Şekil 4.40) diyagramları kullanılarak irdelenmiştir. Örneklerden dasitik tüfler toleyitik alanına düşerken cevherli ve yoğun karbonatlı dasitler kalk alkalin alana düşmektedir bununla birlikte, dasitik tüfler dışındaki örnekler toleyitik-geçiş karakterlidir.



Şekil 4.40. Kızılkaya formasyonuna ait dasitlerin AFM diyagramı (Toleyitik-kalkalkali eğrisi Irvine ve Baragar 1971'den alınmıştır) ve Yb'a karşı La (Barret ve MacLean 1994)

Çalışma alanı ve Artvin Erenler bölgesindeki Üst Kretase yaşlı dasitik kayaçlar okyanus sırtı granitoidlerine (ORG) göre normalize edilmiş element diyagramlarında incelendiğinde benzer zenginleşme ve fakirleşme eğilimi (Rb elementi hariç) sunduğu gözlenir (Şekil 4.41). ORG'a göre normalize edilmiş diyagramda, Ba elementi bütün örneklerde pozitif bir anomali sergilerken Rb elementi sadece dasit-dasitik tüflerde zenginleştiği gözlenir. Bütün volkanik kayaçlar büyük iyon çaplı litofil elementler (LILE: Ba, Th, Ta ve K) açısından kalıcılığı yüksek elementlere (HFSE: Nb, Hf, Y ve Yb) göre zenginleşme göstermesi magmanın dalma batma süreci ile ilişkilidir.

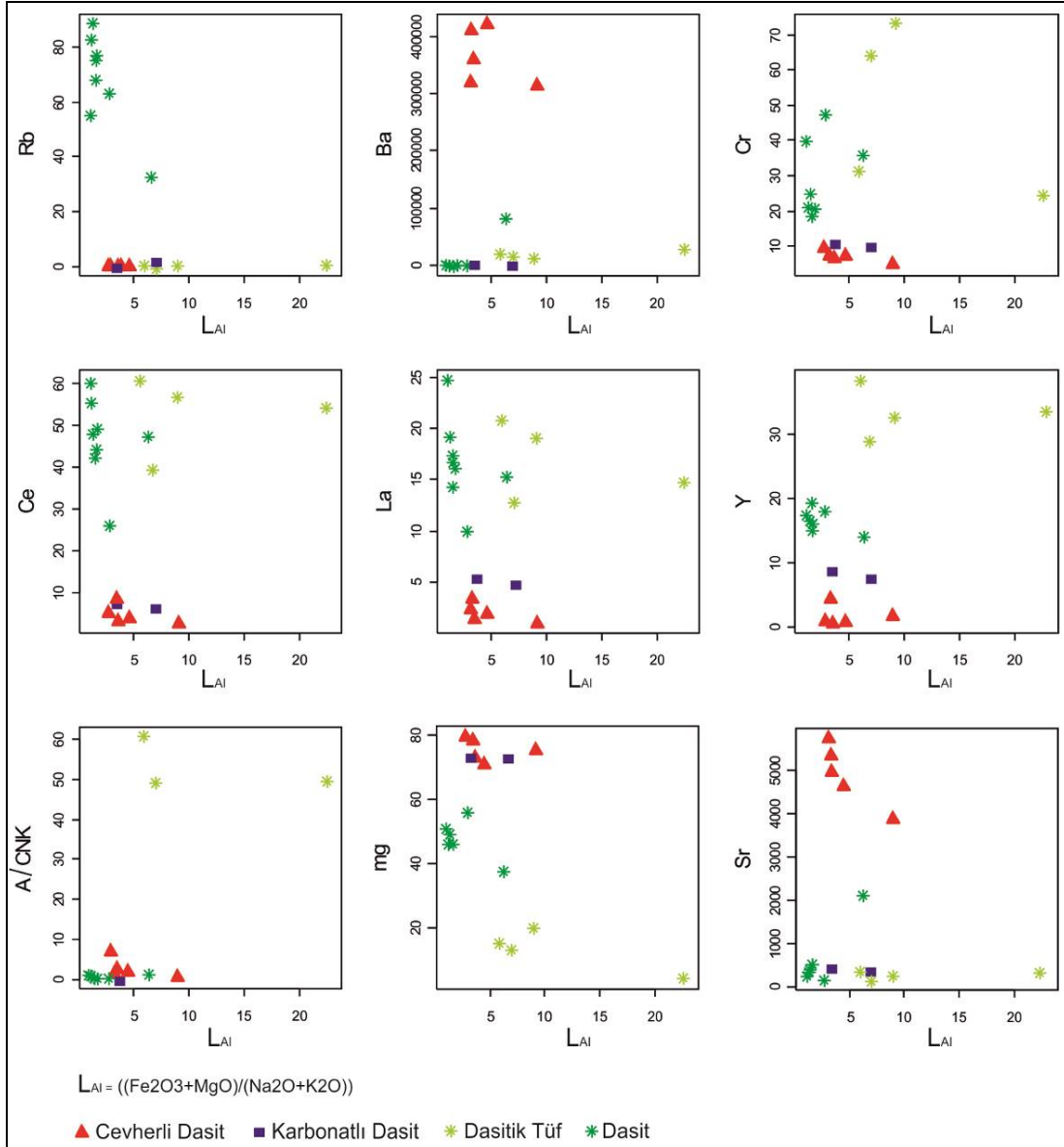


Şekil 4.41. Kızılkaya Formasyonu dasit-dasitik tüflerinin iz elementler için çoklu element diyagramlarında gösterimi (Pearce ,1984)

İz element değişim diyagramları oluşturulduğunda Cr'da kısmen negatif korelasyon, Y'de kısmen pozitif, Ce, Mg, Sr, La, Rb ve Ba' da ise düzensiz bir ilişki görülmektedir. Ce, mg, Sr, La, Rb ve Ba' da gözlenen düzensiz dağılım ayrışmanın etkisini göstermektedir (Şekil 4.42).

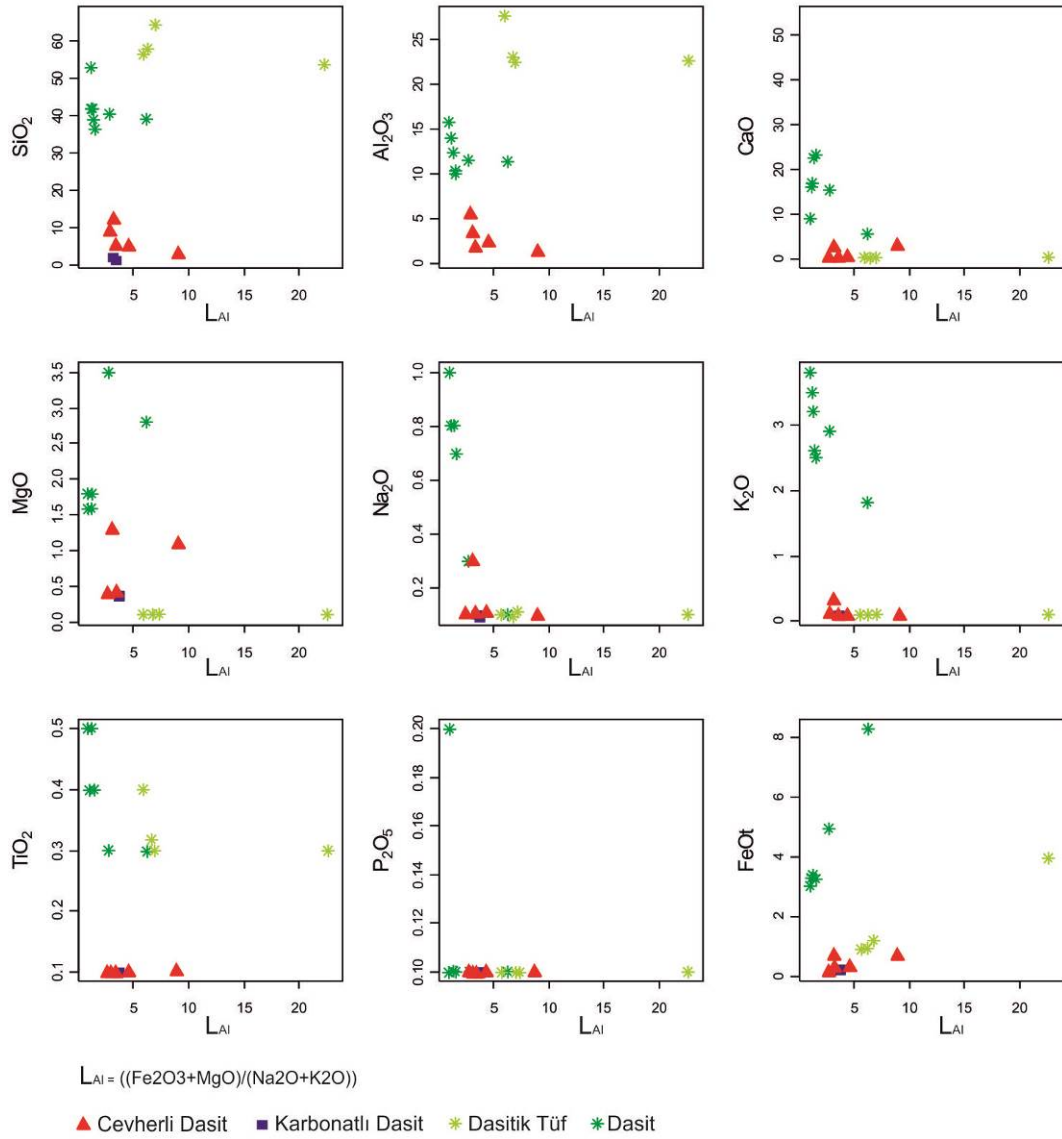
Dasit için LAI'ne karşı oluşturulan ana element değişim diyagramında MgO, TiO₂ FeOt, ve A.K. kısmen pozitif, P₂O₃ ve CaO'da negatif bir ilişki, SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, K₂O₃'te ise düzensiz bir ilişki görülmektedir (Şekil 4.43).

LAI değerinin artmasına karşılık MgO ve tFe₂O₃'in artması amfibol, biyotit ve klorit ayrımlaşmasını göstermektedir. SiO₂, Al₂O₃ , Na₂O, K₂O₃ düzensiz olması ise daha çok ayrışmanın etkisini belirtmektedir.

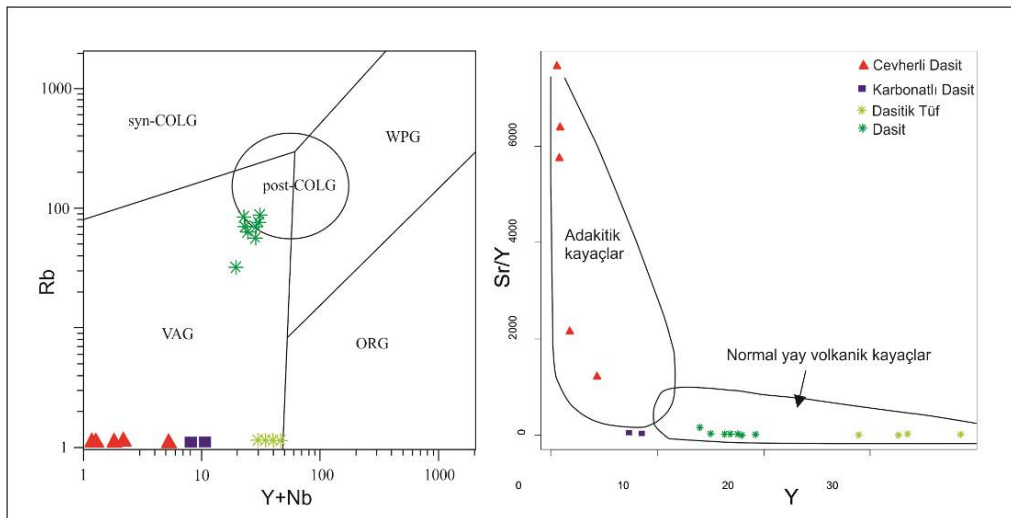


Şekil 4.42. Kızılkaya Formasyonuna ait dasitlerde L_{AI} $((Fe_2O_3 + MgO) / (Na_2O + K_2O))$ 'ne karşı ana elementlerin değişim diyagramları.

Kızılkaya formasyonuna ait dasitik kayalar iz element içerikleri açısından manto kökenli ve kıtasal kabukla etkileşime girmiş volkanik yay granitlerle (VAG) benzer özellikler taşır. Volkanik kayalar Rb – Y+Nb tektonik ayırtman diyagramında incelendiğinde tamamı volkanik yay granitleri (VAG) alanlarına düşer. Sr/Y – Y diyagramında ise dasit ve dasitik tüfler normal yay volkanik kayalar alanında yer alırken cevherli dasitlerim adakitik kayalar alanında yer almaktadır. (Şekil 4.44).



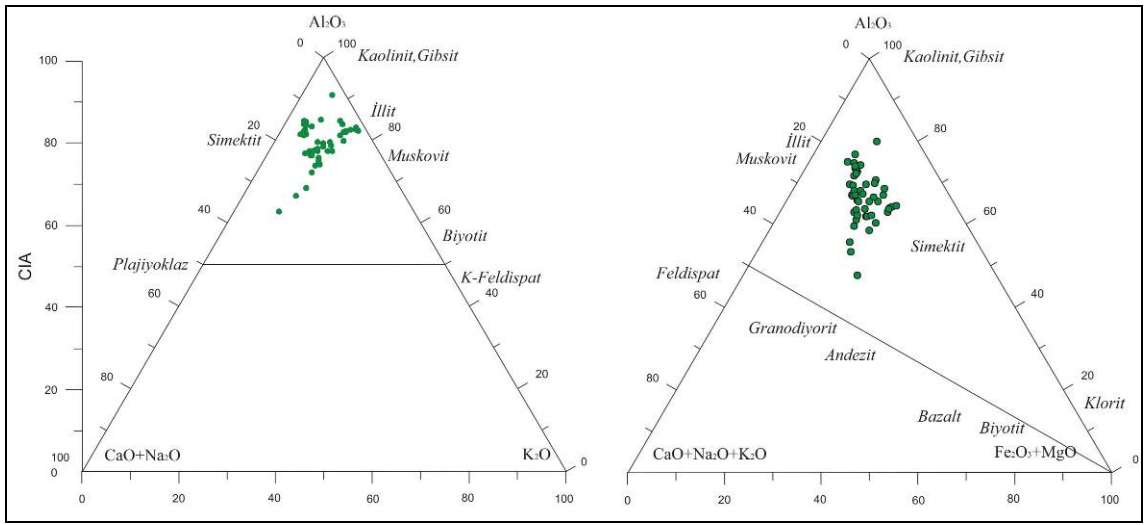
Şekil 4.43. Kızılkaya Formasyonuna ait dasitlerin ana ve iz elementlerinin LAI $((Fe_2O_3 + MgO) / (Na_2O + K_2O))$ 'ne karşı değişim diyagramları.



Şekil 4.44. Kızılkaya formasyonuna ait dasitlerin Rb – Y+Nb ve Sr/Y – Y iz elementler diyagramlarında gösterimi.

4.2.3.2. Alterasyon jeokimyası

Aer-1 numaralı sondajdan alınan 20 adet karot örneğinin ana oksit element analizleri yapılmıştır. A-CN-K($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}^*\text{+Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$) diyagramına göre bu sondajdan alınan örnekler, $\text{CaO+Na}_2\text{O}$ içeriğinin az olduğu Al_2O_3 içeriğinin arttığı smektit ve illit yakın alanda yer alır (Şekil 4.45). A-CN-K-FM ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}^*\text{+Na}_2\text{O+K}_2\text{O-FeO}^*\text{+MgO}$) diyagramında ise bu örnekler piroksen ve feldispat çizgisinin üstünde smektit ve illit arasındaki alana düşmektedir. Kimyasal alterasyon indeksine göre 92.00-244.00 m aralıklarından alınan 20 örnekten CIA değerleri 62.10-83.79 arasında olup; bu örneklerin ortalaması ise 77.89 olarak hesaplanmıştır.

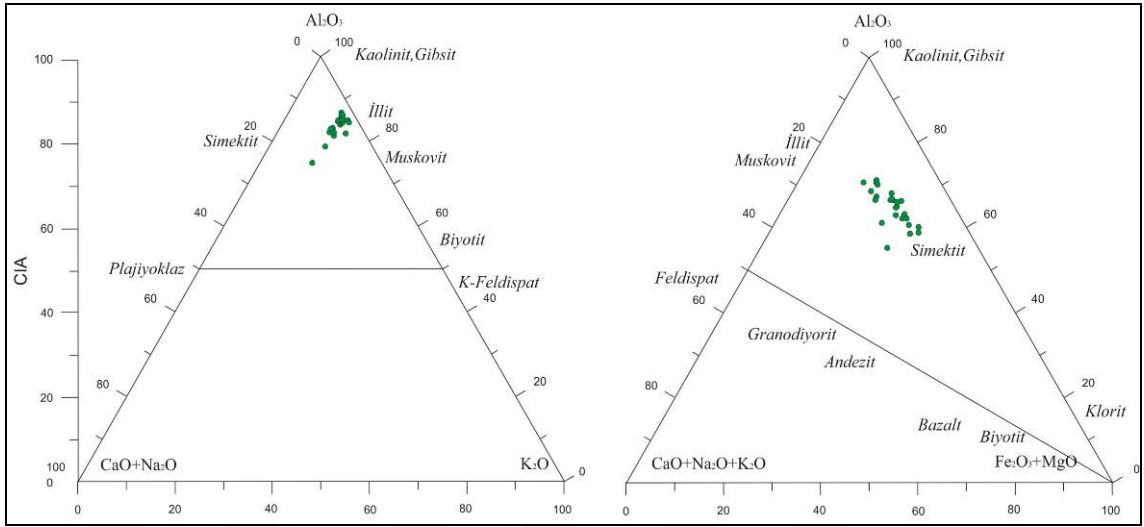


Şekil 4.45. Aer-1 nolu sondajda alterasyona uğramış kayaçların $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-(CaO+Na}_2\text{O)-K}_2\text{O}$ ve $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-(CaO+Na}_2\text{O+K}_2\text{O)-Fe}_2\text{O}_3\text{+MgO}$ üçgen diyagramlarda gösterilmesi.

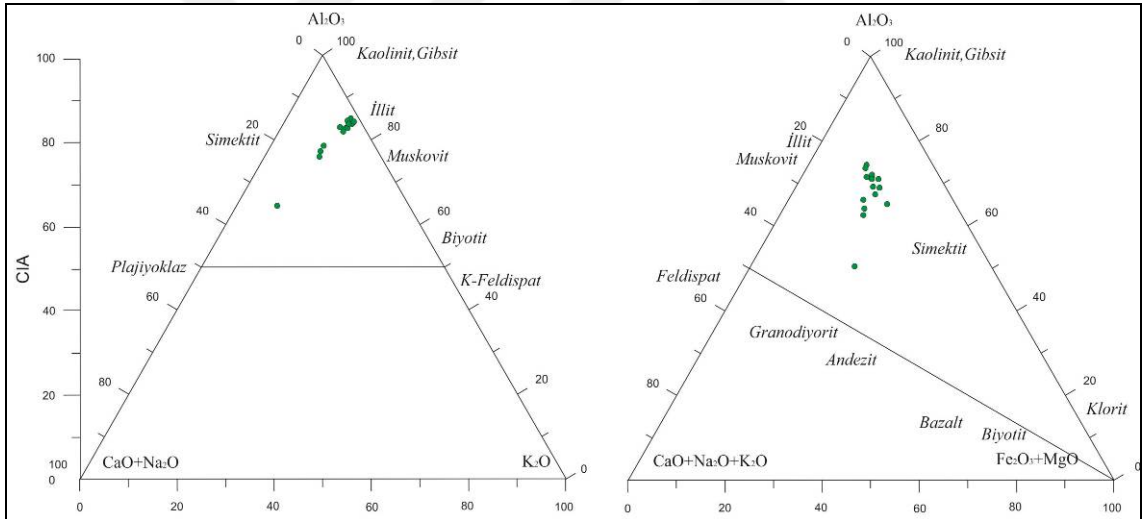
Aer-3 numaralı sondajdan alınan 25 adet karot örneğinin ana oksit element analizleri yapılmıştır. A-CN-K($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}^*\text{+Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$) diyagramına göre bu sondajdan alınan örnekler, $\text{CaO+Na}_2\text{O}$ içeriğinin az olduğu Al_2O_3 içeriğinin arttığı smektit ve illit yakın alanda yer alır (Şekil 4.46). A-CN-K-FM ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}^*\text{+Na}_2\text{O+K}_2\text{O-FeO}^*\text{+MgO}$) diyagramında ise bu örnekler piroksen ve feldispat çizgisinin üstünde smektit ve illit arasındaki alana düşmektedir. Kimyasal alterasyon indeksine göre 169,00-194,00 m aralıklarından alınan 25 örnekten CIA değerleri 74,66-86,64 arasında olup; bu örneklerin ortalaması ise 83,51 olarak hesaplanmıştır.

Aer-8 numaralı sondajdan alınan 17 adet karot örneğinin ana oksit element analizleri yapılmıştır. A-CN-K($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}^*\text{+Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$) diyagramına göre bu sondajdan alınan örnekler, $\text{CaO+Na}_2\text{O}$ içeriğinin az olduğu Al_2O_3 içeriğinin arttığı smektit ve illit yakın alanda yer alır (Şekil 4.47). A-CN-K-FM ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}^*\text{+Na}_2\text{O+K}_2\text{O-FeO}^*\text{+MgO}$) diyagramında ise bu örnekler piroksen ve feldispat

çizgisinin üstünde smektit ve illit arasındaki alana düşmektedir. Kimyasal alterasyon indeksine göre 90,00-107,00 m aralıklarından alınan 17 örnekte CIA değerleri 62,16-84,78 arasında olup; bu örneklerin ortalaması ise 79,86 olarak hesaplanmıştır.

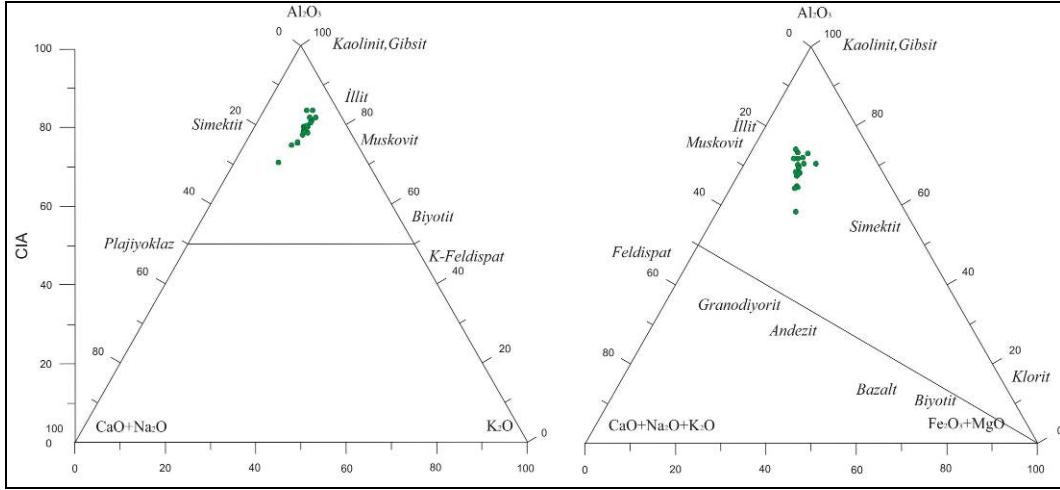


Şekil 4.46. Aer-3 nolu sondajda alterasyona uğramış kayaçların $Al_2O_3-(CaO+Na_2O)-K_2O$ ve $Al_2O_3-(CaO+Na_2O+K_2O)-Fe_2O_3+MgO$ üçgen diyagramlarda gösterilmesi.



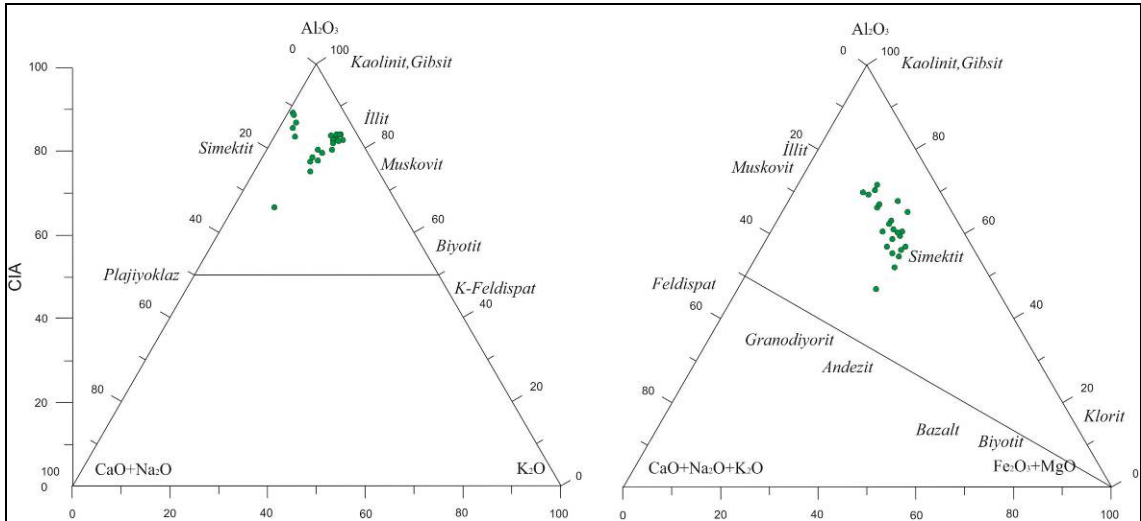
Şekil 4.47. Aer-8 nolu sondajda alterasyona uğramış kayaçların $Al_2O_3-(CaO+Na_2O)-K_2O$ ve $Al_2O_3-(CaO+Na_2O+K_2O)-Fe_2O_3+MgO$ üçgen diyagramlarda gösterilmesi.

Aer-10 numaralı sondajdan alınan 20 adet karot örneğinin ana oksit element analizleri yapılmıştır. A-CN-K($Al_2O_3-CaO^*+Na_2O-K_2O$) diyagramına göre bu sondajdan alınan örnekler, $CaO+Na_2O$ içeriğinin az olduğu Al_2O_3 içeriğinin arttığı smektit ve illite yakın alanda yer alır (Şekil 4.48). A-CN-K-FM ($Al_2O_3-CaO^*+Na_2O+K_2O-FeO^*+MgO$) diyagramında ise bu örnekler piroksen ve feldispat çizgisinin üstünde smektit ve illit arasındaki alana düşmektedir. Kimyasal alterasyon indeksine göre 107,00-127,00 m aralıklarından alınan 20 örnekte CIA değerleri 70,51-83,69 arasında olup; bu örneklerin ortalaması ise 70,51 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.48. Aer-10 nolu sondajda alterasyona uğramış kayaçların Al_2O_3 -($CaO+Na_2O$)- K_2O ve Al_2O_3 -($CaO+Na_2O+K_2O$)- Fe_2O_3+MgO üçgen diyagramlarda gösterilmesi.

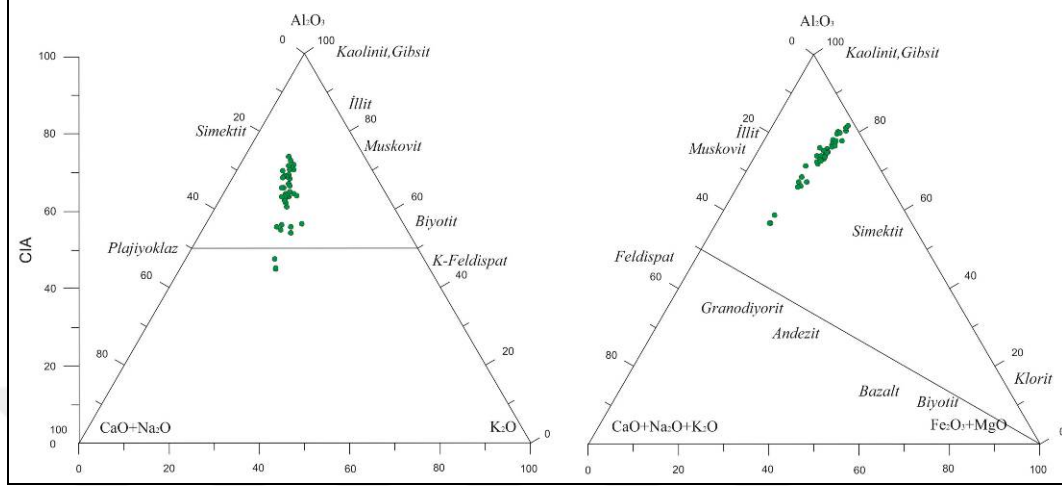
Aer-13 numaralı sondajdan alınan 25 adet karot örneğinin ana oksit element analizleri yapılmıştır. A-CN-K(Al_2O_3 - CaO^* + Na_2O - K_2O) diyagramına göre bu sondajdan alınan örnekler, $CaO+Na_2O$ içeriğinin az olduğu Al_2O_3 içeriğinin arttığı illite yakın alanda yer alır (Şekil 4.49). A-CN-K-FM (Al_2O_3 - CaO^* + Na_2O + K_2O - FeO^* + MgO) diyagramında ise bu örnekler piroksen ve feldispat çizgisinin üstünde smektit ve illit arasındaki alana düşmektedir. Kimyasal alterasyon indeksine göre 29,00-176,00 m aralıklarından alınan 24 örnekten CIA değerleri 65,63-88,08 arasında olup; bu örneklerin ortalaması ise 80,76 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.49. Aer-13 nolu sondajda alterasyona uğramış kayaçların Al_2O_3 -($CaO+Na_2O$)- K_2O ve Al_2O_3 -($CaO+Na_2O+K_2O$)- Fe_2O_3+MgO üçgen diyagramlarda gösterilmesi.

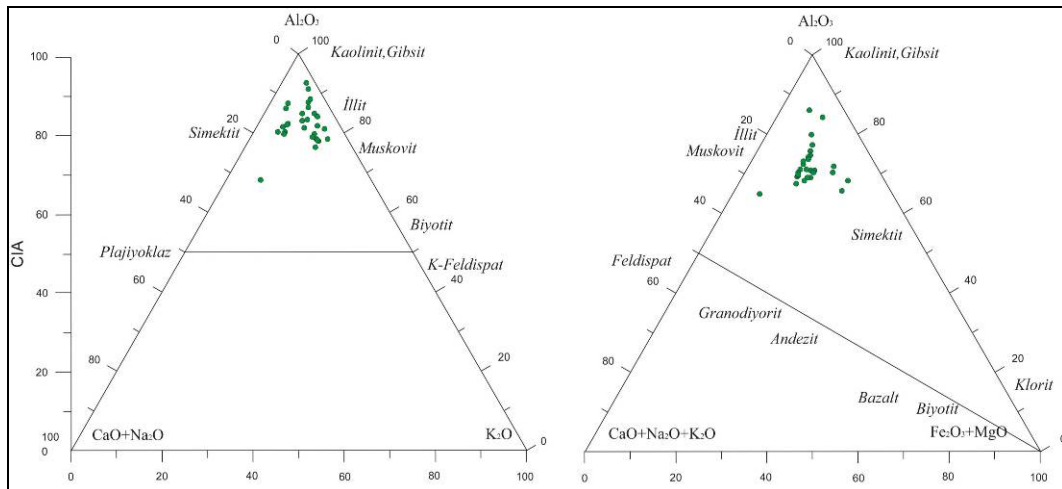
Aer-33 numaralı sondajdan alınan 43 adet karot örneğinin ana oksit element analizleri yapılmıştır. A-CN-K(Al_2O_3 - CaO^* + Na_2O - K_2O) diyagramına göre bu sondajdan alınan örnekler, $CaO+Na_2O$ içeriğinin az olduğu Al_2O_3 içeriğinin arttığı smektit ve illite yakın alanda yer alır (Şekil 4.50). A-CN-K-FM (Al_2O_3 -

$\text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{FeO}^* + \text{MgO}$) diyagramında ise bu örnekler piroksen ve feldispat çizgisinin üstünde smektit ve illit arasındaki alana düşmektedir. Kimyasal alterasyon indeksine göre 447,00-493,00 m aralıklarından alınan 43 örnekten CIA değerleri 65,17-77,35 arasında olup; bu örneklerin ortalaması ise 65,17 olarak hesaplanmıştır.



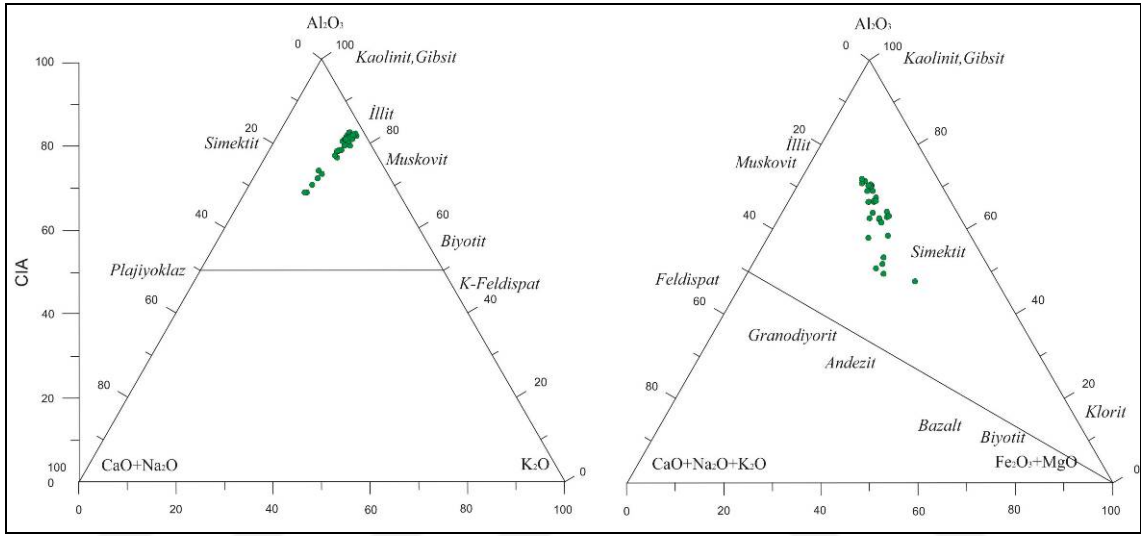
Şekil 4.50. Aer-33 nolu sondajda alterasyona uğramış kayaçların $\text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}) - \text{K}_2\text{O}$ ve $\text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ üçgen diyagramlarda gösterilmesi.

Aer-37 numaralı sondajdan alınan 30 adet karot örneğinin ana oksit element analizleri yapılmıştır. A-CN-K($\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$) diyagramına göre bu sondajdan alınan örnekler, $\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}$ içeriğinin az olduğu Al_2O_3 içeriğinin arttığı smektit ve illite yakın alanda yer alır (Şekil 4.51). A-CN-K-FM ($\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{FeO}^* + \text{MgO}$) diyagramında ise bu örnekler piroksen ve feldispat çizgisinin üstünde smektit ve illit arasındaki alana düşmektedir. Kimyasal alterasyon indeksine göre 399,00-454,00 m aralıklarından alınan 30 örnekten CIA değerleri 68,31-92,78 arasında olup; bu örneklerin ortalaması ise 82,52 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.51. Aer-37 nolu sondajda alterasyona uğramış kayaçların $\text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}) - \text{K}_2\text{O}$ ve $\text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ üçgen diyagramlarda gösterilmesi

Aer-39 numaralı sondajdan alınan 30 adet karot örneğinin ana oksit element analizleri yapılmıştır. A-CN-K($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}^*\text{+Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$) diyagramına göre bu sondajdan alınan örnekler, $\text{CaO+Na}_2\text{O}$ içeriğinin az olduğu Al_2O_3 içeriğinin arttığı simektit ve illit yakın alanda yer alır (Şekil 4.52). A-CN-K-FM ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}^*\text{+Na}_2\text{O+K}_2\text{O-FeO}^*\text{+MgO}$) diyagramında ise bu örnekler piroksen ve feldispat çizgisinin üstünde simektit ve illit arasındaki alana düşmektedir. Kimyasal alterasyon indeksine göre 179,00-209,00 m aralıklarından alınan 30 örnekten CIA değerleri 68,67-83,02 arasında olup; bu örneklerin ortalaması ise 78,88 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.52. Aer-39 nolu sondajda alterasyona uğramış kayaçların $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-(CaO+Na}_2\text{O)-K}_2\text{O}$ ve $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-(CaO+Na}_2\text{O+K}_2\text{O)-Fe}_2\text{O}_3\text{+MgO}$ üçgen diyagramlarındaki görünümü.

4.2.3.3. Mineralizasyon jeokimyası

Erenler çalışma sahası da Doğu Karadeniz bölgesinde oluşan VMS yataklarında olduğu gibi deniz tabanının hemen altında çeşitli çatlaklar ve kanallar boyunca yayılan hidrotermal çözeltilerin dasitik/riyolitik yan kayaçların zayıflık zonlarına sızarak ağsal-saçınımlı ve damar/mercek türde cevher fasiyeslerini oluşturduğu gözlenmiştir.

Cevherli zondan alınan 5 adet numunede ana oksit, iz element ve NTE analizleri yapılmış olup (Tablo 4.3) TiO_2 , MnO , P_2O_5 , Cr_2O_3 , ZrO_2 , NiO , SnO_2 , F , Co_3O_4 ve Bi_2O_3 deteksiyon limitinin altında kalmış olup ilerleyen analizlerde hesaplamalara dahil edilmemiştir. Analiz sonuçları arasında önemli farklar bulunan CaO , Ta , U ve Y ise yapılan student t testlerine % 95 anlamlılık düzeyinde yapılan yorumlar tutarlı olmayacağından yorumlara eklenmemiştir (Tablo 4.3).

Cevherli numunelerde ortalama SiO_2 % 6.98 olup aynı anakitlerden alınacak 5 elemanlı herhangi bir örneğin SiO_2 ortalaması % 95 anlamlılık düzeyinde % 2.23 ila % 11.73 arasında değişim göstermesi beklenmektedir (Tablo 4.3). Cevher içinde SiO_2

birincil ve ikincil mineralizasyon esnasında ortama gelen hidrotermal çözeltilerden oluşan ince kristalli kuvarslara bağlıdır.

Cevherli örneklerde Al_2O_3 ortalama % 2.74 oranında olup anakitlede % 95 anlamlılık düzeyinde % 0.70 ila % 4.78 arasında Al_2O_3 beklenmektedir (Tablo 4.3). Cevherli numunelerdeki Al_2O_3 alkali feldispat ve plajiyoklaslarla birlikte diğer silikat minerallerine bağlıdır.

Cevher içinde ana bileşenlerden Fe_2O_3 ortalama % 0.46 oranında olup yöredeki cevher zonlarından alınabilecek aynı sayıda numunede Fe_2O_3 miktarının % 0.17-%0.75 aralığında olacağı beklenmektedir (Tablo 4.3). Cevher minerallerinden pirit, kalkopirit ve fahlerz grubu içindeki Fe cevher içindeki Fe_2O_3 miktarını kontrol etmektedir.

Cevherli numunelerde CuO miktarı ortalama % 0.77 olup anakitlede % 0.19-%1.36 arasında CuO bulunmaktadır. Cevherli numunelerin bakır içeriği bakır minerallerinden kalkopirit ve fahlerz grubu minerallere bağlıdır.

Cevher zonundan alınan numunelerin ortalama ZnO içerikleri % 8.23 olup anakitlede ZnO aralığı % 3.34-%13.12 arasında olması beklenmektedir (Tablo 4.3). ZnO içeriği cevher minerallerinden sfaleritler ve fahlerz grubu minerallere bağlıdır.

Numunelerde ortalama PbO miktarı % 3.36 olup cevherli numunelerin alındığı anakitleden derlenecek herhangi bir örneğin PbO içeriği % 95 olasılıkla % 1.45-%5.27 arasında değişim göstermesi beklenmektedir (Tablo 4.3). PbO içeriği cevher içindeki galenit ve fahlerz grubu minerallerle ilişkilidir.

Cevher örneklerinin BaO miktarı ortalama % 40.83 olup yöredeki cevherli zondan derlenen herhangi bir 5 elemanlı örneğin BaO miktarının %33.85 - % 47.81 arasında olması beklenmektedir (Tablo 4.3). Cevher numunelerinin BaO içeriği ortama gelen hidrotermal çözeltilerin son evrelerinde oluşan barit ve viteritlere bağlıdır.

Erenler cevherleşmesinin ana bileşenlerinden SO_3 numunelerde ortalama % 27.66 oranında bulunmakta olup cevher örneklerinin SO_3 içeriklerinin % 95 anlamlılık düzeyinde % 24.21-%31.11 arasında olması beklenmektedir. Cevherli zonda SO_3 sülfüdlü (pirit, kalkopirit, fahlerz grubu, vb) ve baritlerle ilişkilidir.

Cevher numunelerinde diğer bileşenlerin miktarı ihmal edilebilecek derecede düşük olup yankayaçları oluşturan mineraller ve cevher minerallerine bağlıdır.

Tablo 4.3. Cevherli zondan alınan numunelere ait kimyasal analiz sonuçları, ortalama, standart sapma, standart hata, hesaplanan t (t_h) ve anakitle aritmetik ortalamasının alt ve üst sınırlar (μ_1 ve μ_2)

Bileşen	AER-32/276	AER-32/277	AER-32/278	AER-32/279	AER-32/280	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	t_h	μ_1	μ_2
SiO ₂	12.50	3.20	4.60	5.30	9.30	6.98	3.83	1.71	4.08	2.23	11.73
TiO ₂	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10					
Al ₂ O ₃	3.50	1.10	1.60	2.30	5.20	2.74	1.64	0.74	3.73	0.70	4.78
Fe ₂ O ₃	0.70	0.70	0.30	0.40	0.20	0.46	0.23	0.10	4.47	0.17	0.75
MnO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10					
MgO	1.30	1.10	0.40	0.50	0.40	0.74	0.43	0.19	3.87	0.21	1.27
CaO	1.90	2.20	0.30	0.50	0.30	1.04	0.93	0.42	2.50		
Na ₂ O	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.14	0.09	0.04	3.50	0.03	0.25
K ₂ O	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.14	0.09	0.04	3.50	0.03	0.25
P ₂ O ₅	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10					
Cr ₂ O ₃	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					
V ₂ O ₅	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	6.00	0.01	0.02
Co ₃ O ₄	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					
CuO	0.47	1.59	0.48	0.73	0.60	0.77	0.47	0.21	3.70	0.19	1.36
ZnO	4.76	13.87	7.15	4.82	10.56	8.23	3.94	1.76	4.67	3.34	13.12
ZrO ₂	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					
PbO	1.81	5.53	2.74	2.37	4.36	3.36	1.54	0.69	4.88	1.45	5.27
Rb ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					
SrO	0.63	0.46	0.58	0.55	0.68	0.58	0.08	0.04	15.56	0.48	0.68
SnO ₂	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					
F	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					
BaO	39.82	35.21	46.21	47.11	35.79	40.83	5.62	2.51	16.24	33.85	47.81
NiO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					
SO ₃	25.33	27.25	30.81	30.22	24.70	27.66	2.78	1.24	22.28	24.21	31.11
CdO	0.01	0.04	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	3.16	0.00	0.04
Bi ₂ O ₃	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					
A.Z.	5.50	5.75	3.45	3.70	6.40	4.96	1.31	0.59	8.47	3.33	6.59
Toplam	99.22	98.59	99.22	99.10	99.12						
Cs	0.600	0.200	0.100	0.200	0.300	0.280	0.192	0.086	3.255	0.041	0.519
Nb	1.200	0.400	0.400	0.500	1.100	0.720	0.396	0.177	4.063	0.228	1.212
Ta	0.100	0.000	0.000	0.000	0.100	0.040	0.055	0.024	1.633		
Th	0.110	0.100	0.100	0.100	0.130	0.108	0.013	0.006	18.522	0.092	0.124
Hf	1.030	0.310	0.230	0.390	1.120	0.616	0.424	0.190	3.249	0.090	1.142
U	0.350	0.250	0.150	0.240	1.050	0.408	0.366	0.164	2.494		
Sc	2.980	1.860	2.020	2.460	2.530	2.370	0.444	0.199	11.937	1.819	2.921
Y	4.410	1.810	0.640	0.810	0.900	1.714	1.574	0.704	2.435		
La	3.430	1.050	1.470	1.950	2.390	2.058	0.917	0.410	5.016	0.919	3.197
Ce	8.540	2.780	3.250	3.990	5.100	4.732	2.302	1.029	4.597	1.874	7.590
Pr	0.820	0.260	0.260	0.350	0.480	0.434	0.234	0.105	4.150	0.144	0.724
Nd	2.840	0.900	0.790	0.980	1.380	1.378	0.847	0.379	3.638	0.326	2.430
Sm	0.680	0.240	0.140	0.200	0.230	0.298	0.217	0.097	3.070	0.028	0.568
Eu	0.400	0.170	0.240	0.270	0.170	0.250	0.095	0.042	5.909	0.133	0.367
Gd	0.750	0.280	0.170	0.210	0.320	0.346	0.233	0.104	3.316	0.056	0.636
Tb	0.130	0.100	0.100	0.100	0.100	0.106	0.013	0.006	17.667	0.089	0.123
Dy	0.900	0.420	0.200	0.260	0.300	0.416	0.282	0.126	3.295	0.066	0.766
Ho	0.290	0.130	0.100	0.100	0.100	0.144	0.083	0.037	3.896	0.041	0.247
Er	0.790	0.320	0.180	0.180	0.230	0.340	0.258	0.115	2.947	0.020	0.660
Tm	0.170	0.100	0.100	0.100	0.100	0.114	0.031	0.014	8.143	0.075	0.153
Yb	0.890	0.450	0.230	0.300	0.330	0.440	0.264	0.118	3.729	0.112	0.768
Lu	0.150	0.100	0.100	0.100	0.100	0.110	0.022	0.010	11.000	0.082	0.138

İnceleme alanında cevherli zondan alınan numunelerde analizi yapılan bileşenlerin aralarında bir ilişkinin var olup olmadığı ve varsa ilişkinin şekli, yönü ve kuvvetinin belirlenmesi için basit korelasyon analizleri yapılmıştır (Tablo 4.4). Korelasyon analizlerinde yukarıda anlamlılığı ve tutarlılığı bakımından güvenilir sonuçlar vermeyecek bileşenler değerlendirmeye alınmamıştır. Ayrıca cevherli numuneler içinde oldukça düşük düzeyde bulunan NTE'leri gruplandırılarak Hafif Nadir Toprak elementleri (HNTE: La, Ce, Pr, Nd, Pm ve Sm) ve Ağır Nadir Toprak elementleri (ANTE: Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb ve Lu) olarak iki bileşen halinde incelenmiştir (Tablo 4.4).

Korelasyon analizlerine göre ana bileşenlerden SiO_2 , SO_3 , Nb, Ta, Hf, Sc ve HNTE ile çok kuvvetli, Al_2O_3 , CaO, Na_2O , ZrO_2 , Th ve ANTE ile kuvvetli, BaO ve U ile zayıf, MnO ve K_2O ile çok zayıf pozitif korelasyona sahip iken V_2O_5 , Rb_2O ile kuvvetli, ZnO ile zayıf ve CuO ile çok zayıf negatif korelasyon göstermektedir (Tablo 4.4). Buna göre SiO_2 cevherleşme esnasında nispeten yüksek sıcaklık seviyelerinde yerleşmiş olup daha düşük sıcaklıkta oluşan kalkopirit, pirit, galenit ve sfaleritlerden önce birikmiştir.

Cevher örneklerinde ana bileşenlerden Al_2O_3 ; Zr, Nb, Ta, Th, Hf ve U ile çok kuvvetli, Sc ve K_2O ile kuvvetli, HNTE, Ba ve S ile zayıf pozitif, Rb_2O ile kuvvetli, V_2O_5 ile zayıf, Fe_2O_3 , MgO ve PbO ile çok zayıf negatif korelasyona sahiptir (Tablo 4.4). Al_2O_3 daha çok kayaç yapıcı minerallerden alkali feldispat, serizit, illit ve kaolinitlerin bünyesine yerleşmiş olup cevherleşme ile doğrudan ilgisi kurulamamaktadır.

Cevherleşmede önemli olan bir başka bileşen olan Fe_2O_3 ; MnO ve MgO ile çok kuvvetli, Y ve ANTE ile kuvvetli, CaO, Na_2O , V_2O_5 ve SO_3 ile zayıf pozitif, K_2O ile kuvvetli, ZrO_2 ve U ile zayıf negatif korelasyona sahiptir (Tablo 4.4). Fe_2O_3 cevherli minerallerden pirit, kalkopirit ve fahlerz grubu minerallerle bazı kil minerallerinin bünyesinde zenginleşmiştir.

Erenler cevherleşmesinin en önemli bileşenlerinden bir olan CuO; ZnO ve SrO ile çok kuvvetli, V_2O_5 ile kuvvetli, BaO ile zayıf pozitif, PbO ve Sc ile kuvvetli, HNTE, CaO ve Na_2O ile zayıf negatif korelasyona sahiptir (Tablo 4.4). Buna göre Cu'nda cevherli çözeltilere bağlı olduğu ve ortamdaki kalkopirit ve fahlerz grubu minerallerle ilişkili olduğu ortaya çıkmaktadır.

Cevherleşme için önemli sonuçlar veren ZnO ana oksit bileşenleri ile herhangi bir korelasyon göstermezken Cu ve Sr ile çok kuvvetli, V ile kuvvetli, Ba ile zayıf

pozitif, Pb ve Sc ile kuvvetli, HNTE, Si, Ca ve Na ile zayıf negatif korelasyona sahiptir (Tablo 4.4). Zn cevher minerallerinden sfalerit ve fahlerz grubu minerallerle ilişkilidir.

Cevherleşmede önemli olan bir başka bileşen ise Pb olup PbO; Rb ile kuvvetli pozitif korelasyon gösterirken, BaO ile çok kuvvetli, Sr, Cu ve Zn ile kuvvetli, Ta, Th, Hf, U, Mg, K ve V ile zayıf negatif korelasyona sahiptir (Tablo 4.4). Pb cevher içindeki galenit ve fahlerz grubu minerallere bağlı olup düşük sıcaklık şartlarında birikmiştir.

Cevher içinde baritlerin ana bileşeni olan BaO; Nb, Ta, Th, Hf, U, Sc, K ve Sr ile kuvvetli, S, Si, Al, Cu ve Zn ile zayıf pozitif, Rb ve Sr ile çok kuvvetli negatif korelasyona sahiptir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Cevherli zondan alınan numunelerde analizi yapılan bileşenlere ait korelasyon katsayıları

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	V ₂ O ₅	CuO	ZnO	ZrO ₂	PbO	Rb ₂ O	SrO	BaO	SO ₃	Nb	Ta	Th	Hf	U	Sc	Y	HNTE	ANTE
SiO ₂	1.00	0.78	0.08	0.33	0.09	0.81	0.81	0.34	-0.61	-0.44	-0.48	0.79	-0.23	-0.71	-0.31	0.45	0.91	0.97	0.93	0.63	0.91	0.48	0.93	0.69	0.96	0.77
Al ₂ O ₃		1.00	-0.42	-0.18	-0.32	0.26	0.26	0.84	-0.53	-0.13	-0.11	0.90	-0.35	-0.72	0.00	0.57	0.52	0.88	0.89	0.95	0.93	0.90	0.70	0.15	0.39	0.24
Fe ₂ O ₃			1.00	0.96	0.97	0.58	0.58	-0.63	0.51	0.08	0.03	-0.53	-0.29	-0.21	0.15	0.22	0.49	0.01	-0.04	-0.45	-0.08	-0.50	0.08	0.76	0.31	0.68
MnO				1.00	0.96	0.73	0.73	-0.44	0.37	0.07	0.01	-0.29	-0.44	-0.45	0.17	0.41	0.68	0.27	0.23	-0.21	0.19	-0.29	0.26	0.89	0.52	0.83
MgO					1.00	0.52	0.52	-0.44	0.60	0.30	0.25	-0.50	-0.53	-0.39	0.38	0.43	0.48	0.08	0.06	-0.28	0.02	-0.31	0.02	0.74	0.28	0.65
CaO						1.00	1.00	-0.25	-0.36	-0.49	-0.56	0.34	-0.10	-0.47	-0.40	0.23	0.93	0.68	0.61	0.09	0.55	-0.09	0.77	0.96	0.93	0.98
Na ₂ O							1.00	-0.25	-0.36	-0.49	-0.56	0.34	-0.10	-0.47	-0.40	0.23	0.93	0.68	0.61	0.09	0.55	-0.09	0.77	0.96	0.93	0.98
K ₂ O								1.00	-0.21	0.33	0.36	0.67	-0.50	-0.60	0.40	0.61	0.06	0.54	0.61	0.94	0.66	0.98	0.20	-0.29	0.09	-0.23
V ₂ O ₅									1.00	0.78	0.80	-0.83	-0.50	-0.03	0.79	0.30	-0.30	-0.50	-0.47	-0.34	-0.43	-0.20	-0.64	-0.08	-0.53	-0.20
CuO										1.00	0.99	-0.39	-0.76	-0.30	0.97	0.58	-0.35	-0.24	-0.13	0.17	-0.12	0.29	-0.65	-0.26	-0.52	-0.35
ZnO											1.00	-0.41	-0.73	-0.28	0.98	0.56	-0.39	-0.26	-0.16	0.18	-0.13	0.32	-0.65	-0.33	-0.56	-0.41
ZrO ₂												1.00	-0.04	-0.48	-0.34	0.26	0.47	0.81	0.82	0.80	0.81	0.70	0.71	0.13	0.62	0.24
PbO													1.00	0.84	-0.85	-0.96	-0.33	-0.42	-0.49	-0.55	-0.50	-0.58	0.01	-0.30	-0.15	-0.25
Rb ₂ O														1.00	-0.46	-0.95	-0.72	-0.84	-0.87	-0.77	-0.88	-0.72	-0.52	-0.55	-0.62	-0.56
SrO															1.00	0.71	-0.18	-0.09	0.00	0.27	0.04	0.39	-0.48	-0.15	-0.38	-0.23
BaO																1.00	0.51	0.63	0.69	0.71	0.71	0.71	0.25	0.38	0.36	0.36
SO ₃																	1.00	0.86	0.81	0.38	0.78	0.24	0.86	0.91	0.97	0.95
Nb																		1.00	0.99	0.78	0.98	0.67	0.87	0.60	0.88	0.67
Ta																			1.00	0.84	0.99	0.73	0.79	0.55	0.83	0.61
Th																				1.00	0.87	0.98	0.47	0.03	0.41	0.10
Hf																					1.00	0.78	0.80	0.49	0.79	0.56
U																						1.00	0.34	-0.12	0.24	-0.06
Sc																							1.00	0.63	0.94	0.72
Y																								1.00	0.84	0.99
HNTE																									1.00	0.90
ANTE																										1.00

Pirit, kalkopirit, fahlerz grubu, galenit, sfalerit ve barit gibi sülfidli ve sülfatlı minerallerin bünyesinde oldukça yüksek oranlarda bulunan S; Nb, Sc, Y, HNTE, ANTE, Si, Ca ve Na ile çok kuvvetli, Ta ve Hf ile kuvvetli, Al, Fe, Mg ve Zr ile zayıf pozitif, Rb ile kuvvetli negatif korelasyona sahiptir (Tablo 4.4).

Korelasyon analizlerine göre bileşenlerin ikili ilişkileri ortaya konulabilse de bileşenler arasında kümelenmeler ve ortak davranış gösterip göstermediklerinin belirlenmesi amacıyla korelasyon katsayıları kullanılarak küme (cluster) analizleri yapılmış ve ilişki ağacı (dendrogramı) hazırlanmıştır.

Küme analizi dendrogramında ilk bakışta Ana Bileşenler Kümesi ve Cevherleşme Kümesi olarak gruplandırılan iki küme ayırt edilebilmektedir (Şekil 4.62).

Ana bileşenler kümesi yan kayaçları oluşturan ana bileşenler, iz elementler ve NTE ile temsil edilmektedir. Bu küme korelasyon katsayılarına göre 1) NTE Ana Bileşen Alt Kümesi ve 2) İz Element- Al_2O_3 Alt kümesi olmak üzere 2 alt kümeye ayrılmaktadır.

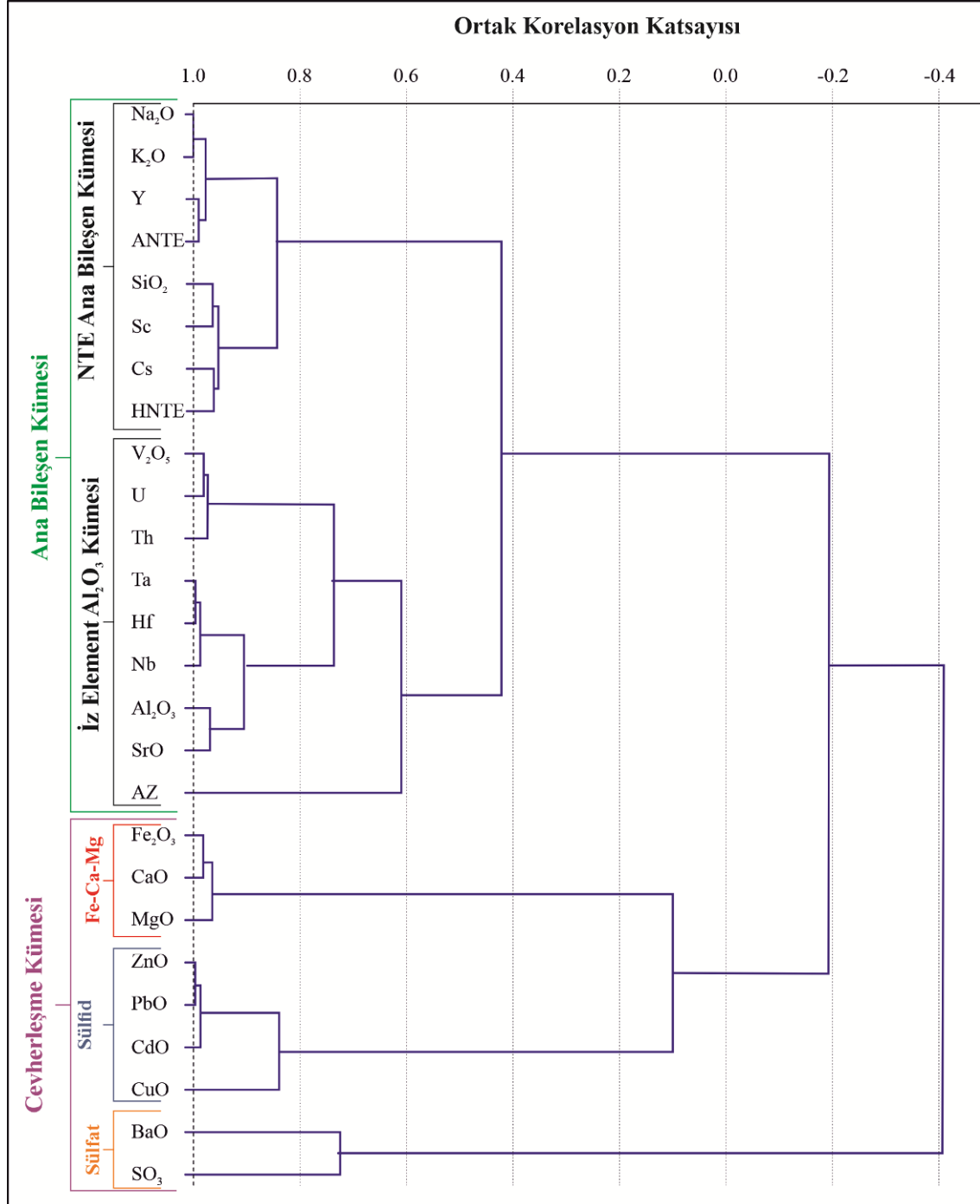
NTE-Ana Bileşen alt kümesi ANTE-Y kümesine yüksek korelasyonla eklenen Na_2O - K_2O çifti ile temsil edilen ANTE alkali element kümesi ve SiO_2 -Sc çiftine yakından eklenen Cs-HNTE çifti ile temsil edilen HNTE-Si kümesi ile temsil edilmektedir. NTE ana bileşen kümesinde HNTE'nin SiO_2 ile ANTE'nin ise Na_2O ve K_2O gibi alkali bileşenlerle ilişkili olması cevherleşmenin içinde bulunduğu dasit ve dasitik tüflerde cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerle birlikte gelişen potasyum silikat (potasik) alterasyona işaret etmektedir.

İz element Al_2O_3 kümesi ise Al_2O_3 -SrO çiftine eklenen (Ta-Hf)-Nb kümesi ve bu alt kümeye uzaktan eklenen (V_2O_5 -U)-Th alt kümesi ile bu kümelemelere uzaktan eklenen AZ ile temsil edilmektedir. Bu küme volkanik kayaçlarda Al_2O_3 'ün nisbi yükselmesini sağlayan Fillik ve Arjilik alterasyonun etkisine bağlı olarak geliştiği düşünülmektedir. Fillik ve arjilik alterasyon sonucunda kayaçlarda bulunan feldispat ve mika mineralleri ayrışarak kaolinit, illit ve smektit gibi kil minerallerine dönüşürken Al_2O_3 oransal olarak artış göstermiştir. Arjilik alterasyon esnasında Al_2O_3 gibi V, U, Th, Ta, Hf, Nb gibi mobilitesi düşük bileşenler de oransal olarak artış göstermiştir.

Cevherli örneklerde belirgin ikinci küme cevherleşme kümesi olarak adlandırılmış olup küme analizi dendrogramında belirgin bir şekilde ayırt edilebilen Fe-Ca-Mg, sülfid ve sülfat alt kümeleri ile temsil edilmektedir (Şekil 4.53). Fe-Ca-Mg alt kümesi birincil mineralleri ayrıştıran çözeltilerde birikerek volkanik kayaçların içinde ağsal damar ve saçılımlı halde yerleşen premineralizasyon evresi piritlerinin oluşumunu sağlamıştır.

Cevherleşme kümesinin en önemli alt kümesi olan ve yöredeki cevherleşmeyi gösteren sülfid kümesi ise (Zn-Pb)-Cd kümesine eklenen Cu ile temsil edilmektedir. Cevherleşme içinde mineralojik – petrografik incelemelerde de yaygın olarak gözlenen kalkopirit, galenit, sfalerit ve fahlerz grubu minerallerin oluşumu bu alt kümenin gelişimine bağlı olduğu ortaya çıkmaktadır. Cevherleşmede ana mineralizasyon evresinin birinci safhasında kalkopirit ve ikinci safhasında galenit, sfalerit ve fahlerz grubu mineraller oluşmuştur.

Cevherleşme kümesinin diğer alt kümesi olan sülfat alt kümesi ise kimyasal analizlerde oldukça yüksek değerlere sahip olan BaO ve SO₃'ün oluşturduğu baritlere bağlı olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.53 Cevher numunelerinde ortak korelasyon katsayılar göre hazırlanan küme analizi dendrogramında ortaya çıkan ana ve alt kümeler

İnceleme alanındaki cevherleşme alanından sadece 5 numunenin kimyasal analizi yapıldığı için faktör analizi yapılmamıştır. Ancak yöredeki cevherleşmede en önemli faktörlerin yankayaçların oluşumu esnasında ortaya çıkan alkali feldispat, kuvars, plajiolaz, mika minerallerinin oluşumunu sağlayan birincil kayaç oluşumu olduğu ortaya çıkmaktadır. Kayaç oluşumundan sonra gelişen magmatik faaliyetlere bağlı olarak porfir-hidrotermal alterasyon kuşakları gelişmiştir. Böylece yörede alkali feldispatlardan itibaren serizitlerin oluşumunu sağlayan potasik alterasyon, plajiolazlar ve mikaların alterasyonuna bağlı olarak illit ve smektitlerin oluşumunu sağlayan fillik alterasyon ve kaolinitle birlikte diğer kil minerallerinin oluşumunu sağlayan arjilik alterasyon kuşakları oluşmuştur.

Erenler cevherleşme alanında VMS tipi yataklarda genellikle gözlenebilen masif ortamlardan ziyade yine aynı tür yataklarda gözlenen cevherleşmeler damar, saçılım ve ağsal damar tipindedir. Erenler alterasyon sahasında üst kotlarda siyah cevher bakımından zengin masif kısım, daha alt kısımlarda ise Zn, Au ve yer yer Ag bakımından zengin olan ağsal damar şeklinde cevherleşme mevcuttur. Varolan bu cevherleşmesinin Erenler formasyonu üzerine itilmesi esnasında parçalanarak şu anki yapısını aldığı düşünülmektedir. Sondajların ve alınan kayaç örneklerinin geneli dikkate alındığında Au zenginleşmesinin daha çok sfaleritçe zengin kısımlarda yüksek, gümüş değerlerinin ise galenitçe zengin kısımlarda yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Sahadaki Cu cevherleşmesi ise genelde masif olarak değil ağsal damar şeklinde yer almaktadır.

4.2.4. Teknolojik Çalışmalar

Tam teknolojik testleri için numuneler hazırlanmış ve alınan temsili örnekler, giriş analizleri mineral serbestleşme derecesi analizleri (MLA) ,aktif modal mineralojik testler yapılmıştır.

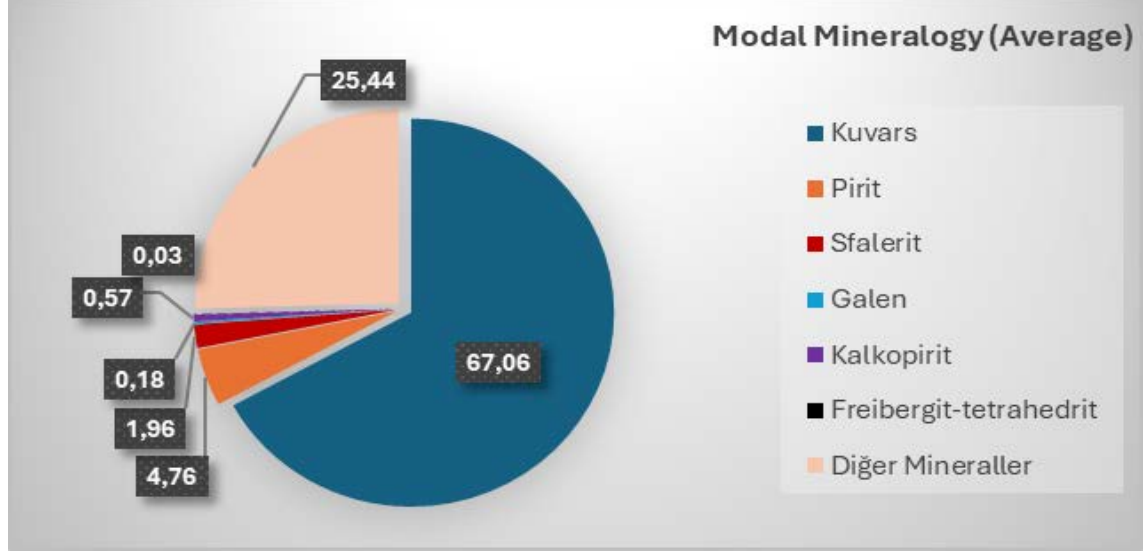
MLA analiz sonuçları değerlendirilirken modal mineralojik bileşim, hesaplanmış teorik elementsel içerik, elementsel dağılım ve ilgi konusu (Pb, Zn, Cu elementi içeren) mineraller için oluşturulan mineral serbestleşme derecesi tabloları dikkate alınmıştır.

Tablo 4.5'de sadeleştirilmiş modal mineralojik bileşim tablosu görülmektedir. Tüm fraksiyonlarda baskın Pb-Zn-Cu ve S elementlerini içeren minerallerin galen, sfalerit, kalkopirit ve pirit mineralleri olduğu dikkati çeker.

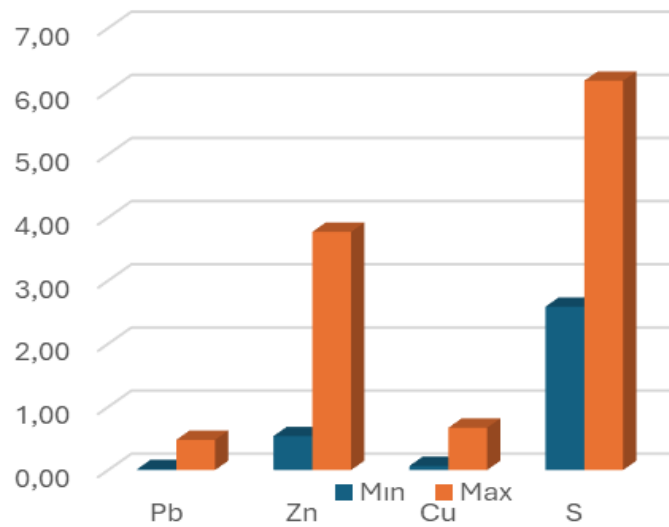
Modal mineralojik analiz tablolarına bakıldığında, tüm numunelerde kuvars, mika, kil ve karbonat grubu minerallerin baskın mineraller olduğu dikkati çeker. Diğer mineraller, numunelere göre değişen miktarda S, Pb, Zn, Cu elementlerini içeren pirit, sfalerit, kalkopirit, galen, feiberjit-tetrahedrit ve gang mineralleri oluşturur (Şekil 4.54).

Tablo 4.5. Sadeleştirilmiş Modal Mineralojik Bileşim Tablosu

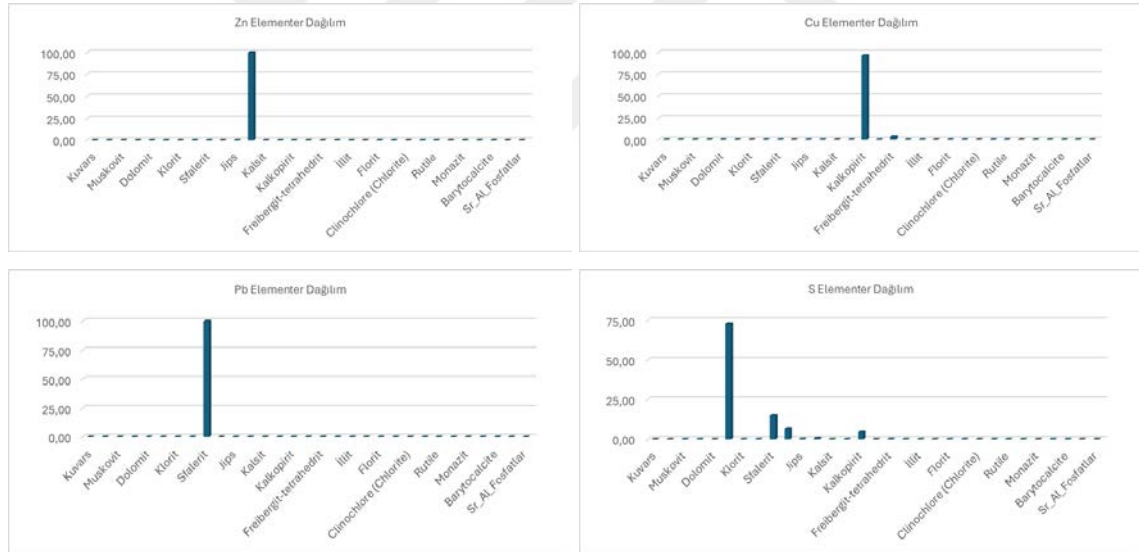
Mineral	fr:-45+38 μ	fr:-53+45 μ	fr:-75+53 μ	fr:-106+75 μ	fr:-150+106 μ
Kuars	69,03	69,53	67,63	67,74	61,38
Pirit	3,83	4,09	5,89	3,78	6,23
Sfalerit	0,80	0,87	1,43	1,10	5,61
Galen	0,02	0,10	0,13	0,11	0,55
Kalkopirit	0,18	0,22	0,28	0,36	1,80
Freibergit-tetrahedrit	0,00	0,00	0,00	0,02	0,11
Diğer Mineraller	26,14	25,18	24,65	26,89	24,32

**Şekil 4.54.** Modal Mineraloji (Tüm Fraksiyonlar için ortalama değerler alınmıştır)

Hesaplanmış teorik elementsel içerik tablolarına bakıldığında; tüm numunelerdeki elementsel Pb, Zn ve Cu miktarı değişimlerinin, bunları içeren minerallerinin toplam modal miktarlarındaki değişime paralellik gösterdiği dikkati çeker. Numunelerdeki Pb değeri % 0,02-0,48; Zn değeri % 0,54- 3,77; Cu değeri % 0,06-0,67; S değeri % 2,59-6,16 aralığında değişmektedir(Şekil 4.55).

**Şekil 4.55.** Pb-Zn-Cu ve S elementlerine ait hesaplanmış teorik elementsel içerik grafiği

Elementsel dağılım tablolarına bakıldığında; tüm numunelerde, toplam elementsel Pb değerinin tamamının galen; Zn değerinin büyük bir kısmının sfalerit, çok az bir kısmının da frayberjit-tetrahedrit Cu değerinin büyük bir kısmının kalkopirit, çok az bir kısmının da frayberjit-tetrahedrit; S değerinin büyük kısmının pirit, az bir kısmının sfalerit barit-Sr, çok az bir kısmının da frayberjit-tetrahedrit ve Sr-Al-fosfat mineral kaynaklı olduğu görülmektedir. Bu nedenle numuneler içerisinde mevcut en önemli Pb mineralini Galen minerali oluşturmaktadır. Galen mineralinin toplam elementsel Pb değerine katkısı % 100'dür. Numuneler içerisinde mevcut en önemli Zn mineralini Sfalerit minerali oluşturmaktadır. Sfalerit mineralinin toplam elementsel Zn değerine katkısı % 99,83 ile % 99,98 arasında değişmektedir. Numuneler içerisinde mevcut en önemli Cu mineralini kalkopirit minerali oluşturmaktadır. Kalkopirit mineralinin toplam elementsel Cu değerine katkısı % 93,08 ile % 98,93 arasında değişmektedir. Numuneler içerisinde mevcut en önemli S mineralini Pirit minerali oluşturmaktadır. Pirit mineralinin toplam elementsel S değerine katkısı % 54,02 ile % 79,24 arasında değişmektedir(Şekil 4.56).



Şekil 4.56. Pb-Zn-Cu ve S elementlerine ait elementsel dağılım grafikleri

4.2.5. Rezerv ve Kaynak Hesabı

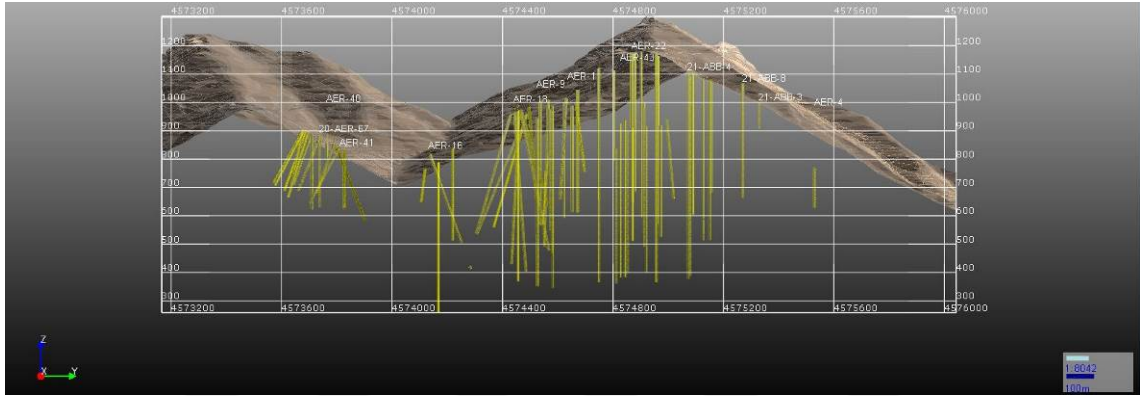
Çalışma alanında 64 adet 30.820,60 m, Balcı Sektörü'nde 10 adet 5.130,9 m olmak üzere toplam 74 adet 35.951,5 metre sondaj yapılmıştır. Bütün bu verilere göre sahanın altın, bakır, çinko, kurşun ve gümüş için kaynak tahmin raporu hazırlanmıştır.

Sahada yapılan 74 adet sondaj Maden Kaynak kestiriminde kullanılmıştır. Altın, bakır, çinko, kurşun ve gümüş için 3B Katı Model/Blok Model ve Kestirim yapılmıştır.

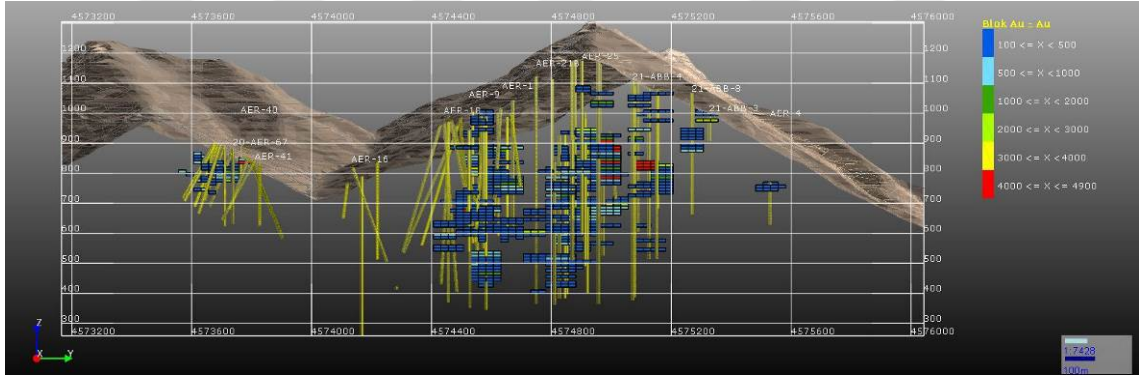
Sahanın değerlendirilebilmesi ve jeolojik katı modeli hazırlamak amacıyla 74

adet sondajdan elde edilen ham analiz verilerinin altın, bakır, çinko, kurşun ve gümüş elementlerinin her biri için 25.804 adet analiz sonucu değerlendirilerek özet istatistikleri incelenmiştir.

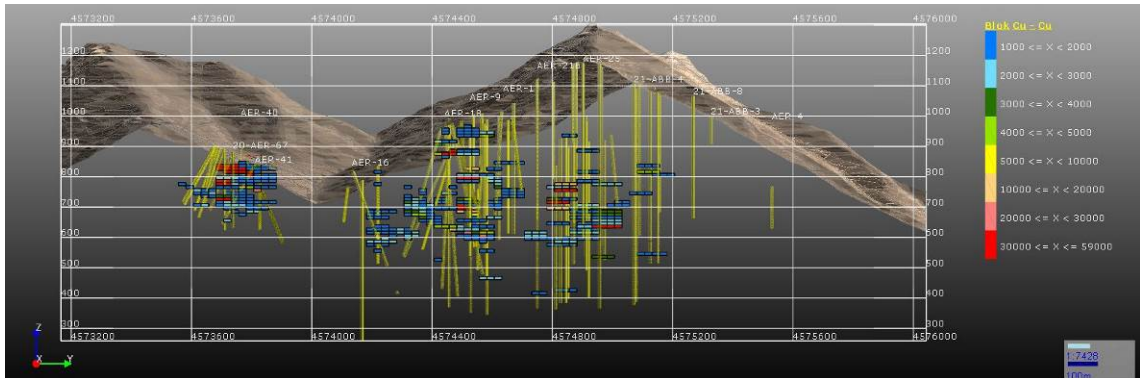
Au, Cu, Zn, Pb ve Ag için Maden Kaynak tahmini 3 boyutlu bilgisayar programı kullanılarak (3B Katı Model/Blok Model) yapılmıştır. Çalışmalar neticesinde hesaplanan tenöre bağlı Blok Raporları verilmiştir.. Erenler sahasında yapılan sondajların topoğrafya üzerinde –x ekran görüntüsü Şekil 4.57.’de ve blok modellerin (altın, bakır, çinko, kurşun ve gümüş) -x yönünde ekran görüntüleri Şekil 4.58, 59, 60, 61 ve 62’de sırasıyla verilmiştir.



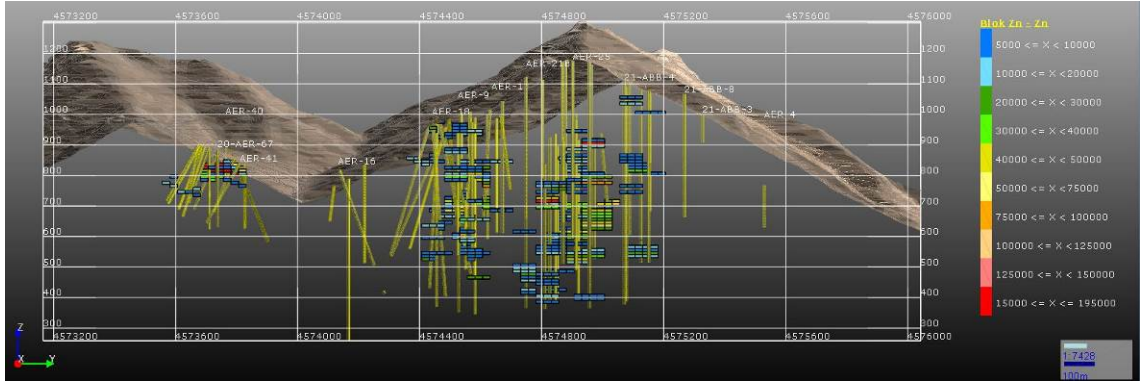
Şekil 4.57. Sondajlar –x ekran görüntüsü.



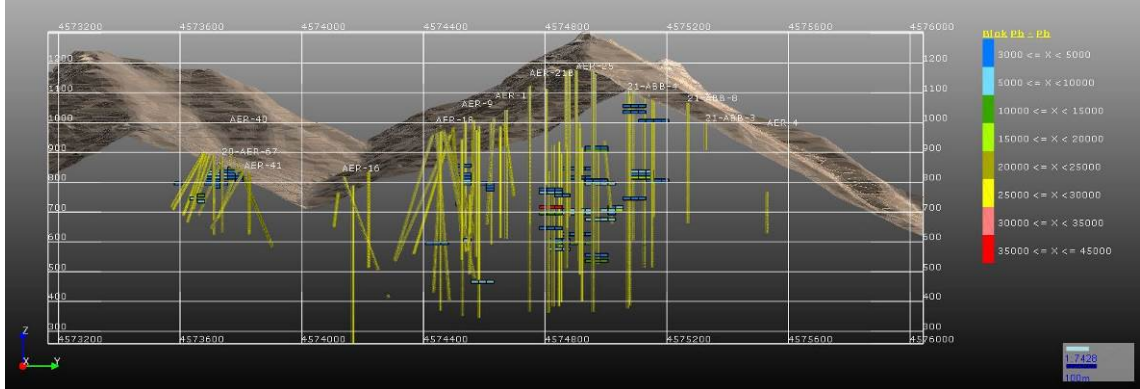
Şekil 4.58. Au için Blok –x ekran görüntüsü



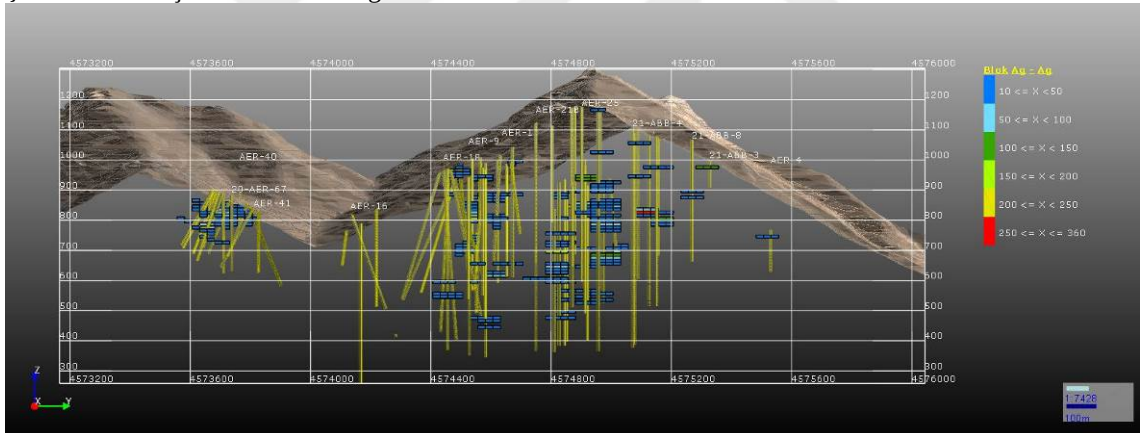
Şekil 4.59. Cu için Blok –x ekran görüntüsü



Şekil 4.60. Zn için Blok –x ekran görüntüsü



Şekil 4.61. Pb için Blok –x ekran görüntüsü



Şekil 4.62. Ag için Blok –x ekran görüntüsü

Artvin İli, Merkez İlçesi Erenler ve Balcı hudutları dâhilinde bulunan çalışma alanında yapılan Maden Kaynak tahmini aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 4.6). Cu için 3.227,79 ppm tenörlü 15.568.207 ton, Au için 462,11 ppb tenörlü 36.815.004 ton, Zn için 15.289,2 ppm tenörlü 18.994.763 ton, Ag için 41,27 ppm tenörlü 15.402.268 ton, Pb için 7.066,32 ppm tenörlü 5.288.204 ton kaynak tahmini yapılmıştır

Tablo 4.6. Erenler, Balcı sahasının Altın, Bakır, Çinko, Kurşun ve Gümüş için Maden Kaynak Tahmini

KAYNAK	Au	Cu	Zn	Pb	Ag
Rezerv (ton)	36.815.004	15.568.207	18.994.763	5.288.204	15.402.268
Tenör	462b	3.228 ppm (% 0.3)	15.290 ppm (% 1.5)	7.066 ppm (% 0.7)	41 ppm (% 0,0041)



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

1- Erenler (Artvin/Merkez) köyü ve civarında yer alan yaklaşık 2.5 km²'lik bir alanı kaplayan çalışma alanının en yaşlı birimini Santoniyen yaşlı asidik volkanizma ürünlerinden dasit, riyodasit, riyolit ve bunların piroklastikleri ile yer yer mikritik kireçtaşları ve tüf seviyelerinden oluşan Kızılkaya formasyonu oluşturur. Birimin üst kesiminde yer alan mikritik kireçtaşları volkanizmanın duraksadığı dönemde bu asidik volkanizma ürünleri üzerine uyumlu olarak yerleşmiştir. Bölge genelinde Doğu Pontidler ile Toridler'in, Selandiyen-Erken Tanesiyen zaman aralığında çarpışmasından sonra, gerilmeli tektonik rejim sonucu olarak denizel ortam koşulları egemen olmuş ve Geç Tanesiyen-İpresiyen yaşlı Erenler formasyonu açısal uyumsuzlukla çökelmiştir. Erenler formasyonu uyumsuz olarak çoğunlukla türbiditik kırıntılı kayalardan oluşur. Çalışma alanında Santoniyen yaşlı Kızılkaya formasyonuna ait dasit-dasitik tüf ve piroklastikleri daha genç olan Erenler formasyonu üzerine tektonik olarak yerleşmiştir. Sondaj verilerine göre bu yerleşmeden sonra Erenler formasyonunda daha genç bir asidik sokulumun varlığından söz edilebilir. Asidik sokulum ile cevherleşme ilişkisi şu ana kadar belirlenememiştir.

2- Erenler mineralizasyonu ve alterasyon zonları Üst Kretase yaşlı Kızılkaya formasyonuna ait dasitler ve piroklastik kayaların içerisinde gelişmiştir.

3-Bölgede genel itibariyle kaolenleşme zonları gözlenmiştir, Çalışma alanının hemen hemen her yerinde yoğun killeşme mevcuttur.

4-Alterasyon zonlarında alınan mineralojik-petrografik ve XRD örneklerinin analiz sonuçlarına göre çalışma alanında potasik (serizit), arjilik (kuvars, illit, kaolinit) alterasyonun geliştiği tespit edilmiştir.

5-Üst Kretase yaşlı dasitik kayalar okyanus sırtı granitoidlerine (ORG) göre normalize edilmiş element diyagramlarında incelendiğinde benzer zenginleşme ve fakirleşme eğilimi (Rb elementi hariç) sunduğu gözlenir . ORG'a göre normalize edilmiş diyagramda, Ba elementi bütün örneklerde pozitif bir anomali sergilerken Rb elementi sadece dasit-dasitik tüflerde zenginleştiği gözlenir. Bütün volkanik kayalar büyük iyon çaplı litofil elementler (LILE: Ba, Th, Ta ve K) kalıcılığı yüksek elementlere (HFSE: Nb, Hf, Y ve Yb) göre zenginleşme göstermesi magmanın dalma batma süreci ile ilişkili olarak geliştiğine işaret eder

6- AFM diyagramı ve Yb'a karşı La ayırtman diyagramlarında ise dasitik tüfler toleyitik alanına düşerken cevherli ve yoğun karbonatlı dasitler kalk alkalın alana düşmektedir bununla birlikte, dasitik tüfler dışındaki örnekler toleyitik-geçiş karakterlidir.

7- Çalışma alanındaki alterasyon dan alınan örneklerin Kimyasal Alterasyon İndeks (CIA) değerleri, arjilik alterasyon için ortalama 65.17-70.51-78.88-79.86-80.76-83.51-84.72 arasında değişir $Al_2O_3-(CaO+Na_2O)-K_2O$ ve $Al_2O_3-(CaO+Na_2O+K_2O)-Fe_2O_3+MgO$ diyagramlarında ise bölgedeki smektit/illit ve kaolinitin plajiyoklazların alterasyonundan türediği tespit edilmiştir.

8- Cevher içinde ortalama % 0.46b Fe_2O_3 , % 0.77 CuO, % 8.23 ZnO, % 3.36 PbO, % 40.83 BaO ve % 27.66 SO_3 bulunmakta olup bu bileşenler pirit, kalkopirit, fahlerz grubu, galenit, sfalerit ve baritlerin oluşumunu sağlamıştır.

9-Erenler sahasında aralarında kuvvetli pozitif korelasyonlar bulunan ana bileşenler ve NTE ayrı bir grup olarak ana bileşenler – NTE kümesini oluştururken Fe, Cu, Pb, Zn, Ba ve S yöredeki sülfidli cevherleşmeye bağlı olarak kümelenmişlerdir.

10- Erenler alterasyon sahasında üst kotlarda siyah cevher bakımından zengin masif kısım daha alt kısımlarda ise Zn, Au ve yer yerde Ag bakımından zengin olan ağsal damar şeklinde cevherleşme mevcuttur. Var olan bu cevherleşmesinin Erenler formasyonu üzerine itilmesi esnasında parçalanarak şu anki yapısını aldığı düşünülmektedir. Sondajların geneli dikkate alındığında Au zenginleşmesinin daha çok sfaleritçe zengin kısımlarda yüksek, gümüş değerlerinin ise galenitçe zengin kısımlarda yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Sahadaki Cu cevherleşmesi ise genelde masif olarak değil de damar-ağsal damar şeklinde yer almaktadır.

11- Erenler alterasyon sahasında Cu için **3.227,79** ppm tenörlü **15.568.207** ton, Au için **462,11** ppb tenörlü **36.815.004** ton, Zn için **15.289,2** ppm tenörlü **18.994.763** ton, Ag için **41,27** ppm tenörlü **15.402.268** ton, Pb için **7.066,32** ppm tenörlü **5.288.204** ton kaynak tahmini yapılmıştır

12- Tam teknolojik test çalışmaları kapsamında Pb değerinin tamamının galen; Zn değerinin büyük bir kısmının sfalerit, çok az bir kısmının da frayberjit-tetrahedrit; Cu değerinin büyük bir kısmının kalkopirit, çok az bir kısmının da frayberjit-tetrahedrit; S değerinin büyük kısmının pirit, az bir kısmının sfalerit barit-Sr, çok az bir kısmının da frayberjit-tetrahedrit ve Sr-AI-fosfat mineral kaynaklıdır.

5.2. Öneriler

Erenler Cu, Zn, Pb, Au ve Ag yatağı ve yakın çevresinde bulunan dasitik tüfler, dasitler ve cevherleşme zonlarından alınan numunelerde yapılan mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelemelere göre yörede VMS yataklanmaya ait veriler ortaya çıkmaktadır.

Erenler yatağının oluşum mekanizması için yankayaç, alterasyon ve cevher zonlarından daha fazla sayıda numune alınarak ayrıntılı mineralojik-petrografik ve jeokimyasal analizler yapılarak sahadaki cevherleşme için jeokimyasal model ortaya konulmalıdır.

Yankayaç, alterasyon ve cevherleşme zonlarını jeokronolojik analizlerinin yapılması ile bölgede ve ülkemizin başka yerlerindeki polimetalik cevherleşmeler ve bu cevherleşmeleri sağlayan magmatik ve jeotektonik ortamın oluşum yaşı ortaya konulabilecektir.

Erenler yatağının modellenmesi ile yörede bulunması muhtemel diğer polimetalik cevherleşmelerin tahmin edilmesinde kullanılabilecektir.

Yöredeki olası diğer polimetalik cevherleşmelerin tespit edilmesiyle hem yöre hem de ülkemiz madenciliğine katkıda bulunulabilecektir.

KAYNAKLAR

- Adamia, S.H.A, Bayraktutan, S., Lordkipanidze, M.B., 1995. Structural correlation and Phanerozoic evolution of the Caucasus-Eastern Pontides, in *Geology of the Black Sea Region. Proceedings of the international Symposium, MTA and JMO, Ankara*, 69-75.
- Adamia, S.H.A., Lordkipanidze, M.B., ve Zakariadze, G.S., 1977. Evolution of Active Continental Magrin as Exemplified by the Alpine History of the Caucasus: *Tectonophysics*, 40, 183-199.
- Akdeniz, N. ve Hasanov, H.M., 2011. Kuzeydoğu Anadolu ile Küçük Kafkas'ın Jeolojik-Metalojenik Korelasyonu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No:11376, Ankara (yayımlanmamış).
- Akıncı, O.T., 1984. The Eastern Pontide volcano-sedimentary belt and associated massive sulphide deposits. *Geological Society of London, Special Publications* 17, 415–428.
- Aksay, A. ve Turhan, N., 1998. Şavşat-Ardanuç (Artvin) Dolayının (Ardahan-F48 Paftası) Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 10188. Ankara (yayımlanmamış).
- Arni, P., 1939. Tektonische Grundzüge Ostanatoliens und benachbarter Gebiete: Veröff. Inst. Lagerstättenforsch. Türkei, Ser. B, 4, 90 s.
- Arslan, M., Tüysüz N., Korkmaz, S. ve Kurt, H. 1997. Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide Volcanic Rocks, Northeast Turkey. *Chemie der Erde, Geochemistry*, 57, 157-187.
- Aydınçakır, E., 2012. Petrography, geochemistry and petrogenesis of the Borçka (Artvin, NE Turkey) area tertiary volcanics PhD thesis Karadeniz Technical University, Trabzon (200 pp).
- Baydar, O. 1969. Artvin-yusufuli civarının 1/25000 ölçekli jeoloji etüdü raporu.MTA Rap..No., Ankara
- Baykal, F. 1950. Oltu-Göle-Ardahan-Çıldır bölgesinin jeolojik ana çizgisi: MTA Rap.No:1928 (yayımlanmamış).
- Bektaş, O., Van, A., and Boynukalın, S., 1987. Jurassic volcanism and its geotectonics in the eastern Pontides (NE Turkey): *Geological Bulletin of Turkey*, v. 30, p. 9–18.
- Boccaletti, M., Gocev, P. and Manetti, P., 1974. Mesozoic isopic zones in the Black Sea region: *Boll. Soc. Geol. Italiana*, 93, 547-565.
- Brauhart, C.W., Groves, D.I. ve Morant, P., 1998. Regional Alteration Systems Associated with Volcanogenic Massive Sulfide Mineralization at Panorama, Western Australia, *Economic Geology*, 93, 292–302.
- Chaput, E., 1936. Türkiye’de jeolojik ve jeomorfolojik tetkik seyahatleri (Tercüme:Ali Tanoğlu): *İ.Ü.Coğr.Enst.Neş.*,11, 326 s.
- Çamur, Z., Güven, İ.H. ve Er, M, 1996. Geochemical Characteristics of the Eastern PontideVolcanics, Turkey: An Example of Multiple Volcanic Cycles in the Arc Evvolution.*Turkish Journal of Earth Sciences*, 5, 123-144.

- Çiftçi, E., 2000. Mineralogy, Paragenetic Sequence, Geochemistry and Genesis of the Gold and Silver Bearing Uppercretaceous Mineral Deposits, Northeastern Turkey, Doktora Tezi, University Of Missouri-Rolla, Missouri.
- Delibaş, O., Moritz, R., Ulianov, A., Chiaradia M., Saraç, C., Revan K.M., and Göç, D. (2016). Cretaceous subduction-related magmatism and associated porphyry-type Cu Mo mineralizations in the Eastern Pontides, Turkey: New constraints from geochronology and geochemistry. *Lithos*, 248-251: 119-137.
- Dewey, J.F., Pitman, W.C., Ryan, W.B.F. ve Bonin, J., 1973. Plate Teectonics and the Evolution of the Alpine system. *Geol. Soc. Am. Bul.*, 84, 3137-3180.
- Er, M., Dursun,A., Yılmaz,H., Erçin, A.İ., Yaprak,S. 1991. Murgul maden arama projesi (Trabzon Jd 495).
- Eyüboğlu, Y., Dudas, F.O., Santosh, M., Yi, K., Kwon, S., Akaryali, E. (2013). Petrogenesis and U-Pb zircon chronology of adakitc porphyries within the Kop ultramafic massif (Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey). *Gondwana Res.* 24, 742–766.
- Eyüboğlu, Y., Dudas, F.O., Santosh, M., Gumruk, T.E., Akbulut, K., Yi, K., Chatterjee, N., 2017. The final pulse of the Early Cenozoic adakitc activity in the Eastern Pontides Orogenic Belt (NE Turkey): An integrated study on the nature of transition from adakitc to non-adakitc magmatism in a slab window setting. *Journal of Asian Earth Sciences*, <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2017.07.004>.
- Gattinger, T.E., 1955. Kuzeydoğu Türkiye’de Çoruh ile Erzurum arasındaki bölgede yapılan jeolojik harita çalışmaları hakkında rapor: MTA Rap. No:2379 (yayımlanmamış).
- Gattinger, T. E., 1962. 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası Trabzon paftasının açıklaması, MTA Ankara.
- Gedikoğlu, A., 1978, Harşit granit karmaşığı ve çevre kayaçları (Doğankent- Giresun). Doçentlik Tezi, 176 s.
- Güven, İ. H., 1993. Doğu Pontidler’in Jeolojisi ve 1/250 000 Ölçekli Kompiasyonu. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara (Yayımlanmamış).
- Güven, İ. H., 1998. 1/100 000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları, No. 58, Trabzon C29 ve D29 Paftaları: MTA, Jeoloji Etütleri Dairesi Yayını, Ankara
- Kandemir Ö., 2017. Artvin Borçka-Yusufeli Arasında Kalan Alanın Jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No:13575. 692 sf. Ankara.
- Konak, N., Hakyemez, Y., Bilgiç,T., Bilgin, R., Hepşen, N., Ercan, T., 2001a. Kuzeydoğu Pontidler’in Jeolojisi. MTA Raporu. 378 sf., Ankara.
- Korkmaz, S., 1993. Stratigraphy of the Tonya-Düzköy area (soutwest of Trabzon) (in Turkish): *Türkiye Jeoloji Bülteni*, v. 36, p. 151-158.
- Korkmaz, S., and A. Gedik ., 1988. Geology of the Rize-Fındıklı-Çamlıhemşin area and petroleum occurrences (in Turkish): *Jeoloji Mühendisliği*, v. 32-33, p. 5-15.
- Konak, N., Hakyemez, Y., 2009. 1: 100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Tortum-G47 Paftası No: 105. MTA GenelMüdürlüğü yayını, Ankara.

- Koprivica, D., 1976. Geology, structural features and sulphide and manganese occurrences of the Hopa-Arhavi (northeast Turkey): Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, v. 87, p. 1-10.
- Kovenko, V., 1942, Mines de cuivre de Kuvarshan de la région d'Artvin: MTA Mecm., 2/27, Ankara.
- Kurt, İ., Özkan, M., Karşlı, Ş., Çolak, T. ve Topçu, T., 2005. Doğu Karadeniz bölgesinin jeodinamik ve metalojenik evrimi Keşap (Giresun)-Çarşıbaşı (Trabzon)-Torul (Gümüşhane) arasının jeolojisi. MTA Derleme Rapor No. 10875, Ankara.
- Okay, A.I., 1989. Tectonic units and sutures in the Pontides, northern Turkey, In: Şengör, A.M.C. (Ed.) - Tectonic Evolution of the Tethyan region, pp. 109-115, Kluwer Academic Publications, Dordrecht.
- Okay, A.I., Şahintürk, Ö., Yakar, H., 1997. Pulur Bölgesi Stratigrafisi ve Tektoniği (Bayburt, Doğu Pontidler). MTA Dergisi 119, 1-22.
- Okay, A., 2008. Geology of Turkey: A Synopsis. Anschnitt, 21, 19-42.
- Okay, A.I. and Nikishin, A.M., 2015. Tectonic evolution of the southern margin of Laurasia in the Black Sea region, International Geology Review, 57(5-8), pp.1051-1076.
- Revan, K., 2010. Doğu Karadeniz Bölgesi volkanojenik masif sülfid yataklarının tip özelliklerinin belirlenmesi, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı doktora tezi. 320 s.
- Revan, M.K., Genç, Y., Maslennikov, V., Taner, Ü., Delibaş, O., Hamzaçebi, S., 2013. Original findings on the ore-bearing facies of volcanogenic massive sulphide deposits in the Eastern Black Sea Region (NE Turkey). Bulletin of the Mineral Research and Exploration 147, 73-89.
- Revan, M.K., Genç, Y., Maslennikov, V., Delibaş, O., Zimitoğlu, O., Ayupova, N.R., 2019 Mineralogy and geochemistry of metalliferous sedimentary rocks from the Upper Cretaceous VMS deposits of the Eastern Pontides (NE Turkey) 322 s.
- Saez, R., Pascual, E., Toscano, M. ve Almodovar, G.R., 1999. The Iberian Type of Volcano Sedimentary Massive Sulfide Deposits, Mineralium Deposita, 34, 549-570.
- Stchepinsky, V., 1945. Stratigrafie du bassin supérieur de la Kelkit çayı: MTA Mecm., 1/33, Ankara.
- Şengör, A.M.C. and Yilmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: a Plate Tectonic, Approach, Tectonophysics 181, 241-981.
- Tüysüz, N., Özdoğan, K., Er, M., Yılmaz, Z. ve Ağanoğlu, A., 1994. Pontid Adayayı'nda Carlin Tipi Kaletaş (Gümüşhane) Altın Zuhuru, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 37, 41-46.
- Tüysüz, N., 2000. Geology, Lithogeochemistry and Genesis of the Murgul Massive Sulfide Deposit, NE-Turkey, Chemie der Erde, 60, 231-250.
- Tüysüz, N. ve Akçay, M., 2000. Doğu Karadeniz Bölgesindeki Altın Yataklarının Karşılaştırılmalı İncelemesi, Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi, MTA, Ankara, 625-645.

Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbas, E., Genç, Ş.C. and Şengör, A.M.C., 1997. Geology and Tectonic Evolution of the Pontides: In Robinson, A.G. (Ed.), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. AAPG Memoir, vol. 68, pp. 183–226.

Wijkerslooth, P. de., 1946. Einiges über die Erzprovinz des östlichen Schwarzmeer-Küstengebirges, insbesondere über die Kupferlagerstätte von Kuvarshane (Vil. Çoruh- Türkei): MTA Mecom., 1/35, Ankara.

EKLER

