



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**MADEN KÖYÜ (BAYBURT) CU-AU(?) CEVHERLEŞMESİNİN HİDROTERMAL
ALTERASYONU, DURAYLI İZOTOP JEOKİMYASI VE 3B CBS
MODELLEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur AYDIN

**MAYIS 2019
GÜMÜŞHANE**

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MADEN KÖYÜ (BAYBURT) CU-AU(?) CEVHERLEŞMESİNİN HİDROTHERMAL
ALTERASYONU, DURAYLI İZOTOP JEOKİMYASI VE 3B CBS
MODELLEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur AYDIN

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

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27.05.2019

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 18.10.2019

MAYIS 2019



KABUL ve ONAY



Doç. Dr. Enver AKARYALI danışmanlığında **Uğur AYDIN** tarafından hazırlanan **“MADEN KÖYÜ (BAYBURT) CU-AU(?) CEVHERLEŞMESİNİN HİDROTHERMAL ALTERASYONU, DURAYLI İZOTOP JEOKİMYASI VE 3B CBS MODELLEMESİ”** isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Özgür BİLİCİ

Üye : Doç. Dr. Enver AKARYALI

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER

ONAY

Bu tez **13./11./19** tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum "**Maden Köyü (Bayburt) Cu-Au(?) Cevherleşmesinin Hidrotermal Alterasyonu, Duraylı İzotop Jeokimyası ve 3B CBS Modellemesi**" isimli tez çalışmasında; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 27/05/2019


Uğur AYDIN

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MADEN KÖYÜ (BAYBURT) CU-AU(?) CEVHERLEŞMESİNİN HİDROTHERMAL
ALTERASYONU, DURAYLI İZOTOP JEOKİMYASI VE 3B CBS
MODELLEMESİ**

Uğur AYDIN

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Enver AKARYALI
2019, 42 sayfa

Doğu Pontid Tektonik Birliği'nin Güney Zon'u içinde yer alan Maden Köyü (Bayburt) Cu-Au(?) alterasyon sahası, Maden Andeziti olarak adlandırılan andezitlerle ilişkilidir. Üst Kretase yaşlı andezitlerin, Nb/Y'ye karşı $Zr/TiO_2 \times 0.0001$ kimyasal adlandırma diyagramında çoğunlukla trakiandezit ve andezit alanında yoğunlaştığı, AFM üçgen diyagramına göre kayaçların kalk-alkali karakterde, SiO_2-K_2O ve Th-Co karşılaştırma diyagramlarında ise örneklerin çoğunlukla yüksek potasyumlu-şoşonitik kalk-alkali seri alanına düştüğü tespit edilmiştir. Üst Kretase yaşlı andezitlerde meydana gelen alterasyonlar; kükürtleşme, limonitleşme, malakitleşme, azuritleşme, silisleşme ve hematitleşmedir. Alterasyon türleri üç boyutlu CBS modellemesi üzerinde gösterilmiştir. MINSQ hesaplamaları neticesinde alterasyon mineralleri olarak cevherli zonda kuvars, K'lu feldspat, \pm albit, propilitik zonda ise Fe-Klorit, Mg-Klorit, epidot belirlenmiştir. Göreceli kütle değişim hesaplamalarına göre cevherli zonda MgO , TiO_2 , K_2O , Na_2O ,

MnO, Cu, Ag, Pb ve Mo nispi artma gösterirken; Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃, Zn, As, Cu ve Au nispi azalma göstermektedir. Göreceli kütle artışı veya azalmasına neden olan elementler arasındaki ilişkiler incelendiğinde, serizitleşme ile cevherleşme arasında negatif ilişki olduğu, silisleşme ile cevherleşme ve hematitleşmenin bir arada gerçekleştiği ve hematitleşme oluşurken plajiyoklas ayrışmasının meydana geldiği tespit edilmiştir. Net kütle değişim hesaplamalarına bağlı olarak cevherli zonda MgO, K₂O, CaO, Na₂O, Ag, Cu, Pb ve Mo net kütle artışı görülürken; SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, Zn, As ve Au net kütlede azalma gözlenmiştir. Serizit minerali üzerinde gerçekleştirilen $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotop değerleri sırasıyla ‰ 6.4-12.5; ‰ -116 ile ‰ -99 aralığında değişmektedir. İzotop sonuçlarındaki bu değişim, cevher oluşturan çözeltilerin kökeninde magmatik ve meteorik su karışımına işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Alterasyon, Bayburt, CBS, Duraylı izotop, Kütle değişim

ABSTRACT
MS THESIS

**HYDROTHERMAL ALTERATION, STABLE ISOTOPE GEOCHEMISTRY AND
3D GIS MODELLING OF MADEN VILLAGE (BAYBURT) CU-AU (?)
MINERALIZATION**

Uğur AYDIN

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Enver AKARYALI

2019, 42 pages

Maden village (Bayburt) Cu-Au (?) alteration field which is located in southern zone of Eastern Pontide Tectonic Unit is related to trachy-andesites called as “Maden Andesite”. The Upper Cretaceous trachy-andesites are mostly concentrated in the area of trachy-andesite and andesite in the chemical nomenclature diagram Nb / Y vs Zr / TiO₂ x 0.0001, according to the AFM triangle diagram, the rocks have calc-alkali character, in SiO₂- K₂O and Th-Co comparison diagrams, it was determined that the samples mostly fall into the high potassium-shoshonitic calc-alkali series area. Alterations occurring in Upper Cretaceous andesites are as follows; sulfurization, limonitization, malachitization, azuritization, silicification and hematitization. Alteration types are shown on three-dimensional GIS modeling. As a result of the MINSQ calculations, as alteration minerals quartz K-feldspar, ± albite were determined in the ore zone; and Fe-chlorite, Mg-chlorite

and epidote were determined in propylitic zone. According to the relative mass change calculations, MgO, TiO₂, K₂O, Na₂O, MnO, Cu, Ag, Pb and Mo values showed a relative increase, while Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃, Zn, As, Cu and Au show relative decrease in the ore zone. When the relations between the elements causing the relative mass increase or decrease are examined, it is determined that there is a negative relationship between sericitization and mineralization; silicification, mineralization and hematitization take place together; and while the hematitization forming the plagioclase decomposition occurs. The values of MgO, K₂O, CaO, Na₂O, Ag, Cu, Pb and Mo showed net mass increase in ore zone due to net mass change calculations; whereas SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, Zn, As and Au showed a decrease in net mass. The $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ isotope values of the sericite mineral ranges from ‰ 6.4-12.5; and ‰ -116 to -99, respectively. This change in isotope results indicates a mixture of magmatic and meteoric water at the origin of ore-forming solutions.

Key words: Alteration, Bayburt, GIS, Stable isotope, Mass change

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve birikimiyle bana yardımcı olan danışman hocam Doç.Dr. Enver AKARYALI'ya sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

Tez çalışmam süresince her türlü desteğini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında bana desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Yüksek Jeoloji Müh. Hakan FİDAN ve Harita Müh. Hasan Kaan AYGÜNDÜZ'e teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve sabır gösteren Ailem'e teşekkür ederim.

Uğur AYDIN
Gümüşhane, 2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Konum, Yerleşim ve Ulaşım	1
1.3. Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü	1
1.4. Çalışmanın Amacı	2
1.5. Bölgesel Jeoloji	3
1.6. Önceki Çalışmalar	4
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	7
2.1. Arazi Çalışması	7
2.2. Coğrafi Bilgi Sistemeleri Modellemesi	7
2.3. Laboratuvar Çalışmaları	7
2.3.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması	7
2.3.2. Jeokimya Analizleri.....	8
2.4. Büro Çalışmaları.....	9
3. BULGULAR ve TARTIŞMA	10
3.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi.....	10
3.1.1. Kuzdağı Formasyonu	12
3.1.2. Maden Melanjı	12
3.1.3. Maden Andeziti	13
3.1.4. Kapıkaya Formasyonu.....	15
3.1.5. Sırataşlar Formasyonu	15
3.1.6. Alüvyonlar.....	16
3.2. Yapısal Jeoloji	16
3.2.1. Tabakalı Yapılar	16
3.2.2. Kırıklı Yapılar	17

3.3.	Volkanik Kayaçların Jeokimyası.....	17
3.4.	Cevherleşme Sahasının Jeolojisi ve Alterasyonu.....	21
3.5.	Alterasyon Sahasının Üç Boyutlu CBS Modellemesi.....	23
3.6.	Yan Kayaçlarda Görülen Hidrotermal Alterasyonlar.....	26
3.7.	Kütle Değişim Hesaplamaları	26
3.7.1.	Nispi (%) ve Net (g/100g) Kütle Değişim Hesaplamaları	28
3.8.	Duraylı İzotop Jeokimyası.....	33
4.	SONUÇLAR	35
5.	KAYNAKLAR.....	37
EKLER		43
ÖZGEÇMİŞ		

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.	2
Şekil 1.2. Doğu Pontidler'in başlıca tektonik ve litolojik birlikleri.	3
Şekil 3.1. İnceleme alanının genel stratigrafik kolon kesiti.	10
Şekil 3.2. Çalışma alanını ve yakın çevresinin jeoloji haritası.	11
Şekil 3.3. Çalışma alanı çevresinde yüzeyleme veren Kuzdağı Formasyonunun görünümü.	12
Şekil 3.4. İnceleme alanı çevresinde bulunan Maden Melanjının görünümü.	13
Şekil 3.5. Çalışma alanı çevresinde yüzeyleme veren Maden Andezitinden bir görünümü.	14
Şekil 3.6. Üst Kretase yaşlı trakiandezitlerin mikroskobik görünümü.....	14
Şekil 3.7. İnceleme alanı çevresinde gözlemlenen Kapıkaya Formasyonunun görünümü.	15
Şekil 3.8. İnceleme alanı çevresinde bulunan Sırataşlar Formasyonunun görünümü.	16
Şekil 3.9. Volkanik kayaçların Nb/Y'ye karşı Zr/TiO ₂ *0.0001 diyagramı.	18
Şekil 3.10. Volkanik kayaçlarının AFM üçgen diyagramı.	18
Şekil 3.11. Volkanik kayaçlarının (a) SiO ₂ (%)'ye karşı K ₂ O (%) ve (b) Co karşı Th diyagramı.	19
Şekil 3.12. Volkanik kayaçlarının iz element dağılım diyagramları,	20
Şekil 3.13. Volkanik kayaçlarının tektonik ayırtman grafikleri.	21
Şekil 3.14. Alterasyon sahasının genel görünümü.	22
Şekil 3.15. Çalışma sahasında görülen alterasyon türleri.....	22
Şekil 3.16. Çalışma sahası çevresinde bulunan cürufaların görünümü.....	23
Şekil 3.17. İşletme alanı ve yıkılmış galeri izleri.	23
Şekil 3.18. Çalışma sahası ve çevresine ait uydu görüntüsü.	24
Şekil 3.19. Çalışma sahasına ait yükseklik haritası.....	24
Şekil 3.20. Çalışma alanında gelişen alterasyonların üç boyutlu CBS modellemesi.	25
Şekil 3.21. Üst Kretase yaşlı trakiandezitlerde, ayrışmaların mikroskop altında çapraz nikoldeki görünümleri.	26
Şekil 3.22. Alterasyon zonunda hesaplanan nispi kütle değişim diyagramları.	29
Şekil 3.23. Nispi kütle değişim hesaplamalarına bağlı olarak yan kayaçta meydana gelebilecek değişimler.....	30

Şekil 3.24.	Alterasyon zonunda hesaplanan net kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat.....	32
Şekil 3.25.	Maden (Bayburt) Cu-Au sahasından elde edilen $\delta^{18}\text{O}$ (‰) ve δD (‰) izotop analiz değerlerinin ve benzer cevherleşmelerin $\delta^{18}\text{O}$ (‰) ve δD (‰) izotop değerleri ile karşılaştırılması.	34

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ANTE	: Ağır nadir toprak elementler
BİYE	: Büyük iyon yarıçaplı litofil elementler
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
cm	: Santimetre
D.L.	: Dedeksiyon Limiti
g	: Gram
GIS	: Geographic Information Systems
IAB	: Ada yayı bazaltı
ICP-AES	: İndüktif eşleşmiş plazma – atomik emisyon spektrometri
ICP-MS	: İndüktif eşleşmiş plazma – kütle spektrometri
K	: Potasyum
Mg#	: Magnezyum numarası
MORB	: Okyanus ortası sırtı bazalt
MTA	: Maden Tetkik Arama
NTE	: Nadir toprak elementler
OIB	: Okyanus adası bazaltı
ppb	: Part per bilion (milyarda bir)
ppm	: Part per million (milyonda bir)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Doğu Pontid metal provensi, Tetis okyanus kabuğunun Paleozoyik-Miyosen zaman aralığında ki yitime bağlı olarak bir magmatik yay üzerinde yer alır (Dixon ve Pereira, 1974; Şengör ve Yılmaz, 1981; Çağatay ve Eastoe, 1995). Tetis-Avrasya metalojenik kuşağının bir parçası olan bu zon, Doğu Avrupa, Kuzeydoğu Türkiye, Kafkaslar, İran ve Orta Asya'dan Pasifik Kuşağına kadar uzanır (Jankoviç, 1980;). Bu metalojenik kuşak içinde çok sayıda ve farklı tiplerde maden yatağını bünyesinde bulundurur ve bu nedenle de cevherleşmeye yönelik birçok çalışmacının ilgisini çekmiştir. (Güven, 1993; Tüysüz vd., 1994, Lermi, 1996; Akçay vd., 1998; Tüysüz ve Akçay, 2000; Lermi, 2003; Demir, 2005; Akaryalı, 2010). Bu yataklardan en önemlileri; porfiri Cu (Au, Mo), skarn, volkanizma ile ilişkili masif sülfid yatakları ve epitermal Au-Ag yataklarıdır. (Yalçınalp, 1992; Tüysüz, 1995; Akçay ve Tüysüz, 1997; Akçay ve Arar, 1999; Tüysüz ve Akçay, 2000; Sipahi, 2005; Sipahi, 2011; Akaryalı, 2010; Akaryalı ve Tüysüz, 2013; Vural, 2013, 2014 ve 2015; Akaryalı, 2016; Akaryalı ve Akbulut, 2016).

1.2. Konum, Yerleşim ve Ulaşım

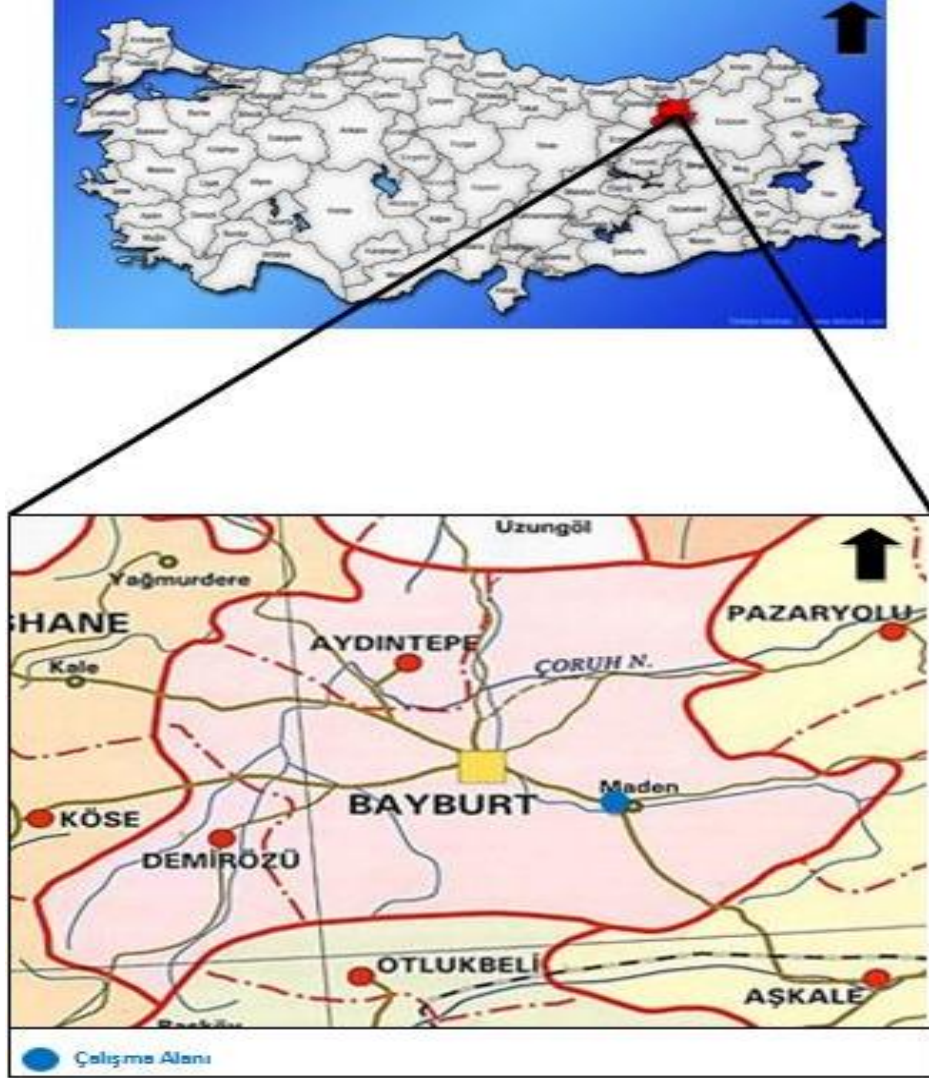
Çalışma alanı Bayburt-Erzurum Karayolu üzerinde bulunan Maden köyünün 3 km batısında, Trabzon H44-c2 Paftasında yer almaktadır. Alterasyon sahasına ulaşım Maden Köyü'nden 3 km'lik stabilize yol ile sağlanmaktadır (Şekil 1.1).

1.3. Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanı ve çevresinde rakım oldukça yüksektir. Bölgedeki önemli yükseltiler Borazan Tepe (2183m), Göllerin Tepe (2174m), Mevzi Tepe (2144 m), Bakır Tepe (2017m)'dir.

Yörenin iklimi, karasal iklim ile denizel iklim arasında geçiş göstermektedir. Genellikle yazları kurak kışları ise soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. En yağışlı mevsim ise ilkbahardır. Bölgenin en büyük akarsuyu ise Çoruh nehrinin yan kollarından biri olan Kop

deresidir. Yöre halkının başlıca geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır. Başlıca tarım ürünleri arpa ve buğdaydır.



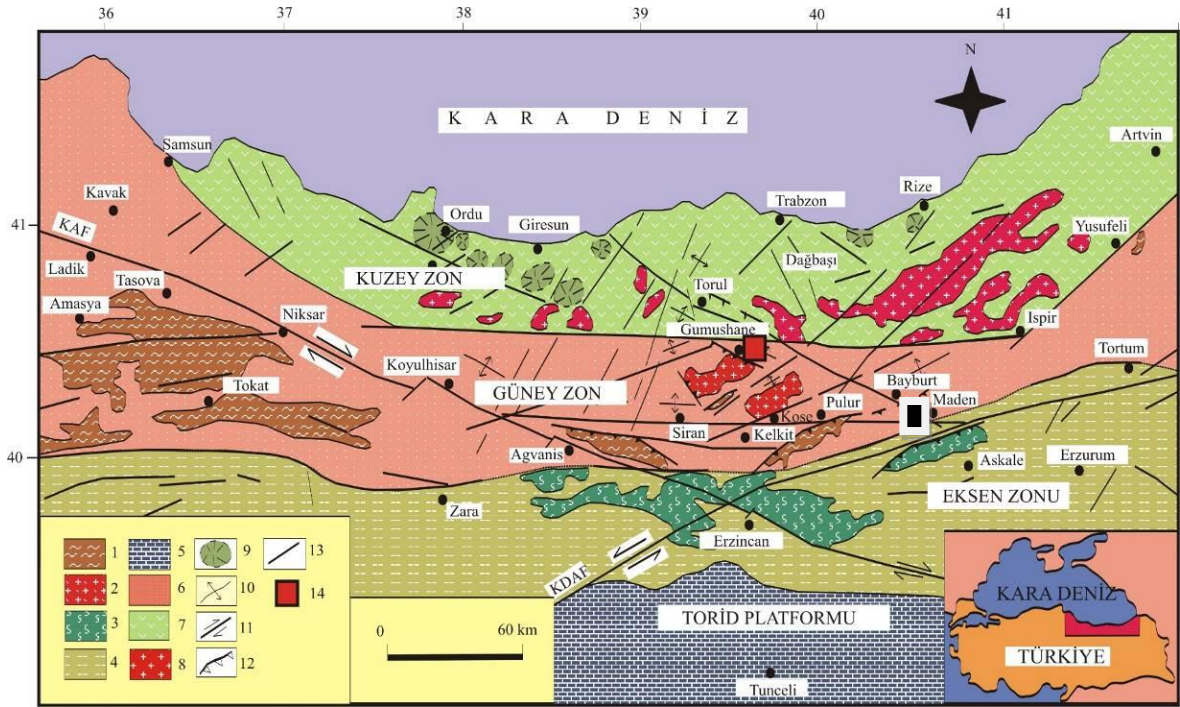
Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.

1.4. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada; Bayburt İli Maden Köyü civarında bulunan alterasyon sahasının; petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin yanı sıra yapılan kütle değişim hesaplamalarına bağlı olarak Cu-Au potansiyelinin araştırılması amaçlanmıştır. Arazi çalışmaları neticesinde sahanın 3B CBS modellemesi üzerinde alterasyon alanları gösterilmiştir. Ayrıca, $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ duraylı izotop analizleri ile cevherleşmeyi oluşturan sıvıların kökeni belirlenmiştir.

1.5. Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanı, Türkiye'nin kuzeyini temsil eden Pontid Tektonik Birliğinin (Ketin, 1966) güneydoğusunda yer almaktadır. Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde Pontid Orojenik Kuşağının doğu kesimlerinin stratigrafik, magmatik ve tektonik özellikleri bakımından Kuzey zonu, Güney zonu ve Eksen zonu olmak üzere üç ayrı bölüme ayrılmıştır (Bektaş vd., 1995; Eyuboglu vd., 2006; Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Doğu Pontidler'in başlıca tektonik ve litolojik birlikleri ((1) Paleozoyik metamorfik taban, (2) Paleozoyik granitleri, (3) Manto peridotitleri, (4) Mesozoyik ve Senozoyik kayalar, (5) Karbonatlar, (6) Mesozoyik ve Senozoyik sedimanter kayalar, (7) Geç Kretase ve Eosen yaşlı yay volkanikleri, (8) Eosen granitleri, (9) Kaldera veya dom, (10) Kıvrım eksen, (11) Doğrultu atımlı fay, (12) Bindirme fayı, (13) Tanımlanmamış fay), (Eyüboğlu vd., 2006'dan alınmıştır).

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Güney Zonunda yer alan çalışma alanının temel birimini Erken Karbonifer yaşlı Kurtoğlu Metamorfitleri oluşturmaktadır (Topuz vd., 2007). Temel birimler Geç Karbonifer yaşlı Gümüşhane Graniti (Yılmaz, 1973; Coğulu, 1975) tarafından kesilmektedir. Doğu Pontidler'in Hersinyen temelini temsil eden bu iki birim, Erken-Orta Jura yaşlı volkano-sedimanter birim (Şenköy Formasyonu; Kandemir, 2004) tarafından uyumsuz olarak örtülür. Bu çökeltiler, Erken Liyas'da etkin olan

genişlemeli tektonik rejimin, Hersinyen temeli parçalaması sonucu Birinci Riftleşme Fazı olarak bilinen olaylar neticesinde oluşmuştur (Bektaş vd., 1999, Yılmaz, 2002). Çalışma sahası Malm döneminden başlayarak Alt Kretase sonuna kadar, magmatizma ve tektonik aktivite açısından oldukça duraylı olup, bu dönemde karbonatlı kayaçların çökelişi egemendir (Berdiga Formasyonu; Pelin, 1977). Doğu Pontidlerdeki Eosen volkanizması bir yitim zonunda oluşmuş ada yayı volkanitleridir. Keskin vd., (1989) tarafından Eosen yaşlı volkanitler üzerinde yapılan çalışmalara göre, kuzeye doğru dalan bir yitim zonundan türedikleri belirlenmiştir.

1.6. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı ve çevresinde çok sayıda çalışma yapılmış olup bu çalışmalar aşağıda sıralanmıştır.

O. Oelsner (1935); madenin ilk işletmesinin bilinmediğini, sahada 1914 yılı öncesi kapalı işletme şeklinde işletildiğini belirtmektedir.

Ketin (1951), bölgedeki çalışmasında Bayburt ilinin 1/100000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış ve birimler jeolojik ve stratigrafik özellikleri bakımından tanımlanmıştır.

Burşuk (1975), Bölgedeki çalışmasında Bayburt yöresinde ilk defa Dogger' in varlığından bahsetmiştir.

Ağar (1977), Doktora tezinde Demirözü ve çevresinin stratigrafisi konusunda çalışma yapmıştır. Bölgenin tabanını oluşturan birimlerin Permo-Karbonifer yaşlı metamorfikler olduğundan bahsetmiş ve bu birimlerin Triyas, Alt Jura, Üst Jura ve Alt Kretase yaşlı birimler tarafından örtüldüğünü belirtmiştir.

Özer (1984), 'Bayburt (Gümüşhane) Yöresi'nin incelenmesi' isimli çalışmasında bölgede Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik dönemlerine ait birimlerin yüzeyletiğinden bahsetmiştir. Bölgenin en yaşlı birimlerinin Permo-karbonifer öncesi oluşmuş düşük metamorfizmalı şistler olduğundan bahsetmiştir. Araştırmacıya göre Mesozoyik dönemine ait birimler liyas yaşlı volkano tortul seriler ile başlayıp Dogger-Malm yaşlı, kumlu, dolomitik ve çörtlü birimlerle devam etmektedir. Alt Kretase dönemi kireçtaşı- kumtaşı-marn ardışımı ile tipiktir.

Musaoğlu vd., (1987), tarafından yapılan çalışmada, Helva Maden cevherleşme sahasının ekonomik olarak işletilebilmesi için ayrıntılı olarak jeoloji, sondaj ve jeofizik çalışmalar yapılmasını önermiştir.

Bektaş ve Gedik (1988), çalışmalarında bölgede gelişen yüksek potasyumlu volkanizmayı konu edinmişlerdir. Bu yüksek potasyumlu volkanik birimlere Evrekehanları Formasyonu ismini vermişlerdir. Söz konusu formasyonu yay gerisi bir ortamın ürünü olarak nitelendirip, Pontidler'de güney yönlü bir yitimin olduğunu savunmuşlardır.

Güner (2000), Doğu Karadeniz'de Madencilik tarihçesine yönelik yaptığı çalışmada Bayburt Helva Madeninin ilk kez Rum Pontus ve Osmanlı döneminde işletildiğini belirtmiştir.

Eyüboğlu vd. (2006), çalışmalarında Maden Melanjını konu edinmişlerdir. Söz konusu melanjın düzenli bir istifeye sahip olduğu ve melanjın tektonik kökenli olmayıp sedimanter kökenli olduğunu söylemişlerdir.

Eyüboğlu (2010), çalışmada bölgedeki yüksek potasyumlu volkanizmayı konu edinmiş ve bu volkanizmayı kendi içerisinde iki bölüme ayırmıştır. Birinci bölümde volkanizmanın örtü kayaçlarını oluşturduğunu anlatarak Ar/Ar metodu ile kayaçların yaşının Alt Kampaniyen olduğunu belirtmiştir. İkinci bölümün ise ultrapotassik volkanikler ile temsil edildiğini ve zaman içerisinde magmatizmanın potasyum miktarında ki artışı dalma hareketi gerçekleştiren okyanusal kabuğun dikleşmeye başlaması sonucunda gerçekleştiğini açıklamıştır.

Akaryalı (2010), Arzular (Gümüşhane) yöresinde altın cevherleşmesinin kökenine yönelik yaptığı çalışmada kütle değişim hesaplamaları, mineral kimyası, sıvı kapanım ve duraylı izotop çalışmalarına göre Au cevherleşmesinin oluşumunda rol oynayan çözeltilerin magmatik su ile meteorik su karışımından oluştuğunu ve cevherleşme türünün hidrotermal damar tipi, düşük sülfürlü, epitermal tipi altın yatağı olduğunu belirtmiştir.

Sipahi ve Sadıklar (2010), Zigana (Gümüşhane) yöresindeki dasidik kayaçlarda gözlenen alterasyon türlerinin muhtemelen mezo-epitermal evrede oluştuğunu ortaya çıkarmıştır.

Saydam Eker (2012), çalışmada Maden yöresinin Eosen yaşlı kırıntılı çökellerini konu almıştır. Söz konusu bu çalışmada istifin kalınlığını 280 metre olarak belirtmiştir. Çalışma alanındaki kumtaşlarının petrografik ve jeokimyasal incelemesini yaparak birimi arkozik arenit-litik arenit olarak isimlendirmiş ve kum taşlarının bazik ve asidik nitelikli iki ayrı birimden beslendiğini söylemiştir.

Demir (2014), Kocapınar (Kermut) yöresinde Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu içinde yer alan andezitlere bağlı olarak gelişen alterasyonlar üzerinde yaptığı kütle değişim

hesaplamalarına göre elde ettiği Cu, Pb, Au, As ve Ag miktarlarında artışa bağlı olarak Kocapınar alterasyon sahasının potansiyel altın sahası olduğunu ifade etmiştir.

Atay (2016), Kaletaş-Söğütağıl-Akpınar yöresindeki alterasyonların KB-GD ve yaklaşık D-B doğrultuya sahip kırık zonları ile ilişkili olduğundan bahsetmiştir. Saha da limonitleşme, hematitleşme, kloritleşme, killeşme ve silisleşmenin en karakteristik alterasyon türleri olup MINSQ yöntemine göre cevherli alterasyon zonunda kuvars, potasyumlu feldspat, serizit \pm kaolen; propilitik zonunda ise baskın alterasyon minerali albite ilaveten epidot, demirli klorit, magnezyumlu kloritin yer aldığını tespit etmiştir.

Akaryalı, (2016), Altınpınar (Torul) Pb-Zn cevherleşmesinin jenezine yönelik olarak gerçekleştirdiği sıvı kapanım, mineral kimyası ve duraylı izotop analizlerinden elde ettiği verilere dayanarak Liyas yaşı volkanitler içinde gelişen cevherleşmenin granitik kayalarla ilişkili epitermal damar tipi olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Akaryalı ve Akbulut (2016), Ünlüpınar (Kelkit-Gümüşhane) yöresinde gelişen Pb-Zn cevherleşmesi üzerinde yapılan çalışmalara göre cevher parajenezinin pirit, kalkopirit, sfalerit, galen, altın, kuvars ve kalsit minerallerinden oluştuğunu, sıvı kapanım, mineral kimyası ve duraylı izotop çalışmalarına göre cevherleşmenin damar tip ve epitermal sitemde geliştiğini ortaya çıkarmışlardır.

Aktaş (2018), Leriköy ve Aktutan (Gümüşhane) yörelerinde Eosen volkanikleri üzerinde gelişen hidrotermal alterasyonların modellenmesi üzerine yaptığı kütle değişim hesapları sonuçlarına göre söz konusu sahaların potansiyel birer altın sahası olduğu sonucuna varmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

İnceleme alanında bulunan volkanitler içerisinde gelişen alterasyon sahası Cu-Au potansiyeli bakımından incelenmiş ve bu amaçla yapılan çalışmalar saha, laboratuvar ve büro çalışması olmak üzere üç aşamada gerçekleşmiştir.

2.1. Arazi Çalışması

Bayburt İli Maden Köyü'nün batısında yer alan alterasyon sahasına ait mevcut jeoloji haritaları incelenmiş, arazide yapılan gözlem ve bulgulara göre revize edilerek, üç boyutlu CBS modellemesi yapılmıştır. Petrografik çalışmalar ve kimyasal analizlere yönelik örnek alımı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kütle değişim hesaplamaları sırasında kullanmak için altere olmayan bölgeden, alterasyonlu bölge istikametinde sistematik olarak örnek toplama işlemi yapılmıştır.

2.2. Coğrafi Bilgi Sistemeleri Modellemesi

Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojisi her türlü veri ile çalışır ve her türlü platforma uyum gösterir. Buna bağlı olarak eldeki verileri daha anlaşılır hale getirmek ve görselleştirmek için de kullanılır. Jeolojik arazi çalışmaları sırasında elde edilen yapısal unsurlar, litoloji, alterasyon gibi veriler CBS modellemesi yapılarak, haritalarda ve üç boyutlu blok diyagramlarda gösterilir. Bu çalışma kapsamında da Maden Köyü çevresinde gözlenen alterasyon türleri CBS modellemesi yardımıyla üç boyutlu blok diyagram üzerinde gösterilmiştir.

2.3. Laboratuvar Çalışmaları

2.3.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması

Alterasyon sahasının mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemek için arazi çalışmaları sırasında toplanan örneklerle ait ince kesitler, Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarında

hazırlanmış ve polarizan mikroskopta alterasyon mineral birlikteliği ve mineralojik-petrografik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

2.3.2. Jeokimya Analizleri

Tüm kayaç jeokimyası çalışmaları için seçilen taze kayaç örnekleri Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü örnek hazırlama laboratuvarında öğütülerek kimyasal analiz için hazır hale getirilmiştir. Daha sonra hazırlanan bu örneklerden tüm kayaç ana, iz, oksit, değerli metal ve nadir toprak elementleri (NTE) analizleri yapılmıştır. Volkanik kayaçların ana, iz ve nadir toprak element analizleri ACME Analytical Laboratories Ltd. (Kanada)'da yapılmıştır. Volkanik kayaç örnekleri üzerinde yapılan ana element analizleri; İndüktif Eşleşmiş Plazma (Inductively Coupled Plasma)-Atomik Emisyon Spektrometri (ICP-AES) yöntemiyle, iz ve nadir toprak element analizleri ise ICP- MS (Kütle Spektrometresi) yöntemiyle analiz edilmiştir.

2.3.3. Duraylı İzotop Analizleri

Oksijen ve Hidrojen duraylı izotop analizleri ACTLAB (Kanada)' da yapılmış ve cevherleşmeyi oluşturan sıvıların kökeni araştırılmıştır. Hidrojen izotopu analiz yönteminde 0,02-1 g ağırlığındaki örnekler, molibden folyo ile sarılarak platinden yapılmış olan düzenekte 120 °C'de 4 saat kadar bekletilerek kurutulmuştur. Bu işlemten sonra örnek, 400 °C'de 20 dakika bekletilmiş ve çıkan gazlar toplanarak -196 °C'de saklanmıştır. Bu işlemten sonra açığa çıkan hidrojen 550 °C'de bakır oksit ile tepkimeye sokularak H₂O ve CO₂ elde edilmiştir. Elde edilen H₂O dondurularak içerisindeki diğer gazlardan arındırılmış ve 900 °C'de uranyum ile reaksiyona sokularak hidrojen gazı elde edilmiştir. Bütün bu işlemler sonucunda izotop oran kütle spektrometresi kullanılarak ölçümler yapılmış ve V-SMOW standardına göre hesaplama gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemle yapılan hesaplamalardaki sapma payı $\pm 3 \text{ ‰}$ 'tür. Oksijen izotop analizinde ise numuneler BrF₅ ile 650 °C'de nikel tüpler içerisinde reaksiyona sokulmuş ve bu tepkime ile birlikte O₂ gazı elde edilmiştir. Elde edilen oksijen gazından ısıtılmış karbon çubuklar yardımıyla CO₂ gazı elde edilmiştir. Çift girişli Finnigan MAT Delta izotop oran kütle spektrometresi

ile izotop analizi yapılmıştır. Standart Mean Ocean Water (SMOW) standardına göre hesaplanan izotop ölçümlerinin sapma oranı 0.19 ‰'dir.

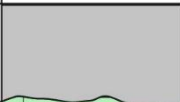
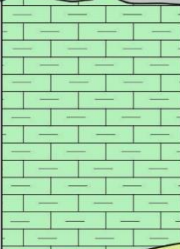
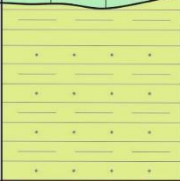


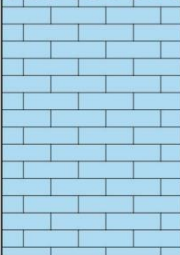
2.4. Büro Çalışmaları

Saha ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen bulgular maden jeolojisi, alterasyon türleri ve Cu-Au potansiyeli açısından değerlendirilmiş olup Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre tez yazımı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ArcGis programı kullanılarak çalışma alanı ve çevresine ait üç boyutlu CBS modellemesi yapılmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

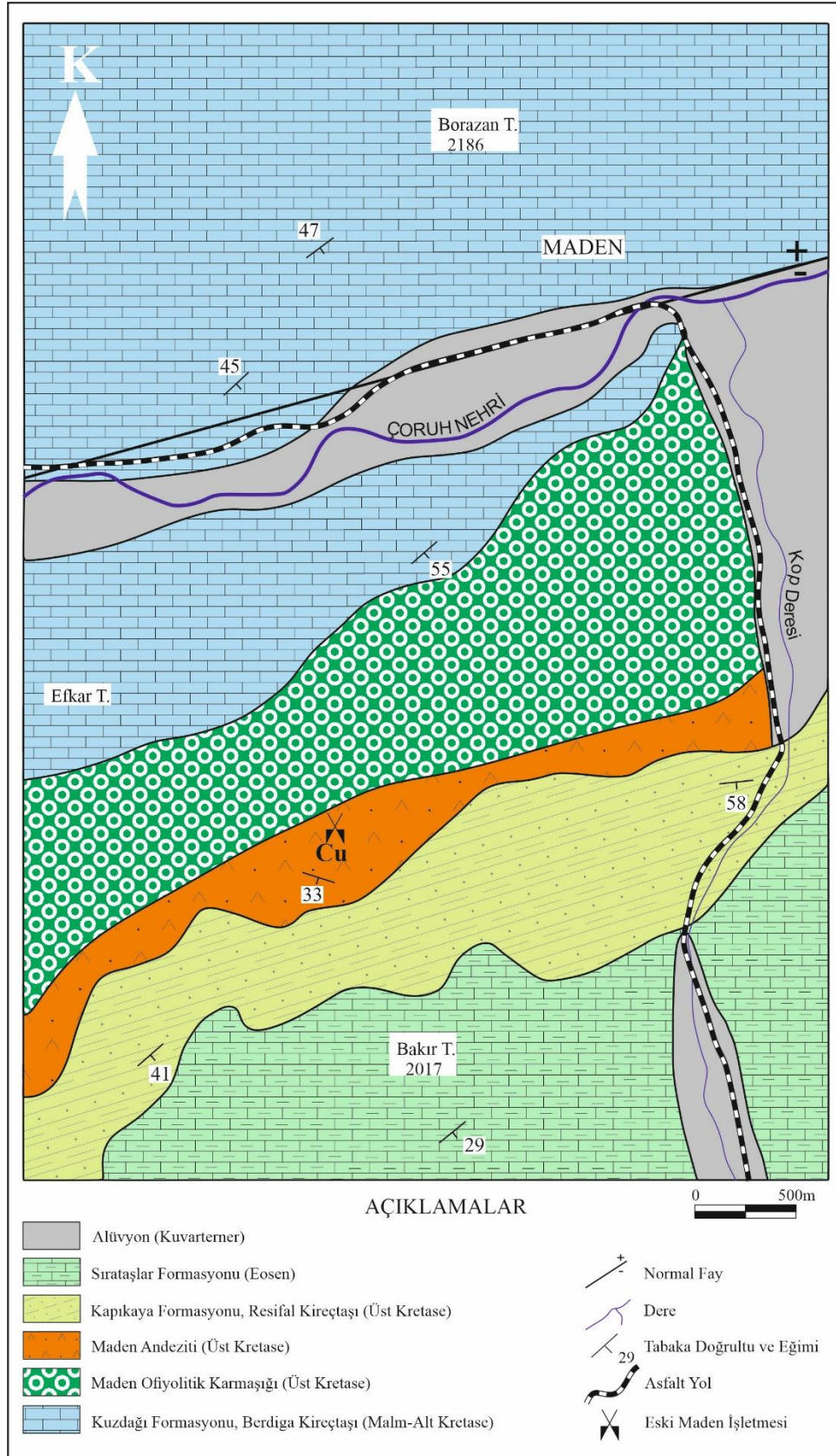
3.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi

İnceleme alanı Doğu Pontid Tektonik Birliğinin Güney Zonu'nda yer almakta olup, jeolojik birimlerin kolon kesit ve jeoloji haritası sırasıyla Şekil 3.1 ve 3.2'de verilmiştir. İnceleme alanı ve çevresinde bulunan birimler gençten yaşlıya doğru Alüvyon, Sırataşlar Formasyonu, Kapıkaya Formasyonu, Maden Andeziti, Maden Melanjı ve Kuzdağı Formasyonu şeklindedir.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	KUVATERNER			ALÜVYON		Alüvyon
	TERSİVER	Eosen		SIRATAŞLAR FORMASYONU		Taban Konglomerası, Nummulitli Kireçtaşı ve Marn Aralanması
MESOZOYİK	KRETASE	ÜST KRETASE		KAPIKAYA FORMASYONU		Kalın Tabakalı, Rudistli Resifal Kireçtaşı
				MADEN ANDEZİTİ		Andezit ve Piroklastları
				MADEN MELANJİ		Ofiyolitik Melanj (Radyolarit, Çört, Serpantinit, Gabro, Bazalt Marn, Kumtaşı ve Kireçtaşı)
	JURA	MALM ALT KRETASE		KUZDAĞI FORMASYONU		Gri-Bej Renkli Orta Tabakalı Kireçtaşı

ÖLÇEKSİZDİR.

Şekil 3.1. İnceleme alanının genel stratigrafik kolon kesiti (Eyüboğlu 2010'dan değiştirilerek).



Şekil 3.2. Çalışma alanını ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Eyüboğlu 2010'dan değiştirilerek).

Tez kapsamında çalışılan cevherleşme sahasına Maden Andeziti içerisinde yer alan andezitler ev sahipliği yapmaktadır. Bu bağlamda Maden Andeziti kapsamlı olarak ele alınmış, sahada bulunan diğer birimler hakkında ise genel bilgiler verilmiştir.

3.1.1. Kuzdağı Formasyonu

Doğu Pontid Orojenik Kuşağında yer alan birim Özer (1984) tarafından adlandırılmıştır. Gri bej renklerde gözlenen birim, çoğunlukla orta, yer yer ince tabakalı mikritik kireçtaşlarından oluşmakta olup çalışma alanında Borazan Tepe ve Maden Köyünün kuzeyinde yüzeyleme vermektedir (Şekil 3.3). Birime, içerdiği *Tintinid* ve *Radyolarya* fosillerine göre Malm-Erken Kretase yaşı verilmiştir (Burşuk, 1975; Özer, 1984; Yılmaz, 1996b; Yılmaz, 1997).



Şekil 3.3. Çalışma alanı çevresinde yüzeyleme veren Kuzdağı Formasyonunun görünümü.

3.1.2. Maden Melanjı

Çalışma sahası ve çevresinde gözlenen ve serpantin, radyolarit, gabro, bazalt, kireçtaşı blokları, kumtaşı, marn, çört gibi farklı kayalardan oluşan birim farklı çalışmalarda farklı isimlerle anılmıştır. Bunlardan bazıları şöyledir; Eyüboğlu vd. (2006); Doğu Pontid Ofiyolitik-Olistostromal Melanj, Bektaş (1984); Olistostromal Ofiyolitik Melanj, Korkmaz ve Baki (1984); Otlukbeli Melanjı şeklindedir. Bu çalışmada daha sık kullanıldığı için Maden Melanjı adlandırması kullanılmıştır. Maden Melanjı, çalışma alanında yaklaşık doğu batı uzantılı olarak yayılım göstermektedir. Melanj tüm istif olarak gözlemlendiği yerlerde en altta monojenik breşler üzerine tabakalanmış radyolaritler ve daha üste doğru çeşitli kayaç bloklarından oluşmuş olistostromal seviye ile sona

ermektedir (Eyüboğlu vd., 2007). Olistrostromal seviye içerisinde bulunan kireçtaşları ve bazaltik kayalar, alterasyon etkisine bağlı olarak kırmızı ve yeşil tonlarda gözlenmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. İnceleme alanı çevresinde bulunan Maden Melanjının görünümü.

Melanj içerisinde herhangi bir fosil bulunamadığı ve melanjin Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Kuzdağı Formasyonunu uyumlu olarak örttüğü, ayrıca Geç Kretase yaşlı Kapıkaya Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtüldüğü arazide tespit edilmiştir. Bu sebeple Maden Melanjının yaşı Geç Kretase (Senomaniyen-Turoniyen?) olarak kabul edilmiştir (Eyüboğlu vd. 2006).

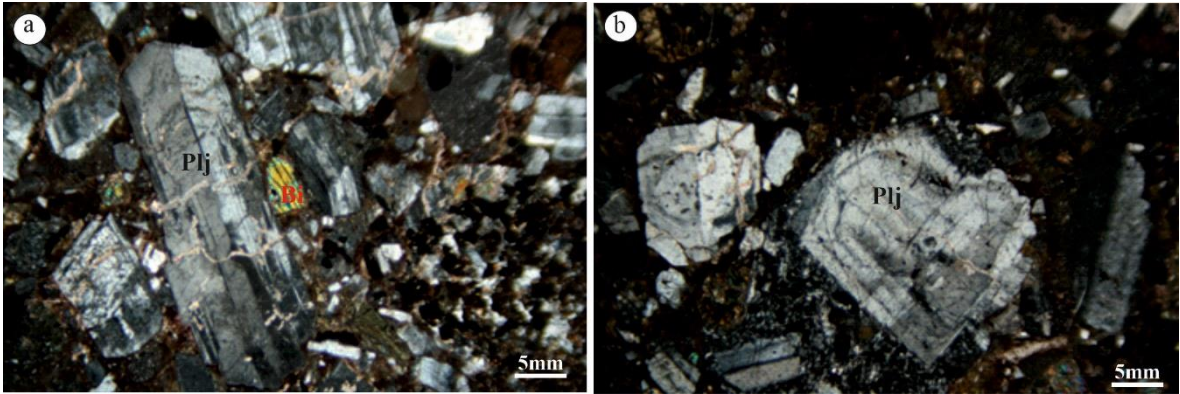
3.1.3. Maden Andeziti

Çalışma alanında gri, bordo, kahverengi renklerde gözlemlenmekte olup andezit ve andezitik tüflerden oluşmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalar incelenmiş ve herhangi bir adlandırma yapılmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada birim Maden köyünün batısında yüzeyleme verdiği için, Maden Andeziti olarak isimlendirilmiştir. Birim, Üst Kretase (Senomaniyen- Turoniyen?) yaşlı Maden Melanjı ve Üst Kretase (Geç Kampaniyen-Maastrichtiyen) yaşlı Kapıkaya Formasyonu arasında kalan dönemde oluştuğundan; Bektaş ve Gedik (1988) tarafından birimin yaşının Üst Kretase olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, Eyüboğlu (2010) bu bölgedeki volkanizmayı konu alan çalışmasında, andezitik kayalar içerisindeki biyotit mineralini Ar/Ar metodu ile yaşlandırmış ve birimin yaşının 80 my yıl (Erken Kampaniyen) olarak belirtmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Çalışma alanı çevresinde yüzeyleme veren Maden Andezitinden bir görünümü.

Birimden alınan örneklerin ince kesit incelemeleri neticesinde, andezitlerin mikrolitik porfiri doku gösterdiği, plajiyoklas, biyotit ve çok az miktarda amfibol minerallerinden oluştuğu belirlenmiştir. Mikroskop incelemeleri neticesinde Plajiyoklas mineralinin renksiz olduğu görülmüştür. Plajiyoklas, oldukça kırıklı bir yapıya sahip olup albit ikizlenmesi göstermektedir. Çoğunlukla Serizitleşmiş olarak gözlenen Plajiyoklaslar, öz şekilli ve yarı özşekilli olarak gözlenmektedir. Sönme açılarından yararlanılarak yapılan cins tayinine göre türlerinin andezin (An_{32-36}) bileşiminde olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Üst Kretase yaşlı trakiandezitlerin mikroskobik görünümü. (Plj: Plajiyoklas, Bi: Biyotit).

Biyotit, yarı öz şekilli, kenar kısımları opaklaşmış, koyu kahverengi, çift nikolde kahve tonlarında görünmektedir. Yatay eksene getirildiklerinde siyahlaşma derecesine

varan, Dikey eksene getirildiklerinde ise koyu kahverenginden açık kahverengine kadar değişen renk paleokrizmasına sahiptirler.

Hamur çoğunlukla plajiyoklas ve opak minerallerinden oluşmaktadır.

3.1.4. Kapıkaya Formasyonu

Kapıkaya Formasyonu, Keskin vd. (1989) tarafından geniş yayılım gösterdiği kapıkaya tepesinden dolayı Kapıkaya Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim, kalın-orta tabakalı, gri-bej renkli ve çoğunlukla *rudist* olmak üzere *sünger*, *mercan* gibi fosiller içeren kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. İnceleme alanı çevresinde gözlemlenen Kapıkaya Formasyonunun görünümü.

Kapıkaya Formasyonunun yaşı, bünyesinde bulundurduğu *rudist* fosilleri göz önüne alınarak Özer ve Fenerci, (1993) ve Fenerci, (1994) tarafından Geç Kretase olarak belirlenmiştir.

3.1.5. Sırataşlar Formasyonu

Birim, çalışma alanı çevresinde Bakır Tepenin batı yamaçlarında yüzeyleme vermekte olup Açar (1977) tarafından Sırataşlar Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Sırataşlar Formasyonu, *nummulit* fosilleri içeren taban konglomerası ile başlayan ve üste doğru; kumtaşı, kıltaşı, marn ardalanması ile devam eden bir istif şeklinde gelişmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. İnceleme alanı çevresinde bulunan Sırataşlar Formasyonunun görünümü.

Sırataşlar Formasyonunun yaşı Özer (1984) tarafından Eosen olarak belirlenmiştir. Araştırmacı bu yargısını birimin tabanında bulunan *nummulites* fosillerine dayandırmıştır.

3.1.6. Alüvyonlar

Bölgedeki en genç oluşuklar olan Alüvyon, Kuvaterner yaşlı olup günümüzde de oluşmaya devam etmektedir. Alüvyonlar, başta Çoruh nehri olmak üzere Kop deresi ve civardaki kurumuş diğer dere yatakları ve çevresinde gözlenmektedir. Alüvyonlar içerisinde çeşitli boyutlarda ve farklı kayalara ait malzemeler bulunmaktadır.

3.2. Yapısal Jeoloji

Çalışma alanı ve çevresinde bulunan birimler Alp orojenezi etkisi altında kalmışlardır. Bu nedenle çalışma alanı ve çevresindeki birimler, Alp Orojenezinin etkisi sonucu, tabakalı, kıvrımlı ve kırıklı yapılar içermektedir.

3.2.1. Tabakalı Yapılar

Bölgede, taban birimini temsil eden Malm-Erken Kretase yaşlı Kuzdağı Formasyonu ince-orta tabakalı, gri-bej renkli, ince taneli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kuzdağı

Formasyonu üzerine gelen Geç Kretase yaşı Maden Melanjı, içerisinde bulunan Kumtaşı, Marn ve Kireçtaşları da tabakalı bir yapıya sahiptirler. Rudistli kireçtaşlarından oluşan Kapıkaya Formasyonunda kalın tabakalara rastlanır. Sırataşlar Formasyonunda ise İnce-orta tabakalı Kilitaşı ve Marnlar gözlenmektedir. Tabakalı yapıya sahip bu birimlerin tabaka doğrultuları Alp Orojenezine paralel olup KD-GB yönündedir. Eğimleri ise 29°-59° arasında değişkenlik göstermektedir.

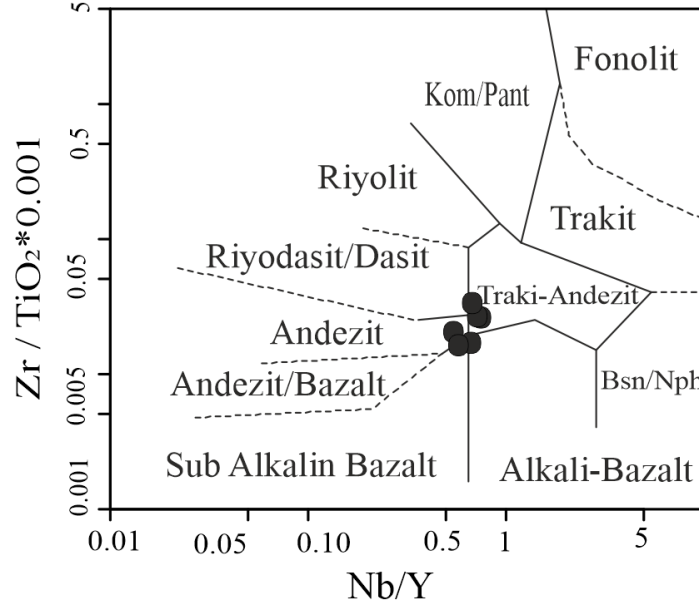
3.2.2. Kırıklı Yapılar

Bölgedeki birimlerden, Kuzdağı Formasyonu, Kapıkaya Formasyonu, Sırataşlar Formasyonu, Maden Melanjı ve Maden Andeziti içerisinde küçük-orta ölçekli çatlaklar gözlenmektedir. Bu çatlaklardan, Kuzdağı ve Kapıkaya Formasyonlarında kalsit dolgusuna rastlanırken, Maden Andezitinde bulunan çatlaklarda dolgu malzemesi bulunmamaktadır. Doğu Pontid Orojenik kuşağı içerisinde blok fay tektoniği hakim olmakla birlikte, bu faylar genellikle KD-GB, D-B gidişli kırık hatlarından oluşmaktadır (Bektaş vd., 1995; Bektaş ve Çapkınoğlu, 1997; Eyüboğlu vd., 2007). Çoruh vadisi boyunca uzanan yaklaşık olarak KD-GB doğrultulu, büyük ölçekli bir normal fayın varlığı görülmektedir. Söz konusu fayın çalışma alanı sınırları içerisindeki uzunluğu yaklaşık olarak 7 km olup Maden Melanjı ve Sırataşlar Formasyonu sınırında bulunmaktadır. Bu faylanma sonucunda Sırataşlar Formasyonu düşerken Maden Melanjı yükselmiştir. Bu fay dışında Çoruh vadisi boyunca küçük ölçekli, birçok fay bulunmaktadır.

3.3. Volkanik Kayaçların Jeokimyası

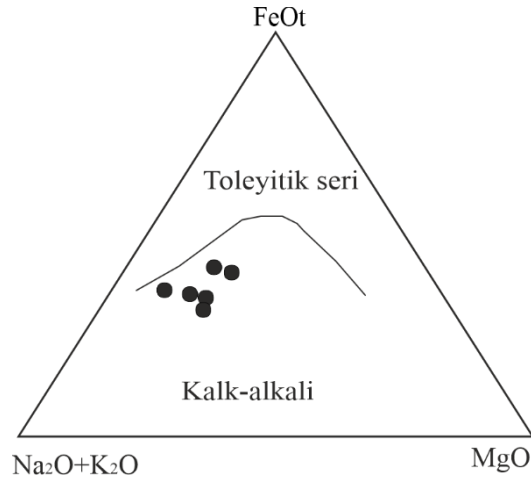
Çalışma alanındaki Üst Kretase yaşı andezitlerden alınan 6 adet taze kayaç örneğinin ana, iz ve nadir toprak elementlerinin jeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Andezitlerin ana ve iz element kimyasal sonuçlarına (Ek Tablo 1) göre; SiO₂ (% 59.20-50.14), Fe₂O₃ (% 7.49-4.58), MgO (% 2.96-1.17), CaO (% 12.70-4.36), Ba (% 781-624), Rb (% 83.3-70.1), Sr (% 923.9-610.9), Th (% 11.6-9.7), U (% 3.9-3.1), Zr (% 193.7-169) değerleri arasında değişmektedir. Alterasyona uğramış kayaçlar için yapılan kayaç adlandırma ve sınıflandırma işlemlerinde genellikle hareketsiz veya daha az hareketli elementlerden (Ti, Zr, Y vb.) yararlanılmaktadır (Barrett ve MacLean, 1991). Örneklerin sınıflandırılmasında Winchester ve Floyd (1976) tarafından önerilen Nb/Y'ye karşı

Zr/TiO₂*0.0001 adlama diyagramı kullanılmış, Trakiandezit, Andezit, Andezit/Bazalt ve Alkali Bazalt türünde oldukları belirlenmiştir (Şekil 3.9).



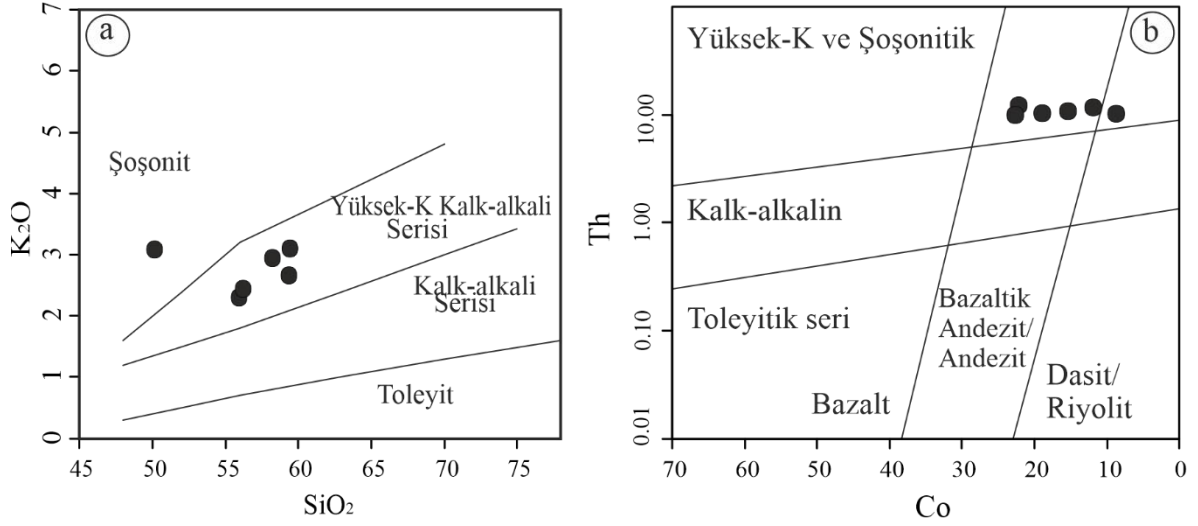
Şekil 3.9. Volkanik kayaçların Nb/Y'ye karşı Zr/TiO₂*0.0001 diyagramı.

AFM diyagramına göre kayaçların kalk-alkali karaktere sahip oldukları görülmektedir. (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Volkanik kayaçlarının AFM üçgen diyagramı (toleyitik-kalk-alkali ayrım eğrisi Irvine ve Baragar, 1971' den alınmıştır).

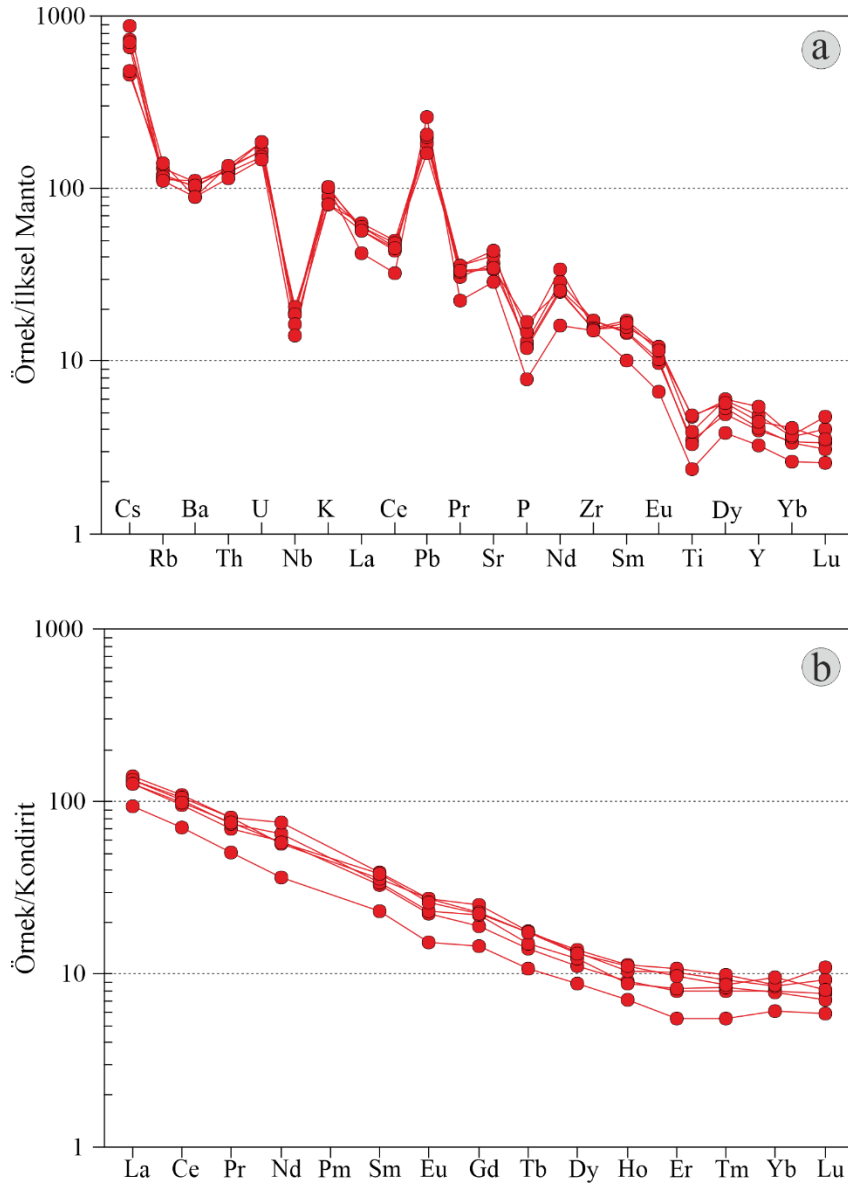
Andezitlerin analiz sonuçları, SiO_2 - K_2O karşılaştırma diyagramına (Peccerillo ve Taylor, 1976) göre örneklerin çoğunlukla yüksek K'lu kalk-alkali ve çok az miktarda şoşonitik seri sınırı içerisine düştüğü (Şekil 3.11), Th-Co diyagramında (Hastie vd., 2007), ise çoğunlukla yüksek -K ve şoşonitik alana düştüğü görülmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Volkanik kayaçlarının (a) SiO_2 (%)’ye karşı K_2O (%) ve (b) Co karşı Th diyagramı.

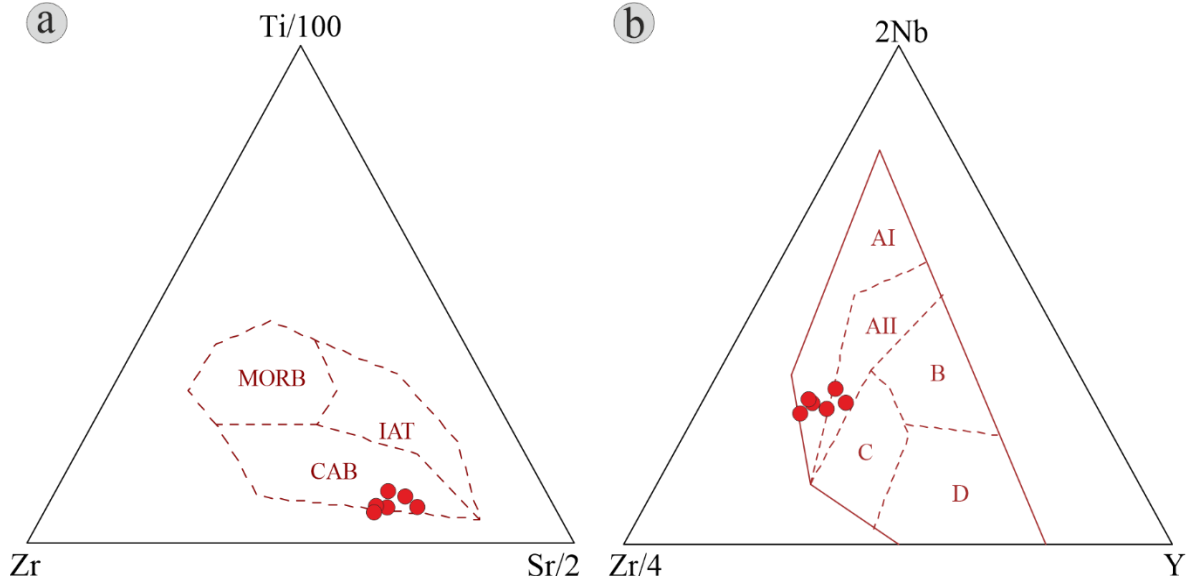
Andezitlerin ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramlarına göre genel olarak büyük iyon yarıçaplı elementlerde (BİYE) özellikle de Cs, Pb ve U elementlerinde zenginleşme tespit edilmiştir (Şekil 3.12a).

Andezitlerden alınan örneklerin kondirite göre normalleştirilmiş nadir toprak element (NTE) diyagramına göre örnekler büyük oranda paralellik göstermesi kayaçların kökeninin benzer olduğunu göstermektedir. Negatif Eu Anomali ise plajiyoklas ayrışması ile açıklanmaktadır (Şekil 3.12b).



Şekil 3.12. Volkanik kayaçlarının iz element dağılım diyagramları, (a) İlksel manto (Sun ve McDonough, 1989) (b) Kondirite (Boynton, 1984) göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları.

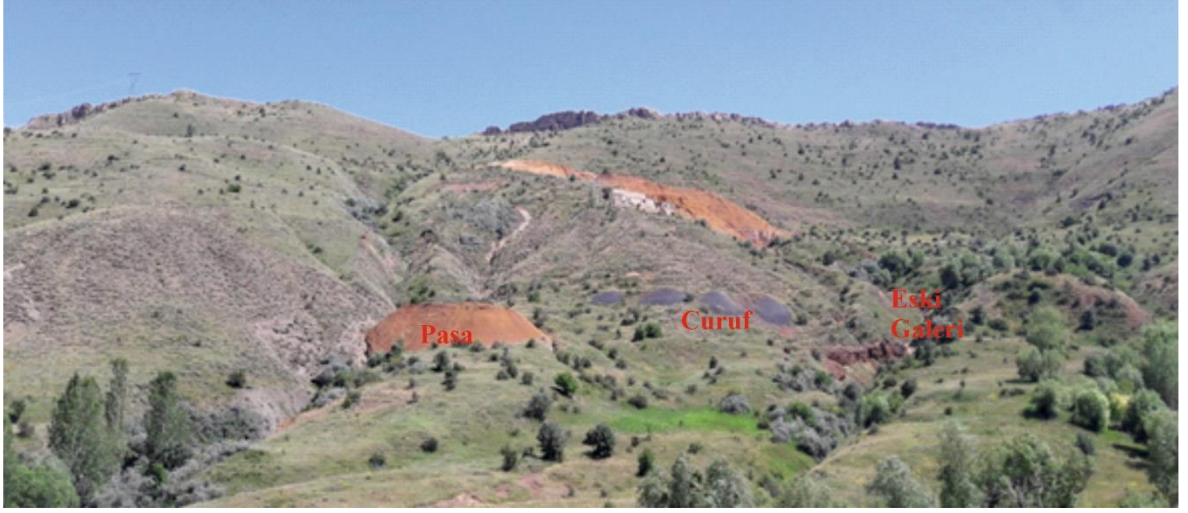
Volkanik kayaçlar $Ti/100-Zr-Sr/2$ (Pearce ve Cann, 1973) tektonik ayırtman diyagramına aktarıldığında kalk alkali bazalt (Şekil 3.13a) alanında yer aldığı, $2Nb-Zr/4-Y$ tektonik ayırtman diyagramına göre ise plaka içi alkali bazalt ve plaka içi alkali bazalt/toleyit (Şekil 3.13b) alanlarında (Meschede, 1986) yer aldığı görülmektedir.



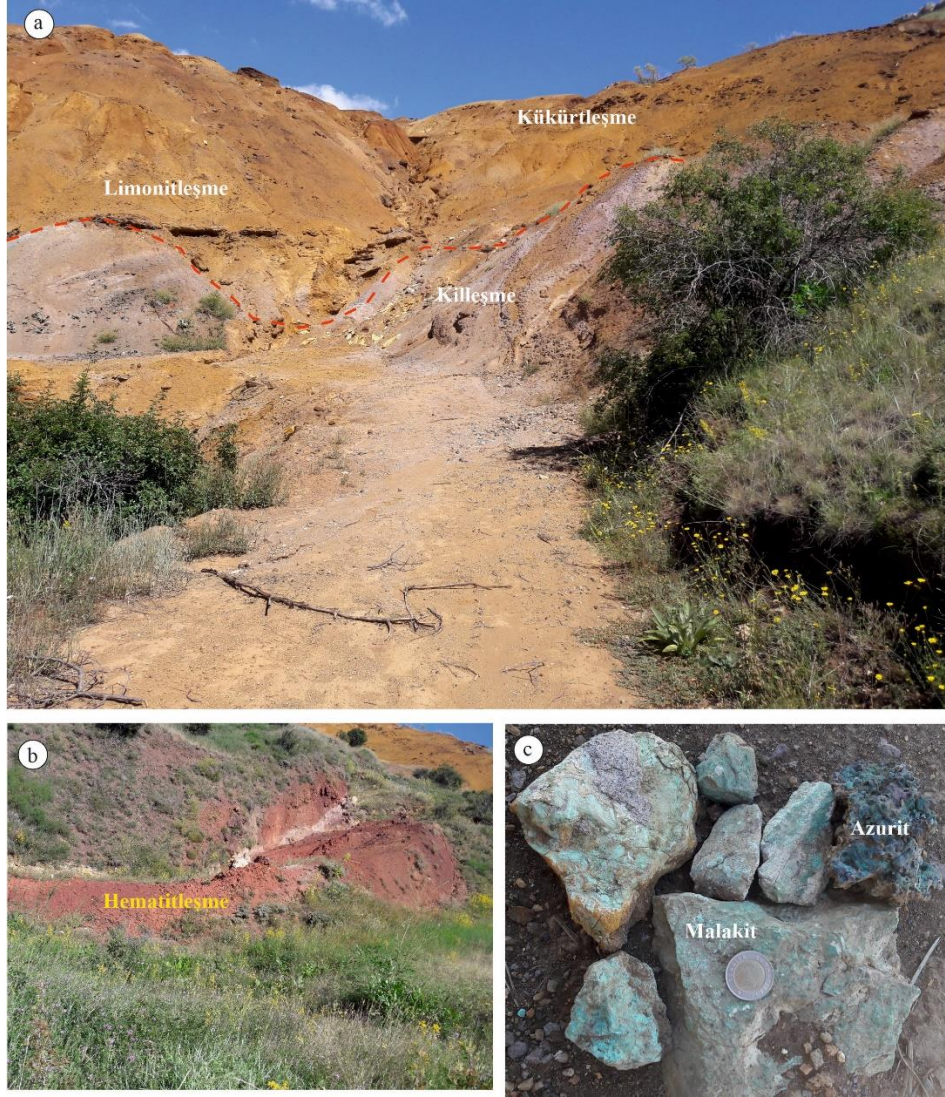
Şekil 3.13. Volkanik kayaçlarının tektonik ayırtman grafikleri A) Ti/100-Zr-Sr/2 diyagramı (MORB: Okyanus tabanı bazaltı, CAB: Kalk-alkali bazaltı, IAT: Adayayı toleyitik bazaltı), (Pearce ve Cann, 1973), B) Zr-Nb-Y diyagramı (AI: Plaka içi alkali bazalt, AII: Plaka içi alkali bazalt/toleyit, B: E-tipi MORB, C: Plaka içi toleyit/volkanik yay bazaltı, D: N-tipi MORB/volkanik-yay bazaltı), (Meschede, 1986).

3.4. Cevherleşme Sahasının Jeolojisi ve Alterasyonu

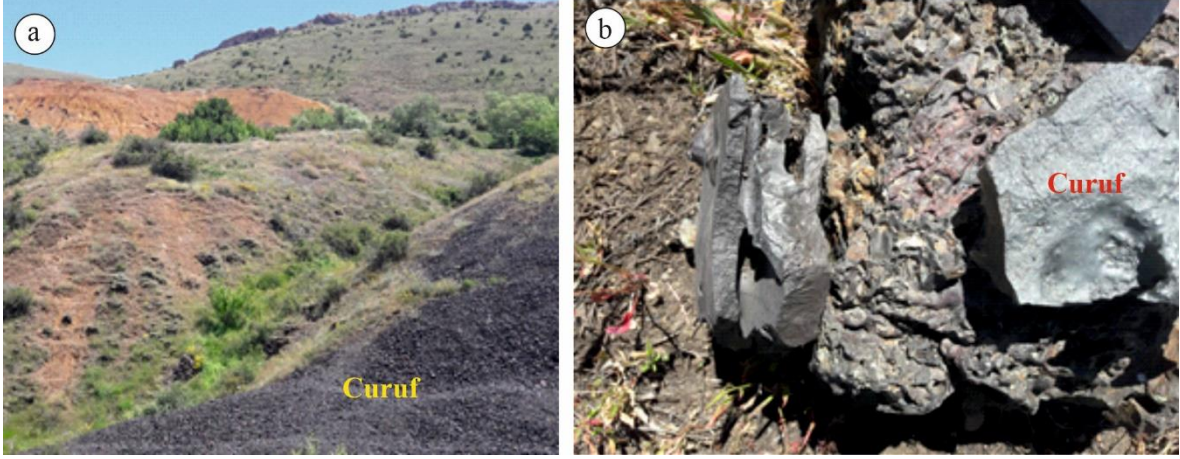
Bu çalışmada, alterasyon sahası ve yakın çevresinin jeolojisi ve buna bağlı olarak sahadaki alterasyon kayaç ilişkisi incelenmiştir. Bu incelemelerin neticesi, arazi çalışmaları sırasında toplanan örnekler ve sahada yapılan gözlemler sonucunda çalışma alanının alterasyon haritası çıkarılmıştır. Çalışma alanında gözlenen alterasyonların genel görünümü Şekil 3.14’de verilmekte olup, çalışma sahasında bulunan andezitler içerisinde genel olarak kükürtleşme, limonitleşme, hematitleşme ve killeşme gibi alterasyon türleri belirlenmiştir (Şekil 3.15). Ayrıca alterasyonlu alanların kuzey kesiminde gözlenen cürufklar içerisinde cevherleşmeyi gösteren emarelere rastlanmıştır (Şekil 3.16). Arazi çalışmaları sırasında yapılan gözlemlere bağlı olarak sahanın daha önceki zamanlarda işletilmiş olduğu gösteren eski ve çökmüş galeri izlerine rastlanılmıştır (Şekil 3.17).



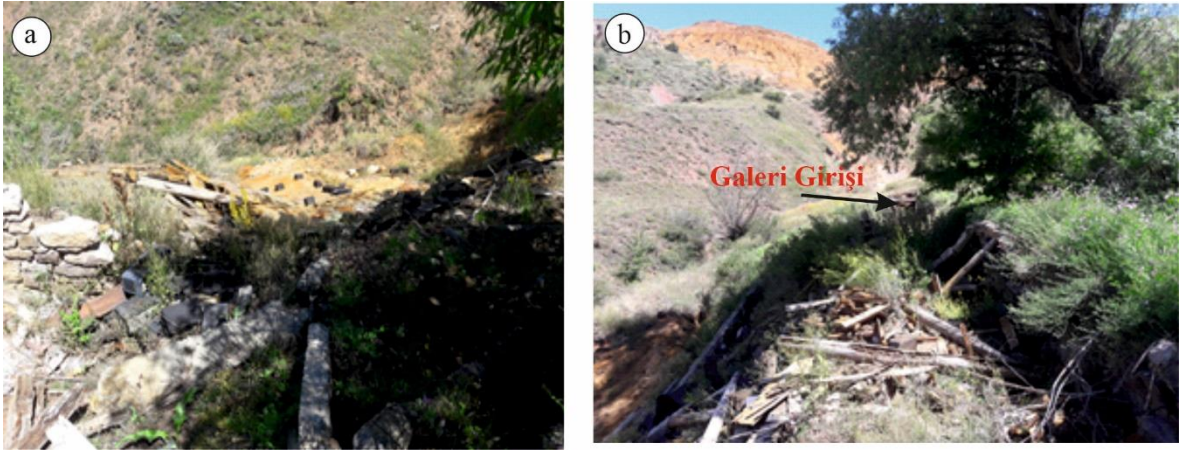
Şekil 3.14. Alterasyon sahasının genel görünümü.



Şekil 3.15. Çalışma sahasında görülen alterasyon türleri



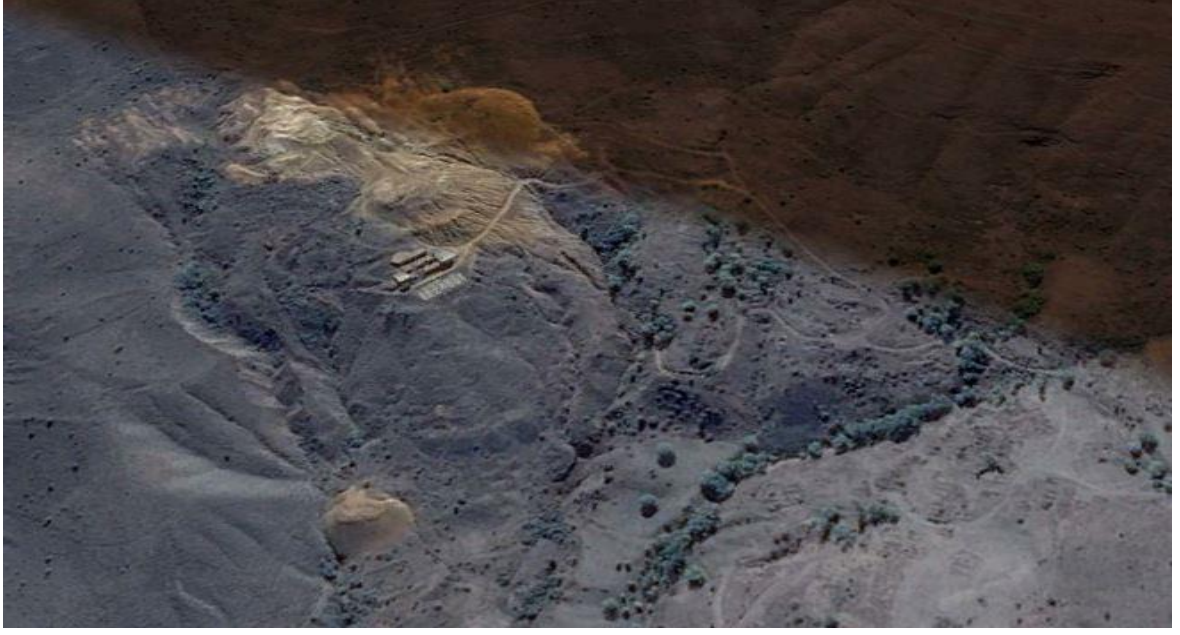
Şekil 3.16. Çalışma sahası çevresinde bulunan cürufların görünümü.



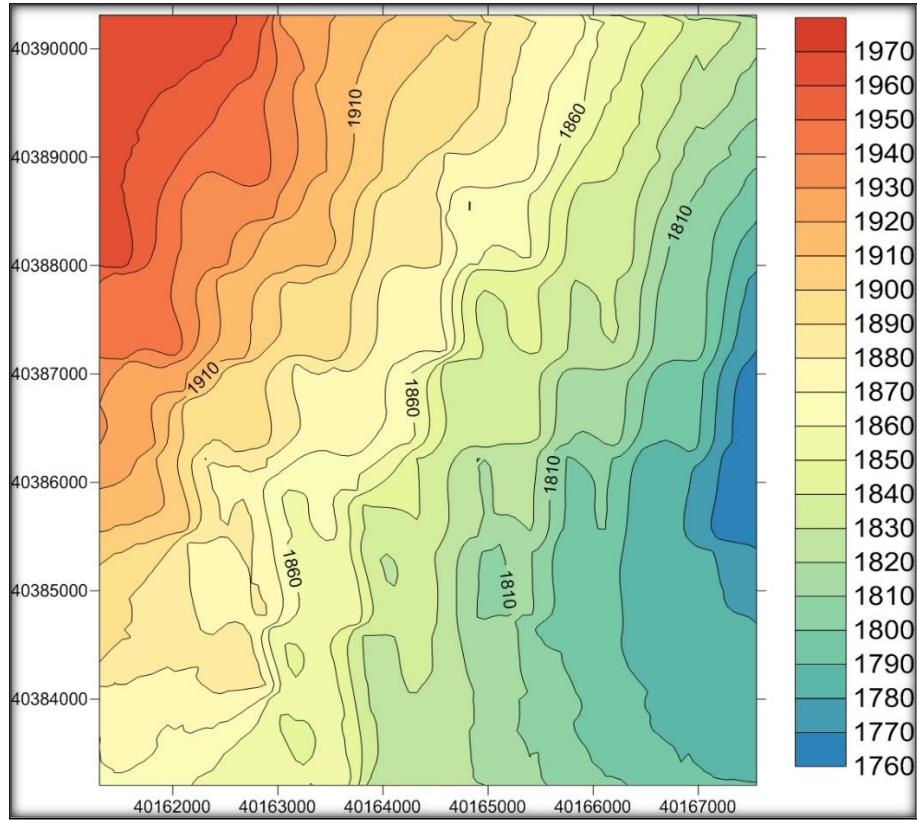
Şekil 3.17. İşletme alanı ve yıkılmış galeri izleri.

3.5. Alterasyon Sahasının Üç Boyutlu CBS Modellemesi

Çalışma sahası ve çevresinde yapılan çalışmalarla birlikte, cevherli bölgenin uydu görüntüleri, yükseklik haritası ve üç boyutlu alterasyon haritası yapılmıştır. Sahadaki alterasyonlu alanlar uydu görüntülerinden açıkça görülebilmektedir (Şekil 3.18). Çalışma sahasının da içerisinde bulunduğu G-K doğrultulu 570 metrelik bir hat boyunca yapılan ölçümlere göre maksimum eğimin %21.1 ve ortalama eğim %9,7 olduğu belirlenmiştir. Bayburt ili maden köyü civarında Bakırtepe olarak adlandırılan tepenin kuzey yamacında bulunan çalışma sahasının rakımı oldukça yüksektir. Çalışma sahasına ait yükseklik haritasına göre en yüksek rakım 1970 metre olup, en düşük rakım 1760 metredir (Şekil 3.19).



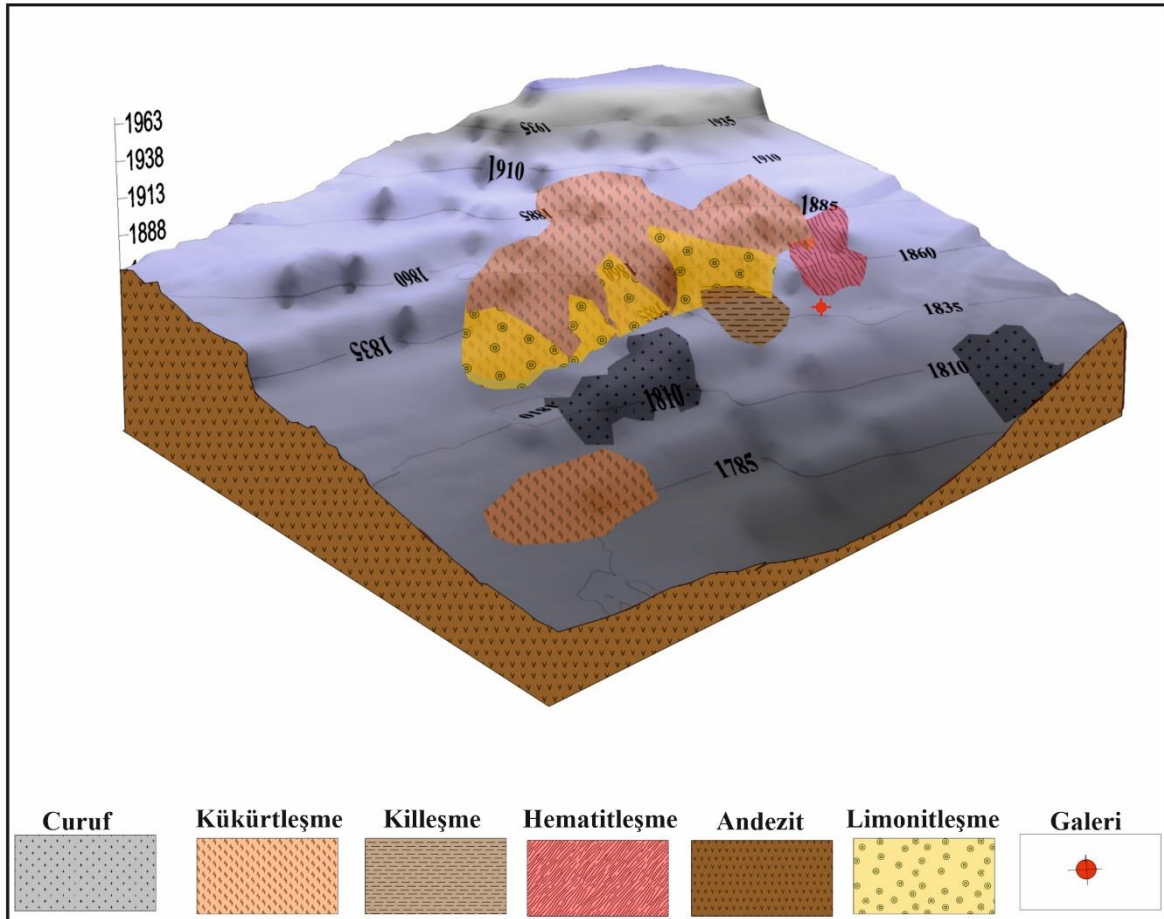
Şekil 3.18. Çalışma sahası ve çevresine ait uydu görüntüsü.



Şekil 3.19. Çalışma sahasına ait yükseklik haritası

Saha ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ışığında Maden Andeziti içerisinde gelişmiş olan; hematitleşme, kükürtleşme, limonitleşme, killeşme gibi alterasyon türleri, bünyesinde cevher minerali bulunduran cüruflar, sahanın daha önceden işletildiğine şahitlik eden yıkılmış galeriler ve sahanın genel durumu üç boyutlu harita üzerine işlenmiştir (Şekil 3.20).

Üç boyutlu harita yapımında öncelikle USGS earthexplorer'dan çalışma bölgesi seçilip dem verisi olarak indirilir. İndirilen dem verisi Arcgis programı içerisinde açıldıktan sonra clip komutu ile çalışma alanı seçilip kesilir. Daha sonra kesilen daraltılmış alan farklı kaydet komutu ile bilgisayara kaydedilir. Kaydedilen son veriler Arcscen içerisinde açılır ve sırasıyla layer, properties ve 3D analiz adımları takip edilerek yükseklik ataması yapılır. Son olarak renklendirme yapıldıktan sonra 3 boyutlu harita yapımı tamamlanmış olur.



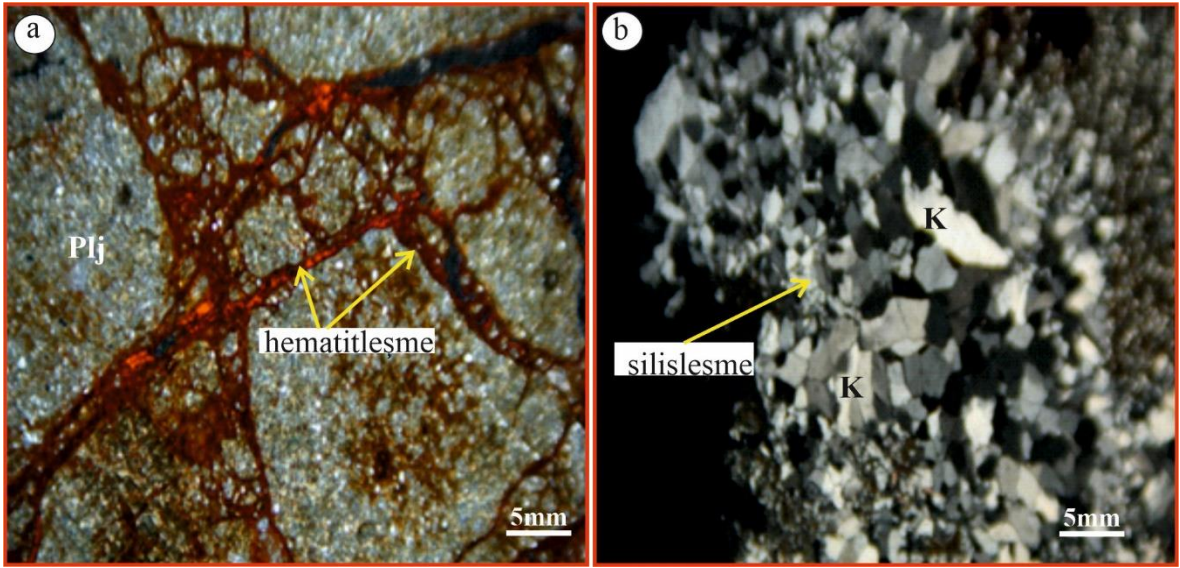
Şekil 3.20. Çalışma alanında gelişen alterasyonların üç boyutlu CBS modellemesi.

3.6. Yan Kayaçlarda Görülen Hidrotermal Alterasyonlar

Bayburt ili maden köyü civarında, Üst Kretase yaşlı andezitlerde meydana gelen alterasyonları incelemek adına, belirli hatlar boyunca toplanan örnekler mikroskop altında incelenmiştir. Petrografik incelemeler sonucunda, alterasyonlu kayaçlarda yaygın olarak gözlenen alterasyon türlerinin, silisleşme ve hematitleşme olduğu tespit edilmiştir.

İnceleme alanında bulunan andezitlerden alınan M12 numaralı örnekte, alterasyonun etkisi sonucunda meydana gelen hematitleşme (Şekil 3.21a) kırmızımsı renklerde gözlenmektedir.

İnceleme alanında yüzeylenen andezitlerden alınan M13 numaralı örnekte, alterasyonun etkisi sonucunda meydana gelen silisleşme, cevherli alanda yaygın olarak bulunmaktadır (Şekil 3.21b).



Şekil 3.21. Üst Kretase yaşlı Andezitlerde, ayrışmaların mikroskop altında çapraz nikoldeki görünüşleri. (a) Hematitleşme, Örnek no: M12, (b) Silisleşme, Örnek no: M13. (Plj: Plajiyoklas; K: Kuvars)

3.7. Kütle Değişim Hesaplamaları

Bayburt İli Maden Köyü civarında gözlenen hidrotermal alterasyonlar Üst Kretase yaşlı andezitler içerisinde gelişme göstermiştir. Bu bölümde alterasyon sahasında meydana gelen, mineralojik ve kütleli değişimler değerlendirilmiştir.

Alterasyonlu alanlardan, örnek alımı sırasında örnekler arası mesafe arazide ki gözlemlere bağlı olarak, arttırılmış veya azaltılmıştır. Toplanan 12 adet örnek üzerinde ana, iz ve nadir toprak elementleri analizleri gerçekleştirilmiştir (Ek Tablo 2).

Alterasyonlu alanlardan alınan örneklerin, ana ve iz element analizlerine bağlı olarak yan kayaçlarda oluşan ayrışma minerallerindeki değişimi hesaplamak için Herrmann ve Berry (2002) tarafından geliştirilen MINSQ yöntemi kullanılmıştır. MINSQ yöntemi ile yan kayaçlarda oluşan alterasyon mineralojisi ve mineral değişim yüzdeleri hesaplanmıştır. Söz konusu program vasıtası ile yapılan hesaplamalara göre cevherli alterasyon zonunda kuvars, K'lu feldspat, \pm albit, propilitik zonda Fe-Klorit, Mg-Klorit, epidot şeklinde alterasyon mineral birlikteliliği ortaya çıkarılmıştır (Ek Tablo 3).

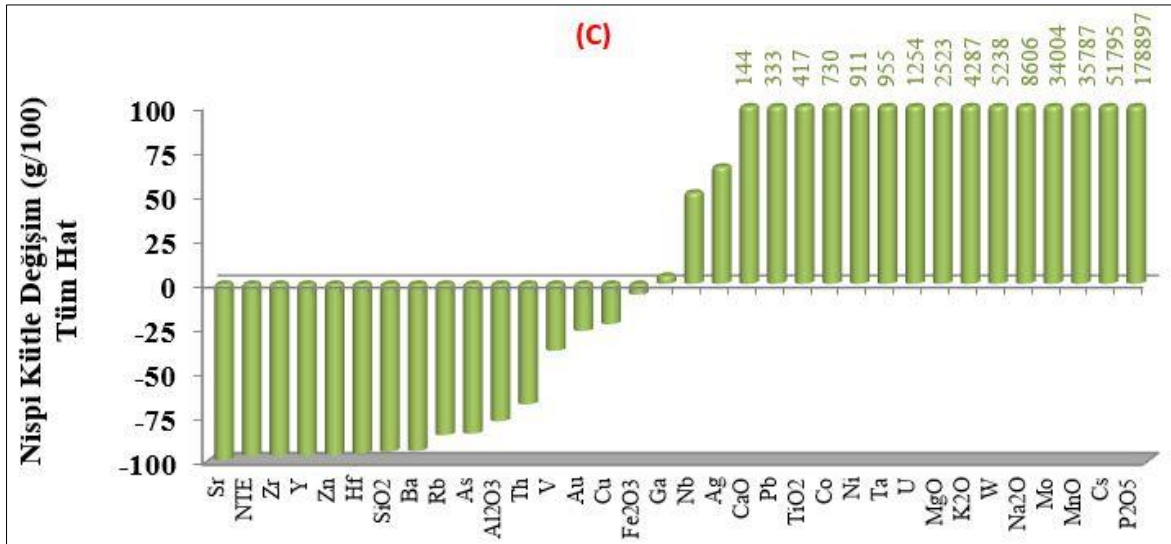
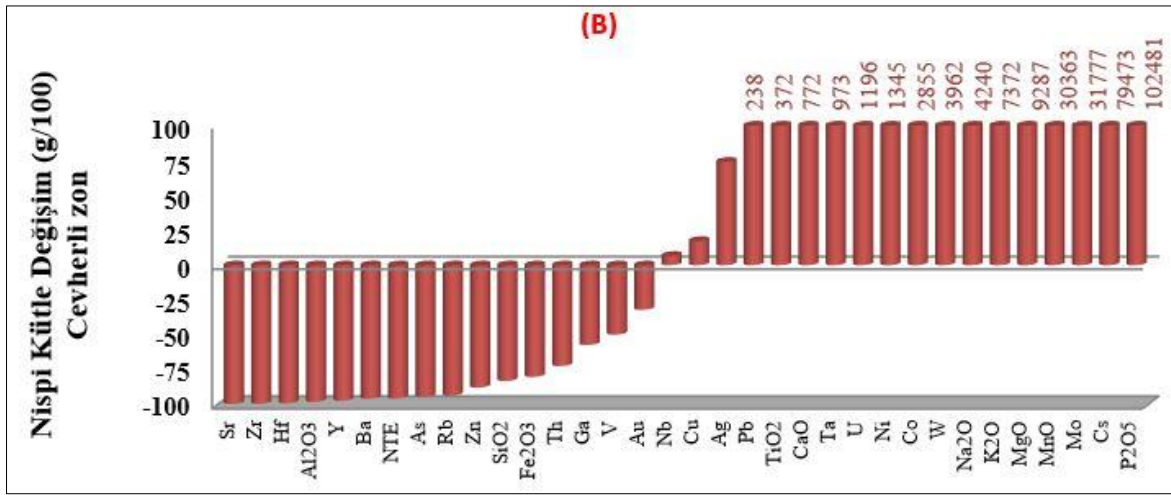
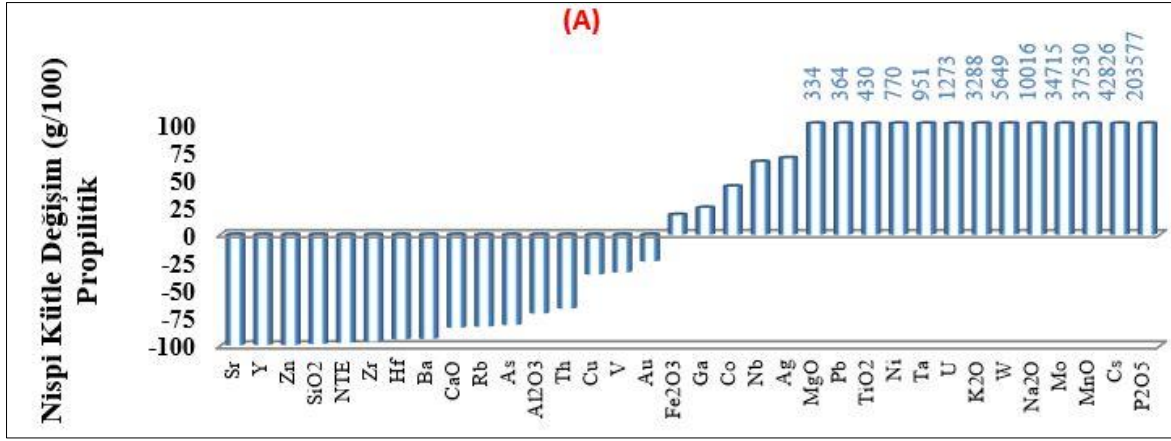
Hidrotermal ayrışmaya bağlı olarak kayaçların bünyelerindeki element miktarlarında artma ve azalmasına yani kütleli değişimlere yönelik (Gresens, 1967; Grant, 1986; MacLean ve Kranidiotis, 1987; MacLean, 1990; Huston, 1993; Huston ve Cozens, 1994; Barret ve MacLean, 1994) tarafından farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan kütle değişim hesaplamalarında Grant (1986)'ın izokon yönteminin Huston (1993) tarafından değiştirilmiş hali kullanılmıştır.

Huston (1993) tarafından geliştirilen izokon yönteminde, ilk olarak altere ve en az altere olmuş kayaçlarda hareketsiz elementler (Al, Ti, Y, Zr ve Nb gibi) korelasyon katsayısından yararlanarak belirlenmiştir. Akabinde ise bu hareketsiz elementler arasında en yüksek pozitif korelasyonu veren elementler tespit edilmiştir. İzokon yönteminde hazırlanan x-y grafiğinde, ayrışmadan çok etkilenebilecek elementleri merkeze yakın, ayrışmadan az etkilenen elementleri merkezden uzak, hareketsiz elementleri ise bunların arasına dağıtarak ve her bir elemente ayrı bir tam sayı (n_i) verilerek ölçeklendirme işlemi tamamlanmış ve sıralama yapılmıştır. Bu sıralamada en az hareketli olan element merkezden en uzağa yerleştirilmiştir. Az ayrışmış örnekteki her element konsantrasyonunu C_i^O , ayrışmış örnekteki her element konsantrasyonunu C_i^A , ölçeklendirilmiş ayrışmış örneğin konsantrasyonu ise C_i^S ile ifade edilip, $C_i^S = n_i \times C_i^A / C_i^O$ (3.1) formülünden hesaplanmıştır. Bu yöntemde grafik çizilirken, ölçeklendirilmiş az ayrışmış veya ayrışmamış örneklerin bileşenleri x – eksenine ve ayrışmış örneklerin bileşenleri ise y – eksenine yerleştirilmiştir. Grafiğin merkezi (orijin) ile en hareketsiz elementi birleştiren doğru, *izokon doğrusu* olarak adlandırılmıştır. Çizilen bu doğrunun, üst tarafındaki bölgede kalan elementlerin içeriklerinde artma, alt bölgede kalan elementlerin içeriklerinde ise azalma olduğu kabul edilmiştir. Hidrotermal ayrışma esnasında herhangi bir artış veya

azalma göstermeyen elementler ise, izokon doğrusu üzerinde yer alır. Kütle değişim hesaplamaları, elde edilen bu doğrunun eğimi (m) belirlenmiştir. Eğer ayrışmamış kayaca göre ayrışmış kayacın kütle değişimi söz konusu değil ise $m = 1$, kütle artışı var ise $m < 1$ ve kütle kaybı belirlenmişse $m > 1$ olacaktır. Bu bilgiler ışığında, ayrışmadan en az etkilenen kayaca göre her ayrışmış kayacın göreceli (nispi) kütle değişimi yüzde olarak; $\Delta C_i^A (\%) = 100 \times [C_i^A / (m \times C_i^O) - 1]$ (3.2) formülü ile 100 g'a göre net kütle değişimi, $\Delta C_i^A (g / 100 g) = [\Delta C_i^A (\%) / 100] \times [C_i^A (g / 100 g)]$ (3.3) bağıntısı ile ayrışmamış kayaca göre meydana gelen net kütle değişimi ise, $\Delta M^A (\%) = 100 (1 / m - 1)$ (3.4) formülü ile hesaplanır (Huston 1993).

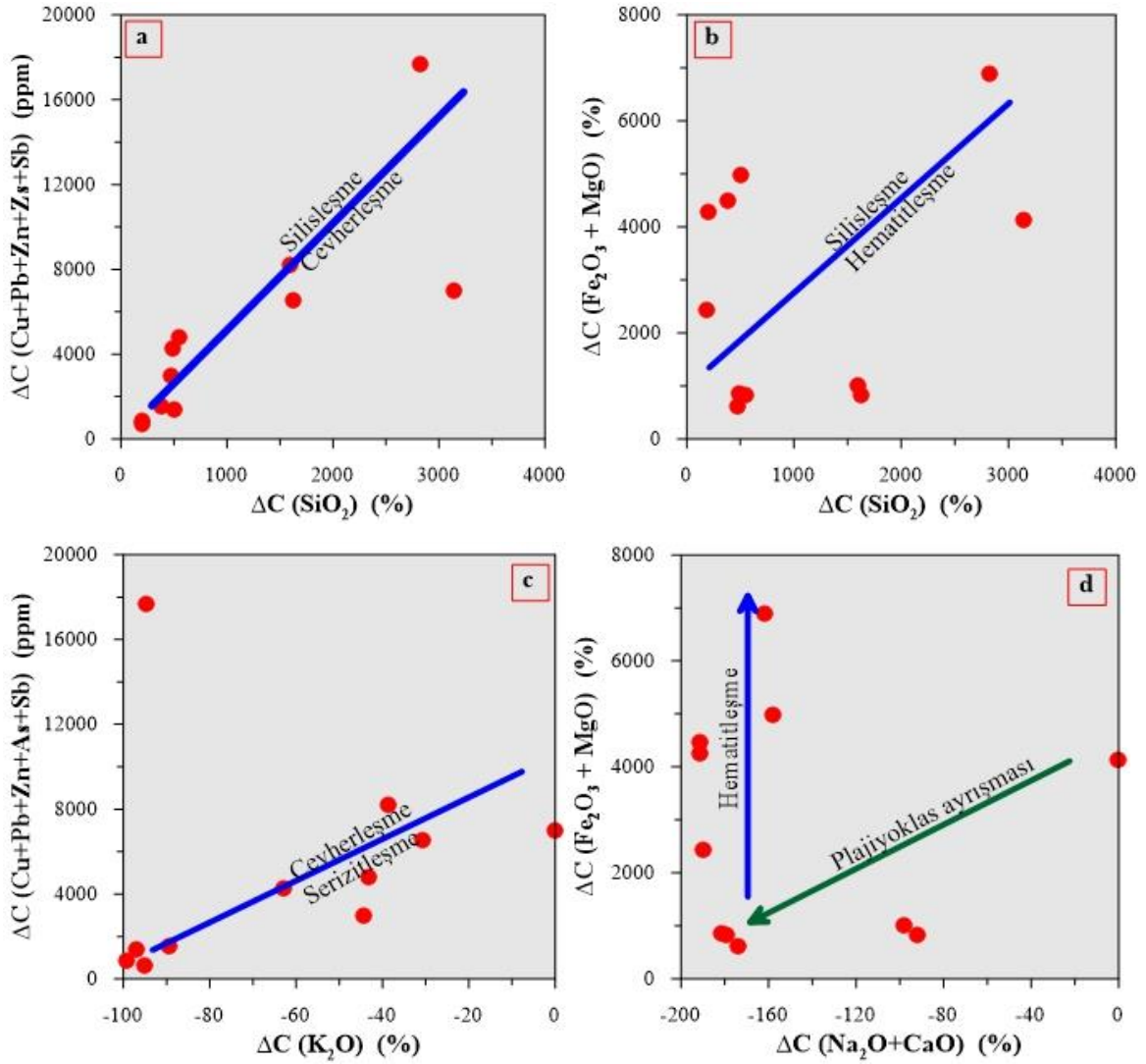
3.7.1. Nispi (%) ve Net (g/100g) Kütle Değişim Hesaplamaları

Yan kayaçlarda meydana gelen kütle ve kimyasal değişimleri hesaplamak için alterasyondan az etkilenen veya hareketsiz elementlerden yararlanılır (MacLean ve Kranidiotis, 1987, MacLean 1990). Çalışma sahasındaki Üst Kretase yaşlı Andezitlerde meydana gelen kütle ve kimyasal değişimleri tespit etmek adına, alterasyonlu bölgeden alınan örneklerden elde edilen analiz sonuçlarına göre alterasyondan az etkilenen veya hareketsiz elementler tespit edilmiştir (Ek Tablo 4). Nispi (göreceli) kütle değişimleri Huston (1993) tarafından geliştirilen 3.2 nolu formül kullanılarak, propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için ayrı ayrı ortalama değerleri alınarak hesaplanmıştır (Şekil 3.22, Ek Tablo 5, 6 ve 7). Yapılan hesaplamalara göre; propilitik alterasyon zonunda ana oksitlerden Fe_2O_3 , MgO , K_2O , Na_2O ve MnO ; cevher minerallerinin kimyasal bileşiminde bulunan elementlerden ise Ag , Pb , Mo , elementleri nispi artış gösterirken; ana oksitlerden SiO_2 , CaO ve Al_2O_3 ; diğer elementlerden ise Zn , As , Cu ve Au nispi azalma göstermiştir (Şekil 3.22a). Cevherli zonda ana oksitlerden MgO , TiO_2 , K_2O , Na_2O ve MnO ; cevher minerallerinin kimyasal bileşiminde bulunan elementlerden ise Cu , Ag , Pb ve Mo nispi artma gösterirken; ana oksitlerden Fe_2O_3 , SiO_2 , CaO ve Al_2O_3 , diğer elementlerden ise Zn , As ve Au nispi azalma göstermektedir (Şekil 3.22b). Tüm hat için yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen nispi azalma ve artma değişimleri Şekil 3. 22c'de vermiştir.



Şekil 3.22. Alterasyon zonunda hesaplanan nispi kütle değişim diyagramları.

Nispi (göreceli) kütle artışı veya azalmasına neden olan elementler arasındaki ilişkiler incelendiğinde, silisleşme ile cevherleşme (Şekil 3.23a) ve hematitleşmenin (Şekil 3.23b) bir arada gerçekleştiği, serizitleşme ile cevherleşme arasında negatif ilişki olduğu (Şekil 3.23c) ve hematitleşme oluşurken plajiyoklas ayrışmasının (Şekil 3.23d) meydana geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 3.23. Nispi kütle değişim hesaplamalarına bağlı olarak yan kayaçta meydana gelebilecek değişimler.

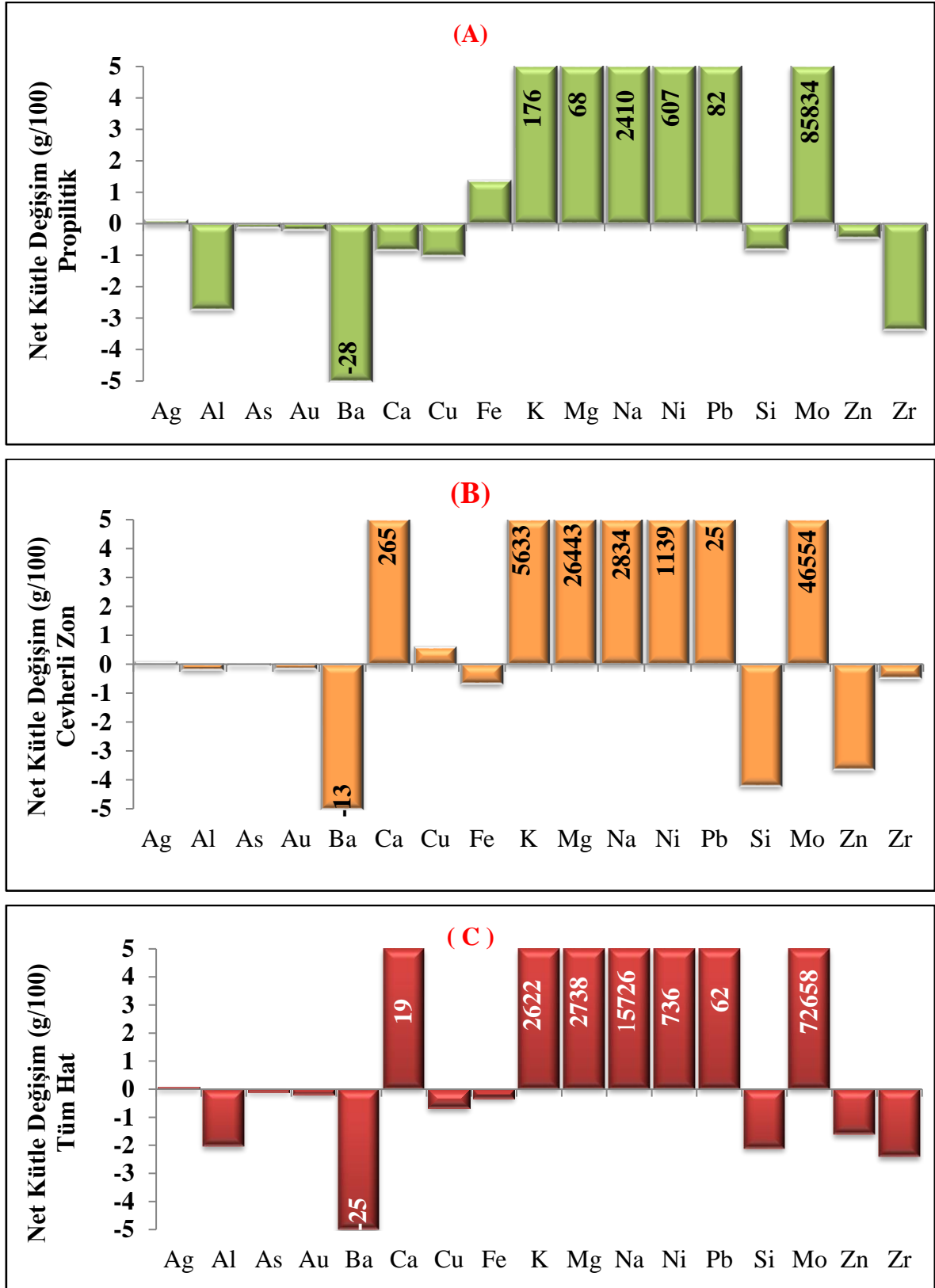
Maden, alterasyon sahasından alınan örneklerden net kütle değişim hesaplamaları sonucunda, propilitik zonda ana oksitlerden Fe₂O₃, MgO, K₂O, Na₂O; cevher içeren elementlerden Ag, Pb ve Mo net kütle artışı gösterirken; ana oksitlerden SiO₂, CaO ve Al₂O₃, diğer elementlerden Zn, As, Cu ve Au net kütlede azalması göstermiştir. (Şekil

3.24a). Cevherli zonda ana oksitlerden MgO, K₂O, CaO ve Na₂O; diğer elemntlerden ise Ag, Cu, Pb ve Mo net kütle artışı gösterirken; ana oksitlerden SiO₂, Fe₂O₃ ve Al₂O₃; diğer elementlerden Zn, As ve Au net kütlede azalması göstermiştir. (Şekil 3.24b). Tüm hat için yapılan net kütle değişim hesaplamalarında elde edilen değişimler ise Şekil 3. 24c’de verilmiştir

Bu çalışma kapsamında Huston (1993)’e göre yapılan nispi ve net kütle değişim hesaplamaları sonucunda elde edilen bulgular, çalışma alanı ve çevresinde yapılan diğer çalışmalarla birlikte değerlendirilmiştir.

Akaryalı, (2010) Arzular (Gümüşhane, KD Türkiye) epitermal altın cevherleşme sahasında altere andezitler üzerinde yaptığı kütle değişim hesaplamalarına göre gerek nispi gerekse net kütle değişim kapsamında As, Au ve Pb elementlerinde kütle artışı tespit etmiştir. Demir, (2014) Kocapınar (Kermut) yöresinde andezitlere bağlı olarak gelişen alterasyonlar üzerinde yaptığı kütle değişim hesaplamalarına göre cevher yapıcı elementlerden Cu, Pb, Au, As ve Ag miktarlarında artış, Na, Ca, Fe, Mg elementlerinde nispi azalma tespit etmiştir. Atay, (2016) Kaletaş-Söğütağıl-Akpınar yöresinde kırık zonları ile ilişkili olarak gelişen alterasyonların olduğu sahada nispi kütle değişim hesaplamalarına göre cevherli zonda K, Pb, Mo ve Au elementlerinde artma Ca, Na, Fe, Mg, Cu ve As elementlerinde azalma tespit etmiştir. Net kütle değişim hesaplamalarına göre ise cevherli zonda sadece K, Pb, Mo ve Au elementlerinde zenginleşme tespit etmiştir. Aktaş, (2018) nispi ve net kütle değişim hesaplamalarına göre cevherli zonda, Canca-Aktutan alterasyon sahasında Au, As ve Pb elementlerinde; Leriköy (Yitirmez)-Dölek alterasyon sahasında ise Cu, Au ve Mo elementlerinde zenginleşme tespit etmiştir.

Yukarıda bilgileri verilen çalışmalar ile bu tez çalışmasında elde edilen kütle değişim hesaplamaları birlikte değerlendirildiğinde Aktaş (2018) tarafından Leriköy (Yitirmez)–Dölek alterasyon sahasında elde edilen Mo, Cu ve Au elementleride elde edilen net kütle artışı bu çalışma ile en fazla benzerlik gösteren çalışmadır. Leriköy (Yitirmez)–Dölek alterasyon sahasındaki Mo elementinin yanı sıra Cu ve Au elemntlerindeki zenginleşmeyi Aktaş, (2018) alterasyonun gelişiminde porfiri sistem ile ilişkilendirmiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilen Mo zenginleşmesi ise sahada bir bakır cevherleşmesine işaret etmekle birlikte, cevherleşmenin gelişiminde de porfiri sitemin etkili olduğu sonucuna varılabilir.



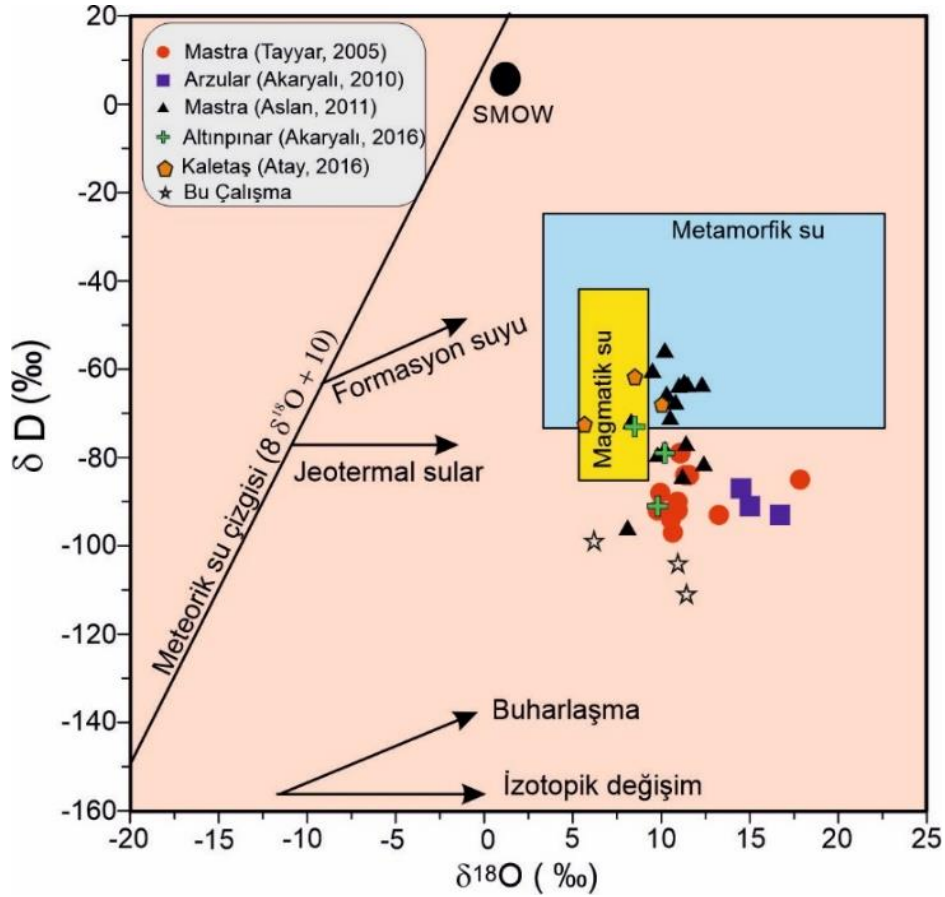
Şekil 3.24. Alterasyon zonunda hesaplanan net kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat.

3.8. Duraylı İzotop Jeokimyası

Maden Köyü (Bayburt) yöresinde traki andezitler içinde gelişen cevherleşmeye neden olan hidrotermal çözeltilerin kökenini belirlemeye yönelik, söz konusu sahadan derlenen örnekler üzerinde oksijen ve hidrojen izotop analizleri gerçekleştirilmiştir. Hidrojen izotop analizleri genellikle klorit, serizit, muskovit, serpantin ve talk gibi kimyasal bileşiminde H barındıran alterasyon minerallerinden, Oksijen izotop analizleri ise sıvı kapanım içindeki sıvıların yanı sıra silikat, oksit, karbonat ve sülfür grubu minerallerden yararlanılarak yapılır. Oksijen (^{16}O , ^{17}O , ^{18}O) ve Hidrojenin (^1H , ^2H , ve ^3H) üç izotopu bulunmaktadır (Hoefs, 1987; Weast, vd., 1986). Bu çalışmada toplam üç örnekte serizit minerali üzerinde $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotopları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre $\delta^{18}\text{O}$ izotopları ‰12.5, ‰6.4 ve ‰11.9 (ortalama ‰10.3), $\delta^2\text{H}$ izotop değerleri ise ‰-116, ‰-99 ve ‰-105 (ortalama ‰-106.7) olarak ölçülmüştür.

Cevherleşmelerin oluşumu sırasında, cevher oluşumuna etki eden hidrotermal çözeltilerin kökenini belirlemeye yönelik olarak $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ (δD) izotop analiz değerlerinden yararlanılarak Taylor, (1974) ve Ohmoto, (1986) tarafından bir grafik geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilen duraylı izotop analiz (O ve H) sonuçları ilgili grafiğe aktarılmış ve çalışma sahası ve yakın çevresindeki cevherleşme sahalarında yapılan $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotop değerleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3.25).

Mastra altın madenin Aslan (2011) ve Tayyar (2005) tarafından gerçekleştirilen oksijen ve hidrojen izotop değerleri; cevherleşmenin oluşumunda, magmatik kökenli sıvıların baskın rol oynadığı ve sonrasında yüzeysel suların etkisi altında kaldığını göstermektedir. Benzer şekilde Arzular altın cevherleşme sahasında (Akaryalı, 2010) ve Altınpınar Pb-Zn cevherleşme (Akaryalı, 2016) sahasında yapılan oksijen ve hidrojen izotop analiz verileri de cevher oluşturan çözeltilerin kökeninde magmatik su meteorik su karışımı olduğu sonucuna varılmıştır. Atay (2016) tarafından çalışılan Kaletaş-Söğütağlı-Akpınar alterasyon sahasında elde edilen $\delta^{18}\text{O}$ (‰) ve δD (‰) izotop değerleri ise Arzular, Mastra ve Altınpınar cevherleşme sahalarına ait izotop değerlerine yakın alanlarda yoğunlaşmaktadır.



Şekil 3.25. Maden (Bayburt) Cu-Au sahasından elde edilen $\delta^{18}\text{O}$ (‰) ve δD (‰) izotop analiz değerlerinin ve benzer cevherleşmelerin $\delta^{18}\text{O}$ (‰) ve δD (‰) izotop değerleri ile karşılaştırılması.

Gerek bu çalışma kapsamında çalışılan Maden Köyü alterasyon sahası gerekse çalışma alanı çevresinde epitermal sistemde olduğu tespit edilen Arzular (Akaryalı, 2010; Akaryalı ve Tüysüz, 2013), Altınpınar (Akaryalı, 2016), Mastra (Tayyar, 2005; Aslan, 2011) ve Kaletaş-Söğütağlı-Akpınar (Atay, 2016) cevherleşme sahalarındaki oksijen ve hidrojen izotop değerlerinin yanal ve düşey yöndeki dağılımının şekil olarak magmatik su alanıyla uyum gösterdiğini ve hidrotermal etkileşimi sağlayan çözeltinin baskın olarak magmatik su olduğu ve cevherleşmeyi oluşturan sıvıların magmatik su ve meteorik suyun karışımından oluştuğunu göstermektedir.

4. SONUÇLAR

Maden Köyü (Bayburt) Cu-Au(?) cevherleşmesinin hidrotermal alterasyonu ve duraylı izotop jeokimyası çalışmalarını konu alan yüksek lisans tezi kapsamında elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda verilmiştir.

1. Maden Köyü (Bayburt) Cu-Au(?) alterasyon sahası, Doğu Pontid Tektonik Birliği'nin Güney Zon'u içinde yer almaktadır. İnceleme alanı ve çevresinde, yaşlıdan gence doğru Malm-Erken Kretase yaşlı Kuzdağı Formasyonu, Üst Kretase yaşlı Maden Melanjı, Üst Kretase yaşlı Maden Andeziti, Üst Kretase yaşlı Kapıkaya Formasyonu, Eosen yaşlı Sırataşlar Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı Traverten ve Alüvyonlar bulunmaktadır.

2. Çalışma konusunu oluşturan alterasyon alanları Andezit ve piroklastlarından oluşan Maden Andeziti birimi içinde yer almaktadır.

3. Üst Kretase yaşlı Andezitlerin, Nb/Y'ye karşı $Zr/TiO_2 \times 0.0001$ kimyasal adlandırma diyagramında çoğunlukla trakiandezit ve andezit alanında yoğunlaştığı, AFM üçgen diyagramına göre kayaçların kalk-alkali karakterde, SiO_2-K_2O ve Th-Co karşılaştırma diyagramlarında ise örneklerin çoğunlukla yüksek potasyumlu-şoşonitik kalk-alkali seri alanına düştüğü tespit edilmiştir.

4. Üst Kretase yaşlı Andezitlerde meydana gelen alterasyonlar; kükürtleşme, limonitleşme, malakitleşme, azuritleşme, silisleşme ve hematitleşmedir. Petrografik incelemeler sonucunda, alterasyonlu kayaçlarda yaygın olarak gözlenen alterasyon türlerinin ise silisleşme ve hematitleşme olduğu tespit edilmiştir.

5. MINSQ hesaplamaları neticesinde, alterasyon mineralleri olarak cevherli zonda kuvars, K'lu feldspat, \pm albit, propilitik zonda ise Fe-Klorit, Mg-Klorit, epidot belirlenmiştir.

6. Nispi (göreceli) kütle değişim hesaplamalarına göre cevherli zonda ana oksitlerden MgO, TiO₂, K₂O, Na₂O ve MnO; cevher minerallerinin kimyasal bileşiminde bulunan elementlerden ise Cu, Ag, Pb ve Mo nispi artma gösterirken; ana oksitlerden Fe₂O₃, SiO₂, CaO ve Al₂O₃, diğer elementlerden ise Zn, As, Cu ve Au nispi azalma göstermektedir.

7. Net kütle değişim hesaplamalarına göre cevherli zonda ana oksitlerden MgO, K₂O, CaO ve Na₂O; diğer elementlerden ise Ag, Cu, Pb ve Mo net kütle artışı gösterirken; ana oksitlerden SiO₂, Fe₂O₃ ve Al₂O₃; diğer elementlerden Zn, As ve Au net kütlede azalması göstermiştir.

8. Serizit minerali üzerinde gerçekleştirilen $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotop değerleri sırasıyla ‰ 6.4-12.5; ‰ -116 ile ‰ -99 aralığında değişmektedir. İzotop sonuçlarındaki bu değişimin, cevher oluşturan çözeltilerin kökeninde magmatik ve meteorik su karışımının etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

9. İnceleme alanındaki cevherleşmenin ekonomik olarak işletilebilirliğinin belirlenebilmesi için detaylı sondaj ve jeofizik çalışmaların yapılması önerilmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İ.Ü., Fen Fakültesi, İstanbul, 56.
- Akaryalı, E., 2010. Arzular (Gümüşhane KD-Türkiye) Altın Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensel İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akaryalı, E. ve Tüysüz, N., 2013. The genesis of the slab window-related Arzular low-sulfidation epithermal gold mineralization (Eastern Pontides, NE Turkey). Geoscience Frontiers, 4-4, 409-421.
- Akaryalı, E., 2016. Geochemical, fluid inclusion and isotopic (O, H and S) constraints on the origin of Pb–Zn ± Au vein-type mineralizations in the Eastern Pontides Orogenic Belt (NE Turkey), Ore Geology Reviews, 74, 1-14.
- Akaryalı, E. ve Akbulut, K., 2016. Constraints of C–O–S isotope compositions and the origin of the Ünlüpınar volcanic-hosted epithermal Pb–Zn ± Au deposit, Gümüşhane, NE Turkey Journal of Asian Earth Science, 117, 119-134.
- Akçay, M. ve Tüysüz, N., 1998. Murgul Cu Madeni Çevresinde Ağır Elementlerin Yanal Dağılımı ve Çevresel Kirlilik Üzerine Etkileri, Geosound, 30, 725-741.
- Akçay, M., Gündüz, Ö. ve Çoban, H., 1998. A Multi-phase Intrusion around the Gümüşhane Village (Artvin) and Associated Mineralisation Types: A Geologic and Geochemical Approach, Geosound, 33, 1-18.
- Akçay, M. ve Arar, M., Geology, Mineralogy and Geochemistry of the Çayeli Massive Sulphide Ore Deposit, Rize, Ne Turkey, Mineral Deposits: Processes to Processing, Standley Et Al. (Eds), Balkema, and Rotterdam, (1999), 459-462.
- Aktaş, F.K., 2018. Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez) – Dölek (Gümüşhane, KD Türkiye) yöresi Eosen Yaşlı Volkanitlerin Hidrotermal Alterasyonu ve Altın Potansiyelinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Atay, U., 2016. Kaletaş-Söğütağı-Akpınar (Gümüşhane) Yöreleri Hidrotermal Alterasyonların Modellemesi Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Aslan, N. ve Akçay, M., 2011. Mastra (Gümüşhane) Au-Ag Yatağının Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri, 63. Jeoloji Kurultayı, MTA, Ankara.
- Barret, T.J. ve MacLean, W.H., 1991. Chemical, Mass, and Oxygen Isotopic Changes during Extreme Hydrothermal Alteration of an Archean Rhyolite, Noranda, Econ. Geology, 86, 406-441.

- Barret, T. J. ve MacLean, W. H., 1994. Mass Changes in Hydrothermal Alteration Zones Associated with VMS Deposits of the Noranda Area, *Exploration and Mining Geology*, 3, 131-160.
- Bektaş, O., 1984. Pontid’lerde Üst Kretase Yaşlı Şoşonitik Volkanizma ve Jeotektonik Önemi, *KÜ Yerbilimleri Dergisi, Jeoloji*, 3/1-2, 53-62.
- Bektaş, O. ve Güven, İ.H., 1995. Alaskan Aphinitic Type Ultramafic and Mafic Complexes as the Root Zone of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), *Geology of the Black Sea Region*, 189-196. Ankara.
- Bektaş, O. ve Çapkıoğlu, Ş., 1997. Doğu Pontid magmatik arkında (KD Türkiye) neptünyen dayklar ve blok tektoniği. *Geosound* 30, 451-463.
- Bektaş, O. ve Gedik, İ., 1988. A new for, mation with leucite-bearing shoshonitik volcanism in the Kop area (Everekhanları Formation) and its relationship with the evolution of the Eastren Pontian Arc (NE Turkey), *Geological Bulletin of Turkey*, 31, 11-20.
- Bektaş, O., Sen, C., Atıcı, Y. ve Köprübaşı, N., 1999. Migration of the Upper Cretaceous Subduction-related Volcanism towards the Back-arc Basin of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), *Geological Journal*, 34, 95-106.
- Boynton, W.V., 1984. Cosmochemistry of Rare Earth Elements: MeteoriteStudies. In: Henderson, P. (Ed), *Rare Earth Element Geochemistry*, Elsevier, Amsterdam., 63-114.
- Burşuk, A., 1975. Bayburt yöresinin mikropaleontolojik ve Stratigrafik irdelemesi, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Tasnif No: 00185, İstanbul.
- Çağatay, M.N. ve Eastoe, C.J., 1995. A Sulfur Isotope Study of Volcanogenic Massive Sulphide Deposits of the Eastern Black Sea Provence, Turkey, *Mineralium Deposita*, 30, 55-66.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Granitik Plütonlarının Mukayeseli Petrolojik ve Jeokronometrik Etüdü Doçentlik Tezi, İÜ Maden Mühendisliği, 186s. İstanbul.
- Demir, Y., 2005. Istala ve Köstere (Zigana/Gümüşhane) Cu-Pb-Zn Madenleri ve Yan Kayaçlarının Mineralojisi ve Dokusal Özelliklerinin Karşılaştırılmalı İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Demir, H.B., 2014. Kermut (Tekke-Gümüşhane) Yöresi Hidrotermal Alterasyonların Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi., Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Dixon, J.C. ve Pereire, J., 1974. Plate Tectonics and Mineralization in the Tethyan Region, *Min. Deposita*, 9, 185-198.

- Eyüboğlu, Y., 2010. Late Cretaceous High-K Volcanism in the Eastern Pontide Orogenic Belt: Implications for the Geodynamic Evolution of NE Turkey, International Geology Review, 52, 142-186.
- Eyüboğlu, Y., Bektaş, O., Seren, A., Nafiz, M., Jacoby, W.R. ve Özer, R., 2006. Three-directional Extensional Deformation and Formation of the Liassic Rift Basins in the Eastern Pontides (NE Turkey). Geol. Carp. 57, 5, 337-346.
- Eyüboğlu, Y., Bektaş, O. ve Paul, D., 2007. “Mid-Cretaceous Olistostromal Ophiolitic Melange Developed in the Back-Arc Basin of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey).” International Geology Review, 49(12), 1103-1126.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F.O. ve Akaryalı, E., 2010. Transition from Shoshonitic to Adakitic Magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for Slab Window Melting, Gondwana Research, in press.
- Fenerci, M., 1994. Rudist Form Maden (Bayburt) Area (NE Turkey), Tr. J. Of Earth Sciences, 3, s.1-11.
- Güner, S., 2000. Doğu Karadeniz Madenciliğinin Tarihçesi MTA Ankara.
- Güner, S. ve Yazıcı, E.N., 2011. Gümüşhane- Bayburt-Trabzon Kıymetli Metal (Au-Ag) ve Baz Metal (Cu-Pb-Zn) Sahaları Envanter Raporları, (yayınlanmamış), Trabzon.
- Güven, İ.H., 1993. Doğu Pontidler’in 1/25000 Ölçekli Kompilasyonu, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Grant, J.A., 1986. The İsocon Diagram a Simple Solution to Gresens Equations for Metasomatic Alteration, Econ. Geol., 81, 1976-1982.
- Greesens, R.L., 1967. Composition-volume Relationships of Metasomatism, Chemical Geology, 2, 47-65.
- Hastie, A.R., Kerr, A.C., Pearce, J.A. ve Mitchell, S.F., 2007. Classification of Altered Volcanic Island Arc Rocks Using Immobile Trace Elements: Development of The Th-Co Discrimination Diagram, Journal of Petrology, 48, 12, 2341-2357.
- Hermann, W. ve Berry, R.F., 2002. MNSQ-A Least Squares Spreadshheet Method for Calculating Mineral Proportions from Whole Rock Major Element Analyses (yayınlanmamış).
- Hoefs, J., 1987. Stable Isotope Geochemistry, 3rd edn. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 241.
- Huston, D. L., 1993. The Effect of Alteration and Metamorphism on Wall Rocks to The Balcooma and Dry River South Volcanic-Hosted Massive Sulphide Deposits, Queensland, Australia, Jour. Of Geoch. Expl., 48, 277-307.

- Huston, D. L. ve Cozens, G. J., 1994. The Geochemistry and Alteration of the White Devil Porphyry Implications to Intrusion Timing. *Mineral Deposita*, 29, 275-287.
- Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A., 1971. A Guide to Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks, *Can J. Earth. Sci.*, 8, 523-548.
- Jankoviç, S., 1980. Ore Deposit Types and Major Copper Metallogenic Units In Europe In *European Copper Deposits*, Soc. Geology of Am., Spec. Publ., 1, 9-25.
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane ve Yakın Yörelerindeki Erken-Orta Jura Yaşlı Şenköy Formasyonu'nun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Keskin, İ., Korkmaz, S., Gedik, İ., Ateş, M., Gök, I., Küçümen, Ö., ve Erkal, T., 1989. Bayburt dolayının jeolojisi. MTA Rapor No:8995, Ankara.
- Korkmaz, S. ve Baki, Z., 1984. Demirözü (Bayburt) güneyinin Stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 5, 107-115.
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, *MTA Dergisi*, 66, 20-34.
- Lermi, A., 1996. Kanköy (Yomra-Trabzon) Cevherinde Toprak-Bitki Jeokimyasının Uygulanması ve İndikatör Bitki Türü Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Lermi, A., 2003. Midi (Karamustafa/Gümüşhane, KD Türkiye) Zn-Pb Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensel İncelemesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- MacLean, W.H., 1990. Mass Change Calculations in Altered Rock Series, *Mineral Deposita*, 25, 44-49.
- MacLean, W.H. ve Kranidiotis, P., 1987. Immobile Elements as Monitors of Mass Transfer in Hydrothermal Alteration: Phelps Dogge Massive Sulfide Deposit, Matagami, Quebec, *Econ. Geology*, 82, 951-962.
- Meschede, M., 1986. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram, *Chemical Geology*, 56, 207-218.
- Musaoğlu, A., 1987. Bayburt – Maden – Kop Yöresi Jeoloji ve Maden Prospeksiyonu Raporu Mta Ankara.
- Oelsner, O., 1935. Gümüşhane Vilayetindeki Maden Yataklarına Ait Rapor. MTA No: 408 Ankara.
- Özer, E., 1984. Bayburt Yöresinin Jeolojisi, *KTÜ Jeoloji Dergisi*, 3(1-2), 77-89.

- Özer, E. ve Fenerci, M., 1993. Bayburt Yöresinde (Doğu Karadeniz) Bulunan iki yeni Caprinidae, Türü, MTA Dergisi, No: 115, 29-34.
- Ohmoto, H., 1986. Stable Isotope Geochemistry of Ore Deposits: In Valley, J. W., Taylor, H. P. and O'nein, J. R. (Eds.), Stable Isotopes In High Temperature Geological Processes, Reviews In Mineralogy, Mineralogical Society Of America, 16, 491 -560.
- Pearce, J.A. ve Cann, J. R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, Earth Planett. Sci. Lett., 19, 290-300.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi, KTÜ yayını, 87, 103.
- Saydan Eker, Ç., 2012. Petrographi and Geochemistry of Eocene sandstones form Eastren Pontides (NE Turkey): Implications for Source Area weathering, Geochemistry International.
- Sipahi, F., 2011. Formation of Skarns at Gümüşhane (Northeastern Turkey). Neues Jahrbuch Für Mineralogy-Abhandlungen, 188, 2, 169-190.
- Sipahi, F. ve Sadıklar, B., 2010. Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Alterasyon Mineralojisi ve Kütle Değişimi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 53, 2-3.
- Sipahi, F., 2005. Zigana Dağı (Torul-Gümüş hane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaların Mineraloji ve Jeokimyası, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sun, S. ve McDonough, Q.F., 1989. Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts; Implications for Mantle Compositions and Processes. In Saunders, A.D., & Norry, M. J. (Eds) Magmatism in the Ocean Basins, Geol. Soc. London Spec. Publ., 42, 312-345.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. Tectonophysics, 75, 181-241.
- Taylor, H.P., 1974. The Application of Oxygen and Hydrogen Isotope Studies to Problems of Hydrothermal Alteration and Ore Deposition. Economic Geology, 69, 843-883.
- Tayyar, H., 2005. Mastra (Gümüşhane) Epitermal Altın Yatağının Jeolojik ve Jeokimyasal Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.-H., Dokuz, A. ve Meyer, H.-P., 2007. Variscan Amphibolite-facies Metamorphic Rocks from the Kurtoğlu Metamorphic Complex (Gümüşhane Area, Eastern Pontides, Turkey) International Journal of Earth Sciences, 96, 861-873.
- Tüysüz, N., 2000. Geology, Lithogeochemistry and Genesis of the Murgul Massive Sulfide Deposit, NE Turkey, Chem. Erde, 60, 231-250.

- Tüysüz, N., 1995. Lahanos (Espiye-Giresun) Masif Sülfür Yatağına Ait Cevher Mineralleri ve Dokularının Cevher Oluşumu Açısından İncelenmesi, *Geosound/Yerbilimleri*, 26, 79-92.
- Tüysüz, N., Özdoğan, K., Er, M., Yılmaz, Z. ve Ağanoğlu, A., 1994. Pontid Adayayında Carlin Tipi Kaletaş (Gümüşhane) Altın Zuhuru, *Türkiye Jeol. Bült.*, 37, 41-46.
- Vural, A., 2013. Assessment of Heavy Metal Accumulation in the Roadside Soil and Plants of *Robinia pseudoacacia*, in Gumushane, Northeastern Turkey. *Ekoloji* 22(89): 1-10.
- Vural, A., 2014. Assessment of Metal Pollution Associated with an Alteration Area: Old Gumushane, NE Black Sea. *Environmental Sciences and Pollution Research*. Doi. 10.1007/s11356-014-2907-7.
- Vural, A., 2015. Contamination Assessment of Heavy Metals Associated with an Alteration Area: Demirören Gumushane, NE Turkey. *Journal of Geological Society of India*. 86:215-222. Doi.10.1007/s12594-015-0301-9.
- Weast, R.C., Astle, M.J. ve Beyer, W.H., 1986. *CRD Handbook of Chemistry and Physics*. CRC Pres, Boc Raton, FL.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1977. Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Diferantation Products Using Immobile Elements, *Chem. Geol.*, 20, 97-127.
- Yalçınalp, B., 1992. Güzelyayla (Maçka-Trabzon) Porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin Jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono-Sedimentolojik Kayıtları ve Kontrol Etkenleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 45, 1, 141-165.
- Yılmaz, C., 1996. Doğu Pontid Karbonat Platformunun Kırılmasına İlişkin Yeni Bulgular (KD Türkiye), *Türkiye 11. Petrol Kongresi*, 15-17.
- Yılmaz, C., 1997. The Sedimentological Records of Cretaceous Platform-Basin Transition in the Gümüşhane Region (NE Turkey), *Geologie Mediterran*, 24, 1, 2, 125-135.
- Yılmaz, Y., 1973. Gümüşhane Granitinin Yerleşmesi, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, *Bildiriler Kitabı*: 485-490.

EKLER

Ek Tablo 1. Volkanik kayaçların ana, iz ve nadir toprak element analiz sonuçları.

Örnek No	TA1	TA4	TA6	TA7	TA8	TA9
SiO ₂	59.20	58.35	56.21	59.39	56.12	50.14
Al ₂ O ₃	17.12	15.66	16.37	17.09	17.02	13.72
Fe ₂ O ₃	5.33	5.55	7.49	5.40	7.43	4.58
MgO	2.96	2.68	3.30	2.29	2.89	1.17
CaO	4.36	6.21	5.42	4.98	5.48	12.70
Na ₂ O	4.05	3.83	3.82	3.93	3.99	3.20
K ₂ O	3.10	2.99	2.44	2.71	2.42	3.08
TiO ₂	0.75	0.72	1.04	0.85	1.05	0.51
P ₂ O ₅	0.27	0.28	0.32	0.26	0.37	0.17
MnO	0.08	0.11	0.12	0.08	0.12	0.36
Cr ₂ O ₃	0.007	0.007	0.006	0.004	0.004	0.004
A.K	2.4	3.3	2.8	2.4	2.7	10.2
TOPLAM	99.67	99.70	99.33	99.37	99.62	99.79
Ba	761	720	781	727	624	627
Sc	<1	3	3	7	4	4
Co	15.7	11.6	22.6	19.3	22.5	9.0
Cs	3.6	3.8	5.8	6.9	5.2	5.6
Ga	21.5	20.0	22.8	23.3	21.8	15.9
Hf	5.8	5.6	6.2	3.8	4.5	4.9
Nb	13.6	13.3	14.8	13.4	11.7	10.1
Rb	83.3	76.5	72.2	73.9	70.1	89.7
Sr	2	2	2	2	3	2
Ta	783.8	715.4	855.5	923.9	727.3	610.9
Th	1.1	0.8	0.9	0.9	0.8	0.6
U	11.4	11.2	10.6	11.0	11.6	9.7
V	3.5	3.5	3.2	3.9	3.9	3.1
W	91	94	126	85	149	46
Zr	1.4	1.7	1.3	2.1	1.5	1.0
Y	193.7	192.9	174.6	171.9	171.5	169.0
Mo	2.4	2.1	1.9	2.1	1.5	1.9
Cu	344.9	13.3	3008.1	2870.3	909.8	19.3
Pb	14.2	13.1	14.1	11.4	14.7	18.5
Zn	74	69	124	71	97	82
Ni	18.7	15.6	20.4	17.8	16.5	11.2
As	15.1	7.2	13.9	12.9	10.8	5.5
Sm	6.41	6.60	7.64	7.03	7.40	4.51
Eu	1.65	1.71	2.02	2.02	1.92	1.12
Gd	4.90	5.72	6.49	5.91	5.78	3.76
Tb	0.67	0.71	0.84	0.83	0.83	0.51
Dy	3.61	3.94	4.34	4.45	4.22	2.84
Ho	0.65	0.63	0.75	0.81	0.80	0.51
Er	1.68	1.72	2.14	2.26	2.06	1.16
Tm	0.26	0.27	0.30	0.32	0.28	0.18
Yb	1.68	1.64	1.79	1.82	2.02	1.28
Lu	0.25	0.23	0.30	0.35	0.26	0.19

Ek Tablo 2. Maden alterasyon sahasından alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları (ana oksitler %, iz elementler ppm Au ppb.).

Örnek no	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10	M-11	M-12
SiO ₂	82.70	81.94	82.77	88.82	90.20	91.54	58.22	51.08	49.54	56.47	50.91	78.21
Al ₂ O ₃	4.63	3.51	3.74	1.43	1.66	1.42	15.96	2.08	12.44	10.11	11.34	1.01
Fe ₂ O ₃	7.11	9.80	8.20	3.76	3.00	3.84	4.26	30.54	22.06	20.37	24.73	11.22
MgO	0.31	0.17	0.25	0.16	0.17	0.10	0.77	0.54	5.65	2.71	2.02	0.48
CaO	0.25	0.19	0.18	0.43	0.48	0.13	6.59	0.10	0.13	0.41	0.05	0.08
Na ₂ O	0.10	0.06	0.07	0.10	0.09	0.11	3.75	0.06	0.02	0.02	0.03	0.02
K ₂ O	0.58	0.37	0.52	0.23	0.26	0.28	4.17	0.06	0.01	0.02	0.08	0.01
TiO ₂	0.19	0.17	0.16	0.05	0.06	0.06	0.58	0.97	0.99	0.53	0.66	0.13
P ₂ O ₅	0.07	0.09	0.06	0.12	0.20	0.08	0.18	0.08	0.03	0.05	0.05	0.04
MnO	0.50	0.48	0.59	1.52	0.91	0.19	0.13	0.01	0.13	0.07	0.07	0.02
Cr ₂ O ₃	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.04	0.02	0.03	0.01
AK	3.20	3.00	3.10	3.00	2.60	2.10	5.00	14.10	8.70	8.70	9.50	6.20
Toplam	99.68	99.76	99.68	99.61	99.64	99.89	99.58	99.66	99.76	99.49	99.43	97.39
Ba	185.00	142.00	231.00	414.00	231.00	77.00	679.00	209.00	19.00	809.00	62.00	35.00
Be	1.00	<1	1.00	2.00	<1	<1	1.00	<1	<1	<1	<1	<1
Co	214.00	276.80	265.10	78.50	46.60	37.80	29.20	6.00	37.70	44.90	35.80	41.90
Cs	1.30	0.90	1.20	0.60	0.60	0.70	6.10	0.10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ga	5.50	4.40	5.70	5.70	5.00	2.40	20.00	32.70	16.70	13.70	11.60	4.70
Hf	1.60	1.50	1.20	0.20	0.50	0.40	4.60	2.00	1.60	0.90	1.10	0.30
Nb	6.10	5.70	5.70	2.20	1.80	1.50	13.00	3.30	2.20	1.30	1.70	0.20
Rb	24.10	15.10	21.60	9.60	10.70	12.90	128.10	1.70	0.30	0.30	0.60	0.20
Sn	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2.00	<1	<1	<1	<1	<1
Sr	50.30	49.50	45.20	52.20	49.60	29.20	578.90	11.70	3.90	22.00	3.70	4.80
Ta	0.30	0.50	0.40	0.20	0.10	<0,1	0.70	0.30	0.20	<0,1	0.10	<0,1
Th	3.70	4.20	2.60	1.20	1.50	1.20	11.70	0.40	0.20	0.40	<0,2	<0,2
U	0.80	0.60	0.80	0.70	0.60	0.70	2.80	0.70	1.20	0.40	0.50	0.20
V	33.00	33.00	33.00	40.00	34.00	40.00	54.00	201.00	200.00	162.00	145.00	41.00
W	1.30	0.90	0.70	0.60	<0,5	0.90	1.00	0.60	0.50	1.20	0.70	0.60
Zr	49.20	48.40	42.70	17.80	19.70	18.10	197.40	60.10	54.90	31.50	37.00	9.10
Y	18.90	25.60	15.30	27.90	40.10	7.80	18.10	16.50	18.50	15.70	10.30	5.80
Mo	3.10	3.30	4.10	5.20	3.60	4.50	3.10	3.90	1.50	1.20	1.30	10.50
Cu	1293.40	267.10	1171.20	2545.90	2632.10	267.40	1628.70	2025.90	623.20	3133.60	4246.80	>10000,0
Pb	16.50	22.30	14.10	12.00	18.50	6.50	12.40	7.50	0.80	0.50	0.60	1.40
Zn	267.00	547.00	537.00	226.00	78.00	47.00	69.00	34.00	211.00	56.00	51.00	126.00
Ni	79.30	90.90	69.00	53.60	39.50	18.40	14.30	4.20	39.40	32.20	15.00	15.50
As	23.00	7.70	16.40	13.60	17.10	5.20	10.50	9.70	1.50	<0,5	<0,5	<0,5
Cd	1.00	0.80	1.60	2.00	2.20	0.30	0.20	0.10	0.10	<0,1	<0,1	0.50
Sb	0.20	0.30	0.20	0.30	0.20	0.20	0.40	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bi	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10	<0,1	0.20	0.30	<0,1	<0,1	<0,1	0.50
Ag	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1.50	<0,1	0.50	0.40	2.10
Au	1.00	<0,5	<0,5	1.20	1.50	2.00	2.00	22.40	1.40	0.70	5.90	41.40
Hg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0.03	0.01	0.03	<0,01	0.01
Tl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0.80	<0,1	<0,1	<0,1	0.70
Se	0.50	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	36.00	1.00	6.20	16.20	14.80
La	17.60	20.90	13.80	8.00	17.80	4.40	35.70	4.00	5.50	0.90	1.60	0.70
Ce	41.50	43.00	34.80	13.20	25.50	7.10	66.30	8.90	6.00	1.70	3.60	1.30
Pr	5.02	6.98	3.83	4.16	7.77	1.43	8.02	1.26	0.97	0.27	0.55	0.20
Nd	21.70	30.60	15.20	21.40	36.50	5.30	30.20	5.70	5.40	2.00	3.90	1.30
Sm	4.61	7.84	2.85	5.09	8.33	1.60	5.47	1.70	1.42	0.73	0.92	0.33
Eu	1.03	2.10	0.69	1.22	2.12	0.40	1.38	0.15	0.17	0.06	0.13	0.03
Gd	4.18	7.90	2.88	5.39	9.61	1.72	4.51	2.31	2.42	1.70	1.47	0.69
Tb	0.63	1.08	0.42	0.81	1.29	0.24	0.59	0.39	0.44	0.35	0.29	0.11
Dy	4.16	6.20	2.66	4.91	7.84	1.59	3.53	2.47	3.41	2.53	2.09	0.86
Ho	0.76	0.99	0.54	0.90	1.39	0.30	0.59	0.62	0.74	0.56	0.42	0.22
Er	2.03	2.37	1.31	2.55	3.46	0.85	1.52	1.89	1.98	1.74	1.17	0.58
Tm	0.30	0.32	0.21	0.35	0.50	0.12	0.25	0.27	0.29	0.26	0.17	0.09
Yb	1.88	2.05	1.31	2.02	2.95	0.86	1.49	1.90	1.84	1.80	1.01	0.54
Lu	0.27	0.27	0.19	0.32	0.45	0.13	0.22	0.30	0.28	0.23	0.17	0.08
SI	0,40	0,49	0,79	0,81	0,28	0,89	0,86	0,73	0,36	0,34	0,50	0,52
CCPI	73,67	69,28	70,02	87,96	34,02	92,95	87,74	80,28	73,81	65,66	40,30	40,29
AI	42,50	51,13	50,52	71,79	30,81	86,32	85,21	61,72	47,31	33,12	47,68	49,59
LAI	2,80	2,25	2,34	7,31	0,52	13,12	7,16	4,07	2,82	1,90	0,68	0,67

Ek Tablo 3. Alterasyon sahasından sistematik olarak alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarının MINSQ yöntemiyle (Herrmann Berry 2002) hesaplama yapılarak elde edilen mineralojik bileşim (%) ve sonuçlara ait istatistik parametreler. (Not: Mineral yüzdeleri Excel’de 0.000001 kesinlik, 0.1 % tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır).

Mineral / Örnek	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Kuvars	76.14	77.38	77.12	86.75	87.42	89.41	13.53	40.49	34.29	44.25	37.38	76.08
K'lu Feldspat	1.39	0.00	2.64	0.43	1.27	0.55	23.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Albit	0.85	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	29.34	0.00	0.75	0.17	0.25	0.00
Muskovit	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.003	0.00	0.67	0.00
Fe-Klorit	14.64	19.85	17.11	7.48	5.65	7.67	1.84	46.11	39.36	39.86	51.69	9.26
Mg-Klorit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.66	0.00	19.38	5.59	0.29	0.00
Kalsit	0.00	0.23	0.22	0.44	0.19	0.16	2.47	0.12	0.10	0.09	0.04	0.11
Epidot	1.02	0.00	0.00	0.16	1.37	0.00	21.46	0.00	0.01	1.34	0.00	0.00
Kaolinit	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	1.98	2.36	0.00
Barit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.05	0.13	0.00	0.00
Pirit	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	8.56	0.41	0.27	0.00	7.94
Kalkopirit	0.23	0.07	0.28	0.44	0.40	0.07	0.45	0.57	0.39	0.90	0.96	2.89
Galen	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.466	0.00
Rutil	0.16	0.14	0.13	0.03	0.05	0.048	0.57	0.90	0.92	0.46	0.58	0.11
Toplam	97.38	98.09	97.53	95.79	96.56	98.12	95.96	96.77	96.69	95.10	94.25	96.41
Reziduel	0.18	0.73	0.32	2.19	0.78	0.14	0.27	71.23	0.38	0.25	0.36	0.90

Ek Tablo 4. Alterasyon sahası içerisinde alınan örneklerin ana ve iz elementler arasındaki korelasyon katsayıları (n=15, p<0.01).

SiO2	SiO2		Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MnO	Cr2O3	Ni	Sc	Ba	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	NTE
	1		1		1											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Al2O3	-0.73412		1																								
Fe2O3	-0.83594	0.288072		1																							
MgO	-0.69149	0.645384	0.562395		1																						
CaO	-0.22182	0.602326	-0.30467	-0.07737		1																					
Na2O	-0.22942	0.598086	-0.29086	-0.08606	0.997311		1																				
K2O	-0.14066	0.556087	-0.36959	-0.15814	0.984899	0.98888		1																			
TiO2	-0.95121	0.623193	0.840772	0.703064	0.147608	0.16074	0.078693		1																		
P2O5	0.322088	-0.01926	-0.57282	-0.45734	0.585085	0.55767	0.572046	-0.29126		1																	
MnO	0.654145	-0.43331	-0.58837	-0.38248	-0.12231	-0.15712	-0.099	-0.59028	0.46466		1																
Cr2O3	-0.75739	0.566448	0.711947	0.937711	-0.17182	-0.17599	-0.24979	0.795158	-0.44841	-0.33127		1															
Ni	0.422303	-0.21533	-0.31766	-0.0754	-0.26294	-0.26689	-0.14867	-0.32005	-0.05831	0.493833	-0.09094		1														
Sc	-0.81311	0.614921	0.78789	0.861668	-0.15132	-0.15218	-0.21671	0.807595	-0.46471	-0.47997	0.871308	-0.07427		1													
Ba	-0.18667	0.402893	-0.11816	-0.02305	0.569056	0.522183	0.50373	0.053231	0.369983	0.090695	-0.08952	-0.24116	-0.05797		1												
Co	0.455863	-0.24641	-0.3334	-0.3258	-0.20116	-0.19544	-0.06402	-0.44718	-0.12653	0.308285	-0.36954	0.87784	-0.19285	-0.1427													
Ga	-0.81014	0.414635	0.70533	0.33352	0.309903	0.318706	0.242879	0.877108	-0.00755	-0.46045	0.473594	-0.41222	0.480091	0.255761	-0.47613												
Hf	-0.49199	0.68078	0.058866	0.093598	0.852191	0.866111	0.867578	0.483119	0.330366	-0.3523	0.054839	-0.09278	0.168663	0.392194	-0.03713	0.583801											
Nb	-0.09758	0.466313	-0.31007	-0.20882	0.828478	0.838589	0.897155	0.084961	0.454217	-0.03256	-0.2691	0.210225	-0.15534	0.398771	0.307501	0.239498	0.893611										
Rb	-0.0821	0.518582	-0.41861	-0.19698	0.971544	0.975914	0.997199	0.028622	0.582219	-0.06268	-0.29217	-0.0942	-0.26025	0.491942	-0.00791	0.199381	0.85466	0.913471									
Sr	-0.1575	0.561033	-0.35917	-0.13874	0.995514	0.994805	0.995108	0.091343	0.60361	-0.07951	-0.23329	-0.19548	-0.20176	0.54688	-0.12295	0.264758	0.8536	0.866664	0.98796								
Ta	-0.09467	0.348045	-0.22441	-0.21571	0.71098	0.724636	0.780054	0.106454	0.357103	-0.01816	-0.26659	0.314033	-0.0972	0.308656	0.416874	0.268524	0.835884	0.944953	0.795774	0.754854							
Th	0.001087	0.45397	-0.45926	-0.26196	0.908893	0.912776	0.956607	-0.04973	0.573293	-0.01063	-0.37987	0.071947	-0.25618	0.450562	0.193631	0.114018	0.843367	0.957675	0.968899	0.94068	0.877601						
U	-0.28007	0.654833	-0.23421	0.101927	0.926661	0.933349	0.933673	0.295679	0.487867	-0.10624	0.026754	-0.07262	-0.00752	0.407195	-0.13124	0.379047	0.896859	0.85871	0.928049	0.929526	0.755897	0.86985					
V	-0.87959	0.444045	0.923019	0.743254	-0.15891	-0.15739	-0.25345	0.919974	-0.43594	-0.52255	0.851131	-0.37444	0.84047	0.040986	-0.51075	0.766681	0.136634	-0.26934	-0.30527	-0.22642	-0.23283	-0.38973	-0.03958				
W	0.024042	0.258806	-0.16976	-0.13954	0.255098	0.249458	0.308308	-0.13782	-0.07099	-0.20815	-0.30776	0.020342	-0.07466	0.487274	0.313726	-0.10998	0.298436	0.404671	0.331576	0.276868	0.274237	0.412138	0.175193	-0.17719			
Zr	-0.41678	0.689131	-0.06817	0.056075	0.932148	0.941298	0.938357	0.38941	0.422484	-0.26542	-0.00075	-0.13772	0.074501	0.462242	-0.09035	0.504821	0.981491	0.903929	0.925178	0.932288	0.826711	0.893272	0.950466	0.044281	0.276943		
Y	0.322805	-0.1615	-0.34739	-0.14869	0.050427	0.002969	0.034915	-0.22673	0.703212	0.705685	-0.12002	0.404037	-0.11336	0.186416	0.167996	-0.10821	-0.02737	0.115454	0.053561	0.071504	0.125327	0.137613	0.073334	-0.2262	-0.20424	-0.00141	
Mo	0.47268	-0.61346	-0.33561	-0.49133	-0.09887	-0.08393	-0.09314	-0.49122	-0.02722	0.09486	-0.52943	-0.12226	-0.64262	-0.28916	-0.03215	-0.30952	-0.32412	-0.21675	-0.08632	-0.08929	-0.13226	-0.11058	-0.25585	-0.48099	-0.30014	-0.2744	-0.23806
Cu	-0.05222	-0.16268	0.120183	-0.07859	-0.11398	-0.11691	-0.18245	-0.12081	-0.2099	-0.20187	-0.08236	-0.45791	-0.15257	-0.10418	-0.34213	-0.10321	-0.30901	-0.40818	-0.21798	-0.15774	-0.41003	-0.29356	-0.3647	-0.0395	-0.24369	-0.27905	-0.3465
Pb	0.610005	-0.34646	-0.60729	-0.62059	0.152594	0.143028	0.253336	-0.52256	0.60491	0.573853	-0.63187	0.642068	-0.47986	0.026248	0.668037	-0.31333	0.160451	0.49426	0.306731	0.230501	0.53976	0.476025	0.167358	-0.66186	0.146924	0.158097	0.673789
Zn	0.378142	-0.21319	-0.27027	-0.16719	-0.20495	-0.19957	-0.09219	-0.34195	-0.16899	0.346803	-0.20516	0.909505	-0.08587	-0.20094	0.934232	-0.40825	-0.04922	0.254221	-0.04577	-0.13618	0.435339	0.135647	-0.09074	-0.41056	0.046604	-0.08822	0.189688
Ni	0.499022	-0.22838	-0.39691	-0.17149	-0.25263	-0.26708	-0.14763	-0.46051	-0.02924	0.5229	-0.25703	0.921574	-0.11584	-0.0806	0.91148	-0.53512	-0.14398	0.194683	-0.09249	-0.18373	0.282791	0.113765	-0.15289	-0.47005	0.281402	-0.17773	0.426927
As	0.536122	-0.33593	-0.53052	-0.54988	0.102331	0.092508	0.206378	-0.41968	0.501385	0.60731	-0.47534	0.576401	-0.56668	0.065627	0.499184	-0.18525	0.120805	0.424864	0.262666	0.167539	0.344983	0.339602	0.173494	-0.53477	0.177049	0.113748	0.551275
Cd	0.74584	-0.54291	-0.63779	-0.49001	-0.16996	-0.20308	-0.12702	-0.68855	0.500963	0.903757	-0.42038	0.556754	-0.59048	-0.01335	0.395348	-0.53643	-0.38828	-0.04596	-0.08382	-0.12299	-0.04526	-0.02795	-0.18724	-0.63355	-0.26726	-0.32025	0.712083
Sb	0.390935	0.09892	-0.71445	-0.46595	0.681919	0.674997	0.734288	-0.39385	0.691351	0.471225	-0.56716	0.25742	-0.47674	0.373845	0.315793	-0.19107	0.486828	0.752453	0.763104	0.735392	0.737336	0.828928	0.649391	-0.63028	0.23565	0.583773	0.400987
Bi	0.086834	-0.39014	0.021411	-0.35789	-0.00459	0.016062	-0.00073	-0.12425	-0.17779	-0.1573	-0.36076	-0.12881	-0.36491	-0.193	0.017275	0.070867	-0.01811	-0.01947	-0.00822	-0.00352	0.104567	-0.00498	-0.14867	-0.19225	-0.17731	-0.03932	-0.33348
Ag	-0.23332	-0.29793	0.432292	-0.09576	-0.19404	-0.17716	-0.25142	0.184714	-0.33677	-0.44672	-0.03758	-0.49439	-0.04347	-0.19104	-0.36331	0.314883	-0.15568	-0.36146	-0.28635	-0.23385	-0.26317	-0.34558	-0.35691	0.244737	-0.26478	-0.20557	-0.45766
Au	-0.12267	-0.33102	0.291725	-0.14534	-0.15379	-0.13072	-0.19671	0.082854	-0.28532	-0.39044	-0.10745	-0.44348	-0.14277	-0.31321	-0.33417	0.194839	-0.16002	-0.32584	-0.22676	-0.18563	-0.23539	-0.2862	-0.102255	-0.33622	-0.19224	-0.45353	
NTE	0.330585	0.105095	-0.60469	-0.40234	0.579508	0.565225	0.647928	-0.3001	0.75413	0.409479	-0.46983	0.455182	-0.3371	0.265592	0.455035	-0.1273	0.536068	0.776265	0.682059	0.635232	0.742504	0.796763	0.579879	-0.55981	0.221819	0.565985	0.6411

Ek Tablo 5. Propilitik zonda yer alan altere ve az altere kayaçların (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M8, M9, M10, M11, M12 numaralı örnekler) içerisinde bulunan elementlere ait analiz sonuçları, nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimleri)

Element	ni	C _i ^O	C _i ^A	C _i ^S	ΔC-nispi	ΔC-net
P2O5	1	0.14	253.1	1808.	203577.93	515316.83
CaO	2	6.87	1.00	0.29	-83.60	-0.84
Cu	3	5.00	2.85	1.71	-35.79	-1.02
MnO	4	0.20	66.81	1336.	37530.49	25074.12
Zn	5	58.0	0.45	0.04	-99.13	-0.45
V	6	216	126.8	3.52	-33.87	-42.94
Fe2O3	7	7.20	7.54	7.33	17.97	1.35
MgO	8	5.28	20.38	30.88	334.81	68.23
Co	9	21.1	26.88	11.47	43.51	11.69
W	10	1.10	56.14	510.3	5649.21	3171.47
Nb	11	4.70	6.91	16.17	65.62	4.53
TiO2	12	0.59	2.78	56.54	430.79	11.98
Ni	13	10.2	78.83	100.4	770.60	607.47
Sr	14	399.	1.98	0.07	-99.44	-1.97
Cs	15	1.30	495.3	5715.	42826.31	212152.95
SiO2	16	51.3	0.83	0.26	-98.18	-0.81
NTE	17	7.44	0.19	0.43	-97.12	-0.18
Ga	18	15.7	17.33	19.87	24.34	4.22
Ta	19	0.30	2.80	177.3	951.39	26.64
Na2O	20	2.68	240.6	1796	10017.00	24109.91
Y	21	19.7	0.15	0.16	-99.14	-0.15
Rb	22	55	8.46	3.38	-82.67	-6.99
Ba	23	534	30.13	1.30	-93.64	-28.21
K2O	24	1.78	53.54	721.8	3288.34	1760.58
As	25	0.90	0.15	4.17	-81.23	-0.12
Mo	26	0.80	247.2	8035	34715.67	85834.49
U	27	1.30	15.85	329.1	1273.45	201.84
Pb	28	5.50	22.68	115.4	364.52	82.67
Au	29	1.20	0.81	19.58	-23.96	-0.19
Ag	30	0.10	0.15	45.00	68.97	0.10
Al2O3	31	14.8	3.84	8.00	-70.93	-2.72
Th	32	5.80	1.73	9.54	-66.40	-1.15
Hf	33	2.80	0.15	1.77	-93.97	-0.14
Zr	34	92.2	3.51	1.29	-95.71	-3.36
Eğim (m)	1,39					

ni; elementlere verilen değerler, C_i^O; az altere kayaçtaki element miktarı, C_i^A; altere kayaçtaki i elementinin ortalama konsantrasyonu, C_i^S; hesaplanmış ölçeklendirme değerleri, ΔC-nispi (%) net (g/100g); elementlerin az altere kayaca göre net kütle değişimi, NTE; toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmıştır.

Ek Tablo 6. Cevherleşmenin gözlemlendiği zonda yer alan altere ve az altere kayaların (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M8, M9, M10, M11, M12 numaralı örnekler) içerisinde bulunan elementlere ait analiz sonuçları, nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimleri

Element	ni	C _i ^O	C _i ^A	C _i ^S	ΔC-nispi	ΔC-net
P2O5	1	0.14	82.5	589.2	102481.17	84546.96
CaO	2	6.87	34.43	10.02	772.41	265.94
Cu	3	5	3.37	2.022	17.33	0.58
MnO	4	0.2	35	700	30363.50	10627.22
Zn	5	58	4.15	0.357	-87.54	-3.63
V	6	216	62.53	1.736	-49.61	-31.02
Fe2O3	7	7.2	0.83	0.806	-79.93	-0.66
MgO	8	5.28	284.7	431.4	9287.31	26443.75
Co	9	21.1	358.1	152.7	2855.02	10226.11
W	10	1.1	25.67	233.3	3962.33	1017.13
Nb	11	4.7	2.88	6.740	6.67	0.19
TiO2	12	0.59	1.6	32.54	372.07	5.95
Ni	13	10.2	84.7	107.9	1345.52	1139.66
Sr	14	399.	1.85	0.064	-99.19	-1.84
Cs	15	1.3	594.2	6856	79473.33	472270.29
SiO2	16	51.3	5.08	1.584	-82.76	-4.20
NTE	17	7.44	0.2	0.456	-95.32	-0.19
Ga	18	15.7	3.88	4.448	-56.98	-2.21
Ta	19	0.3	1.85	117.1	973.48	18.01
Na2O	20	2.68	66.83	498.7	4240.89	2834.18
Y	21	19.7	0.35	0.373	-96.91	-0.34
Rb	22	55	2.19	0.876	-93.07	-2.04
Ba	23	534	14	0.602	-95.44	-13.36
K2O	24	1.78	76.41	1030	7372.60	5633.41
As	25	0.9	0.03	0.833	-94.20	-0.03
Mo	26	0.8	146.5	4761	31777.87	46554.59
U	27	1.3	9.68	201.0	1196.21	115.79
Pb	28	5.5	10.7	54.47	238.66	25.54
Au	29	1.2	0.47	11.35	-31.82	-0.15
Ag	30	0.1	0.1	30	74.08	0.07
Al2O3	31	14.8	0.19	0.395	-97.78	-0.19
Th	32	5.8	0.93	5.131	-72.09	-0.67
Hf	33	2.8	0.02	0.235	-98.76	-0.02
Zr	34	92.2	0.48	0.177	-99.09	-0.48
Eğim (m)				0,67		

ni; elementlere verilen değerler, C_i^O; az altere kayaçtaki element miktarı, C_i^A; altere kayaçtaki i elementinin ortalama konsantrasyonu, C_i^S; hesaplanmış ölçeklendirme değerleri, ΔC-nispi (%) net (g/100g); elementlerin az altere kayaca göre net kütle değişimi, NTE; toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmıştır.

Ek Tablo 7. Tüm örnekleme hattında yer alan altere ve az altere kayalar içerisinde bulunan elementlere ait analiz sonuçları, nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimleri.

Element	ni	C _i ^O	C _i ^A	C _i ^S	ΔC-nispi	ΔC-net
P2O5	1	0.14	196.2	1401	178897.15	351085.65
CaO	2	6.87	13.15	3.83	144.42	18.99
Cu	3	5	3.03	1.82	-22.62	-0.69
MnO	4	0.2	56.21	1124	35787.90	20116.38
Zn	5	58	1.68	0.14	-96.30	-1.62
V	6	216	105.3	2.93	-37.70	-39.73
Fe2O3	7	7.2	5.30	5.15	-6.00	-0.32
MgO	8	5.28	108.4	164.3	2523.74	2738.00
Co	9	21.1	137.3	58.57	730.97	1003.69
W	10	1.1	45.99	418.0	5238.70	2409.28
Nb	11	4.7	5.57	13.04	51.33	2.86
TiO2	12	0.59	2.39	48.61	417.26	9.97
Ni	13	10.2	80.78	102.9	911.27	736.13
Sr	14	399	1.93	0.07	-99.38	-1.92
Cs	15	1.3	528.3	6096	51795.10	273649.08
SiO2	16	51.3	2.24	0.70	-94.42	-2.12
NTE	17	7.44	0.19	0.43	-96.74	-0.18
Ga	18	15.7	12.84	14.72	4.43	0.57
Ta	19	0.3	2.48	157.0	955.59	23.70
Na2O	20	2.68	182.7	1363	8606.42	15726.51
Y	21	19.7	0.54	0.58	-96.50	-0.52
Rb	22	55	6.37	2.55	-85.21	-5.43
Ba	23	534	24.75	1.07	-94.08	-23.29
K2O	24	1.78	61.16	824.6	4287.45	2622.20
As	25	0.9	0.11	3.06	-84.39	-0.09
Mo	26	0.8	213.6	6944	34005.00	72658.48
U	27	1.3	13.79	286.4	1254.52	173.00
Pb	28	5.5	18.68	95.10	333.69	62.33
Au	29	1.2	0.69	16.68	-26.58	-0.18
Ag	30	0.1	0.13	39.00	66.00	0.09
Al2O3	31	14.8	2.63	5.48	-77.43	-2.04
Th	32	5.8	1.46	8.06	-67.86	-0.99
Hf	33	2.8	0.10	1.18	-95.44	-0.10
Zr	34	92.2	2.50	0.92	-96.54	-2.41
Eğim (m)	1,18					

ni; elementlere verilen değerler, C_i^O; az altere kayaçtaki element miktarı, C_i^A; altere kayaçtaki i elementinin ortalama konsantrasyonu, C_i^S; hesaplanmış ölçeklendirme değerleri, ΔC-nispi (%) net (g/100g); elementlerin az altere kayaca göre net kütle değişimi, NTE; toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Uğur AYDIN 1990 yılında Kars'ın Kağızman ilçesinde doğdu. 2003-2007 yılları arasında lise öğrenimini Antalya' da tamamladı. 2009 yılında Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Lisans öğrenimine başladı. 2013-2014 öğretim yılında Lisans öğrenimini tamamladıktan sonra 2016 yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Öğrenimine başladı. Halen Özel bir şirkette vardiya amiri olarak görev yapmaktadır.