



T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**GÜMÜŞDAMLA - ERİKDİBİ (BAYBURT) VE CİVARINDAKİ EOSEN YAŞLI
VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİSİ, JEOKİMYASI VE PETROLOJİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DAMLA SELVİ

MAYIS 2019
GÜMÜŞHANE

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GÜMÜŞDAMLA - ERİKDİBİ (BAYBURT) VE CİVARINDAKİ EOSEN YAŞLI
VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİSİ, JEOKİMYASI VE PETROLOJİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DAMLA SELVİ

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

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17.05.2019

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 25.06.2019

MAYIS 2019



KABUL ve ONAY



Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ danışmanlığında **Damla SELVİ** tarafından hazırlanan **“GÜMÜŞDAMLA - ERİKDİBİ (BAYBURT) VE CİVARINDAKİ EOSEN YAŞLI VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİSİ, JEOKİMYASI VE PETROLOJİSİ”** 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 (Danışman):

Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ

Üye:

Doç. Dr. İrfan TEMİZEL

Üye:

Doç. Dr. Alaaddin VURAL

ONAY

Bu tez **25/9** /2019 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu çalışma GÜBAP 01 (Proje No: 17.F5114.01.03) ve TÜBİTAK 1001 (Proje No: 115Y154) Destek Programı kapsamında desteklenmiştir.

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum "Gümüşdamla-Erikdibi (Bayburt) ve Çevarındaki Eosen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografisi, Jeokimyası ve Petrolojisi" 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. 17/05/2019

Damla SELVİ

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**GÜMÜŞDAMLA - ERİKDİBİ (BAYBURT) VE CİVARINDAKİ EOSEN YAŞLI
VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİSİ, JEOKİMYASI VE PETROLOJİSİ**

Damla SELVİ

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ

2019, 84 sayfa

Bu tezin konusunu Gümüşdamla-Erikdibi (Bayburt) ve çevresinde yer alan Eosen yaşlı volkanik kayaçlar oluşturur. Bu kapsamda, çalışma alanındaki volkanik kayaçlar petrografik, jeokimyasal ve petrolojik olarak incelenmiş olup, kayaçları oluşturan magmanın kökeni ve gelişimi belirlenmeye çalışılmıştır.

İnceleme alanı Doğu Pontidler'in güneyinde yer almakta olup, başlıca birimleri Geç Kretase yaşlı Ardıç Volkanitleri, Eosen yaşlı Sırataşlar Formasyonu, Eosen yaşlı Yazyurdu Formasyonu, bu birimi kesen Eosen yaşlı Taşlıburun Diyoriti ve Kuvarterner yaşlı alüvyonlar oluşturur.

Çalışma alanındaki Eosen yaşlı volkanik kayalar bazalt, bazaltik andezit ve andezit bileşimindedir. Başlıca mineraller plajiyoklas, alkali-feldispat, piroksen, amfibol, biyotit ve opak minerallerinden oluşmaktadır.

Gümüşdamla-Erikdibi (Bayburt) ve civarındaki volkanik kayalara ait plajiyoklaslar An_{39-86} bileşimli olup bitownit, labrador ve andezinden oluşurlar. Piroksenler klinopiroksen ($Wo_{40-48}En_{39-46}Fs_{9-19}$) bileşiminde olup, diyopsitten ojite doğru değişen bir bileşim gösterirler.

İncelenen volkanik kayalar düşük-yüksek potasyum (K) içeriğine sahip olup, kalk-alkali ve kısmen de toleyitik karakter sergilemektedir. Bu kayalar hafif nadir toprak elementler (HNTE)'ce zenginleşmiş, büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (BİYLE) ve yüksek çekim alanlı elementler (YÇAE)'ce tüketilmişlerdir. Kondrite göre normalize edilen nadir toprak element dağılımları, konkav şekilli olup, orta derecede zenginleşmişlerdir ($La/Lu_N=9.04-16.34$). Bu sonuçlar, volkanitleri oluşturan kayaların benzer kayaktan türediklerini göstermektedir.

Plajiyoklaslardan hesaplanan kristallenme sıcaklıkları 928 ile 1126°C ve su içerikleri % 0.12 ile 0.97 arasındadır. Klinopiroksen minerallerinde hesaplanan kristallenme sıcaklıkları 921 ile 1077°C ve basınç değerleri 0.24 ile 3.62 kbar arasındadır.

Tüm bu veriler ışığında incelenen volkanitlerin ana magmasının önceki yitimden oluşan akışkanların metasomatizmasıyla zenginleşmiş litosferik manto kaynağından türediğini ve daha sonra kabuk içerisinde özellikle fraksiyonel kristallenme ve daha az oranda da magma karışımı, kirlenme gibi magmatik olayların etkisiyle geliştiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bayburt, Doğu Pontidler, Gümüşdamla-Erikdibi, Jeokimya, Jeotermobarometre, Petroloji, Eosen volkanik kayalar

ABSTRACT

MS THESIS

PETROGRAPHY, GEOCHEMISTRY AND PETROLOGY OF THE EOCENE VOLCANIC ROCKS IN THE GÜMÜŞDAMLA - ERİKDİBİ (BAYBURT) AND SURROUNDING REGION

Damla SELVİ

Gümüşhane University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ

2019, 84 pages

Eocene volcanic rocks in the Gümüşdamla-Erikdibi (Bayburt) and its surrounding area is the subject of this thesis. Within this scope, petrographical, geochemical and petrological characteristics of volcanic rocks from the study area were investigated, and the origin and the evolution of the magma that forms the rocks were tried to determined.

Study area is in the south of the Eastern Pontides. The main units consist of Late Cretaceous Ardıç Volcanites, Eocene Sırataşlar Formation, Eocene Yazyurdu Formation, Eocene Taşlıburun Diorite that cut this unit and Quaternary alluviums.

Eocene volcanic rocks in the study area are consist of basalt, basaltic andesite and andesite in composition. Main minerals consist of plagioclase, alkali feldspar, pyroxene, amphibole, biotite and opaque minerals.

Plagioclases of the Eocene volcanic rocks in the Gümüşdamla-Erikdibi (Bayburt) and surrounding area are in the composition of An_{39-86} , and are consist of bitownite, labrador and andesine. Besides, pyroxenes are clino-pyroxene in composition ($Wo_{40-48}En_{39-46}Fs_{9-19}$), and differ from diopside to augite.

Studied volcanic rocks have low to high potassium (K) values and show calc-alkaline and partly tholeiitic character. These volcanic rocks are enriched in light rare earth elements (LREE) and depleted in high field strength elements (HFSE). The chondrite-normalized light rare earth elements (REE) distributions are concave in shape and enrich medium level ($La/Lu_N=9.04-16.34$). This case indicates that the rocks forming the volcanics are derived from similar sources.

Crystallization temperatures calculated from plagioclase are between 928 to 1126 °C and water content are between 0.12 and 0.97 %. Crystallization temperatures calculated from clino-pyroxene minerals are between 921 and 1077 °C and the pressure values are between 0.24 and 3.62 kbar.

In the light of these data, the parental magma(s) of the studied volcanics rocks were derived from an enriched lithospheric mantle source previously enriched by subduction related fluids and it reached the final composition with the effect of fractional crystallization and minor amount of magma mixing and crustal contamination.

Keywords: Bayburt, Eastern Pontides, Gümüşdamla-Erikdibi, Geochemistry, Geothermobarometry, Petrology, Eocene volcanic rocks

TEŞEKKÜR

Gümüşdamla-Erikdibi (Bayburt) ve civarındaki Eosen yaşlı volkanik kayaların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesini amaçlayan bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tezin her aşamasında desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ'a teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım hocalarım Doç. Dr. Cem YÜCEL, Doç. Dr. Emre AYDINÇAKIR, Öğr. Üyesi Dr. Mehmet Ali GÜCER ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü hocalarına ve personellerine teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme şükranlarımı sunarım.

Bu çalışma GÜBAP 01 Destek Programı kapsamında 17.F5114.01.03 nolu proje ile desteklenmiştir. Ayrıca 115Y154 nolu TÜBİTAK 1001 projesi tarafından kısmen desteklenmiştir. Her iki kuruma da teşekkür ederim.

Damla SELVİ
Gümüşhane, 2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER.....	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIII
TABLolar DİZİNİ.....	XVI
SEMBOLLER DİZİNİ	XVII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş ve Amaç.....	1
1.2. Coğrafik Bilgiler.....	1
1.2.1. Coğrafi Konum.....	1
1.2.2. Topoğrafya	1
1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü.....	3
1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim	3
1.3. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Genel Jeolojisi	3
1.4. Bölgede Yapılan Önceki Çalışmalar	5
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	16
2.1. Amaç ve Yöntem.....	16
2.1.1. Arazi Çalışmaları.....	16
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları	16
2.1.2.1. İnce Kesitlerin ve Parlatılmış İnce Kesitlerin Hazırlanması	16
2.1.2.2. Petrografik İncelemeler ve İnce Kesit Fotoğrafların Çekimi	16
2.1.2.3. Örneklerin Kimyasal Analize Hazır Hale Getirilmesi	16
2.1.2.4. Mineral Kimyası (Mikroprob) Analizleri.....	16
2.1.2.5. Jeokimyasal Analizler	17
2.1.2.6. Nem Kaybı ve Ateşte Su Kaybı (LOI)	17
2.1.3. Ofis Çalışmaları.....	18
3. BULGULAR	19
3.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi.....	19
3.1.1. Ardıç Volkanitleri.....	23

3.1.1.1. Yaş	24
3.1.2. Sırataşlar Formasyonu	25
3.1.2.1. Yaş	27
3.1.3. Yazyurdu Formasyonu	27
3.1.3.1. Yaş	34
3.1.4. Taşlıburun Diyoriti	34
3.1.4.1. Yaş	36
3.1.5. Alüvyon	36
3.1. Eosen yaşlı Yazyurdu Formasyonu'na ait Volkanik Kayaçların Mineral Kimyası	37
3.1.1. Plajiyoklas	37
3.1.2. Klinopiroksen	40
3.2. Jeotermobarometre Hesaplamaları	43
3.2.1. Jeotermometre Hesaplamaları	44
3.2.2. Plajiyoklas Termometresi	44
3.2.2.1. Klinopiroksen Termometresi	45
3.2.3. Jeobarometre Hesaplamaları	47
3.2.3.1. Klinopiroksen Barometresi	47
3.1. Eosen yaşlı Yazyurdu Formasyonu'na ait Volkanik Kayaçların Jeokimyası ..	47
3.2. Giriş	47
3.2.1. Volkanik Kayaçların Kimyasal Sınıflandırılması	47
3.2.2. Ana ve İz Element Analizleri	52
3.2.3. Nadir Toprak Element Analizleri	57
3.2.4. Tektonik Konum	58
4. TARTIŞMA	61
4.1. Fraksiyonel Kristallenme	61
4.2. Asimilasyon-Fraksiyonel Kristallenme	63
4.3. Kaynak Karakteristiği	64
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	68
6. KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası	2
Şekil 1.2. Doğu Pontidler'deki Tersiyer yaşlı volkanik kayalar ve bu kayaları kesen sokulumların yayılımını gösteren jeolojik harita.....	13
Şekil 3.1. İnceleme alanının stratigrafik kolon kesiti	20
Şekil 3.2. İnceleme alanının jeoloji haritası.....	21
Şekil 3.3. İnceleme alanının A-A' enine jeolojik kesiti.....	22
Şekil 3.4. Ardıç Volkanitleri'ne ait aglomera, tuf, tüfit aralanmasının görünümü.....	23
Şekil 3.5. Ardıç Volkanitleri'ne ait andezitlerde gözlenen doku A)Tek nikel B) Çift nikel	24
Şekil 3.6. Sırataşlar Formasyonu'na ait marn ve kumlu kireçtaşlarının arazi görünümü	25
Şekil 3.7. Sırataşlar Formasyonu'na ait kumtaşlarının mikroskopik görünümü, A) Tek nikel, B) Çift Nikol.....	26
Şekil 3.8. Yazyurdu Formasyonu'na ait volkanik breşlerin arazi görünümü	28
Şekil 3.9. Yazyurdu Formasyonu ile Sırataşlar Formasyonu dokanağı	28
Şekil 3.10. Yazyurdu Formasyonu'na ait andezitlerin arazi görünümü	29
Şekil 3.11. Yazyurdu Formasyonu içindeki andezitlerde gözlenen porfirik doku A)Tek Nikol B) Çift Nikol	30
Şekil 3.12. Yazyurdu Formasyonu içindeki andezitlerde gözlenen kümülofirik doku A) Tek Nikol, B) Çift Nikol	30
Şekil 3.13. Yazyurdu Formasyonu içindeki bazaltlarda gözlenen mikrolitik doku A) Tek Nikol, B) Çift Nikol	31
Şekil 3.14. Yazyurdu Formasyonu içindeki andezitik litik-kristal tüflerin mikroskopik görünümü, A) Tek Nikol, B) Çift Nikol	32
Şekil 3.15. Yazyurdu Formasyonu içindeki kumtaşlarının mikroskopik görünümü, A) Tek Nikol, B) Çift Nikol	33
Şekil 3.16. Taşlıburun Diyoriti'nin arazi görünümü	34
Şekil 3.17. Taşlıburun Diyoriti içindeki ince taneli doku, A) Tek Nikol, B) Çift Nikol	36

Şekil 3.18. Çalışma alanındaki alüvyonlar	37
Şekil 3.19. İnceleme alanına ait plajiyoklasların An-Ab-Or sınıflama (Smith ve Brown, 1988) diyagramındaki konumları.....	39
Şekil 3.20. Klinopiroksenlerin, a) Wo-En-Fs (Morimoto vd. 1988), b) Ti-Na-Al ⁽⁴⁾ (Papike vd. 1974) diyagramındaki yerleri	42
Şekil 3.21. Fe-Ti oksit kristallerinin TiO ₂ FeO-Fe ₂ O ₃ ayırtman diyagramları (Bacon ve Hirschmann 1988).....	43
Şekil 3.22. İncelenen volkanitlerdeki feldispatlara ait Ab-An-Or üçgen diyagramı....	45
Şekil 3.23. İncelenen örneklerin SiO ₂ 'e karşı toplam alkali (Na ₂ O+K ₂ O) diyagramı (Le Maitre vd., 1989)	48
Şekil 3.24. İncelenen örneklerin Nb/Y'e karşı Zr/TiO ₂ sınıflama diyagramı (Winchester ve Floyd 1977)	49
Şekil 3.25. İncelenen örneklerin SiO ₂ -Zr/TiO ₂ diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977).....	49
Şekil 3.26. İncelenen kayaç örneklerinin AFM diyagramı, Toleyitik-kalk alkali ayrımı eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'dan alınmıştır	50
Şekil 3.27. İncelenen kayaç örneklerinin (a) Ce/Yb - Ta/Yb diyagramı, (b) Th - Co diyagramı	51
Şekil 3.28. İncelenen kayaç örneklerinin SiO ₂ 'ye karşı K ₂ O diyagramı (Le Maitre vd., 1989'dan alınmıştır)	51
Şekil 3.29. İncelenen kayaç örneklerinin SiO ₂ 'ye karşı ana element değişim diyagramları	55
Şekil 3.30. İncelenen kayaç örneklerinin SiO ₂ 'ye karşı iz element değişim diyagramları.....	56
Şekil 3.31. İncelenen kayaçların ilksel mantoya göre (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları	57
Şekil 3.32. İncelenen kayaçların; kondirite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları	58
Şekil 3.33. İncelenen kayaçların tektonik ayırtman diyagramları. (a) Nb (ppm)'ye karşı Nb/Th diyagramı (b) Sr/Y-Y Defant ve Drummond (1990)'ın tektonik ayırtman diyagramı.....	59
Şekil 3.34. İncelenen volkanitlere ait, (a) Ba'ya karşı Nb ve b) Ba'ya karşı La tektonik ortam ayırtman diyagramları (Alanlar: Perfit vd, 1980 ve Gill, 1981).....	60

Şekil 4.1.	İncelenen volkanik kayalara ait Y (ppm)'a karşı CaO (%) diyagramı (Lambert ve Holland, 1974)	62
Şekil 4.2.	İncelenen volkanik kayaların a) SiO ₂ 'ye karşı Y/Nb diyagramı, b) La'ya karşı Zr diyagramı.....	63
Şekil 4.3.	İncelenen volkanik kayaların Ta/Yb'a karşı Th/Yb diyagramı	64
Şekil 4.4.	İncelenen volkanitlerin; a) Ce/Pb karşı Ce diyagramı b) Manto kaynağını gösteren La/Yb'a karşı Nb/La diyagramı	65
Şekil 4.5.	İncelenen örneklere ait, a) Th/Y'ye karşı Nb/Y diyagramı (Pearce 1983'den alınmıştır. b) Ba/Nb'a karşı La/Nb (Jahn vd., 1999) diyagramı...	66
Şekil 4.6.	İncelenen örneklere ait Nb/Zr'a karşı Th/Zr diyagramı	67

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Doğu Pontidler'deki Tersiyer yaşlı volkanik kayalardan yapılmış radyometrik yaşlar ve yöntemleri.....	14
Tablo 3.1. Plajiyoklaslara ait mikrokimya analizleri	38
Tablo 3.2. Klinopiroksenlere ait mikrokimya analiz sonuçları.....	40
Tablo 3.3. Fe-Ti oksitlere ait mikrokimya analiz sonuçları.....	42
Tablo 3.4. İncelenen volkanitlerindeki plajiyoklaslardan elde edilen sıcaklık, basınç ve Hidrometre (Putirka, 2008) değerleri	45
Tablo 3.5. İncelenen volkanitlerdeki klinopiroksenlerden elde edilen sıcaklık ve basınç (Putirka, 2008) değerleri	46
Tablo 3.6. İncelenen kayaların ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) analizleri	52

SEMBOLLER DİZİNİ

Ab	: Albit
AC	: Akmit
A/CNK	: Molar olarak $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$
AFK	: Asimilasyon ile eş zamanlı gelişen kristallenme
An	: Anortit
ANTE	: Ağır nadir toprak elementleri
BİYLE	: Büyük iyon yarıçaplı litofil elementler
CATS	: Ca-çermakit
cm	: Santimetre
K	: Fraksiyonel Kristallenme
GÜ	: Gümüşhane Üniversitesi
Hbl	: Hornblend
HIMU	: μ -içeriği veya ($^{238}U^{204}Pb$) oranı yüksek manto kaynağı
Hip	: Hipersten
HNTE	: Hafif nadir toprak elementleri
ICP	: İndüktif eşleşmiş plazma
ICP-MS	: İndüktif eşleşmiş plazma – Kütle spektrometri
İlm	: İlmenit
JD	: Jadeyit
Ka	: Kalsit
km	: Kilometre
Ku	: Kuvars
Kp	: Kayaç Parçası
Kpir	: Klinopiroksen
LOI	: (loss on ignition=ateşte kayıp)
Mg#	: Mağnezyum numarası
mm	: Milimetre
MMA	: Mafik magmatik anklav
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
My	: Milyon yıl
NAT	: Na-Ti klinopiroksen

NATAL	: Na-Ti-Al klinopiroksen
NTE	: Nadir toprak elementler
OAB	: Okyanus adası bazaltı
Ol	: Olivin
Oj	: Ojit
OOSB	: Okyanus ortası sırtı bazaltı
Op	: Opak mineral
Opir	: Ortopiroksen
Pir	: Piroksen
Plj	: Plajiyoklas
TAL	: Ti-Al klinopiroksen
ppm	: Milyonda bir
TAS	: Toplam alkali silika
YÇAE	: Yüksek çekim alan enerjili elementler

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş ve Amaç

Çalışma alanı Türkiye'nin kuzeydoğusunda ve Bayburt kuzeyinde yer almaktadır. Bayburt ili tektonik konumu ve genel jeolojisi yönünden pek çok araştırmacı tarafından (Ketin, 1950, 1951; İlker, 1965; Tokel, 1972; Ağar, 1977; Burşuk, 1975; Norman, 1976; Özer, 1984; Musaoğlu, 1987; Akdeniz, 1988; Keskin vd. 1990, 1991; Gürsoy vd. 1993; Yılmaz, 1993; Okay vd. 1997; Yılmaz, 2002; Arslan vd. 2005; Çakmak, 2013; Öztürk, 2014; Çakmak ve Kaygusuz, 2014; Kaygusuz ve Öztürk, 2015; Çiftçi, 2017; Güloğlu, 2017; Turhan, 2017) incelenmiştir.

İnceleme alanı ve civarında yapılan çalışmalar genel jeoloji, maden yatakları ve plütonik kayaların petrolojisi ile ilgili olup, incelenen volkanitler üzerinde herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada Gümüşdamla-Erikdibi volkanitlerinin petrografik ve petrolojik özelliklerinin ortaya konulmasını amaçlamıştır.

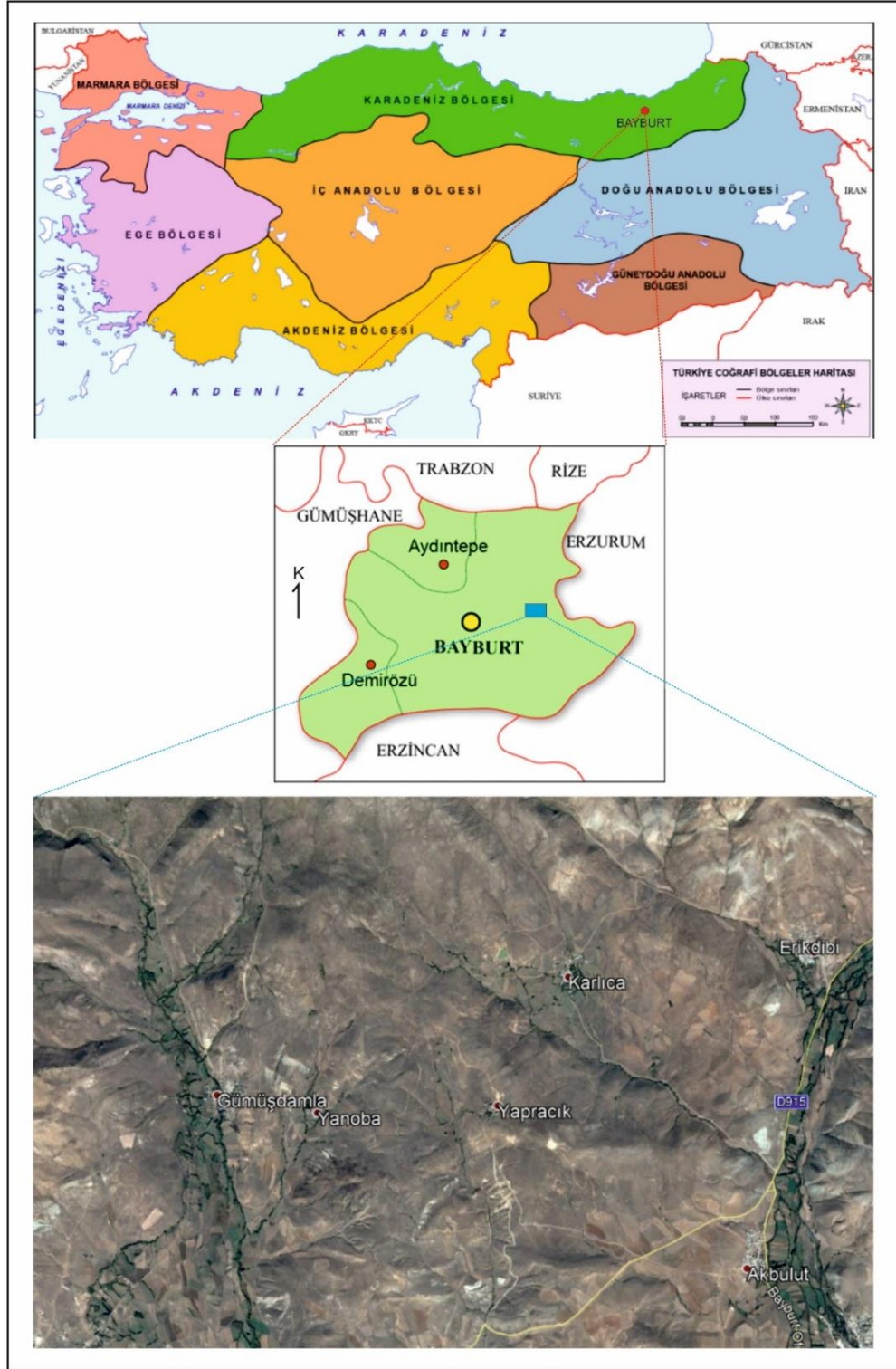
1.2. Coğrafi Bilgiler

1.2.1. Coğrafi Konum

İnceleme alanı, 1/25.000 ölçekli Trabzon H44-a2 paftasında, Bayburt ilinin 30 km kuzeybatısında, Gümüşdamla-Erikdibi civarında, yaklaşık 50 km²'lik bir alanda yer almaktadır (Şekil 1.1). Arazideki en büyük yerleşim yerleri Gümüşdamla ve Erikdibi köyleri'dir.

1.2.2. Topoğrafya

Çalışma alanında topoğrafya çok sert olmayıp, yükseltiler kuzeye doğru artma eğilimi gösterir. En önemli yükseltileri Körkerim Tepe (1841m), Kaban Tepe (1644m), Sakız Tepe



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer buldurur haritası

(1787m) ve Namazgâh Tepe (2000m) dir. İnceleme alanının en önemli akarsuları Aşağı Deresi, Karşılar Deresi, Düzlerin Deresi, Gümüşdamla Deresi, İnce Deresi'dir. Karadeniz'e doğru akan Çoruh Nehri, hem çalışma alanının ve hem de Doğu Karadeniz Bölgesi'nin en önemli akarsularından biridir. Büyükçukurbağ Dere inceleme alanı içinde Çoruh Nehri'ni besleyen en önemli deredir.

1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Gümüşdamla-Erikdibi yöresinde, Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz iklimi arasında geçiş gözlenir. Kışları yağışlı ve soğuk; yazları ise kurak ve sıcaktır.

İnceleme alanı bitki örtüsü açısından zengin değildir. Bitki örtüsü olarak çayırliklar ve ormanliklar görülür. Meşe ve kavak ağaçları yaygındır.

Bölge halkının ana geçim kaynağı hayvancılık ve arıcılık olup; fasulye, patates ve mısırdan da sağlanmaktadır.

1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim

İnceleme alanına ulaşım Bayburt - Çaykara karayoluyla yapılmaktadır (Şekil 1.1). Çalışma alanının Bayburt iline en yakın yeri Aydıntepe olup 28 km uzaklıktadır. İnceleme alanında en büyük yerleşim yerini Gümüşdamla-Erikdibi oluşturmaktadır.

1.3. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Genel Jeolojisi

İnceleme alanının içinde yer aldığı Doğu Karadeniz Bölgesine tektonik birim olarak "Pontid" ismi ilk olarak Hamilton (1842) tarafından verilmiş; Ketin (1966) bu birlikleri Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları olarak kuzeyden güneye dört birliğe ayırmıştır. Ketin ve Canitez (1972) bu tektonik birimlerden Pontidleri 'Doğu Pontidler' ve 'Batı Pontidler' olmak üzere iki kısma ayırmışlardır. Bir kısım araştırmacılar (Akın,1978; Gedikoğlu vd., 1979; Özsayar vd., 1981) Doğu Karadeniz Bölümü'nde Geç Kretase yaşlı kayaların güney ve kuzey bölgelerde farklılıklar göstermesi nedeniyle, Doğu Pontidleri "güney zon" ve "kuzey zon" olarak ikiye ayırmıştır. Bektaş (1986) Doğu Pontidleri kuzey, güney ve eksen zonu olarak üç alt birliğe bölmüştür.

Doğu Pontid’lerde en yaşlı birimleri metamorfik kayalar (Özcan vd., 1980; Alp, 1972; Okay, 1984; Rojay, 1993; Yılmaz vd., 1997; Tüysüz 1996; Altınkaynak, 2000; Topuz ve Altherr, 2004; Topuz vd., 2004a, 2004b, 2007, 2010; Eyüboğlu, 2006; Dokuz, 2000; Dokuz vd., 2006; Ustaömer ve Robertson, 2010) ve plütonik kayalar (Çoğlu, 1975; Tokel, 1972; Yılmaz, 1976; Özdoğan, 1992; Dokuz, 2011; Topuz vd. 2010; Kaygusuz vd. 2012, 2013, 2016) oluşturur.

Triyas dönemindeki kayaların varlığı tartışmalıdır. Bayburt Demirözü yöresindeki Karakaya Formasyonu’nun (Ağar, 1977; Yılmaz vd., 1997; Topuz vd., 2004a) ve Amasya yöresindeki Karasenir Formasyonu’nun (Alp, 1972) Triyas yaşlı olduğu belirtilmiştir. Eyüboğlu vd., (2010, 2011), Tokat ve Pulur masiflerini kesen mafik ve ultramafik plütonların Geç Triyas yaşlı olduklarını belirtmişlerdir.

Paleozoyik ve Triyas yaşlı birimler uyumsuz olarak Erken-Orta Jura yaşlı volkanotortul birimlerden tarafından örtülürler. Kuzey Zonu’nda Jura yaşlı tortul birimlere seyrek olarak rastlanılmakta olup, genel olarak volkanik kayalar ile temsil edilirler (Boynukalın, 1990; Şen, 2007; Eyüboğlu, 2006).

Geç Jura-Erken Kretase dönemi magmatik ve tektonik yönden duraylılık dönemine karşılık gelmekte olup, bütün bölgede karbonat çökelimi gözlenir. Bu birimler Kuzey Zon’da genellikle masif tabakalanmalı, gri-bej renkli kireçtaşları ile temsil edilirler (Taslı, 1984). İlk olarak Pelin (1977) tarafından Berdiga Formasyonu olarak adlandırılan bu birim, güney zonda kalın, yer yer masif katmanlı, bentik foraminiferlerce zengin, taban seviyeleri kısmen dolomitlerden, üst seviyeleri ise yumru çört ve bantlı kireçtaşlarından oluşmakta, sık denizel bir istif özelliği taşımaktadır (Kırmacı, 1992; Taslı, 1990; Yılmaz, 2002).

Geç Kretase döneminde granitik ve volkanik kayalar Kuzey Zon’da egemen litolojiyi oluştururlar (Jica, 1985; Bektaş, 1984; Köprübaşı, 1993; Gedik vd., 1992; Okay ve Şahintürk, 1997; Güngör vd., 1997; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Kaygusuz, 2000; Köprübaşı vd., 2000; Boztuğ vd., 2002; Karanlı vd., 2004, 2010; Şahin vd., 2004; Sipahi, 2005, 2011; Boztuğ vd., 2006; İlbeyli, 2008; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Kaygusuz ve Şen, 2011, Kaygusuz vd., 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013; Aydınçakır ve Şen, 2013; Sipahi vd., 2014; Sipahi ve Sadıklar, 2014). Güney zonda ise tortul ağırlıklı bir istif yer alır. Magmatizma yaygın olarak Bayburt-Amasya hattı boyunca gözlenir (Eyüboğlu vd., 2010; Topuz vd., 2010). Altherr vd., (2008)’e göre Alt Paleosen plajiyolositleri yitimin son ürünlerini oluştururlar.

Doğu Pontidlerde Senozoyik dönemi güneyde tortul, kuzeyde ise magmatik ağırlıklı bir istif ile temsil edilir (Arslan vd., 1997; Tokel, 1977; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Arslan ve Aslan, 2006; Topuz vd., 2005; Karşlı vd., 2007; Temizel ve Arslan, 2008, 2009; Karşlı vd., 2010, 2011a; Aslan, 2010; Eyüboğlu vd., 2011a, b; Kaygusuz vd., 2011; Topuz vd., 2011; Arslan vd., 2013, 2014; Aydınçakır, 2014; Temizel vd., 2012, 2014, 2018, 2019; Temizel, 2014; Özdamar vd., 2017). Senozoyik döneminde Kuzey Zon'da magmatizma Güney Zona nazaran daha şiddetli olup kalk-alkalen, granitik ve bazik volkanik kayalar ile temsil edilir (Şen vd., 1998; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Boztuğ vd., 2004; Karşlı vd., 2011b).

Bölgedeki magmatik faaliyetlerin son ürünleri sahil boyunca yayılım gösteren Neojen yaşlı alkali volkanizma ürünlerinden oluşur. (Aydın, 2003; Aydın vd., 2008; Yücel vd., 2014; Yücel, 2013). Güneyde Neojen tortulları jipsli, tuzlu sığ deniz, lagün ve göl sel fasiyesleri oluşturur (Erentöz ve Ketin, 1974; Ketin, 1983). Bölgedeki en genç kayaları Kuvaterner yaşlı alüvyon ve travertenler oluşturur.

1.4. Bölgede Yapılan Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı ve civarında yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

Ketin (1950, 1951), Bayburt bölgesindeki temel kayaların metamorfik serilerden oluştuğunu, bunların üzerine uyumsuz olarak Liyas yaşlı birimlerin geldiğini ve bunun Malm yaşlı birimle örtüldüğünü, bu birimin üzerine de Erken Kretase yaşlı birimlerin de geldiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, Orta Kretase yaşlı ofiyolitik serinin üzerinde transgresif olarak Geç Kretase yaşlı rudistli resifal kalkerlerin yer aldığını, en üstte de Erken-Orta Eosen (Lütesiyen-Auversiyen) yaşlı flişlerin yer aldığını belirtmiştir.

İlker (1965), Bayburt yöresinde Jura-Kretase kalkerlerinin üzerine uyumsuz olarak detritik kalkerlerin geldiğini, Alt ve Orta Eosen yaşlı Nummulites'li kalkerler üzerine kumtaşı-marn-konglomera, tuf ve spilitler ile killi kısımların geldiğini ve serinin kalkerlerle son bulunduğunu belirtmiştir.

Burşuk (1975), Bayburt yöresinde Mesozoyik yaşlı birimlerin Liyas, Dogger, Malm, Erken ve Geç Kretase; Senozoyik yaşlı birimlerin ise Eosen ile temsil edildiğini, mikrit ve biyomikritlerle temsil edilen Eosen'in transgresif olduğunu belirtmiştir.

Ağar (1977), Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) yöresinde temelde bulunan Dolama Gnaysının üzerine açısız uyumsuzlukla Üst Karbonifer yaşlı Çatalçeşme Formasyonu'nun geldiğini, bu birim üzerine sırasıyla Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu,

Alt Sinemuriyen yaşı Çaltepe Kireçtaşı, Üst Sinemuriyen yaşı Hamurkesen Formasyonu, Kimmericiyen-Berriyasiyen yaşı Hozbirikyayla Formasyonu, Alt Eosen yaşı Sırataşlar Formasyonu ve Orta Eosen yaşı Kızılyar Formasyonu'nun geldiğini ve istifin Pliyosen yaşı Karaçayır Formasyonu ile son bulunduğunu belirtmiştir.

Tokel (1977), Doğu Pontidler'de Eosen yaşı kayaçların kalk-alkalen karakterli olduklarını belirtmiştir.

Özer (1984), Bayburt yöresinde Tekçamtepe Formasyonu'nun İpresiyen-Lütesiyen yaşında olduğunu belirtmiştir.

Musaoğlu (1987), Gümüşhane ve Bayburt yörelerinde Pulur metamorfitlelerinin düşük dereceli metamorfik kayaçlardan oluştuğunu, Hozbirikyayla Formasyonu'nun Senomaniyen (Geç Kretase) yaşında olduğunu, Paleozoik yaşı kabul edilen plütonik kayaçların Geç Kretase ve sonrası oluştuğunu, Danişment volkano-tortul üyesinin yaşının, Orta-Geç Eosen olduğunu belirtmiştir.

Akdeniz (1988), Bayburt yöresindeki Sırataşlar Formasyonu'nun Eosen öncesi çökeller üzerinde transgresif olarak yer aldığını, bu çökellerin güneyde ve kuzeyde gözlenen diğer Eosen çökellerinden farklı olduğunu ifade etmiştir.

Keskin vd., (1990), Bayburt batısında Tepetarla Formasyonu'nun Erken-Orta Paleosen yaşında Sığırcı Formasyonu'nun Lütesiyen yaşında ve Sırataşlar Formasyonu'nun Erken-Orta Eosen (Lütesiyen) yaşında olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, Yazıyurdu Formasyonu'nun andezit, dasit, aglomera, tuf ve volkanotortul kayaçlar aralanmalı silttaşı, kumtaşı ve marn seviyeleri ile fosilli kireçtaşı ve kumlu kireçtaşından oluştuğunu, üst kesimlerde bantlar şeklinde bulunan kireçtaşlarının (Nişantaşı üyesi) yaşının Erken-Orta Eosen (Geç Lütesiyen) olduğunu ifade etmişlerdir.

Keskin vd., (1991), Gümüşhane ve Bayburt yöresinde Sırataşlar Formasyonu'nun Erken-Orta Eosen (İpresiyen-Lütesiyen) yaşında olduğunu, Kızılyar Formasyonu (Ağar 1975)'nin Sırataşlar Formasyonu üzerine uyumlu olarak geldiğini, Kızılburun Kireçtaşı Üyesi'nin Kızılyar Formasyonu içinde mercer şeklinde yer aldığını ve Kızılyar Formasyonu'nun yaşının Lütesiyen olduğunu belirtmişlerdir.

Gürsoy vd., (1993), Kelkit (Gümüşhane) ve çevresinde Eosen'de Gümüşgözdere Formasyonu, Özen Formasyonu, Sırataştepe Formasyonu, Kızılca Formasyonu ve Azizbaba Volkanitlerini tanımlamışlardır.

Yılmaz (1993), Doğu Pontid Güney Zonu'nunda yer alan çökel kayaçlarının Liyas döneminde riftleşme, Dogger-Kretase ve Erken Eosen döneminde transgresyonlar ile

geliştiğini ve istiflerin nihai durumunu Geç Kretase ve Miyosen’de gelişen orojenik hareketlerle kazandığını ifade etmiştir.

Okay vd., (1997), Bayburt bölgesinde Alt Eosen tektoniği sonrası oluşmuş ve kireçtaşı, kumtaşı ve konglomeradan oluşan kayalar Eosen yaşlı Sırataşar Formasyonu olarak isimlendirmişlerdir.

Arslan vd., (2005), Bayburt yöresinde Eosen yaşlı birimlerin Liyas-Dogger yaşlı volkanoklastikler ve Malm-Alt Kretase yaşlı resifal karbonatlar üzerine uyumsuz olarak geldiğini, Tekçam Tepe Formasyonu’nun Eosen istifinin Nummulites’li kireçtaşları ile başlayıp kıltaşı ve marnla devam ederek dereceli olarak tüflere geçiş gösterdiğini belirtmişlerdir.

Mercan (2009), Bayburt yöresinde tabanda Devoniyen-Karbonifer yaşlı Akşar Graniti’nin bulunduğunu, bu birimin üzerine sırasıyla uyumsuz olarak Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonu, Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı Hozbirikyayla Formasyonu, Eosen yaşlı Sırataşlar Formasyonu ve son olarak da İpresiyen-Lütesiyen yaşlı Yazyurdu Formasyonu’nun geldiğini belirtmiştir. Ayrıca kuvars diyorit, granodiyorit ve kuvars monzodiyorit’ten oluşan Rize Plütonunun ise Yazyurdu Formasyonu’nu kestiğini belirtmiştir.

Danacı (2009), Bayburt yöresinde Yazyurdu Formasyonu’nun tuf, tüfit, marn, kumtaşı aralanmasından oluştuğunu ve Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı Hozbirik yayla Formasyonu’nun üzerine aşıl uyumsuzlukla geldiği belirtilmiştir.

Eyuboğlu vd. (2017), Doğu Pontidlerde Dereli güneyi-Gümüşhane-Bayburt-İspir hattı boyunca yüzeylenen Eosen yaşlı plütonların K₂O içeriklerine göre dört ana gruba ayırdıklarını, düşük K₂O içerikli, yüksek K₂O içerikli ve karışık (düşük-yüksek) K₂O içerikli plütonların granodioritik ve monzonitik bileşimde; şösonitik plütonların ise siyenitik bileşimli olduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca, söz konusu plütonların 41-47 My yaş aralığında yerleştiklerini belirtmişlerdir.

Çiftçi, (2017), Bayburt yöresinde yer alan Çakırbağ Granitoidin’in elips şekilli olduğunu, diyorit, granodiyorit ve tonalit bileşimli kayalardan oluştuğunu, yüksek-K’lu kalk-alkalen karakterli, I-tipi ve yüksek SiO₂ içeriklerine sahip olduğunu, metalümin karakterli ve büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce zenginleşmiş olduklarını ve granitoidin gelişiminde plajiyoklas, amfibol ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu belirtmiştir.

Güloğlu (2017), Bayburt yöresindeki Arslandede Granitoyidin'in monzodiyorit, monzogabro, kuvarslı monzonit, monzonit ve granit bileşimli kayaçlardan oluştuğunu, genel olarak I-tipi, metalümin, yüksek K'lu-şoşonitik karakterli ve yüksek SiO₂ içeriklerine sahip olduklarını, içindeki mafik magmatik anklavların (MMA) orta-yüksek K'lu ve metalümin karakterli olduklarını, ana kayadan daha düşük A/CNK ve SiO₂ oranlarına sahip olduklarını, apatit ve zirkonlardan yapılan hesaplamalarda kristallenme sıcaklıklarının ana kayaçlarda 671-836 °C, mafik magmatik anklavlarda ise 647-836 °C arasında değiştiğini, plütону oluşturan ana magmasının litosferik mantodan türediğini ve kabuk kayaçlarının katkısının nisbeten az olduğunu belirtmişlerdir.

Kaygusuz vd. (2018), Doğu Pontidlerde Gümüşhane-Bayburt hattı boyunca gözlenen Eosen yaşlı Somarova, Çiçekli, Sorkunlu, Şaşurluk, Kemerlikdağı, Aydıntepe ve Pelitli plütוןlarının genelde KD-GB uzanımlı ve yaklaşık elips şekilli olduklarını, değişik boyutlu diyorit ve tonalit bileşimli mafik magmatik anklavlar (MMA) içerdiklerini ve gabrodiyoritten granite kadar değişen bileşimde olduklarını belirtmişlerdir. Kayaçların başlıca labrador, albit, magnezyumlu hornblend, tremolit, diyopsit, ojit, klinoenstatit ve Fe-Ti oksit minerallerinden oluştuklarını; kayaçların kristallenme sıcaklıklarının 405°C ile 1161°C, basınç değerlerinin 0.1 ile 2.7 kbar, oksijen fugasitesinin ($\log_{10} fO_2$) -20 ile -12 ve amfibollerden hesaplanan su içeriklerinin ise % 2.9 ile 6.8 arasında olduklarını ve plütוןların sığ derinliklere (yaklaşık 1-8 km) yerleşerek katılaştıklarını ifade etmişlerdir.

Bölgede Eosen yaşlı volkanik kayaçlar üzerinde yapılan çalışmalar ise aşağıda özetlenmiştir:

Tokel (1997), Doğu Pontidler'deki Tersiyer volkanizmasına ait kayaçların kalk-alkali sınıfının kalsik ucunda yer aldığını, silisyuma doygun olduğunu ve genellikle Al₂O₃ bakımından zengin olduğunu belirtmiştir.

Eğin vd. (1979), Harşit vadisi boyunca yer alan Geç Kretase yaşlı volkanik kayaçların toleyitik, Tersiyer yaşlı volkanik kayaçların ise kalk-alkali özellik gösterdiklerini ifade etmişlerdir.

Çamur vd. (1996), Kuzey Zonu'ndaki volkanik kayaçları Jura Volkanik Devri, Geç Kretase Alt Volkanik Devri, Geç Kretase Üst Volkanik Devri ve Tersiyer Volkanik Devri olarak dört ana volkanik devire bölmüşlerdir. Jura yaşlı volkanik kayaçların zenginleşmiş okyanus ortası bazaltı ve yay gerisi özellikte olduklarını ve kabuktan etkilenmediklerini, Geç Kretase yaşlı volkanik kayaçların toleyitik ve kalk-alkali, Tersiyer yaşlı volkanik kayaçların

ise şoşonitik özellikte olduklarını ve zenginleşmiş okyanus ortası bazaltlara benzer bir magmadan türediklerini belirtmişlerdir.

Arslan vd. (1997), Doğu Pontidlerde geniş yüzeylemeler sunan Eosen volkanizmasının yitim sonunda alt kabuk ve/veya üst mantodan kısmi ergime sonucu oluştuğunu belirtmişlerdir.

Şen vd. (1998), Doğu Pontid Alkalen Provensinin, Senozoyik dönemde gelişen volkanik faaliyetler ile oluştuğunu, alkali kayaçların Tonya ve Trabzon grubundan oluştuğunu, bu kayaçların metasomatizmaya uğramış bir manto kaynağından türeyen ve sığ derinliklerde farklılaşmaya uğrayan birincil bir magma ile ilişkili olabileceğini ifade etmişlerdir.

Aliyazıcıoğlu (1999), Doğu Pontid Güney Zonu'nda, Kale (Gümüşhane) alanındaki Kale Formasyonu'na ait aglomeralar içindeki mikritik kireçtaşı çakıllarında Paleosen mikrofosilleri bulunduğunu, volkanizmanın Paleosen döneminde başlayıp Eosen'de etkili bir şekilde devam ettiğini, volkanik kayaçların ana magmasının muhtemelen metasomatizmaya uğramış (zenginleşmiş) bir manto kaynağından türediğini ifade etmiştir.

Barbieri vd. (2000), Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kuzeyindeki Senozoyik yaşlı volkanik kayaçların yaşlarının 26 My civarında yoğunlaştığını, Trabzon güneyinden silise doymamış alkali kayacın 26.5-27 My yaşında ve yöredeki Senozoyik volkanik kayaçların en son ürünü olduğunu belirtmişlerdir.

Şen (2000), Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kuzeyindeki Eosen sonrası oluşmuş kayaçlar içerisinde bulunan "ultramafik nodüllerin" manto kalıntısı yerine, magmanın değişik derinliklerinde kristallenen mineral birikimleri olduğunu ifade etmiştir.

Yılmaz vd. (2000), Doğu Pontid'lerde Orta Eosen'de gelişen açılmanın yeni havza oluşumlarına neden olduğunu ve bu havzaların bazılarının Oligosen-Erken Miyosen döneminde kapandığını ifade etmiştir.

Kaygusuz (2000)'a Bayburt yöresindeki Eosen yaşlı volkanik kayaçların kalk-alkali karakterli hornblend andezit ve kuvarslı andezit bileşimli kayaçlardan oluştuğunu belirtmişlerdir.

Arslan vd. (2001), Doğu Pontid'lerin güneyinde yer alan Tersiyer volkanizmasının, Paleosen yaşlı mikritik kireçtaşları ile geçişli Nummulitli seviyeler içeren tortul kayaçların üzerine uyumlu olarak geldiğini, Kuzey Zonu'ndaki Tersiyer volkanizmasının çoğu yerde Geç Kretase yaşlı tortullar üzerine uyumsuz olarak geldiğini, bazı yerlerde de Geç Kretase

yaşlı volkanik kayaçlarının üzerine uyumsuzluk konglomerası ile oturduğunu ifade etmişlerdir.

Yılmaz (2002), Gümüşhane ve Bayburt yörelerindeki Kermutdere Formasyonu üzerine Alibaba Formasyonu'nun uyumsuz olarak geldiğini, derin erozyona uğramış bölgelerde ise Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonu'nu aşınmalı uyumsuzlukla örttüğünü ifade etmişlerdir. Ayrıca, formasyonun tabanında kumlu ve Nummulitli kireçtaşları içeren kalın bir volkano tortul gövde olduğunu, tabanda bulunan konglomera seviyesinin ise büyük oranda Berdiga Formasyonu'ndan türemiş olduğunu ve içerdiği *Nummulites*'lere dayanarak Alibaba Formasyonunun Eosen yaşlı olduğunu belirtmiştir.

Aydın vd. (2008) Doğu Pontid Orojnik Kuşağı'nda yer alan Neojen yaşlı alkali volkanik kayaçların yaşlarının 5.1 ile 3.2 My (K-Ar) arasında olduğunu ifade etmişlerdir.

Temizel (2008) Doğu Pontidler'de Ulubey (Ordu) yöresindeki Tersiyer yaşlı volkanik kayaçlara ait ^{40}Ar - ^{39}Ar yaş analiz sonuçlarına göre, trakibazaltların 15.1 ± 0.6 My; andezitlerin 46.3 ± 0.1 My; trakidasitlerin 47.2 ± 0.1 My; dasitlerin 49.1 ± 0.1 ve 49.4 ± 0.1 My; trakiandezitlerin de 44.6 ± 0.1 My yaşında olduklarını belirtmişlerdir.

Aslan (2010), Doğu Pontidler'de Gümüşhane civarındaki Eosen yaşlı birimlerin, Geç Kretase yaşlı volkanoklastik ve sedimanter kayaçları uyumsuz olarak örttükleri, tüflerin yaşının 45.8 My ve kalk-alkali volkanik yay karakterine sahip olduklarını belirtmiştir. Ayrıca, bu volkanik kayaçların ana magmasının zenginleşmiş üst manto kaynağından türediğini belirtmiştir.

Kaygusuz vd. (2011), Doğu Pontid'lerde Bayburt yöresindeki Eosen yaşlı volkanik kayaçların K/Ar yaşlarının 33-43 My aralığında (Orta-Üst Eosen) olduğunu, kayaçların $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ oranlarının 0.70457-0.70511, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$ oranlarının ise 0.51264 ile 0.51278 arasında olduğunu, kayaçların köken magmasının önceki yitim akışkanları tarafından metasomatizmaya uğratılmış, zenginleşmiş bir üst manto kaynağından türediğini ifade etmişlerdir.

Eyüboğlu vd. (2011), Doğu Pontidler'de Tersiyer magmatizmasının 57 milyon yıl adakitik karakterli başladığını, zaman içinde kuzeye göç ettiğini ve 45 milyon yıl önce Bayburt-Bayburt-İspir hattı boyunca adakitik magmatizmanın son ürünlerini oluşturduğunu ve kuzeye doğru olan göçün, güneye doğru dalan okyanus litosferinde açılmaya başlayan dilim penceresi (slab window) modeli ile oluştuğunu belirtmişlerdir.

Aydınçakır (2012), Borçka (Artvin) yöresinde ^{40}Ar - ^{39}Ar yaş analiz sonuçlarına göre, bazalt örneğinden 46 My, bazaltik andezit örneğinden 46 My ve andezitik bileşimindeki çakıl örneğinden 39 My yaşları bulmuştur.

Temizel vd. (2012) Doğu Pontidler'de Ulubey (Ordu) yöresindeki Tersiyer yaşlı volkanik kayaların 49 -15 My yaşında ve orta-K içerikli toleyitik-alkalen-kalkalkalen karaktere sahip olduklarını, kayaların köken magmasının daha önceden akışkanlar ve sedimanlar tarafından metasomatizmaya uğratılmış yitim ve astenosferik ergiyiklerin karışımından oluşan zenginleşmiş bir kaynak bölgeden türediğini belirtmişlerdir.

Arslan vd. (2013), inceleme alanının güneybatısında Eosen yaşlı volkanik kayaların ^{40}Ar - ^{39}Ar yaşlarının 37.7 ile 44.5 My arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Yücel (2013), Trabzon-Giresun arasındaki hafif alkali karakterli Eosen volkanik kayalarının 42-44 My; orta alkali Miyosen volkanik kayalarının 5-6 My yaşında olduğunu, kayaların çarpışma sonrası genleşme jeodinamik evrimine sahip olduğunu, yitim akışkan ve/veya ergiyikleri ile zenginleşmiş litosferik mantodan türeyen ana magmalardan karmaşık magmatik süreçlerle farklılaştıklarını belirtmişlerdir.

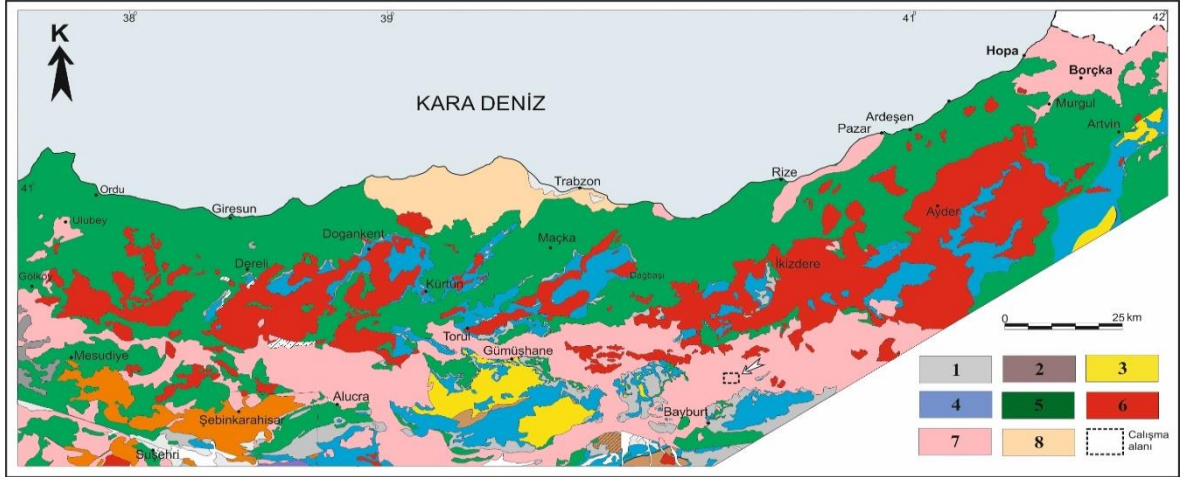
Aslan vd. (2014), Gümüşhane yöresinde andezitik lavların 37 My (Orta Eosen) ila 30 My (Erken Oligosen), bazaltik daykların ise 15 My (Orta Miyosen) yaşında olduklarını, kayaların orta-K'lu kalkalkali karakterli, ilksel $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranlarının 0.70464 ile 0.70494 arasında ve litosferik manto kökenini yansıttığını belirtmişlerdir.

Temizel (2014), Doğu Pontidler'de Bafra (Samsun) yöresindeki Miyosen yaşlı kalkalkalin mafik ana kayalar (monzogabro) içerisinde felsik mikrogranüler anklavları (monzosiyenit) yer aldığını, felsik anklavlarda hızlı soğumayı işaret eden belirgin kenar zonlarının olduğunu ifade etmişlerdir.

Temizel vd. (2014), Bafra (Samsun) yöresindeki volkanik kayaların tüm-kayaç ^{40}Ar - ^{39}Ar yaşlarının 44 ile 51 My arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Yücel vd. (2014), Trabzon ve Bafra (Samsun) yörelerindeki Miyosen ve Eosen yaşlı silisce doymamış tefritik volkanik kayalarda gözlenen analsimleşme nedeniyle tüm-kayaç jeokimyalarında $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ oranlarının genelde düşük ve Sr oranlarının ise yüksek olduğu ve potasikle birlikte yer yer sodik alkali özellik gösterdiklerini vurgulamışlardır.

Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Tersiyer yaşlı volkanik kayalar ile bunları kesen plütonik kayaları gösteren jeolojik harita Şekil 1.4'de, Tersiyer yaşlı volkanik kayalardan yapılan radyometrik yaş tayinlerini içeren çalışmalar Tablo 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.2. Doğu Pontidler'deki Tersiyer yaşlı volkanik kayaçlar ve bu kayaçları kesen sokulumların yayılımını gösteren jeolojik harita (Güven, 1993'ten değiştirilerek) (1-Permo-Karbonifer terriyenler, 2-Paleozoyik metamorfik kayaçlar, 3-Paleozoyik Plütonlar, 4-Jura-Erken Kretase volkanitleri, 5-Geç Kretase volkanitleri, 6-Üst Kretase-Eosen Plütonları, 7-8-Tersiyer alkalen volkanik kayaçlar)

Tablo 1.1. Doğu Pontidler'deki Tersiyer yaşlı volkanik kayalardan yapılmış radyometrik yaşlar ve yöntemleri

Yer	Metod	Kayaç Tipi/Mineral	Yaş	Kaynaklar
<u>Kuzey Zon</u>				
Kalkandere	K-Ar	Obsidyen	2.1 ± 0.03 My	Taner (1977)
Rize (Fındıklı)	K-Ar	Bazalt	55.4 ± 2.2 My	Barbieri vd. (1985)
Rize (Ardeşen)	K-Ar	Bazalt	43.9 ± 2.2 My; 50.2 ± 2.0 My; 52.3 ± 2.1 My	Barbieri vd. (1985)
Pazar	K-Ar	Bazalt	54.1 ± 2.2 My	Barbieri vd. (1985)
Çayeli	K-Ar	Dasit	45.2 ± 1.6 My	Barbieri vd. (1985)
Çaykara	K-Ar	Riyodasit	49.4 ± 2.2 My	Barbieri vd. (1985)
Trabzon	U-Pb	Sfen, zirkon	6 – 23 My	Arslan vd. (2001)
Trabzon	K-Ar	Tefrit/biyotit	5.1 ± 1.3 My; 3.2 ± 2.3 My	Aydın vd. (2008)
Artvin (Borçka)	Ar-Ar	Bazaltik andezit Bazalt Andezit	46.1 ± 0.6 My 46.0 ± 0.8 My, 39.9 ± 0.5 My	Aydınçakır (2012)
Artvin (Borçka)	Ar-Ar	Bazalt	46.9 ± 0.1 My 39.9 ± 0.5 My	Aydınçakır (2013)
Artvin	Ar-Ar	Andezit	50.04 ± 0.1 My 50.47 ± 0.22 My	Aydınçakır (2014)
<u>Güney Zon</u>				
Ordu (Ulubey)	Ar-Ar	Trakibazalt Andezit Trakidasit- Dasit	15.1 ± 0.6 My; 46.3 ± 0.1 My; 47.2 ± 0.1 My; 49.1 ± 0.1 My;	Temizel (2008)
		Trakiandezit-	49.4 ± 0.1 My; 44.6 ± 0.1 My	
Gümüşhane	U-Pb	Tüf/zirkon	45.6 ± 1.2 My	Aslan (2010)
Gümüşhane (Kale)	U-Pb	Andezit	44.06 ± 0.84 My	Eyüboğlu vd. 2011b)
Gümüşhane (Torul)	K-Ar	Trakidasit, Andezit	33.45 ± 2.32 My; 43.99 ± 2.59 My	Kaygusuz vd. (2011)
Gümüşhane Bayburt Şiran Alucra	Ar-Ar	Bazalt, andezit, dasit	37.7- 44.5 My	Arslan vd. (2013)
Şebinkarahisar (Giresun)	U-Pb yaşı	zirkon Trakiandezit	3.4 ± 1.9 My	Yücel vd. (2017)
Giresun-Harşit	Ar-Ar	Bazalt Trakit Tefrit	45.31 ± 0.18 My 43.86 ± 0.19 My 44.87 ± 0.22 My 41.32 ± 0.12 My 6.05 ± 0.06 My 5.65 ± 0.06 My	Yücel vd. (2018)

My: Milyon yıl

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Amaç ve Yöntem

Bu tez, Gümüşdamla-Erikdibi ve civarında yüzeyleyen Eosen yaşlı volkanik kayaların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerini belirlemeyi ve kayaların kökenini ve gelişimini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Çalışmalar başlıca dört aşamada gerçekleştirilmiş olup, literatür taraması, arazi, laboratuvar ve ofis çalışmaları bu tezde kullanılan başlıca yöntemleri oluşturur.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarında, inceleme alanındaki birimlerin tanınması, dokanak ilişkileri, yapısal ve stratigrafik unsurların belirlenmesi oluşturur. Bu çalışmada, aynı zamanda kayalardan el örneği boyutunda numuneler alınmış gerekli görülen alanlarda fotoğraflar çekilmiştir. Tüm bu incelemeler neticesinde gerekli revizyonlar yapılarak, yaklaşık 50 km² lik çalışma alanının jeolojik haritası hazırlanmıştır.

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.1.2.1. İnce Kesitlerin ve Parlatılmış İnce Kesitlerin Hazırlanması

Çalışma alanından toplanan taze kayaç örneklerinden amaca uygun olarak 20 adet ince kesit yapılmıştır. Kayaçlardan kesilen 0.5x2x4 cm boyutundaki küçük plakaların bir yüzeyleri pürüzsüz hale getirilmiştir. Daha sonra 1 mm kalınlığında 2.5x5 cm boyutundaki cam üzerine Kanada balzamu ile yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapışmış olan kayaç örneği aşındırıcılar yardımıyla 0.025 mm kalınlığına kadar tekrar inceltilerek, mikroskopik incelemeye uygun hale getirilmiştir. İnce kesit ve parlak kesit örneklerinin hazırlanma

aşamaları Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarında yapılmıştır.

2.1.2.2. Petrografik İncelemeler ve İnce Kesit Fotoğrafların Çekimi

Hazırlanan 20 adet ince kesit örneği Jeoloji Bölümü Araştırma Mikroskobu Laboratuvarı'nda Leica marka polarizan mikroskop yardımıyla incelenmiştir. Örneklerle ait kayaç adı, mineral ve doku tanımlamaları yapılmıştır. Seçilen örneklerin mikro fotoğraf görüntüleri, aynı laboratuvarında bulunan Leica marka polarize mikroskoba bağlı düzenekteki fotoğraf kamerası ile çekilmiştir.

2.1.2.3. Örneklerin Kimyasal Analize Hazır Hale Getirilmesi

Mikroskop incelemeleri sonucunda seçilen taze örnekler ana, iz ve nadir toprak element analizleri için öğütülmüş ve bu işlem GÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü örnek hazırlama laboratuvarında yapılmıştır.

Seçilen kayaç örnekleri, (yaklaşık 250-300 gr) çeneli kırıcıda 1-2 cm boyutuna getirilmiş, sonra halkalı öğütücülerde 200 mesh boyutuna kadar öğütülmüş ve çeyreklemeye yöntemi ile yaklaşık 30 gr'lık toz örnekler halinde kimyasal analizlerde kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir.

2.1.2.4. Mineral Kimyası (Mikroprob) Analizleri

Volkanik kayaçlara mineral kimyası analizleri analizleri plajiyoklas, piroksen ve Fe-Ti oksit minerallerine uygulanmıştır. Örnekler New Mexico Elektron Mikroprob Laboratuvarı'nda CAMECA-SX-100 marka bir elektron mikroprob aleti ile analiz edilmiştir. Aletin çalışma koşulları 15 kV voltaj ve 20 nA ile belirlenmiştir. Analizler 10 µm'lik bir ışın çapında yapılmış ve Si, Ti, Al, Mg, Fe, Mn, Ca, K ve Na elementleri için sayılma zamanı 10 sn olacak şekilde sabit tutulmuştur. Piroksen analizleri için 1 µm'lik nokta ışını tercih edilmiştir. Plajiyoklas analizleri için sodyum buharlaşması (Nielsen ve Sigurdsson, 1981)

göz önünde bulundurulmuş, oluşacak kayıpları en aza indirmek veya önlemek amacıyla çok hafif defokuslanmış (10 µm) ışın kullanılmıştır. Ölçümler esnasında diyopsit (UCB), ortoklas (UCB), kaersutit (UCB), anortit (UCB), albit (UCB), biyotit ve magnetit (UCB) standartları kullanılmıştır.

2.1.2.5. Jeokimyasal Analizler

İncelenen volkanik kayaçları temsil eden 19 kayaç örneğinin ana, iz element ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır.

Ana, iz ve nadir toprak element analizleri Kanada’da ACME Analiz Laboratuvarı’nda yapılmıştır. Ana ve iz elementler ICP yöntemiyle, nadir toprak elementler ise ICP-MS yöntemi ile analiz edilmiştir. Ana ve iz element analizleri için 0,2 gr toz örnek 1,5 gr LiBO₂ ile karıştırılarak, % 5 HNO₃ içeren bir sıvı içinde çözündürülerek analiz edilmiştir. Nadir toprak element analizleri için ise 0.250 gr toz örnek dört farklı asit içinde çözündürülmüş ve analiz edilmiştir. Ana elementler % ağırlık; iz ve nadir toprak elementler ppm olarak hesaplanmıştır. Toplam Fe içeriği, Fe₂O₃ cinsinden ifade edilmiştir. Dedeksiyon limitleri, ana oksitler için % ağırlık olarak 0.002 ile 0.04, iz elementler için 0.1 ile 8 ppm ve nadir toprak elementler için 0.01 ilâ 0.3 ppm arasındadır.

2.1.2.6. Nem Kaybı ve Ateşte Su Kaybı (LOI)

Öğütülmüş ve kimyasal analizleri yapılmış örneklerden 10 gr alınarak 105°C deki etüvde 24 saat bekletilmiş ve sonra yeniden tartılmıştır. Aradaki fark hesaplanarak nem kaybı bulunmuştur.

Ateşte su kaybını tespit etmek için 10 gr halinde hazırlanan örnekler 24 saat 25°C de bekletildikten sonra platin kaplara konulmuş ve 950° C deki etüvde 2 saat bekletilmiştir. 2 saat sonra örnekler tartılmış ve aradaki yüzde oranla ateşte uçucu ve su kaybı olarak hesaplanmıştır. Numunelerin nem almaması için etüvden çıkarıldığında hemen tartılmıştır.

2.1.3. Ofis Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler, bilgisayar programları yardımıyla değerlendirilmiş, çeşitli diyagramlara aktararak yorumlanmıştır. Jeolojik haritalar, dikme kesit ve enine jeolojik kesitler çizim programları ile hazırlanmıştır. Tüm veriler ve dokümanlar tez yazım kurallarına uygun bir şekilde bir araya getirilerek bu Yüksek Lisans Tezi hazırlanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi

İnceleme alanı Gümüşdamla-Erikdibi civarında, genelde volkanik kayaların egemen olduğu yaklaşık 50 km² lik bir alandan ibarettir.

İnceleme alanında yer alan kayalar tavandan tabana doğru şu birimler oluşturmaktadır (Şekil 3.1, 3.2 ve 3.3);

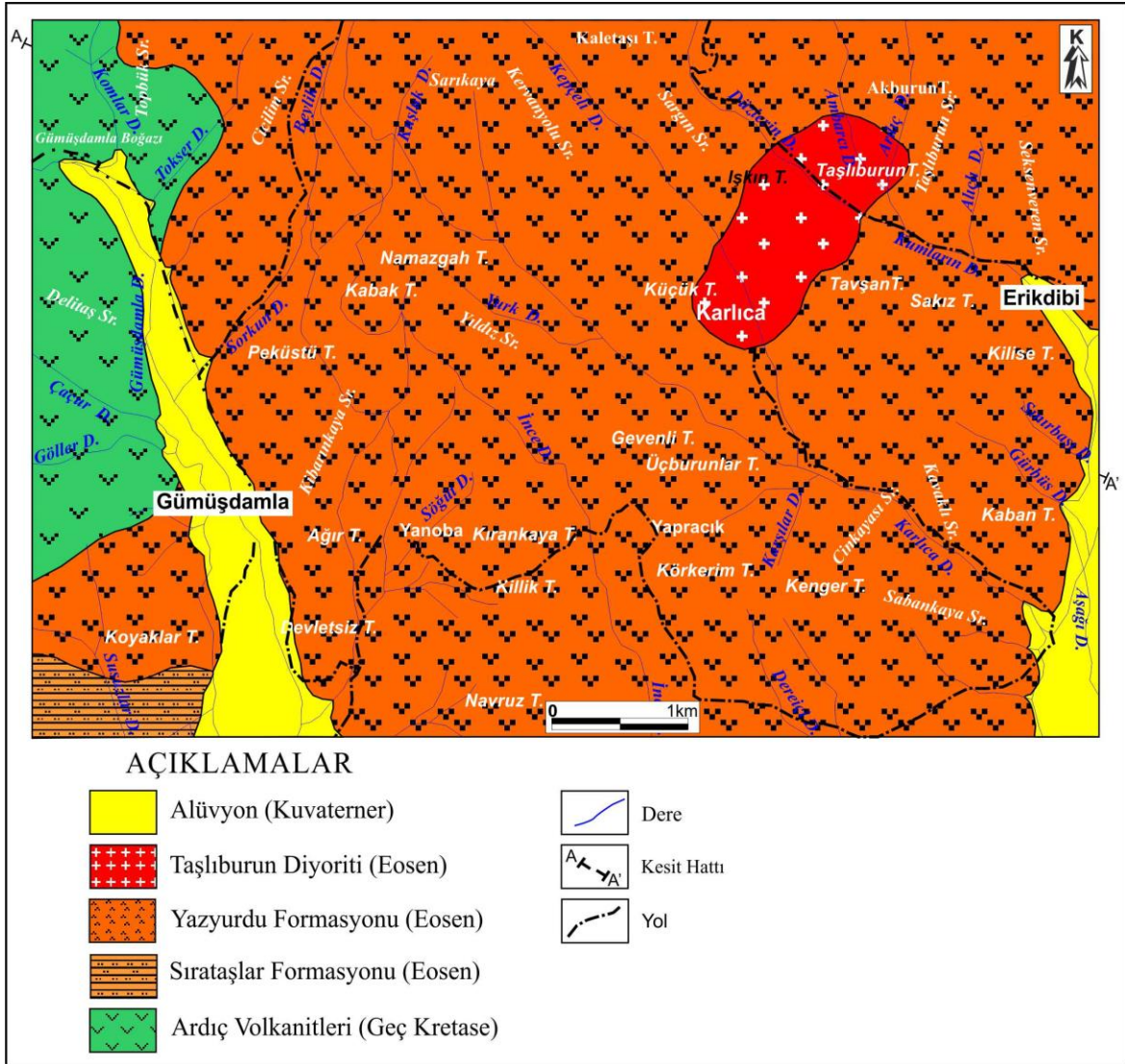
5. Alüvyon (Kuvaterner)
4. Taşlıburun Graniti (Eosen)
3. Yazyurdu Formasyonu (Eosen)
2. Sırataşlar Formasyonu (Eosen)
1. Ardıç volkanitleri (Geç Kretase)

Bu alanda yüzeylenen kayalar Geç Kretase-Kuvaterner yaş aralığında gelişmişlerdir.

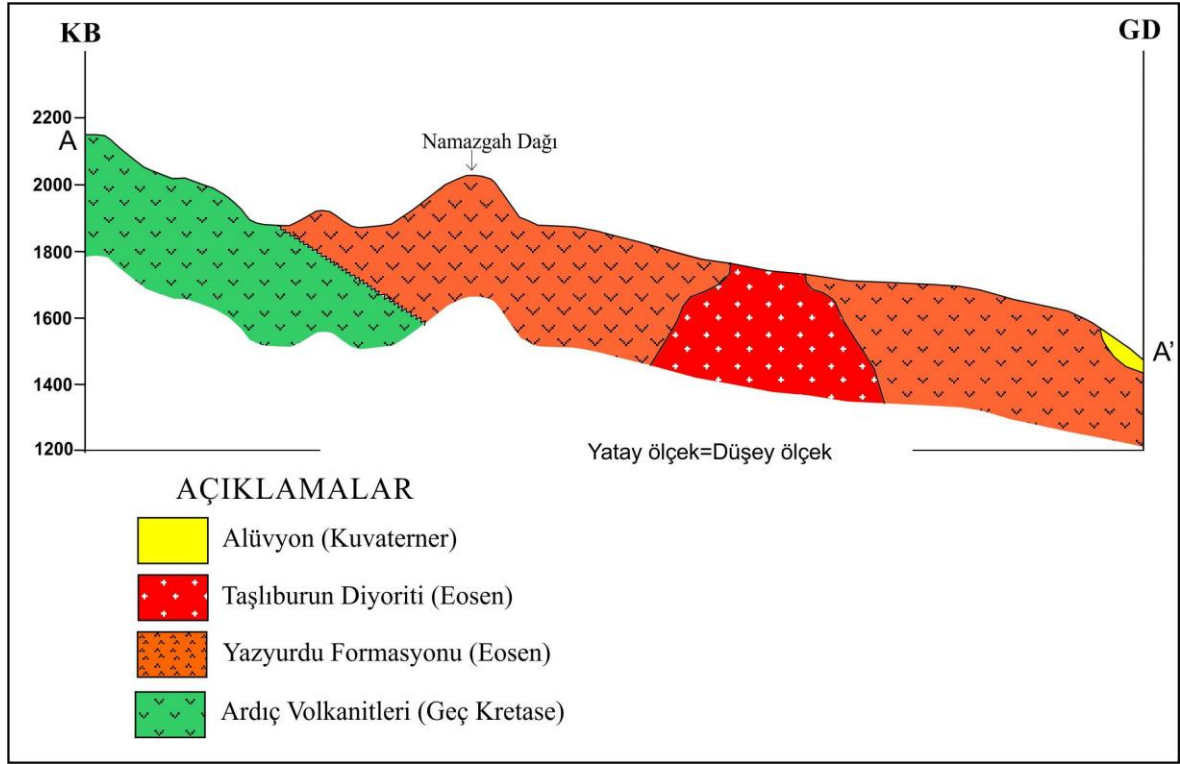
ÜSTSİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	KALINLIK(m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
	KUV.			~50-70		ALÜVYON Uyumsuzluk
SENEZOYİK	TERSİYER	EOSEN		~800-850		<p>→ TAŞLIBURUN DİYORİTİ (Diyorit)</p> <p>→ YAZYURDU FORMASYONU (Andezit, bazalt ve piroklastları)</p>
				~200-250		→ SIRATAŞLAR FORMASYONU
MESÖZ.	Geç KRET.			~150-200		→ ARDIÇ VOLKANİTLERİ

ÖLÇEKSİZDİR

Şekil 3.1. İnceleme alanının stratigrafik kolon kesiti



Şekil 3.2. İnceleme alanının jeoloji haritası



Şekil 3.3. İnceleme alanının A-A' enine jeolojik kesiti

3.1.1. Ardıç Volkanitleri

Birim, Keskin vd. (1989) tarafından Ardıç Volkanitleri olarak adlandırılmış olup, andezit, bazalt, aglomera, tuf, tüfit ar dalanmasından oluşur. Bu çalışmada benzer litolojik özellikler nedeniyle aynı adlama kullanılmıştır.

Çalışma alanında Gümüşdamla Boğazı, Deliktaş Sırtı ve Topbük Sırtı civarında yüzeylenen bu birim, andezit ve bazaltlardan oluşur. Gri yeşil, koyu yeşil renkte olup, makroskobik olarak hornblend ve plajiyoklas mineralleri tanınabilmektedir.



Şekil 3.4. Ardıç Volkanitleri'ne ait aglomera, tuf, tüfit ar dalanmasının görünümü

Bu birimden alınan örneklerin mikroskobik incelemesi aşağıdaki gibidir:

Andezitler mikrolitik porfirik doku gösterirler.

Plajiyoklas: Levhamsı kristaller, hamurda da küçük kristallerden oluşurlar. İri kristaller öz ve yarı öz şekilli olup, genelde polisentetik ikizlenme gösterir. Küçük kristaller ise albit ikizlenmesi gösterir. Yapılan cins tayininde andezin (An_{32-35}) oldukları belirlenmiştir. Bazı plajiyoklaslarda zonlu doku görülür. En yaygın bozuşma türleri kalsitleşme ve serisitleşmedir.

Amfibol: Öz ve yarı öz şekilli iri prizmatik, hamurda da küçük çubuğumsu kristallerden oluşurlar. Bazı mineraller poikilitik plajiyoklas ve opak mineral inklizyonları içerirler. Açık sarı-yeşil pleokroizma belirgindir. Yaklaşık 22-23 derece arasında değişen

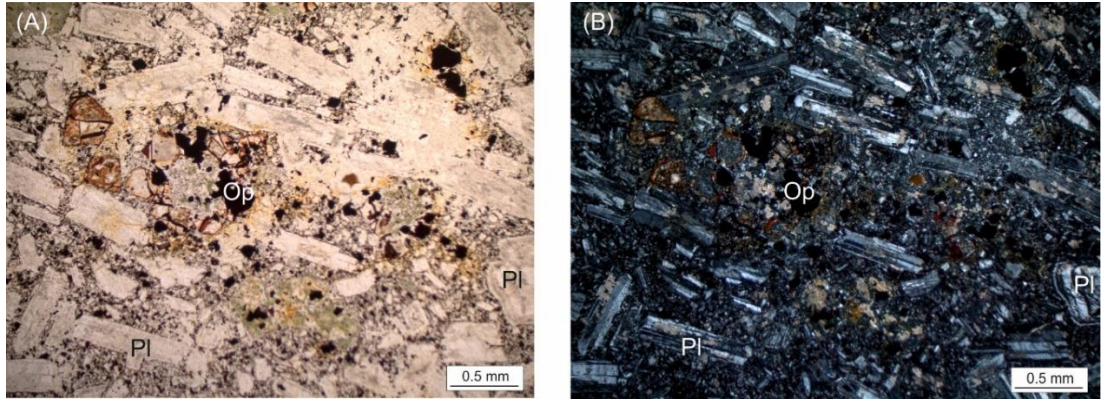
sönme açıları göstermektedir (010 yüzeyine paralel kesitler). Kısmen ayrılmış olup, minerallerin kenar kısımlarda opak mineral yığılımları gözlenir.

Opak mineral: Genellikle köşeli, kısmen de yuvarlak ve düzensiz şekillidirler.

İkincil mineraller: Kalsit, serisit ve klorit mineralleri kayada ikincil olarak bulunurlar.

Hamur: Plajiyoklas, amfibol ve opak minerallerin mikro ve kriptokristallerinden oluşur.

Kayaç adı: Andezit (Şekil 3.5.)



Şekil 3.5. Ardıç Volkanitleri'ne ait andezitlerde gözlenen doku A) Tek nikol B) Çift nikol (Pl: Plajiyoklas, Op: Opak mineraller)

Çalışma alanında Ardıç Volkanitlerinin kalınlığı jeolojik kesitlerden yaklaşık 150-200 m olarak bulunmuştur.

Ardıç Volkanitleri, inceleme alanındaki en yaşlı birim olup, tabanı çalışma alanında görülmemektedir. Üstüne uyumsuz olarak Sırataşlar Formasyonu gelmektedir.

3.1.1.1. Yaş

Çalışma alanında bu birime ait örneklerde yaş verebilecek herhangi bir fosilde rastlanılmamıştır.

Keskin vd. (1989), Bayburt yöresinde Çatıksu Formasyonu ile geçişli olduğu için bu birimin yaşını Geç Kretase olarak kabul etmiştir. Bu çalışmada da aynı yaş kullanılmıştır.

3.1.2. Sırataşlar Formasyonu

Formasyon ismini en iyi mostra verdiği Sırataşlar Köyü (Bayburt)’ne atfen ilk olarak Ağar (1975) tarafından “Sırataşlar Formasyonu” olarak adlandırılmış olup gri, kirli sarı, bej ve açık yeşil renklerde ince-orta tabakalı Nummulites’li kireçtaşı, kumtaşı, yer yer marn ve kumlu kireçtaşı seviyelerinden oluşur. Bu çalışmada da benzer litolojik birimler için Sırataşlar Formasyonu adı kullanılmıştır.

Çalışma alanının küçük bölümünde yüzeylenmekte olup, başlıca Bozburun Tepe, Samigar Tepe ve Taşınbaşı Tepe civarında gözlenir.

Çalışma alanında Sarıyer Mevki civarında yüzeylenen bu birim killi, kumlu kireçtaşlarından ve kumtaşından oluşmaktadır (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. Sırataşlar Formasyonu'na ait marn ve kumlu kireçtaşlarının arazi görünümü (Yer: Karşıgeçit Köyü kuzeyi)

Birim tabanında kumlu kireçtaşları ile başlamakta, üste doğru killi kireçtaşlarına en üst seviyelerde de kumtaşlarına geçmektedir. Genellikle açık sarı, bej renkli olup, belirgin tabakalanma gösterirler. Tabaka kalınlıkları 1– 13 cm arasında değişir.

Bu birimden alınan örneklerin mikroskobik incelemesinde aşağıdaki özellikler gözlenmiştir:

Bileşenler:

Feldispat: Kayaçada en fazla bulunan bileşen olup, % 40-45 oranındadır. Genellikle köşeli olup, polisentetik ikizlenme belirgindir. Bol çatlaklı ve kırıklı yapıda olup, bazı mineraller kısmen serizitleşmiş olarak görülür. Yapılan cins tayininde (010'a dik kesit), cinsinin andezin (An_{34-36}) olduğu belirlenmiştir.

Kuvars: Çoğunlukla monokristalin, daha az olarak da polikristalin şekilli olup, genelde köşeli ve yarı yuvarlaklaşmış olarak bulunur. Kayaçada % 10-20 oranında bulunur.

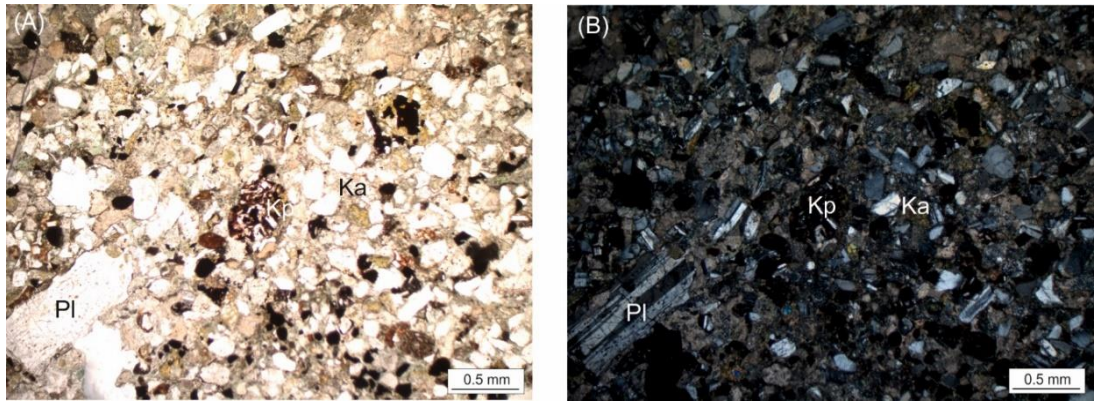
Amfibol: Öz ve yarı öz şekilli kristaller halinde bulunur. Genelde mineral kenarları ve dilinimleri boyunca opaklaşmıştır. Tek nikolde yeşilimsi pleokroizma belirgindir. Bazı minerallerde 56 derecelik dilinimler, bazılarında da çift yönde dilinimler belirgindir. Kayaçada % 2-5 oranında bulunur.

Kayaç Parçaları: Kayaçada % 20-25 oranında bulunup, genelde volkanik kayaç parçalarından oluşur. Genellikle yarı yuvarlaklaşmış kısmen de köşeli durumdadır.

Opak Mineraller: Bol miktarda hem iri, hem de küçük taneler halinde bulunurlar.

Çimento: Kalsit

Kayaç Adı: Kumtaş (Şekil 3.7.) (Folk, 1980).



Şekil 3.7. Sırataşlar Formasyonu'na ait kumtaşlarının mikroskopik görünümü, A) Tek nikol, B) Çift Nikol (Pl: Plajiyoklas, Op: Opak mineraller, Ka: Kalsit Kp: Kayaç parçası)

Çalışma alanında Sırataşlar Formasyonu'nun yaklaşık kalınlığı 200-250 m olarak bulunmuştur.

Sırataşlar Formasyonu, Ardıç volkanitleri üzerine uyumsuz olarak gelmekte olup, çalışma alanında Yazıyurdu Formasyonu tarafından üstlenirler.

3.1.2.1. Yaş

Çalışma alanında bu birimden alınan kayaçlarda yaş verebilecek herhangi bir fosil gözlenememiştir.

Keskin vd. (1989), birim içindeki kireçtaşlarından almış oldukları örneklerde Alg ve Bryozoa fosilleri bulmuş ve yaşını İprasiyen-Lütesiyen vermiştir.

Önceki çalışmalar da göz önüne alınarak birimin yaşının Erken Eosen olduğuna karar verilmiştir.

3.1.3. Yazyurdu Formasyonu

Kumtaşı, marn, silttaşı, kumlu kireçtaşı, fosilli kireçtaşlarından oluşan birimlerle ara seviyeli olarak gelişen andezit, bazalt, dasit, aglomera, tuf şeklinde volkanik istiftten oluşan birim ilk olarak Keskin ve diğ. (1990) tarafından en iyi yüzeyleme verdiği Yazyurdu Köyü (Bayburt)'ne atfen "Yazyurdu Formasyonu" olarak adlandırmıştır. Bu çalışmada da benzer litolojik birimler için Yazyurdu Formasyonu adı kullanılmıştır.

İnceleme alanının kuzeyinde, Namazgah Tepe, Sakız Tepe, Kenger Tepe ve Kabak Tepe'de yüzeyleme veren birim, başlıca andezit, bazalt ve bunların piroklastitlerinden oluşmaktadır. Yer yer kumtaşı ara seviyeleri içerir (Şekil 3.8., 3.9., 3.10.).

Andezit ve bazaltlar inceleme alanında Namazgah Tepe Kenger Tepe ve Kabak Tepe civarlarında görülürler. Yeşilimsi gri, ayrıışmış kesimlerde sarımsı gri ve kahverengi renge sahiptirler. Makroskobik olarak klinopiroksen ve plajiyoklas mineralleri tanınabilmektedir. Volkanik breşler koyu gri, yeşil renkte olup, andezit çakılları bir matriks ile bağlanmışlardır (Şekil 3.8.). Andezit çakıllarının boyutları 2-50 cm arasında ve yarı köşeli şekildedirler (Şekil 3.8.). Tüfler gri ve yeşil renkte olup, genelde ayrıışmış ve boşluklu yapıdadır. Boşluklar yer yer ikincil kalsit, epidot ve kuvars mineralleri ile dolmuştur. Birim altere olduğu kısımlarda yer yer eksfoliasyon yapıları gözlenmiştir.



Şekil 3.8. Yazyurdu Formasyonu'na ait volkanik breşlerin arazi görünümü (Yer: Karşıgeçit Köyü kuzeyi)



Şekil 3.9. Yazyurdu Formasyonu ile Sırataşlar Formasyonu dokanağı (Yer: Karşıgeçit Köyü kuzeydoğusu)



Şekil 3.10. Yazıyurdu Formasyonu'na ait andezitlerin arazi görünümü (Yer: Yazıyurdu Köyü kuzeydoğusu)

Yazıyurdu Formasyonunu'na ait kayaçların mikroskobik incelenmesinde aşağıdaki özellikler bulunmuştur.

Doku: Mikrolitik porfirik, porfirik ve kümülofirik (Şekil 3.11., 3.12.).

Mineraller: Açık renkli mineraller plajiyoklasdan oluşurken, koyu renkli mineraller bolluk sırasına göre klinopiroksen ve amfibollerden oluşur.

Plajiyoklas: Öz ve yarı öz şekilli plajiyoklaslar, iri levhamsı prizmatik kristaller, hamurda da küçük kristaller şeklindedirler. İri kristaller hem albit hem de polisentetik ikizlenme gösterirler.

Plajiyoklaslar cins tayinine göre andezin bileşiminde olup, anortit içerikleri %35-44 arasında değişir (010'a dik kesitlerde). Kayaçta yaklaşık olarak %50-65 oranında bulunur.

Piroksen: Öz ve yarı öz şekilli olup, hem iri, hem de küçük kristaller olarak gözlenirler. Kayaçta en bol bulunan ferromagnezyen mineraldir (%15-20). Kloritleşme ve kalsitleşme bazı örneklerde gözlenir. Maksimum sönme açıları 41-43 derece arasında olup (010 yüzeyine paralel kesitlerde), ojit bileşimindedir. Bazı mineraller bir arada toplanarak kümülofirik dokuyu oluştururlar (Şekil 3.12.).

Amfibol: Hem iri, hem de küçük kristaller halinde olup, öz ve yarı öz şekillidirler. Kenar ve dilinimler boyunca kısmen opaklaşmıştır. Tek nikolde yeşilimsi pleokroizma gösterirler. Bazı minerallerde 56 derecelik açılar yapan, bazı minerallerde de tek yönde dilinimler gözlenir. Kayaçta yaklaşık % 10-15 oranında bulunur.

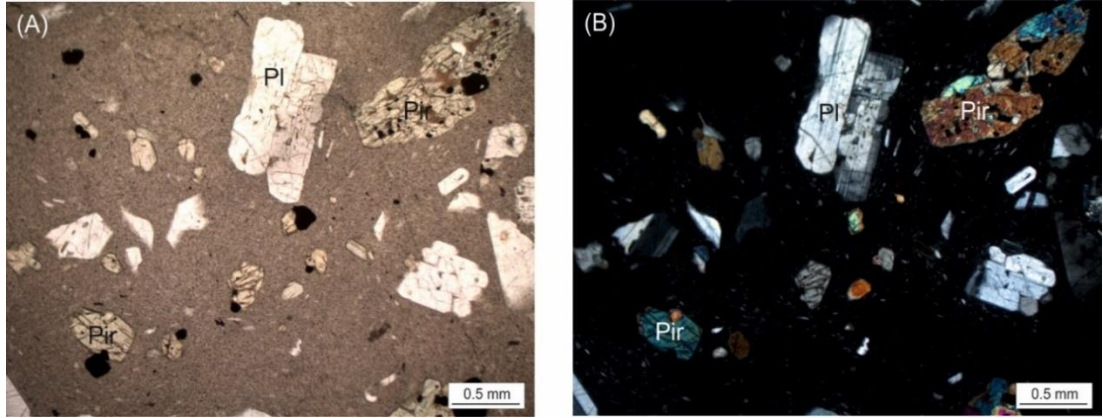
Biyotit: Öz ve yarı öz şekilli olup, küçük prizmatik kristaller şeklindedir. (001) yüzeyine paralel dilinimleri belirgin olup, bu dilinime göre dik sönme gösterirler. Mineral kenarları ve dilinimler boyunca klorit ve opak minerallere dönüşmüş olarak görülür. Kayaçta yaklaşık % 3-5 oranında gözlenir.

Opak mineraller: İrili ufaklı düzensiz şekillerde olup, genellikle mafik minerallerin etrafında bulunurlar. Kayaçta yaklaşık olarak % 1-5 oranında gözlenirler.

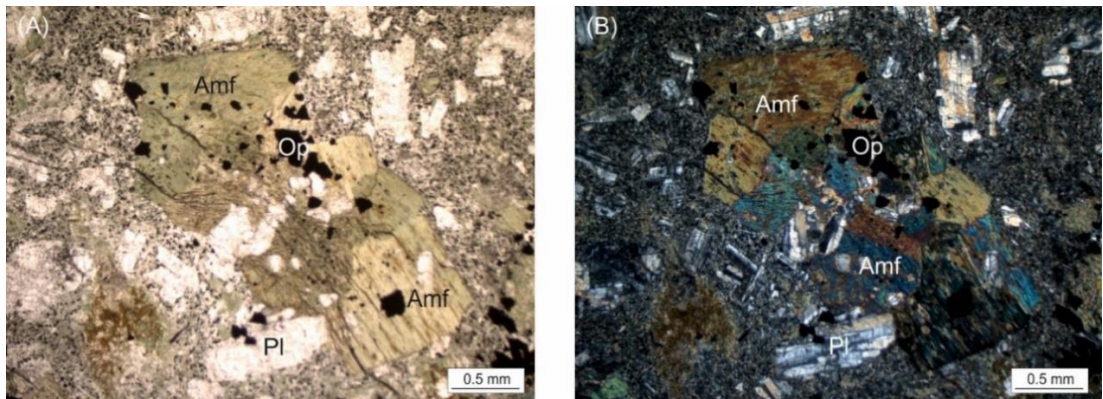
İkincil mineraller: Ayrışma ürünü ve boşluklarda serizitleşme, kloritleşme, silisleşme, kalsitleşme ve epidotlaşma görülür.

Hamur: Plajiyoklas, piroksen, amfibol, biyotit ve opak minerallerin çok küçük kristallerinden oluşmaktadır.

Kayaç adı: Andezit (Şekil 3.11., 3.12.).



Şekil 3.11. Yazıurdu Formasyonu içindeki andezitlerde gözlenen porfirik doku A) Tek Nikol B) Çift Nikol (Pl: Plajiyoklas, Pir: Piroksen, Op: Opak mineraller)



Şekil 3.12. Yazıurdu Formasyonu içindeki andezitlerde gözlenen kümülofirik doku A) Tek Nikol, B) Çift Nikol (Pl: Plajiyoklas, Pir: Piroksen, Op: Opak mineraller)

Doku: Mikrolitik, mikrolitik porfirik (Şekil 3.13.)

Mineraller:

Plajiyoklas: Genellikle küçük, az oranda da iri kristaller şeklinde bulunurlar. Öz ve yarı özşekilli olup, albit ikizi ve polisentetik ikiz gösterirler. Bazı kristallerde zonlu yapı görülür. Yapılan cins tayininde (010'a dik kesitler metodu) cinslerinin labrador (An_{52-55}) olduğu belirlenmiştir. En sık görülen ayrışma ürünleri serizitleşme ve kalsitleşmedir. Kesitte yaklaşık % 55-70 oranında gözlenirler.

Piroksen: Öz ve yarı öz şekilli küçük kristallerden oluşurlar. Bazı minerallerde uzantıya dik olan kesitlerde çok iyi gelişmiş birbiriyle yaklaşık 90^0 'lik açılar yapan dilinimler, bazı minerallerde de tek yönde dilinimler gözlenir. Klinopiroksen bileşimindedir. Kısmen klorit ve kalsite ayrışmış olup ve kenar kısımlarında opak mineraller belirgindir. Kayaçta yaklaşık % 10-15 oranında bulunurlar.

Olivin: Öz ve yarı öz şekilli küçük kristaller halinde ve seyrek olarak görülür (%3-5). Tek nikolde röliyefi, çift nikolde ise çift kırıcılığı yüksektir.

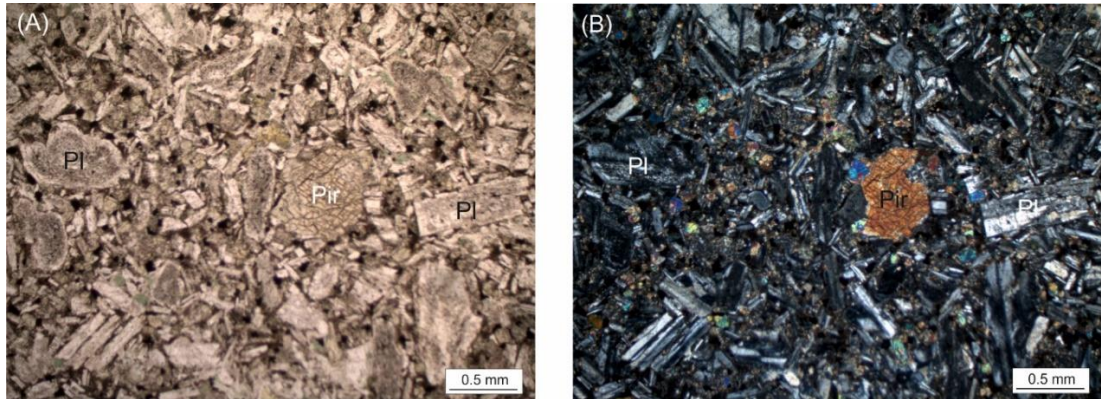
Klorit: Hamurda ayrışma ürünü olarak yer alırlar. Tek nikolde açık yeşil, çift nikolde ise koyu yeşil renkte görülürler.

Kalsit: Plajiyoklas ve piroksenlerin ayrışma ürünü olarak bulunur. Tek nikolde röliyef pleokroizması belirgindir.

Opak mineraller: Düzensiz taneler halinde bulunurlar.

Hamur: Plajiyoklas, klinopiroksen, olivin, klorit, kalsit ve opak minerallerin çok küçük kristallerinden oluşur.

Kayaç adı: Bazalt (Şekil 3.13.)



Şekil 3.13. Yazyurdu Formasyonu içindeki bazaltlarda gözlenen mikrolitik doku A) Tek Nikol, B) Çift Nikol (Pl: Plajiyoklas, Pir: Piroksen, Op: Opak mineraller)

Tüfler kristal ve litik-kristal tüflerden oluşurlar.

Bileşenler:

Plajiyoklas: İri kristaller, hamurda da küçük kristaller şeklindedirler. İri kristaller yarı öz şekilli ve öz şekilsiz olup, bazı minerallerin kenarları kırıklı ve parçalı yapıdadır. Bazı mineraller polisentetik ikizlenme, bazı minerallerde albit ikizlenmesi görülür. Yapılan cins tayininde (010'a dik kesit) cinsinin andezin (An_{31-34}) olduğu belirlenmiştir. Kalsitleşme ve serizitleşme kısmen görülür. Kayaçta yaklaşık % 55-70 oranında bulunur.

Piroksen: Yarı öz şekilli ve öz şekilsiz küçük kristaller, bazı kesitlerde de iri kristaller şeklindedirler. Bazı kesitlerde piroksen, bazı kesitlerde de amfibol en fazla bulunan ferro magnezyen mineraldir. Kloritleşme ve kalsitleşme bazı örneklerde izlenmiştir. Maksimum sönme açıları 43-44 derece arasında (010 yüzeyine paralel kesitlerde) olup, ojit bileşimindedir. Kayaçta yaklaşık % 10-15 civarında bulunur.

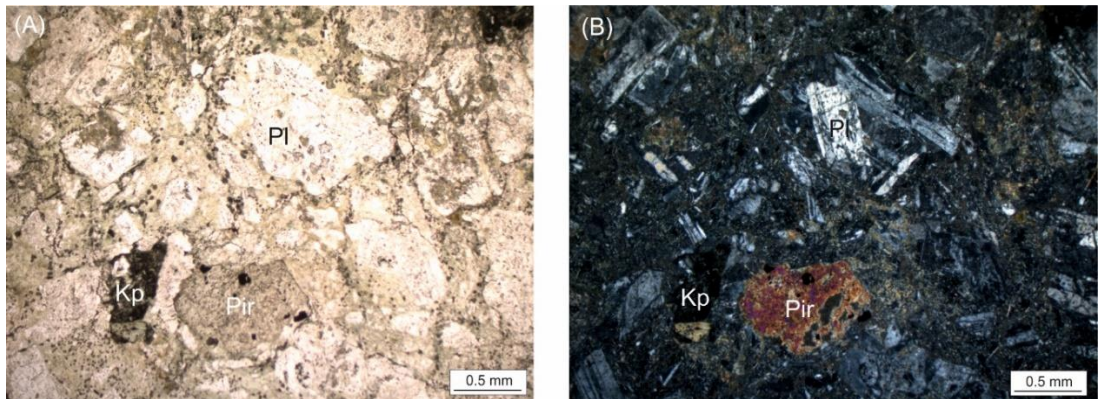
Amfibol: Hem iri, hem de küçük yarı öz şekilli olarak görülürler. Bazı mineraller kenar ve dilinimler boyunca kısmen opaklaşmıştır. Tek nikolde yeşilimsi pleokroizma belirgindir. Bazı minerallerde 56 derecelik açılar yapan çift yönde dilinimler, bazı minerallerde de tek yönde dilinimler gözlenir. Kayaçta % 5-15 oranında bulunurlar.

İkincil mineraller: Çatlak ve boşluklarda ikincil olarak kalsit ve klorit mineralleri gözlenir.

Opak mineraller: Genellikle düzensiz şekilli küçük tanelerden oluşurlar.

Kayaç parçası: Genelde asidik, az oranda bazik karakterli kayaç parçaları içerirler.

Kayaç Adı: Andezitik litik kristal tuf (Şekil 3.14.)



Şekil 3.14. Yazyurdu Formasyonu içindeki andezitik litik-kristal tüflerin mikroskopik görünümü, A) Tek Nikol, B) Çift Nikol (Pl: Plajiyoklas, Kp: Kayaç çakılı)

Kumtaşlarından alınan örneklerin mikroskobik incelenmesi aşağıdaki gibidir:

Bileşenler:

Feldispat: Kayaçta en fazla bulunan açık renkli mineraldir. (% 15-30) Öz ve yarı öz şekilli olup, polisentetik ikizlenme gösterir. Bazı mineraller kısmen serizitleşmiştir. Yapılan cins tayininde (010'a dik kesit), cinsinin oligoklas (An_{24-26}) olduğu saptanmıştır.

Kuvars: Çoğunlukla monokristalin, daha az olarak da polikristalin şekilli olup, köşeli ve yarı yuvarlaklaşmış olarak bulunur. Kayaçta yaklaşık % 5-10'unu oluşturur.

Amfibol: Öz ve yarı öz şekilli olup, yeşilimsi pleokroizma gözlenir. Bazı minerallerde 56 derecelik dilinimler, bazı minerallerde de tek yönde dilinimler gözlenir. Kayaçta % 3-5 oranında gözlenirler.

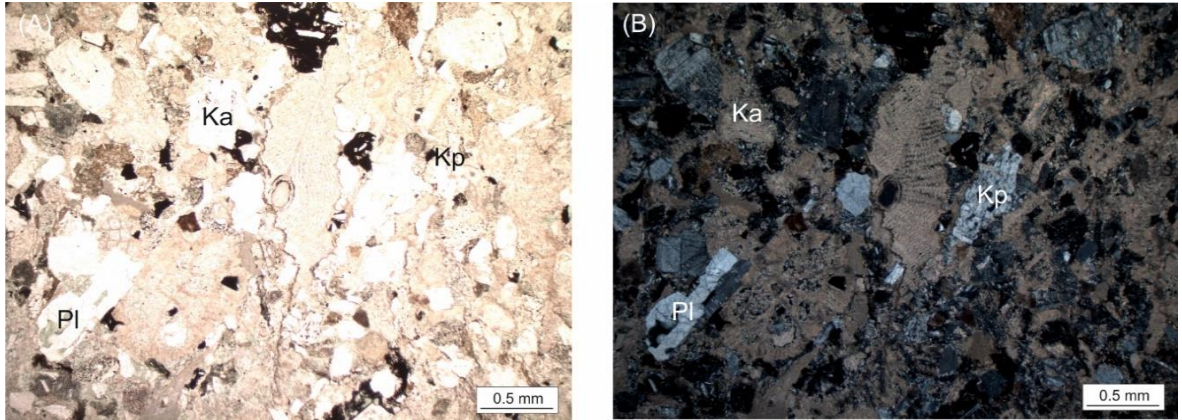
Biyotit: Amfibole nazaran daha az oranda bulunur (% 1-5). Genelde küçük kristaller halinde olup, tek nikolda sarı-kahverengi pleokroizma gösterirler. Tek yönde dilinimli olup, bu dilinimlere göre dik sönme gösterir. Kısmen kloritleşmiştir.

Kayaç Parçası: % 15-20 oranında genellikle yarı yuvarlaklaşmış, kısmen de köşeli volkanik kayaç parçası içerir.

Opak Mineraller: Hem de küçük taneler halinde olup, kayaçta % 1-5 oranında bulunurlar.

Çimento: Kalsit

Kayaç Adı: Kumtaşı (Şekil 17) (Folk, 1980).



Şekil 3.15. Yazıyurdu Formasyonu içindeki kumtaşlarının mikroskobik görünümü, A) Tek Nikol, B) Çift Nikol (Pl: Plajiyoklas, Ka: Kalsit, Kç: Kayaç Çakılı)

Çalışma alanında Yazıyurdu Formasyonu'nun yaklaşık kalınlığı 800-850 m olarak bulunmuştur.

Yazyurdu Formasyonu, inceleme alanında Sırataşlar Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir.

3.1.3.1. Yaş

Keskin vd. (1990), bu birime ait kireçtaşlarındaki Nummulites fosillerini dikkate alarak, birimin yaşını Alt-Orta Eosen olarak belirlemişlerdir. Önceki çalışmalar da dikkate alınarak bu birimin yaşı Orta Eosen olarak kabul edilmiştir.

3.1.4. Taşlıburun Diyoriti

Bu birim ilk olarak en iyi gözleendiği yere atfen tarafımızdan Taşlıburun Diyoriti olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanında Taşlıburun Tepe ve civarında gözlenir (Şekil 3.16.).

Taşlıburun Diyoriti, uzun ekseni kuzeydoğu-güneybatı istikametinde uzanım gösteren elips şekilli bir sokulumdur. Yaklaşık 2.5 km² lik bir alanda yüzeylemiş olup, Eosen yaşlı volkanitleri kesmiş ve onlar ile olan dokanaklarında metavolkanitler gelişmiştir.

Taşlıburun Diyoriti'nde soğuma çatlakları mevcuttur (Şekil 3.16.). Genelde çok çatlaklı ve kırıklı yapılar gelişmiş olup, iyi blok vermezler (Şekil 3.16.).



Şekil 3.16. Taşlıburun Diyoriti'nin arazi görünümü (Yer: Taşlıburun Köyü kuzeyi)

Taşlıburun Diyoriti genelde çok ayrıışmış bir yapıya sahiptir. Arenalaşma az olarak Büyükaktaş Tepe güneyinde görülür. Arenalaşmış kesimlerde kayaç kolayca parçalanmakta olup, toprağımsı bir yapı kazanmıştır.

Koyu renkli minerallerin bol olarak bulunması ile genellikle gri ve koyu gri renklerde görülürler. Makroskobik olarak plajiyoklas ve piroksen mineralleri tanınabilmektedir.

Bu birimden alınan örneklerin mikroskobik özellikleri şu şekildedir:

Doku: İnce taneli porfirik (Şekil 3.17.).

Plajiyoklas: Hem iri, hem de küçük kristaller halinde gözlenirler. İri kristaller genelde zonlanma gösterirler (Şekil 3.17). Plajiyoklaslar genelde, polisentetik ikizleri gösterirler. Yapılan tayininde (010'a dik kesitlerde) cinsinin % 37-44 An içerikli andezin olduğu belirlenmiştir. Bazı minerallerde kısmen serizitleşme gözlenir. Kayaçta yaklaşık % 60-70 oranında bulunur.

Kuvars: Genelde küçük kristaller halinde olup, kayaçta az oranda (% 1-5) gözlenirler. Kristaller genelde kırıklı yapıda olup, dalgalı sönme gösterirler.

Ortoklas: Kayaçta az oranda (% 1-3) ve küçük kristaller şeklinde gözlenirler. Genellikle karlsbad ikizi gösterirler ve (001) dilinimi belirgindir. Bazı kesitlerde mikropertitik doku gösterirler. Genellikle az ayrıışmış ve killeşmişlerdir

Amfibol: Öz ve yarıözşekilli prizmatik kristaller halindedir. (100) ikizi belirgindir. Bazı örneklerde de tek yönde dilinimler, bir kısım minerallerin uzantıya dik kesitlerinde ise birbirleriyle yaklaşık 56 derecelik açılar yapan dilinimler gözlenir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 13-14 derecedir. Bazı kesitlerde, kısmen ayrışarak kalsite dönüşmüş olarak görülürler.

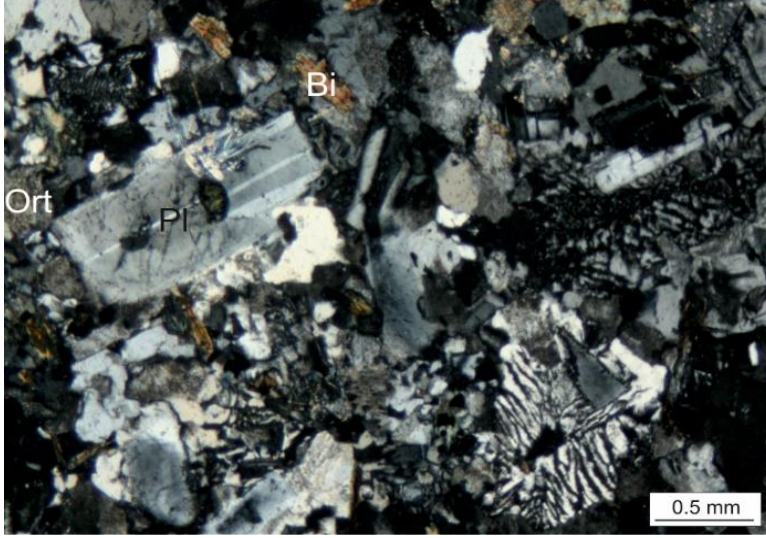
Piroksen: Az oranda ve küçük kristaller şeklinde gözlenirler. Maksimum sönme açıları 42-43 derecedir (010 yüzeyine paralel kesitler). Ojit bileşimindedir. (110) ikizleri belirgindir. Bazı örneklerde kısmen ayrışarak uralitleşmişlerdir.

Opak mineral: Hem iri hem küçük kristaller halinde bulunur.

Tali mineraller: Sfen, zirkon ve apatitden oluşurlar.

İkincil mineraller: En yaygın ayrıışma ürünleri serizitleşme, kalsitleşme, kloritleşme ve killeşme şeklindedir.

Kayaç adı: Diyorit (Şekil 3.17.).



Şekil 3.17. Taşlıburun Diyoriti içindeki ince taneli doku, A) Tek Nikol, B) Çift Nikol (Pl: Plajiyoklas, Ka: Kalsit)

3.1.4.1. Yaş

İnceleme alanında Taşlıburun Diyoriti Erken-Orta Eosen yaşı Yazıyurdu Formasyonu'nu kesmiştir.

Kaygusuz ve Öztürk (2015) tarafından yapılan çalışmada, çalışma alanına yakın Kılıçkaya-Kozluk Plütonları'nın yaşı 46 My (U-Pb zirkon) olarak bulunmuş olup, Eosene karşılık gelmektedir. Bu çalışmada da incelenen Taşlıburun Diyoriti, Kılıçkaya-Kozluk plütonuna benzerliği nedeniyle aynı yaş kabul edilmiştir.

3.1.5. Alüvyon

Alüvyonlar çalışma alanında Çoruh Çayı ve Aşağı Deresi boyunca görülürler. Aşağı Deresi ve Harşit Çayının birleştiği noktada geniş yayılım gösterirler. Yöre halkı tarafından yerleşim alanı ve meyve, sebze bahçesi olarak kullanılmaktadır. Kil boyutundan blok boyutuna kadar değişkenlik gösteren eleman boyutlarına sahiptirler (Şekil 3.18.).



Şekil 3.18. Çalışma alanındaki alüvyonlar (Yer: Akbulut Köyü civarı)

3.1. Eosen yaşlı Yazıurdu Formasyonu'na ait Volkanik Kayaçların Mineral Kimyası

İncelenen volkanik kayaçlara ait plajiyoklas, klinopiroksen ve Fe-Ti oksit minarellerine ait mikroprob (mineral kimyası) analizleri yaptırılmıştır.

3.1.1. Plajiyoklas

İnceleme alanındaki volkanik kayaçların tümünde plajiyoklas mineralleri gözlenir. Plajiyoklaslara ait mikroprob analizleri Tablo 1'de verilmiştir.

İncelenen volkanik kayaçlarda yer alan plajiyoklasların SiO_2 değerleri % 46.69 - % 58.40 arasında değişmektedir. Al_2O_3 değerleri % 25.73 - % 3.38 arasında; $\text{FeO}^{(\text{T})}$ değerleri % 0.51 - % 0.88 arasında ve K_2O değerleri ise % 0.06 - % 0.69 arasında değişiklik gösterir (Tablo 3.2).

Tablo 3.1. Plajiyoklaslara ait mikrokimya analizleri

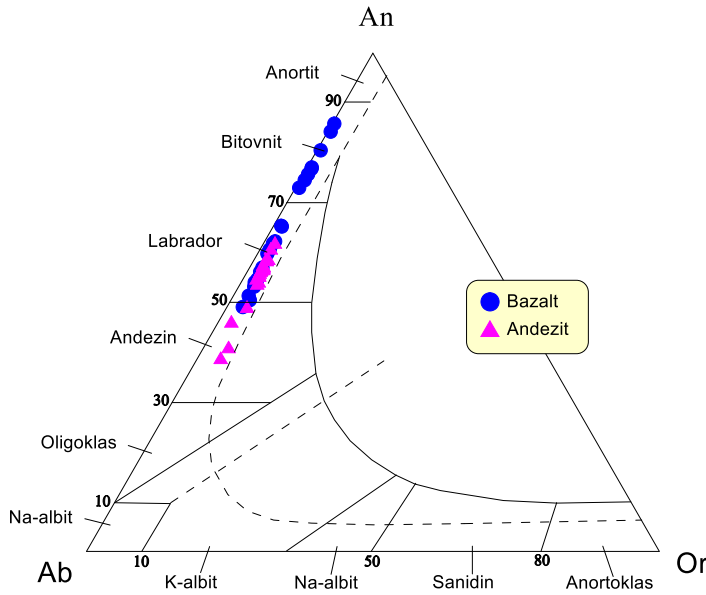
Andezit														
Örnek	K2 -c1-m	K2 -c1-m	K2 -c3-m	K2 -c3-m	K2 -c3-k	K2 -c5-m	K2 -c5-m	K2 -c5-m	K2 -c5-m	K2 -c5-m	K2 -c5-k	K2 -c6-k	K2 -c6-m	K2 -c6-k
SiO ₂	54.86	56.35	54.34	54.33	53.05	53.88	54.41	53.41	54.38	53.79	58.40	53.93	54.56	54.49
Al ₂ O ₃	28.13	27.37	28.24	28.16	29.44	28.78	28.56	28.77	28.41	28.98	25.73	28.59	28.32	28.52
FeO	0.59	0.51	0.62	0.69	0.69	0.55	0.58	0.56	0.67	0.57	0.54	0.62	0.57	0.62
CaO	10.71	9.85	11.34	11.31	12.37	11.50	11.47	11.85	11.38	11.95	7.97	11.48	11.29	11.45
Na ₂ O	4.76	5.25	4.57	4.74	4.20	4.48	4.52	4.34	4.79	4.44	6.48	4.66	4.89	4.72
K ₂ O	0.49	0.59	0.38	0.40	0.30	0.40	0.41	0.41	0.43	0.39	0.69	0.38	0.40	0.39
Toplam	99.54	99.93	99.49	99.64	100.05	99.59	99.94	99.33	100.06	100.12	99.82	99.67	100.02	100.18
Si	2.49	2.54	2.47	2.47	2.41	2.45	2.46	2.44	2.46	2.44	2.62	2.45	2.47	2.46
Al	1.50	1.45	1.51	1.51	1.57	1.54	1.52	1.55	1.52	1.55	1.36	1.53	1.51	1.52
Fe ⁽ⁱⁱ⁾	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Ca	0.52	0.48	0.55	0.55	0.60	0.56	0.56	0.58	0.55	0.58	0.38	0.56	0.55	0.55
Na	0.42	0.46	0.40	0.42	0.37	0.40	0.40	0.38	0.42	0.39	0.56	0.41	0.43	0.41
K	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02
An	53.77	49.12	56.52	55.57	60.81	57.24	56.96	58.72	55.34	58.47	38.85	56.35	54.79	55.95
Ab	43.30	47.40	41.24	42.09	37.41	40.40	40.62	38.88	42.16	39.27	57.13	41.41	42.92	41.77
Or	2.93	3.48	2.24	2.34	1.77	2.36	2.42	2.40	2.49	2.26	4.01	2.24	2.29	2.28
Bazalt														
Örnek	K2 -c7-m	K2 -c7-k	K2 -c8-k	K2 -c8-m	K2 -c8-m	K2 -c7-m	M36 -c1-m	M36 -c1-k	M36 -c3-m	M36 -c3-k	M36 -c3-m	M36 -c4-m	M36 -c4-k	M36 -c4-m
SiO ₂	56.39	53.52	53.91	54.44	52.61	58.14	54.03	53.42	48.91	54.33	50.12	49.33	55.79	53.09
Al ₂ O ₃	27.02	29.08	28.99	28.67	29.41	26.01	28.35	29.46	31.87	29.09	31.49	32.16	27.41	29.70
FeO	0.63	0.72	0.61	0.57	0.58	0.68	0.83	0.80	0.70	0.58	0.66	0.73	0.88	0.77
CaO	9.63	12.02	11.84	11.55	12.59	8.31	10.94	12.29	15.32	11.47	15.06	15.15	9.98	12.46
Na ₂ O	5.95	4.47	4.59	4.59	4.05	6.12	4.89	4.38	2.80	4.71	3.01	2.60	5.42	4.29
K ₂ O	0.39	0.35	0.35	0.43	0.33	0.73	0.40	0.30	0.15	0.39	0.12	0.14	0.47	0.30
Toplam	100.01	100.16	100.29	100.25	99.58	99.99	99.44	100.65	99.74	100.58	100.45	100.11	99.94	100.61
Si	2.54	2.43	2.44	2.46	2.40	2.61	2.46	2.41	2.25	2.45	2.28	2.26	2.52	2.40
Al	1.44	1.55	1.54	1.53	1.58	1.38	1.52	1.57	1.73	1.54	1.69	1.73	1.46	1.58
Fe ⁽ⁱⁱ⁾	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
Ca	0.47	0.58	0.57	0.56	0.62	0.40	0.53	0.59	0.75	0.55	0.74	0.74	0.48	0.60
Na	0.52	0.39	0.40	0.40	0.36	0.53	0.43	0.38	0.25	0.41	0.27	0.23	0.47	0.38
K	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02
An	46.15	58.55	57.54	56.69	61.99	41.02	53.98	59.75	74.50	56.05	72.96	75.67	49.04	60.56
Ab	51.61	39.41	40.42	40.79	36.09	54.67	43.65	38.54	24.65	41.66	26.38	23.48	48.20	37.74
Or	2.24	2.04	2.04	2.52	1.92	4.31	2.38	1.71	0.85	2.29	0.67	0.85	2.76	1.71

Tablo 3.1 (devamı)

Örnek	Bazalt												
	M36 -c6-m	M36 -c6-m	M36 -c6-m	M36 -c6-m	M36 -c6-k	M36 -c6-m	M36 -c7-m	M36 -c7-k	M36 -c7-m	M36 -c8-m	M36 -c8-m	M36 -c8-m	M36 -c8-m
SiO ₂	55.19	54.39	55.12	49.08	51.83	55.18	54.47	52.92	49.14	51.90	48.05	46.69	47.05
Al ₂ O ₃	27.74	28.47	28.16	31.79	30.29	27.74	28.98	29.61	32.44	29.99	32.77	34.05	33.38
FeO	0.54	0.56	0.55	0.58	0.71	0.70	0.66	0.73	0.79	0.77	0.61	0.59	0.60
CaO	10.32	11.11	10.76	15.67	13.27	10.28	11.61	12.53	15.55	13.20	16.16	17.57	17.17
Na ₂ O	5.23	4.82	4.94	2.52	3.74	5.10	4.60	4.09	2.47	3.73	2.09	1.56	1.72
K ₂ O	0.57	0.43	0.46	0.15	0.23	0.45	0.39	0.28	0.14	0.26	0.11	0.06	0.09
Toplam	99.59	99.77	99.99	99.79	100.06	99.45	100.70	100.17	100.52	99.84	99.80	100.53	100.00
Si	2.50	2.47	2.49	2.25	2.36	2.50	2.45	2.40	2.24	2.37	2.21	2.14	2.17
Al	1.48	1.52	1.50	1.72	1.62	1.48	1.54	1.58	1.74	1.61	1.78	1.84	1.81
Fe ⁽ⁱⁱ⁾	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
Ca	0.50	0.54	0.52	0.77	0.65	0.50	0.56	0.61	0.76	0.65	0.80	0.86	0.85
Na	0.46	0.42	0.43	0.22	0.33	0.45	0.40	0.36	0.22	0.33	0.19	0.14	0.15
K	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01
An	50.42	54.59	53.13	76.80	65.33	51.28	56.95	61.81	77.05	65.19	80.48	85.83	84.23
Ab	46.27	42.87	44.15	22.31	33.33	46.03	40.80	36.53	22.14	33.30	18.87	13.82	15.24
Or	3.31	2.53	2.73	0.89	1.34	2.68	2.25	1.66	0.81	1.52	0.66	0.35	0.53

m: merkez, k: kenar, An: anortit, Ab: albit, Or: ortoklas

İncelenen volkanik kayalarındaki plajiyoklasların bileşimleri An₃₉₋₈₆ arasında değişkenlik göstermektedir. Smith ve Brown (1988)'e ait An-Ab-Or sınıflama diyagramına göre örnekler labrador, bitovnit ve andezin bileşimine sahiptirler (Şekil 3.19.).



Şekil 3.19. İnceleme alanına ait plajiyoklasların An-Ab-Or sınıflama (Smith ve Brown, 1988) diyagramındaki konumları

3.1.2. Klinopiroksen

İncelenen volkanik kayalarda klinopiroksenler gözlenmiştir. Klinopiroksenlere ait mikroprob içerikleri Tablo 2’de verilmiştir.

İncelenen volkanik kayalara ait klinopiroksenlerin SiO₂ içerikleri, % 48.94 - % 52.80 arasında, TiO₂ içerikleri ise, % 0.33 - % 1.02 arasında değişkenlik göstermektedir. Al₂O₃ içerikleri % 1.45 - % 4.36; FeO, MgO ve CaO içerikleri sırasıyla % 5.32 - % 11.25, % 13.41 - % 16.19 ve % 18.67 - % 23.14 arasındadır. Ayrıca klinopiroksenlerin Mg# değerleri 0.72-0.83 arasındadır (Tablo 2).

Tablo 3.2. Klinopiroksenlere ait mikrokimya analiz sonuçları

Bazalt															
Örnek	M36 -c1-m	M36 -c1-k	M36 -c1-m	M36 -c1-k	M36 -c2-m	M36 -c2-k	M36 -c2-m	M36 -c2-k	M36 -c3-m	M36 -c3-k	M36 -c4-m	M36 -c4-m	M36 -c4-k	M36 -c5-m	M36 -c5-k
SiO ₂	52.80	52.14	48.94	52.22	51.26	52.38	51.20	51.36	50.99	50.33	50.67	52.05	50.25	50.89	51.01
TiO ₂	0.56	0.51	1.02	0.60	0.86	0.35	0.73	0.65	0.45	0.51	0.83	0.50	0.75	0.62	0.76
Al ₂ O ₃	1.92	2.75	5.29	2.18	2.98	1.95	2.69	3.32	3.58	4.05	3.82	2.35	4.36	3.62	3.11
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	8.91	8.12	8.72	7.92	9.10	8.69	9.22	7.94	7.89	8.01	8.53	8.11	8.37	8.15	8.13
MnO	0.38	0.31	0.25	0.42	0.42	0.45	0.37	0.27	0.17	0.14	0.20	0.37	0.29	0.23	0.33
MgO	16.07	16.19	13.41	15.89	15.13	15.14	15.21	15.44	14.12	13.86	14.43	15.53	13.85	15.01	14.96
CaO	20.16	20.15	21.80	21.16	20.12	20.54	20.30	21.30	23.14	22.54	21.08	20.60	22.01	21.52	21.44
Na ₂ O	0.32	0.26	0.29	0.27	0.38	0.37	0.35	0.33	0.25	0.26	0.37	0.31	0.33	0.23	0.39
K ₂ O	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	101.1	100.4	99.7	100.7	100.3	99.9	100.1	100.6	100.6	99.7	99.9	99.8	100.2	100.3	100.1
Si	1.94	1.92	1.84	1.92	1.90	1.95	1.91	1.90	1.89	1.88	1.89	1.93	1.87	1.89	1.90
Ti	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
Al	0.08	0.12	0.23	0.09	0.13	0.09	0.12	0.14	0.16	0.18	0.17	0.10	0.19	0.16	0.14
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁽ⁱⁱ⁾	0.27	0.25	0.27	0.24	0.28	0.27	0.29	0.24	0.24	0.25	0.27	0.25	0.26	0.25	0.25
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	0.88	0.89	0.75	0.87	0.84	0.84	0.84	0.85	0.78	0.77	0.80	0.86	0.77	0.83	0.83
Ca	0.79	0.79	0.88	0.84	0.80	0.82	0.81	0.84	0.92	0.90	0.84	0.82	0.88	0.85	0.85
Na	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wo	40.52	40.93	45.99	42.54	41.42	42.16	41.51	43.34	47.19	46.82	43.97	42.20	45.84	44.00	43.92
En	44.96	45.75	39.36	44.45	43.35	43.24	43.27	43.71	40.07	40.05	41.88	44.28	40.16	42.71	42.64
Fs	14.52	13.32	14.66	13.01	15.24	14.61	15.22	12.96	12.75	13.13	14.15	13.52	14.00	13.29	13.45
Mg#	0.76	0.78	0.73	0.78	0.75	0.76	0.75	0.78	0.76	0.76	0.75	0.77	0.75	0.77	0.77

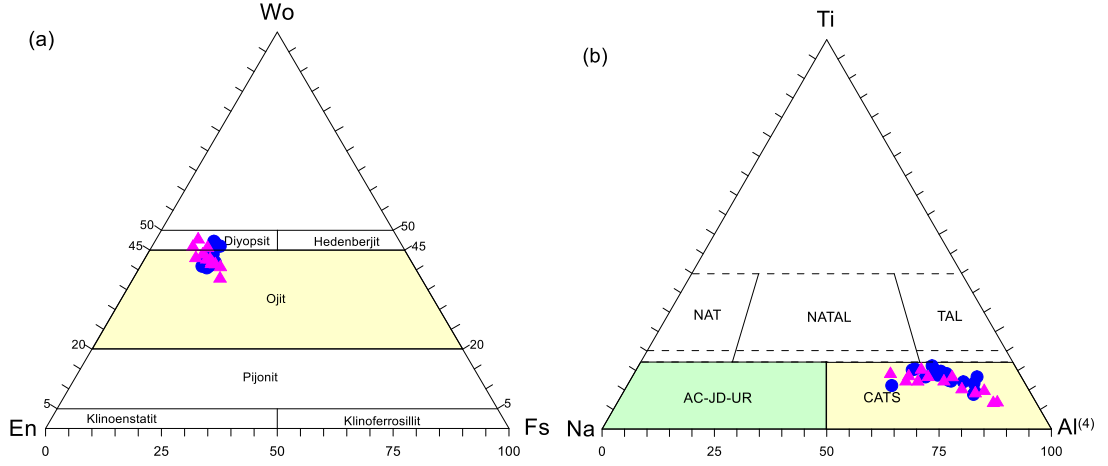
Tablo 3.2 (devamı)

Andezit												
Örnek	K2-c10-m	K2-c10-k	K2-c10-m	K2-c10-k	K2-c1-m	K2-c1-k	K2-c1-m	K2-c1-k	K2-c1-m	K2-c1-k	K2-c2-m	K2-c2-k
SiO ₂	52.20	51.53	51.22	51.59	50.71	52.01	51.67	50.00	52.08	51.68	52.67	52.15
TiO ₂	0.56	0.57	0.51	0.46	0.43	0.38	0.47	0.65	0.38	0.36	0.42	0.46
Al ₂ O ₃	2.38	2.81	2.42	1.86	5.35	2.83	1.93	4.88	2.46	4.08	1.54	2.22
Cr ₂ O ₃	0.01	0.02	0.00	0.00	0.71	0.12	0.00	0.14	0.02	0.44	0.00	0.00
FeO	9.05	8.52	9.53	10.29	5.32	6.69	11.25	7.28	7.27	5.43	8.01	8.93
MnO	0.34	0.20	0.31	0.39	0.11	0.15	0.37	0.12	0.21	0.07	0.37	0.40
MgO	14.94	14.99	14.86	14.50	14.70	16.32	15.17	14.50	15.61	15.93	15.44	15.23
CaO	20.35	20.92	20.38	19.90	22.86	21.50	18.67	22.08	21.91	22.73	21.18	20.51
Na ₂ O	0.29	0.24	0.27	0.32	0.20	0.19	0.27	0.24	0.20	0.18	0.32	0.33
K ₂ O	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Toplam	100.14	99.79	99.50	99.31	100.39	100.18	99.81	99.90	100.15	100.90	99.95	100.25
Si	1.94	1.92	1.92	1.94	1.86	1.91	1.94	1.86	1.93	1.88	1.95	1.93
Ti	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	0.10	0.12	0.11	0.08	0.23	0.12	0.09	0.21	0.11	0.18	0.07	0.10
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Fe ⁽ⁱⁱ⁾	0.28	0.27	0.30	0.32	0.16	0.21	0.35	0.23	0.22	0.17	0.25	0.28
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
Mg	0.83	0.83	0.83	0.81	0.80	0.90	0.85	0.80	0.86	0.87	0.85	0.84
Ca	0.81	0.83	0.82	0.80	0.90	0.85	0.75	0.88	0.87	0.89	0.84	0.82
Na	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wo	41.99	43.08	41.85	41.12	48.09	43.41	38.24	46.00	44.32	46.22	43.06	41.90
En	42.91	42.95	42.46	41.70	43.02	45.87	43.24	42.03	43.93	45.09	43.67	43.28
Fs	15.11	13.97	15.69	17.18	8.89	10.72	18.52	11.97	11.75	8.70	13.27	14.83
Mg#	0.75	0.76	0.74	0.72	0.83	0.81	0.71	0.78	0.79	0.84	0.77	0.75

Çalışılan volkanik kayalarındaki klinopiroksenler kalsik karakterli klinopiroksenler olup, genellikle ojit ve daha az oranda da diyopsit bileşimindedirler (Şekil 3.20.).

Klinopiroksenler zonlanma göstermemekte birlikte, bileşimler arasındaki kristallenme yönelimi, diyopsitten ojite doğrudur (Şekil 3.20.).

İncelenen kayalarındaki klinopiroksenler, Papike vd. (1974)'ün önerdiği Ti-Na-Al⁴ diyagramına göre Ti'ca fakir, Na ve Al⁽⁴⁾'ca zengin uçlar arasında değişim gösterirler (Şekil 4 b). İlgili diyagramda örnekler Al ucuna daha yakın olarak gözlenirler. Piroksen bileşimleri Ca-çermakit uç üye özelliği gösterirler.



Şekil 3.20. Klinopiroksenlerin, a) Wo-En-Fs (Morimoto vd. 1988), b) Ti-Na-Al⁽⁴⁾ (Papike vd. 1974) diyagramındaki yerleri (CATS: Ca-çermakit, AC: Akmit, JD: Jadeyit, UR: Kosmoklor, NAT: Na-Ti klinopiroksen, NATAL: Na-Ti Al klinopiroksen, TAL: Ti-Al klinopiroksen)

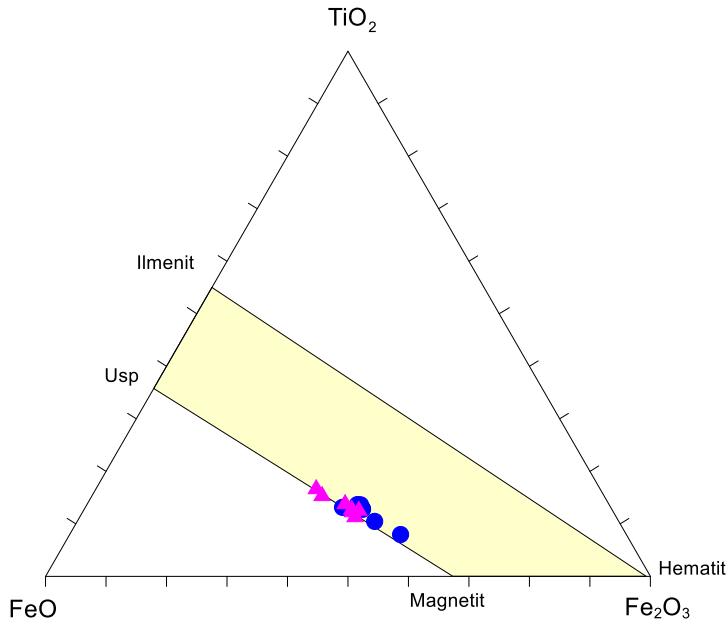
3.2.3. Fe-Ti Oksitler

Çalışma alanındaki volkanik kayalara ait örneklerde Fe-Ti oksitler gözlenmiş olup, titano-magnetit bileşimindedirler. Fe-Ti oksitlere ait mikroprob içerikleri Tablo 3.3’de verilmiştir.

Tablo 3.3. Fe-Ti oksitlere ait mikrokimya analiz sonuçları

	Bazalt								Andezit							
Örnek	M36-c1	M36-c3	M36-c4	M36-c4	M36-c6	M36-c6	M36-c7	M36-c8	K2-c10	K2-c2	K2-c3	K2-c5	K2-c6	K2-c8	K2-c8	K2-c8
SiO ₂	2.10	0.16	0.20	0.10	0.42	0.15	0.14	0.61	1.08	0.50	0.15	0.05	0.08	0.12	0.93	
TiO ₂	12.04	12.61	9.67	12.90	11.94	7.79	12.84	12.10	14.86	11.24	12.42	12.79	13.72	16.42	12.10	
Al ₂ O ₃	1.31	1.28	4.55	1.35	1.08	0.70	1.13	0.69	0.98	1.89	0.91	1.30	1.34	1.07	0.89	
Cr ₂ O ₃	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.12	0.07	0.08	0.03	0.09	0.07	0.05	
Fe ₂ O ₃	39.02	42.59	45.40	42.24	43.06	53.45	42.66	43.00	35.73	43.45	43.42	42.73	40.93	34.86	42.37	
FeO	40.66	38.93	37.25	39.31	38.55	36.46	38.74	38.57	43.81	41.21	39.97	41.53	41.82	44.97	40.98	
MnO	2.39	3.87	2.21	3.85	3.55	2.26	4.33	3.72	0.69	0.47	2.37	1.08	1.09	0.82	1.56	
MgO	0.16	0.05	1.12	0.05	0.07	0.00	0.08	0.05	0.14	0.05	0.20	0.34	0.73	0.23	0.10	
CaO	1.41	0.15	0.01	0.07	0.28	0.13	0.11	0.50	1.08	0.43	0.16	0.04	0.05	0.06	0.74	
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Toplam	99.08	99.63	100.42	99.87	98.95	100.97	100.02	99.24	98.49	99.31	99.68	99.89	99.85	98.62	99.72	
Si	0.73	0.06	0.07	0.04	0.15	0.05	0.05	0.22	0.38	0.18	0.06	0.02	0.03	0.04	0.33	
Ti	3.16	3.38	2.53	3.45	3.24	2.18	3.43	3.27	3.89	3.03	3.35	3.42	3.62	4.30	3.23	
Al	0.54	0.54	1.87	0.56	0.46	0.31	0.47	0.29	0.40	0.80	0.39	0.54	0.55	0.44	0.37	
Cr	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	
Fe ⁽ⁱⁱⁱ⁾	22.10	23.06	22.75	22.98	23.31	26.30	22.94	23.23	22.13	24.04	23.69	23.77	23.10	22.24	23.49	
Mn	0.71	1.17	0.65	1.16	1.08	0.71	1.30	1.13	0.20	0.14	0.72	0.33	0.33	0.24	0.47	
Mg	0.08	0.03	0.58	0.03	0.04	0.00	0.04	0.02	0.07	0.02	0.11	0.18	0.38	0.12	0.05	
Ca	0.53	0.06	0.00	0.03	0.11	0.05	0.04	0.19	0.40	0.17	0.06	0.01	0.02	0.02	0.28	
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

İncelenen örneklerdeki Fe-Ti oksitlerin TiO_2 ve FeO değerleri sırasıyla % 7.79-16.42 ve % 36.46-44.97 arasındadır (Tablo 3.3). Kayaçlardaki titano-magnetit kristalleri, ulvospinel-magnetit katı ergiyeğinin ürünü olup, daha çok magnetit ucuna yakın bileşimler gösterirler (Şekil 3.21.).



Şekil 3.21. Fe-Ti oksit kristallerinin TiO_2 FeO- Fe_2O_3 ayırtman diyagramları (Bacon ve Hirschmann 1988)

3.2. Jeotermobarometre Hesaplamaları

Bu bölümde, incelenen volkanik kayaçların mineral kimyası ve tüm-kayaç jeokimyası analizleri dikkate alınarak, farklı araştırmacılar tarafından oluşturulan ampirik formül, diyagram ve paket programlar kullanılarak volkanitlerin püskürme öncesi termodinamik koşulları (kristallenme sıcaklığı ve basıncı) irdelenmeye çalışılmıştır. Bu hesaplamalar, mineral, mineral-mineral, mineral-ergiyik (volkan camı veya tüm-kayaç bileşimi) birliktelikleri kullanılarak yapılmıştır.

3.2.1. Jeotermometre Hesaplamaları

3.2.2. Plajiyoklas Termometresi

Bu çalışmada plajiyoklas ile ergiyik arasındaki denge durumunu göz önünde bulundurarak volkanik kayaların kristallenme sıcaklık ve basıncını hesaplamak üzere Putirka (2003, 2005 ve 2008) tarafından önerilen model kullanılmıştır. Bu modelde plajiyoklasların sıcaklık ve basıncının hesaplanması için plajiyoklasla dengede olan ergiyik bileşiminden yararlanılmıştır. Denge durumunu ortaya koymak için, plajiyoklas ve ergiyik arasındaki An- Ab değişimine dayanan bir denge testi tasarlanmıştır. Bu teste göre $KD(An-Ab)^{pl-erg} = 0.10 \pm 0.5, T < 1050^\circ C$ ve $0.27 \pm 0.11, T > 1050^\circ C$ arasında değişim gösterdiği durumlarda plajiyoklas ile ergiyik dengededir. Plajiyoklas bileşimi için bu mineraller üzerinde yapılan elektron mikroprop analiz sonuçları kullanılırken, ergiyiğin bileşimi için örneğin tüm kayaç analizlerinden elde edilen veriler kullanılmıştır. Hesaplama kullanılan Putirka (2008)'in önerdiği sıcaklık denklemi formül 3.1'de verilmiştir.

Formül 3.1'de kullanılan An ve Ab değerleri, plajiyoklas minerallerinin elektron mikroprop analizlerinden elde edilen veriler kullanılarak (3.2) ve (3.3) numaralı formüllerle hesaplanmıştır. Ergiyiğe ait değerler ise tüm kayaç analizlerinden elde edilmiştir. İncelenen Eosen yaşlı volkanitler için plajiyoklas-ergiyik jeotermometresine göre hesaplanan sıcaklık değerleri, 928-1126 °C arasındadır (Tablo 3.4.).

$$10^4/T(K) = 6.4706 + 0.3128 \ln \left[\frac{X_{An}^{pl}}{X_{CaO}^{erg} (X_{AlO_{1.5}}^{erg})^2 (X_{SiO_2}^{erg})^2} \right] - 8.103 (X_{SiO_2}^{erg}) + 4.872 (X_{KO_{0.5}}^{erg}) + 1.5346$$

$$(X_{Ab}^{pl})^2 + 8.661 (X_{SiO_2}^{erg})^2 - 3.341 \times 10^{-2} (P(kbar)) + 0.18047 (H_2O^{erg}) \quad (3.1)$$

$$An = \frac{CaO}{CaO + Na_2O + K_2O} \quad (3.2)$$

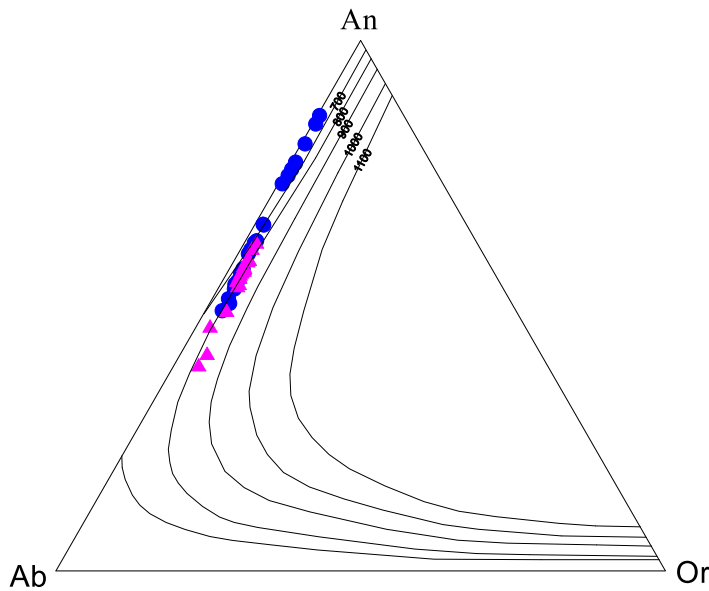
$$Ab = \frac{Na_2O}{CaO + Na_2O + K_2O} \quad (3.3)$$

Termometre hesaplamaları için Fuhrman ve Lindsley (1988), Ab-An-Or üçgen diyagramı üzerinde sıcaklık değerlerini gösteren izoterm eğrilerinin olduğu üçgen abağı oluşturmuştur. İncelenen volkanitlerdeki feldispatların Ab-An-Or bileşimleri abağın üzerine

düşürülmesi sonucunda sıcaklık değerleri incelenen volkanitler içerisindeki bazaltlar için 600-820°C, andezitler için 700-850°C arasında değişmektedir (Şekil 3.22.).

Tablo 3.4. İncelenen volkanitlerindeki plajiyokaslardan elde edilen sıcaklık, basınç ve Hidrometre (Putirka, 2008) değerleri (n, örnek sayısı)

Plajiyoklas termometresi (Putirka, 2008)			
(n=9)	T (°C)	H ₂ O (%)	K _D (Ab-An)
Minimum	928	0.12	0.18
Maksimum	1126	0.97	0.39



Şekil 3.22. İncelenen volkanitlerindeki feldispatlara ait Ab-An-Or üçgen diyagramı. İzoterm eğrilerine ait değerler Fuhrman ve Lindsley (1988)'e göre.

3.2.2.1. Klinopiroksen Termometresi

Klinopiroksen ve ergiyik arasındaki denge ile ilişkili olarak, volkanik kayaların kristallenme sıcaklık ve basıncını hesaplamak üzere Putirka vd. (1996, 2003) ve Putirka (1999, 2005, 2008) tarafından yapılan hesaplamalar kullanılmıştır. Putirka (2008), klinopiroksen ve ergiyik arasında olması gereken denge durumunu test etmek için deneysel gözlemlerden yararlanılarak Fe-Mg değişim sabiti $K_D(\text{Fe-Mg})^{\text{kpir-erg}} = 0.28 \pm 0.08$

hesaplamıştır. Hesaplanan bu sabitin $K_D(\text{Fe-Mg})^{\text{kpir-erg}} = 0.28 \pm 0.08$ aralığında olması, klinopiroksen ve ergiyiğin dengede olduğu anlamına gelmektedir. Klinopiroksen kristallenme sıcaklığının hesaplanması için klinopiroksen ile dengede olan ergiyik bileşiminin bilinmesi gerekmektedir. Klinopiroksen bileşimi için bu mineraller üzerinde yapılan elektron mikroprop analiz sonuçları kullanılırken, ergiyik bileşimi için tüm kayac analizlerinden elde edilen veriler kullanılmıştır.

İncelenen volkanitler için, $K_D(\text{Fe-Mg})^{\text{kpir-erg}}$ değeri istenilen aralıkta olsa da, petrografik olarak gözlemlenen dengesizlikler ve hesaplanan sıcaklık ve basınç değerlerindeki değişimler göz önünde bulundurularak Putirka (2008) tarafından önerilen ve yalnızca klinopiroksen bileşimine dayanarak kalibre edilmiş termometrenin kullanılması daha uygun görülmüştür (Formül 3.5, 3.6, 3.7).

$$T(K) = \frac{93100 + 544P(\text{kbar})}{61.1 + 36.6(X_{\text{Ti}}^{\text{kpir}}) + 10.9(X_{\text{Fe}}^{\text{kpir}}) - 0.95((X_{\text{Al}}^{\text{kpir}}) + (X_{\text{Cr}}^{\text{kpir}}) - (X_{\text{Na}}^{\text{kpir}}) - (X_{\text{K}}^{\text{kpir}})) + 0.395[\ln(a_{\text{En}}^{\text{kpir}})]^2} \quad (3.5)$$

$$X_{\text{Al}}^{\text{cpx}} = X_{\text{Al}^{(\text{IV})}}^{\text{cpx}} + X_{\text{Al}^{(\text{VI})}}^{\text{cpx}} \quad (3.6)$$

$$a_{\text{En}}^{\text{cpx}} = (1 - X_{\text{Ca}}^{\text{cpx}} - X_{\text{Na}}^{\text{cpx}} - X_{\text{K}}^{\text{cpx}}) \cdot (1 - 0.5(X_{\text{Al}}^{\text{cpx}} + X_{\text{Cr}}^{\text{cpx}} + X_{\text{Na}}^{\text{cpx}} + X_{\text{K}}^{\text{cpx}})) \quad (3.7)$$

İncelenen volkanitler için klinopiroksen-ergiyik jeotermometresine göre hesaplanan sıcaklık değerleri, 921-1077 °C arasındadır (Tablo 3.5.).

Tablo 3.5. İncelenen volkanitlerdeki klinopiroksenlerden elde edilen sıcaklık ve basınç (Putirka, 2008) değerleri

Klinopiroksen termometresi (Putirka, 2008)			
(n=9)	T (°C)	P (kbar)	$K_D(\text{Ab-An})$
Minimum	1021	0.24	0.26
Maksimum	1077	3.62	0.27

3.2.3. Jeobarometre Hesaplamaları

3.2.3.1. Klinopiroksen Barometresi

Bu çalışmada klinopiroksen bileşiminden yararlanılarak Nimis (1995) tarafından önerilen denklem (Formül 3.8) kullanılarak basınç hesaplamaları yapılmıştır.

$$P(kbar) = 3205 + 0.384T(K) - 518 \ln T(K) - 5.62(X_{Mg}^{kpir}) + 83.2(X_{Na}^{kpir}) + 68.2(X_{DiHd}^{kpir}) + 2.52 \ln(X_{Al^{(IV)}}^{kpir}) - 51.1(X_{DiHd}^{kpir})^2 + 34.8(X_{EnFs}^{kpir})^2 \quad (3.8)$$

Bu yaklaşımla birlikte; incelenen volkanik kayalardaki klinopiroksenlerin hem merkez hem de kenar kısımlarının bileşimleri kullanılarak kristallenme basınçları hesaplanmış ve yapılan hesaplamalar sonucunda; merkez ve kenar kısımlardan elde edilen ortalama basınç değerlerinin benzerlik gösterdiği görülmüştür (Tablo 3.5.). Buna göre, incelenen volkanik kayalarda 0.24-3.62 kbar aralığında değişen basınç değerleri elde edilmiştir (Tablo 3.5.).

3.1. Eosen yaşlı Yazıurdu Formasyonu'na ait Volkanik Kayaların Jeokimyası

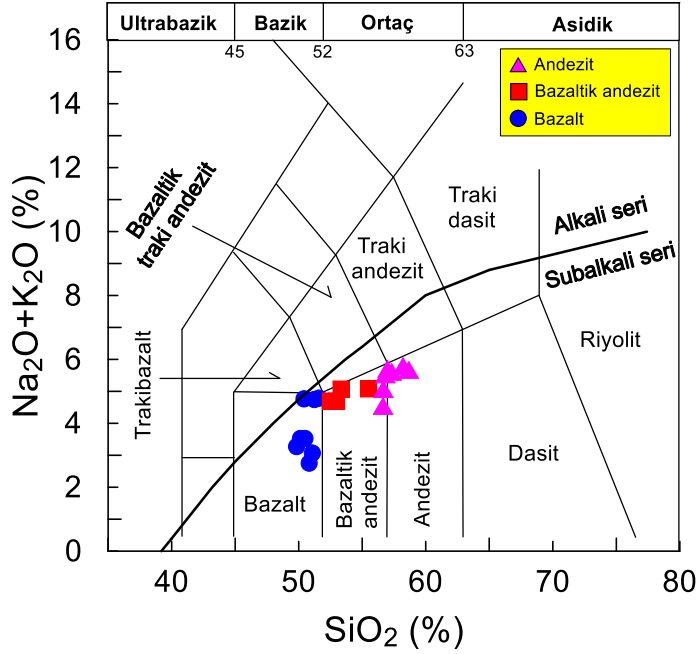
3.2. Giriş

İncelenen volkanik kayalara ait 19 adet örneğin ana, iz ve REE analizleri yapılmış ve jeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre kayaların jeokimyasal sınıflamaları, kayaları oluşturan magmanın evriminde etkili olan süreçler ile magmanın kökeni ortaya konulmuştur.

3.2.1. Volkanik Kayaların Kimyasal Sınıflandırılması

Bu çalışmada, diyagramlar yardımıyla incelenen volkanik kayaların kimyasal olarak adlandırılması ve sınıflandırılması yapılmıştır.

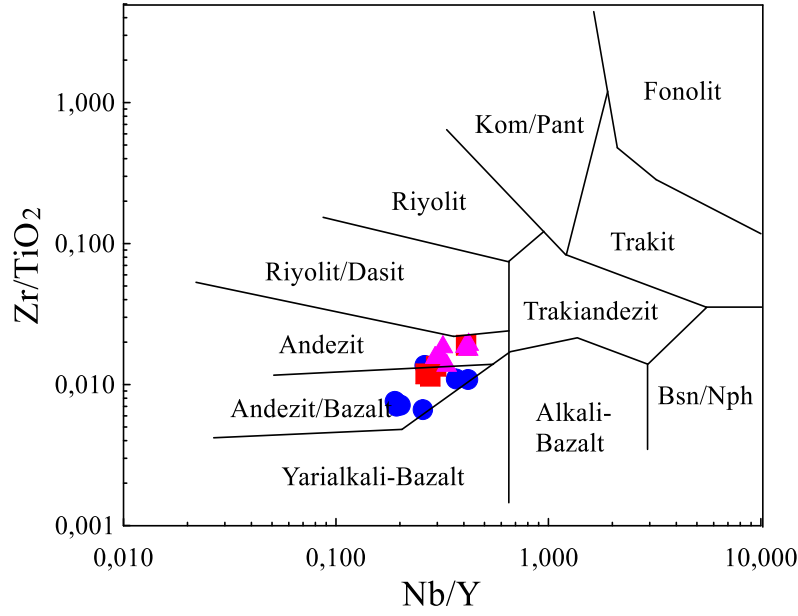
Le Maitre vd. (1989) tarafından önerilen kimyasal sınıflamasında toplam alkali (Na_2O+K_2O) ve silis içeriklerini kullanılmıştır. (Na_2O+K_2O)'a karşı SiO_2 içeriklerinin dikkate alındığı diyagramda (TAS), incelenen kayalar subalkalen seriye ait bazalt, bazaltik andezit ve andezit bileşimindedir (Şekil 3.23.).



Şekil 3.23.İncelenen örneklerin SiO_2 'e karşı toplam alkali ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) diyagramı (Le Maitre vd., 1989) (Alkali-subalkali eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'den alınmıştır)

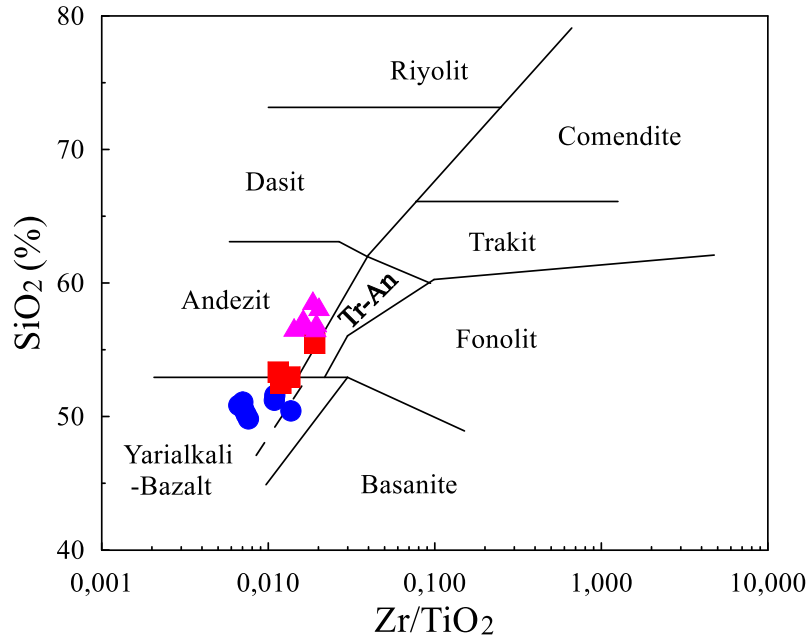
Volkanik kayaçların jeokimyasal olarak adlandırılması ve sınıflandırılmasında alterasyona maruz kalmış kayaçlar için TAS diyagramları yeterli ve sağlıklı bir sonuç vermezler. Na ve K gibi elementler alterasyondan ötürü kayaç içinde kolayca zenginleşme veya fakirleşme gösterebilirler. Winchester ve Floyd (1977) ayrışmadan daha az etkilenen Zr, Ti, Y ve Nb gibi elementlerin yer aldığı sınıflama diyagramları düzenlemişlerdir.

$\text{Zr}/\text{TiO}_2 \cdot 0.0001$ 'a karşı Nb/Y içeriklerinin kullanıldığı isimlendirme diyagramında (Winchester ve Floyd, 1977) incelenen kayaçların andezit/bazalt ve andezitten oluştuğu görülür (Şekil 3.24.).



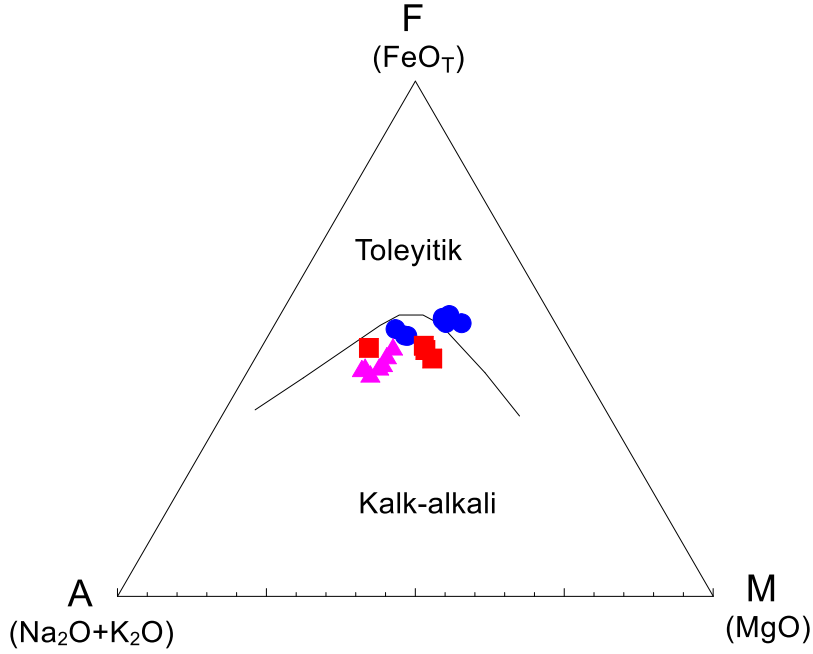
Şekil 3.24. İncelenen örneklerin Nb/Y'e karşı Zr/TiO₂ sınıflama diyagramı (Winchester ve Floyd 1977) (Semboller Şekil 3.23'deki gibidir)

Winchester ve Floyd (1977)'un SiO₂ - Zr/TiO₂ diyagramında, incelenen volkanik kayalar andezit ve subalkali bazaltdan oluşur. Bu diyagramlar, diğer sınıflandırma diyagramları ile uyumluluk gösterirler (Şekil 3.25).



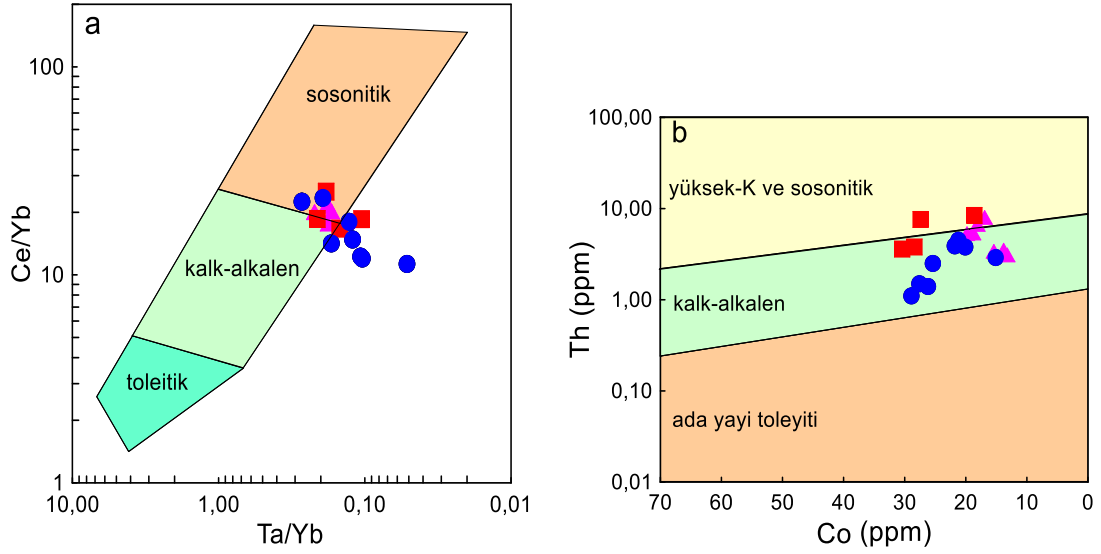
Şekil 3.25. İncelenen örneklerin SiO₂-Zr/TiO₂ diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) (Semboller Şekil 3.23'deki gibidir)

AFM üçgen diyagramında (Irvine ve Baragar, 1971) jeokimyasal analizlerdeki Fe_2O_3 - MgO -($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) değerleri dikkate alınmıştır. Bu diyagrama göre incelenen kayaç örnekleri genelde kalk-alkalen, kısmen de toleyitik karakterlidirler (Şekil 3.26.).



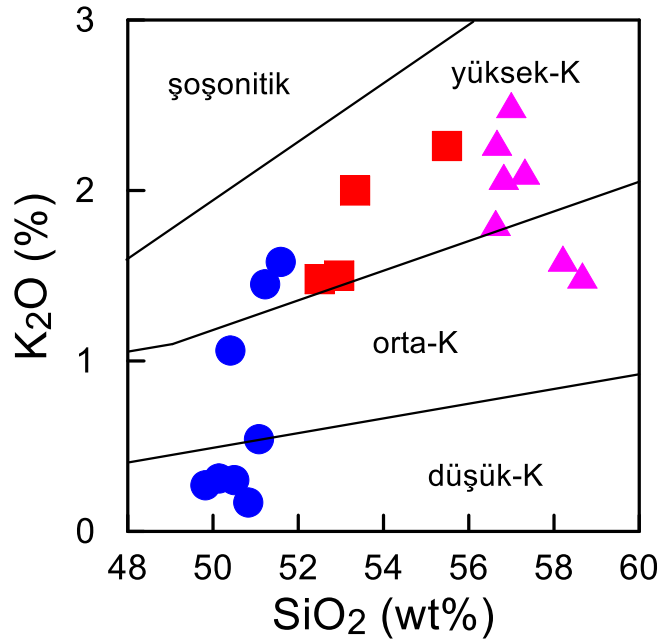
Şekil 3.26. İncelenen kayaç örneklerinin AFM diyagramı, Toleyitik-kalk alkali ayrımı eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'dan alınmıştır (Semboller Şekil 3.23'deki gibidir)

İncelenen örnekler Ce/Yb - Ta/Yb ve Th - Co diyagramlarında kalk-alkalen ve şösonitik alanda yer alırlar (Şekil 3.27.).



Şekil 3.27. İncelenen kayaç örneklerinin (a) Ce/Yb - Ta/Yb diyagramı, (b) Th - Co diyagramı (Semboller Şekil 3.23'deki gibidir)

İnceleme alanındaki kalk-alkalen karakterli kayaçların verileri K_2O - SiO_2 diyagramına (Le Maitre, 1989; Rickwood, 1989) aktarıldığında, bazaltlara ait örnekler düşük-yüksek potasyumlu alanda; bazaltik andezitler yüksek potasyumlu alanda ve andezitler de orta-yüksek potasyumlu alanda yer alırlar (Şekil 3.28.).



Şekil 3.28. İncelenen kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı K_2O diyagramı (Le Maitre vd., 1989'dan alınmıştır) (Semboller Şekil 3.23'deki gibidir)

3.2.2. Ana ve İz Element Analizleri

İncelenen kayalara ait 19 adet örneğin ana, iz ve nadir toprak element analizleri Tablo 3.6’de gösterilmiştir.

Tablo 3.6. İncelenen kayaların ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) analizleri

Örnek	Bazalt								Bazaltik andezit			
	S82	S56	M36	S83	S48	S84	B87	B86	B117	Y40	B118	M26
SiO ₂	49.82	51.08	51.22	50.14	50.41	50.50	50.83	51.59	52.50	55.49	52.96	53.33
TiO ₂	0.92	0.82	1.04	0.90	0.89	0.92	0.85	1.04	0.83	0.75	0.82	0.79
Al ₂ O ₃	18.11	18.54	17.81	18.29	19.03	18.25	18.21	19.58	16.92	15.91	16.72	15.55
Fe ₂ O _{3T}	10.51	8.88	9.06	10.39	9.23	10.17	9.27	9.05	9.40	7.27	9.19	9.72
MnO	0.21	0.15	0.24	0.21	0.18	0.21	0.17	0.17	0.17	0.11	0.17	0.21
MgO	5.47	4.79	4.10	5.30	4.27	5.26	5.47	3.62	5.24	2.73	5.34	6.27
CaO	10.61	10.44	9.03	10.25	7.92	10.20	10.40	8.84	8.05	7.59	8.14	8.41
Na ₂ O	3.00	2.53	3.29	3.22	3.70	3.22	2.58	3.20	3.21	2.82	3.19	3.07
K ₂ O	0.27	0.54	1.45	0.31	1.06	0.30	0.17	1.58	1.48	2.26	1.50	2.00
P ₂ O ₅	0.15	0.14	0.38	0.16	0.23	0.16	0.17	0.31	0.17	0.20	0.17	0.29
LOI	0.70	1.80	2.10	0.50	2.80	0.50	1.60	0.70	1.80	4.60	1.50	0.00
Toplam	99.77	99.71	99.72	99.67	99.72	99.69	99.72	99.68	99.77	99.73	99.70	99.64
Ga	15.8	16.5	18.4	15.9	15.8	15.1	15.9	16.6	14.7	15.0	15.0	14.1
Co	28.9	21.8	20.1	27.6	15.1	26.2	25.4	21.2	28.4	18.6	27.4	30.4
Ni	4.8	12.5	3.9	6.6	7.8	6.7	17.7	3.7	11.6	11.5	11.1	9.8
V	292.0	264.0	226.0	302.0	240.0	301.0	257.0	240.0	235.0	162.0	234.0	260.0
Cu	49.7	458.2	35.2	45.3	90.7	45.1	94.9	23.5	76.1	50.0	72.3	30.4
Pb	7.2	5.3	5.1	8.4	2.5	8.2	4.2	3.6	12.3	7.0	11.1	2.9
Zn	22.0	12.0	26.0	31.0	41.0	30.0	49.0	52.0	43.0	53.0	37.0	17.0
W	0.5	1.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5
Rb	4.4	12.6	27.1	4.6	16.6	4.6	2.6	22.5	28.6	54.9	27.6	46.2
Ba	176.0	210.0	456.0	208.0	762.0	205.0	170.0	495.0	378.0	525.0	395.0	444.0
Sr	506.2	477.1	640.3	532.9	533.0	529.1	505.7	589.9	405.6	343.2	427.5	732.0
Ta	0.1	0.2	0.4	0.2	0.3	0.2	0.3	0.6	0.3	0.5	0.2	0.3
Nb	3.5	3.2	8.2	3.5	5.8	3.6	3.9	8.2	4.7	8.4	5.3	4.5
Hf	1.9	1.5	3.0	1.8	3.1	1.8	1.6	3.0	2.8	3.7	3.2	2.5
Zr	70.0	57.7	113.1	66.4	121.6	65.7	56.5	114.0	98.9	142.7	110.6	90.6
Y	18.5	16.6	19.6	18.1	22.2	17.9	15.2	22.3	17.8	20.5	17.9	16.2
Th	1.1	3.9	3.8	1.5	2.9	1.4	2.5	4.5	3.8	8.4	7.6	3.6
U	0.3	1.3	1.0	0.4	0.7	0.3	0.6	1.0	0.9	2.2	1.1	1.1
La	10.60	15.10	23.90	10.00	20.00	9.80	12.40	24.10	17.40	25.00	16.70	19.60
Ce	21.90	24.40	48.50	23.00	42.10	22.90	25.10	50.20	33.70	44.00	35.20	41.00
Pr	2.89	2.84	5.62	2.94	4.98	2.78	2.96	5.85	4.09	5.11	4.09	5.07
Nd	12.40	11.50	23.50	11.60	19.40	12.00	12.20	23.40	17.10	19.30	15.90	21.90
Sm	3.14	2.51	4.45	2.89	4.57	3.06	2.72	4.74	3.56	3.88	3.38	4.34
Eu	0.95	0.85	1.45	1.01	1.27	1.00	0.82	1.34	1.01	1.07	1.00	1.33
Gd	3.30	2.79	4.49	3.34	4.53	3.35	2.94	4.71	3.59	4.03	3.61	4.17
Tb	0.55	0.46	0.66	0.53	0.68	0.54	0.46	0.71	0.58	0.62	0.56	0.58
Dy	3.38	2.70	3.72	3.48	4.22	3.47	2.63	3.86	3.29	3.48	3.25	3.24
Ho	0.72	0.60	0.76	0.64	0.82	0.68	0.56	0.76	0.70	0.75	0.62	0.61
Er	2.09	1.71	2.21	1.99	2.40	1.99	1.68	2.29	2.15	2.22	1.92	1.62
Tm	0.30	0.26	0.29	0.30	0.37	0.28	0.25	0.34	0.28	0.35	0.31	0.25
Yb	1.94	1.65	2.07	1.92	2.34	1.87	1.77	2.23	2.02	2.37	1.90	1.63
Lu	0.30	0.26	0.30	0.28	0.37	0.28	0.25	0.33	0.30	0.34	0.32	0.24

Tablo 3.6 (devamı)

Andezit							
Örnek	B109	K2	B113	B119	B55	B108	B114
SiO ₂	56.82	57.00	58.21	56.63	56.66	57.32	58.67
TiO ₂	0.79	0.76	0.70	0.65	0.78	0.78	0.71
Al ₂ O ₃	16.36	16.53	16.84	17.51	17.18	16.60	16.53
Fe ₂ O ₃ ^T	7.61	6.84	6.94	7.44	7.54	7.39	6.97
MnO	0.13	0.10	0.14	0.17	0.12	0.13	0.14
MgO	3.70	3.31	2.97	3.39	3.53	3.60	3.03
CaO	6.32	6.86	5.15	7.40	7.23	6.30	5.25
Na ₂ O	3.45	3.20	4.19	2.73	2.79	3.50	4.17
K ₂ O	2.08	2.50	1.60	1.81	2.28	2.11	1.50
P ₂ O ₅	0.15	0.20	0.22	0.26	0.23	0.16	0.22
LOI	2.30	2.50	2.80	1.70	1.40	1.90	2.50
Toplam	99.71	99.80	99.76	99.69	99.74	99.79	99.69
Ga	15.0	13.8	13.3	14.4	15.2	15.0	12.7
Co	19.8	16.9	13.8	15.4	18.1	18.8	13.2
Ni	7.2	9.2	3.5	7.1	7.9	7.3	3.6
V	185.0	163.0	140.0	143.0	184.0	190.0	150.0
Cu	63.4	39.6	25.6	42.2	56.5	73.0	24.0
Pb	6.3	6.6	3.8	9.6	7.0	8.9	3.9
Zn	49.0	33.0	32.0	44.0	39.0	43.0	36.0
W	0.5	1.1	0.5	0.5	0.6	1.0	0.5
Rb	53.2	65.9	29.5	36.1	50.1	51.1	26.6
Ba	518.0	511.0	530.0	657.0	620.0	510.0	514.0
Sr	339.8	385.2	559.0	603.1	444.8	364.7	576.3
Ta	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.3	0.4
Nb	6.5	8.5	8.0	6.5	7.3	6.3	7.8
Hf	3.5	3.8	3.5	3.1	3.2	3.2	3.4
Zr	132.3	147.9	141.0	125.5	111.5	126.6	131.7
Y	21.0	20.9	19.0	20.4	22.0	21.5	18.6
Th	5.3	8.0	3.5	3.4	6.7	5.4	3.1
U	1.8	2.7	0.8	1.0	2.0	1.4	1.0
La	20.20	25.30	24.20	21.90	23.00	19.60	23.10
Ce	39.50	45.50	47.60	47.90	45.20	40.50	48.70
Pr	4.71	5.33	5.51	5.36	5.19	4.69	5.38
Nd	18.60	19.80	20.90	21.00	20.40	18.80	21.60
Sm	3.80	4.15	4.00	4.13	4.26	3.76	4.18
Eu	0.99	1.07	1.06	1.24	0.98	0.97	1.11
Gd	3.93	4.21	3.90	4.02	4.29	3.91	3.85
Tb	0.62	0.63	0.60	0.60	0.67	0.59	0.60
Dy	3.68	3.64	3.42	3.55	3.88	3.66	3.75
Ho	0.78	0.81	0.77	0.74	0.80	0.80	0.75
Er	2.53	2.36	2.36	2.18	2.43	2.22	2.16
Tm	0.33	0.34	0.34	0.33	0.34	0.36	0.32
Yb	2.24	2.27	2.22	2.38	2.26	2.24	2.22
Lu	0.36	0.37	0.34	0.35	0.35	0.34	0.33

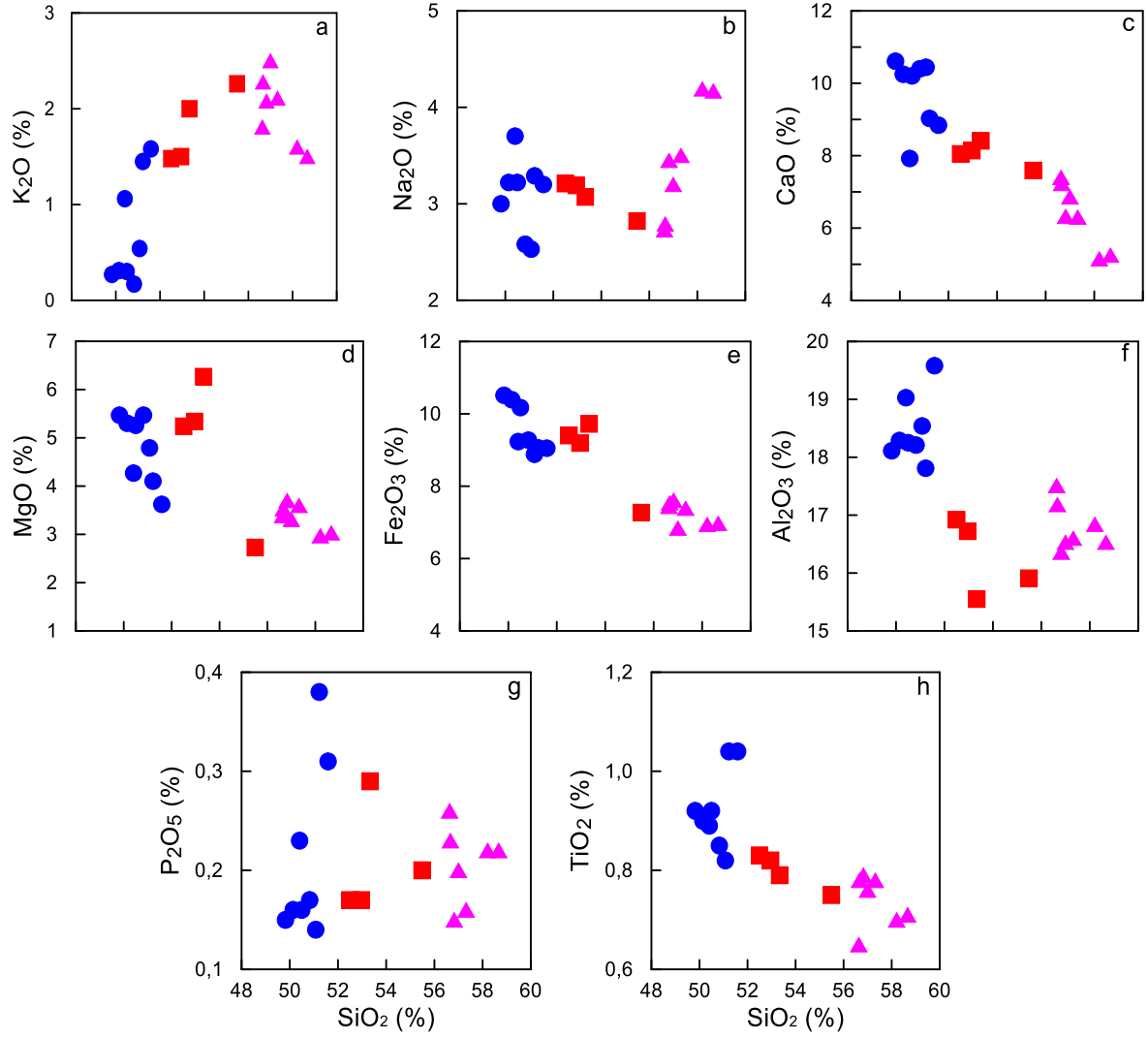
LOI (loss on ignition=ateşte kayıp). ASI (A/CNK)= Mol Al₂O₃/(CaO+NaO+K₂O). Mg# = 100xMgO/(MgO+Fe₂O₃^T). Fe₂O₃^T: Toplam demir, Eu*=(Sm+Gd)_N/2

Tablo 3.6’ da görüldüğü gibi, incelenen bazaltların SiO₂ içerikleri % 49.82 ve % 51.59 arasındadır. Örneklerin K₂O/Na₂O oranları 1’ den küçük olup, 0.07 ve 0.49 arasındadır. Örneklerin magnezyum numaraları (Mg#) 44.21 ve 53.89 arasındadır (Tablo 3.6). Bazaltik andezitlerin SiO₂ içerikleri % 52.50 ve % 55.49 arasında olup, K₂O/Na₂O oranları 0.46 ve 0.80 arasında değişmektedir. Örneklerin magnezyum numaraları (Mg#) 42.66 ve 56.10 arasındadır (Tablo 4). Andezitleride SiO₂ değerleri % 56.66 ve % 58.67 arasındadır. Örneklerin K₂O/Na₂O oranları 0.36 ve 0.82 arasında olup, magnezyum numaraları (Mg#) 45.88 ve 49.11 arasındadır (Tablo 3.6.).

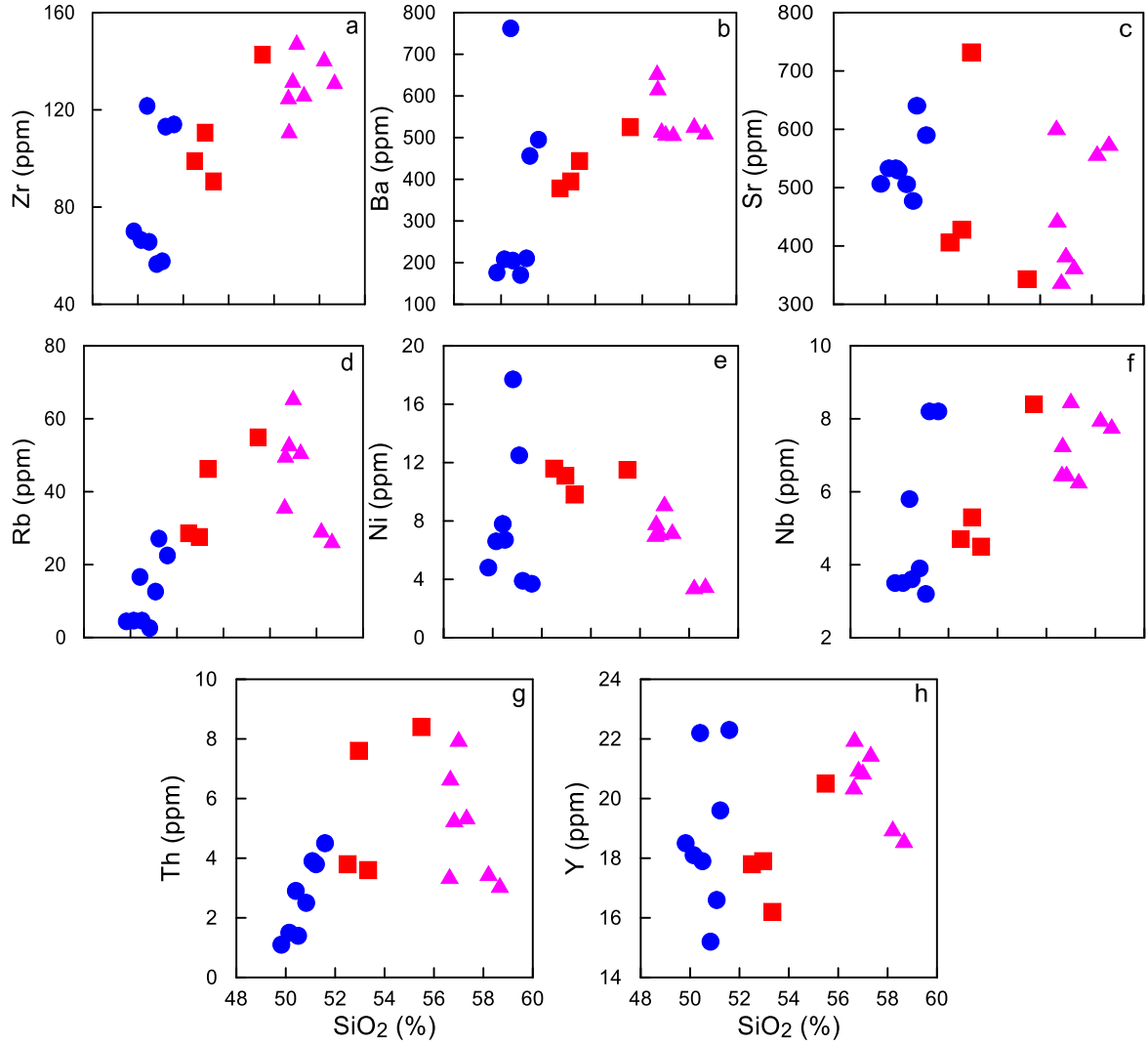
İncelenen kayaçların ana ve iz elementlerindeki negatif ve pozitif değişimler kayaçların içerisinde gözlenen fenokristal fazlarının fraksiyonlaşmasıyla ilişkilidir. SiO₂’ye karşı çizilen ana ve iz element içeriklerine bakıldığında, örneklerin bir kısmı düzensiz dağılım göstermekle birlikte (Şekil 3.29. ve 3.30.) çoğu örneklerde belirgin bir korelasyon görülür. Bu durum incelenen volkanik kayaçların gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin önemli bir rol oynadığını gösterir.

Harker diyagramlarında SiO₂’ye karşılık ana element değişimleri incelendiğinde, artan SiO₂ içeriklerine karşılık CaO, MgO, Fe₂O_{3T}, Al₂O₃ ve TiO₂ içeriklerinin belirgin bir negatif ilişki sergiledikleri görülür. (Şekil 15). P₂O₅ içerikleri artan SiO₂ miktarı karşısında çok belirgin olmamakla birlikte negatif bir ilişki sergiler. K₂O içeriklerinin ise artan SiO₂ miktarıyla pozitif bir ilişki sergiledikleri gözlemlenir (Şekil 3.29.).

İz element konsantrasyonlarına bakıldığında, artan SiO₂ ‘ye karşılık Ba, Zr, Rb, Th ve Nb içeriklerinde pozitif bir ilişki; Sr ve Ni içeriklerinde ise negatif bir ilişki gözlenir (Şekil 3.30.).

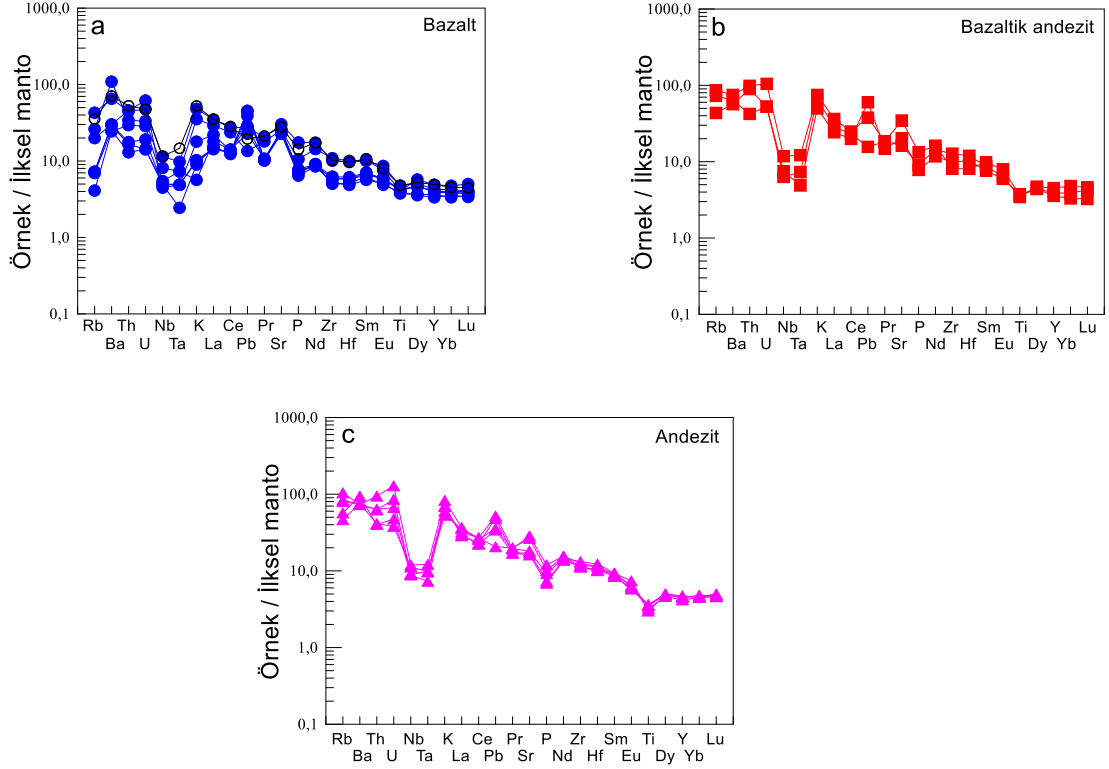


Şekil 3.29. İncelenen kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı ana element değişim diyagramları (Semboller Şekil 3.23'deki gibidir)



Şekil 3.30. İncelenen kayaç örneklerinin SiO₂'ye karşı iz element değişim diyagramları (Semboller Şekil 3.23'deki gibidir)

Kayaçların ilksel mantoya göre normalize edilmiş (Sun ve McDonough, 1989) iz element dağılımları Şekil 3.31'deki gibidir. Bu diyagrama göre örneklerin K, Rb, Sr, Ba, U, Th, Pb ve Nd konsantrasyonlarında zenginleşme; Nb, Ti, Ta ve P konsantrasyonlarında fakirleşme görülür (Şekil 3.31.). U, Th ve Rb gibi elementlerde gözlenen zenginleşme, kayaçların gelişim sürecindeki kabuk katkısını yansıtır. Negatif Ta ve Nb anomalisi kayaçların ana magmasının gelişiminde önceki yitim bileşeninin etkisine işaret eder.

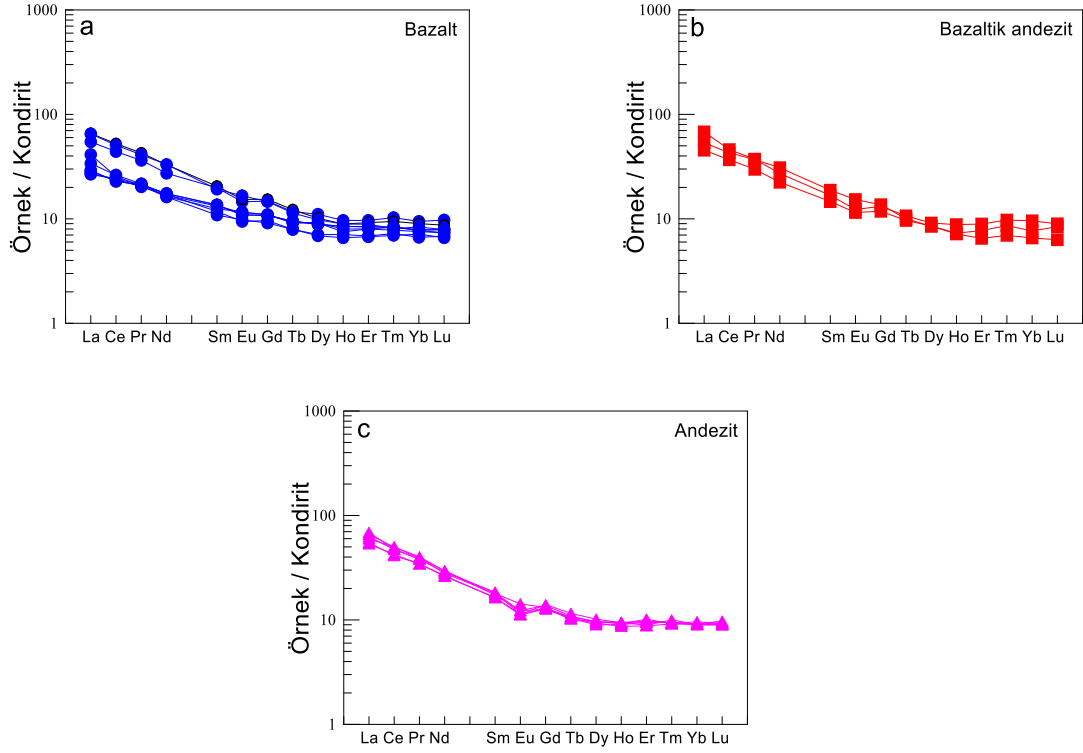


Şekil 3.31. İncelenen kayaçların ilksel mantoya göre (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları (Semboller Şekil 3.23'deki gibidir)

3.2.3. Nadir Toprak Element Analizleri

İncelenen kayaçların kondrite göre normalize edilmiş (Taylor ve McLennan, 1985) nadir toprak element dağılımlarında genel birbirlerine benzerlik görülür (Şekil 3.32.). Bu benzerlik incelenen kayaçların aynı/benzer kaynaktan türediklerine işaret eder.

İlgili diyagramda, nadir toprak element dağılımlarının genelde zenginleştiği gözlenmekle birlikte, hafif nadir toprak elementlerin (HNTE) ağır nadir toprak elementlere (ANTE) göre daha fazla zenginleştiği görülür (Şekil 3.32.). Bazalt örneklerinin $(La/Lu)_N$ oranları 3.62 ve 8.25'dir. Bazaltik andezit örneklerinin $(La/Lu)_N$ oranları 5.40 – 8.46 arasında iken, andezitlerin $(La/Lu)_N$ oranları 5.81-7.37 arasında değişkenlik gösterir (Tablo 3.6.).



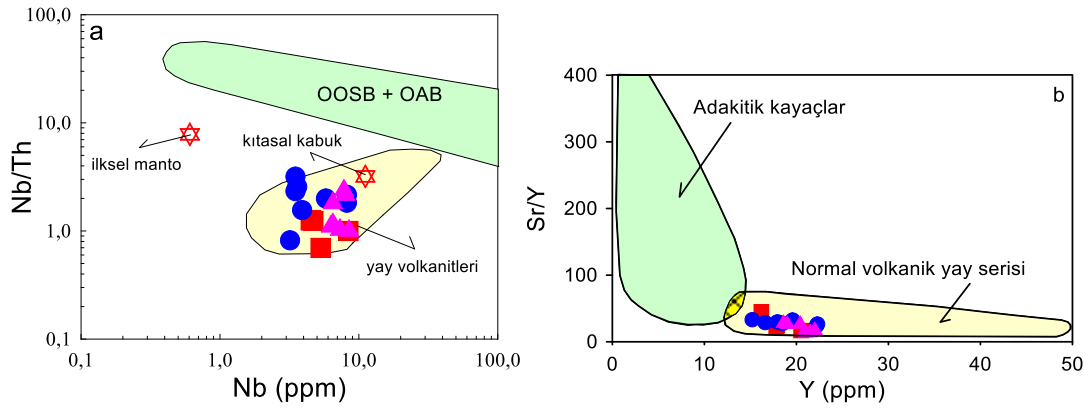
Şekil 3.32. İncelenen kayaçların; kondirite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları (Semboller Şekil 3.23'deki gibidir)

Çalışılan volkanik kayaç örneklerinden andezitler genellikle hafif bir negatif Eu anomalisi gösterirler (Şekil 3.32.). Negatif Eu anomalisi, plajiyoklas fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu gösterir. İncelenen bazalt örneklerinin $(Eu/Eu^*)_N$ oranları 0.84 ve 0.99 arasında iken, bazaltik andezitlerin $(Eu/Eu^*)_N$ oranı 0.82-0.94, andezit örneklerinin $(Eu/Eu^*)_N$ oranları ise 0.69-0.92 arasında değişkenlik gösterir (Tablo 3.6.).

3.2.4. Tektonik Konum

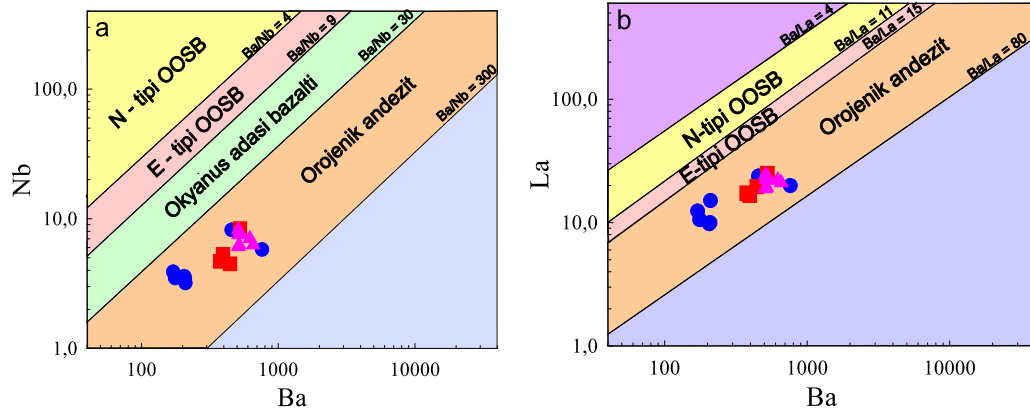
İncelenen kayaçların jeokimyasal analizlerindeki değişimler dikkate alındığında, iz element değişimlerinde Ta, Nb, Ti ve Zr bakımından tüketilme görülür. Kayaçlardaki HNTE, K, Sr, Rb ve Ba içeriklerinde gözlenen zenginleşme, kayaçların ana magmasının bir yitim zonu ortamında oluştuğunu gösterir (Pearce ve Peate, 1995; Turner, 2005). Kayaçlardaki yüksek Ba/La ve daha düşük Nb/La oranları, kayaçların okyanus ortası sırtı bazaltları (OOSB), okyanus adası bazaltları (OAB) ve plaka içi bazaltlarından daha ziyade orojenik volkanik kayaçlara (Sun ve McDonough, 1989) benzediklerine işaret eder.

Alterasyondan fazla etkilenmeyen Zr, Ti, Nb ve Sr gibi elementlerin birbirleriyle olan ilişkileri dikkate alınarak, incelenen kayaçlarının tektonik ortamları belirlenmiştir. Nb'a karşı Nb/Th tektonik ortam ayırtman diyagramında (Pearce ve Cann, 1973), incelenen örnekler yay volkanitleri alanına düşerler (Şekil 3.33. a). Sr/Y ve Y içeriklerinin yer aldığı ayırtman diyagramında (Defant ve Drummond, 1990) ise örnekler volkanik yay alanında yer alırlar (Şekil 3.33. b).



Şekil 3.33. İncelenen kayaçların tektonik ayırtman diyagramları. (a) Nb (ppm)'ye karşı Nb/Th diyagramı (ilksel manto değerleri Hoffmann, 1988'den, kıtasal bazalt-OOSB+OAB ve yay volkanitleri alanları Schmidberger ve Hegner, 1999'dan alınmıştır). (b) Sr/Y-Y Defant ve Drummond (1990)'ın tektonik ayırtman diyagramı.

Ba'a karşı Nb ve La içeriklerinin yer aldığı tektonik ortam ayırtman diyagramlarında, incelenen kayaçlar yüksek Ba/Nb ve Ba/La oranları ile orojenik andezitlere benzerlik gösterirler (Şekil 3.34.). Tüm örnekler birbirlerine yakın Ba/Nb ve Ba/La içeriklerine sahip olup, bu durum volkanik kayaçların benzer kökenli magmadan türediklerini gösterir.



Şekil 3.34. İncelenen volkanitlere ait, (a) Ba'ya karşı Nb ve b) Ba'ya karşı La tektonik ortam ayırtman diyagramları (Alanlar: Perfit vd, 1980 ve Gill, 1981)

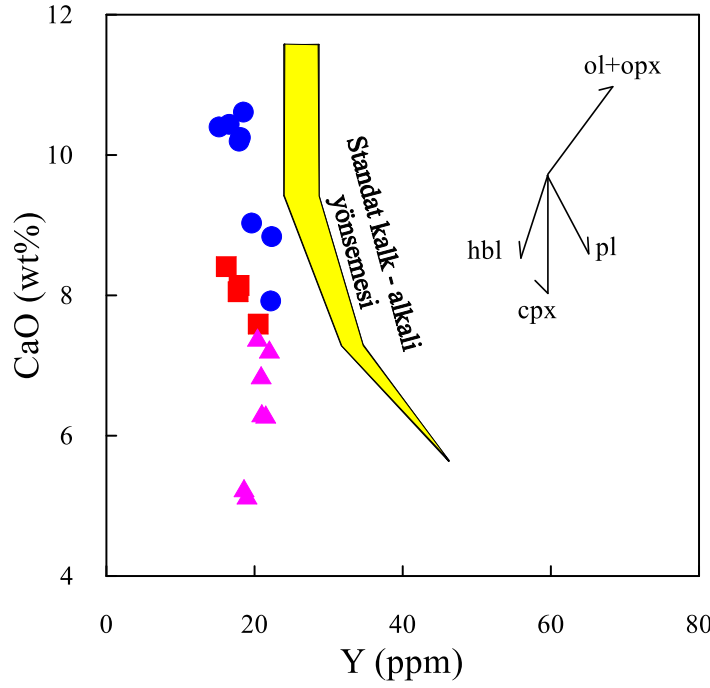
4. TARTIŞMA

Bu bölümde, çalışma alanındaki volkanik kayaçların ana magmaların gelişim süreçleri üzerindeki etkileri olan fraksiyonel kristallenme (FK), asimilasyon-fraksiyonel kristallenme (AFK) ve kaynak karakteristikleri gibi özellikleri incelenmiştir.

4.1. Fraksiyonel Kristallenme

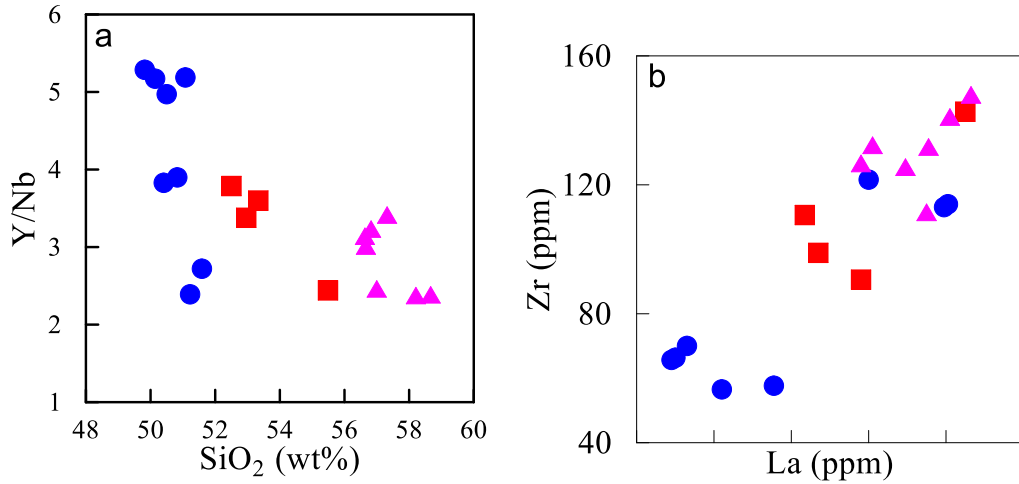
İncelenen kayaçlarda artan SiO_2 içeriğine karşılık TiO_2 ve Fe_2O_3 içeriklerinin azalması Fe-Ti oksitlerinin fraksiyonlaştığını gösterir. Artan SiO_2 'e karşı azalan CaO, Fe_2O_3 ve MgO içerikleri, çoğunlukla klinopiroksen ve plajiyoklas fazlarının ana magmadan ayrıştığına işaret eder (Şekil 3.29.). SiO_2 içeriklerine karşı Fe_2O_3 ve Al_2O_3 'teki negatif ilişki hornblend fraksiyonlaşmasını işaret eder. Artan SiO_2 içeriklerine karşılık P_2O_5 içeriklerinde gözlenen negatif ilişki apatit fraksiyonlaşmasının varlığını gösterir (Şekil 3.29.). SiO_2 içeriklerine karşı Ni içeriklerinin azalması klinopiroksen fraksiyonlaşmasını desteklemektedir. SiO_2 ile Zr arasındaki pozitif ilişki, hornblend ve manyetit fraksiyonlaşmasına işaret eder (Şekil 3.31.). Feldispatlar ve hornblendlerin yapısına katılmaları ve fraksiyonlaşma sırasında geç evrelerde kristallenmeleri nedeniyle, Rb, Ba ve Th elementlerinde pozitif ilişki görülür (Şekil 3.30.). Bu veriler ışığında incelenen volkanik kayaçların gelişiminde plajiyoklas, klinopiroksen ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğu görülür.

Y'a karşı CaO içeriklerinin kullanıldığı diyagramda (Lambert ve Holland, 1974) kayaç örnekleri dikey bir eğilim sergilerler. Bu durum klinopiroksen fraksiyonlaşmasının etkin olduğunu gösterir (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1.  ncelenen volkanik kayaçlara ait Y (ppm)'a karşı CaO (%) diyagramı (Lambert ve Holland, 1974) (ol: olivin, opir: ortopiroksen, kpir: klinopiroksen, hbl: hornblend, pl: plajiyoklas)

Zr'a karşı La ve SiO₂ içeriklerinin ele alındığı diyagramlarda, kayaçların gelişiminde asimilasyon-fraksiyonel kristallenme (AFK) ve fraksiyonel kristallenme (FK) izleri görülür ( ekil 4.2.). Diyagramlardaki bu y nsemeler, kayaçların gelişimlerinde genelde fraksiyonel kristallenme, daha az oranda da asimilasyonun etkili olduğunu gösterir.



Şekil 4.2. İncelenen volkanik kayaçların a) SiO₂'ye karşı Y/Nb diyagramı, b) La'ya karşı Zr diyagramı

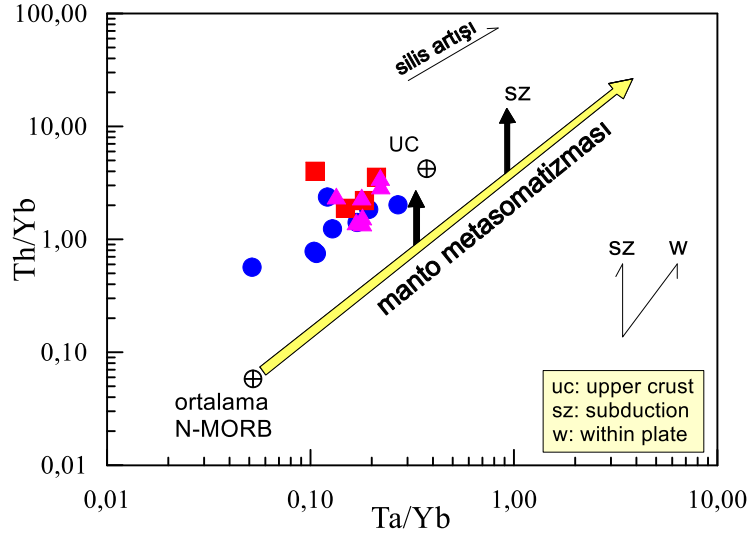
Kayaçların kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları dikkate alındığında (Şekil 3.32.) hafif nadir toprak elementlerin orta ve ağır nadir elementlere göre daha fazla zenginleştiği görülür. Nadir toprak element dağılım diyagramının hafif konkav bir şekilde olması, volkanik kayaçların gelişiminde klinopiroksen fraksiyonlaşmasının etkili olduğuna işaret eder (Fujimaki vd., 1984).

4.2. Asimilasyon-Fraksiyonel Kristallenme

Kabuksal malzemenin asimilasyonu, mantodan türeyen kayaçların iz element bileşimlerini etkileyen ve değiştiren en önemli süreçlerden biri olarak kabul edilir (Zellmer vd., 2005; McDermott vd., 2005). Doğu Pontidlerde Paleojen ve Neojen yaşlı çarpışma ve çarpışma sonrası oluşan volkanik kayaçlar üzerinde yapılan araştırmalar (Temizel ve Arslan 2008, 2009; Temizel vd., 2012, 2014, 2016; Kaygusuz vd., 2011; Yücel, 2013; Arslan vd., 2013; Aydınçakır vd., 2014; Yücel vd., 2014) birincil magmanın kalınlaşmış ve olgun kabuk tarafından kirletilmesinin önemli bir özellik olduğunu gösterir. Bu nedenle, mantodan türeyen kayaçların kabukta yükselirken kabuksal kirlenmeye uğraması ve bunun magma bileşimine etkisi, söz konusu volkanik kayaçlarının kaynak bileşimlerinin belirlenmesinde önemli ipuçları verirler.

Y/Nb'a karşı SiO₂ diyagramında görülen negatif yönsemeler, magma gelişimi sırasında kabuksal asimilasyonun etkin olduğunu gösterir (Şekil 4.2.9.). Kaynak bileşimi ve kabuksal kirlenmenin belirlenmesinde Ta/Yb ve Th/Yb oranları yaygın bir şekilde kullanılmakta olup, bu durum kabuksal kirlenmede Yb ve Ta'ya kıyasla, Th elementinin

kirlenmeden daha fazla etkilenmesinden kaynaklanmaktadır (Pearce vd., 1990). İlgili diyagramda, incelenen kayaçlarının gelişiminde AFK sürecinin etkili olduğu görülür (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. İncelenen volkanik kayaçların Ta/Yb'a karşı Th/Yb diyagramı (Pearce vd.,1990), yitim zenginleşmesi ve manto metasomatizmasını gösterir vektörler Pearce vd.,(1990)'den, N-tipi OOSB ve ortalama üst kabuk içerikleri Sun ve McDonough (1989) ve Taylor ve McLennan (1985)'ten alınmıştır (Semboller Şekil 3.23'deki gibidir)

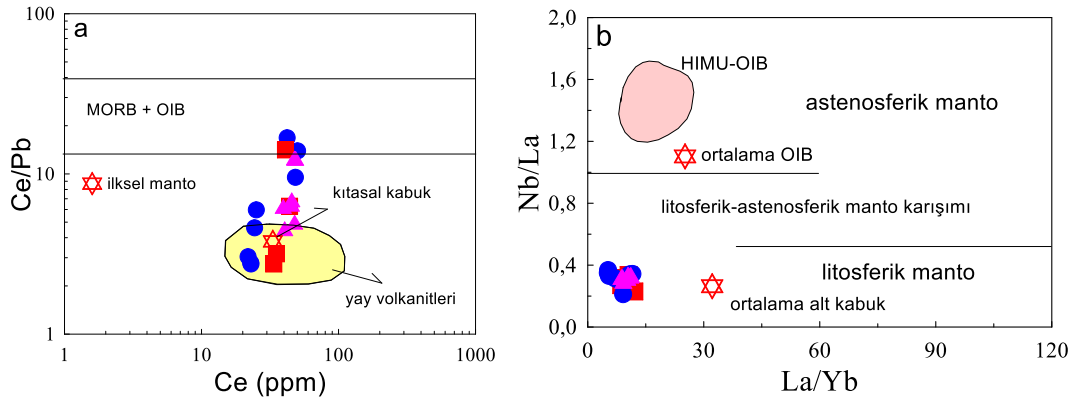
4.3. Kaynak Karakteristiği

Volkanik kayaçlarda gözlenen yüksek Th/Yb oranları ve Ce, Th ve BİLE (Sr, K, Ba ve Rb) zenginleşmesi, ana magmanın litosferik manto kaynağından türemiş olabileceğini gösterir (Pearce ve Peate 1995; Elburg vd., 2002; Churikova vd., 2001; Zellmer vd., 2005; McDermott vd., 2005). Ayrıca, kayaçlarda gözlemlenen BİYE elementlere kıyasla Ta ve Nb tüketilmesi, yiten levhadan veya sedimentlerden türeyen akışkanların metasomatizmasından etkilenmiş, yitimle ilişkili magma kaynağı özelliğine işaret eder (Hawkesworth vd., 1997; Pearce 1983; Elburg vd., 2002).

İncelenen volkanik kayaçlarda gözlenen ağır nadir toprak elementlere (ANTE) nazaran hafif nadir toprak elementlerce (HNTE) zenginleşme, yüksek çekim alanlı elementlere (YÇAE) nazaran büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (BİYLE) zenginleşme ve negatif Ta, Nb, P, Zr ve Ti anomalileri, bu kayaçlara ait magmanın yitim ilişkili bir kıtasal

yay magması özelliklerini taşıdığını gösterir (Pearce, 1983; Stolz vd., 1990; Kelemen vd., 1990; Ringwood, 1990). Ayrıca, örneklerdeki büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (BİYLE) ve hafif nadir toprak elementlerde (HNTE) gözlenen zenginleşme, dalan okyanusal litosferden ve/veya dalan litosfer üzerindeki tortullardan açığa çıkan akışkanların manto kaması içine girişini gösterir (Hawkesworth vd., 1991; Ringwood, 1990).

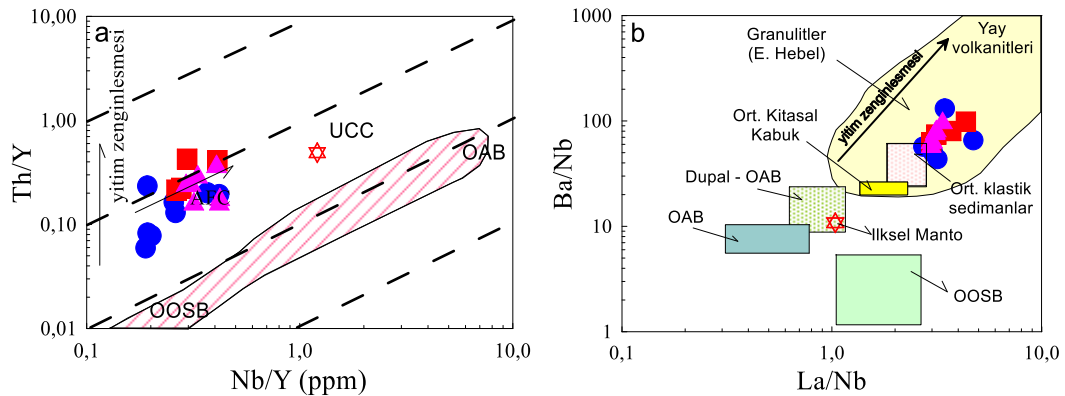
Ce'ye karşı Ce/Pb diyagramında, incelenen örnekler çoğunlukla yay volkanikleri alanına düşerler (Şekil 4.4.). Örneklerdeki düşük Ce/Pb oranları, kayaçların okyanusal bazaltlardan farklı olduklarını gösterir (Hoffmann 1988, 1997). Bu durum incelenen kayaçların astenosferik manto kaynağından ziyade, farklı bir kaynaktan türediğini gösterir. Kayaçlardaki düşük Nb/La oranları (<0.5) litosferik manto kaynağını; yüksek Nb/La oranları (>1) ise okyanus adası bazalt (OAB) benzeri astenosferik manto kaynağını gösterir (Smith vd., 1999; Bradshaw ve Smith 1994). Bu nedenle, La/Yb ve Nb/La oranları volkanik kayaçlarda kısmi ergime derecesinin ve kaynak bileşiminin belirlenmesinde önemli bir ayıraçtır (Jahn vd., 1999). İncelenen örneklerin La/Yb oranları da 5.2-12 arasında ve Nb/La oranları 0.2-0.4 arasında olup, litosferik manto kaynağına işaret eder (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4.İncelenen volkanitlerin; a) Ce/Pb karşı Ce diyagramı (ilksel manto içerikleri Hofmann 1988'den, kıtasal kabuk, OOSB, OAB ve yay volkanitleri Schmidberger ve Hegner, 1999' dan alınmıştır) b) Manto kaynağını gösteren La/Yb'a karşı Nb/La diyagramı (ortalama OAB içerikleri Fitton vd., 1991'den, ortalama alt kabuk içerikleri Chen ve Arculus 1995'dan, HIMU+OAB alanları Weaver vd., 1987'den, astenosferik, litosferik ve karışım manto alanlarını ayıran çizgi Smith vd., 1999'dan alınmıştır)

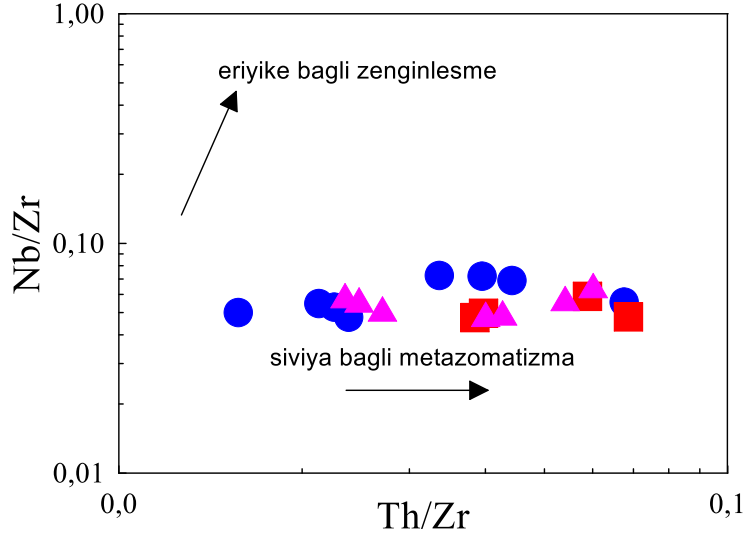
Nb/Y'ye karşı Th/Y diyagramı (Pearce, 1983) (Şekil 4.5. a), yitim zenginleşmesi ürünleri ile ergime zenginleşmesi ürünlerini birbirlerinden ayırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna ek olarak bu diyagramdaki Nb/Y ve Th/Y oranları kabuksal kirlenmeyi ve magma kaynağındaki homojenleşmeyi ayırt etmede yardımcı olur. Söz konusu diyagramda, çalışılan volkanik kayalara ait örneklerin OOSB ve OIB çizgisine paralel bir eğilim sergiledikleri, fakat onlara nazaran daha yüksek Th/Y oranlarına sahip oldukları görülür. Bu eğilim manto kaynağının yitim zonu akışkanları tarafından metasomatizmaya uğradığını gösterir. Ta/Yb'ye karşı Th/Yb (Şekil 4.3.) içeriklerinin yer aldığı diyagramda, incelenen volkanik kayalar daha yüksek Th/Yb oranlarına sahip olmakla birlikte, manto dizinine paralel bir eğilim gösterirler. Bu durum, Eosen öncesinde oluşan yitim süreçleri yoluyla türemiş sıvıların zenginleştirdiği (metasomatizma) kaynaktan türeyen ana magmaya işaret eder.

İncelenen kayaların La/Nb ve Ba/Nb oranlarının yer aldığı diyagramda, yay volkanikleri alanına yakın bir alanda kümeleşme gösterirler (Şekil 4.5. b). Söz konusu volkanik kayaların Ba/Nb ve La/Nb oranları, kaynağın yitim zonu zenginleşmesi ile ilgili olduğunu gösterir. Elburg vd. (2002) ve Churikova vd. (2001)'ye göre yitim anında, HNTe ve BİYLE elementler, levhadan türeyen akışkanlar yoluyla yukarıya doğru taşınırlar.



Şekil 4.5.İncelenen örneklere ait, a) Th/Y'ye karşı Nb/Y diyagramı (Pearce 1983'den alınmıştır. b) Ba/Nb'a karşı La/Nb (Jahn vd., 1999) diyagramı (Yay volkanitleri ve Arkeen granülitleri, Jahn ve Zhang, 1984'ten, İlkse Manto, Sun ve McDonough 1989'dan, ort. Kıtasal kabuk, Taylor ve McLennan 1985 ve Condie 1993'ten, Dupal-OAB, Jahn vd., 1999'dan alınmıştır)

İncelenen kayaçlarda gözlenen belirgin hafif nadir toprak element (HNTE) ve büyük iyon yarıçaplı litofil element (BİYLE) zenginleşmeleri, tüketilmiş manto kaynağından ziyade, zenginleşmiş manto kaynağına işaret eder (Condie vd., 2002; Rogers vd., 1995; Zhu vd., 2006). İncelenen volkanik kayaçlarının litosferik manto kaynağında sıvılarca zenginleşme eğilimi Th/Zr'a karşı Nb/Zr diyagramda görülür (Şekil 4.6.).



Şekil 4.6. İncelenen örneklerle ait Nb/Zr'a karşı Th/Zr diyagramı (Semboller Şekil 3.23'deki gibidir)

Yukarıda belirtilen tüm özellikler, incelenen volkanik kayaçların ana magmasının, Eosen öncesi yitimle ilişkili olan süreçlerden türeyen sıvıların metasomatizması ile etkilenen litosferik manto kaynağından türemiş olabileceğini gösterir. İncelenen kayaçların ana ve iz element karakteristikleri, Doğu Pontidler'deki diğer Paleojen ve Neojen yaşlı volkanik kayaçların özellikleri ile uyum gösterirler (Kaygusuz vd., 2011, 2017, 2018; Temizel ve Arslan 2008, 2009; Yücel, 2013; Arslan vd., 2013; Aslan vd., 2014; Aydınçakır ve Şen, 2013; Aydınçakır, 2014; Temizel vd., 2012, 2017; Yücel vd., 2014, 2017, 2018)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler şu şekildedir:

1. İnceleme alanındaki başlıca birimler Geç Kretase yaşlı Ardıç Volkanitleri, Eosen yaşlı Sırataşlar Formasyonu, Eosen yaşlı Yazyurdu Formasyonu, bu birimi kesen Eosen yaşlı Taşlıburun Diyoriti ve Kuvarterner yaşlı alüvyonlardan oluşur.
2. İncelenen Eosen yaşlı volkanik kayalar bazalt, bazaltik andezit ve andezitten oluşur.
3. İncelenen volkanik kayalar başlıca plajiyoklas, alkali-feldispat, piroksen, amfibol, biyotit ve opak minerallerinden oluşur.
4. İncelenen volkanik kayalarda çoğunlukla mikrolitik, mikrolitik porfirik, porfirik, hyalo-porfirik, glomeroporfirik ve poikilitik dokular görülür.
5. İncelenen volkanik kayalardaki plajiyoklaslar An_{39-86} bileşimli olup bitownit, labrador ve andezinden oluşurlar.
6. İncelenen örneklerle ait piroksenler klinopiroksen ($Wo_{40-48}En_{39-46}Fs_{9-19}$) bileşiminde olup, diyopsitten ojite doğru değişen bileşim gösterirler.
7. Örneklerin ana ve iz element içerikleri, kayaların gelişiminde plajiyoklas, klinopiroksen ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğuna işaret eder.
8. İncelenen volkanik kayalar genelde hafif nadir toprak elementlerce zenginleşmiş, büyük iyon yarıçaplı litofil elementler ve yüksek çekim alanlı elementlerce tüketilmişlerdir.
9. İncelenen volkanik kayalarının kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları, konkav şekilli olup, orta derecede zenginleşmişlerdir ($La/Lu_N=9.04-16.34$). Bu sonuçlar, volkanitleri oluşturan kayaların benzer kayaktan türediklerini göstermektedir.
10. Plajiyoklaslardan hesaplanan kristallenme sıcaklıkları 928 ile 1126°C ve su içerikleri % 0.12 ile 0.97 arasındadır. Klinopiroksen minerallerinde hesaplanan kristallenme sıcaklıkları 921 ile 1077°C ve basınç değerleri 0.24 ile 3.62 kbar arasındadır.

11. İncelenen volkanik kayaçların köken magması, muhtemelen daha önceki yitim akışkanları tarafından metasomatizmaya uğramış (zenginleşmiş) litosferik manto kaynağının kısmi ergimesi ile oluşmuş olup, daha sonra kıtasal kabuktaki sıg magma odalarında fraksiyonlaşma ve asimilasyon gibi magmatik olaylarla gelişmiştir.

12. Bir sonraki aşamada bu tez çalışmanın sonuçlarının yaş ve izotop verileri ile desteklenmesi gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstanbul.
- Akdeniz, N. 1988. Demirözü Permo-Karboniferi ve bölgesel yapı içindeki yeri (in Turkish). Türkiye Jeoloji Bülteni, 31, 71-80.
- Akın, H., 1978. Geologie, magmatismus und lager-staettenbindung im ostpontischen gebirge-Turkei aus der sicht der plattentektonik. Geologische Rundschau, 68, 253-283.
- Aliyazıcıoğlu, I., 1999. Kale (Gümüşhane) yöresi volkanik kayaçlarının petrografik, jeokimyasal ve petrolojik incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Alp, D., 1972. Amasya yöresinin jeolojisi. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri, 22, İstanbul, 135.
- Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H.P. ve Satır, M., 2008. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic characteristics of Paleocene Plagioclites from the Eastern Pontides (NE Turkey). Lithos, 105, 149-161.
- Altınkaynak, L., 2000. Ağvanis masifi doğu kesimi ve çevre kayaçlarının jeolojisi, petrografisi ve jeokimyası. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H., 1997. Geochemistry and petrogenesis of the Eastern Pontide volcanic rocks, Northeast Turkey. Chemie der Erde, 57, 157- 187.
- Arslan, M. ve Aliyazıcıoğlu, İ., 2001. Geochemical and petrological characteristics of the Kale (Gümüşhane) volcanic rocks: Implications for the Eocene evolution of Eastern Pontide arc volcanism, Northeast Turkey. International Geology Review, 43, 595-610.
- Arslan, M., Aslan, Z. ve Dokuz, A. 2005. Bayburt tüflerinin petrografik, petrokimyasal ve petrolojik özellikleri: Doğu Pontid Güney Zonu'nda Eosen kalkalkalen felsik volkanizması. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 20, 1, 49-68.
- Arslan, M. ve Aslan, Z., 2006. Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of the Tertiary granitic intrusions in the Eastern Pontides, NE Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 27, 177-193.
- Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., Yücel, C., Boztuğ, D. ve Şen, C., 2013. ⁴⁰Ar-³⁹Ar Dating, whole-rock and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey).

- Implications for magma evolution in extension-induced origin. Contributions to Mineralogy and Petrology, 166, 113–142.
- Aslan, Z., 2010. U-Pb zircon SHRIMP age, geochemical and petrographical characteristics of tuffs within calc-alkaline Eocene volcanics around Gümüşhane (NE Turkey), Eastern Pontides. Neues Jahrbuch für Mineralogie, 187, 3, 329-346.
- Aslan, Z., Arslan, M., Temizel, İ. ve Kaygusuz, A., 2014. K–Ar Age, whole rock, and Sr–Nd isotope geochemistry of calc-alkaline volcanic rocks around the Gümüşhane area (Northeast Turkey): Implications for post-collisional volcanism during Tertiary time in the Eastern Pontides. Mineralogy and Petrology, 108, 245–267.
- Aydın, F. 2003. Değirmendere vadisi (Trabzon-Esireği, KD-Türkiye) volkanitlerinin mineral kimyası, petrolojisi ve petrojenezi. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydın, F., Karslı, O. ve Chen, B., 2008. Petrogenesis of the Neogene alkaline volcanics with implications for post collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey. Lithos, 104, 249-266.
- Aydınçakır, E., 2012. Borçka (Artvin, KD-Türkiye) yöresi Tersiyer volkanitlerinin petrografisi, jeokimyası ve petrojenezi. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 200 s, Trabzon.
- Aydınçakır, E. ve Şen, C., 2013. Petrogenesis of the post-collisional volcanic rocks from the Borçka (Artvin) Area: Implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey). Lithos, 172-173, 98-117.
- Aydınçakır, E., 2014. The Petrogenesis of Early Eocene non-adakitic volcanism in NE Turkey: Constraints on the geodynamic implications. Lithos, 208–209, 361–377.
- Bacon, C. R. ve Hirschmann, M.M. 1988. Mg/Mn partitioning as a test for equilibrium between coexisting Fe-Ti oxides. American Mineralogist, 73, 57-61.
- Bektaş, O., 1984. Doğu Pontidler’de Geç Kretase yaşlı şöşonitik volkanizma ve jeotektonik önemi. KÜ Dergisi, 3, 1-2, 53-62, Trabzon.
- Bektaş, O., 1986. Paleostress trajectories and polyphase rifting in arc-back arc of Eastern Pontides. Bulletin of Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, 103-104, 1-15.
- Boynukalın, S., 1990. Dereli (Giresun) baraj yeri ve göl alanının mühendislik jeolojisi ve çevre kayaçlarının jeomekanik özellikleri. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Boztuğ, D., Wagner, G.A., Erçin, A. İ., Göç, D., Yeğingil, Z., İskenderoğlu, A., Kuruçelik, M.K., Kömür, İ. ve Güngör, Y., 2002. Sphene and zircon fission-track geochronology unravelling subduction- and collision-related magma surges in the composite Kaçkar Batholith, Eastern Black Sea Region, Turkey. International Symposium of the

Faculty of Mines (İstanbul Teknik Üniversitesi) On Earth Sciences and Engineering, İstanbul, Turkey, Abstracts, s. 121.

- Boztuğ, D., Jonckheere, R.c., Wagner, G.A. ve Yeğingil, Z., 2004. Slow senonian and fast Paleocene-Early Eocene uplift of the granitoids in the Central Eastern Pontides, Turkey: Apatite Fission-track Results. Tectonophysics, 382, 213-228.
- Boztuğ, D., Erçin, A.İ., Kuruçelik, M.K., Göç, D., Kömür, İ. ve İskenderoğlu, A., 2006. Geochemical characteristics of the Composite Kaçkar Batholith generated in a NeoTethyan convergence system, Eastern Pontides, Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 27, 286-302.
- Burşuk, A., 1975. Bayburt yöresinin mikro paleontolojik ve stratigrafik irdelemesi. İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tasnif No: 00185, İstanbul.
- Bradshaw, T.K. ve Smith, E.I., 1994. Polygenetic Quaternary volcanism at Crater Flat, Nevada. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 63, 165-182.
- Churikova, T., Dorendorf, F. ve Wöerner, G., 2001. Sources and fluids in the mantle Wedge Below Kamchatka, Evidence from Across-arc Geochemical Variation. Journal of Petrology, 42, 1567-1593.
- Condie, K.C., 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: Contrasting results from surface samples and shales. Chemical Geology, 104, 1-4, 1-37.
- Condie, K.C., Frey, B.A. ve Kerrich, R., 2002. The 1.75-Ga iron king volcanics in Westcentral Arizona: a Remnant of an accreted oceanic plateau derived from a mantle plume with a deep depleted component. Lithos, 64, 49-62.
- Chen, W. ve Arculus, R.J., 1995. Geochemical and isotopic characteristics of lower crustal xenoliths, San Francisco volcanic field, Arizona, USA. Lithos, 36, 3-4, 203-225.
- Churikova, T., Dorendorf, F. ve Wörner, G., 2001. Sources and fluids in the mantle wedge below Kamchatka, evidence from across-arc geochemical variation. Journal of Petrology, 42, 8, 1567-1593.
- Çamur, M.Z., Güven, T.B. ve Er, M., 1996. Geochemical characteristics of the Eastern Pontide volcanics: An example of multiple volcanic cycles in arc evolution, Turkish Journal of Earth Sciences, 5, 123-144.
- Çiftçi, M., 2017. Çakırbağ (Bayburt) Granitoyidi'nin petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize bölgelerinde petrografik ve jeokronolojik araştırmalar. İTÜ Kütüphanesi, 1034s, İstanbul.

- Defant, M. J. ve Drummond, M.S., 1990. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. Nature, 347, 662-665.
- Danacı, F., 2009. Bayburt yöresi Eosen nannoplakton biyostratigrafisi (Doğu Pontidler). Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s. 226.
- Dokuz, A., 2000. Yusufeli yöresinin jeolojisi, jeotektoniği, magmatik-metamorfik kayaların jeokimyası ve petrojenezi. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dokuz, A., Tanyolu, E. ve Genç, S., 2006. A Mantle-and a lower crust-derived bimodal suite in the Yusufeli (Artvin) area, NE Turkey: Trace element and REE evidence for subduction-related rift origin of Early Jurassic Demirkent intrusive complex. International Journal of Earth Sciences, 95, 3, 370-394.
- Dokuz, A., 2011. A slab Detachment and delamination model for the generation of Carboniferous High-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Köse Composite Pluton. Godwana Research, 19, 926-944.
- Eğin, D., Hirst, D.M. ve Phillips, R., 1979. The Petrology and geochemistry of volcanic rocks from the northern Harşit River Area, Pontid Volcanic Province, Northeast Turkey. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 6, 105-123
- Elburg, M.A, Bergen, M.V., Hoogewerff, J., Foden, J., Vroon, P., Zulkarmain, I. ve Nasution, A., 2002. Geochemical trends across an arc-continent collision zone: Magma sources and slab-wedge transfer processes below the Pantar Strait Volcanoes, Indonesia. Geochimica et Cosmochimica Acta, 66, 2771-2789.
- Erentöz, C., Ketin İ. 1974. Explanatory text of the geological map of Turkey at 1/500.000 G scale (Kars). Special Publication of Mineral Research and Exploration, 57.
- Eyüboğlu, Y., 2006. Doğu Pontid magmatik yayı'nda (KD Türkiye) Alaskan-tip mafik-ultramafiklerin tanımı ve jeotektonik önemi. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Eyüboğlu, Y., 2010. Late Cretaceous high-K volcanism in the Eastern Pontide Orogenic Belt, and Its implications for the geodynamic evolution of NE Turkey. International Geology Review, 52, 2-3, 142-186.
- Eyuboglu, Y., Dilek, Y., Bozkurt, E., Bektas, O., Rojay, B. ve Şen, C. 2010. Structure and geochemistry of an Alaskan-Type ultramafic-mafic complex in the Eastern Pontides, NE Turkey. Gondwana Research, 18,1, 230-252.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F.O., Chung, S.L. ve Akaryali, E., 2011. Migrating magmatism in a contineental arc: Geodynamics of the Eastern Mediterranean Revisited. Journal of Geodynamics, 52, 2-15.

- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F.O. ve Akaryali, E., 2011a, Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for slab window melting. Gondwana Research, 19, 413-429.
- Eyuboglu, Y., Santosh, M. ve Chung, S. L. 2011b. Crystal fractionation of adakitic magmas in the crust–mantle transition zone: petrology, geochemistry and U–Pb zircon chronology of the Seme adakites, Eastern Pontides, NE Turkey. Lithos, 121,1-4, 151-166.
- Eyüboğlu Y., Dudas, F.O., Thorkelson, D., Zhu, D.C., Liu, Z., Chatterjee, N., Yi, K. ve Santosh, M., 2017. Eocene Granitoids of Northern Turkey: Polybaric magmatism in an evolving arc-slab window system. Gondwana Research, 50, 311-345.
- Fitton, J. G., James, D. ve Leeman, W. P., 1991. Basic magmatism associated with Late Cenozoic Extension in the western United States: Compositional variations in space and time. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 96 (B8), 13693-13711.
- Fuhrman, M.L. ve Lindsley, D.H. 1988. Ternary-feldspar modeling and thermometry. American Mineralogist, 73, 3-4, 201-215.
- Fujimaki, H., Tatsumoto, M. ve Aoki, K., 1984. Partition coefficients of Hf, Zr and REE between phenocrysts and groundmasses, Proc. 4th Lunar Planet Sci Conf. 2. Journal of Geophysical Research, 89, B662-B672.
- Gedik, A., Ercan, T., Korkmaz, S. ve Karataş, S., 1992. Rize-Fındıklı Çamlıhemşin arasında (Doğu Karadeniz) yer alan magmatik kayaların petrolojisi ve Doğu Pontidlerdeki bölgesel yayılımları. Türkiye Jeoloji Bülteni, 35, 15-38.
- Gedikoglu, A., Ozsayar, T. ve Pelin, S. (1979). The main lines of the geotectonic evolution of the Eastern Pontides in Mesozoic Era. Geocom Abstract, 1, 68-69.
- Gill, J.B., 1981. Orogenic Andesites And Plate Tectonics. Springer, Berlin, 390 p.
- Güloğlu, Z.S., 2017. Arslandede (Bayburt) Granitoyidi ve içindeki mafik magmatik anklavların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Güngör, Y., Boztuğ, D. ve Yılmaz, O., 1997. Kaçkar Batoliti Altıparmak Dağı-Soğanlı Dağı arası (GD Çamlıhemşin-Rize) kesiminin petrografik, jeokimyasal ve petrojenetik incelenmesi. Çukurova Üniversitesinde Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu, 30 Nisan - 3 Mayıs 1997, Adana, Bildiri Özetleri, s. 223-224.
- Gürsoy, H., Öztürk, A. ve İnan, S., 1993. Kelkit (Gümüşhane) ve yakın dolayının tektono-stratigrafik gelişimi. A. Suat Erk Sempozyumu Bildirileri, Ankara, s. 53-64.
- Hamilton, W. J. , 1842. Recearches in Asia Minör, Pontus and Armenia. Londra.

- Hawkesworth, C.J., Hergt, J.M., McDermott, F. ve Ellam, R.M., 1991. Destructive magrin magmatism and the contributions from the mantle wedge and subducted crust. Australian Journal of Earth Sciences, 38, 577-594.
- Hawkesworth, C.J., Turner, S., McDermott, F., Peate, D. ve Van Calsteren, P., 1997. U-Th Isotopes in arc magmas: Implications for element transfer from the subducted crust. Science, 276, 551-555.
- Hofmann, A.W., 1997. Mantle geochemistry: The message from oceanic volcanism. Nature, 385, 219-229.
- Hofmann, A.W., 1988. Chemical differentiation of the earth: The relationship between mantle, continental crust and oceanic crust. Earth and Planetary Science Letters, 90, 297-314.
- Irvine, T. N. ve Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical c1assification of common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences, 8, 523-548.
- İlbeyli, N., 2008. Geochemical characteristics of the Sebinkarahisar Granitoids in the Eastern Pontides, northeast Turkey: Petrogenesis and tectonic implications. International Geology Review, 50, 6, 563-582.
- İlker, S., 1965. Bayburt (Gümüşhane) bölgesinde Trabzon H 44-B4 paftasının detay petrol etüdü. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüt Dairesi Başkanlığı, Derleme No: 4453, Ankara.
- Jahn, B. M. ve Zhang, Z. Q., 1984. Archean granulite gneisses from Eastern Hebei Province, China: Rare earth geochemistry and tectonic implications. Contributions to Mineralogy and Petrology, 85, 3, 224-243.
- Jahn, B.M., Wu, F.Y. ve Lo, C.H., 1999. Crust-mantle interaction induced by deep subduction of the continental crust: Geochemical and Sr-Nd isotopic evidence from postcollisional mafic-ultramafic intrusions of the northern Dabie Complex, Central China. Chemical Geology, 157, 119-146.
- Karşlı, O., Aydın, F. ve Sadıklar, B., 2004. The morphology and chemistry of K-feldsper megacrysts from İkizdere Pluton: Evidence for acid and basic magma interactions in granitoid rocks, NE Turkey. Chemie der Erde-Geochemistry, 64, 155-170.
- Karşlı, O., Chen, B., Aydın, F. ve Şen, C., 2007. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sarıççek Plutons, Eastern Turkey: Implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granitoids in a post-collision extensional setting. Lithos, 98, 67-96.
- Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, J.R., 2010. Generation of the Early Cenozoic Adakitc volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: Implication for crustal thickening to delamination. Lithos, 114, 109-120.

- Karlı, O., Uysal, İ., Ketenci, M., Dokuz, A., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2011a. Adakite-like granitoid porphyries in Eastern Pontides, NE Turkey: Potential Parental melts and geodynamic implications. Lithos, 127, 354-372.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Ketenci, M., Chen, B. ve Kandemir, R., 2011b. Deciphering the shoshonitic monzonites with I-type characteristics, the Sisdağı Pluton, NE Turkey: Magmatic response to continental lithospheric Thinning. Journal of Asian Earth Sciences, 51, 45–62.
- Kaygusuz, A., 2000. Bayburt ve çevresinde yüzeylenen kayaların petrografik ve jeokimyasal incelenmesi. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 235s, Trabzon.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Şen, C. ve Satır, M., 2008. Petrochemistry and petrology of I-type granitoids in an arc setting: The Composite Bayburt Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey. International Journal of Earth Sciences, 97, 739 –764.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E., 2009. Mineralogy, whole-rock and Sr–Nd Isotope geochemistry of mafic microgranular enclaves in Cretaceous Dağbaşı Granitoids, Eastern Pontides, NE Turkey: Evidence of magma mixing, mingling and chemical equilibration. Chemi der Erde, 69, 247– 277.
- Kaygusuz, A., Chen, B., Aslan, Z., Siebel, W. ve Şen, C., 2009. U-Pb zircon SHRIMP Ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions of the Early Cretaceous I-type Sariosman Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 18, 549 – 581.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., İlbeyli, N., Arslan, M., Satır, M. ve Şen, C., 2010. Insight into magma genesis at convergent plate margins – A case study from the Eastern Pontides (NE Turkey). Journal of Mineralogy and Geochemistry, 187, 3, 265 – 287.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W. ve Şen, C., 2011. Geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of post-collisional calc-alkaline volcanics in the Eastern Pontides (NE Turkey). Turkish Journal of Earth Sciences, 20, 137-159.
- Kaygusuz, A. ve Şen, C., 2011. Calc-alkaline I-type plutons in the Eastern Pontides, NE Turkey: U–Pb zircon ages, geochemical and Sr–Nd isotopic compositions. Chemie Der Erde-Geochemistry, 7, 1, 59-75.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W., Sipahi, F. ve İlbeyli, N., 2012. Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, eastern Pontides, Turkey. International Geology Review, 54, 15, 1776-1800.
- Kaygusuz, A., Sipahi, F., İlbeyli, N., Arslan. M., Chen, B. ve Aydınçakır, E., 2013. Petrogenesis of the Late Cretaceous Turnagöl Intrusion in the Eastern Pontides: Implications for magma genesis in the arc setting. Geoscience Frontiers, 4, 423–438.

- Kaygusuz, A. ve Öztürk, M., 2015. Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Eocene Bayburt intrusions, Eastern Pontides, NE Turkey: Evidence for lithospheric mantle and lower crustal sources in the high-k calc-alkaline magmatism. Journal of Asian Earth Sciences, 108, 97-116.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Sipahi, F. ve Temizel, İ., 2016. U–Pb zircon chronology and petrogenesis of Carboniferous plutons in the northern part of the Eastern Pontides, NE Turkey: Constraints for Paleozoic magmatism and geodynamic evolution. Gondwana Research, 39, 327-346.
- Kaygusuz, A., Yücel, C., Arslan, M., Sipahi, F., Temizel, I., Çakmak, G. ve Güloğlu, Z.S. 2018. Bayburt kuzeyindeki (Doğu Karadeniz, Türkiye) Senozoyik yaşlı plütonik kayaların petrografisi, mineral kimyası ve kristallenme koşulları. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 157, 1-11.
- Kelemen, P.B., Johnson, K.T.M., Kinzler, R.J. ve Irving, A.J., 1990. High-field strength element depletion in arc basalts due to mantle-magma interaction. Nature, 345, 521-524.
- Keskin, İ., Korkmaz, S., Gedik, İ., Ateş, M., Gök, L., Küçümen, Ö. ve Erkal, T. 1989. Bayburt dolayının jeolojisi. MTA rap. No: 8995,129 s, Ankara.
- Keskin, İ., Korkmaz, S., Gedik, İ., Ateş, M., Gök, M., Küçümen, Ö. ve Erkal, T., 1990. Bayburt dolayının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüt Dairesi Başkanlığı, Derleme No: 8995,129 s, Ankara.
- Keskin, İ., Özbek, T., Dönmez, M. ve Küçümen, Ö., 1991. Köse-Gökçedere (Gümüşhane), Demirözü (Bayburt) dolayının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derleme Rapor, 9450.
- Ketin, İ., 1950. Bayburt bölgesinin jeolojisi hakkında, İstanbul Üniversitesi Jeoloji Enstitüsü. İstanbul.
- Ketin, İ., 1951. Bayburt bölgesinin jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecm., Ser. B.16, 113-127, İstanbul.
- Ketin, İ., 1966. Türkiye'nin tektonik birlikleri. MTA yay. No: 66, Ankara, 20-34.
- Ketin, İ. ve Canitez, N. 1972. Yapısal jeoloji. İTÜ Kütüphanesi, 520, İstanbul.
- Ketin, İ., 1983. Türkiye jeolojisine genel bir bakış. İTÜ Kütüphanesi, 1259, 536s.
- Kırmacı, Z. 1992. Alucra-Gümüşhane-Bayburt yörelerindeki (Doğu Pontid Güney Zonu) Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Berdiga Kireçtaşı'nın sedimentolojik incelemesi. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Köprübaşı, N., Şen, C. ve Kaygusuz, A., 2000. Doğu Pontid ada yayı granitoidlerin karşılaştırılmalı petrografik ve kimyasal özellikleri. Uygulamalı Yerbilimleri, 1, 111-120.

- Köprübaşı, N., 1993. Tîrebolu-Harşit (Giresun) arası Jura-Kretase yaşlı magmatik kayaçların petrolojisi ve jeokimyası. Türkiye Jeoloji Bülteni, 36, 139-150.
- Lambert, R.J. ve Holland, J.G., 1974. Yttrium geochemistry applied to petrogenesis utilizing calcium-yttrium relationships in minerals and rocks. Geochimica et Cosmochimica Acta, 38, 1393-1414.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R. ve Zanettin, B., 1989. A Classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell, Oxford.
- Le Maitre, R. W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Lebas, M. J. ve Woolley, A.R., 1989. A Classification of igneous rocks and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on The Systematics of Igneous Rocks. Blackwell, Oxford, 193 s.
- McDermott, F., Delfin, F.G., Defant, M.J., Turner, S. ve Maury, R., 2005. The Petrogenesis of magmas from Mt. Bulusan and Mayon in the Bicol arc, the Philippines. Contributions to Mineralogy and Petrology, 150, 652-670.
- Mercan, M., 2009. Dağçatı-Gökler (Gümüşhane-Bayburt) civarının jeoloji özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 49, Adana.
- Morimoto, M., 1988. Nomenclature of Pyroxenes. Mineralogical Magazine, 52, 535-550.
- MTA ve JICA., 1985. The republic of Turkey report on the cooperative mineral exploration of Gümüşhane area, Phase 1. MTA Yayını, Ankara.
- Musaoğlu, A., 1987. Bayburt-Maden-Kop (Gümüşhane) yöresi jeoloji ve maden prospeksiyonu raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. Derleme No: 8642, Ankara.
- Nimis, P., 1995. A Clinopyroxene geobarometer for basaltic systems based on crystal-structure modeling. Contributions to Mineralogy and Petrology, 121, 2, 115-125.
- Norman, T., 1976. Bayburt güneyindeki Alt Tersiyer havzasında paleo-akıntı yönleri. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19, 23-30.
- Okay, A.I., 1984. Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (ed. J.E. Dixon ve A.H.F. Robertson). Geological Society Special Publication, 17, 455-466.
- Okay, A.I., Şahintürk. ve Ö., Yakar, H., 1997. Stratigraphy and tectonics of the Pulur (Bayburt) region in the Eastern Pontides. Mineral Research Exploration Bulletin, 119, 1-24.
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümege, M. ve Tekeli, O., 1980. Amasya-Turhal arasındaki bölgenin jeolojisi. MTA Rap. No: 6722, Ankara.

- Özer, E., 1984. Bayburt (Gümüşhane) yöresinin jeolojisi. *Karadeniz Üniversitesi Dergisi*, 3 1-2, 77-89.
- Özdamar, Ş., Roden, M.F. ve Billor, M.Z., 2017. Petrology of the shoshonitic Çambaşı Pluton in NE Turkey and implications for the closure of the Neo-Tethys Ocean: Insights from geochemistry, geochronology and Sr-Nd isotopes. *Lithos*, 284-285, 477-492.
- Özdoğan, K., 1992. Karadağ (Bayburt-Gümüşhane) ve yakın çevresinin jeolojisi, mineralojisi-petrografisi ve maden zuhurlarının jenetik incelenmesi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Özsayar, T., Pelin, S. ve Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler’de Kretase. *KTÜ Yer Bilimleri Dergisi*, 1, 65-114.
- Papike, J.J., 1974. Amphiboles and pyroxenes: Characterization of other than quadrilateral components estimates of ferric iron from microprobe data. In *Geological Society of America Abstracts with Programs*, 6, s. 1053-1054.
- Pearce, J.A., 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In C.J., Hawkesworth ve M.J. Norry, (eds.). *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, Shiva, Cheshire, 230-249.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moor bath, S. ve Mitchell, J.J., 1990. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 189-229.
- Pearce, J.A. ve Peate, D.W., 1995. Tectonic implications of composition of volcanic arc magmas. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 23, 251-285.
- Perfit, M. R., Gust, D.A., Bence, A.E., Arculus, R.J. ve Taylor, S.R., 1980. Chemical characteristics of island-arc basalts: Implications for mantle sources. *Chemical Geology*, 30, 3, 227-256.
- Pelin, S. 1977. Alucra (Giresun) güneydoğu yöresinin petrol olanakları bakımından jeolojik incelenmesi. K.TÜ. Yayınları, Trabzon, 87, 103s.
- Putirka, K., Johnson, M., Kinzler, R., Longhi, J. ve Walker, D., 1996. Thermobarometry of mafic igneous rocks based on clinopyroxene-liquid equilibria, 0–30 kbar. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 123, 1, 92-108
- Putirka, K., 1999. Clinopyroxene + liquid equilibria to 100 kbar and 2450 K. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 135, 2-3, 151-163.
- Putirka, K. ve Condit, C.D., 2003. Cross Section of a magma conduit system at the margin of the Colorado Plateau. *Geology*, 31, 8, 701-704.

- Putirka, K. D., 2005. Mantle potential temperatures at Hawaii, Iceland, and the mid-ocean ridge system, as inferred from olivine phenocrysts: Evidence for thermally driven mantle plumes. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 6, 5.
- Putirka, K., 2008. Excess Temperatures at ocean islands: Implications for mantle layering and convection. *Geology*, 36, 4, 283-286.
- Ringwood, A.E., 1990. Slab-Mantle Interactions: 3. Petrogenesis of Intraplate magmas and structure of the upper mantle, *Chemical Geology*, 82, 187-207.
- Rojay, B., 1993. Tectonostratigraphy and Neotectonic characteristics of the southern margin of Merzifon-Suluova Basin (Central Pontides, Amasya). PhD Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Rogers, N. W., Hawkeworth, C.J. ve Ormerod, D.S., 1995. Late Cenozoic basaltic magmatism in the Western Great Basin. California and Nevada. *J. Geophys. Res.*, 100, B7, 10.287–10.301.
- Schmidberger, S.S. ve Hegner, E., 1999. Geochemistry and isotope systematics of calc-alkaline volcanic rocks from the Saar-Nahe Basin (SW Germany)–Implications for Late-Variscan Orogenic Development. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 135, 4, 373-385.
- Sipahi, F., 2005. Zigana Dağı (Bayburt-Gümüşhane) volkanitlerindeki hidrotermal ayrışmaların mineraloji ve jeokimyası. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Sipahi, F., 2011. Formation of skarns at Gümüşhane (Northeastern Turkey). *Neues Jahrbuch für Mineralogy-Abhandlungen*, 188, 2, 169-190.
- Sipahi, F., Sadıklar, M.B. ve Şen C., 2014. The geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of Murgul (Artvin) volcanics in the Eastern Black Sea Region (NE Turkey). *Chemie der Erde/Geochemistry*, 74, 3, 331-342.
- Sipahi, F. ve Sadıklar M.B., 2014. Geochemistry of dacitic volcanics in the Eastern Pontide (NE Turkey). *Geochemistry International*, 52, 4, 296-315.
- Smith, J.V. ve Brown, W.L., 1988. Feldspar minerals. 2nd Rev. and extended edition book (ISBN 0387176926). Springer-Verlag, Berlin.
- Smith, E.I., Sanchez, A., Walker, J.D. ve Wang, K., 1999. Geochemistry of mafic magmas in the hurricane volcanic field, Utah: Implications for small and large scale chemical variability of the lithospheric mantle. *Journal of Geology*, 107, 433-448.
- Sun, S. ve McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: Implications for mantle composition and processes, In: A.D. Saunders, ve M.J. Norry, (eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*. *Geological Society of London, Special Publication*, 42, 313-345.

- Stolz, A., Varne, R., Davies, G.R., Wheller, G.E. ve Foden, J.D., 1990. Magma source components in an arc-continent collision zone: The Flores-Lembata Sector, Sunda arc, Indonesia. Contributions to Mineralogy and Petrology, 105, 585-601.
- Şahin, S. Y., Güngör, Y. ve Boztuğ, D., 2004. Comparative petrogenetic investigation of composite Kaçar Batholith granitoids in Eastern Pontide magmatic arc, Northern Turkey. Earth Planets Space, 56, 429-446.
- Şen, C., Arslan, M. ve Van. A. 1998. Doğu Pontid (Kd Türkiye) Eosen (?) alkali volkanik provansinin jeokimyasal ve petrolojik karakteristikleri, Tübitak Yayınları. Turkish Journal of Earth Sciences, 7, 231-239.
- Şen, C. 2000. Doğu Pontid alkali provansine (KD, Türkiye) ait Eosen sonrası kayalar içerisinde bulunan ultramafik nodüllerin petrografisi, mineralojisi ve kimyası. Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi, Mayıs, Ankara, Bildiri Özleri Kitabı, 1, 55-66.
- Şen, C., 2007. Jurassic volcanism in the Eastern Pontides: Is It rift related or subduction related?. Turkish Journal of Earth Sciences, 16, 523-539.
- Taşlı, K., 1984. Hamsiköy (Trabzon) Yöresinin jeolojisi. KÜ Dergisi, 3, 69-76.
- Taşlı, K., 1990. Gümüşhane-Bayburt yörelerindeki Üst Jura-Alt Kretase yaşlı karbonat istiflerinin stratigrafisi ve mikropaleontolojik incelemesi. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1985. The continental crust, its composition and evolution. Blackwell, Oxford, 312 s.
- Temizel, İ. ve Arslan, M., 2008. Petrology and geochemistry of Tertiary volcanic rocks from the İkizce (Ordu) area, NE Turkey: Implications for the evolution of the Eastern Pontide Paleo-magmatic arc. Journal of Asian Earth Sciences, 31, 4-6, 439-463.
- Temizel, İ., 2008. Ulubey (Ordu-KD Türkiye) yöresi Tersiyer volkanitlerinin petrografisi, petrokimyası, ^{40}Ar - ^{39}Ar jeokronoloji, Sr-Nd izotop jeokimyası ve petrojenezi. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Temizel, İ. ve Arslan, M., 2009. Mineral chemistry and petrochemistry of postcollisional tertiary mafic to felsic cogenetic volcanics in the Ulubey (Ordu) area, Eastern Pontides, NE Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 18, 29-53.
- Temizel, İ., Arslan, M., Ruffet, G. ve Peucat, J.J., 2012. Petrochemistry, geochronology and Sr-Nd isotopic systematic of the Tertiary collisional and postcollisional volcanic rocks from the Ulubey (Ordu) area, Eastern Pontide, NE Turkey: Implications for extension-related origin and mantle source characteristics. Lithos, 128, 126-147.
- Temizel, İ., 2014. Petrochemical evidence of magma mingling and mixing in the Tertiary monzogabbroic stocks around the Bafra (Samsun) area in Turkey: Implications of coeval mafic and felsic magma interactions. Mineralogy and Petrology, 108, 353-370.

- Temizel, İ., Arslan, M., Abdioğlu, E. ve Yücel, C., 2014. Mineral chemistry and thermobarometry of Eocene monzogabbroic stocks from the Bafra (Samsun) area in Turkey: Implications for disequilibrium crystallization and emplacement conditions. International Geology Review, 56, 10, 1226-1245.
- Temizel, İ., Arslan, M., Yücel, C., Abdioğlu, E. ve Ruffet, G., 2016, Geochronology and geochemistry of Eocene-aged volcanic rocks around the Bafra (Samsun, N Turkey) area: Constraints for the interaction of lithospheric mantle and crustal melts. Lithos, 258–259, 92–114.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and volcanic history of the Gümüşhane region (Ne Turkey). Ph. D. Thesis, University College, London.
- Tokel, S., 1977. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Eosen yaşlı kalk-alkalen andezitler ve jeotektonizma. TJK Bülteni, 20, 1, 49-54.
- Topuz, G. ve Altherr, R., 2004. Pervasive rehydration of granulites during exhumation-an example from the Pulur Complex, Eastern Pontides, Turkey. Mineralogy and Petrology, 81, 165-185.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Wemer, O. ve Schwarz, W.H., 2004a. Aluminous granulites from the Pulur complex, NE Turkey: A case of partial melting, efficient melt extraction and crystallization. Lithos, 72, 183-207.
- Topuz, G., Altherr, R., Satır, M. ve Schwarz, W.H., 2004b. Low-grade metamorphic rocks from the Pulur Complex, NE Turkey: Implications for pre-Liassic evolution of the Eastern Pontides. International Journal of Earth Science (Geol Rundsch), 93, 72-91.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satır, M. ve Dokuz, A., 2005. Postcollisional Plutonism with adakite-like signatures: The Eocene Saraycik Granodiorite (Eastern Pontides, Turkey). Contributions to Mineralogy and Petrology, 150, 441-455.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A. ve Meyer, H.P., 2007. Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtuluş Metamorphic Complex, Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey. International Journal of Earth Sciences, 96, 861-873.
- Topuz, G., Altherr, R., Wolfgang, S., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasanözbek, A., Mathias, B., Satır, M. ve Şen, C., 2010. Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane Pluton (NE Turkey). Lithos, 116, 921-10.
- Topuz, G., Okay, A.I., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Zack, T., Satır, M. ve Şen, C., 2011. Post-collisional adakite-like magmatism in the Ağvanis Massif and implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey). Lithos, 125, 131-150.

- Turner, S.P., 2005. Some remarks on magmatic processes beneath island arc volcanoes. *Advances in science, Earth Sciences*, Imperial College Press, 131-155.
- Tüysüz, O., 1996. Amasya ve çevresinin jeolojisi. *Türkiye 11. Petrol Kongresi Bildirileri*, 32-48.
- Ustaömer, T. ve Robertson, H.F.A, 2010. Late Paleozoic-Early Cenozoic development of the Eastern Pontides (Artvin area), Turkey: Stages of closure of Tethys along the southern margin of Eurasia. *Special Publications, Geological Society London*, 340, 281-327.
- Winchester, J. A. ve Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343.
- Weaver, B. L., Wood, D. A., Tarney, J. ve Joron, J. L. 1987. Geochemistry of ocean island basalts from the South Atlantic. Ascension, Bouvet, St. Helena, Gough and Tristan Da Cunha. *Geological Society, London, Special Publications*, 30, 1, 253-267.
- Yılmaz, Y., 1976. Geochemical study of the Gümüşhane granite. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası*, Seri B, 39, 3-4, 173-203.
- Yılmaz, C., 1993. Doğu Pontid Güney Zonu'nun stratigrafik denetimi ve paleo coğrafik evrimi. *Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 7, 199-214.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D., 1996. Space and time relations of three plutonic phases in the Eastern Pontides, Turkey. *International Geology Review*, 38, 935-956.
- Yılmaz, A., Adamia, S., Engin, T. ve Lazarashvili, T. 1997. Geoscientific studies of the area along Turkish-Georgian border. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdları Dairesi, Rapor, 521.
- Yılmaz, A., Adamia, S., Chabukiani, A., Chkhotua, T., Erdoğan, K., Tuzcu, S. ve Karabıyıkoglu, M., 2000. Structural correlation of the southern transcaucasus (Georgia) Eastern Pontides (Turkey). In: Bozkurt, E., Winchester, J.A. ve Piper, J.D.A. (eds). *Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area. Geological Society, London, Special Publications*, 173, 171-182.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt yöresindeki mesozoyik havzalarının tektono-sedimentolojik kayıtları ve kontrol etkenleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 45, 1, 141-165.
- Yücel, C., 2013. Trabzon-Giresun arasındaki Tersiyer volkanitlerinin petrografisi, ^{40}Ar - ^{39}Ar jeokronolojisi, petrokimyası, Sr-Nd-Pb izotop jeokimyası ve petrolojisi. Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 285 s.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ. ve Abdioğlu, E., 2014. Volcanic facies and mineral chemistry of Tertiary volcanics in the Northern Part of the Eastern Pontides, Northeast Turkey: Implications for pre-eruptive crystallization conditions and magma chamber processes. *Mineralogy and Petrology*, 108, 439-467.

- Yücel, C., Arslan. M., Temizel, İ., Yazar, E.A., Ruffet, ve G., 2017. Evolution of K-rich magmas derived from a net veined lithospheric mantle in an ongoing extensional setting: Geochronology and Geochemistry of Eocene and Miocene volcanic rocks from Eastern Pontides (Turkey). 65-86.
- Yücel, C., 2018. Geochronology, geochemistry, and petrology of adakitic Pliocene–Quaternary volcanism in the Şebinkarahisar (Giresun) area, NE Turkey. *International Geology Review.*, 61, 6, 754-777.
- Zellmer, G.F., Annen, C., Charlier, B.L.A., George, R.M.M., Turner, S.P. ve Hawkesworth, C.J. 2005. Magma evolution and ascent at volcanic arcs: Constraining petrogenetic processes through rates and chronologies. Journal of Volcanology and Geothermal Research,140, 171–191.
- Zhu, L., Mitchell, B.J., Akyol, N., Cemen, I. Ve Kekovali, K., 2006. Crustal thickness variations in the Aegean region and implications for the extension of continental crust. Journal of Geophysical Research, 111, B1, B01301 doi:10.1029/2005JB003770.

ÖZGEÇMİŞ

Damla SELVİ, 1992 yılında Trabzon’da doğdu. Lisans eğitimini 2014’de Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde tamamladı. Ayrıca, aynı üniversite ve anabilim dalında yüksek lisans eğitime de başladı.

Yazar, 115Y154 nolu TÜBİTAK 1001 projesinde Bursiyer, 17.F5114.01.03 nolu GÜBAP 01 projesinde de Araştırmacı olarak görev almıştır.