

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MESCİTLİ (GÜMÜŞHANE) VE ÇEVRESİNDEKİ EOSEN YAŞLI VOLKANİK
KAYAÇLARIN PETROGRAFİK, JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK
ÖZELİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kübra ŞAHİN

HAZİRAN 2014

GÜMÜŞHANE

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MESCİTLİ (GÜMÜŞHANE) VE ÇEVRESİNDEKİ EOSEN YAŞLI VOLKANİK
KAYAÇLARIN PETROGRAFIK, JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK
ÖZELİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kübra ŞAHİN

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

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16.06.2014

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 10.07.2014

HAZİRAN 2014



KABUL ve ONAY



Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ danışmanlığında Kübra ŞAHİN tarafından hazırlanan “MESCİTLİ (GÜMÜŞHANE) VE ÇEVRESİNDEKİ EOSEN YAŞLI VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİK, JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK ÖZELİKLERİNİN İNCELENMESİ” isimli bu çalışma, jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.


Başkan (Danışman):


Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ

Üye:

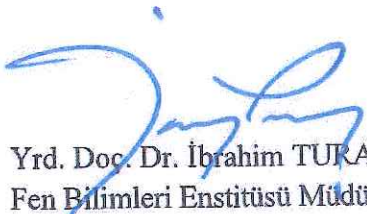

Doç. Dr. Ferkan SİPAHİ

Üye:


Yrd. Doç. Dr. Serkan ÖZTÜRK

ONAY

Bu tez 17/09/2014 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.


Yrd. Doç. Dr. İbrahim TURAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MESCİTLİ (GÜMÜŞHANE) VE ÇEVRESİNDEKİ EOSEN YAŞLI VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİK, JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK ÖZELİKLERİNİN İNCELENMESİ

Kübra ŞAHİN

Gümüşhane Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ

2014, 83 sayfa

Mescitli (Gümüşhane) ve çevresinde yer alan Eosen yaşlı volkanik kayaçların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesini amaçlayan bu çalışma ile inceleme alanındaki kayaçların gelişimleri ortaya konularak, kökenleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Doğu Pontidlerin Güney Zonu'nda yer alan inceleme alanının tabanında Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonu bulunur. Bu birim Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üstlenir. Üst Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu bu birim üzerine uyumsuz olarak gelir. Tüm bu birimler Eosen yaşlı Alibaba

Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üstlenir. İnceleme alanının en genç birimini Kuvaterner yaşlı alüvyonlar oluşturur.

İncelenen Eosen yaşlı volkanik kayalar bazaltik andezit, andezit, traki andezit, dasit ve riyolit bileşiminde olup, başlıca plajiyoklas, kuvars, hornblend, ojit ve biyotit minerallerinden oluşurlar.

Eosen yaşlı Mescitli volkanitleri kalk-alkali karakterli olup, düşük-orta K içeriğine sahiptirler. Volkanitler büyük iyon yarıçaplı litofil elementler ve hafif nadir toprak elementlerce zenginleşmiş, yüksek çekim alanlı elementler bakımından da tüketilmişlerdir. Kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları, düşük-orta derecede zenginleşmeyle konkav şekilli olup ($La_N/Lu_N=1-19$), volkanitleri oluşturan kayaların benzer kaynaktan itibaren oluştuklarını gösterirler. Volkanitlerin gelişiminde başlıca fraksiyonel kristallenme, daha az oranda da özümleme \pm magma karışımı rol oynamıştır.

Tüm bu veriler, volkanitlerin köken magmasının muhtemelen daha önce yitimle ilişkili olaylardan türeyen sıvıların metazomatizması yoluyla zenginleşmiş, yarı kıtasal (subcontinental) litosferik manto kaynağından türemiş olabileceğini gösterir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Pontidler, Eosen, Jeokimya, Mescitli Volkanitleri, Petrografi, Petroloji, Torul.

ABSTRACT

MS THESIS

**PETROGRAPHICAL, GEOCHEMICAL AND PETROLOGICAL
INVESTIGATION OF EOCENE VOLCANIC ROCKS FROM THE MESCİTLİ
(GÜMÜŞHANE) AND SURROUNDING AREA**

Kübra ŞAHİN

Gümüşhane University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of geology Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ

2014, 83 pages

In this study, petrographical, geochemical and petrological characteristics of Eocene volcanic rocks from the Mescitli (Gümüşhane) and surrounding area were determined, and the evolution and origin of volcanic rocks were investigated.

Liassic Hamurkesen Formation made of the basement in the South Zone of the Eastern Pontides. Dogger-Malm-Early Cretaceous aged Berdiga Formation overlies with conformity those of this unit. Berdiga Formation are unconformably overlain by Early Cretaceous Mescitli Formation. All of these units are unconformably overlain by Eocene Alibaba Formation. The youngest unit in the study area is Quaternary alluviums.

Studied Eocene volcanic rocks are basaltic andesite, andesite, basaltic trachy andesite, trachy andesite, dacite and rhyolite in composition, and consists of mainly plagioclase, quartz, hornblende, augite and biotite minerals.

Eocene Mescitli volcanites show calc-alkaline affinities and have low to medium K contents. They are enriched in large ion lithophile and light rare earth elements, with pronounced depleted of high field strength elements. The chondrite-normalized REE patterns ($La_N/Lu_N=1-19$) show low to medium enrichment, indicating similar sources for the rock suite. The main solidification processes involved in the evolution of the volcanics consist of fractional crystallization with minor amounts of crustal contamination \pm magma mixing.

All evidence supports the conclusion that the parental magma of the rocks probably derived from an enriched subcontinental lithospheric mantle, previously metasomatized by fluids.

Key Words: Eastern Pontides, Eocene, Geochemistry, Mescitli Volcanics, Petrography, Petrology, Torul.

TEŞEKKÜR

Mescitli (Gümüşhane) ve çevresinde yer alan Eosen yaşlı Volkanik kayaçların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesini amaçlayan bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmamın her aşamasında yardımını ve desteğini esirgemeyen tez hocam Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ'a içtenlikle teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Emre AYDINÇAKIR ve Yrd. Doç. Dr. Selçuk ALEMDAĞ'a, arazi çalışmalarım esnasında benden yardımlarını esirgemeyen eşim Meriç ŞAHİN ve arkadaşım Sadullah KARABULUT'a, laboratuvar çalışmalarımda yardımcı olan Demir Export A.Ş teknisyeni Alırza VENEDİK'e, Gümüşhane Üniversitesi jeoloji Mühendisliği Bölümü öğrencileri Enes TÜRK, Samet GÜLOĞLU, Mehmet Fırat ve Kemal Önder DOĞAN'a, teknisyen Hakkı Yokuş'a, Jeoloji Mühendisliği diplomamı almamda emeği geçen Gümüşhane Üniversitesi'nin değerli hocaları ve personeline teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamımın her aşamasında benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli annem Saliha BAYRAM'a, kardeşlerim Tuğba YAVUZ, Büşra BAYRAM ve Emircan BAYRAM'a şükranlarımı sunarım.

Kübra ŞAHİN
Gümüşhane, 2014

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	III
ABSTRACT	V
TEŞEKKÜR	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ	XIII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş ve Amaç	1
1.2. Coğrafi Bilgiler	1
1.2.1. Coğrafi Konum	1
1.2.2. Topoğrafya	1
1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü	2
1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim	3
1.3. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Genel Jeolojisi	4
1.4. Önceki Çalışmalar	9
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	14
2.1. Amaç ve Yöntemler	14
2.1.1. Arazi Çalışmaları	14
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları	14
2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması	14
2.1.2.2. Petrografik İncelemeler ve Mikro Fotoğrafların çekimi	15
2.1.2.3. Örneklerin Kimyasal Analiz İçin Hazırlanması	15
2.1.2.4. Kimyasal Analizler	15
2.1.2.5. Nem Kaybı ve Ateşte Su Kaybı (LOI)	16
2.1.3. Büro Çalışmaları	16
3. BULGULAR	17
3.1. İnceleme Alanının Stratigrafi ve Petrografisi	17
3.1.1. Hamurkesen Formasyonu	21
3.1.1.1. Hamurkesen Formasyonu'nun Yaşı	23

3.1.1.2.	Hamurkesen Formasyonu'nun Deneştirmesi	24
3.1.2.	Berdiga Formasyonu	24
3.1.2.1.	Berdiga Formasyonu'nun Yaşı	26
3.1.2.2.	Berdiga Formasyonu'nun Deneştirmesi.....	26
3.1.3.	Kermutdere Formasyonu.....	26
3.1.3.1.	Kermutdere Formasyonu'nun Yaşı.....	29
3.1.3.2.	Kermutdere Formasyonu'nun Deneştirmesi	29
3.1.4.	Alibaba Formasyonu	29
3.1.4.1.	Alibaba Formasyonu'nun Yaşı	38
3.1.4.2.	Alibaba Formasyonunun Deneştirmesi.....	38
3.1.5.	Alüvyon.....	39
4.	EOSEN YAŞLI VOLKANİK KAYAÇLARIN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ	40
4.1.	Giriş.....	40
4.2.	Volkanik Kayaçların Kimyasal Sınıflandırılması	40
4.3.	Ana ve İz Elementler.....	45
4.4.	Uyumsuz Elementler	53
4.5.	Nadir Toprak Elementler	55
4.6.	Tektonik Konum	57
5.	TARTIŞMA	60
5.1.	Fraksiyonel Kristallenme	60
5.2.	Asimilasyon-Fraksiyonel Kristallenme.....	62
5.3.	Kaynak Karakteriștiđi	64
6.	SONUÇLAR VE ÖNERLER	67
7.	KAYNAKLAR	69
	ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	İnceleme alanının genel görünümü	2
Şekil 1.2.	İnceleme alanının yer bulduru haritası	4
Şekil 1.3.	İnceleme alanının Türkiye'nin tektonik birlikleri içerisindeki yeri	6
Şekil 1.4.	Doğu Pontidler'deki Tersiyer volkanitleri ve bunları kesen sokulumların yayılımını gösteren jeolojik harita	7
Şekil 3.1.	İnceleme alanının stratigrafik kolon kesiti	18
Şekil 3.2.	İnceleme alanının jeolojik haritası.	19
Şekil 3.3.	İnceleme alanında A-A' boyunca alınan jeolojik kesit.....	20
Şekil 3.4.	a) Berdiga Formasyonu ile tabanda yer alan Hamurkesen Formasyonu dokanağı, b) Berdiga Formasyonuna ait dolomitik kireçtaşı	21
Şekil 3.5.	Hamurkesen Formasyonu içindeki bazaltlarda gözlenen mikrolitik porfirik doku.....	23
Şekil 3.6.	a) Berdiga Formasyonu ile tabanda yer alan Hamurkesen Formasyonu dokanağı, b) Berdiga Formasyonuna ait dolomitik kireçtaşı	25
Şekil 3.7.	Berdiga Formasyonu içindeki kristalize kireçtaşlarına ait kalsit mineralleri.	25
Şekil 3.8.	Kermutdere Formasyonu'na ait tortul birimlerin görünümü.....	27
Şekil 3.9.	Kermutdere Formasyonu içindeki kumlu kireçtaşlarına ait kuvars ve feldispat mineralleri.....	27
Şekil 3.10.	Kermutdere Formasyonu içindeki kırmızı kireçtaşlarına ait Globotruncana fosilleri.....	28
Şekil 3.11.	Kermutdere Formasyonu'na ait filişlerden görünüm	29
Şekil 3.12.	Alibaba Formasyonu'na ait a) Volkanik breş, b) Aglomeralar.....	30
Şekil 3.13.	Alibaba Formasyonu içindeki tortul birimler ile volkanitlerin dokanağı	31
Şekil 3.14.	Alibaba Formasyonu içindeki volkanik birimlere ait andezitlerin görünümü.	31

Şekil 3.15.	Alibaba Formasyonu içindeki dasit ve riyolitlerin arazi görünümü.....	32
Şekil 3.16.	Alibaba Formasyonu içindeki aglomeraların mikroskobik görünümü.	33
Şekil 3.17.	Alibaba Formasyonu içindeki litik kristal tütün mikroskobik görünümü.	33
Şekil 3.18.	Alibaba Formasyonu içindeki kumlu kireştaşlarının mikroskobik görünümü.	34
Şekil 3.19.	Alibaba Formasyonu içindeki andezitlerde gözlenen a) Mikrolitik porfirik doku, b) İri hornblend, ojit ve c) Zonlu plajiyoklas kristalleri.....	36
Şekil 3.20.	Alibaba Formasyonu içindeki Dasit ve riyolitlerde gözlenen mikrogrönü porfirik doku ve hamur tarafından yenmiş iri kuvars minerali.....	38
Şekil 4.1.	İnceleme alanı'na ait örneklerin SiO_2 'e karşı toplam alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) diyagramı	41
Şekil 4.2.	İnceleme alanı'na ait örneklerin sınıflaması Nb/Y'e karşı Zr/TiO ₂ sınıflama diyagramı.....	42
Şekil 4.3.	İnceleme alanı'na ait örneklerin SiO_2 -Zr/TiO ₂ diyagramı.	43
Şekil 4.4.	İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin AFM diyagramı. Toleyitik-kalk alkali ayrımı eğrisi.....	44
Şekil 4.5.	İnceleme alanı'na ait kayaç örneklerinin SiO_2 'e karşı K_2O diyagramı.....	45
Şekil 4.6.	İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı ana element değişim diyagramları.....	51
Şekil 4.7.	İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı iz element değişim diyagramları.....	52
Şekil 4.8.	İnceleme alanına ait kayaçların primitif mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları.....	54
Şekil 4.9.	İnceleme alanı'na ait kayaçlarının; kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları.	56
Şekil 4.10.	İnceleme alanındaki volkanitlerinin tektonik ayırtman diyagramları. (a) Nb (ppm)'ye karşı Nb/Th diyagramı, (b) Sr/Y-Y ayırtman diyagramı, (c) Ti/100-Zr-Sr/2 diyagramı	58
Şekil 4.11.	İnceleme alanındaki volkanitlere ait, (a) Ba'ya karşı Nb ve b) Ba'ya karşı La tektonik ortam ayırtman diyagramları.....	59

Şekil 5.1.	İnceleme alanındaki volkanitlerin Y (ppm)'a karşı CaO (%) diyagramı.....	60
Şekil 5.2.	İnceleme alanındaki volkanitlerin a) SiO ₂ 'ye karşı Y/Nb diyagramı, b) La karşı Zr diyagramı.....	61
Şekil 5.3.	İnceleme alanındaki volkanitlerin SiO ₂ 'ye karşı Y/Nb diyagramı.....	63
Şekil 5.4.	İnceleme alanındaki volkanitlerin Ta/Yb'a karşı Th/Yb diyagramı, N-tipi OOSB ve ortalama üst kabuk değerleri.	63
Şekil 5.5.	İnceleme alanındaki volkaniklerin kaynak karakteristiğini belirleyici ayırtman diyagramlar	65

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1.	Doğu Pontidler'deki Senozoyik volkanitlerinden yapılmış radyometrik yaşlar ve yöntemleri.....	12
Tablo 4.1.	İnceleme alanı'na ait kayaçların ana (%) ve iz (ppm) element analizleri.....	46
Tablo 4.2.	İnceleme alanı'na ait kayaçların nadir toprak element (ppm) analizleri.....	48

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

A/CNK	: Molar olarak $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$
AFC	: Asimilasyon ile eş zamanlı gelişen ayrımlaşma (AFC, Assimilation Fractional Crystallization)
A/NK	: Molar olarak $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$
An	: Anortit
ANTE	: Ağır Nadir Toprak Elementleri (HREE, Heavy Rare Earth Elements)
BİYLE	: Büyük İyon Yarıçaplı Litofil Elementler (LILE, Large Ion Lithophile El.)
cm	: Santimetre
Cpx	: Klinoproksen
Ç.N	: Çift Nikol
F	: Feldispat
FK	: Kristallenerek Fraksiyonlaşma (FC, Fractional Crystallization)
Gl	: Globotrucana
GM	: Gümüşhane Üniversitesi
Hbl	: Hornblend
HIMU	: μ -değeri veya ($^{238}U/^{204}Pb$) oranı yüksek olan manto kaynağı
HNTE	: Hafif Nadir Toprak Elementleri (LREE, Light Rare Earth Elements)
ICP	: Inductively Coupled Plasma
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma – Kütle Spektrometri
K	: Kuvars
km	: Kilometre
Ka	: Kalsit
Ku	: Kuvars
Kp	: Kayaç Parçası
LOI	: (loss on ignition=ateşte kayıp): Toplam uçucu içeriği
m	: Metre cinsinden uzunluk
Mg#	: Mağnezium numarası [$100*(MgO/MgO+\Sigma Fe_2O_3)$]
mm	: Milimetre

OOSB	: Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı (MORB, Mid-Ocean Ridge Basalt)
MORB	: Okyanus ortası sırtı bazaltı
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
my	: Milyon yıl
NTE	: Nadir Toprak Elementler (REE, Rare Earth Elements)
OAB	: Okyanus Adası Bazaltı (OIB, Ocean Island Basalt)
Op	: Opak mineral
Opx	: Ortopiroksen
Ol	: Olivin
ppm	: Milyonda bir
Pir	: Piroksen
Pl	: Plajiyoklas
TAS	: Toplama Alkali Silika
YÇAE	: Yüksek Çekim Alanlı Elementler (HFSE, High Field Strength Elements)
Z-OOSB	: Zenginleşmiş Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı (E-MORB, Enriched- Mid-Ocean Ridge Basalt)
μ	: Mikron

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş ve Amaç

Bu çalışmada, Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Güney Zonu'nda yer alan Mescitli (Gümüşhane) yöresinde yüzeyleme veren Tersiyer yaşlı volkanik kayaların jeolojik, petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özellikleri ortaya konulmuştur. Bunun sonucunda elde edilen veriler dikkate alınarak inceleme alandaki Tersiyer volkanitlerini oluşturan magmanın kökeninin ve gelişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.2. Coğrafi Bilgiler

1.2.1. Coğrafi Konum

İnceleme alanı, Gümüşhane İli'nin yaklaşık 14 km kuzeybatısın'da Mescitli, 24 km kuzeybatısın'da Cebeli, 10 km kuzeydoğusun'da Yeşildere, 12 km kuzeydoğusun'da Yeşilyurt Köyü'nü içine alan bölgede olup, Trabzon G42 c3 paftasının bir bölümünü içeren yaklaşık 36 km²'lik bir alandır (Şekil 1.1).

1.2.2. Topoğrafya

İnceleme alanında genellikle sert rolyefli tepeler ve kayalıklar mevcuttur. Çalışma alanında, Harşit Çayı'nın aktığı vadi tabanı (1060 m) olan en düşük nokta ile en yüksek noktası olan Hırsız Dağının (2166 m) tepesi arasındaki kot farkı yaklaşık 1116 m'dir. İnceleme alanındaki başlıca yükseltiler Beyaztaşlı Tepe (1944 m), Ekşikkaya Tepe (1804 m), Bozbentçatağı Tepe (1963 m), Klavuz Tepe (1904 m), Güney Tepe (1740 m), Kabak Tepe (1910 m), Yatak Tepe (1830 m), Dağtarla Tepe (1919 m), Düztarla Tepe (1875 m), Bazal Kayaları, Dilim Kayaları, Kışla Kaya, Karataş kaya, Bozbent Dağı (1892 m) ve Hırsız Dağı (2166 m)'ndan oluşmaktadır.

İnceleme alanındaki en büyük dere Gümüşhane-Torul karayoluna paralel akan Harşit çayıdır. Bundan başka Harşit çayını besleyen Olukların Dere, Öleki Dere, Yağlı Dere, Mayıntaşlı Dere, Dükkanım Dere, Sehir Dere, Uğurtaşlı Dere ve Yedigöze Dere'leri vardır.



Şekil 1.1. İnceleme alanının genel görünümü (Fotoğraf Mescitli Köyü'nün kuzeydoğusundan çekilmiştir)

1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanında karasal iklim hakim olup yazlar kurak ve yağışsız, kışlar ise soğuk ve serttir. Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu iklimlerinin arasındaki geçiş bölgesinde yer almakta olup, bu iki bölgenin özelliklerinden etkilenen özel bir iklime sahiptir. İnceleme alanının kuzeydoğusunda bulunan Zigana Dağları Karadeniz Bölgesinin karakteristik nemli havasına, güneybatısında bulunan Kop Dağları ise Doğu Anadolu Bölgesinin karakteristik soğuk ve sert rüzgarlarına engel oluşturmaktadır. Bu nedenle bölge bu iki iklim arasında bir geçiş niteliğe sahiptir.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından bölgede işletilen büyük ve küçük klimatoloji istasyonları tarafından sağlanan bilgilere göre inceleme alanı ve yakın çevresinde yıllık ortalama sıcaklık 9,6 °C'dir. Yılın en sıcak ayı 20,04 °C aylık ortalama sıcaklık değeri ile Temmuz, en soğuk ayı ise -2,22 °C'lik aylık ortalama sıcaklık değeri ile Ocak'tır. En yüksek sıcaklık 41 °C ile Temmuz ayında (2000 yılı), en düşük

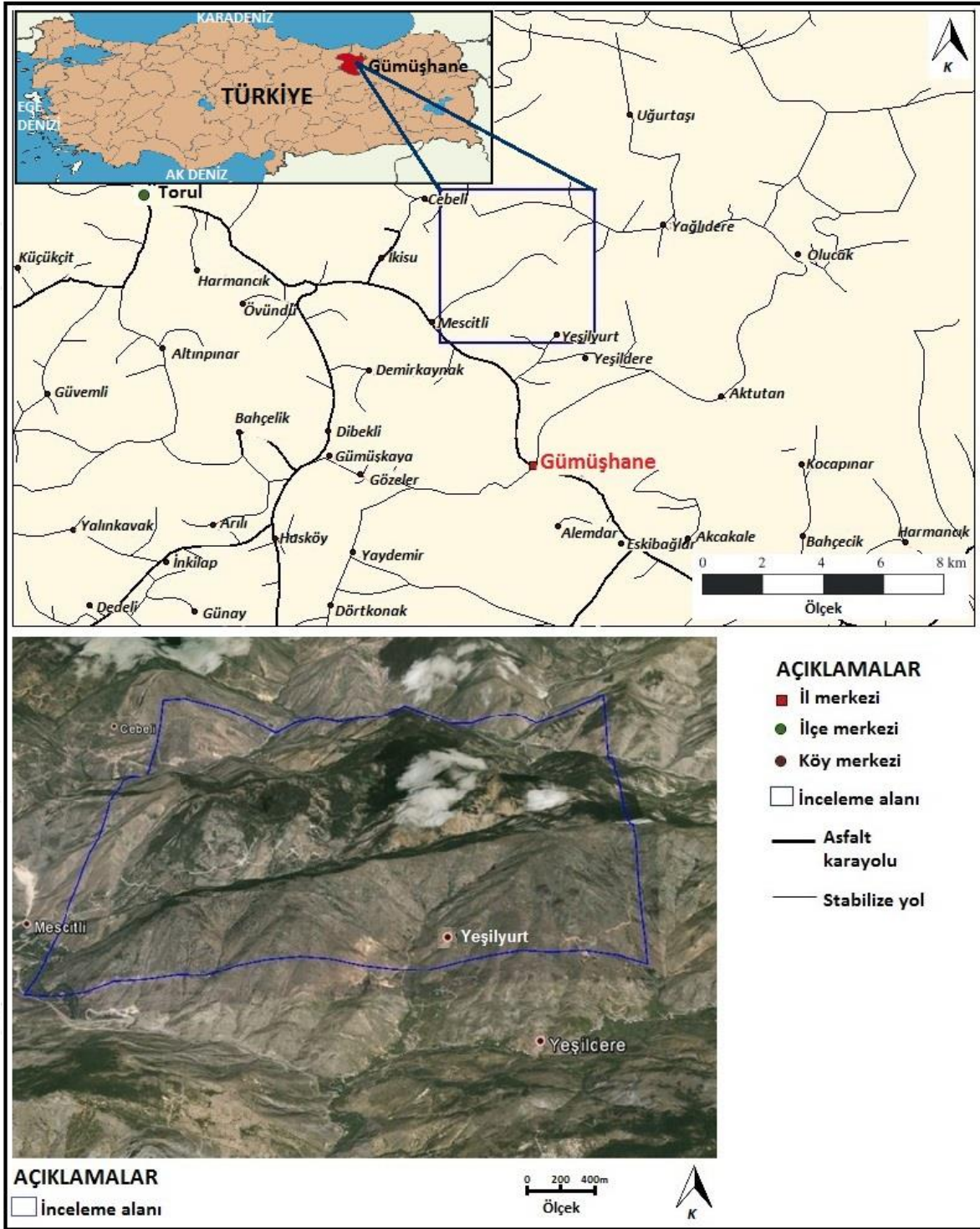
sıcaklık ise – 25,7 °C ile Şubat ayında (1985 yılı) gözlemlenmiştir. İnceleme alanındaki ortalama yağış miktarı 456.4 mm ile 464.7 mm arasında değişmektedir. Bölgedeki en yağışlı ay Mayıs, en yağışsız ay ise Temmuz'dur. İnceleme alanı ve yakın çevresindeki yağışlı geçen ortalama gün sayısı 122 gün'dür.

Gümüşhane ve çevresinde yılın ortalama 68 günü kar örtülü geçmektedir. İnceleme alanı bitki örtüsü yönünden zayıf olup alçak kesimlerde meyve ağaçları, yüksek kesimlerde ise yoğun çam, meşe ve kavak ağaçları vardır.

1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim

İnceleme alanında en büyük yerleşim yerleri köy merkezleri ve mezralardan oluşmaktadır. En yakın ve büyük yerleşim yerleri Mescitli, Cebeli, Yeşilyurt ve Yeşildere Köyleri'nden (Şekil 1.2) oluşur. Ayrıca bazen yaz aylarında Çengelli Mahallesi, Yan Mahallesi, Yamaç Mahallesi, Yamaç Yerleşkesi, Arnavutlu Yerleşkesinde yerleşim görülür.

Çalışma alanında ana ulaşım Trabzon-Gümüşhane arası asfalt karayolu ile yapılmaktadır. Mahalle ve mezralara ulaşım stabilize ve patika yollarla yapılmaktadır. Çalışma alanının, Gümüşhane İli'ne en yakın yeri Mescitli Köyü, Cebeli Köyü ve Yeşilyurt Köyü olup, merkeze uzaklıkları yaklaşık 12 km ile 24 km arasında değişmektedir.



Şekil 1.2. İnceleme alanının yer bulduru haritası

1.3. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Genel Jeolojisi

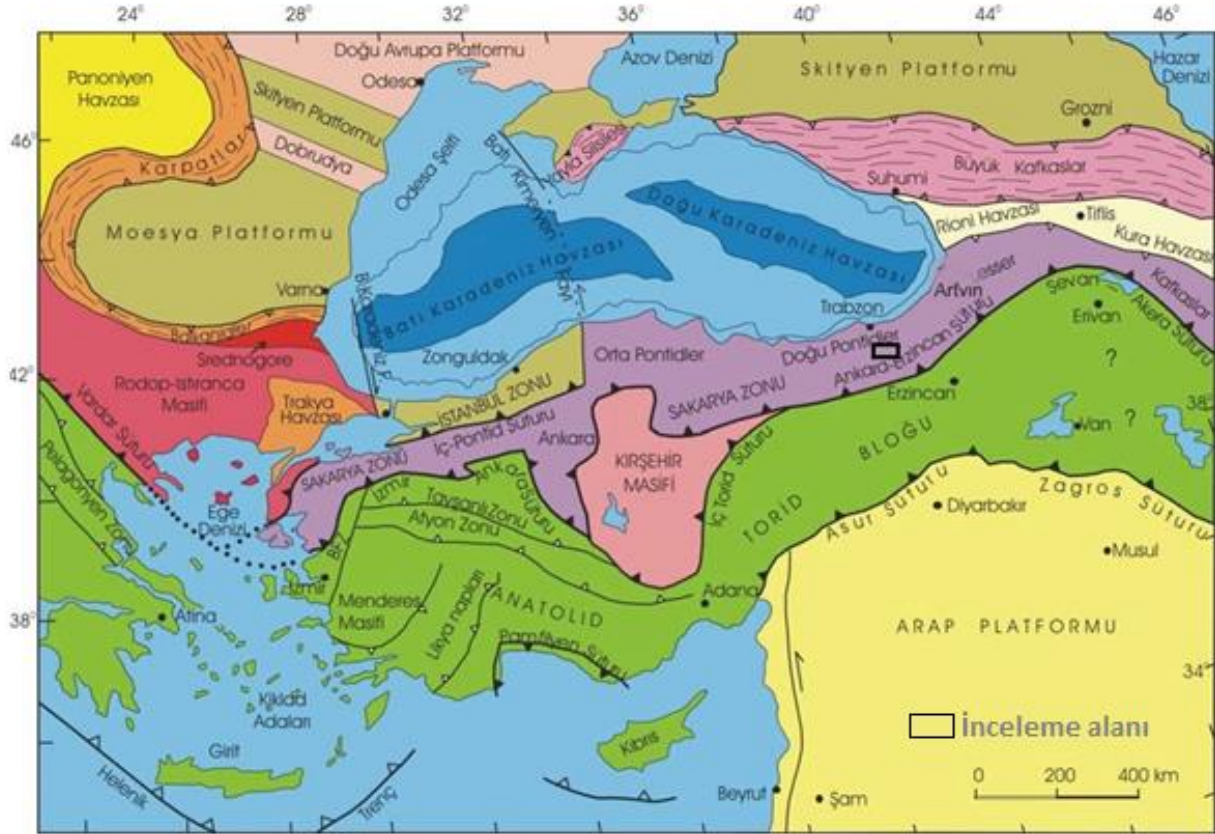
Çalışma alanını da içine alan Doğu Karadeniz Dağlarına tektonik bir birim olarak "Pontid" ismi ilk kez Hamilton (1842) tarafından verilmiştir. Ketin (1966) tektonik üniteleri kuzeyden güneye doğru Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları

olarak dört ana tektonik birliğe ayırmıştır. Doğu Pontid Orojenik Kuşağı ilk kez Arni (1939) tarafından Kuzey ve Güney Zon olarak kendi içerisinde iki farklı tektonik birliğe ayrılmıştır. Daha sonra Ketin ve Canitez (1972) bu tektonik üniteleri yeniden düzenlemiş ve litolojik farklılıklardan dolayı söz konusu birliği “Doğu Pontid”ler ve “Batı Pontid” ler olarak adlandırmışlardır. Özsayar ve diğ., (1981), Doğu Pontidlerde Üst Kretase’yi "Doğu Pontid Kuzey Zonu" ve "Doğu Pontid Güney Zonu" olarak ikiye ayırmışlardır. Bektaş ve diğ., (1977), Doğu Pontidleri kuzeyden güneye doğru “Kuzey Zon”, “Güney Zon” ve “Eksen Zonu” olarak üç alt birliğe ayırmışlardır. Ayrıca çalışılan saha Okay ve Tüysüz (1999) tarafından Sakarya Zonu olarak ayrılan tektonik birliğin Doğu Pontidler kısmında yer almaktadır (Şekil 1.3).

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı’nın en yaşlı kayaçları Güney Zon’da Pulur masifi (Topuz ve Altherr, 2004; Topuz ve diğ., 2004a, 2004b ve 2007), Ağvanis masifi (Okay, 1984; Altınkaynak, 2000), Tokat metamorfik masifi (Alp, 1972; Özcan ve diğ., 1980; Rojay, 1993; Tüysüz 1996; Yılmaz ve diğ., 1997; Eyüboğlu 2006), Kurtoğlu metamorfikleri (Topuz ve diğ., 2007, 2010), Karadağ metamorfikleri (Dokuz, 2000; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Ustaömer ve Robertson, 2010), Kopuzsuyu metamorfik kayaçları, Gümüşhane Batoliti (Tokel, 1972; Çoğulu, 1975; Yılmaz, 1976; Özdoğan, 1992; Topuz ve diğ. 2010) ve Köse Batoliti (Dokuz, 2011) ile temsil edilirken; yayın kuzeyinde küçük mostralarda Tonya güneyinde Derinoba ve Kayadibi granitleri (Kaygusuz ve diğ. 2012, 2013), Özdil yöresinde Özdil Granitoyidi (Kaygusuz ve diğ. 2013) ve Maçka yöresinde Soğuksu ve Seslikaya granitleri (Kaygusuz ve diğ. 2013) gözlenirler. Bununla birlikte metamorfizma yaşları tam olarak bilinmemekle birlikte Kuzey Zon’da Dereli (Giresun) ve Çaykara (Trabzon) yörelerinde yüzeyleme veren metamorfik kayaçlarında bölgenin taban kayaçlarını temsil ettiği görüşü yaygındır (Schultze-Westrum, 1961; Zankl, 1962; Boynukalın, 1990).

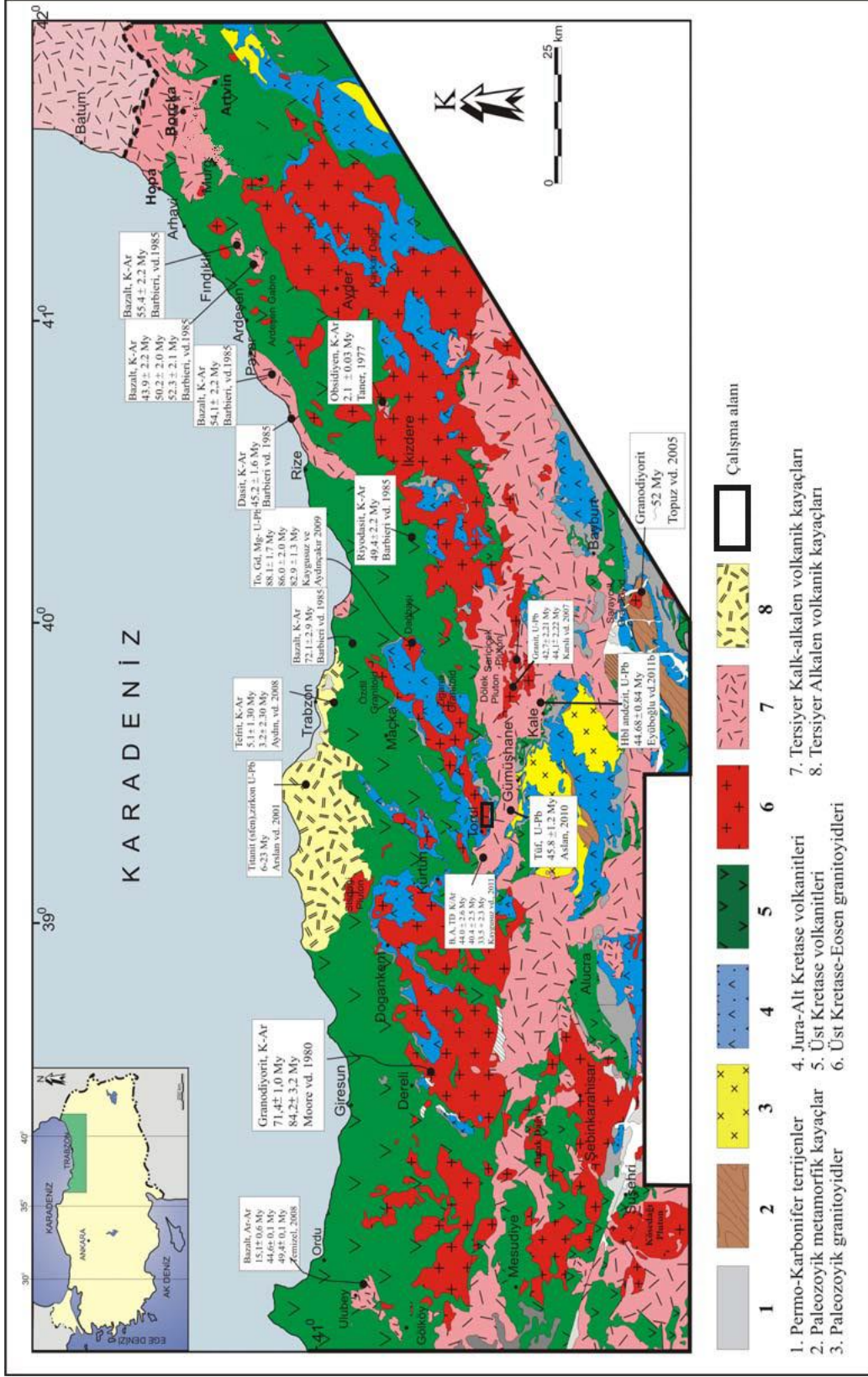
Doğu Pontid Orojenik Kuşağı’nda Triyas dönemini temsil eden kayaçların varlığı tartışmalıdır. Bayburt Demirözü yöresinde metamorfik kayaçlar üzerine gelen ve kırıntılı kayaçlardan oluşan istifin (Karakaya Formasyonu) (Ağar, 1977; Yılmaz ve diğ., 1997b; Topuz ve diğ., 2004a) ve Amasya yöresinde Tokat masifini oluşturan metamorfik kayaçlar üzerine gelen ve çok düşük dereceli metamorfizma izleri taşıyan kırıntılı kayaçlardan oluşan Karasenir Formasyonu’nun (Alp, 1972) Triyas yaşlı olduğu ileri sürülmüştür. Eyüboğlu ve diğ. (2010, 2011) tarafından yapılan çalışmalarda Pulur ve Tokat metamorfik

masiflerini kesen ultramafik ve mafik intrüzyonlardan Geç Triyas yaşı (191 ile 212 My) elde edilmiştir.



Şekil 1.3. İnceleme alanının Türkiye'nin tektonik birlikleri içerisindeki yeri (Okay ve Tüysüz, 1999'dan alınmıştır)

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda Paleozoyik ve Triyas yaşlı kayalar Erken-Orta Jura yaşlı volkano-tortul istif tarafından uyumsuz olarak örtülür. Kuşağın Kuzey Zonu'nda Jura yaşlı sedimanter oluşuklara seyrek rastlanılmakta (Giresun, Dereli) olup, birim genellikle volkanik kayalar ile temsil edilmektedir (Boynukalın, 1990; Eyüboğlu ve diğ., 2006; Şen 2007). Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Güney Zonu'nda Kuzey Zon'dan farklı olarak Erken-Orta Jura dönemi sedimanter ağırlıklı bir istif ile temsil edilir ve daha geniş alanlarda yüzeyleme verir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Doğu Pontidler'deki Tersiyer volkanitleri ve bunları kesen sokulumların yayılımını gösteren jeolojik harita (Güven, 1993'ten değiştirilerek)

Geç Jura-Erken Kretase dönemi Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın tamamında tektonik ve magmatik açıdan duraylılık dönemine karşılık gelmekte olup, tüm bölgede karbonat çökelimi egemendir. İlk kez Pelin (1977) tarafından Berdiga Formasyonu olarak isimlendirilmiş olan birim, Kuzey Zon'da genellikle masif tabakalanmalı, gri-bej renkli, yanal devamlılığı olmayan kireçtaşları ile temsil edilir (Taslı, 1984). Magmatik yayın güney kesiminde ise "Berdiga Formasyonu" genel olarak gri-bej renkli, kalın, yer yer masif katmanlı, çok zengin bentik foraminifer fosilleri içeren, taban seviyeleri yer yer dolomitlerden üst seviyeleri ise çört yumru ve bantlı kireçtaşlarından oluşan, sıg denizel bir istif özelliği sunar (Taslı, 1990; Kırmacı, 1992; Yılmaz, 2002).

Geç Kretase dönemi, Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda kuzeyden güneye doğru önemli litolojik farklılıklar gösterir. Kuzey Zon'da şiddetli bir magmatizmanın ürünü olan volkanik kayalar ve granitik intrüzyonlar baskın litolojiyi oluşturur (Bektaş, 1984; Jica, 1985; Gedik ve diğ., 1992; Köprübaşı, 1993, Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Okay ve Şahintürk, 1997; Güngör ve diğ., 1997; Köprübaşı ve diğ., 2000; Kaygusuz, 2000; Boztuğ ve diğ., 2002; Şahin ve diğ., 2004; Karlı ve diğ., 2004, 2010; Sipahi, 2005, 2011; Boztuğ ve diğ., 2006; Kaygusuz ve diğ. 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Kaygusuz ve Şen, 2011, Sipahi ve Sadıklar, 2013; Sipahi ve diğ., 2013; Aydınçakır ve Şen, 2013). Magmatizmanın durakladığı dönemlerde ise tortul ara seviyelerin çökelimi söz konusudur. Güneye doğru ilerledikçe magmatizmanın şiddeti azalır ve magmatik kayaç ağırlıklı istif yerini sedimanter kayaç ağırlıklı bir istife bırakır. Daha güneyde Bayburt-Amasya hattı boyunca ise magmatizma yaygın olarak gözlenir (Altherr ve diğ., 2008; Topuz ve diğ., 2010; Eyüboğlu, 2010).

Senozoyik dönemi Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın güney kesiminde sedimanter, kuzey kesiminde ise magmatik ağırlıklı bir istif ile temsil edilmektedir. Güneyde Senozoyik magmatizması Kop Dağları ve Erzincan hattı üzerinde Geç Paleosende başlamış ve kuzeye doğru ilerleyerek Erken Eosen döneminde Gümüşhane-İspir hattı boyunca asidik magmatizmanın ve volkano-sedimanter istif özelliğindeki ürünleri oluşturmuştur (Tokel, 1977; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Topuz ve diğ., 2005; Arslan ve Aslan, 2006; Karlı ve diğ., 2007; Temizel ve Arslan, 2009; Aslan, 2010; Karlı ve diğ., 2010b, 2011a; Kaygusuz ve diğ., 2011; Topuz ve diğ., 2011; Eyüboğlu ve diğ., 2011a, b). Doğu Pontid'lerin Kuzey Zon'unda Senozoyik döneminde magmatizma Güney Zon'dakine göre daha şiddetlidir ve bu dönemde kalk-alkalin granitik ve bazik volkanik kayaların oluşumu

söz konusudur (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Şen ve diğ., 1998; Boztuğ ve diğ., 2004; Karlı ve diğ., 2011b).

Sahil kesiminde ise Neojen yaşlı alkalin volkanizma bölgedeki magmatik faaliyetlerin son ürünlerini oluşturur (Aydın, 2003, Aydın ve diğ., 2008). Güneyde Neojen tortulları jipsli, tuzlu sığ deniz, lagün ve gölsel fasiyesler olarak gözlenmiştir (Erentöz, 1974; Ketin, 1983).

Kuvaterner yaşlı oluşuklar traverten ve alüvyonlardan oluşurlar.

1.4. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanını da içine alan bölgede geniş ölçekli pek çok çalışma olmasına rağmen (Türk-Japon ekibi, 1985; Gülibrahimoğlu ve diğ. 1986; Yılmaz, 1993; Güven, 1993; Atıcı, 1998; Yılmaz ve diğ. 2000; Kaygusuz, 2000; Eker, 2002; Kaygusuz ve diğ. 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013; Sipahi, 2005, 2011; Eker ve diğ., 2012; Sipahi ve diğ. 2013; Sipahi ve Sadıklar, 2013), mescitli kuzeyindeki Eosen yaşlı volkanik kayaçların petrografik ve jeokimyasal özellikleri üzerine yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda Eosen volkanitleri Güney Zonda yaygın olarak, Kuzey Zonda ise Karadeniz kıyı şeridi boyunca daha dar alanda yüzeylemektedir. Doğu Pontidlerdeki Eosen volkanitleri birçok araştırmacının ilgisini çekmiş olup, yapılan çalışmalar kısaca aşağıda özetlenmiştir.

Tokel (1977), Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Tersiyer volkanizmasının ürünü olan kayaçları incelemiş ve bunların kalk-alkalen sınıfın kalsik ucunda yer aldığını, silisyuma doymuş ve genellikle Al_2O_3 bakımından zengin olduğunu belirtmiştir.

Eğin ve diğ. (1979), Harşit vadisi boyunca yaptığı çalışmada, Üst Kretase volkanitlerinin toleyitik, Tersiyer volkanitlerinin kalk-alkali özellikte olduğunu ifade etmiştir.

Çamur ve diğ. (1996), Kuzey Zon'daki volkanik kayaçları oluştukları zaman dilimine göre; Jura Volkanik Devri, Üst Kretase Alt Volkanik Devri, Üst Kretase Üst Volkanik Devri ve Tersiyer Volkanik Devri şeklinde dört ana volkanik devire ayırmıştır. Bu çalışmaya göre, Jura volkanitleri yay gerisi ve zenginleşmiş okyanus ortası bazaltı özellikleri taşır ve kabuktan etkilenmemiştir. Buna karşın, Üst Kretase volkanik kayaçları

toleyitik ve kalk-alkali, Tersiyer volkanitleri ise şoşonitik özellikte olup, zenginleşmiş okyanus ortası bazaltlarına benzer magmadan türemişlerdir.

Arslan ve diğ. (1997), Doğu Pontid Volkanik Kayaçlarının Jeokimyası ve Petrojenezi adlı çalışmada, Eosen volkanizmasının yitim sonunda alt kabuk ve/veya üst mantodan kısmi ergime sonucu oluştuğunu belirtmişlerdir.

Şen ve diğ. (1998), Doğu Pontid Alkalen Provensinin, Senozoyik dönemde gelişen volkanik faaliyetler sonucunda oluştuğunu ve alkalen kayaçların iki farklı gruptan (Tonya grubu ve Trabzon grubu) oluştuğunu, bu iki grup kayacın metazomatizmaya uğramış bir manto kaynağından türeyen ve sığ derinliklerde farklılaşmaya uğrayan birincil bir magma ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Aliyazıcıoğlu (1999), Doğu Pontid Güney Zonu'nda, Kale (Gümüşhane) yöresinde yaptığı çalışmada; Kale Formasyonu'nu oluşturan mikritik kireçtaşlarında ve aglomeralar içerisinde mikritik kireçtaşı çakıllarında Paleosen mikrofosilleri bulunduğunu ve bu nedenle volkanizmanın Paleosen döneminde başlayıp Eosen'de etkili bir şekilde devam ettiğini belirtmiştir. Volkanitlerin ana magmasının zenginleşmiş bir ana kaynaktan muhtemelen metazomatizmaya uğramış bir manto kaynağından türemiş olduğunu ve yöredeki volkanizmanın ekstansiyonel rejimdeki bir tortulaşma havzasında önce patlamalı (aglomera ve tüfleri oluşturan) olarak, daha sonra da bunu takip eden lav erüpsiyonu (andezitik kayaçları oluşturan) şeklinde geliştiğini vurgulamıştır.

Barbieri ve diğ. (2000), Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Kuzey Zonu'ndaki Senozoyik yaşlı volkanitlerin yaşlarının özellikle 26 My etrafında kümелendiğini, Trabzon güneyinden alınan silise doymamış alkali örneğin 26.5-27 My yaşında olmasını, yöredeki Senozoyik volkanitlerinin en son ürünü olarak yorumlamışlardır.

Şen (2000), Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kuzeyindeki Eosen sonrası kayaçlar içerisinde ilk olarak "ultramafik nodüllerin" varlığını ortaya koymuş ve bu nodüllerin manto kalıntısı olmadığını, ancak nodüllerin magmanın değişik derinliklerinde kristallenen mineral birikimleri olduğunu orataya koymuştur.

Yılmaz ve diğ. (2000)'e göre, Orta Eosendeki açılmanın yeni havza oluşumlarına yol açmış ve bu havzaların bazıları Oligosen-Erken Miyosen zamanında kapanmıştır.

Kaygusuz (2000), Torul yöresindeki Eosen volkanitlerinin kalk-alkalen karakterde olduğunu belirtmiştir.

Arslan ve diğ. (2001), Pontid'lerin Güney Zon'unda yüzeylenen Tersiyer volkanizmasının Paleosen mikritik kireçtaşlarıyla geçişli Nummulitli seviyeler içeren tortul

kayaçların hemen üzerine uyumlu olarak geldiğini söylemişlerdir. Buna karşın Kuzey Zondaki Tersiyer volkanizmasının çoğu yerde Üst Kretase tortulları üzerine uyumsuz olarak, bazen de Üst Kretase volkanitleri üzerine uyumsuzluk konglomerası ile oturduğunu belirtmişlerdir. Güneydeki volkanitlerin alkalen seri özelliğinde olduklarını ifade etmişlerdir.

Yılmaz (2002), Gümüşhane ve Bayburt yörelerindeki çalışmasında Alibaba Formasyonu'nun geniş yayılıma sahip olduğunu, altta Keremdere Formasyonu üzerine uyumsuz olarak geldiğini, derin erozyona uğramış bölgelerde ise Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonu üzerine aşınmalı uyumsuzlukla geldiğini belirtmişlerdir. Birim tabanında yersel kumlu ve Nummulitli kireçtaşları bulunduran kalın bir volkano tortul gövde olduğunu, tabanda bulunan konglomera seviyesinin büyük oranda Berdiga Formasyonu'ndan türemiş olduğunu belirtmiştir. Ayrıca birimin yaşının içerdiği *Nummulites*'lere dayanarak Eosen olduğunu ve birimin küçük çökeltme ortamlarında, yoğun bir volkanik etkinliğin de eşlik etmesiyle sığ denizel ve karasal ortamlarda birikmiş olduğunu belirtmişlerdir.

Aydın ve diğ. (2008), Doğu Pontidlerde yer alan Neojen alkalen volkanik kayaçların $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ değerinin 0.705018 ile 0.705643 arasında değiştiğini, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ değerinin ise 0.512662 ile 0.512714 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. İki örnekten seçilen biyotit mineralinden yaptırılan K-Ar yaş analiz sonucu alkalen volkanitlerin 5.1 ile 3.2 My yaşlarında yani Pliyosen zamanında oluştuklarını göstermektedir.

Aslan (2010), Doğu Pontidlerde yayılım gösteren Eosen birimlerinin, Üst Kretase volkanoklastik ve sedimanter kayaçlarını uyumsuz olarak üzerlediğini, Çalışılan Eosen biriminin başlıca lav ve daha az oranda tüff ve sedimanlardan oluştuğunu belirtmiştir. Tüflerden yapılan U-Pb zirkon yaş analizi sonucu birimin yaşının 45.8 My olduğu saptanmıştır. Jeokimyasal olarak tüflerin kalk-alkalin volkanik yay karakterini yansıttıklarını belirtmiştir. İz element değişimleri sonucunda bu volkanitlerin ana magmasının zenginleşmiş üst manto kaynağından türediğinin belirtmiştir.

Kaygusuz ve diğ. (2011), Doğu Pontidlerdeki Eosen yaşlı Torul volkanitlerinin bazaltik andezit, andezit, trakiandezit ve az oranda da trakidasit ve bunların piroklastiklerinden oluştuğunu, hornblendlerdeki K/Ar yaşlarının, 43.99 ila 33.45 My aralığında olduğunu ve volkanitlerin Orta-Üst Eosen zamanında oluştuklarını belirtmişlerdir. Volkanitlerin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ değerlerinin 0.70457-0.70511 arasında, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$ değerlerinin ise 0.51264 ila 0.51278 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Tüm

bu veriler ışığında, volkanitlerin köken magma(lar)sının muhtemelen daha önceki yitim akışkanları tarafından metasomatizmaya uğratılmış zenginleşmiş bir üst manto kaynağından oluştuğunu ifade etmektedir.

Eyüboğlu ve diğ. (2011), diğer araştırmacılardan farklı olarak, Doğu Pontid orojenik Kuşağı'ndaki Tersiyer magmatizmasının 57 milyon yıl önce (Geç Paleosen) Kop Dağı-Erzincan hattı boyunca adakitik karakterli olarak başladığını ve zaman içinde kuzeye doğru göç ettiğini ve 45 milyon yıl önce Torul-Bayburt-İspir hattı boyunca adakitik magmatizmanın son ürünlerini oluşturduğunu ileriye sürmüş ve bu kuzeye doğru olan göçü güneye doğru dalan okyanus litosferinde açılmaya başlayan dilim penceresi (slab window) modeli ile açıklamıştır.

Arslan ve diğ., (2014), inceleme alanının güneybatısında Eosen yaşlı volkanik kayalar üzerine yapmış oldukları incelemede, volkanitlerin Ar-Ar yaşlarının 37.7 ila 44.5 My arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Senozoyik volkanitlerinden yapılan radyometrik yaş tayinleri Tablo 1.1 ve Şekil 1.4'te özetlenmiştir.

Tablo 1.1. Doğu Pontidler'deki Senozoyik volkanitlerinden yapılmış radyometrik yaşlar ve yöntemleri.

No	Yer	Metod	Kayaç Tipi/Mineral	Yaş	Kaynaklar
Kuzey Zon					
1	Kalkandere	K-Ar	Obsidyen	2.1 ± 0.03 My	Taner (1977)
2	Rize (Fındıklı)	K-Ar	Bazalt	55.4 ± 2.2 My	Barbieri ve diğ. (1985)
3	Rize (Ardeşen)	K-Ar	Bazalt	43.9 ± 2.2 My; 50.2 ± 2.0 My; 52.3 ± 2.1 My	Barbieri ve diğ. (1985)
4	Pazar	K-Ar	Bazalt	54.1 ± 2.2 My	Barbieri ve diğ. (1985)
5	Çayeli	K-Ar	Dasit	45.2 ± 1.6 My	Barbieri ve diğ. (1985)
6	Çaykara	K-Ar	Riyodasit	49.4 ± 2.2 My	Barbieri ve diğ. (1985)
7	Trabzon	U-Pb	Sfen, zirkon	6 – 23 My	Arslan ve diğ. (2001)
8	Trabzon	K-Ar	Tefrit/biyotit	5.1 ± 1.3My; 3.2 ± 2.3 My	Aydın ve diğ. (2008)
Güney Zon					
9	Ordu (Ulubey)	Ar-Ar	Trakibazalt- Trakiandezit- Andezit- Trakidasit- Dasit	15.1 ± 0.6 My; 46.3 ± 0.1 My; 47.2 ± 0.1 My; 49.1 ± 0.1 My; 49.4 ± 0.1 My; 44.6 ± 0.1 My	Temizel (2008)

Tablo 1.1'in devamı

10	Gümüşhane	U-Pb	Tüf/zirkon	45.6 ±1.2 My	Aslan (2010)
11	Gümüşhane (Kale)	U-Pb	Andezit	44.06 ± 0.84 My	Eyüboğlu ve diğ. (2011b)
12	Gümüşhane (Torul)	K-Ar	Trakidasit, Andezit	33.45 ± 2.32 My; 43.99 ± 2.59 My	Kaygusuz ve diğ. (2011)

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Amaç ve Yöntemler

Mescitli ve çevresi, Doğu Karadeniz Dağları'nın (Pontidler) güney zonunda yer almakta olup, Eosen volkanitleri bu bölgede geniş yayılım göstermektedir. Bu çalışmanın amacını, Mescitli ve çevresinde yüzeylenen Eosen yaşlı volkanik kayaların petrografik, jeokimyasal ve petroloji özelliklerinin incelenmesi oluşturmaktadır.

Yürütülen bu çalışma, kaynak taraması, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarının ilk aşamasında daha çok bölgede yüzeylenen birimlerin tanınması, dokanak ilişkilerinin ve yapısal unsurların belirlenmesine yönelik olmuştur. İnceleme alanında yüzeylenen birimler önceden yapılan çalışmalar da dikkate alınarak kontrol edilmiş, stratigrafileri belirlenmiş ve gerekli düzeltmeler yapılarak yaklaşık 36 km² lik bir alanın jeoloji haritası (Şekil 3.1) hazırlanmıştır. Çalışmanın amacına uygun olarak volkanik kayalardan ve yan kayalardan sistematik olarak 86 adet kayaç örneği toplanmıştır.

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması

İnceleme alanından derlenen kayaç örneklerinin mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesine yönelik 55 adet örneğin ince kesitleri hazırlanmıştır. Bunun için kayalardan alınan 0.5x2x4 cm boyutunda plakacıklar, bir yüzeylerinin pürüzlülükleri giderildikten sonra 1mm kalınlığındaki 2.5x5 cm boyutundaki cam üzerine kanada balzamu kullanılarak yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapışmış olan kayaç örneği, aşındırıcılar yardımıyla 0.025 mm kalınlığına kadar inceltilerek petrografik tayin için hazır hale getirilmiştir. İnce kesit örnekleri Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

2.1.2.2. Petrografik İncelemeler ve Mikro Fotoğrafların Çekimi

Volkanik yan kayaçlara ait yaklaşık 55 adet ince kesit örnekleri GÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Mikroskobu Laboratuvarı'nda Leica marka polarizan mikroskoplarıyla incelenmiştir. Seçilen örneklerin mikroskop görüntüleri GÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Mikroskobu Laboratuvarı'nda Leica marka polarize mikroskoba bağlı aynı marka düzende bulunan fotoğraf ünitesiyle çekilmiştir.

2.1.2.3. Örneklerin Kimyasal Analiz İçin Hazırlanması

Ana, iz ve nadir toprak element analizleri için mikroskop incelemeleri sonucunda ayırmamış örnekler seçilmiş ve örnekler GÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü örnek hazırlama laboratuvarında hazırlanmıştır.

Kimyasal analizler için seçilen, her biri yaklaşık 250-300 gr'lık kayaç örnekler çeneli kırıcıda 1-2 cm boyutuna indirdikten sonra, halkalı öğütücülerde 200 mesh boyutuna kadar öğütülmüş ve çeyrekleme yöntemi uygulanarak, yaklaşık 30 gr'lık toz örnekleri, kimyasal analizlerde kullanılmak üzere hazırlanmıştır.

2.1.2.4. Kimyasal Analizler

İnceleme alanı'na ait 16 adet kayaç örneğin ana, iz element ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır.

Ana, iz ve nadir toprak element analizleri Kanada'da Vancouver, BC Analiz (ACME) Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Ana ve iz elementler ICP (Inductively Coupled Plasma) yöntemiyle, nadir toprak elementler ise ICP-MS (Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry) yöntemiyle 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 çözündürülmesinden itibaren analiz edilirken, nadir toprak element analizleri için 0.250 gr toz örnek dört farklı asit içinde çözündürülmüş ve analiz edilmiştir. Ana elementler % ağırlık, iz ve nadir toprak elementler ppm olarak ölçülmüştür. Ateşte kayıp (LOI), örnekler 1000 °C'de yakıldıktan sonra ağırlık farkından hesaplanmıştır. Toplam Fe içeriği, Fe₂O₃ cinsinden ifade edilmiştir. Dedeksiyon limitleri, ana oksitler için % ağırlık olarak 0.002 ilâ 0.04, iz elementler için 0.1 ilâ 8 ppm ve NTE için 0.01 ilâ 0.3 ppm arasındadır.

2.1.2.5. Nem Kaybı ve Ateşte Su Kaybı (LOI)

ISP'de Kimyasal analizleri yapılan öğütülmüş örneklerden 10 gr alınarak 105°C deki etüvde 24 saat bekletilmiş ve daha sonra yeniden tartılmıştır. Aradaki farkla nem kaybı bulunmuştur.

Ateşte su kaybı için 10 gr halinde hazırlanan örnekler 24 saat, 25°C de bekletildikten sonra platin kaplara konularak 950°C deki etüvde 2 saat bekletilmiştir. 2 saat sonra örnekler tartılmış ve aradaki yüzde oranla ateşte uçucu ve su kaybı tespit edilmiştir. Örnekler, etüvden çıkarılır çıkarılmaz hemen tartılmış, böylece az nem alması sağlanmıştır.

2.1.3. Büro Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler, amaca yönelik olarak Grapher programı kullanılarak ikili, üçlü ve örümcek diyagramları; Corel Draw çizim programları ile jeolojik haritalar, dikme kesitler ve enine jeolojik kesitler hazırlanmıştır. Tüm bunların sonunda, Fen Bilimleri Enstitüsünün yazım kurallarına göre bu tez hazırlanmıştır.

3. BULGULAR

3.1.İnceleme Alanının Stratigrafi ve Petrografisi

İnceleme alanı Mescitli, Cebeci ve Yeşildere Köyleri ve yakın civarında filişler ve volkanik kayaçların egemen olduğu yaklaşık 36 km²'lik bir alandan oluşur. Bu alanda yüzeylenen kayaçlar Jura-Kuvaterner aralığında gelişmişlerdir.

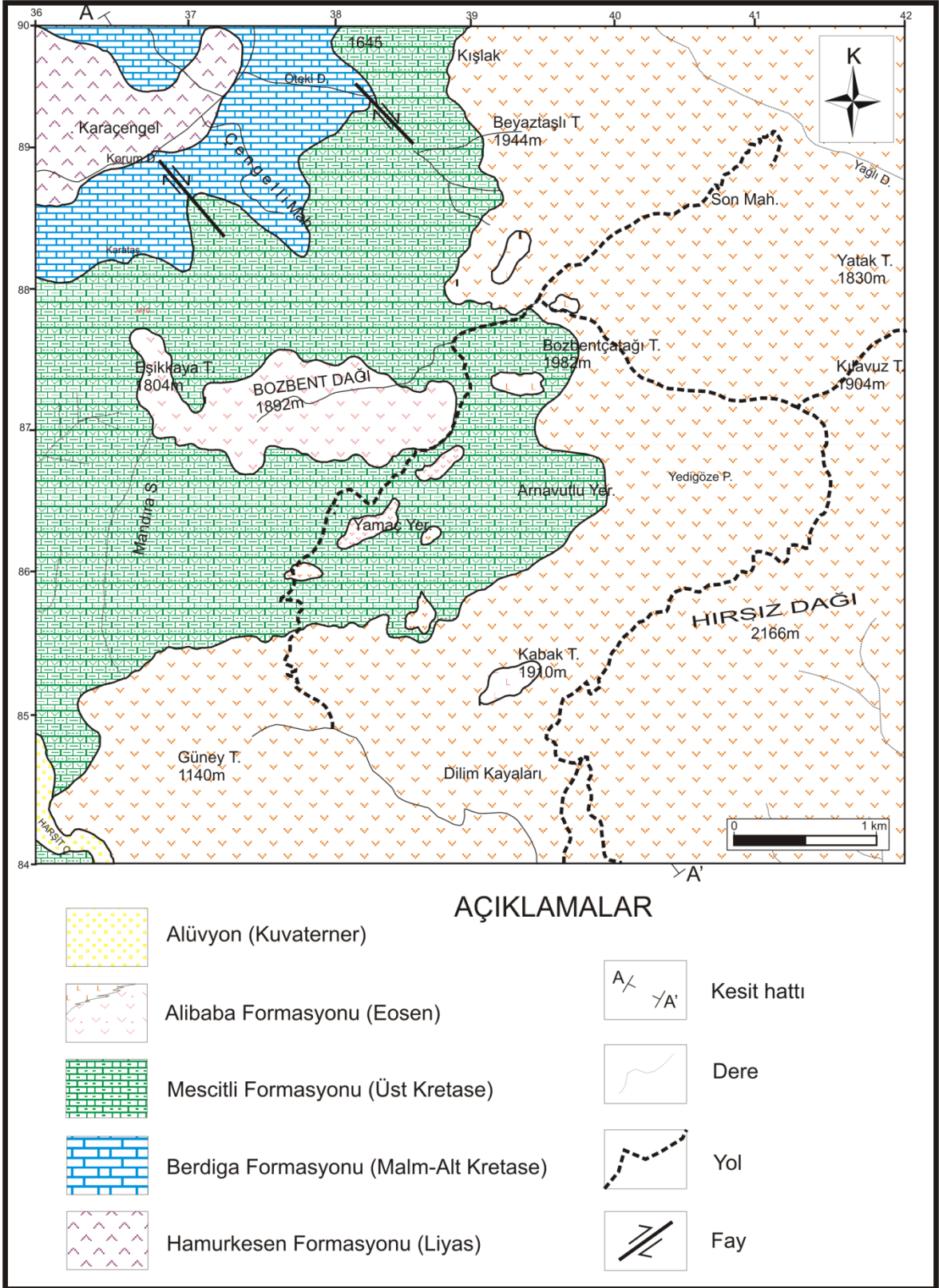
İnceleme alanında yüzeyleme veren kayaçların alttan üste doğru stratigrafik dizilimi ve litolojisi şu şekildedir (Şekil 3.1, 3.2 ve 3.3).

- 5 Alüvyon (Kuvaterner)
- 4 Alibaba Formasyonu (Eosen)
- 3 Kermutdere Formasyonu (Üst Kretase)
- 2 Berdiga Formasyonu (Doger-Malm-Alt Kretase)
- 1 Hamurkesen Formasyonu (Liyas)

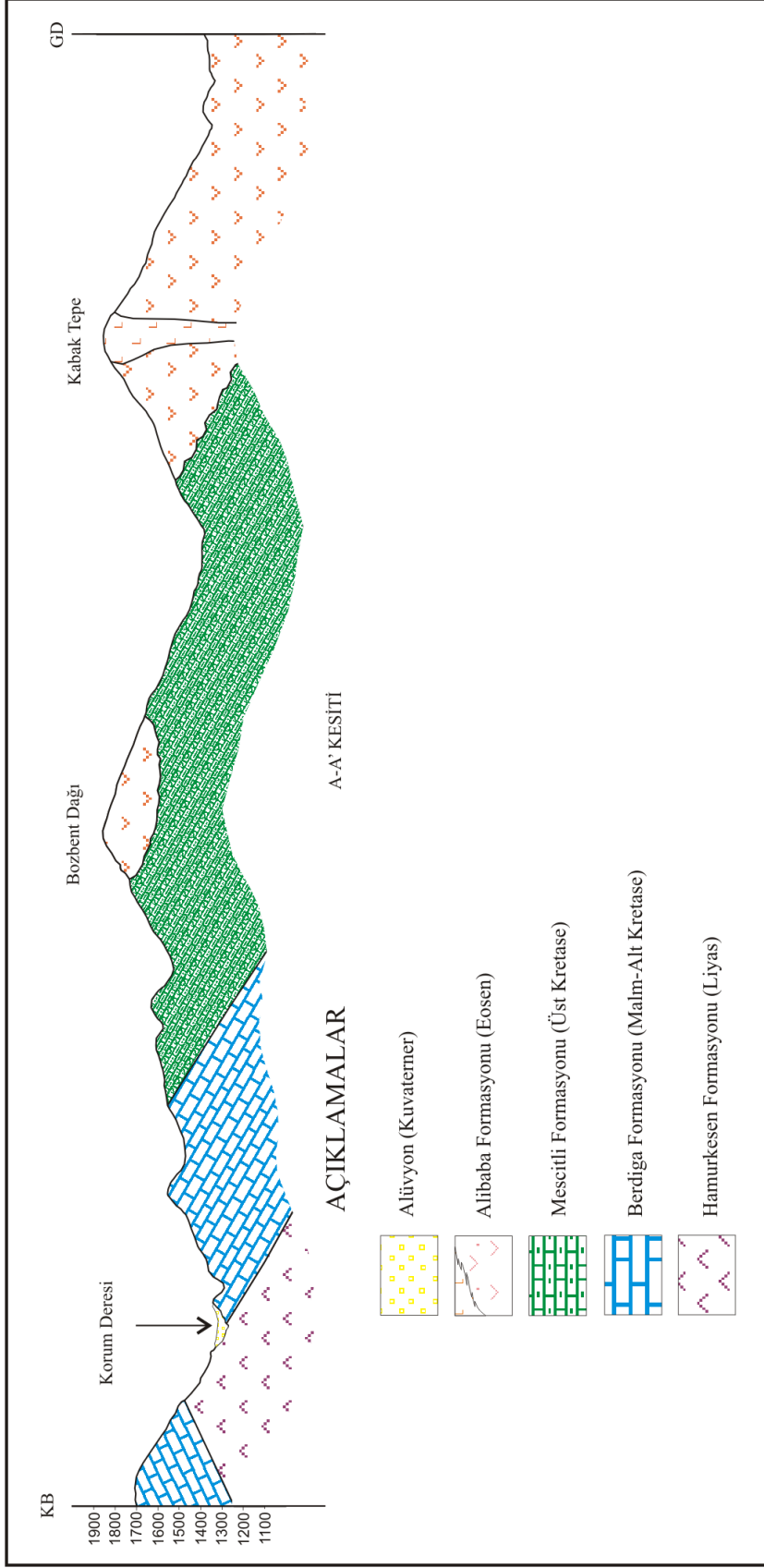
ZAMAN	DEVİR	DEVRE	FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	
SENOZOYİK	KUVATERNER					<p>Alüvyon</p> <p>Dasit, riyoit ve piroklastları</p> <p>Andezit, trakiandezit</p> <p>Bazatik andezit</p> <p>Bazalt daykđ</p> <p>Aglomera, breş, tuf</p>	
	TERSİYER	EOSEN	ALIBABA FORMASYONU	~ 600 m			
	MESOZOYİK	KRETASE					<p>Fliş</p> <p>Kırmızı kireçtaşı</p> <p>Kumlu kireçtaşı</p>
		JURA	ERKEN KRETASE	KERMUTDERE FORMASYONU	~ 500 m		
DOGGER-MALM			BERDİGA FORMASYONU	~ 450 m			
LİYAS		HAMURKESEN FM	~ 350 m		<p>Bazalt, andezit ve piroklastları</p>		

Ölçeksizdir

Şekil 3.1. İnceleme alanının stratigrafik kolon kesiti



Şekil 3.2. İnceleme alanının jeolojik haritası.



Şekil 3.3. İnceleme alanında A-A' alınan jeolojik kesit

3.1.1. Hamurkesen Formasyonu

Bayburt-Demirözü yöresinde, Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Berdiga kireçtaşları altında izlenen volkano-tortul karakterli birim, ilk olarak Ağar (1977) tarafından Hamurkesen Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Litostratigrafi kuralları gereği, aynı kuşak içinde yer alan benzer litolojik özelliklere ve stratigrafik konuma sahip birim için aynı ad kullanılmıştır.

Bu birim inceleme alanında küçük bir alanda yüzeylemekte (yaklaşık 1 km) olup, başlıca İkisü, Cebeli ve Karaca Mahallesi'nde yüzeylemektedir (Şekil 3.4). İnceleme alanında formasyonun tabanı görülmemektedir. Formasyon bazalt-spilitik bazalt ve piroklastları ile diyabazdan oluşan birimler ile başlamakta, bunu killi kireçtaşı ve kumtaşı mercekleri içeren andezit ve piroklastlarından oluşan birimler uyumlu olarak üstlenmektedir.



Şekil 3.4. a) Berdiga Formasyonu ile tabanda yer alan Hamurkesen Formasyonu dokanağı (Yer: Karaca Magarası yol ayrımı), b) Berdiga Formasyonuna ait dolomitik kireçtaşı (Yer: Çengelli Mahallesi)

Bazaltlar, koyu gri, siyah, ayrışmış kısımlarda mor renkli, spilitik bazaltlar ise koyu yeşil renklidirler. Çok fazla ayrışmış ve kırılmış olarak görülürler. Yer yer boşluklu yapıda olup, boşluklar ikincil kalsit, klorit, epidot ve silis ile doldurulmuştur. Bazı kesimlerde demir oksit boyamaları görülür. Makroskobik olarak plajiyoklas ve piroksen mineralleri tanınabilmektedir.

Bazaltların mikroskobik incelemelerinde mikrolitik porfiri doku gözlenmektedir.

Labrador: Öz ve yarı öz şekilli levhamsı iri kristaller, hamurda da mikrolitler halinde bulunur. İri kristaller albit ve polisentetik ikizlenmesi, küçük kristaller ise albit

ikizlenmesi gösterir. 010'a dik kesitlerde yapılan tayinlerde, An içeriği 52-56 arasında olduğu belirlenmiştir. Bazı plajiyoklaslarda zonlu yapı görülmektedir. En yaygın bozuşma ürünlerini kalsit ve serizit oluşturur.

Ojit: Genellikle yarı öz şekilli ve şekilsiz ince-uzun prizmatik kristaller, daha az olarak da öz şekilli iri prizmatik kristaller halinde bulunur. Genellikle renksiz veya çok açık yeşil renktedir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları yaklaşık 42-45 derece arasında değişmektedir. Genellikle klorit ve kalsite ayrılmıştır ve kenar kısımlarında opak mineraller gelişmiştir.

Olivin: Hem öz ve yarı öz şekilli levhamsı iri kristaller, hem de hamurda küçük kristaller halinde görülür. Genellikle iddingsit ve opak minerallere, daha az olarak da serpantin, klorit ve kalsite dönüşmüş olarak görülür. İddingsitleşme hemen hemen tüm örneklerde izlenmekte olup, belirgin pleokroizma gösterirler.

Biyotit: Bazı kesitlerde görülür ve diğer ferromagnezyen minerallere oranla daha az olarak bulunur. Açık sarı-koyu kahverengi pleokroizma belirgindir. Genellikle yarı öz şekilli küçük prizmatik kristaller halindedir. (001) yüzeyine paralel dilinim belirgin ve bu dilinime göre paralel sönmelidir. Dilinim ve kenarları boyunca klorit ve opak minerallere dönüşmüş olarak görülür.

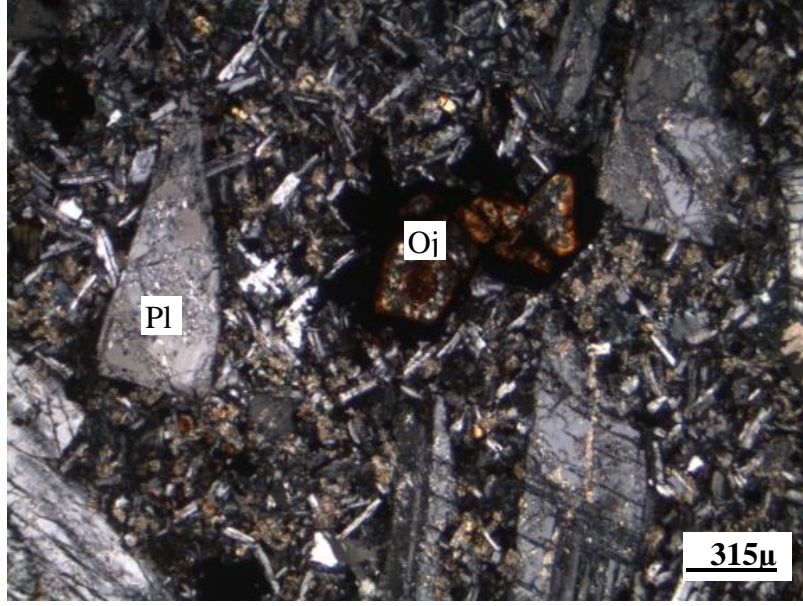
Apatit: Plajiyoklaslar üzerinde küçük, iğnemsî kristaller halinde bulunur. Genellikle berrak renkte ve dik sönme gösterir.

Opak mineral: Hem olivin, ojit ve biyotitin kenar kısımları boyunca, hem de hamurda köşeli, yuvarlaklaşmış taneler halinde bol miktarda bulunur.

İkincil mineraller: Kalsit, serizit, klorit, epidot ve iddingsit minerallerinden oluşurlar. Ayrışma ürünü ve çatlak dolgusu şeklinde ikincil olarak gelişmişlerdir.

Hamur: Plajiyoklas, ojit, olivin, biyotit ve opak minerallerin mikro ve kripto kristallerinden oluşmaktadır.

Kayaç adı: Bazalt (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Hamurkesen Formasyonu içindeki bazaltlarda gözlenen mikrolitik porfirik doku (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Oj: Ojit)

Piroklastik kayaçlar başlıca tüf, az oranda da breşden oluşurlar. Tüflerin mikroskopik incelemelerinde genellikle kristal, litik-kristal tüf niteliğinde oldukları belirlenmiştir. Genelde kenarları kırıklı yapıda plajiyoklas, hornblend ve biyotit minerallerinden ve andezit kayaç parçalarından oluşurlar. Hamur plajiyoklas, hornblend, biyotit, ikincil mineraller ve opak minerallerin mikrokristallerinden oluşur. Breşler mikroskopik incelemede plajiyoklas, hornblend, klorit, kalsit ve opak mineral parçalarından ve andezit/bazalt özellikteki köşeli kayaç parçalarından oluşurlar. Bağlayıcı malzeme kül bileşimindedir.

3.1.1.1.Hamurkesen Formasyonu'nun Yaşı

Hamurkesen Formasyonu'ndan alınan örneklerde yaş verebilecek fosile rastlanılmamıştır. Hamurkesen Formasyonu inceleme alanının en yaşlı birimi olup, tabanı inceleme alanında görülmemektedir. Malm-Erken Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu, Hamurkesen Formasyonu'nu uyumlu olarak üstlemektedir. Gerek inceleme alanındaki stratigrafik konumu ve gerekse bölgede yapılan önceki çalışmalarla (Tokel, 1972; Açar, 1977; Tanyolu, 1986; Özdoğan, 1992; Korkmaz, 1993) elde edilen verilerle Hamurkesen Formasyonu'nun Liyas yaşlı olabileceği sonucuna varılmıştır.

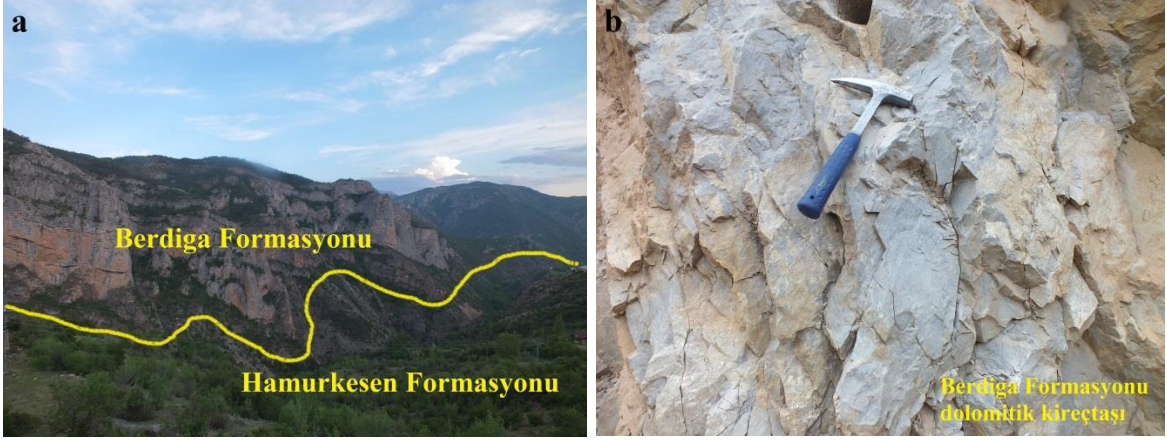
3.1.1.2. Hamurkesen Formasyonu'nun Deneştirmesi

Bu Formasyon, Gümüşhane yöresinde Eskibağlar Formasyonu (Tokel, 1972); Gülaçar Formasyonu (Özdoğan, 1992); Harşit yöresinde Pontid Alt Bazik Serisi (Gedikoğlu, 1978); Kale (Gümüşhane) yöresinde Zimonköy Formasyonu (Eren, 1983); Maçka yöresinde Güzelyayla Spiliti (Taslı, 1984); Trabzon-Maçka güneyi yöresinde Andezit-bazalt ve piroklastları (Gülibrahimoğlu, 1985); Harşit-Gümüşhane yöresinde Kırıklı Formasyonu (Türk-Japon Ekibi, 1985); Çaykara (Trabzon) yöresinde Çambaşı Formasyonu (Bulut, 1989); Dereli (Giresun) yöresinde Umuf Formasyonu (Boynukalın, 1991); Harşit yöresinde Pontid Alt Bazik Karmaşığı (Köprübaşı, 1992) ve Zigana yöresinde Pontid Alt Bazik Karmaşığı (Yalçınalp, 1992) adı altında incelenen birimlerle hem litolojik hem de stratigrafik olarak benzerdir.

3.1.2. Berdiga Formasyonu

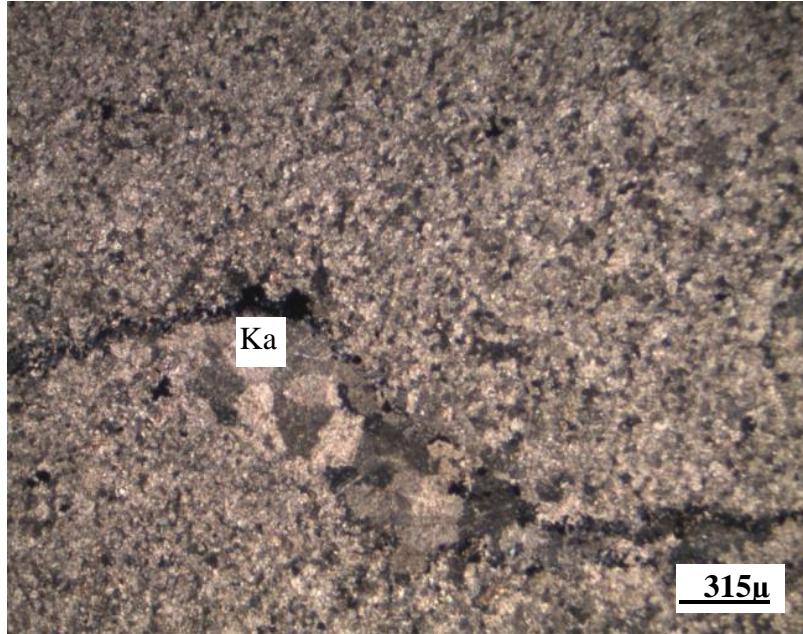
Alucra (Giresun) güneydoğusunda, Berdiga Dağları boyunca en iyi şekilde izlenen, killi kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı ve kumlu kireçtaşlarından oluşan birim, ilk olarak Pelin (1977) tarafından Berdiga Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Şekil 3.6). Tüm Doğu Pontid kuşağında, Jura-Erken Kretase yaşlı kayaçların tanımlanmasında pek çok araştırmacı tarafından benimsenen (Pelin, 1977; Eren, 1983; Hacılioğlu, 1983; Yılmaz, 1992; Yılmaz, 1995) bu isim, öncelik kuralına uyularak bu çalışmada da kullanılmıştır.

Çalışma alanının kuzeybatı bölümünde, Demircisuyu Mahallesi, Bahçecik Mahallesi, Çengelli, Özlüce Mahallesi, Tonbala Kayaları, Gavurozanı Tepe, Baladantaşı Tepe, Aydınlar Yaylası, Çiçeklitaş kuzeyi, Karataş, Mağrahanı Sırtı ve Pelit Kayaları civarında yüzeyleir. Tabanda masif katmanlı, gri renkli dolomitlerden oluşan bu birim, orta seviyelerde kalın katmanlı, dolomitleşmiş kireçtaşlarından, üst seviyelerde ise orta-ince katmanlı kireçtaşlarından oluşmaktadır. Genelde açık gri, kirli sarı ve kahverengi olup, bol miktarda erime boşlukları içerir. Tabaka doğrultuları genel olarak kuzeybatı-güneydoğu, eğim açıları 20-80 derece arasında değişmekte olup, eğim yönleri genelde güneybatıya doğrudur. Kalınlığı yaklaşık 650 m kadardır.



Şekil 3.6. a) Berdiga Formasyonu ile tabanda yer alan Hamurkesen Formasyonu dokanağı (Yer: Karaca Magarası yol ayrımı), b) Berdiga Formasyonuna ait dolomitik kireçtaşı (Yer: Çengelli Mahallesi)

Kristalize kireçtaşlarının mikroskopik incelemelerinde granoblastik dokuda oldukları, minerallerin büyük bir kısmının iri kalsit kristallerinden, az oranda da kuvars ve opak minerallerden oluştuğu saptanmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Berdiga Formasyonu içindeki kristalize kireçtaşlarına ait kalsit mineralleri (Ç.N. Ka: Kalsit)

3.1.2.1. Berdiga Formasyonu'nun Yaşı

Berdiga Formasyonu'ndan alınan örnekler, yaş verebilecek fosiller içermeyip genellikle dolomitik özellikler sunarlar. Berdiga Formasyonu Geç Kretase yaşlı kırmızı kireçtaşlarının altında yer alır. Ayrıca, Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonu'nu uyumlu olarak üstlerler. Tüm bu veriler ve inceleme alanına yakın bölgede yapılan önceki çalışmalarla (Tokel, 1972; Pelin, 1977; Ağar, 1977) korele edilerek, kireçtaşlarının yaşının Malm - Erken Kretase olabileceği sonucuna varılmıştır.

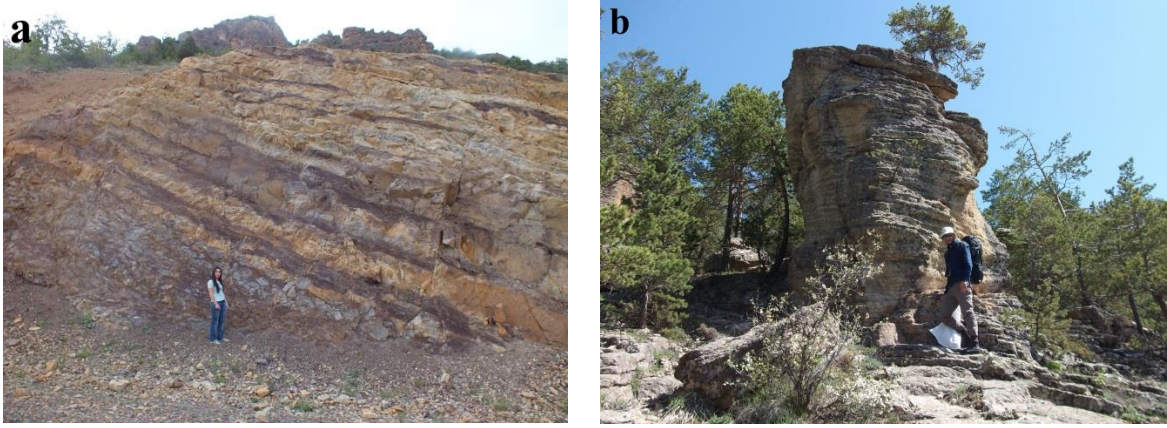
3.1.2.2. Berdiga Formasyonu'nun Deneştirmesi

Bu Formasyon, Gümüşhane yöresinde Malm-Erken Kretase yaşlı Harşit Formasyonu (Tokel, 1972), Demirözü ve Köse yöresinde Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Hozbirik yayla Kireçtaşı (Ağar, 1975); Reşadiye yöresinde Hankır Tepe Formasyonu (Seymen, 1975); Ünye-Ordu yöresinde Zinav Kireçtaşı (Terlemez ve Yılmaz, 1980); Maçka yöresinde Berdiga Kireçtaşı (Taslı, 1984); Trabzon-Maçka güneyi yöresinde Yarı Kristalize Kireçtaşı (Gülibrahimoğlu, 1985); Gümüşhane yöresinde Malm-Erken Kretase yaşlı Kuşakkaya Formasyonu (Türk-Japon Ekibi, 1985); Çaykara yöresinde Ataköy Formasyonu (Bulut, 1989); Artvin Yöresinde Kristalize Kireçtaşı (Van, 1990); Dereli (Giresun) yöresinde Sülü Formasyonu (Boynukalın, 1991) ve Güzelyayla (Maçka) yöresinde Kristalize Kireçtaşı (Yalçınalp, 1992) ile hem litoloji hem de stratigrafik olarak benzerdir.

3.1.3. Kermutdere Formasyonu

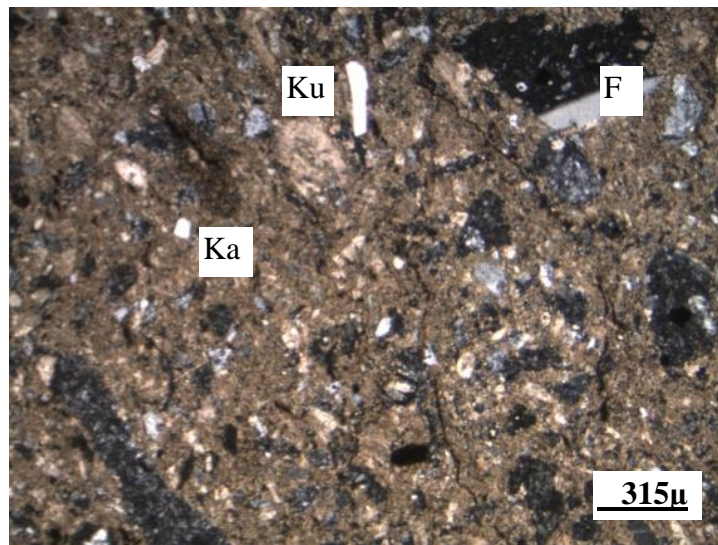
Alucra (Giresun) güneydoğu yöresinde Kampaniyen yaşlı kırmızı biyomikritlerle tedrici geçişli, genellikle kumtaşı, şeyl, volkanik tuf ve lav ardışıklanmasından oluşan birim, ilk olarak Pelin (1977) tarafından Kermutdere Formasyonu olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanındaki birimler Kermutdere Formasyonu ile benzer litolojik özelliklere ve stratigrafik konuma sahip olduğundan, bu çalışmada da aynı ad kullanılmıştır.

Kermutdere Formasyonu tabanda kumlu kireçtaşlarından, üste doğru kırmızı kireçtaşlarından ve en üstte de volkanik ara katmanlı tortul kayaç ardışımından oluşur (Şekil3.8).



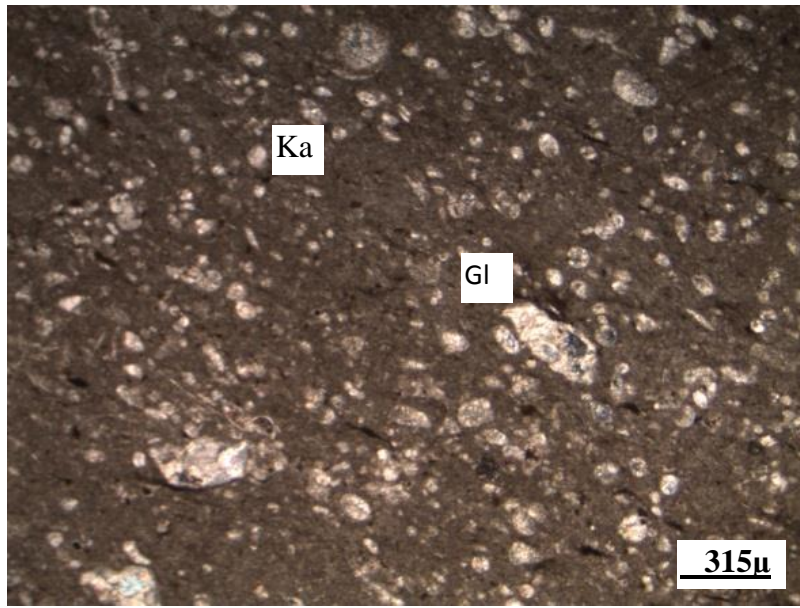
Şekil 3.8. Kermutdere Formasyonu'na ait tortul birimlerin görünümü (Yer: a) Şişe Mahallesi, b) Bozbentçatağı Tepesi)

Kumlu kireçtaşları, genellikle açık sarı, bej renkte ve belirgin tabakalanmalıdır. Kalınlığı yaklaşık 3-25 m arasında değişmektedir. Mikroskobik incelemelerde kumlu kireçtaşlarından oluşan birimde, karbonatlı bileşenler Globotruncana sp. ve Nannoconus sp. türlerinden oluşur ve kayada yaklaşık %5-20 oranında bulunur. Karbonatlı olmayan bileşenler köşeli taneler şeklindeki kuvars ve feldspat, genellikle ayrılmış ve kenar kısımları kloritlemiş biyotit, küçük taneler ve bazanda boyama şeklinde opak minerallerden oluşur. Volkanik kayaç parçaları genellikle yuvarlaklaşmış, az oranda da köşeli şekillidir ve kayada yaklaşık %5-25 oranında bulunur. Matriks ise mikritten oluşur ve kayada yaklaşık %25-80 oranında bulunur (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Kermutdere Formasyonu içindeki kumlu kireçtaşlarına ait kuvars ve feldspat mineralleri (Ç.N. Pl: Plajiyoklas, Ku: Kuvars, F: Feldspat, Ka: Kalsit)

Kırmızı kireçtaşları, şarap kırmızısı renkte ve kalınlığı 5-20 cm arasında değişen ince, düzgün tabakalı katmanlardan oluşur. Mikroskopik incelemelerde biyomikritik kireçtaşlarından oluşan birimde, karbonatlı bileşenler Globotruncana sp. türlerinden oluşur ve kayaçta yaklaşık % 60-70 oranında bulunur. Karbonatlı olmayan bileşenler köşeli taneler şeklindeki kuvars, küçük taneler halindeki opak minerallerden oluşur ve kayaçta yaklaşık % 5-10 oranında bulunur. Matriks mikritden oluşur ve kayaçta yaklaşık % 10-30 oranında bulunur (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Kermutdere Formasyonu içindeki kırmızı kireçtaşlarına ait Globotruncana fosilleri (Ç.N. Gl: Globotruncana, Ka: Kalsit)

Flişler, volkanik ara katmanlı kumlu kireçtaşı, kumtaşı, miltaşı, killi kireçtaşı ve kireçtaşı ardışımından oluşmaktadır. Volkanik ara katkılar tüffitlerden oluşmaktadır. Bu birimler Kermutdere Formasyonu'nun üst birimlerini oluştururlar (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Kermutdere Formasyonu'na ait flişlerden görünüm (Yer: Mescitli köyü ulaşım yolu üzeri)

3.1.3.1. Kermutdere Formasyonu'nun Yaşı

İnceleme alanında formasyonun değişik seviyelerinden alınan örneklerde *Globotruncana sp.* ve *Nannoconus sp.* karakteristik fosilleri tespit edilmiş ve formasyonun yaşı önceki çalışmalar da dikkate alınarak (Pelin, 1977) Geç Kretase olarak belirlenmiştir.

3.1.3.2. Kermutdere Formasyonu'nun Deneştirmesi

Bu Formasyon, Reşadiye dolaylarında, Üst Kampaniyen-Maestichitiyen yaşlı Kapaklı Formasyonu (Seymen, 1975) ve Mescitli yöresinde, Geç Kretase yaşlı Mescitli Formasyonu (Güven, 1993) ile hem litolojik hem de stratigrafik olarak benzerdir

3.1.4. Alibaba Formasyonu

Gümüşhane yöresinde, Kermutdere Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen volkano-tortul karakterli birim, ilk olarak Tokel (1972) tarafından Alibaba Formasyonu olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanındaki benzer litolojik özelliklere ve stratigrafik konuma sahip birimler için aynı ad kullanılmıştır.

İnceleme alanında en fazla yüzeylemeye sahip olup (yaklaşık 20 km²), başlıca Harmancık Mahallesi, Alancık, Mescitli, Soğuksu Mahallesi, Harmancık Tepe, Dikkaya Tepe, Kalaycıoğlu Mahallesi ve Arnavutluk Yaylası civarında yüzeylenir.

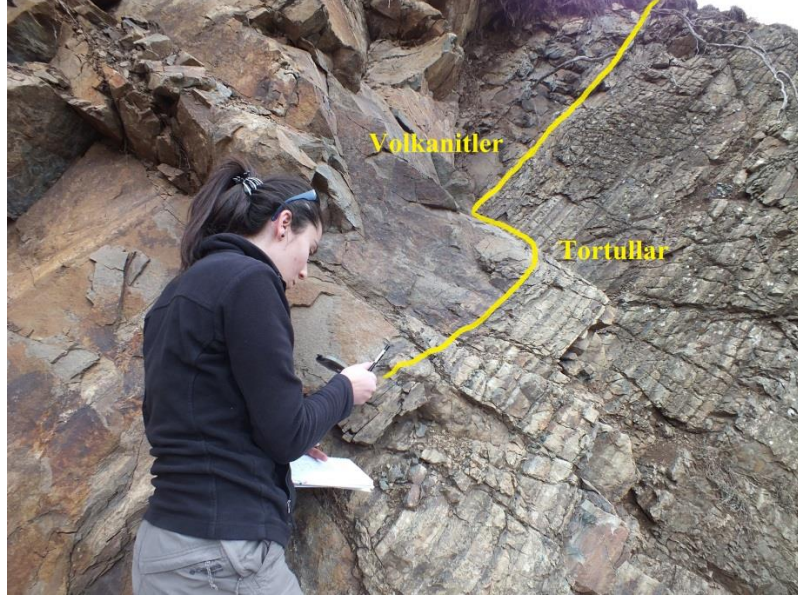
Eosen yaşı Alibaba Formasyonu tabanda volkanik breş, aglomera ve tüflerden oluşan birim ile başlamakta, bunu killi kireçtaşı ve kumtaşı ara seviyeli hornblend/ojit andezit, kuvarşlı andezit ve tüflerden oluşan birimler üstlemekte, en üstte ise riyolit, dasit ve piroklastlarından oluşan birimler yer almaktadır.

Aglomera ve breşler makroskobik olarak koyu gri, yeşil renkte olup, andezit çakılları bir matris ile bağlanmışlardır. Andezit çakıllarının boyutları 5-25 cm arasında değişmekte olup, aglomeralarda yuvarlak veya oval, breşlerde ise köşeli şekildedirler (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Alibaba Formasyonu'na ait a) Volkanik breş, b) Aglomeralar (Yer: Arnavutluk civarı)

Tortul kayaçlar, inceleme alanında en belirgin şekilde Karaburun Tepe civarında görülmekte olup, 140/25 duruşlu, orta tabakalı, killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve kumtaşı merceklerinden oluşur. Genellikle açık sarı, bej renkte ve belirgin tabakalanma gösterirler (Şekil 3.13).



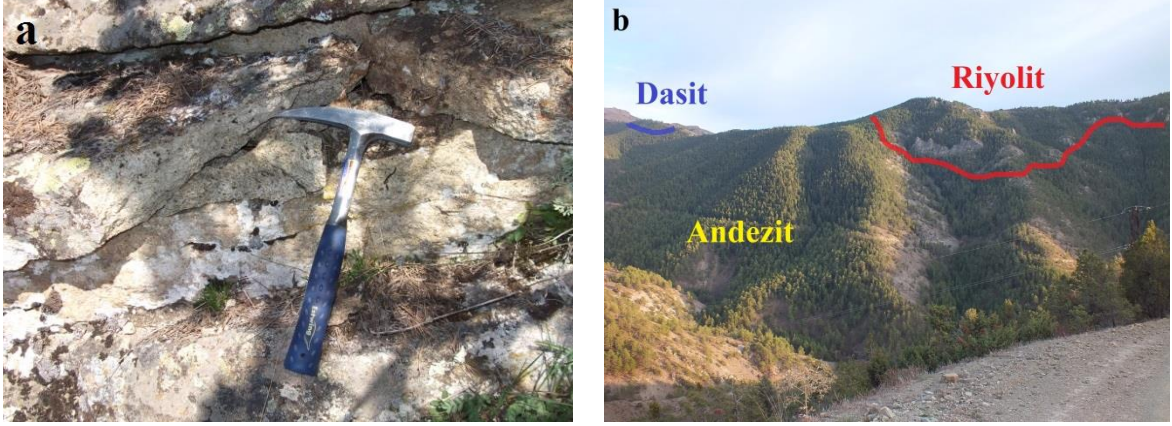
Şekil 3.13. Alibaba Formasyonu içindeki tortul birimler ile volkanitlerin dokanağı (Yer: Yamaç Yerleşkesinin güneydoğusu)

Andezitler gri, koyu gri ve yeşilimsi gri renkte olup (Şekil 3.14), yer yer kalsit ve kuvars damarları içerirler. Makroskobik olarak plajiyoklas, piroksen ve hornblend mineralleri tanınabilmektedir.



Şekil 3.14. Alibaba Formasyonu içindeki volkanik birimlere ait andezitlerin görünümü (Yer: Hırsız Dağı)

Dasit ve riyolitler inceleme alanında Bozbentdağı Tepe ve Kabak Tepe civarında küçük kütleler halinde görülürler. Renkleri açık gri, pembemsi gri ve gri olup, kuvars ve plajiyoklas mineralleri tanınabilmektedir (Şekil 3.15).

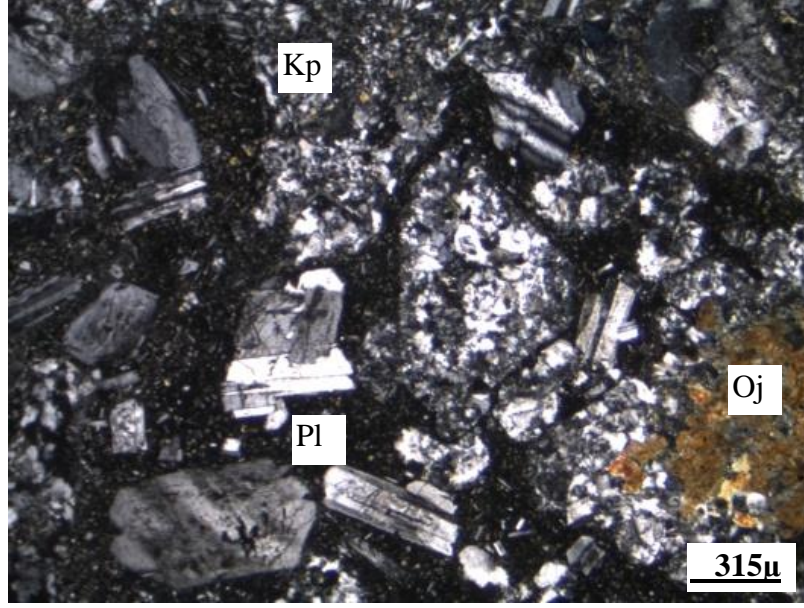


Şekil 3.15. Alibaba Formasyonu içindeki dasit ve riyolitlerin arazi görünümü (Yer: a) Bozbentdağı Tepe kuzeyi, b) Kabak Tepe)

Ayrıca, Alibaba Formasyonu'na ait andezit ve piroklastları bazalt bileşimli dayklar tarafından kesilmiştir. Bazalt daykları, inceleme alanında Hırsız Dağı civarında aglomeraları kesmiştir. Bazalt daykları koyu gri, siyah renkte olup, makroskobik olarak plajiyoklas mineralleri tanınabilmektedir. Kalınlıkları 1-3 metre, doğrultu boyunca uzunlukları 20-30 metre arasındadır.

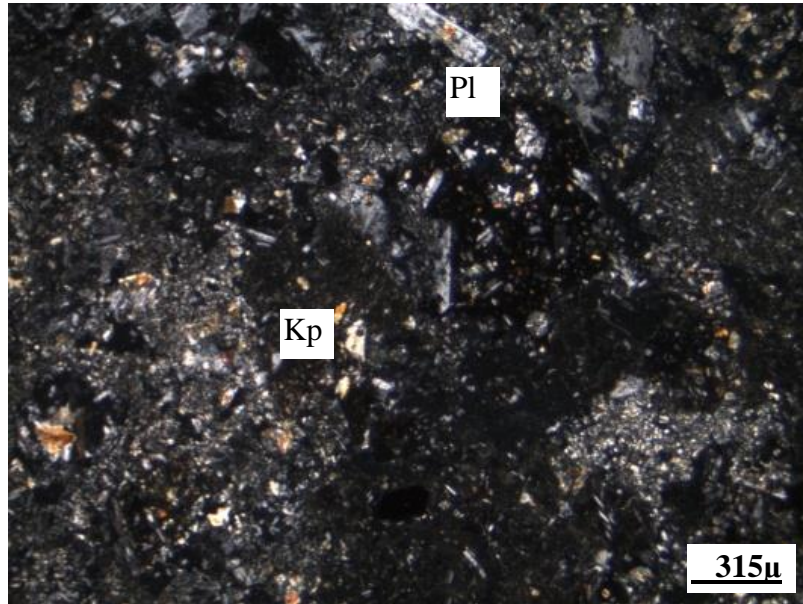
Alibaba Formasyonu'na ait birimlerden alınan örneklerin mikroskobik incelenmesinde aşağıdaki özellikler belirlenmiştir:

Aglomeraların mikroskobik incelemelerinde matriks içinde kırıklı ve zonlu yapı gösteren plajiyoklaslar, hem iri hem küçük taneler halinde opak mineraller ve genelde yuvarlaklaşmış andezitik kayaç çakılları içerir. İkincil mineraller serizit, klorit, kalsit ve epidotdan oluşurken, bağlayıcı malzeme kül bileşimindedir (Şekil 3.16).



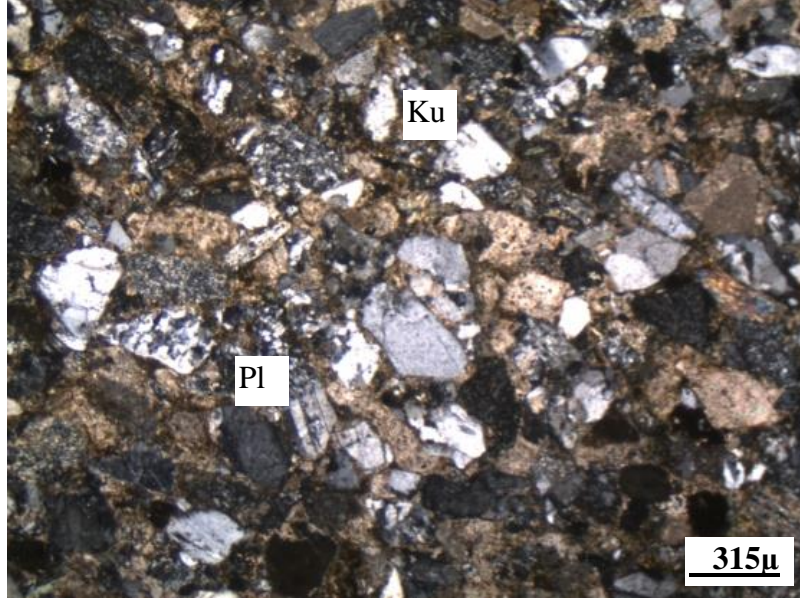
Şekil 3.16. Alibaba Formasyonu içindeki aglomeraların mikroskobik görünümü (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Oj: Ojit, Kp: Kayaç parçası)

Tüfler kristal ve litik-kristal tuf niteliğindedir. Kristal taneleri, köşeli, yer yer kırıklı plajiyoklas, genelde büyük kristaller halinde hornblend, küçük kristaller halinde tremolit-aktinolit ve kenarlardan itibaren kloritleşmiş biyotit ve küçük taneler halinde opak minerallerden oluşurken, litik parçalar köşeli olup andezit bileşimindedir. İkincil mineraller klorit, kalsit, zeolit ve serizit minerallerinden oluşur (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Alibaba Formasyonu içindeki litik kristal tufün mikroskobik görünümü (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Kp: Kayaç parçası)

Kumlu kireçtaşlarının bileşenleri köşeli taneler şeklindeki kuvars ve feldspat, genellikle ayrılmış ve kloritlemiş biyotit, küçük taneler şeklinde opak mineral ve küçük boyutlu köşeli andezit bileşimli kayaç parçalarından oluşurlar. Bileşenler incelenen kayaçlarda yaklaşık % 5-20 oranında, mikritden oluşan matriks ise yaklaşık % 20-80 oranında bulunur (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Alibaba Formasyonu içindeki kumlu kireçtaşlarının mikroskobik görünümü (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Ku: Kuvars)

Andezitlerin mikroskobik incelemesinde porfirik, kısmende mikrolitik porfiri ve trakitik doku gözlenmektedir.

Pilajiyoklas: İri, öz ve yarı öz şekilli levhamsı kristaller, hamurda da küçük kristaller halinde bulunur. İri kristaller genellikle zonlu yapı gösterir. Yapılan cins tayininde (010'a dik kesit) An içeriğinin 32-38 arasında değiştiği ve andezin olduğu belirlenmiştir. Bazı minerallerde albit ikizi, bazılarında da polisentetik ikiz görülür. En yaygın ayrışma ürünleri kalsit, klorit ve kil minerallerinden oluşur.

Hornblend: Bazı kesitlerde gözlenmiş olup, iri öz ve yarı öz şekilli prizmatik kristaller, hamurda da küçük kristaller halinde görülür. Bazı mineraller plajiyoklas ve opak mineral inklüzyonları içermektedir. Pleokroizma renkleri; z: kahverengimsi yeşil, y: yeşil, x: açık sarı yeşildir. C eksenine dik kesitlerde birbirine yaklaşık 57 derecelik açılar yapan

dilinimler belirgin olarak görülmektedir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde yaklaşık 24-25 derece arasında sönme açıları göstermektedir. Genelde kalsite ayrıışmış ve kenar kısımlarda opak mineraller gelişmiştir.

Ojit: Genelde iri prizmatik kristaller, hamurda ise küçük taneler halinde görülür. Bazı kesitlerde görülür. (010) yüzeyine paralel kesitlerde sönme açıları yaklaşık 40-43 derece arasında değişir. Genellikle (100) ikizi belirgindir. C eksenine dik kesitlerde, birbirleri ile 90 derecelik açılar yapan birbirine dik dilinimler belirgindir. Bazı minerallerde de tek yönde dilinimler belirgindir.

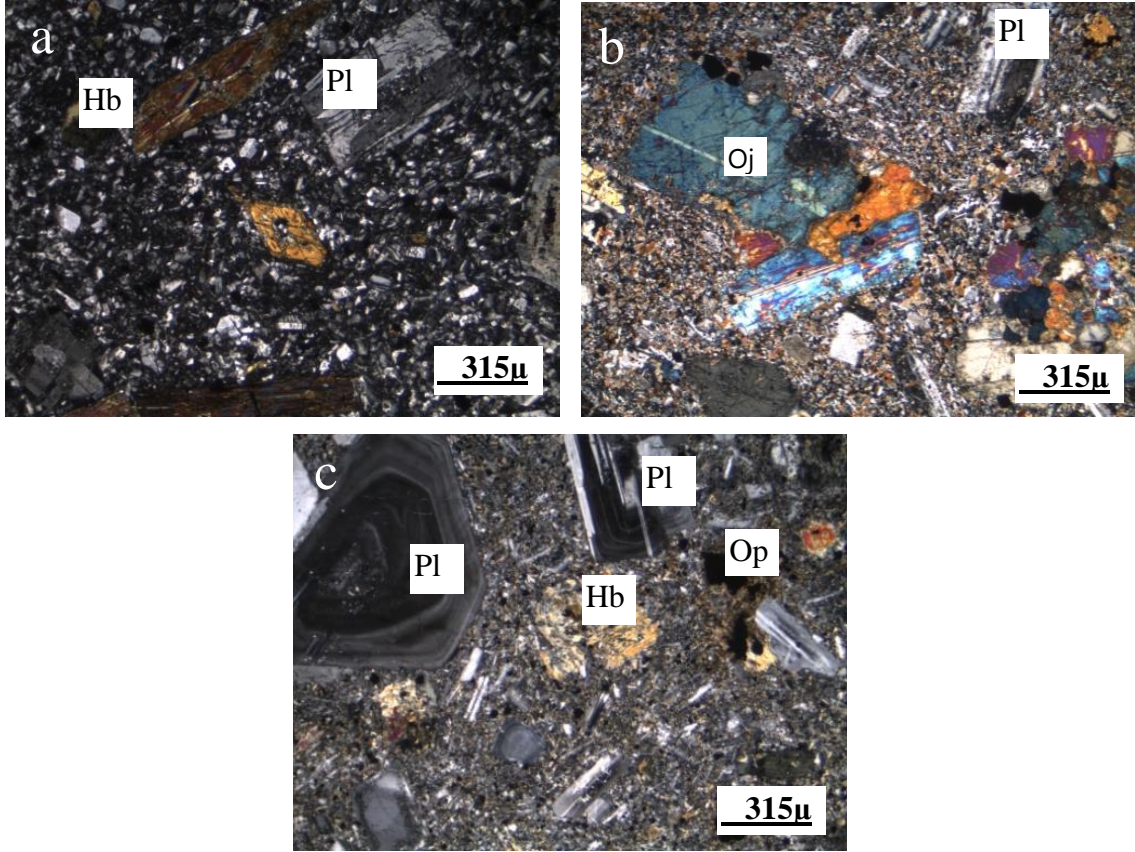
Biyotit: Genellikle küçük prizmatik kristaller halindedir ve bazı kesitlerde görülür. (001) yüzeyine paralel dilinimler belirgin olup, bu dilinimlere göre dik sönmelidir. X istikametindeki pleokroizma kırmızımsı kahverengi, y ve z istikametindeki pleokroizma sarımsı kahverengidir.

Opak mineral: Az miktarda küçük taneler halinde ve dağınık olarak bulunur.

İkincil mineraller: Kalsit, klorit, serizit ve epidot minerallerinden oluşur.

Hamur: Plajiyoklas, ojit, hornblend ve biyotit minerallerinin mikro ve kriptokristallerinden ve opak mineral tanelerinden oluşur.

Kayaç adı: Andezit (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Alibaba Formasyonu içindeki andezitlerde gözlenen a) Mikrolitik porfirik doku, b) İri hornblend, ojit ve c) Zonlu plajiyoklas kristalleri (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Oj: Ojit, Hb: Hornblend, Op: Opak mineral)

Dasit/riyolitlerin mikroskopik incelenmesinde mikrogrönü porfirik dokuda oldukları gözlenmiştir.

Andezin : İri, öz şekilli levhamsı kristaller, hamurda da mikrolitler halinde bulunur. Kesitlerde en bol bulunan mineraldir. İri plajiyoklas kristalleri küçük hornblend ve opak mineral inklüzyonları içerir. Plajiyoklaslar bolluk sırasına göre albit ve albit-karlsbad ikizleri gösterirler. 010'a dik kesitlerde yapılan cins tayininde cinsinin % 36-42 An içerikli andezin olduğu saptanmıştır. Bazı örneklerde zonlanma görülmektedir. En yaygın ayrışma türü serizitleşme, kalsitleşme ve killeşme şeklindedir.

Alkali Feldispat: İri, öz veya yarı öz şekilli kristaller halinde olup hamurda küçük kristaller halinde bulunur. Bazı minerallerde karlsbad ikizlenmesi gözlenir.

Kuvars: Genelde iri ve özsekilli kristaller halindedir. İri kristallerin bazılarının kenarları hamur tarafından yenmiştir. İri kristaller genelde dalgalı sönme gösterirler ve kırıklı yapıdadırlar.

Biyotit: Öz ve yarı özşekilli çubuğumsu prizmatik kristaller ve lameller halindedir. İncelenen kayalarda en bol bulunan koyu renkli mineraldir. Ayrışmamış minerallerde pleokroizma, x: sarımsı kahverengi, yeşil, z ve y: kahverengimsi kırmızı, yeşildir. Bazı kesitlerde kenarlardan itibaren kısmen ayrışarak klorite dönüşmüş olarak gözlenmektedir. Ayrışma sonucu açığa çıkan demir, dilinimler boyunca opak oksit yığılımlarına neden olmuştur. (001) yüzeyine paralel kesitlerde dilinimler belirgindir ve bu dilinime göre paralel sönmelidir.

Hornblend: Öz ve yarı özşekilli levhamsı prizmatik kristaller halinde, az oranda da küçük lifli kristaller halindedir. Biyotitten sonra en bol bulunan mafik mineraldir ve bazı kesitlerde görülür. Hem çok iri kristaller (3-4 mm), hemde hamurda küçük kristaller halindedir. Pleokroizma renkleri, z: açık yeşil, y: sarımsı yeşil, x: yeşilimsi sarıdır. (100) ikizi belirgindir. Bazı örneklerde uzantıya dik kesitlerde çok iyi gelişmiş, birbirleriyle yaklaşık 56 derecelik açılar yapan dilinimler, bazı örneklerde de tek yönde dilinimler belirgindir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 14-16 derece arasındadır. Bazı kesitlerde ayrışarak klorit ve kalsite dönüşmüş olarak görülür.

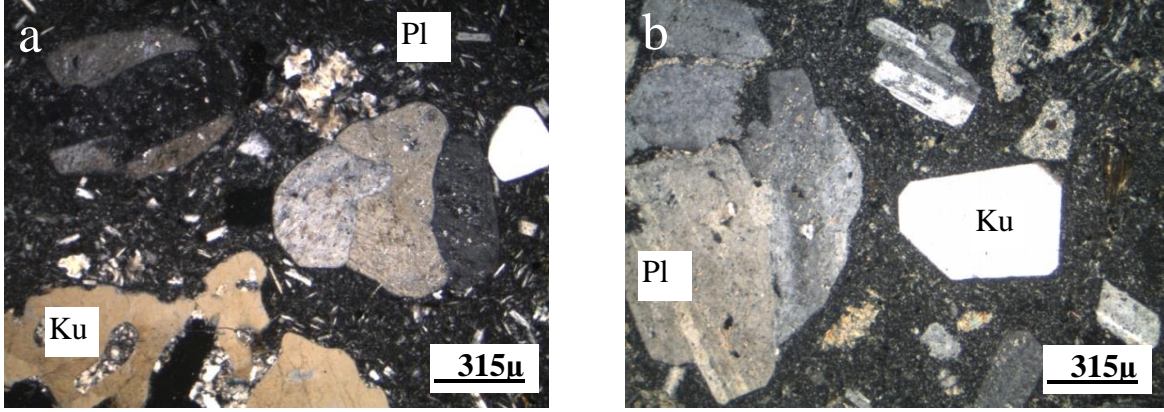
Opak mineral: Öz ve yarı özşekilli hem iri hem küçük kristaller halinde bulunur.

Hamur: Plajiyoklas, kuvars, biyotit, hornblend ve opak minerallerin mikro ve kriptokristallerinden oluşur.

Tali mineraller: Zirkon ve apatit minerallerinden oluşurlar.

Ayrışma mineralleri: Klorit, serizit ve kalsit minerallerinden oluşurlar.

Kayaç adı: Dasit/Riyolit (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Alibaba Formasyonu içindeki Dasit ve riyolitlerde gözlenen mikrogrönü porfirik doku ve hamur tarafından yenmiş iri kuvars minerali (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Ku: Kuvars, Op: Opak mineral)

3.1.4.1. Alibaba Formasyonu'nun Yaşı

İnceleme alanında Alibaba Formasyonu'nda yaş verebilecek fosile rastlanmamıştır. Gümüşhane yöresinde birimin tabanında bulunan kireçtaşlarındaki *Nummulites* sp. *Discocyclina* sp. fosillerinden dolayı Tokel (1972) tarafından formasyona Eosen yaşı verilmiştir. Erguvanlı (1950), Bağçeçik Köyü (Torul) civarında, kırmızı-mor renkli andezitik tüf ve aglomeraların arasındaki fliş seviyesinde, *Nummulites irregularis*, *Nummulites subirregularis*, *Nummulites millacput*, *Assilina* sp., *Discocyclina* sp., *Ostrea* sp., *Lamellibranchia* fosillerine göre, birime Lütesyen yaşını vermiştir. İnceleme alanı dışında, Kale civarında, birimin taban kesimindeki kumlu kireçtaşlarında saptanan *Nummulites* türleriyle birime Eosen yaşı verilmiştir (Eren, 1983).

Aslan (2010), Kaygusuz ve diğ. (2011) ve Arslan ve diğ. (2013) yaptıkları jeokronolojik çalışmalarda birime Eosen (33-45 my) yaşını vermiş olup bu çalışmada da Eosen yaşı benimsenmiştir.

3.1.4.2. Alibaba Formasyonunun Deneştirilmesi

Bu Formasyon, Gümüşhane yöresinde Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu (Tokel, 1972), Venk Yayla Formasyonu (Türk-Japon Ekibi, 1985); Harşit yöresinde Üst bazik volkanik seri (Gedikoğlu, 1978) ve Trabzon-Maçka güneyinde andezit-bazalt ve piroklastlarından oluşan B3 Üyesi (Gülibrahimoğlu, 1985) ile hem litoloji hem de stratigrafik olarak benzerdir.

3.1.5. Alüvyon

Harşit Çayı ve Korum Deresi boyunca, daha az oranda da yan dereler boyunca görülür. Özellikle Korum Deresi ile Harşit Çayının birleştiği yerde geniş yayılım göstermektedir. Yöre sakinleri tarafından hem yerleşim alanı olarak, hem de meyve ve sebze bahçesi alanları olarak kullanılmaktadır. Eleman boyutları blok boyutundan kil boyutuna kadar değişmekte olup, yuvarlaklaşmış haldedirler. Elemanlar arazideki tüm birimleri kapsamaktadır.

4. EOSEN YAŞLI VOLKANİK KAYAÇLARIN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

4.1. Giriş

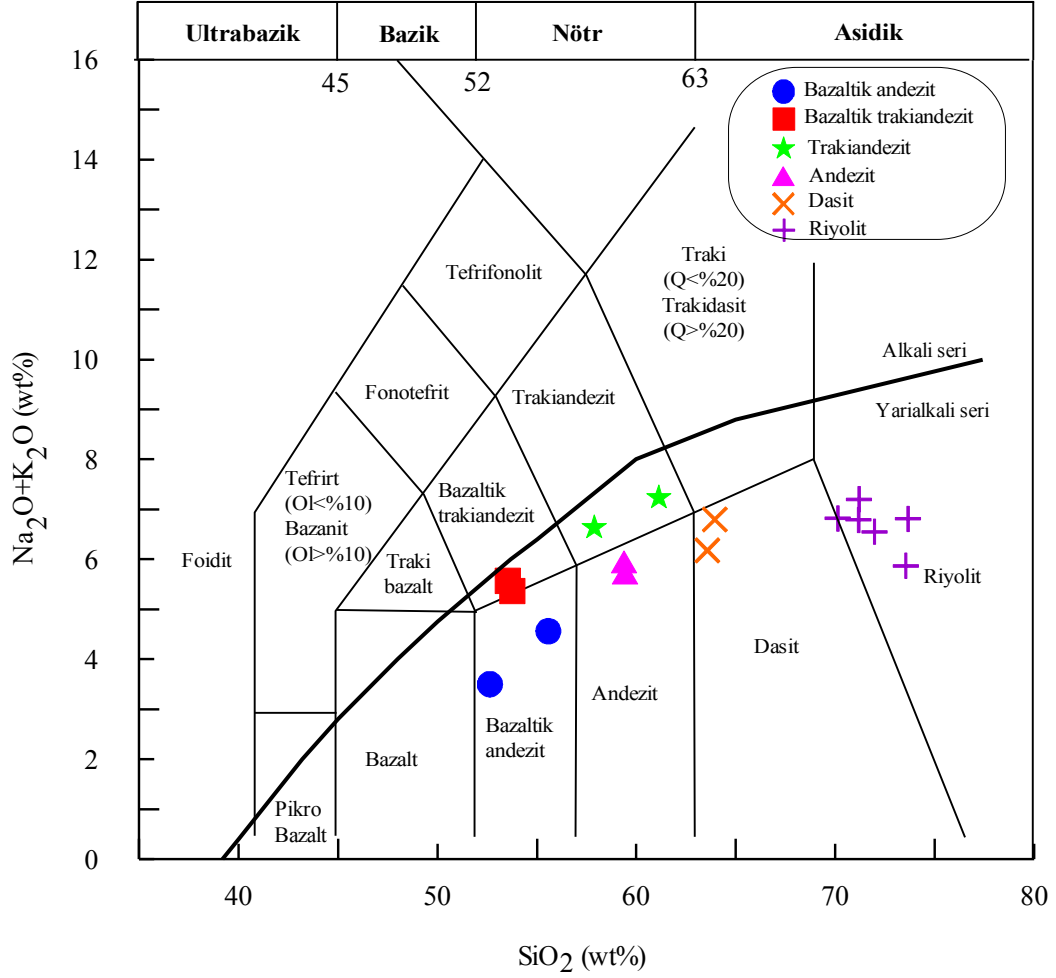
Mescitli (Gümüşhane) ve çevresinde geniş yayılım gösteren Eosen volkaniklerinin ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılarak jeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ile volkanik kayaçların jeokimyasal özellikleri, bu kayaçları oluşturan magmanın kökeni ve gelişiminde etkili olan süreçler ortaya konmuştur.

4.2. Volkanik Kayaçların Kimyasal Sınıflandırılması

Volkanik kayaçların kimyasal adlandırılması için birçok araştırmacı tarafından değişik sınıflama diyagramları önerilmiştir. Bunlardan yararlanılarak Mescitli ve çevresinde yüzeyleme veren Eosen yaşlı volkanitlerin kimyasal sınıflandırılması ve adlandırılması yapılmıştır.

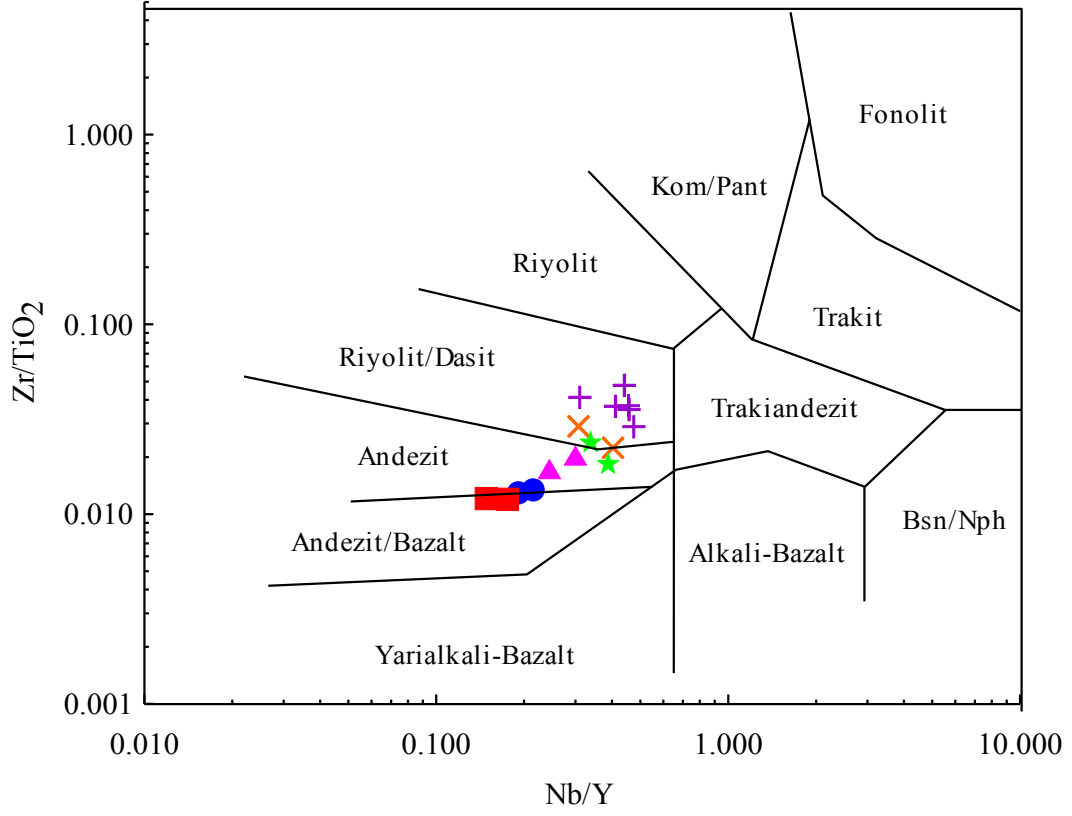
Le Maitre ve diğ., (1989) kimyasal sınıflamasına göre jeokimyasal analizler Na_2O+K_2O (toplam alkali)'ye karşı SiO_2 diyagramına düşürüldüğünde, inceleme alanına ait volkanik kayaçlar subalkalen karakterli bazaltik andezit, bazaltik traki-andezit, andezit, traki-andezit, dasit ve riyolit bileşimli kayaçlardan oluştuğu görülür (Şekil 4.1).

TAS diyagramında kullanılan Na_2O ve K_2O gibi elementler alterasyondan dolayı kayaç içinde zenginleşme veya fakirleşme gösterebilmektedir. Bu nedenle volkanik kayaçların sınıflandırmasında ayrışma esnasında hareketsiz veya daha az hareketli olarak kabul edilen Ti, Zr ve Y gibi (Barrett ve MacLean, 1991) elementlerin kullanıldığı diyagramlar tercih edilmiştir (Şekil 4.1 ve 4.2).



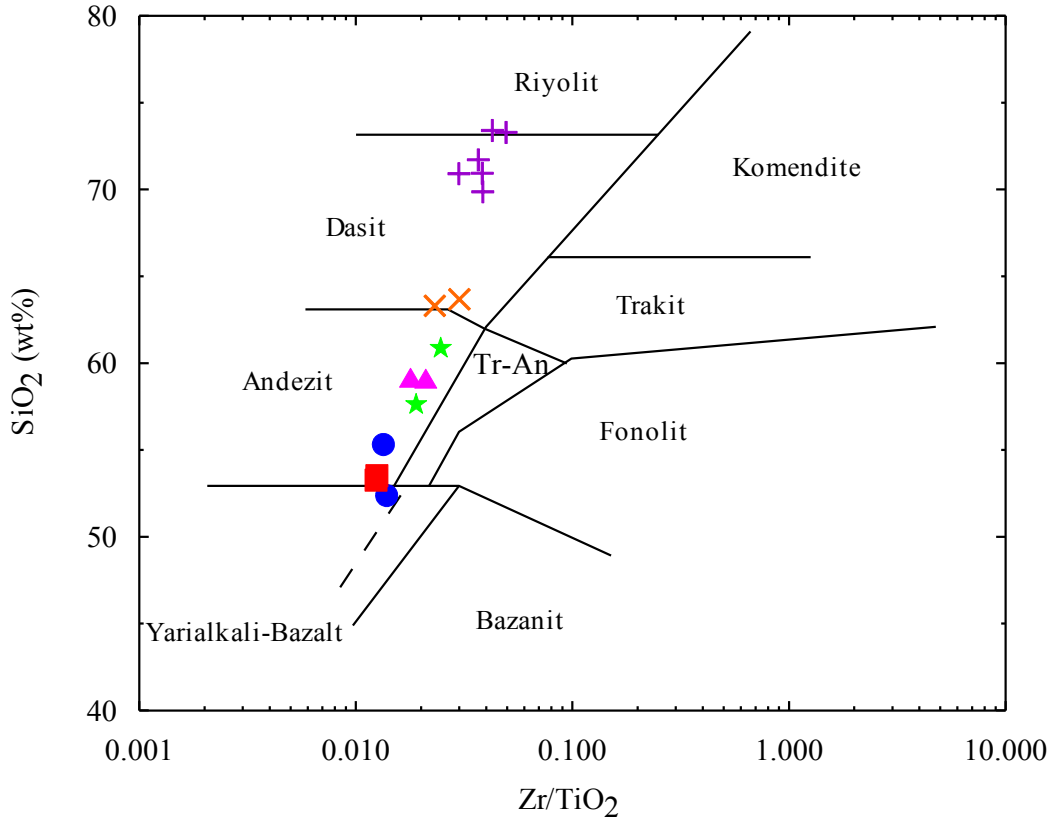
Şekil 4.1. İnceleme alanı'na ait örneklerin SiO₂'e karşı toplam alkali (Na₂O+K₂O) diyagramı Le Maitre ve diğ., (1989)'den alınmıştır

Winchester ve Floyd (1976)'un Nb/Y'ye karşı Zr/TiO₂*0.0001 kimyasal adlandırma diyagramına düşürüldüğünde, inceleme alanına ait volkanik kayaların andezit/bazalt, andezit ve riyolit/dasit bileşimli kayalardan oluştuğu görülür (Şekil 4.2).



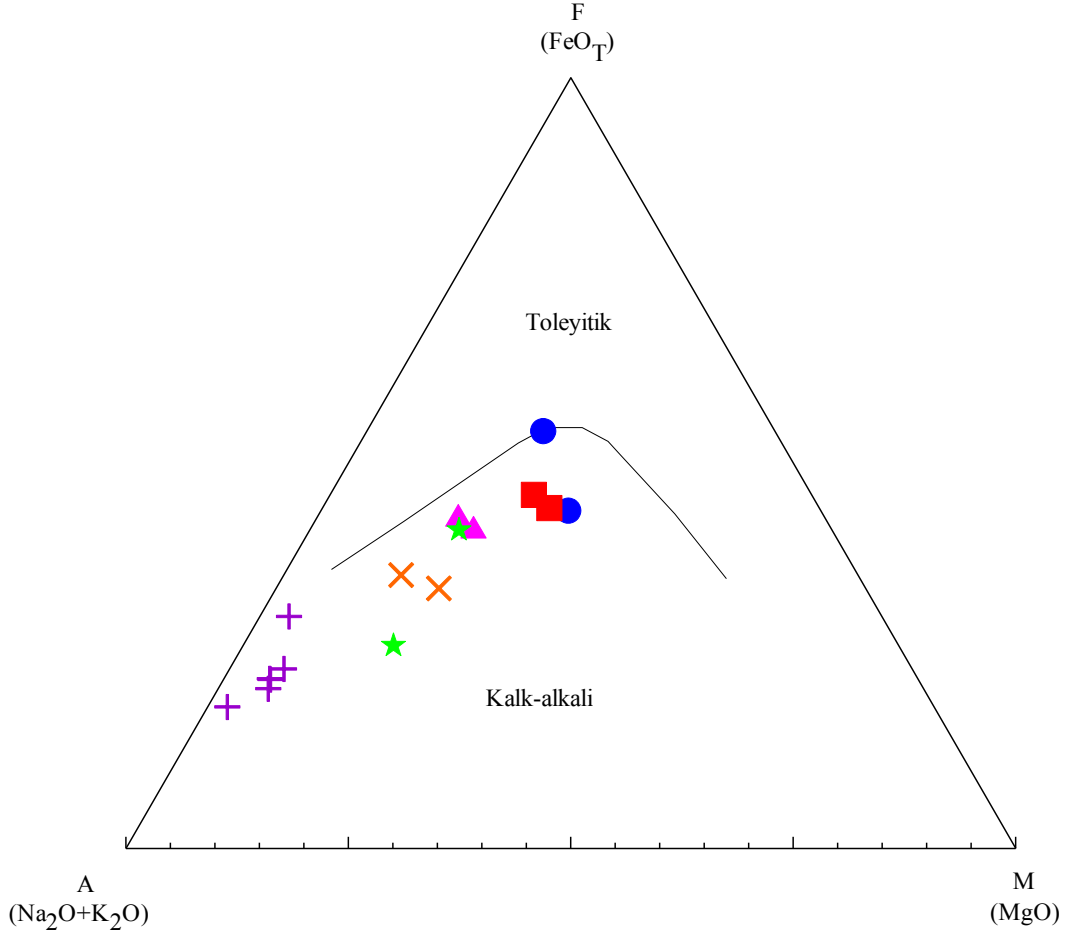
Şekil 4.2. İnceleme alanı'na ait örneklerin sınıflaması Nb/Y'e karşı Zr/TiO₂ sınıflama diyagramı Irvine ve Baragar, (1971)'dan alınmıştır (Semboller Şekil 4.1'deki gibidir)

Irvine ve Baragar, (1971) kimyasal sınıflamasına göre, jeokimyasal analizler SiO₂-Zr/TiO₂ diyagramına aktarıldığında, inceleme alanına ait volkanik kayaların genelde andezit ve dasit, az oranda da bazalt ve riyolit bileşimli kayalardan oluştuğu görülür (Şekil 4.3).



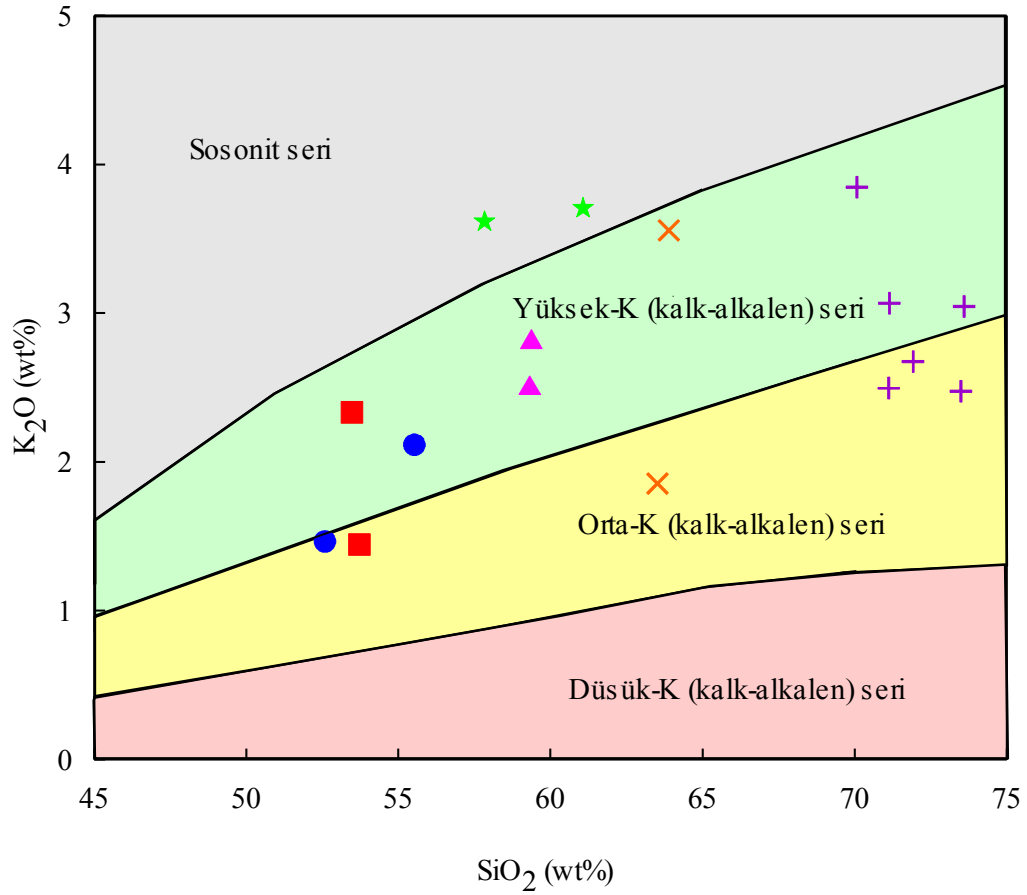
Şekil 4.3. İnceleme alanı'na ait örneklerin SiO₂-Zr/TiO₂ diyagramı Irvine ve Baragar, (1971)'dan alınmıştır (Semboller Şekil 4.1'deki gibidir)

AFM üçgen diyagramında, Irvine ve Baragar (1971)'a ait yöntemsemeye göre Fe₂O₃-MgO-(Na₂O+K₂O) değerleri dikkate alındığında, sınıra düşen B11 nolu 1 örnek (bazaltik andezit) hariç, örneklerin tümü kalk-alkalen karakterlidir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin AFM diyagramı. Toleyitik-kalk alkali ayrımı eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'dan alınmıştır (Semboller Şekil 4.1'deki gibidir)

İnceleme alanını oluşturan kalk-alkalen karakterli kayaçlar K_2O-SiO_2 diyagramına (Le Maitre, 1989 ve Rickwood, 1989) aktarıldığında, traki andezite ait örnekler çok yüksek potasyum, andezit, bazaltik andezit ve bazaltik traki-andezitlere ait örnekler yüksek potasyum; granit ve riyolite ait örnekler ise orta-yüksek potasyum içeriğine sahip oldukları görülür (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. İnceleme alanı'na ait kayaç örneklerinin SiO₂'e karşı K₂O diyagramı Le Maitre ve diğ., (1989)'den alınmıştır (Semboller Şekil 4.1'deki gibidir)

4.3. Ana ve İz Elementler

İnceleme alanını oluşturan kayalara ait 16 adet örneğin ana ve iz element analizleri Tablo 4.1'de, nadir toprak element analizleri de Tablo 4.2'de verilmiştir.

Ana elementlerin kimyası göz önüne alınırsa inceleme alanını oluşturan volkanik kayaların şu genel özellikleri ortaya konulabilir:

Tablo 4.1. İnceleme alanı'na ait kayaların ana (%) ve iz (ppm) element analizleri

Kayaç Adı	Bazaltik Andezit		Bazaltik Traki-Andezit		Andezit		Traki Andezit	
	B11	B46	B58	B41	O12	B33	M19	M4
Örnek No								
SiO ₂	52.46	55.4	53.35	53.6	59.19	59.25	57.71	60.95
TiO ₂	0.56	0.58	0.63	0.63	0.57	0.61	0.57	0.42
Al ₂ O ₃	16.16	16.17	16.06	17.7	15.87	15.21	14.54	18.25
Fe ₂ O ₃ ^T	7.43	7.16	8.22	7.99	6.35	6.04	6.62	3.4
MnO	0.12	0.13	0.14	0.16	0.1	0.11	0.09	0.11
MgO	2.69	4.5	4.7	3.95	2.28	2.61	2.65	2.15
CaO	9.83	6.13	6.11	6.82	5.28	6.16	6.71	3.58
Na ₂ O	2.08	2.49	3.28	3.96	3.48	2.95	3.06	3.57
K ₂ O	1.49	2.14	2.36	1.47	2.54	2.85	3.64	3.73
P ₂ O ₅	0.09	0.16	0.24	0.18	0.23	0.2	0.12	0.1
LOI	6.9	4.9	4.1	3.3	3.4	3.7	3.7	2.9
Toplam	99.81	99.76	99.19	99.76	99.29	99.69	99.41	99.16
Ga	14.5	16.2	15	17.6	16.1	13.4	11.9	8.5
Ni	13.5	8.2	8.6	6.8	3.5	8.1	8.3	3.8
V	182	212	226	206	213	171	157	76
Cu	68.8	14	87.9	86.2	23.2	208.1	16.2	12.4
Pb	12.5	3.7	5.5	8.1	12.7	7.1	5.7	15.6
Zn	53	52	37	58	40	34	53	79
W	1.5	0.7	1.1	0.5	0.9	0.9	2.9	1.4
Rb	32.7	40.8	71.2	32.5	33.8	62.5	87	72.8
Ba	680	620	742	481	608	722	936	1064
Sr	341.8	534.7	529.4	709.5	414.4	613.6	214.7	213.4
Ta	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.7	0.4
Nb	3.5	2.7	2.7	2.9	4.8	4.1	7.7	4.9
Hf	2.3	2.1	2.2	2.2	3.3	2.8	3.5	2.4
Zr	76.5	76.5	76.8	77.5	118	107.3	106.4	101.9
Y	16.5	14.3	15.6	19.8	16.2	17	20.1	14.7
Th	6.7	4.9	6	2.2	8.6	6.7	13.3	10.2
U	2.2	1.3	1.8	0.6	2.8	1.8	3.6	2.3
Mg#	26.58	38.59	36.38	33.08	26.42	30.17	28.59	38.74
K ₂ O/Na ₂ O	0.72	0.86	0.72	0.37	0.73	0.97	1.19	1.04
Sr/Y	20.72	37.39	33.94	35.83	25.58	36.09	10.68	14.52

LOI (loss on ignition=ateşte kayıp) :Toplam uçucu içeriği. Mg# = 100xMgO/(MgO+Fe₂O₃). A/CNK= Mol Al₂O₃/(CaO+NaO+K₂O). Fe₂O₃: Toplam demir.

Tablo 4.1'in devamı

Kayaç Adı	Dasit		Riyolit					
	B24	B4	M27	M17	M1	B8	M26	M13
SiO ₂	63.39	63.76	69.95	70.99	71.02	71.8	73.37	73.48
TiO ₂	0.4	0.39	0.3	0.64	0.48	0.54	0.24	0.4
Al ₂ O ₃	16	14.79	15.06	14.77	14.26	15.06	12.57	13.03
Fe ₂ O ₃ ^T	4.41	4.76	1.95	3.11	2.2	1.54	1.97	2.09
MnO	0.08	0.07	0.14	0.06	0.04	0.02	0.05	0.07
MgO	2.36	1.74	0.51	0.32	0.51	0.17	0.5	0.47
CaO	4.08	3.64	2.37	1.12	1.76	2.53	0.99	1.6
Na ₂ O	4.37	3.29	3.02	4.34	4.18	3.92	3.44	3.81
K ₂ O	1.88	3.58	3.87	2.52	3.09	2.7	2.5	3.07
P ₂ O ₅	0.14	0.09	0.08	0.12	0.08	0.1	0.06	0.07
LOI	2.6	3.5	2.5	1.9	2.2	1.1	3.6	1.8
Toplam	99.71	99.61	99.75	99.89	99.82	99.48	99.29	99.89
Ga	15.9	14.3	12.9	10.7	12	12.1	8.9	9.6
Ni	13.6	3	1.4	2.1	1.2	1	1.1	0.8
V	106	85	34	20	15	9	18	12
Cu	44.1	23.2	7.1	2.9	1.7	2.1	2.8	1.4
Pb	14.3	17.6	27.4	16.3	21.5	14	26.1	18.7
Zn	64	48	51	90	44	7	29	30
W	0.5	1.5	4.2	1.5	1.7	3	3.7	1.9
Rb	35.5	77.4	86.1	53.9	83.7	53	84.1	78.5
Ba	799	980	1250	525	665	2023	335	560
Sr	629.6	185.4	225.9	155.4	234	237.6	95.3	141.2
Ta	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.4	0.6	0.8
Nb	4.3	4.7	7.2	8.5	10.6	9.4	7.8	9.1
Hf	2.1	3.7	2.8	4.9	5.1	5.2	3.1	4.9
Zr	91.1	115.2	113.9	188.2	181	195.6	116.7	168.1
Y	10.8	15.5	16	18.1	26.1	20.8	17.9	29.7
Th	5.1	11	11.7	7.3	10.4	7.5	15.3	11.5
U	1.2	2.3	3.3	2.3	3.4	2.5	4.4	3.1
Mg#	34.86	26.77	20.73	9.33	18.82	9.94	20.24	18.36
K ₂ O/Na ₂ O	0.43	1.09	1.28	0.58	0.74	0.69	0.73	0.81
Sr/Y	58.3	11.96	14.12	8.59	8.97	11.42	5.32	4.75

LOI (loss on ignition=ateşte kayıp) :Toplam uçucu içeriği. Mg# = 100xMgO/(MgO+Fe₂O₃).
A/CNK= Mol Al₂O₃/(CaO+NaO+K₂O). Fe₂O₃: Toplam demir.

Tablo 4.2. İnceleme alanı'na ait kayaçların nadir toprak element (ppm) analizleri

Kayaç Adı	Bazaltik Andezit		Bazaltik Traki-Andezit		Andezit		Traki Andezit	
	B11	B46	B58	B41	B12	B33	M19	M4
La	17.7	16.5	19.9	14.6	27	21	27.5	25.8
Ce	30.3	27.6	35.9	28.6	49.7	39.9	51.6	42.5
Pr	3.43	3.23	4.06	3.49	5.5	4.52	5.62	4.58
Nd	14.1	12.7	15.3	15.9	21.3	19.1	20.7	15.9
Sm	3.05	2.68	3.4	3.03	4.19	3.83	4.31	2.94
Eu	0.87	0.82	1.02	1.05	1.1	0.97	1.09	0.65
Gd	3.12	2.63	3.38	3.26	3.99	3.39	4	2.71
Tb	0.47	0.37	0.45	0.5	0.6	0.47	0.62	0.45
Dy	3.2	2.49	3	3.48	3.3	2.93	3.69	2.52
Ho	0.62	0.49	0.54	0.73	0.65	0.6	0.78	0.6
Er	1.82	1.29	1.43	2.02	1.86	1.79	2.27	1.63
Tm	0.26	0.19	0.21	0.29	0.27	0.24	0.33	0.32
Yb	1.8	1.28	1.55	1.92	1.75	1.73	2.23	2.31
Lu	0.28	0.21	0.24	0.28	0.27	0.26	0.35	0.34
(La/Lu) _N	6.55	8.14	8.59	5.4	10.35	8.36	8.14	7.86
(La/Sm) _N	3.65	3.88	3.68	3.03	4.06	3.45	4.02	5.52
(Gd/Lu) _N	1.38	1.56	1.75	1.45	1.84	1.62	1.42	0.99
(La/Yb) _N	6.64	8.71	8.68	5.14	10.43	8.2	8.33	7.55
(Tb/Yb) _N	1.12	1.24	1.24	1.11	1.47	1.16	1.19	0.83
Eu=Eu/Eu*	0.85	0.93	0.91	1.02	0.81	0.81	0.79	0.69

$$Eu^*=(Sm+Gd)_N/2$$

Tablo 4.2'in devamı

Kayaç Adı	Dasit		Riyolit					
	Örnek No	B24	B4	M27	M17	M1	B8	M26
La	20	23.7	28.2	21.5	28.7	25.7	30.5	30.1
Ce	35.5	40.4	49.5	44.1	54	44.1	51	53.1
Pr	4.02	3.98	4.93	4.68	6.04	4.99	5.12	6.17
Nd	15.2	15.3	19.2	17.9	23.7	18.4	17.9	22.5
Sm	2.8	2.47	3.12	3.89	4.73	3.75	2.98	4.9
Eu	0.85	0.79	0.99	1.19	1.14	1.51	0.65	1.16
Gd	2.24	2.68	3	3.9	4.48	4.13	2.28	4.88
Tb	0.32	0.4	0.46	0.59	0.74	0.61	0.43	0.81
Dy	1.78	3	2.7	3.18	4.43	3.69	2.47	4.84
Ho	0.32	0.51	0.61	0.77	1.01	0.78	0.61	1.04
Er	0.97	1.74	1.84	2.11	3	2.27	1.72	2.88
Tm	0.14	0.26	0.32	0.3	0.45	0.36	0.28	0.45
Yb	1.05	1.9	1.99	1.75	2.75	2.28	1.98	3.21
Lu	0.15	0.3	0.32	0.31	0.45	0.37	0.33	0.49
(La/Lu) _N	13.81	8.18	9.12	7.18	6.6	7.19	9.57	6.36
(La/Sm) _N	4.5	6.04	5.69	3.48	3.82	4.31	6.44	3.87
(Gd/Lu) _N	1.85	1.11	1.16	1.56	1.24	1.39	0.86	1.24
(La/Yb) _N	12.87	8.43	9.58	8.3	7.05	7.62	10.41	6.34
(Tb/Yb) _N	1.3	0.9	0.99	1.44	1.15	1.14	0.93	1.08
Eu=Eu/Eu*	1.01	0.93	0.98	0.92	0.75	1.17	0.73	0.72

$$Eu^*=(Sm+Gd)_N/2$$

Bazaltik andezitlerin SiO₂ değerleri % 52.46-55.40 arasında değişirken, Na₂O % 2.08-2.49 ve CaO % 6.13-9.83 arasında değişmektedir. K₂O/Na₂O oranı 1 den küçük olup 0.72-0.86 arasındadır. A/CNK (molar Al₂O₃/CaO+Na₂O+K₂O) değerleri 1 den büyük olup 1.20-1.50 arasındadır. Magnezyum numaraları $[100*(MgO/MgO+\Sigma Fe_2O_3)]$ ise 26.58-38.59 arasındadır.

Bazaltik traki-andezitlerin SiO₂ değerleri % 53.35-53.60 arasında değişirken, Na₂O % 3.28-3.96 ve CaO % 6.11-6.82 arasında değişmektedir. K₂O/Na₂O oranı 0.58-1.19 arasındadır. A/CNK değerleri 1 den büyük olup 1.36-1.44 arasındadır. Magnezyum numaraları ise 33.08-36.38 arasındadır.

Andezitlerin SiO₂ değerleri % 59.19-59.25 arasında değişirken, Na₂O % 2.95-3.48 ve CaO % 5.28-6.16 arasında değişmektedir. K₂O/Na₂O oranı 1 den küçük olup 0.73-0.97 arasındadır. A/CNK değerleri 1 den büyük olup 1.27-1.40 arasındadır. Magnezyum numaraları ise 26.42-30.17 arasındadır.

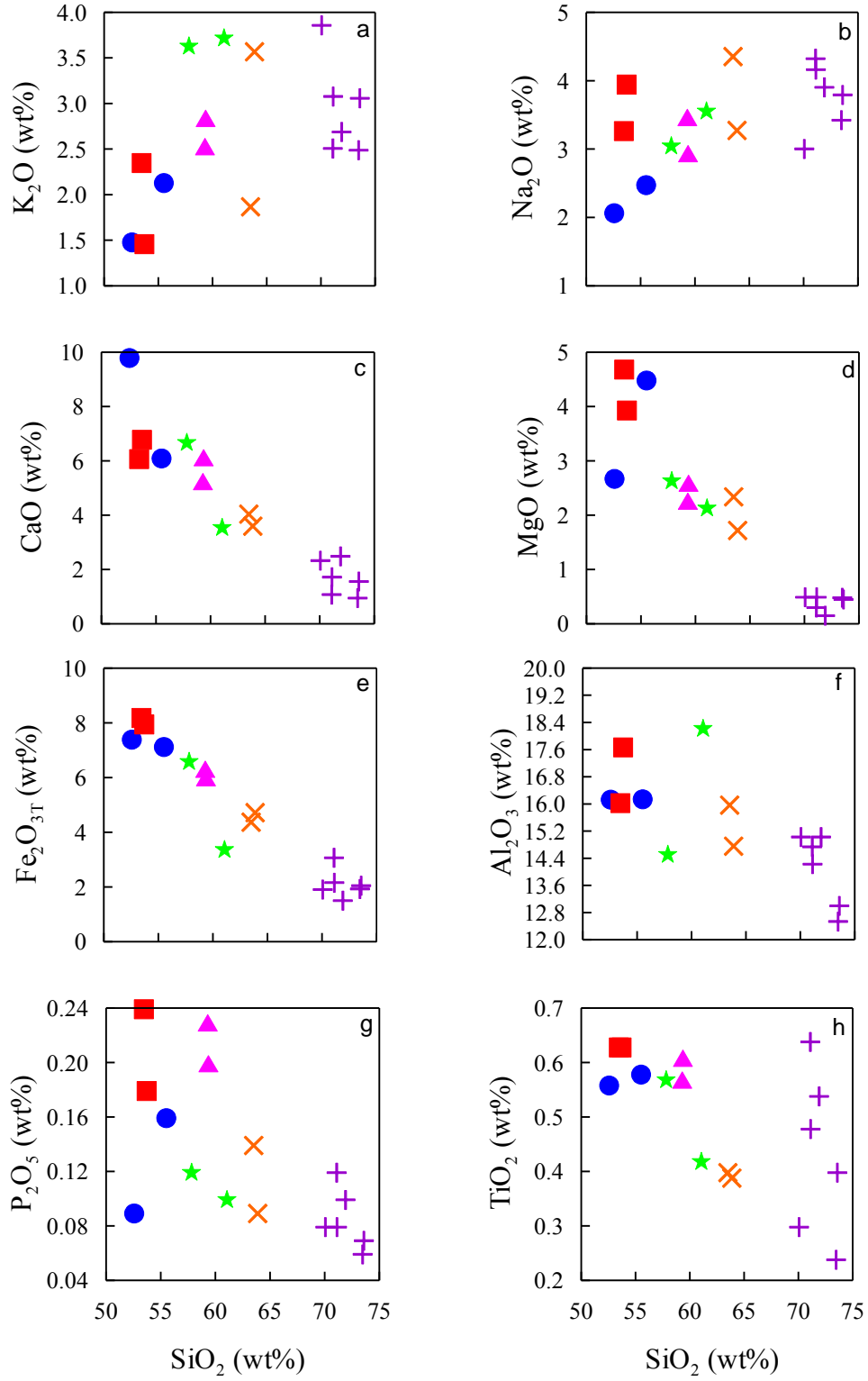
Dasitlerin SiO₂ değerleri % 63.39-63.76 arasında değişirken, Na₂O % 3.29-4.37 ve CaO % 3.64-4.08 arasında değişmektedir. K₂O/Na₂O oranı 0.43-1.09 arasındadır. A/CNK değerleri 1 den büyük olup 1.40-1.54 arasındadır. Magnezyum numaraları ise 26.77-34.86 arasındadır.

Riyolitlerin SiO₂ değerleri % 69.95-73.48 arasında değişirken, Na₂O % 3.02-4.84 ve CaO % 1.12-2.53 arasında değişmektedir. K₂O/Na₂O oranı 0.58-1.28 arasındadır. A/CNK değerleri 1 den büyük olup 1.53-1.85 arasındadır. Magnezyum numaraları ise 9.33-20.73 arasındadır.

Traki andezitlerin SiO₂ değerleri % 57.71-60.95 arasında değişirken, Na₂O % 3.06-3.57 ve CaO % 3.58-6.71 arasında değişmektedir. K₂O/Na₂O oranı 1.08-1.19 arasındadır. A/CNK değerleri 1 den büyük olup 1.08-1.67 arasındadır. Magnezyum numaraları ise 28.59-38.74 arasındadır.

SiO₂'ye karşı ana ve iz element değişim diyagramları (Harker diyagramları) (Şekil 4.6 ve 4.7)'de verilmiştir. Genel olarak inceleme alanını oluşturan kayaçların ana ve iz elementlerindeki değişimler kayaçların içerisinde gözlenen fenokristal fazlarının fraksiyonlaşmasıyla ilişkilidir. SiO₂'ye karşı ana ve iz element değişim diyagramlarının bir kısmında düzensiz dağılımlar gözlenmekle birlikte, yer yer iyi korelasyonlar vermeleri, Eosen yaşlı volkanitlerin gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin oldukça önemli bir rol oynadığına işaret etmektedir.

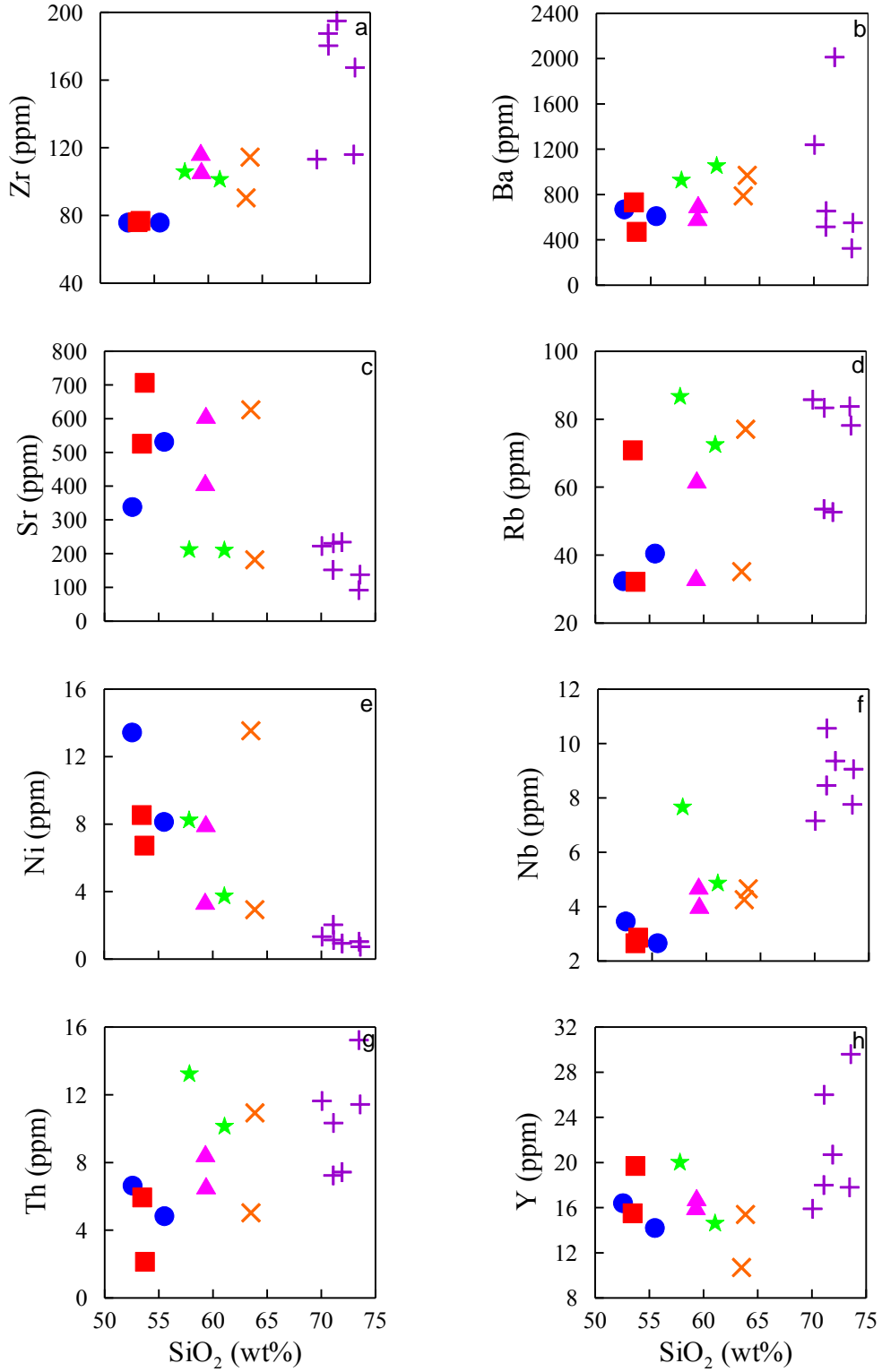
SiO₂'ye karşı ana element değişim diyagramlarında; SiO₂ değerleri arttıkça CaO, MgO ve Fe₂O₃^T azalarak iyi derecede negatif bir ilişki gösterirler (Şekil 4.6d, e). Al₂O₃, P₂O₅ ve TiO₂'de SiO₂ arttıkça çok iyi olmasa da yine negatif bir ilişki görülür. K₂O ve Na₂O değerlerinde ise SiO₂ artışına paralel olarak pozitif bir korelasyon gözlenir.



Şekil 4.6. İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin SiO₂'ye karşı ana element değişim diyagramları (Semboller Şekil 4.1'deki gibidir)

SiO₂'ye karşı iz element değişim diyagramlarında; SiO₂ arttıkça Zr, Ba, Rb, Nb ve Th değerlerinde pozitif bir ilişki gözlenirken; Sr ve Ni'de negatif bir ilişki gözlenir (Şekil

4.7c, e). Y değerlerinde ise riyolitlerde pozitif, diğer kayaç türlerinde ise negatif bir ilişki gözlenir (Şekil 4.7. h).



Şekil 4.7. İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin SiO₂'ye karşı iz element değişim diyagramları (Semboller Şekil 4.1'deki gibidir)

İnceleme alanındaki volkanitleri artan SiO_2 içeriğine karşılık TiO_2 ve $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{T}}$ içeriklerinin giderek azalması Fe-Ti oksitlerin ayrımlaşmasına işaret etmektedir. SiO_2 'ye karşı CaO , $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{T}}$ ve MgO daki negatif ilişkiler plajiyoklas ($\text{An}>50$) ve klinopiroksen fazların ana magmadan ayrımlaşmasına işaret etmektedir. SiO_2 'e karşı $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{T}}$ ve Al_2O_3 deki birliktelikli azalan negatif ilişki amfibol ayrışmasına işaret etmektedir. SiO_2 'e karşı K_2O ve Na_2O diyagramlarında dağınık olmakla birlikte pozitif ilişkiler söz konusudur. Bu dağınıklık alterasyon olaylarının kısmen etkili olduğunu ve pozitif ilişkinin de bazik plajiyoklasların giderek ayrımlaşmasını ifade etmektedir. SiO_2 'ye karşı P_2O_5 değişim diyagramında gözlenen negatif korelasyon ise apatit fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır (Şekil 4.6). SiO_2 'e karşı Ni azalması, klinopiroksen ayrımlaşmasını desteklemektedir. SiO_2 ile Zr arasındaki pozitif ilişki manyetit ve hornblend ayrımlaşmasını göstermektedir. Ba, Rb, Th elementleri genellikle feldispatlar ve hornblendlerin bünyesine girdikleri ve ayrımlaşma sırasında geç evrelerde kristallendikleri için pozitif bir ilişki göstermektedirler (Şekil 4.7).

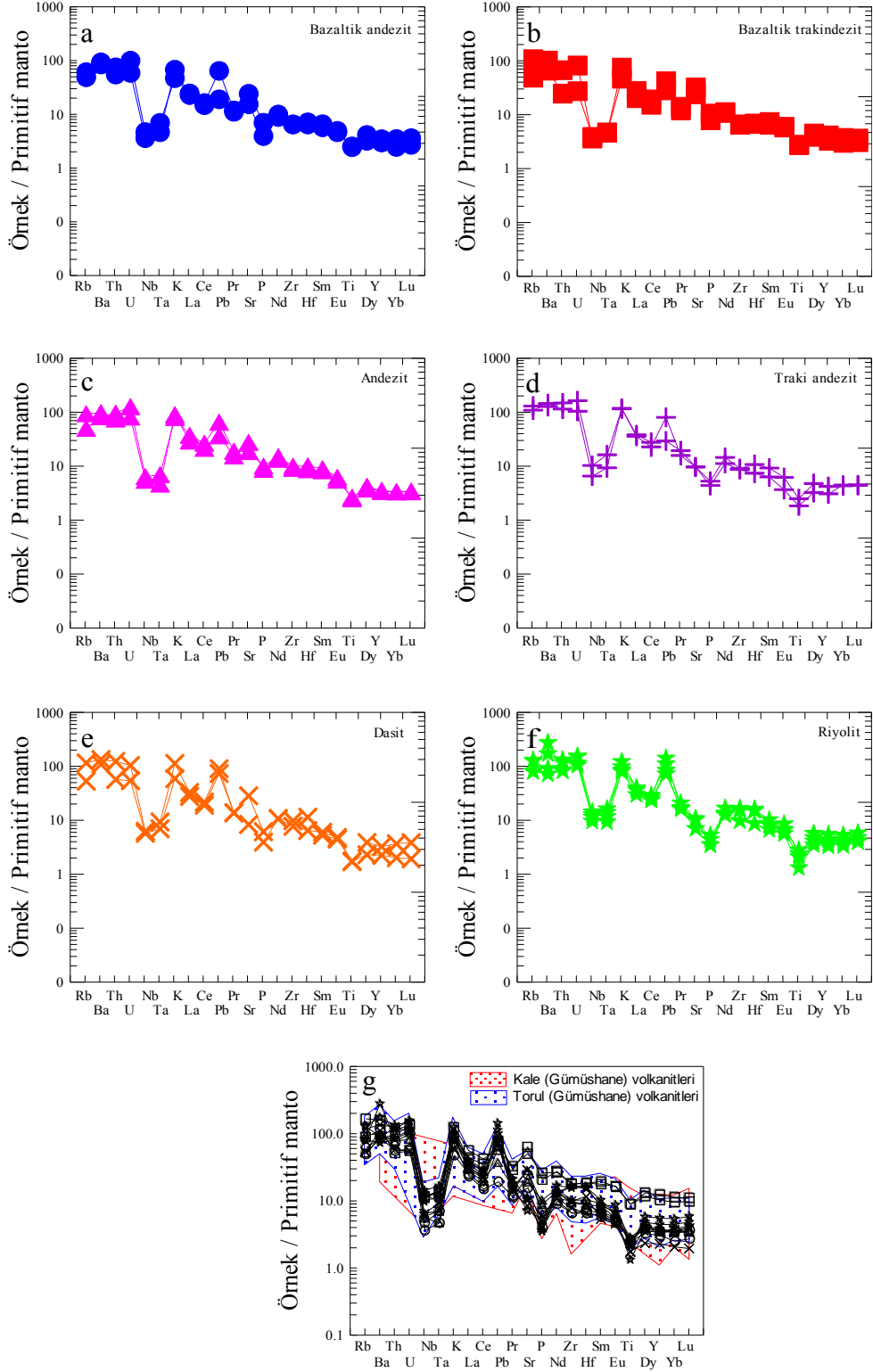
Ana ve iz element değişim diyagramları kayaçların gelişiminde plajiyoklas, klinopiroksen, Fe-Ti oksit ve apatit mineral ayrımlaşmasının önemli rol oynadığını göstermektedir.

4.4. Uyumsuz Elementler

İnceleme alanındaki kayaçların ilksel mantoya (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilmiş iz element dağılımları Şekil 4.8'de verilmiştir.

Örneklerin ilksel (primitif) mantoya göre normalleştirilmiş olan iz element değişim diyagramında Sr, K, Rb, Ba, Th, U, Pb ve Nd konsantrasyonları bakımından zenginleşme gözlenirken; Ti, Nb, Ce, Pr, P ve Ta bakımından fakirleşme izlenmektedir (Şekil 4.8). Özellikle Th, U ve Rb gibi elementlerdeki zenginleşme kabuk etkisini yansıtmaktadır. Negatif Nb anomalisi, kayaçların ana magmasının gelişiminde, yitim bileşeninin etken bir rol oynadığını göstermektedir.

Bölgede Eosen yaşlı volkanik kayaçlar üzerine yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında, incelenen volkanik kayaçlar Eosen yaşlı Torul volkanitleri (Kaygusuz ve diğ. 2011) ve Kale volkanitleri (Aliyazıcıoğlu, 1999)'ne benzer trend gösterirler.



Şekil 4.8. İnceleme alanına ait kayaçların primitif mantoya göre Sun ve McDonough, (1989)'den, normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları (Semboller Şekil 4.1'deki gibidir)

4.5. Nadir Toprak Elementler

İncelenen volkanitlerin kondrite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) dağılımları genel olarak birbirine benzerlik göstermektedir (Şekil 3.24). Bu durum, inceleme alanındaki volkanitlerini oluşturan kayaçların aynı veya benzer manto kaynağından türediklerini işaret etmektedir.

İnceleme bölgesindeki volkanik kayaç örneklerinin kondrite göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılım diyagramında (Tablo 4.1) bütün elementlerce bir zenginleşmeyle birlikte, hafif nadir toprak elementler (HNTE), ağır nadir toprak elementlere göre daha fazla zenginleşmiştir. Bazaltik andezite ait örneklerin (La/Lu)_N oranı 6,5-8.14 arasında, bazaltik traki andezit örneklerinin (La/Lu)_N oranı 5.4-8.5 arasında, andezit örneklerinin (La/Lu)_N oranı 8,36-10,35 arasında, traki andezit örneklerinin (La/Lu)_N oranı 7.8-8.1 arasında, riyolit örneklerinin (La/Lu)_N oranı 6.3-9.5 arasında ve dasit örneklerinin (La/Lu)_N oranı 8.1-13.8 arasında değişmektedir.

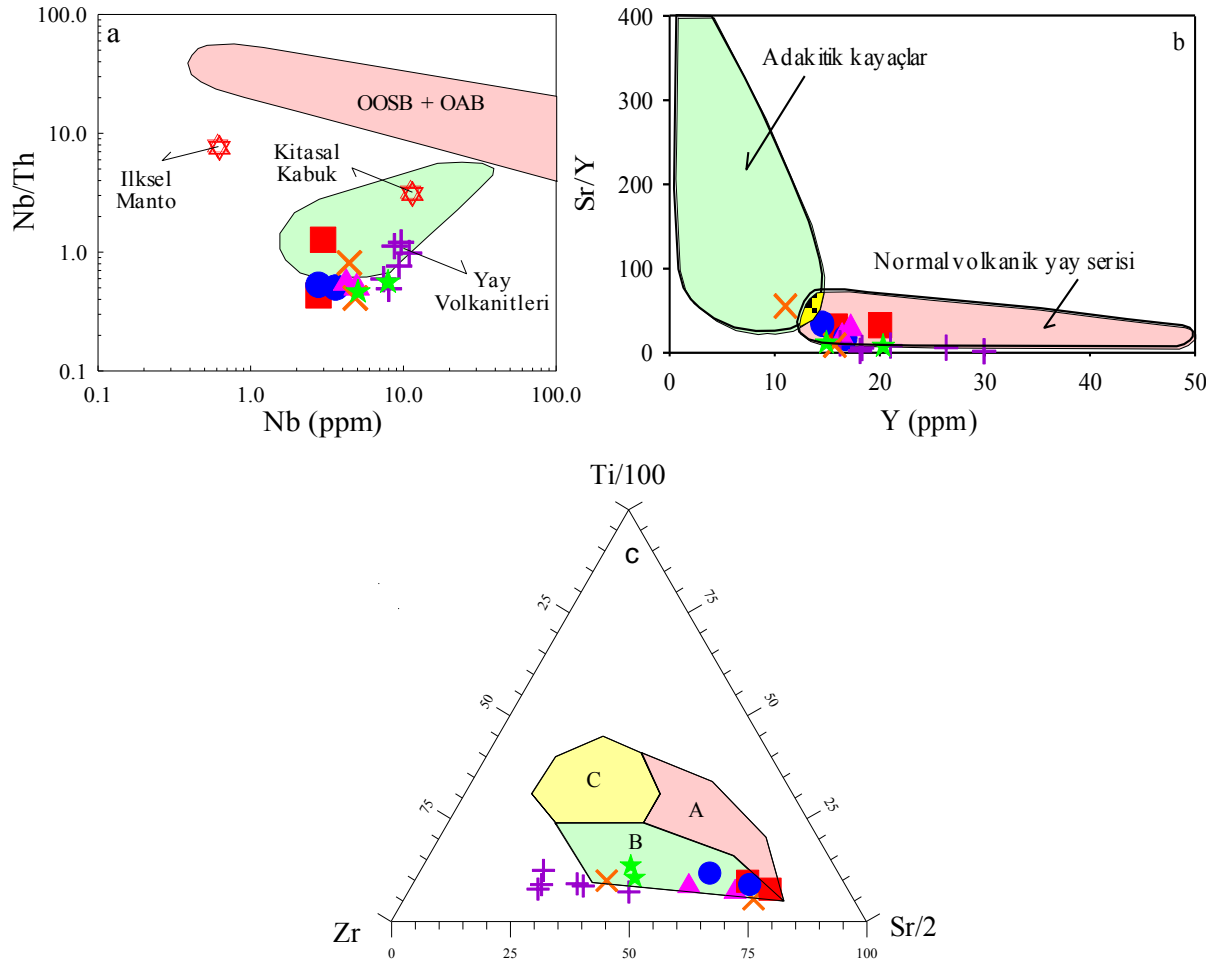
İncelenen örneklerde genel olarak az da olsa negatif Eu anomalisi görülür (Şekil 4.9). Negatif Eu anomalisi, kayaçların gelişiminde plajiyoklas fraksiyonlaşmasına işaret eder. Bazaltik andezite ait örneklerin (Eu/Eu*)_N oranı 0.8-0.9 arasında, bazaltik traki andezit örneklerinin (Eu/Eu*)_N oranı 0.9-1.0 arasında, andezit örneklerinin (Eu/Eu*)_N oranı 0.8, traki-andezit örneklerinin (Eu/Eu*)_N oranı 0.7-0.8 arasında, riyolit örneklerinin (Eu/Eu*)_N oranı 0.7-1.1 arasında ve dasit örneklerinin (Eu/Eu*)_N oranı 0.9-1.0 arasında değişim göstermektedir.

Bölgede Eosen yaşlı volkanik kayaçlar üzerine yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında, incelenen volkanik kayaçlar Torul volkanitlerine (Kaygusuz ve diğ. 2011) ve Kale volkanitleri (Aliyazıcıoğlu, 1999) benzer trendler gösterirler (Şekil 4.9).

4.6. Tektonik Konum

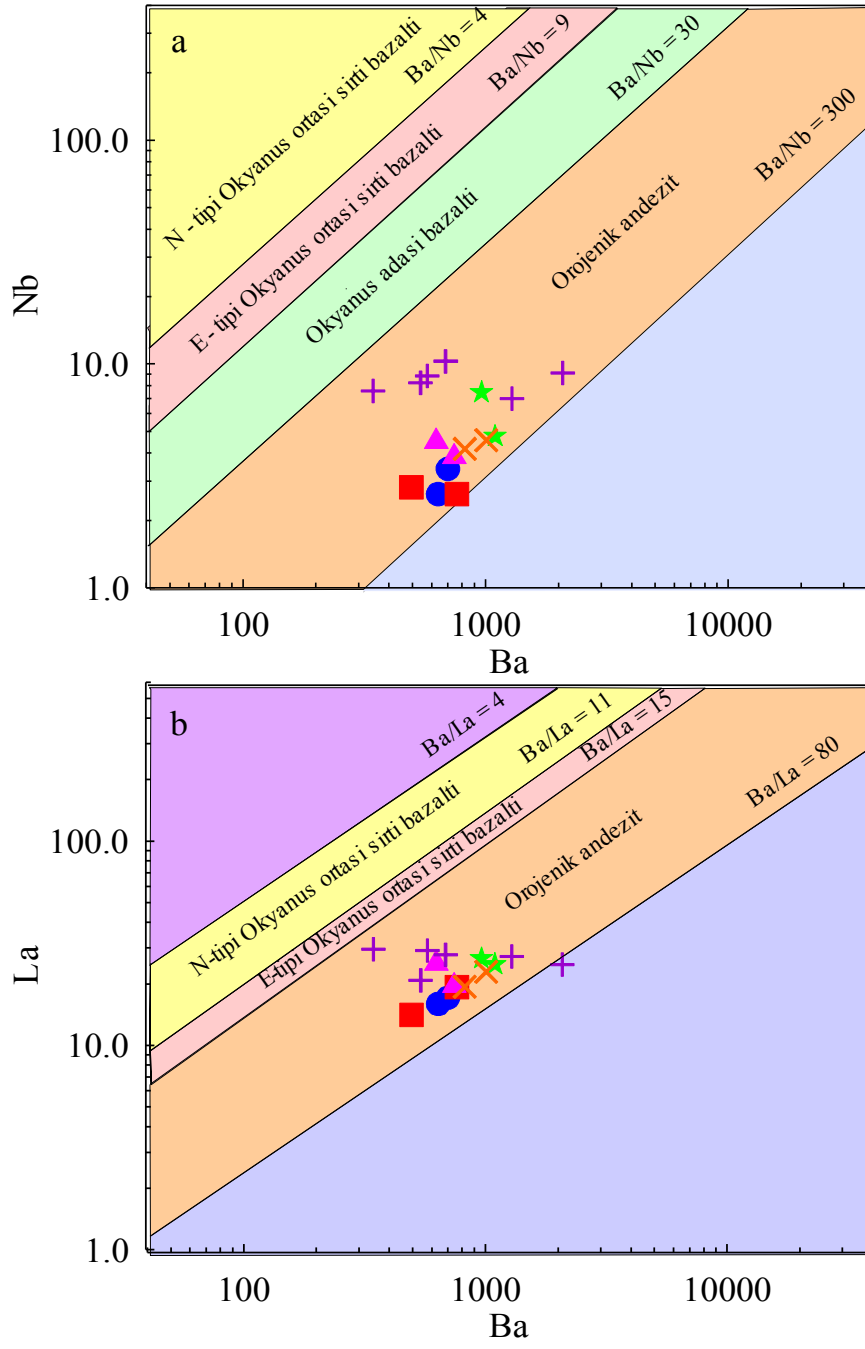
İnceleme alanındaki volkanitlerinin jeokimyasal diyagramlarındaki değişimlerine bakıldığında iz element değişimlerinde Nb, Ta, Zr ve Ti bakımından tüketilme, Sr, K, Ba, Rb ve HNTE bakımından bir zenginleşme görülmekte olup, bu değerler volkanitlerin magmasının bir yitim zonu ortamında geliştiğini göstermektedir (Pearce and Peate, 1995; Turner, 2005). Volkanitlerin, okyanus ortası sırtı bazaltları, okyanus adası bazaltları ve plaka içi bazaltlarından daha yüksek Ba/La (10.98-44.33) ve daha düşük Nb/La (0.14-0.40) oranlarıyla (Tablo 4.1) orojenik volkanik kayalara benzemektedirler (Sun ve McDonough, 1989).

İncelenen volkanitlerin, alterasyondan fazla etkilenmediği bilinen Ti, Zr, Sr ve Nb gibi elementlerin birbirleriyle ilişkilerine göre tektonik ortamları belirlenmeye çalışılmıştır. Nb'ye karşı Nb/Th (Pearce ve Cann, 1973) tektonik ayırtman diyagramına göre, örnekler yay volkanitleri alanına düşmektedir (Şekil 4.10a). Sr/Y-Y (Drummond ve Defant, 1990) ayırtman diyagramında örnekler normal yay volkanik serisi alanına düşmektedir (Şekil 4.11b). Ti/100-Zr-Sr/2 (Schmidberger ve Hegner, 1999) ayırtman diyagramında ise örnekler kalkalkali bazalt alanına düşmektedir (Şekil 4.10c).



Şekil 4.10. İnceleme alanındaki volkanitlerinin tektonik ayırtman diyagramları. (a) Nb (ppm)'ye karşı Nb/Th diyagramı ilksel manto Hoffmann, (1988)'den, kitasal bazalt-OOSB+OAB ve yay volkanitleri alanları Schmidberger ve Hegner, (1999)'den alınmıştır. (b) Sr/Y-Y Drummond ve Defant, (1990)'ın ayırtman diyagramı. (c) Ti/100-Zr-Sr/2 diyagramı (A: Ada yayı toleyitleri, B: Kalkalkali bazalt, C: Okyanus ortası sırtı bazaltları) (Semboller Şekil 4.1'deki gibidir)

İncelen volkanitlerin Ba'a karşı Nb ve La (Alanlar: Perfit ve diğ., 1980; Gill, 1981) tektonik ortam ayırtman diyagramlarında (Şekil 4.11), volkanik kayalarda yüksek Ba/La (10.98-78.72) ve Ba/Nb (61.76-274.81) oranları ile orojenik andezitlere benzerlik gösterirler. Ancak, bu diyagramda riolitler diğer birimlere kıyasla daha yüksek, bazaltik traki andezitler ise daha düşük Ba, Nb ve La içeriğine sahiptir. Buda benzer kökenli magmadan itibaren farklı ayrımlaşma süreçleri ile oluştuklarına işaret eder.



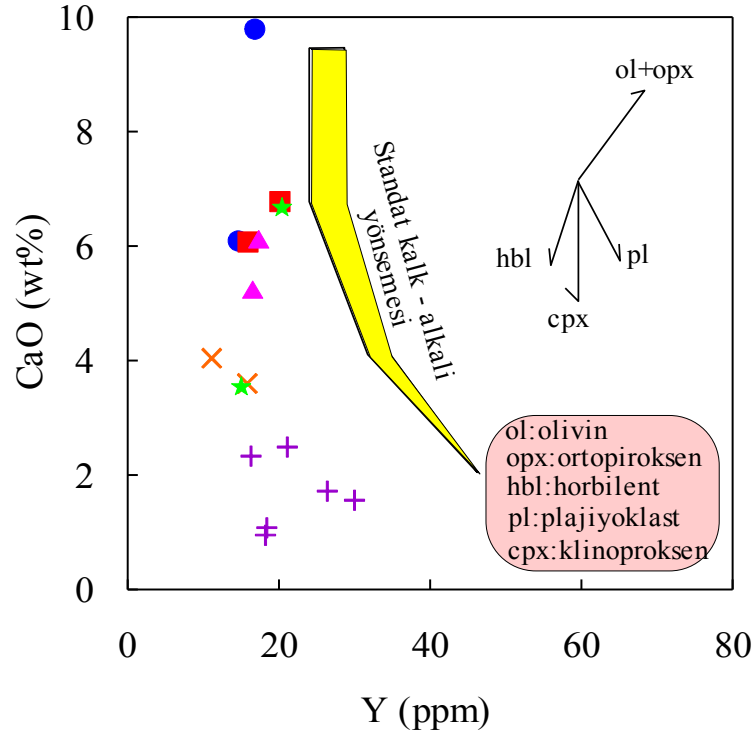
Şekil 4.11. İnceleme alanındaki volkanitlere ait, (a) Ba'ya karşı Nb ve b) Ba'ya karşı La tektonik ortam ayırtman diyagramları Alanlar: Perfit ve diğ.,(1980) ve Gill, (1981)'den, (Semboller Şekil 4.1'deki gibidir)

5. TARTIŞMA

Çalışılan volkanik kayaçların ana ve iz element özellikleri, fraksiyonel kristallenme (FC), asimilasyon-fraksiyonel kristallenme (AFC) ve kaynak karakteristikleri gibi ana magmaların gelişim prosesleri ile ilgili bilgiler sunarlar. Bu prosesler aşağıdaki bölümlerde tartışılmıştır.

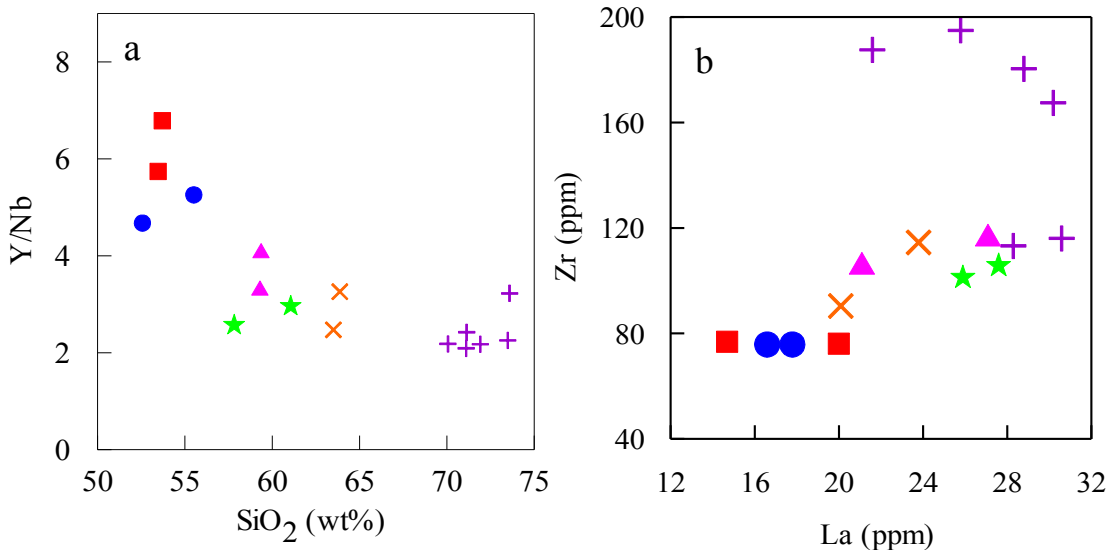
5.1. Fraksiyonel Kristallenme

Çalışılan volkanik kayaçların gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin etkisi, tüm kayaç ana, iz ve nadir toprak element verileri dikkate alınarak (Şekil 4.6 ve 4.7) incelediğinde, volkaniklerin gelişiminde klinopiroksen, plajiyoklas ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının önemli olduğu görülür. Y'a karşı CaO diyagramında (Şekil 5.1), Eosen yaşlı andezitik kayaçlar hemen hemen dikey ve L-tipi bir trend göstermekte olup, plajiyoklas ve klinopiroksen ağırlıklı fraksiyonlaşmanın etkili olduğunu gösterir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. İnceleme alanındaki volkanitlerin Y (ppm)'a karşı CaO (%) diyagramı Lambert ve Holland, (1974)'den, Vektörler, bazaltik bileşim için minerallerin ayrışma (fraksiyonel kristalleşme) yönlerini göstermektedir (Semboller Şekil 4.1'deki gibidir)

Ayrıca, Zr'a karşı SiO₂ ve Zr'a karşı La korelasyon diyagramları (Şekil 5.2a ve b) sırasıyla AFC ve FC ye işaret eder. Tüm bu trendler Gümüşhane alanındaki volkanik kayaçların gelişimlerinde başlıca FC ve daha az oranda da asimilasyonun etkili olduğunu gösterir. İncelenen volkaniklerde gözlenen bu özellikler, Doğu Pontidlerde diğer Paleojen ve Neojen yaşlı volkanik kayaçlarda (Arslan ve Aliyazıcıoğlu 2001; Temizel ve Arslan 2008, 2009; Kaygusuz ve diğ., 2011; Temizel ve diğ., 2012; Arslan ve diğ., 2013; Aydınçakır ve Şen, 2013) gözlenen özelliklerle de uyumlu bir durum gösterirler.



Şekil 5.2. İnceleme alanındaki volkanitlerin a) SiO₂'ye karşı Y/Nb diyagramı, b) La karşı Zr diyagramı (Semboller Şekil 4.1'deki gibidir)

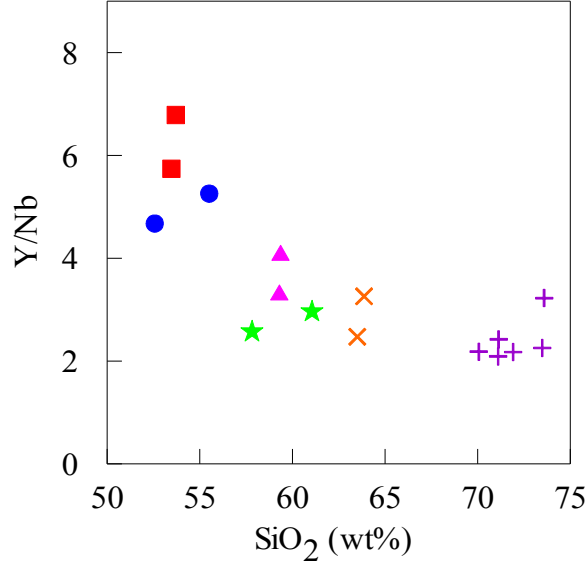
Genel olarak, kayaçların kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımlarında hafif nadir toprak elementlerin, orta nadir toprak elementlere ve ağır nadir toprak elementlere göre daha fazla zenginleşmesi, nadir toprak element dağılım diyagramında konkav bir yapı sunması, volkanik kayaçların gelişiminde klinopiroksen ayrımlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir (Fujimaki v.d., 1984) (Şekil 4.9). İncelenen volkanitlerde yüksek çekim alanlı elementlere göre büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce zenginleşme, ağır nadir toprak elementlere göre hafif nadir toprak elementlerce zenginleşme ve negatif Nb, Ta, Ti, P ve Zr anomalilerinin görülmesi bu volkanitlerin magmasının yitim ilişkili kıtasal yay magması özelliğinde olduğunu göstermektedir (Pearce 1983; Ringwood 1990; Stolz vd., 1990; Kelemen vd., 1990). Ayrıca iz element değişimlerinin birbirine paralellik sunması, bunların benzer kökenden türediklerini göstermektedir. Büyük iyon yarıçaplı litofil elementler ve hafif nadir toprak

elementlerce zenginleşme, dalan okyanusal litosferden ve/veya dalan litosfer üzerindeki sedimentlerden açığa çıkan akışkanların manto kaması içine girişi ile ilişkilidir (Ringwood, 1990; Hawkesworth vd., 1991).

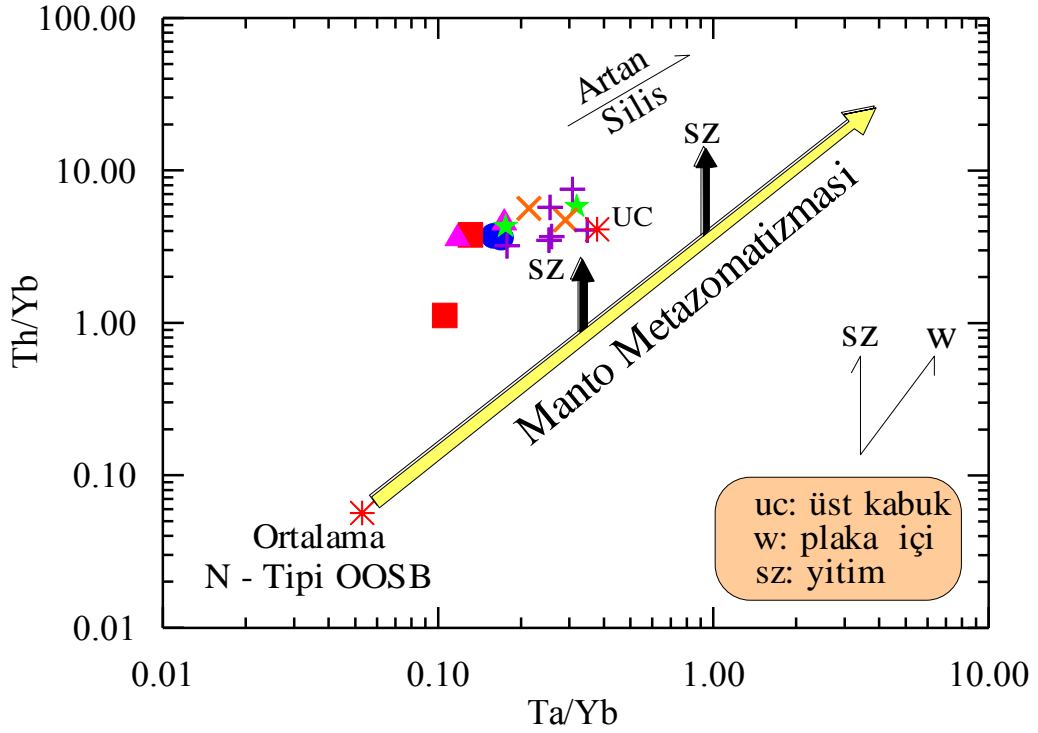
5.2. Asimilasyon-Fraksiyonel Kristallenme

Kabuksal materyallerin asimilasyonu, mantodan türeyen kayaçların iz element ve izotopik bileşimlerini değiştiren (etkiliyen) önemli bir prosestir (McDermott ve diğ., 2005; Zellmer ve diğ., 2005). Ayrıca, Doğu Pontidlerde Paleojen ve Neojen yaşlı çarpışma ve çarpışma sonrası volkanik kayaçlar üzerine yapılan bazı çalışmalarda (Temizel ve Arslan 2008, 2009; Kaygusuz ve diğ., 2011; Temizel ve diğ., 2012; Arslan ve diğ., 2013; Aydınçakır ve Şen, 2013 birincil magmanın olgun ve kalınlaşmış kabuk tarafından kirlenmesinin önemli bir özellik olduğunu vurgulamışlardır. Bu nedenle, mantodan türeyen kayaçların kabuktan yükselirken olası kabuksal kirlenmeye uğraması ve bunun magma bileşimine etkisi, çalışılan volkanitlerin kaynak bileşimlerinin karakterlerini belirlemede değerlendirilebilir.

SiO_2 'ye karşı Y/Nb oranlarında gözlenen negatif trendler, magma gelişimi esnasında kabuksal asimilasyona işaret eder (Şekil 5.3). Th/Yb ve Ta/Yb oranları, kaynak bileşimi ve kabuksal kirlenmenin tayininde etkili bir şekilde kullanılması, kabuksal kirlenmede Ta ve Yb'ye nazaran Th elementinin daha fazla etkilenmesinden kaynaklanmaktadır (Pearce ve diğ., 1990). Th/Yb'ye karşı Ta/Yb diyagramı (Şekil 5.4), Eosen yaşlı andezitik kayaçların gelişiminde AFC proseslerinin önemli bir rol oynadığını gösterir.



Şekil 5.3. İnceleme alanındaki volkanitlerin SiO₂'ye karşı Y/Nb diyagramı (Semboller Şekil 4.1'deki gibidir)

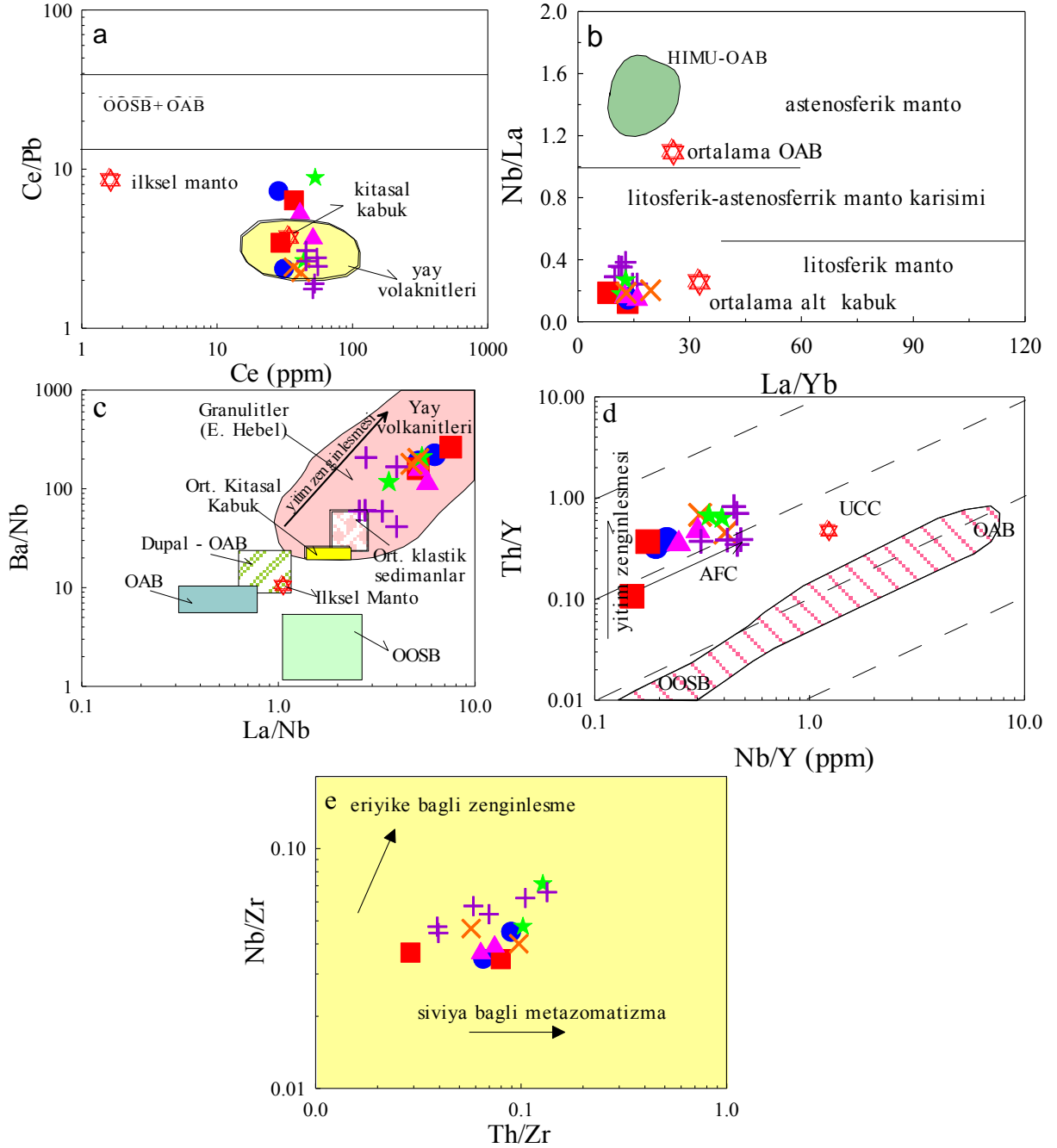


Şekil 5.4. İnceleme alanındaki volkanitlerin Ta/Yb'a karşı Th/Yb diyagramı (Pearce vd., 1990), FC (ayırışma), AFC (özümleme + ayırışma), yitim zenginleşmesi ve manto metasomatizmasını gösterir vektörler Pearce vd., (1990)'den alınmıştır, N-tipi OOSB ve ortalama üst kabuk değerleri Sun ve McDonough (1989) ve Taylor and McLennan (1985)'ten alınmıştır (Semboller Şekil 4.1'deki gibidir)

5.3. Kaynak Karakteristiği

Çalışılan volkanik kayalarda gözlenen LILE element (K, Sr, Rb ve Ba), Th ve Ce zenginleşmesi, yüksek Th/Yb oranları, ana magmanın litosferik manto kaynağından türemiş olabileceğini gösterir (Pearce ve Peate 1995; Churikova ve diğ., 2001; Elburg ve diğ., 2002; McDermott ve diğ., 2005; Zellmer ve diğ., 2005). Üstelik, çalışılan volkanik kayalarda gözlenen LILE elementlere nazaran Nb ve Ta tüketilmesi, sedimentler yada yiten levhadan türeyen sıvıların metazomatizmasıyla etkilenmiş, yitimle ilişkili magma kaynağının özelliğini ifade eder (Pearce 1983; Hawkesworth ve diğ., 1997; Elburg ve diğ., 2002).

Ce/Pb'ye karşı Ce diyagramında (Şekil 5.5a), çalışılan volkanik kayalara ait örnekler yay volkanikleri alanında yer alırlar. Örneklerde gözlenen düşük Ce/Pb oranları (1.8 ila 9.1), okyanusal bazaltlardan (20 ila 30) (Hoffmann 1988, 1997) farklı olup, bu durum çalışılan volkanik kayaların astenosferik manto kaynağından türemediğini gösterir. Yüksek Nb/La oranları (>1) okyanus adası bazalt (OIB) benzeri astenosferik manto kaynağını, düşük oranlar (<0.5) ise litosferik manto kaynağına işaret eder (Bradshaw and Smith 1994; Smith ve diğ., 1999). Bu nedenle, Nb/La ve La/Yb oranları volkanik kayalarda kısmi ergime derecesi ve kaynak bileşiminin belirlenmesinde faydalıdır (Jahn ve diğ., 1999). İncelenen volkanik kayalarının Nb/La oranları 0.14 ila 0.40 arasında ve ortalama La/Yb oranları 7.6 ila 19.1 arasında olup (Tablo 4.2), spinel lertzolitik litosferik manto kaynağına işaret eder (Şekil 5.5b). İncelenen volkanik kayalar (Şekil 5.5c)'de yay volkanikleri alanında yada yakınında yer alırlar. Volkaniklerin La/Nb (2.5 ila 7.4) ve Ba/Nb (61 ila 274) oranları, yitim zonu zenginleşmesi ile ilgili kaynağı gösterir. Yitim alanında, LILE ve LREE elementler slabdan türeyen sıvılar yoluyla yukarıya doğru taşınırlar (Churikova ve diğ., 2001; Elburg ve diğ., 2002). Bu nedenle, çalışılan volkaniklerde gözlenen önemli LILE ve LREE zenginleşmeleri, tüketilmiş manto kaynağına nazaran, zenginleşmiş manto kaynağına işaret eder (Rogers ve diğ., 2000; Condie ve diğ., 2002; Zhao ve diğ., 2006).



Şekil 5.5. İnceleme alanındaki volkanitlerin; (a) Ce/Pb karşı Ce diyagramı ilksel manto değerleri Hofmann (1988)'den, kitasal kabuk, OOSB, OAB ve yay volkanitleri Schmidberger ve Hegner, (1999)' den alınmıştır. (b) manto kaynağını gösteren La/Yb'a karşı Nb/La diyagramı ortalama OAB değerleri, Fitton vd., (1991)'den, ortalama alt kabuk değerleri, Chen ve Arculus (1995)'dan, HIMU+OAB alanları, Weaver vd., (1987)'den, astenosferik, litosferik ve karışım manto alanlarını ayıran çizgi Smith vd., (1999)'den alınmıştır. (c) Ba/Nb'a karşı La/Nb Jahn vd., (1999)'nın diyagramı Yay volkanitleri ve Arkeen granülitleri, Jahn ve Zhang, (1984)'den, İlksel Manto, Sun ve McDonough (1989)'den, ort. Kitasal kabuk, Taylor ve McLennan (1985) ve Condie (1993)'den, Dupal-OAB, Jahn vd., (1999)'den alınmıştır. (d) Th/Y'ye karşı Nb/Y diyagramı Pearce (1983)'den alınmıştır. (e) Nb/Zr'a karşı Th/Zr diyagramında Pearce (1983)'den alınmıştır (Semboller Şekil 4.1'deki gibidir)

Pearce (1983) tarafından önerilen Th/Y'ye karşı Nb/Y diyagramı (Şekil 5.5d), ergime zenginleşmesi ürünleri ile yitim zenginleşmesi ürünü volkanik kayaçlarını ayırmada kullanılır. Ayrıca, Th/Y ve Nb/Y oranları kabuksal kirlenme ve magma kaynağındaki homojenleşmeyi ayırmada kullanılabilir. İncelenen volkanik kayaçları OIB ve MORB çizgisine paralel trend gösterirler, ancak onlara nazaran daha yüksek Th/Y oranlarına sahip olup, manto kaynağının yitim zonu sıvılarınca metasomatizmaya uğramasını ifade eder. Th/Yb'ye karşı Ta/Yb diyagramında (Şekil 5.4), volkanik kayaçlar manto dizini (manto array)'ne paralel trend gösterirler, ancak daha yüksek Th/Yb oranlarına sahiptirler. Bu trend, önceki (Eosen öncesi) yitim prosesleri yoluyla türemiş sıvıların zenginleştirdiği (metazomatizma) kaynaktan türeyen ana magmaya işaret eder. Çalışılan volkaniklerin litosferik manto kaynağında sıvılarca zenginleşme trendi Nb/Zr'a karşı Th/Zr diyagramında gözlenir (Şekil 5.5e)

İncelenen Eosen yaşlı volkanik kayaçların ana ve iz element karakteristikleri, Doğu Pontidlerdeki diğer Paleojen ve Neojen yaşlı volkanik kayaçlara (Temizel ve Arslan 2008; Kaygusuz ve diğ., 2011; Temizel ve diğ., 2012; Arslan ve diğ., 2013) benzer olup, incelenen volkanikleri oluşturan ana magmanın, Eosen öncesinde yitimle ilişkili olaylardan türeyen sıvıların metazomatizması yoluyla etkilenen, yarı kıtasal (subcontinental) litosferik manto kaynağından türemiş olabileceğini gösterir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERLER

1. Bu çalışmanın esas konusunu oluşturan Eosen yaşlı Mescitli volkanitleri Üst Kretase yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak gelirler.

2. Mescitli volkanitleri tabanda aglomera, breş ve tüflerden; üste doğru bazaltik andezit, andezit ve traki andezitlerden, en üst kısımlarda ise dasit, riyolit ve piroklastlarından oluşur.

3. Eosen yaşlı Mescitli volkanitlerine ait kayaçlardaki başlıca mineraller plajiyoklas, kuvars, hornblend, ojit ve biyotit fenokristallerinden oluşur.

4. Mescitli volkanitlerini oluşturan kayaç grupları petrografik olarak incelendiğinde çoğunlukla porfirik, hyalo-porfirik, glomeroporfirik, entersertal, entergranüler ve akma (flüidal) dokusu göstermektedirler.

5. Değişim diyagramlarında gözlenen iyi pozitif ve negatif ilişkiler, kayaçların gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin etkili olduğunu ve kayaçların gelişiminde klinopiroksen + plajiyoklas ± hornblend ± magnetit fraksiyonlaşmasının rol oynadığını göstermektedir.

6. Volkanitlerin primitif mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılımları, özellikle büyük iyon yarıçaplı litofil element ve daha az oranda Th ve Ce konsantrasyonları bakımından zenginleşme, fakat Zr, Y ve TiO₂ konsantrasyonları bakımından fakirleşme göstermektedir. Bunun yanında, kayaçların azalan Nb ve Ta içerikleri volkanitlerin köken magmasının muhtemelen daha önceden akışkanlar tarafından metasomatizmaya uğratılmış zenginleşmiş bir kaynak bölgeden (litosferik manto) türeyebileceklerini ifade etmektedir.

7. İncelenen Mescitli volkanitlerinin kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları, düşük-orta derecede zenginleşmeyle ($La_N/Lu_N = 5.4$ ila 13.8) konkav şekilli olup, genellikle birbirine paralel dağılım göstermeleri aynı veya benzer kaynaktan itibaren oluştuğunu gösterir.

8. Tektonik ayırtman diyagramlarına göre, yüksek Ta/Yb ve Th/Yb içeriklerine sahip volkanitler, volkanik yay bazaltları alanına düşmektedirler. Bu veri, Mescitli volkanitlerinin oluşumuna kaynaklık eden magmanın, ilksel mantoya göre yitim zonu zenginleşmesine uğradığını ve bu kayaçların gelişiminde ayrımlaşmanın önemli bir rol oynadığını ifade etmektedir.

9. Mescitli yöresi Eosen yaşlı volkanitlerinin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri dikkate alındığında, volkanitlerin köken magmasının muhtemelen daha önceki yitim akışkanları tarafından metasomatizmaya uğramış (zenginleşmiş) bir yarı kıtasal manto (subcontinental litosferik manto) kaynağının kısmi ergime ile oluştuğunu ve daha sonra da kıtasal kabuktaki sıg magma odalarının gelişimi ile fraksiyonlaşma ± özümleme gibi magmatik olaylarla geliştiklerini göstermektedir.

10. Öneri olarak, bir sonraki aşamada bu çalışmanın izotop verileri ile desteklenmesi gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1975. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Fak. İstanbul, 59 s.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstanbul.
- Aliyazicioğlu, I., 1999. Kale (Gümüşhane) yöresi volkanik kayaların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Alp, D., 1972. Amasya Yöresinin Jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fak. 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.
- Atıcı, Y., 1998. Doğu Pontid Magmatik Arkında (KD Türkiye) Üst Kretase Volkanizmasının Göçü, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Atıcı, Y., 2008. Doğu Pontid Magmatik Arkında (KD Türkiye) Üst Kretase Volkanizmasının Göçü, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Altınkaynak, L., 2000. Ağvanis masifi doğu kesimi ve çevre kayalarının jeolojisi, petrografisi ve jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Arni, P., 1939. Doğu Anadolu ve mücavir mıntıklarının tektonik ana hatları, M.A.T. Tayini., seri B, No. 4, Ankara.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H., 1997. Geochemistry and petrogenesis of the eastern Pontide volcanic rocks, Northeast Turkey, *Chemi 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., Hoskin, P.W.O. ve Aslan, Z. 2001. Continental crust formation and thermal consequences of Cenozoic thickening of the Eastern Pontides Tectonic unit: preliminary temporal constraints and implications, *Fourth International Turkish Geology Symposium Abstracts*, Adana, Turkey, 121.

- 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., 2014. ^{40}Ar - ^{39}Ar 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. *Contrib Mineral Petrol*, DOI 10.1007/s00410-013-0868-3.
- 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.
- Aydın, F. 2003. Değirmendere vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD-Türkiye) volkanitlerinin mineral kimyası, petrolojisi ve petrojenezi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydın, F., Karalı, 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.
- Aydın, F., Thompson, R., Karalı, O., Uchida, H., Burt, J.B. ve Downs, R.T., 2009. Clinopyroxene phenocrysts from there potassic series in Neogene alkaline volcanics, NE Turkey: their crystal chemistry with petrogenetic significance as a indicator of P-T conditions, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 158, 131-147.
- 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.
- Baret, T.J. ve MacLean, W.H., 1991. Chemical, mass, and oxygen isotopic changes during extreme hydrothermal alteration of an Archean Rhyolite, *Noranda, Econ. Geology*, 86, 406-441.
- Barbieri, M., Calderoni, C., Ferini, V., Masi, U., Nicoletti, M., Petrucciani, C. ve Tolomeo, L., 1985. Geochemistry and geochronology of volcanic rocks from Eastern Pontides (Trabzon, NE Turkey), *Terra Cognita*, 5, 280.
- Barbieri, M., Conforto, L., Garbarino, C., Masi, U., Nicoletti, M. ve Akinci, Ö. 2000. Geochemistry of hydrothermally-altered volcanic rocks of the upper volcanic cycle from the Eastern Pontides (NE Turkey), *Chemi der Erde*, 60, 81-95.
- Bektaş, O., 1984., Doğu Pontidler'de Üst Kretase Yaşlı Şoşonitik Volkanizma ve Jeotektonik Önemi, *K.Ü. Dergisi*, 3, 1-2, 53-62, Trabzon.
- Bektaş, O., Van, A. ve Boynukalın, S., 1987. Doğu Pontidler'de (Kd Türkiye) Jura Volkanizması ve Jeotektoniği, *TJK Bülteni*, Ankara, 30-9-18.

- Boynukalın, S., 1990. Dereli (Giresun) baraj yeri ve göl alanının mühendislik jeolojisi ve çevre kayaçlarının jeomekanik özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- 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 Neo-Tethyan convergence system, Eastern Pontides, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 286-302.
- Bradshaw, T.K. ve Smith, E.I., 1994. Polygenetic Quaternary volcanism at Crater Flat, Nevada, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 63, 165-182.
- Bulut, F., Çambaşı 1989. (Çaykara-Trabzon) Barajı ve Uzungöl Hidroelektrik Santral Yerlerinin Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ceryan, Ş., 1998. Harşit Granitoyidi'nin ayrışması, sınıflandırılması, ayrışmanın mühendislik özelliklerine etkisi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Condie, K.C., 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales, *Chemical Geology*, 104, 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.
- Churikova, T., Dorendorf, F., ve Wöerner, G., 2001. Sources and fluids in the mantle wedge below Kamchatka, evidence from across-arc geochemical variation. *J. Petrol.* 42, 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.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrografik ve Jeokronolojik Araştırmalar, İTÜ Kütüphanesi, 1034, İstanbul.
- Dokuz, A., 2000. Yusufeli yöresinin jeolojisi, jeotektoniği, magmatik-metamorfik kayaçların jeokimyası ve petrojenezi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Dokuz, A. ve Tanyolu, E., 2006. Gechemical constraints on the provenance, mineral sorting and subaerial weathering of lower Jurassic and Upper Cretaceous clastic rocks from the Eastern Pontides, Yusufeli (Arvin), NE Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 15, 181-209.
- 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.
- Drummond, M.S. ve Defant, M.J., 1990. A model for trondhjemite-tonalite-dacite genesis and crustal growth via slabmelting: Archean to modern comparisons. *J. Geophys. Res.* 95, 21503–21521.
- 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 Volcanol. Geotherm. Res.*, 6, 105-123.
- Eker, S.Ç., ve Korkmaz S., 2002. Petrographic Properties of Late Cretaceous Sedimentary Deposits in Gümüşhane (NE-Turkey), *Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft, Beihefte zum European Journal of Mineralogy* vol. 14, 141 pp., Hamburg, Germany.
- Eker, S.Ç., Sipahi, F. ve Kaygusuz A., 2012. Trace and Rare Earth Elements as Indicators of Provenance and Depositional Environments of Lias Cherts in Gumushane, NE, Turkey, *Chemie der Erde*, 72, 167-177 pp.
- 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.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale arasının jeolojisi ve mikrofasiyes incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Erentöz, C., ve Ketin İ. 1974. Explanatory text of the geological map of Turkey at 1/500.000 G scale (Kars): *Spec. Publ. Of Min.Res. and Expl.*, 57.
- Erguvanlı, K., 1950. Trabzon-Gümüşhane bölgesinin jeolojik etüdü hakkında rapor, MTA, Rapor No: 2273, Ankara.
- Eyüboğlu, Y., 2006. Doğu Pontid Magmatik Yayı'nda (KD Türkiye) Alaska-Tip Mafik-Ultramafiklerin Tanımı ve Jeotektonik Önemi, Doktora Tezi, K.T.Ü., 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.

- Eyüboğlu, Y., Chung, S. L., Santosh, M., Dudas, F. O. ve Akaryalı, E., 2010. Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for slab window melting. Gondwana Research, doi:10.1016/j.gr.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F.O. ve Akaryalı, E., 2011a, Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: implications for slab window melting, *Gondwana Research*, 19, 413-429.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F.O., Chung, S.L. ve Akaryalı, E., 2011b. Migration magmatism in a continental arc: Geodynamics of the Eastern Mediterranean revisited, *Journal of Geodynamics*, 52, 2-15.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Bektaş, O. ve Ayhan, S., 2011c. Arc magmatism as a window to plate kinematics and subduction polarity: Example from the eastern Pontides belts, NE Turkey, *Geoscience Frontiers*, 2, 1, 49-56.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Bektaş, O. ve Chung, S.L., 2011d. Late Triassic subduction related ultramafic-mafic magmatism in the Amasya region (eastern Pontides, N Turkey): Implications for the ophiolite conundrum in Eastern Mediterranean, *Journal of Asian Earth Sciences*, 42, 234-257.
- Fitton, J.G., James, D., Kempton, P.D., Ormerod, D.S. ve Leeman, W.P., 1988. The role of lithospheric mantle in the generation of Late-Cenozoic basic magmas in the Western United States, *Journal of Petrology*, Special Lithosphere Issue, 331-349.
- 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, B662-672.
- Gedik, A., Ercan, T., Korkmaz, S. ve Karataş, S., 1992. Rize-Fındıklı Çamlıhemşin arasında (Doğu Karadeniz) yer alan magmatik kayaçların petrolojisi ve Doğu Pontidlerdeki bölgesel yayılımları, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 35, 15-38.
- Gedikoğlu, A., 1978. Harşit Granit Karmaşığı ve Çevre Kayaçları., Doçentlik Tezi, KTÜ, Yer Bilimleri Fakültesi, Trabzon.
- Gill, J.B., 1981. *Orogenic andesites and plate tectonics*, Springer, Berlin, 390p.
- Gülibrahimoğlu, İ., Nalbantoğlu, A. K., Saraloğlu. A., Doksanbir, T., Yağcı, A. ve Kırıcı, M., 1985. Trabzon-Maçka güneyi yöresinin jeoloji raporu. MTA proje no: jd 383.
- Gülibrahimoğlu, İ., 1986. Araklı Güneyinin Jeolojik Etüd Raporu, MTA. Rap. Ankara (Yayınlanmamış).
- 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.

- Güven İ.H. 1993. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/25.000 ölçekli jeolojisi ve komplikasyonu, MTA, Ankara (yayınlanmamış).
- Hacıalioğlu, T., 1983. Kale-Vavuk Dağı (Gümüşhane) Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyel incelemesi, K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, MMLS Tezi, Trabzon, (Yayınlanmamış).
- Hamilton, W. J., 1842. Researches 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., 1988. Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust and oceanic crust, Earth and Planetary Science Letters, 90, 297-314.
- Hofmann, A.W., 1997. Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism, Nature, 385, 219-229.
- Irvine, T. N. ve Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks, Canadian Journal of Earth Sciences, 8, 523-548.
- 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, 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 post-collisional mafic-ultramafic intrusions of the northern Dabie Complex, Central China, Chemical Geology, 157, 119-146.
- Karslı, 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.
- Karslı, O., Chen, B., Aydın, F. ve Şen, C., 2007. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sarıçiçek Plutons, Eastern Turkey: implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granifoids in a post-collision extensional setting, Lithos, 98, 67-96.
- Karslı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, J.R., 2010. Generation of the Early Cenozoic adakitic 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 Sıdağı pluton, NE Turkey: Magmatic response to continental lithospheric thinning, *Journal of Asian Earth Sciences*, doi: 10.1016/j.jseas.
- Kaygusuz, A., 2000. Torul ve Çevresinde Yüzeyleyen Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen. Bil. Enst., 235 Sayfa, Trabzon.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Şen, C. ve Satır, M., 2008. Petrochemistry and petrology of I-type granitoids in an arc setting: The composite Torul Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey. *Int. J. Earth Sci.* 97: 739 –764.
- Kaygusuz, A., 2009. K/Ar ages and geochemistry of the collision related volcanic rocks in the Ilıca (Erzurum) area, eastern Turkey, *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 186, 21-36.
- 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. *Chem. 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 J. Earth Sci.* 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). *N. Jb. Miner. Abh.* 187/3: 265 – 287.
- 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. *Chem. Erde.* 71, 59-75.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W. ve Şen, C., 2011a. 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 Aydınçakır, E., 2011b. U-Pb zircon SHRIMP ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions of Cretaceous Plutons in the Eastern Pontides (NE Turkey): the Dağbaşı Pluton. *Neues Jahrbuch Für Mineralogie*, 188/, 211-233

- Kaygusuz, A., Arslan, M., Wolfgang, S., Sipahi, F. ve İlbeyli, N., 2012a. Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, Eastern Pontides, Turkey. International Geology Rew 54 (15), 1776-1800.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., İlbeyli, N., Sipahi, F. ve Aydınçakır, E., 2012b. Doğu Pontid Kuzey Zonunda yüzeylenen Paleozoyik yaşlı granitlerin U-Pb zirkon yaşlandırması, Sr-Nd-Pb-O izotop sistematiği ve jeodinamik evrimi, (TÜBİTAK PROJESİ) Proje No: 109Y052.
- 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.
- 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.
- Ketin, İ. ve Canitez, N. 1972. Yapısal Jeoloji, İTÜ Kütüphanesi, 520, İstanbul.
- Ketin, İ., 1966. Türkiye'nin tektonik birlikleri, MTA yay. No: 66, Ankara, 20-34.
- Ketin, İ., 1983. Türkiye jeolojisine genel bir bakış, İ.T.Ü. Kütüphanesi, 1259, 536.
- Kırmacı, Z. 1992. Alucra-Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki (Doğu Pontid Güney Zonu) Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Berdiga Kireçtaşı'nın Sedimentolojik İncelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Korkmaz, S., 1993. Tonya-Düzköy (GB Trabzon) yöresinin stratigrafisi; *Türkiye Jeoloji Bült.*, 36, 151-158.
- Köprübaşı, N., 1992. Aşağı Harşit Bölgesinin Mağmatik Petrojenezi ve Masif Sülfidlerde Jeokimyasal Hedef Saptama Uygulamaları. 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.
- 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.

- 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.
- 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. ve Şahintürk, Ö., 1997. Geology of the Eastern Pontides, In: Robinson, A.G. (Editor), *Regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding region*, Am. As. Petr. Geol., 68, 291-311.
- Okay, A.I., Şahintürk, Ö. ve Yakar, H., 1997. Stratigraphy and tectonics of the Pulur (Bayburt) region in the Eastern Pontides, *Mineral Research Exploration Bulletin*, 119, 1-24.
- Okay, A. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horvath, F., Serane, M. (Eds.), *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen*, Geological Society, London, Special Publications, 156, 475-515.
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümegen, M. ve Tekeli, O., 1980. Amasya-Turhal arasındaki bölgenin jeolojisi, MTA Rap. No: 6722.
- Özdoğan, K., 1992. Karadağ (Torul-Gümüşhane) ve yakın çevresinin jeolojisi-mineralojisi-petrografisi ve maden zuhurlarının jenetik incelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniv. Fen Bil. Enstitüsü, Konya.
- Özsayar, T., Pelin, S. ve Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler’de Kretase, KTÜ Yer Bilimleri Dergisi, cilt 1, 65-114.
- Pearce, J.A. ve Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, *Earth and Planetary Science Letters*, 19, 290-300.
- 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., Moorbath, 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.
- Pelin, S. 1977. Alucra (Giresun) Güneydogu yöresinin petrol olanakları bakımından jeolojik incelenmesi, K.TÜ. Yayinlari, 87, 103s, Trabzon.

- Perfit, M.R., Gust, D.A., Bence, A.R., Arculus, R.J. ve Taylor, S.R., 1980. Chemical characteristic of island-arc basalts: Implications for mantle sources, *Chemical Geology*, 30, 227-256.
- Rickwood, P.C., 1989. Boundary lines within petrologic diagrams, which use oxides of major and minor elements. *Lithos*. 22: 247-263.
- Ringwood, A.E., 1990. Slab-mantle interactions: 3. Petrogenesis of Intraplate Magmas and Structure of the Upper Mantle, *Chemical Geology*, 82, 187-207.
- Rogers, N., Macdonald, R., Fitton, J. G., George, R., Smith, M. ve Barreiro, B., 2000. Two mantle plumes beneath the East African rift system: Sr, Nd and Pb isotope evidence from Kenya Rift basalts. *Earth and Planetary Science Letters* 176, 387–400.
- 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.
- Schmidberger, S.S. ve Hegner, E., 1999. Geochemistry and isotope systematics of calcalkaline volcanic rocks from the Saar-Nahe basin (SW German)-implications for Late Variscan orogenic development, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 135, 373-385.
- Schultze-Westrum, H.H. 1961. Giresun civarındaki Aksu Deresinin jeolojik profili, Kuzeydoğu Anadolu’da Doğu Pontus cevher ve mineral bölgesinin jeolojisi ve maden yatakları ile ilgili mütealalar, *MTA Dergisi*, 57, 63-71.
- Seymen, İ., 1975. Kelkit vadisi kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonu’nun Tektonik Özelliği, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sipahi, F., 2005. Zigana Dağı (Torul-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., 2013. The Geochemical and Sr-Nd isotopic Characteristics of Murgul (Artvin) Volcanics in the Eastern Black Sea Region (NE Turkey). *Chemie der Erde/Geochemistry*, DOI:10.1016/j.chemer.2013.08.005.
- Sipahi, F., Sadıklar, M.B., 2013. Geochemistry of Dacitic Volcanics in the Eastern Pontide (NE Turkey). *Geochemistry International*, DOI:10.7868/S0016752514040086.
- 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 (?) alkalen volkanik provensinin jeokimyasal ve petrolojik karakteristikleri, Tübitak Yayınları, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7, 231-239.
- Şen, C. 2000. Doğu Pontid alkalen provensine (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.
- Taner, M. F., 1977. Etude Geologique et Petrographique de la Region de Güneyce-İkizdere Situe au sud de Rize, (Pontid Orientales, Turquie), Doktora Tezi, Genevre Üniv.
- Tanyolu, E., 1986. Pulur Masifi (Bayburt) doğu kesiminin jeolojisi, 40. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 21-22.
- Taşlı, K., 1984. Hamsiköy (Trabzon) yöresinin jeolojisi, K.Ü., Dergisi, 3, 69-76.
- Taşlı, K., 1990. Gümüşhane-Bayburt yörelerindeki Üst Jura-Alt Kretase yaşlı karbonat istiflerinin stratigrafisi ve mikropaleontolojik incelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1985. *The continental crust, its composition and evolution*. Blackwell, Oxford, 312.
- 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, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Temizel, İ. ve Arslan, M., 2009. Mineral chemistry and petrochemistry of post-collisional 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 post-collisional volcanic rocks from the Ulubey (Ordu) area, eastern Pontide, NE Turkey: implications for extension-related origin and mantle source characteristics, *Lithos*, 128, 126-147.
- Terlemez, İ. ve Yılmaz, A., 1980. Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye arasında kalan bölgenin stratigrafisi, *TJK Bülteni*, 23, 2. 179-191.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and volcanic history of the Gümüşhane region (Ne Turkey), Ph. D. Thesis, University Colloge, 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. Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycik granodiorite (Eastern Pontides, Turkey), *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 150, 441-455.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A. ve Meyer, H.P., 2007. Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtoğlu 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, 92-110.

- Topuz, G., Okay, A.I., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Zack, T., Satir, 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.
- Türk-Japon Ekibi, 1985. The Republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Phase 1 Metal Mining Agency of Japan.
- 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.
- Van, A., 1990. Doğu Pontid kuşağında Artvin bölgesinin jeokimyası, petrojenezi ve masif mineralizasyonları, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Weaver, B.L., Wood, D.A., Tarney, J. ve Joron, J., 1987. Geochemistry of ocean island basalt from the South Atlantic: Ascension, Bouvet, St. Helena, Gough and Tristan da Cunda. In: Fitton, J.G ve Upton, B.G.J. (eds), *Alkaline igneous rocks*, Geological Society, London, Special Publications, 30, 253-267.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1976. Geochemical magma type discrimination: application to altered and metamorphosed basic igneous rocks, *Earth and Planetary Science Letters*, 28,459-469.
- Yalçınalp, B., 1992. Güzelyayla (Maçka-TRABZON) Porfiri Cu-Mo cevherleşmesinin jeolojik yerleşimi ve jeokimyası, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yılmaz, A., Engin, T., Adamia S. ve Lazarashvili T. 1997. Geoscientific studies of the area along Turkish-Georgian Border, MTA, Ankara.
- 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., 1993. Doğu Pontid Güney Zonu'nun stratigrafik denetimi ve paleo coğrafik evrimi, *Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Sayı 7, Ss: 199-214.

- Yılmaz, C., 1995. Gümüşhane-Bayburt yresindeki Alt Jura çökellerinin fasiyes ve ortamsal nitelikleri (KD Türkiye), *Yerbilimleri*, 26, 119-128.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt yöresindeki mesozoyik havzalarının tektono-sedimentolojik kayıtları ve kontrol etkenleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 45, 1, 141-165.
- 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, Y., 1976. Geochemical study of the Gümüşhane Granite, *İst. Üniv. Fen. Fak. Mec. Seri B*, 39, 3-4, 173-203.
- Zankl, H. 1962. Magmatismus und Bauplan des Ostrpontischen Gebirges im Querprofil des Harşit-Tales, *Bayerische Akademie der Wissenschaften. Abhandlungen. Neue Folge*, Heft 109, 61-90, München.
- 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.
- Zhao, D., Lei, J., Inoue, T., Yamada, A., ve Gao, S., 2006. Deep structure and origin of the Baikal rift zone. *Earth Planet. Sci. Lett.* 243, 681–691.

ÖZGEÇMİŞ

Kübra ŞAHİN, 1987 yılında Gümüşhane’de doğdu. 1994-2004 yılları arasında ilk, orta ve lise öğrenimini Gümüşhane’de tamamladı. 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde Lisans öğrenimine başladı. 2011 yılında lisans öğrenimini tamamladıktan sonra 2011 yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Haziran 2011 de Koç Holding’in madencilik firması olan Demir Export A.Ş.’de Exploration Geologist ‘Arama Jeoloğu’ olarak göreve başladı. Halen, Demir Export A.Ş.’de Exploration Geologist ‘Arama Jeologu’ olarak görev yapan Kübra ŞAHİN evli ve İngilizce bilmektedir.