



T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**BAHÇECİK (TORUL/GÜMÜŞHANE) VE CİVARINDAKİ EOSEN YAŞLI
VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİK, JEOKİMYASAL VE
PETROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zenne MERDAN TUTAR

**NİSAN 2015
GÜMÜŞHANE**

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

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BAHÇECİK (TORUL/GÜMÜŞHANE) VE CİVARINDAKİ EOSEN YAŞLI
VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİK, JEOKİMYASAL VE
PETROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zenne MERDAN TUTAR

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

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17.03.2015

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 22.04.2015

NİSAN 2015



KABUL ve ONAY



Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ danışmanlığında Zenne MERDAN TUTAR tarafından hazırlanan "BAHÇECİK (TORUL/GÜMÜŞHANE) VE CİVARINDAKİ EOSEN YAŞLI VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFIK, JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK ÖZELİKLERİNİN İNCELENMESİ" isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.


Başkan (Danışman):


Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ

Üye:

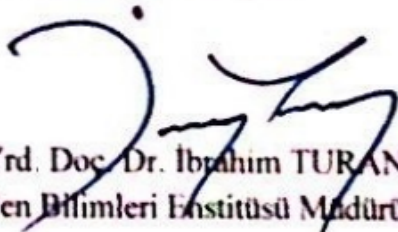

Doç. Dr. İrfan TEMİZEL

Üye:


Yrd. Doç. Dr. Emre AYDINÇAKIR

ONAY

Bu tez 13.5.2015 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.


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

Bu çalışma GÜBAP 02 Hızlı Destek Programı kapsamında desteklenmiştir.
Proje No:15 F5114.02.01

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış olduğum "Bahçecik (Torul/Gümüşhane) ve Civarındaki Eosen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi" isimli tez çalışmada; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim 15/03/2015


Zenne MERDAN TUTAR

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAHÇECİK (TORUL/GÜMÜŞHANE) VE CİVARINDAKİ EOSEN YAŞLI VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİK, JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Zenne MERDAN TUTAR

Gümüşhane Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ

2015, 103 sayfa

Bu tezin konusunu Bahçecik (Torul/Gümüşhane) ve çevresinde yüzeyleyen Eosen yaşlı volkanik kayalar oluşturmaktadır. Bu kapsamda, çalışma alanındaki volkanik kayalar petrografik, jeokimyasal ve petrolojik olarak incelenmiş olup, elde edilen bulgular ve veriler kullanılarak kayaların kökeni ve evrimi belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışma alanı Doğu Pontidlerin Kuzey Zonu'nda yer alıp, başlıca birimler Geç Kretase yaşlı Kızılkaya Formasyonu ve Çağlayan Formasyonu, bu iki birimi kesen Geç Kretase yaşlı Kastel Granodiyoriti, Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlardan oluşur.

İncelenen Eosen yaşlı volkanik kayalar bazaltik trakiandezit, bazaltik andezit, trakiandezit, andezit, trakidasit ve dasit bileşimindedir. Başlıca mineraller plajiyoklas, hornblend, ojit, kuvars, biyotit ve opak minerallerinden oluşmaktadır.

Eosen yaşlı Bahçecik volkanik kayalarına ait plajiyoklaslar An_{39-45} bileşimlidirler. Hornblendlerin magnezyum numaraları $[Mg/(Mg+Fe^{2+})]$ 0.85-1.00 arasında değişmektedir. Piroksenlerin $Fe^{(T)}/Fe^{(T)}+Mg$ içerikleri 0.19-0.26 arasındadır. Ayrıca, pirosenler $Wo_{44-46}En_{42-44}Fs_{10-15}$ bileşimlerine sahip olup diyopsitten ojite doğru değişen bir bileşim gösterirler.

Bahçecik (Torul) ve civarındaki Eosen yaşlı volkanik kayalar orta-yüksek potasyum (K) içeriğine sahiptirler ve kalk-alkali karakterlidirler. Volkanik kayalar hafif nadir toprak elementlerce (HNTE) zenginleşmiş olup, büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (BİYLE) ve yüksek çekim alanlı elementler (YÇAE) bakımından tüketilmişlerdir. Kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları, düşük-orta derecede zenginleşmiştir ve konkav şekillidir ($La/Lu=9.04-16.34$). Bu durum volkanik kayaları oluşturan kayaların benzer kayaktan oluştuklarını işaret etmektedir. Ayrıca, volkanitlerin gelişiminde başlıca fraksiyonel kristallenme, daha az oranda da özümleme \pm magma karışımı rol oynamıştır.

Tüm bu çalışmalar neticesinde elde edilen veriler, çalışılan volkanitlerin köken magmasının büyük olasılıkla, önceki yitimden türeyen sıvıların metasomatizmasıyla zenginleşmiş bir litosferik manto kaynağından oluşmuş olabileceğini gösterir.

Anahtar Kelimeler: Bahçecik, Doğu Pontidler, Eosen yaşlı volkanik kayalar, Jeokimya, Petroloji, Petrografi, Torul.

ABSTRACT

MS THESIS

**PETROGRAPHICAL, GEOCHEMICAL AND PETROLOGICAL STUDY OF
EOCENE VOLCANIC ROCKS IN THE BAHÇECİK (TORUL/GÜMÜŞHANE)
AND ITS SURROUNDING REGION**

Zenne MERDAN TUTAR

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ

2015, 103 pages

Eocene volcanic rocks in the Bahçecik (Torul/Gümüşhane) and its surrounding area is the subject of this thesis. Within this scope, petrographical, geochemical and petrological characteristics of volcanic rocks from the study area were investigated, by using data and facts acquired, the origin and the evolution of the rocks were tried to determined.

Study area is in the North Zone of the Eastern Pontides, main units consist of Late Cretaceous Kızılkaya Formation and Çağlayan Formation, Late Cretaceous Kastel Granodiorite that cut these two units, Eocene Alibaba Formation and Quaternary alluviums.

Studied Eocene volcanic rocks are in composition of basaltic trachyandesite, trachyandesite, basaltic andesite, andesite, trachydacite and dacite. Main minerals consist of plagioclase, hornblende, augite, quartz, biotite and opaque minerals.

Plagioclases in the Eocene Bahçecik volcanic rocks are in the composition of An₃₉₋₄₅. Magnesium numbers ($Mg/(Mg+Fe^{2+})$) belonging to hornblends change between 0.85 and 1.00. $Fe^{(T)}/Fe^{(T)}+Mg$ values of the pyroxenes are between 0.19 and 0.26. Besides, pyroxenes have Wo₄₄₋₄₆En₄₃₋₄₄Fs₁₀₋₁₅ compositions and they show compositions differ from diopside to augite.

Eocene volcanic rocks in the Bahçecik (Torul) and its surroundings have medium to high K values and show calc-alkaline characteristics. Volcanic rocks are enriched in light rare earth elements (LREE) and depleted in high field strength elements (HFSE). The chondrite-normalized light rare earth elements (REE) distributions show low to medium enrichment level and are concave in shape ($La/Lu=9.04-16.34$). This case indicates that the volcanic rocks have similar sources. Moreover, during the formation of the volcanic rocks mainly fractional crystallization and minor crustal contamination \pm magma mixing took place.

All of these evidences support the conclusion that the parental magma of the studied volcanic rocks probably derived from an enriched lithospheric mantle, previously metasomatized by fluids.

Keywords: Bahçecik, Eastern Pontides, Eocene volcanic rocks, Geochemistry, Petrology, Petrography, Torul.

TEŞEKKÜR

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

Tezin her aşamasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ'a şükranlarımı sunarım. Çalışmalarım sırasında tecrübelerinden ve desteğinden yararlandığım Doç. Dr. Ferkan SİPAHI'ye, Yrd. Doç. Dr. Emre AYDINÇAKIR'a ve Arş. Gör. Dr. Mehmet Ali GÜCER'e teşekkürlerimi sunarım. Arazi çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğrencileri Emre TOPÇU, Züleyha ALTUN, Özgür ÖZDEMİR, Mustafa Burak ÖZCANLI ve Tuğçe DEMİR'e teşekkür ederim. Ayrıca ince kesitleri hazırlayan teknisyenimiz Hakkı YOKUŞ' a çok teşekkür ederim.

Hayatımın her karesinde yanımda olan değerli annem Rahime MERDAN' a, babam Ünal MERDAN'a, abim Abdurrahim MERDAN'a, kız kardeşlerim Zeynep MERDAN ve Nurdan MERDAN'a bana her şekilde varlıklarını hissettirdikleri ve destek oldukları için çok müteşekkirim. Ayrıca, bana daima destek olan sevgili eşim Süleyman TUTAR'a içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Zenne MERDAN TUTAR
Gümüşhane, 2015

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	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
1.4. Bölgede Yapılan Önceki Çalışmalar	8
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	17
2.1. Amaç ve Yöntem.....	17
2.1.1. Arazi Çalışmaları.....	17
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları	17
2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması	17
2.1.2.2. Petrografik İncelemeler ve Mikro Fotoğrafların Çekimi	17
2.1.2.3. Örneklerin Kimyasal Analize Hazır Hale Getirilmesi	17
2.1.2.4. Mikroprob Analizleri.....	17
2.1.2.5. Jeokimyasal Analizler	18
2.1.2.6. Nem Kaybı ve Ateşte Su Kaybı (LOI)	18
2.1.3. Ofis Çalışmaları.....	18
3. BULGULAR	20
3.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi.....	20
3.1.1. Kızılkaya Formasyonu	25
3.1.1.1. Kızılkaya Formasyonu'nun Yaşı.....	28

3.1.1.2.	Kızılkaya Formasyonu'nun Deneştirmesi	28
3.1.2.	Çağlayan Formasyonu	28
3.1.2.1.	Çağlayan Formasyonu'nun Yaşı	30
3.1.2.2.	Çağlayan Formasyonu'nun Deneştirmesi	31
3.1.3.	Kastel Granodiyoriti	31
3.1.3.1.	Kastel Granodiyoriti'nin Yaşı	34
3.1.3.2.	Kastel Granodiyoriti'nin Deneştirmesi	34
3.1.4.	Alibaba Formasyonu	35
3.1.4.1.	Alibaba Formasyonu'nun Yaşı.....	43
3.1.4.2.	Alibaba Formasyonu'nun Deneştirmesi	43
3.1.5.	Alüvyon	43
3.2.	Eosen Yaşı Volkanik Kayaçların Mineral Kimyası	45
3.2.1.	Giriş	45
3.2.2.	Plajiyoklas	45
3.2.3.	Hornblend	50
3.2.4.	Klinopiroksen	53
3.3.	Eosen Yaşı Volkanik Kayaçların Jeokimyası	58
3.3.1.	Giriş	58
3.3.2.	Volkanik Kayaçların Kimyasal Sınıflandırılması	58
3.3.3.	Ana ve İz Element Analizleri	63
3.3.4.	Nadir Toprak Element Analizleri	72
3.3.5.	Tektonik Konum.....	74
4.	TARTIŞMA.....	78
4.1.	Fraksiyonel Kristallenme	78
4.2.	Asimilasyon-Fraksiyonel Kristallenme	81
4.3.	Kaynak Karakteristiği.....	83
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	87
6.	KAYNAKLAR.....	89
	ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	İspendım Tepe civarında yüzeyleyen Alibaba Formasyonu'nun görünümü.....	2
Şekil 1.2.	Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	4
Şekil 1.3.	İnceleme alanının Türkiye'nin tektonik birlikleri içerisindeki yeri.....	6
Şekil 1.4.	Doğu Pontidler'deki Tersiyer yaşlı volkanik kayalar ve bu kayaları kesen sokulumların yayılımını gösteren jeolojik harita.....	15
Şekil 3.1.	İnceleme alanının stratigrafik kolon kesiti.....	21
Şekil 3.2.	İnceleme alanının jeoloji haritası.....	22
Şekil 3.3.	İnceleme alanına ait A-A' jeolojik kesiti.....	23
Şekil 3.4.	İnceleme alanına ait B-B' jeolojik kesiti.....	24
Şekil 3.5.	Kızılkaya Formasyonu'nda gözlenen kaolinleşme, kloritleşme ve limonitleşme.....	25
Şekil 3.6.	Kızılkaya Formasyonu'na ait mikroskopik fotoğraflar a) Dasitik tuf b) Dasitik litik kristal tuf c) Silisleşmiş dasit.....	26
Şekil 3.7.	Kızılkaya Formasyonu'na ait mikro fotoğraflardaki kuvars kristalindeki kemirilme dokusu.....	27
Şekil 3.8.	Çağlayan Formasyonu ve Alibaba Formasyonu sınırı.....	29
Şekil 3.9.	Çağlayan Formasyonu'ndaki a) Litik kristal tuf b) Öz şekilli hornblend kristalleri.....	30
Şekil 3.10.	Kastel Granodiyoriti'ne ait örneklerin KAP üçgen diyagramındaki konumları.....	32
Şekil 3.11.	Kastel Granodiyoriti'nde gözlenen taneli doku.....	34
Şekil 3.12.	Alibaba Formasyonu'na ait tortul birimler ve volkanitlerin dokanağı.....	35
Şekil 3.13.	Alibaba Formasyonu'ndaki a) Breşler b) Aglomeralar.....	36
Şekil 3.14.	Alibaba Formasyonu içindeki tortul birimler.....	37
Şekil 3.15.	Alibaba Formasyonu'a ait andezitlerin görünümü.....	37
Şekil 3.16.	Alibaba Formasyonu içindeki litik kristal tufün mikroskopik görünümü.....	38
Şekil 3.17.	Alibaba Formasyonu içindeki a) Fosilli kireçtaşı b) Mikro fosilli kireçtaşı c) Kristalize kireçtaşı d) Kumlu kireçtaşlarının mikroskopik görünümü.....	39
Şekil 3.18.	Alibaba Formasyonu'ndaki hornblend andezitlerde gözlenen a) Glomeroporfirik doku, b) Öz şekilli hornblendler, c, d) Ojitli andezitlerde görülen ojitler e) Zonlu plajiyoklaslar f) Dasitlerde görülen kemirilmiş kuvars g) Opaklaşmış hornblendler h) Glomeroporfirik doku gösteren plajiyoklaslar.....	42
Şekil 3.19.	Çalışma alanındaki alüvyonlar.....	44

Şekil 3.20. Çalışma alanına ait plajiyoklasların An-Ab-Or sınıflama diyagramına göre konumları.....	47
Şekil 3.21. Zonlu plajiyoklaslarda gözlenen An değişimleri.....	48
Şekil 3.22. Plajiyoklasların a) $Ca^{(2+)}-Na^{(+)}$, b) $Al^{(3+)}-Si^{(4+)}$ değişim diyagramları	49
Şekil 3.23. Plajiyoklasların, a) $FeO^{(T)}-An$, b) K_2O-An değişim diyagramları.....	49
Şekil 3.24. Çalışma alanına ait hornblendlerin Na'a karşı Ca+Na diyagramındaki konumları.....	51
Şekil 3.25. Hornblendlerin sınıflama diyagramındaki yerleri.	51
Şekil 3.26. Hornblendlerin, a) $(Na+K)^{(A)}-Al^{(4)}$, b) $Al^{(6)}-Al^{(4)}$ değişim diyagramındaki konumları.....	52
Şekil 3.27. Hornblendlerin, a) $Al^{(4)}-Al^{(T)}$, b) $Fe^{(+2)}-Al^{(4)}$ değişim diyagramındaki konumları.....	53
Şekil 3.28. Piroksenlerin, a) Wo-En-Fs, b) Ti-Na- $Al^{(4)}$ diyagramındaki yerleri	55
Şekil 3.29. Piroksenlerin a) $Fe^{(T)}-Mg$, b) $Ca-Al^{(T)}$ -, c) $Al^{(T)}-Fe$ değişim diyagramları.....	56
Şekil 3.30. Piroksenlerin a) $Al^{(T)}-Mg\#$, b) Ti-Mg# değişim diyagramları, c) Piroksenlerin $Al^{(T)}-Ti$ değişim diyagramları.....	57
Şekil 3.31. İnceleme alanına ait örneklerin SiO_2 'e karşı toplam alkali (Na_2O+K_2O) diyagramı	59
Şekil 3.32. İnceleme alanına ait örneklerin sınıflaması Nb/Y'e karşı Zr/ TiO_2 sınıflama diyagramı	60
Şekil 3.33. İnceleme alanına ait örneklerin SiO_2-Zr/TiO_2 diyagramı.....	61
Şekil 3.34. İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin AFM diyagramı	62
Şekil 3.35. İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin SiO_2 'e karşı K_2O diyagramı	63
Şekil 3.36. İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı ana element değişim diyagramları	68
Şekil 3.37. İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı iz element değişim diyagramları.....	69
Şekil 3.38. İnceleme alanına ait kayaçların ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları	71
Şekil 3.39. İnceleme alanına ait kayaçların; kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları.....	73
Şekil 3.40. İnceleme alanındaki volkanik kayaçların tektonik ayırtman diyagramları. (a) Nb (ppm)'ye karşı Nb/Th diyagramı (b) Sr/Y-Y tektonik ayırtman diyagramı. (c) La_N/Yb_N-Yb_N tektonik ayırtman diyagramı	75
Şekil 3.41. $TiO_2-MnO*10-P_2O_5*10$ diyagramı	76
Şekil 3.42. İnceleme alanındaki volkanitlere ait, (a) Ba'ya karşı Nb ve b) Ba'ya karşı La tektonik ortam ayırtman diyagramları	77
Şekil 4.1. İnceleme alanındaki volkanik kayaçlara ait Y (ppm)'a karşı CaO (%) diyagramı	79

Şekil 4.2.	İnceleme alanındaki volkanik kayaçların a) SiO ₂ 'ye karşı Y/Nb diyagramı, b) La karşı Zr diyagramı.....	80
Şekil 4.3.	İnceleme alanındaki volkanik kayaçların SiO ₂ 'ye karşı Y/Nb diyagramı	82
Şekil 4.4.	İnceleme alanındaki volkanik kayaların Ta/Yb'a karşı Th/Yb diyagramı	82
Şekil 4.5.	İnceleme alanındaki volkanitlerinin; a) Ce/Pb karşı Ce diyagramı b) La/Yb'a karşı Nb/La diyagramı.....	84
Şekil 4.6.	a) Th/Y'ye karşı Nb/Y diyagramı b) Ba/Nb'a karşı La/Nb c) Nb/Zr'a karşı Th/Zr diyagramı	86

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Doğu Pontidler'deki Tersiyer yaşlı volkanik kayalardan yapılmış radyometrik yaşlar ve yöntemleri	14
Tablo 3.1. Kastel Granodiyoriti'ne ait kayaç örneklerinin mineral içerikleri.....	32
Tablo 3.2. Plajiyoklaslara ait mikrokimya içerikleri	46
Tablo 3.3. Hornblendlere ait mikrokimya analiz sonuçları	50
Tablo 3.4. Klinopiroksenlere ait mikrokimya analiz sonuçları	54
Tablo 3.5. İnceleme alanına ait kayaçların ana (%) ve iz (ppm) element analizleri ile normatif element analizleri	64
Tablo 3.6. İnceleme alanına ait kayaçların nadir toprak element (ppm) analizleri.....	65

SEMBOLLER DİZİNİ

Ab	: Albit
AC	: Akmit
A/CNK	: Molar olarak $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$
AFK	: Asimilasyon ile eş zamanlı gelişen kristallenme
A/NK	: Molar olarak $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$
An	: Anortit
ANTE	: Ağır Nadir Toprak Elementleri
BİYLE	: Büyük İyon Yarıçaplı Litofil Elementler
CATS	: Ca-çermakit
cm	: Santimetre
Ç.N	: Çapraz Nikol
F	: Feldispat
FK	: Fraksiyonel Kristallenme
Gl	: Globotrucana
GÜ	: Gümüşhane Üniversitesi
Hb	: Hornblend
Hem	: Hemamit
HIMU	: μ -içeriği veya ($^{238}U/^{204}Pb$) oranı yüksek olan manto kaynağı
Hip	: Hipersten
HNTE	: Hafif Nadir Toprak Elementleri
ICP	: İndüktif Eşleşmiş Plazma
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma – Kütle Spektrometri
İlm	: İlmenit
JD	: Jadeyit
Ka	: Kalsit
km	: Kilometre
Ku	: Kuvars
Kp	: Kayaç Parçası
Kpir	: Klinopiroksen
LOI	: (loss on ignition=ateşte kayıp) :Toplam uçucu içeriği
m	: Metre cinsinden uzunluk
Mg#	: Mağnezyum numarası [$100*(MgO/MgO+\Sigma Fe_2O_3)$]
mm	: Milimetre
MMA	: Mafik Magmatik Anklav
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
My	: Milyon yıl
NAT	: Na-Ti klinopiroksen
NATAL	: Na-Ti-Al klinopiroksen
NTE	: Nadir Toprak Elementler
OAB	: Okyanus Adası Bazaltı
Ol	: Olivin
Oj	: Ojit
OOSB	: Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
Op	: Opak mineral
Opir	: Ortopiroksen
Ort	: Ortoklas
Pir	: Piroksen

Plj	:	Plajiyoklas
TAL	:	Ti-Al klinopiroksen
ppm	:	Milyonda bir
TAS	:	Toplam Alkali Silika
UR	:	Kosmoklar
YÇAE	:	Yüksek Çekim Alanlı Elementler
Z-OOSB	:	Zenginleşmiş Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
μ	:	Mikron

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bahçecik (Torul) ve çevresindeki Eosen yaşlı volkanik kayalar konu alan çalışma alanı, Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Kuzey Zonu'nda yer almaktadır. Arazi ve laboratuvar çalışmaları neticesinde volkanik kayaların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Tüm bu çalışmalar neticesinde elde edilen veriler öncülüğünde inceleme alanındaki Eosen yaşlı volkanik kayaların oluşturan magmanın kökeni ve evrimi ortaya konmuştur.

1.2. Coğrafi Bilgiler

1.2.1. Coğrafi Konum

Çalışma alanı Trabzon G42-c4 ve -d3 paftalarının güneybatısında yer almakta olup, 78 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bu alan Torul'un yaklaşık 6 km güneyinde bulunan Altınpınar, 13 km batısında bulunan Arpalı, yaklaşık 11 km güneybatısında bulunan Yıldız ve Emirler ve yaklaşık 15 km kuzeybatısında bulunan Demirkapı tarafından çevrelenmektedir. Ayrıca, inceleme alanı Torul'un 3 km kuzeybatısındaki Bahçecik'i, yaklaşık 7 km güneybatısındaki Büyükçit ve Küçükçit'i de kapsamaktadır (Şekil 1.1).

1.2.2. Topoğrafya

Çalışma alanı sert röliyefli sırtları, tepeleri ve kayalıkları içermektedir (Kenesin Kayası, Maniyakaya, Kaskarabaş Sırtı, Düzler Sırtı, Kalamlar Sırtı, Koşanida Sırtı, Esrahdos Sırtı, Aymama Sırtı, Ziyaret Sırtı). Çalışma alanındaki başlıca tepeler Çamlığın Tepe (1245 m), Yıldırımtaş Tepe (1420 m), Arif Tepe (1858 m), Makrelbaşı Tepe (2245 m), Büyükkıran Tepe (2049 m), İspendam Tepe (2118 m), Kıranüzeri Tepe (1761 m), Kargano Tepe (2213 m), Sineктаşı Tepe (2156 m), Argomidi Tepe (1324 m), Ayliye Tepe (1989 m), Yüksek Tepe (1726 m) ve Gelincik Tepe (1502 m)'dir. İnceleme alanındaki en düşük kotlar vadileri oluşturan dere yataklarıdır ve kotları 1000 m-1200 m arasında

değişmektedir. Çalışılan arazinin topoğrafyası da yaklaşık olarak 1000 m-2250 m arasında dağılım göstermektedir.

Çalışılan arazideki en büyük dere Harşit Çayı'nın bir kolu olan ve çalışma alanının en büyük karayoluna paralel akan Çit Dere'dir. Çit Dere'yi besleyen diğer küçük dereler ise Kapılar Dere, Herek Dere, Eriklik Dere, Tilkideliği Dere, Balihor Dere, Bahçecik Dere, Kilise Dere, Pilirim Dere, Sana Dere, Hayliya Dere, Köyüm Dere ve Penk Dere'leridir. Diğer küçük dereler ise Çayır Dere, Ayazlı Dere, Zalimas Dere, Palak Dere ve Konak Dere'sidir.



Şekil 1.1. İspendama Tepe civarında yüzeylenen Alibaba Formasyonu'nun görünümü

1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Gümüşhane İli'ne ait Torul ilçesi iklim özellikleri bakımından Doğu Anadolu ile Karadeniz Bölgesi arasında bir geçiş teşkil etmektedir. Çalışma alanı da, Torul civarında bulunduğu için aynı iklim özelliklerini göstermektedir. İnceleme alanında genelde karasal iklim egemen olup yazlar kurak ve yağışsız, kışlar ise soğuk ve serttir. Bu alan iki bölgenin özelliklerinden etkilenen özel bir iklime sahiptir. Gümüşhane'nin kuzeydoğusunda bulunan

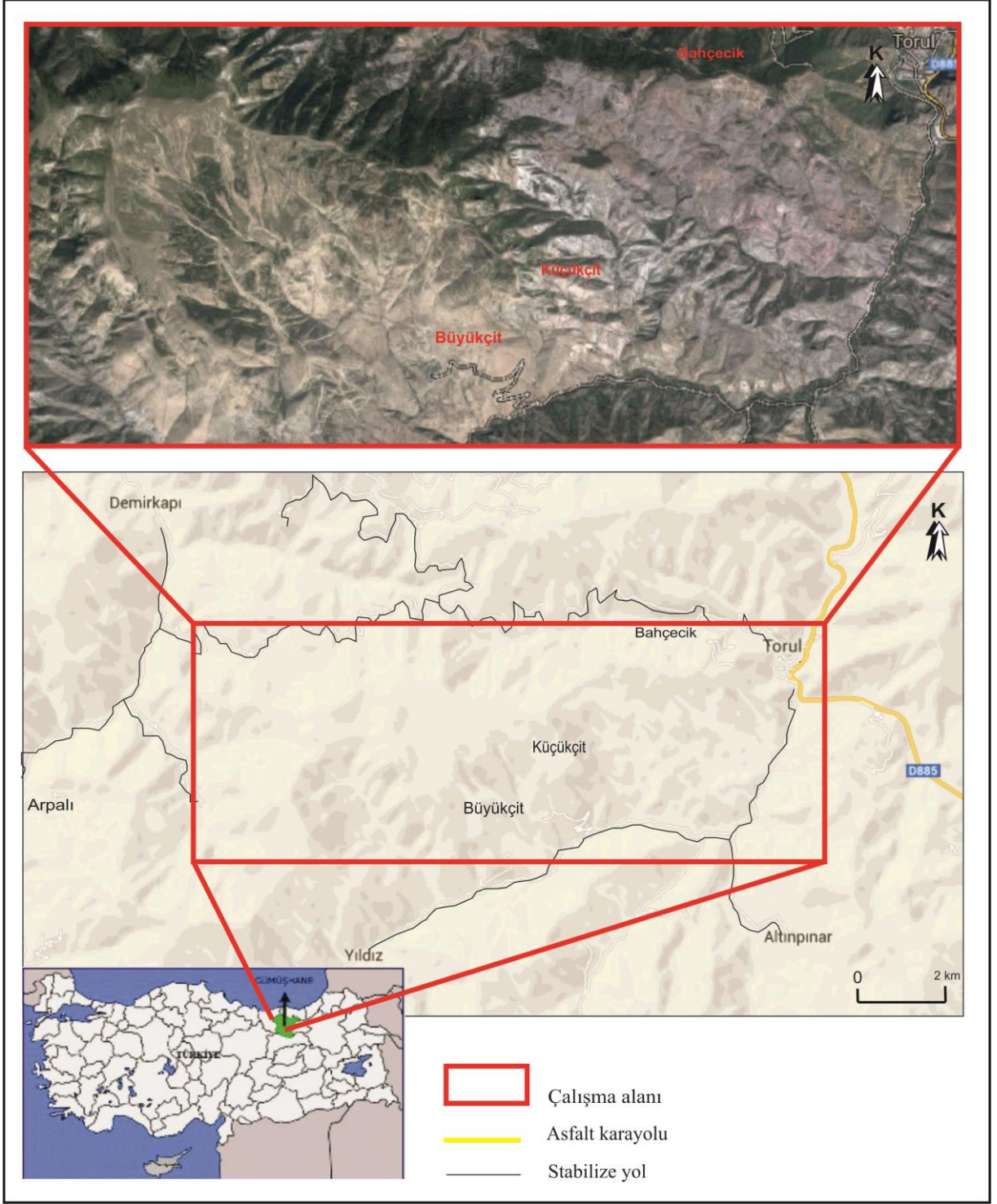
Zigana Dağları Karadeniz Bölgesi'nin karakteristik nemli havasını, güneybatısında bulunan Kop Dağları ise Doğu Anadolu Bölgesi'nin karakteristik soğuk ve sert rüzgârlarını engellemektedir. Dolayısıyla bölge, iki iklim arasında bir geçiş niteliğe sahip bir mikroklima iklim özelliğine sahiptir. Açık ve güneşli geçen gün sayısı ortalaması 79 gün olup, kapalı geçen gün sayısı ortalaması 68 gündür. En bol güneşlenme Temmuz, en az güneşlenme Ocak ve Aralık aylarında olmaktadır. Yağışlar kış aylarında kar; bahar aylarında ise yağmur şeklinde görülmektedir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMI)'nin bölgede işlettiği büyük ve küçük klimatoloji istasyonları tarafından temin edilen bilgilere göre çalışma alanı ve civarı yıllık ortalama sıcaklığı 9.6 °C'dir. Temmuz alanın 20.04 °C aylık ortalama sıcaklık içeriği ile yılın en sıcak ayı, Ocak ise -2.22 °C'lik aylık ortalama sıcaklık içeriği ile en soğuk ayıdır.

Çalışma alanı bitki örtüsü yönünden zengindir. Alçak kesimlerde meyve ağaçları, yüksek kesimlerde ise yoğun çam, meşe ve kavak ağaçları vardır. 2100 metre rakıma kadar olan kısımlarında çam, köknar, ladin, mazı, meşe, titrek kavak, Özbek kavağı, büyük yapraklı ıhlamur, dağ akça ağacı, adi ceviz, sakallı kızılağaç, kiraz, yabani elma, mahlep, sarıçam, kadran ardıcı, bodur ardıç, boyacı sumacı, erik, ılgın, yabani fındık, kuşburnu, alıç ve tespiti yapılamayan yüzlerce odunsu bitki bulunmaktadır. Alçak rakımlarda peygamber çiçeği, ablan otu, başlık otu, saman çiçeği, bodur mazı, yüzlerce otsu ve endemik bitki çeşidi bulunmaktadır.

1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim

Tezin çalışma arazisinin yerleşim yerlerini mahalleler, mezralar, yayalalar ve köyler oluşturmaktadır. Başlıca yerleşim yerleri Bahçecik, Büyükçit, Küçükçit Köyleri (Şekil 1.2) ile Kayadibi, Hıdrellez, Halilli, Balihor, Dere, Başherek ve Alancık Mahalleleri'dir. Bu mahallelerde genelde yaz aylarında yerleşim görülmektedir.

Çalışma arazisine ana ulaşım Gümüşhane'nin Torul ilçesine kadar Trabzon-Gümüşhane asfalt karayolu ile yapılmaktadır. Daha sonra bu ana yoldan araziye ayrılan ayrıca asfalt bir yol bulunmaktadır. Yerleşim bölgelerine ulaşım ise stabilize ve patika yollarla sağlanmaktadır. Torul merkezine en yakın yerleşim yeri yaklaşık 3 km uzaklıkta olan Bahçecik Köyü'dür. Büyükçit ve Küçükçit Köyleri ise Torul'a yaklaşık 7 km uzaklıktadır.

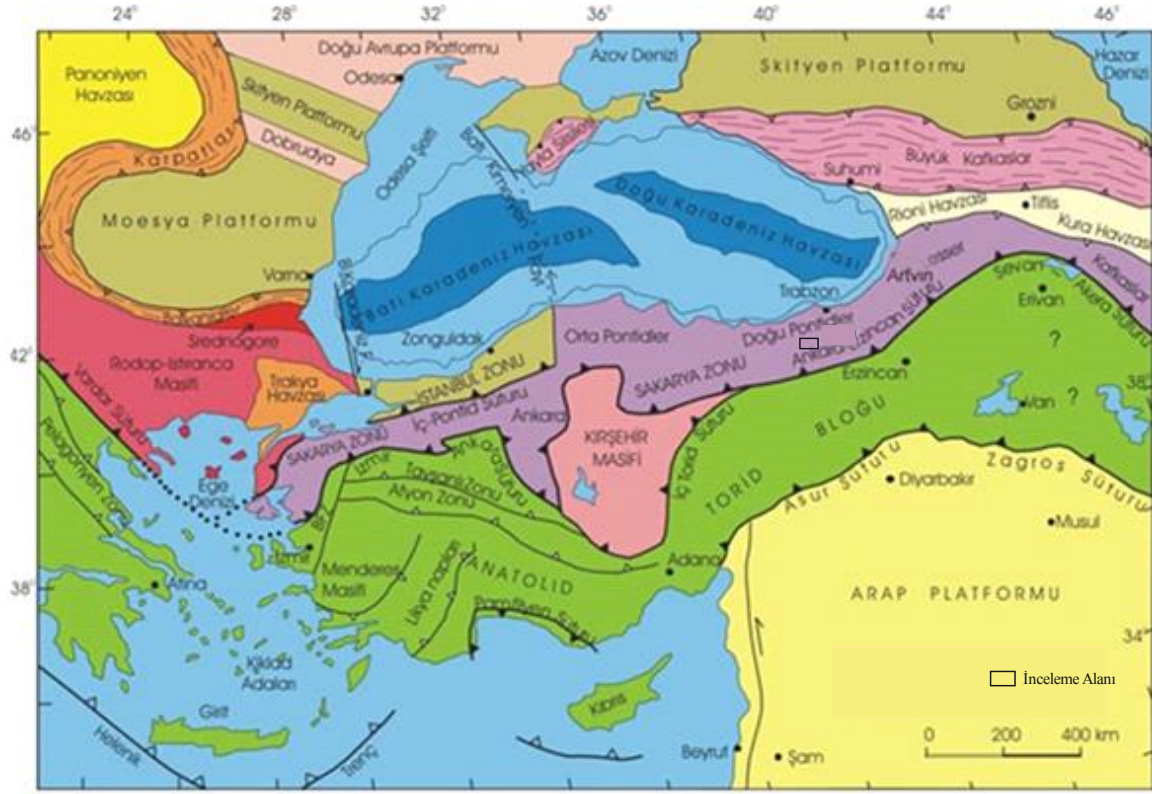


Şekil 1.2. Çalışma alanının yer bulduru haritası

1.3. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Genel Jeolojisi

Bahçecik (Torul) ve civarını da içine alan Doğu Karadeniz Orojenik Kuşağı'na ilk kez Hamilton (1842) tarafından tektonik bir birim olarak "Pontid" ismi verilmiştir. Tektonik grupları kuzeyden güneye doğru Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları olmak üzere Ketin (1966) dört ana tektonik grupta toplamıştır. Ketin ve Canitez (1972) bu tektonik gruplar üzerinde yeni bir düzenleme yapmış ve litolojik farklılıklarından ötürü Doğu Pontid tektonik birliğini "Doğu Pontid"ler ve "Batı Pontid"ler olarak iki gruba ayırmıştır. Doğu Pontidler'de Geç Kretase yaşlı birimleri "Doğu Pontid Kuzey Zonu" ve "Doğu Pontid Güney Zonu" olarak Özsayar vd. (1981) iki grupta toplamışlardır. Bektaş vd. (1977) ise, Doğu Pontidler'i kuzeyden güneye doğru "Kuzey Zon", "Eksen Zonu" ve "Güney Zon" olarak üç alt birliğe bölmüşlerdir. Bu bilgilere ek olarak, bu tezin çalışma arazisi 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 birimleri Güney Zon'da Ağvanis masifi (Okay, 1984; Altınkaynak, 2000), Tokat metamorfik masifi (Alp, 1972; Özcan vd., 1980; Rojay, 1993; Tüysüz 1996; Yılmaz vd., 1997; Eyüboğlu, 2006), Pular masifi (Topuz ve Altherr, 2004; Topuz vd., 2004a, 2004b ve 2007), Kurtoğlu metamorfikleri (Topuz vd., 2007, 2010), Karadağ metamorfikleri (Dokuz, 2000; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Ustaömer ve Robertson, 2010), Kopuzsuyu metamorfik kayalar, Gümüşhane Batoliti (Tokel, 1972; Çoğulu, 1975; Yılmaz, 1976; Özdoğan, 1992; Topuz vd. 2010) ve Köse Batoliti (Dokuz, 2011)'nden oluşmaktadır. Kuzey zonda ise en yaşlı kayalar küçük mostralarda halinde Tonya güneyindeki Derinoba ve Kayadibi granitleri (Kaygusuz vd. 2012, 2013), Özdil yöresinde Özdil Granitoidi (Kaygusuz vd. 2013) ve Maçka yöresindeki Soğuksu ve Seslikaya granitleri (Kaygusuz vd. 2013) bulunmaktadır. Ayrıca Dereli (Giresun) ve Çaykara (Trabzon) yörelerinde, metamorfizma yaşları tam olarak tespit edilmemekle birlikte, yüzeyleyen metamorfik kayaların da bölgenin taban kayalarını temsil ettiği görüşü kabul edilmektedir (Schultze-Westrum, 1961; Zankl, 1962; Boynukalın, 1990).



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

Triyas dönemini temsil eden Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'ndaki kayaçların varlığı tartışma konusudur. Amasya yöresindeki Tokat masifini oluşturan metamorfik kayaçlar üzerine gelen, çok düşük dereceli metamorfizmaya uğradığı düşünülen, kırıntılı kayaçlardan oluşan Karasenir Formasyonu'nun (Alp, 1972) ve Bayburt Demirözü yöresindeki metamorfik kayaçlar üzerine gelen ve kırıntılı kayaçlardan oluşan Karakaya Formasyonu istifinin (Ağar, 1977; Yılmaz vd., 1997b; Topuz vd., 2004a) Triyas yaşlı olduğu belirtilmiştir. Pulur ve Tokat metamorfik masiflerini kesen ultramafik ve mafik intrüzyonlardan Eyüboğlu vd. (2010, 2011) tarafından yapılan araştırmalarda Geç Triyas yaşı (191 ile 212 My) bulguları ortaya konulmuştur.

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'na ait Paleozoyik ve Triyas yaşlı kayaçlar Erken-Orta Jura yaşlı volkano-tortul istifler tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Orojenik Kuşağın Kuzey Zonu'nda Jura yaşlı sedimanter oluşumlara seyrek olarak rastlanılmaktadır (Giresun, Dereli bölgesi) ve bu birimler genel olarak volkanik kayaçlar ile temsil edilmektedirler (Boynukalın, 1990; Eyüboğlu vd., 2006; Şen, 2007).

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın tamamında Geç Jura-Erken Kretase dönemi tektonik ve magmatik açıdan duraylılık dönemine karşılık geldiği için, tüm bölgede karbonat çökelimi egemendir. Kuzey Zon'da genellikle masif tabakalanmalı, gri-bej renkli, yanal devamlılığı olmayan kireçtaşları ile temsil edilen birim (Taslı, 1984), ilk kez Pelin (1977) tarafından Berdiga Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Berdiga Formasyonu magmatik yayın güney kesiminde ise genel olarak gri-bej renkli, kalın, kimi yerde masif katmanlı, bentik foraminifer fosillerince çok zengin, taban seviyeleri kimi yerde dolomitlerden, üst seviyeleri ise yumru çört ve bantlı kireçtaşlarından müteşekkil, sığ denizel bir istif özelliği sunmaktadır (Taslı, 1990; Kırmacı, 1992; Yılmaz, 2002).

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda Geç Kretase dönemi kuzeyden güneye doğru gidildikçe önemli litolojik farklılıklar göstermektedir. Şiddetli bir magmatizmanın ürünü olan granitik intrüzyonlar ve volkanik kayalar Kuzey Zon'da baskın litolojiyi teşkil etmektedirler (Bektaş, 1984; Jica, 1985; Gedik vd., 1992; Köprübaşı, 1993; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Okay ve Şahintürk, 1997; Güngör vd., 1997; Köprübaşı vd., 2000; Kaygusuz, 2000; Boztuğ vd., 2002; Şahin vd., 2004; Karşlı vd., 2004, 2010; Sipahi, 2005, 2011; Boztuğ vd., 2006; Kaygusuz vd. 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Kaygusuz ve Şen, 2011, Sipahi ve Sadıklar, 2014; Sipahi ve diğ., 2013; Aydınçakır ve Şen, 2013). Tortul ara seviyelerin çökelimi ise magmatizmanın durakladığı dönemlerde meydana gelmektedir. Güneye doğru ilerledikçe magmatizmanın şiddeti azalmaktadır ve magmatik kayaç ağırlıklı istif yerini sedimanter kayaç ağırlıklı bir istife bırakmaktadır. Magmatizma yaygın olarak daha güneyde Bayburt-Amasya hattı boyunca gözlemlenmektedir (Altherr vd., 2008; Topuz vd., 2010; Eyüboğlu, 2010).

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Senozoyik dönemi güney kısmında sedimanter, kuzey kısmında ise magmatik ağırlıklı bir istif ile temsil edilmektedir. Senozoyik magmatizması güneyde Kop Dağları ve Erzincan hattı boyunca Geç Paleosende başlamış ve kuzeye doğru ilerleyerek Gümüşhane-İspir hattı boyunca Erken Eosen döneminde asidik magmatizmanın ve volkano-sedimanter istif özelliğindeki ürünleri meydana getirmiştir (Tokel, 1977; Arslan vd., 1997; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Topuz vd., 2005; Arslan ve Aslan, 2006; Karşlı vd., 2007; Temizel ve Arslan, 2008; Temizel ve Arslan, 2009; Aslan, 2010; Karşlı vd., 2010b, 2011a; Kaygusuz vd., 2011; Topuz vd., 2011; Eyüboğlu vd., 2011a, b; Temizel vd., 2012; Arslan vd., 2013; Aslan vd., 2014; Aydınçakır vd., 2014; Temizel vd., 2014; Temizel, 2014). Senozoyik döneminde Doğu

Pontid Orojenik Kuşığı'nın Kuzey Zonu'nda magmatizma Güney Zonu'ndakine göre daha şiddetlidir. Bu durumun sonucu olarak bu dönemde kalk-alkali, granitik ve bazik volkanik kayaçların oluşumu söz edilmektedir (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Şen vd., 1998; Boztuğ vd., 2004; Karslı vd., 2011b).

Neojen yaşlı alkalin volkanizma bölgedeki magmatik faaliyetlerin son ürünlerini sahil boyunca meydana getirmektedir (Aydın, 2003; Aydın vd., 2008; Yücel, 2013; Yücel vd., 2014). 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. Bölgede Yapılan Önceki Çalışmalar

Bölgede geniş ölçekli birçok çalışma olmasına karşın (Türk-Japon ekibi, 1985; Gülibrahimoğlu vd. 1986; Yılmaz, 1993; Güven, 1993; Atıcı, 1998; Yılmaz vd. 2000; Kaygusuz, 2000; Eker, 2002; Kaygusuz vd. 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014; Sipahi, 2005, 2011; Eker vd., 2012; Sipahi vd. 2014; Sipahi ve Sadıklar, 2014), Bahçecik ve güneybatısındaki Eosen yaşlı volkanik kayaçların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri üzerine yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Doğu Pontid Orojenik Kuşığı'nda Eosen yaşlı volkanik kayaçlar Kuzey Zonu'nda Karadeniz kıyı şeridi boyunca dar bir arazide, Güney Zonu'nda ise yaygın olarak geniş bir alanda yüzeyleme vermektedir. Doğu Pontid Orojenik Kuşığı'ndaki Eosen yaşlı volkanik kayaçları birçok araştırmacının ilgisini çekmiş olup, yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Tersiyer volkanizmasının ürünü olan kayaçlar Tokel (1977) tarafından incelenmiş ve bu kayaçların kalk-alkali sınıfının kalsik ucunda yer aldığı, silisyuma doyduğu ve genellikle Al_2O_3 bakımından zengin olduğunu belirtmiştir.

Harşit vadisi boyunca yapılan araştırmada Eğin vd. (1979), Geç Kretase yaşlı volkanik kayaçların toleyitik, Tersiyer yaşlı volkanik kayaçların ise kalk-alkali özellikte olduğunu belirtmişlerdir.

Kuzey Zonu'ndaki volkanik kayaçları meydana geldikleri zaman dilimine göre Çamur vd. (1996); Jura Volkanik Devri, Geç Kretase Alt Volkanik Devri, Geç Kretase Üst Volkanik Devri ve Tersiyer Volkanik Devri olmak üzere dört ana volkanik devire ayırmıştır. Söz konusu çalışmaya göre, Jura yaşlı volkanik kayaçlar zenginleşmiş okyanus

ortası bazaltı ve yay gerisi özellikleri taşımaktadırlar. Ayrıca bu kayalar kabuktan etkilenmemiştir. Bunun yanında, Geç Kretase yaşlı volkanik kayalar toleyitik ve kalk-alkali, Tersiyer volkanik kayaları ise şoşonitik özelliktedirler. Bu kayalar ise zenginleşmiş okyanus ortası bazaltlarına benzer bir magmadan türemişlerdir.

Doğu Pontid Volkanik Kayaçlarının Jeokimyası ve Petrojenezi isimli çalışmada Arslan vd. (1997) Eosen volkanizmasının yitim sonunda alt kabuk ve/veya üst mantodan kısmi ergime sonucu oluştuğu neticesine varmışlardır.

Şen vd. (1998)'nin ortaya koyduğu çalışmada Doğu Pontid Alkali Provensinin, Senozoyik dönemde gelişen volkanik faaliyetler sonucunda oluştuğu tespit edilmiştir. Ayrıca alkali kayaların Tonya grubu ve Trabzon grubu olmak üzere iki farklı gruptan oluştuğu, bu iki grup kayacın metasomatizmaya uğramış bir manto kaynağından türeyen ve sığ derinliklerde farklılaşmaya uğrayan birincil bir magma ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir.

Doğu Pontid Güney Zonu'nda, Kale (Gümüşhane) yöresinde Aliyazıcıoğlu (1999) tarafından yapılan çalışmada, Kale Formasyonu'nu oluşturan aglomeralar içerisinde mikritik kireçtaşı çakıllarında Paleosen mikrofosilleri bulunduğunu, bu sebepten ötürü volkanizmanın Paleosen döneminde başlayıp Eosen'de etkili bir şekilde devam ettiğini tespit etmiştir. Ayrıca, yöredeki volkanizmanın ekstansiyonel rejimdeki bir tortulaşma havzasında önce patlamalı (tüf ve aglomeraları oluşturan) olarak, daha sonra bunu takip eden lav akması (andezitik kayaları oluşturan) şeklinde geliştiğini, volkanik kayaların ana magmasının ise zenginleşmiş bir ana kaynaktan, muhtemelen metasomatizmaya uğramış bir manto kaynağından, türemiş olduğunu savunmuştur.

Barbieri vd. (2000)'nin yaptığı çalışmaya göre, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Kuzey Zonu'ndaki Senozoyik yaşlı volkanik kayaların yaşları özellikle 26 My civarında yoğunlaşmıştır. Trabzon güneyinden alınan silise doymamış alkali numunenin 26.5-27 My yaşında olması da yöredeki Senozoyik volkanik kayaların en son ürünü olarak yorumlanmıştır.

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

Yılmaz vd. (2000)'nin yapmış olduğu çalışmaya göre, Orta Eosen'deki açılma yeni havza oluşumlarına sebep olmuş ve yeni oluşan bu havzaların bazıları Oligosen-Erken Miyosen zamanında kapanmıştır.

Kaygusuz (2000)'a göre Torul yöresindeki Eosen yaşlı volkanik kayalar kalk-alkali bir karakter sergilemekte olup, hornblend andezit ve kuvarslı andezit bileşimindedirler.

Arslan vd. (2001) göre Doğu Pontid'lerin Güney Zon'unda yüzeleme veren Tersiyer volkanizmasının, Paleosen yaşlı mikritik kireçtaşlarıyla geçişli Nummulitli seviyeler içeren tortul kayaların hemen üzerine uyumlu olarak gelmektedirler. Bunun yanında, Kuzey Zonu'ndaki Tersiyer volkanizmasının çoğu yerde Geç Kretase yaşlı tortullar üzerine uyumsuz olarak geldiğini, kimi zamanda Geç Kretase yaşlı volkanik kayalarının üzerine uyumsuzluk konglomerası ile oturduğunu belirtmişlerdir. Güneydeki volkanik kayaların ise alkali seri özelliği taşıdıklarını ifade etmişlerdir.

Gümüşhane ve Bayburt yörelerindeki çalışmasında Yılmaz (2002), Alibaba Formasyonu'nun geniş bir yayılım gösterdiğini, Kermutdere Formasyonu üzerine uyumsuz olarak geldiğini, derin erozyona uğramış bölgelerde ise Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonunu aşınmalı uyumsuzlukla örttüğünü belirtmiştir. Ayrıca, formasyon tabanında bölgesel kumlu ve Nummulitli kireçtaşları bulduran kalın bir volkano tortul gövde olduğunu saptamıştır. Tabanda bulunan konglomera seviyesinin ise büyük oranda Berdiga Formasyonu'ndan türemiş olduğunu belirtmiştir. Formasyonun yaşının, içerdiği *Nummulites*'lere dayanarak Eosen olduğunu tespit etmiştir.

Aydın vd. (2008) Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda bulunan Neojen yaşlı alkalin volkanik kayaların $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ içeriğinin 0.705018 ile 0.705643 arasında; $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ içeriğinin ise 0.512662 ile 0.512714 arasında değiştiğini ortaya koymuşlardır. Biyotit mineralinden yaptıkları K-Ar yaş analiz sonucuna göre alkalin karakterdeki volkanik kayaların 5.1 ile 3.2 My yaşları arasında olduğu, bunun da Pliyosen zamanına denk geldiğini tespit etmişlerdir.

Temizel (2008) Doğu Pontidler'de Ulubey (Ordu) yöresindeki Tersiyer volkanizmasının bazaltik ve andezitik kayalarla ilişkili olduklarını ortaya koymuştur. Ordu'dan seçilen örneklerle ait $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ yaş analiz sonuçlarına göre ise, trakibazalttan 15.1 ± 0.6 My; andezitten 46.3 ± 0.1 My; trakidasitten 47.2 ± 0.1 My; dasitten 49.1 ± 0.1 ve 49.4 ± 0.1 My ; trakiandezitten de 44.6 ± 0.1 My yaşını elde etmiştir.

Aslan (2010)'a göre Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda yayılım gösteren Eosen yaşlı birimler, Geç Kretase yaşlı volkanoklastik ve sedimanter kayalarını uyumsuz olarak

örtmektedir ve çalışılan Eosen yaşlı birim, başlıca lav ve daha az oranda tuf ve sedimanlardan müteşekkildir. Tüflerden yapılan U-Pb zirkon yaş analizi sonucuna göre birimin yaşı 45.8 My olarak tespit edilmiştir. Jeokimyasal olarak ise tüflerin kalk-alkali volkanik yay karakterini yansıttıklarını ifade etmiştir. Bu volkanik kayaçların ana magmasının zenginleşmiş üst manto kaynağından türediği iz element değişimleri sonucunda belirlenmiştir.

Kaygusuz vd. (2011)'e göre Doğu Pontid'lerdeki Eosen yaşlı Torul yöresi volkanik kayaçlar bazaltik andezit, andezit, trakiandezit ve az bir oranda da trakidasit ve bunların piroklastiklerinden oluşmaktadır. Hornblendlerdeki K/Ar yaşları, 33.45 ile 43.99 My aralığında olduğu ve volkanik kayaçların Orta-Üst Eosen zamanında oluştuğu belirtilmiştir. Eosen yaşlı volkanik kayaçların $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ oranlarının 0.70457-0.70511 arasında; $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$ oranlarının ise 0.51264 ile 0.51278 arasında olduğunu tespit etmiştir. Bu bilgiler ışığında, volkanik kayaçların köken magmasının büyük ihtimalle daha önceki yitim akışkanları tarafından metasomatizmaya uğratılmış, zenginleşmiş bir üst manto kaynağından oluştuğunu belirtmişlerdir.

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

Aydınçakır (2012) yaptığı çalışmada, Borçka'dan seçilen örnekler için $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ yaş analiz sonuçlarına göre bazalt bileşimindeki örnekten 46.0 ± 0.8 My, bazaltik andezit bileşimindeki örnekten 46.1 ± 0.6 My yaş elde edilmiştir ve andezitik bileşimindeki çakıl örneğinden 39.9 ± 0.5 My yaşını elde etmiştir.

Temizel vd. (2012) Doğu Pontidler'in kuzeybatı kısmında yer alan Ulubey (Ordu) yöresindeki Tersiyer yaşlı volkanik kayaçların Orta Eosen (49.4-44.6 My) yaşlı andezit-trakiandezit, trakiandezit-trakidasit-riyolit, trakidasit-dasit takımlarından ve Orta Miyosen (15.1 My) yaşlı trakibazalt takımından oluştuğunu belirtmişlerdir. Volkanik kayaçların orta-K içeren toleyitik-alkalenden kalkalkalene kadar değişen afiniteye sahip olduklarını, E-Tipi OOSB'na kıyasla orta derecede HNTE/ANTE oranları gösterdiklerini ve Nb, Ta ve Ti konsantrasyonları bakımından tüketilme ile karakterize edildiklerini belirtmişlerdir.

İlksel $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.7044 - 0.7050) oranları ile yüksek Th/Yb oranlarının volkanik kayaların köken magmasının daha önceden akışkanlar ve sedimanlar tarafından metasomatizmaya uğratılmış yitim ve astenosferik ergiyiklerin karışımından oluşan zenginleşmiş bir kaynak bölgeden türediğini ortaya koymuşlardır.

Arslan vd. (2013), çalışma alanının güneybatısında Eosen yaşlı volkanik kayalar üzerine yapmış oldukları incelemede volkanik kayaların $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ yaşlarının 37.7 ile 44.5 My arasında değişkenlik gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Yücel (2013), Trabzon-Giresun arasındaki Tersiyer yaşlı volkanik kayalardaki petrografik, mineral kimyası, $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ jeokronolojisi, tüm-kayaç ve Sr-Nd-Pb izotop jeokimyası verilerini kullanarak alanın petrolojisini irdelemiştir. Hafif alkali karakterli Eosen volkanik kayalarının (42.4-44.7 My), bazalt, traki-bazalt ve bazaltik traki-andezit ve trakit, traki-andezit takımlarından; orta alkali afiniteye sahip Miyosen volkanik kayalarının ise (5.8-6.0 My) ise bazanit-tefrit takımından oluştuğunu belirtmiştir. Ayrıca, tüm takımların; BİLE, Th ve Ce'ca zenginleşmiş ve YÇAE'ce fakirleşmiş olup N-OOSB'a normalize iz element dağılımları ile yitim izi gösterdiğini belirtmiştir. Eosen yaşlı takımlar hafif derecede zenginleşmiş ($\text{La}_\text{N}/\text{Lu}_\text{N}=4.65-11.64$) ve Miyosen yaşlı takımın ise yüksek oranda zenginleşmiş ($\text{La}_\text{N}/\text{Lu}_\text{N}=36.43-69.0$) kondrite normalize NTE dağılımları sergilediğini belirtmiştir. İncelenen volkanik kayaların; çarpışma sonrası genişleme jeodinamik evrimine sahip olup, yitim akışkan±ergiyikleri ile zenginleşmiş litosferik mantodan türeyen ana magmalardan karmaşık magmatik süreçlerle farklılaştıklarını vurgulamıştır.

Aslan vd. (2014), Gümüşhane yöresinde andezitik lav akmaları (ve ilişkili tüfler) ve bunları kesen bazaltik daykları tanımlamışlardır. Tüm-kayaç K-Ar yaşlandırması sonucu; andezitik lavlarda 37.62 ± 3.33 My (Orta Eosen) ile 30.02 ± 2.84 My (Erken Oligosen), bazaltik dayklarda ise 15.80 ± 1.71 My (Orta Miyosen) elde etmişlerdir. Petrokimyasal olarak volkanik kayaların orta-K'lu kalkalkali karakterli olduğu, ilksel $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranlarının (0.70464-0.70494) ve Nd-model yaşlarının ise 0.68-1.02 milyar yıl olduğu ve litosferik manto kökenini yansıttığı ileri sürmüştür.

Temizel 2014'te yaptığı çalışmada, Doğu Pontidler'deki tersiyer yaşlı volkanik ve sedimanter birimlerin içindeki Bafra (Samsun) civarındaki Miyosen yaşlı kalk-alkalin mafik ana kayaları (monzogabro) ve felsik mikrogranüler anklavları (monzosiyanit) ilk defa tanımlamıştır. Felsik anklavların ince-orta taneli olduğunu, küreselden elipse doğru, elonge, yuvarlanmış gibi şekillerde görüldüğünü belirtmiştir. Birçok anklavin monzogabro

ile keskin ve dereceli kontaktlar gösterdiğini ve küçük anklavarda hızlı soğumayı işaret eden, belirgin kenar zonları da gösterdiklerini belirtmiştir.

Temizel vd. (2014), Bafra (Samsun) yöresinde yer alan Eosen yaşlı monzogabroyik sokulum ve volkanik kayaçların petrografik, petrokimyasal ve petrolojik özelliklerini ortaya koymuşlardır. Monzogabroyik sokulumların petrografik, mineral kimyası, tüm-kayaç ve Sr-Nd izotopik verilerinden yararlanarak kökenlerini ortaya koymuşlardır. Ayrıca sokulumlarda “coeval” mafik ve felsik magma “mixing/mingling” olaylarını yansıtan felsik mikrogranüler anklav içerdiği belirtilerek, dokusal petrografik ve mineral kimyası verilerinden hareketle dengesiz kristallenme koşullarını ortaya koymuşlardır. Yöredeki volkanik kayaçları ise trakibazalt/bazalt, piroklastitler ve tefrit olarak üç gruba ayırmışlardır. Tüm-kayaç ^{40}Ar - ^{39}Ar yaşlandırması sonucunda 44.1 ile 51.3 My arasında değerler elde etmişlerdir.

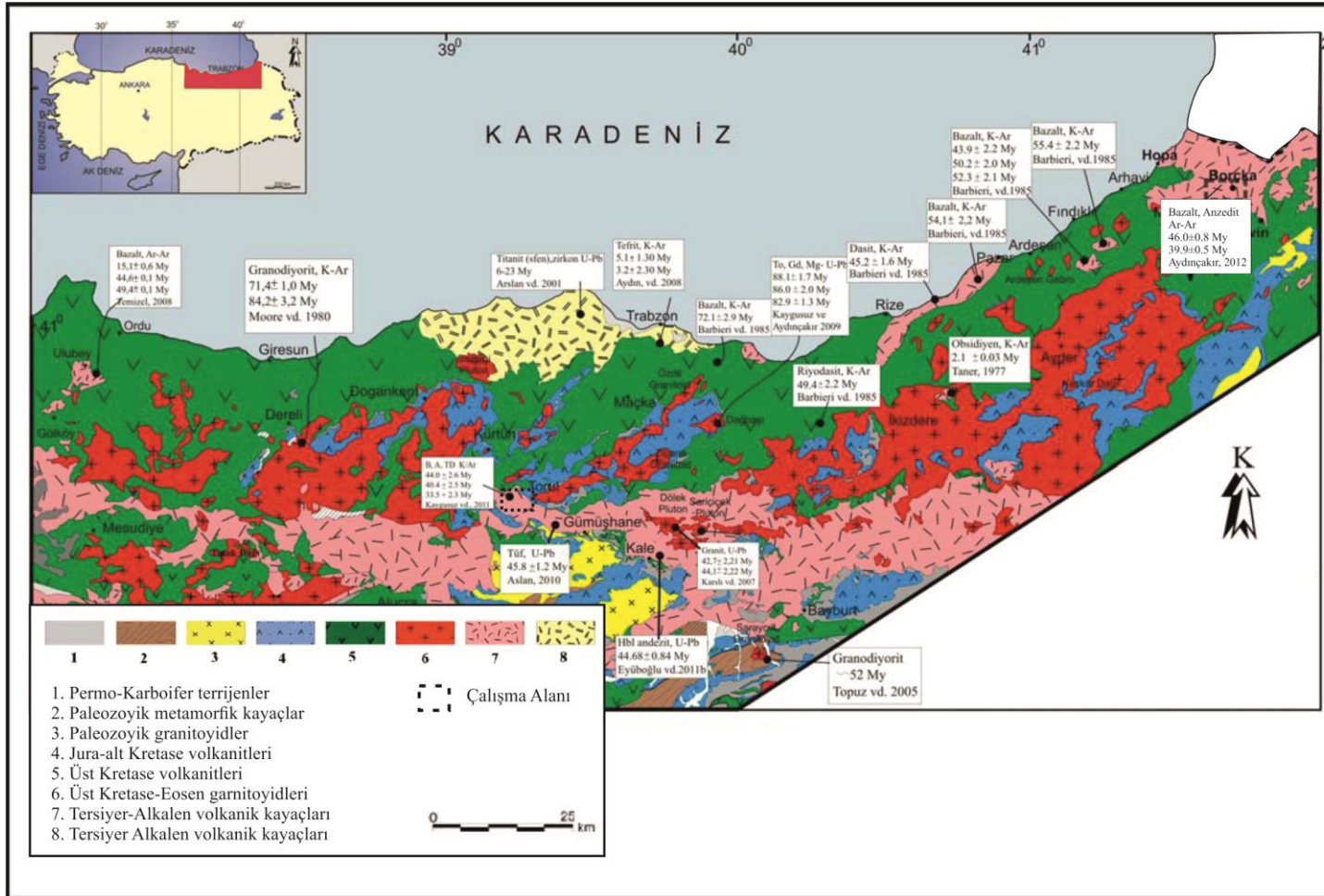
Yücel vd. (2014), Trabzon ve Bafra (Samsun) yörelerinde yüzeylenen Miyosen ve Eosen yaşlı silisce doymamış tefritik volkanik kayaçlarda gözlenen analsimlerin mineral kimyası, dokusal petrografik özellikleri ile tüm-kayaç jeokimyasından hareketle analsimlerin kökenine ait yaklaşımlarda bulunmuşlardır. Kayaçlardaki analsimlerin altı kenarlı veya yuvarlaklamış, özşekilli ve yarı öz şekilli kübik ve tetragonal kristaller (100-600 mm) halinde muhtemelen lösitden psödomorf olarak oluştuğu, mineral kimyasında yer yer kalıntı K-zonlanması içerdiğini belirtmişlerdir. Modal bileşimde analsime eşlik eden Na’lu ve sulu mineral fazlarının bulunmamasından da yola çıkarak, volkanik kayaçlardaki analsimlerin magmanın soğuması esnasında ya da katılaşmasından sonra ikincil olarak oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Ayrıca volkanitlerdeki analsimleşme nedeniyle tüm-kayaç jeokimyaslarında $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ oranlarının genelde düşük ve Sr oranlarının yüksek olduğu, potasikle birlikte yer yer sodik alkali özellik gösterdiklerini vurgulanmışlardır.

Doğu Karadeniz Bölgesi’ndeki Tersiyer yaşlı volkanik kayaçlardan yapılan radyometrik yaş tayinlerini kapsayan çalışmalar Tablo 1.1 ve Şekil 1.4’te özetlenmiştir.

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

Yer	Metod	Kayaç Tipi/Mineral	Yaş	Kaynaklar
Kuzey Zon				
Kalkandere	K-Ar	Obsidyen	2.1 ± 0.03 My	Taner (1977)
Rize (Fındıklı)	K-Ar	Bazalt	55.4 ± 2.2 My	Barbieri ve diğ. (1985)
Rize (Ardeşen)	K-Ar	Bazalt	43.9 ± 2.2 My; 50.2 ± 2.0 My; 52.3 ± 2.1 My	Barbieri ve diğ. (1985)
Pazar	K-Ar	Bazalt	54.1 ± 2.2 My	Barbieri ve diğ. (1985)
Çayeli	K-Ar	Dasit	45.2 ± 1.6 My	Barbieri ve diğ. (1985)
Çaykara	K-Ar	Riyodasit	49.4 ± 2.2 My	Barbieri ve diğ. (1985)
Trabzon	U-Pb	Sfen, zirkon	6–23 My	Arslan ve diğ. (2001)
Trabzon	K-Ar	Tefrit/biyotit	5.1 ± 1.3My; 3.2 ± 2.3 My	Aydın ve diğ. (2008)
Artvin (Borçka)	Ar-Ar	Bazaltik andezit Bazalt Andezit	46.1±0.6 My 46.0±0.8 My, 39.9±0.5 My	Aydınçakır (2012)
Güney Zon				
Ordu (Ulubey)	Ar-Ar	Trakibazalt Andezit Trakidasit Dasit Trakiandezit	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)
Gümüşhane	U-Pb	Tüf/zirkon	45.6 ± 1.2 My	Aslan (2010)
Gümüşhane (Kale)	U-Pb	Andezit	44.06 ± 0.84 My	Eyüboğlu ve diğ. (2011b)
Gümüşhane (Torul)	K-Ar	Trakidasit, Andezit	33.45 ± 2.32 My; 43.99 ± 2.59 My	Kaygusuz ve diğ. (2011)
Gümüşhane	Ar-Ar	Bazalt, andezit, dasit	37.7-44.5 My	Arslan ve diğ. (2013)
Bayburt				
Şiran				
Alucra				

My: Milyon yıl



Şekil 1.4. Doğu Pontidler'deki Tersiyer yaşlı volkanik kayalar ve bu kayaları kesen sokulumların yayılımını gösteren jeolojik harita (Güven, 1993'ten değiştirilerek) (Aydın, 2003; Temizel, 2008 ve Aydınçakır, 2012'den yararlanılmıştır.)

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Amaç ve Yöntem

Bu tezin amacı, Bahçecik ve güneybatısında yüzeyleyen Eosen yaşlı volkanik kayaçların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerini belirleyerek, kayaçların kökeni ve kayaç evrimini ortaya koymaktır.

Bu tez çalışması başlıca dört aşamada yapılmıştır. Literatür taraması, arazi, laboratuvar ve ofis çalışmaları bu tezde kullanılan başlıca yöntemleri teşkil etmektedir.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarının ilk aşamasını daha çok bölgede yüzeyleyen birimlerin tanınması, dokanak ilişkileri, yapısal unsurlar ve stratigrafi ile ilgili unsurların belirlenmesine yönelik olmuştur. Gerekli görülen alanlarda fotoğraflama yapılmıştır. Tüm bu incelemeler neticesinde gerekli düzeltmeler ve eklemeler yapılarak 78 km² lik çalışma alanının kolon kesiti ve jeolojik haritası çizilmiştir. Petrografik, jeokimyasal ve petrolojik araştırmalarda kullanılmak üzere çalışma alanından sistematik bir şekilde 80 adet taze kayaç örneği alınmıştır.

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması

Çalışma alanından temin edilen taze kayaç örneklerinden amaca uygun olarak 60 adet ince kesit hazırlanmıştır. Bu süreçte, kayaçlardan alınan 0.5x2x4 cm boyutundaki küçük plakalar, bir yüzeyleri pürüzsüz hale getirildikten sonra 1 mm kalınlığındaki 2.5x5 cm boyutundaki cam üzerine Kanada balzamu yardımı ile yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapışmış olan kayaç örneği daha da inceltmek ve mikroskobik incelemeye uygun hale getirilmek için, aşındırıcılar yardımıyla 0.025 mm kalınlığına kadar inceltilmiştir. İnce kesit örneklerinin hazırlanması için Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarı kullanılmıştır.

2.1.2.2. Petrografik İncelemeler ve Mikro Fotoğrafların Çekimi

Araziden alınan volkanik kayalara ait 60 adet ince kesit örnekleri Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Mikroskobu Laboratuvarı'nda Leica marka polarizan mikroskoplarıyla incelenmiştir. Kayaç kesitlerine ait kayaç adı, mineral ve doku tanımlamaları yapılmıştır. Seçilen örneklerin mikro fotoğraf görüntüleri GÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Mikroskobu Laboratuvarı'nda Leica marka polarize mikroskoba bağlı düzenekte bulunan fotoğraf kamerasıyla çekilmiştir.

2.1.2.3. Örneklerin Kimyasal Analize Hazır Hale Getirilmesi

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

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

2.1.2.4. Mikroprob Analizleri

Volkanik kayaç örneklerine ait mikroprob analizleri plajiyoklas, biyotit, hornblend ve klinopiroksen minerallerinden yapılmıştır. New Mexico Elektron Mikroprob Laboratuvarı'nda yapılan analizlerde, çalışma alanına ait örnekler CAMECA-SX-100 marka bir elektron mikroprob aleti ile analiz edilmiştir. Aletin çalışma koşulları 15 kV voltaj ve 20 nA ile belirlenmiştir. Analizler 10 µm'lik bir ışın çapında yapılmış ve Si, Al, Ti, Fe, Mn, Mg, Ca, Na ve K elementleri için sayılma zamanı 10 sn olarak sabit tutulmuştur. 1 µm'lik nokta ışını hornblend ve klinopiroksen analizleri için tercih edilmiştir. Feldispat ve plajiyoklas analizleri için sodyum buharlaşması (Nielsen ve Sigurdsson, 1981) göz önünde bulundurularak, oluşacak kayıpları önlemek veya en aza indirmek amacıyla çok hafif defokuslanmış (10 µm) ışın kullanılmıştır. Ölçümler esnasında Kaersutit (UCB), diyopsit (UCB), ortoklas (UCB), albit (UCB), anortit (UCB), biyotit ve magnetit (UCB) standartları kullanılmıştır.

2.1.2.5. Jeokimyasal Analizler

Çalışma alanının Eosen yaşlı volkanik kayaçlarını temsil eden 12 kayaç örneği ana, iz element ve nadir toprak element analizleri yapılmak üzere seçilmiştir.

Ana, iz ve nadir toprak element analizleri ACME Analiz Laboratuvarı (Kanada)'nda yapılmıştır. Ana ve iz elementler ICP yöntemiyle, nadir toprak elementler ise ICP-MS yöntemiyle ile analiz edilmiştir. Ana ve iz element analizleri için 0,2 gr toz örnek 1,5 gr LiBO₂ ile karıştırılarak, % 5 HNO₃ içeren bir sıvı içinde çözündürülerek analiz 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 hesaplanmıştır. 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 ile 0.04, iz elementler için 0.1 ile 8 ppm ve NTE için 0.01 ilâ 0.3 ppm arasındadır.

2.1.2.6. Nem Kaybı ve Ateşte Su Kaybı (LOI)

Kimyasal analizleri yapılan öğütülmüş örneklerden 10 gr alınarak oluşturulan numuneler 105°C deki etüvde 24 saat bekletilmiş ve daha sonra yeniden tartılmıştır. Aradaki fark hesaplanarak nem kaybı bulunmuştur.

10 gr halinde hazırlanan örnekler ateşte su kaybını tespit etmek için 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 hesaplanmıştır. Numuneler nem almaması için etüvden çıkarılır çıkarılmaz hemen tartılmıştır.

2.1.3. Ofis Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar çalışmaları neticesinde elde edilen veriler, jeokimyasal yorumlamalarda değerlendirilmek üzere çeşitli programlar yardımıyla ikili, üçlü diyagramlar ve örümcek diyagramları çizilerek kullanılmıştır. Çizim programları ile jeolojik haritalar, stratigrafik kesit ve enine jeolojik kesitler hazırlanmıştır. Kullanılacak

olan tüm veriler ve dokümanlar tez yazım kurallarına uygun bir şekilde bir araya getirilerek bu tez oluşturulmuştur.

3. BULGULAR

3.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi

Çalışma alanının önemli bir kısmını Eosen yaşlı volkanik kayalar ve volkano-tortul birimler oluşturmaktadır. İnceleme alanında (Bahçecik ve civarında) Geç Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonu, Balıhor ve Arpalı Yaylası arasında; Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu, Büyükçit ve Küçükçit'i kapsayan alanda; Geç Kretase yaşlı Kızılkaya Formasyonu ise Torul girişinde yüzeyleme vermektedir (Şekil 3.2).

Çalışma alanında yüzeyleme veren kayaların alttan üste doğru stratigrafik dizilimi ve litolojisi şöyledir (Şekil 3.1, 3.3 ve 3.4):






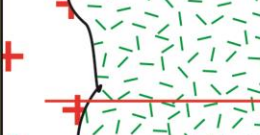
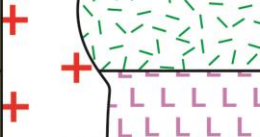
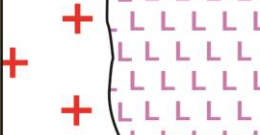
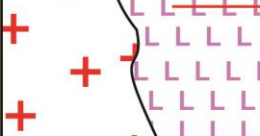


Alüvyon (Kuvaterner)

Alibaba Formasyonu (Eosen)

Kastel Granodiyoriti (Geç Kretase)

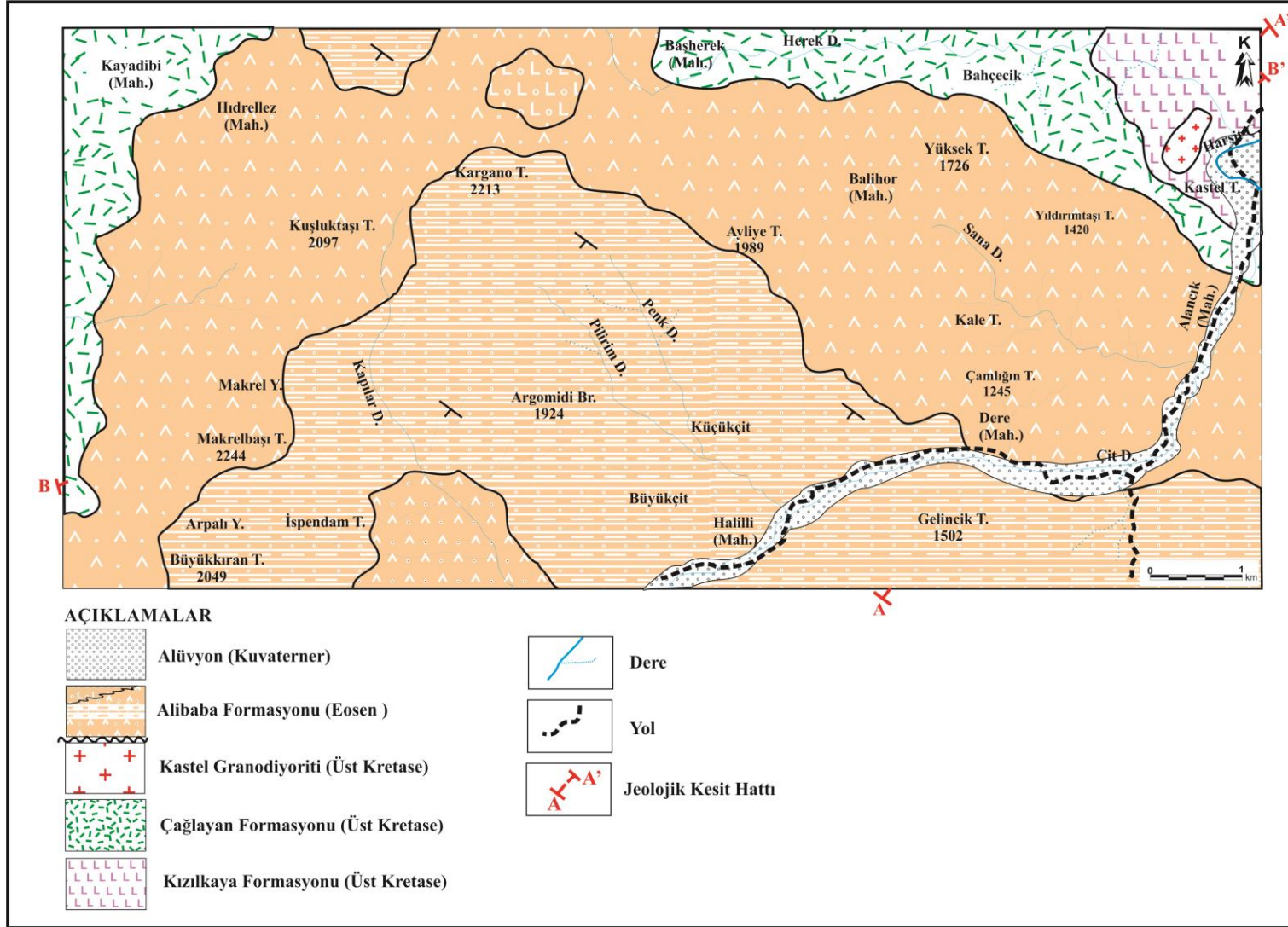
Çağlayan Formasyonu (Geç Kretase)

Kızılkaya Formasyonu (Geç Kretase)

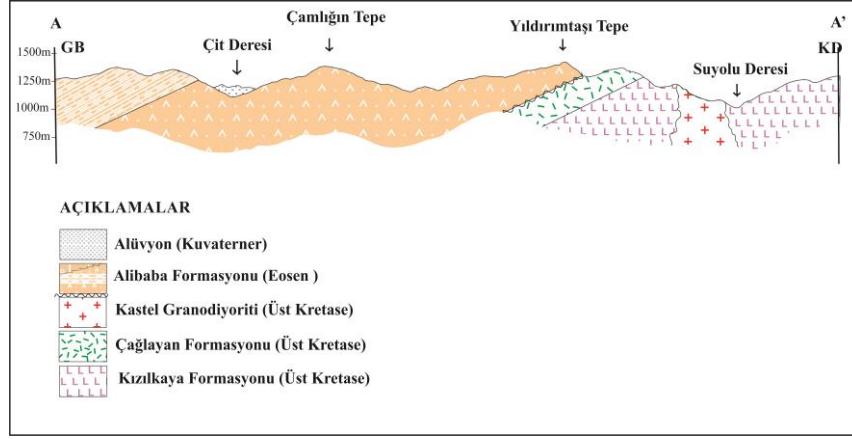
ZAMAN	DEVİR	DEVRE	FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
KUVATERNER						Alüvyon
SENOZOYİK	TERSİYER	EOSEN	ALİBABA FORMASYONU	~ 800m		Dasit ve piroklastları
			ALİBABA FORMASYONU			Andezit, trakiandezit, bazaltik andezit, bazaltik trakiandezit
MESOZOYİK	KRETASE	ÜST KRETASE	ÇAĞLAYAN FORMASYONU	~ 400m		Kumlu kireçtaşı, kumtaşı fosilli kireçtaşı, kireçtaşı
			ÇAĞLAYAN FORMASYONU			Aglomera, breş
			KIZILKAYA FORMASYONU	~ 500m		Andezit ve piroklastları
KIZILKAYA FORMASYONU		Kastel Granodiyoriti				
						Dasit, Dasitik tüf
						Dasit, Dasitik tüf
						Dasit, Dasitik tüf
						Dasit, Dasitik tüf

(Ölçeksizdir)

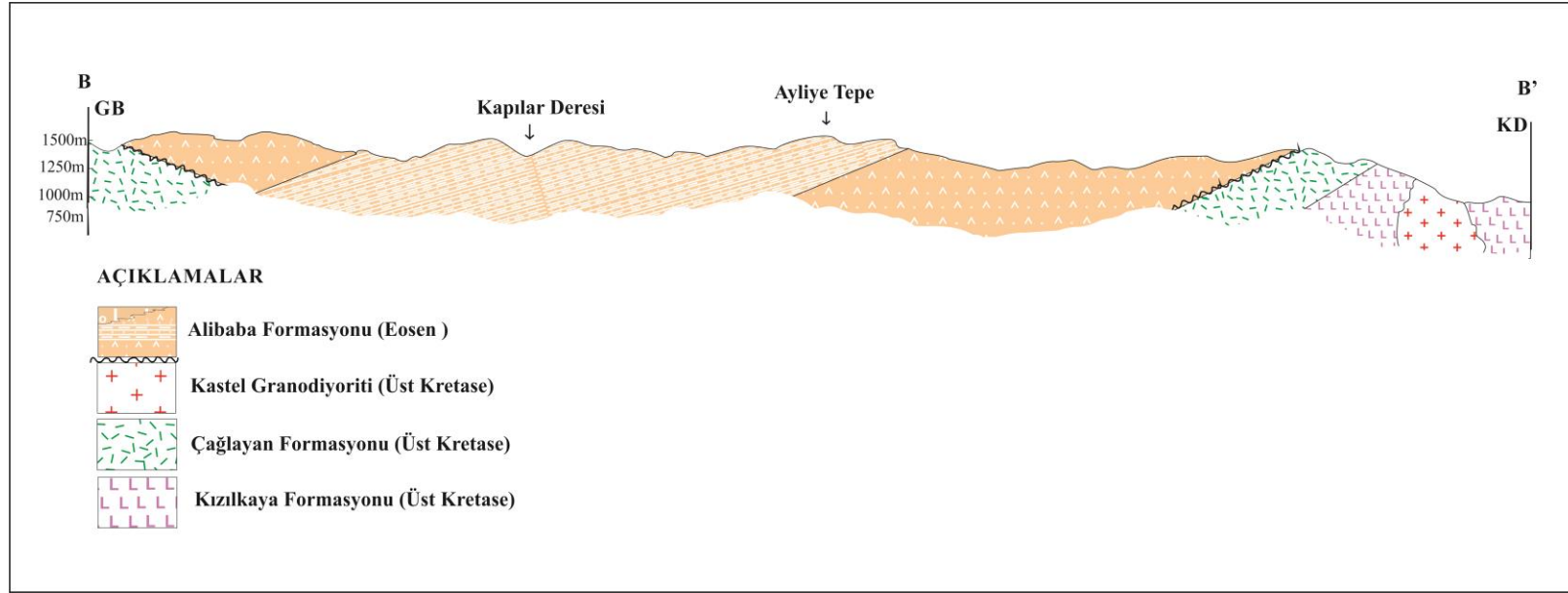
Şekil 3.1. İnceleme alanının stratigrafik kolon kesiti



Şekil 3.2. İnceleme alanının jeoloji haritası



Şekil 3.3. İnceleme alanına ait A-A' jeolojik kesiti

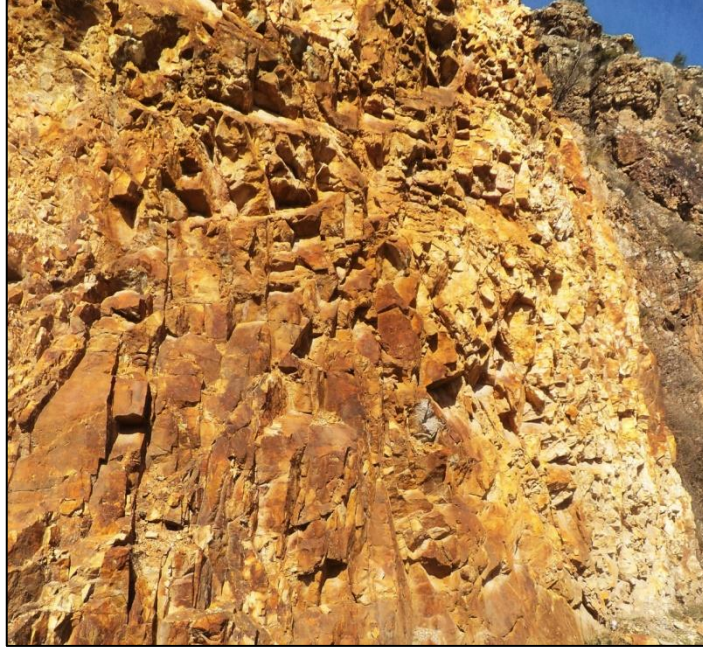


Şekil 3.4. İnceleme alanına ait B-B' jeolojik kesiti

3.1.1. Kızılkaya Formasyonu

Espiye (Giresun)'nin güneyinde bulunan riyodasit, dasit ve piroklastlarından oluşan birim ilk defa Güven (1993) tarafından Kızılkaya Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Çalışma alanındaki dasit ve piroklastları aynı litolojiyi ve stratigrafiyi sergiledikleri için Kızılkaya Formasyonu başlığı altında ele alınmıştır.

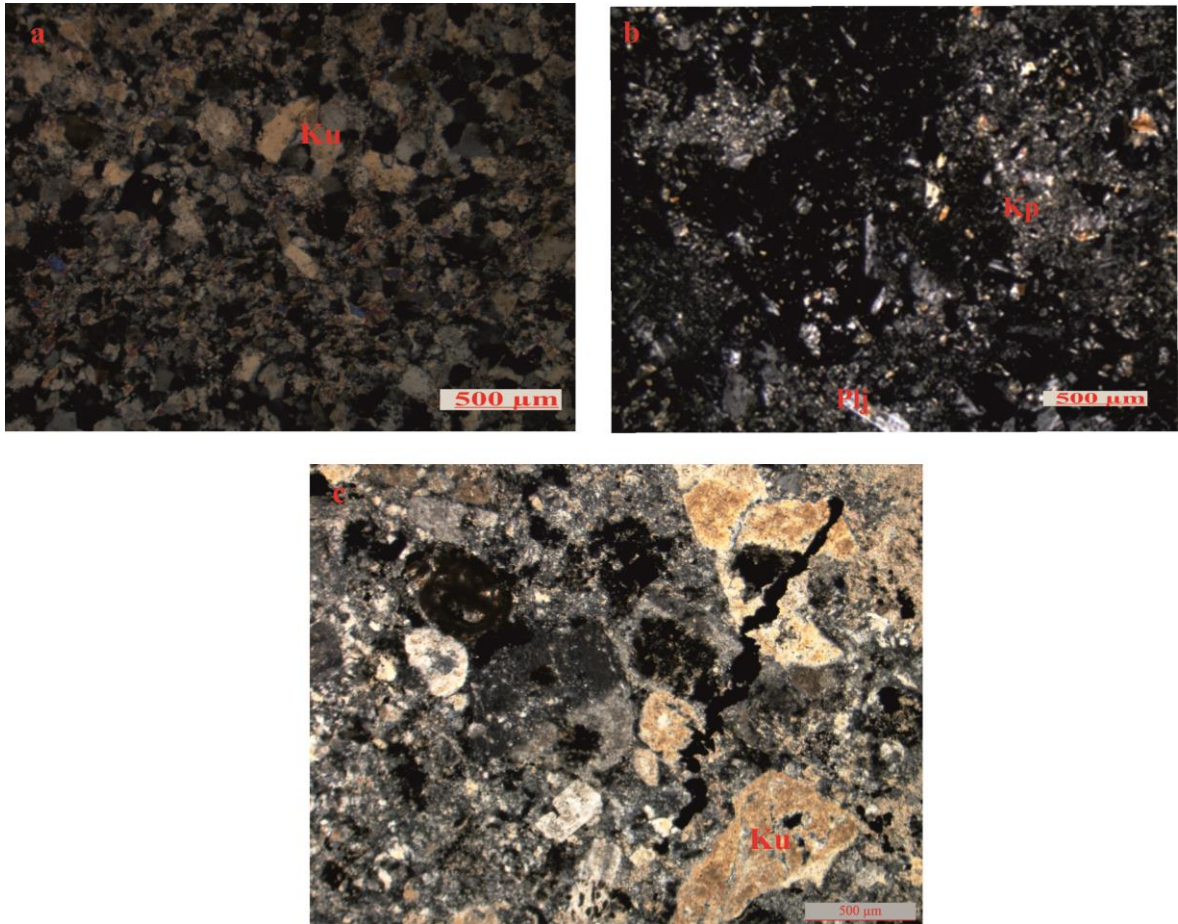
Kızılkaya Formasyonu arazinin kuzeydoğu kısmındaki Kastel Tepe, Fuska Sırtı ve Düzhanfar Sirtında yüzeylenmektedir. Çağlayan Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülmektedir. Kızılkaya Formasyonu büyük çoğunlukla dasitik piroklastik kayalardan ve az oranda da dasitten oluşmaktadır. Yer yer killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve tüfit ara seviyelerini içermektedir. Kızılkaya Formasyonu'nun dokanaklarında yoğun bir ayrışma gözlenmektedir. Özellikle dasitik kayalarda kaolinleşme, kloritleşme ve limonitleşme görülmektedir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Kızılkaya Formasyonu'nda gözlenen kaolinleşme, kloritleşme ve limonitleşme (Alancık Mahallesi civarı)

Tüflerde plajiyoklas ve kuvars mineralleri ayırt edilebilmektedir. Çalışma alanında farklı seviyelerde ince tabakalı killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve tüfitik seviyeler volkanik kayalarla ara katkılı olarak bulunurlar.

Tüfler kristal ve litik-kristal tüf 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. Bazı tüf örnekleri de silisleşmiştir (Şekil 3.6).



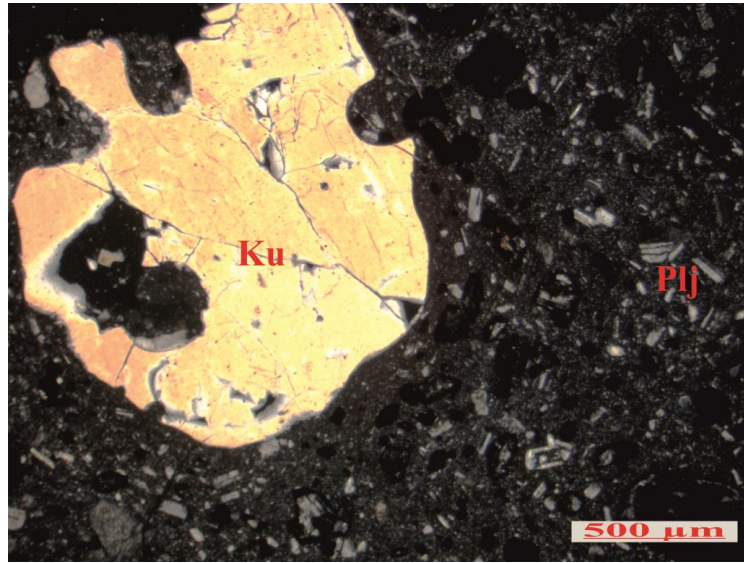
Şekil 3.6. Kızılkaya Formasyonu'na ait mikroskopik fotoğraflar a) Dasitik tüf b) Dasitik litik kristal tüf c) Silisleşmiş dasit (Ç.N.,Ku: kuvars, Kp: Kayaç parçası, Plj: Plajiyoklas)

Dasitler makroskopik olarak gri renkte olup, mikroskop altında genelde porfirik dokuya sahiptirler. Başlıca mineralleri plajiyoklas, kuvars, biyotit ve opak mineralleridir. Örneklerin birçoğu silisleşmiş halde bulunmaktadır.

Plajiyoklaslar iri levhamsı haldedir. Hamurda ise küçük kristaller halindedir. İri kristaller öz ve yarı öz şekillidir. Bazı plajiyoklaslarda zonlanma görülmektedir. Albit ve

polisentetik ikizlenme bazen ayrı ayrı, bazen tek kristalde ikisi bir arada görülmektedir. Plajiyoklaslarda yapılan cins tayinine göre (010'a dik kesit) andezin (An_{35-43}) bileşimindedir. En yaygın alterasyon türleri kalsitleşme ve serizitleşmedir.

Kuars kristalleri yarı öz şekilli ve hamurda da küçük kristaller halinde görülmektedir. İri kristallerde kemirilme dokusu görülmektedir. Bazı kristaller dalgalı sönme göstermekte olup, çatlaklı yapıya sahiptirler (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Kızılkaya Formasyonu'na ait mikro fotoğraflardaki kuvars kristalindeki kemirilme dokusu (Ç.N., Ku: kuvars, Plj: plajiyoklas)

Biyotitler iri levha yapısında, öz ve yarı öz şekillidir. Hamurda küçük kristaller halinde bulunurlar. İri kristallerde dilinimler boyunca kloritleşme görülür. Kırmızımsı kahverenginden ve sarımsı kahverengine değişen pleokrizma gösterirler.

Opak mineraller dağınık halde iri veya küçük kristaller halinde görülürler.

Hamur bileşeninde mikro kristaller halindeki plajiyoklas, kuvars, biyotit ve opak mineralleri bulunmaktadır.

3.1.1.1. Kızılıkaya Formasyonu'nun Yaşı

Gedikoğlu (1978), Gülibrahimoğlu (1985), Türk-Japon Ekibi (1985), Bulut (1989), Boynukalın (1990), Yalçınalp (1992), Köprübaşı, (1992), Korkmaz (1995) tarafından yapılan çalışmalarda Kızılıkaya Formasyonu'nun yaşı Geç Kretase olarak saptanmıştır.

Güven (1993) Kızılıkaya Formasyonu'nun Geç Kretase yaşlı Çatak Formasyonu'nun üzerine uyumlu gelmesi ve Kampaniyen-Mestrişiyen yaşlı Çağlayan Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülmesinden ötürü bu formasyona Santoniyen yaşını vermiştir.

Bu formasyon çalışma alanındaki en yaşlı birim olup üzerine yine Geç Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonu gelmektedir. Önceki çalışmalar da dikkate alınarak Geç Kretase yaşı benimsenmiştir.

3.1.1.2. Kızılıkaya Formasyonu'nun Deneştirilmesi

Bu formasyon Harşit civarındaki Geç Kretase yaşlı dasit ve piroklastları (Gedikoğlu, 1978) ile benzerdir. Ayrıca bu formasyon Zigana civarındaki Geç Kretase yaşlı Zigana Formasyonu'nun D1 Üyesi ile (Türk-Japon Ekibi, 1985); Trabzon-Maçka güneyi civarındaki dasit ve piroklastlardan oluşan D1 üyesi ile (Gülibrahimoğlu, 1985); Çaykara civarındaki Şahinkaya Üyesi ile (Bulut, 1989); Zigana civarındaki Geç Kretase yaşlı Bekçiler Formasyonu (Yalçınalp, 1992) ve Tonya-Düzköy civarındaki Düzköy Formasyonu (Korkmaz, 1995) ile litolojik ve stratigrafik olarak benzerdir.

3.1.2. Çağlayan Formasyonu

Maçka (Trabzon) kuzeyinde bazik volkano-tortul kayalardan oluşan birim ilk olarak Güven (1993) tarafından Çağlayan Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Çalışma alanındaki aynı litolojik ve stratigrafik birimler de Çağlayan Formasyonu olarak değerlendirilmiştir.

Çalışma alanının kuzey ve batı bölümlerinde yüzeyleyen Çağlayan Formasyonu Kayadibi Mahallesi, Başhersek Mahallesi ve Bahçecik Mahallesinin bir kısmında görülür. Andezit ve piroklastlarını içermektedir (Şekil 3.8)



Şekil 3.8. Çağlayan Formasyonu ve Alibaba Formasyonu sınırı (Sineктаşı Tepe civarı)

Tüfler litik kristal tuf özelliğindedir. Bileşenleri plajiyoklas, kalsit, klorit, ikincil kuvars, zeolit ve opak mineralleri ile kayaç parçalarıdır (Şekil3.8 a).

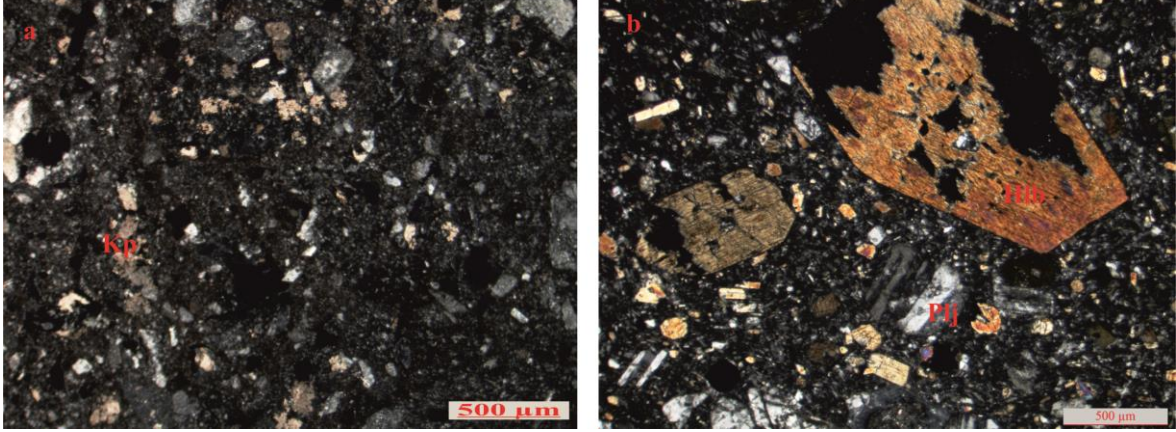
Andezitler makroskobik olarak gri-yeşil renk tonlarına sahip olup, el örneğinde plajiyoklas ve hornblend mineralleri tanınabilmektedir.

Mikroskobik olarak mikrolitik porfirik ve porfirik doku göstermektedirler.

Plajiyoklaslar andezin (An_{22-25}) ve oligoklas (An_{34-39}) bileşimindedirler. Andezin ve oligoklaslar prizmatik ve iri levhamsı kristaller halinde; hamurda ise küçük kristaller halinde bulunmaktadırlar. Büyük kristaller öz ve yarı öz şekillidirler ve polisentetik ikizlenme gösterirler. Küçük kristaller ise albit ikizlenmesi göstermektedirler. Yaygın görülen bozuşma türleri kalsitleşme ve serizitleşmedir.

Hornblendler iri, öz ve yarı öz şekilli, levhamsı prizmatik kristaller halinde; hamurda ise küçük kristaller halinde bulunmaktadırlar (Şekil 3.8 b). Bazıları küçük plajiyoklas mineral kapanımı içermektedirler. Pleokroizma renkleri z ekseninde kahverengimsi yeşil, y ekseninde yeşil ve x ekseninde sarımsı yeşil renklerindedir. Sönme açıları (010) yüzeyine

paralel kesitlerde 18-21 derece arasında değişkenlik göstermektedir. Ayrışma türü olarak kalsitleşme görülmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Çağlayan Formasyonu'ndaki a) Litik kristal tuf b) Öz şekilli hornblend kristalleri (Ç.N.,Ku: Kuvars, Kp: Kayaç parçası, Plj: Plajiyoklas, Hb: Hornblend)

Biyotitler çubuğumsu kristaller ve hamurda küçük krsitaller halinde bulumaktadırlar. (001) yüzeyine paralel belirgin dilinim ve bu dilinime paralel sönme göstermektedirler. Bazı kristallerde opak mineral kapanımları görülmektedir. Pleokroizma renkleri x yönünde kırmızımsı kahverengi; y ve z yönünde ise sarımsı kahverengidir. Bazı kristal kenarlarında kloritleşme görülmektedir.

Opak mineraller yuvarlak veya köşeli olup düzensiz bir dağılım göstermektedirler. İkincil mineraller olarak ise serizit, kalsit ve klorit içermektedirler.

Hamur bileşeni mikro kristaller halindeki plajiyoklas, hornblend, biyotit ve opak minerallerinden oluşmaktadırlar.

3.1.2.1. Çağlayan Formasyonu'nun Yaşı

Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda bu formasyonun Gedikoğlu (1978), Taslı (1984), Türk-Japon Ekibi (1985), Gülibrahimoğlu (1985), Yalçınalp (1992) ve Boynukalın (1990) tarafından yapılan çalışmalarda yaşı Geç Kretase olarak belirlenmiştir.

Bu formasyon içindeki tortul kayaçlardan alınan örneklerde bulunan *Globotruncana Arca CUSHMAN*, *Globotruncana Lapparenti Tricarinata (QUERREAU)*, *Globotruncana cf. Bulloides VOGLER*, *Globotruncana Coronate Bolli*, *Globigerina sp.* ve *Gümbelina sp.*

fosillerine göre Güven (1993) formasyonun yaşını Kampaniyen-Mestriştiyen olarak belirlemiştir.

Formasyondan alınan kırmızı kireç taşlarına ait örneklerde bulunan *Dicarilena Cancavata* (Brotzen), *Dicarilena Asymetrica* (Sgai), *Dicarilena sp.* ve *Marginotruncana sp.* mikro fosillerine göre formasyonun yaşı Santoniyen olarak kabul edilmiştir (Kaygusuz, 2000).

İnceleme alanında bu formasyon Geç Kretase yaşlı Kızılkaya Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Önceki çalışmalar da dikkate alındığında formasyonun yaşı Geç Kretase olarak benimsenmiştir.

3.1.2.2. Çağlayan Formasyonu'nun Deneştirme

Çağlayan Formasyonu Zigana yöresindeki Geç Kretase yaşlı Trabzon-Maçka güneyindeki andezit-bazalt ve piroklastlarından oluşan B2 Üyesi (Gülibrahimoğlu, 1985); Zigana Formasyonu'nun A2 üyesi (Türk-Japon Ekibi, 1985); Çaykara yöresindeki Karona üyesi (Bulut, 1989) ve Güzelyayla (Maçka) yöresindeki Kıranoba Birimi (Yalçınalp, 1992) ile litolojik ve stratigrafik olarak örtüşmektedir.

3.1.3. Kastel Granodiyoriti

Granodiyorit Kastel Tepe kuzeyinde yüzelediği için Kastel Granodiyoriti olarak tarafımızdan adlandırılmıştır. Yaklaşık olarak 0.5km²'lik bir alanda yüzelemektedir. Bahçecik Köyü'nün yaklaşık 3 km güneydoğusunda; Torul merkezin ise hemen batısında yer almaktadır (Şekil 3.10).

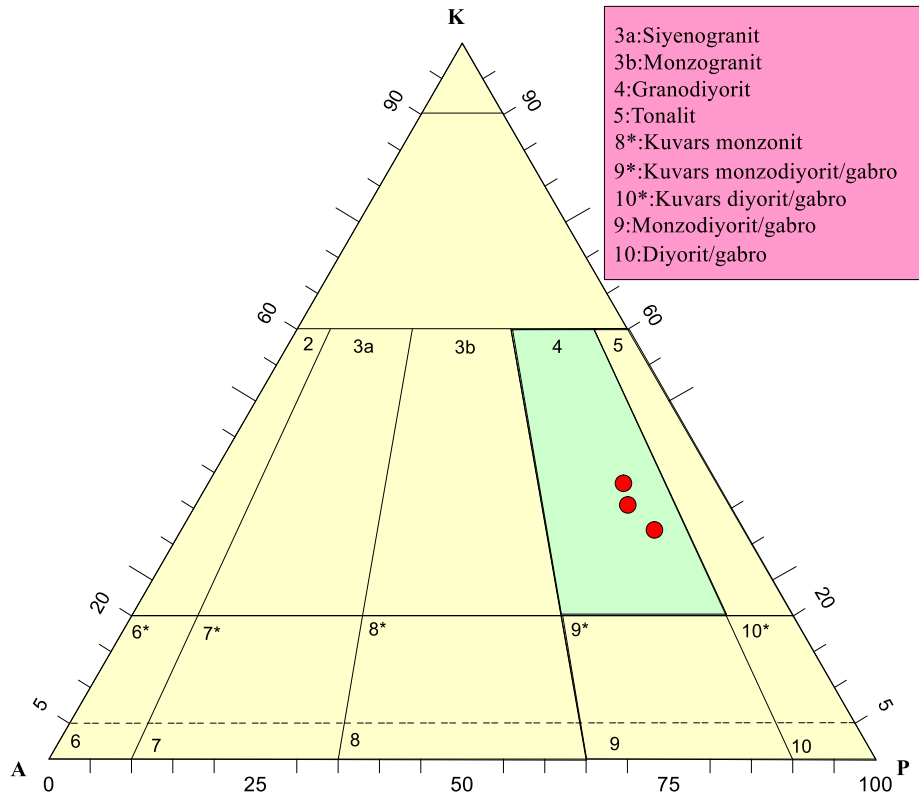
Kastel Granodiyorit'i genellikle açık pembemsi gri ve koyu gri renklere sahip olup, kırık ve çatlaklı bir yapı göstermektedir. İnce-orta tanelidir. Plajiyoklas, kuvars ve hornblend mineralleri makroskobik olarak tanınabilmektedir.

İnceleme alanında Kastel Granodiyoriti'ne ait 3 adet örneğin modal analizi Swift F model Modal Analiz cihazı ile yapılmıştır ve sonuçlar Tablo 3.1'de sunulmuştur.

Tablo 3.1. Kastel Granodiyoriti'ne ait kayaç örneklerinin mineral içerikleri

Kayaç Adı	Granodiyorit		
	1	2	3
Örnek no			
Plajiyoklas	46.10	48.80	49.60
Kuvars	35.30	33.10	27.70
Ortoklas	10.30	11.40	9.30
Hornblend	5.10	3.50	4.30
Biyotit	2.20	1.30	1.70
Opak mineral	1.40	1.70	2.20
Epidot	0.00	0.60	2.20
Klorit	0.00	0.00	2.20
Kalsit	0.40	0.00	1.40
TOPLAM	100.80	100.40	100.60

Modal analizi yapılan örnekler KAP üçgen diyagramına (Streckeisen, 1976) aktarılmış ve birimin granodiyorit bileşimli kayaçlardan oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 3.9). Kastel Granitoyidi 2-8 cm boyutunda köşeli veya kısmen yuvarlak şekilli mafik magmatik anklav (MMA)'lar içerirler.



Şekil 3.10. Kastel Granodiyoriti'ne ait örneklerin KAP üçgen diyagramındaki konumları (Streckeisen, 1976). (K: Kuvars, A: Alkali Feldispat, P: Plajiyoklas)

Kastel Granodiyoriti'nin mikroskopik olarak incelenmesi sonucunda başlıca plajiyoklas, kuvars, ortoklas, hornblend, biyotit ve opak minerallerini içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca taneli doku görülmektedir (Şekil 3.11).

Plajiyoklaslar dikdörtgenimsi prizmatik kristaller halinde, öz ve yarı öz şekilli olarak bulunur. İri plajiyoklaslar küçük hornblend ve opak mineral inklüzyonları içerir. Bazı plajiyoklaslarda zonlanma görülmektedir. İri kristalli minerallerin bazılarında kırıklı ve çatlaklı bir yapı mevcuttur. Plajiyoklaslar yapılan cins tayinine göre (010) andezin (An_{35}) olduğu belirlenmiştir. Örneklerde yaygın olarak serizitleşme, kalsitleşme ve killeşmeler görülür. Kayaçta %46.10-%49.60 oranında bulunmaktadır (Tablo 3.1).

Kuvars öz şekilsiz ve irili ufaklıdır. Diğer minerallerin arasını doldururlar. Minerallerin birçoğu kırıklı ve çatlaklı yapıdadır. Belirgin olarak dalgalı sönme gösterirler. Kayaçta %27.70-%35.30 oranında bulunurlar (Tablo 3.1).

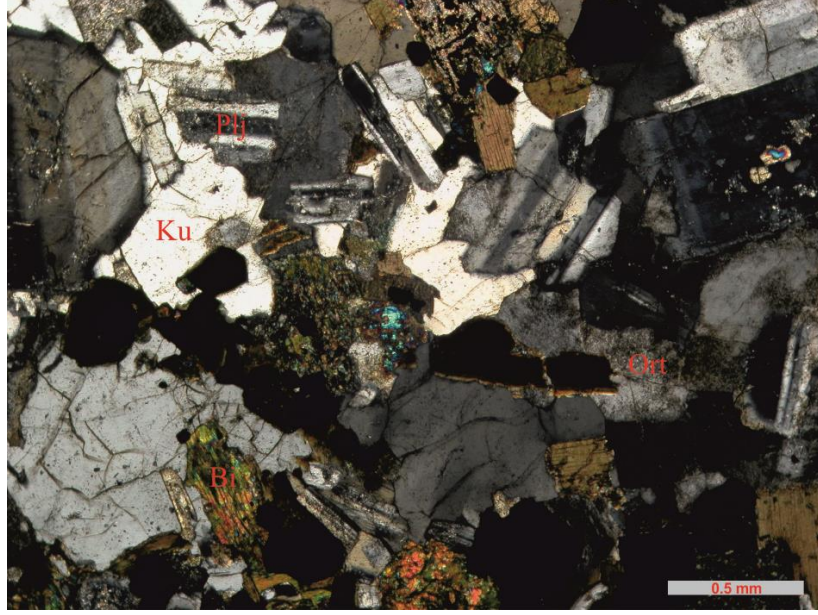
Ortoklaslar öz şekilsiz ve yarı özşekilli olarak bulunurlar. Diğer minerallerin arasını doldurmaktadırlar. Mikropertitik doku yaygın olarak gözlenmiş olup, bir kısım örneklerde karlsbad ikizi görülmektedir. Bazı iri mineralleri poikilitik doku göstermektedirler. Yaygın olarak görülen ayrışma türü kaolinleşmedir. Kayaçta bulunma oranları %9.30-%11.40'tır (Tablo 3.1).

Hornblendler öz ve yarı öz şekilli, levhamsı prizmatik kristaller halinde görülmektedirler. Pleokrizma renkleri x yönünde sarı, y yönünde yeşil ve z yönünde kahverengimsi yeşildir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde birbiriyle 56 derecelik açı oluşturan çift yönlü dilinimlere sahiptir. Sönme açıları 17^0 - 18^0 arasında değiştiği saptanmıştır. Minerallerinin bazıları ayrışması sonucu kenar ve dilinimler boyunca kalsit ve klorite dönüşmüşlerdir. Kayaçta %3.50-%5.10 oranında bulunurlar (Tablo 3.1).

Biyotitler öz ve yarı öz şekilli olarak çubuğumsu prizmatik kristaller halinde görülmektedir. (001) yüzeyine paralel olan kesitlerde tek yönde dilinim belirgindir ve bu dilinim yüzeyine göre dik sönmektedir. Açık sarıdan koyu kahverengiye doğru değişen renk pleokrozması belirgindir. Bazı mineraller kısmen ayrışarak klorite dönüşmüştür ve dilimler boyunca epidot ve opak mineral birikimleri gözlenmiştir. Kayaçta %1.30-%2.20 oranında bulunurlar (Tablo 3.1).

Opak mineraller genelde öz ve yarı öz şekilli küçük kristaller halinde görülmektedirler. Kayaç içerisinde %1.40-%2.20 oranında bulunurlar (Tablo 3.1).

Alterasyon mineralleri olarak serizit, kil, epidot ve klorit gözlenmiştir.



Şekil 3.11. Kastel Granodioriti'nde gözlenen taneli doku (Ç.N. Plj: Plajiyoklas, Ku: Kuvars, Bi: Biyotit, Ort: Ortoklas)

3.1.3.1. Kastel Granodioriti'nin Yaşı

Kastel Granodioriti Geç Kretase yaşlı Kızılkaya ve Çağlayan Formasyonları'nı kesmiş olup Eosen yaşlı kayaçlarla dokanağı yoktur. Ancak, yaklaşık 500 m güneydeki Torul Granitoid'ine (78-80 My, Kaygusuz vd., 2008, 2010) ve 300 m kuzeydeki Köprübaşı Granitoidi'ne (78 My, Kaygusuz ve Şen, 2011) benzer özellikler gösterdiğinden granodioritin yaşının Geç Kretase olabileceği düşünülmektedir.

3.1.3.2. Kastel Granodioriti'nin Deneşirmesi

Kastel Granodioriti Torul yöresinde Geç Kretase yaşlı Sarıosman Granitoidi (Kaygusuz vd., 2009) ve Torul Granitoidi (Kaygusuz vd., 2008, 2010), Dağbaşı yöresinde Dağbaşı Granitoidi (Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009), Harşit yöresinde Harşit Granitoidi (Karslı vd., 2010), Torul yöresinde Köprübaşı Granitoidi (Kaygusuz ve Şen, 2011) ve Zigana yöresinde Camiboğazı Granitoidi (Kaygusuz vd., 2014) ile benzer özellikler sergilemektedir.

3.1.4. Alibaba Formasyonu

Tokel (1972) tarafından ilk defa Alibaba Formasyonu olarak adlandırılan volkano-tortul karakterli bu formasyon, Gümüşhane yöresinde Kermutdere Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Çalışma alanındaki benzer litolojik ve stratigrafik özellikler sergileyen birimler için de aynı formasyon adı kullanılmıştır.

Alibaba Formasyonu çalışma alanında en fazla yüzeyleyen birimdir. Yaklaşık 65 km²'lik bir alanı kaplayan formasyon arazideki Alancık Mahallesi, Büyükçit, Küçükçit, Kargano Tepe, Dere Mahallesi, Halilli Mahallesi, Hıdrellez Mahallesi, Arpalı Yaylası, Düzler Sırtı, İspendam Tepe, Makrelbaşı Tepe, Maniyakaya, Kıranüzeri Tepe, Sinektaş Tepe, Ayliye Tepe, Balihor, Kuşluktaş tepe, Kaskarabaş Sırtı, Kaleme Sırtı, Yüksek Tepe, Kadila Tepe, Gelincik Tepe, Çamlığın Tepe, Kale Tepe ve Kapılar Sırtı civarında görülmektedir.

Tabanda volkanik breş, aglomera ve tüflerden oluşan birimler ile başlayan Alibaba Formasyonu'nu fosilli kireçtaşı, kireçtaşı, killi kireçtaşı, kumtaşı ve kumlu kireçtaşı ara seviyeli hornblend andezit, ojit andezit, kuvarslı andezit ve tüflerden, en üstte ise dasit ve piroklastlarından oluşmaktadır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Alibaba Formasyonu'na ait tortul birimler ve volkanitlerin dokanağı (Yer: Gelincik Tepe civarı)

Aglomera ve breşler makroskobik olarak koyu gri ve yeşilimsi renklerde olup, andezit çakılları birbirlerine bir matriks yardımı ile bağlanmışlardır. Andezit çakıllarının çapları 7-30 cm arasında değişmektedir. Çakıllar aglomeralarda yuvarlak şekilli; breşlerde ise köşeli şekillidirler (Şekil 3.13)



Şekil 3.13. Alibaba Formasyonu'ndaki a) Breşler b) Aglomeralar (Yer: Salaboğaz Y. civarı)

Alibaba Formasyonu içindeki tortul birimler çalışma alanında Arpalı Yaylası, İspendam Tepe, Büyükçit, Küçükçit, Halilli Mahallesi, Gelincik Tepe, Kumbu Tepe, Kargano Tepe, Maniakaya, Hıdrellez Sırtı ve Kıranüzeri Tepe çevresinde yüzeylemektedir. Tabakalar ortalama K28B/ 27GB doğrultulu kireçtaşı, fosilli kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve kumtaşından oluşur. Arazide genellikle açık sarı ve bej renkte olup, belirgin tabakalanma gösterirler (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Alibaba Formasyonu içindeki tortul birimler (Yer: Halilli Mahallesi civarı)

Makroskobik olarak andezitler gri, koyu gri ve yeşilimsi gri renk tonlarında görülmektedirler (Şekil 3.15). Andezitler yer yer kuvars ve kalsit damarlarını içermektedirler. El örneğinde plajiyoklas, hornblend ve ojit mineralleri ayırt edilebilmektedir. Mineral içeriğine göre kuvars içeren örnekler kuvarslı andezit, hornblend içeren örnekler hornblend andezit ve ojit içeren andezitler de ojit andezit olarak adlandırılmışlardır.

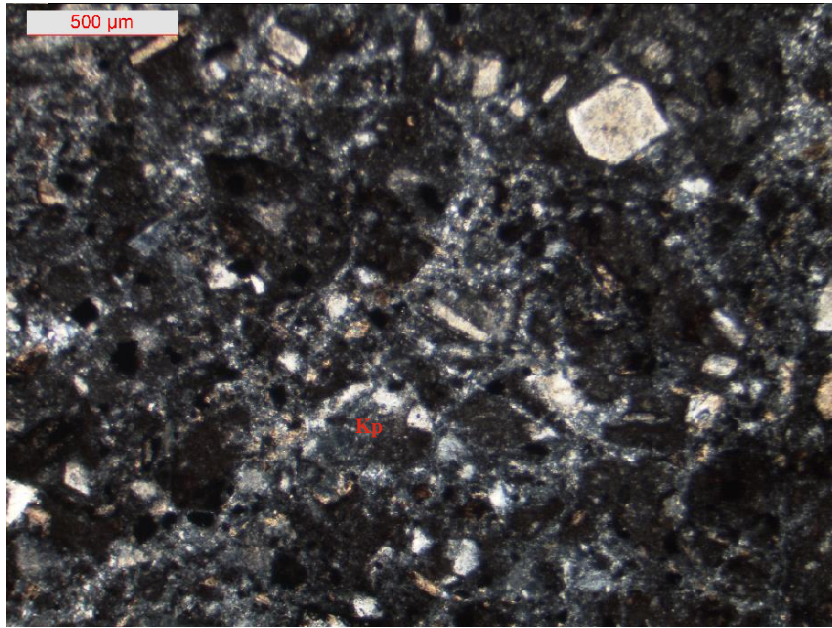


Şekil 3.15. Alibaba Formasyonu'na ait andezitlerin görünümü (Yer: Hırsız Dağı civarı)

Bu birime ait örneklerin mikroskobik incelemelerinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Aglomeralar mikroskobik olarak kırıklı ve zonlu kristallerden oluşan plajiyoklasları, yarı öz şekilli hornblendleri, iri ve küçük taneler halindeki opak minerallerini ve çoğunlukla yuvarlak şekilli andezitik kayaç parçalarını bir bağlayıcı bulundurmaktadır. Serizit, kalsit, klorit ve epidotlar aglomeralardaki ikincil mineralleri oluşturmaktadır. Bağlayıcı malzeme ise kül bileşimindedir.

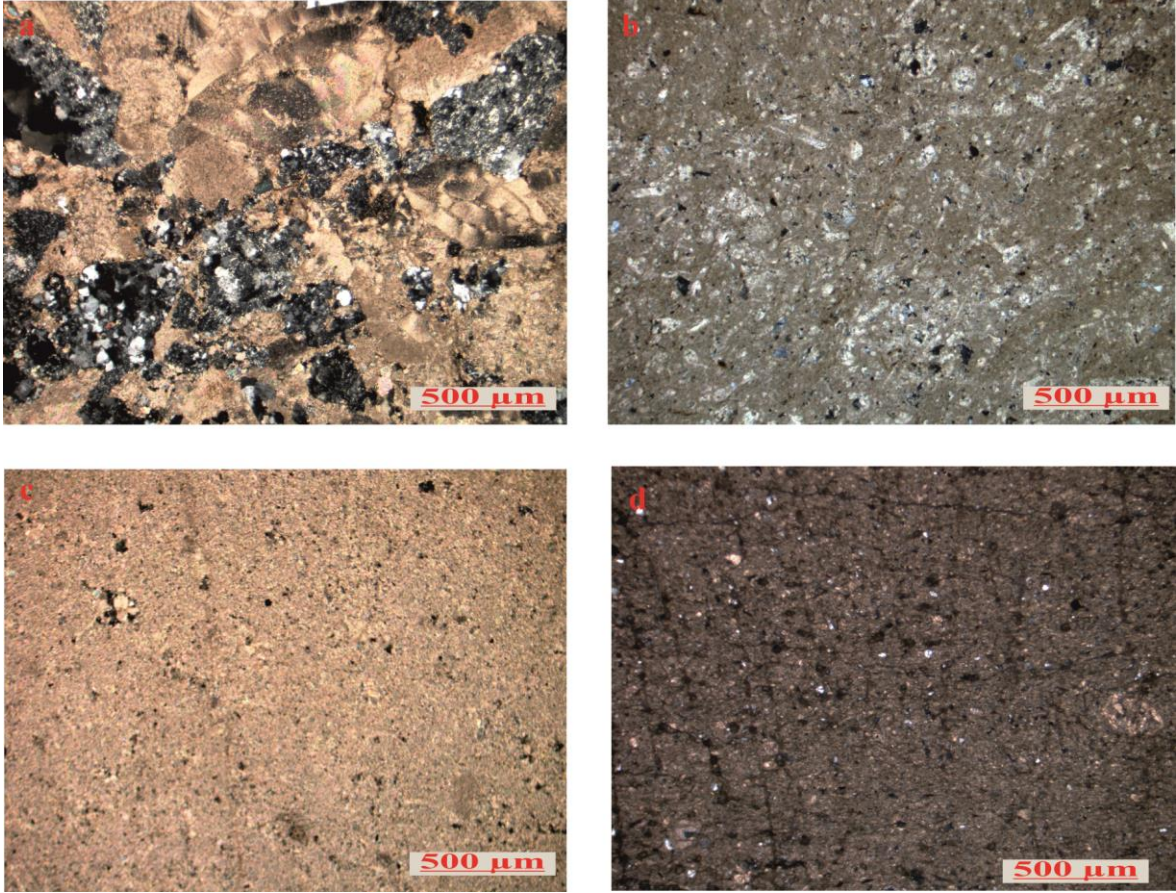
Alibaba Formasyonu'ndaki tüfler kristal ve litik-kristal tüfün özelliklerini sergilemektedir. Bileşenler köşeli, yer yer kırıklı plajiyoklastan, genelde daha büyük kristaller halinde opaklaşmış hornblendden, küçük kristalli yapılar halindeki tremolit-aktinolit ve daha çok kenar kısımlarından kloritleşmiş biyotitten ve küçük taneler halindeki opak minerallerinden oluşmaktadır. Andezit bileşimli litik parçalar ise köşeli bir yapıda olup, başlıca plajiyoklas ve hornblend; ikincil mineraller olarak da klorit, kalsit, zeolit ve serizit mineralleri görülmektedir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Alibaba Formasyonu içindeki litik kristal tüfün mikroskobik görünümü (Ç.N. Pl: Plajiyoklas, Kp: Kayaç parçası)

Tortul yapıdaki birimler içindeki fosilli kireçtaşları *Nummulites* fosillerini, küçük fosil parçalarını ve kalsit kristallerini içermektedir (Şekil 3.17 a,b). Kristalize kireçtaşları büyük oranda kristalleşmiş kalsitten, az oranda da kuvars ve opak minerallerinden

oluşmaktadır (Şekil 3.17 c). Kumlu kireçtaşlarının yapısında köşeli yapıdaki kuvars ve feldspat kristalleri, çoğunlukla ayrılmaya uğramış ve kloritlemiş biyotit, küçük taneler halindeki opak mineralleri ve andezit bileşimli, küçük ve köşeli kayaç parçalarından müteşekkildirler (Şekil 3.17 d). Çalışılan kayaçlarda bileşenlerin oranları ise yaklaşık olarak % 10-20 oranında; mikrit bileşimli matriks ise yaklaşık olarak % 30-80 oranındadır.



Şekil 3.17. Alibaba Formasyonu içindeki a) Fosilli kireçtaşı b) Mikro fosilli kireçtaşı c) Kristalize kireçtaşı d) Kumlu kireçtaşlarının mikroskopik görünümü

Alibaba Formasyonu içindeki andezitler mikroskopik olarak irdelendiğinde porfirik, mikrolitik porfirik ve glomeroporfirik doku sergiledikleri görülmektedir (Şekil 3.18 a, b, f, g).

Plajiyoklaslar iri, öz ve yarı öz şekilli levhamsı kristaller halinde bulunmaktadır. Hamurda ise küçük kristaller halinde görülmektedir. Levhamsı kristaller çoğunlukla zonlu doku göstermektedirler (Şekil 3.18 e, h). Albit ikizi gözlenenlerde yapılan cins tayinine göre (010'a dik kesit) plajiyokas türü, An içeriği 32-38 arasında değiştiği tespit

edildiğinden ötürü, andezin olarak belirlenmiştir. Kimi minerallerde albit ikizlenmesi bazıları da polisentetik ikizlenme görülmektedir. En yaygın gözlemlenen ayrışma ürünleri kalsit, klorit ve kil mineralleridir.

Hornblend andezitlerdeki hornblendler genellikle öz ve yarı öz şekilli, iri prizmatik kristaller halinde; hamurda ise küçük kristaller halinde görülmektedir (Şekil 3.18 a, b). Bazı kristaller plajiyoklas ve opak mineral kapanımları içermektedir. Hornblend kristalleri z ekseninde kahverengimsi yeşil, y ekseninde yeşil ve x ekseninde açık sarımsı yeşil renk tonlarında pleokroizma göstermektedir. Çift yönlü dilinimler C eksenine dik olan kesitlerde yaklaşık 56 derecelik açılar yapacak şekilde belirgin olarak görülmektedir. Sönme açıları (010) yüzeyine paralel olan kesitlerde yaklaşık olarak 25-26 derece arasında değişmektedir. Hornblendler genel olarak kalsitleşmiş ve kenar kısımlarından opaklaşmışlardır. Bazı örneklerde ise tamamen opaklaşmıştır (Şekil 3.18 g).

Ojit andezitlerde bulunan ojitler çoğunlukla öz şekilli, yarı öz şekilli ve iri prizmatik kristaller halindedir. Hamurda bulunan ojitler ise küçük kristaller halinde görülmektedir. Bazı kesitlerde ise opaklaşmış halde bulunmaktadır (Şekil 3.18 c, d.). Sönme açıları (010) yüzeyine paralel kesitlerde yaklaşık 40° - 44° arasında değişmektedir. Genellikle, (100) yüzeyinde ikizlenmesi belirgindir. Birbirleri ile 90 derecelik açılar yapan iki yöndeki birbirine dik dilinimler C eksenine dik kesitlerde açıkça görülmektedir. Bazı minerallerde de tek yönde dilinimler belirgindir.

Biyotitler bazı kesitlerde bulunurlar ve çoğunlukla küçük prizmatik kristaller halindedirler. (001) yüzeyine paralel kesitlerde tek yönde dilinimler belirgindir ve biyotitler bu dilinimlere göre dik sönmektedirler. Pleokroizma renkleri x yönünde kırmızımsı kahverengiden, y ve z yönünde sarımsı kahverengine doğru değişmektedir.

Opak mineraller az miktarda, dağınık ve küçük taneler halinde görülmektedirler.

İkincil mineraller ise kalsit, serizit ve epidot mineralleridir.

Hamur bileşeni mikro kristaller halindeki plajiyoklas, ojit, hornblend ve biyotit minerallerini ve opak mineral tanelerini içermektedir.

Alibaba Formasyonu içindeki dasitlerin mikroskobik olarak incelenmesinde mikrogrönü porfirik, porfirik ve kemirilme (Şekil 3.18 f) dokularını sergiledikleri gözlenmiştir. Dasitlerdeki başlıca mineraller plajiyoklas, alkali feldispat, kuvars, biyotit, hornblend ve opak mineralleridir.

Plajiyoklaslar iri, öz şekilli levhamsı kristaller ve hamurda da mikrolitler halinde bulunur. Dasite ait ince kesitlerde en çok bulunan mineraldir. Plajiyoklasa ait iri kristaller

küçük hornblend ve opak mineral inklüzyonları içermektedirler. Plajiyoklaslar daha çok albit ve daha az oranda da albit-karlsbad ikizlenmesi gösterirler. (010)'a dik olan kesitlerde yapılan cins tayininde plajiyoklas cinsinin %37-%42 An içerikli andezin olduğu saptanmıştır. Bazı kristallerde zonlanma görülmektedir. En yaygın ayrışma türü serizitleşme, kalsitleşme ve killeşme şeklinde görülmektedir.

Kuvarlar çoğunlukla iri ve öz şekilli kristaller halinde bulunmaktadır. İri kristallerin bazılarının kenarları hamur tarafından yenmiştir (Şekil 3.18 f). Büyük kristaller genelde dalgalı sönme gösterirler ve kırıklı yapıdadırlar.

Alkali feldispatlar iri, öz veya yarı öz şekilli kristaller halinde olup hamurda ise küçük kristaller halinde görülmektedirler. Bazı minerallerde karlsbad ikizi gözlenmektedir.

Biyotitler öz veya yarı öz şekilli, çubuksu prizmatik kristaller ve lameller halindedirler. İncelenen kayalardaki en bol bulunan koyu renkli mineraldir. Ayrışmamış minerallerde pleokroizma renkleri x yönünde sarımsı kahverengi, yeşil; z ve y yönünde ise kahverengimsi kırmızıdır. Biyotitler bazı kesitlerde kenarlardan itibaren kısmen ayrışarak klorite dönüşmüş olarak görülmektedir. Ayrışma sonucu açığa çıkan demir, kristal dilinimleri boyunca opak oksit yığılımlarına neden olmuştur. Kristallerde (001) yüzeyine paralel kesitlerde tek yönde dilinimler belirgindir ve bu dilinime göre paralel olarak sönürler.

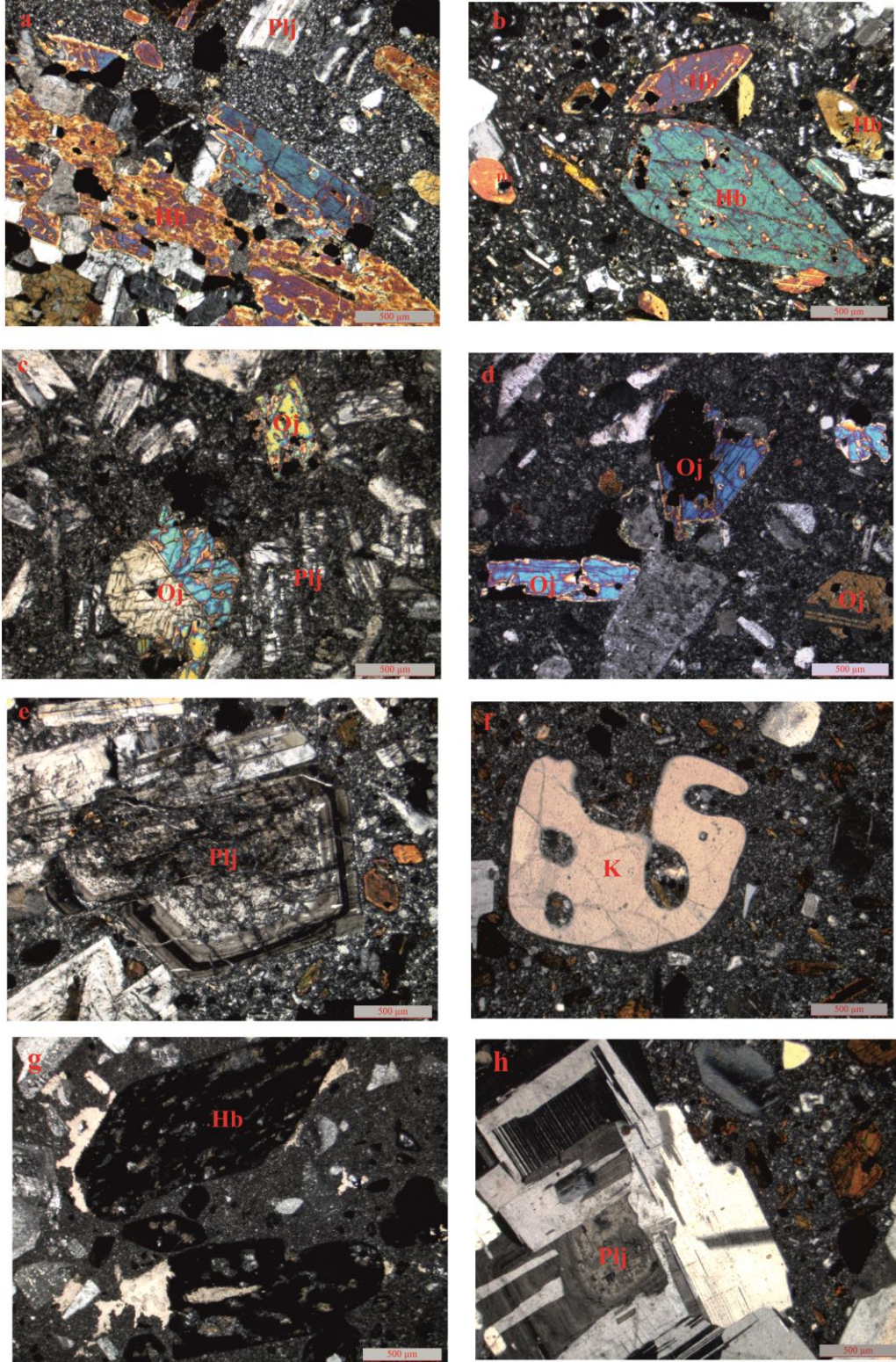
Hornblendler daha çok öz ve yarı öz şekilli levhamsı prizmatik kristaller halinde, az oranda da küçük lifsi kristaller halindedirler. Pleokroizma renkleri z yönünde açık yeşil y yönünde sarımsı yeşil ve x yönünde yeşilimsi sarıdır. (100) yüzeyine paralel olan kesitlerde ikizlenme belirgindir. Bazı örneklerde birbirleriyle yaklaşık 56 derecelik açılar yapan dilinimler mevcuttur. Bazı örneklerde ise tek yönde dilinimler belirgindir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 14-16 derece arasında değişmektedir. Bazı kesitlerde ayrışarak klorit ve kalsite dönüşmüş olarak görülür.

Opak mineraller öz ve yarı öz şekilli, hem iri hem küçük kristaller halinde görülürler.

Dasitlerdeki tali mineraller zirkon ve apatit minerallerinden oluşurlar.

Dasitler ayrışma mineralleri olarak klorit, serizit ve kalsit minerallerini içerirler.

Hamur plajiyoklas, kuvars, biyotit, hornblend ve opak minerallerin mikro kristallerinden oluşur.



Şekil 3.18. Alibaba Formasyonu'ndaki hornblend andezitlerde gözlenen a) Glomeroporfirik doku, b) Öz şekilli hornblendler, c, d) Ojitli andezitlerde görülen ojitler e) Zonlu plajiyoklaslar f) Dasitlerde görülen kemirilmiş kuvars g) Opaklaşmış hornblendler h) Glomeroporfirik doku gösteren plajiyoklaslar (Ç.N., Plj: Plajiyoklas, Ku: Kuvars, Oj: Ojit, Hb: Hornblend, Op: Opak mineral)

3.1.4.1. Alibaba Formasyonu'nun Yaşı

Tokel (1972) Gümüşhane yöresinde birimin tabanındaki kireçtaşlarında bulunan *Nummulites sp.* ve *Discocyclina sp.* fosillerinden ötürü bu formasyona Eosen yaşını vermiştir. Erguvanlı (1950), Bahçeçik Köyü (Torul) civarında, kırmızı-mor renkli andezitik tüf ve aglomeraların arasındaki fliş seviyesinde, *Nummulites irregularis*, *Nummulites subirregularis*, *Nummulites millacapat*, *Assilina sp.*, *Discocyclina sp.*, *Ostrea sp.*, *Lamellibranshia* fosillerine göre, birime Lütesyen yaşını vermiştir. İnceleme alanı dışında, Kale civarında, birimin taban kesimindeki kumlu kireçtaşlarında saptanan *Nummulites* türleriyle birime Eosen yaşını verilmiştir (Eren, 1983).

Aslan (2010), Kaygusuz vd. (2011) ve Arslan vd. (2013) yaptıkları jeokronolojik çalışmalarda birime Eosen (33-45 My) yaşını vermiştir

Alibaba Formasyonu inceleme alanındaki tüm birimleri uyumsuzlukla üstlemiş olup, önceki çalışmalar da dikkate alındığında formasyonun yaşı Eosen olarak benimsenmiştir.

3.1.4.2. Alibaba Formasyonu'nun Deneştirilmesi

Alibaba Formasyonunun Gümüşhane yöresindeki Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu (Tokel, 1972); Harşit yöresindeki Üst bazik volkanik seri (Gedikoğlu, 1978); Venk Yayla Formasyonu (Türk-Japon Ekibi, 1985) ve Trabzon-Maçka güneyinde andezit-bazalt ve piroklastlarından oluşan B3 Üyesi (Gülibrahimoğlu, 1985) ile litolojik ve stratigrafik olarak uyumludur.

3.1.5. Alüvyon

Kuvaterner yaşlı alüvyonlar çalışma alanında Harşit Çayı ve Çit Deresi boyunca görülmektedir. Özellikle Çit Deresi ile Harşit Çayının birleştiği yerde geniş bir alanda yayılım göstermektedir. Civarda yaşayan insanlar tarafından meyve sebze bahçesi ve yerleşim alanı olarak kullanılmaktadır. Alüvyonun eleman boyutları kil boyutundan blok boyutuna kadar değişkenlik göstermektedir. Çakıllar yuvarlaklaşmış halde bulunmaktadırlar. Elemanlar çalışma alanındaki tüm jeolojik formasyonları içermektedirler (Şekil 3.19).



Şekil 3. 19. Çalışma alanındaki alüvyonlar (Yer: Dere Mahallesi civarı)

3.2. Eosen Yaşlı Volkanik Kayaçların Mineral Kimyası

3.2.1. Giriş

Eosen yaşlı Bahçecik volkanik kayaçlarına ait 20 adet kayaç örneğinin mineral kimyası analizleri New Mexico Tech (New Mexico, Amerika)'deki Jeoloji ve Mineral Araştırma Laboratuvarı'ndaki Elektron Mikroprob Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

3.2.2. Plajiyoklas

Çalışma alanındaki tüm volkanik kayaçların içinde plajiyoklaslar bol olarak gözlenmektedir. Plajiyoklaslara ait mikroprob analizlerinin kenar (k), merkez (m) ve kenar-merkez (k-m) boyunca değişkenlik gösteren mikrokimyasal içerikleri Tablo 3.2'de sunulmuştur.

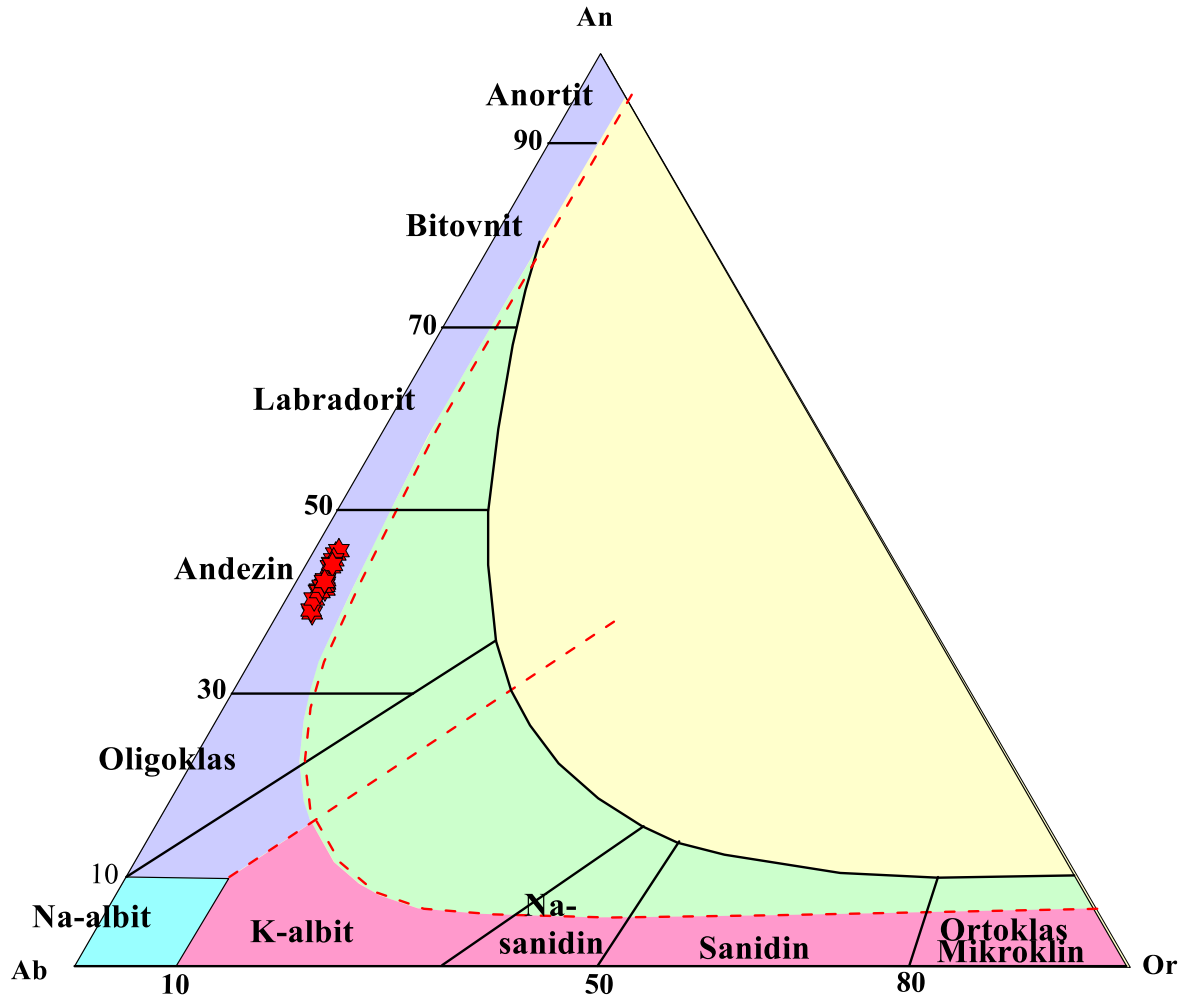
Bahçecik ve civarındaki volkanik kayaçlardaki plajiyoklasların SiO₂ içerikleri % 56.44- %58.56 arasında değişmektedir. Al₂O₃ içerikleri % 25.13-% 26.61 arasında; FeO(T) içerikleri % 0.23-% 0.36 arasında ve K₂O içerikleri ise % 0.39-% 0.55 arasında değişkenlik göstermektedir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. Plajiyoklaslara ait mikrokimya içerikleri

	M22-01	M22-02	M22-09	M22-20	M22-21	M22-25	M22-26	M22-27	M22-28	M22-31	M22-32	M22-33	M22-35	M22-37	M22-40	M22-43	M22-44	M22-45	M22-46	M22-47
	m	k	k	k	m	m	k	m	k	m	k	k-m	k-m	k-m	k-m	m	m	k	m	k
SiO ₂	57.70	58.32	57.54	57.67	57.67	56.44	56.62	57.84	57.42	58.56	56.56	57.15	58.20	57.79	57.74	57.19	56.65	57.41	57.08	57.76
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	25.49	25.21	25.62	25.84	25.61	26.28	26.61	25.50	25.71	25.13	26.08	25.99	25.43	25.59	25.57	25.73	26.21	25.93	26.09	25.55
FeO(T)	0.31	0.28	0.28	0.32	0.23	0.28	0.24	0.29	0.30	0.31	0.31	0.29	0.36	0.34	0.31	0.27	0.35	0.29	0.34	0.31
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	8.32	7.84	8.35	8.33	8.27	9.17	9.26	8.37	8.42	7.82	9.03	8.77	8.20	8.23	8.37	8.63	8.95	8.56	8.83	8.62
Na ₂ O	6.26	6.50	6.07	6.17	6.26	5.90	5.85	6.21	6.17	6.42	5.95	5.96	6.43	6.22	6.18	6.24	6.00	6.14	5.93	6.23
K ₂ O	0.45	0.55	0.48	0.47	0.45	0.39	0.41	0.53	0.50	0.50	0.41	0.41	0.46	0.47	0.46	0.47	0.41	0.46	0.42	0.46
BaO	0.16	0.11	0.07	0.00	0.06	0.05	0.01	0.08	0.09	0.00	0.11	0.11	0.10	0.01	0.04	0.06	0.00	0.08	0.16	0.08
SrO	0.06	0.07	0.06	0.14	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.07	0.08	0.06	0.09	0.09	0.08	0.06	0.09	0.09	0.10	0.07
Toplam	98.77	98.86	98.48	98.93	98.65	98.60	99.08	98.90	98.72	98.83	98.52	98.73	99.25	98.73	98.75	98.63	98.66	98.97	98.95	99.08
Si	2.62	2.64	2.62	2.61	2.62	2.57	2.57	2.62	2.61	2.65	2.58	2.60	2.63	2.62	2.62	2.60	2.58	2.60	2.59	2.62
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.36	1.35	1.37	1.38	1.37	1.41	1.42	1.36	1.38	1.34	1.40	1.39	1.35	1.37	1.37	1.38	1.41	1.39	1.40	1.36
Fe ⁽ⁱⁱ⁾	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.41	0.38	0.41	0.40	0.40	0.45	0.45	0.41	0.41	0.38	0.44	0.43	0.40	0.40	0.41	0.42	0.44	0.42	0.43	0.42
Na	0.55	0.57	0.54	0.54	0.55	0.52	0.51	0.55	0.54	0.56	0.53	0.53	0.56	0.55	0.54	0.55	0.53	0.54	0.52	0.55
K	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	4.99	4.99	4.98	4.98	4.98	4.99	4.99	4.98	4.99	4.98	4.99	4.98	4.99	4.98	4.98	5.00	4.99	4.99	4.98	4.99
An	41.21	38.71	41.98	41.54	41.09	45.16	45.53	41.32	41.72	39.02	44.52	43.76	40.23	41.04	41.63	42.14	44.12	42.33	44.01	42.15
Ab	56.12	58.06	55.16	55.68	56.27	52.58	52.10	55.54	55.34	58.00	53.10	53.79	57.10	56.16	55.63	55.16	53.50	54.97	53.48	55.15
Or	2.68	3.23	2.87	2.77	2.64	2.26	2.37	3.14	2.93	2.98	2.38	2.45	2.67	2.80	2.74	2.70	2.38	2.70	2.51	2.70

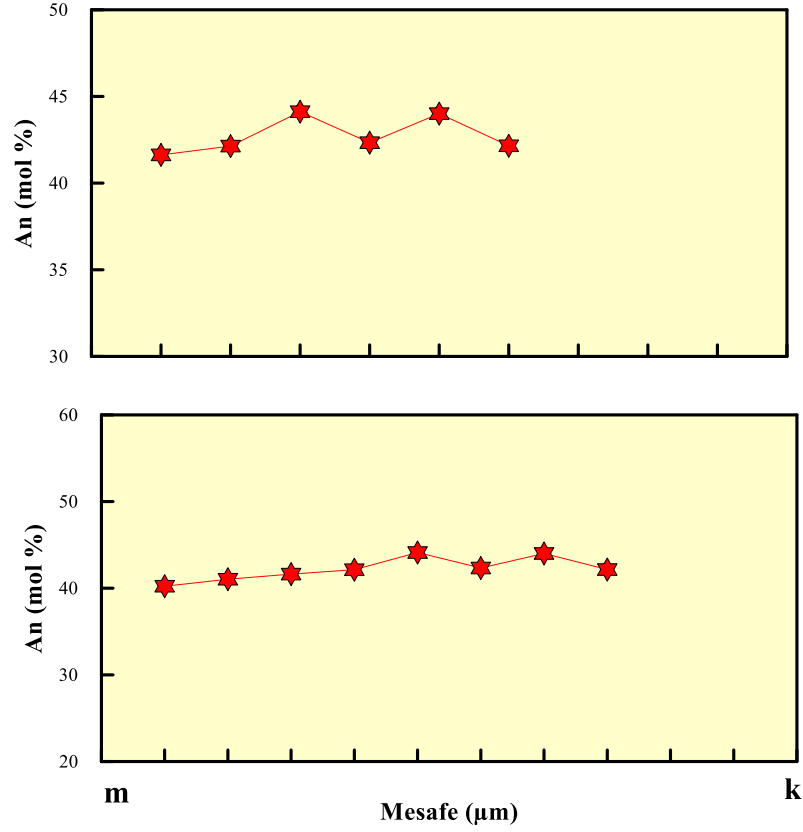
k. Kenar, m: merkez

Bahçecik (Torul) ve civarındaki volkanik kayalarda bulunan plajiyoklasların bileşimleri An_{39-45} arasında değişkenlik göstermektedir. Plajiyoklasların kenar ve merkez bileşimleri de An_{39-45} arasında değişmektedir. Örnekler Smith ve Brown'un 1988'de oluşturdukları An-Ab-Or sınıflama diyagramına göre andezin bileşimindedirler (Şekil 3.20).



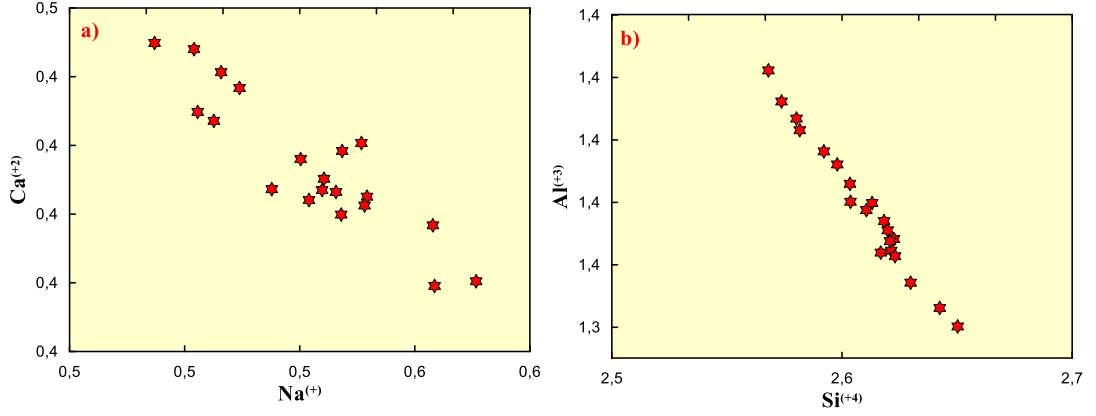
Şekil 3.20. Çalışma alanına ait plajiyoklasların An-Ab-Or sınıflama (Smith ve Brown, 1988) diyagramına göre konumları

Bahçecik volkanik kayalarının içerdiği zonlu plajiyoklasların An içeriği An_{39} 'dan An_{44} 'e kadar değişmektedir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Zonlu plajiyoklaslarda gözlenen An değişimleri (m: merkez, k: kenar)

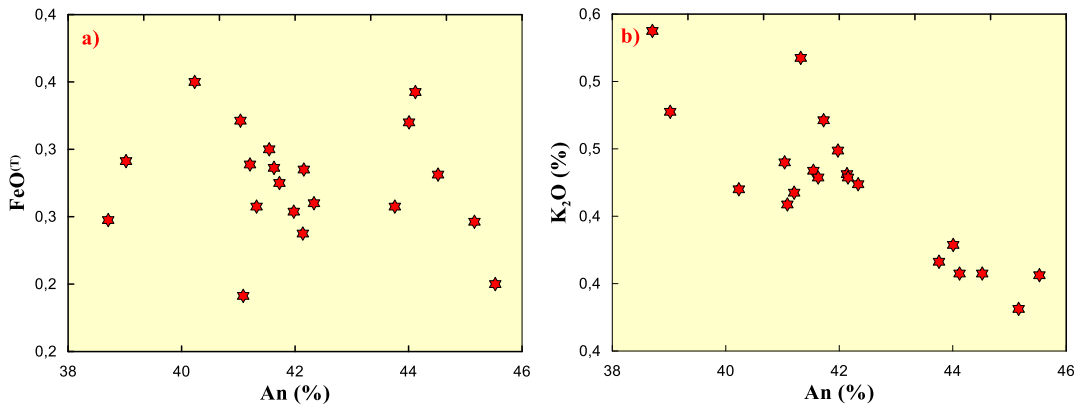
Çalışılan volkanik kayaların kimyasal yapıları $\text{Na}^+ \text{Si}^{4+} \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} \text{Al}^{3+}$ ikili süstitüsüyonu aracılığıyla kontrol edilmektedir (Şekil 3.22 ve 3.23). Hem ana kayaç plajiyoklaslarında hem de kayaç kapanım plajiyoklaslarında $\text{Al}^{3+} \rightleftharpoons \text{Si}^{4+}$ süstitüsüyonu, $\text{Ca}^{2+} \rightleftharpoons \text{Na}^+$ süstitüsüyonuna kıyasla daha kuvvetlidir. Plajiyoklas yüzeyine yakın kısımdaki eriyikte bileşimsel derecelenme oluşmasına ve ardalı zonlanmanın meydana gelmesine $\text{Ca}^{2+} \rightleftharpoons \text{Na}^+$ difüzyonunun $\text{Al}^{3+} \rightleftharpoons \text{Si}^{4+}$ difüzyonuna göre zayıf olması etkindir. Plajiyoklasların oluştuğu magma odasının dış etkilere açık olduğunu, bu etkiler ile sıcaklık ve bileşiminin değiştirilmesinden kaynaklanmış olabileceğini Ca-Na difüzyon dengesinin kısmen bozulmuş olması işaret etmektedir. Örneklerde hem $\text{Al}^{3+} \rightleftharpoons \text{Si}^{4+}$ hem de $\text{Ca}^{2+} \rightleftharpoons \text{Na}^+$ difüzyonları kuvvetli oluşmuştur (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 Plajiyoklasların a) $Ca^{(2+)}-Na^{(+)}$, b) $Al^{(3+)}-Si^{(4+)}$ değişim diyagramları

Çalışma konusu olan Bahçecik volkanik kayaçlarındaki plajiyoklaslarındaki $FeO(T)$ içeriklerine karşılık An içeriklerindeki değişimi dağınık fakat negatife benzer bir ilişki sergilemektedir (Şekil 3.23 a). Tegner (1997)'e göre tek bir magmanın diferansiyasyona maruz kalarak kristalenen kayaçların değişimlerinde negatif bir ilişki gözlemlenmektedir.

Analizleri yapılan plajiyoklaslardaki K^+ katyonu Na^+ katyonunun yerini alma eğilimindedir. Bu nedenle K/Na oranı, eriyik bileşimince kontrol edilmekle birlikte, sıcaklık ile de kontrol edilmektedir (Hattori ve Sato, 1996). Dolayısıyla, kristallenme gerçekleşirken sıcaklık yükseldikçe K/Na oranı artış gösterecektir. Çalışma konusu volkanik kayaçlardaki plajiyoklasların K_2O -An değişimi dikkate alındığında, negatif bir ilişki gözlenmektedir (Şekil 3.23 b). An içeriği azaldıkça söz konusu değişim azalmaktadır.



Şekil 3.23. Plajiyoklasların, a) $FeO^{(T)}$ -An, b) K_2O -An değişim diyagramları

3.2.3. Hornblend

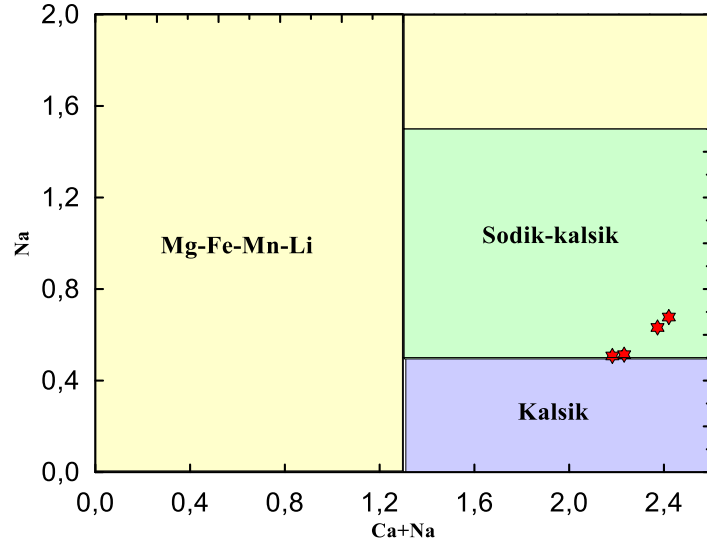
İnceleme alanındaki volkanik kayaların önemli bir kısmında hornblendlere rastlanmaktadır. Çalışma alanına ait dört adet örnekteki hornblend kristallerine ait mikroprob analizlerinin içerikleri Tablo 3.3'te sunulmuştur.

Bahçecik ve civarına ait volkanik kayalarda bulunan hornblendlerin SiO₂ içerikleri % 42.15 -% 44.95, Al₂O₃ içerikleri % 11.65-%14.17 ve Mg/(Mg+Fe⁺²) oranları da 0.85-1.00 arasında değişkenlik göstermektedir (Tablo 3.3).

Tablo 3.3. Hornblendlere ait mikrokimya analiz sonuçları

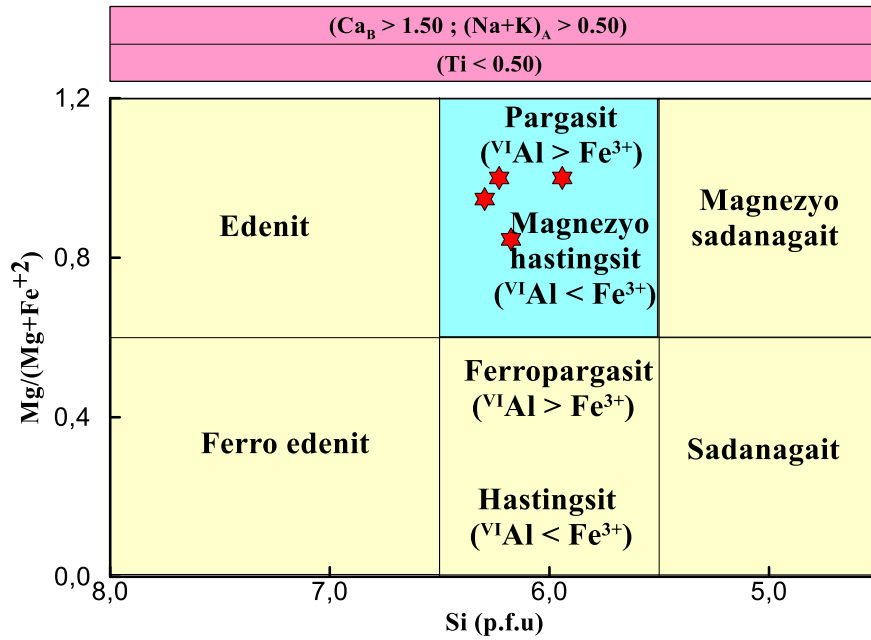
	Bazaltik andezit		Andezit	
	1	2	3	4
SiO ₂	42.15	43.15	44.32	44.95
TiO ₂	1.09	1.32	1.32	1.14
Al ₂ O ₃	14.17	12.25	12.15	11.65
FeO	9.46	14.81	8.63	12.71
MnO	0.11	0.58	0.18	0.31
MgO	16.42	12.98	17.04	14.98
CaO	11.54	11.21	11.56	11.16
Na ₂ O	2.48	1.85	2.32	1.87
K ₂ O	0.58	0.42	0.45	0.38
Toplam	98.09	98.62	98.09	99.24
Si	5.94	6.17	6.23	6.29
Ti	0.12	0.14	0.14	0.12
Al ⁴	2.06	1.83	1.77	1.71
Al ⁶	0.30	0.24	0.24	0.22
Fe ⁽ⁱⁱ⁾	0.00	0.50	0.00	0.17
Fe ⁽ⁱⁱⁱ⁾	1.12	1.27	1.01	1.31
Mn	0.01	0.07	0.02	0.04
Mg	3.45	2.77	3.57	3.13
Ca	1.74	1.72	1.74	1.67
Na	0.68	0.51	0.63	0.51
K	0.10	0.08	0.08	0.07
Toplam	15.52	15.31	15.45	15.25
Mg/(Mg+Fe ⁺²)	1.00	0.85	1.00	0.95

Bahçecik volkanik kayalarına ait hornblendler genel anlamda kalsik hornblendlerden kalsik-sodik hornblendlere doğru bir geçiş özelliğinde olup, kimyasal bileşim açısından birbirlerine benzerlik sunmaktadırlar (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Çalışma alanına ait hornblendlerin Na'a karşı Ca+Na diyagramındaki (Leake vd., 1997) konumları

Volkanik kayalarındaki hornblendler Leake vd. (1997) tarafından yapılan sınıflama diyagramına göre pargasit ($Al^{IV} > Fe^{3+}$) bileşimi göstermektedirler (Şekil 3.25).

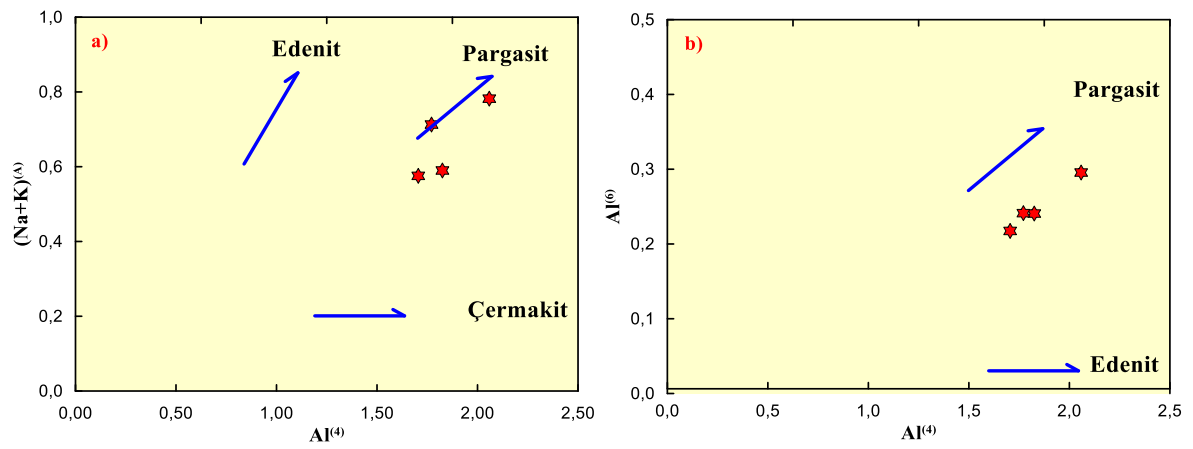


Şekil 3.25. Hornblendlerin Leake vd. (1997) sınıflama diyagramındaki yerleri.

Volkanik kayalarındaki hornblend kristallerinin benzer kimyasal özellikleri ve yapıları, hornblendlerin benzer substitüsyonla kontrol edildiğini işaret etmektedir.

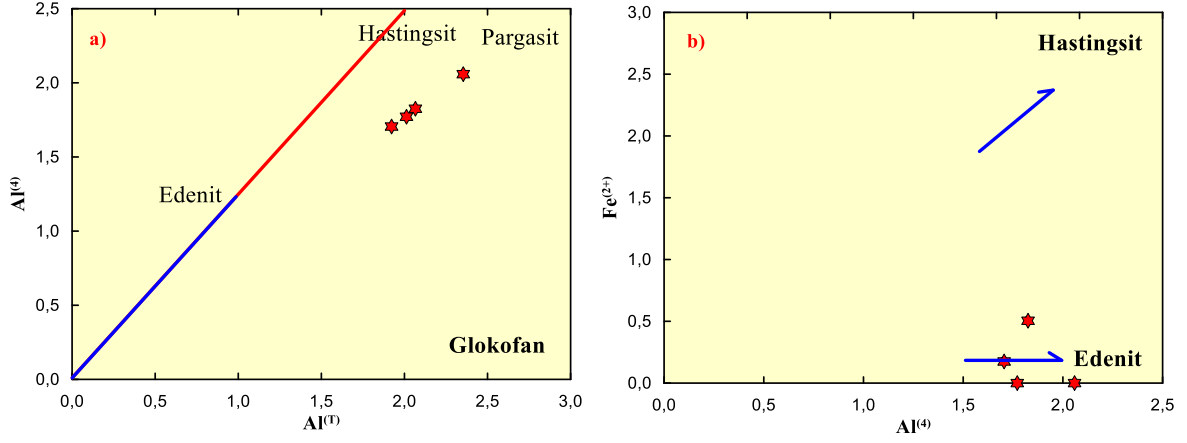
Hornblendlerin $(\text{Na}+\text{K})^{(\text{A})}$ içeriklerine karşılık $\text{Al}^{(4)}$ içeriği değişimi, mevzu bahis hornblendlerin kimyasal gelişimlerini, edenitik ve pargasitik süstitüsyonların birlikte kontrol ettiğini, çermakitik süstitüsyonun ise etkin olmadığını göstermektedir (Şekil 3.26 a).

$\text{Al}^{(4)}$ ve $\text{Al}^{(6)}$ içerikleri hornblendlerdeki pargasitik ve edenitik süstitüsyonları test eden diğer parametrelerdir. $\text{Al}^{(4)}$ - $\text{Al}^{(6)}$ değişim diyagramına bakıldığında hornblendlerdeki süstitüsyonun edenitik süstitüsyondan daha çok pargasitik süstitüsyon ağırlıklı olduğunu göstermektedir (Şekil 3.26 b).



Şekil 3.26. Hornblendlerin, a) $(\text{Na}+\text{K})^{(\text{A})}$ - $\text{Al}^{(4)}$, b) $\text{Al}^{(6)}$ - $\text{Al}^{(4)}$ değişim diyagramındaki konumları

Kalsik hornblendlerde yaygın olarak gözlenen diğer önemli süstitüsyon ise hastingsit olup, $\text{Al}^{(4)}$ - $\text{Al}^{(\text{T})}$ değişimi ile kontrol edilmektedir (Hammarstrom ve Zen, 1986). Bahçecik volkanitlerine ait örneklerdeki hornblendlerin $\text{Al}^{(4)}$ - $\text{Al}^{(\text{T})}$ değişimleri, hastingsitik süstitüsyonun da etkili olabileceğini göstermektedir (Şekil 3.27 a). Fakat örneklerin daha ziyade pargasit süstitüsyonunun etkisinde olduğu görülmektedir. Tetrahedral alüminyum ($\text{Al}^{(4)}$) ve Fe^{+2} arasındaki bağıntı ise, bu hornblendlerde hastingsitik süstitüsyon mekanizmasından ziyade kayalarda edenitik süstitüsyonun daha etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 3.27 b). Çoğunlukla sodik hornblendlerde etkili olan glokofan tip süstitüsyonun ise kayalarda hiçbir etkisinin olmadığı görülmektedir.



Şekil 3.27. Hornblendelerin, a) Al⁽⁴⁾-Al^(T), b) Fe⁽⁺²⁾-Al⁽⁴⁾ değişim diyagramındaki konumları

3.2.4. Klinopiroksen

Çalışma alanındaki volkanik kayalara ait örneklerde klinopiroksenler gözlenmiştir. Piroksenlere ait mikroprob içerikleri Tablo 3.4'te verilmiştir.

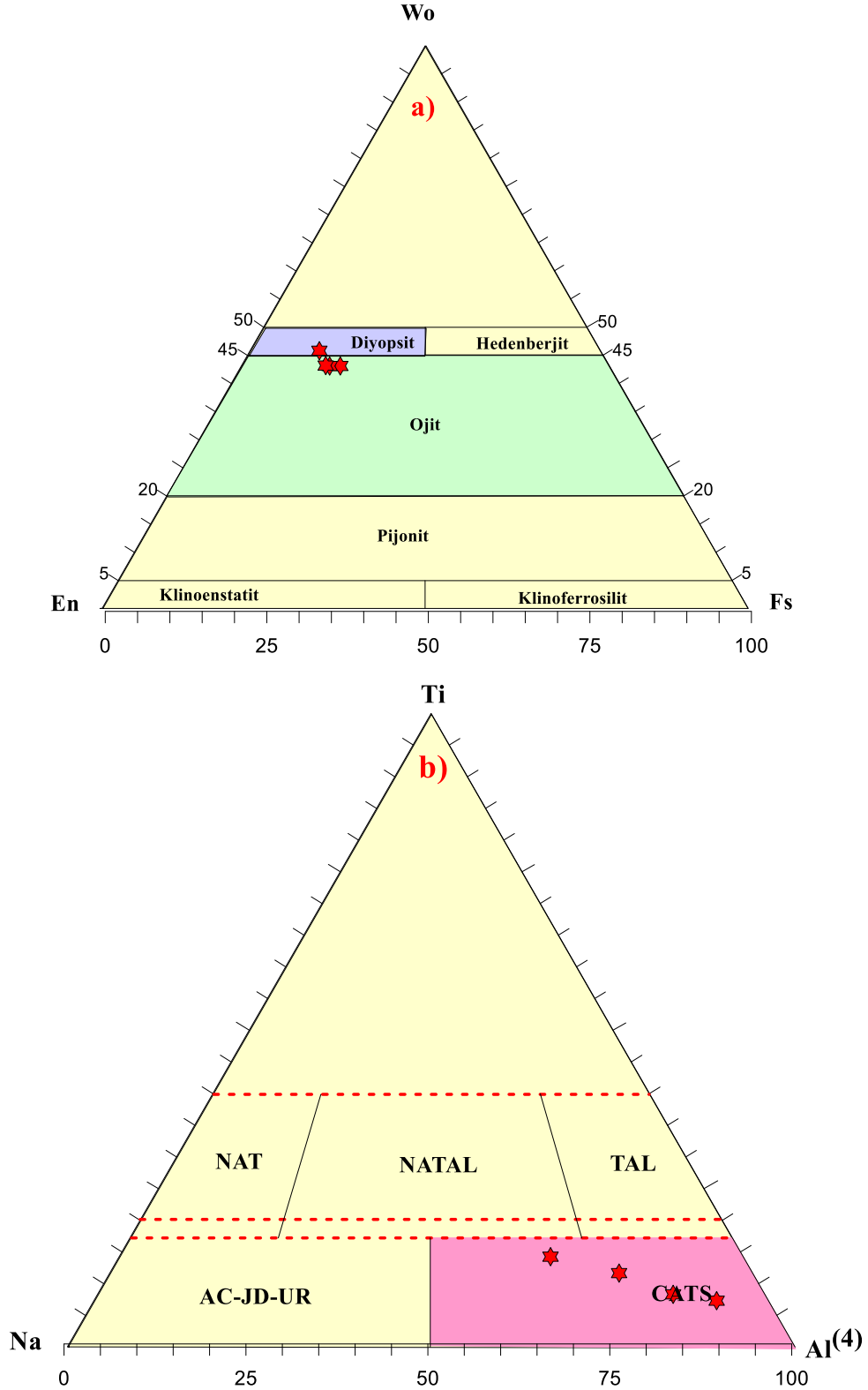
Behçecik (Torul) ve civarındaki volkanik kayalara ait klinopiroksenlerin SiO₂ içerikleri, %50.12-%52.05 arasında değişmektedir. TiO₂ içerikleri ise, %0.50-%0.57 arasında değişkenlik göstermektedir. Al₂O₃ içeriklerinin % 1.39-% 4.52; FeO, MgO ve CaO içeriklerinin de sırasıyla %6.21-%9.01, %14.51-%15.66 ve %21.06-%22.51 arasında olduğu görülmektedir. Ayrıca Eosen yaşlı volkanik kayalardaki klinopiroksenlerin Mg# içeriği 0.74-0.81 arasında iken, Fe^(T)/Fe^(T)+Mg içerikleri de 0.19-0.26 arasındadır (Tablo 3.4).

Tablo 3.4. Klinopiroksenlere ait mikrokimya analiz sonuçları

	1	2	3	4
SiO ₂	50.12	50.33	51.25	52.05
TiO ₂	0.56	0.57	0.54	0.50
Al ₂ O ₃	4.52	3.71	2.18	1.39
Cr ₂ O ₃	0.31	0.15	0.12	0.10
FeO	6.21	9.01	8.02	7.78
MnO	0.12	0.26	0.32	0.44
MgO	15.26	14.51	15.13	15.66
CaO	22.51	21.06	21.12	21.62
Na ₂ O	0.22	0.35	0.34	0.37
Toplam	99.83	99.95	99.02	99.91
Si	1.86	1.88	1.92	1.94
Ti	0.02	0.02	0.02	0.01
Al	0.20	0.16	0.10	0.06
Cr	0.01	0.00	0.00	0.00
Fe ⁽ⁱⁱ⁾	0.19	0.28	0.25	0.24
Mn	0.00	0.01	0.01	0.01
Mg	0.84	0.81	0.85	0.87
Ca	0.89	0.84	0.85	0.86
Na	0.02	0.03	0.02	0.03
Toplam	4.03	4.03	4.02	4.03
Wo	46.32	43.62	43.61	43.69
En	43.70	41.82	43.47	44.04
Fs	9.97	14.56	12.92	12.27
Mg/(Mg+Fe ⁺²)	0.81	0.74	0.77	0.78
Fe ² /Fe ² +Mg	0.19	0.26	0.23	0.22

Çalışılan volkanik kayalarındaki piroksenler kalsik karakterli klinopiroksenlerdir. Bahçecik'e ait bu piroksenler genellikle diyopsit ve ojit bileşimindedirler (Şekil 3.28 a).

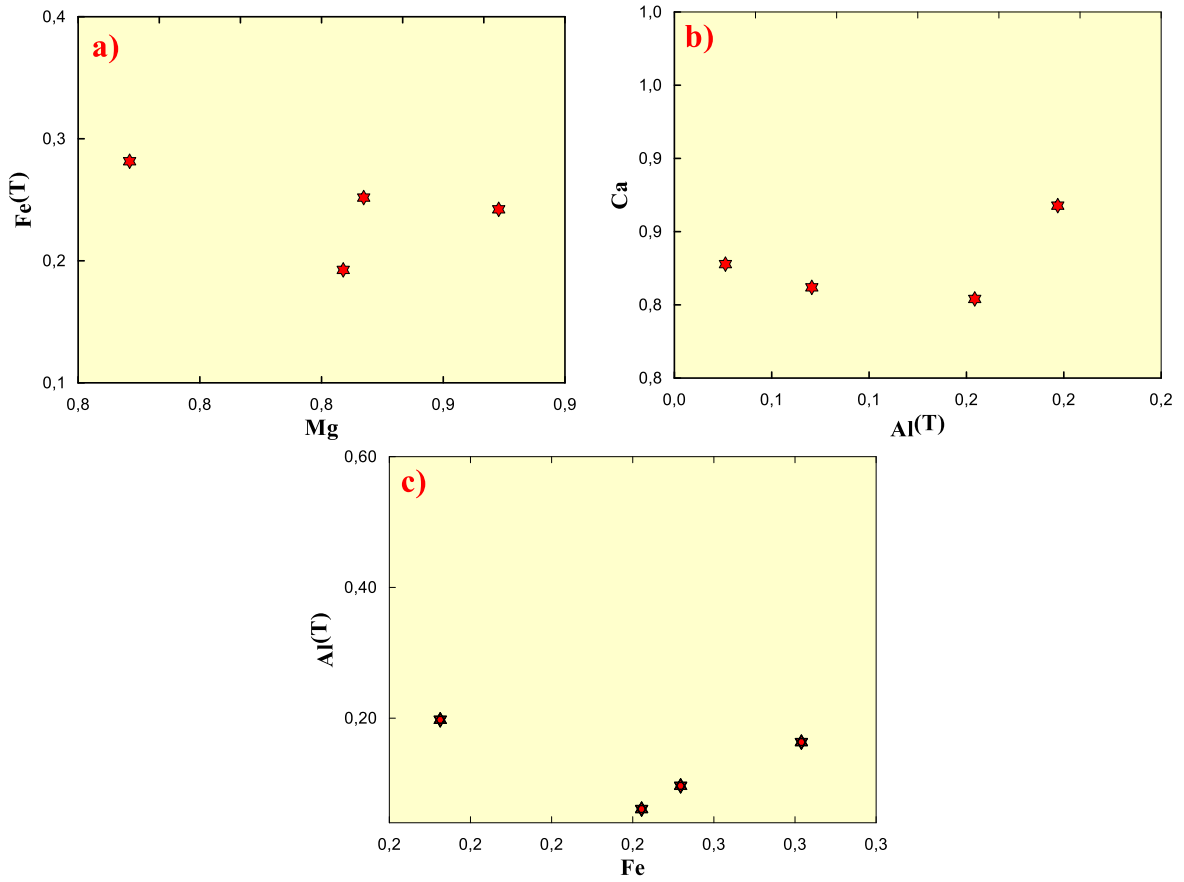
Klinopiroksen kristalleri kimyasal bakımdan zonlanma göstermemekte birlikte, bileşimler arasındaki kristallenme eğilimi, diyopsitden ojite doğrudur (Şekil 3.28). Diyopsit bileşimli bir tane örnek varken ojit bileşimli örnek sayısı üçtür.



Şekil 3.28. Piroksenlerin, a) Wo-En-Fs (Morimoto vd. 1988), b) Ti-Na-Al⁽⁴⁾ (Papike vd. 1974) diyagramındaki yerleri (CATS: Ca-çermakit, AC: Akmit, JD: Jadeyit, UR: Kosmoklor, NAT: Na-Ti klinopiroksen, NATAL: Na-Ti Al klinopiroksen, TAL: Ti-Al klinopiroksen)

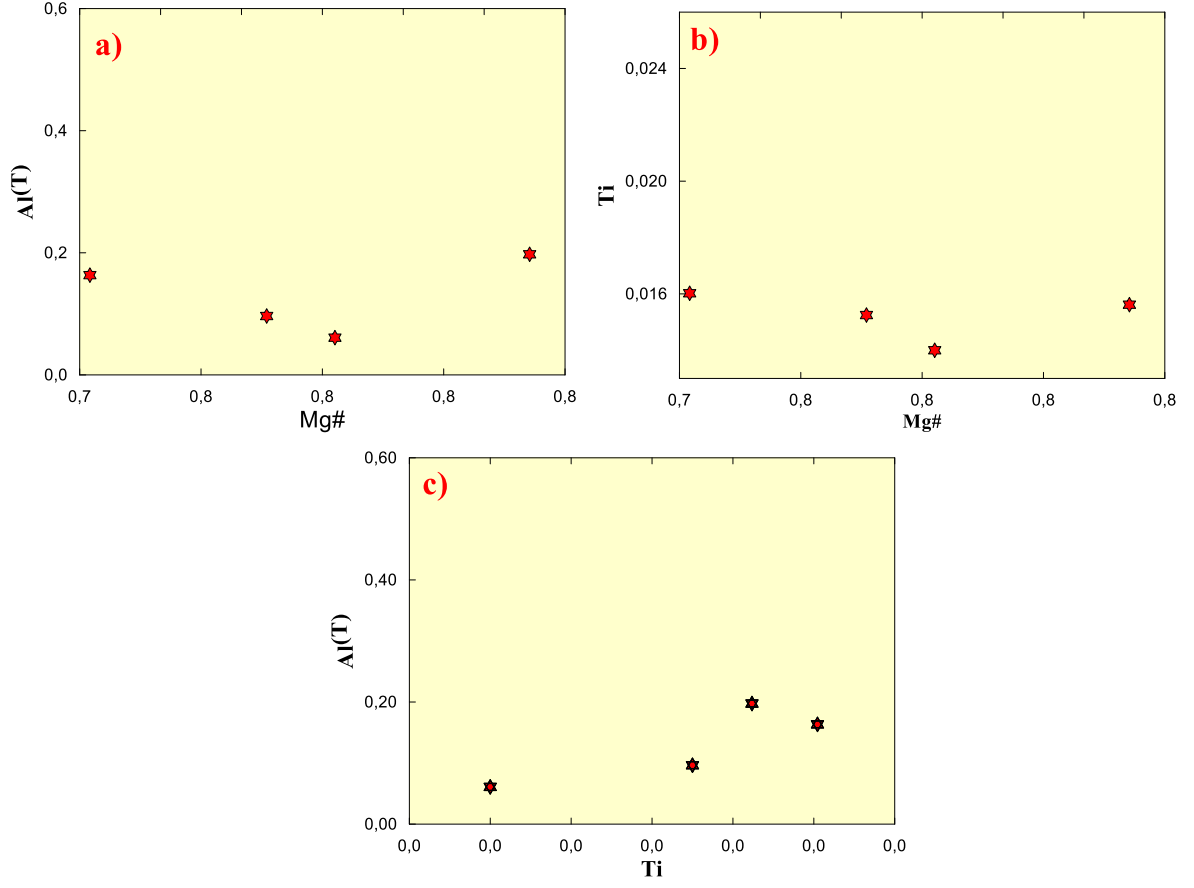
Volkanik kayalarındaki klinopiroksenler, Ti-Na-Al⁴ diyagramına göre (Papike vd. 1974), Ti'ca fakir fakat Na ve Al⁽⁴⁾ca zengin uçlar arasında değişim göstermektedir (Şekil 3.28 b). İlgili diyagrama bakıldığında örneklerin Al ucuna daha yakın oldukları tespit edilmiştir. Piroksen bileşimlerinin Ca-çermakit uç üye özelliğinde oldukları belirlenmiştir.

Klinopiroksenlerde kimyasal yapı Fe⁺² <=> Mg, Al⁺³ <=> Fe⁺³ ve 2Al⁺³ <=> 3Ca⁺² substitüsyonu ile kontrol edilmektedir (Şekil 3.29). Çalışılan ve analizleri irdelenen örneklerde Al⁺³ <=> Fe⁺³ substitüsyonunun daha etkili olduğu saptanmıştır (Şekil 3.29). Örneklerde genel olarak negatife yakın bir ilişki gözlenmiştir.



Şekil 3.29. Piroksenlerin a) Fe^(T)-Mg, b) Ca-Al^(T)-, c) Al^(T)-Fe değişim diyagramları

Eosen yaşlı Bahçecik volkanik kayalarındaki klinopiroksenlerin Mg# içeriğine karşı Ti⁴⁺ ve Al^(T) değişimleri de incelenmiştir. İncelenen klinopiroksenlerde geniş bir değişim aralığı gösteren Mg# içerikleri, Ti⁴⁺ ve Al^(T) artışı ile negatif bir eğilim göstermektedir (Şekil 3.30 a, b). Klinopiroksenlerdeki Ti içerikleri ile Al^(T) içerikleri arasında ise düzgün pozitif bir ilişki gözlenmektedir (Şekil 3.30 c).



Şekil 3.30. Piroksenlerin a) Al^(T)-Mg#, b) Ti-Mg# değişim diyagramları, c) Piroksenlerin Al^(T)-Ti değişim diyagramları

3.3. Eosen Yaşlı Volkanik Kayaçların Jeokimyası

3.3.1. Giriş

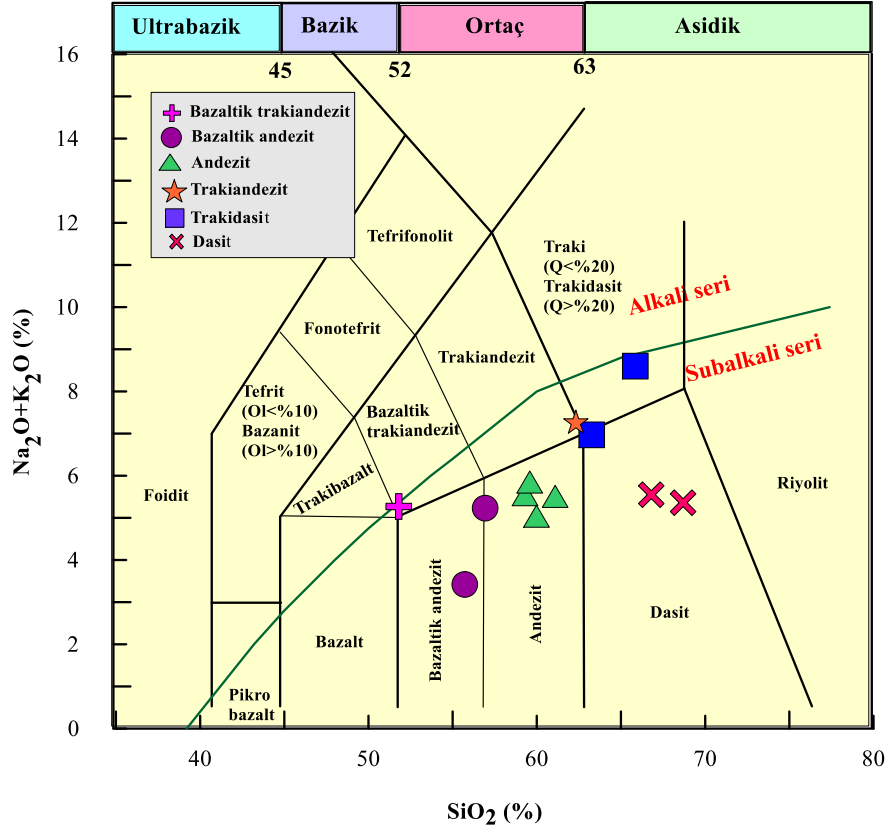
Bahçecik (Torul) ve çevresinde yayılım gösteren Eosen yaşlı volkanik kayaçların ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılarak jeokimyasal özellikleri tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre yapılan değerlendirmeler neticesinde volkanik kayaçların jeokimyasal özellikleri, jeokimyasal sınıflamalar, bu kayaçları oluşturan magmanın kökeni ve magma evriminde etkili olan süreçler ortaya konulmuştur.

3.3.2. Volkanik Kayaçların Kimyasal Sınıflandırılması

Araştırmacılar volkanik kayaçları kimyasal olarak adlandırmak için farklı kimyasal verilerin kullanıldığı değişik sınıflama diyagramları önermişlerdir. Bu çalışmada, bu diyagramlar yardımıyla Bahçecik ve çevresinde yüzeyleyen Eosen yaşlı volkanik kayaçların kimyasal olarak sınıflandırılması ve adlandırılması yapılmıştır.

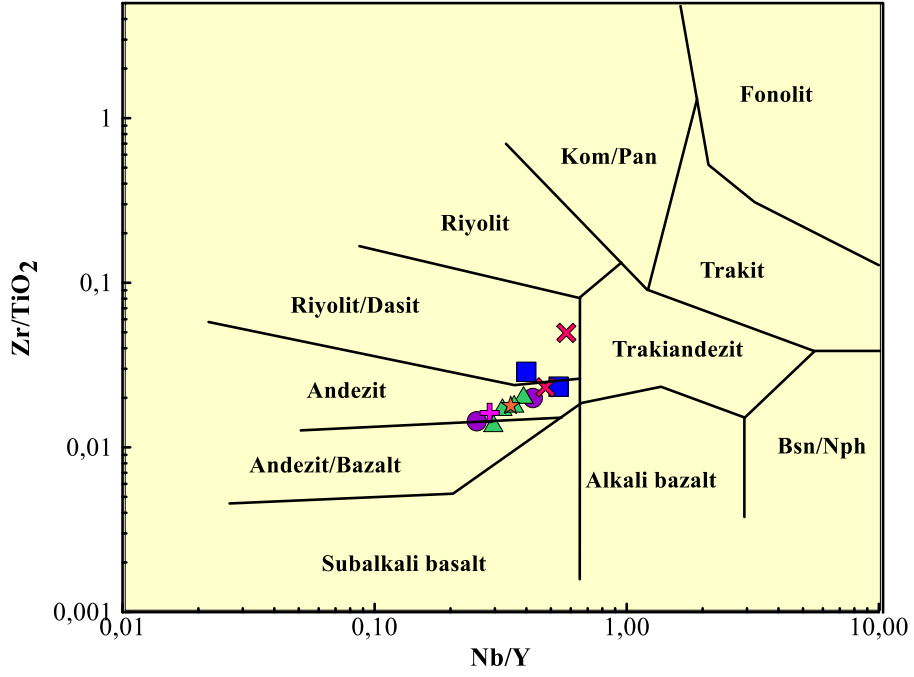
Le Maitre vd. (1989) kimyasal sınıflamasına yaparken jeokimyasal analizlerde bulunan toplam alkali ve silis (TAS) içeriklerini kullanmıştır. $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (toplam alkali)'e karşı SiO_2 içerikleri çizilerek oluşturulan bu diyagram kullanıldığında çalışma alanına ait volkanik kayaçların subalkali seriye ait bazaltik andezit, bazaltik trakiandezit, trakiandezit, andezit, trakidasit ve dasit bileşimli kayaçlardan oluştuğu görülmektedir (Şekil 3.31).

Na ve K gibi elementler alterasyondan ötürü kayaç içinde kolayca zenginleşme veya fakirleşme gösterebilmektedir. Bu nedenle volkanik kayaçların jeokimyasal olarak sınıflandırılması ve adlandırılmasında TAS diyagramları alterasyona maruz kalmış örnekler için yeterli ve sağlıklı bir sonuç vermemektedir. Barrett ve MacLean (1991) ayrışmadan daha az etkilenen Ti, Zr ve Y gibi elementleri kullanarak sınıflama diyagramları oluşturmuşlardır. Bu bilgidan hareketle, volkanik kayaçlara ait örneklerin sınıflandırmasında ayrışma esnasında hareketsiz veya daha az hareketli olarak kabul edilen Ti, Zr, Nb ve Y (Barrett ve MacLean, 1991) gibi elementlerin kullanıldığı diyagramlar tercih edilmiştir (Şekil 3.32 ve 3.33)



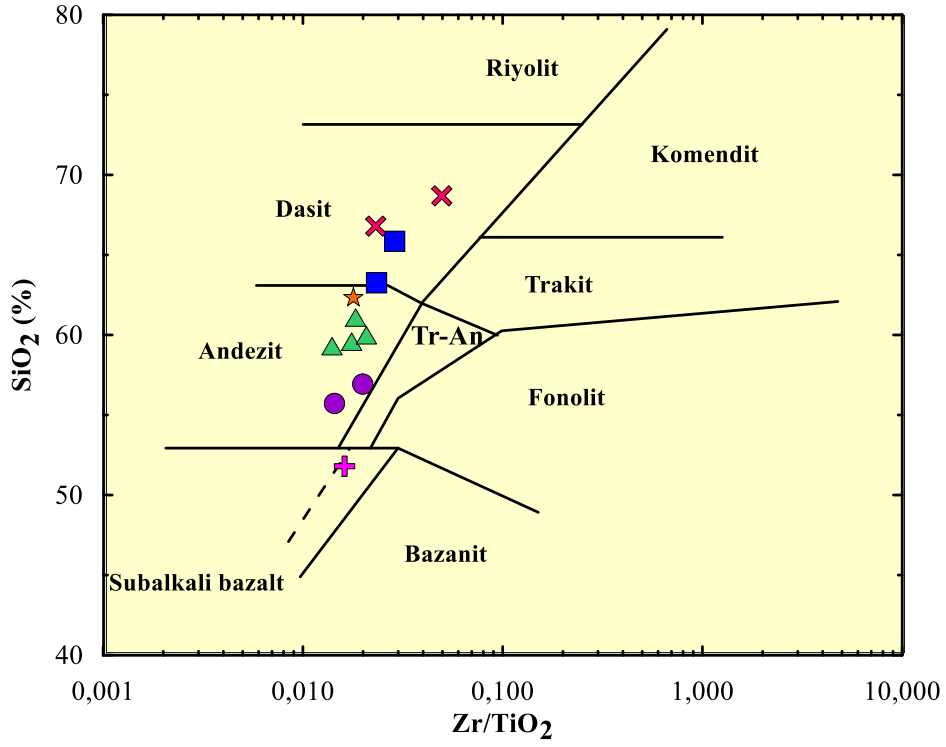
Şekil 3.31. İnceleme alanına ait örneklerin SiO_2 'e karşı toplam alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) diyagramı (Le Maitre vd. (1989)'den alınmıştır; Alkali-Subalkali eğrisi Irvine ve Baragar 1971'den alınmıştır)

Winchester ve Floyd (1977) kayaçları kimyasal olarak adlandırmak için Nb/Y'ye karşı $\text{Zr}/\text{TiO}_2 \cdot 0.0001$ içeriklerinin kullanıldığı adlandırma diyagramını oluşturmuşlardır. Çalışma alanına ait veriler bu diyagrama aktarıldığında, volkanik kayaçların andezit/bazalt, andezit ve riyolit/dasit bileşimli kayaçlardan oluştuğu görülmektedir (Şekil 3.32).



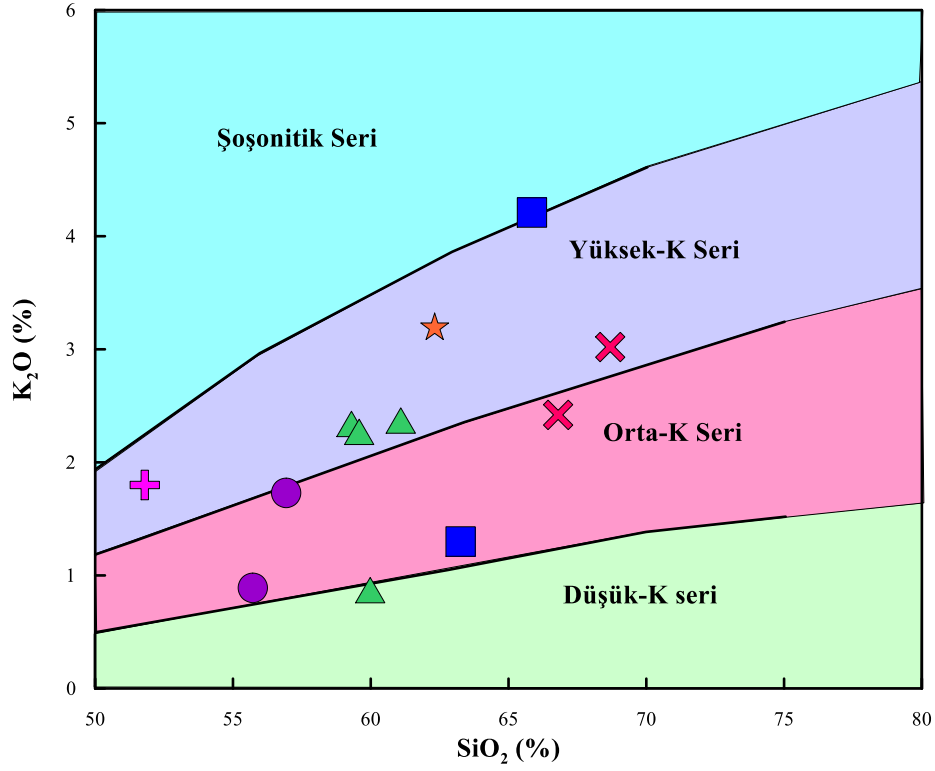
Şekil 3.32. İnceleme alanına ait örneklerin sınıflaması Nb/Y'e karşı Zr/TiO₂ sınıflama diyagramı Winchester ve Floyd (1977)' dan alınmıştır (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

Winchester ve Floyd (1977)'un yaptığı kimyasal sınıflamaya göre, kayaçlar SiO₂-Zr/TiO₂ içeriklerine göre adlandırılmaktadır. Bu diyagrama göre çalışma alanına ait volkanik kayaçların genelde andezit, subalkali bazalt ve dasit bileşimli kayaçlardan oluştuğu ve bu çalışmada kullanılan diğer sınıflandırma diyagramlarıyla uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 3.33).



Şekil 3.33. İnceleme alanına ait örneklerin SiO₂-Zr/TiO₂ diyagramı (Winchester ve Floyd (1977)' dan alınmıştır) (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

Irvine ve Baragar (1971)'a ait AFM üçgen diyagramında Fe₂O₃-MgO-(Na₂O+K₂O) içerikleri dikkate alınmıştır. Bu diyagrama göre çalışma alanına ait volkanik kayaç örnekleri kalk-alkalen karakter sergilemektedir (Şekil 3.34).



Şekil 3.35. İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin SiO₂'e karşı K₂O diyagramı (Le Maitre vd., 1989'dan alınmıştır) (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

3.3.3. Ana ve İz Element Analizleri

Çalışma alanındaki kayalara ait 12 adet örneğin ana ve iz element analizleri Tablo 3.5'de; nadir toprak element analizleri ise Tablo 3.6.'de verilmiştir.

Tablo 3.5. İnceleme alanına ait kayaçların ana (%) ve iz (ppm) element analizleri ile normatif element analizleri

Örnek No	Bazaltik andezit		andezit				b. trakiand.		trakidasit		dasit		trakiand.
	Z-9	N-3	N-9	N-10	16	7	15	Z-7	D32	N-2	N1	N-6	
SiO ₂	55.72	56.93	59.30	59.58	59.98	61.09	51.80	63.26	65.85	66.80	68.69	62.32	
TiO ₂	0.53	0.46	0.50	0.47	0.43	0.43	0.56	0.39	0.36	0.36	0.21	0.43	
Al ₂ O ₃	15.76	18.90	16.70	16.81	16.93	16.35	18.31	17.99	15.33	14.75	15.65	15.41	
Fe ₂ O ₃	6.94	5.60	6.21	6.00	4.87	5.57	7.20	3.65	3.67	4.68	1.98	4.87	
MnO	0.13	0.12	0.11	0.11	0.13	0.10	0.15	0.08	0.05	0.07	0.06	0.09	
MgO	4.85	2.88	3.04	2.94	3.79	3.06	4.49	0.89	1.82	2.39	0.70	3.35	
CaO	8.62	6.74	5.80	6.18	5.12	4.58	7.84	4.55	1.07	4.25	2.60	3.33	
Na ₂ O	2.53	3.50	3.21	3.58	4.17	3.14	3.47	5.67	4.39	3.13	2.34	4.06	
K ₂ O	0.89	1.73	2.34	2.27	0.87	2.37	1.80	1.30	4.21	2.42	3.02	3.19	
P ₂ O ₅	0.21	0.18	0.15	0.15	0.14	0.13	0.21	0.16	0.13	0.10	0.07	0.14	
LOI	3.50	2.70	2.40	1.70	3.30	2.90	3.80	1.80	2.90	0.80	3.80	2.40	
Toplam	96.18	97.04	99.76	99.79	99.73	99.72	99.63	99.74	99.78	99.75	99.12	99.59	
Ga	12.80	17.70	13.40	13.90	15.30	14.90	15.20	11.60	13.30	13.70	13.30	12.20	
Ni	10.00	5.50	4.10	3.50	14.40	10.40	15.80	9.40	2.90	6.50	1.00	4.40	
V	180.00	115.00	171.00	156.00	103.00	118.00	185.00	84.00	74.00	105.00	62.00	136.00	
Cu	55.40	16.90	70.60	37.90	34.90	11.80	53.40	7.90	35.30	30.30	11.70	40.70	
Pb	9.50	4.60	6.70	7.90	5.90	7.20	9.40	2.60	10.90	6.60	23.60	13.20	
Zn	47.00	43.00	25.00	36.00	43.00	46.00	31.00	77.00	40.00	19.00	29.00	31.00	
W	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.60	0.50	0.50	1.40	0.50	1.50	0.50	
Rb	24.40	35.30	36.80	41.70	22.10	58.40	31.20	23.30	109.70	55.20	96.80	82.70	
Ba	609.00	1213.00	866.00	749.00	693.00	888.00	1092.00	824.00	1028.00	1264.00	999.00	2168.00	
Sr	1047.60	759.10	701.90	699.20	776.40	614.70	819.20	800.20	286.00	531.40	706.20	884.10	
Ta	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20	0.30	0.40	0.30	0.30	0.50	0.40	0.30	
Nb	3.00	4.20	3.40	3.60	3.70	3.90	4.20	4.40	5.20	3.90	5.30	3.50	
Hf	2.00	2.60	2.20	2.20	2.40	2.20	2.30	2.60	4.00	1.90	3.50	2.10	
Zr	76.30	91.70	70.00	82.40	89.40	79.00	90.60	91.20	103.70	83.40	104.10	76.90	
Y	11.80	9.90	11.50	11.20	9.50	10.90	14.70	8.20	13.00	8.20	9.20	10.10	
Th	4.30	4.70	4.80	5.10	3.40	5.30	6.50	4.70	8.10	4.40	13.60	5.20	
U	1.70	0.60	1.60	1.80	0.80	1.60	1.80	1.40	2.80	1.50	3.90	2.20	
Ku	15.05	11.93	3.54	15.81	14.20	15.99	19.58	14.96	19.43	27.14	36.91	14.86	
An	29.02	30.75	29.07	24.25	23.09	24.87	22.24	19.80	4.74	19.05	12.86	14.40	
Hip	7.93	6.86	8.45	6.62	5.25	9.44	7.62	1.82	4.53	5.66	1.74	8.07	
Ab	21.41	29.62	29.36	27.16	30.29	35.29	26.57	47.98	37.15	26.49	19.80	34.35	
Ort	5.26	10.22	10.64	13.83	13.41	5.14	14.01	7.68	24.88	14.30	17.85	18.85	
İlm	0.28	0.26	0.32	0.24	0.24	0.28	0.21	0.17	0.11	0.15	0.13	0.19	
Hem	6.94	5.60	7.20	6.21	6.00	4.87	5.57	3.65	3.67	4.68	1.98	4.87	
Mg#	41.14	33.96	32.86	32.89	43.76	35.46	38.41	19.60	33.15	33.80	26.12	40.75	
K ₂ O/Na ₂ O	0.35	0.49	0.73	0.63	0.21	0.75	0.52	0.23	0.96	0.77	1.29	0.79	
Sr/Y	88.78	76.68	61.03	62.43	81.73	56.39	55.73	97.59	22.00	64.80	76.76	87.53	

*LOI (loss on ignition=ateşte kayıp) :Toplam uçucu içeriği. Mg# = 100xMgO/(MgO+ Fe₂O₃).

b. trakiand.: bazaltik trakiandezit, and.: andezit

A/CNK= Mol Al₂O₃/(CaO+NaO+K₂O). Fe₂O₃: Toplam demir.

Tablo 3.6. İnceleme alanına ait kayaların nadir toprak element (ppm) analizleri

Örnek No	Bazaltik andežit			andežit		b. traki and.		traki dasit		dasit		traki andežit
	Z-9	N-3	N-9	N-10	16	7	15	Z-7	D32	N-2	N1	N-6
La	18.40	19.40	19.50	17.60	17.90	18.30	22.70	22.10	21.10	18.50	24.80	16.10
Ce	33.90	34.10	32.90	31.10	31.40	32.10	43.70	34.50	38.10	29.00	35.90	29.10
Pr	4.02	3.88	3.65	3.52	3.55	3.54	4.63	3.70	3.86	3.02	4.19	3.30
Nd	16.30	15.00	14.00	14.10	13.00	12.80	17.80	13.10	12.60	11.00	12.40	12.10
Sm	3.43	2.55	2.59	2.52	2.45	2.62	3.51	2.14	2.27	1.98	2.09	2.44
Eu	1.00	0.88	0.83	0.81	0.77	0.79	1.00	0.72	0.61	0.60	0.47	0.76
Gd	3.12	2.42	2.60	2.46	2.15	2.33	3.32	1.97	2.18	1.95	1.84	2.41
Tb	0.42	0.35	0.39	0.36	0.32	0.34	0.47	0.27	0.31	0.27	0.26	0.35
Dy	2.37	2.09	2.14	1.96	1.69	1.97	2.49	1.46	2.06	1.47	1.49	1.92
Ho	0.48	0.39	0.46	0.43	0.35	0.41	0.57	0.33	0.40	0.31	0.29	0.41
Er	1.29	1.12	1.29	1.31	1.01	1.18	1.74	0.93	1.20	0.94	1.12	1.08
Tm	0.19	0.17	0.20	0.19	0.15	0.18	0.25	0.14	0.21	0.14	0.20	0.17
Yb	1.21	1.11	1.33	1.23	0.98	1.28	1.66	0.93	1.51	0.92	1.08	1.07
Lu	0.21	0.18	0.20	0.19	0.15	0.20	0.26	0.14	0.23	0.14	0.23	0.17
(La/Lu) _N	9.07	11.16	10.10	9.59	12.36	9.47	9.04	16.34	9.50	13.68	11.16	9.81
(La/Sm) _N	3.38	4.79	4.74	4.40	4.60	4.40	4.07	6.50	5.85	5.88	7.47	4.15
(Gd/Lu) _N	1.85	1.67	1.61	1.61	1.78	1.45	1.59	1.75	1.18	1.73	0.99	1.76
(La/Yb) _N	10.28	11.81	9.91	9.67	12.34	9.66	9.24	16.06	9.44	13.59	15.52	10.17
(Tb/Yb) _N	1.48	1.35	1.25	1.25	1.40	1.14	1.21	1.24	0.88	1.25	1.03	1.40
Eu*	12.52	9.47	9.85	9.47	8.82	9.48	13.02	7.85	8.48	7.47	7.53	9.22
Eu=Eu/Eu*	11.49	10.11	9.54	9.31	8.85	9.08	11.49	8.28	7.01	6.90	5.40	8.74

Eu*=(Sm+Gd)N/2

Kimyasal analiz sonuçlarına göre çalışma alanına ait bazaltik andezitlerin SiO₂ içerikleri %55.72 ve %56.93'tür. Na₂O içerikleri %2.53 ve %3.50; CaO içerikleri ise %6.74 ve %8.62'dir. Bazaltik andezitlerin K₂O/Na₂O oranı 0.35 ve 0.49 olup 1' den küçüktür. İki adet örneğin magnezyum numaraları da $[100*(MgO/MgO+\Sigma Fe_2O_3)]$ 33.96 ve 41.14'tür (Tablo 3.5).

Bahçecik (Torul) civarındaki çalışma alanına ait kimyasal analiz sonuçlarına göre tek bazaltik trakiandezit olan örneğin SiO₂ içeriği %51.80'dir. Na₂O içeriği %3.47; CaO içeriği ise %7.84'tür. Örnek 0.52 K₂O/Na₂O oranına sahiptir ve bu değer 1'den küçüktür. Bazaltik trakiandezitin magnezyum numarası ise 38.41'dir (Tablo 3.5).

Andezit örneklerine ait SiO₂ içerikleri %59.30-%61.09 arasında değişmektedir. Na₂O içerikleri %3.14-%4.17 arasındadır. CaO içerikleri ise %4.58-%6.18 arasında değişmektedir. Andezitlerin K₂O/Na₂O oranı 1 den küçüktür ve 0.21-0.75 arasında değişkenlik göstermektedir. Magnezyum numaraları ise 35.46-43.76 arasında değişmektedir (Tablo 3.5).

İki adet trakidasit örneğinin SiO₂ içerikleri % 63.26 ve %65.85 iken, Na₂O içerikleri %4.39 ve %5.67'dir. Trakidasitlerin CaO içerikleri ise %1.07 ve %4.55'tir. K₂O/Na₂O oranları 0.23 ve 0.96'dır. Örneklerin magnezyum numaraları 19.60 ve 33.15'tir.

Dasitlerin SiO₂ içerikleri % 66.80 ve % 68.69'dur. Na₂O içerikleri % 2.34 ve % 3.13 ve CaO % 2.60 %4.25'tir. K₂O/Na₂O oranları 0.77 ve 1.29'dur (Tablo 3.5).

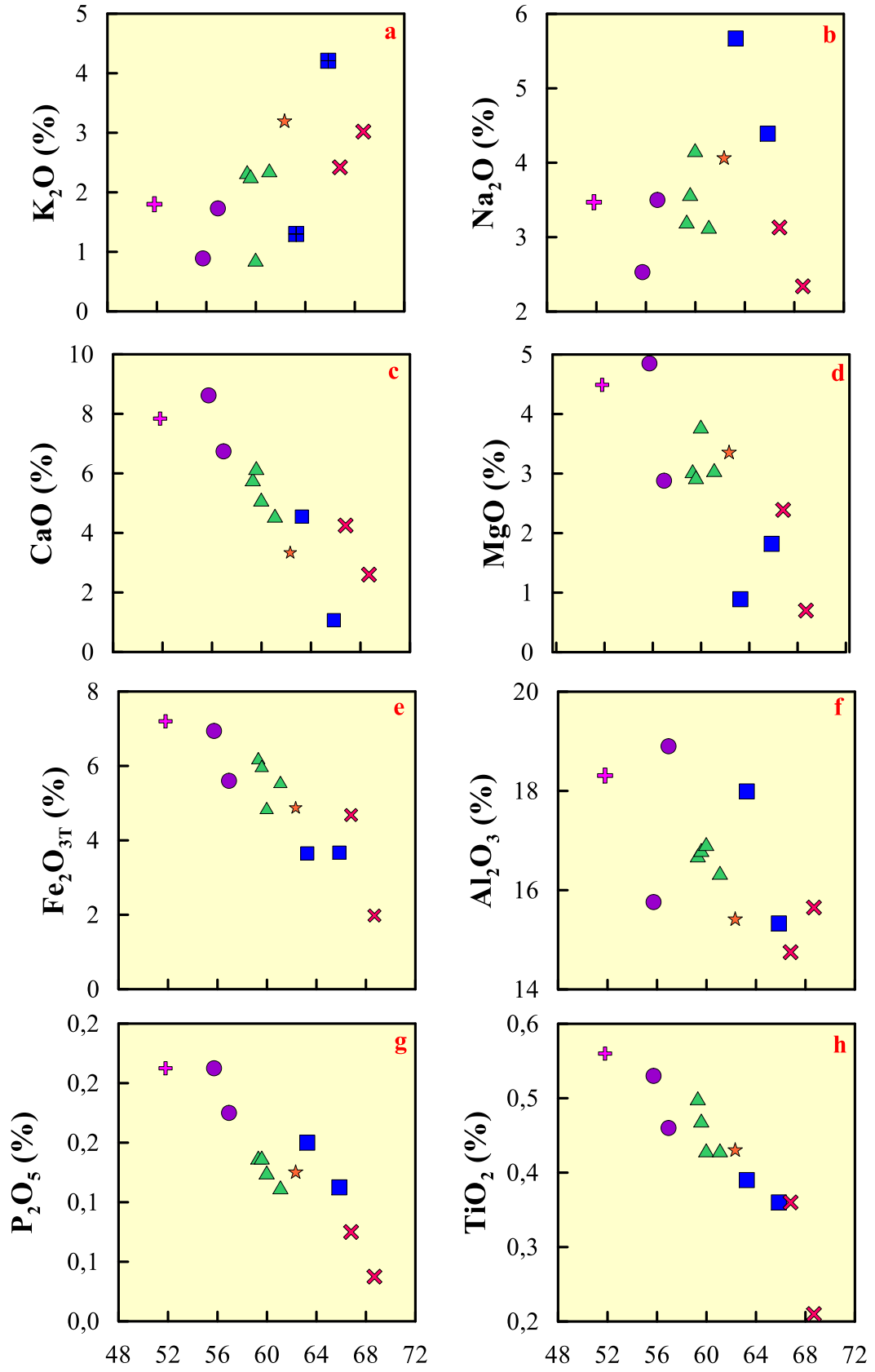
Çalışma alanına ait jeokimyasal verilere göre tek trakiandezit olan örneğin SiO₂ içeriği %62.32 olup, Na₂O içeriği % 4.06'dır. CaO içeriği ise % 3.33'tür. K₂O/Na₂O oranı 0.79'dur. Magnezyum numarası ise 40.75'tir (Tablo 3.5).

Harker diyagramları magma gelişimi sırasında kayacın hangi tür safhalardan geçtiğini anlamak için oluşturulmuştur. Çalışma alanını oluşturan volkanik kayaların ana ve iz elementlerindeki pozitif ve negatif değişimler kayaların içerisinde gözlemlenen fenokristal fazlarının fraksiyonlaşmasıyla ilişkilidir. SiO₂'ye karşı çizilen ana ve iz element içerikleri Harker diyagramlarının bir kısmında düzensiz dağılımlar göstermektedir. Alterasyon ve magma karışımından dolayı, bununla birlikte diyagramlarda belirgin korelasyonlar da görülmektedir. Bu durum Eosen yaşlı volkanik kayaların gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin oldukça önemli bir rol oynadığına dikkat çekmektedir.

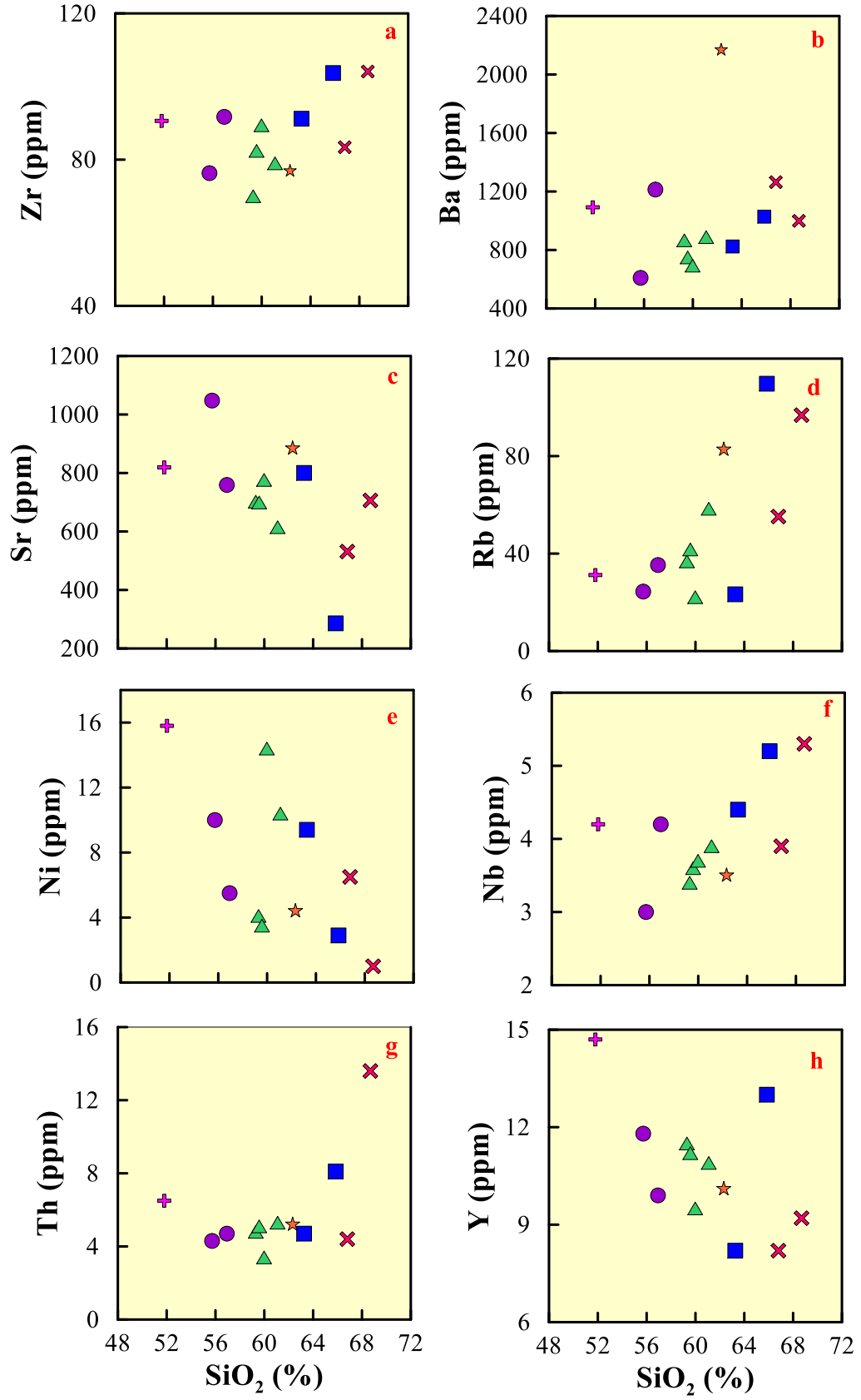
Harker diyagramlarında SiO₂ içeriklerine karşılık ana element değişimleri incelendiğinde, artan SiO₂ içeriklerine karşılık CaO, MgO, Fe₂O₃, P₂O₅ ve TiO₂ içeriklerinin azalarak belirgin bir negatif ilişki sergiledikleri görülmektedir (Şekil 3.36 d,

e). Al_2O_3 içeriklerinin ise artan SiO_2 miktarı karşısında çok belirgin olmasa da, yine negatif bir ilişki sergiledikleri görülmektedir. K_2O ve Na_2O içeriklerinin ise artan SiO_2 miktarıyla doğru orantılı pozitif bir ilişki sergiledikleri gözlemlenmektedir.

İz element içeriklerine bakıldığında, Harker değişim diyagramlarında artan SiO_2 miktarına karşılık Zr, Ba, Rb, Nb ve Th konsantrasyonlarında pozitif bir ilişki gözlemlenirken; Sr, Ni ve Y içeriklerinde negatif bir ilişki gözlemlenmektedir (Şekil 3.37 c, e, h).



Şekil 3.36. İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı ana element değişim diyagramları (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

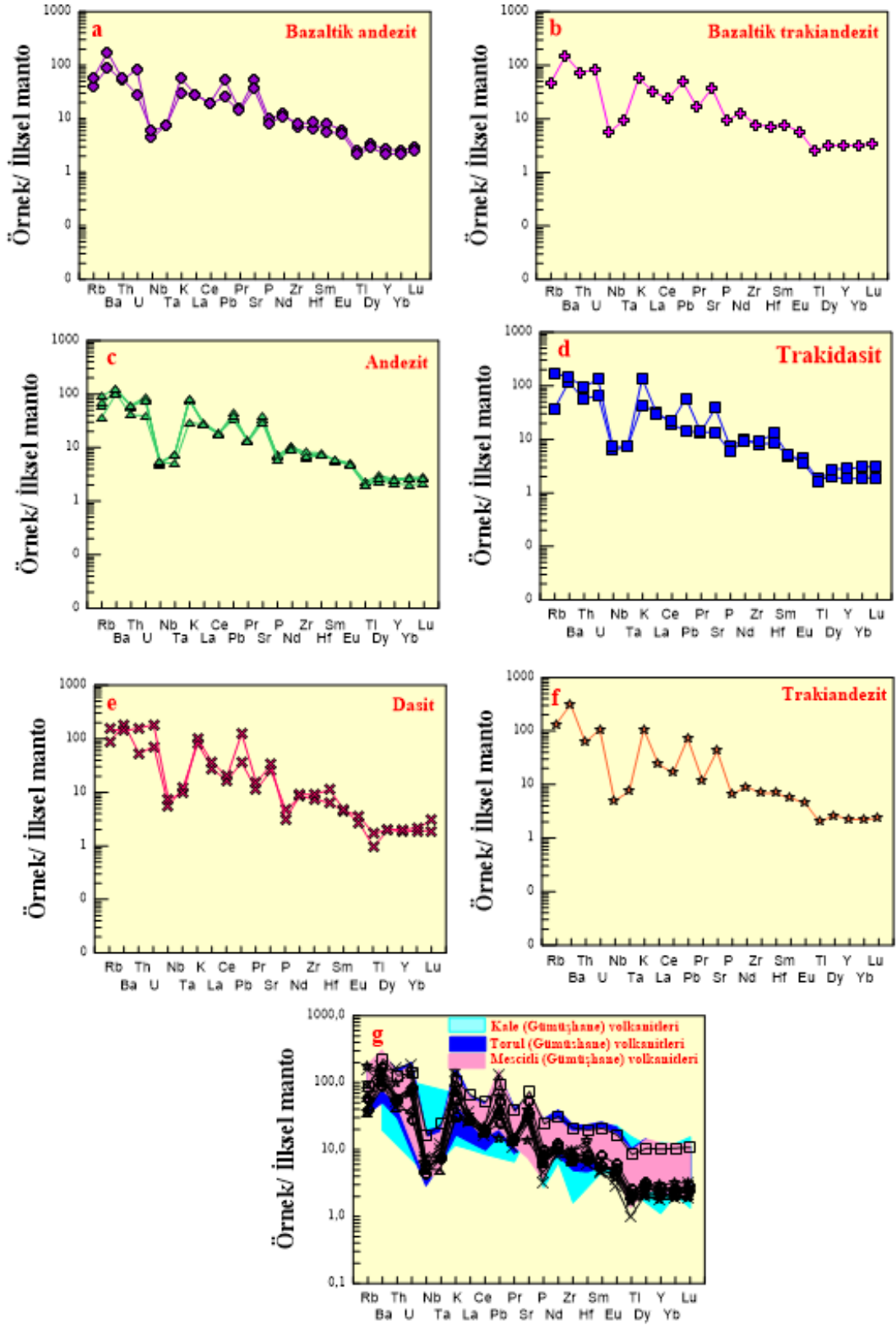


Şekil 3.37. İnceleme alanına ait kayaç örneklerinin SiO₂'ye karşı iz element değişim diyagramları (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

Örneklerin ilksel (primitif) mantoya (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilmiş iz element içerikleri ve dağılımları Şekil 3.38.'de verilmiştir.

Kayaç örneklerinin ilksel mantoya göre normalleştirilmiş olan iz element değişim diyagramı (örümcek diyagramları) oluşturulduğunda Sr, K, Rb, Ba, Th, U, Pb ve Nd konsantrasyonları bakımından zenginleşme gözlenirken; Ti, Nb, Ce, Pr, P ve Ta konsantrasyonları bakımından fakirleşme gözlemlenmektedir (Şekil 3.38). Th, U ve Rb gibi elementlerdeki zenginleşme kayaçların gelişim sürecindeki kabuk etkisini yansıtmaktadır. Negatif Nb, Ta anomalisi ise kayaçların ana magmasının gelişiminde yitim bileşeninin etkili bir rol oynadığını işaret etmektedir.

Aliyazıcıoğlu (1999), Kaygusuz vd. (2011)'nin ve Bayram (2014)'ün Eosen yaşlı volkanik kayaçlar üzerinde bölgede yaptığı çalışmalarla karşılaştırıldığında, çalışma alanına ait volkanik kayaçların Eosen yaşlı Mescitli volkanik kayaçları (Bayram, 2014), Torul volkanik kayaçları (Kaygusuz vd. 2011) ve Kale volkanik kayaçları (Aliyazıcıoğlu, 1999) ile köken olarak benzer eğilim göstermekle birlikte, çalışılan kayaçlar Kale volkanik kayaçlarına kıyasla daha yüksek Zr, Hf ve Ba; daha düşük Nb ve Ti değerlerine sahiptirler (Şekil 3.38, g).



Şekil 3.38. İnceleme alanına ait kayaların ilksel mantoya göre (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

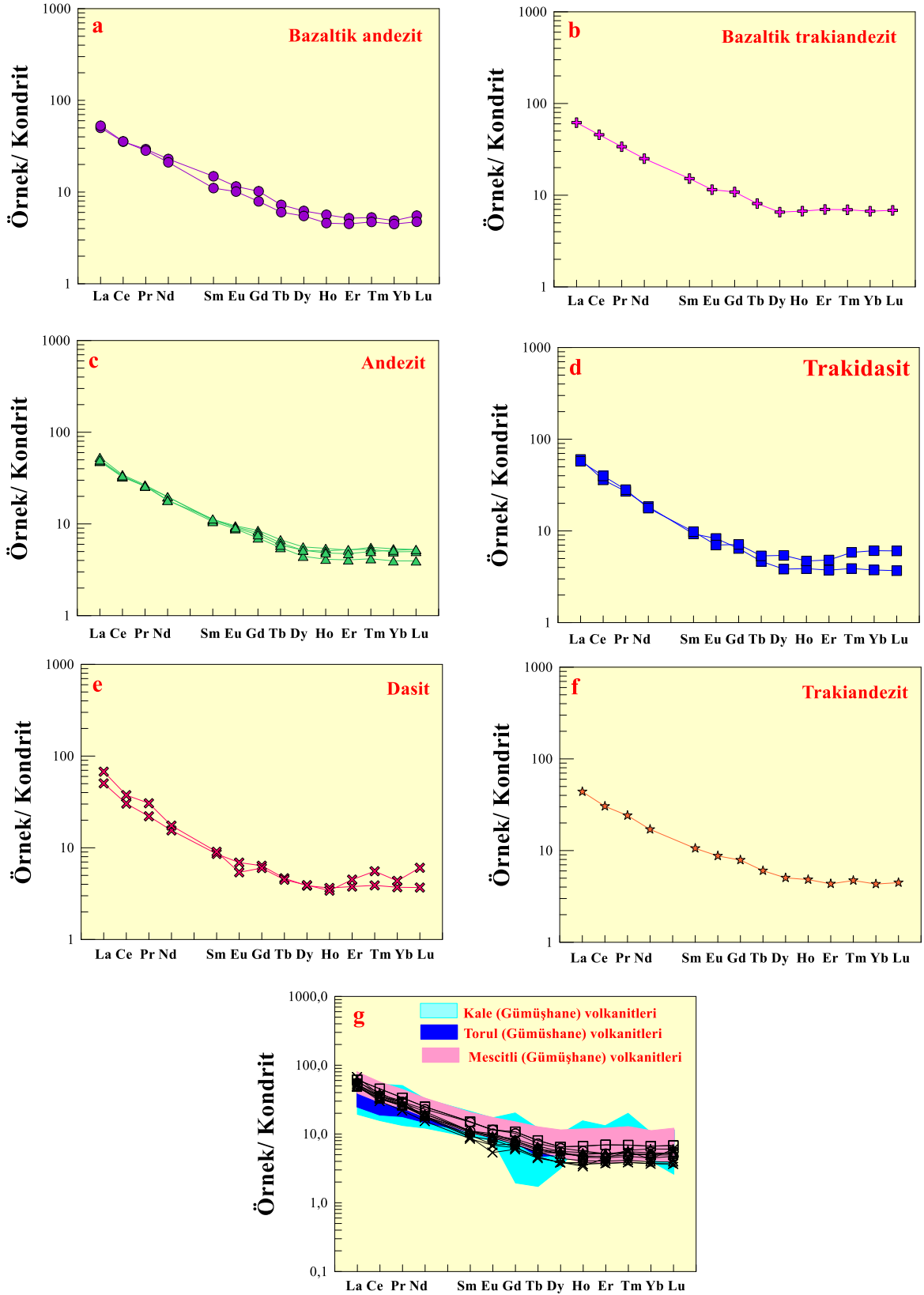
3.3.4. Nadir Toprak Element Analizleri

Çalışma alanına ait Eosen yaşlı volkanik kayaların kondrite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) dağılımları incelendiğinde, dağılımların genel olarak birbirlerine benzerlik gösterdiği görülmektedir (Şekil 3.39). Bu benzerlik çalışma alanındaki volkanik kayaların aynı veya benzer kaynaktan türediklerine dikkat çekmektedir.

Örümcek diyagramları incelendiğinde, nadir toprak element dağılımlarının (Tablo 3.6) bütün elementlerce zenginleştiği görülmekle birlikte, hafif nadir toprak elementlerin (HNTE) ağır nadir toprak elementlere (ANTE) göre daha fazla zenginleştiği tespit edilmiştir. Bazaltik andezit örneklerinin $(La/Lu)_N$ oranı 9.07 ve 11.16'dır. Bazaltik trakiandezit örneğinin $(La/Lu)_N$ oranı 9.04 iken, andezitlerin $(La/Lu)_N$ oranları 9.47-12.36 arasında değişkenlik göstermektedir. Trakidasit örneklerinin $(La/Lu)_N$ oranları 9.50 ve 16.34; dasit örneklerinin $(La/Lu)_N$ oranları ise 11.16 ve 13.68'dir. Trakiandezit örneğinin $(La/Lu)_N$ oranı da 9.81'dir.

Çalışılan Eosen yaşlı örnekler çoğunlukla hafif bir negatif Eu anomalisi göstermektedir (Şekil 3.39). Negatif Eu anomalisi, plajiyoklas fraksiyonlaşmasının kayaların gelişiminde etkili olduğuna işaret etmektedir. Örümcek diyagramlarına bakıldığında bazaltik andezit örneklerinin $(Eu/Eu^*)_N$ oranları 10.11 ve 11.49 iken, bazaltik trakiandezite ait örneğin $(Eu/Eu^*)_N$ oranı 11.49'dur. Andezit örneklerinin $(Eu/Eu^*)_N$ oranları ise 8.85-9.54 arasında değişkenlik göstermektedir. Trakidasitlere ait örneklerin $(Eu/Eu^*)_N$ oranları 7.01 ve 8.08; dasit örneklerinin $(Eu/Eu^*)_N$ oranları da 5.40 ve 6.90 içeriğindedirler. Trakidasite ait örneğin $(Eu/Eu^*)_N$ oranı ise 8.74 içeriğindedir.

Bahçecik ve civarına ait örnekler bölgedeki Aliyazıcıoğlu (1999), Kaygusuz vd. (2011)'nin ve Bayram (2014)'in Eosen yaşlı volkanik kayalar üzerinde bölgede yaptığı çalışmalarla karşılaştırıldığında, irdelenen volkanik kayaların Torul (Kaygusuz vd. 2011), Kale (Aliyazıcıoğlu, 1999) ve Mescitli (Gümüşhane) volkanik kayalarıyla (Bayram, 2014) benzer bir eğilim sergilemekle birlikte, çalışılan kayalar Kale volkanik kayalarına kıyasla daha yüksek Gd Tb; daha düşük Tm değerlerine sahiptirler (Şekil 3.39 g).



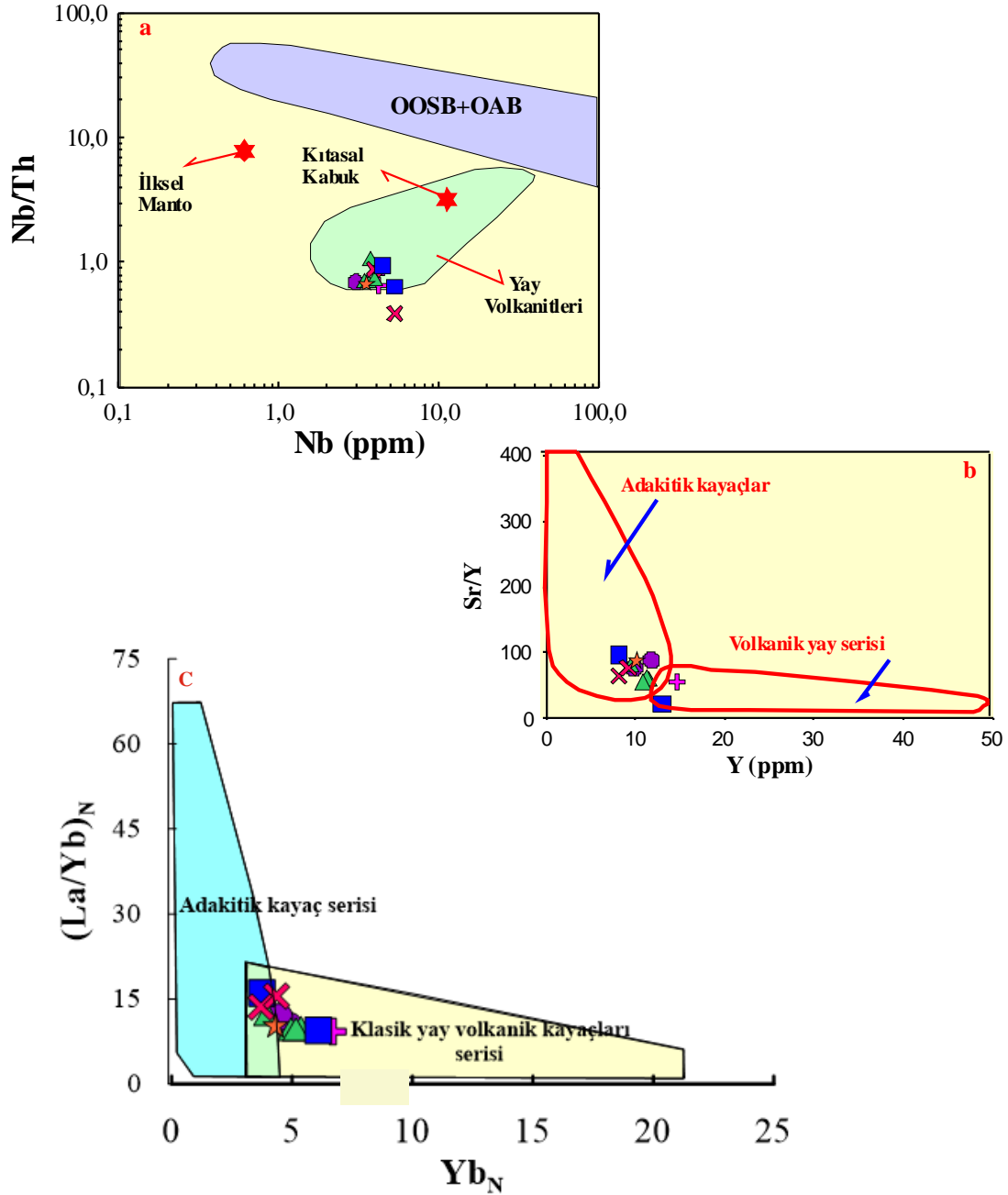
Şekil 3.39. İnceleme alanına ait kayaların; kondritte (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

3.3.5. Tektonik Konum

Bu tezin çalışma konusunu oluşturan Eosen yaşlı volkanik kayaların jeokimyasal analizlerindeki değişimlere bakıldığında, iz element değişimlerinde Nb, Ta, Zr ve Ti bakımından tüketilme görülmektedir. Volkanik kayalardaki HNTE, Sr, K, Ba ve Rb içeriklerinde görülen zenginleşme kayaların magma kökeninin bir yitim zonu ortamında oluştuğuna işaret etmektedir (Pearce and Peate, 1995; Turner, 2005). Çalışılan kayalardaki yüksek Ba/La (33.10-134.66) ve daha düşük Nb/La (0.16-0.25) oranları kayaların okyanus ortası sırtı bazaltları (OOSB), okyanus adası bazaltları (OAB) ve plaka içi bazaltlarından daha ziyade orojenik volkanik kayalara (Sun ve McDonough, 1989) benzediklerini göstermektedir.

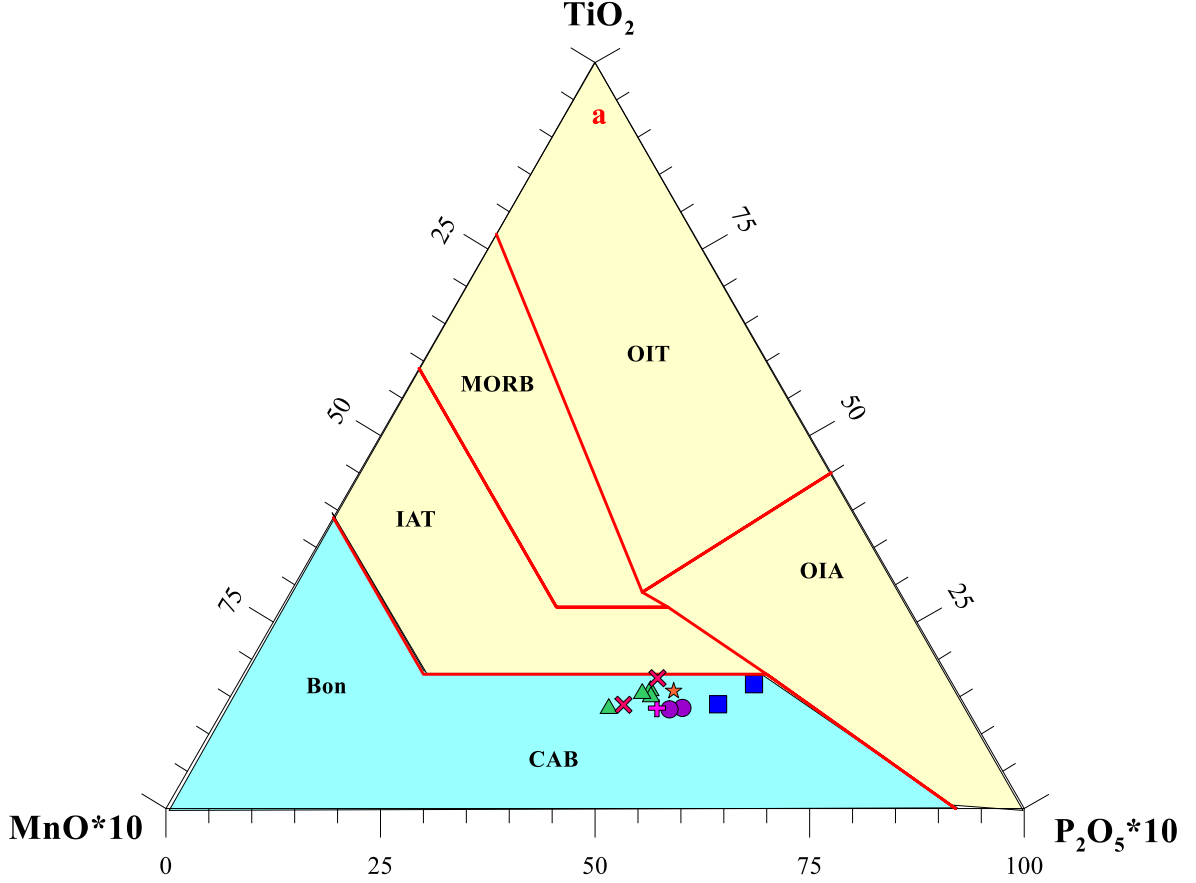
Alterasyondan fazla etkilenmeyen Ti, Zr, Sr ve Nb gibi elementlerin birbirleriyle olan ilişkileri dikkate alınarak, Bahçecik (Torul) volkanik kayalarının tektonik ortamları belirlenmeye çalışılmıştır. Pearce ve Cann (1973)'in Nb'ye karşı Nb/Th içeriklerini kullanarak oluşturduğu tektonik ortam ayırtman diyagramına göre Eosen yaşlı bu örnekler, yay volkanitleri alanına düşmektedirler (Şekil 3.40 a). Sr/Y ve Y içeriklerinin temel alındığı (Defant ve Drummond, 1990) ayırtman diyagramına göre ise çalışma alanına ait örnekler, bazaltik trakiandezit ve trakidasit örneği hariç, adakitik kayalar serisi alanına düşmektedirler (Şekil 3.40 b). Castillo (2006)'ya göre adakitik kayalar genel olarak yüksek SiO₂ (>% 56) ve Al₂O₃ (≥% 15) içeriklerine sahiptirler. MgO içerikleri düşük (<% 3), Sr içerikleri ise yüksek olup 300 ppm den büyüktür. Eu anomalisi göstermezler. Y içerikleri 15 ppm den küçüktür ve Sr/Y oranları 20'den büyüktür. Düşük Yb içeriğine (<1.9 ppm) sahiptirler. La/Yb içerikleri 20'den büyük olup HFSE içerikleri düşüktür (Nb, Ta). Çalışma alanına ait örneklerin SiO₂ içerikleri %51.80-%68.69 arasında değişirken, Al₂O₃ içerikleri %14.75-%18.90 arasında değişmektedir. MgO içerikleri %0.70-%4.85 arasındadır. Sr içerikleri yüksek (286-1047.60 ppm) olup hafif bir Eu anomalisi göstermektedirler. Y içerikleri 15 ppm den düşüktür (9.20-14.70 ppm). Sr/Y içerikleri 22-97.59 arasında olup Yb içerikleri 3.71-6.69 ppm arasında değişkenlik göstermektedir. La/Yb içerikleri 20 ppm den düşük (9.24-16.06 ppm) olup HFSE içerikleri de düşüktür (Nb: 3-5.3, Ta: 0.2-0.5 ppm). İncelenen kayaların bazı özellikleri adakitik kayalara benzemekle birlikte diğer bir kısım özellikleri adakitik kayalarla uyumlu değildir. Defant ve Drummond (1990)'un tektonik ayırtman diyagramına bakıldığında, örneklerin daha çok

adakitik kayaçlar serisinden klasik yay volkanik kayaç serisine geçiş özelliğinde oldukları görülmektedir (Şekil 3.40 c).



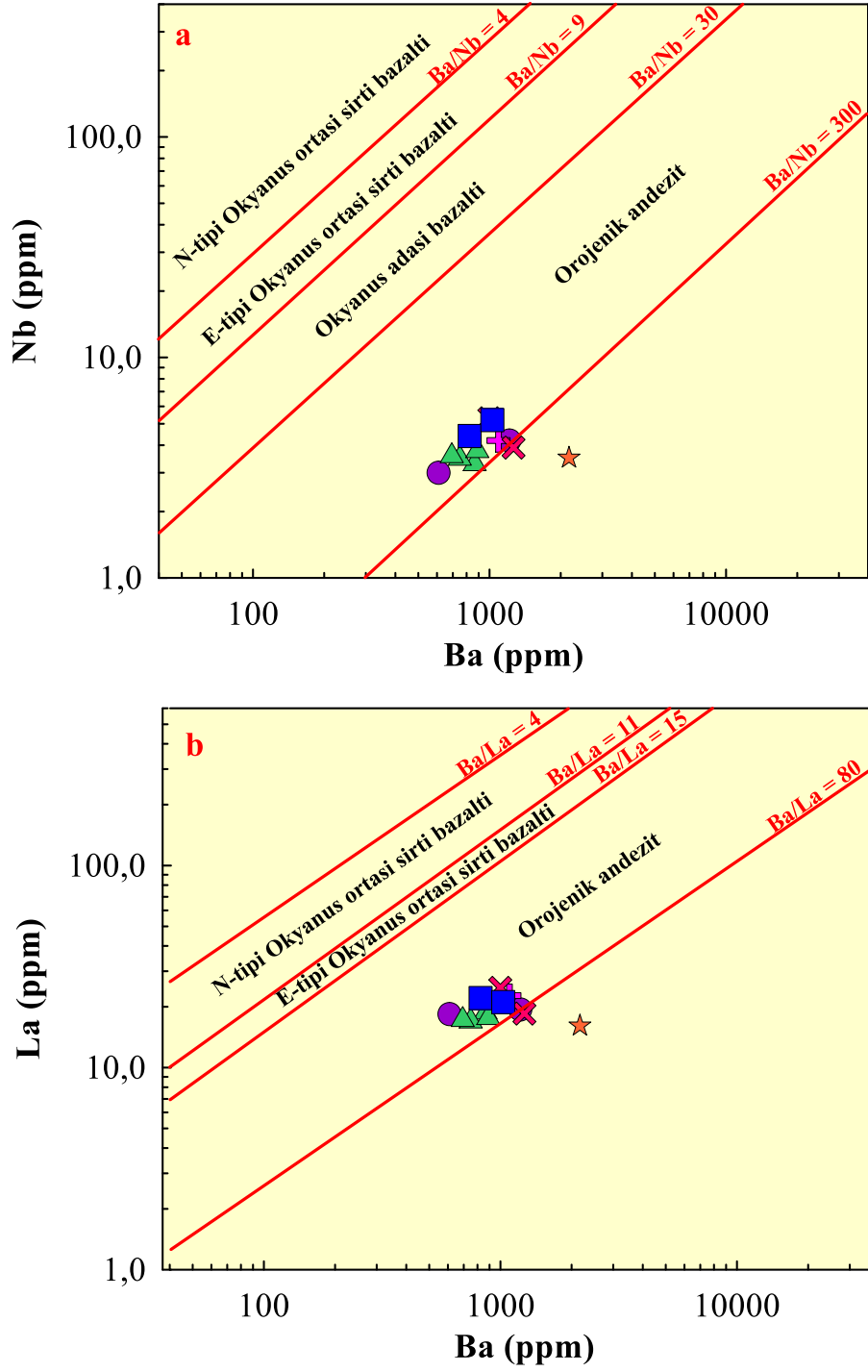
Şekil 3.40. İnceleme alanındaki volkanik kayaçların tektonik ayırtman diyagramları. (a) Nb (ppm)'ye karşı Nb/Th diyagramı ilksel manto Hoffmann (1988)'den, kıtasal bazalt-OOSB+OAB ve yay volkanitleri alanları Schmidberger ve Hegner (1999)'den alınmıştır. (b) Sr/Y-Y Defant ve Drummond (1990)'ın tektonik ayırtman diyagramı. (c) La_N/Yb_N-Yb_N Defant ve Drummond, (1990)'ın tektonik ayırtman diyagramı (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

TiO₂-MnO*10-P₂O₅*10 (Schmidberger ve Hegner, 1999) tektonik ortam ayırtman diyagramında da örneklerin tümü kalk-alkali bazalt alanına düşmektedir (Şekil 3.41).



Şekil 3.41. TiO₂-MnO*10-P₂O₅*10 diyagramı (CAB: Kalkalkalin bazalt, MORB: Okyanus ortası sırtı bazaltı, IAT: Ada yay toleyiti, OIT: Okyanus ada toleyiti, OIA: Okyanus ada alkali bazaltı, Bon: Boninit) (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

Ba'a karşı Nb ve La içerikleri kullanılarak (Alanlar: Perfit vd., 1980; Gill, 1981) oluşturulan tektonik ortam ayırtman diyagramlarında, çalışılan volkanik kayaların yüksek Ba/La ve Ba/Nb oranları ile orojenik andezitlere benzerlik gösterdikleri tespit edilmiştir (Şekil 3.42). Trakiandezit örneği hariç tüm örnekler birbirlerine yakın Ba/La ve Ba/Nb içeriklerine sahiptir. Bu durum volkanik kayaların benzer kökenli magmadan oluştuklarına işaret etmektedir.



Şekil 3.42. İnceleme alanındaki volkanitlere ait, (a) Ba'ya karşı Nb ve b) Ba'ya karşı La tektonik ortam ayırtman diyagramları Alanlar: Perfit vd.,(1980) ve Gill, (1981)'den, (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

4. TARTIŞMA

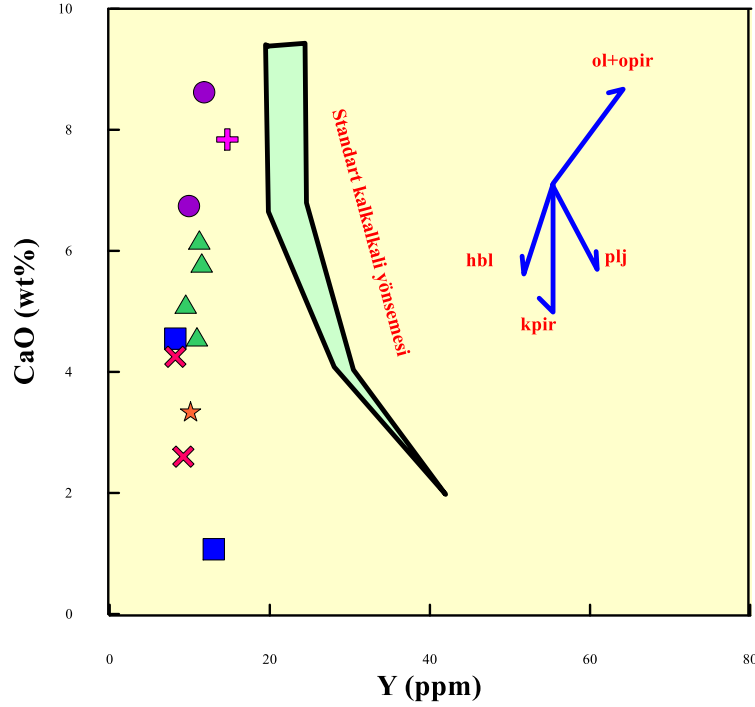
Eosen yaşlı Bahçecik volkanitlerinin jeokimyasal analiz sonuçlarından elde edilen ana ve iz element özelliklerinin, kayaçların ana magmaların gelişim süreçleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu sürece etki eden fraksiyonel kristallenme (FK), asimilasyon-fraksiyonel kristallenme (AFK) ve kaynak karakteristikleri gibi etkenler bu bölümde ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

4.1. Fraksiyonel Kristallenme

Eosen yaşlı Bahçecik volkanik kayaçların gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin katkısı, tüm kayaç ana, iz ve nadir toprak element verileri dikkate alınarak incelenmiştir (Şekil 3.36 ve 3.37).

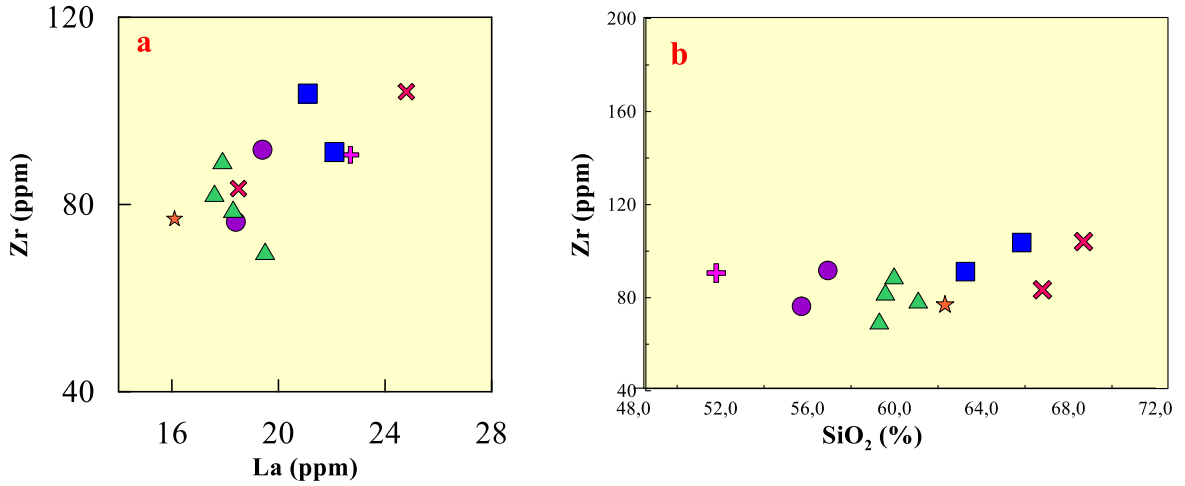
Çalışma alanına ait Eosen yaşlı volkanik kayaçlardaki artan SiO_2 içeriğine karşılık TiO_2 ve Fe_2O_3 içeriklerinin giderek azalması Fe-Ti oksitlerinin fraksiyonlaşmasına işaret etmektedir. Artan SiO_2 'e karşı azalan ve negatif bir ilişki gösteren CaO, Fe_2O_3 ve MgO içerikleri, plajiyoklas ($\text{An}>50$) ve klinopiroksen fazlarının ana magmadan ayrıştığına işaret etmektedir. SiO_2 içeriklerine karşı Fe_2O_3 ve Al_2O_3 'teki farklı kayaç türlerinde birliktelikli görülen negatif ilişki hornblend fraksiyonlaşmasını işaret etmektedir. Artan SiO_2 içerikleri incelendiğinde, K_2O ve Na_2O içeriklerinde dağınık olmakla birlikte pozitif ilişkiler fark edilmektedir. Bu belirgin olmayan pozitif korelasyon, alterasyon kaynaklı olayların kısmen etkili olduğunu ve bazik plajiyoklasların giderek fraksiyonlaştığını işaret etmektedir. Artan SiO_2 içeriklerine karşılık P_2O_5 değişim diyagramında gözlemlenen negatif ilişki ise apatit fraksiyonlaşmasının varlığını göstermektedir. (Şekil 3.36). Klinopiroksen fraksiyonlaşmasını, SiO_2 içeriklerine karşı Ni içeriklerinin azalması desteklemektedir. SiO_2 ile Zr arasındaki pozitif ilişki, manyetit ve hornblend fraksiyonlaşmasını desteklemektedir. Feldispatlar ve hornblendlerin yapısına katıldıkları ve fraksiyonlaşma sırasında geç evrelerde kristallendiklerinden ötürü Ba, Rb ve Th elementleri genellikle pozitif bir ilişki sergilemektedirler (Şekil 3.37) Bu veriler ışığında Bahçecik'e ait volkanik kayaçların gelişiminde klinopiroksen, plajiyoklas ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğu görülmektedir.

Y'a karşı CaO içeriklerinin kullanıldığı diyagramda (Lambert ve Holland, 1974) çalışılan kayaçların dikey bir eğilim sergiledikleri görülmektedir. Bu durum klinopiroksen ve hornblend fraksiyonlaşmasının baskın olduğunu işaret etmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. İnceleme alanındaki volkanik kayaçlara ait Y (ppm)'a karşı CaO (%) diyagramı (Lambert ve Holland, 1974). Vektörler, bazaltik bileşim için minerallerin ayrışma (fraksiyonel kristalleşme) yönlerini göstermektedir (ol: olivin, opir: ortopiroksen, kpir: klinopiroksen, hbl: hornblend, pl: plajiyoklas) (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

Zr'a karşı La ve Zr'a karşı SiO₂ içeriklerinin kullanılarak çizildiği korelasyon diyagramlarında kayaç gelişimde AFK ve FK izleri görülmektedir (Şekil 4.2 a ve b). Diyagramlardaki bu yönsemeler inceleme alanındaki volkanik kayaçların gelişimlerinde temel olarak FK ve daha az oranda da asimilasyonun etkili olduğuna işaret etmektedir.



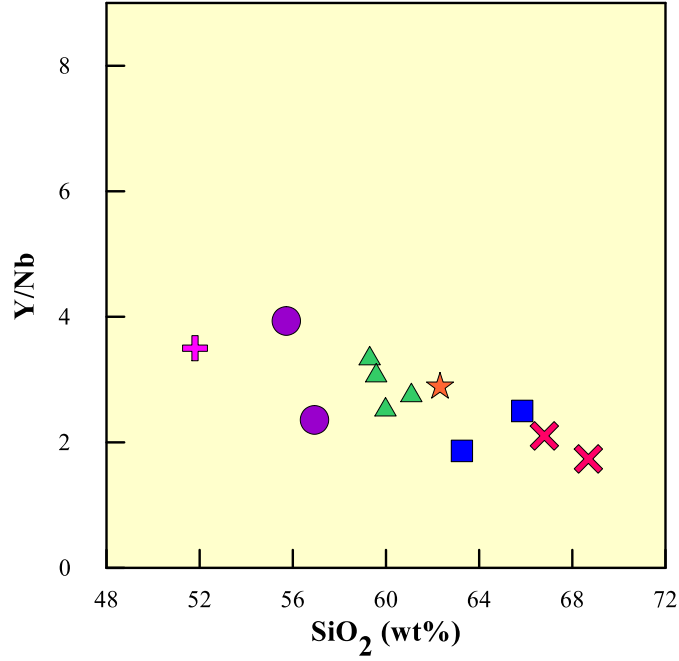
Şekil 4.2. İnceleme alanındaki volkanik kayaların a) SiO₂'ye karşı Y/Nb diyagramı, b) La karşı Zr diyagramı (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

Volkanik kayaların kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımlarına bakıldığında genel anlamda, hafif nadir toprak elementlerin orta nadir toprak elementlere ve ağır nadir toprak elementlere göre daha fazla zenginleştiği görülmektedir. Nadir toprak element dağılım diyagramının konkav bir şekilde olması volkanik kayaların gelişiminde klinopiroksen fraksiyonlaşmasının etkili olduğu savını desteklemektedir (Fujimaki v.d., 1984). İncelenen Eosen yaşlı volkanik kayalarda gözlemlenen ağır nadir toprak elementlere nispeten hafif nadir toprak elementlerce zenginleşme, yüksek çekim alanlı elementlere nispeten büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce zenginleşme ve negatif Nb, Ta, Ti, P ve Zr anomalilerinin bu volkanik kayalara ait magmanın yitim ilişkili bir kıtasal yay magması özelliklerini taşıdığını göstermektedir (Pearce, 1983; Ringwood, 1990; Stolz vd., 1990; Kelemen vd., 1990). Bu bilgilere ek olarak, iz element değişim grafiklerindeki birbirlerine paralellik durumu, kayaların benzer kökenden türediklerine dikkat çekmektedir. Ayrıca, örneklerdeki büyük iyon yarıçaplı litofil elementler ve hafif nadir toprak elementlerce zenginleşme durumu, dalan okyanusal litosferden ve/veya dalan litosfer üzerindeki sedimentlerden açığa çıkan akışkanların manto kaması içine girişini ifade eder (Ringwood, 1990; Hawkesworth vd., 1991).

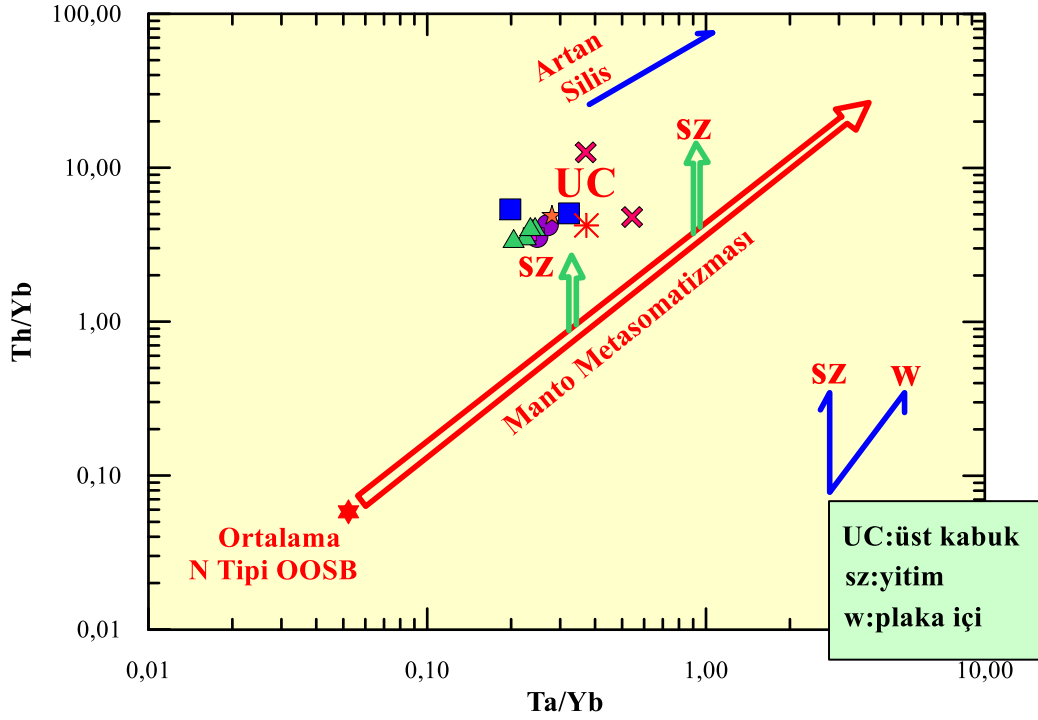
4.2. Asimilasyon-Fraksiyonel Kristallenme

Mantodan türeyen kayaçların izotopik ve iz element bileşimlerini etkileyen ve değiştiren önemli süreçlerden biri kabuksal materyallerin asimilasyonudur (McDermott vd., 2005; Zellmer vd., 2005). Birincil magmanın kalınlaşmış ve olgun kabuk tarafından kirlenmesinin, Doğu Pontidlerde Paleojen ve Neojen yaşlı çarpışma ve çarpışma sonrası oluşan volkanik kayaçlar üzerinde yapılan bazı araştırmalarda (Temizel ve Arslan 2008, 2009; Kaygusuz vd., 2011; Temizel vd., 2012; Arslan vd., 2013; Yücel, 2013; Aydınçakır vd., 2014; Yücel vd., 2014; Temizel vd., 2014) kayda değer bir özellik olduğu vurgulanmıştır. Bu sebepten ötürü, mantodan türeyen kayaçların kabuktan yükselirken kabuksal kirlenmeye uğraması ihtimali ve bu durumun magma bileşimine etkisi, söz konusu volkanik kayaçlarının kaynak bileşimlerinin karakterlerini tespit etme konusunda yardımcı olabilmektedir.

SiO_2 'ye karşı Y/Nb diyagramında gözlenen negatif yönsemeler, kabuksal asimilasyonun magma gelişimi sırasında etkin olduğuna dikkat çekmektedir (Şekil 4.3). Kaynak bileşimi ve kabuksal kirlenmenin belirlenmesinde Th/Yb ve Ta/Yb oranları etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bunun nedeni, kabuksal kirlenmede Ta ve Yb'ye kıyasla, kirlenmeden Th elementinin daha fazla etkilenmesinden kaynaklanmaktadır (Pearce vd., 1990). Eosen yaşlı Bahçecik volkanik kayaçlarının gelişiminde de Th/Yb'ye karşı Ta/Yb diyagramının yardımıyla, AFK sürecinin etkili bir faktör olduğu sonucuna varılabilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.3. İnceleme alanındaki volkanik kayaların SiO_2 'ye karşı Y/Nb diyagramı (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

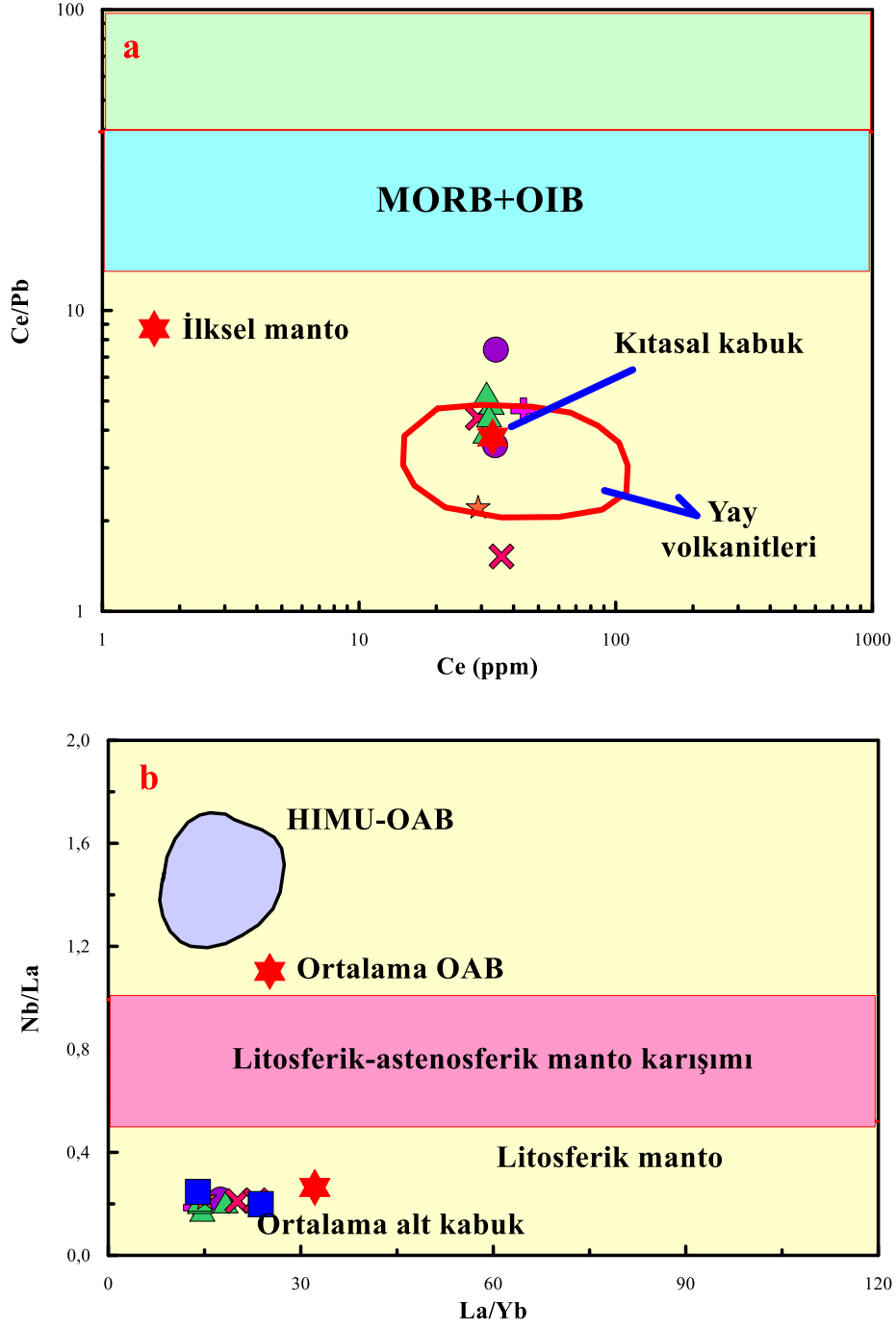


Şekil 4.4. İnceleme alanındaki volkanik kayaların Ta/Yb'a karşı Th/Yb diyagramı (Pearce vd., 1990), yitim zenginleşmesi ve manto metasomatizmasını gösterir vektörler Pearce vd., (1990)'den alınmıştır, N-tipi OOSB ve ortalama üst kabuk içerikleri Sun ve McDonough (1989) ve Taylor and McLennan (1985)'ten alınmıştır (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

4.3. Kaynak Karakteristiği

Volkanik kayaaçlarda gözlemlenen Th, Ce ve BİLE (K, Sr, Rb ve Ba) bakımından zenginleşme ve yüksek Th/Yb oranları, ana magmanın litosferik manto kaynağından türemiş olabileceğini işaret etmektedir (Pearce ve Peate 1995; Churikova vd., 2001; Elburg vd., 2002; McDermott vd., 2005; Zellmer vd., 2005). Bununla birlikte, çalışılan volkanik kayaaçlarda gözlemlenen BİYE elementlere kıyasla Nb ve Ta tüketilmesi, yiten levhadan veya sedimentlerden türeyen sıvıların metasomatizmasından etkilenmiş, yitimle alakalı magma kaynağı özelliğini göstermektedir (Pearce 1983; Hawkesworth vd., 1997; Elburg vd., 2002).

Ce/Pb'ye karşı Ce içeriklerinin baz alındığı diyagramda, Bahçecik volkanik kayaaçlarına ait örnekler çoğunlukla yay volkanikleri alanına düşmektedir (Şekil 4.5 a). Jeokimyasal analizleri yapılan örneklerdeki düşük Ce/Pb oranları (1.5-10.4), kayaaçların okyanusal bazaltlardan (20 ila 30) farklı olduklarına işaret etmektedir (Hoffmann 1988, 1997). Bu durum incelenen volkanik kayaaçların astenosferik manto kaynağından değil, farklı bir kaynaktan türediğini göstermektedir. Kayaaçlardaki yüksek Nb/La oranları (>1) okyanus adası bazalt (OAB) benzeri astenosferik manto kaynağına; düşük Nb/La oranları (<0.5) ise litosferik manto kaynağına dikkat çekmektedir (Bradshaw and Smith 1994; Smith vd., 1999). Bu nedenden ötürü, Nb/La ve La/Yb oranları volkanik kayaaçlarda kaynak bileşiminin ve kısmı ergime derecesinin tespit edilmesinde önemli bir ayıraçtır (Jahn vd., 1999). İncelenen volkanik kayaaçlarının Nb/La oranları 0.16-0.25 arasında değişkenlik göstermekle birlikte, La/Yb oranları da 13.67-23.76 arasında değişmektedir ve bu durum litosferik manto kaynağına işaret etmektedir (Şekil 4.5 b).

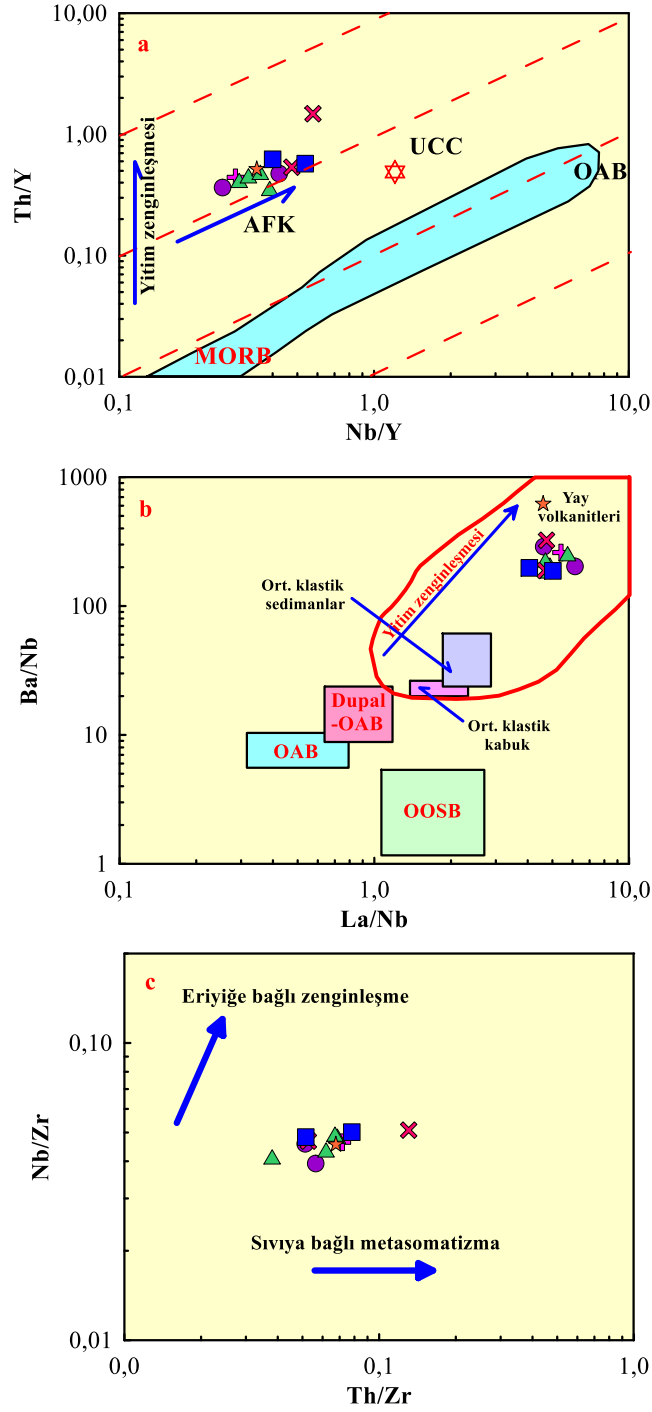


Şekil 4.5. İnceleme alanındaki volkanitlerinin; a) Ce/Pb karşı Ce diyagramı (ilksel manto içerikleri Hofmann 1988'den, kıtasal kabuk, OOSB, OAB ve yay volkanitleri Schmidberger ve Hegner, 1999' dan alınmıştır.) b) Manto kaynağını gösteren La/Yb'a karşı Nb/La diyagramı (ortalama OAB içerikleri, Fitton vd., 1991'den, ortalama alt kabuk içerikleri Chen ve Arculus 1995'dan, HIMU+OAB alanları Weaver vd., 1987'den, astenosferik, litosferik ve karışım manto alanlarını ayıran çizgi Smith vd., 1999'dan alınmıştır) (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

Pearce (1983) tarafından ortaya atılan Th/Y'ye karşı Nb/Y içeriklerinin kullanıldığı diyagram (Şekil 4.6 a), ergime zenginleşmesi ürünleri ile yitim zenginleşmesi ürünü volkanik kayaçları birbirlerinden ayırmak için kullanılmaktadır. Buna ek olarak bu diyagramdaki Th/Y ve Nb/Y oranları magma kaynağındaki homojenleşmeyi ve kabuksal kirlenmeyi ayırt etmede yardımcı olabilmektedir. Çalışılan volkanik kayaçların OIB ve OOSB çizgisine paralel bir eğilim gösterdikleri, fakat onlara kıyasla daha yüksek Th/Y oranlarına sahip olduğu görülmektedir. Bu eğilim manto kaynağının yitim zonu sınırları tarafından metasomatizmaya uğradığına dikkat çekmektedir. Th/Yb'ye karşı Ta/Yb (Şekil 4.4) içeriklerinin kullanıldığı diyagramda çalışılan volkanik kayaçlar, daha yüksek Th/Yb oranlarına sahip olmakla beraber, manto dizinine paralel bir eğilim sergilemektedirler. Bu eğilim Eosen öncesinde oluşan, yitim süreçleri yoluyla türemiş sınırların zenginleştirdiği (metasomatizma) kaynaktan türeyen ana magmaya dikkat çekmektedir.

Çalışılan Eosen yaşlı volkanik kayaçlar Ba/Nb ve La/Nb içeriklerinin kullanıldığı diyagramda yay volkanikleri alanına yakın bir bölgede kümeleşmişlerdir (Şekil 4.6 b). Söz konusu volkanik kayaçların La/Nb ve Ba/Nb oranları, kaynağın yitim zonu zenginleşmesi ile ilgili olduğuna işaret etmektedir. Churikova vd. (2001) ve Elburg vd. (2002) 'e göre yitimin olduğu anda, BİYLE ve HNTE elementler, levhadan türeyen sınırlar yoluyla yukarıya doğru taşınmaktadırlar. Bu sebeple, çalışılan volkanik kayaçlarda gözlemlenen belirgin BİYLE ve HNTE zenginleşmeleri, tüketilmiş manto kaynağından ziyade, zenginleşmiş manto kaynağına dikkat çekmektedir (Rogers vd., 1995; Condie vd., 2002; Zhu vd., 2006). Bahçecik volkanik kayaçlarının litosferik manto kaynağında sınırlarca zenginleşme eğilimi de Nb/Zr'a karşı Th/Zr içeriklerinin temel alındığı diyagramda gözlemlenmektedir (Şekil 4.6 c)

Tüm bu özellikler, çalışılan volkanik kayaçları teşkil eden ana magmanın, Eosen öncesi yitimle ilişkili olan süreçlerden türeyen sınırların metasomatizması ile etkilenen litosferik manto kaynağından türemiş olabileceğini işaret etmektedir. Eosen yaşlı volkanik kayaçların karakteristik ana ve iz element özellikleri, Doğu Pontidlerdeki diğer Paleojen ve Neojen yaşlı volkanik kayaçlarla uyum göstermektedir (Temizel ve Arslan 2008, 2009; Kaygusuz vd., 2011; Temizel vd., 2012; Yücel, 2013; Arslan vd., 2013; Aslan vd., 2014; Aydınçakır vd., 2014; Yücel vd., 2014;),



Şekil 4.6. a) Th/Y'ye karşı Nb/Y diyagramı (Pearce 1983'den alınmıştır. b) Ba/Nb'a karşı La/Nb (Jahn vd., 1999) diyagramı (Yay volkanitleri ve Arkeen granülitleri, Jahn ve Zhang, 1984'ten, İlkel Manto, Sun ve McDonough 1989'dan, ort. Kıtasal kabuk, Taylor ve McLennan 1985 ve Condie 1993'ten, Dupal-OAB, Jahn vd., 1999'dan alınmıştır) c) Nb/Zr'a karşı Th/Zr diyagramı (Pearce 1983'ten alınmıştır) (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında aşağıdaki sonuçlar ve öneriler ortaya konmuştur:

1. Bu tezin konusunu oluşturan Eosen yaşlı Bahçecik (Torul/ Gümüşhane) volkanik kayaçları Geç Kretase yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak gelmektedir.

2. Bahçecik volkanik kayaçları taban seviyede volkanik breş, aglomera ve tüflerden oluşan bir birim ile başlamakta, hornblend andezit, ojit andezit, kuvarslı andezit ve tüflerden oluşan birimlerle devam etmektedir.

3. Eosen yaşlı Bahçecik volkanik kayaçlarına ait başlıca mineraller plajiyoklas, hornblend, kuvars, ojit ve biyotit fenokristallerinden oluşur.

4. Bahçecik volkanik kayaç gruplarındaki petrografik özellikler çoğunlukla porfirik, hyalo-porfirik, glomeroporfirik, intersertal, kemirilme ve mikrolitik dokuları görülmektedir.

5. Çalışılan Eosen yaşlı volkanik kayaçlardaki plajiyoklasların An içerikleri %39 ile %45 arasında değişmektedir ve türü andezindir.

6. Bahçecik volkanik kayaçlarındaki hornblendler, pargasit bileşimlidirler. Hornblendlerin Mg# numaraları 0.9-1 arasında değişkenlik göstermektedir. Hornblendlerin kristallenmeleri esnasında pargasitik ve edenitik süstitüsyon etkili olmuştur.

7. Eosen volkanitlerine ait piroksenlerin diyopsitten ojite doğru bir geçiş bileşiminde oldukları tespit edilmiştir. Piroksenlerin Wo içerikleri %44-%46; En içerikleri % 42-44 ve Fs içerikleri de %10-15 arasındadır değişmektedir. Piroksenlerin kristallenmeleri esnasında ise $Ti \rightleftharpoons Al$ süstitüsyonu etkili olmuştur.

8. Jeokimyasal analizler sonucunda elde edilen verilerin kullanıldığı değişim diyagramlarında gözlemlenen belirgin negatif ve pozitif ilişkiler, fraksiyonel kristallenmenin kayaçların gelişiminde etkin bir rol oynadığını ve kayaçların gelişiminde plajiyoklas, klinopiroksen, hornblend ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu işaret etmektedir.

9. Söz konusu volkanik kayaçların ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılımlarına bakıldığında, özellikle büyük iyon yarıçaplı litofil elementce ve az oranda da Th ve Ce konsantrasyonlarınca bir zenginleşme görülmektedir. Bunun yanında, Zr, Y ve TiO_2 konsantrasyonları bakımından bir fakirleşme görülmektedir. Ayrıca, kayaçların

azalan Nb ve Ta içerikleri, çalışılan volkanik kayaçların köken magmasının büyük ihtimalle daha öncesinde akışkanlar tarafından metasomatizmaya uğratılmış, zenginleşmiş bir kaynak bölgeye dikkat çekmektedir.

10. İncelenen Bahçecik volkanik kayaçlarının kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramında düşük-orta derecede ($La_N/Lu_N = 9.04-16.34$) zenginleşmeyle dağılımların konkav şekilli oldukları ve genel anlamda birbirlerine paralel bir dağılım gösterdikleri saptanmıştır. Bu durum kayaçların aynı veya benzer kaynaktan oluştuğunu göstermektedir.

11. Tektonik ortam ayırtman diyagramları dikkate alındığında kayaçların orojenik andezit alanında yer aldıkları görülmektedir.

12. Bahçecik ve civarındaki Eosen yaşlı volkanik kayaçların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerini dikkate alındığında, kayaçların benzer kaynaktan türedikleri sonucuna varılmıştır. Bu tez, kayaçların köken magmasının muhtemelen daha önceki yitim akışkanları tarafından metasomatizmaya uğramış (zenginleşmiş) litosferik manto kaynağının kısmi ergimesi ile oluştuğunu, daha sonra ise kıtasal kabuktaki sığ magma odalarında fraksiyonlaşma ve özümleme gibi magmatik olaylarla geliştiklerini göstermektedir.

13. Bu tezde varılan sonuçlara ek olarak, bir sonraki aşamada bu çalışmanın sonuçlarının izotop verileri ile desteklenmesi gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1975. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi 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 Kayaçlarının Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik İncelenmesi, 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) Geç Kretase Volkanizmasının Göçü, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Altınkaynak, L., 2000. Ağvanis Masifi Doğu Kesimi ve Çevre Kayaçlarının Jeolojisi, Petrografisi ve Jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H., 1997. Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide volcanic Rocks, Northeast Turkey, *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., 2013. ⁴⁰Ar-³⁹Ar Dating, Whole-Rock and Sr-Nd-Pb Isotope Geochemistry of Post-Collisional Eocene Volcanic Rocks in the Southern Part of the Eastern Pontides (NE

Turkey): Implications for Magma Evolution in Extension-Induced Origin, Contributions to Mineralogy and Petrology, 166, 113–142.

- Aslan, Z., 2010. U-Pb Zircon SHRIMP Age, Geochemical and Petrographical Characteristics of Tuffs within Calc-alkaline Eocene Volcanics Around Gümüşhane (NE Turkey), Eastern Pontides, Neues Jahrbuch für Mineralogie, 187, 3, 329-346.
- Aslan, Z., Arslan, M., Temizel, İ., Kaygusuz, A., 2014. K–Ar Age, Whole Rock, and Sr–Nd Isotope Geochemistry of Calc-Alkaline Volcanic Rocks Around the Gümüşhane Area (Northeast Turkey): Implications for Post-collisional Volcanism During Tertiary Time in the Eastern Pontides, Mineralogy and Petrology, 108, 245–267.
- Aydın, F. 2003. Değirmendere Vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Mineral Kimyası, Petrolojisi ve Petrojenezi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydın, F., Karşlı, 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., Karşlı, O., Uchida, H., Burt, J.B. ve Downs, R.T., 2009. Clinopyroxene Phenocrysts from Their Potassic Series in Neogene Alkaline Volcanics, NE Turkey: Their Crystal Chemistry with Petrogenetic Significance as an Indicator of P-T Conditions, Contributions to Mineralogy and Petrology, 158, 131-147.
- Aydınçakır, E., 2012. Borçka (Artvin, KD-Türkiye) Yöresi tersiyer Volkanitlerinin Petrografisi, Jeokimyası ve Petrojenezi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 200 Sayfa, Trabzon.
- Aydınçakır, E., Şen, C., 2013. Petrogenesis of the Post-collisional Volcanic Rocks from the Borçka (Artvin) Area: Implications for the Evolution of the Eocene Magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 172-173, 98-117.
- Aydınçakır, E., 2014. The Petrogenesis of Early Eocene Non-adakitic Volcanism in NE Turkey: Constraints on the Geodynamic Implications, Lithos, 208–209, 361–377.
- Baret, T.J. ve MacLean, W.H., 1991. Chemical, Mass, and Oxygen Isotopic Changes During Extreme Hydrothermal Alteration of an Archean Rhyolite, Noranda, Economic 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), Chemie der Erde, 60, 81-95.

- Bayram, K. Mescitli (gümüşhane) ve Çevresindeki Eosen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, GÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 82 Sayfa, Gümüşhane.
- Bektaş, O., 1984., Doğu Pontidler’de Geç Kretase Yaşlı Şoşonitik Volkanizma ve Jeotektonik Önemi, K.Ü. Dergisi, 3, 1-2, 53-62, Trabzon.
- Bektaş, O., Van, A., 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.
- Castillo, P.R., 2006. An Overview of Adakite petrogenesis, Chinese Science Bulletin, Vol. 51 No. 3 257-268.
- Ceryan, Ş., 1998. Harşit Granitoyidi’nin Ayrışması, Sınıflandırılması, Ayrışmanın Mühendislik Özelliklerine Etkisi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Churikova, T., Dorendorf, F., Wöerner, G., 2001. Sources and Fluids in the Mantle Wedge Below Kamchatka, Evidence from Across-arc Geochemical Variation. Journal of Petrology, 42, 1567-1593.
- Condie, K.C., 1993. Chemical Composition and Evolution of the Upper Continental Crust: contrasting results from surface samples and shales, Chemical Geology, 104, 1- 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.

- 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, Journal of Geophysics, Res.95, 21503–21521.
- Eğın, D., Hirst, D.M. ve Phillips, R., 1979. The Petrology and Geochemistry of Volcanic Rocks from the Northern Harşit River Area, Pontid Volcanic Province, Northeast Turkey, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 6, 105-123.
- Elburg, M.A, Bergen, M.V., Hoogewerff, J., Foden, J., Vroon, P., Zulkarmain, I. ve Nasution, A., 2002. Geochemical Trends Across an Arc-continent Collision Zone: Magma Sources and Slab-wedge Transfer Processes Below the Pantar Strait Volcanoes, Indonesia, Geochimica et Cosmochimica Acta, 66, 2771-2789.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Erentöz, C., Ketin İ. 1974. Explanatory Text of the Geological Map of Turkey at 1/500.000 G scale (Kars): Special Publication of Mineral Research and Exploration, 57.
- 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., 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 İncelenmesi. 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).

- Hacıoğlu, T., 1983. Kale-Vavuk Dağı (Gümüşhane) Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyel İncelemesi, K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, MMLS Tezi, Trabzon, (Yayınlanmamış).
- Hamilton, W. J. , 1842. Researches in Asia Minör, Pontus and Armenia, Londra.
- Hammarstrom, J. M. Zen, E., 1986. Aluminum In hornblende: An Empirical Igneous Geobarometer, American Mineralogist, 71, 1297-1313.
- Hattori, K., Sato, H., 1996. Magma Evolution Recorded in Plagioclase Zoning in 1991 Pinatubo Eruption products, American Mineralogist, 81, 982-994.
- 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.
- Karlı, 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.
- Karlı, 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.
- Karlı, 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.

Karşlı, 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.

Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Ketenci, M., Chen, B. ve Kandemir, R., 2011b. Deciphering the Shoshonitic Monzonites with I-type Characteristics, the Sisdagi Pluton, NE Turkey: Magmatic Response to Continental Lithospheric Thinning, Journal of Asian Earth Sciences, 51, 45–62.

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. International Journal of Earth Sciences, 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, Chemi der Erde, 69, 247– 277.

Kaygusuz, A., Chen, B., Aslan, Z., Siebel, W. ve Şen, C., 2009. U-Pb Zircon SHRIMP Ages, Geochemical and Sr-Nd Isotopic Compositions of the Early Cretaceous I-Type Sariosman Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 18, 549 – 581.

Kaygusuz, A., Siebel, W., İlbeyli, N., Arslan, M., Satır, M. ve Şen, C., 2010. Insight Into Magma Genesis at Convergent Plate Margins – A Case Study From the Eastern Pontides (NE Turkey), Journal of Mineralogy and Geochemistry, 187/3, 265 – 287.

Kaygusuz, A. 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 Review, 54 (15), 1776-1800.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., İlbeyli, N., Sipahi, F. ve Aydınçakır, E., 2012b. Doğu Pontid Kuzey Zonunda Yüzeyleyen Paleozoyik Yaşlı granitlerin U-Pb Zirkon Yaşlandırması, Sr-Nd-Pb-O İzotop 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 Bülteni, 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 Yayılı 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.
- Leake, E.B., Wooley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J., Maresch, W.V., Nickel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Smith, D.C., Stephenson, N.C.N., Ungaretti, L., Whittaker, E.J.W. Youzhi, G., 1997.

Nomenclature of Amphiboles Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names, European Journal of Mineralogy, 9, 623-651.

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.

Morimoto, M., 1988. Nomenclature of Pyroxenes, Mineralogical Magazine, 52, 535-550.

Nielsen, C.H., Sigurdsson, H., 1981. Quantitative Methods for Electron Microprobe Analysis of Sodium in Natural and Synthetic Glasses, American Mineralogist, 66, 547-552.

Okay, A.I., 1984. Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (ed. J.E. Dixon ve A.H.F. Robertson), Geological Society Special Publication, 17, 455-466

Okay, A.I., Şahintürk, Ö., 1997. Geology of the Eastern Pontides, In: Robinson, A.G. (Editor), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region, American Association of Petroleum Geologists, 68, 291-311.

Okay, A.I., Şahintürk, Ö., 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., Sümegeç, 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 İncelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Özsayar, T., Pelin, S., ve Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler'de Kretase, KTÜ Yer Bilimleri Dergisi, cilt 1, 65-114.

Papike, J.J., Cameron, K.L., Baldwin, K., 1974. Amphiboles and Pyroxenes: Characterization of other than Quadrilateral Components and Estimates of Ferric Iron from Microprobe Data, Geological Society of America, 6, 1053-1054.

- 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) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi, K.TÜ. Yayınları, Trabzon, 87, 103s.
- 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.
- Rojay, B., 1993. Tectonostratigraphy and Neotectonic Characteristics of the Southern Margin of Merzifon-Suluova Basin (Central Pontides, Amasya), Phd Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Rogers, N., Macdonald, R., Fitton, J. G., George, R., Smith, M. & 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.
- Saydam Ç ., 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.
- Saydam Eker C., Sipahi, F. and 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.
- 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 İlgili 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, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Sipahi, F., 2011. Formation of Skarns at Gümüşhane (Northeastern Turkey). Neues Jahrbuch für Mineralogy-Abhandlungen, 188, 2, 169-190.
- Sipahi, F., Sadıklar, M.B. ve Şen C., 2014. The Geochemical and Sr-Nd isotopic Characteristics of Murgul (Artvin) Volcanics in the Eastern Black Sea Region (NE Turkey), Chemie der Erde/Geochemistry, Volume 74, Special Issue, Issue 3, pp 331-342.
- Sipahi, F., Sadıklar M.B., 2014. Geochemistry of Dacitic Volcanics in the Eastern Pontide (NE Turkey), Geochemistry International, Volume 52, Issue 4, pp 296-315.
- 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.
- Smith, J.V., Brown, W.L., 1988. Feldspar Minerals. 2nd rev. and extended edition Book (ISBN 0387176926), Springer-Verlag, Berlin.
- Streckeisen, A. 1976. To Each Plutonic Rock Its Proper Name, Earth Science Review, 12, 1-33.
- 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. and 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 Kayaçlar İçerisinde 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 Üniversitesi.
- Tanyolu, E., 1986. Pulur Masifi (Bayburt) Doğu Kesiminin Jeolojisi, 40. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 21-22.
- Taslı, K., 1984. Hamsiköy (Trabzon) Yöresinin jeolojisi, K.Ü., Dergisi, 3, 69-76.
- Taslı, K., 1990. Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Karbonat İstiflerinin Stratigrafisi ve Mikropaleontolojik İncelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1985. The Continental Crust, Its Composition and Evolution. Blackwell, Oxford, 312.
- Tegner, C., 1997. Iron in Plagioclase as a Monitor of the Differentiation of the Skaergaard Intrusion. Contributions to Mineralogy and Petrology, 128, 45-51.
- 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.
- Temizel, İ., 2014. Petrochemical Evidence of Magma Mingling and Mixing in the Tertiary Monzogabbroic Stocks Around the Bafra (Samsun) Area in Turkey: Implications of

Coeval Mafic and Felsic Magma Interactions, Mineralogy and Petrology, V. 108, p. 353-370. DOI:10.1007/s00710-013-0304-4.

- Temizel, İ., Arslan, M., Abdioğlu, E., Yücel, C., 2014. Mineral Chemistry and Thermobarometry of Eocene Monzogabbroic Stocks from the Bafra (Samsun) Area in Turkey: Implications for Disequilibrium Crystallization and Emplacement Conditions, International Geology Review, 56:10, 1226-1245, DOI: 10.1080/00206814.2014.933363
- 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., Satır, M. ve Şen, C., 2011. Post-collisional Adakite-like Magmatism in the Ağvanis Massif and Implications for the Evolution of the Eocene Magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 125, 131-150.

- Turner, S.P., 2005. Some Remarks on Magmatic Processes Beneath Island Arc Volcanoes. *Advances in Science, Earth Sciences*, Imperial College Press, 131-155.
- 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 Karabıyıköğlü, 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 Deneyimi ve Paleo Coğrafik evrimi, *Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Sayı 7, 199-214.
- Yılmaz, C., 1995. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki 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, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, Seri B, 39, 3-4, 173-203.
- Yücel, C., 2013. Trabzon-Giresun Arasındaki Tersiyer Volkanitlerinin Petrografisi, ⁴⁰Ar-³⁹Ar Jeokronolojisi, Petrokimyası, Sr-Nd-Pb İzotop Jeokimyası ve Petrolojisi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 285 sayfa.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., 2014. Volcanic Facies and Mineral Chemistry of Tertiary Volcanics in the Northern Part of the Eastern Pontides, Northeast Turkey: Implications for Pre-eruptive Crystallization Conditions and Magma Chamber Processes, Mineralogy and Petrology, 108, 439-467.
- 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., Gao, S., 2006. Deep Structure and Origin of the Baikal Rift Zone, Earth and Planetary Science Letters, 243, 681-691.

ÖZGEÇMİŞ

Zenne MERDAN TUTAR 1986 yılında Gümüşhane’de doğdu. Lisans eğitimini 2012’de ODTÜ (Orta Doğu Teknik Üniversitesi) Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde tamamladı. 2013 yılında Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. Ayrıca, aynı üniversite ve anabilim dalında yüksek lisans eğitimine de başladı. İngilizce bilmektedir ve evlidir.