



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :



Trabzon



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında
Rasim BAŞER Tarafından Hazırlanan**

**ARTVİN VE BORÇKA (KD-TÜRKİYE) ÇEVRESİNDEKİ GEÇ KRETASE
VOLKANİTLERİNİN PETROLOJİSİ**

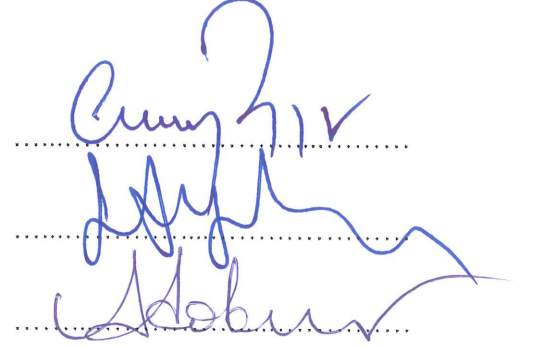
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 31 / 05 / 2016 gün ve 1655 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Cüneyt ŞEN

Üye : Prof. Dr. Faruk AYDIN

Üye : Doç. Dr. Abdurrahman DOKUZ



Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Artvin ve Borçka (KD Türkiye) çevresindeki Geç Kretase volkanitlerinin petrolojisini konu alan bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmış olup, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 112Y365 numaralı proje ile maddi olarak desteklenmiştir.

Bu çalışmaya başladığım andan bugüne kadar, hem maddi hem de manevi desteğini hiçbir zaman üzerimden esirgemeyen ve beni sabır içerisinde dinleyip her konudaki bilgi ve tecrübelerini paylaşan saygıdeğer danışman hocam Sayın Prof. Dr. Faruk AYDİN'e minnet ve şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

Yüksek Lisans Tez çalışmalarım sırasında bilgi, görüş, tecrübe ve önerilerinden yararlandığım değerli hocalarım, Prof. Dr. İbrahim UYSAL başta olmak üzere, Prof. Dr. Cüneyt ŞEN, Prof. Dr. Orhan KARSLI, Doç. Dr. Raif KANDEMİR, Doç. Dr. Abdurrahman DOKUZ, Doç. Dr. Fuat ERKÜL ve Doç. Dr. Özgür KARAOĞLU'na içtenlikle teşekkür ederim.

Ayrıca, 112Y365 numaralı TÜBİTAK projesi ile yüksek lisans eğitimimin başından itibaren her aşamasında birlikte çalıştığım arkadaşım Arş. Gör. Simge OĞUZ'a teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans çalışmam sırasında her zaman bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan saygıdeğer hocam Arş. Gör. Ufuk Celal YAĞCIOĞLU'na içtenlikle teşekkür ederim. Ayrıca bana desteklerini esirgemeyen ve güç veren değerli meslektaşlarım Jeo. Yük. Müh. Erdi AVCI, Jeo. Müh. Bekir İLHAN ve İnşaat Müh. Hüseyin AYDEMİR'e müteşekkirim.

Yüksek öğrenime başladığım ilk günlerden beri, sonsuz desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, bana her konuda güvenini hissettiğim sevgili arkadaşım Makina Müh. Sabri BALTA ve değerli ailesine en kalbi duygularıyla teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca benim için daima arkamda itici bir güç olan ve her konuda desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen değerli aileme sonsuz teşekkür ederim.

Rasim BAŞER

Trabzon, 2016

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Artvin ve Borçka (KD-Türkiye) Çevresindeki Geç Kretase Volkanitlerinin Petrolojisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Faruk AYDİN’in sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 24/05/2016

Rasim BAŞER

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VIII
SUMMARY.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Coğrafik Özellikler	1
1.2.1. Ulaşım ve Yerleşim	1
1.2.2. İklim ve Bitki Örtüsü.....	2
1.2.3. Topoğrafya ve Akarsular.....	2
1.3. Sakarya Zonu Doğusu'nun Jeoloji ve Stratigrafisi	2
1.4. Öncel Çalışmalar.....	7
1.4.1. Çalışma Alanında Geç Kretase Dönemi İle İlişkili Yapılan Çalışmalar.....	7
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE ANALİTİK YÖNTEMLER	10
2.1. Materyal ve Yöntem.....	10
2.1.1. Arazi Çalışmaları.....	10
2.1.2. Lâboratuvar Çalışmaları ve Analitik Yöntemler.....	11
2.1.2.1. Mikroskopik Tayinler.....	11
2.1.2.2. Kimyasal Analizler.....	12
2.1.2.2.1. Mineral Kimyası Analizleri.....	12
2.1.2.2.2. Tüm Kayaç Ana ve İz Element Analizleri.....	13
2.1.2.2.3. Tüm Kayaç Sr-Nd-Pb İzotop Analizleri.....	14
2.1.2.2.4. U-Pb Zirkon Jeokronolojisi.....	14
2.1.3. Büro Çalışmaları.....	15
3. BULGULAR.....	17
3.1. Volkanostratigrafi ve Petrografi.....	17
3.1.1. Çatak Formasyonu.....	17

3.1.1.1.	Ad ve Yayılım.....	17
3.1.1.2.	Alt-Üst Sınırlar ve Kalınlık.....	20
3.1.1.3.	Litoloji ve Petrografi.....	20
3.1.1.4.	Ortam.....	22
3.1.1.5.	Yaş ve Deneştirme.....	22
3.1.2.	Kızılıkaya Formasyonu.....	24
3.1.2.1.	Ad ve Yayılım.....	24
3.1.2.2.	Alt-Üst Sınırlar ve Kalınlık.....	24
3.1.2.3.	Litoloji ve Petrografi.....	26
3.1.2.4.	Ortam.....	27
3.1.2.5.	Yaş ve Deneştirme.....	27
3.1.3.	Çağlayan Formasyonu.....	28
3.1.3.1.	Ad ve Yayılım.....	28
3.1.3.2.	Alt-Üst Sınırlar ve Kalınlık.....	28
3.1.3.3.	Litoloji ve Petrografi.....	31
3.1.3.4.	Ortam.....	32
3.1.3.5.	Yaş ve Deneştirme.....	32
3.1.4.	Tirebolu Formasyonu.....	35
3.1.4.1.	Ad ve Yayılım.....	35
3.1.4.2.	Alt-Üst Sınırlar ve Kalınlık.....	35
3.1.4.3.	Litoloji ve Petrografi.....	36
3.1.4.4.	Ortam.....	36
3.1.4.5.	Yaş ve Deneştirme.....	37
3.1.5.	Cankurtaran Formasyonu.....	40
3.1.5.1.	Ad ve Yayılım.....	40
3.1.5.2.	Alt-Üst Sınırlar ve Kalınlık.....	40
3.1.5.3.	Litoloji ve Petrografi.....	41
3.1.5.4.	Ortam.....	41
3.1.5.5.	Yaş ve Deneştirme.....	41
3.2.	Mineral Kimyası.....	43
3.2.1.	Feldispat.....	43
3.2.2.	Klinopiroksen.....	44
3.2.3.	Fe-Ti Oksit.....	46
3.3.	Tüm Kayaç Jeokimyası.....	47
3.3.1.	Giriş.....	47
3.3.2.	Volkanik Kayaçların Jeokimyasal Sınıflandırılması.....	49
3.3.3.	Ana ve İz Element Jeokimyası.....	54

3.3.3.1.	Değişimleri Diyagramları.....	54
3.3.3.2.	Çoklu İz Element ve Lantan Grubu Elementlerin Değişimleri.....	55
3.4.	Sr-Nd-Pb İzotop Jeokimyası.....	56
4.	TARTIŞMA.....	66
4.1.	Tektonik Ortam.....	66
4.2.	Volkanik Kayaçların Petrojenezi.....	71
4.3.	Jeotermobarometre Hesaplamaları ve Magma Odası Kristallenme Şartları.....	79
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	81
6.	KAYNAKLAR.....	83
7.	EKLER.....	93
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

ARTVİN VE BORÇKA (KD-TÜRKİYE) ÇEVRESİNDEKİ GEÇ KRETASE
VOLKANİTLERİNİN PETROLOJİSİ

Rasim BAŞER

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Faruk AYDİN
2016, 110 Sayfa, 9 Ek Sayfa

Bu çalışmada, Artvin ve Borçka çevresinde yer alan (KD Türkiye) Geç Kretase yaşlı volkanitlerin ana ve iz element içerikleri, U-Pb zirkon yaşları ve Sr-Nd-Pb izotop verileri sunulmuş ve bunların gelişim süreçleri ve kökenleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu volkanitler, Geç Mesozoyik-Erken Tersiyer sürecinde denizaltı ortamlarda oluşan Çatak, Kızılkaya, Çağlayan, Tirebolu ve Cankurtaran formasyonları içinde, birbirini takip eden mafik ve felsik ürünler şeklinde gözlenirler. Mafik kayalar (bazaltik-andezitik) $Pl \pm Kpir \pm Fe-Ti$ oksitten oluşan bir mineral birlikteliğine sahipken, felsik olanlarda (dasitik-riyolitik) Kuvars+ $Pl \pm Fe-Ti$ oksit bulunur. Çatak ve Kızılkaya formasyonlarına ait iki adet felsik kayadan elde edilen U-Pb zirkon yaşları sırasıyla 86.5 ± 1 ve 83.5 ± 1.2 My aralığındadır. İnceleme konusu mafik ve felsik volkanitler çoğunlukla toleyitikten kalk alkaliye değişen geçişli jeokimyasal karaktere sahiptirler ve tipik yay jeokimyasına işaret ederler. Volkanitler okyanus ortası sırtı bazaltlarına ve kondirite normalize edilmiş değişim diyagramları büyük iyon yarıçaplı ve hafif lantan grubu elementler bakımından zenginleşme, Nb ve Ti bakımından negatif anomaliler gösterirler. Özellikle felsik kayalarda Pl -ayrışmasına işaret eden belirgin negatif Eu anomalisi gözlenir. Sr-Nd-Pb izotopik bileşimleri, mafik ve felsik volkanitlerin hem kendi içinde hem de bölgedeki aynı yaşlı ve yitim ilişkili, I tip kalk alkalin granitoidlerle önemli farklılıklar göstermektedir. Mafik kayalar için, tüketilmiş ve sonrasında metazomatizmaya uğramış bir manto, felsik kayalar için ise asimilasyon ve fraksiyonel kristallenme sürecine maruz kalmış manto-ve/veya alt kabuk-ilişkili mafik-ortaç ergiyikler kaynak olarak düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: KD Türkiye, Geç Kretase, Volkanizma, U-Pb zirkon yaşı, Jeokimya.

Master Thesis

SUMMARY

PETROLOGY OF LATE CRETACEOUS VOLCANITS IN ARTVIN AND BORCKA
REGION (NE-TURKEY)

Rasim BAŞER

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Faruk AYDIN
2016, 110 Pages, 9 Appendix

In this study, the major and trace element contents, U-Pb zircon ages and Sr-Nd-Pb isotopic data of Late Cretaceous volcanic rocks which are located in Artvin and Borçka (NE Turkey) have been presented, and also tried to determine development processes and origin of these rocks. These rocks are observed as alternating mafic and felsic extrusives within the Çatak, Kızılkaya, Çağlayan, Tirebolu and Cankurtaran formations which were deposited in submarine environments during the Late Mesozoic-Early Tertiary. While mafic rocks (basaltic-andesitic) consist of $Pl \pm Cpx \pm Fe-Ti$ oxides, felsic rocks (dacitic-rhyolitic) consist of $Q \pm Pl \pm Fe-Ti$ oxides. U-Pb zircon separates from the Çatak and Kızılkaya samples yielded U-Pb ages of 86.5 ± 1 and 83.5 ± 1.2 Ma respectively. The studied mafic and felsic volcanic rocks have mostly transitional geochemical character from tholeiitic to calc-alkaline which is typical of those from arc settings. Normal-mid ocean ridge basalt normalised multi element and chondrite normalised lanthanum group element (LGE) patterns show that all rocks are enriched in large ion lithophile elements and light LGEs, but depleted in Nb and Ti. The felsic samples in particular show distinct negative Eu anomalies pointing to the Pl-fractionation. Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the studied mafic and felsic volcanic rocks are different from those of subduction related I-type calc-alkaline granitoids with same age in the region. Formerly depleted and then metasomatized mantle which was enriched by fluids and/or sediments is suggested to be the source of the mafic volcanics. However, mantle- and/or lower crust-derived differentiated basaltic-andesitic melts which experienced considerable fractional crystallization and low degree of crustal assimilation are suggested to be the parent melt of the felsic rocks.

Key Words: NE Turkey, Late Cretaceous, Volcanism, U-Pb Zircon dating, Geochemistry

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	3
Şekil 2. İnceleme alanının Türkiye ve yakın çevresini içine alan bölgenin tektonik birlik haritası ve çalışma sahasının bu birliklerden Sakarya Zonu içindeki yeri (a), Sakarya Zonu doğu kesiminin basitleştirilmiş jeoloji haritası ve inceleme alanının konumu (b)	4
Şekil 3. Sakarya Zonu Doğusu kuzey kesiminin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti ve bu kesit içinde tez konusu Geç Kretase birimlerinin konumu ve genel özellikleri.....	6
Şekil 4. Artvin-Borçka yöresinin jeoloji haritası ve jeolojik enine kesiti.....	18
Şekil 5. Artvin-Borçka yöresi Geç Kretase istifinin detaylı volkanostratigrafisi....	19
Şekil 6. Artvin Hatıla Vadisi'ndeki Çatak (A-D) ve Kızılkaya Formasyonu'na (E-H) ait kayaçların arazi görünümleri.....	21
Şekil 7. Çatak Formasyonu' na ait volkanitlerin dokusal ve mineralojik özellikleri ve bunların ÇN ve GSE görünümleri.....	23
Şekil 8. Kızılkaya Formasyonu' na ait volkanitlerin dokusal ve mineralojik özellikleri ile bunların ÇN ve GSE görünümleri.....	29
Şekil 9. Kızılkaya Formasyonu'na ait Ah5 nolu örnekten seçilen zirkon minerallerinin katodoluminesans görünümleri.....	30
Şekil 10. Kızılkaya Formasyonu'na ait Ah5 nolu örnekten seçilen zirkonların $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ konkordiya diyagramı.....	30
Şekil 11. Artvin-Erenler ile Balcı ve Cankurtaran civarında yüzeyleyen Çağlayan (A-D) ve Tirebolu (E-H) formasyonlarına ait kayaçların arazi görünümleri.....	33
Şekil 12. Çağlayan Formasyonu'na ait volkanitlerin dokusal ve mineralojik özellikleri ile bunların ÇN ve GSE görünümleri.....	34
Şekil 13. Tirebolu Formasyonu' na ait volkanitlerin dokusal ve mineralojik özellikleri ile bunların ÇN ve GSE görünümleri.....	38
Şekil 14. Tirebolu Formasyonu'na ait Ae4 nolu örnekten seçilen zirkon minerallerinin katodoluminesans görünümleri.....	39
Şekil 15. Tirebolu Formasyonu'na ait Ae4 nolu örnekten seçilen zirkonların $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ konkordiya diyagramı.....	39
Şekil 16. Hopa-Borçka Karayolu üzerinde Cankurtaran Mevkii'nde gözlenen bazaltik bileşimli mafik dayk ve sillerin arazi görünümleri.....	42
Şekil 17. Cankurtaran Formasyonu' na ait dayk-sillerin dokusal ve mineralojik özellikleri ile bunların ÇN ve GSE görünümleri.....	43

Şekil 18.	Artvin yöresi Geç Kretase formasyonlarına ait kayaçlarda gözlenen feldispat minerallerinin ait Ab-Or-An sınıflama diyagramındaki konumları.....	45
Şekil 19.	Artvin yöresi Geç Kretase formasyonlarına ait kayaçlarda gözlenen piroksen minerallerinin Ca-Mg-Fe sınıflama diyagramındaki konumları.....	46
Şekil 20.	Artvin yöresi Geç Kretase formasyonlarına ait kayaçlarda gözlenen Fe-Ti oksit minerallerinin sınıflama diyagramındaki konumları.....	48
Şekil 21.	Borçka ve Artvin volkanitlerinin SiO ₂ - Na ₂ O+K ₂ O (TAS) diyagramı....	50
Şekil 22.	Artvin volkanitlerinin Nb/Y – Zr/TiO ₂ sınıflama diyagramı.....	50
Şekil 23.	Geç Kretase yaşlı Artvin volkanitlerinin SiO ₂ - K ₂ O diyagramı.....	51
Şekil 24.	Geç Kretase yaşlı Artvin volkanitlerinin FeO*/MgO - SiO ₂ diyagramı...	52
Şekil 25.	Geç Kretase yaşlı Artvin volkanitlerinin AFM diyagramı.....	52
Şekil 26.	Geç Kretase yaşlı Artvin volkanitlerinin Co-Th diyagramı.....	53
Şekil 27.	Geç Kretase yaşlı Artvin volkanitlerinin Zr' ya karşı Y diyagramı.....	53
Şekil 28.	Borçka ve Artvin yöresi Geç Kretase volkanitlerinin SiO ₂ 'ye karşı ana ve iz element değişim diyagramları (Harker diyagramı).....	55
Şekil 29.	Artvin yöresi çoklu iz element ve lantan grubu element (LGE) değişimleri.....	57
Şekil 30.	Borçka ve Artvin volkanitlerinin ISr ve εNd izotop diyagramı.....	59
Şekil 31.	Borçka ve Artvin yöresi volkanitlerinin (A) ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb ve (B) ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb izotop diyagramları.....	60
Şekil 32.	Borçka ve Artvin mafik volkanitlerin La/10-Nb/8-Y/15 diyagramı.....	67
Şekil 33.	Borçka ve Artvin mafik volkanitlerin Th-Ta-Hf/3 diyagramları.....	68
Şekil 34.	Borçka ve Artvin mafik volkanitlerin Ti/1000-V diyagramları.....	68
Şekil 35.	Borçka ve Artvin mafik volkanitlerin Ta/Yb-Th/Yb diyagramı.....	69
Şekil 36.	Borçka ve Artvin felsik volkanitlerin A/CNK – A/NK diyagramı.....	69
Şekil 37.	Borçka ve Artvin felsik volkanitlerin Y+Nb-Rb ve Yb-Ta diyagramı.....	70
Şekil 38.	Borçka ve Artvin yörelerindeki felsik volkanitlerin R1-R2 diyagramı....	70
Şekil 39.	Borçka ve Artvin yörelerindeki volkanitlerin Y-Sr/Y diyagramları.....	74
Şekil 40.	Borçka ve Artvin volkanitlerin Yb _N – (La/Yb) _N diyagramı.....	75
Şekil 41.	İncelenen volkanitlerin Ga/Al-Zr ve Ga/Al-Nb diyagramları.....	75
Şekil 42.	Borçka ve Artvin yöresindeki volkanitlerin magmatik prosesleriyle ilgili diyagramlar.....	76

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. İnceleme alanındaki Geç Kretase yaşlı formasyonlara ait volkanik kayaçların başlıca petrografik ve mineralojik özellikleri	25
Tablo 2. İnceleme alanında bulunan volkanitlerin tüm kayaç jeokimyasal analiz sonuçları.....	61
Tablo 3. İnceleme alanına ait Geç Kretase yaşlı volkanik kayaçların Sr-Nd-Pb izotopik bileşimleri.....	65
Tablo 4. Sakarya Zonu Doğusundaki Geç Kretase yaşlı magmatik kayaçların karşılaştırmalı jeokronolojik yaşları.....	77
Tablo 5. İnceleme alanındaki Geç Kretase yaşlı formasyonlara ait volkanitlerin karşılaştırmalı jeotermobarometre sonuçları	80
Ek Tablo 1. İnceleme alanındaki Geç Kretase yaşlı volkanik kayaçların ayrıntılı litolojik, petrografik ve mineralojik özellikleri.....	94
Ek Tablo 2. İnceleme alanında yer alan Geç Kretase volkanitlerine ait feldispat minerallerinin kimyasal analiz sonuçları.....	99
Ek Tablo 3. İnceleme alanında yer alan Geç Kretase volkanitlerine ait piroksen minerallerinin kimyasal analiz sonuçları.....	101
Ek Tablo 4. İnceleme alanında yer alan Geç Kretase volkanitlerine ait Fe-Ti oksitlerin mineral kimyası analiz sonuçları.....	102

SEMBOLLER DİZİNİ

A	: Andezit
Ab	: Albit
Ağ	: Ağırlık
AKK	: Alt Kıtasal Kabuk
Amp	: Amfibol
An	: Anortit
ALGE	: Ağır Lantan Grubu Elementler
B	: Bazalt
BA	: Bazaltik Andezit
BTA	: Bazaltik Trakiandezit
BT	: Bazanit, Tefrit
BİYE	: Büyük İyon Yarıçaplı Elementler
D	: Dasit
Do	: Dolerit
En	: Enstatit
Fk	: Fenokristal
Fs	: Ferrosillit
Fo	: Foidit
F	: Fonolit
FT	: Fonotefrit
GSE	: Geri Saçınımlı Elektron (BSE: Back Scatter Electron)
H	: Hyaloklastit
HLGE	: Hafif Lantan Grubu Elementler
ICP-ES	: Inductively Coupled Plasma - Emission Spectrometer
ICP-MS	: Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer
İ	: İgnimbirit
K	: Kuvars
Kal	: Kalsit
Kl	: Klorit
KP	: Kuvars Porfir

Kpir	: Klinopiroksen
LOI	: Ateşte Kayıp
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
N	: Analiz Sayısı
N-OOSB	: Normal Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
LGE	: Lantan Grubu Elementler
OAB	: Okyanus Adası Bazaltları
Oj	: Ojit
Ol	: Olivin
Op	: Opak
Or	: Ortoklas
Pl	: Plajiyoklas
PB	: Pikrobazalt
RD	: Riyodasit
RY	: Riyolit
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TAS	: Toplam Alkaliye Karşı Silis
T	: Trakit
TA	: Trakiandezit
TB	: Trakibazalt
TD	: Trakidasit
TF	: Tefrifonolit
VB	: Volkanik breş
Wo	: Vollastonit
VMS	: Volkanojenetik Masif Sülfid

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bu çalışma kapsamında KD Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölümü'nde, Artvin ve Borçka arasında yer alan Erenler, Balcı, Tütüncüler, Kaynarca, Taşlıca, Fıstıklı ve Sümbüllü yörelerinde geniş yüzeylemeler sunan Geç Kretase yaşlı volkanik kayaç serilerinin jeolojik, petrografik, mineralojik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin detaylı ve sistemli bir şekilde tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda, çalışma alanlarındaki Geç Kretase volkanizmasının zamanı, ana magma kökeni ve magmatik gelişimi yorumlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu çalışma kapsamında, incelenen Geç Kretase volkanitleri bölgede yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırılarak birbirleri ile benzerlikleri ve farklılıkları belirlenmeye çalışılmıştır. Böylece bölgesel ölçekte Geç Kretase magmatizmasının kökeni ve petrojenezine yönelik yeni ve özgün veriler elde edilmeye çalışılmıştır.

1.2. Coğrafik Özellikler

1.2.1. Ulaşım ve Yerleşim

Bu çalışmaya konu olan Geç Kretase birimlerinin en iyi yüzeylediği alanlardan biri Türkiye'nin kuzeydoğusunda, özellikle Artvin ve Borçka arasında yer alır. Borçka İlçe Merkezi'ni, merkeze bağlı mahalle ve köylerini kapsayan ve aynı zamanda Artvin İl Merkezi'ni de içeren çalışma alanı 1/25.000 ölçekli ve F47-a1-a2-a3-a4-b4-c1-d2 paftaları içerisinde yer alır (Şekil 1).

Çalışma alanının yer aldığı yörede yerleşim yerleri dağınık olup, en önemlileri Artvin İli, Borçka ve Murgul İlçesi ile Arkaköy, Demirciler, İbrikli, Adagül, Tütüncüler, Alaca, Erenler, Balcı, Bilenler, Kaynarca, Fıstıklı, Sümbüllü ve Bakırköy mahalleleridir. Çalışma sahasına ulaşım Hopa-Borçka-Artvin asfalt yolu ile sağlanırken, köylere ulaşım ise çoğunlukla stabilize yollarla sağlanmaktadır.

1.2.2. İklim ve Bitki Örtüsü

Artvin İli ve Borçka İlçesi çevresinde ılıman iklimden karasal iklime geçişin etkileri görülür. Yazın genellikle sıcak ve nem oranı kısmen yüksek olan bölgede, kışın soğuk hava ve kar yağışının etkileri görülür. Yıl içinde yağışlı gün sayısının oldukça fazla olması bölgeyi bitki örtüsü açısından zenginleştirmiştir. Dağınık ve engebeli bir arazi yapısına sahip bölgede genellikle çam ağaçlarından oluşan ormanlık alanlar dışında, Çoruh Nehri'nin geçtiği güzergâh çevresinde çok verimli sebze ve meyve bahçeleri vardır.

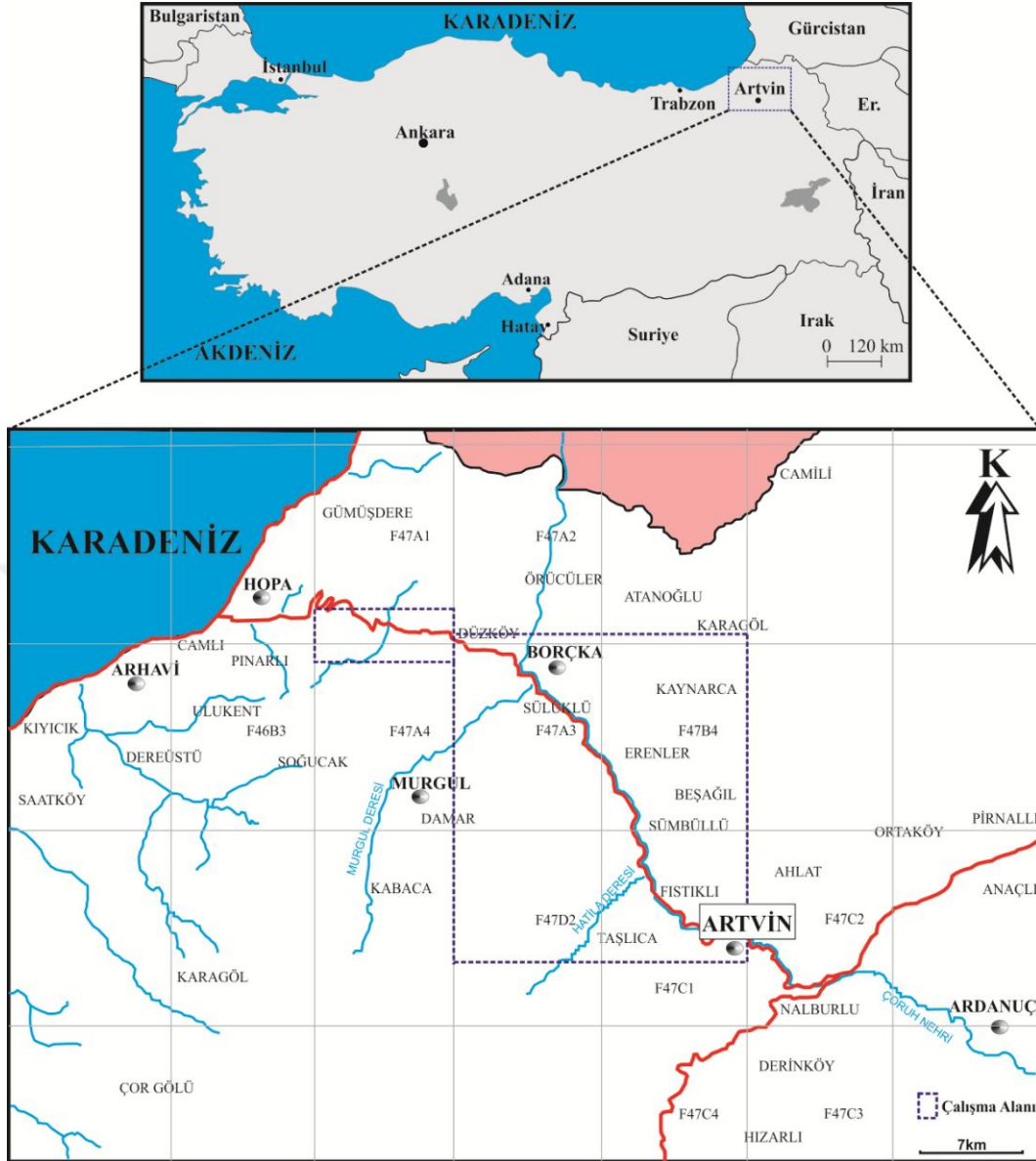
1.2.3. Topoğrafya ve Akarsular

Çalışma alanında sarp vadi ve tepelerin oluşturduğu engebeli bir morfoloji hâkim olup, en yüksek noktasını 1748m. ile Kuvapt Tepe oluşturmaktadır. Diğer önemli yükseltiler arasında Avyağı Tepe (1729m.), Avcıkilise Tepe (1727m.), Kale Tepe (1021m.) ve Horon Tepe (1085m.) sayılabilir.

İnceleme alanının orta kesiminden geçen ve GD-KB yönünde Karadeniz'e doğru akan Çoruh Nehri, hem çalışma alanının hem de Doğu Karadeniz Bölgesi'nin en önemli akarsularından biridir. Murgul Dere, Bakırköy Dere, Otingo Dere ve Hatila Dere inceleme alanı içinde Çoruh Nehri'ni besleyen en önemli yan kollarıdır. Artvin İli'nde nüfusun çoğunluğu tarım ve hayvancılık ile geçimini sağlamaktadır. Ancak hayvancılıkla geçimini sağlayanlar tarımla uğraşanlara kıyasla daha fazladır. Bunu kontrol eden faktörlerin başında ilin coğrafik konumu, iklimi, toprak yapısı önemli yer tutmaktadır.

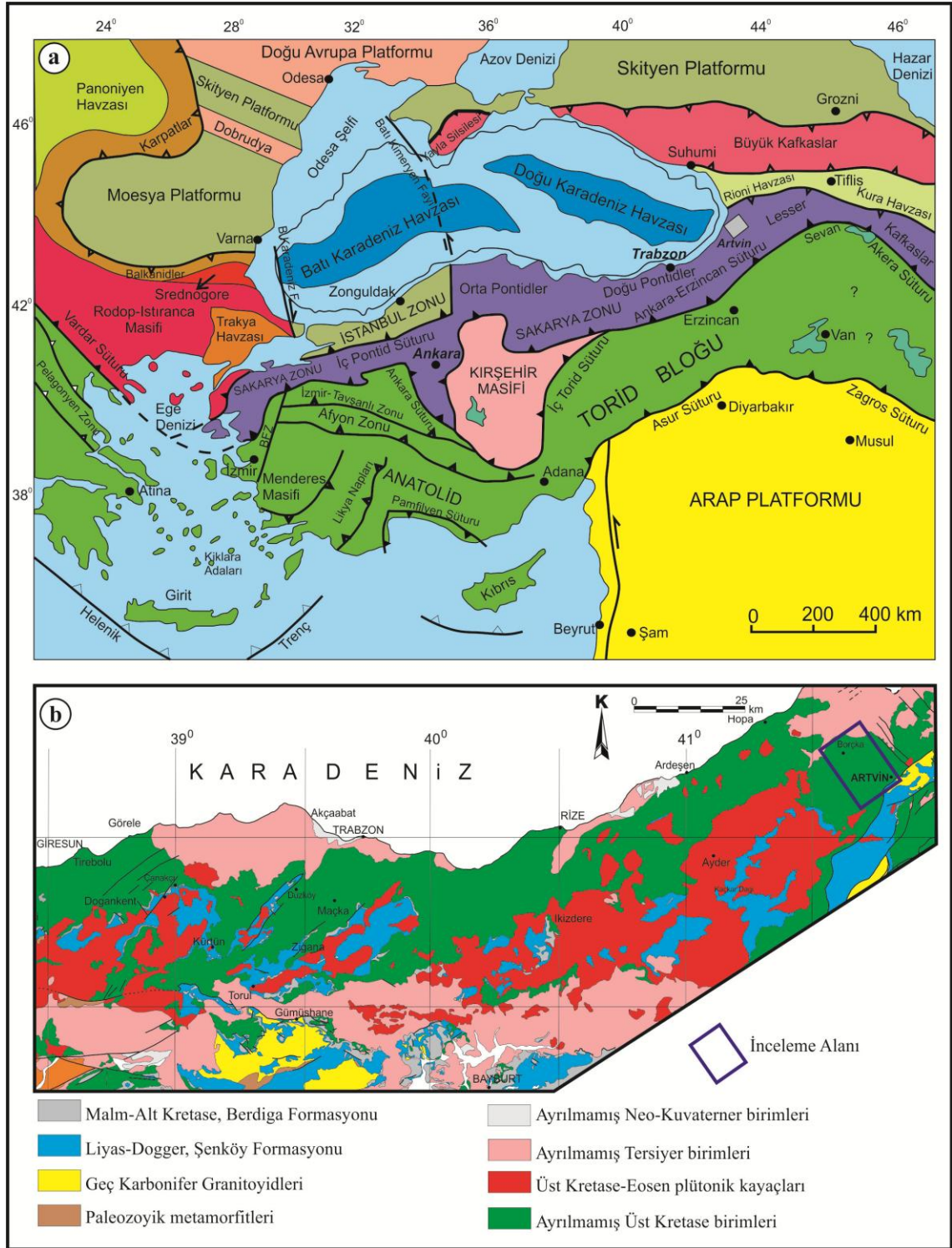
1.3. Sakarya Zonu Doğusu'nun Jeolojisi ve Stratigrafisi

Türkiye'nin tektonik birliklerinin sınıflaması konusundaki yayınlar 1850'li yıllara kadar geriye gitmektedir. Ketin (1966) ilk defa "ofiyolit kuşaklarını" dikkate alarak bir sınıflama yapmıştır. "Levha tektoniği" esasına göre ilk sınıflama ise Şengör ve Yılmaz (1981) tarafından yapılmıştır. Daha sonraki yıllarda Okay ve Tüysüz (1999) tarafından revize edilen bu sınıflama günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 2a). Bu son sınıflamada, Ketin'in "Pontidler" olarak ayırdığı kuzeydeki tektonik birliğin içinde kalan bölge, batıdan doğuya ve kuzeyden güneye doğru, Rodop-Istranca Zonu, Trakya Havzası, İstanbul Zonu ve Sakarya Zonu olmak üzere dört adet tektonik birliğe ayrılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

İnceleme alanı Türkiye'nin önemli tektonik birliklerinden biri olan Sakarya Zonu'nun (Okay ve Tüysüz, 1999) doğusunda (Doğu Sakarya Zonu; DSZ) Artvin İli ve yakın çevresinde yer almaktadır (Şekil 2b). Sakarya Zonu kuzeyden, batı kesimlerinde Karadeniz, doğu kesimlerinde Avrasya plakası, güneyden ise İzmir-Ankara-Erzincan süturu ile sınırlandırılır (Şekil 2a). Geç Kretase başlarında Sakarya Zonu ile Anatolid-Torid platformu arasında yer alan Neotetis Okyanusu kuzey kolunun Sakarya Zonu altına doğru kuzey yönlü bir yitimle kapanmaya başlaması (Okay vd., 1994), sakin tektonik dönemin



Şekil 2. İnceleme alanının Türkiye ve yakın çevresini içine alan bölgenin tektonik birlik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999'dan alınmıştır) ve çalışma sahasının bu birliklerden Sakarya Zonu içindeki yeri (a), Sakarya Zonu doğu kesiminin basitleştirilmiş jeoloji haritası ve inceleme alanının konumu (b) (Güven, 1993'den değiştirilerek alınmıştır).

sona ermesi, Üst Jura-Alt Kretase yaşlı karbonat platformunun (Doğu Sakarya Zonu'nda Berdiga Formasyonu olarak bilinen) yükselmesi ve normal faylar ile parçalanmasına yol açmıştır (Dokuz vd. 2010). Geç Kretase yaşlı kırıntılar ve volkaniklastitler, parçalanmış bu karbonat platformu üzerinde çökelmeye başlamışlardır (Şekil 3). Karbonatlar üzerine taban seviyeleri sarı ve kırmızı renkli, üst seviyeleri ise gri renkli türbidit karakterli kırıntılı malzemedir oluşan bir istif çökelir (Dokuz ve Tanyolu, 2006; Saydam Eker ve Korkmaz, 2011). Bu yazarlar bazı alanlarda görülen ve tamamen karbonatlardan oluşan taban konglomeralarını, bazı horstların kısa süreli olarak su üzerine çıktığı şeklinde yorumlamaktadır. Kuzeye doğru gidildikçe, Geç Kretase yaşlı yitimle ilişkili yay magmatitleri yayılım alanı olarak baskın hale gelir (Okay ve Tüysüz, 1999; Boztuğ vd. 2006; Kaygusuz vd., 2008, Karşlı vd., 2010a; Kaygusuz ve Şen, 2011; Aydın, 2014). İnceleme alanının da yer aldığı DSZ'deki Geç Kretase birimleri tabandan tavana doğru birbirlerini genellikle uyumlu, bazen de yersel uyumsuzluklarla üzerlerler (Güven, 1993; Kurt vd., 2006). Kurt vd. (2006)'ne göre; kalın bir volkano-sedimanter istiftan oluşan Geç Kretase birimleri, Turoniyen yaşlı kumtaşı, kırmızı ve gri renkli kireçtaşı ara seviyeleri içeren bazaltik-andezitik volkanitlerden oluşan Çatak Formasyonu (veya Karabulduklar-Yağlıdere Formasyonları) ile başlar (Şekil 3).

Volkanosedimanter istif özellikle volkanojenik masif sülfid (VMS) tipi yatak ve zuhurların büyük bir kısmını içerisinde barındıran dasitik-riyolitik bileşimli ve az oranda pelajik karbonatları içeren Santoniyen yaşlı Kızılkaya Formasyonu (veya Alemağaç) ile devam eder. Bu formasyonların üzerine DSZ'nin değişik kesimlerinde farklı fasiyes ve kalınlıklarda, tuf, tüfit, kumtaşı, kıltaşı ve kırmızı renkli mikritik kireçtaşı ara seviyeleri ile bazaltik-andezitik volkanitlerden oluşan Geç Santoniyen yaşlı Çağlayan Formasyonu gelir. Bu birimi daha sonra, kumtaşı, kıltaşı ve kırmızı renkli mikritik kireçtaşı seviyeleri ile ardalanmalı, özellikle riyolitik kayaların baskın olduğu Geç Santoniyen-Erken Kampaniyen yaşlı Tirebolu Formasyonu üzerler (Şekil 3).

Son olarak bu istif, kalsiklastik türbiditler ve yer yer bunlara sokulan dayk ve sillerle temsil olunan Üst Kampaniyen-Erken Eosen yaşlı Cankurtaran Formasyonu (veya Kireçhane ya da Tonya) ile son bulur (Çapkinoğlu, 1981; Korkmaz, 1993; Sofracioğlu ve Kandemir, 2013). Tüm bu birimleri kesen Geç Kretase yaşlı plütonlar, İzmir-Ankara-Erzincan sütür zonu boyunca Neotetis'in kuzey yönlü yitimi neticesinde oluşan ürünler olarak kabul edilmektedir (Aydın vd. 2003; Karşlı vd., 2004; Boztuğ vd., 2006, 2007; Kaygusuz vd., 2008; Karşlı vd., 2010a; 2011; 2012; Kaygusuz vd. 2014; Delibaş vd.

2016). Üst Kretase birimleri bölgede geniş yayılım sunan Eosen (Şen vd. 1998; Temizel vd. 2012; Aydınçakır ve Şen, 2013; Arslan vd., 2013) ve Neojen yaşlı (Aydın vd., 2008; 2009a; b) volkanik kayalar tarafından uyumsuz olarak üzerlenirler (Şekil 3).

SİSTEM		SERİ		KAT		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR				
Neojen	Miyo-Pliyosen	Paleojen	Eosen	Neojen	Karadağ						
Kretase	Üst Kretase	? Turoniyen-Koniasiyen-Santoniyen	Üst Kretase	Üst Kampa.	Tonya	Kalsiklastik türbiditler					
					Tirebolu	Kumtaşı-kiltaşı-silttaşı ve yer yer kırmızı renkli mikritik kireçtaşı ara seviyeleri içeren riyolit-riyodasit ve					
					Çağlayan	Ortaç-asidik tuf, tüffit, kumtaşı, kiltası ve kırmızı renkli mikritik kireçtaşı ara seviyeleri içeren bazaltik-andezitik volkanitler ve bunların piroklastitleri					
					Kızılıkaya	Kırmızı renkli mikritik kireçtaşı ara seviyeleri içeren dasitik volkanitler ve bunların piroklastitleri					
					Çatak	Kumtaşı, kırmızı ve gri renkli kireçtaşı ara seviyeleri içeren bazaltik-andezitik volkanitler ve bunların piroklastitleri					
					Berdiga	Masif ve orta-kalın tabakalı dolomit ve kireçtaşları					
					Jura	Alt-Orta	Şenköy	Bazaltik-andezitik litik tuf, volkanojenik kumtaşı, şeyl, bazalt, andezit, konglomera ve bol makro fosilli kırmızı kireçtaşı ve marnlar			
								Karbonifer	Alt	Pulur Güneşlihanne Granitoidleri	Gnays ve şistler
											Granitik kayalar

Şekil 3. Sakarya Zonu Doğusu kuzey kesiminin geliştirilmiş stratigrafik kesiti ve bu kesit içinde tez konusu Geç Kretase birimlerinin konumu ve genel özellikleri (Güven, 1993'den değiştirilerek) (Ölçeksizdir).

1.4. Öncel Çalışmalar

İnceleme alanının da içinde yer aldığı Sakarya Zonu doğusu, Geç Mezozoyik dönemde magmatik aktiviteler açısından oldukça yoğundur. Geç Kretase ve Erken Senozoyik boyunca devam eden bu magmatik aktiviteler sonucunda farklı litolojik birliktelikler oluşmuştur. Hacimsel büyüklükleri, jeokimyasal ve petrolojik özellikleri bakımından çeşitlilik gösteren bu litolojik birliktelikler, subvolkanik, volkanik, volkaniklastik ve tortul kayaçları içermektedir. Geç Kretase yaşlı kayaç birliklerini jeokimyasal özellikleri ve petrolojik açıdan yorumlamaya yönelik, bu zamana kadar birçok çalışma yapılmıştır (Eğin vd., 1979; Manetti vd., 1983; Akıncı vd., 1991; Tokel, 1995; Çamur vd., 1996; Bektaş vd., 1999; Arslan vd., 1997; Yılmaz vd. 2001; Aydın vd., 2003; Karlı vd., 2004; Boztuğ vd., 2006; Kaygusuz vd., 2008; 2009a; Karlı vd., 2010a; 2012; Eyüboğlu, 2010; Aydın, 2014; Eyüboğlu vd., 2014; Sipahi vd., 2014; Özdamar, 2016; Delibaş vd., 2016). Buna rağmen Geç Kretase kayaç serilerinin oluşum zamanı, kökeni ve tektonik ortamı konusunda şu ana kadar bir birlikteliğin oluşmayışı bunların halen tartışmaya açık olduğunu göstermektedir.

Bu tez kapsamında Artvin-Borçka arasındaki (KD-Türkiye) özellikle Geç Kretase volkanizmasının oluşum zamanı, kökeni ve gelişim süreçleri üzerine odaklanıldığından, burada sadece bölgede yapılmış olan Geç Kretase ile ilişkili çalışmalara yer verilmiştir.

1.4.1. Çalışma Alanında Geç Kretase Dönemi İle İlişkili Yapılan Çalışmalar

KD Türkiye’de, doğudan batıya doğru, özellikle sahil şeridine paralel uzanan yaklaşık 25-30 km. genişliğindeki Geç Kretase yaşlı volkano-sedimanter kayaç serileri, bölgedeki aynı yaşlı granitik kayaçlar kadar yoğun olarak çalışılmasa da, jeolojik, petrolojik ve jeokimyasal özellikler bakımından bazı araştırmalara konu olmuştur. İlk ve detaylı çalışma Schultze-Westrum (1961) ve Zankl (1961) tarafından yapılmış olup, bu araştırmacılar DSZ’nin özellikle kuzey kesiminde yer alan Geç Kretase kayaçlarının, (i) tortul ara katkılı alt bazik seri, (ii) dasitik seri ve (iii) tortul ara katkılı üst bazik seri şeklinde üç gruba ayrıldığını belirtmişlerdir. Ketin (1966) söz konusu bölgedeki Geç Kretase döneminin litostratigrafik özellikler bakımından kuzey ve güney zon olarak ikiye ayrılabilirliğini; kuzey zonun magmatik aktiviteler açısından yoğun bir bölge olduğunu buna karşın, güney zonun ise tortul çökeller bakımından baskın olduğunu belirtmiştir. Yine

bu bölgede çalışan Eğin vd. (1979), özellikle Harşit Vadisi boyunca yüzeyleyen Geç Kretase volkanitlerinin genellikle toleyitik karakterde olduğunu belirtmişken, Manetti vd. (1983) söz konusu volkanitlerin Geç Kretase’de kalk-alkali ve alkali-şoşonitik bir özelliğe sahip olduklarını ifade etmiştir. Akıncı vd. (1991), Geç Kretase volkanitlerinin hidrotermal metamorfizmadan etkilenmiş ada yayı toleyitleri olduklarını ve üst mantodan türeyen magmalardan itibaren oluştuklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada yazarlar Sr-izotop oranları ile yüksek Ba içeriklerine dayanarak, hidrotermal metamorfizmaya neden olan sıvıların deniz suyu ile ilişkili olabileceklerini vurgulamıştır. Tokel (1995), Geç Kretase volkanizmasının özellikle yitimle ilişkili ve kalk-alkali bir özellikte olduğunu vurgulamıştır. Çamur vd. (1996), bölgedeki Geç Kretase volkanitlerini; (I) Üst Kretase Alt Volkanik Devri ve (II) Üst Kretase Üst Volkanik Devri olmak üzere iki ana volkanik devire ayırmış, bunların sırasıyla toleyitik ve kalk-alkali özellikte olduklarını ve zenginleşmiş okyanus ortası bazaltlarına benzer bir magmadan itibaren türediklerini ifade etmişlerdir.

Okay ve Şahintürk (1997) ile Okay ve Tüysüz (1999)’e göre; Senoniyen süresince devam etmekte olan yitim sonucunda, DSZ’nin dış kesimlerinde (kuzey zon) yaklaşık 2000 metreyi aşan kalınlıkta, genellikle andezitik ve dasitik kayalarla temsil edilen bir volkanik yay istifinin geliştiği vurgulanmıştır. Bu yazarlar, Doğu Karadeniz Havzası’nın muhtemelen Maastrichtiyen’de volkanik yay ekseninin ikiye ayrılmasıyla okyanusal bir yay-ardı havza olarak açılmaya başladığını, bu açılmanın sonucunda DSZ’nin, bugünkü Japon adaları gibi bir ada yayı konumu kazandığını ve Senoniyen’de, bölgenin iç kesimlerinin (güney zon) bir yay-önü havza konumunda olduğunu belirtmişlerdir. Bu görüş bölgede granitik, subvolkanik ve volkanik kayalar üzerine çalışan birçok araştırmacı tarafından da destek bulmuştur (Yılmaz Şahin, 2005; Boztuğ vd., 2006; 2007; Kaygusuz vd., 2008; 2009a; Karlı vd., 2010a; 2012; Aydın, 2014; Özdamar, 2016; Delibaş vd., 2016).

Diğer taraftan, Bektaş vd. (1999) ve Eyüboğlu vd. (2014) bölgenin kuzey zonundaki Geç Kretase yaşlı volkanitlerin, toleyitik-kalkalkali özellikte ada yayı karakterli kayalar olduğunu, güney zondaki aynı yaşlı kayalara göre daha erken bir zamanda oluştuğunu ve kuzeyden-güneye doğru meydana gelen bir yitim zonu üzerinde oluşan volkanizmanın güneye doğru göç ettiğini savunmuşlardır. Yılmaz vd. (2001), bölgenin kuzeyinde, Üst Kretase sürecinde meydana gelen en erken aktif volkanizmanın paleontolojik verilere göre; Geç Koniasiyen-Santoniyen’de başladığını ifade etmişlerdir. Altherr vd. (2008) DSZ’nin

güney zonunda sınırlı bir alanda yüzeyleyen Maastrihtiyen-Geç Paleosen yaşlı plajiyolösitleri Neotetis yitiminin son evresinin ürünleri olarak yorumlamışlardır. DSZ'nin kuzeyindeki Geç Kretase yaşlı granitoidik ve subvolkanik kayaçların kökeni ve tektonik ortamı üzerine yapılan çalışmalar, bunların çoğunlukla mafik magmatik anklav içerdiklerini, genellikle I-tipinde (Harşit, Zigana, Maçka, Torul, İkizdere, Kaçkarlar) (Boztuğ vd.; 2006; 2007; Kaygusuz vd. 2008; 2009a; Karsli vd. 2010a; Evcimen, 2011; Aydın, 2014), bazen de A-tipinde (Pirnalli Plütönu; Karsli vd. 2012) kalk-alkali bir özellik sunduklarını ve muhtemelen alt kabuk ve mantodan türeyen kimyasal olarak farklı bileşimdeki eş yaşlı mafik ve felsik magmaların karışımları sonucunda oluştuklarını ortaya koymuştur.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE ANALİTİK YÖNTEMLER

2.1. Materyal ve Yöntem

Sakarya Zonu doğusunda (KD Türkiye) yüzeyleyen Geç Kretase volkanitlerini konu alan bu tez kapsamında, Borçka ve Artvin yörelerindeki kayalardan alınan örneklerin petrografik, jeokimyasal, petrolojik ve izotopik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalar başlıca; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiş ve aşağıda kısaca özetlenmiştir.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışması Artvin İli, Borçka İlçesi ve yakın çevresinde bulunan Erenler, Balcı, Sümbüllü, Fıstıklı, Tütüncüler ve Taşlıca mahallelerini kapsamaktadır (Şekil 1, 4). İnceleme alanını da içine alan Artvin bölgesinin 1/100.000 ölçekli jeolojik haritası MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış olup, bunlar arazi çalışmalarına esas teşkil etmiştir. Arazi çalışmaları, özellikle inceleme konusu Geç Kretase istiflerinin yüzeylettiği alanların gezilmesi, iyi yüzeyleme verdiği yerel alanların belirlenmesi, farklı türde litolojik birimlerin ve arazide yayılımlarının tespit edilmesi, farklı fasiyeslere ait stratigrafilerin ortaya çıkarılması, mineralojik-petrografik, jeokimyasal, izotopik ve jeokronolojik amaçlı örnek alımı gibi çalışmaları kapsamaktadır.

İnceleme alanında geniş yüzeyleme veren Geç Kretase istifleri, kendi içlerinde farklılıklar sunmakta ve kısa mesafelerde gerek kalınlık, gerekse de fasiyes değişimleri göstermektedir. İnceleme alanındaki volkanik birimler yer yer kırıntılı ve kimyasal sedimanter kayalar ve epiklastik çökellerle aralanmalıdırlar. Arazi çalışmaları sırasında, inceleme alanındaki volkanik ve volkaniklastik kayalardan ve bu kayalarla yer yer birlikte gözlenen kırmızı renkli mikritik kireçtaşlarından, GPS aleti kullanılarak tam lokasyon ile kayaç örnekleri alınmış ve önemli görülen alanlar fotoğraflanarak belgelenmiştir.

Söz konusu kayaç örneklerinin alınmasında sistematik örnek alımına dikkat edilmiştir. Örnekleme yapılırken; çalışma alanındaki volkanik kayaların ürünlerini, volkaniklastik kayaların türlerini (piroklastik, otoklastik ve epiklastik türlerini), stok, dom

gibi yapıları ve dayk veya silleri karakterize edecek şekilde örnekler alınmıştır. Ancak inceleme alanında her zaman belli aralıklarda sistematik örnek almak pek mümkün değildir. Bitki örtüsünün ve ayrışmanın fazla olduğu arazide bazen yeterli sıklıkta örnek alınamamış, bazen de kısa mesafelerde litolojik özellikler değiştiği için dar alanda birden çok örnek alımı yapılmıştır. Özellikle söz konusu kayaç örneklerinin mineralojik, petrografik, jeokimyasal, izotopik ve jeokronolojik türde birçok farklı amaçlı analize tabi tutulacağı dikkate alındığında, yukarıda belirtilen sistematik örnek alımına mümkün olduğu kadar özen gösterilmiştir. Ayrıca jeokimyasal analizler için alterasyondan en az düzeyde etkilenen örneklerin seçilmesine dikkat edilmiştir. Araziden alınan örnekler laboratuvarda tekrar kontrol edilerek, örneklerin ayrışma durumu, rengi, kristallenme derecesi, mineral türü ve oranı gibi özellikleri dikkate alınarak örneklerin seçimi yapılmıştır.

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları ve Analitik Yöntemler

Laboratuvar çalışmaları genellikle arazi çalışmalarını takip eden dönemde yapılmış olup, bu çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

2.1.2.1. Mikroskobik Tayinler

Mikroskobik tayinler ile ilgili laboratuvar çalışmalarını başlıca iki grupta toplamak mümkündür. Bunlar:

a- İnce Kesiti Yapılacak Örneklerin Belirlenmesi ve İnce Kesite Hazırlanması

Yukarıda arazi çalışmaları bölümünde bahsedilen parametreler de dikkate alınarak seçimi yapılan toplam 48 adet kayaç örneğinin her biri öncelikle iki eşit parçaya bölünmüş, bunlardan biri yedek numune olarak saklanmıştır. Diğer kalan parçadan iki adet ince plakacık çıkarılmış ve bu plakalardan biri ince kesit için kullanılmış, diğeri ise olası mikroprob analizi için ayrılmıştır. İnce kesitlerin hazırlanması işlemi KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki ince ve parlak kesit hazırlama laboratuvarında yapılmış ve tüm kesitler lamelle kaplanarak, polarizan mikroskopta incelemeye hazır hale getirilmiştir.

b- İnce Kesitlerin Polarizan Mikroskopta İncelenmesi ve Dijital Fotoğraflanması

Hazırlanan toplam 48 adet ince kesit, KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Mikroskop Laboratuvarı'ndaki Nikon marka E400 model polarizan mikroskopta

incelenmiş ve her bir ince kesitin mineralojik ve petrografik özellikleri detaylı bir biçimde belirlenmiştir (Ek Tablo 1). Buna ek olarak, kristallenme derecesi yüksek olan fenokristallerce zengin ince kesitlerde modal analiz yapılarak mineral oranları ile mineral-hamur oranı tespit edilmiştir. Ayrıca bölgedeki farklı kayaç türleri için gözlenen önemli mineralojik ve dokusal özellikler ile yaygın mineral türleri “Kameram 21” görüntüleme programı yardımıyla dijital ortamda fotoğraflanarak belgelenmiştir. Bu belgeler ilgili formasyonlar altında petrografi ve mineraloji başlığı içinde detaylıca verilecektir.

2.1.2.2. Kimyasal Analizler

2.1.2.2.1. Mineral Kimyası Analizleri

Tüm kayaçların ince kesitlerinin mikroskopik incelenmesi tamamlandıktan sonra, bölgedeki Geç Kretase istifindeki farklı volkanik fasiyeslere ait kayaçlardaki mineral türleri dikkate alınarak, toplam 18 adet kayaç numunesi belirlenmiştir. Bu kayaç örneklerinde yaygın olarak plajiyoklas, klinopiroksen ve Fe-Ti-oksit mineralleri bulunmaktadır. Mikroprobtta analiz edilecek örneklerin parlak kesitleri KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü’ndeki parlatma laboratuvarında, mineral kimyası analizleri ise, Münih Ludwig-Maximilians Üniversitesi’nde (Almanya) yapılmıştır. Daha sonra bu kesitlerin her biri analizden önce aynı üniversitede iletkenliği sağlamak amacıyla karbonla kaplanmıştır. Planlanan 18 adet kayaç örneğinin mineral analizleri CAMECA SX-100 marka mikroprob aleti ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma şartları mafik mineraller için 15kV ve 20nA ve ışın çapı $< 1\mu\text{m}$ ’dir. Feldispatlar için çalışma şartları mafik olanlarla aynıdır, fakat ışın çapı ise $10\mu\text{m}$ ’dir. Analizlerden önce belli sentetik mineraller standart için kullanılmıştır.

2.1.2.2.2. Tüm Kayaç Ana ve İz Element Analizleri

Mineralojik ve petrografik incelemeler sonucunda, Artvin bölgesindeki Geç Kretase istiflerine ait farklı formasyonların (Çatak, Kızılkaya, Çağlayan, Tirebolu ve Cankurtaran) kayaç türlerinden, yaklaşık 32 adet örneğin jeokimyasal analizinin yaptırılmasına karar verilmiştir. Bu örneklerin nitelik ve niceliksel olarak belirlenmesinde; incelenen Geç Kretase formasyonlarına ait birimlerin litolojik özellikleri, kayaç türleri, bunların arazideki yayılımı, içerdikleri mineral tür ve oranları ile yapısal ve dokusal özellikleri dikkate alınmıştır. Bunlara ek olarak, tüm kayaç jeokimya analiz sonuçlarının güvenilirliği ve magmatik süreçleri doğru değerlendirebilmek açısından, örneklerin taze olmasına ve örneklerin öğütülme aşamasında agat havanlı öğütücüler kullanılmasına, aletsel kontaminasyona maruz kalmamalarına önemle dikkat edilmiştir.

Özellikle seçilen örneklerin her birinin alterasyondan uzak merkezi kısmından, kayacı karakterize edecek şekilde plakalar kesilmiş ve sonra bunların her biri çekiçle ayrı ayrı dövülerek (çekiçle örnek temas etmeyecek şekilde) küçük parçalara ayrılmıştır. Daha sonra küçük parçalar KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Örnek Öğütme Laboratuvarı'ndaki Retsch PM 200 marka agat havanlı öğütücü yardımıyla öğütülmüş ve toz haline getirilmiştir. Öğütme süresi iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiş olup, her biri 3 dakika sürmüştür. Son olarak, öğütülen örnekler şeffaf küçük naylon poşetlere konularak numaralandırılmış, jeokimyasal ve izotopik analiz için gönderilmeye hazır hale getirilmiştir. Her bir örnek jeokimyasal analiz için 20 gr., izotopik analiz için 5gr. olarak poşetlenmiştir.

Tüm kayaç elementsel analizler ACME Analiz Laboratuvarı'nda (Vancouver, Kanada) ICP-ES ve ICP-MS aletleri kullanılarak yapılmıştır. Deteksiyon limitleri % 0.001-0.04 arasında olan ICP-ES ile ana ve minör elementler, deteksiyon limitleri 0.01-0.5ppm arasında olan ICP-MS ile iz ve nadir toprak element ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Öğütülmüş örnekler analiz edilmeden önce lityum metaborat/tetraborat ile ergitilmiş ve daha sonra seyreltilmiş nitrik asit ile çözündürülmüştür. Analiz için kullanılan referans materyaller, STD GS311-1, STD GS910-4, STD OREAS45EA ve STD SO-18'dir. Bunun dışında, öğütülmüş kayaç örneklerinin ateşteki uçucu kaybını (LOI) belirlemek için, söz konusu laboratuvarında öncelikle bu örnekler etüvde 105 °C'de, 24 saat bekletilmiştir. Örnekler plâtin kaba konmadan önce kabın ağırlığı ölçülmüş ve sonra her bir örnekten yaklaşık 1 gr plâtin kaplara eklenerek tekrar tartılmıştır. Daha sonra bu plâtin kaplar

sıcaklığı yaklaşık 2-2,5 saatte 1000 °C'ye ulaşan fırında 60 dakika bekletilmiştir. Tamamen ergimiş hale gelen örnekler dışarı alınarak 10-15 dakika soğutulmuş ve hemen arkasından tartılmıştır. Sonunda, ısıtılmadan önceki örnek ağırlığı ile soğuduktan sonraki örnek ağırlığı arasındaki fark belirlenerek, ateşteki uçucu kaybı ölçülmüştür.

2.1.2.2.3. Tüm Kayaç Sr-Nd-Pb İzotop Analizleri

Tüm kayaç Sr-Nd-Pb izotopik bileşimlerinin belirlenmesi için kullanılan örnek hazırlama ve analiz yöntemlerinin detayı sırasıyla Ramos (1992) ve Wolff ve Ramos (2003)'de verilmiştir. 0.2-0.4gr arasındaki toz örnekleri hidroflorik (HF), nitrik (HNO₃) ve hidroklorik (HCl) asitler kullanılarak çözülmüştür. Stronsiyum (Sr) katyon değişim reçinesi ile 2.5N HCl kullanılarak saflaştırılmıştır. Gaz çıkışı öncesi temiz renyum elementleri üzerine fosforik asit ve tantalum oksit ile birlikte Sr yüklemesi yapılmıştır. Sr-izotopları dinamik modda ve ⁸⁸Sr=3.0V koşullarındaki 5 Faraday kollektör ile çalışan TIMS cihazıyla ölçülmüştür. Sr-izotopları ⁸⁶Sr/⁸⁸Sr = 0.1194 oranına normalize edilmiş ve analiz esnasındaki Rb içeriği dikkate alınarak düzeltilmiştir. Neodimiyum (Nd), HDHEP kaplanmış reçine ve 0.25N HCl kullanılarak saflaştırılmıştır. Nd-izotop değerleri %2 HNO₃ çözeltisinde 7 Faraday kollektör ile çalışan MC-ICPMS cihazıyla ölçülmüştür. Nd-izotop değerleri ¹⁴⁶Nd/¹⁴⁴Nd = 0.7219 oranına normalize edilmiş ve analiz esnasındaki Sm içeriği dikkate alınarak düzeltilmiştir. Kurşun (Pb), anyon değişim reçinesi ve 1N HBr kullanılarak saflaştırılmıştır. Pb-izotop değerleri %2 HNO₃ çözeltisinde 5 Faraday kollektör ile çalışan MC-ICPMS cihazıyla ölçülmüştür. Örnekler Pb/Tl oranı ≤ 2 olan NBS997 Tl ile zenginleştirilmiş ve Pb-izotop değerleri ²⁰³Tl/²⁰⁵Tl = 0.41892 değerine normalize edilmiştir. Sr-analizleri sırasında NBS987 Sr standardı, Nd-analizleri sırasında JNdi-1 standartı ve Pb-analizleri sırasında NBS981 standartları ölçülmüştür.

2.1.2.2.4. U-Pb Zirkon Jeokronolojisi

Artvin bölgesindeki Geç Kretase istiflerine ait volkanik birimlerin yaşlandırılması için iki farklı jeokronolojik yöntemin kullanılması düşünülmüştü. Bunlar özellikle K-içeren minerallerde (biyotit ve amfibol) ve tüm kayaçta yapılması düşünülen Ar-Ar yaşlandırma yöntemi ile zirkon minerallerinde yapılması düşünülen U-Pb yaşlandırma yöntemleridir. Bu yöntemler son derece modern, güncel ve güvenilir yaşlandırma yöntemleridir. Ancak bu

yöntemlerden Ar-Ar jeokronolojisi, kayaç örneklerinin büyük oranda ayrılmış olması ve amfibol, biyotit gibi ana mafik minerallerin olmayışı veya büyük oranda ikincil minerallere dönüşmüş olmasından dolayı kullanılamamıştır. Diğer taraftan U-Pb zirkon yaşlandırması için seçilen mafik ve felsik örneklerden sadece Zr'ca zengin felsik örneklerde zirkon mineralleri tespit edilebilmiştir. Zirkon mineralleri özellikle Kızılkaya ve Tirebolu formasyonlarına ait 2 adet felsik kayaç örneğinde tespit edilmiştir.

Yaşlandırma için seçilen örneklerden sulu-ayırma (hydroseparation) yöntemiyle ağır mineral zenginleştirilmesi gerçekleştirilmiş, sonrasında manyetik ayırıcıyla (separatör) zenginleştirilen konsantr, binoküler mikroskop yardımıyla incelenmiş ve zirkon mineralleri seçilmiştir. Ayrılan zirkon mineralleri epoksiye yerleştirildikten sonra optik ve katodoluminesans görüntüleri açısından incelenmiş ve Granada Üniversitesi IBERSIMS Laboratuvarı'ndaki "SHRIMP-IIe/mc" marka iyon mikroprob ile U-Pb yöntemiyle analiz edilmiştir. Detaylı analitik yöntem Williams ve Claesson (1987) tarafından verilmiş olup, "www.ugr.es/~ibersims" web sitesinde de açıklanmıştır. U konsantrasyonu SL13 zirkon standardı (U: 238 ppm) kullanılarak kalibre edilmiştir. U/Pb oranı, her dört ölçümde bir gerçekleştirilen TEMORA-1 zirkon standardının (417 My; Black vd., 2003) okunmasıyla kalibre edilmiştir. Düşük U/Pb oranına sahip minerallerdeki kurşun (common lead) değeri, Cumming ve Richards (1975) tarafından önerilen karasal kurşun gelişim modeli kullanılarak ölçülen $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ değeri ölçülerek düzeltilmiştir.

Zirkon ölçümleri sırasında ölçülen TEMORA standardının tekrar ölçümleriyle belirlenen %95 güvenilirlik aralığındaki hata payları $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ için $\pm \% 0.23$ ve $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ için $\pm \% 0.46$ 'dır. Veri düzenlenmesi "STATATM" program diliyle yazılan "SHRIMPTOOLS" (www.ugr.es/~fba) yazılımıyla gerçekleştirilmiştir.

2.1.3. Büro Çalışmaları

Sakarya Zonu Doğusu'nda (KD Türkiye) yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı volkanik kayaçlar üzerinde yapılan jeolojik, mineralojik, petrografik, stratigrafik, tektonik, jeokimyasal ve jeokronolojik amaçlı bilimsel yayın, rapor ve proje çalışmalarının derlenmesi büroda yapılan çalışmaların bir bölümünü oluşturmuştur. Bu kapsamda hem MTA ve TÜBİTAK kütüphaneleri hem de internetteki 'online' veri tabanları taranmıştır. Ayrıca, inceleme alanı ile ilgili 1/25.000 ölçekli topoğrafik ve 1/100.000 ölçekli jeolojik haritaların birlikte değerlendirilmesi büroda yapılan diğer çalışmalardır.

Arazi alışmaları sırasında yapılan jeolojik harita ve kesitlerin düzenlenmesi, değerlendirilmesi ve bunların bilgisayar ortamında çizilmesi de büro çalışmaları kapsamında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen saha, laboratuvar ve analiz sonuçları birlikte değerlendirilerek, tezin yazımı gerçekleştirilmiştir.



3. BULGULAR

3.1. Volkanostratigrafi ve Petrografi

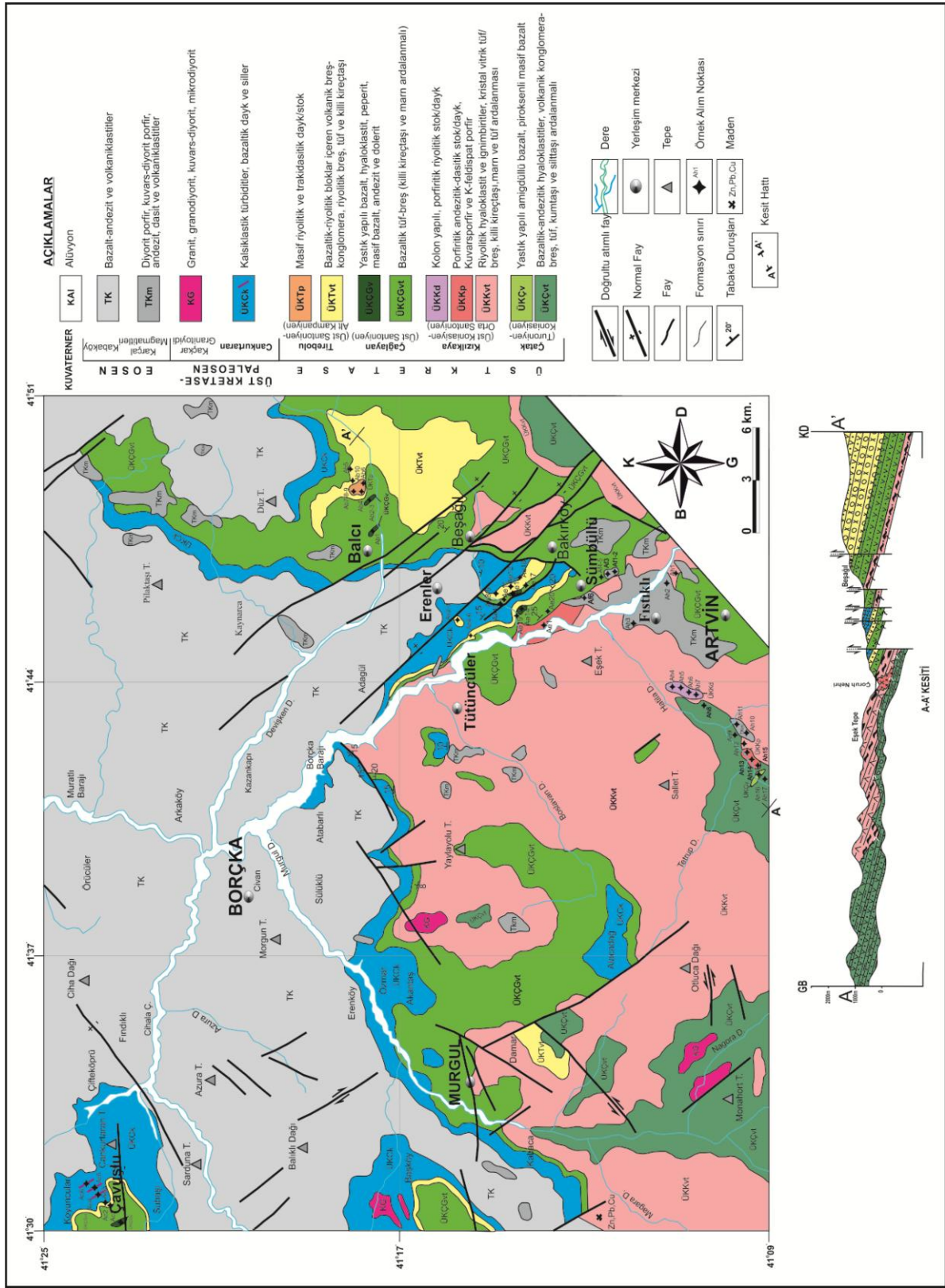
Artvin yöresinde MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan 1/100.000 ölçekli Artvin E-47 ve F47 paftalarına ait jeolojik harita (Keskin, 2013) baz alınarak yapılan saha çalışmalarına göre yeniden oluşturulan Artvin-Borçka yöresi jeoloji haritası ve enine kesiti Şekil 4’de verilmiştir. Artvin İli ve Borçka İlçesi’nin yakın çevrelerini kapsayan inceleme alanında, yaşlıdan gence doğru, Çatak, Kızılkaya, Çağlayan ve Tirebolu adları ile bilinen Üst Kretase formasyonları, Cankurtaran Formasyonu ve Kaçkar Granitoyidi’nden oluşan Üst Kretase-Paleosen birimleri, Karçal magmatitleri ve Kabaköy Formasyonu’ndan oluşan Eosen birimleri ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlar bulunmaktadır (Şekil 4, 5). Bu bölümde tez konusu kapsamında özellikle Geç Kretase formasyonları (Çatak, Kızılkaya, Çağlayan ve Tirebolu) ile Geç Kretase-Paleosen yaşlı Cankurtaran Formasyonu içindeki mafik daykların jeolojik, jeokronolojik, petrografik ve mineralojik özellikleri incelenecektir.

3.1.1. Çatak Formasyonu

3.1.1.1. Ad ve Yayılım

Geç Kretase (Turoniyen-Santoniyen) yaşlı bazik volkanik kayalardan ve bunlarla yer yer aralanmalı tortul birimlerden oluşan bu formasyon, Trabzon İli Maçka İlçesi’nin Çatak mevkiinde tipik olarak gözlemlendiği için ilk defa Güven (1993) tarafından Çatak Formasyonu olarak tanımlanmıştır.

İnceleme alanının GB kesimlerinde (özellikle Hatıla Vadisi boyunca) izlenen bazik volkano-tortul istif litostratigrafik özellikleri bakımından Çatak Formasyonu ile benzer litolojik özellikler gösterdiğinden dolayı birim için aynı formasyon adının kullanılması uygun görülmüştür. Ayrıca Çatak Formasyonu inceleme alanı dışında Yusufeli-Sarıgöl ve Yusufeli-İspir yol güzergâhları üzerinde, Çoruh Vadisi boyunca ve Artvin-Aşağı Madenler civarında, Narlık Mahallesi doğusunda, Artvin-Murgul İlçesi güneyinde, Artvin İli Ortaköy ve güneyinde, Yusufeli İlçesi batı, kuzey ve güney yörelerinde, Artvin-Şavşat yolu üzerinde, Pirnallı Köyü’nün batı ve güneydoğusunda da yüzeylenir.



Şekil 4. Artvin-Borçka yöresinin jeoloji haritası ve jeolojik enine kesiti (Keskin., 2013'den değiştirilerek).

SERİ	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	RADYOMETRİK YAŞLAR
Kuv.			Alüvyon	
Eosen	Borçka (Artvin)		Bazaltik-andezitik volkanitler ve piroklastitleri	(40-47 My) (Aydınçakır ve Şen, 2013)
	Karçal Mag.		Diyorit porfir, K-diyorit porfir, andezit, dasit ve piroklastitleri	(50 My) (Aydınçakır, 2014)
Üst Kampaniyen- Paleosen	CANKURTARAN		Bazaltik dayk ve siller (Ac4, Ac5, Ac6)	
			Kalsiklastik türbiditler	
Üst Santoniyen- Alt Kampaniyen	TİREBOLU		Kırmızı biyomikritik kç. (Ac6)	
			Kırmızı biyomikritler	
			Masif trakidasitik dayk/stok (Ab6, Ab9)	
			Riyolitik tuf ve killi kç.	
			Masif riyolitik dayk/stok (Ab4)	
			Riyolitik breş ve tüfler	
Üst Santoniyen	ÇAĞLAYAN		Bazaltik-riyolitik bloklar içeren volkanik breş-konglomera (Ae4b, Ae5, Ae6, Ae12, Ae17, Ac2a, Ac2b)	(83.5±1.2 My)*
			Masif bazalt-andezit ve dolerit (Ac1, Ab1, Ab2)	(84.9±1.7 My)*
			Bazaltik tuf-breş (killi kç. ve marn ardalı)	
Üst Koniasyen-Orta Santoniyen	KIZILKAYA		Yastık yapılı bazalt, hyaloklastit ve peperit (Ae10, Ae13, Ae14)	
			Kırmızı biyomikritik kireçtaşı	
			Afrik bazaltik-andezitik dayk (Ae3)	
			Killi kç., marn ve tuf ardalı	
			Kolon yapılı, porfiritik riyolitik stok/dayk (Ah4-1, Ah5, Ah7)	(86.5±1 My)*
			Kristal-virik tuf/breş (limonit, hematit ve piritli)	
Turoniyen- Koniasyen	ÇATAK		Riyolitik hyaloklastitler ve ignimbirtler (piritli)	
			Porfiritik andezitik-dasitik stok/dayk (Ae1, Ah13, Ah14, Ah15) (Kuvars- ve K-Felds.-porfirler)	
			Bazaltik-andezitik hyaloklastitler (Ah42a, Ah42b)	
			Piroksenli masif bazalt (Ah16)	
			Bazaltik-andezitik volkanik konglomera-breş, tuf (Ah8) kumtaşı ve siltaşı ardalı	
			Yastık yapılı amigdüllü bazalt (Ah9)	

Şekil 5. Artvin-Borçka yöresi Geç Kretase istifinin detaylı volkanostratigrafisi. Jeokronolojik yaşların ve jeokimyasal örneklerin alındıkları seviyeler özellikle belirtilmiştir (Ölçeksizdir).

3.1.1.2. Alt-Üst Sınırlar ve Kalınlık

İnceleme alanında Çatak Formasyonu'nun daha yaşlı kayalarla ilişkisi gözlenmemekle birlikte, inceleme alanı dışındaki bazı yerlerde Malm-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları (Berdiga Formasyonu) üzerine uyumlu olarak geldiği bilinmektedir (Keskin, 2013). Çatak Formasyonu'nun üst seviyelerindeki bazaltik-andezitik hyaloklastitler ile Kızılkaya Formasyonu'nun alt seviyelerindeki riyolitik hyaloklastit ve ignimbiritler birbirleriyle yanal geçişli olarak gözlenmektedir (Şekil 4, 5).

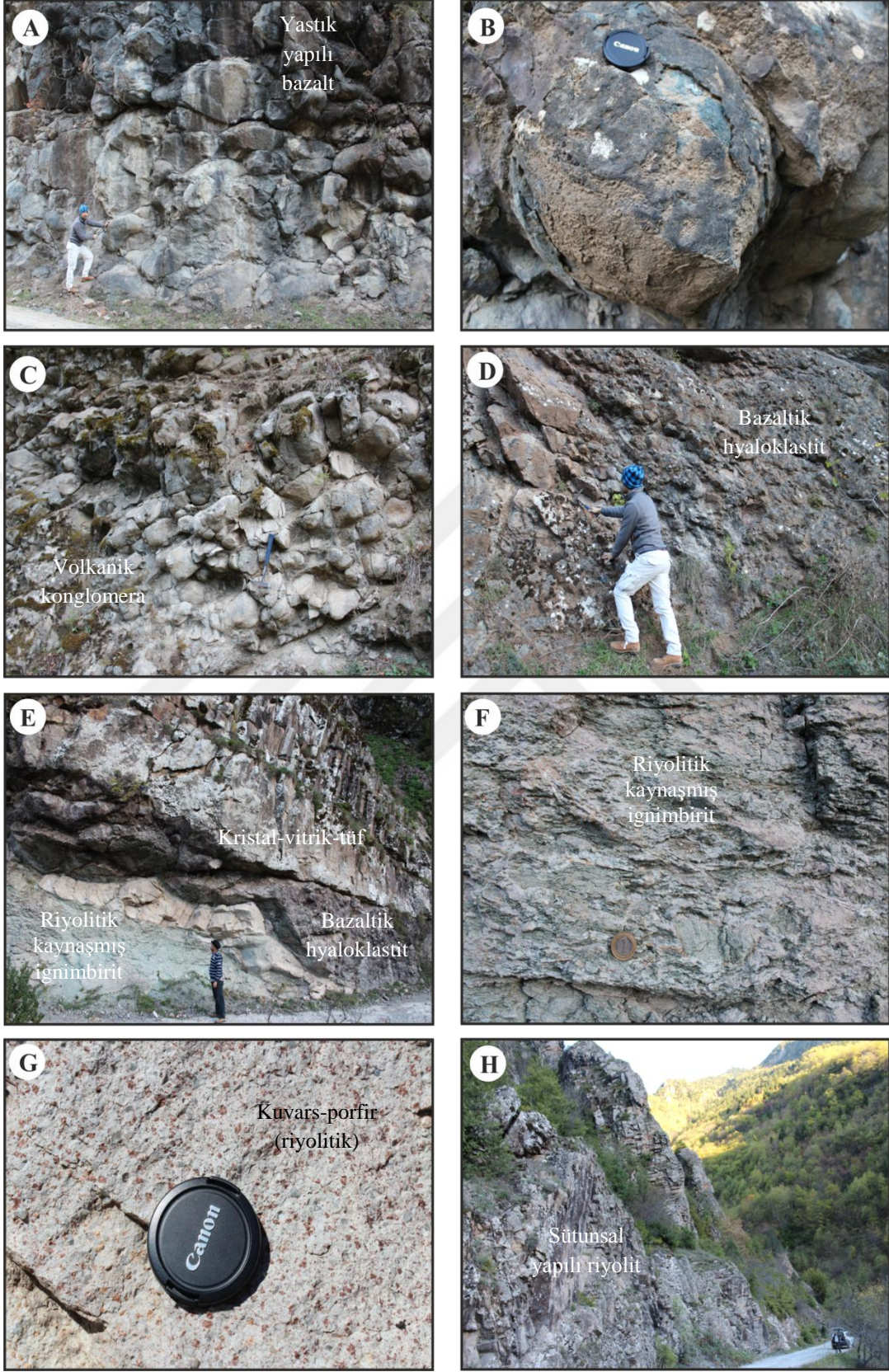
Çatak Formasyonu'nun kalınlığı inceleme alanının da içinde bulunduğu Doğu Karadeniz Bölümü'nde K-G yönlü ana vadiler içinde değişkenlik göstermekle birlikte, Güven (1998) tarafından ortalama 900 metre olarak verilmiştir.

3.1.1.3. Litoloji ve Petrografi

Artvin-Borçka yöresindeki Geç Kretase istifinin tabanı gözlenmemekle birlikte alt seviyeleri Çatak Formasyonu'na ait yastık yapılı bazaltik kayalardan oluşmaktadır (Şekil 5, 6A ve 6B). Bu bazaltlar üzerine sırasıyla bazaltik-andezitik volkanik konglomera-breş, tuf, kumtaşı ve silttaşı ardalanmasından oluşan epiklastik çökeller (Şekil 5, 6C) ile bazaltik-andezitik hyaloklastitler (Şekil 5, 6D) gelmektedir. Bu birimler içinde yer yer piroksenli masif bazaltlara da rastlanmıştır.

Çatak Formasyonu'na ait volkanik ürünlerden 6 adet kayaç örneği alınmış ve bu örnekler iki kısım altında incelenmiştir (Ek Tablo 1). Bunlardan birincisini bazaltik bileşimli yastık yapılı bazalt (Örnek no: Ah9), masif dayk ve siller oluştururken (Örnek no: Ah16), ikinci kısmı çoğunlukla bazaltik-andezitik bileşimli hyaloklastit, tuf ve volkanik breşlerden meydana gelen volkaniklastitler oluşturur (Örnek no: Ah8, Ah4-2a ve Ah4-2b).

Her iki kayaç grubu genellikle gri-koyu gri renklerde olup, çoğunlukla iri kristal içermeyen afirik görünümündedirler. Çatak Formasyonu'na ait masif dayk ve siller genellikle mikrolitik porfiritik, amigdaloidal ve intersertal dokulara sahiptir ve sadece plajiyoklas fenokristalleri içerirler (Şekil 7). Diğer taraftan volkaniklastitlerde ise çoğunlukla, mikrokristalen porfiritik, amigdaloidal, trakitik ve flüidal dokular gözlenmektedir; iri fenokristalleri yine plajiyoklaslar oluşturur. Hamurda mikrolitler halinde bulunan plajiyoklaslara ikincil mineraller olarak serisit, klorit ve kalsit mineralleri eşlik eder (Şekil 7). İnceleme sonuçlarının daha anlaşılabilir ve kendi içinde karşılaştırılabilir olması için



Şekil 6. Artvin Hatila Vadisi'ndeki Çatak (A-D) ve Kızılkaya Formasyonu'na (E-H) ait kayaların arazi görünüşleri.

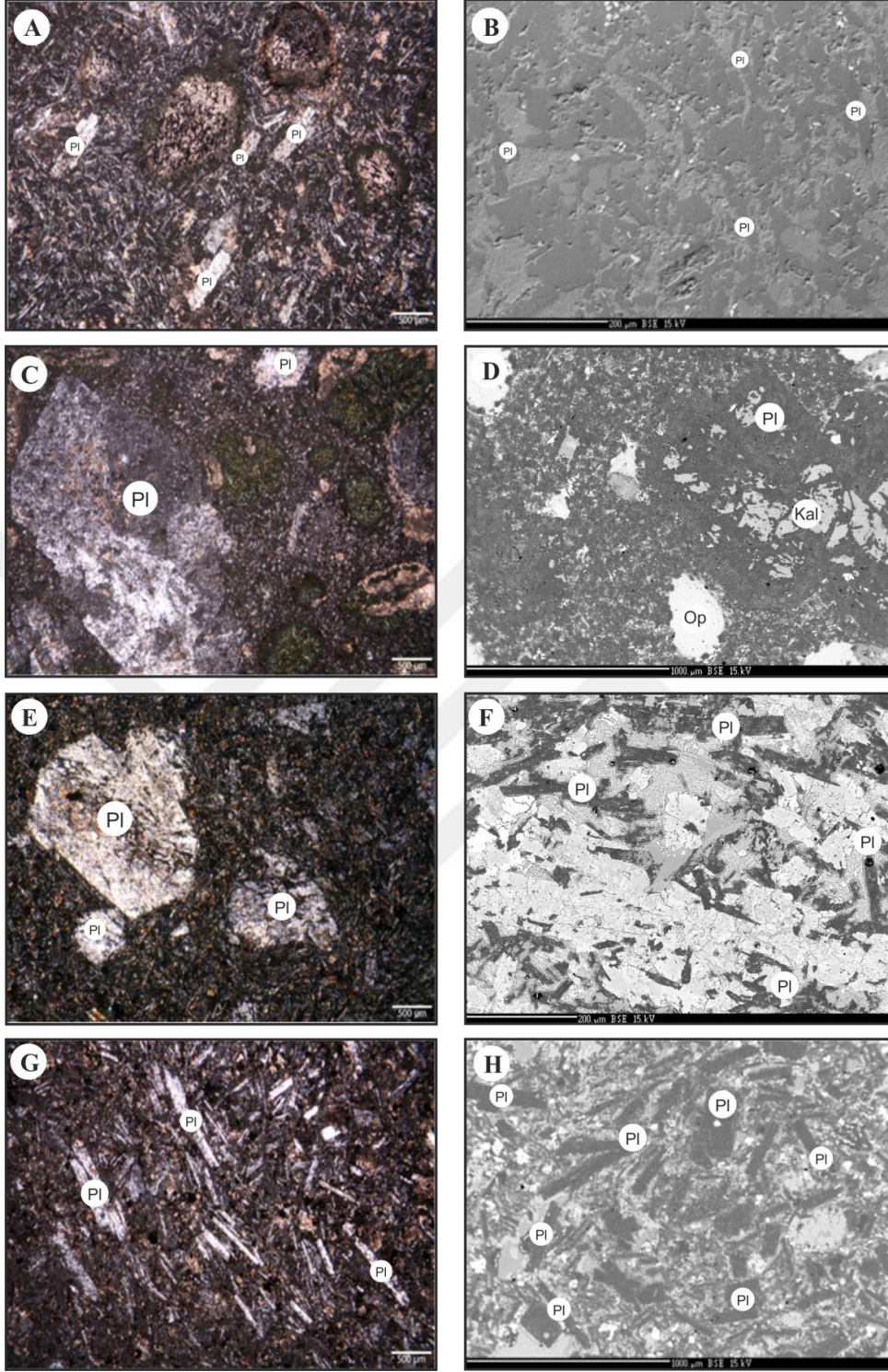
çalışma alanındaki volkanik ve volkaniklastik kayaç örneklerinin ait olduğu formasyonların, lokasyon, litolojik, mineralojik ve petrografik özellikleri özet bir şekilde Tablo 1’de verilmiştir.

3.1.1.4. Ortam

İnceleme alanında Kızılkaya Formasyonu tarafından yanal olarak üzerlenen Çatak Formasyonu’nun tektonik hareketliliğe bağlı olarak parçalanan bir karbonat platformu üzerinde çökeldiği belirtilmiştir (Güven 1993). Formasyonun alt seviyelerindeki volkanik kayaçlarda yastık yapılarının olması ve bunlar üzerinde yer yer kumtaşı-silttaşı-marn şeklinde tortul kayaçların bulunması ortamın denizel olduğunu gösterir.

3.1.1.5. Yaş ve Deneştirme

Çatak Formasyonu içindeki kırmızı-bordo renkli kireçtaşlarından tanımlanan *Globotruncana cf coronata* (Bolli), *Globotruncana lapparenti* (Brotzen), *Globotruncana linneiana* (d' Orbigny), *Globotruncana sp.*, *Marginotruncana sp.*, *Globigerina sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Gümbelina sp.*, *Ticinella sp.*, *Hedbergella sp.*, gibi formlara göre, bu formasyonun Güven (1998) tarafından Turoniyen-Koniasiyen-Santoniyen sürecinde oluştuğu ifade edilmiştir. Ayrıca Türk vd. (2016) Trabzon-Maçka civarında yaptıkları çalışmada Çatak Formasyonu içinde yer alan marn ve kireçtaşı katmanlarından Turoniyen-Koniasiyen yaşını veren planktonik foraminiferler saptamışlar, bu fauna yardımıyla biyostratigrafik zonlama yapmışlardır. Buna göre *Whiteinella*, *Helvetoglobotruncana*, *Marginotruncana*, *Dicarinella*, *Hedbergella* cinslerine ait toplam 10 tür tanımlanmış ve *Whiteinella archaeocretacea* (Erken Turoniyen), *Helvetoglobotruncana helvetica* (Orta Turoniyen), *Marginotruncana sigali* (Geç Turoniyen), *Dicarinella primitiva* (Erken Koniasiyen) zonlarını belirlemişlerdir. Bu yaşlar Kurt vd (2006) tarafından Giresun yöresindeki Çatak Formasyonu için verilen Turoniyen yaşı ile uyumludur. Çatak Formasyonu’na ait volkanik kayaçlardaki zirkon konsantrasyonlarının düşük olması (<58 ppm) nedeniyle bu kayaçlarda herhangi bir zirkon minerali hidro-seperasyonda tespit edilememiş ve U-Pb yaşlandırması yapılamamıştır.



Şekil 7. Çatak Formasyonu' na ait volkanitlerin dokusal ve mineralojik özellikleri ve bunların ÇN (A, C, E ve G) ve GSE (B, D, F ve H) görünüşleri. A ve B) yastık yapılı bazaltlardaki (Ah9) amigdaloïdal ve intersertal doku, C ve D) bazaltik-andezitik volkanik konglomera-breşlerdeki (Ah8) mikrolitik porfiritik doku, E ve F) piroksenli masif bazalt daykındaki (Ah16) mikrolitik porfiritik doku, G ve H) bazaltik andezitik hyaloklastitlerdeki (Ah4-2b) mikrolitik ve trakitik dokular (Pl.: Plajiyoklas, Op.: Opak Min., Kal.: Kalsit).

Çatak Formasyonu Schultze-Westrum (1961) tarafından isimlendirilen Alt Bazik Seri, Kurt vd. (2006) tarafından isimlendirilen Karabulduk ve Yağlıdere formasyonları ile litolojik içeriği ve yaşı bakımından da deneştirilebilir.

3.1.2. Kızılkaya Formasyonu

3.1.2.1. Ad ve Yayılım

Giresun İli Espiye İlçesi'nin güneyinde yer alan Kızılkaya yöresinde tipik olarak yüzeylenen riyodasit-dasit ve bunların piroklastik çökelleri ilk olarak Güven (1993) tarafından Kızılkaya Formasyonu olarak tanımlanmıştır.

İnceleme alanının özellikle güneyi boyunca geniş alanlarda yüzeyleyen (özellikle Otluca Dağı, Hatıla Vadisi ve Tütüncüler Mahallesi) ve hidrotermal alterasyon etkisiyle farklı ayrışma renkleri sunan (sarımsı-turuncu-pembemsi) pirit içerikli felsik karakterli volkanitler, litostratigrafik özellikleri bakımından Kızılkaya Formasyonu ile benzer litolojik özellikler gösterdiğinden dolayı bu çalışmada da aynı formasyon adıyla kullanılmıştır.

3.1.2.2. Alt-Üst Sınırlar ve Kalınlık

Çatak Formasyonu'nun üst seviyelerindeki epiklastik kayaçlar (kumtaşı ve silttaşı) ile Kızılkaya Formasyonu'nun alt seviyelerindeki riyolitik hyaloklastit ve ignimbiritler yanal geçişlidir (Şekil 5). Kızılkaya'nın en üst seviyelerinde ise kırmızı-bordo renkli mikritik kireçtaşı seviyeleri gözlenmiş olup, bu kireçtaşı seviyeleri yanal olarak Çağlayan Formasyonu'nun tabanını oluşturan bazaltik hyaloklastit ve yastık yapılı bazaltlara geçiş gösterir ve yer yer söz konusu yastık yapılarının matriksini oluşturur (Şekil 5).

Kızılkaya Formasyonu'nun kalınlığı inceleme alanının da içinde bulunduğu Doğu Karadeniz Bölümü'nde K-G yönlü ana vadiler içinde değişkenlik göstermekle birlikte, Güven (1998) tarafından ortalama 400 metre olduğu belirtilmiştir.

Tablo 1. İnceleme alanındaki Geç Kretase yaşlı formasyonlara ait volkanik kayaların başlıca petrografik ve mineralojik özellikleri.

Formasyon	Örnek Türü	Kayaç Türü	Dokular	n	Pl	K-Feld	Kpir	Amp	Bio	Op	Fk (%)	Hm (%)
Çatak	Masif/Dayk	B	Mikrolitik porfiritik, intersertal, amigdalooidal	2	0-15	-	0-5	-	-	-	0-20	100-80
	Volkanoklastit	T, H, VB, B, BA	Mikrokristalen porfiritik, amigdalooidal, trakitik, flüidal	4	10-20	-	-	-	-	-	10-20	90-80
Kızılkaya	Masif/Stok/Dayk	A, D, RD, KP	Hyalo-mikrokristalen porfiritik, hyalo-mikrolitik, sferülitik, glomeroporfiritik, elek, vitrofirik, kemirilme	11	2-20	1-5	-	0-5	-	-	3-30	97-70
	Volkanoklastit	İ, H, T, D, RD	Porfiritik, breşik, akma	2	0-20	-	-	-	-	-	0-20	100-80
Çağlayan	Masif/Dayk/Sil	B, Do, BA	Hyalo-mikrolitik porfiritik, trakitik, flüidal, amigdalooidal, intersertal, intergranüler, glomeroporfiritik, doleritik, seri, elek	12	1-20	-	0-5	-	-	1-2	2-27	98-73
	Volkanoklastit	T, VB, H, B, BA	Mikrolitik porfiritik, amigdalooidal	2	5-15	-	-	-	-	0-1	5-16	95-84
Tirebolu	Masif/Stok/Dayk	R, RD	Hyalo-mikrokristalen porfiritik, akma, glomeroporfiritik, sferülitik	8	2-8	1-23	-	-	-	-	3-31	97-69
	Volkanoklastit	T, VB, H, RD, TD, TA	Vitrofirik, glomeroporfiritik, sferülitik, akma, zonlu	10	1-15	1-5	1-2	-	-	1-2	4-24	96-76
Cankurtaran	Dayk/Sil	B, BA	Mikrolitik porfiritik, glomeroporfiritik	3	0-10	-	5-15	-	-	-	5-25	95-75

Açıklama: B: Bazalt, Do: Dolerit, BA: Bazaltik andezit, A: Andezit, TA: Trakiandezit, D: Dasit, MD: Mor dasit, RD: Riyodasit, TD: Trakidasit, R: Riyolit, KP: Kuvars porfir, GP: Gabro porfir, İ: İgnimbirit, H: Hyaloklastit, VB: Volkanik breş, T: Tüf, n: örnek sayısı, Pl: Plajiyoklas, K-feld: Potasyum feldispat, Kpir: Klinopiroksen, Amp: Amfibol, Bio: Biyotit, Op: Opak mineral, Fk: Fenokristal, Hm: Hamur

3.1.2.3. Litoloji ve Petrografi

Kızılkaya Formasyonu inceleme alanında Artvin İli kuzey ve kuzeybatısında, Ortaköy'ün kuzeyinde, Murgul İlçesi'nin güney ve güneydoğusunda, inceleme alanı dışında ise özellikle Pirnallı Köyü'nün kuzeybatı ve güneydoğusunda izlenir. Arazide Çatak Formasyonu'nun üst seviyelerindeki bazaltik-andezitik hyaloklastitler ile Kızılkaya Formasyonu'nun alt seviyelerindeki gri-beyaz renkli riyolitik hyaloklastit ve ignimbiritler yanal geçişli olarak gözlemlenmiştir (Şekil 5, 6E, F). Alt seviyeleri genellikle ayrışmış (hematit-limonitleşmiş) ve bol piritli hyaloklastit ve ignimbiritlerden oluşan Kızılkaya Formasyonu üste doğru kristal-vitrik tuf/breşlere geçiş gösterir (Şekil 5, 6E, F). Tüm bu birimler formasyonun en üst seviyelerinde killi kireçtaşı, marn ve tuf aralanmasından oluşan sedimenter çökeller tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir. Kızılkaya Formasyonu'na ait volkaniklastik kayalar tabanda özellikle iri kuvars ve K-feldispat içeren porfirik stok ve dayklar ile daha üst seviyelerde gözlenen, kolon yapılı porfiritik riyolit stok ve dayklar tarafından kesilmiştir (Şekil 5, 6G, H). Killi kireçtaşı, marn ve tuf-breş seviyelerinden oluşan Kızılkaya Formasyonu'nun üst seviyelerine Çağlayan Formasyonu'na ait bazaltik bileşimli mafik dayklar sokulum yapmıştır (Şekil 5, 6G, H).

Kızılkaya Formasyonu'ndan 11 adet kayaç örneği alınmış ve bunlar yapısal ve dokusal özellikleri (lav ürünleri ve volkaniklastitler) dikkate alınarak iki gruba ayrılmıştır. Bunlar andezitik-dasitik bileşimli paleo-lav akıntıları şeklinde (Örnek no: Ah14 ve Ah15), kuvars- ve K-feld-porfirler şeklinde (Örnek no: Ae1, ve Ah13), ayrıca masif stok ve dayklar (Örnek no: Ah4-1, Ah5 ve Ah7) şeklinde gözlenirken, diğer volkaniklastik ürünler dasitik-riyolitik bileşimli ignimbirit, hyaloklastit ve tüflerden oluşur. Her iki kayaç grubu genellikle gri-açık gri ve yer yer sarımsı-beyazımsı renklere olup, bunlardan stok ve dayklar genellikle porfirik dokuya sahiptir; buna karşın volkaniklastitlerde yaygın olarak afirik doku gözlenir.

Kızılkaya Formasyonu'na ait masif dayk ve siller genellikle hyalo-mikrokristalen porfiritik, hyalomikrolitik, sferülitik, glomeroporfirik, elek, vitrofirik ve kemirilme dokularını göstermekte olup, kuvars, plajiyoklas ve K'lu feldispat gibi kısmen sınırlı bir fenokristal birlikliğine sahiptirler (Ek Tablo 1). Buna karşın volkaniklastitlerde ise çoğunlukla, porfiritik, breşik ve akma dokuları gözlenmektedir; iri fenokristalleri sadece plajiyoklaslar ve kuvarslar oluşturur (Şekil 8).

Kuvarlar genellikle yuvarlağımsı ve nadiren özşekilli fenokristaller halinde olup, hamurda mikrofenokristaller olarak da gözlenirler (Şekil 8). İri boyutlu kuvarların bazılarında kenar zonlarından itibaren kemirilme dokusu da mevcuttur.

Plajiyoklaslar öz veya yarı özşekilli fenokristaller halinde bulunurlar ve büyük oranda kalsitleşme, killeşme ve serizitleşme gösterirler.

3.1.2.4. Ortam

Kızılkaya Formasyonu'nun volkanojenik masif sülfid yatakları ile birlikte merccekler halinde gri ve kırmızı renkli pelajik kireçtaşları içerdiklerini ifade etmişlerdir (Kurt vd., 2006).

3.1.2.5. Yaş ve Deneştirme

Kurt vd. (2005), tarafından Giresun yöresinde yüzeyleyen Kızılkaya Formasyonu içindeki kırmızı-bordo renkli mikritik kireçtaşlarından elde edilen *Dicerinella concavata* (Brotzen), *Marginotruncana pseudolinneiana* (Pessagno), *Marginotruncana coronata* (Bolli), *Stomiosphaera sphaerica* (Kaufman), *Marginotruncana spp.*, *Dicarinella sp.*, *Heterohelicidae*, *Globigerinidae*, *Radiolaria* ve karbonatlardaki *Dicerinella concavata* (Brotzen), *Marginotruncana pseudolinneiana* (Pessagno), *Marginotruncana coronata*, *Marginotruncana spp.*, *Dicarinella sp.*, *Globigerinidae* faunalarına dayandırılarak birimin yaşı Turoniyen-Santoniyen olarak belirlenmiştir.

Aydın vd. (2016), Kızılkaya ve Çağlayan formasyonlarının dokanağından alınan örneklerde çeşitli bollukta planktonik foraminifer içeren seviyeler elde etmiş olup, planktonik foraminiferlerin bol olduğu düzeylerde *D. asymetrica*, *D. concavata*, *D. primitiva*, *G. arca*, *G. hilli*, *G. neotricarinata*, *Gt. elevata*, *M. coronata*, *M. marginata*, *M. paraconcavata*, *M. pseudolinneiana*, *M. renzi*, *M. sigali* ve *M. tarfayaensis* gibi türler saptamıştır. Bu topluluklar içerisinde istifin tabanından üst kesimlerine doğru *D. asymetrica*'nın varlığının bu düzeylerin en geç Koniasiyen-Santoniyen yaşlı olabileceğini gösterdiğini, aynı lokasyondaki farklı bir seviyede ise, *G. hilli*'nin gözlenmesinin, bu düzeyin ve daha üstte yer alan bölümün Santoniyen'den daha yaşlı olamayacağını ifade etmiştir. İstifin daha da üst bölümlerinde gözlediği *G. arca*, *G. neotricarinata* ve *Gt. elevata* gibi türler neticesinde söz konusu istifin Santoniyen'den daha yaşlı olamayacağını

belirtmiştir. Tüm bu güncel paleontolojik veriler ile jeokronolojik yaşlar dikkate alındığında, Kızılkaya Formasyonu'nun yaşı Üst Koniasiyen- Orta Santoniyen olabileceği düşünülmüştür.

Kızılkaya Formasyonu'na ait kolon yapıları porfiritik riyolit stok ve dayk örneklerinde çok sayıda magmatik zirkon tespit edilmiştir (Örnek no: Ah5; Şekil 9). Ah5 nolu örnekten seçilen zirkonların U-Pb konkordiyası yaşı ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$) $86.5 \pm 1\text{My}$ olarak elde edilmiştir (Şekil 10).

Kızılkaya Formasyonu, Shultze-Westrum (1961) tarafından isimlendirilen alt asidik seri ve Kurt vd. (2006) tarafından isimlendirilen Alemağaç Formasyonu ile deneştirilebilir.

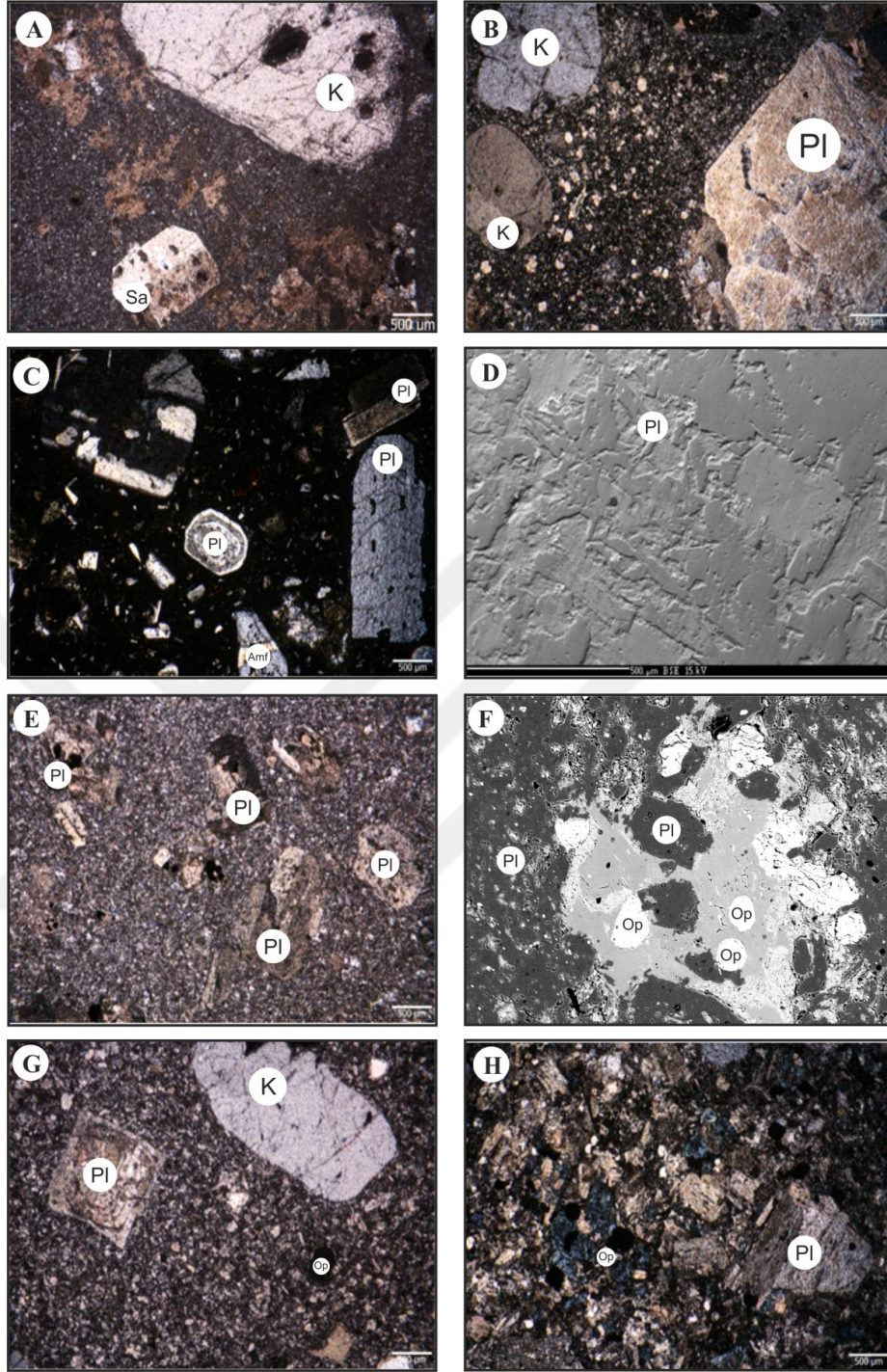
3.1.3. Çağlayan Formasyonu

3.1.3.1. Ad ve Yayılım

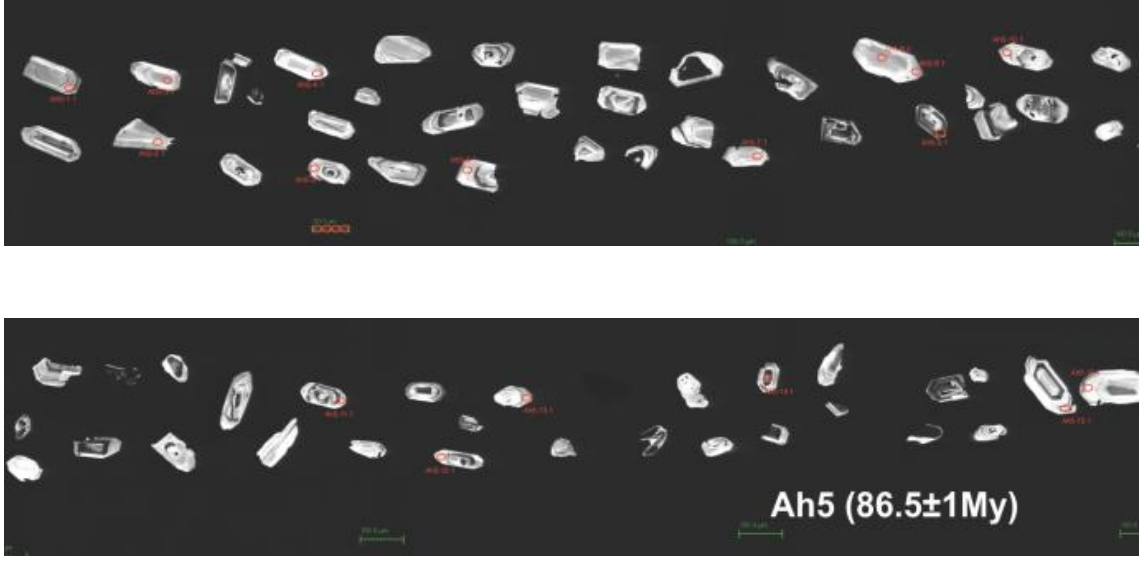
Trabzon İli Çağlayan Mahallesi civarında yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı (Kampaniyen-Maastrichtiyen) bazik volkanik kayalar ve bunlarla yer yer bunlarla ardalanmalı tortul kayalar için ilk olarak Güven (1993) tarafından Çağlayan Formasyonu adı kullanılmıştır. İnceleme alanının özellikle KD kesiminde, Erenler ve Balcı civarında yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı bazik volkanitlerle ardalanmalı tortul kayalar Çağlayan Formasyonu ile benzer stratigrafik ve litolojik özellikler gösterdiğinden birim için aynı adın kullanılması uygun görülmüştür. Ayrıca Çağlayan Formasyonu, Murgul İlçesi batı, doğu ve güneydoğusundaki alanlar ile Hopa İlçesi GD ve GB'sındaki alanlarda da gözlenir.

3.1.3.2. Alt-Üst Sınırlar ve Kalınlık

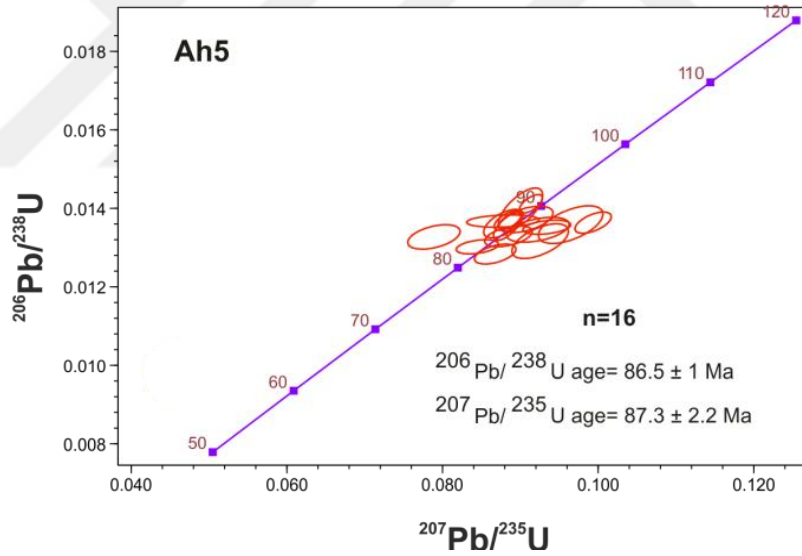
İnceleme alanında Çağlayan Formasyonu riyodasit-dasit ve bunların piroklastitlerinden oluşan Kızılkaya Formasyonu'nu uyumlu olarak üzerlerken, Tirebolu Formasyonu'nun bazaltik-riyolitik bloklar içeren volkanik breş-konglomeraları, Çağlayan Formasyonu'nu uyumlu olarak örtmektedir. Kurt vd. (2006), dasitik-riyolitik bileşimli felsik volkanitlerce baskın Kızılkaya Formasyonu üzerine uyumlu gelen Çağlayan Formasyonu'nun, tektonik kontrollü çöküntü alanlarında 3-4 metre kalınlığa sahip kırmızı



Şekil 8. Kızılkaya Formasyonu' na ait volkanitlerin dokusal ve mineralojik özellikleri ile bunların ÇN (A, B, C, E, G ve H) ve GSE (D ve F) görünüşleri. A ve B) K ve K-feldispat porfirlerdeki (Ae1-Ah13) vitrofirik ve mikrokristalen porfiritik doku, C ve D) masif andezitteki (Ah12) vitrofirik ve elek doku, E ve F) porfiritik riolitik stoktaki (Ah7) mikrokristalen porfiritik, glomeroporfiritik doku ve plajiyoklaslarda elek dokusu, G ve H) porfiritik riolitik stoktaki (Ah4-1) ve porfiritik andezitik-dasitik dayaktaki (Ah14) mikrokristalen porfiritik dokular (K.: Kuvars, Pl.: Plajiyoklas, Sa.: Sanidin, Amf.: Amfibol, Op.: Opak Mineral)



Şekil 9. Kızılkaya Formasyonu'na ait Ah5 nolu örnekten seçilen zirkon minerallerinin katodoluminesans görüntüleri



Şekil 10. Kızılkaya Formasyonu'na ait Ah5 nolu örnekten seçilen zirkonların $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ konkordiya diyagramı.

renkli karbonatlarla temsil edildiğini, bu çöküntü havzalarından uzaktaki alanlarda ise birimin farklılıklar gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca birimin bölgede genelde I. felsik evreyi temsil eden Kızılkaya (veya Alemağaç) Formasyonu üzerinde kırmızı renkli kireçtaşlarıyla başladığını ve bu kireçtaşlarının I. felsik volkanizmayla II. Evre mafik volkanizmayı

(Çağlayan Formasyonu) birbirinden ayıran önemli bir kılavuz düzey olduğunu belirtmişlerdir.

Güven (1998) Çağlayan Formasyonu'nun izlenebilen kalınlığının bölgeden bölgeye değiştiğini ve maksimum kalınlığının yaklaşık 1000 m. kadar olduğunu belirtmiştir. Diğer taraftan Kurt vd. (2006), formasyona ait sedimanter kayaçların yoğun olduğu yörelerde yaklaşık 400 m.'ye ulaşan bir kalınlık sunduğunu, bazik ve ortaç volkanitlerin yoğun olduğu yörelerde ise 300 m. kadar bir kalınlığa sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

3.1.3.3. Litoloji ve Petrografi

Kızılkaya Formasyonu'nun en üst seviyelerindeki kırmızı-bordo renkli mikritik kireçtaşı seviyeleri gözlenmiş olup, bu kireçtaşı seviyeleri yanal olarak Çağlayan Formasyonu'nun tabanını oluşturan bazaltik hyaloklastit ve yastık yapılı bazaltlara geçiş gösterir ve bunlar yer yer söz konusu yastıkların matriksini oluşturur (Şekil 5, 11A-D). Bunların üzerine bazaltik tüf-breş, killi kireçtaşı ve marn ar dalanması uyumlu olarak gelirler. Bunlar içerisinde yer yer masif yapılı bazaltik-andezitik ve kısmen doleritik kayaçlara da rastlanır (Şekil 5, 11A-D).

Çağlayan Formasyonu'ndan 14 adet kayaç örneği alınmış ve söz konusu volkanitlerin yapıları (akma ürünleri ve volkaniklastitler) dikkate alınarak iki gruba ayrılmıştır. Bunlardan paleo-akıntılar, bazaltik-andezitik bileşimli yastık yapılı bazalt, masif dayk ve siller şeklinde gözlenirken, (Örnek no: Ac1, Ab1, Ab2, Ae10, Ae13 ve Ae14), diğer volkaniklastik ürünler hyaloklastit, volkanik breş ve tüfler şeklinde gözlenmektedir. Her iki gruptaki kayaçlar genellikle gri-koyu gri renk tonlarında olup, yaygın olarak afirik dokuya sahiptirler. Bu formasyona ait yastık yapılı bazalt, masif dayk ve sillerde çoğunlukla hyalomikrolitik porfiritik, trakitik, flüidal, amigdaloidal, intersertal, intergranüler, glomeroporfiritik, doleritik, seri ve elek dokuları gözlenirken (Şekil 12A, B), volkaniklastitlerde ise sıklıkla mikrolitik porfiritik ve amigdaloidal doku gözlenmiştir (Ek Tablo 1). Her iki gruba ait kayaçlarda ortak olarak iri fenokristalleri plajiyoklaslar oluştururken, bazı örneklerde (Örnek no: Ae14b) kısmen de olsa klinopiroksen ve opak minerallere rastlanılmaktadır (Şekil 12). İkincil olarak kalsit ve klorit bunlara eşlik etmektedir. Hamurda ise daha çok plajiyoklas ve klinopiroksen mikrolitleri ile yer yer devitrifikasyon volkanik cama rastlanılmıştır.

Plajiyoklas mineralleri öz ve yarı özşekillidir ve bu minerallerde yaygın olarak elek dokusu ve seri doku gözlenmektedir.

Klinopiroksen mineralleri yarı özşekilli fenokristal ve mikrofenokristaller şeklindedir. Oldukça kırıklı ve çatlaklı olan bu mineraller, plajiyoklas ve opak minerallerle bir araya gelerek glomeroporfiritik (kümülofirik) dokuyu meydana getirirler (Şekil 12).

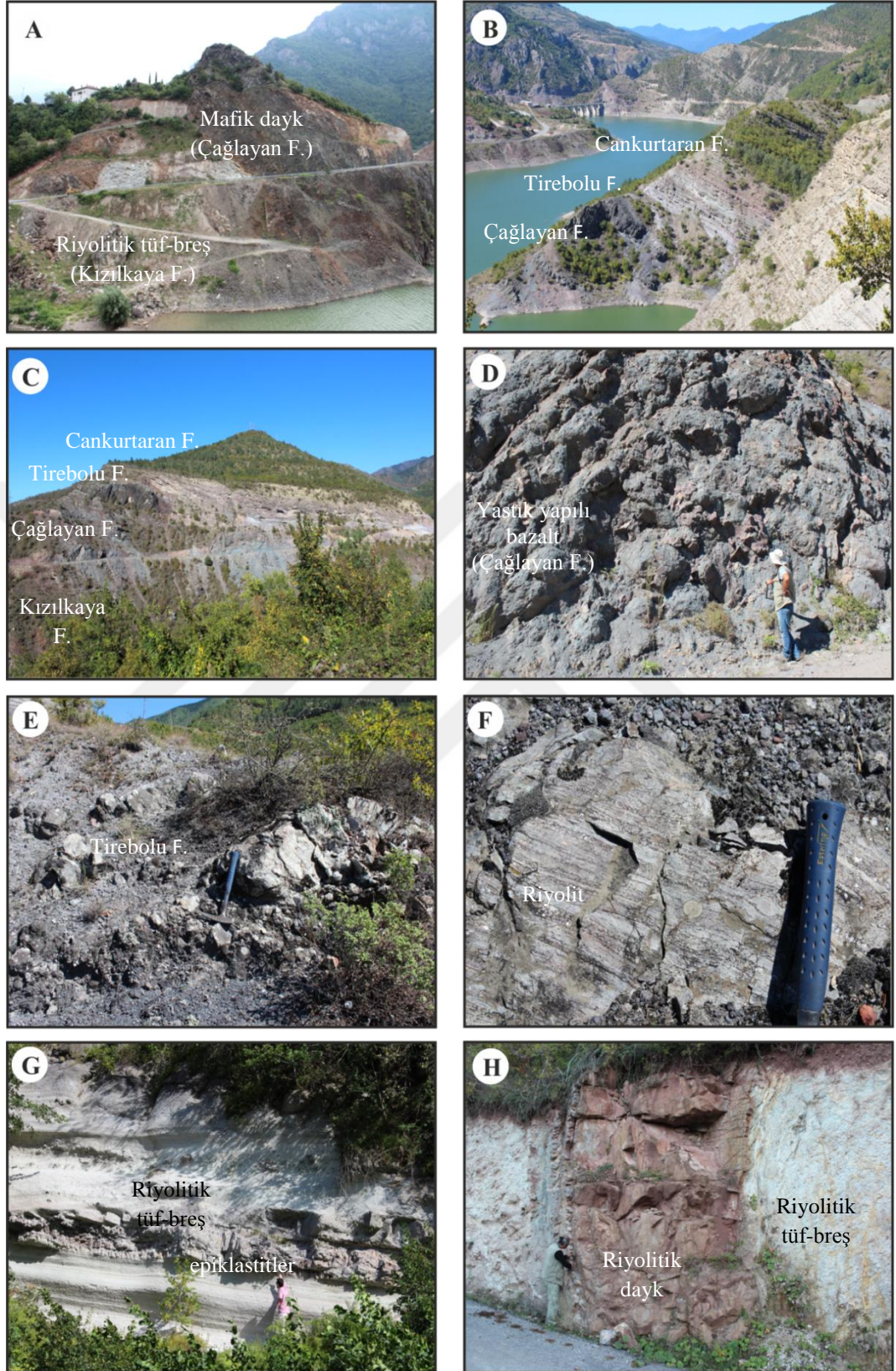
3.1.3.4. Ortam

Çağlayan Formasyonu'na ait volkanitlerden bazik ve ortaç bileşimli olanların yer yer yastık yapı göstermesi ve söz konusu bu volkanitlerin altında, arasında ve üzerinde kırmızı renkli pelajik karbonatların bulunması volkanizma sırasında ortamın denizel olduğunu göstermektedir.

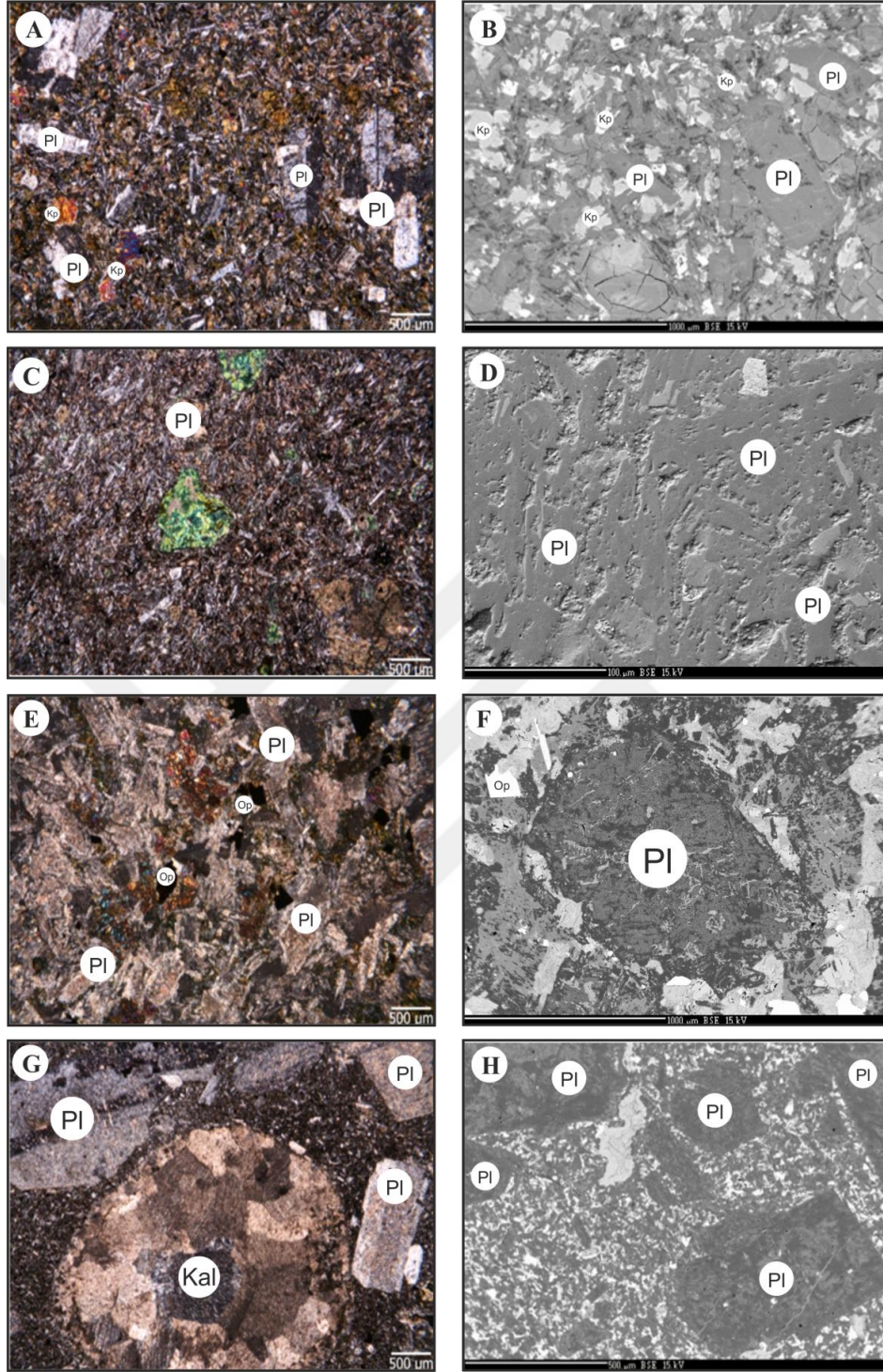
3.1.3.5. Yaş ve Deneştirme

Çağlayan Formasyonu'nun yaşı, *Globotruncana Arca (Cusman)*, *Globotruncana Tricarinata (Quereau)*, *Globotruncana cf. Fornicata (Plummer)*, *Globotruncana cf. Cancavata (Brotzen)*, *Gümbelina sp.*, *Globigerina sp.*, *Textularidae* fosil türlerine dayanılarak Kampaniyen-Maastrichtiyen olarak belirlenmiştir (Güven, 1998).

Diğer taraftan, Kurt vd. (2006) Giresun ve Trabzon yörelerindeki birimin tabanında yer alan kırmızı karbonatlardan aldıkları örneklerde; *Marginotruncana pseudolinneana (Bessagno)*, *Marginotruncana coronata (Bolli)*, *Marginotruncana sp.*, *Dicarinella sp.*, *Globigerinidae*, *Heterohelicidae*, *Dicarinella concavata (Brotzen)*, *Dicarinella asymetrica (Sigal)*, *Marginotruncana pseudolinneiana (Pessagno)*, *Heterohelix sp.* fosillerine rastlamışlar ve birime Santoniyen yaşını vermişlerdir. Çağlayan Formasyonu'na ait volkanik kayalardaki zirkon konsantrasyonlarının düşük olması (<60 ppm) nedeniyle bu kayalarda herhangi bir zirkon minerali ve bununla ilişkili yaş verisi elde edilememiştir. Ancak Aydın vd. (2016)'ne göre, inceleme alanı dışındaki bir lokasyonda yüzeyleyen (Hayrat-Balaban, Of-Trabzon) ve Geç Kretase yaşlı birimleri kesen mafik bir dayktan 84.9 ± 1.7 My. U-Pb zirkon yaşı almışlardır. Bu yaş verisinden hareketle Çağlayan Formasyonu ile ilişkili II. evre mafik volkanizmanın Geç Santoniyen'de aktif olabileceğini belirtmişlerdir.



Şekil 11. Artvin-Erenler ile Balcı ve Cankurtaran civarında yüzeyleyen Çağlayan (A-D) ve Tirebolu (E-H) formasyonlarına ait kayaçların arazi görünüşleri.



Şekil 12. Çağlayan Formasyonu'na ait volkanitlerin dokusal ve mineralojik özellikleri ile bunların ÇN (A, C, E ve G) ve GSE (B, D, F ve H) görünüşleri. A ve B) yastık yapılı bazaltlardaki (Ae14) intergranüler, intersertal, mikrolitik porfiritik ve glomeroporfiritik dokular, C-D) masif bazalt-andezitteki (Ae3) amigdaloidal ve intersertal doku, E-F) doleritik kayalardaki (Ab1) doleritik ve hyalomikrolitik porfiritik doku, G-H) Masif bazaltik-andezitik kayalardaki (Ab2) amigdaloidal ve porfiritik doku (K.: Kuvars, Kp.: Klinopiroksen, Pl.: Plajiyoklas, Op.: Opaque Mineral, Kal.: Kalsit).

Çağlayan Formasyonu, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde genellikle "Üst Bazik Seri" (Gedikoğlu, 1978) olarak bilinen birimle, Çağlayan Formasyonu içerisinde yer alan karbonat seviyeleri ise Yılmaz (1998)'in Kapanboğazı Formasyonu ile deneştirilebilir.

3.1.4. Tirebolu Formasyonu

3.1.4.1. Ad ve Yayılım

Genelde riyolitik bileşimli volkanik ve volkaniklastitlerden oluşan ve yer yer gri-kırmızı renkli pelajik kireçtaşı, kumtaşı, kiltası ve silttaşlarıyla ardalanan birim, Güven (1993) tarafından ilk defa Tirebolu Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Birim adını Giresun İli Tirebolu İlçesi'nden almaktadır. İnceleme alanının doğu kesiminde, özellikle Balcı ve Beştaşlı yörelerinin yakın doğusunda, yaklaşık 10km²'lik sınırlı bir alanda yüzeyleyen bu formasyon litostratigrafik özellikleri bakımından Tirebolu Formasyonu ile benzer litolojik özellikler gösterdiğinden dolayı, birime aynı formasyon adının verilmesi uygun görülmüştür. Ayrıca bu formasyon Tütüncüler Mahallesi doğu ve güneydoğusunda ve Sümbüllü Mahallesi kuzeyinde dar bir şerit halinde de gözlenir.

3.1.4.2. Alt-Üst Sınırlar ve Kalınlık

İnceleme alanında Çağlayan Formasyonu'na ait killi kireçtaşı ve marn ardalı bazaltik tuf-breşlerden oluşan birimleri bazaltik-riyolitik bloklar içeren volkanik konglomeralar ve breşlerden meydana gelen Tirebolu Formasyonu uyumlu olarak üzerlemektedir. Söz konusu formasyonun üst seviyelerine doğru gözlenen ve kırmızı biyomikritik kireçtaşı seviyeleri ile ardalanan riyolitik tuf ve breşler uyumlu olarak kalsiklastik türbiditlerden oluşan Cankurtaran Formasyonu'na geçiş gösterir.

Kurt vd. (2006), Tirebolu Formasyonu'nun izlenebilen kalınlığının bölgeler arasında farklılıklar gösterdiğini ve Giresun İli'nde yapmış oldukları çalışmalarında formasyonun kalınlığını Espiye İlçesi'nin batısında ve Ziyaret Tepe ile Hızırilyas Tepe çevresinde yaklaşık 600 m., Tirebolu İlçesi'nin güneyindeki Kara Dağ çevresinde yaklaşık 700 m., Şahinyuva Köyü'nde yaklaşık 200 m., Sayfaçatak Köyü'nde 550 m. kalınlıkta olduğunu, inceleme alanı dışında kalan diğer alanlarda birimin kalınlığının yaklaşık 450-500 m. arasında değişim gösterdiğini ifade etmişlerdir.

3.1.4.3. Litoloji ve Petrografi

Tirebolu Formasyonu tabanda bazaltik-riyolitik bloklar içeren volkanik breş-konglomera seviyesi ile Çağlayan Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir (Şekil 5, 11 E-H). Formasyonun üst seviyelerine doğru riyolitik breş, tuf ve killi kireçtaşlarından oluşan epiklastik çökeller gözlenir (Şekil 5, 11 E-H) ve bu çökeller içerisinde birkaç farklı seviye halinde kırmızı-bordo renkli mikritik kireçtaşları bulunur. Tirebolu Formasyonu'nun özellikle alt-orta seviyelerinde masif riyolitik ve trakidasitik stok ve dayklar oldukça tipiktir.

Tirebolu Formasyonu'ndan 18 adet kayaç örneği alınmış ve söz konusu volkanik ürünler (akma ürünleri ve volkaniklastitler) dikkate alınarak iki gruba ayrılmıştır. Bu kayaç gruplarının her ikisi de riyolit-riyodasit bileşimindedirler. Bunlardan birinci grupla ilişkili paleo-akma ürünlerini riyolit ve riyodasitlerden meydana gelen masif stok ve dayklar oluştururken (Örnek no: Ab4, Ab6 ve Ab9), ikinci grubu tuf, hyaloklastit ve volkanik breşlerden oluşan volkaniklastitler meydana getirir (Örnek no: Ae4b, Ae5, Ae6, Ae12, Ae17, Ac2a ve Ac2b). Kayaçların tamamı açık gri-gri tonlarında ve içerisinde iri kristal içermeyen afirik görünümde dirler (Şekil 13). İlk gruptaki kayaçlarda hyalo-mikrokristalen porfiritik, akma, glomeroporfiritik ve sferülitik dokular gözlenirken, buna karşın ikinci grupta vitrofirik, glomeroporfiritik, sferülitik, akma ve zonlu dokular gözlenir. Kayaçların hemen hepsinde iri fenokristalleri plajiyoklaslar ve K'lu feldispatlar (özellikle sanidin) oluşturmuş olup, bazı örneklerde opak minerallere rastlanılmıştır. Plajiyoklaslar öz ve yarı özşekilli fenokristaller halinde bulunurlar ve bunlarda killeşme ve serisitleşme yaygın olarak gözlenir. Yer yer plajiyoklaslar, klinopiroksenler ve opak mineraller bir araya gelerek glomeroporfiritik (kümülofirik) dokuyu meydana getirirler (Şekil 13).

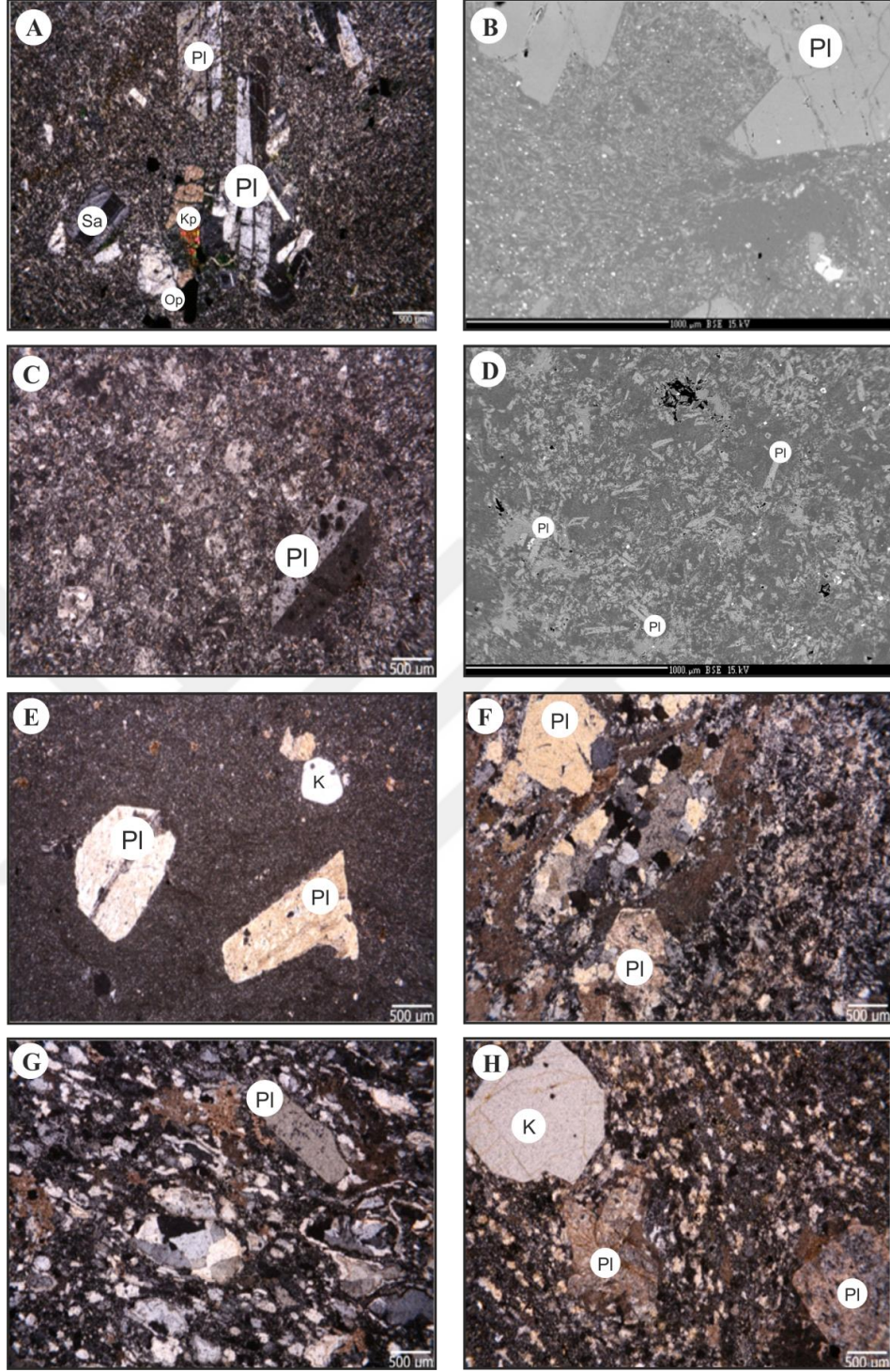
3.1.4.4. Ortam

Tirebolu Formasyonu'nun alt seviyelerinde killi kireçtaşı ve marn, üst seviyelerinde ise özellikle kırmızı renkli pelajik kireçtaşlarının bulunması ortamın denizel olduğunun bir kanıtıdır.

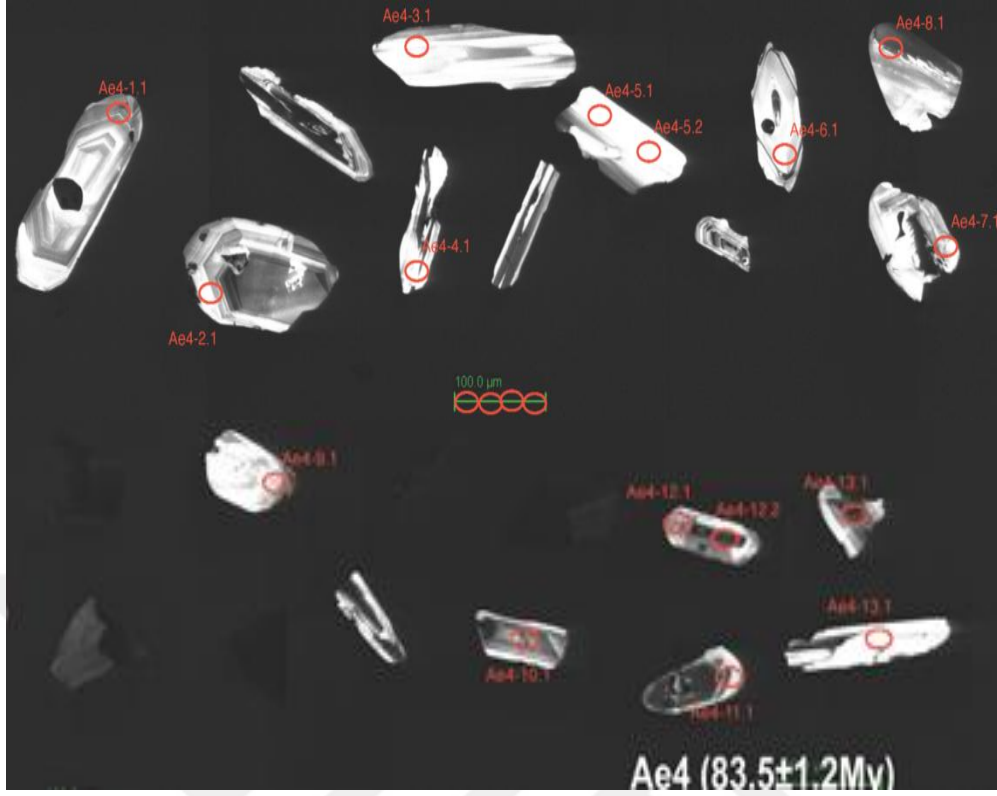
3.1.4.5. Yaş ve Deneştirme

Kurt vd. (2006)'ne göre, birimin içerisindeki pelajik kireçtaşlarında *Marginotruncana pseudolinneiana* (Pessagno), *Dicerinella concavata* (Brotzen), *Marginotruncana coronata* (Bolli), *Globoruncana linneiana* (D'Orbigny), *Globoruncana stuartiformis* (Dalbiez), *Globoruncana ventricosa* (White), *Globoruncana bulloides* (Vogler), *Dicerinella* sp., *Globigerinidae* faunalarını tespit edilmiş olup, söz konusu fosil içeriğine dayanarak birimin yaşını Geç Santoniyen olarak ifade etmişlerdir.

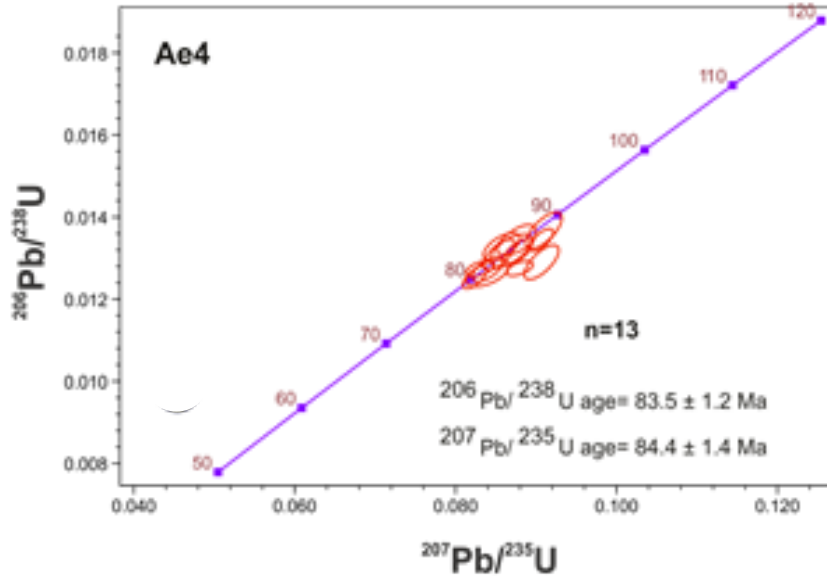
Aydin vd. (2016) Artvin-Borçka civarındaki Geç Kretase yaşlı volkano-sedimanter istifile ilgili yaptıkları çalışmalarda, Tirebolu Formasyonu'nun içerisinde farklı düzeylerde fosil içerikleri tespit etmişlerdir. Bu düzeylerden ilkinde 60 metre kalınlığında volkaniklastikler ile ardalanma sunan bir mikritik kireçtaşı istifi gözlemlenmiştir. Bu düzeylerden alınan 28 adet örneğin çoğunlukla seyrek planktonik foraminifer içeriği ile temsil edildiğini, çift kareli *Globotruncanid*'lerin baskınlığı ile temsil edilen planktonik foraminifer topluluğunda *C. fornicata*, *C. patelliformis*, *Ga. gansseri*, *G. arca*, *G. bulloides*, *G. esnehensis*, *G. falsostuarti*, *G. hilli*, *G. linneiana*, *G. mariei*, *G. orientalis*, *G. ventricosa*, *G. neotricarinata*, *Gt. elevata*, *Gt. stuartiformis* gibi Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı kayalarda yaygın olarak bulunan türlerin bulunduğunu ifade etmişlerdir. Söz konusu ilk istifin üst seviyelerindeki bir örnekte *Ga. gansseri*'nin gözlenmesi ile istifin bu bölümünün Geç Kampaniyen'den daha yaşlı olamayacağını, benzer şekilde yine bir başka örnekte ise, *Gt. elevata* türünün gözlenmesinin istifin bu bölümünün Geç Kampaniyen'den daha genç olamayacağını, dolayısıyla da bu iki türün gözlendiği aralığın Geç Kampaniyen yaşlı olması gerektiğini ifade etmişlerdir. İstifin alt bölümlerinin ise Erken-Orta ve/veya Geç Kampaniyen yaşlı olabileceği belirtmişlerdir. Söz konusu yazarlar, Tirebolu Formasyonu içinde yer alan en üst bölümlerde gözlenen ve 1-2 metre kalınlığındaki bir başka düzeyde ise, oldukça seyrek olarak planktonik foraminifer gözlemlenmiştir. Söz konusu örneklerde *G. esnehensis*, *G. linneiana* ve *Ga. gansseri* türlerinin varlığı ise, bu düzeylerin Geç Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı olabileceğini gösterir denilmiştir. Tüm bu güncel paleontolojik veriler ile jeokronolojik yaşlar dikkate alındığında, Tirebolu Formasyonu'nun yaşının Geç Santoniyen-Erken Kampaniyen olabileceği anlaşılmaktadır.



Şekil 13. Tirebolu Formasyonu' na ait volkanitlerin dokusal ve mineralojik özellikleri ile bunların ÇN (A, C, E, F, G ve H) ve GSE (B ve D) görünüşleri. A ve B) Bazaltik andezitik bloklarda (Ac2b) gözlenen porfirik ve glomeroporfirik doku, C ve D) Masif trakitdasitik dayk ve stoklarda (Ab9) gözlenen sferülitik ve yer yer porfirik doku, E-H) Riyolitik bloklarda (Ae17, Ae12, Ae5 ve Ae6) gözlenen vitrofirik, mikrolitik porfiritik, flüidal ve mikrokristalen-porfiritik doku (K.: Kuvars, Kp.: Klinopyroksen, Pl.: Plajiyoklas, Sa.: Sanidin, Op.: Opak Mineral).



Şekil 14. Tirebolu Formasyonu'na ait Ae4 nolu örnekten seçilen zirkon minerallerinin katodoluminesans görüntüleri



Şekil 15. Tirebolu Formasyonu'na ait Ae4 nolu örnekten seçilen zirkonların $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ konkordiya diyagramı.

Birimin tabanındaki riyolitik bloklardan alınan örnekte (Örnek no: Ae4; Şekil 14) çok sayıda magmatik zirkon tespit edilmiş olup, bunların U-Pb zirkon konkordiya yaşı ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$) $83.5\pm 1.2\text{My}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 15).

Güven (1993) tarafından riyolit ve riyodasitik volkanizmanın ürünleri Tonya (Trabzon) yöresinde Çayırbağı Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Aynı yazar birimin Tirebolu bölgesinde trakiandezitik bileşimli kayaçlar içerdiğini belirterek, bu bölgede birimi 'Tirebolu Formasyonu' olarak tanımlamıştır.

3.1.5. Cankurtaran Formasyonu

3.1.5.1. Ad ve Yayılım

İnceleme alanında yüzeyleyen kumlu ve mikritik kireçtaşı ile kırıntılı tortul kayaçlardan oluşan istif ilk kez Kraeff (1963) tarafından tanımlanmıştır. Birim, daha sonra Çapkınoğlu (1981) tarafından Cankurtaran Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Cankurtaran Formasyonu olarak adlandırılan bu istif Güven (1993) tarafından Bakırköy Formasyonu'nun bir düzeyi olarak incelenmiştir.

Çapkınoğlu (1981)'na göre, birimin tip yeri inceleme alanında (Artvin F-47 paftasında) Hopa-Borçka karayolu boyunca ve Cankurtaran Tepe çevresinde gözlenir. Birim ayrıca bölgede Çiftepınar Köyü dolaylarında, Murgul-Borçka karayolu güzergahı boyunca, Murgul kuzeydoğusunda, Artvin-Borçka karayolu boyunca ve Bilenler Köyü güneybatısında yüzeylenir.

3.1.5.2. Alt-Üst Sınırlar ve Kalınlık

Cankurtaran Formasyonu altta, kırmızı biyomikritik düzeyler içeren riyolitik tuf ve breşlerden oluşan Tirebolu Formasyonu üzerine uyumlu gelmektedir. Bu dokanak ilişkisi inceleme alanında Beşağıl Köyü yolu boyunca ve Murgul ilçesi kuzeydoğusunda gözlenebilir. Cankurtaran Formasyonu, inceleme alanının özellikle kuzey kesimlerinde yüzeyleyen Eosen yaşlı Karçal magmatitleri ve Borçka volkanitleri tarafından kesilmektedir.

Birimin kalınlığı Artvin kuzeyinde 25-50 metre dolayındadır. Birim, Artvin İli Hopa İlçesi güneydoğusunda 250m. kalınlığına ulaşmaktadır (Keskin, 2013).

3.1.5.3. Litoloji ve Petrografi

Çapkinoğlu (1981) ve Keskin (2013)'ne göre, Cankurtaran Formasyonu sarımsı, yer yer yeşilimsi ve kırmızımsı renkte olup, orta-ince katmanlıdır; kireçtaşı türbiditik özellikler gösterir. Ayrıca kireçtaşları, biyoklastik mikrit ve vaketaşı olarak tanımlanır; mikritik matriks hafif rekrystalize halde olup, planktonik, yer yer bentik foraminifer içerir. Bunlarda demir oksitli matrikste ve çakıllarda biyotürbasyon izlerine ve alterasyona rastlanmıştır. Söz konusu yazarlara göre bu formasyon pelajik ve hemipelajik fasiyesleri de barındırır; yer yer karasal kırıntılılar, nadiren olistostromal düzeyler ve göçme yapıları da içerir. Birimin içinde volkanik ara düzeyler gözlenmez. Cankurtaran Formasyonu içinde yer alan diyabaz dayk ve siller özellikle, Hopa-Borçka karayolu boyunca Koyuncular ve Çiftepınar köyleri çevresinde izlenir (Şekil 5, 16A-D).

Geç Kretase-Paleosen geçişinde oluşan Cankurtaran Formasyonu içinde koyu gri-gri renk tonlarına sahip, kalınlıkları birkaç 10 cm'den birkaç metreye değişen çok sayıda bazaltik dayk ve siller gözlenir. Bu subvolkanik sokulumlardan alınan örneklerde porfirik ve hyalo-mikrolitik porfiritik dokular hakim olup, fenokristalleri plajiyoklaslar (çoğunlukla kalsifiye), olivin (büyük oranda serpantinize) ve klinopiroksenler (genellikle kloritize ve kalsifiye) oluşturur (Ek Tablo 1, Şekil 17).

3.1.5.4. Ortam

Cankurtaran Formasyonu jeolojik konumu, litoloji ve fosil kapsamına göre, magmatik yay etkinliğinde pelajik ve hemipelajik ortam koşullarını yansıtan denizel bir ortamda çökelmiştir (Yılmaz vd. 1997). Çapkinoğlu (1981)'na göre, Cankurtaran Formasyonu'nun istiflenmesi sırasında başlangıçta sıg ve yüksek enerjili olan ortam gittikçe derin ve düşük enerjili bir ortama dönüşür.

3.1.5.5. Yaş ve Deneştirme

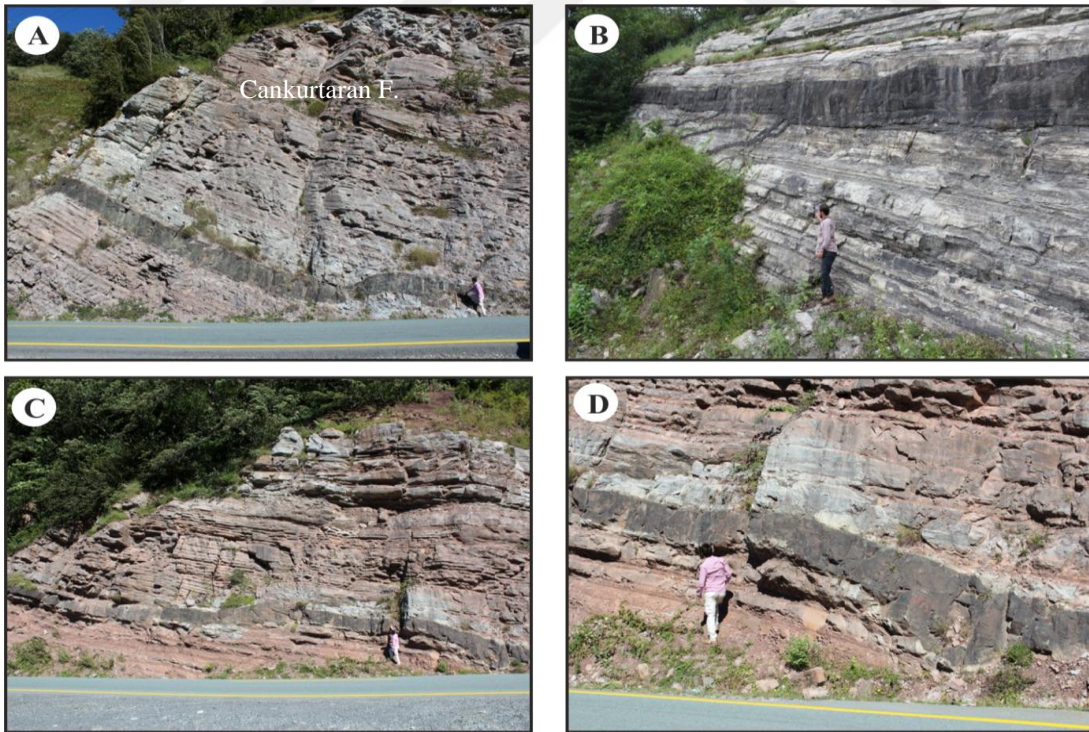
Cankurtaran Formasyonu'nu oluşturan biyoklastik mikrit genelde pelajik foraminiferler içermektedir. Burada saptanan; *Globotruncana aegyptiaca* Nakkady, *Globotruncana linneiana* (d'Orbigny), *Globotruncana cf. Conica* (White), *Globotruncana sp.*, *Globotruncanella sp.*, *Rugoglobigerina sp.*, *Rosita sp.*, *Heterohelix sp.*,

Globotruncanidae, *Globigerinidae* formlara göre birimin Maastrichtiyen (Geç Kretase) - Daniyen (Erken Paleosen) yaşında olduğu belirtilmiştir (Yılmaz vd. 1997).

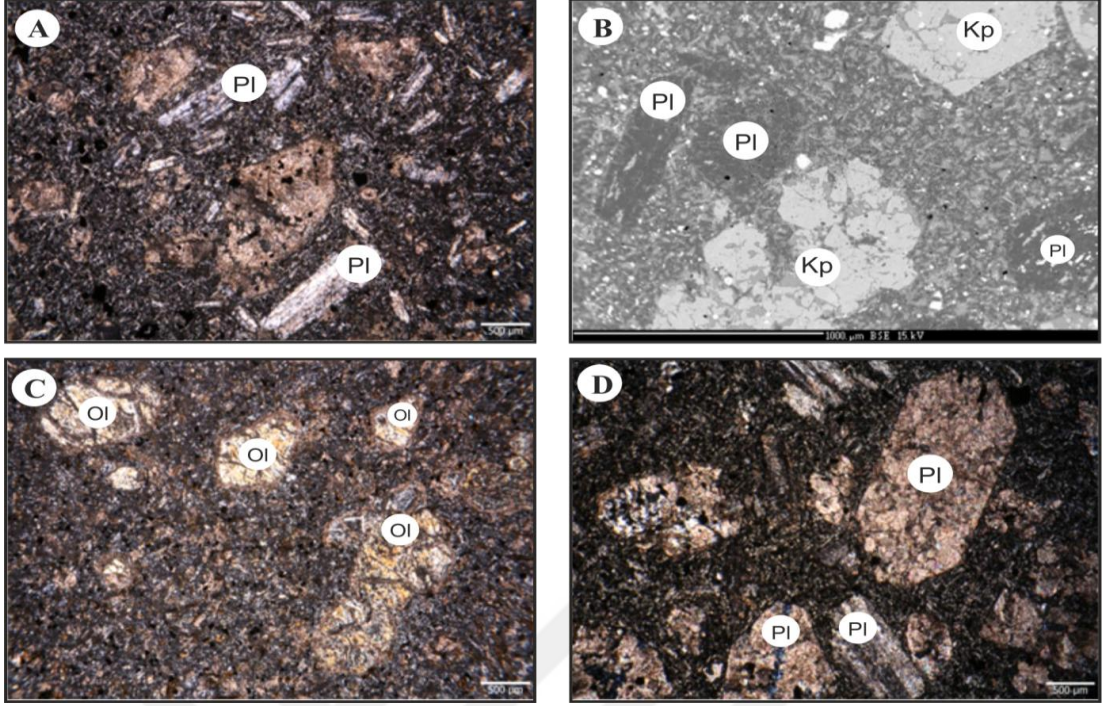
Ereren ve Şatır (1976), Artvin- Yukarı Hot civarında yaptıkları çalışmalarda bu birimi Fliş-II diye isimlendirmiş ve birimin tuf, aglomera ve kireçtaşlarından meydana geldiğini, yaşının ise Eosen olduğunu belirtmişlerdir. Dursun (1980), Cankurtaran serisi diye isimlendirdiği birimin yaşını ise Geç Kretase-Paleosen olarak belirtmiştir. Çapkınoğlu (1981)'na göre, Cankurtaran Formasyonu'nun yaşı Üst Maastrichtiyen-Paleosen'dir.

Cankurtaran Formasyonu'na ait volkanik kayalardaki zirkon konsantrasyonlarının düşük olması nedeniyle bu kayalarda hidro-seperasyonda herhangi bir zirkon minerali seçilememiş ve yaşlandırma için veri elde edilememiştir.

Adjara-Trialeti Zonu'ndaki Cankurtaran Formasyonu Gedikoğlu vd. (1982)'nin Ziyarettepe Formasyonu ile deneştirilebilir, ancak litoloji, fosil içeriği ve dokanak ilişkileriyle farklılık göstermektedir (Yılmaz vd. 1997). Birim kısmen Terlemez ve Yılmaz (1980)'in Fatsa Formasyonu ile kısmen de Güven (1993)'in Bakırköy Formasyonu ile, ayrıca Adamia vd. (1992)'nin Katila Formasyonu ile deneştirilebilir.



Şekil 16. Hopa-Borçka Karayolu üzerinde Cankurtaran Mevkii'nde gözlenen bazaltik bileşimli mafik dayk ve sillerin arazi görünümleri.



Şekil 17. Cankurtaran Formasyonu' na ait dayk-sillerin dokusal ve mineralojik özellikleri ile bunların ÇN (A, C ve D) ve GSE (B) görünüşleri. A-D) bazaltik dayk ve sillerdeki porfirik ve hyalo mikrolitik porfirik doku (Kp.: Klinopiroksen, Pl.: Plajiyoklas, Ol.: Olivin).

3.2. Mineral Kimyası

Borçka ve Artvin çevresinde yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı Çatak, Kızılkaya, Çağlayan, Tirebolu ve Cankurtaran formasyonlarına ait volkanik kayalarda gözlenen feldispat, klinopiroksen ve Fe-Ti oksit minerallerinin kimyasal özellikleri aşağıdaki başlıklar altında incelenmiş ve söz konusu farklı kayaç gruplarına ait minerallerin analiz sonuçları Ek Tablo 2, 3 ve 4'de verilmiştir.

3.2.1. Feldispat

Çalışma alanında gözlenen farklı formasyonlara ait kayaç gruplarının feldispat analizleri Ek Tablo 2'de verilmiş olup, tüm veriler Ab-An-Or sınıflandırma diyagramında değerlendirilmiştir (Şekil 18 a-e). Söz konusu yörede yüzeyleme veren tüm formasyonlara ait kayalarda plajiyoklas ve K-feldispat minerallerine sıkça rastlanılmıştır. Plajiyoklas mineralleri genellikle özşekilli fenokristaller ve ince-uzun mikrolitler halindedir.

Çatak Formasyonu'na ait bazaltik kayalarda gözlenen plajiyoklaslar 1 ilâ 70 arasında değişen anortit içeriklerine sahiptir. 50'den düşük An içeriği bazaltik kayalar için beklenen bir durum değildir. Ancak düşük sıcaklık reaksiyonları plajiyoklasların sodyum kazanmasına yol açabilmektedir ve bunun sonucunda plajiyoklasların büyük çoğunluğunda albitleşme yoğun olarak gözlenmektedir. Yer alan plajiyoklaslar genellikle albit bileşiminde olup, buna karşın özellikle bazaltik-andezitik hyaloklastitlerdeki plajiyoklaslarda labrodor bileşimi belirlenmiştir (Ek Tablo 2, Şekil 18a).

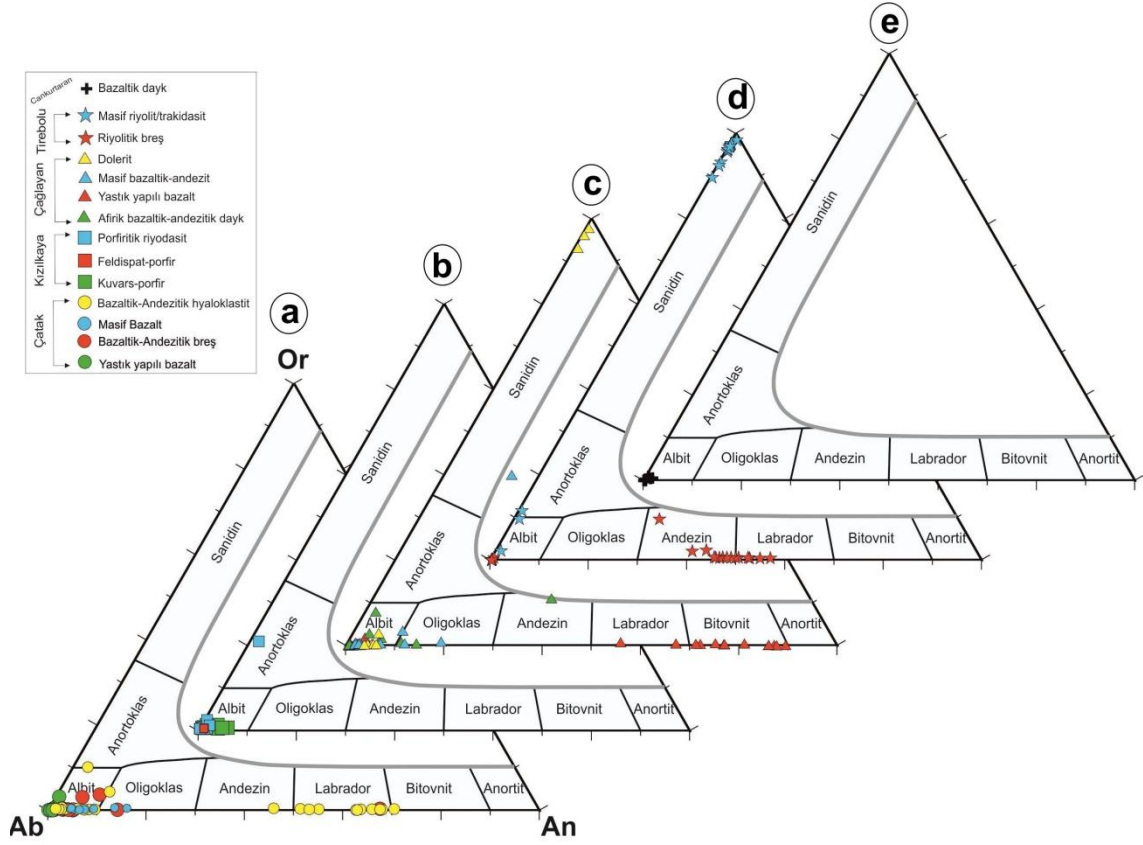
Kızılkaya ve Cankurtaran formasyonlarındaki kayaç gruplarına ait plajiyoklas minerallerinde örneklerin tamamı diyagramda albit alanına düşmektedir (Ek Tablo 2, Şekil 18b, e).

Çağlayan Formasyonu'na ait bazaltik kayalarda gözlenen plajiyoklasların anortit içerikleri 0 ila 89 arasında değişmekle beraber örneklerin büyük kısmı albit bileşimindedir. Fakat bazı yastık yapılı bazaltik andezitlerde bu bileşim yüksek konsantrasyonlara ulaşmış ve diyagramda minerallerin büyük bir kısmı labrador-bitovnit aralığına düşmüştür. Ayrıca Çağlayan Formasyonu'na ait bazı kayalarda gözlenen K-Feldispat minerallerinin değişken Or bileşimli (93-98) K'ca zengin sanidin oldukları belirlenmiştir (Ek Tablo 2, Şekil 18c).

Tirebolu Formasyonu'na ait felsik kayalarda plajiyoklas minerallerinin anortit içeriklerinin 0 ila 56 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 18). Fakat bazı riyolitik bloklardan alınan örnekler için plajiyoklas minerallerinin andezin-labrador bileşiminde oldukları belirlenmiştir. Bunun yanı sıra bazı Tirebolu Formasyonu'na ait kayaç örneklerindeki K-Feldispat mineralleri oldukça yüksek Or bileşimli (89-100) ile K'ca zengin sanidin oldukları belirlenmiştir. Tüm bu formasyonlarda gözlenen farklı kayaç gruplarına ait K-Feldispat mineralleri genellikle düşük FeO içeriklerine sahip olmakla birlikte bu değer özellikle yüksek Or bileşimine sahip olan Tirebolu Formasyonu'na ait kayaç gruplarında %1.28-0.01 arasında değişim sunmaktadır (Ek Tablo 2, Şekil 18d).

3.2.2. Klinopiroksen

Klinopiroksen mineralleri, Borçka ve Artvin bölgesini içine alan çalışma alanında Çatak Formasyonu'na ait masif bazalt ve Çağlayan Formasyonu'na ait yastık yapılı bazalt örneklerinde gözlenmiş olup, söz konusu minerallere ait kimyasal bileşimler Ek Tablo 3'de verilmiş ve veriler Ca-Mg-Fe sınıflama diyagramında değerlendirilmiştir (Şekil 19a, b).

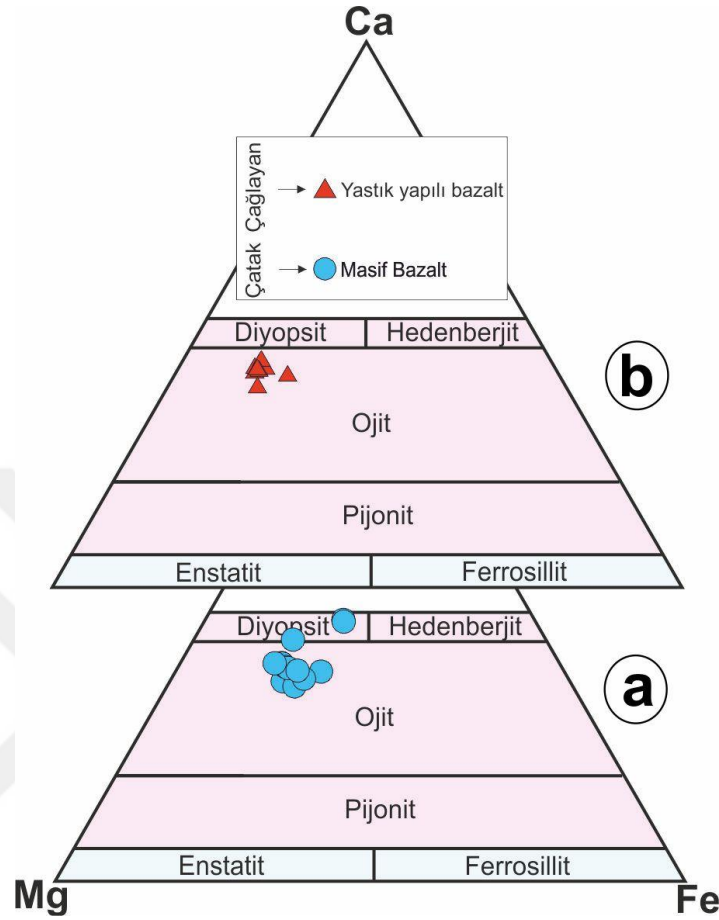


Şekil 18. Artvin yöresi Geç Kretase formasyonlarına (a-e) ait kayalarda gözlenen feldispat minerallerinin ait Ab-Or-An sınıflama diyagramındaki konumları

Çoğunlukla öz ve yarı öz şekilli olan bu mineraller orta ve küçük boyutlu kristaller halinde bulunurlar. Çatak Formasyonu'na ait masif bazalt örneğinde gözlenen klinopiroksen kristalleri kısmen yüksek Mg# değerlerine (55-75) sahip olup, Al_2O_3 içerikleri %0.79 ilâ 3.19 arasında değişir. TiO_2 içerikleri %0.06 ilâ 0.38 arasında değişen klinopiroksen minerallerinin Na_2O içerikleri %0.14-0.25 arasındadır. Wo içerikleri 36 ilâ 56, En içerikleri 24 ilâ 46 ve Fs içerikleri 15 ilâ 23 arasında değişen klinopiroksenler, Morimoto vd. (1988)'nin üçgen diyagramına göre; çoğunlukla ojit, az miktarda da diyopsit bileşimindedirler (Ek Tablo 3, Şekil 19a).

Çağlayan Formasyonu'na ait sadece yastık yapılı bazalt örneğinde gözlenen klinopiroksen mineralleri, Çatak Formasyonu'na kıyasla daha yüksek Mg# değerine sahip olup, 70 ilâ 79 arasında değişir. Ayrıca Al_2O_3 içerikleri %1.69-3.33 arasında değişim sunar. TiO_2 ve Na_2O içerikleri sırasıyla %0.46-0.83 ve %0.19-0.24 aralığında olup, Wo içerikleri 37 ilâ 42, En içerikleri 42 ilâ 49 ve Fs içerikleri 12 ilâ 19 arasında değişen

klinopiroksenler söz konusu üçgen diyagrama göre; ojit bileşimi ile temsil edilmiştir (Ek Tablo 3, Şekil 19b).



Şekil 19. Artvin yöresi Geç Kretase formasyonlarına (a ve b) ait kayalarda gözlenen piroksen minerallerinin Ca-Mg-Fe sınıflama diyagramındaki konumları (Morimoto v.d. 1988).

3.2.3. Fe-Ti Oksit

Borçka ve Artvin yörelerine ait Çatak Formasyonu'nu oluşturan yastık yapılı bazalt, masif bazalt ve bazaltik-andezitik hyaloklastit, Kızılkaya Formasyonu'na ait porfirik riyodasit, Çağlayan Formasyonu'ndaki yastık yapılı bazalt, Tirebolu Formasyonu'ndaki riyolitik breş, masif riyolit/trakidasit ve Cankurtaran Formasyonu'ndaki bazaltik dayklarda gözlenen Fe-Ti oksit minerallerine ait kimyasal bileşimler Ek Tablo 4'de verilmiş olup, söz konusu veriler Bacon ve Hirschmann (1988)'ın verilen sınıflama diyagramında değerlendirilmiştir.

Çatak Formasyonu'na ait yastık yapılı bazalt, masif bazalt, bazaltik-andezitik hyaloklastit ve Cankurtaran Formasyonu'nda bulunan bazaltik daykların bünyelerinde, öz-yarı öz şekilli kapanımlar halinde yada hamur içerisinde gözlenen Fe-Ti oksit minerallerinin TiO_2 içerikleri bakımından daha düşük olduğu (4-14 ppm), bunların büyük çoğunluğunun manyetit uç üyesine yakın oldukları gözlenmiştir (Şekil 20a, e).

Kızılkaya Formasyonu'na ait porfirik riyodasit örneklerinin bünyesindeki Fe-Ti oksit mineralleri kısmen değişim sunan TiO_2 içeriğine sahip olduğundan (11-14 ppm), ulvospinel aralığının kısmen orta kesimlerinde dağılım sunmaktadır (Şekil 20b).

Çağlayan ve Tirebolu Formasyonları'na ait kayaç gruplarının bünyesindeki Fe-Ti oksit mineralleri kısmen değişen miktarlarda TiO_2 içeriklerine sahip oldukları için, özellikle Tirebolu Formasyonu'nda (3-30 ppm) daha yoğun olmakla birlikte Çağlayan Formasyonu (17-28 ppm) ile ulvospinel aralığında daha fazla dağılım sunmaktadırlar. Fakat Tirebolu Formasyonu'na ait masif riyolit/trakidasit örneklerinin TiO_2 içerikleri diğer örnekleriyle kıyaslanınca çok düşük olarak gözlemiş ve bu örneklerin tamamı söz konusu diyagramda manyetit uç üyesine daha yakın düşmektedir (Şekil 20c, d).

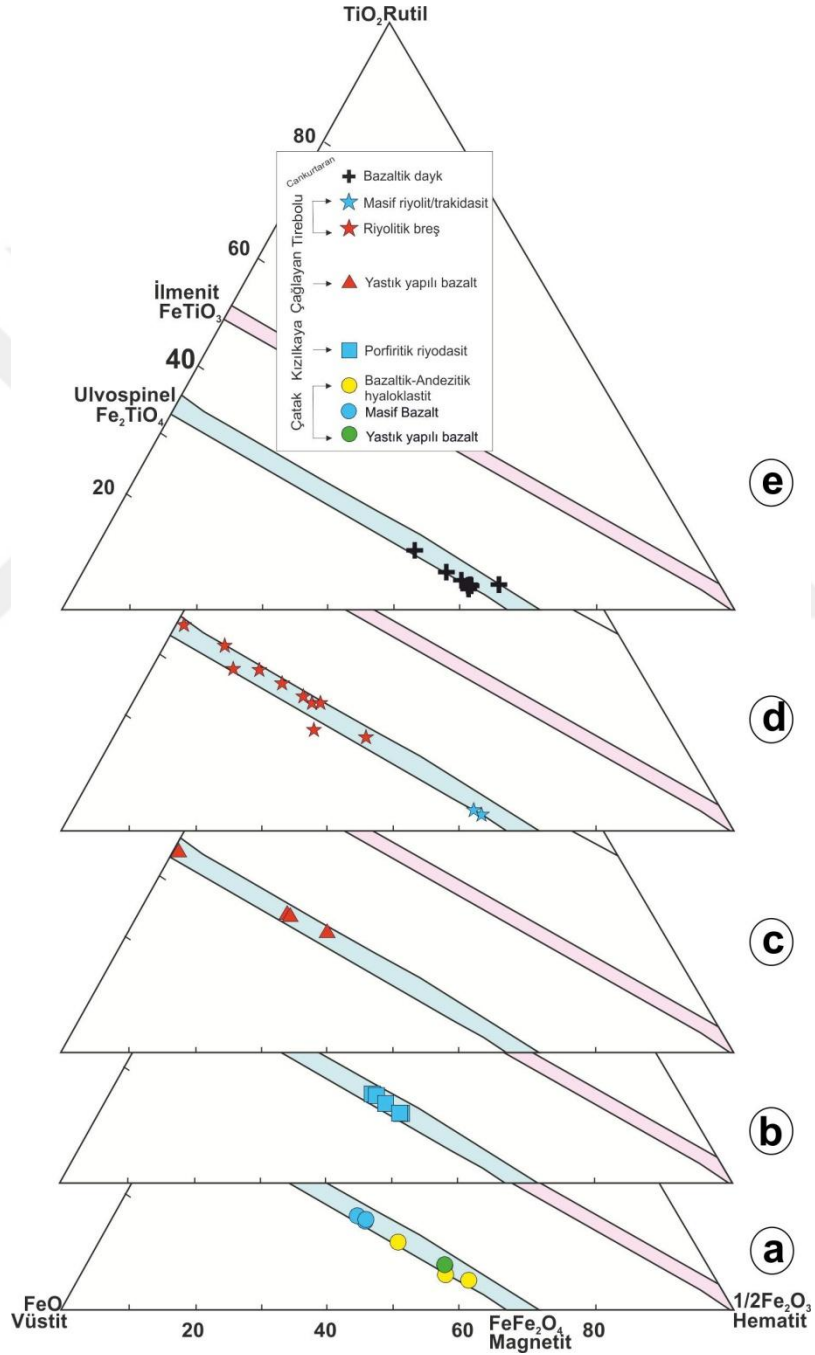
3.3. Tüm Kayaç Jeokimyası

3.3.1. Giriş

Çalışmanın bu bölümünde, inceleme alanındaki Geç Kretase yaşlı Çatak, Kızılkaya, Çağlayan, Tirebolu formasyonlarına ait volkanitler ile Geç Kretase-Paleosen geçişli Cankurtaran Formasyonu içindeki mafik bazaltik dayklar tüm kayaç jeokimyası açısından incelenmiştir. Burada beş grup altında toplanan bu volkanik kayaçların jeokimyasal sınıflandırılmasının yanı sıra ana, iz ve lantan grubu element içeriklerinin petrojenetik prosesler sırasındaki davranışları irdelenmiştir. Bu kapsamda söz konusu volkanik kayaçların jeokimyasal özellikleri dikkate alınarak, bu kayaçları oluşturan ana magmalarının karakteri, kökeni ve oluştuğu jeotektonik ortamları yorumlanmaya çalışılmıştır.

İnceleme alanındaki volkanik kayaçların jeokimyasal özelliklerini belirlemek ve gelişim süreçleri ile kökenlerini açıklamak için yapılan tüm kayaç jeokimyasal analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Örneklerdeki toplam uçucu içeriği ateşte kayıp (AK) olarak tespit edilmiştir. Jeokimyasal analizler için araziden alınan örneklerin mümkün

olduğunca en tazeleri kullanılmış olmasına rağmen, örneklerin genelinde ateşte kayıp değeri oldukça yüksektir (> % 3). Ana oksit kaybı anlamına gelen bu durumun önüne geçmek için, tüm ana oksit değerleri normalize edilip yeniden % 100'e tamamlanmıştır. Böylece jeokimyasal değerlendirmelerde alterasyonun etkisi en aza indirilmeye çalışılmıştır.



Şekil 20. Artvin yöresi Geç Kretase formasyonlarına (a-e) ait kayalarda gözlenen Fe-Ti oksit minerallerinin sınıflama diyagramındaki konumları (Bacon ve Hirschmann, 1988).

3.3.2. Volkanik Kayaçların Jeokimyasal Sınıflandırılması

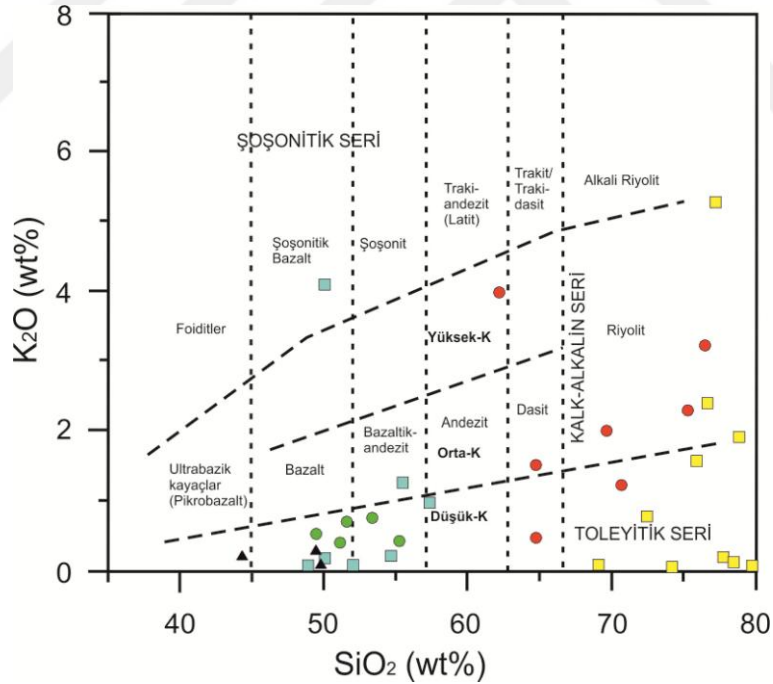
Volkanik kayaçların jeokimyasal olarak adlandırılması ve sınıflandırılması için birçok araştırmacı tarafından değişik diyagramlar önerilmiştir. Söz konusu kayaçlar öncelikle volkanik kayaçların sınıflaması için yaygın olarak kullanılan Le Maitre vd. (1989)'nin SiO_2 'ye karşı $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (TAS) (Şekil 21) sınıflama diyagramına aktarılmışlardır. Diyagramda; Çatak Formasyonu'na ait örnekler bazalt, bazaltik andezit, traki bazalt ve bazaltik traki-andezit bileşiminde, Kızılkaya Formasyonu'nu oluşturan kayaçlar; kısmen andezit, genellikle dasit ve riyolit bileşimindeyken, Çağlayan Formasyonu'na ait kayaçlar; bazalt, bazaltik andezit, andezit, traki bazalt, bazaltik traki andezit ve traki andezit bileşiminde görülmekte olup geniş bir dağılım sunmaktadır (Şekil 21). Bu diyagrama göre, Tirebolu Formasyonu'na ait örneklerin ise; dasit ve riyolit bileşiminde oldukları, Cankurtaran Formasyonu'na ait dayk ve sillerin ise bazaltik bileşimli oldukları belirlenmiştir. Bunlardan Çatak, Çağlayan ve Cankurtaran formasyonlarına ait kayaç örnekleri mafik kayaç serisini, Kızılkaya ve Tirebolu formasyonlarına ait kayaç örnekleri ise felsik kayaç serisini oluşturmaktadır. Ortaç bileşimi yansıtan normal andezitlerin sayısı oldukça sınırlıdır. TAS diyagramında yer alan Irvine ve Baragar (1971)'in alkali yarı alkali ayırımına göre, incelenen volkanitlerin mafik kayaç serisine ait olanları kısmen yarı alkalen (subalkalen) kısmen de alkalen iken, felsik kayaç serisine ait kayaçlar tamamen yarı alkalendir (Şekil 21).

TAS diyagramında kullanılan Na_2O ve K_2O gibi elementler düşük sıcaklık alterasyonları sırasında kayaçların içerisinde fakirleşebilmekte veya zenginleşmeye neden olabilmektedir. Bu nedenle volkanik kayaçların sınıflandırılmasında alterasyondan daha az etkilenen Nb/Y'a karşı Zr/TiO₂ iz element sınıflama diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) kullanılmış ve söz konusu örneklerin mafik kayaç serisine ait olanları bazaltik andezit ve andezit bileşiminde, felsik kayaç serisine ait olanları, riyodasit, dasit ve trakit bileşiminde, Cankurtaran Formasyonu'na ait dayk ve sil örneklerinin ise bazaltik andezit ve andezit bileşiminde oldukları görülmektedir (Şekil 22). Bununla beraber iz element sınıflama diyagramında Artvin örneklerinin tamamı yarı alkalen (subalkalen) özellik göstermektedir.

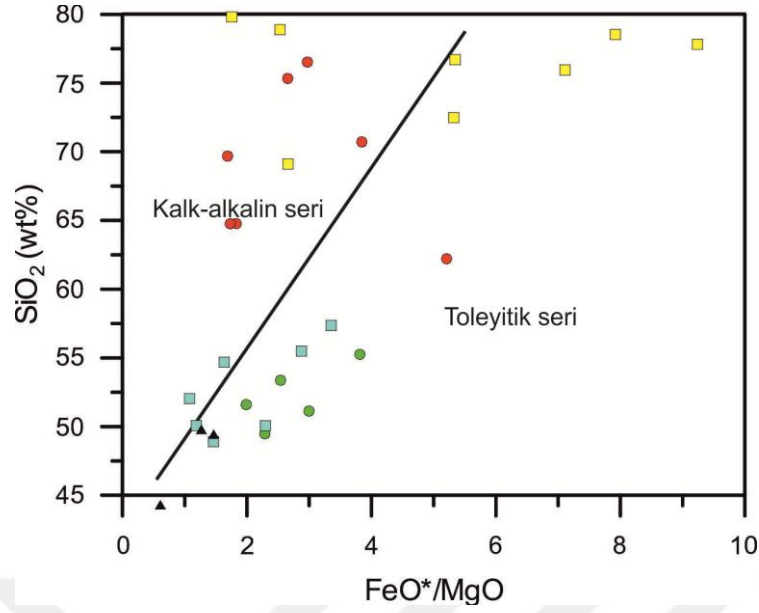
Her iki diyagramı yeniden ele aldığımızda; TAS diyagramındaki bazı örneklerin alkalen özelliğinin, söz konusu örneklerdeki serizitleşme ve albitleşmeden kaynaklanmış

Peccerillo ve Taylor (1976)'un SiO_2 'ye karşılık K_2O (Şekil 23) ve Miyashiro (1974)'ün FeO^*/MgO ' ye karşılık SiO_2 (Şekil 24) diyagramlarına göre; mafik seriye ait kayaç örnekleri (Çatak, Çağlayan ve Cankurtaran) genel olarak, toleyitik karakterde iken, felsik seriye ait kayaçların ise (Kızılkaya ve Tirebolu) çoğunlukla toleyitik-kalk alkalen geçişli oldukları gözlenmektedir.

Peccerillo ve Taylor (1976)'a göre söz konusu kayaç gruplarının büyük çoğunluğu düşük-orta K içeriklerine sahiptir. Fakat şoşonitik ve yüksek K'lu kalk-alkalin alanına düşen örneklerde söz konusu kayaçlarda gözlenen serisitleşmenin etkisi ile K_2O konsantrasyonunun artması ile K'ca zengin alanlara düştüğü görülmektedir. SiO_2 ' ye karşı toplam alkali (TAS) diyagramında da görüldüğü gibi, genel olarak yarı alkalen-alkalen karaktere sahip volkanik kayaçların yönsemelerini belirlemek için Kuno (1968) ve Irvine ve Baragar (1971)' in AFM üçgen sınıflama diyagramı kullanılmıştır (Şekil 25). Bu diyagram mafik örneklerin toleyitik ve kalk-alkali geçişli, felsik örneklerin ise çoğunlukla kalk-alkali bir yönseme gösterdiğini doğrulamaktadır.

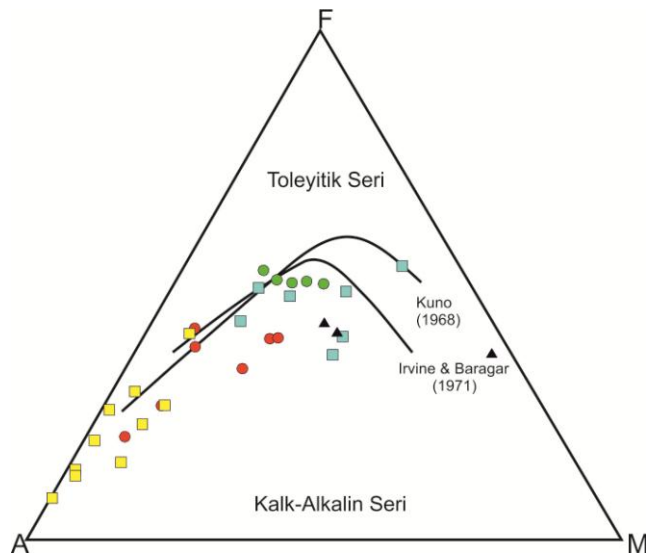


Şekil 23. Geç Kretase yaşlı Artvin volkanitlerinin SiO_2 - K_2O diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976). Semboller Şekil 21'deki gibidir.

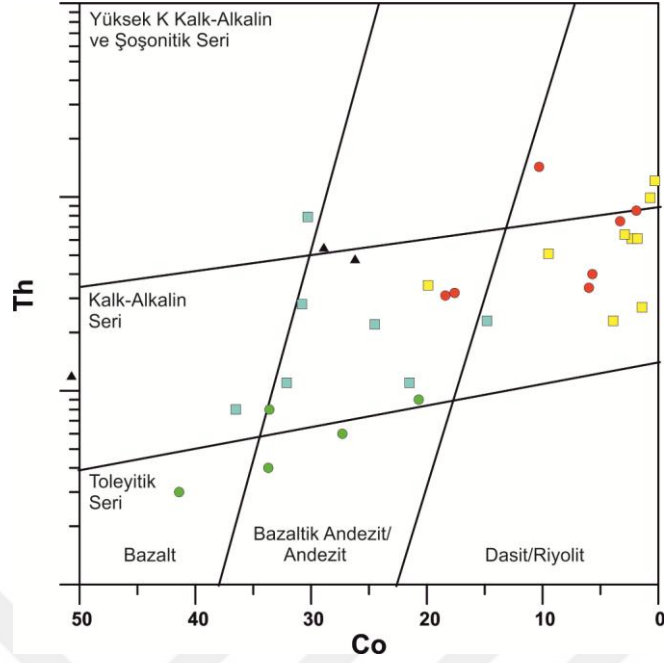


Şekil 24. Geç Kretase yaşlı Artvin volkanitlerinin FeO^*/MgO - SiO_2 diyagramı (Miyashiro, 1974). Semboller Şekil 21'deki gibidir.

Yine volkanik kayaların sınıflandırılması için kullanılan Hastie vd. (2007)'nin Co-Th diyagramında Borçka ve Artvin yöresi kayaç gruplarından mafik seriye ait örneklerin kısmen toleyitik, çoğunlukla kalk alkali ve felsik örneklerin ise genellikle kalk-alkali seri içinde yer aldığı görülmektedir (Şekil 26). Co-Th diyagramında örneklerin toleyitiktan kalk-alkali alana doğru yönelmelerinin sebebinin söz konusu kayalarda alterasyona bağlı olarak gelişen Th zenginleşmesi olduğu söylenebilir.

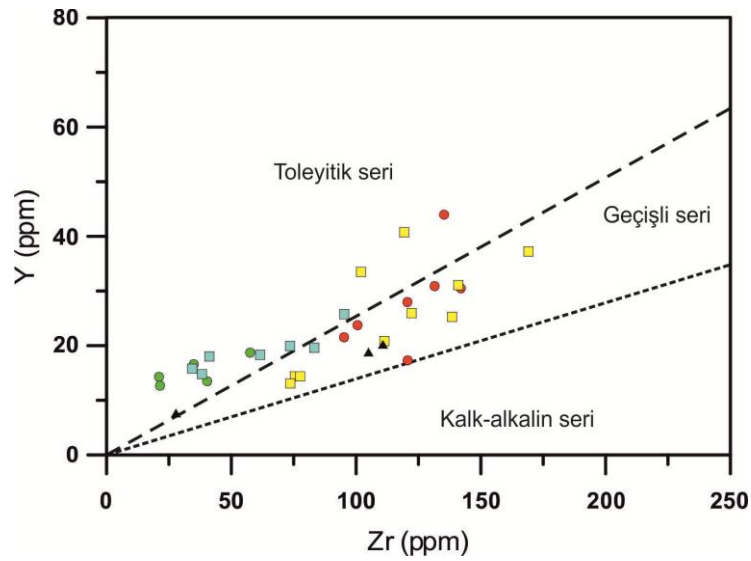


Şekil 25. Geç Kretase yaşlı Artvin volkanitlerinin AFM diyagramı. Semboller Şekil 21'deki gibidir.



Şekil 26. Geç Kretase yaşlı Artvin volkanitlerinin Co-Th diyagramı (Hastie v.d. 2007). Semboller Şekil 21'deki gibidir.

Yukarıda belirtilen ana ve kısmen hareketli element bazlı diyagramların aksine, alterasyona karşı daha dirençli olan ve hareketsiz davranan (immobil), Zr'a karşı Y iz element diyagramında, mafik örneklerin magma karakterinin genel olarak toleyitik karakterli, buna karşın felsik örneklerin ise toleyitik-kalk alkalin arasında geçişli bir özelliğe sahip oldukları görülmektedir. Ayrıca Cankurtaran Formasyonu'na ait örneklerin de toleyitik-kalk alkalin geçişli karakterde oldukları gözlenmektedir (Şekil 27).



Şekil 27. Geç Kretase yaşlı Artvin volkanitlerinin Zr'ya karşı Y diyagramı. Semboller Şekil 21'deki gibidir.

3.3.3. Ana ve İz Element Jeokimyası

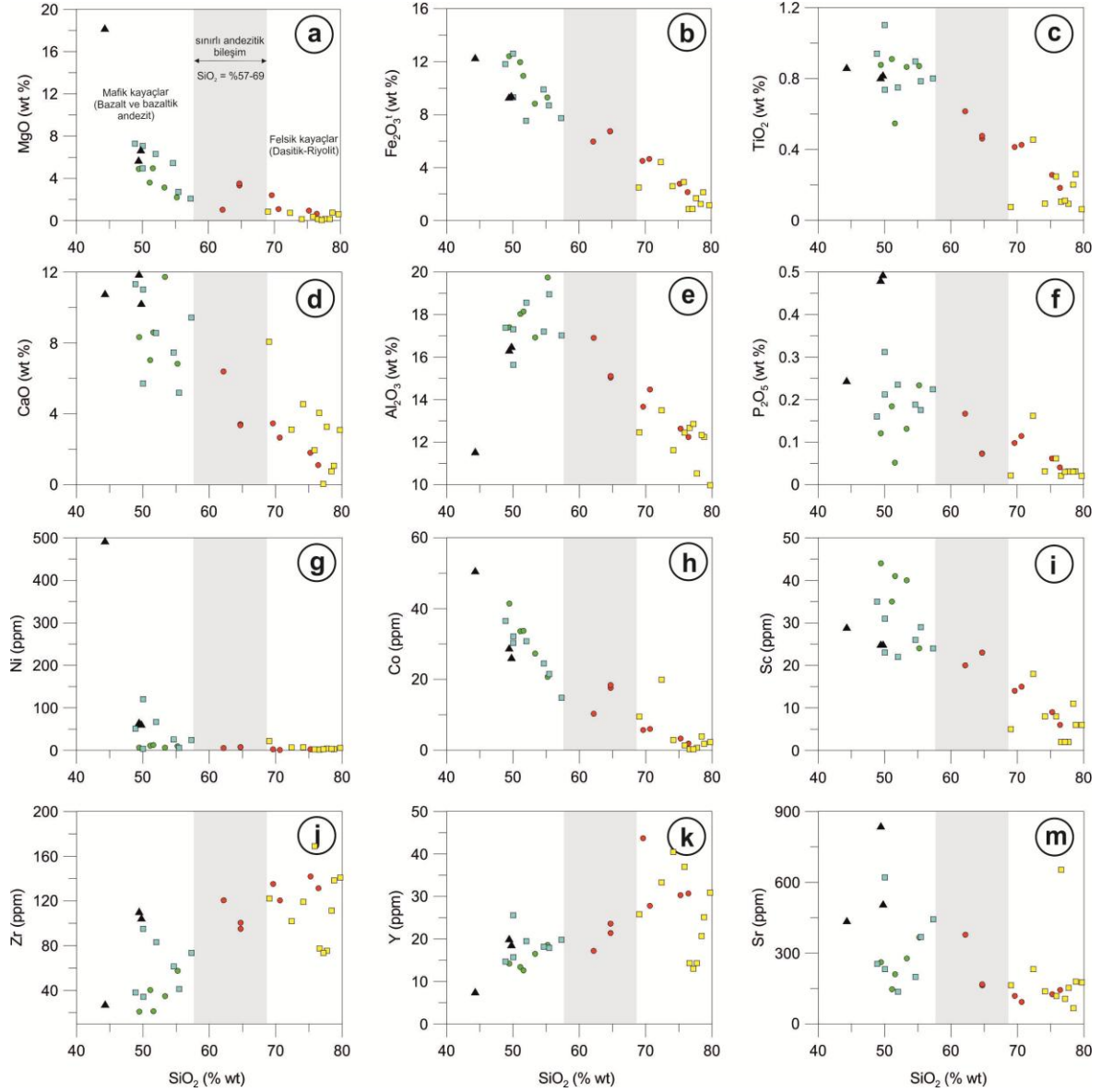
3.3.3.1. Değişim Diyagramları

Borçka ve Artvin yöresinde yüzeyleme veren Geç Kretase yaşlı volkanik kayaların SiO_2 'ye karşı diğer ana oksitlerin değişimlerine (Harker diyagramları) bakıldığında (Şekil 28), örneklerin bazıları düzensiz dağılımlar sergilemekle birlikte, her bir formasyonun kendi içinde genellikle lineer negatif yönseme gösterdikleri gözlenmektedir. Fakat inceleme alanındaki Geç Kretase yaşlı kayalarda mafik ve felsik kayaç serileri arasında normal andezitik (%57-63 SiO_2) bileşimli kayaçlar çok nadir olarak gözlenmektedir. Değişim diyagramlarında da görüldüğü üzere, 2-3 örnek hariç, %57 ilâ %69 SiO_2 değerleri arasında kimyasal bileşime sahip bir kayaç oluşumuna rastlanılmamaktadır (Şekil 28a-m).

Bahsedilen bu bileşim boşluğuna rağmen, mafik (SiO_2 'ye karşı Zr, Y ve Sr hariç) ve felsik kayaçların kendi içinde belirgin bir negatif yönseme gösterdikleri gözlenmektedir. Özellikle mafik kayaç örneklerindeki MgO ve Fe_2O_3 arasında belirgin olarak gözlenen negatif yönseme (Şekil 28a, b), olivin ve klinopiroksen farklılaşmasına işaret ederken, mafik ve felsik örneklerde gözlenen negatif CaO ve Al_2O_3 korelasyonu (Şekil 28d, e), plajiyoklas, klinopiroksen ve/veya amfibol fraksiyonlaşmasına, negatif TiO_2 ve P_2O_5 korelasyonu (Şekil 28c, f) ise sırasıyla, titanomagnetit ve apatit fraksiyonlaşmasına işaret etmektedir.

SiO_2 karşı Na_2O ilişkisi büyük ihtimalle alterasyona (tahminen albitleşme nedeniyle) bağlı olarak dağınık bir yönseme göstermektedir. SiO_2 'ye karşı iz elementlerin dağılımlarına bakacak olursak, ana oksitlerde olduğu gibi, Borçka ve Artvin yöresindeki Geç Kretase yaşlı mafik ve felsik örneklerin kendi içinde benzer lineer negatif yönsemelerini destekler niteliktedir (Şekil 28g-m). SiO_2 'ye karşı Ni, Co ve Sc gibi elementlerdeki negatif yönseme (Şekil 28g, h, i), özellikle mafik olan örneklerde olivin ve klinopiroksen fraksiyonlaşmasını desteklemektedir. SiO_2 karşı Zr ve Y korelasyonu (Şekil 28j, k), özellikle felsik örneklerde sırasıyla zirkon ve amfibol fraksiyonlaşmasının önemine işaret etmektedir.

Son olarak, SiO_2 'ye karşı belirgin Sr negatif korelasyonu (Şekil 28m), Geç Kretase yaşlı örneklerde plajiyoklasın da fraksiyonlaşmaya önemli oranda katkı sağladığını göstermektedir.



Şekil 28. Borçka ve Artvin yöresi Geç Kretase volkanitlerinin SiO_2 'ye karşı ana ve iz element değişim (Harker) diyagramları. Semboller Şekil 21'deki gibidir.

3.3.3.2. Çoklu İz Element ve Lantan Grubu Elementlerin Değişimleri

Borçka ve Artvin yörelerindeki Geç Kretase yaşlı volkanik kayalar normal tip okyanus ortası sırtı bazaltlarına (N-OOSB) göre (McDonough ve Sun, 1995) normalize edilmiş olan çoklu element değişim diyagramlarına aktarılmıştır (Şekil 29).

Diyagramlarda göze çarpan ilk ayrıntı, çalışılan Geç Kretase volkanik kayalarının çoklu element davranışlarının yitim-ilişkili ve/veya çarpışma-ilişkili orojenik kayaların davranışına benzerlik diyagramlarında özellikle, Rb, Ba, Th, U gibi büyük iyon yarıçaplı

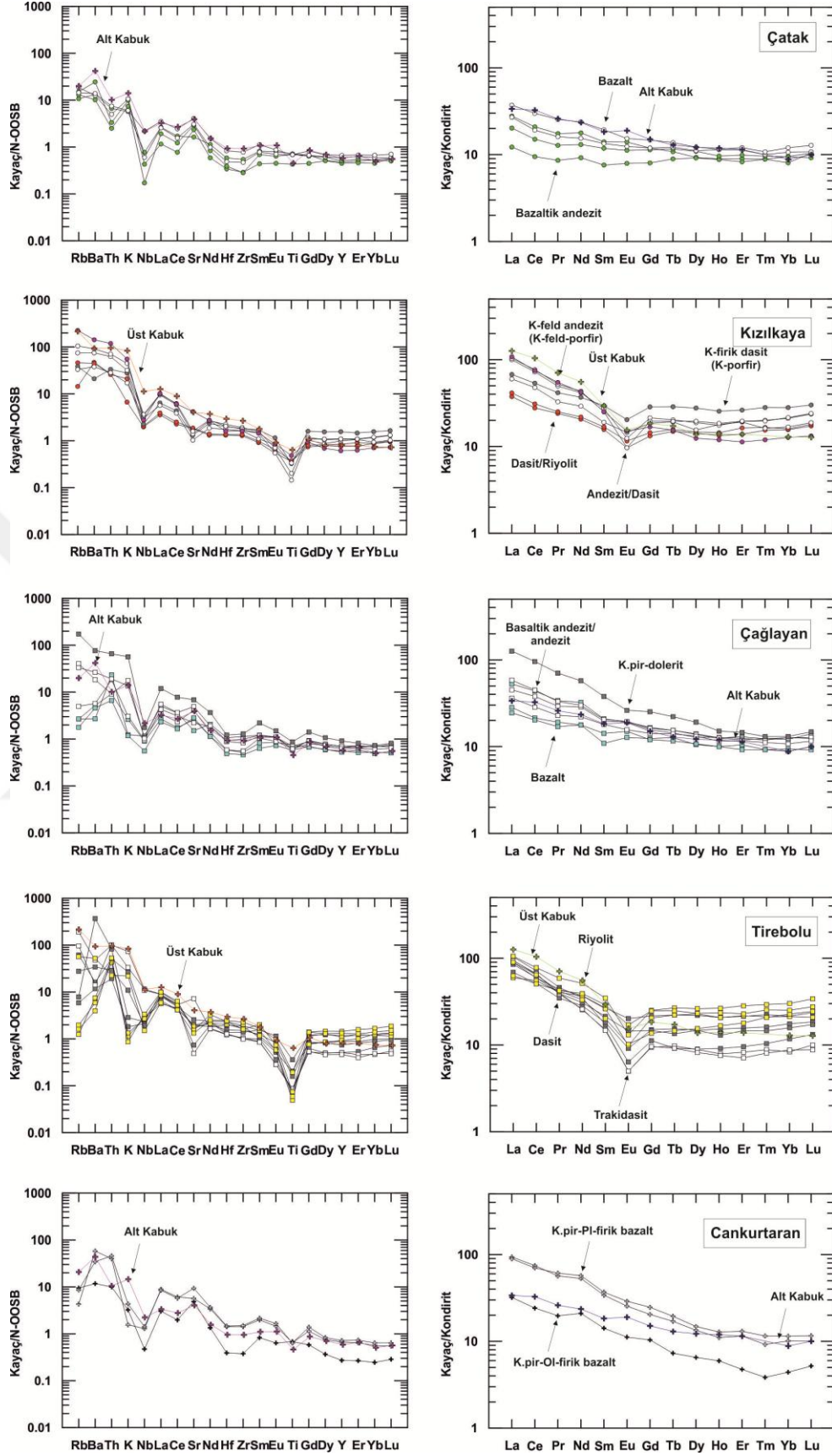
elementlerce (BİYE) önemli bir zenginleşme göstermesi ve negatif Nb, Ti ve Sr anomalisi sunmaları bunu destekler niteliktedir (Şekil 29). Ayrıca inceleme alanındaki mafik seriye ve Cankurtaran Formasyonu'na ait mafik dayk ve sillerden alınan örnekler alt kabuk bileşenine, felsik seriye ait olan örnekler ise üst kabuk bileşenine benzer dağılımlar sunmaktadır (Şekil 29).

Bunun yanı sıra Borçka ve Artvin yörelerindeki felsik örneklerin mafik olanlara göre daha çok büyük iyon yarıçaplı elementlerce zenginleştikleri ve daha belirgin negatif Ti ve Sr anomalilerine sahip oldukları görülmektedir. Diyagramlarda gözlenen negatif Nb anomalisi söz konusu Geç Kretase volkanitlerinin manto kaynağındaki kalıntı (rezidüel) Nb'ce zengin minerallerin (rutil gibi) varlığına işaret ederken, negatif Sr anomalisi ise ilgili kayaç serilerindeki plajiyoklas fraksiyonlaşmasını ifade eder. Ayrıca, yine belirgin olarak gözlenen negatif Ti anomalisi kayaç serilerindeki Fe-Ti'ca zengin minerallerin (incelenen kayaçlarda Ti-magnetit) fraksiyonlaşmasının önemine işaret etmektedir.

Genel olarak, kayaçların kondirite normalize edilmiş (Sun ve McDonough, 1989) lantan grubu element (LGE) diyagramları, Geç Kretase yaşlı Borçka ve Artvin volkanitlerinde, ağır lantan grubu elementlere (ALGE) göre hafif lantan grubu elementlerin (HLGE) çok fazla zenginleştiklerini göstermektedir (Şekil 29). ALGE/HLGE oranı, felsik kayaç serilerinde mafik kayaç serilerine göre daha düşüktür. Borçka ve Artvin yörelerindeki volkanitlerden felsik seriye ait Kızılkaya ve Tirebolu dasitik-riyolitik örnekleri belirgin ve/veya kısmi bir negatif Eu anomalisi göstermektedir. Görülen bu özellik ise tipik olarak plajiyoklas fraksiyonlaşmasıyla ilişkilidir (Şekil 29).

3.4. Sr-Nd-Pb İzotop Jeokimyası

Borçka ve Artvin yörelerinde yer alan Geç Kretase yaşlı formasyonlara (Çatak, Kızılkaya, Çağlayan, Tirebolu ve Cankurtaran) ait kayaç serilerinin Sr-Nd-Pb izotop bileşimleri genel olarak geniş bir aralıkta değişmektedir (Şekil 30-31; Tablo 3). Örneklerin Sr-Nd izotopik bileşimleri dikkate alındığında (Şekil 30), incelenen volkanitlerin büyük oranda manto alanı dışında yer aldığı ve yüksek Sr izotop içeriğine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 29. Artvin yöresi çoklu iz element ve lantan grubu element (LGE) değişimleri

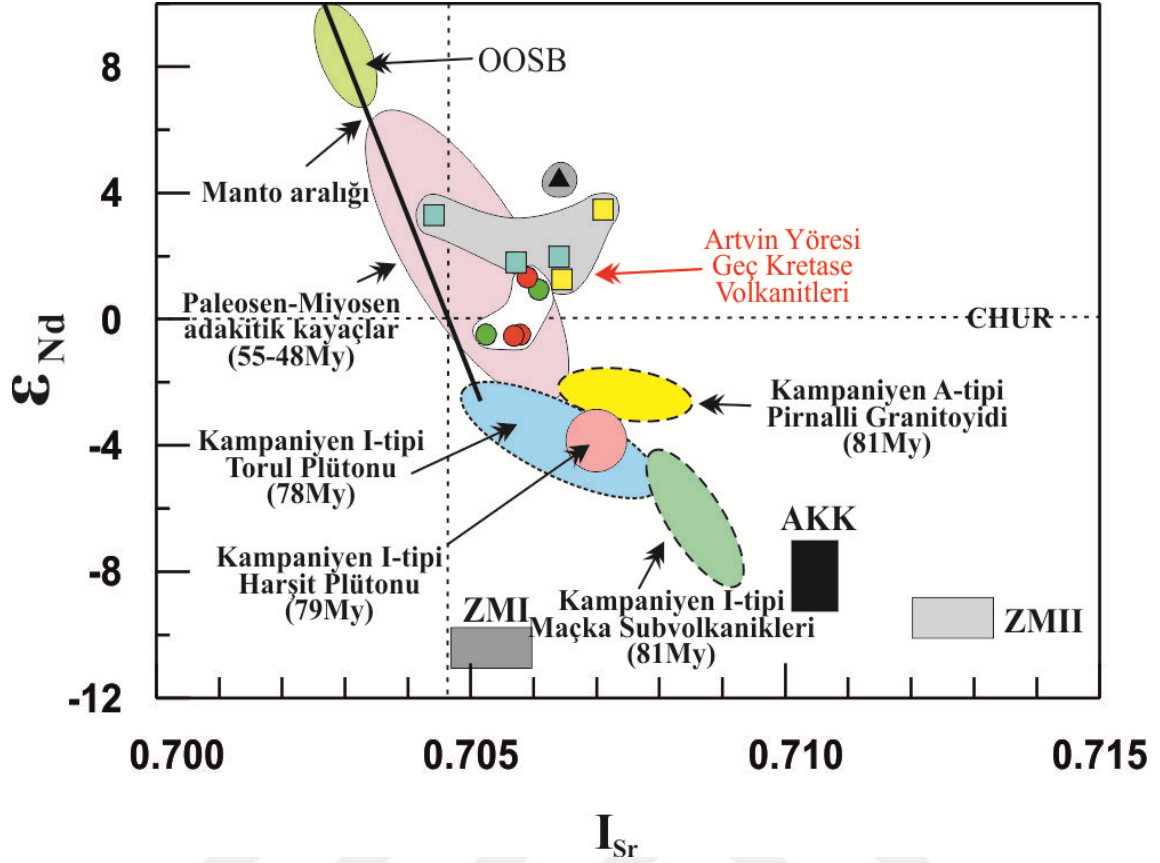
İnceleme alanındaki volkanik kayalardan mafik (Çatak, Çağlayan ve Cankurtaran) olanların izotopik oranları, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.70442-0.70644$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.51259-0.51284$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.588-18.737$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.585-15.631$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.586-38.789$ iken, felsik (Kızılkaya ve Tirebolu) volkanitlerin izotopik oranları, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.70646-0.70852$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.51256-0.51277$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.642-18.932$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.592-15.641$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.040-39.064$ arasında değişiklik göstermektedir.

Mafik ve felsik kayaların tümüne ait izotopik bileşimler bölgedeki aynı yaşlı ve yitim ilişkili, I-tip kalk-alkalen granitoidlerle karşılaştırıldığında (Torul Plütону, Kaygusuz vd. 2008; Harşit Plütону, Karşlı vd., 2010a; Pirnalli Plütону, Karşlı vd., 2012; Maçka Subvolkanitleri, Aydın, 2014), bunların dikkat çekici bir şekilde farklı oldukları ve bölgede yüzeyleyen Paleosen-Eosen yaşlı adakitik kayalarla deneştirilebilir oldukları gözlenmiştir (Karşlı vd., 2011).

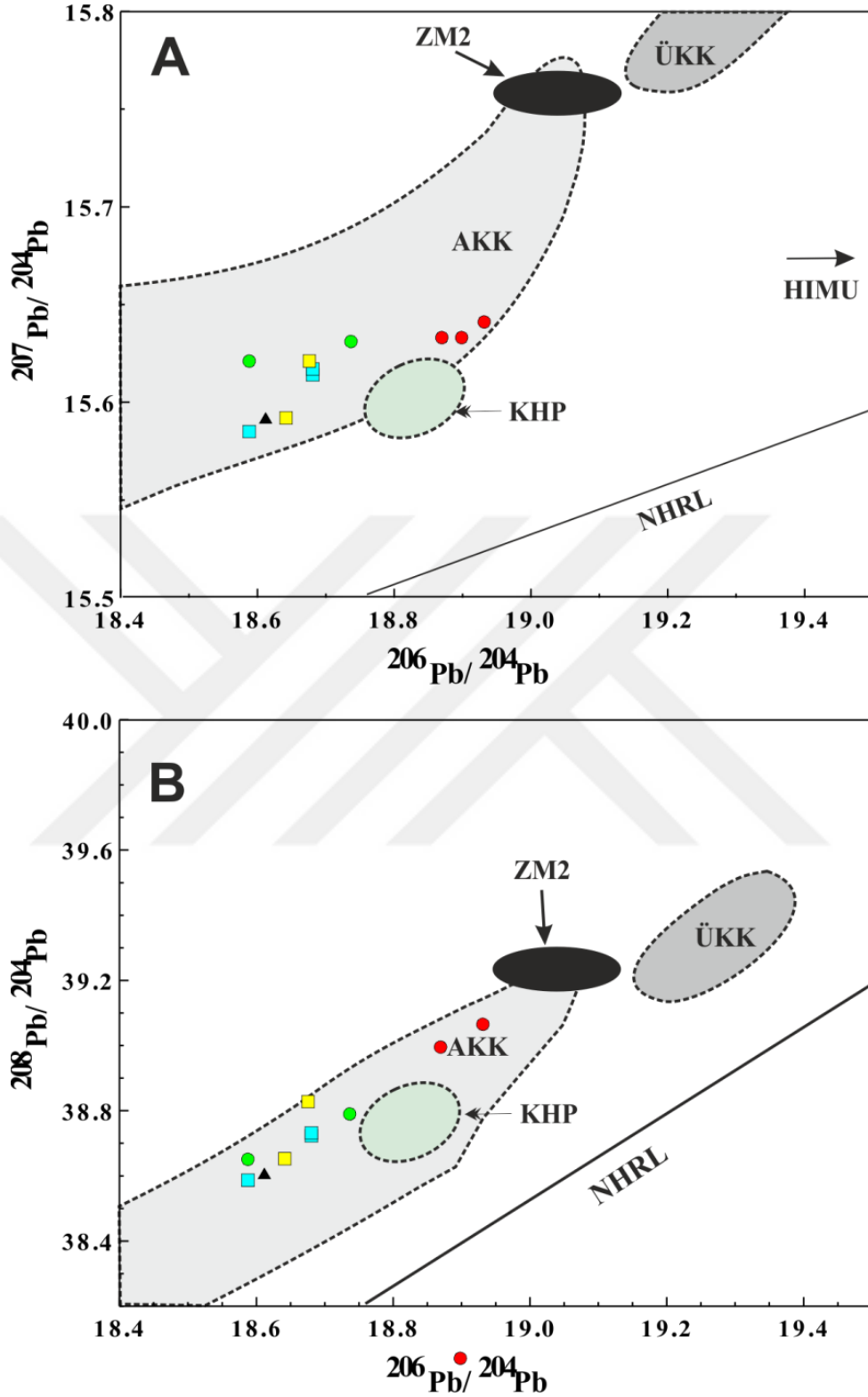
Fakat söz konusu volkanitlerin adakitik kayalara göre Sr-izotop içeriği kısmen göreceli olarak daha yüksektir (Şekil 30). İncelenen farklı volkanik kayaç serilerine ait göreceli olarak yüksek $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.70442-0.70852) ve düşük $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (0.51256-0.51284) izotop oranları (Tablo 3), zenginleşmiş litosferik manto ve alt kıtasal kabuk kaynakları ve/veya bunların karışımları ile uyumlu olduğunu bizlere sunmaktadır.

Jeokronolojik yaşlardan elde edilen sonuçlara göre hesaplanan ilksel epsilon Nd değerleri, Borçka ve Artvin mafik kayaları için (Çatak, Çağlayan ve Cankurtaran) -0.5 ila +4.5 arasında değişiklik gösterirken, felsik kayalar için (Kızılkaya ve Tirebolu) -0.5 ilâ +3.4 arasında değişim sunmaktadır (Tablo 3). Ayrıca, tüketilmiş mantoya göre hesaplanan Nd model yaşları Borçka ve Artvin mafik kayaları için 0.55-1.62 Ga. arasında, felsik kayaları için 0.57-1.54 Ga. arasında değişmektedir (Tablo 3).

Borçka ve Artvin yörelerine ait $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oran diyagramlarına göre, incelenen mafik ve felsik volkanitlerin Zindler ve Hart (1986) tarafından tanımlanan alt kıtasal kabuk (AKK) alanı içine düştüklerini gözlemlenmiştir (Şekil 31).



Şekil 30. Borçka ve Artvin volkanitlerinin I_{Sr} ve ϵNd izotop diyagramı. OOSB (Okyanus Ortası Sırtı Bazaltları), PREMA (Yaygın Gözlenen Manto Bileşimi), CHUR (Kondritik uniform rezervuar), ZMI (Zenginleşmiş Manto I) ve ZMII (Zenginleşmiş Manto II) alanları Zindler ve Hart (1986). Alt kıtasal kabuk (AKK) Kempton vd. (1997). (Torul Plütönu, Kaygusuz vd. 2008; Harşit Plütönu, Karşlı vd., 2010a; Pirnalli Plütönu, Karşlı vd., 2012; Maçka Subvolkanikleri, Aydın, 2014, Paleosen-Eosen Adakitik Kayaçlar (Topuz vd. 2005; Karşlı vd., 2010b; 2011, Eyüboğlu vd., 2011; Dokuz vd., 2013). Semboller Şekil 21'deki gibidir.



Şekil 31. Borçka ve Artvin yöresi volkanitlerinin (A) $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve (B) $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop diyagramları. Alt ve üst kıtasal kabuk (AKK-ÜKK) Kempton vd. (1997), NHRL çizgisi Hart (1984), ZMI, ZMII, HIMU alanları Zindler ve Hart (1986)'dan. HIMU (Yüksek U/Pb'ye sahip manto), KHP: Kampaniyen Harşit Plütону (Karşlı vd., 2010a). Semboller Şekil 21'deki gibidir.

Tablo 2. İnceleme alanında bulunan volkanitlerin tüm kayaç jeokimyasal analiz sonuçları

Formasyon	Çatak	Çatak	Çatak	Çatak	Çatak	K.Kaya	K.Kaya	K.Kaya
Lokasyon	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila
Örnek No	Ah9	Ah-16	Ah4-2b	Ah4-2a	Ah-8	Ah-13	Ah-14	Ah-15
Litoloji	B	B	B	BA	BA	KFP	A-D	A-D
SiO ₂	51,10	51,57	49,45	53,34	55,22	62,15	64,71	64,7
TiO ₂	0,91	0,55	0,88	0,87	0,87	0,62	0,46	0,48
Al ₂ O ₃	18,03	18,14	17,40	16,92	19,75	16,90	15,04	15,11
Fe ₂ O ₃	11,96	10,93	12,41	8,83	9,30	5,96	6,73	6,75
MnO	0,22	0,17	0,35	0,22	0,15	0,04	0,09	0,09
MgO	3,60	4,95	4,89	3,13	2,20	1,03	3,32	3,51
CaO	7,03	8,6	8,33	11,73	6,83	6,39	3,41	3,36
Na ₂ O	6,36	4,11	5,46	3,93	4,85	2,55	5,51	4,23
K ₂ O	0,41	0,71	0,54	0,77	0,44	3,99	0,48	1,52
P ₂ O ₅	0,18	0,05	0,12	0,13	0,23	0,17	0,07	0,07
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	99,81	99,79	99,84	99,87	99,83	99,82	99,83	99,82
Mg#	0,37	0,47	0,44	0,41	0,32	0,26	0,49	0,51
Co	33,60	33,70	41,40	27,30	20,70	10,30	17,60	18,40
Ni	10,90	12,50	6,40	6,30	9,40	5,50	7,60	7,40
Sc	35,00	41,00	44,00	40,00	24,00	20,00	23,00	23,00
Zr	40,30	21,40	21,00	34,90	57,50	120,60	95,10	100,50
Y	13,40	12,60	14,20	16,50	18,60	17,20	21,40	23,60
Hf	1,20	0,70	0,80	1,00	1,70	3,30	2,70	2,80
Nb	1,80	1,00	0,40	1,40	5,10	6,50	4,60	4,80
Ta	0,20	<0,10	0,050	0,10	0,10	0,50	0,30	0,30
V	417,00	297,00	375,00	282,00	231,00	201,00	147,00	148,00
Ga	13,60	15,20	12,50	12,40	18,00	16,10	13,10	14,40
Rb	6,00	8,50	7,30	10,40	8,10	126,20	8,10	25,80
Ba	83,00	154,00	64,00	79,00	87,00	899,00	297,00	283,00
Sr	146,80	210,50	261,40	277,50	366,30	377,80	163,50	168,10
Cs	0,20	0,50	0,90	0,50	0,50	3,50	0,30	0,20
Th	0,80	0,40	0,30	0,60	0,90	14,30	3,20	3,10
U	0,40	0,10	0,05	0,60	0,30	3,70	0,80	0,80
La	6,60	2,90	4,80	6,40	8,80	25,60	8,90	9,80
Ce	12,8	5,80	9,20	11,70	18,30	45,70	17,00	18,90
Pr	1,75	0,86	1,28	1,61	2,55	5,47	2,40	2,51
Nd	8,30	4,30	6,10	7,20	11,10	19,80	9,60	10,20
Sm	2,15	1,16	1,81	2,05	2,96	3,85	2,40	2,57
Eu	0,81	0,46	0,65	0,72	0,89	0,87	0,56	0,67
Gd	2,45	1,65	2,34	2,46	3,03	3,45	2,72	2,97
Tb	0,40	0,33	0,43	0,45	0,51	0,57	0,55	0,58
Dy	2,36	2,32	2,77	2,82	3,10	3,15	3,61	3,74
Ho	0,51	0,50	0,55	0,65	0,66	0,68	0,76	0,82
Er	1,49	1,37	1,64	1,87	2,00	1,87	2,29	2,71
Tm	0,23	0,23	0,25	0,26	0,28	0,31	0,40	0,43
Yb	1,62	1,37	1,60	1,81	2,04	2,16	2,65	2,70
Lu	0,26	0,26	0,23	0,27	0,32	0,33	0,43	0,45

Tablo 2'nin Devamı.

Formasyon	K.Kaya	K.Kaya	K.Kaya	K.Kaya	Çağl.	Çağl.	Çağl.	Çağl.
Lokasyon	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Eren.	C.Kur.	Eren.	Eren.
Örnek No	Ae1	Ah7	Ah5	Ah4-1	Ae14	Ac1	Ae10	Ae13
Litoloji	KP	RD	RY	RY	B	B	B	BA
SiO ₂	69,60	70,64	75,24	76,43	48,88	50,05	52,01	54,64
TiO ₂	0,41	0,43	0,26	0,18	0,94	0,74	0,75	0,90
Al ₂ O ₃	13,67	14,48	12,63	12,24	17,38	15,64	18,56	17,20
Fe ₂ O ₃	4,51	4,65	2,78	2,15	11,82	9,31	7,54	9,89
MnO	0,11	0,08	0,06	0,06	0,16	0,18	0,30	0,14
MgO	2,41	1,09	0,94	0,65	7,29	7,07	6,31	5,45
CaO	3,46	2,66	1,80	1,11	11,33	11,02	8,57	7,47
Na ₂ O	3,60	4,55	3,74	3,71	1,83	5,39	5,52	3,73
K ₂ O	2,01	1,24	2,31	3,24	0,09	0,19	0,09	0,22
P ₂ O ₅	0,10	0,11	0,06	0,04	0,16	0,21	0,23	0,19
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,07	0,02	0,01
Toplam	99,88	99,92	99,82	99,81	99,89	99,87	99,9	99,84
Mg#	0,51	0,32	0,40	0,38	0,55	0,60	0,62	0,52
Co	5,70	6,00	3,30	1,90	36,50	32,10	30,8	24,50
Ni	2,40	0,90	2,50	2,00	51,10	120,70	67,00	25,60
Sc	14,00	15,00	9,00	6,00	35,00	31,00	22,00	26,00
Zr	135,20	120,50	141,90	131,4	38,20	34,30	83,20	61,50
Y	43,70	27,80	30,30	30,70	14,70	15,70	19,50	18,20
Hf	4,10	3,60	4,60	4,20	1,20	1,00	2,20	1,80
Nb	5,30	7,00	8,00	8,50	1,30	2,10	2,70	2,20
Ta	0,40	0,60	0,60	0,60	0,10	0,30	0,20	0,20
V	39,00	46,00	29,00	13,00	298,00	287,00	135,00	225,00
Ga	9,80	12,70	11,10	9,90	13,50	9,00	14,80	14,00
Rb	21,40	18,60	42,00	58,80	1,00	1,50	1,50	2,80
Ba	133,00	238,00	473,00	576,00	29,00	33,00	17,00	36,00
Sr	118,60	93,20	125,80	143,70	254,30	231,9	136,40	199,50
Cs	0,20	0,50	0,40	0,30	0,90	0,05	0,05	1,20
Th	4,00	3,40	7,50	8,50	0,80	1,10	2,80	2,20
U	0,80	0,80	1,90	2,30	0,20	0,30	0,80	0,50
La	16,00	14,2	23,60	24,60	5,80	6,70	12,50	10,70
Ce	32,80	29,2	44,20	46,90	12,40	13,1	26,80	23,20
Pr	4,16	3,27	4,96	5,23	1,70	1,91	3,39	2,92
Nd	17,20	13,6	19,40	20,20	8,30	8,30	15,10	13,40
Sm	4,50	2,90	4,17	3,83	2,17	1,67	3,20	3,02
Eu	1,18	0,84	0,72	0,56	0,87	0,74	1,12	1,11
Gd	5,88	3,82	4,39	4,02	2,47	2,55	3,43	3,22
Tb	1,06	0,71	0,75	0,72	0,43	0,47	0,57	0,53
Dy	7,03	3,93	4,77	4,96	2,74	2,68	3,56	3,26
Ho	1,45	1,02	1,00	1,05	0,57	0,57	0,72	0,73
Er	4,35	3,17	3,22	3,25	1,74	1,53	2,15	2,06
Tm	0,73	0,42	0,52	0,51	0,24	0,24	0,32	0,31
Yb	4,77	2,85	3,58	3,66	1,50	1,59	2,06	2,16
Lu	0,75	0,47	0,59	0,60	0,25	0,23	0,35	0,31

Tablo 2'nin Devamı.

Formasyon	Çağl.	Çağl.	Çağl.	Tireb.	Tireb.	Tireb.	Tireb.	Tireb.
Lokasyon	Eren.	Borç.	Borç.	C.Kur	C.Kur	Eren.	Eren.	Eren.
Örnek No	Ae3	Ab1	Ab2	Ac2a	Ac2b	Ae4b	Ae5	Ae6
Litoloji	BA	Do	BA	RD	D	RY	RY	RY
SiO ₂	57,32	50,04	55,46	78,43	72,40	79,70	69,04	74,16
TiO ₂	0,80	1,10	0,79	0,20	0,46	0,06	0,07	0,09
Al ₂ O ₃	17,02	17,31	18,96	12,33	13,50	9,97	12,46	11,62
Fe ₂ O ₃	7,74	12,61	8,70	1,24	4,42	1,17	2,49	2,59
MnO	0,14	0,22	0,15	0,02	0,04	0,04	0,11	0,06
MgO	2,08	4,95	2,73	0,14	0,75	0,60	0,85	0,15
CaO	9,44	5,72	5,19	0,76	3,11	3,09	8,07	4,55
Na ₂ O	4,09	3,37	6,43	6,70	4,32	5,15	6,69	6,60
K ₂ O	0,98	4,11	1,27	0,13	0,79	0,08	0,10	0,06
P ₂ O ₅	0,22	0,31	0,18	0,03	0,16	0,02	0,02	0,03
Cr ₂ O ₃	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Toplam	99,84	99,73	99,84	99,99	99,94	99,88	99,91	99,93
Mg#	0,35	0,44	0,38	0,18	0,25	0,50	0,40	0,10
Co	14,80	30,30	21,50	3,9	19,90	2,30	9,50	2,90
Ni	24,30	3,50	6,00	3,80	6,80	6,00	21,80	7,30
Sc	24,00	23,00	29,00	11,00	18,00	6,00	5,00	8,00
Zr	73,50	95,20	41,20	111,30	101,90	140,90	122,20	119,20
Y	19,80	25,60	17,90	20,70	33,30	30,90	25,80	40,50
Hf	1,90	2,50	1,20	3,20	2,80	4,80	4,20	4,80
Nb	2,50	4,10	2,40	4,90	4,50	6,50	6,30	7,80
Ta	0,20	0,40	0,20	0,30	0,40	0,60	0,50	0,60
V	196,00	292,00	284,00	15,00	45,00	17,00	31,00	29,00
Ga	14,00	12,20	13,10	5,10	11,50	5,30	4,30	3,90
Rb	18,70	97,00	22,80	3,30	15,50	0,70	1,10	0,90
Ba	167,00	484,00	116,00	74,00	215,00	47,00	37,00	25,00
Sr	443,60	620,60	368,4	66,40	232,00	175,90	163,90	137,9
Cs	0,60	0,50	0,40	0,20	0,90	0,05	0,05	0,05
Th	2,30	7,90	1,10	2,30	3,50	6,10	5,10	6,40
U	0,60	2,60	0,40	1,40	0,90	1,30	0,70	0,50
La	13,80	29,90	8,60	20,10	21,20	14,10	21,30	25,00
Ce	27,50	58,50	17,50	36,60	36,30	33,80	39,30	47,60
Pr	3,31	7,03	2,29	3,93	4,37	4,03	4,17	5,90
Nd	14,00	26,80	10,30	14,40	17,30	17,20	15,50	24,00
Sm	3,14	5,79	2,75	3,27	4,08	4,00	3,08	5,30
Eu	1,13	1,52	0,91	0,84	1,17	0,57	0,59	0,76
Gd	3,34	5,20	2,92	3,02	4,45	4,22	2,81	5,17
Tb	0,57	0,82	0,52	0,50	0,82	0,82	0,54	0,99
Dy	3,51	4,86	3,35	3,74	5,58	5,78	3,93	6,67
Ho	0,71	0,86	0,66	0,74	1,18	1,18	0,95	1,51
Er	1,99	2,42	1,94	2,43	3,56	3,61	2,98	4,70
Tm	0,32	0,34	0,29	0,38	0,58	0,55	0,54	0,76
Yb	2,14	2,22	1,83	2,68	3,66	3,62	3,86	5,12
Lu	0,32	0,37	0,29	0,43	0,59	0,52	0,61	0,85

Tablo 2'nin Devamı.

Formasyon	Tireb.	Tireb.	Tireb.	Tireb.	Tireb.	C.Kur	C.Kur	C.Kur
Lokasyon	Eren.	Eren.	Borç.	Borç.	Borç.	C.Kur.	C.Kur.	C.Kur
Örnek No	Ae12	Ae17	Ab4	Ab6	Ab9	Ac4	Ac5	Ac6
Litoloji	RD	RD	RY	TD	TD	B	B	B
SiO ₂	77,71	78,80	75,85	76,60	77,18	44,31	49,77	49,42
TiO ₂	0,09	0,26	0,25	0,10	0,11	0,86	0,82	0,81
Al ₂ O ₃	10,53	12,25	12,44	12,67	12,85	11,56	16,51	16,34
Fe ₂ O ₃	1,69	2,13	2,92	0,87	0,87	12,32	9,44	9,33
MnO	0,02	0,03	0,03	0,09	0,05	0,14	0,10	0,11
MgO	0,16	0,76	0,37	0,15	0,06	18,23	6,71	5,74
CaO	3,28	1,07	1,95	4,05	0,04	10,80	10,25	11,89
Na ₂ O	5,89	2,66	4,44	2,87	3,38	0,71	5,51	5,25
K ₂ O	0,21	1,93	1,58	2,41	5,29	0,23	0,11	0,31
P ₂ O ₅	0,03	0,03	0,06	0,02	0,03	0,24	0,49	0,48
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,03	0,03
Toplam	99,61	99,92	99,89	99,84	99,86	99,59	99,75	99,72
Mg#	0,16	0,41	0,20	0,25	0,12	0,75	0,58	0,55
Co	0,70	1,80	1,40	0,30	0,30	50,70	26,20	28,90
Ni	4,10	2,60	2,10	1,90	2,70	493,20	62,20	65,90
Sc	2,00	6,00	8,00	2,00	2,00	29,00	25,00	25,00
Zr	75,50	138,40	169,00	77,50	73,60	27,80	104,90	110,70
Y	14,30	25,10	37,00	14,30	13,00	7,60	18,70	20,10
Hf	2,60	4,00	5,00	2,50	2,60	0,80	2,90	3,00
Nb	5,40	6,20	3,50	26,80	25,30	1,10	3,00	3,30
Ta	0,40	0,60	0,30	2,00	2,20	0,05	0,10	0,20
V	12,00	11,00	5,00	5,00	5,00	262,00	247,00	239,00
Ga	4,10	9,50	11,30	11,30	11,10	8,40	12,40	15,20
Rb	4,40	34,60	31,60	53,70	44,00	5,30	2,40	4,80
Ba	2312,00	102,00	329,00	89,00	301,00	74,00	367,00	217,00
Sr	152,80	179,10	118,90	653,50	106,40	438,00	508,60	839,30
Cs	0,20	0,50	1,60	0,70	0,80	0,60	0,50	0,90
Th	9,90	6,10	2,70	12,10	12,10	1,20	4,80	5,50
U	1,50	1,60	0,80	4,40	3,20	0,30	1,60	1,70
La	24,60	16,30	14,90	22,40	22,20	7,60	22,20	21,20
Ce	43,80	31,30	31,00	39,80	40,70	14,8	45,70	43,00
Pr	4,60	3,47	4,23	3,97	3,86	1,97	5,66	6,11
Nd	16,30	13,20	18,30	11,90	12,10	9,80	24,80	26,70
Sm	2,63	2,78	4,42	2,30	2,25	2,17	5,21	5,64
Eu	0,37	0,53	0,99	0,29	0,29	0,65	1,48	1,68
Gd	2,31	3,09	5,10	1,94	1,98	2,14	4,21	5,08
Tb	0,34	0,57	0,92	0,36	0,34	0,27	0,63	0,72
Dy	2,28	3,76	5,88	2,25	2,08	1,66	3,41	3,77
Ho	0,52	0,87	1,34	0,45	0,43	0,34	0,63	0,73
Er	1,59	2,60	3,80	1,37	1,18	0,79	1,91	2,17
Tm	0,27	0,42	0,66	0,23	0,21	0,10	0,24	0,30
Yb	2,00	2,99	4,27	1,42	1,49	0,75	1,72	1,95
Lu	0,33	0,46	0,69	0,25	0,22	0,13	0,25	0,29

Tablo 3. İnceleme alanına ait Geç Kretase yaşlı volkanik kayaların Sr-Nd-Pb izotopik bileşimleri.

Formasyon	Örnek No	Litoloji	Rb (ppm)	Sr (ppm)	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	I _{Sr} (90-80 My)	Sm (ppm)	Nd (ppm)	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	ε _{Nd} (0)	f _{Sm/Nd}	ε _{Nd} (T) (90-80 My)	T _{DM} (Ga)	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb
Çatak	Ah8	BA	8.1	366.3	0.0641	0.70533	0.70524	3.0	11.1	0.1612	0.51259	-0.9	-0.18	-0.5	1.62	18.737	15.631	38.789
Çatak	Ah9	B	6.0	146.8	0.1185	0.70624	0.70608	2.2	8.3	0.1566	0.51266	0.4	-0.20	0.9	1.31	18.588	15.621	38.65
Kızılkaya	Ae1	KP	21.4	118.6	0.5233	0.70646	0.70579	4.5	17.2	0.1582	0.51259	-1.0	-0.20	-0.5	1.54	18.932	15.641	39.064
Kızılkaya	Ah5	D	42.0	125.8	0.9682	0.70715	0.70590	4.2	19.4	0.1299	0.51267	0.5	-0.34	1.3	0.88	18.899	15.633	38.040
Kızılkaya	Ah13	A	126.2	377.8	0.9687	0.70693	0.70568	3.9	19.8	0.1176	0.51256	-1.5	-0.40	-0.5	0.93	18.870	15.633	38.994
Çağlayan	Ae3	BA	18.7	443.6	0.1222	0.70587	0.70572	3.1	14.0	0.1356	0.51270	1.1	-0.31	1.8	0.89	18.681	15.614	38.722
Çağlayan	Ae10	B	1.5	136.4	0.0319	0.70644	0.70640	3.2	15.1	0.1281	0.51270	1.2	-0.35	2.0	0.80	18.681	15.617	38.731
Çağlayan	Ae14	B	1.0	254.3	0.0114	0.70442	0.70441	2.2	8.3	0.1581	0.51279	2.9	-0.20	3.3	0.99	18.588	15.585	38.586
Tirebolu	Ae4b	R	0.7	175.9	0.0115	0.70647	0.70645	4.0	17.2	0.1406	0.51267	0.6	-0.29	1.2	1.00	18.676	15.621	38.827
Tirebolu	Ab9	R	106.4	44.0	7.0127	0.70852	0.70025	2.3	12.1	0.1124	0.51277	2.6	-0.43	3.4	0.57	18.642	15.592	38.652
Cankurtaran	Ac6	B	4.8	839.3	0.0166	0.70642	0.70640	5.6	26.7	0.1277	0.51284	3.9	-0.35	4.5	0.55	18.612	15.592	38.607

(ε_{Nd} = ((¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)_s/(¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)_{CHUR} - 1) x 10000, f_{Sm/Nd} = (¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Sm)_s/(¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Sm)_{CHUR} - 1, (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)_{CHUR} = 0.512638, ve (¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Sm)_{CHUR} = 0.1967. Model yaşları lineer izotopik oran büyüme eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır: TDM = 1/l x ln(1 + ((¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)_s - 0.51315)/((¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd)_s - 0.2137))

CHUR = 0.1967. Model yaşları lineer izotopik oran büyüme eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır: TDM = 1/l x ln(1 + ((¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)_s - 0.51315)/((¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd)_s - 0.2137))

4. TARTIŞMA

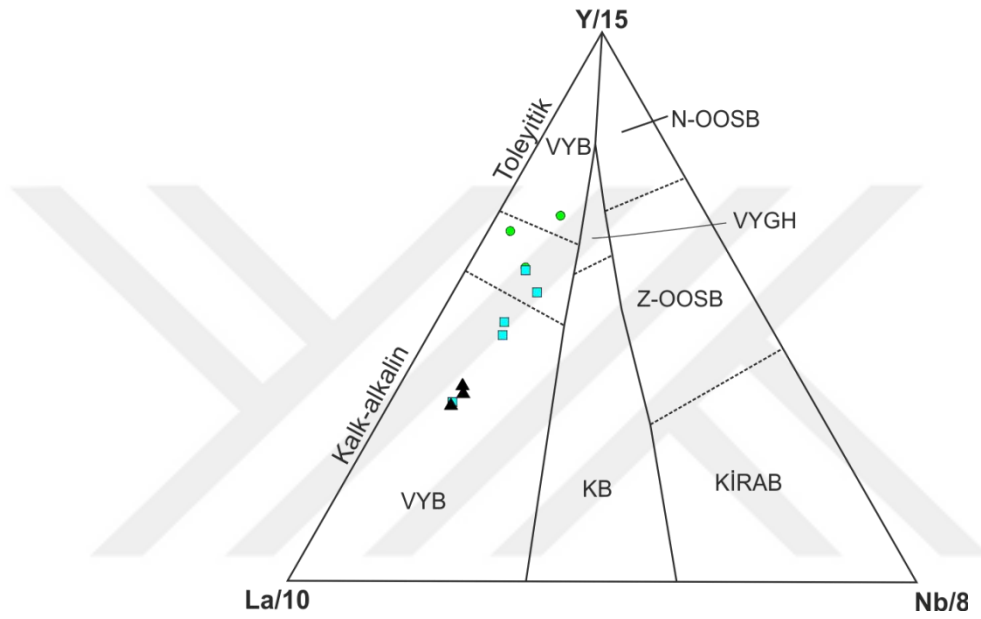
4.1. Tektonik Ortam

Artvin ve Borçka yörelerine ait Geç Kretase yaşlı volkanik kayaçların oluştuğu tektonik ortamın genel hatlarıyla magmatik bir yay ortamı olduğu bilinmektedir. İnceleme alanının da içinde bulunduğu Türkiye'nin kuzeydoğusu, jeotektonik açıdan Sakarya Zonu doğusunda yer alır ve bu bölge aynı zamanda "Doğu Pontid Magmatik Kuşağı" olarak da bilinir. Bu kuşağın kuzey kesiminde yer alan inceleme alanının bir yay mı, yay önü mü ya da yay gerisi mi olduğu halen tartışmalıdır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Tüysüz, 1999; Bektaş vd., 1999; Eyüboğlu vd. 2014). Bununla birlikte tez konusunu oluşturan volkanitlerin içinde bulunduğu bölgenin yay veya yay gerisi bir ortama karşılık geldiği konusunda çok sayıda araştırmacı grubu hem fikirdir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz vd., 1997; Rojay ve Altın, 1998; Okay ve Tüysüz, 1999; Rojay vd., 2001; Kaymakci vd., 2007; Keskin vd., 2008; Temizel, 2008, Karşlı vd., 2010a; Topuz vd., 2011; Aydınçakır, 2012, Temizel vd., 2012, Aydın, 2014).

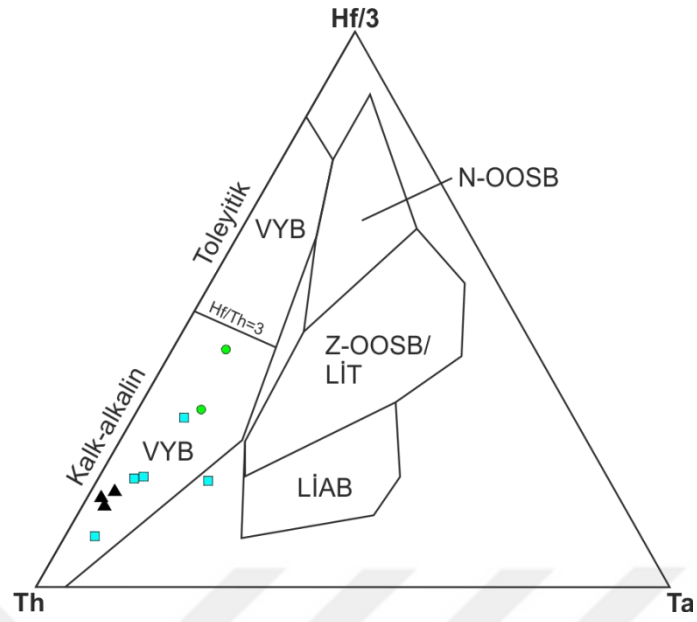
Bu kapsamda tez konusu Geç Kretase yaşlı kayaçların öncelikle yay ortamını ve sonrasında bu yayın neresinde oluştuklarını test etmek amacıyla, Borçka ve Artvin yörelerindeki mafik ve felsik volkanik kayaç örnekleri, özellikle alterasyona karşı duyarlı ve hareketsiz davranış sergileyen iz elementlerin kullanıldığı bazı tektonik ortam diyagramlarına aktarılmıştır (Şekil 32-38). Tektonik ortam diyagramlarına göre (Şekil 32-35), tez konusu mafik kayaç örnekleri genel olarak volkanik yay ile ilişkili hem toleyitik hem de kalk-alkalin bazalt alanı ile yay gerisi bazaltları alanlarında görülmektedir.

Daha dikkatli bakıldığında, inceleme alanındaki volkanik istifin birinci (Çatak), ikinci (Çağlayan) ve üçüncü (Cankurtaran) mafik serilere ait kayaçların toleyitikten kalk-alkaliye doğru bir yönelim içinde oldukları gözlenir. Diğer bir ifadeyle, volkanik istifin tabanından tavanına doğru ana magma karakterinde zaman içinde bir geçiş veya değişim söz konusudur. Mafik volkanitlerin Ta/Yb-Th/Yb diyagramı (Şekil 35), bu kayaçların yay ortamındaki söz konusu toleyitik-kalkalkali geçişini doğrular ve aynı zamanda hem yitim-ilişkili zenginleşme süreçlerinden hem de kabuksal kontaminasyondan etkilenmiş olabileceklerini gösterir.

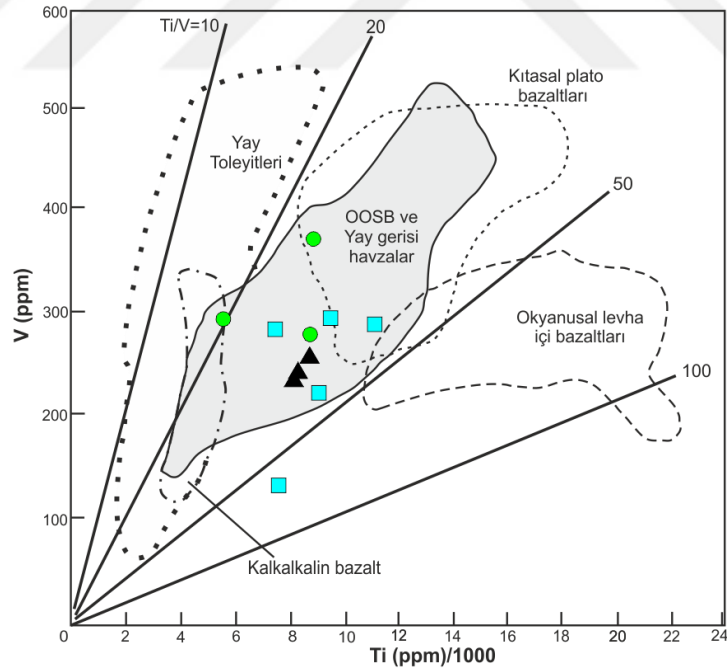
Diğer taraftan incelenen felsik volkanitlerin A/CNK – A/NK diyagramı (Şekil 36), hem Kızılkaya hem de Tirebolu örneklerinin genellikle metalümin olduklarını; her iki grubun I-tipi olduğunu ortaya koymuştur. Söz konusu felsik volkanik kayaçların tektonik ayırtman diyagramları (Şekil 37 ve 38), bunların volkanik yay granitoidleriyle ilişkili olduğunu, çarpışma öncesi aşamadan (yitimin aktif olduğu süreçten) çarpışma-ilişkili döneme kadar geçen süreçte oluşmuş olabileceklerini işaret ederler.



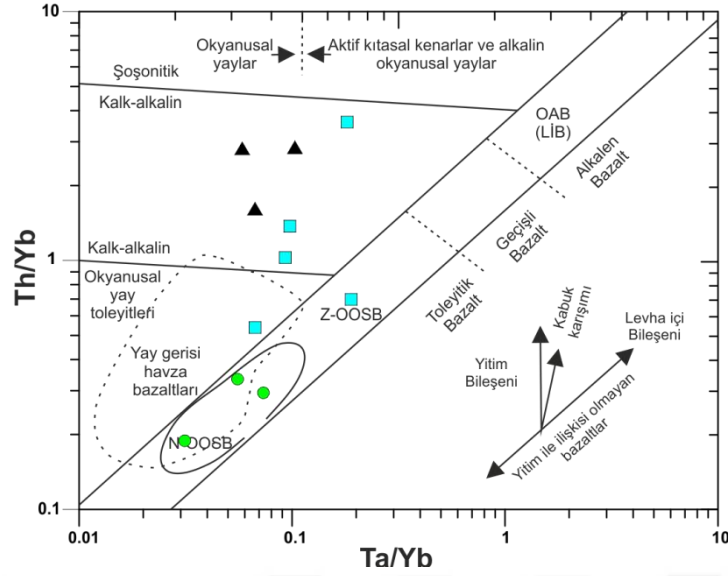
Şekil 32. Borçka ve Artvin mafik volkanitlerinin La/10-Nb/8-Y/15 diyagramı (Wood, 1980). VYB: Volkanik yay bazaltları, VYGH: Volkanik yay gerisi havzalar, N-OOSB ve Z-OOSB: Normal ve zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltları, KB: Kıtasal bazaltlar, KİRAB: Kıta içi rift-ilişkili alkali bazaltlar. Semboller Şekil 21'deki gibidir.



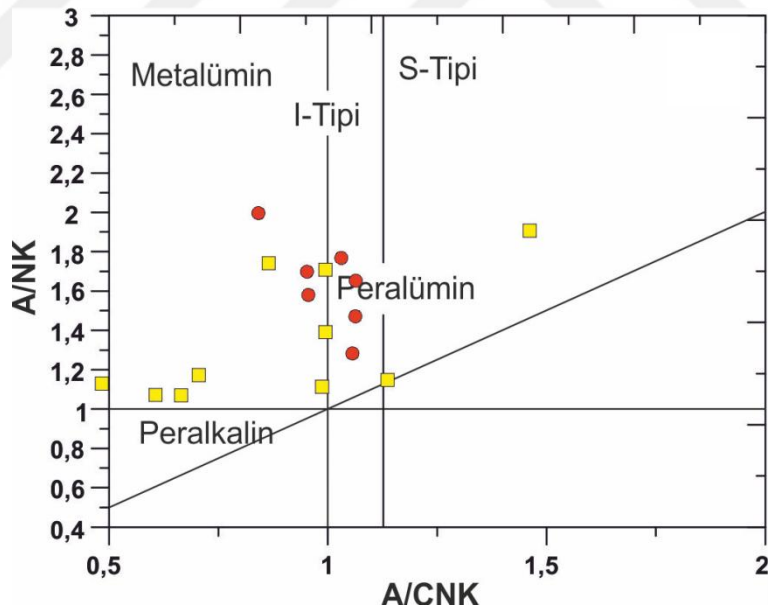
Şekil 33. Borçka ve Artvin mafik volkanitlerin Th-Ta-Hf/3 diyagramları (Wood, 1980). LİT: Levha içi toleyitleri, LİAB: Levha içi alkali bazaltlar. Diğer açıklamalar Şekil 32'deki, semboller Şekil 21'deki gibidir).



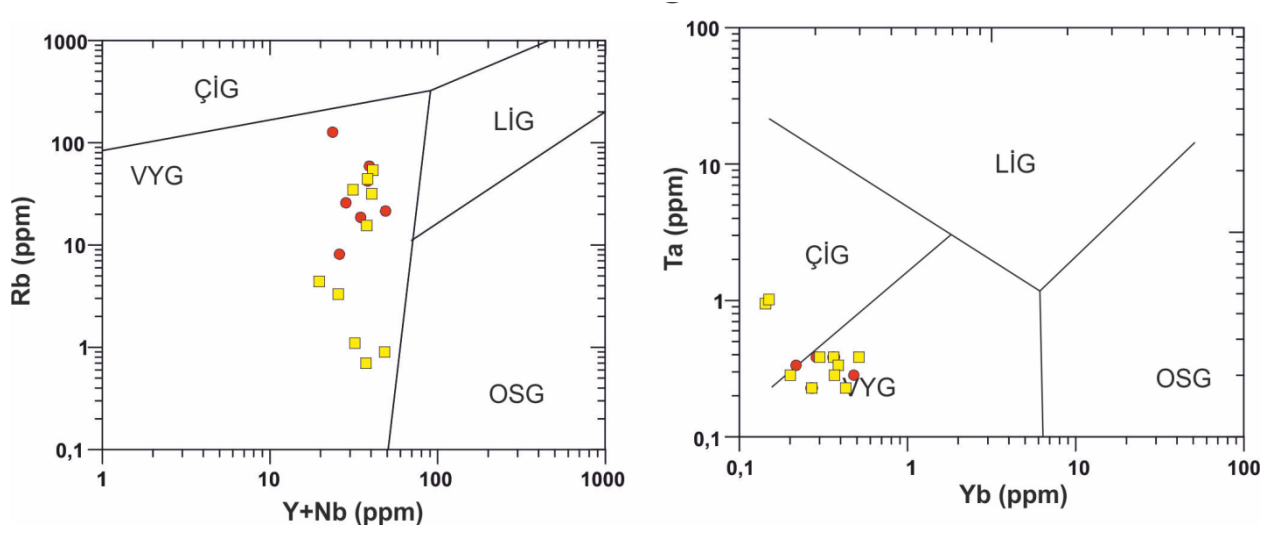
Şekil 34. Borçka ve Artvin mafik volkanitlerin Ti/1000-V diyagramları (Shervais, 1982). Semboller Şekil 21'deki gibidir.



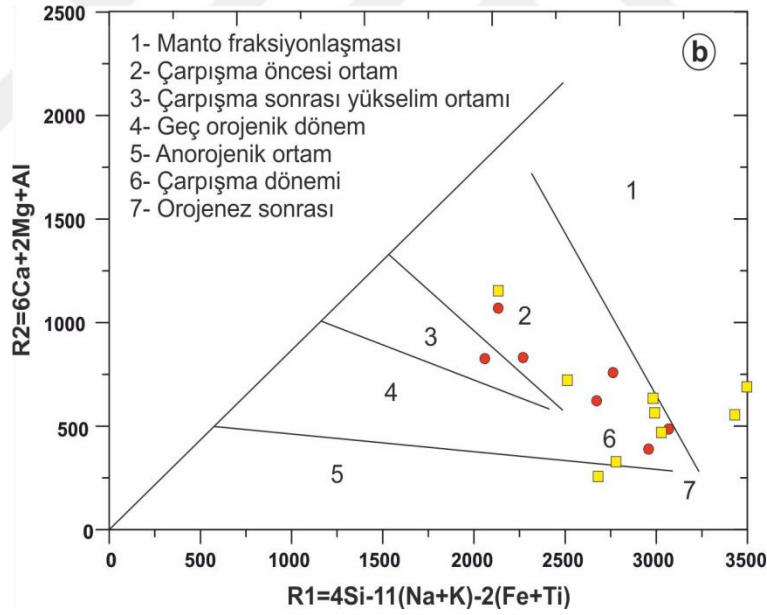
Şekil 35. Borçka ve Artvin mafik volkanitlerin Ta/Yb-Th/Yb diyagramı (Pearce, 1982). OAB: Okyanus adası bazaltları (LIB: Levha içi bazaltlar). Diğer açıklamalar Şekil 32, semboller Şekil 21'deki gibidir.



Şekil 36. Borçka ve Artvin felsik volkanitlerin A/CNK - A/NK diyagramı (Maniar ve Piccoli, 1989). $A/CNK = \text{molar } (Al_2O_3) / (CaO + Na_2O + K_2O)$ ve $A/NK = \text{molar } (Al_2O_3) / (Na_2O + K_2O)$. Metalümin ve peralümin ayırım çizgisi $A/CNK = 1.1$ 'dir. Semboller Şekil 21'deki gibidir.



Şekil 37. Borçka ve Artvin felsik volkanitlerin Y+Nb-Rb ve Yb-Ta diyagramı (Pearce vd., 1984). VYG: Volkanik yay granitleri, ÇİG: Çarpışma-ilişkili granitler, LİG: Levha içi granitler, OSG: Okyanus sırtı granitleri. Semboller Şekil 21'deki gibidir.



Şekil 38. Borçka ve Artvin yörelerindeki felsik volkanitlerin R1-R2 diyagramı (Batchelor ve Bowden, 1985). Semboller Şekil 21'deki gibidir.

4.2. Volkanik Kayaçların Petrojenezi

Artvin ve Borçka'nın yakın çevresindeki (Kuzeydoğu Türkiye) Geç Kretase yaşlı volkano-sedimanter istifini oluşturan volkanik kayaçların birbirini takip eden mafik (bazalt-bazaltik andezitik) ve felsik (dasit-riyolitik) volkanik kayaçlardan oluştuğu görülmektedir (Şekil 6, 11, 16). İnceleme alanındaki Geç Kretase istifinin tabanındaki ilk mafik ve felsik ürünleri sırasıyla Çatak ve Kızılkaya formasyonlarının volkanik kayaçları oluştururken, ikinci mafik ve felsik ürünlerini ise sırasıyla Çağlayan ve Tirebolu formasyonlarının volkanitleri oluşturmaktadır. Bu ardalanmalı iki mafik-felsik seri dışında, istifin en üstünde bulunan Cankurtaran Formasyonu'na ait mafik dayk ve siller üçüncü mafik serinin ürünleri olarak yorumlanmaktadır. Tüm bu farklı formasyonlara ait volkanik kayaçlar ile ardalanmalı oluşan sedimanter kayaçlardan, özellikle kırmızı renkli biyomikritik kireçtaşlarından alınan yaşlar önceki jeokronolojik verilerle birlikte değerlendirildiğinde (Tablo 4), söz konusu Geç Kretase istifinin yaklaşık 10-15 My'lık bir zaman ölçeğinde meydana geldiği söylenebilir. Bu zaman ölçeğinde oluşan volkanitlerin büyük iyon yarıçaplı elementlerce zengin olmaları, negatif Nb ve Ti anomalileri sunmaları, incelenen bu volkanik kayaçların tipik olarak yitim-ilişkili (orojenik) magmaların özelliklerine benzer olduklarını bizlere sunar (Wilson, 1989). Bunun yanı sıra Nb tüketimi (Pearce, 1982), negatif Ti ve Sr anomalileri özellikle alt kıtasal kabuktan türeyen kayaçlar için karakteristik özelliklerdir (Taylor ve McLennan, 1985).

Ba/Ta oranı büyük oranda yitim-ilişkili orojenik magmaların tek başına belirleyici özelliklerinden biri olarak kabul edilmektedir (Gill, 1981) ve bu değer yitim-ilişkili orojenik bazaltik ve andezitik kayaçlarda 450'den daha büyüktür. Bahsedilen bu değer Borçka ve Artvin mafik volkanik kayaçlarında büyük çoğunlukla 550'in üzerindedir. Aynı değer anorojenik ortamlardaki mafik kayaçlarda < 450 ve levha içi okyanus adası bazaltlarında < 150 'dir. Tüm bu özelliklere bakıldığında, inceleme alanındaki Geç Kretase yaşlı mafik volkanik kayaçların yitim-ilişkili magmaların özelliklerine büyük oranda benzediği söylenebilir. 10-15 My'lık aktif bir yitim döneminde zaman zaman karbonatlı tortul kayaçlar ile birlikte kırıntılı tortulların da oluşması, magmatizmanın kısa süreli olarak duraksadığını bizlere gösterir.

Geç Kretase'yi oluşturan volkano-sedimanter istifin en alt seviyesinde bulunan ve büyük çoğunlukla bazaltik volkanik kayaçlardan oluşan Çatak Formasyonu'nun yer yer Kızılkaya Formasyonu'na ait felsik dayklar ve stoklar tarafından kesilmesi, felsik

kayaçlara ait ürünlerin mafik kayaçları oluşturan magmanın fraksiyonel kristallenmesiyle oluşma olasılığını ortadan kaldırmaktadır. Çünkü inceleme alanındaki Kızılkaya Formasyonu'na ait felsik volkanitlerin arazideki dağılımı ve yüksek orandaki hacmi bizlere bunu destekler niteliktedir.

Ayrıca silikaya karşı ana ve iz element değişimlerinin bulunduğu diyagramlardaki lineer yönsemeler (Şekil 28), ilk izlenim olarak inceleme alanında Çatak Formasyonu'ndan Kızılkaya Formasyonu'na doğru bir fraksiyonel kristallenme (FK) sürecinin varlığını bizim aklımıza getirirse de, yukarıdaki paragrafta bahsi geçen nedenlerden dolayı fraksiyonel kristallenme sürecinin bizlere formasyonlar arasında değil de, her bir formasyonun kendi içerisinde meydana gelmiş olabileceğini göstermektedir.

Öte yandan, jeolojik, volkanostratigrafik ve paleontolojik veriler dikkate alındığında, volkano-sedimenter istifin üst seviyelerinde bulunan ve büyük çoğunlukla bazaltik volkanik kayaçlardan meydana gelen Çağlayan Formasyonu ile bu formasyonu uyumlu olarak üzerleyen ve genellikle riyolitik bileşimli volkanitlerden oluşan Tirebolu Formasyonu'nun, Çatak ve Kızılkaya Formasyonu'na göre, daha kısa bir zaman periyodunda oluştukları ve oluşum dönemlerinin büyük oranda benzediği görülmektedir. Bu durum bize volkano-sedimenter istifin üst seviyelerindeki ikinci mafik ve felsik volkanizmanın bimodal olabileceğini düşündürmektedir. İnceleme alanı dışında başka bir lokasyonda (Hayrat-Balaban, Of-Trabzon) yüzeyleme veren ve Geç Kretase yaşlı birimleri keserek yerleşen mafik bir dayktan alınan U-Pb zirkon yaşı (84.9 ± 1.7 My) çalışma alanındaki Geç Kretase istifinin üst seviyelerindeki bimodal volkanizmayı destekler niteliktedir. Ancak yine de inceleme alanında Çatak Formasyonu'nda olduğu gibi Çağlayan Formasyonu'na ait mafik kayaçlardan da U-Pb zirkon yaşı elde edilememesi, bimodal volkanizmanın jeokronolojik açıdan desteklenmesini güç duruma sokmaktadır.

İnceleme yapılan mafik ve felsik volkanik kayaçların göreceli olarak yüksek $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.70442-0.70852) ve düşük $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (0.51256-0.51284) izotop oranları ve epsilon Nd değerleri (-0.5 ila +4.5) (Tablo 3, Şekil 30), önce tüketilmiş ve sonrasında zenginleşmiş litosferik bir manto ve/veya alt kıtasal kabuk kaynakları ile uyumluluk sunmaktadır. Borçka ve Artvin mafik kayaçları için (Çatak ve Çağlayan dahil) ilksel epsilon Nd değerleri -0.5 ila +4.5 arasında; Borçka ve Artvin felsik kayaçları için (Kızılkaya ve Tirebolu dahil) sırasıyla -0.5 ilâ +3.4 arasında değişmesi (Tablo 4), incelenen bu mafik ve felsik volkanik kayaçların türediği kaynak alanların farklı derecelerde zenginleştiğini destekler niteliktedir.

Tüketilmiş mantoya ait verilere göre hesaplanan Nd model yaşları (Tablo 4), Geç Kretase volkanik kayaçlarını oluşturan kaynak alanın (veya alanların) daha yaşlı materyallerden etkilenmiş genç bir kaynak olabileceğini işaret eder. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranlarının yüksek olması köken bölgeye radyojenik Sr katkısının da varlığını bizlere göstermektedir. Bu katkının manto kaynak alanına girmiş ya yitim bileşeninden (okyanusal kabuk±sedimentler) ya da kıtasal kabuk bileşeninden kaynaklanabileceği işaret eder (Mckenzie ve O’Nions, 1983; Zindler ve Hart, 1986). Borçka ve Artvin volkanik kayaçlarına ait $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranları (Şekil 31), bunların zenginleşmiş bir manto kaynağının yanında alt kabuk kaynaklı bir bileşene de sahip olabilecekleri destekler. Pb izotop oranlarında gözlenen göreceli yüksek değerler, söz konusu volkanik kayaç serilerini oluşturan magmaların kabuksal kayaçlar içerisinden geçerken kısmen asimilasyona uğradıklarını ve/veya yitim süreçleri sırasında kökene karışmış kıtasal kabuğa ait Pb izlerini belirtmektedir.

Yitriyum’a (Y) karşı Sr/Y ve Yb_N ’ye karşı $(\text{La}/\text{Yb})_N$ diyagramları (Defant ve Drummond, 1990) Geç Kretase yaşlı Borçka ve Artvin volkanitlerinin düşük Sr/Y (<50) ve düşük $(\text{La}/\text{Yb})_N$ oranlarına (<25) sahip olmaları söz konusu kayaçların tipik yay volkanitlerine benzerlik sunduklarını ve yiten okyanusal kabuğun ergimesiyle oluşan adakitik kayaçlardan farklı olduklarını destekler niteliktedir (Şekil 39, 40). İncelenen volkanitlerdeki düşük HLGE/ALGE oranları da yine bunu desteklemektedir (Şekil 29).

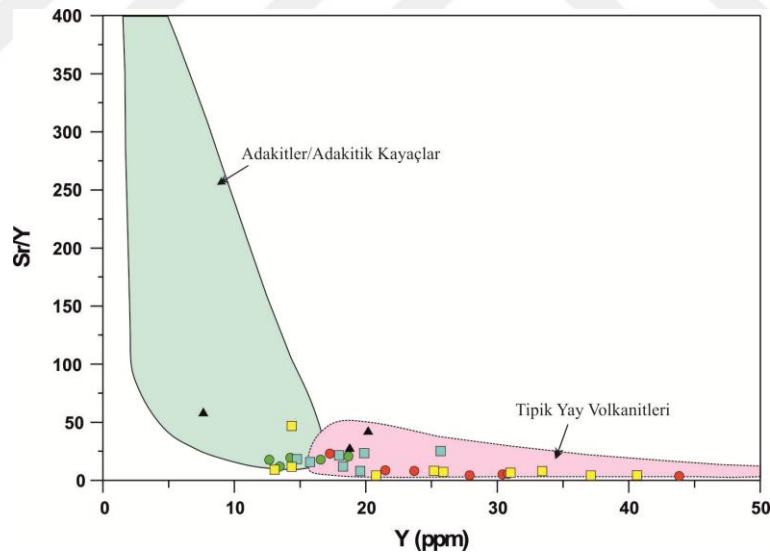
Öte yandan Geç Kretase yaşlı Borçka ve Artvin volkano-sedimanter istifindeki Kızılkaya ve Tirebolu Formasyonları’na ait felsik örneklerin Ga/Al-Zr ve Ga/Al-Nb diyagramlarına göre (Whallen vd., 1987), büyük çoğunlukla A-tipi örneklerden farklı olup, düşük Zr (<200ppm) ve Nb (<10ppm) içerikleriyle I-tipi granitlere benzerlik gösterdikleri gözlenmiştir (Şekil 41a ve b). Ta/Yb’a karşı Th/Yb diyagramı dikkate alındığında ise (Şekil 35), Borçka ve Artvin yörelerindeki Çatak, Çağlayan ve Çankurtaran formasyonlarına ait mafik kayaç örneklerinde Ta/Yb ve Th/Yb oranları volkano-sedimanter istifin tabanından üst seviyelerine doğru gittikçe artış göstermektedir. N-OOSB’ye göre söz konusu volkanik kayaçların daha yüksek Ta/Yb ve Th/Yb oranlarına sahip olmaları ya zenginleşmiş bir mantonun ergimesiyle, ya garnet-içeren bir manto kaynağının düşük dereceli kısmi ergimesiyle ya da her ikisinin etkisiyle olabileceği düşünülmektedir.

Borçka ve Artvin yörelerindeki Geç Kretase volkano-sedimanter istifin gelişimindeki magmatik prosesleri (fraksiyonel kristallenme, asimilasyon vs.) daha iyi anlayabilmek için,

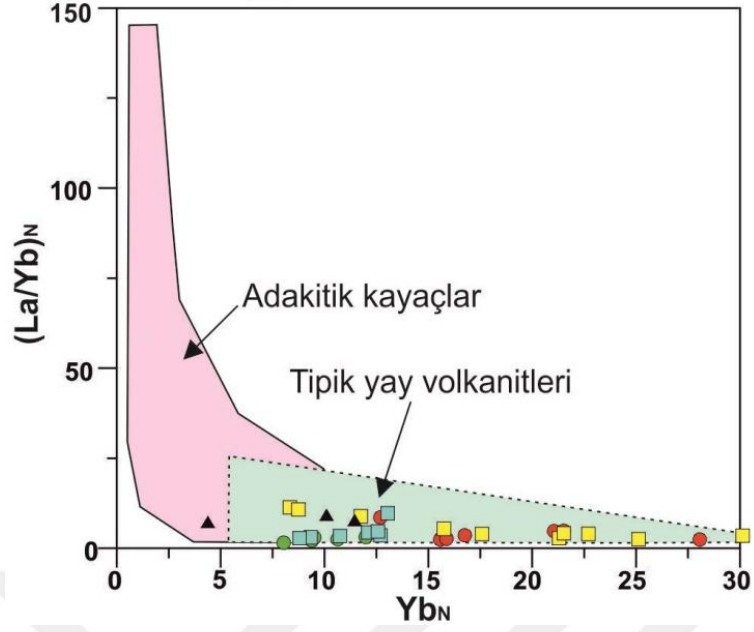
bunlar Zr'a karşı Zr/Y, Th'a karşı Th/Sm ve SiO₂'ye karşı ilksel Sr-izotop diyagramlarında birbirleriyle karşılaştırılmışlardır (Şekil 42a-c). ISr'ye karşılık Ba/Th diyagramına bakıldığında ise, inceleme alanındaki mafik volkanitler bu diyagramda incelenmiş olup, söz konusu bu mafik volkanitlerin yiten sedimanlardan kaynaklanan akışkanların manto kamasının bileşimini değiştirmesi sonucu oluşmuş olabilecekleri yorumlanmıştır (Şekil 42d).

Tüm bu bahsi geçen diyagramlar dikkate alındığında, Geç Kretase yaşlı farklı formasyonlara ait mafik ve felsik volkanik kayaların gelişiminde fraksiyonel kristallenme (FK) ile birlikte az miktarda kabuksal kontaminasyonun (veya magma karışımının) önemli rol oynadığı söylenebilir.

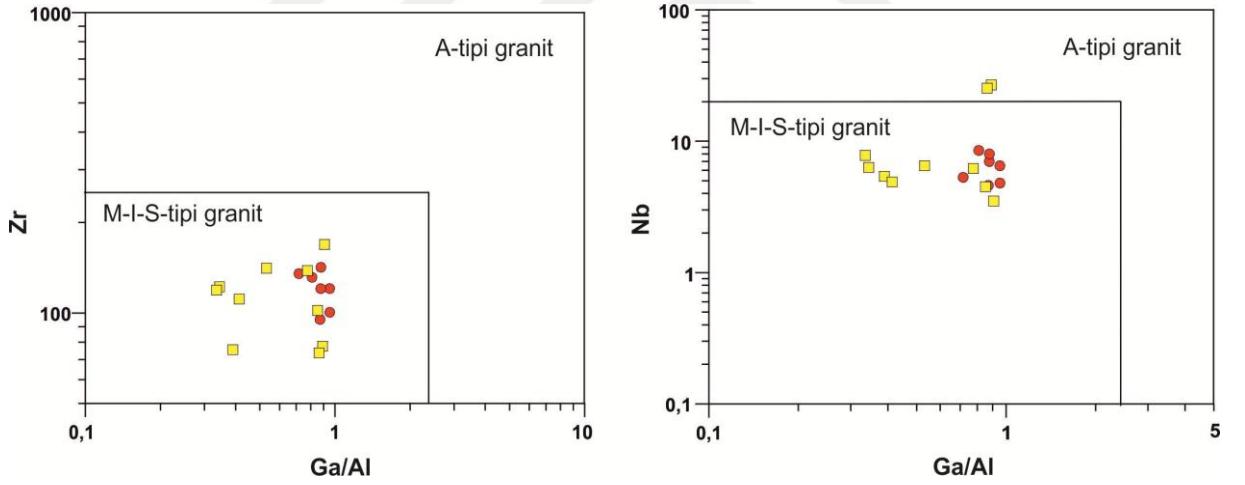
Ayrıca yitim-ilişkili magmatik faaliyetlerin oluşum ve gelişim süreçlerinde, yitim bileşenlerinin (H₂O'ca zengin ergiyik ve sıvılar, okyanusal kabuk, sedimentler, deniz suyu vs.) farklı derecelerdeki katkısıyla meydana gelen manto kaması metazomatizması, tüketilmiş ve zenginleşmiş manto kaynaklı veya alt kabuk-türevli ergiyik bileşimi, ergime derecesi ve magma odası prosesleri (FK, AFK, vs.) önemli bir rol oynadığı bilinmektedir.



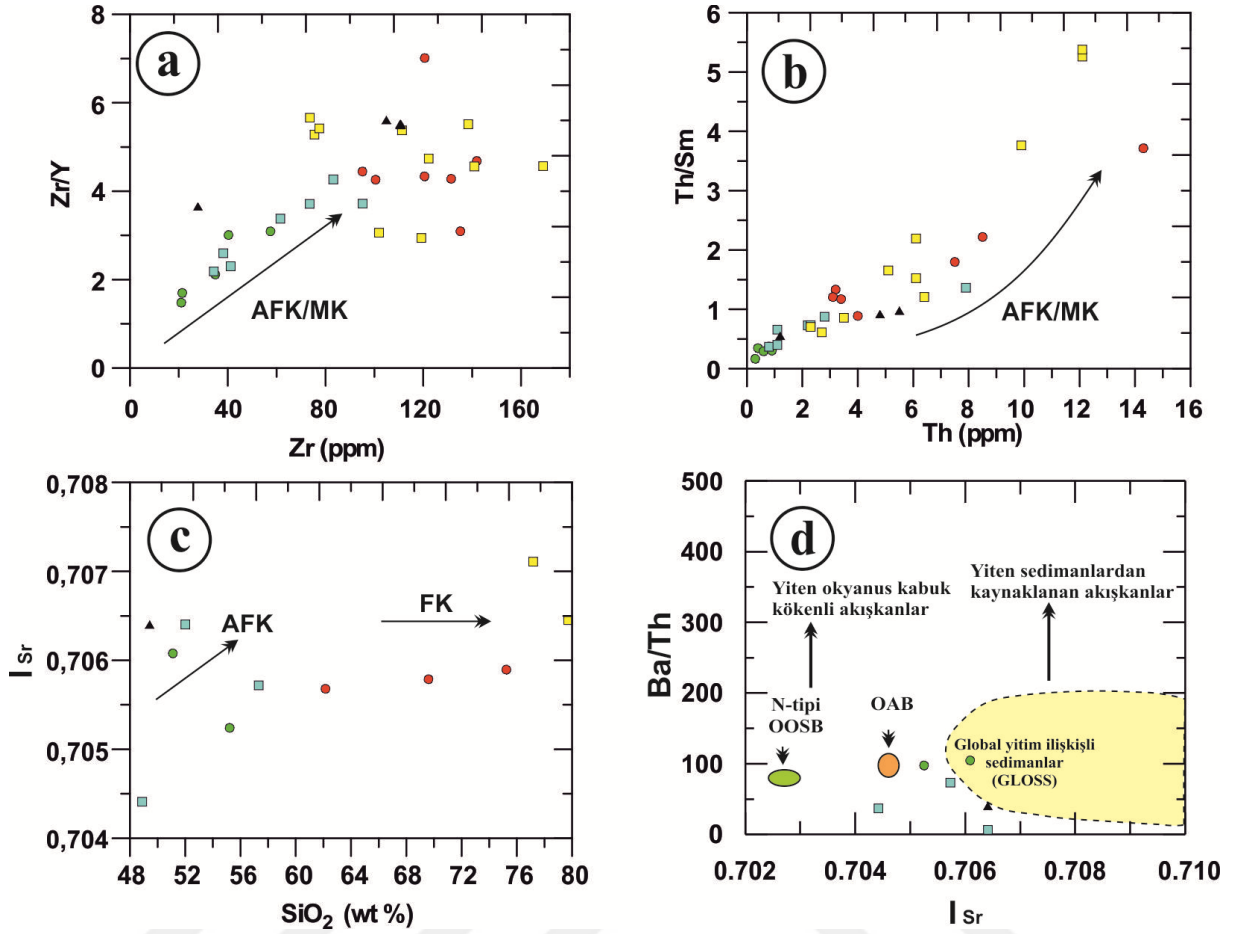
Şekil 39. Borçka ve Artvin yörelerindeki volkanitlerin Y-Sr/Y diyagramları (Defant ve Drummond, 1990). Semboller Şekil 21'deki gibidir.



Şekil 40. Borçka ve Artvin volkanitlerin $Yb_N - (La/Yb)_N$ diyagramı (Defant ve Drummond, 1990). Semboller Şekil 21'deki gibidir.



Şekil 41. İncelenen volkanitlerin Ga/Al-Zr ve Ga/Al-Nb diyagramları (Whalen vd., 1987). Semboller Şekil 21'deki gibidir.



Şekil 42. Borçka ve Artvin yöresindeki volkanitlerin magmatik prosesleriyle ilgili diyagramlar. AFK: Asimilasyon ve Fraksiyonel Kristallenme, FK: Fraksiyonel Kristallenme, MK: Magma karışımı. N-tipi OOSB: Normal-tip okyanus ortası sırtı bazaltları ve OAB: okyanus adası bazaltları Saunders ve Tarney (1984)'den; GLOSS, Plank ve Langmuir (1988)'den alınmıştır. Semboller Şekil 21'deki gibidir.

Tablo 4. Sakarya Zonu Doğusundaki Geç Kretase yaşlı magmatik kayaçların karşılaştırmalı jeokronolojik yaşları

Bölge	Lokasyon	Formasyon	Radyometrik Veriler			Yaş	Litoloji	Kaynaklar
			Yaş (My)	Yöntem	Ref.			
GİRESUN	Görel Vadisi (Çanakçı)	Kızılkaya	88.6±1.4 85±1.2	SHRIMP U-Pb zirkon	z	Koniasiyen-Santoniyen	Kuvarsporfir, Dasit	^z Aydın vd., 2016
	Harşit Vadisi (Tirebolu)	Tirebolu	83.7±0.6 80.8±1	SHRIMP U-Pb zirkon	z	Üst Santoniyen-Alt Kampaniyen	Biyotitli porfirik riyolit	^z Aydın vd., 2016
	Harşit Vadisi	Kızılkaya	91.1±1.3	SHRIMP U-Pb zirkon	a	Üst Turoniyen	Riyolitik hyaloklastit Dasit	^a Eyüboğlu vd., 2014
	Harşit Vadisi	Tirebolu	83.1±1.5	SHRIMP U-Pb zirkon	a	Üst Santoniyen-Alt Kampaniyen	Riyolit	^a Eyüboğlu vd., 2014
	Harşit Vadisi Dereli	Doğankent	79.7±0.75 84.2±3.2-71.4±1	Ar-Ar (Hornblend) K-Ar (Tüm kayaç)	b c	Orta Kampaniyen	Hornblendli tonalit Granodiyorit	^b Karşlı vd., 2010a ^c Moore vd, 1980
	Emeksen	-	79±0.5 78.5±1 78±0.5	LA-ICP MS U-Pb zirkon	d	Orta Kampaniyen	Granodiyorit Granit Porfirik granit	^d Delibaş vd., 2016
	ARTVİN	Hatila Vadisi	Kızılkaya	86.5±1	SHRIMP U-Pb zirkon	+	Üst Koniasiyen-Orta Santoniyen	Porfiritik riyolit
Erenler-Sümbüllü		Tirebolu	83.5±1.2	SHRIMP U-Pb zirkon	+	Üst Santoniyen-Alt Kampaniyen	Riyolitik breş	+ Bu Çalışma
Pirnalli		-	81.2±1	SHRIMP U-Pb zirkon	e	Alt Kampaniyen	Kuvars monzonit	^e Karşlı vd., 2012
SİNOP	İnceburun	Hamsaros	81.78±0.33 82.69±2.8 82.49±0.53	Ar-Ar (Tüm kayaç)	f	Alt Kampaniyen	Şoşonitik bazalt Şoşonitik bazalt Yüksek-K kalk-alkali bazaltik andezit	^f Asan vd., 2014
AMASYA	Yeşilirmak Vadisi	Lokman	76.78±0.19 77.43±0.15 75.83±0.09 70.1±1.3	Ar-Ar (Flogopit) Ar-Ar (Flogopit) Ar-Ar (K-feldispat) Ar-Ar (Tüm kayaç)	g	Üst Kampaniyen-Alt Mastrohiyen	Lamprofir (Minet) Lamprofir (Minet) Trakit Trakit	^g Gülmez ve Genç, 2016
ORDU	Artıklı-Yokuşdibi	-	86.02±0.52 82.21±0.8 81.29±0.5 76.45±0.21	Ar-Ar (Tüm kayaç) Ar-Ar (Tüm kayaç) LA-ICP MS U-Pb zirkon Ar-Ar (Tüm kayaç)	h	Santoniyen-Kampaniyen	Bazalt Andezit Riyodasit Bazaltik andezit	^h Özdamar, 2016
	Elbeyli	-	77±1	LA-ICP MS U-Pb zirkon	d	Orta Kampaniyen	Monzonit, monzodiyorit	^d Delibaş vd., 2016

Tablo 4'ün devamı.

Bölge	Lokasyon	Formasyon	Radyometrik Veriler			Yaş	Litoloji	Kaynaklar	
			Yaş (My)	Yöntem	Ref.				
TRABZON	Hayrat-Balaban	Çağlayan	84.9±1.7	SHRIMP U-Pb zirkon	z	Üst Santoniyen	Bazaltik dayk	^z Aydın vd., 2016	
	Güzelyayla Maçka	-	81.5±1	LA-ICP MS U-Pb zirkon	d	Alt Kampaniyen	Dasitporfir	^d Delibaş vd., 2016	
			79.97±0.97	LA-ICP MS U-Pb zirkon	k	Alt Kampaniyen	Hornblendli tonalitporfir	^k Aydın, 2014	
			81.37±0.5	Ar-Ar (Hornblend)					
			73±9	“Fission Track” zirkon					
	Araklı	Boğalı	75.7±1.55	K-Ar (Hornblend)	m	Kampaniyen-Mastrihtiyen Üst Kampaniyen-Alt Paleosen	K-feldispat monzogranit	^m Yılmazşahin, 2005	
	Araklı	Çamlıkaya	64.2±1.72	K-Ar (Hornblend)	n	Erken-Alt Kretase (Valanjiniyen)	Hornblendli granit	ⁿ Boztuğ ve Harlavan, 2008	
Camiboğazı	-	138.5±2.2	LA-ICP MS U-Pb zirkon	p	Orta-Üst Kampaniyen	Diyorit Monzodiyorit Monzonit Granit	^p Kaygusuz vd., 2014		
GÜMÜŞHANE	Torul	-	76.21±0.79	Rb-Sr (Biyotit)	r	Orta Kampaniyen	Siyenogranit	^r Kaygusuz vd., 2008	
	Turnagöl	-	77.9±0.3	LA-ICP MS U-Pb zirkon	s	Orta Kampaniyen	Granodiyorit	^s Kaygusuz vd., 2013	
	Köprübaşı	-	78.07±0.73	SHRIMP U-Pb zirkon	t	Orta Kampaniyen	Granodiyorit	^t Kaygusuz ve Şen, 2011	
	Sarıosman	-	79.3±1.4	SHRIMP U-Pb zirkon	u	Alt Kampaniyen	Biyotit-hornblend monzogranit	^u Kaygusuz vd., 2009	
RİZE	İkizdere	-	82.7±1.5	SHRIMP U-Pb zirkon	v	Orta Kampaniyen	Monzonit	^v Evcimen, 2011	
	Kaçkarlar	-	76.21±0,79	K-Ar (tüm kayaç)	c	Orta Kampaniyen	Granodiyorit		
ERZURUM	İspir-Ulutaş	-	79.3±1	LA-ICP MS U-Pb zirkon	d	Erken-Alt Kretase (Hotriviyen-Valanjiniyen)	Granitporfir Kuvarsporfir	^d Delibaş vd., 2016	
			133±0.5						
			131.5±1						

4.3. Jeotermobarometre Hesaplamaları ve Magma Odası Kristallenme Şartları

Borçka ve Artvin yöresindeki Geç Kretase yaşlı Çatak, Kızılkaya, Çağlayan ve Tirebolu Formasyonları'na ait volkanik kayalardan ve söz konusu bu birimler ile ilişkili Cankurtaran Formasyonu'na ait mafik dayk ve sillerden seçilen kayaç örneklerinin, dokusal ve mineralojik özelliklerinin yanı sıra mineral bileşimleri de incelenerek, söz konusu inceleme alanındaki kayaları oluşturan magmaların kristallenme şartlarının ve gelişim süreçlerinin belirlenmesi amaçlanmış ve Geç Kretase yaşlı volkanik kayaların jeotermobarometre sonuçları birbirleriyle karşılaştırılmıştır (Tablo 5).

Geç Kretase yaşlı volkano-sedimenter istifteki Çatak ve Çağlayan Formasyonları'na ait mafik volkanitlerde bulunan klinopiroksenlerde ergiyik-mineral dengesi dikkate alınarak klinopiroksen termobarometresi (Putirka, 2008) kullanılmış ve kristallenme basınç ve sıcaklıkları ile magma odası kristallenme derinlikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Daha sonra yeniden Putirka (2008)'ya göre hem mafik hem de felsik kayalarda (Kızılkaya, Çağlayan ve Tirebolu) iki feldispat termometresi kullanılarak feldispatların kristallenme sıcaklıkları tespit edilmiştir. Özellikle felsik kayalarda (Kızılkaya ve Tirebolu) tüm kayaç zirkon termometresi (Watson vd., 2006) kullanılarak dasitik ve riyolitik kayaların kristallenme sıcaklıkları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Son olarak jeotermobarometrik yöntemlerden elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak Tablo 5'de verilmiştir.

Borçka ve Artvin yörelerindeki Çatak ve Çağlayan Formasyonları'na ait mafik volkanik kayaların kristallenme sıcaklıkları birbirine benzerlik sunmasına karşın, kristallenme basınçları oldukça farklıdır (Tablo 5). Çağlayan Formasyonu'na ait mafik volkanik kayalarda kristallenme basınçları 7.5 ± 0.3 kbar ve bu basınçlara karşılık gelen derinlikleri 22.5 ± 0.9 km arasında değişir. Buna karşılık, Çatak Formasyonu'na ait mafik volkanitlerin kristallenme basınçları ve karşılık gelen kristallenme derinlikleri (1.8 ± 0.3 kbar ve 5.4 ± 0.9 km) oldukça düşüktür (Tablo 5). Elde edilen bu sonuçlar, Borçka ve Artvin yöresindeki bazaltik kayaları oluşturan magmanın, Geç Kretase döneminde bölgedeki kabuk kalınlığı düşünüldüğünde, alt kabuk derinliklerinde, Çağlayan magmasının ise orta kabuk derinliğinde kristallenmeye başladığını göstermektedir. İki feldispat termometresinden hesaplanan sıcaklıklar felsik volkanik kayalara göre, mafik volkanitlerde daha yüksektir ve kayaların kimyasal karakterleriyle uyumludur.

Tablo 5. İnceleme alanındaki Geç Kretase yaşlı formasyonlara ait volkanitlerin karşılaştırmalı jeotermobarometre sonuçları

Formasyon	Örnek Türü	Kayaç Türü/ Bileşimi	Klinopiroksen		Klinopiroksen		İki-feldispat	Zr (Tüm kayaç)	
			T (°C) ^a		P (kbar) ^b				D (km) ^c
			Fenokristal (merkez)	Fenokristal (kenar)- mikrokristal	Fenokristal (merkez)	Fenokristal (kenar)- mikrokristal			
Çatak	Masif/Dayk/ Hyaloklastit	B-BA	1147±53	1196±95	1.6±0.4	1.8±0.3	5.4±0.9	840±70	-
		B	-	-	-	-	-	835±51	-
Kızılkaya	Stok/Dayk/ Hyaloklastit	Porfir-D	-	-	-	-	-	-	738±26
		D-RD	-	-	-	-	-	734±81	754±27
Çağlayan	Masif/Dayk/ Hyaloklastit	Do	-	1142±43	-	7.5±0.3	22.5±0.9	931±30	-
		B-BA	-	-	-	-	-	517±30	-
Tirebolu	Stok/Dayk Hyaloklastit	RD	-	-	-	-	-	-	724±54
		Porfir-R	-	-	-	-	-	667±30	746±39
Cankurtaran	Dayk	B	-	-	-	-	-	-	-

Not: Klinopiroksen termometre ^a ve barometresi ^b (Putirka, 2008); Klinopiroksen basınçlarına göre hesaplanan kristallenme derinliği ^c (1km ~ 3kbar). İki feldispat termometresi ^d (Putirka, 2008); Zirkon termometresi ^e (Watson vd., 2006).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında elde edilen temel sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1- Kuzeydoğu Türkiye’de, Borçka ve Artvin yörelerine ait Geç Kretase döneminin volkanostratigrafisi ve jeokronolojisi ilk defa bu tez kapsamında detaylı olarak çalışılmış olup, bundan sonra yapılacak olan jeolojik çalışmalara altlık oluşturacak veriler elde edilmiştir.

2- Gerek güncel volkanostratigrafik çalışmalara ve gerekse de U-Pb zirkon yaşlarına göre, Geç Kretase-Paleosen dönemi inceleme alanında birbirini takip eden mafik ve felsik volkanik kayaç serileriyle karakterize edilmektedir. Söz konusu bu serilerin kırmızı biyomikritlerin baskın olduğu sedimanter kayaçlarla ardalanmalı olması, bütün seri boyunca volkanizmanın su altında meydana geldiğini ortaya koymaktadır.

3- Mafik volkanik ürünler üç seviye halinde olup, volkano-sedimanter istifin alt, orta ve en üst seviyelerinde görülürler. İlk felsik ürün başlıca dasitik bileşimli ve ikinci felsik ürün ise riyolitik karakterlidir.

4- Volkano-sedimanter istifin bazalt ve bazaltik andezitleri büyük çoğunlukla porfiritik ve hyalo-mikrolitik porfiritik doku göstermekte olup, plag+kpir+mag mikrokristallerinden meydana gelen bir hamur içinde kalsik plajiyoklas ve ojit=ol fenokristalleri içerirler. Vitrofirik dokunun hakim olduğu volkanik istifin dasitik ve riyolitik kayaçlarında çoğunlukla feldispat ve kuvars bulunur.

5- Tez konusu mafik ve felsik volkanitler çoğunlukla toleyitikten kalk-alkaliye değişen geçişli jeokimyasal bir karaktere sahiptir ve tipik yay jeokimyasına işaret ederler.

6- Sr-Nd-Pb izotopik bileşimleri dikkate alındığında, kökensel olarak birbirleriyle ilişkili mafik volkanik kayaçların felsik volkanitlerin hem kendi içinde hem de bölgedeki aynı yaşlı ve yitim ilişkili granitik kayaçlarla bazı farklılıklar içerdiği gözlenir.

7- Volkano-sedimanter istiftteki tüm mafik kayaçlar için, tüketilmiş ve sonrasında metazomatizmaya uğramış bir manto, felsik kayaçlar için ise, fraksiyonel kristallenme ve kısmen kıtasal kontaminasyona uğramış veya alt kabuk türevli mafik-ortaç kayaçlar kaynak olarak düşünülmektedir.

8- Bu tez kapsamında elde edilen sonuçlar, KD Türkiye'deki VMS-tip maden yataklarıyla ilişkili Geç Kretase volkanik aktivitenin zamanı ve kökeni hakkında ve özellikle bu volkanizma ile ilişkili bölgesel jeodinamik gelişimin tekrar gözden geçirilmesini gerektirecek kadar ilginç ve önemlidir. Dolayısıyla bu tez bundan sonraki süreçlerde ekonomik anlamda yapılacak çalışmalar için bir temel oluşturması bakımından önem taşımaktadır. Ancak volkanik istifin alt, orta ve en üst seviyelerinde bulunan mafik volkanik kayaların yaşlandırılması Geç Kretase volkanizmasının oluşum zamanını ve gelişim sürecini değerlendirmede önem arz ettiğinden, ileride bu konularda daha detaylı çalışma yapılması önerilmektedir.



6. KAYNAKLAR

- Adamia, Sh., Bayraktutan, S., Lordkipanidze, M., Kuloshvili, S., Maisuradze, G., ve Chkhotua, T., 1992. Geology of the Eastern Pontides (Artvin and Erzurum Districts), Geol. Inst. Ac. Sci. Georgia, 124.
- Akıncı, Ö., Barbieri, M., Calderoni, G., Ferrini, V., Masi, U., Nicoletti, M., Petruciani, C., ve Tolomeo, L., 1991. The Geochemistry of Hydrothermally Altered Rocks of the Lower Volcanic Cycle from the Eastern Pontides (Trabzon, NE Turkey), Chem. Erde, 51, 173-186.
- Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H.P., Satır, M., ve Lahaye, Y., 2008. Geochemical and Sr–Nd–Pb isotopic characteristics of Paleocene Plagioclinites from the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 105, 149–161.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H., 1997. Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide Volcanic Rocks, Northern Turkey, Chem. Erde, 57, 157-187.
- 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, 10, 1007, 410-013-0868-3.
- Asan, K., Kurt, H., Francis, D. ve Morgan, G., 2014. Petrogenesis of the Late Cretaceous K-rich Volcanic Rocks from the Central Pontide Orogenic Belt, N Turkey. Island Arc, 23, 102–124.
- Aydıncakır, E., Borçka (Artvin, KD-Türkiye) Yöresi Tersiyer Volkanitlerinin Petrografisi, Jeokimyası ve Petrojenezi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2012.
- Aydıncakır, E. ve Şen, C., 2013. Petrogenesis of the Post-Collisional Volcanic Rocks from the Borçka (Artvin) area: Implications for the Evolution of the Eocene Magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 172-173, 98-117.
- Aydıncakır, E., 2014. The Petrogenesis of Early-Eocene Non-Adakitic Volcanism in NE Turkey: Constraints on Geodynamic Implications, Lithos, 208, 361-377.
- Aydin, F., 2014, Geochronology, Geochemistry and Petrogenesis of the Maçka Subvolcanic Intrusions: Implications for the late Cretaceous Magmatic and Geodynamic Evolution of the Eastern Part of the Sakarya Zone, Northeastern Turkey, International Geology Review, 56,10, 1246-1275.

- Aydin, F., Karsli, 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.
- Aydin, F., Thompson, R., Karsli, O., Uchida, H., Burt, J.B. ve Downs, R.T., 2009a. C2/c Pyroxene Phenocrysts from There 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.
- Aydin, F., Karsli, O. ve Sadıklar, M. B., 2009b. Compositional Variations and Zoning Types of Low-Pressure Clinopyroxene Phenocrysts in Neogene Alkaline Volcanic Rocks with Petrogenetic Implications, NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 18, 163-186.
- Aydin, F., Şen, C., Dokuz, A., Kandemir, R., Sarı, B., Uysal, İ., Oğuz, S. ve Başer, R., 2016. Kuzeydoğu Türkiye Geç Kretase Volkanizmasının Petrolojisi ve Kökeni: Doğu Pontidler Geç Mesozoyik Jeodinamik Evrimi İçin Yeni Bulgular, Tübitak Projesi, ÇAYDAĞ 112Y365.
- Bacon, C. R. ve Hirschmann, M. M., 1988. Mg/Mn Partitioning as a Test for Equilibrium Between Coexisting Fe-Ti Oxides, American Mineralogist, 73, 57-61.
- Batchelor, R. A. ve Bowden, P., 1985. Petrologic Interpretation of granitoid Rocks Series Using Multicationic Parameters, Chemical Geology, 48, 43-55.
- Bektaş, O., Şen, C., Atıcı, Y. ve Köprübaşı, N., 1999. Migration of the Upper Cretaceous Subduction-Related Volcanism towards The Back-Arc Basin of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), Geological Journal, 34, 95-106.
- Black, L. P., Kamo, S. L., Allen, C. M., Aleinikoff, J. A., Davis, D. W., Korsch, J. R. ve Foudolis, C., 2003. TEMORA 1: A New Zircon Standard for Phanerozoic U-Pb Geochronology, Chemical Geology, 200, 155-170.
- Boztuğ, D., Erçin, A.I., Kuruçelik, M.K., Göç, D., Kömür, İ. ve İskenderoğlu, A., 2006. Geochemical Characteristics of the Composite Kackar Batholith Generated in a Neo-Tethyan Convergence System, Eastern Pontides, Turkey, Journal of Asian Earth Sciences, 27, 286-302.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R., Wagner, G.A., Ercin, A. I. ve Yegingil, Z., 2007. Titanite and Zircon Fission- Track Dating Resolves Successive İgneous Episodes in the Formation of the Composite Kackar Batholith in the Turkish Eastern Pontides, International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau), 96, 875-886.
- Boztuğ, D. ve Harlavan, Y., 2008. K-Ar Ages of Granitoids Unravel The Stages of Neo-Tethyan Convergence in the Eastern Pontides and Central Anatolia, Turkey, International Journal of Earth Sciences, 97, 585–599.

- Çamur, Z., Güven, İ. H. ve Er, M., 1996. Geochemical Characteristics of the Eastern Pontide Volcanics, Turkey: An Example of Multiple Volcanic Cycles in the Arc Evolution, Turk. Jour. Earth Sci., 5, 123-144.
- Çapkınoğlu, Ş., Borçka-Çavuşlu (Hopa) Arasının Jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1981.
- Cumming, G. L. ve Richards, J. R., 1975. Ore Lead İsootope Ratios in a Continuously Changing Earth, Earth Planet Sci. Lett., 28, 155-171.
- Deer, W. A., Howie, R. A. ve Zussman, J., 1992. An Introduction to the Rock-Forming Minerals, Harlow-Longman, 696.
- Defant, M. J. ve Drummond, M. S., 1990. Derivation of Some Modern Arc Magmas by Partial Melting of Young Subducted Lithosphere, Nature, 347, 662-665.
- Delibaş, O., Moritz, R., Ulianov, A., Chiaradia, M., Saraç, C., Revan, M. K. ve Göç, D., 2016. Cretaceous Subduction-Related Magmatism and Associated Porphyry-Type Cu-Mo Prospects in the Eastern Pontides, Turkey: New Constraints From Geochronology and Geochemistry, Lithos, 248-251, 119-137.
- Dokuz, A. ve Tanyolu, E., 2006. Geochemical Constraints on the Provenance, Mineral Sorting and Subaerial Weathering of Lower Jurassic and Upper Cretaceous Clastic Rocks from the Eastern Pontides, Yusufeli (Artvin), NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 15, 181-209.
- Dokuz, A., Karşlı, O., Chen, B. ve Uysal, I., 2010. Sources and Petrogenesis of Jurassic Granitoids in the Yusufeli area, Northeastern Turkey: Implications for Pre-and Post-Collisional Lithospheric Thinning of the Eastern Pontides, Tectonophysics, 480, 259-279.
- Dokuz, A., Uysal, İ., Siebel, W., Turan, M., Duncan, R. ve Akçay, M., 2013. Post-Collisional Adakitic Volcanism in the Eastern Part of the Sakarya Zone, Turkey: Evidence For Slab and Crustal Melting, Contrib. Mineral. Petrol., 166, 1443-1468.
- Dursun, Ö., 1980. Doğu Karadeniz Hopa İlçesi Çevresi Bölgesinde Çimento Hammaddesi Ön Araştırmaları, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Rapor No: 6911, Ankara (yayımlanmamış).
- 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.
- Ereren, M. ve Şatır, F. 1976. Artvin-Hot ve Yakın Yöresinin Cu, Pb, Zn, Cevherleşmesine Ait 1/25 000 Ölçekli Jeoloji Raporu, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Maden Etüt Rapor No: 350, Ankara.

- Evcimen, Ö. İkizdere Plütunu'nun (KD-Türkiye) U-Pb Jeokronolojisi, Petrolojisi ve Jeodinamik Önemi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, 2011.
- Eyüboğlu, Y., Dilek, Y., Bozkurt, E., Bektaş, O., Rojay, B. ve Şen, C., 2010. Structure and Geochemistry of an Alaskan-type Ultramafic-Mafic Complex in the Eastern Pontides, NE Turkey, Gondwana Research, 18, 230–252.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M. ve Chung, S. L., 2011. Crystal Fractionation of Adakitic Magmas in the Crust-Mantle Transition Zone: Petrology, Geochemistry and U-Pb Zircon Chronology of the Seme Adakites, Eastern Pontides, NE Turkey, Lithos, 121, 151–166.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Yi, K., Tüysüz, N., Korkmaz, S., Akaryali, E., Dudas, F. ve Bektaş, O., 2014. The Eastern Black Sea-type Volcanogenic Massive Sulfide Deposits: Geochemistry, Zircon U-Pb Geochronology and an Overview of the Geodynamics of Ore Genesis, Ore Geology Reviews, 59, 29–54.
- Gedikoğlu, A. Harşit Granit Karmaşığı ve Çevre Kayaçları, Doktora Tezi, KTÜ, (Yayınlanmamış), Trabzon, 1978.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S. ve Özsayar, T. 1982. Gököy (Ordu) Yöresinde Bir Paleokaldera ile Cevherleşmelerin Konumu Arasındaki İlişkiler, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi, 2-1-2, 117-130.
- Genç, S. ve Güven, İ. H., 1994. Doğu Pontidler'de Volkanizma ve Jeotektonik Gelişim, Yomra (Trabzon) – Keşap (Giresun) - Kelkit (Gümüşhane) Yöresi, KD Türkiye, Türkiye Jeoloji Bülteni, C3791-12.
- Gill, J. B., 1981, Orogenic Andesites and Plate Tectonics, Springer, New York, 390.
- Gülmez, F. ve Genç, Ş. C., 2015. Differentiation Processes in late Cretaceous Ultrapotassic Volcanics Around Amasya, Bull. Min. Res. Exp., 151, 149-168.
- Güven, İ. H., 1993. Doğu Pontidler'in 1/250.000 Ölçekli Kompilasyonu, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Ankara, 98.
- Güven, İ.H., 1998, Doğu Pontidler'in 1/100 000 Ölçekli Açın-sama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları No:59 TRABZON-C30 ve D30 Paftaları, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Hastie A. R., Kerr A. C., Pearce J. A. ve Mitchell S. F., 2007. Classification of Altered Volcanic Island Arc Rocks Using Immobile Trace Elements: Development of The Th-Co Discrimination Diagram, Journal of Petrology, 48, 2341–57.
- Irvine, T. N. ve Baragar, W. R. A., 1971. A Guide to Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks, Can J. Earth Sci., 8, 523–548.

- Karsli, O., Aydin, F. ve Sadiklar, M.B., 2004. The Morphology and Chemistry of K-Feldspar Megacrysts from Ikizdere Pluton: Evidence for Acid and Basic Magma Interactions in Granitoid Rocks, NE Turkey, Chemie der Erde-Geochemistry, 64, 155-170.
- Karsli, O., Dokuz, A., Uysal, I., Aydin, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2010a. Relative Contributions of Crust and Mantle to Generation of Campanian High-K Calc-Alkaline I-Type Granitoids in a Subduction Setting with Special Reference to the Harsit Pluton, Eastern Turkey, Contributions to Mineralogy and Petrology, 160, 467-487.
- Karsli, O., Dokuz, A., Uysal, I., Aydin, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2010b. Generation of the Early Cenozoic Adakitic Volcanism by Partial Melting of Mafic Lower Crust, Eastern Turkey: Implications for Crustal Thickening to Delamination, Lithos, 114, 109-120.
- Karsli, O., Ketenci, M., Uysal, I., Dokuz, A., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2011. Adakite-Like Granitoid Porphyries in the Eastern Pontides, NE Turkey: Potential Parental Melts and Geodynamic Implications, Lithos, 127, 354-372.
- Karsli, O., Dokuz, A., Uysal, I., Ketenci M., Chen, B. ve Kandemir R., 2012. Deciphering the Shoshonitic Monzonites with I-type Characteristic the Sidağ Pluton, NE Turkey: Magmatic Response to Continental Lithospheric Thinning, Journal of Asian Earth Sciences, 51, 45-62.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Şen, C. ve Satir, 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., Chen, B., Aslan, Z., Siebel, W. ve Şen, C., 2009a. U-Pb SHRIMP Zircon Ages, Geochemical and Sr-Nd Isotopic Compositions of the Late Cretaceous I-type Sariosman Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey, Turkish J. Earth Sci., 18, 549-581.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E., 2009b. Mineralogy, Whole-Rock and Sr-Nd Isotope Geochemistry of Mafic Microgranular Enclaves in Cretaceous Dagbasi Granitoids, Eastern Pontides, NE Turkey: Evidence of Magma Mixing, Mingling and Chemical Equilibration, Chemie der Erde, 69, 247-277.
- Kaygusuz, A., Arslan M., Wolfgang S., Sipahi F., İlbeyli N. ve Temizel, İ., 2014. LA-ICP MS Zircon Dating, Whole-Rock and Sr-Nd-Pb-O Isotope Geochemistry of the Camiboğazı Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for Lithospheric Mantle and Lower Crustal Sources in Arc-Related I-Type Magmatism, Lithos, 192-195, 271-290.
- Kaymakci N., Rojay, B., Sangu, E. ve Ertepinar-Kaymakçı, P., 2007. Orta ve Doğu Pontidlerin Kretase-Tersiyer Jeodinamiği, Tübitak Projesi, ÇAYDAĞ-105Y146.

- Keskin İ., 2013, 1/100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:179 ARTVİN-E47 ve F47 Paftaları, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Keskin, M., Genç, Ş. C. ve Tüysüz, O., 2008. Petrology and Geochemistry of Post-Collisional Middle Eocene Volcanic Units in North-Central Turkey: Evidence for Magma Generation by Slab Breakoff Following the Closure of the Northern Neotethys Ocean, Lithos, 104, 267–305.
- Ketin, İ., 1966. Türkiye'nin Tektonik Birlikleri, MTA Yayını, 66, 113-127, Ankara.
- Korkmaz, S., 1993. Tonya-Düzköy (GB Trabzon) Yöresinin Stratigrafisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 36, 151-158.
- Kraeff, A., 1963. Hopa-Murgul Bölgesi Jeolojisi ve Maden Yatakları, Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 60, 44-59, Ankara.
- Kuno, H., 1968. Differentiation of Basalt Magmas In: Hess, H.H., Poldervaart, A., (eds), Basalts: The Poldervaart Treatise on Rocks of Basaltic Composition, Interscience, New York, 2, 623-688.
- Kurt, İ., Özkan, M., Karşlı, Ş. ve Çolak T., 2005. Keşap (Giresun), Çarşıbaşı (Trabzon), Torul (Gümüşhane) Arasının Jeolojisi, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Maden Etüt ve Arama Dairesi, Trabzon.
- Kurt, İ., Özkan, M., Karşlı, Ş., Çolak, T. ve Topçu, T., 2006. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Jeodinamik ve Metalojenik Evrimi (Keşap, Giresun-Çarşıbaşı, Trabzon-Torul, Gümüşhane Arasının Jeolojisi). MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 10875.
- Le maitre, R. W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J. ve Er, A., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Term: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Manetti, P., Peccerillo, A., Poli, G. ve Corsini, F., 1983. Petrochemical Constraints on the Models of Cretaceous-Eocene Tectonic Evolution of the Eastern Pontic Chain (Turkey), Cretaceous Research, 4, 159-172.
- Maniar, P.D. ve Piccoli, P.M., 1989. Tectonic Discrimination of Granitoids, Geol. Soc. Amer. Bull., 101, 635–643.
- McDonough, W. F. ve Sun, S. S., 1995. The Composition of the Earth, Chem. Geol., 120, 223 – 253.
- Mckenzie, D. ve O'Nions, R. K., 1983. Mantle Reservoirs and Oceanic Island Basalts, Nature, 301, 229-231.
- Miyashiro, A., 1974. Volcanic Rock Series in Island Arcs and Active Continental Margins, America Journal of Science, 274, 321-335.

- Moore, W. J., Mc Kee, E. H. ve Akinci, Ö., 1980. Chemistry and Chronology of Plutonic Rocks in the Pontide Mountains, Northern Turkey. Symposium of European Copper Deposit, Belgrade, 209–216.
- Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A.K., Ginzburg, I. V., Ross, M., Seifert, F. A., Zussman, J., Aoki, K. ve Gottardi, G., 1988. Nomenclature of Pyroxenes, American Mineralogist, 73, 1123–1133.
- Okay, A. I., Sengör, A. M. C. ve Görür, N., 1994. Kinematic History of the Opening of The Black Sea and Its Effect on the Surrounding Regions, Geology, 22, 267-270.
- Okay, A. I. ve Şahintürk, O., 1997. Geology of the Eastern Pontides, In: A. G. Robinson, (Ed.), Regional and Petroleum Geology of the Balack Sea ve Surrounding Region, AAPG Mem., 68, 291-311.
- Okay, A. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan Sutures of Northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horváth, F., Sérane, M. (Eds.), The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen, Geological Society of London, Special Publication, 156, 475–515.
- Özdamar, Ş., 2016. Geochemistry and Geochronology of late Mesozoic Volcanic Rocks in the Northern Part of the Eastern Pontide Orogenic Belt (NE Turkey): Implications for the Closure of the Neo-Tethys Ocean, Lithos, 248-251, 240-256.
- Pearce, J. A., 1982. Trace Element Characteristics of Lavas from Destructive Plate Boundaries. In: Thorpe, R.S. (eds) Andesites, Orogenic Andesites and Related Rocks, J. Wiley and Sons, 525-548.
- Pearce, J. A., Harris, N.B.W. ve Tindle, A.G., 1984. Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks, Journal of Petrology, 25, 956-983.
- Peccerillo, A. ve Taylor, S. R., 1976. Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from Kastamonu Area, Northern Turkey, Contributions to Mineralogy and Petrology, 58, 63-81.
- Plank, T. ve Langmuir, C.H., 1988. An Evaluation of the Global Variations in the Major Element Chemistry of Arc Basalt, Earth Planet. Sci. Lett., 90, 349–370.
- Putirka, K.D., 2008. Thermometers and Barometers for Volcanic Systems, 69, 61-120, In Putirka, K.D. & Tepley, F.E. Reviews in Mineralogy and Geochemistry 69, 61-120.
- Ramos, F. C., 1992. Isotope Geology of the Metamorphic Core of the Central Grouse Creek Mountains, Box Elder County, Utah, UCLA PhD Thesis.

- Rojay, B. ve Altıner, D., 1998. Middle Jurassic-Lower Cretaceous Biostratigraphy in the Central Pontide (Turkey): Remarks on the Paleogeography and Tectonic Evolution, Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, 104, 167-180.
- Rojay, B., Yalınız, K. ve Altıner, D., 2001. Age and Origin of Some Pillow Basalts from Ankara Melange and Their Tectonic Implications to the Evolution of Northern Branch of Neotethys, Central Anatolia, Turkish Journal of Earth Sciences, 10, 93-102.
- Ross, P.S. ve Bédard, J.H., 2009. Magmatic Affinity of Modern and Ancient Subalkaline Volcanic Rocks Determined from Trace Element Discriminant Diagrams, Canadian J. Earth Sci., 46-11, 823-839.
- Saunders, A.D. ve Tarney, J., 1984. Geochemical Characteristics of Basaltic Volcanism within Back-Arc Basins. In: Kokelaar, B.P. and Howells, M.F. (eds.), Marginal basin geology, Journal of the Geological Society London, Special Publication 16, 59-76.
- Schultze-Westrum, H. H., 1961. Das Geologische Profil des Aksudere Tales bei Giresun-Ein Beitrag zur Geologie und Lagerstättenkunde der Ost-Pontischen Erz- und Mineralprovinz, NE-Anatolien, M.T.A. Bulletin, 57, 65-74.
- Shervais, J. W., 1982. Ti-V Plots and the Petrogenesis of Modern and Ophiolitic Lavas, Earth Planet. Sci. Lett., 59, 101-118.
- Sipahi, F., Sadıklar, M.B. ve Şen, C., 2014. Geochemical and Sr-Nd isotopic Characteristics of Murgul (Artvin) Volcanic Rocks in the Eastern Black Sea Region (Northeast Turkey), Chemie der Erde, 74, 331-342.
- Sofracioğlu, D. ve Kandemir, R., 2013. The Upper Cretaceous Calciclastic Submarine Fan Deposits in the Eastern Pontides, NE Turkey: Facies Architecture and Controlling Factors, Turkish Journal of Earth Sciences, 22, 588-610.
- Sun, S. S. ve McDonough, W. E., 1989. Chemical and Isotopic systematics of Oceanic Basalts: Implications for Mantle Composition and Processes. Magmatism in the Ocean Basins: In: Saunders, A.D., Norry, M.J. (Eds.), Geological Society of London, Special Publication, 313-345.
- Şen, C., Arslan, M. ve Van, A., 1998. Geochemical and Petrological Characteristics of the Eastern Pontide Eocene (?) Alkaline Volcanic Province, NE Turkey, Turk. Jour. Earth Sci., 7, 231-239.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Temizel İ., Ulubey (Ordu-KD Türkiye) Yöresi Tersiyer Volkanitlerinin Petrografisi, Petrokimyası, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Jeokronolojisi, Sr-Nd İzotop Jeokimyası ve Petrojenezi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2008.

- Temizel İ., Arslan M., Ruffet G. ve Peucat J. J., 2012. Petrochemistry, Geochronology and Sr-Nd Isotopic Systematics 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, 126-147.
- Terlemez, İ. ve Yılmaz, A., 1980. Ünye-Ordu-Koyuhisar Reşadiye Arasında Kalan Bölgenin Stratigrafisi, TJK Bülteni, 23, 2, 179-19.
- Tokel, S., 1995. Magmatic and Geochemical Evolution of the Pontide Segment of the Northern Tethys Subduction System, In: Erler et al. (eds), Geology of the Black Sea Region, 163-170, Ankara.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W. H., Siebel, W., Satır, M. ve Dokuz, A., 2005. Post-Collisional Plutonism with Adakite-Like Signatures: the Eocene Saraycık granodiorite (Eastern Pontides, Turkey) Contribition Mineral Petrol., 150: 441–455.
- 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.
- Türk-Öz, E., Kopaevich, L., Vishnevskaya, V. ve Çapkınoğlu, Ş., 2016. Biostratigraphy of the Çeşmeler and Elmalı Dere formations: First Records of Upper Cretaceous Planktonic Foraminifera and Radiolarians from the Eastern Pontides (Maçka, Trabzon, Turkey), Stratigraphy and Geological Correlation, 24-2, 167-187.
- Ustaömer, T. ve Robertson, H. F. A., 2010. Late Paleozoic-Early Cenozoic Tectonic Development of the Eastern Pontides (Artvin area), Turkey: Stages of Closure of Tethys Along The Southern Margin of Eurasia, Special Publications, Geological Society of London, 340, 281-327.
- Watson, E.B., Wark, D.A. ve Thomas, J. B., 2006. Crystallization Thermometers for Zircon and Rutile, Contrib. Mineral. Petrol., 151, 413-433.
- Whalen, J.B., Currie, K.L. ve Chappell, B. W., 1987. A-type Granites: Geochemical Characteristics, Discrimination and Petrogenesis, Contributions to Mineral. Petrol., 95, 407-419.
- Williams, I. S. ve Claesson, S., 1987. Isotopic Evidence for the Precambrian Provenance and Caledonian Metamorphism of High Grade Paragneisses from the Seve Nappes, Scandinavian Caledonides. II: Ion Microprobe Zircon U-Th-Pb, Contribution to Mineralogy and Petrology, 97, 205-217.
- Wilson, M., 1989. Igneous Petrogenesis: A Global Tectonic Approach, Unwin Hyman, London.

- Winchester, J. A. ve Floyd, P. A., 1977. Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Differentiation Products Using Immobility Elements, Chem. Geol., 20, 325-343.
- Wolff, J. A. ve Ramos, F. C., 2003. Pb Isotope Variations Among Bandelier Tuff Feldspars: No Evidence for a Long-Lived Silicic Magma Chamber, Geology, 31, 533-536.
- Wood, D. A., 1980. The Application of a Th-Hf-Ta Diagram to Problems of Tectonomagmatic Classification and to Establishing The Nature of Crustal Contamination of Basaltic Lavas of the British Tertiary Volcanic Province, Earth and Planetary Science Letters, 50, 11-30.
- 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., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C. ve Şengör, A.M.C., 1997. Geology and Tectonic Evolution of the Pontides. In: Robinson, A.G., (Ed.), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region, American Association of Petroleum Geologists Memoir, 68, 183–226.
- Yılmaz, C., Şen, C. ve Özgür, S., 2001. Timing of the Earliest Andesitic Volcanicity Activity in the Eastern Pontide Volcanic Arc, Inter. Earth Sci. Coll. on the Aegean Region, İzmir, 47-55.
- Yılmaz-Şahin, S., 2005, Transition from Arc- to Post-Collision Extensional Setting Revealed by K-Ar Dating and Petrology: An Example from the Granitoids of the Eastern Pontides Igneous Terrane, Araklı-Trabzon, NE Turkey, Geological Journal, 40, 425-440.
- Zankl, H., 1961. Magmatismus und Bauplan des Ostpontischen Gebirges im Querprofil des Harşittales. N. E., Anatolien. Geolog. Rundschau, 51.
- Zindler, A. ve Hart, S.R., 1986. Chemical Geodynamics, Annual Review Earth Planetary Sciences, 14, 493-5.

7.EKLER



Ek Tablo 1. İnceleme alanındaki Geç Kretase yaşlı volkanik kayaların ayrıntılı litolojik, petrografik ve mineralojik özellikleri

Formasyon	Örnek No	Lokasyon	GPS Koordinat	Yükseklik	Litoloji	Kayaç Adı	Doku	Fenokristaller (%)	Hamur
Kızılkaya	Ah1	Hatila Vadisi	X:0734352 Y:4564436	590 m	Piroklastik akma çökeli	Kaynaşmış ignimbirit	Piroklastik	-	Dv. camı
Kaçkar Plütonu?	Ah2	Hatila Vadisi	X:0734175 Y:4564761	571 m	Kısmen sütunsal stok-intrüzif	Granodiyorit porfir veya granit porfir	Mikrokristalen porfiritik, glomeroporfirik, elek ve zonlu	Pl:20 Q:2-3	Q+K. Feld
Kaçkar Plütonu?	Ah3	Hatila Vadisi	X:0732402 Y:4565912	516 m	Masif yapılı-stok-intrüzif (bloklı)	Kuvars diyorit porfir	Mikrokristalen porfiritik, glomeroporfirik	Pl:15 Amp:10 Q:2-3	Q+K. Feld
Kızılkaya?	Ah4-1	Hatila Vadisi	X:0730268 Y:4564016	474 m	Belirgin sütunsal yapılı dayk-intrüzif	Dasit-Riyodasit	Porfiritik, sferülitik	Q:3-4 Pl:2-3	Q+K. Feld
Çatak	Ah4-2a	Hatila Vadisi	X:0730268 Y:4564016	474 m	Piroklastik akma çökeli içinde vol. blok	Bazalt	Mikrokristalen porfiritik, amigdoloidal	Pl:10	Pl+Op
Çatak	Ah4-2b	Hatila Vadisi	X:0730268 Y:4564016	474 m	Piroklastik akma çökeli içinde vol. blok	Bazalt-Traki bazalt	Trakitik, flüidal	-	Pl+Op
Kızılkaya?	Ah4-4	Hatila Vadisi	X:0730268 Y:4564016	474 m	Belirgin sütunsal yapılı sil-intrüzif	Dasit-Riyodasit	Porfiritik, yer yer sferülitik, glomero-porfirik ve elek	Q:2-3 K.Feld:4-5	Mikrokristalli Q+K. Feld
Kızılkaya?	Ah5	Hatila Vadisi	X:0730339 Y:4563869	466 m	Belirgin sütunsal yapılı stok-intrüzif	Dasit-Riyodasit	Porfiritik, yer yer sferülitik, glomero-porfirik ve elek	Q:3-4 Pl:6-7	Mikrokristalli Q+K. Feld
Kızılkaya?	Ah6	Hatila Vadisi	X:0730081 Y:4563646	441 m	Masif lav akıntısı	Dasit-Riyodasit	Hyalomikrolitik, yer yer vitrofirik ve sferülitik	Pl:4-5 Sa:2-3	Q+Feld+Kl+Kal
Kızılkaya?	Ah7	Hatila Vadisi	X:0729944 Y:4563638	433 m	Masif lav akıntısı	Dasit-Riyodasit	Porfiritik, yer yer sferülitik, glomero-porfirik ve elek	Pl:10	Q+K. Feld
Çatak	Ah8	Hatila Vadisi	X:0729724 Y:4563291	406 m	Piroklastik akma çökeli içinde vol. blok	Bazalt-Andezit	Porfiritik, amigdaloidal doku	Pl:20	Pl+Vesikül

Ek Tablo 1' in devamı

Formasyon	Örnek No	Lokasyon	GPS Koordinat	Yükseklik	Litoloji	Kayaç Adı	Doku	Fenokristaller (%)	Hamur
Çatak	Ah9	Hatila Vadisi	X:0728831 Y:4561971	462 m	Yastık yapılı	Bazalt	İntersertal, amigdaloidal	-	Pl+Op
Kaçkar Plütonu?	Ah10	Hatila Vadisi	X:0728482 Y:4561637	475 m	Kısmen sütunsal yapılı stok-intrüzif	Kuvars diyorit porfir	Mikrokristalen porfiritik, yer yer glomeroporfirik	Pl:20 Amp:4-5	Q+K.Feld+Kl
Kaçkar Plütonu?	Ah11	Hatila Vadisi	X:0728477 Y:4561640	497m.	Kısmen sütunsal yapılı stok-intrüzif	Dasit-Kuvars diyoritporfir	Mikrokristalen porfiritik	Pl:15 Q:5 Amp:5 (Kloritize) Oj:2-3	Pl+Q+Amp+Oj+Op
Kızılkaya	Ah12	Hatila Vadisi	X:0727827 Y:4561274	511m.	Masif lav akıntısı	Andezit-Dasit	Vitrofirik, yer yer glomeroporfirik, elek	Pl:20 Amp:5	Pl+Op+Kl+Kal
Kızılkaya	Ah13	Hatila Vadisi-Taşlıca Köyü	X:0727280 Y:4560585	558m.	Kısmen sütunsal yapılı stok-intrüzif	Dasit-Riyodasit	Hyalomikrokristalen porfiritik, kemirilme-körfez, glomeroporfirik	Q:10 Pl:15	Q+Pl+Kal+Ser+Kil+ yer yer silis
Kızılkaya	Ah14	Hatila Vadisi	X:0726167 Y:4559570	643m.	Masif lav akıntısı	Andezit-Dasit?	Mikrokristalen porfiritik	Q:5 Pl:10	Pl+Q+Kal+Kl+Op
Kızılkaya	Ah15	Hatila Vadisi	X:0725158 Y:4558480	752m.	Masif lav akıntısı	Andezit-Dasit?	Mikrokristalen porfiritik, elek	Q:5 Pl:20	Pl+Q+Kal+Kl+Op+Ep
Çatak	Ah16	Hatila Vadisi	X:0723812 Y:4558123	883m.	Masif lav akıntısı	Bazalt	Mikrolitik porfiritik	Pl:15 Oj:5	Pl+Oj+Op+Kl+Kal
Çatak	Ah17	Hatila Vadisi	X:0722143 Y:4557089	971m.	Piroklastik akma çökeli	Litik Kristal Tüf	Piroklastik	Kristal, Pl:15 Litik: 10	Pl+Op+Kl+Kal
Kızılkaya	Ae1	Erenler Köyü	X:0732691 Y:4569595	218 m	Masif stok-intrüzif	Kuvars porfir (Dasit-Riyodasit)	Mikrokristalen porfiritik, vitrofirik	Q:10 Pl:4-5 Sa:1-2	Q+Sa+Kal
Çağlayan	Ae2	Erenler Köyü	X:0732681 Y:4572262	257 m	Masif lav akıntısı?	Bazalt-Traki bazalt	Mikrolitik porfiritik, yer yer flüidal	Pl:2-3	Pl+Kal+Op
Çağlayan	Ae3	Erenler Köyü	X:0732681 Y:4572262	257 m	Masif lav akıntısı?	Bazalt-Traki bazalt	Flüidal, trakitik	Pl:1-2	Pl+Kal+Kl+Op

Ek Tablo 1' in devamı

Tirebolu	Ae4a	Erenler Köyü	X:0732681 Y:4572262	257 m	Epiklastik çökel içinde volkanik blok	Riyodasit-Riyolit	Hyaloporfiritik, yer yer sferülitik	Q:2-3 Sa:1-2 Pl:1-2	Dv. camı+sferülitik+Kal+Kil
Tirebolu	Ae4b	Erenler Köyü	X:0732681 Y:4572262	257 m	Epiklastik çökel içinde volkanik blok	Riyodasit-Riyolit	Akma, vitrofirik	Q:3-4	Dv. camı+Q+Kil+Sr
Tirebolu	Ae5	Erenler Köyü	X:0732681 Y:4572262	257 m	Epiklastik çökel içinde volkanik blok	Riyodasit-Riyolit	Akma, vitrofirik	Q:2-3 Sa:2-3	Dv. camı+Q+Kal+Kil+Sr+Mus
Tirebolu	Ae6	Erenler Köyü	X:0732681 Y:4572262	257 m	Epiklastik çökel içinde volkanik blok	Riyodasit-Riyolit	Akma, vitrofirik, yer yer glomero-porfiritik	Q:3-4 Sa:2-3	Dv. camı+Q+Kal+Kil+Sr
Tirebolu	Ae8	Erenler Köyü	X:0733107 Y:4571294	306 m	Epiklastik çökel içinde volkanik blok	Riyodasit-Riyolit	Sferülitik, akma	Q:1-2 Sa:1-2	Dv. camı+Q+Kal+Kil+Sr
Tirebolu	Ae9	Erenler Köyü	X:0733107 Y:4571294	306 m	Epiklastik çökel içinde volkanik blok	Riyodasit-Riyolit	Porfiritik	Pl:4-5	Pl+Q+Kal+Op+Kil
Çağlayan	Ae10	Erenler Köyü	X:0733102 Y:4571282	310 m	Masif lav akıntısı?	Bazalt	İntergranüler	-	Pl+Kal+Kl+Op
Çağlayan	Ae11a	Erenler Köyü	X:0733186 Y:4570903	286 m	Masif lav, yastık yapılı	Bazalt (spilitleşmiş)	Amigdaloidal ve intersertal	-	Pl+Kal+Kl+Op
Çağlayan	Ae11b	Erenler Köyü	X:0733186 Y:4570903	286 m	Masif lav, yastık yapılı	Bazalt (spilitleşmiş)	İntersertal	-	Pl+Q+Kal
Tirebolu	Ae12	Erenler Köyü	X:0733651 Y:4570954	328 m	Epiklastik çökel içinde volkanik blok	Riyodasit-Riyolit	Hyaloporfiritik, yer yer sferülitik	Q:2-3 Sa:1-2 Pl:1-2	Dv. camı+Kal+Kil+Sr+Sferülitik
Çağlayan	Ae13	Erenler Köyü	X:0733651 Y:4570954	328 m	Masif lav, yastık yapılı	Bazalt (spilitleşmiş)	İntersertal, yer yer amigdaloidal	-	Pl+Kal+Kl+Op
Bilenler (?Çağlayan)	Ae14	Erenler Köyü	X:0732927 Y:4570577	210 m	Masif lav akıntısı?	Bazalt	Mikrolitik porfiritik, glomeroporfiritik	Pl:15	Pl+K.Pir+Op+Kl
Tirebolu	Ae17	Erenler Köyü	X:0733224 Y:4570568	260 m	Piroklastik akma çökeline volkanik blok	Riyolit?	Vitrofirik, yer yer akma ve glomero-porfiritik	Pl:4-5 Q:1-2	Dv. camı+Q+Pl+Kil+Sr
Çağlayan	Ae18-1	Erenler Köyü	X:0733250 Y:4570566	270 m	Masif lav, yastık yapılı	Bazalt (spilitleşmiş)	Mikrolitik porfiritik	Pl:10	Pl+Kal+Op
Çağlayan	Ae18-2	Erenler Köyü	X:0733250 Y:4570566	270 m	Masif lav, yastık yapılı	Bazalt (spilitleşmiş)	Mikrolitik porfiritik	Pl:10	Pl+Kal+Op

Ek Tablo 1' in devamı

Çağlayan	Ae19	Erenler Köyü	X:0732737 Y:4570623	218m.	Masif lav akıntısı	Spilitik Bazalt	Mikrolitik	-	Pl+Kal+Op
Çağlayan	Ae20	Erenler Köyü	X:0732703 Y:4569569	218m.	Masif lav akıntısı	Spilitik Bazalt	Mikrolitik	-	Pl+Kal+Op
Çağlayan	Ab1	Borçka-Balcı	X:0735478 Y:4576333	664 m	Masif, bloklı	Dolerit	Doleritik	Pl:10 K.Pir:5 Op:1-2	Pl+Kpir+Op
Çağlayan	Ab2	Borçka-Balcı	X:0736793 Y:4576452	690 m	Masif lav akıntısı	Bazaltik andezit	Hyalomikrolitik porfiritik, glomeroporfirik, seri ve elek	Pl:20	Pl+Op+Kl
Tirebolu	Ab3	Borçka-Balcı	X:0736793 Y:4576452	690 m	Masif lav akıntısı	Riyodasit-Riyolit	Hyalomikrokristalen, yer yer porfiritik	Pl:2-3	Dv. camı+Q+K.Feld
Tirebolu	Ab4	Borçka-Balcı	X:0737156 Y:4576719	717m	Masif lav akıntısı	Riyodasit-Riyolit	Hyalomikrokristalen porfiritik	Pl:5-6 Q:1-2	Dv. camı+Q+K-feld
Tirebolu	Ab5	Borçka-Balcı	X:0737755 Y:4577099	788m	Masif lav akıntısı	Riyodasit-Riyolit	Camsı	-	Dv. camı+Q+K.Feld
Tirebolu	Ab6	Borçka-Balcı	X:0737208 Y:4576677	790m	Masif lav akıntısı	Riyolit	Porfiritik, yer yer akma ve glomeroporfirik	Pl:7-8	Dv. camı+Q+K.Feld
Tirebolu	Ab7	Borçka-Balcı	X:0737086 Y:4576779	833m	Masif lav akıntısı	Riyodasit-Riyolit	Porfiritik, yer yer akma ve glomeroporfirik	Pl:4-5	Dv. camı+Q+K.Feld
Kaçkar Plütonu?	Ab8	Borçka-Balcı	X:0737086 Y:4576779	833m	Masif stok-intrüzif	Adakitik porfirler	Porfiritik, yer yer glomeroporfirik	Pl:15 Amp:7-8 Kpir:3-4 Op:2-3	Pl+Amp+C.prx+Op
Tirebolu	Ab9	Borçka-Balcı	X:0737086 Y:4576779	833m	Masif lav akıntısı	Riyolit	Sferülitik, yer yer glomeroporfirik	Pl:2-3 K-feld.:1-2 Q:1-2	Dv. camı+Q+K.Feld
Tirebolu	Ab10	Borçka-Balcı	X:0737227 Y:4576851	857m	Masif lav akıntısı	Riyodasit-Riyolit	Hyalomikrokristalen, yer yer porfiritik	Pl:2-3	Q+K.Feld
Çağlayan	Ac1	Hopa	X:0708932 Y:4585599	155 m	Masif lav akıntısı	Bazalt	Amigdaloidal	-	Pl+Kl+Kal+Fe-oksit+Ze

Ek Tablo 1' in devamı

Tirebolu	Ac2a	Cankurtaran	X:0709578 Y:4586319	400 m	Piroklastik türbülans çökeli içindeki volkanik blok	Riyolit	Akma, sferülitik	Q:2-3 Pl:1-2 Sa:1	Sferülit+Op+Q
Tirebolu	Ac2b	Cankurtaran	X:0709578 Y:4586319	400 m	Piroklastik türbülans çökeli içindeki volkanik blok	Trakiandezit/ Trakidasit	Porfiritik, glomeroporfiritik, zonlu.	Pl:15 Sa:5 K.Pir:1-2 Op:2	Pl+Op
Tirebolu	Ac3b	Cankurtaran	X:0710028 Y:4586474	444 m	Masif	Riyolitik Tüf	Camsı, vitrik, akma	-	Camsı+akma
Cankurtaran	Ac4	Cankurtaran	X:0710992 Y:4586499	625m	Masif dayk- intrüzif	Bazalt	Porfiritik	Ol:25 K.pir:5	Pl+Kal+Ser+Kl+Op
Cankurtaran	Ac5	Cankurtaran	X:0711178 Y:4586581	635 m	Masif dayk- intrüzif	Bazalt-Bazaltik andezit?	Hyalomikrolitik porfiritik	Pl:10 K.pir:5	Dv. camı+Pl+Kal+Op
Cankurtaran	Ac6	Cankurtaran	X:0711172 Y:4586583	614 m	Masif dayk- intrüzif	Bazalt	Mikrolitik porfiritik	Pl:10 Oj:15 (kalsifiye)	Pl+Op+Kal

Ek Tablo 2. İnceleme alanında yer alan Geç Kretase volkanitlerine ait feldispat minerallerinin kimyasal analiz sonuçları

Formasyon	Çatak	Çatak	Çatak	Çatak	Çatak	Çatak	Çatak	Çatak	Çatak	Çatak	Çatak	Kızılkaya	Kızılkaya	Kızılkaya	Kızılkaya	Kızılkaya
Lokasyon	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila
Örnek No	Ah9	Ah9	Ah8	Ah8	Ah8	Ah16	Ah16	Ah4-2b	Ah4-2a	Ah4-2a	Ae1b	Ah13	Ah12	Ah12	Ah12	Ah7
Kayaç Türü	B	B	BA	BA	BA	B	B	BA	BA	BA	KP	FP	RD	RD	RD	RD
SiO ₂	70.25	71.05	52.22	67.56	65.83	64.52	67.68	68.79	54.17	50.88	68.79	68.81	70.73	73.50	68.07	
TiO ₂	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.05	0.00	0.02	0.00	0.01	0.16	
Al ₂ O ₃	21.87	18.51	30.46	20.38	21.25	22.16	20.16	19.43	27.96	29.67	20.72	19.60	19.19	16.80	19.93	
Cr ₂ O ₃	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	
FeO	0.42	0.05	0.65	0.03	0.03	0.41	0.30	0.12	1.11	1.08	0.03	0.10	0.19	0.13	1.06	
MnO	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	
NiO	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.05	0.02	0.00	0.03	0.08	
MgO	0.09	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.07	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	
CaO	0.17	0.09	13.93	1.12	3.06	3.48	0.98	0.46	11.58	13.69	0.16	0.23	0.21	0.31	0.22	
Na ₂ O	8.54	10.88	3.69	11.44	10.30	10.15	11.60	11.84	5.21	3.90	9.72	12.19	10.24	9.26	11.57	
K ₂ O	0.08	0.02	0.06	0.04	0.02	0.09	0.05	0.04	0.05	0.04	0.06	0.05	0.02	0.13	0.02	
Toplam	101.44	100.63	101.20	100.60	100.51	100.84	100.79	100.72	100.20	99.48	99.52	101.01	100.61	100.17	101.13	
Si	2.986	3.063	2.352	2.945	2.885	2.833	2.949	2.990	2.458	2.341	2.993	2.984	3.046	3.157	2.959	
Ti	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.005	
Al	1.096	0.941	1.617	1.047	1.098	1.147	1.035	0.995	1.495	1.609	1.062	1.002	0.974	0.850	1.021	
Cr	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Fe ²⁺	0.015	0.002	0.024	0.001	0.001	0.015	0.011	0.004	0.042	0.042	0.001	0.004	0.007	0.005	0.038	
Mn	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	
Ni	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.003	
Mg	0.005	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Ca	0.008	0.004	0.672	0.052	0.144	0.163	0.046	0.021	0.563	0.675	0.007	0.011	0.010	0.014	0.010	
Na	0.704	0.910	0.322	0.967	0.875	0.864	0.980	0.997	0.458	0.348	0.820	1.025	0.855	0.771	0.975	
K	0.004	0.001	0.004	0.002	0.001	0.005	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.001	0.007	0.001	
Toplam	4.819	4.922	5.001	5.016	5.004	5.028	5.025	5.012	5.025	5.028	4.888	5.029	4.895	4.806	5.014	
An	1.1	0.5	67.4	5.1	14.1	15.8	4.5	2.1	55.0	65.8	0.9	1.0	1.1	1.8	1.1	
Ab	98.4	99.4	32.3	94.7	85.8	83.7	95.3	97.7	44.8	33.9	98.7	98.7	98.7	97.3	98.8	
Or	0.6	0.1	0.4	0.2	0.1	0.5	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.1	0.9	0.1	

Ek Tablo 2'nin devamı

Formasyon	Çağlayan	Çağlayan	Çağlayan	Çağlayan	Çağlayan	Çağlayan	Çağlayan	Çağlayan	Çağlayan	Çağlayan	Tirebolu	Tirebolu	Tirebolu	Tirebolu	C.kurtaran
Lokasyon	Erenler	Erenler	Erenler	Erenler	Erenler	Erenler	Borçka	Borçka	Borçka	Borçka	Erenler	C.kurtaran	Borçka	Borçka	C.kurtaran
Örnek No	Ae10	Ae10	Ae14b	Ae14b	Ae3-2	Ae3-2	Ab1	Ab1	Ab2	Ab2	Ae17	Ac2b	Ab9	Ab9	Ac5
Kayaç Türü	B	B	B	B	BA	BA	D	D	BA	BA	R	R	TD	TD	B
SiO ₂	67.53	66.56	45.37	54.05	67.34	56.70	66.93	69.06	64.18	58.32	69.75	59.36	66.54	69.83	69.64
TiO ₂	0.00	0.00	0.02	0.20	0.07	0.07	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.04	0.03
Al ₂ O ₃	19.95	20.91	33.35	27.10	21.43	26.23	18.14	19.98	22.58	26.80	21.05	25.25	18.14	21.58	19.56
Cr ₂ O ₃	0.00	0.04	0.01	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
FeO	0.10	0.25	0.61	1.05	0.33	1.03	0.03	0.07	0.05	1.37	0.09	0.47	0.00	0.08	0.08
MnO	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.02	0.01	0.03	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00	0.03
NiO	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00
MgO	0.00	0.00	0.10	0.31	0.10	0.18	0.01	0.01	0.01	0.98	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01
CaO	0.21	0.86	18.57	11.75	0.51	7.14	0.04	0.81	3.91	2.16	0.01	8.41	0.00	0.13	0.12
Na ₂ O	9.82	8.60	1.24	5.16	11.44	5.79	0.18	10.59	9.30	4.11	10.33	6.78	0.39	7.81	10.78
K ₂ O	0.00	0.04	0.02	0.14	0.04	1.84	14.80	0.05	0.16	5.38	0.01	0.37	15.64	0.27	0.18
Toplam	97.64	97.28	99.30	99.82	101.26	99.01	100.20	100.59	100.21	99.15	101.31	100.71	100.73	99.78	100.43
Si	2.998	2.964	2.116	2.465	2.916	2.585	3.048	2.991	2.826	2.645	2.986	2.643	3.033	3.006	3.016
Ti	0.000	0.000	0.001	0.007	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
Al	1.044	1.097	1.833	1.457	1.094	1.409	0.973	1.020	1.172	1.432	1.062	1.325	0.974	1.095	0.999
Cr	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe ²⁺	0.004	0.009	0.024	0.040	0.012	0.039	0.001	0.002	0.002	0.052	0.003	0.017	0.000	0.003	0.003
Mn	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
Ni	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Mg	0.000	0.000	0.007	0.021	0.007	0.013	0.000	0.001	0.000	0.066	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
Ca	0.010	0.041	0.928	0.574	0.024	0.349	0.002	0.037	0.184	0.105	0.000	0.401	0.000	0.006	0.006
Na	0.845	0.742	0.112	0.457	0.960	0.512	0.016	0.889	0.794	0.361	0.857	0.585	0.035	0.651	0.905
K	0.000	0.002	0.001	0.008	0.002	0.107	0.859	0.003	0.009	0.311	0.001	0.021	0.909	0.015	0.010
Toplam	4.903	4.859	5.023	5.032	5.016	5.017	4.903	4.945	4.989	4.974	4.912	4.996	4.952	4.779	4.941
An	1.2	5.3	89.1	55.3	2.4	36.0	0.2	4.0	18.7	13.5	0.0	39.8	0.0	0.9	0.6
Ab	98.8	94.5	10.7	44.0	97.4	52.9	1.9	95.6	80.4	46.5	99.9	58.1	3.7	96.9	98.3
Or	0.0	0.3	0.1	0.8	0.2	11.1	97.9	0.3	0.9	40.0	0.1	2.1	96.3	2.2	1.1

Ek Tablo 3. İnceleme alanında yer alan Geç Kretase volkanitlerine ait piroksen minerallerinin kimyasal analiz sonuçları

Formasyon	Çatak	Çatak	Çatak	Çağlayan	Çağlayan	Çağlayan
Lokasyon	Hatila	Hatila	Hatila	Erenler	Erenler	Erenler
Örnek No	Ah16	Ah16	Ah16	Ae14	Ae14	Ae14
Kayaç Türü	B	B	B	B	B	B
SiO ₂	51.47	51.04	50.38	50.81	50.79	51.53
TiO ₂	0.23	0.10	0.06	0.83	0.58	0.46
Al ₂ O ₃	1.85	0.82	4.90	2.79	2.60	2.20
Cr ₂ O ₃	0.00	0.06	0.00	0.00	0.28	0.28
FeO	11.78	13.27	11.10	11.26	8.06	9.20
MnO	0.24	0.71	0.46	0.42	0.31	0.33
NiO	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.01
MgO	14.87	10.11	7.51	14.64	16.22	17.05
CaO	18.64	22.40	24.19	18.45	19.84	17.86
Na ₂ O	0.16	0.22	0.14	0.24	0.21	0.21
K ₂ O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Toplam	99.25	98.75	98.76	99.42	98.93	99.13
Si	1.936	1.976	1.932	1.908	1.892	1.915
Ti	0.006	0.003	0.002	0.023	0.016	0.013
Al	0.082	0.037	0.221	0.123	0.114	0.096
Cr	0.000	0.002	0.000	0.000	0.008	0.008
Fe ²⁺	0.326	0.409	0.356	0.322	0.174	0.231
Mn	0.008	0.023	0.015	0.013	0.010	0.010
Ni	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Mg	0.834	0.584	0.429	0.819	0.900	0.944
Ca	0.751	0.929	0.994	0.742	0.792	0.711
Na	0.012	0.017	0.010	0.017	0.015	0.015
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Toplam	4.000	4.000	3.961	4.000	4.000	4.000
Mg#	71.88	58.82	54.66	71.81	83.77	80.36
Wo	39.3	48.4	55.9	39.4	42.4	37.7
En	43.6	30.4	24.1	43.5	48.2	50.1
Fs	17.1	21.3	20.0	17.1	9.3	12.2

Ek Tablo 4. İnceleme alanında yer alan Geç Kretase volkanitlerine ait Fe-Ti oksit minerallerinin kimyasal analiz sonuçları

Formasyon	Çatak	Çatak	Çatak	Çatak	Kızılkaya	Kızılkaya	Çağlayan	Çağlayan	Tirebolu	Tirebolu	Tirebolu	C.kurtaran	C.kurtaran
Lokasyon	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Hatila	Erenler	Erenler	C.kurtaran	C.kurtaran	Borçka	C.kurtaran	C.kurtaran
Örnek No	Ah9	Ah16	Ah4-2b	Ah4-2a	Ah12	Ah7	Ae14	Ae14	Ac2b	Ac2b	Ab9	Ac5	Ac5
Kayaç Türü	B	B	BA	BA	RD	RD	B	B	R	R	TD	B	B
SiO ₂	0.45	0.19	0.17	0.62	0.51	0.09	0.13	1.31	0.40	0.12	1.62	0.62	1.11
TiO ₂	7.32	13.56	9.66	4.93	14.07	11.04	17.87	28.28	29.55	14.13	3.32	3.76	10.04
Al ₂ O ₃	0.61	2.76	3.94	0.79	1.85	2.53	2.38	1.88	1.26	1.62	0.89	3.24	1.23
Cr ₂ O ₃	0.03	0.05	0.06	0.02	0.07	0.02	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.58	0.57
Fe ₂ O ₃	49.74	30.05	36.55	55.68	35.81	41.55	24.55	0.00	0.48	32.63	54.75	53.51	47.52
FeO	36.53	39.94	36.32	35.29	42.42	40.11	42.33	52.63	53.34	40.83	33.93	33.97	42.53
MnO	0.00	0.07	0.36	0.31	0.09	0.04	2.43	1.17	0.62	0.29	0.05	0.03	0.06
NiO	0.07	0.03	0.00	0.01	0.02	0.06	0.00	0.02	0.01	0.00	0.07	0.06	0.08
MgO	0.04	0.02	0.03	0.01	0.68	0.00	0.00	0.37	0.55	0.15	0.01	0.03	0.02
CaO	0.06	0.18	0.18	0.16	0.12	0.26	0.05	0.26	0.10	0.08	0.01	0.37	0.14
Na ₂ O	0.05	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.05	0.04	0.02	0.01	0.03	0.05	0.06
K ₂ O	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.01	0.00
Toplam	94.92	86.85	87.28	97.87	95.67	95.70	89.81	85.98	86.31	89.86	94.90	96.22	103.34
Si	0.018	0.008	0.007	0.024	0.020	0.003	0.005	0.055	0.017	0.005	0.064	0.024	0.040
Ti	0.220	0.437	0.309	0.144	0.412	0.325	0.556	0.901	0.945	0.443	0.100	0.110	0.275
Al	0.029	0.139	0.198	0.036	0.085	0.117	0.116	0.094	0.063	0.079	0.042	0.149	0.053
Cr	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.018	0.016
Fe ³⁺	1.498	0.969	1.169	1.628	1.050	1.225	0.764	0.000	0.015	1.024	1.643	1.569	1.304
Fe ²⁺	1.222	1.432	1.291	1.147	1.382	1.314	1.465	1.865	1.897	1.424	1.132	1.107	1.297
Mn	0.000	0.003	0.013	0.010	0.003	0.001	0.085	0.042	0.022	0.010	0.002	0.001	0.002
Ni	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002
Mg	0.003	0.001	0.002	0.000	0.039	0.000	0.000	0.023	0.035	0.009	0.001	0.002	0.001
Ca	0.003	0.008	0.008	0.007	0.005	0.011	0.002	0.012	0.005	0.004	0.000	0.015	0.005
Na	0.004	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.004	0.003	0.002	0.000	0.002	0.004	0.004
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000
Toplam	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	2.997	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000

ÖZGEÇMİŞ

Rasim BAŞER, 1989 yılında Keçiören' de (Ankara) doğdu. 1995-2003 yılları arasında ilk ve orta öğrenimini (Hüseyin Güllüođlu İlköğretim Okulu) ve 2003-2006 yılları arasında lise öğrenimini (Bekir Gökdađ Anadolu Lisesi) tamamladıktan sonra, 2008 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. Bu bölümden 2012 yılında Jeoloji Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitime başladı. 2014-2015 yılları arasında Londra'da (Stanton School of English-Birleşik Krallık) İngilizce eğitimi alan yazar iyi derecede İngilizce bilmektedir.