

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BORÇKA (ARTVİN, KD-TÜRKİYE) YÖRESİ TERSİYER VOLKANİTLERİNİN
PETROGRAFİSİ, JEOKİMYASI VE PETROJENEZİ**

DOKTORA TEZİ

Jeoloji Yük. Müh. Emre AYDINÇAKIR

**MAYIS 2012
TRABZON**

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BORÇKA (ARTVİN, KD-TÜRKİYE) YÖRESİ TERSİYER VOLKANİTLERİNİN

PETROGRAFİSİ, JEOKİMYASI VE PETROJENEZİ

Jeoloji Yük. Müh. Emre AYDINÇAKIR

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09.01.2012

Tezin Savunma Tarihi : 11.05.2012

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Cüneyt ŞEN

Trabzon 2012

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında
Emre AYDINÇAKIR Tarafından Hazırlanan

BORÇKA (ARTVİN, KD-TÜRKİYE) YÖRESİ TERSİYER VOLKANİTLERİNİN
PETROGRAFİSİ, JEOKİMYASI VE PETROJENEZİ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 10/01/ 2012 gün ve 1437 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından

DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

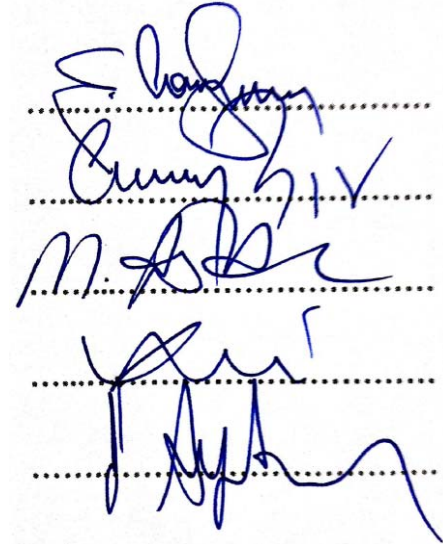
Başkan : Prof. Dr. Ş. Can GENÇ

Üye : Prof. Dr. Cüneyt ŞEN

Üye : Prof. Dr. Mehmet ARSLAN

Üye : Doç. Dr. Ali Osman YILMAZ

Üye : Doç. Dr. Faruk AYDIN



Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Borçka (Artvin, KD-Türkiye) yöresi Tersiyer volkanitlerinin petrografisi, jeokimyası ve petrojenezini konu alan bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak hazırlanmış ve KTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2008.112.005.5 numaralı proje ile maddi olarak desteklenmiştir.

Bu çalışmaya başladığım andan bu günlere kadar, sonsuz desteği ve yardımları için danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cüneyt ŞEN'e minnet ve şükranlarımı sunmak isterim.

Doktora Tez İzleme Komitesi'nin değerli üyeleri Sayın Prof. Dr. Mehmet ARSLAN, ve Doç. Dr. Ali Osman YILMAZ'a katkılarından dolayı teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında bilgi, tecrübe, görüş ve önerilerinden yararlandığım, değerli hocalarım Prof. Dr. Ş. Can GENÇ, Doç. Dr. Faruk AYDIN Doç. Dr. Orhan KARSLI, Doç. Dr. Yener EYÜBOĞLU, Doç. Dr. Abdurrahman DOKUZ, Yrd. Doç. Dr. Ali VAN, Yrd. Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ, Yrd. Doç. Dr. Zafer ASLAN'a, Yrd. Doç. Dr. Ferkan SİPAHİ, ve Yrd. Doç. Dr. Raif KANDEMİR'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İnceleme alanına ait eski jeolojik çalışmaların gözden geçirilmesine imkan veren MTA Trabzon Bölge Müdürlüğü'ne ve özellikle Jeoloji Yüksek Mühendisi İskender Kurt'a teşekkür ederim. Mineral kimyası analizlerinin bir bölümünün yapılmasında bana destek ve yardımcı olan Doç. Dr. İbrahim UYSAL'a şükranlarımı sunarım. Paleontolojik tayinlerde yardımcı olan Prof. Dr. Mühittin GÖRMÜŞ'e çok minnettarım. Bu çalışmanın her aşamasında benimle birlikte olan, güç veren sevgili dostlarım Yrd. Doç. Dr. Enver AKARYALI'ya, Yrd. Doç. Dr. Tufan ÇAKIR'a ve Yrd. Doç. Dr. Yılmaz DEMİR'e müteşekkirim. Tez yazımı sırasında değerli vakitini bana ayıran Arş. Gör. Mehmet Ali GÜCER'e içtenlikle teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarımda bana eşlik eden kıymetli meslektaşlarım Arş. Gör. Cem YÜCEL'e, Jeo.Müh. Mürşid ÖZTÜRK ile stajer öğrencim Hüseyin ASAN'a ve ince kesitlerin hazırlanmasında teknisyen Hakkı YOKUŞ'a teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarım sırasında desteklerini esirgemeyen değerli aileme, eşim Didem AYDINÇAKIR ve oğlum Efe AYDINÇAKIR'a şükranlarımı sunarım.

Emre AYDINÇAKIR
Trabzon 2012

TEZ BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum ‘‘Borçka (Artvin, KD-Türkiye) Yöresi Tersiyer Volkanitlerinin Petrografisi, Jeokimyası ve Petrojenezi’’ başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Cüneyt, ŞEN’nin 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. 09/01/2012

Emre AYDINÇAKIR

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	III
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XVII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. İnceleme Alanının Coğrafik Konumu	1
1.3. Bölgesel Jeoloji	3
1.4. Önceki Çalışmalar	9
1.5. Çalışma Konusunun Gerekçesi ve Amacı	20
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	22
2.1. Materyal ve Yöntemler	22
2.1.1. Arazi Çalışmaları	22
2.1.1.1. 1/25000 Ölçekli Jeoloji Haritası ve Jeolojik Kesitlerin Hazırlanması	22
2.1.1.2. Petrografik, Kimyasal ve İzotopik Analizler İçin Örnek Alımı	22
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları ve Analitik Yöntemler	23
2.1.2.1. Mikroskopik Tayinler	23
2.1.2.2. Kimyasal Analizler	24
2.1.2.2.1. Tüm Kayaç Analizleri	24
2.1.2.2.2. Mineral Kimyası Analizleri	24
2.1.2.2.3. İzotop Analizleri	27
2.1.2.2.3.1. ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar Yaşlandırması	27
2.1.2.2.3.2. Sr ve Nd İzotop Analizleri.....	27
2.1.3. Büro Çalışmaları.....	29
3. BULGULAR	30
3.1. Giriş	30
3.2. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi	30
3.2.1. Kızılkaya Formasyonu.....	30
3.2.2. Çağlayan Formasyonu	33
3.2.3. Bakırköy Formasyonu	40
3.2.4. Borçka Volkanitleri	41
3.2.4.1. Borçka Bazaltı	43
3.2.4.2. Civanköy Üyesi	45

3.2.4.3.	Bazik Dayklar	51
3.2.5.	Alüvyon	51
3.3.	Mineraller ve Kimyasal Özellikleri	52
3.3.1.	Klinopiroksen	53
3.3.2.	Fe-Ti Oksit	54
3.3.3.	Hornblend	57
3.3.4.	Plajiyoklas	59
3.4.	Jeotermobarometre Hesaplamaları	61
3.4.1.	Jeotermometre Hesaplamaları	61
3.4.1.1.	Feldispat Jeotermometresi	62
3.4.1.2.	Hornblend-Plajiyoklas Jeotermometresi	62
3.4.1.3.	Klinopiroksen Jeotermometresi	62
3.4.2.	Jeobarometre Hesaplamaları	65
3.4.2.1.	Hornblend Jeobarometresi	65
3.4.2.2.	Klinopiroksen Jeobarometresi	67
3.5.	Jeokimya	72
3.5.1.	Giriş	72
3.5.2.	Volkanik Kayaçların Kimyasal Sınıflandırılması	72
3.5.3.	Ana, İz ve Nadir Toprak Element Kimyası	80
3.5.4.	Tektonik Ortam	83
3.6.	Sr-Nd İzotop Jeokimyası	90
4.	TARTIŞMA	93
4.1.	Ana Magmanın Kökeni	93
4.2.	Volkanik Kayaçların Petrojenezi	101
4.2.1.	Kısmi Ergime	102
4.2.2.	Ayrımlaşma (Fraksiyonel Kristalleşme) ve Özümleme	107
4.2.2.1.	En Küçük Kareler yöntemi (Σr^2) ile Ayrımlaşma Modeli	113
4.3.	Borçka (Artvin) Yöresi Tersiyer Volkanitlerinin Jeotektonik Ortamı	116
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	123
6.	KAYNAKLAR	127
7.	EKLER	151

ÖZGEÇMİŞ

Doktora Tezi

ÖZET

BORÇKA (ARTVİN, KD-TÜRKİYE) YÖRESİ TERSİYER VOLKANİTLERİNİN
PETROGRAFİSİ, JEOKİMYASI VE PETROJENEZİ

Emre AYDINÇAKIR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Cüneyt ŞEN
2012, 150 Sayfa, 50 Ek Sayfa

Doğu Pontidlerin doğu kısmında yer alan Eosen yaşlı Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin ana, iz element, Ar-Ar yaş ve Sr-Nd izotop verileri incelenmiştir. Borçka yöresi volkanitleri, Borçka Bazaltı, Civanköy Üyesi ve bazik dayk olmak üzere üç birime ayrılmıştır. Volkanitler genel olarak plajiyoklas (An_{11-93}), klinopiroksen ($Wo_{43-49}En_{38-54}Fs_{8-25}$), hornblend ($Mg^{\#}=0.57-0.74$) fenokristalleri ile magnetit/titanomagnetit ve apatit içermektedir. Hornblendlerdeki $^{40}Ar-^{39}Ar$ yaşları $46.1\pm 0.8-39.9\pm 0.5$ My aralığında olup, Borçka volkanitlerinin Orta Eosen zamanında oluştuklarını göstermektedir. Borçka volkanitleri kalk-alkali karakterli olup, düşük-orta K içeriğine sahiptirler. Volkanitler büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (BİYLE) ve hafif nadir toprak elementlerce (HNTE) zenginleşmiş, yüksek çekim alanlı elementler (YÇAE) bakımından da tüketilmişlerdir. Kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları, düşük-orta derecede zenginleşmeyle konkav şekilli olup ($La_N/Lu_N=1-19$), volkanitleri oluşturan kayaçların benzer kaynaktan itibaren oluştuklarını düşündürmektedir. $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ ve $(^{143}Nd/^{144}Nd)_i$ değerleri sırasıyla 0.70423-0.70495 ve 0.51263-0.51285 arasında değişmektedir. Volkanitlerin gelişiminde başlıca ayırılma, daha az oranda da özümleme±magma karışımı rol oynamıştır. Tüm bu veriler, volkanitlerin köken magma(lar)sının muhtemelen daha önce yitim akışkanları tarafından metazomatize edilmiş zenginleşmiş bir manto kaynağından, çarpışma sonrası açılma ile ilişkili jeodinamik bir ortamdan türeyebileceklerini işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Pontidler, Sr-Nd izotop, çarpışma sonrası magmatizma, Borçka (Artvin) volkanitleri, Türkiye

PhD. Thesis

SUMMARY

PETROGRAPHY, GEOCHEMISTRY AND PETROGENESIS OF THE BORÇKA
(ARTVİN NE TURKEY) AREA TERTIARY VOLCANICS

Emre AYDINÇAKIR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Cüneyt ŞEN
2012, 150 Pages, 50 pages Appendix

Major, trace element, Ar-Ar age and Sr-Nd isotopic datas are presented for the Eocene Borçka volcanics in the eastern edge of the eastern Pontide orogenic belt (NE Turkey). Borçka (Artvin) volcanics are divided into three suites; Borçka Basalt, Civanköy member and basic dyke. These rocks contain plagioclase (An_{11-93}), clinopyroxene ($Wo_{38-49}En_{38-54}Fs_{8-25}$), hornblende ($Mg^{\#}=0.57-0.74$) phenocrysts and magnetit/titanomagnetite and apatite microphenocrysts. $^{40}Ar-^{39}Ar$ ages on hornblendes range from 46.9 ± 0.1 to 39.9 ± 0.5 Ma, within the Middle Eocene. The volcanic rocks show calc-alkaline affinities and have low to medium K contents. They are enriched in large ion lithophile (LILE) and light rare earth elements (LREE), with pronounced depleted of high field strength elements (HFSE). The chondrite-normalized REE patterns ($La_{cn}/Lu_{cn}=1-19$) show low to medium enrichment, indicating similar sources for the rock suite. Initial $^{87}Sr/^{86}Sr$ values vary between 0.70423 and 0.70495, while initial $^{143}Nd/^{144}Nd$ values change between 0.51263 and 0.51285. The main solidification processes involved in the evolution of the volcanics consist of fractional crystallization with minor amounts of crustal contamination±magma mixing. All evidence supports the conclusion that the parental magma(s) of the rocks probably derived from an enriched mantle, previously metasomatized by fluids derived from subducted slab in a post-collisional extension-related geodynamic setting.

Key Words: Eastern Pontides, Sr-Nd isotopes, post-collisional magmatism, Borçka (Artvin) volcanics, Turkey

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 1.2. İnceleme alanının Türkiye'nin tektonik birlikleri içerisindeki yeri (Okay ve Tüysüz, 1999'dan alınmıştır).....	4
Şekil 1.3. Doğu Pontidler'deki Tersiyer volkanitleri ve bunları kesen sokulumların yayılımını gösteren jeolojik harita (Güven, 1993'ten değiştirilerek, Arslan vd.,1997; Şen vd., 1998; Şen, 2000; Aydın, 2003; Temizel, 2008; Aydın vd., 2008, 2009'dan yararlanılmıştır).....	5
Şekil 2.1. Borçka (Artvin) yöresindeki volkanitlerinden seçilen örneklerle ait ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar lazer prob yaşlarını gösteren diyagramlar; Borçka Bazaltına ait (a) A24 nolu bazaltik andezit örneği, (b) A25 nolu bazalt örneği, Civanköy Üyesine ait (c) A64 nolu andezit örneği.....	28
Şekil 3.1. Borçka yöresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.....	31
Şekil 3.2. Erenler Mahallesi civarında Borçka-Artvin karayolu üzerinde gözlenen kolon debili dasitler	32
Şekil 3.3. Dasit-riyodasitlerdeki dokusal ve mineralojik özelliklerin mikroskobik görünümleri; (a) hamurda bulunan kuvars mikrotanelerinin gösterdiği kar tanesi dokusu ve eğilmiş-kenarlarından itibaren opaklaşmış biyotit fenokristali (Örnek No: A-10), (b) kenarlarından itibaren yenme-kemirilme dokusu gösteren kuvars megakristalleri (Örnek No: A-10), (c) elek dokusu gösteren ikizli plajiyoklas megakristali (Örnek No: A-58), (d) plajiyoklas minerallerinin birlikteliklerinden oluşan glomeroporfirik doku (Örnek No: A-103), (e) kenarlarından bozmuş hornblend fenokristali (Örnek No: A-103), (f) apatit inklüzyonu içeren plajiyoklas fenokristali (Örnek No: A-59) (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Hbl:Hornblend, Bi: Biyotit, Ku: Kuvars, Ka: Kalsit, Ap: Apatit, Op: Opak mineral).....	35
Şekil 3.4. Erenler mahallesinde tabakalı yapı sunan biyomikritlerin görünümü.....	36
Şekil 3.5. Erenler dolaylarında yüzeylenen biyomikrit kireçtaşlarının polarizan mikroskopta görünümü (Pf: Pelajik foraminifer; Mm: Mikritik matriks) (T.N.; Örnek No: A-9).....	36
Şekil 3.6. Bilenler Mahallesinde yüzeyleme veren kolonlu yapıya sahip bazalt daykısı	37
Şekil 3.7. Bazik dayklardaki dokusal ve mineralojik özelliklerin mikroskobik görünümleri; (a) ikiz yüzeyi ve tek yönlü dilinime sahip klinopiroksen minerallerinin ve opak minerallerin bir araya gelmesi ile oluşan glomeroporfirik doku, (b) plajiyoklas fenokristali ve hamurda özşekilsiz klinopiroksen mineralleri, (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Kpir: Klinopiroksen, Op: Opak mineral).....	37
Şekil 3.8. Bilenler Bazaltı'ndaki yastık debili bazaltların görünümü.....	38
Şekil 3.9. Bilenler Bazaltındaki volkanitlerin mikroskobik görünümleri; (a) albit ikizi gösteren plajiyoklas fenokristalleri ile ayrışması sonucu oluşan kalsitleşme ve hamurdaki plajiyoklas mikrolitleri (Örnek no: A-81), (b) klinopiroksen minerallerinin bir araya gelerek oluşturduğu glomerofirik	

	doku, (c) ikizlenme ve tek yönde dilinim gösteren klinopiroksen megakristali, (d) klinopiroksen ve opak mineral inklüzyonları içeren, yenme-kemirilme dokusu gösteren tamamen yuvarlaklaşmış plajiyoklas megakristali (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Kpir: Klinopiroksen, Ka: Kalsit, Kl: Klorit, Op: Opak mineral)	39
Şekil 3.10.	Erenler Mahallesi'nde yüzeylenen türbiditik istife ait kumtaşı-kireçtaşı-marn ardalanmasının görünümü (Borçka dan Artvin istikametine, Çoruh Nehri boyunca)	42
Şekil 3.11.	Erenler Mahallesi'nde yüzeylenen, K20B/25° KD duruşlu marn-kiltaşı-kireçtaşı-tüfit ardalanmasının görünümü (Borçka-Artvin karayolu üzerinde)	42
Şekil 3.12.	Türbiditlerdeki kayaç örneklerinin mikroskopik görünüşleri; (a) kumtaşlarındaki plajiyoklas ve kuvars mineralleri (Örnek No: A-11), (b) marnlardaki kalsit, kloritten oluşan hamur içindeki kuvars parçacıkları (Örnek No: A-18), (c) litik kristal tüflerdeki kayaç parçaları ve plajiyoklas ile klinopiroksen mineralleri (Örnek No: A-28) (Ç.N.; Kp:Kayaç parçası, Pl:Plajiyoklas, Ku:Kuvars, Kl: Klorit, Ka: Kalsit, Op: Opak mineral)	43
Şekil 3.13.	Borçka Bazaltı'na ait masif yapılu bazalt örneklerinin dokusal ve mineralojik özelliklerin mikroskopik görünümü; (a) plajiyoklas fenokristallerindeki zonlu yapı ve elek dokusu (Örnek No: A-73), (b) hem elek dokusu hem de zonlanma gösteren plajiyoklas megakristali (Örnek No: A-73), (c), opak mineral ve plajiyoklas inklüzyonu içeren ve ikizlenme gösteren özşekilli klinopiroksen megakristali (Örnek No: A-24), (d) klinopiroksen ve opak minerallerin oluşturduğu glomeroporfirik doku (Örnek No: A-16), (e) kenarlarından itibaren opaklaşmış, özşekilli hornblend fenokristalleri (Örnek No: A-70), (f) opak mineral inklüzyonları içeren ve ikizlenme gösteren klinopiroksen megakristali (Örnek No: A-45a), (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Kpir:Klinopiroksen, Hbl: Hornblend, Op: Opak mineral)	46
Şekil 3.14.	Alaca Köy civarında yüzeyleme veren yastık debili bazaltların görünümü.....	47
Şekil 3.15.	Borçka Bazaltı içindeki yastık debi gösteren bazaltların mikroskopik görünüşleri; (a) Vesiküler dokulu gösteren, yastık debili bazaltlar içindeki klinopiroksen (ojit) ve plajiyoklaslar, (b) yastık debili bazaltlar içerisindeki klinopiroksenler, plajiyoklas mineralleri ve gaz boşlukları, (Örnek No: A13, Ç.N.; Kpir: Klinopiroksen, Pl: Plajiyoklas, Op: Opak mineral, G: Gaz boşlukları)	47
Şekil 3.16.	Borçka-Murgul karayolu üzerindeki volkanitler içerisinde gözlenen; (a) volkanik breşler, (b) oldukça yuvarlaklaşmış aglomeralarda gözlenen soğan kabuğu şeklindeki ayrışma	49
Şekil 3.17.	Bazaltik (a ve b) ve andezitik (c ve d) bileşimli volkanik breş çakıllarının mikroskopik görünümü. (a) Hyalo-mikrolitik porfirik dokulu bazaltik breş içerisindeki ojit ve plajiyoklaslar, (b) albit ikizlenmesi gösteren plajiyoklas mineralleri ve opak mineral içeren klinopiroksen fenokristali (Örnek No: A44), (c) albit ikizlenmesi ve sünger dokusu gösteren plajiyoklas fenokristali, (d) andezitik breşlerde,	

	h' (100) ikizi gösteren, opak ve plajiyoklas mineral inklüzyonları içeren ve kenarlarından itibaren opaklaşmış hornblend fenokristali (Örnek No: A64), (Ç.N.; Kpir:Klinopiroksen, Pl:Plajiyoklas, Hbl:Hornblend, Op: Opak mineral).....	49
Şekil 3.18.	İbrikli Mahallesi'nde yüzeyleme veren tuf-yeşilimsi gri marn ar dalanmasının görünümü	50
Şekil 3.19.	Litik kristal tüflerlerin mikroskobik görünümleri; (a) kayaç parçaları , (b) klinopiroksen kristalleri ve kayaç parçaları, (Örnek No: A27; Ç.N.; Kpir: Klinopiroksen, Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend, Kp: Kayaç parçaları, Op: Opak mineral).....	50
Şekil 3.20.	Borçka-Artvin karayolu üzerinde Borçka Baraj gövdesine gitmeden piroklastitleri kesen kolon yapıli bazik daykların görünümü	52
Şekil 3.21.	Bazik dayk örneklerindeki dokusal ve mineralojik özelliklerin mikroskobik görünümü; (a) Klinopiroksen minerallerinin ve opak minerallerin bir araya gelmesi ile oluşan glomeroporfirik doku, (b) Zonlu klinopiroksen ve porfirik doku, (Örnek No: A17a, Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Kpir: Klinopiroksen, Op: Opak mineral).....	52
Şekil 3.22.	Borçka yöresi Borçka Volkanitlerine ait kayaçlardaki klinopiroksenlerin BSE görünümleri; a) Civanköy Üyesi içindeki bazaltik breş çakıllarındaki opak mineral içeren klinopiroksen ve b) bazik dayk kayaçlarındaki salınımlı (oscillatory) zonlanmaya sahip iri klinopiroksen kristallerine ait 'BSE' görünümleri, (Op: Opak mineral, Kpir: Klinopiroksen), (Örnek No: A70, A17a)	53
Şekil 3.23.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerine ait klinopiroksen minerallerinin Wo-En-Fs üçgen diyagramındaki (Morimoto vd., 1988) bileşimleri.....	55
Şekil 3.24.	Borçka yöresi volkanitlere ait klinopiroksenlerin Papike vd. (1974)'ne ait Ti-Na-Al ^(IV) diyagramındaki yerleri. CATS: Ca-çermakit, AK: Akmit, JD: Jadeyit, UR: Kosmoklor, NAT: Na-Ti klinopiroksen, NATAL: Na-Ti-Al klinopiroksen, TAL: Ti-Al klinopiroksen, semboller Şekil 3.23'deki gibidir	55
Şekil 3.25.	Borçka Volkanitleri içindeki Borçka Bazaltına ait kayaçların Fe-Ti oksitlerin 'BSE' görünümleri; (a ve b) Bazaltlardaki klinopiroksenlerde kapanım halinde olan öz-yarı öz şekilli Fe-Ti oksitler (Op),magnetit (magn), Klinopiroksen (Kpir), (Örnek no: A24).....	56
Şekil 3.26.	Borçka volkanitlerine ait Fe-Ti oksit bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).....	57
Şekil 3.27.	İncelenen volkanik kayaç türlerindeki bazı hornblendlerin 'BSE' görünümleri, a) Borçka Bazaltı içindeki bazaltlardaki (Örnek no: A16) iri şekilli, klinopiroksen (Kpir) ve opak mineral (Op) içeren hornblend (Hbl), b) Civanköy Üyesi içindeki andezitik breş çakıllarına ait örneklerde (A64) görülen kenarları opaklaşmış iri hornblend kristali	58
Şekil 3.28.	Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanitlerine ait hornblendlerin sınıflaması (Leake vd., 1997) (Semboller Şekil 3.26'daki gibidir).....	59
Şekil 3.29.	İncelenen volkanitlerdeki bazı plajiyoklasların 'BSE' görünümleri, a) Borçka Bazaltına ait kayaçlardaki öz şekilli plajiyoklas (Pl) kristalleri,	

	b) Civanköy Üyesine ait andezit bileşimindeki breş çakıllarında görülen zonlu plajiyoklaslar (Örnek no: A73 ve A64)	60
Şekil 3.30.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerine ait plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı	60
Şekil 3.31.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerin içerdiği plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramdaki kristallenme sıcaklıklarının belirlenmesi (sıcaklık eğrileri Fuhrman ve Lindsley, 1988'den alınmıştır).....	63
Şekil 3.32.	Borçka yöresi volkanitlerinin içerdiği klinopiroksen bileşimlerinin gösterildiği Di-Hd-En-Fs piroksen dörtyüzlüsü. İzoterm eğrileri 100 °C aralıklarla ve 1 atm basınç altında oluşturulmuştur (Lindsley, 1983; Lindsley ve Anderson, 1983) (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)	63
Şekil 3.33.	Borçka yöresi Tersiyer volkanitlerdeki zonlu iki klinopiroksenin zonlanma-sıcaklık değişimi, a) Bazik dayklardaki bazalt örneğindeki (A79a) klinopiroksenin zonlanma-sıcaklık ilişkisi, b) Borçka bazaltı içindeki bazalt örneğindeki (A24) klinopiroksenin zonlanma-sıcaklık ilişkisi (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)	65
Şekil 3.34.	Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanitlerini oluşturan kayalardaki hornblendlere ait Al ^{IV} (% at.) ve Si (% at.) jeobarometresi (Alanlar, Raase (1974)'e göredir) (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir).....	67
Şekil 3.35.	Borçka yöresi Tersiyer volkanitlerine ait klinopiroksenlerin (a) Cr ₂ O ₃ -Mg [#] (%) ve (b) Mg [#] -Al ₂ O ₃ (%) diyagramları (yüksek basınç klinopiroksen alanı Simonetti vd. (1996), manto lerzolitlerindeki klinopiroksen alanı Cohen vd. (1984) ve Dawson (1987) den, yüksek basınç magmatik kayalar alanı ise DeBari ve Coleman (1989) dan alınmıştır) (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir).	68
Şekil 3.36.	Borçka yöresi volkanitlerine ait kayalardaki klinopiroksenlerin (a) Al(T)-Si, (b) Ti- Al(T) değişimleri (semboller Şekil 3.31'deki gibidir)	68
Şekil 3.37.	Borçka yöresi volkanitlerindeki klinopiroksenlerin içerdiği Ti (% atom) karşı Al (% atom) diyagramı (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir).....	69
Şekil 3.38.	Borçka yöresi Kabaköy Formasyonu oluşturan bazik dayk ve Borçka bazaltı içindeki zonlu klinopiroksenin zonlanma-basınç değişimi, a) Bazik dayka ait bazalt örneğindeki (A79a) klinopiroksenin zonlanma-basınç ilişkisi, b) Borçka bazaltına bazaltikandezit örneğindeki (A24) klinopiroksenin zonlanma-basınç ilişkisi (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)	71
Şekil 3.39.	Borçka (Artvin) yöresindeki volkanik kayaların SiO ₂ 'ye karşı Na ₂ O+K ₂ O (TAS) diyagramı (Le Maitre vd., 1989). Alkali- yarıalkali eğrisi (Irvine ve Baragar, 1971).....	73
Şekil 3.40.	Borçka (Artvin) yöresindeki volkanik kayaların Nb/Y'ye karşı Zr/TiO ₂ *0.0001 diyagramı (Winchester ve Floyd, 1976; semboller Şekil 3.39'deki gibidir)	74
Şekil 3.41.	Borçka (Artvin) yöresindeki volkanik kayalarının AFM üçgen diyagramı. Toleyitik-kalk-alkali ayırım eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'e göredir (semboller Şekil 3.39'deki gibidir)	74

Şekil 3.42.	Borçka (Artvin) yörelerindeki volkanik kayaların (a) SiO ₂ (%)’ye karşı K ₂ O (%) ve (b) Co karşı Th diyagramı (Le Maitre vd., 2002; Hastie vd., 2007; semboller Şekil 3.39’deki gibidir).....	80
Şekil 3.43.	Borçka (Artvin) yöresindeki volkanitlerin SiO ₂ (%)’ye karşı ana oksit (%) değişim diyagramları (semboller Şekil 3.39’deki gibidir).....	87
Şekil 3.44.	Borçka (Artvin) yöresindeki volkanitlerin SiO ₂ (%)’ye karşı iz element değişim diyagramları (semboller Şekil 3.39’deki gibidir)	88
Şekil 3.45.	Borçka (Artvin) yöresi volkanik kayaların iz element dağılım diyagramları, (a) N-Tipi OOSB’ye göre, (b) Z-Tipi OOSB’ye göre normalize edilmiş iz element dağılımları (N OOSB: Normal Okyanus Ortası Sırtı Bazaltları, Z OOSB; Zenginleşmiş Okyanus Ortası Bazaltları, OAB: Okyanus Adası Bazaltları, VYB: Volkanik Yay Bazaltları. Normalleştirme değerleri, N-OOSB; Sun ve McDonough, 1989’dan, VYB: Pearce, 1982’den alınmıştır; semboller Şekil 3.39’daki gibidir)	89
Şekil 3.46.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerin kondrite normalize edilmiş NTE dağılımları, (a) Bazik dayk örnekleri, (b) Borçka bazaltı örnekleri, (c) Civanköy üyesi örnekleri için ve (d) Borçka yöresi volkanitlerinin NTE dağılımları (normalleştirme değerleri, Boynton(1984); N-OOSB değerleri Sun ve McDonough, 1989’dan; semboller Şekil 3.39’daki gibidir).....	89
Şekil 3.47.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin tektonik ayırtman diyagramları (Pearce ve Cann, 1973). (a) Nb (ppm)’ye karşı Nb/Th diyagramı (ilksel manto (Hoffmann, 1988), kıtasal bazalt-OOSB+OAB ve Yay volkanitleri alanları (Schmidberger ve Hegner, 1999)’dan alınmıştır. (b) Ti/100-Zr-Sr/2 diyagramı (A: Ada yayı toleyitleri, B: Kalkalkali bazalt, C: Okyanus ortası sırtı bazaltları). (c) Zr (ppm)’a karşı Ti (ppm) diyagramı (Ada Yayı Toleyitleri (AYT), Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı (OOSB), Kalkalkali Bazaltlar, ve Okyanus Adası Toleyitleri alanları; Pearce ve Cann (1973) ve Floyd ve Winchester (1975)’den alınmıştır. (Semboller Şekil 3.39’deki gibidir).....	90
Şekil 3.48.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin (⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr) _i ’e karşı (¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd) _i izotop diyagramındaki konumları. OOSB (Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı) ve Manto Aralığı alanları; Wilson (1989), Arculus ve Powell (1986)’dan; Atlantik Sedimanları ise White vd. (1985)’den, DM, EMI ve EMII, HIMU, PREMA, ve BSE Zindler ve Hart (1986)’dan; UV (Ulubey Volkanitleri, Temizel, 2008), SGD (Saraycık Granodiyoriti, Topuz vd., 2005), ve DSP (Dölek ve Sarıçiçek Plütonları, Karşı vd., 2007) ve (Torul Volkanitleri, Kaygusuz vd., 2011)’den alınmıştır (semboller Şekil 3.39’deki gibidir).....	91
Şekil 4.1.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr karşı Sr/Th değişim diyagramı. 1 ve 2 nolu alanlar sırasıyla uyumsuz elemnetlerde tüketilmiş ve zenginleşmiş yayları temsil etmektedir (Hawkesworth vd., 1997’den alınmıştır; oklar manto kamasına eklenen akışkan ve tortul bileşenlerin tahmini zenginleşmesini gösterir; semboller Şekil 3.39’daki gibidir).....	94

Şekil 4.2.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin zenginleşmiş (metasomatize olmuş) bir manto kaynağından türediğini gösteren Sr-Sc/Ga diyagramı (zenginleşmiş ve tüketilmiş kaynaklar Arculus vd., (1991)'den alınmıştır; semboller Şekil 3.39'daki gibidir)	95
Şekil 4.3.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin zenginleşmiş bir manto kaynağındaki kalıntı granatı işaret eden Ce/Yb-Zr/Nb diyagramı (OOSB ve OAB kaynak bileşimleri Sun ve McDonough (1989)'dan alınmıştır; semboller Şekil 3.39'daki gibidir).....	95
Şekil 4.4.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin Ta/Yb'a karşı Th/Yb diyagramı (Pearce vd., 1990), FC (ayırılma), AFC (özümleme+ayırılma), yitim zenginleşmesi ve manto metasomatizmasını gösterir vektörler Pearce vd., (1990)'dan alınmıştır; N-tipi OOSB ve ortalama üst kabuk değerleri Sun ve McDonough (1989) ve Taylor and McLennan (1985)'ten alınmıştır; semboller Şekil 3.39'daki gibidir).....	96
Şekil 4.5.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin Ti (ppm)'a karşı La/Nb diyagramı (Yitim ergiyikleri alanı, Schiano vd. (1995) ve Yogodzinski vd., (1995)'den; OOSB ve OAB alanları ise, Sun ve McDonough (1989)'dan alınmıştır; semboller Şekil 3.39'daki gibidir).....	97
Şekil 4.6.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin Ba/Nb'a karşı La/Nb (Jahn vd., 1999) diyagramı (Yay volkanitleri ve Arkeen granülitleri, Jahn ve Zhang, 1984'den; İlksel Manto, Sun ve McDonough (1989)'dan; ort. Kıtasal kabuk, Taylor ve McLennan (1985) ve Condie (1993)'den; Dupal-OAB, Jahn vd., (1999)'dan alınmıştır; semboller Şekil 3.39'daki gibidir).....	98
Şekil 4.7.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin Ce/Pb karşı Ce diyagramı (ilksel manto değerleri Hofmann (1988)'den, kıtasal kabuk, OOSB, OAB ve yay volkanitleri Schmidberger ve Hegner, 1999' dan alınmıştır; semboller Şekil 3.39'daki gibidir).....	99
Şekil 4.8.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin manto kaynağını gösteren La/Yb'a karşı Nb/La diyagramı (ortalama OAB değerleri, Fitton vd., (1991)'den; ortalama alt kabuk değerleri, Chen ve Arculus (1995)'den; HIMU+OAB alanları, Weaver vd., (1987)'den; astenosferik, litosferik ve karışım manto alanlarını ayıran çizgi Smith vd., (1999)'dan alınmıştır; semboller Şekil 3.39'daki gibidir)	100
Şekil 4.9.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) _i 'ye karşı ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$) _i izotop diyagramındaki konumları. Dünyadaki çeşitli bölgelerdeki yay volkanitleri ile karşılaştırması, (Mariana, DePaolo ve Wasserburg, 1977; Yeni Britanya, DePaolo ve Johnson, 1979; Güney Sandwich, Hawkesworth vd., 1977; Sunda, Java ve Banda volkanitleri, Whitford vd., 1979a, b; Lesser Antilles, Hawkesworth ve Powell, 1980'den alınmıştır), (semboller Şekil 3.39'daki gibidir).....	100
Şekil 4.10.	Türkiye'deki Tersiyerden Kuvaterner'e kadar olan kalk-alkalin volkanitlerin karşılaştırılması. doğu Anadolu kalk-alkalin volkanitleri (Pearce vd., 1990; Buket ve Temel, 1998; Keskin vd., 2006; Karlı vd., 2007; Kaygusuz 2009), orta Anadolu kalk-alkalin volkanitleri (Deniel vd., 1998; Temel vd., 1998; Yalçın vd., 1998; Şen vd., 2004; Kurt vd., 2008), doğu Pontid kalk-alkalin volkanitleri (Kaygusuz vd., 2011;	

	Temizel vd., 2012), batı Anadolu volkanitleri (Briqueu vd., 1986; Güleç, 1991; Pamic vd., 1995), OOSB ve Manto aralığı alanları Wilson (1989), Arculus ve Powell (1986), Gill (1981) ve McCulloch vd., (1994)'den; DM, EMI, EMII ve HIMU manto bileşimleri, Zindler ve Hart (1986)'dan alınmıştır; KAV: kalk-alkalin volkanitler (semboller Şekil 3.39'daki gibidir).....	101
Şekil 4.11.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerine ait bazaltik kayaçların (a) Zr / Nb' karşı Zr / Y diyagramı (Menzies ve Kyle, 1990), P: Plume, N: Normal, ve T: Geçişli Okyanus Ortası Sırtı Bazaltlı alanları, Le Roex (1987)'den alınmıştır (Semboller Şekil 3.39'daki gibidir).....	103
Şekil 4.12.	Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanitlerinin Shaw 1970'e göre La/Yb oranına karşın Sm/Yb oranı fraksiyonel ve batch ergime değişim diyagramındaki konumları, garnet ve spinel peridotitin La, Sm ve Yb oranları sırasıyla Frey, 1980 ve McDonough, 1990'dan, spinel-peridotitin modal mineralojisi Wilson, 1989'dan ve ayrımlanma katsayıları ise Fujimaki vd., 1984, McKenzie ve O'Nions, 1991 ve Rollinson, 1993'ten; garnet-peridotitin modal mineralojisi Wilson, 1989, ayrımlanma katsayısı Irving ve Frey, 1978, Fujimaki vd., 1984 ve Rollinson, 1993'ten alınmıştır (Semboller Şekil 3.39'daki gibidir).....	103
Şekil 4.13.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin ana magmasının belirlenmesinde kullanılan Batch kısmi ergime modeli (spinel-lerzolit kaynağının değişik derecelerdeki kısmi ergimeye uğratılmasıyla oluşturulan ergiyiğin kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları) (spinel-lerzolit mantonun modal bileşimi ve ergime oranları Şen (1994) ve Kelemen vd. (1990)'den; ayrımlanma katsayıları, Kelemen vd (1990), Hart ve Dunn (1993) ve Şen (1994)'den; N-Tipi OOSB'nin değerleri, Sun ve McDonough (1989); kondrit normalize değerleri ise Taylor ve McLennan (1985)'den; model peridotit değerleri, Şen (1994)'den alınmıştır).....	105
Şekil 4.14.	İncelenen volkanitlerdeki ana oksit ve iz element çiftlerinden yararlanılarak çizilen mineral ayrımlaşması ve birikimini yansıtan değişim diyagramları (Vektörler, mineral ayrımlaşmasını ve birikimini göstermekte olup, Pearce ve Norry, 1979'e göredir) (Semboller Şekil 3.39'daki gibidir).....	108
Şekil 4.15.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin Y (ppm)'a karşı CaO (%) diyagramı (Lambert ve Holland, 1974; Vektörler, bazaltik bileşim için minerallerin ayrımlaşma yönlerini göstermektedir (Semboller Şekil 3.39'daki gibidir).....	109
Şekil 4.16.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin Zr (ppm)'a karşı Co (ppm) ve Ni (ppm) değişimleri (Semboller Şekil 3.39'daki gibidir).....	109
Şekil 4.17.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin (a) Fe ₂ O ₃ */MgO karşı CaO/Al ₂ O ₃ ve (b) CaO/Na ₂ O karşı Al ₂ O ₃ (%) değişim diyagramları (Vektörler, minerallerin ayrımlaşma yönlerini göstermektedir; semboller Şekil 3.39'daki gibidir).....	110
Şekil 4.18.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin iz element oranlarına karşılık SiO ₂ (%) diyagramları, (a) Sr/Y karşı SiO ₂ (%) diyagramı plajiyoklas ayrımlaşmasını, (b ve d) V/Ti ve Ti/Zr diyagramları Fe-Ti oksit	

	ayırılmasını, (c) Zr/Sm değişimi ise öncelikle amfibol ayırılmasını göstermektedir (semboller Şekil 3.39'daki gibidir)	110
Şekil 4.19.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin Nb/Y'a karşı Rb/Y diyagramı. Üst kabuk, bulk kabuk, alt kabuk bileşimleri, Taylor ve McLennan (1985)'dan alınmıştır (Semboller Şekil 3.39'deki gibidir).....	111
Şekil 4.20.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) _i ve ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$) _i karşı SiO ₂ , MgO, Th, Sr ve Rb/Sr değişim diyagramları (Semboller Şekil 3.39'deki gibidir)	112
Şekil 4.21.	Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanitlerine ait kondrite normalize edilmiş NTE dağılımları, (a) Borçka (Artvin) yöresi, (b) Doğu Pontid Güney Zonu, (c) Kuzey Zonu Tersiyer volkanitleri (normalize değerler, Boynton (1984)'ten alınmıştır).....	118
Şekil 4.22.	Borçka (Artvin) volkanitlerinin petrolojik ve tektonik gelişimini gösteren şematik modeller. (a) Neotetis okyanusunun Pontidlerin altına doğru kuzey yönlü yitimle kapanması (Akın, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Şahintürk, 1997), (b) Anatolid-Torid platformunun Pontidler ile çarpışması (Okay ve Şahintürk, 1997; Okay vd., 1997), (c) çarpışmaya bağlı kabuk kalınlaşması ve yiten okyanusal litosferin kopması ve astenosfere dalması (slab-break off), (d) slab-break off takiben orojenik kuşakta meydana gelen litosfer kalınlaşması ve alt kabukta eklojitleşme, (e) kalınlaşan kabuğun stabilitesini kaybetmesi ve üst manto ile birlikte koparak astenosfere gömülmesi (delaminasyon), (f) delaminasyon sonucu basınç rahatlaması, yükselme, aşınma ve orojenik çökme, (g) bölgesel gerilme rejimi sonucunda litosferik manto kökenli malzemenin kısmi ergimesinden oluşan Orta Eosen yaşlı Borçka yöresi volkanitleri	122

Ek Şekil 1 Borçka (Artvin) Yöresinin Jeoloji Haritası

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1.	Doğu Pontidler'deki Senozoyik volkanitleri ve granitik kayalardan yapılmış radyometrik yaşlar ve yöntemleri.....	21
Tablo 2.1.	Ana element (%), iz element (ppm) ve nadir toprak element (ppm) için tesbit sınırı ve analitik standart değerleri.....	25
Tablo 3.1.	Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanik kayaların tüm kayac ana (%) ve iz (ppm) kimyasal analizleri ve CIPW normatif bileşimi.....	75
Tablo 3.2.	Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanik kayalarının nadir toprak element (ppm) analizleri.....	78
Tablo 3.3.	Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer Volkanitlerinin Petrografik Özellikleri ve Jeokimyasal Adlanması.....	84
Tablo 3.4.	Borçka (Artvin) yöresindeki volkanik kayaların SiO ₂ (%), Rb (ppm), Sr (ppm), 1/Sr*10 ³ (ppm ⁻¹), Sm (ppm) ve Nd (ppm) içerikleri ve ⁴⁰ Ar – ³⁹ Ar yaş, Rb-Sr ve Sm-Nd izotop verileri.....	92
Tablo 4.1.	Borçka (Artvin) yöresi ilksel bazik volkanik kayaları temsil eden, A16 nolu bazalt örneği için uygulanan Batch Kısmi Ergime modellemesi (spinel-lerzolit kaynağının değişik derecelerdeki kısmi ergimeye uğratılmasıyla oluşturulan ergiyiğin kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları).....	106
Tablo 4.2.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinde ayrılaşmanın XLFRAC programıyla (Stormer ve Nicholls, 1978) modellemesi.....	115
Tablo 4.3.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin, Doğu Pontid Güney ve Kuzey Zonundaki diğer Tersiyer volkanitleri ile karşılaştırılması; mineralojik, petrografik, jeokimyasal ve izotopik olarak (İkizce ve Ulubey veriler Temizel 2008, Temizel ve Arslan, 2009'dan; Torul verileri Kaygusuz vd., 2011'den; Kale verileri Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001 ve Aslan 2010'dan; Trabzon ve Tonya verileri Arslan vd., 1997, 2000b, Şen vd., 1998, Aydın 2003 ve Aydın vd., 2008'den alınmıştır).....	117
Ek Tablo 1.	Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer yaşlı volkanik kayalara ait klinopiroksen minerallerinin mikroprob analiz sonuçları.....	151
Ek Tablo 2.	Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer yaşlı volkanik kayalara ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.....	161
Ek Tablo 3.	Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer yaşlı volkanik kayalara ait hornblendlerin mikroprob analiz sonuçları.....	165
Ek Tablo 4.	Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer yaşlı volkanik kayalara ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.....	171
Ek Tablo 5.	Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanik kayalarına ait hornblend-plajiyoklas jeotermometresinden hesaplanan sıcaklık (°C) değerleri.....	176
Ek Tablo 6.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerindeki klinopiroksenlerden hesaplanan kristal içi dengelenme sıcaklıkları.....	180
Ek Tablo 7.	Borçka (Artvin) volkanitlerindeki Civanköy Üyesine ait bazalt (A79a) ve Borçka Bazaltına ait bazaltikandezit (A24) örneklerine ait salınım	

	zonlu iki klinopiroksenin kenarından merkezine doğru hesaplanan kristal içi dengelenme sıcaklıkları	182
Ek Tablo 8.	Borçka (Artvin) yöresindeki volkanik kayalara ait hornblendlerden hesaplanan jeobarometre değerleri	183
Ek Tablo 9.	Borçka (Artvin) yöresindeki volkanitlere ait klinopiroksenlerin Al ^T (%atom) ve Ti (%atom) içerikleri	189
Ek Tablo 10.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerini oluşturan kayalardaki bazı klinopiroksenlerden hesaplanan jeobarometre değerleri	190
Ek Tablo 11.	Borçka (Artvin) volkanitlerindeki bazalt (A79a) ve bazaltikandezit (A24) salınım zonlu iki klinopiroksenin kenarından merkezine doğru hesaplanan basınçlar	194
Ek Tablo 12.	Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinden seçilen hornblend minerallerinin lazer-füzyon ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar yaşlandırması ölçüm verileri.	195
Ek Tablo 13.	Borçka (Artvin) volkanitlerinin gelişiminde etkili olan ayrılaşmanın kütle dengesi karışım hesaplamalarını (Stormer ve Nicholls, 1978) kullanarak test edilmesi	198

SEMBOLLER DİZİNİ

Ab	: Albit
AFC	: Asimilasyon ile eş zamanlı gelişen ayrımlaşma (AFC, Assimilation Fractional Crystallization)
Al ^[IV]	: Tetrahedral koordinasyonlu alüminyum
Al ^[T]	: Toplam (Tetrahedral ve oktahedral koordinasyonlu) alüminyum
Al ^[VI]	: Oktahedral koordinasyonlu alüminyum
Amf	: Amfibol
An	: Anortit
ANTE	: Ağır Nadir Toprak Elementler (HREE, Heavy Rare Earth Elements)
Ap	: Apatit
ATT	: Andezit-Trakiandezit Takımı
BBAT	: Bazalt-Bazaltikandezit Takımı
Bi	: Biyotit
BİYLE	: Büyük İyon Yarıçaplı Litofil Elementler (LILE, Large Ion Lithophile El.)
TY	: Toplam Yerküre (BE, Bulk Earth)
KTR	: Kondritik Tekdüze Rezervuar (CHUR, Chondritic Uniform Reservoir)
ÇN	: Çift Nikol
TM	: Tüketilmiş Manto (DM, Depleted Mantle)
En	: Enstatit
Z-OOSB	: Zenginleşmiş Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı (E-MORB, Enriched- Mid-Ocean Ridge Basalt)
F	: Kısmi ergime miktarı
FK	: Kristallenerek Fraksiyonlaşma (FC, Fractional Crystallization)
Fs	: Ferrosilit
Hbl	: Hornblend
Hem	: Hematit
HIMU	: μ -değeri veya ($^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$) oranı yüksek olan manto kaynağı
HNTE	: Hafif Nadir Toprak Elementler (LREE, Light Rare Earth Elements)
ICP-AES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma – Atomik Emisyon Spektrometri
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma – Kütle Spektrometri
İlm	: İlmenit

Ka	: Kalsit
KAB	: Kalk Alkali Bazaltlar
kbar	: Kilobar cinsinden basınç
Kd	: Ayrılma katsayısı (partition coefficient)
Kl	: Klorit
km	: Kilometre cinsinden uzunluk
Kpir	: Klinopiroksen
Ku	: Kuvars
m	: Metre cinsinden uzunluk
Mg#	: Magnezyum numarası
Mgt	: Magnetit
Mm	: Mikritik matris
MM	: Manto Metasomatizması
MTA	: Maden Tetkik Arama
N-OOSB	: Normal Tip Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı (N-MORB, Normal Mid-Ocean Ridge Basalt)
NTE	: Nadir Toprak Elementler (REE, Rare Earth Elements)
OAB	: Okyanus Adası Bazaltı (OIB, Ocean Island Basalt)
ONTE	: Orta(ç) Nadir Toprak Elementler (MREE, Middle-Rare Earth Elements)
OOSB	: Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı (MORB, Mid-Ocean Ridge Basalt)
Op	: opak mineral
Or	: Ortoklas
P	: Basınç (kbar cinsinden)
Pf	: Pelajik foraminifer
ppm	: milyonda bir (Part per million)
Pl	: Plajiyoklas
PREMA	: Yaygın Manto (Prevalent Mantle)
Sa	: Sanidin
T	: Sıcaklık (°C)
TAS	: Toplama Alkali Silika
TN	: Tek Nikol
Ups	: Ulvospinel
Wo	: Vollastonit

- YÇAE : Yüksek Çekim Alanlı Elementler (HFSE, High Field Strength Elements)
YZM : Yitim Zonu Metazomatizması
 ϵ_{Nd} : Nd izotopik bileşiminin bir manto rezervuarına göre oranı
 ϵ_{Sr} : Sr izotopik bileşiminin bir manto rezervuarına göre oranı
X : atomik oran
 μm : Mikron metre

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bu çalışmada, Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Kuzey Zonu'nda yer alan Borçka (Artvin) yöresinde yüzeyleme veren Tersiyer yaşlı volkanik kayaçların jeolojik, petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin detaylı ve sistematik bir şekilde ortaya konulacaktır. Bunun sonucunda elde edilen veriler dikkate alınarak inceleme alanındaki Tersiyer volkanitlerini oluşturan magma/magmaların kökeninin ve gelişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bu çalışmada, Borçka (Artvin) yöresinde yüzeyleme veren Tersiyer volkanitleri Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın diğer bölgelerinden çeşitli araştırmacılar tarafından çalışılmış olan Tersiyer yaşlı magmatik kayaçlar ile karşılaştırılarak, bu çalışmaların ortak ve farklı yönleri irdelenecektir. Böylece bölgesel ölçekte Tersiyer magmatizmasının kökenine yönelik yeni ipuçları elde edilmeye çalışılacaktır.

1.2. İnceleme Alanının Coğrafik Konumu

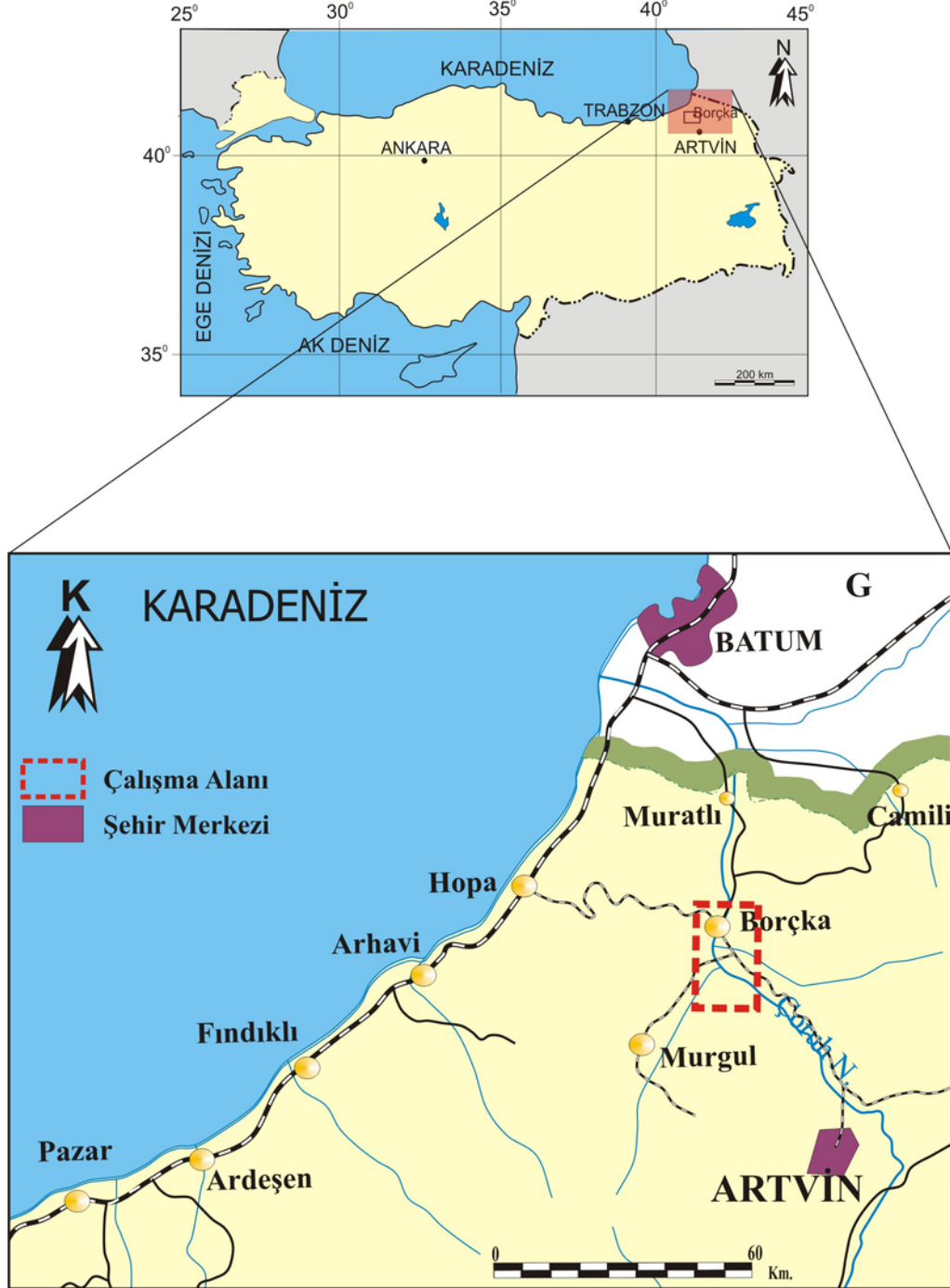
Çalışma alanı Karadeniz Bölgesi'nin doğusunda Borçka (Artvin) ilçesini ve çevresini kapsar. Borçka ilçesi merkezini ve merkeze bağlı mahalle ve köyleri kapsayan çalışma alanı, 1/25.000 ölçekli F47 a3-b4 paftaları içinde yer alır (Şekil 1.1 ve Ek Şekil 1).

İnceleme alanının bulunduğu yörede dağınık bir yerleşim şekli hâkim olup, en önemli yerleşim yerleri Artvin ili, Borçka ilçesi ile Arkaköy, Demirciler, İbrikli, Adagül, Kamil, Zorlu, Alaca, Tekeli, Tütüncüler, Erenler, Bilenler, Kaynarca, Fıstıklı, Sümbüllü, ve Bakırköy Mahalleleri'dir. Çalışma sahasına ulaşım Hopa-Borçka-Artvin asfalt yolu ile sağlanırken, köylere ulaşım ise stabilize yollarla sağlanmaktadır.

İnceleme alanında sarp vadi ve tepelerin oluşturduğu engebeli bir morfoloji hâkim olup, bölgenin en yüksek noktasını 1748 m ile Kuvapt Tepe oluşturmaktadır. Diğer önemli yükseltiler arasında Avyatağı Tepe (1729 m), Avcıkilise Tepe (1727 m), Kale Tepe (1021 m) ve Horon Tepe (1085 m) sayılabilir (Ek Şekil 1).

Artvin ili ve 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. Dağlık ve engebeli bir arazi yapısına sahip bölgede genellikle çam ağaçlarından oluşan ormanlık alanların dışında, Çoruh Nehri'nin geçtiği güzergah çevresinde çok verimli sebze ve meyve bahçeleri dikkat çekicidir.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

İnceleme alanının orta kesiminden geçen ve KB-GD yönünde Karadeniz'e doğru akan Çoruh Nehri, hem çalışma alanının ve 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 kollardır. Artvin İli'nde nüfusun çoğu tarım ve hayvancılık ile uğraşmaktadır. Ancak hayvansal etkinlikler tarımsal etkinliklere kıyasla daha fazladır. Bunda ilin coğrafik konumu, iklimi, toprak yapısı önemli rol oynamaktadır.

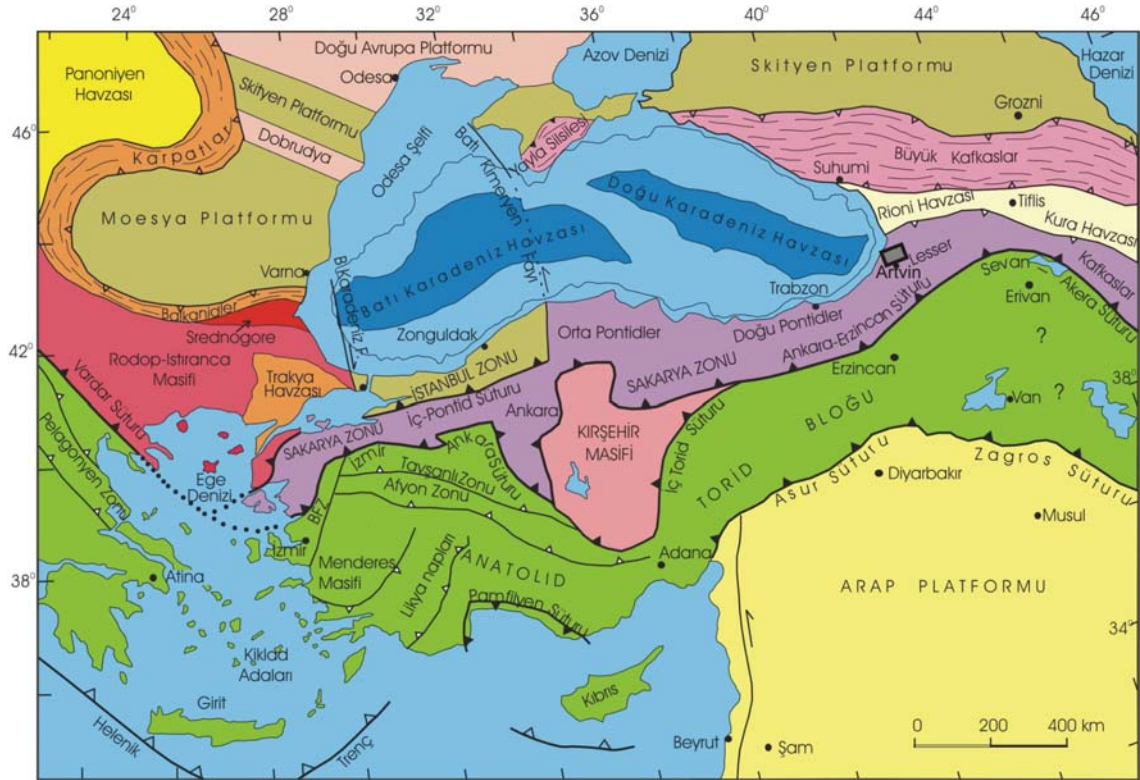
1.3. Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanı ilk kez Ketin (1966) tarafından sınırlandırılan ve coğrafik olarak Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'ne karşılık gelen "Pontid Tektonik Birliği"nin Doğu kesimini oluşturan ve "Doğu Pontid Orojenik Kuşağı" olarak isimlendirilen birlik içinde yer alır. "Doğu Pontid Orojenik Kuşağı"nın jeodinamik gelişimi sistematik jeolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik verilerin eksikliği nedeni ile halen tartışmalıdır. Genel olarak bölgenin jeodinamik gelişimi ile ilgili üç farklı görüş vardır: 1. Bölgenin Paleozoyik'ten Eosen'e kadar devam eden süreçte kuşağın güneyinde yer alan okyanusal litosferin kuzeye doğru yitimi ile şekillendiği (Adamia vd., 1977 ve 1981; Tokel 1981; Ustaömer ve Robertson 1996; Rice vd., 2009; Dilek vd., 2010), 2. Bölgenin Paleozoyik'ten Dogger'e kadar kuşağın kuzeyinde yer alan Paleotetis okyanus litosferinin güneye doğru yitimi ve Dogger'den sonra da güneyde açılmış olan Neotetis okyanusunun da kuzeye doğru yitimi ve Paleosen'de gerçekleşen çarpışma safhası ile şekillendiği (Şengör ve Yılmaz, 1981), 3. Bölgenin, kuşağın kuzeyinde yer alan Paleotetis okyanus litosferinin Paleozoyik'ten Eosen'e kadar güney yönlü yitimi ile şekillendiğidir (Dewey vd., 1973; Chorowicz, 1998; Bektaş vd., 1999; Eyüboğlu vd., 2007, 2011a, 2011b, 2011c; Eyüboğlu 2010).

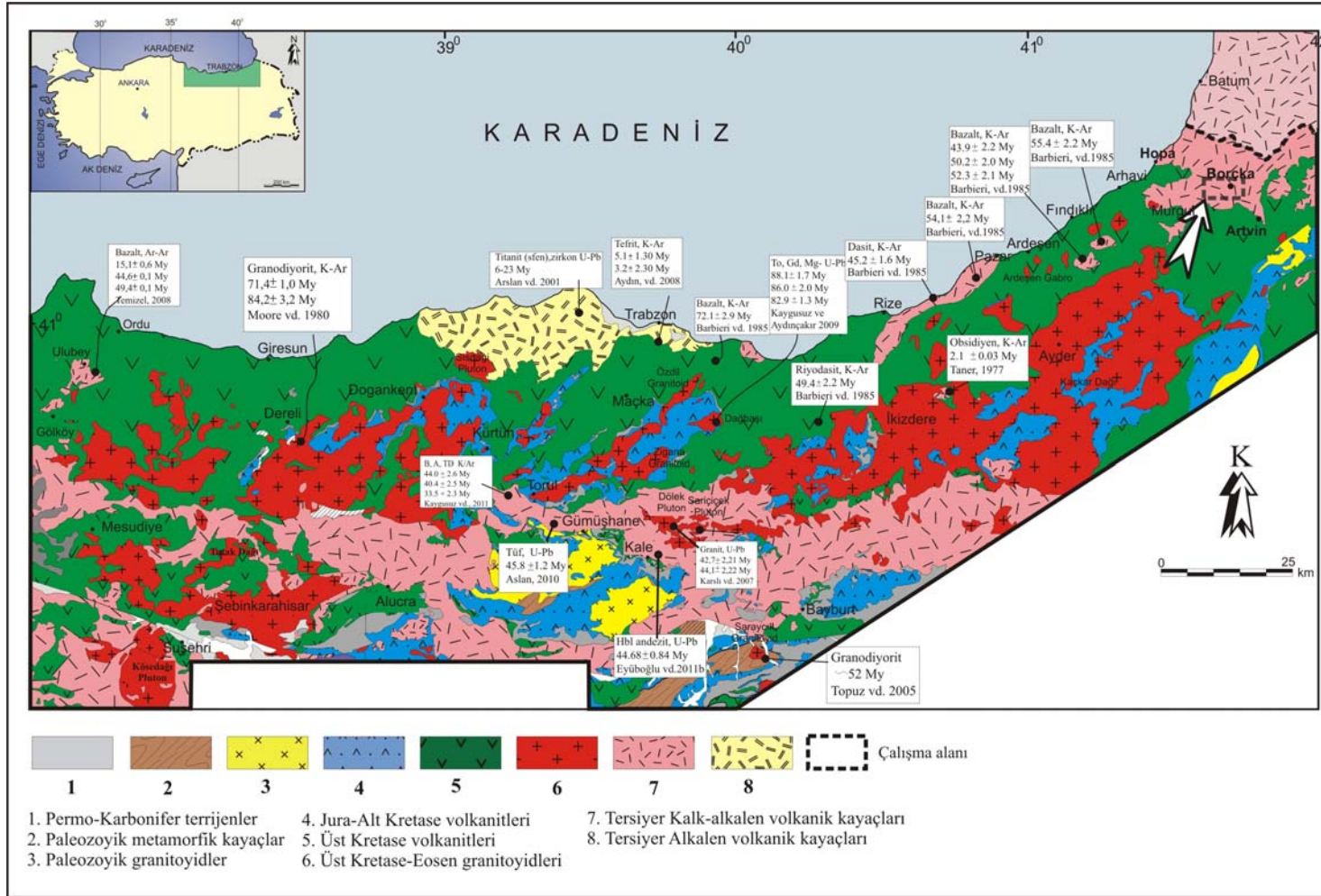
Jeodinamik gelişimi üzerine tartışmaların günümüzde de devam ettiği "Doğu Pontid Orojenik Kuşağı" ilk kez Arni (1939) tarafından Kuzey ve Güney Zon olarak kendi içerisinde iki farklı tektonik birliğe ayrılmıştır. Bektaş vd. (1995), Artvin'den Ordu'ya kadar olan bölgede yüzeyleme veren litolojik birlikleri dikkate alarak Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nı Kuzeyden Güneye doğru ilk kez Kuzey Zon, Güney Zon ve Eksen Zon'u olmak üzere üç farklı kuşağa ayırmıştır. Eyüboğlu vd., (2006) ise Bektaş vd. (1995) tarafından ileri sürülen üç farklı zon ayrımını jeofiziksel ve tektonik veriler ile destekleyerek genişletmiş ve batıdaki Amasya bölgesini de içine alacak şekilde

yenilemiştir. Ayrıca çalışılan saha Okay ve Tüysüz (1999) tarafından Sakarya Zonu olarak ayrılan tektonik birliğin Doğu Pontidler kısmında yer almaktadır (Şekil 1.2).

Alp-Himalaya kuşağındaki kritik alanlardan biri olan Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın en yaşlı kayaçları Güney Zon'da yüzeyleme veren Pulur, Ağvanis ve Tokat metamorfik masifleri, Kurtoğlu (Gümüşhane), Karadağ (Yusufeli), Kopuzsuyu (Bayburt) metamorfikleri, Gümüşhane ve Köse Granitoidleri ile temsil edilmektedir (Şekil 1.3). Bununla birlikte metamorfizma yaşları tam olarak bilinmemekle birlikte Kuzey Zon'da Dereli (Giresun) ve Çaykara (Trabzon) yörelerinde yüzeyleme veren metamorfik kayaçlarında bölgenin taban kayaçlarını temsil ettiği görüşü yaygındır (Schultze-Westrum, 1961; Zankl, 1962; Boynukalın, 1990). Bölgenin jeodinamik açıdan en önemli masiflerinden biri olan Pulur masifi Bayburt ili Demirözü ilçesinden Gümüşhane ili Köse ilçesine doğru KD-GB uzanımlı dar bir şerit halinde yüzeyleme vermektedir.



Şekil 1.2. İnceleme alanının Türkiye'nin tektonik birlikleri içerisindeki yeri (Okay ve Tüysüz, 1999'dan alınmıştır).



Şekil 1.3. Doğu Pontidler'deki Tersiyer volkanitleri ve bunları kesen sokulumların yayılımını gösteren jeolojik harita (Güven, 1993'ten değiştirilerek, Arslan vd., 1997; Şen vd., 1998; Şen, 2000; Aydın, 2003; Aydın vd., 2008; Aydın vd., 2008, 2009'dan yararlanılmıştır).

Pulur masifi, iki farklı metamorfizma koşulu ve yaşı sunan tektonik birlikten oluşur (Topuz ve Altherr, 2004; Topuz vd., 2004a, 2004b ve 2007). Bu birlikler, metamorfizma yaşı 320-330 milyon yıl ile Karbonifer olan ve yüksek derecede metamorfizma koşullarına maruz kalmış olan gnays, amfibolit, migmatit ve metaultramafik kayalardan oluşan Cenci Birliği ve metamorfizma yaşı Permiyen olup, başlıca metabazik, mermer, şist ve metaçörtlerden oluşan Doğankavak Birliği'dir (Topuz vd., 2004a, 2004b). Pulur metamorfik masifinin yaklaşık 300 km batısında yüzeyleme veren Ağvanis masifi içerisindeki kayaların metamorfizma yaşı Permiyen olup, başlıca düşük derecede metamorfizma koşullarına maruz kalmış olan metabazik, metadasit, fillit ve mermerlerden oluşmaktadır (Okay, 1984; Altınkaynak, 2000). Tokat metamorfik masifi Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın güneybatı ucunda yüzlek verir ve bölgenin en geniş yüzeyleme alanına sahip olan metamorfik kütesini oluşturur. Günümüze kadar bir çok çalışmaya konu olan bu masif (Alp, 1972; Özcan vd., 1980; Rojay, 1993; Tüysüz 1996; Yılmaz vd., 1997; Eyüboğlu 2006), genellikle düşük derecede metamorfizma koşullarına maruz kalmış olan şist, fillat, metabazit, kuvarsit ve mermerler ile temsil edilmektedir. Bölgede bu geniş ölçekli metamorfik kayaç yüzeylemelerine ilave olarak küçük ölçekli yüzeylemeleri de görmek mümkündür. Bunların en tipik örneklerini Gümüşhane yöresinde Kurtoğlu (Topuz vd., 2007, 2010), Yusufeli yöresinde Karadağ (Dokuz, 2000; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Ustaömer ve Robertson, 2010) ve Bayburt yöresinde Kopuzsuyu metamorfik kayaları oluşturur. Ayrıca Kop Dağı ve Petekkeya (Bayburt) yörelerinde çok küçük ölçekli olup, şu ana kadar üzerlerinde hiçbir detaylı çalışma yapılmamış olan metamorfik kayaç yüzleklerini de bölgede gözlemlemek mümkündür (Eyüboğlu vd., 2007). Bölgenin en yaşlı kayalarını oluşturan ve metamorfizma yaşları Paleozoyik'ten Permiyen'e kadar uzanan metamorfik kayalar, Geç Karbonifer yaşlı olup, metamorfizma izleri taşımayan Gümüşhane ve Köse Plütonları tarafından kesilir. Merkez kesimlerinde iri ortoklas kristallerinin bolluğu ve pembemsi rengi ile karakteristik olan bu alkalin kütleler, kenar kesimlerine doğru incelen tane boyutları ile kuvarslı diyoritlere hatta dasitlere kadar ulaşan geniş bir kayaç yelpazesi sunarlar. Çoğulu (1975) tarafından yapılan radyometrik yaş tayini çalışmalarında Gümüşhane Granitoyidi'nde 338, 304, 298 milyon yıl, Köse Granitoyidi'nde ise 115 milyon yıl gibi yaşlar elde edilmiştir. Topuz vd. (2010), Gümüşhane Granitoyidi'ndeki zirkon mineralleri üzerinde yaptıkları U-Pb yaşlandırma çalışmalarında kütlelerin merkez kesimlerinden aldıkları örneklerde, plüton için Geç

Karbonifer (324 ± 6 ile 320 ± 4 milyon yıl) yaşını elde etmişlerdir. Gümüşhane Granitoyidi ile benzer bir litolojik içeriğe ve stratigrafik konuma sahip olan Köse Granitoyidi'ndeki biyotit mineralleri üzerinde yapılan Ar/Ar yaşlandırma analizlerinde de Topuz vd. (2010) tarafından verilen yaş aralığına benzer bir yaş aralığı (Geç Karbonifer; 306.7 ± 4.1 ile 322.2 ± 4.3 My) Dokuz (2011) tarafından elde edilmiştir.

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda Triyas dönemini temsil eden kayaçların varlığı tartışmalıdır. Bayburt Demirözü yöresinde metamorfik kayaçlar üzerine gelen ve kırıntılı kayaçlardan oluşan istifin (Karakaya Formasyonu) Triyas yaşlı olabileceği birçok araştırmacı tarafından ileri sürülmüştür (Ağar, 1977; Yılmaz vd., 1997b; Topuz vd., 2004a). Ayrıca Benzer olarak Amasya yöresinde Tokat masifini oluşturan metamorfik kayaçlar üzerine gelen ve çok düşük dereceli metamorfizma izleri taşıyan kırıntılı kayaçlardan oluşan Karasenir Formasyonu'nun Triyas yaşlı olduğu ileri sürülmüş (Alp, 1972) ancak bu kayaçların otokton mu yoksa allohton mu olduklarına dair tartışmalar bir sonuca bağlanamamıştır. Her iki formasyon için paleontolojik bulguların olmayışı nedeni ile bölgede Triyas'ın varlığı ile net bir bilgiye ulaşılamamıştır. Ancak son yıllarda Eyüboğlu vd. (2010, 2011d) tarafından yapılan çalışmalarda Pulur ve Tokat metamorfik masiflerini kesen ultramafik ve mafik intrüzyonlardan Ar/Ar ve U-Pb yaşlandırma metodları ile Geç Triyas yaşı (191 ± 5 ile 212 ± 4 My arasında) elde edilmiş ve daha önce okyanusal kabuğa ait olduğu düşünülen bu kayaçların aslında yaklaşan plaka kenarlarında gelişen yüksek alüminyumca zengin yitim ilişkili magmaların ürünleri olan Alaskan-tip intrüzyonlar olduğu ortaya konulmuştur.

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda Paleozoyik ve Triyas yaşlı kayaçlar Erken-Orta Jura yaşlı volkano-tortul istif tarafından uyumsuz olarak örtülür. Kuşağın Kuzey Zonu'nda Jura yaşlı sedimanter oluşuklara seyrek rastlanılmakta (Giresun, Dereli) olup, birim genellikle volkanik kayaçlar ile temsil edilmektedir (Boynukalın, 1990; Eyüboğlu vd., 2006; Şen 2007). Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Güney Zonu'nda Kuzey Zon'dan farklı olarak Erken-Orta Jura dönemi sedimanter ağırlıklı bir istif ile temsil edilir ve daha geniş alanlarda yüzeyleme verir. Değişik araştırmacılar tarafından farklı adlarla isimlendirilen bu birim, birbirleriyle yanal geçiş gösteren ve kısa mesafelerde kalınlık farkları sunan rift ilişkili birimleri içerir (Karatepe Formasyonu, Seymen, 1975; Temeyaylası Formasyonu, Yüksel, 1976; Hacıören Formasyonu, Pelin, 1977; Hamurkesen Formasyonu, Ağar, 1977; Zimonköy Formasyonu, Eren, 1983; Şenköy Formasyonu, Kandemir, 2004). Andezit, bazalt, diyabaz, tuf ve aglomeralardan oluşan volkanik ara

seviyeler yersel çakıltası, marn, kiltası ve kumlu kireçtaşı ile "Calcarei Ammonitico Rosso" fasiyesinde gelişmiş bol ammonit, belemnit, sünger ve gastropod içeren bu birimin başlıca litolojilerini kırmızı renkli kireçtaşları oluşturur (Yılmaz, 1995, 2002; Kandemir, 2004; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Eyüboğlu vd., 2006; Kandemir ve Yılmaz, 2009). Eyüboğlu vd. (2006) Gümüşhane yöresinde metamorfik ve granitik taban kayaları içerisinde görülen ve Erken-Orta Jura yaşlı sedimentler tarafından doldurulmuş olan neptünyen dayklar üzerinde yaptıkları detaylı çalışmalar sonucunda, volkano-tortul istiflerin oluşumuna ev sahipliği yapan Erken-Orta Jura havzalarının açılımında KD-KB ve D-B yönlü çekme kuvvetlerinin etkili olduğunu belirlenmiştir.

Geç Jura-Erken Kretase dönemi Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın tamamında tektonik ve magmatik açıdan duraylılık dönemine karşılık gelmekte olup, tüm bölgede karbonat çökelişi egemendir. İlk kez Pelin (1977) tarafından Alucra (Giresun) yöresinde tipik yüzeylemesini verdiği Berdiga Dağları'na atfen Berdiga Formasyonu olarak isimlendirilmiş olan bu birim, Kuzey Zon'da genellikle masif tabakalanmalı, gri-bej renkli, yanal devamlılığı olmayan kireçtaşları ile temsil edilir (Taslı, 1984). Bazı kesimlerde ise (Kürtün-Gümüşhane, Doğankent-Giresun) Geç Kretase volkanitleri içinde bloklar şeklinde izlenirler (Eyüboğlu vd., 2006). Magmatik yayın güney kesiminde ise "Berdiga Formasyonu" genel olarak gri-bej renkli, kalın, yer yer masif katmanlı, çok zengin bentik foraminifer fosilleri içeren, taban seviyeleri yer yer dolomitlerden üst seviyeleri ise çört yumru ve bantlı kireçtaşlarından oluşan, sığ denizel bir istif özelliği sunar (Taslı, 1990; Kırmacı, 1992; Yılmaz, 2002).

Geç Kretase dönemi, Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda kuzeyden güneye doğru önemli litolojik farklılıklar gösterir. Kuzey Zon'da şiddetli bir magmatizmanın ürünü olan volkanik kayalar ve granitik intrüzyonlar baskın litolojiyi oluşturur (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Okay ve Şahintürk, 1997; Karlı vd., 2004; Boztuğ vd., 2006; Kaygusuz vd., 2008; Kaygusuz ve Aydınçakır 2009, 2011; Karlı vd., 2010a). Magmatizmanın durakladığı dönemlerde ise tortul ara seviyelerin çökelişi söz konusudur. Güneye doğru ilerledikçe magmatizmanın şiddeti azalır, potasyum içeriği yükselir ve magmatik kayaç ağırlıklı istif yerini sedimanter kayaç ağırlıklı bir istife bırakır. Sedimanter kayaçlar arasında yer yer tuf ara seviyelerini gözlemek mümkündür. Daha güneyde Bayburt-Amasya hattı boyunca ise Geç Kampaniyen'de başlayan ve Maastrichtiyen sonuna kadar devam eden yüksek potasyumlu magmatizma yaygın olarak gözlenir (Altherr vd., 2008; Topuz vd., 2010; Eyüboğlu, 2010).

Bu tezin konusunu oluşturan Artvin-Borçka yöresi volkanik kayaçlarını da içeren Senozoyik dönemi Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın güney kesiminde sedimanter, kuzey kesiminde ise magmatik ağırlıklı bir istif ile temsil edilmektedir. Güneyde Senozoyik magmatizması Kop Dağları ve Erzincan hattı üzerinde Geç Paleosende başlamış ve kuzeye doğru ilerleyerek Erken Eosen döneminde Gümüşhane-İspir hattı boyunca asidik magmatizmanın ve volkano-sedimanter istif özelliğindeki ürünleri oluşturmuştur (Tokel, 1977; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Topuz vd., 2005; Arslan ve Aslan, 2006; Karlı vd., 2007; Temizel ve Arslan, 2009; Aslan, 2010; Karlı vd., 2010b, 2011a; Kaygusuz vd., 2011; Topuz vd., 2011; Eyüboğlu vd., 2011a, b, c). Bu magmatizmayı takip eden süreçte aynı alanlarda Eosen havzaları açılmaya başlamış ve bu havzalarda sedimanter kayaç istifleri çökelmeye başlamıştır. Doğu Pontid'lerin Kuzey Zon'unda Senozoyik dönemde magmatizma Güney Zon'dakine göre daha şiddetlidir ve bu dönemde kalk-alkalin granitik ve bazik volkanik kayaçların oluşumu söz konusudur (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Şen vd., 1998; Boztuğ vd., 2004; Karlı vd., 2011b). Sahil kesiminde ise Neojen yaşlı alkalin volkanizma bölgedeki magmatik faaliyetlerin son ürünlerine vücut vermiştir (Aydın, 2003, Aydın vd., 2008; Şekil 1.3). Güneyde Neojen tortulları jipsli, tuzlu sığ deniz, lagün ve gölssel fasiyesler olarak gözlenmiştir (Erentöz, 1974; Ketin, 1983).

1.4. Önceki Çalışmalar

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda Tersiyer volkanitleri Güney Zonda (Bayburt-Gümüşhane-Şiran-Alucra hattı) yaygın olarak, Kuzey Zonda (Trabzon-Tonya-Tirebolu hattı) ise Karadeniz kıyı şeridi boyunca daha dar alanda yüzeylemektedir. Doğu Pontid Tersiyer volkanitleri farklı araştırmacıların ilgisini çekmiştir ve son 35 yıldan bugüne yapılan çalışmalar kısaca aşağıda özetlenmiştir.

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

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

Özsayar vd. (1981), Bilenler (Artvin) yöresinde yüzeyleyen yastık lavların stratigrafik konumlarını belirlemeye yönelik çalışmalarda, Üst Kretase yaşlı dasitik serinin üzerine gelen bazik volkanitlerdeki yastık lavlara sıkça rastlandığını belirtmişlerdir. Bu

yastık lavların, Bilenler yöresinde çok güzel görüldüğünü ve yastıkların arasının, yastıkların deniz altında yuvarlandıklarında ortamda bulunan kırmızı karbonat çamurlarla (kırmızı biyomikritlerle) doldurulmuş olduklarını ileri sürmüşlerdir. Yastık lavları oluşturan volkanik kayalara ait minerallerin çoğu kez tamamen ayrışma ürünlerine dönüştüklerini belirtirler. Bu Üst Kretase bazik volkanitlerinde gözlenen yastık lavların arasındaki kırmızı biyomikritlerden sağlanan *Globotruncana* faunasının Kampaniyen-Maastrichtiyen geçiş zonunu karakterize ettiğini vurgulamışlardır.

Özsayar vd. (1982), Ardanuç yöresinin jeolojisi adlı çalışmalarında, yörede Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı kayaların yüzelediğini söylemişlerdir. Bu bölgedeki kayaları gençten yaşlıya doğru Eosen yaşlı Çiseltkaya Formasyonu, Avcılar Formasyonu ve Kızılcık Formasyonu, Paleosen yaşlı Ziyarettepe Formasyonu, Üst Kretase yaşlı Makenet Formasyonu ve Ziverağa Formasyonu ve en yaşlı birim olarakta Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Karlı Formasyonu olarak adlandırmışlardır.

Güven (1990), Artvin-Borçka arasında kalan bölgenin jeolojisi ve prospeksiyonu adlı çalışmasında, stratigrafik istif ortaya konulmuş ve bu istif içinde özellikle masif stratiform sülfid cevherleşmelerinin bulunduğu horizonlar tespit etmişlerdir. Yatık kıvrımlı ve bindirme faylı yapılar belirlemişlerdir ve bu yapıların Eosen sonrası genç orojenik hareketleri ile ilgili olduğu anlaşılmıştır.

Kuvarshan Köyü civarında çoğunlukla yüzeylemiş bulunan Üst Senoniyen (Mastrihtiyen) yaşlı olduğu bilinen türbitidlerin Paleosen geçişli olduğunu tespit etmişlerdir. Kuvarshan-Beştaşlı-Erenler maden sahalarını birleştiren yaklaşık 22 km²'lik bir alanda 1/5000 ölçekli jeolojik harita alımı yapılmasını önermişlerdir. F47 a3-b4-c1-d2 paftalarını kapsayan yaklaşık 320 km²'lik bir alanın jeoloji haritasını yapmışlardır. Ayrıca, Doğu Karadeniz Metalojeni Kuşağı içinde yer alan inceleme alanında stratiform polimetallik sülfid ve mangan cevherleşmelerinin bulunduğunu belirtmişlerdir.

Van (1990), Pontid Kuşağında Artvin Bölgesinin jeokimyası, petrojenezi ve masif sülfid mineralizasyonları adlı doktora çalışmasında, Artvin yakın yöresini magmatik petroloji ve masif sülfid birikimleri açısından incelemiştir. Tabanın Jura ve daha yaşlı kayalardan ve metamorfitten oluştuğunu ve yer bilimciler tarafından Alt Bazik Seri diye adlandırıldığını belirtmiştir. Üst Kretase yaşlı birimlerin yer yer Paleosen yaşlı birimlere geçiş yaptığını, taban konglomerası ile başlayan Orta Eosen yaşlı filiz fasiyesindeki kayalar alttaki birimleri uyumsuz olarak üstlediğini söylemiştir. Eosen

sonrası yerleşen genç kuvarslı diyoritlerin ve hornblend dasitlerin en genç birimleri oluşturduğunu vurgulamıştır.

Çamur vd. (1996), Kuzey Zon'daki volkanik kayalar oluştuğu zaman dilimine göre; Jura Volkanik Devri, Üst Kretase Alt Volkanik Devri, Üst Kretase Üst Volkanik Devri ve Tersiyer Volkanik Devri şeklinde dört ana volkanik devire ayırmıştır. Bu çalışmaya göre, Jura volkanitleri yay gerisi ve zenginleşmiş okyanus ortası bazaltı özellikleri taşır ve kabuktan etkilenmemiştir. Buna karşın, Üst Kretase volkanik kayaları toleyitik ve kalk-alkali, Tersiyer volkanitleri ise şoşonitik özellikte olup, zenginleşmiş okyanus ortası bazaltlarına benzer magmadan türemişlerdir.

Arslan vd. (1997), Doğu Pontid Volkanik Kayalarının Jeokimyası ve Petrojenezi adlı çalışmada, Eosen volkanizmasının ise yitim sonunda alt kabuk ve/veya üst mantodan kısmi ergime sonucu oluştuğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak jeokimyasal ve petrolojik verilerin Doğu Pontid volkanik kayalarının ada yayında oluştuğuna işaret ettiklerini vurgulamışlardır.

Yılmaz vd. (1997), MTA ile Gürcistan Jeoloji Dairesi ve Bilimler Akademisi Jeoloji Enstitüsü arasında Türkiye-Gürcistan sınırı boyunca yer alan bölgenin jeolojik özellikleri adlı proje çalışması yapılmıştır. İnceleme alanı, iki ülkenin sınırı boyunca yer alır. Bu alan, Pontidlerin en doğu ucu ile Transkafkasya'nın güney kesiminin bir parçası olup, kuzeyde Adjara-Trialeti birimi, güneyde Artvin-Bolnisi birimi ile temsil edilmektedir.

Artvin-Bolnisi birimi boyuca, Maastrichtiyen-Paleosen yaşlı sığ denizel kireçtaşı ve türbiditik terrijen kırıntılı kayalar yerel uyumsuzluklarla temsil edilen ilişkilerle yay topluluğu üzerine gelir ve üste doğru Eosen volkano-klastik kayalarına geçer. Orta Eosen volkanik kayaları, Adjara-Trialeti biriminde görülen istife benzer bir sıralanım sunar ve 1-5-2 km kalınlık sunar. Bu istif, Geç Eosen yaşlı sığ denizel kırıntılı kayalar tarafından yerel bir uyumsuzlukla izlenir. Her iki birimin kalınlık, yerel uyumsuzluklar ve kaya türleri yönüyle izlenen farklılıklara rağmen, her iki ana tektonik birimin Maastrichtiyen-Eosen istifi korrele edilebilir ve Artvin-Bolnisi blokunun, Adjara-Trialeti havzasının bir kenarını temsil ettiği sonucuna varılabileceğini söylemişlerdir.

Şen vd. (1998), Doğu Pontid Alkalen Provansinin, Senozoyik dönemde gelişen volkanik faaliyetler sonucunda oluştuğunu ve alkalen kayaların iki farklı gruptan (Tonya grubu ve Trabzon grubu) oluştuğunu belirtmişlerdir. Petrografik olarak her iki grubun alkali bazalt, tefrit, fonolitik tefrit, bazenit, nefelinit, nefelin latit ve bunların piroklastik kayalarını içerdiğini söylemişlerdir. Jeokimyasal veriler, Tonya grubu örneklerin

Trabzon gurubu örneklerine göre daha yüksek MgO ve Ni, daha düşük hafif nadir toprak element (HNTE) içerikleri ve büyük iyon yarıçaplı litofil element (BİLE) / aşırı duraylı element (ADE) oranlarına sahip olduklarını belirtmişlerdir. İlk bulgular, bu iki grup kayacın, metazomatizmaya uğramış bir manto kaynağından türeyen ve sığ derinliklerde farklılaşmaya uğrayan birincil bir magma ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir.

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

Barbieri vd. (2000), özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Kuzey Zonu'ndaki Senozoyik yaşlı volkanitlerin K-Ar radyometrik yaşlarını ve Sr izotoplarını tayin etmişlerdir. Elde edilen çoğu kayaç yaşlarının özellikle 26 My etrafında kümелendiğini belirten yazarlar bu olayı, Doğu Pontidler'deki magmatik aktivitenin son aşamasıyla ilişkili olan hidrotermal alterasyonun neden olduğu Ar kaybına bağlarlar. Ancak Trabzon güneyinden alınan silise doymamış alkali örneğin 26.5-27 My yaşında olmasını, yöredeki Senozoyik volkanitlerinin en son ürünü olarak yorumlamışlardır.

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

Yılmaz vd. (2000), Structural correlation of the southern Transcaucasus (Georgia)-eastern Pontides (Turkey) isimli çalışmada; aynı jeolojik kuşakta yer alan Doğu Pontid (kuzeydoğu Türkiye) ve Transkafkasya'nın (Gürcistan) Avrasya kıtasının aktif kenarını temsil ettiğini belirtmişlerdir. Doğu Pontid ve Transkafkasya'nın önemli bir bölümü ada yayı, yay önü, yay gerisi ve yay içi havzalarından, Kuzey Anadolu-Küçük Kafkasya ofiyolit kuşağının kuzeyinde yer aldığını ve bu kuşaktaki Doğu Pontid parçasının kuzeyden

güneye doğru kuzey, merkez ve güney olmak üzere 3 yapısal birimden oluştuğunu söylemişlerdir. Kuzey birim olan Karadeniz sahilinin güneydoğusu-Adjara-Trialeti Biriminin Geç Kretase zamanında oluşmuş genç yay gerisi havza özelliği sunmaktadır.

Orta Artvin-Bolnisi Birimi güney Transkafkasya'nın kuzey parçası olarak bilinmekte, Hesiniyen temelle karakterize edilen birim Üst Karbonifer-Alt Permiyen molozları ve Üst Jura-Kretase yay bileşenleri tarafından uyumsuz olarak üstlenirler. Güney birim ise Bayburt-Karabakh Birimidir. Bölgedeki Mastroşiyen-Alt Eosen örtü kayaları diğer bütün birimleri uyumsuz olarak örterler. Orta Eosendeki açılma yeni havza oluşumlarına yol açmış ve bu havzaların bazıları Oligosen-Erken Miyosen zamanında kapanmıştır.

Arslan vd. (2001), Trabzon ve Gümüşhane Yörelerinde (KD, Türkiye) Yüzeyleyen Eosen (?) Volkanitlerinin Karşılaştırmalı Jeolojisi, Mineralojisi ve Petrolojisi isimli çalışmada; Pontid'lerin Güney Zon'unda yüzeyleyen Tersiyer volkanizmasının Paleosen mikritik kireçtaşlarıyla geçişli Nummulitli seviyeler içeren tortul kayaçların hemen üzerine uyumlu olarak geldiğini söylemişlerdir. Buna karşın Kuzey Zondaki Tersiyer volkanizmasının çoğu yerde Üst Kretase tortulları üzerine uyumsuz olarak, bazen de Üst Kretase volkanitleri üzerine uyumsuzluk konglomerası ile oturduğunu belirtmişlerdir. Güneydeki volkanitlerin bazaltik andezit, andezit, az oranda da bazalt ve piroklastitlerinden oluşmuş, kalkalkalen karakterli bir seri oluşturduklarını; kuzeydeki volkanitlerin ise alkalen bazalt, tefrit, bazanit, fonolitik tefrit ve piroklastitlerden oluşan bir alkalen seri özelliğinde olduklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca kuzeydeki alkalen seride iz elementleri farklı iki grup kayacın (Trabzon ve Tonya grupları) varlığından söz etmişler ve Kuzey Zonu volkanitlerinin gelişiminde, esasen yüksek basınçlarda gerçekleşen farklılaşma ve değişik oranda kısmi ergimenin etkili olduğunu vurgulamışlardır.

Temizel (2002), İkizce (Ünye-Ordu) yöresinde yer alan Tersiyer yaşlı volkanik kayaçların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerini incelediği çalışmada, volkanizmanın gelişimi ortaya koyarak, kökeni belirlemeye çalışmıştır. İncelenen volkanik kayaçların; genellikle andezit, andezit porfir ve piroklastitlerinden daha az oranda ise bazalt ve bazaltik andezitten oluştuğunu, genelde porfirik, mikrolitik porfirik, hyalomikrolitik porfirik, hyalopilitik yer yer de entersertal, entergranüler, akma ve glomeroporfirik doku gösterdiklerini belirtmiştir. Volkanitlerin genel olarak kalkalkali ve toleyitik-alkali geçişli olup, orta derecede K içerdiklerini, ana ve iz element değişimlerinin, kayaçların gelişiminde klinopiroksen, olivin, hornblend, plajiyoklas, magnetit ve apatit

ayrışmasının etkili olduğuna işaret ettiklerini vurgulamıştır. Yüksek BİLE (Sr, K₂O, Rb, Ba) ve HNTE (La, Ce) ile düşük Nb, Zr, Y ve TiO₂ içerikleri kayaların; yitim ve astenosferik ergiyiklerin karıştığı zenginleşmiş bir köken magmadan türediğine, Koçevyanı Bazaltı'nın yüksek basınçta (~2 kbar) olivin + ojit kontrollü ayrışmayla, andezitik kayaların ise daha sığ derinliklerde düşük basınçta (~1 bar) ojit + hornblend ± plajiyoklas kontrollü ayrışma ve özümleme ± magma karışımıyla oluştuğunu ifade etmiştir.

Temizel ve Arslan (2003), İkizce (Ünye-Ordu) Yöresi Tersiyer Volkanitlerinin Gelişiminde Etkili Olan Magmatik Olayların Jeokimyasal Modellenmesi adlı çalışmalarında incelenen kayalara ait petrokimyasal veriler kullanılarak kayaların gelişiminde etkili olan magmatik olayları modellemeye çalışmışlardır. Rayleigh Fraksiyonel Ergimesi'ne göre volkanitlerin ana magmasının manto kaynağından ~%20-30'luk bir kısmı ergimeyle türediğini, iz elementlere dayalı Rayleigh Fraksiyonlaşması'na göre kayaların gelişiminde klinopiroksen, plajiyoklas ve magnetit ayrışmasının etkili olduğunu belirtmişlerdir. Kayaların gelişiminde ayrışmanın yanı sıra özümleme ile birlikte gelişen ayrışma olayının (AFC) ne kadar etkili olduğunu modellemişlerdir. Ancak bu kayaların gelişimi esnasında AFC'nin çok etkili olmadığı (asimilasyon oranı / fraksiyonel kristallenme oranı $r \leq 0.2$), fraksiyonel kristallenmenin daha baskın olduğunu söylemişlerdir.

Aydın (2003), Değirmendere Vadisi (Trabzon) volkanitlerinin mineralojik, kimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelediği çalışmasında, volkanitlerin gelişimin süreçlerinde etkili olan magmatik olaylar modellenmiş ve kökenlerini tartışmıştır. Mineral ve kayaç kimyası verilerine göre, Üst Kretase yaşlı toleyitik-kalkalkali volkanitlerin ada yayı ürünü olup, bazaltik ve andezitik kayalardan oluştuğu, buna karşın Neojen yaşlı alkali-şoşonitik Trabzon Volkanitlerinin çarpışma sonrası yay özelliği gösteren bazanit, tefrit ve tefritik fonolitlerden (I. grup) ve alkali bazalt, trakibazalt, trakiandezit, trakit ve riyolitten (II. grup) oluşan iki farklılaşmış seriden meydana geldiği belirtilmiştir. Farklılaşma modellemelerine göre, Üst Kretase volkanitlerinin gelişiminde Kpir + Pl ± Fe-Ti oksit ayrışmasının baskın olduğu, buna karşın Neojen volkanitlerinin I. grup serisinde Kpir + Foid + Fe-Ti oksit + Ap, II. grubun ise K-Feld + Kpir + Bio + Fe-Ti oksit ayrışmalarının etkili olduğunu söylemiştir. Ayrıca jeokimyasal verilerin, Üst Kretase volkanitlerinin ana magmasının yitim ilişkili zenginleşmiş litosferik bir kaynaktan itibaren orta derecedeki (%15-20) kısmi ergimeyle, Neojen volkanitlerinin ise ana magma

kaynağının muhtemelen metazomatize olmuş bir manto kaynağından düşük dereceli (< %15) kısmi ergimeyle oluştuğunu ifade etmiştir.

Kurt vd. (2005), Keşap (Giresun)-Çarşıbaşı (Trabzon)-Torul (Gümüşhane) arasının jeolojisi adlı çalışmada, bölgede bulunan birimlerin bazılarında yeniden adlandırılmaya gidilirken, bazı birimler daha detaylı çalışılarak birden fazla formasyon ve üyeye ayrılmıştır. İnceleme alanı, volkanik kayaların baskın olduğu Kuzey Zon ve sedimanter kayaların baskın olduğu Güney Zon'u kapsar. Eski çalışmalarda her iki zona ait Eosen yaşlı birimler Kabaköy Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada, Eosen yaşlı volkanitlerin farklı tektonik zonlarda, farklı jeokimyasal bileşimde ve ortamlarda oluşması nedeniyle Tonya Formasyonu olarak, bu formasyonun tabanında yer alan kırıntılı kayalar ise İskenderli Kırıntılı Üyesi olarak ayırtlanmıştır. Güney Zon'da ise önceki tanımlamaya bağlı kalınmış (Kabaköy Formasyonu), fakat Kabaköy Formasyonu'nun tabanındaki konglomera ve kireçtaşından oluşan kısmı Bahçecik Üyesi, Kumtaşı-kiltaşı-tüfit ardalanmasından oluşan kısmı Kavacık Üyesi ve andezit, aglomera ve tüfden oluşan kısmı ise Hırsızdağı Volkanit Üyesi olarak tanımlanmıştır.

Topuz vd. (2005), Adakite benzer izler taşıyan çarpışma sonrası plütonlar: Eosen yaşlı Saraycık Granodiyorit (Doğu Pontidler, Türkiye) adlı çalışmalarında, çarpışma sonrası Saraycık granodiyoritinin Geç Paleosen-Erken Eosen (52 My) döneminde yerleştiğini söylemişlerdir. Bu plütonun hesaplanan hornblend jeobarometresine göre sığ derinliklerde (~5-8 km) yerleştiğini söylemişlerdir. İncelenen plütonun yerleşme yaşını, Ar-Ar metodu ile yaklaşık olarak 52 My olduğunu söylemişlerdir.

Arslan ve Aslan (2006), Doğu Pontidlerde Tersiyer yaşlı granitik intrüzyonların mineralojisi, petrografisi ve tüm kayaç jeokimyası adlı çalışmalarında, petrografik olarak Kuzey Zon kayalarının monzonit, kuvars monzonit, monzodiyorit ve kuvars monzodiyorit, Güney Zon kayalarının ise monzogranit ve granodiyoritten ibaret olduklarını belirtmişlerdir. Genellikle kalkalkali-hafif alkali geçişli ve metalümin karaktere sahip bu kayaların kafemik yönseme gösterdiğini söylemişlerdir. Kuzey Zon intrüzyonları çarpışma sonrası, A-tipi, alkalin monzonitik birlikteliğinden, Güney Zon intrüzyonları çarpışma sonrası, I-tipi, granodiyoritik kalkalkali-alkali geçiş birlikteliğinden oluştuğunu, jeokimyasal verilerin, farklılaşmanın ayrımlaşma ve/veya magma karışımı ile ilgili olduğunu ifade etmişlerdir. Uyumsuz ve nadir toprak element dağılımlarının, Kuzey ve Güney Zon intrüzyonlarının her ikisinin de yitimle ilişkili akışkanlarca zenginleşmiş bir köken magmanın ergimesi sonucu oluştuklarını fakat yükselme ve yerleşme esnasında

farklı bir şekilde geliştiklerini ifade ettiklerini vurgulamışlardır. Güney Zon kayaçlarına ait U-Pb zirkon yaşlandırmasında intrüzyonun yaşının 44.4 ± 0.3 milyon yıl olduğunu söylemişlerdir. Bölgesel jeodinamiğin bölgenin çarpışma sonrası ekstansiyonel tektoniğini ifade ettiğini belirtmişlerdir. Özellikle, Güney Zon intrüzyonları için yitimin durması ve bunu takip eden kabuk kalınlaşmasından sonra, kabuk kirlenmesinin ve yerleşim seviyesinin magmatik gelişim için önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Karslı vd. (2007), Eosen yaşlı Dölek ve Sarıçiçek (Gümüşhane) plütonlarının jeokimyası ve Sr-Nd-Pb izotopik bileşimleri; çarpışma sonrası ekstansiyonel ortamdaki yüksek-K'lı kalkalkalen granitoidlerin oluşumundaki magma etkileşimi adlı çalışmalarında, bu plütonların hesaplanan hornblend jeobarometresine göre sığ derinliklerde ($\sim 5-9$ km) yerleştiğini söylemişlerdir. İncelenen plütonların K-Ar yaşlandırmasının 42.7 ± 2.21 ile 44.1 ± 2.22 My arasında değiştiğini söylemişlerdir. Petrografik olarak, mafik mikrogranüler anklav (MME) içeren ana kayacın diyoritten granite kadar değişen kayaç türlerinden oluştuğunu vurgulamışlardır. MME'ler ile içerisinde bulunduğu kayaçlar arasındaki jeokimyasal ve izotopik benzerliklerin, anklavların büyük olasılıkla alt kabuk ve mantodan türemiş magmalar arasındaki etkileşimle oluşmuş karışık bir kökene işaret ettiğini söylemişlerdir.

Temizel (2008), Ulubey (Ordu-KD Türkiye) Yöresi Tersiyer Volkanitlerinin Petrografisi, Petrokimyası, $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ Jeokronolojisi, Sr-Nd İzotop Jeokimyası ve Petrojenezi konulu doktora çalışmasında, Doğu Pontidler'in batı kısmında yer alan Ulubey (Ordu) yöresindeki çarpışma-çarpışma sonrası Eosen ($^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ yaşlandırması 44.6-49.4 My) ve Miyosen ($^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ yaşlandırması 15.1 My) volkanitler; trakibazalt (TB-Yenisayaca Bazaltı), Trakidasit-Dasit Takımı (TDT), Trakiandezit-Trakidasit-Riyolit Takımı (TTRT) ve Andezit-Trakiandezit Takımı (ATT) olmak üzere dört takıma ayırmıştır. Bu volkanitlerin, toleyitik-alkalenden kalk-alkalene kadar değişen karaktere sahip olup, orta-yüksek-K içerdiklerini belirtmiştir. Bu çalışma sonucunda volkanitlerin köken magmasının, Üst Kretase-Eosen zamanında daha önceden yitim akışkanları tarafından metazotizmaya uğratılmış zenginleşmiş bir kaynak bölgeden türeyebileceklerini ifade etmektedir. Litosferik dilim kopmasına bağlı olarak meydana gelen astenosferik yükselme, zenginleşmiş litosferik mantonun ergimesine neden olduğunu ileri sürmektedir.

Aydın vd. (2008), Petrogenesis of the Neogene alkaline volcanics with implications for post-collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey isimli çalışmalarında, Doğu Pontidlerde yer alan Neojen alkalin volkanik kayaçlarından

yaptırdıkları tüm kayaç jeokimyası, Sr-Nd-Pb izotop kimyası ve K-Ar yaşlandırması ile kayaçları oluşturan magmanın petrojenezi ve jeodinamiğini yorumlamışlardır. NAV bazanit-tefrit (A Grubu), tefrit-tefritfonolit (B Grubu) ve alkalen basalt-riyolit (C Grubu) olmak üzere üç gruba ayırmışlardır. Dokusal ve kpir-barometresine göre her bir grubun yaklaşık 3-4.5 kbar basınç altında ve yaklaşık olarak 9-14 km derinlikte kristallendiğini belirterek alkaken magmanın sığ bir derinlikte yerleştiğini söylemişlerdir. İzotop analizleri sonucu $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ değerinin 0.705018 ile 0.705643 arasında değiştiğini, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ değerinin ise 0.512662 ile 0.512714 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. İki örnekten seçilen biyotit mineralinden yaptırılan K-Ar yaş analiz sonucu alkalen volkanitlerin 5.1 ± 1.30 ile 3.2 ± 2.30 My yaşlarında yani Pliyosen zamanında oluştuklarını göstermektedir.

Temizel ve Arslan (2008), İkizce (Ordu) yöresindeki Tersiyer volkanizmasının bazaltik ve andezitik kayaçlarla ilişkili olduklarını ortaya koymuşlardır. Bazaltik kayaçların plajiyoklas (An_{58-80}), olivin (Fo_{82-84}), klinopiroksen ($\text{Wo}_{44-48}\text{En}_{35-42}\text{Fs}_{7-17}$), hornblend ($\text{Mg}^{\#}=0.68-0.76$) ve magnetit minerallerinden, andezitik kayaçların ise plajiyoklas (An_{25-61}), klinopiroksen ($\text{Wo}_{46-49}\text{En}_{38-43}\text{Fs}_{11-13}$), hornblend ($\text{Mg}^{\#}=0.48-0.81$), biyotit ($\text{Mg}^{\#}=0.48-0.60$), titanomagnetit, apatit ve zirkon minerallerinden oluştuğunu, jeokimyasal verilere göre, orta derecede K içeren bu kayaçların toleyitik-alkalen geçişliden kalkalkelen karaktere kadar değişen afiniteye sahip olduklarını, ana ve iz elementlerdeki jeokimyasal değişimlerin ise kayaçların gelişiminde klinopiroksen, olivin, hornblend, plajiyoklas, magnetit ve apatit ayrılaşmasının önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Volkanitlerin E-tipi OOSB'ye göre normalize edilmiş iz element dağılımları; özellikle büyük iyon yarıçaplı litofil element ve daha az oranda hafif nadir toprak element konsantrasyonları bakımından zenginleşme ve yüksek çekim alanlı element konsantrasyonları bakımından tüketilme ile tipik olarak yitim ile ilişkili tektonik ortamları temsil eden kayaçlar benzer jeokimyasal özellikler sunduklarını belirtmişlerdir.

Temizel ve Arslan (2009), Ulubey (Ordu) yöresindeki Tersiyer yaşlı volkanik kayaçları Yenisayaca Bazaltı, Çatal Tepe ve Elekçioğlu Tepe Takımı, Işık Tepe Takımı ve Andezit/Trakiandezit Takımı olarak dört takıma ayırmışlardır. Petrokimyasal verilere göre, kayaçların toleyitik-alkalenden kalk-alkalene kadar değişen karaktere sahip olduklarını, orta-yüksek K içerdiklerini belirtmişlerdir. Volkanitlerin N-tipi OOSB göre normalize edilmiş iz element dağılımları, özellikle büyük iyon yarıçaplı litofil element ve daha az oranda Th ve Ce konsantrasyonları bakımından zenginleşme, fakat Zr, Y ve TiO_2

konsantrasyonları bakımından tüketilme gösterdiğini belirtmişlerdir. Buna ilaveten, kayaçların büyük iyon yarıçaplı litofil elementlere kıyasla azalan Nb ve Ta içerikleri, orta derecede HNTE/ANTE oranları ve yüksek Th/Yb oranları; volkanitlerin köken magmasının muhtemelen daha önceden akışkanlar tarafından metazomatizmaya uğratılmış zenginleşmiş bir kaynak bölgeden türeyebileceklerini ifade etmektedirler.

Aydın vd. (2009), C2/c pyroxene phenocrysts from three potassic series in the Neogene alkaline volcanics, NE Turkey: their crystal chemistry with petrogenetic significance as an indicator of P-T conditions, başlıklı çalışmalarında, Doğu Pontid Neojen alkalin volkanitlerini oluşturan üç potasyumlu seriden toplanan C2/c piroksen fenokristallerinin kimyasal ve dokusal özelliklerini kullanarak magma odasının yerini ve yükselim aşamalarının gelişimini araştırmışlardır. Bu serilerdeki klinopiroksenleri Ti-Fe⁺³,ce zengin Al-diyopsitler (AB grubu) ve Ti-Fe⁺³,ce fakir Al-diyopsitler (C grubu) olarak sınıflandırmışlardır. Kpir-jeotermobarometre hesaplamalarına göre, C-kpir için kristalleme basıncının 4.5 kbar dan düşük olduğunu fakat AB-kpir için daha yüksek basınç değerlerine (5.6-10.6 kbar) sahip olduklarını belirlemişlerdir.

Aslan (2010), U-Pb zircon SHRIMP age, geochemical and petrographical characteristics of tuffs within calc-alkaline Eocene volcanics around Gümüşhane (NE Turkey), Eastern Pontides isimli çalışmasında, Doğu Pontidlerde yayılım gösteren Eosen birimleri, Üst Kretase volkanoklastik ve sedimanter kayaçlarını uyumsuz olarak üzerlediğini, Çalışılan Eosen biriminin başlıca lav ve daha az oranda tüff ve sedimanlardan oluştuğunu belirtmiştir. Tüflerden yapılan U-Pb zirkon yaş analizi sonucu birimin yaşının 45.8±1.2 My olduğu saptanmıştır. Jeokimyasal olarak tüflerin kalk-alkalin volkanik yay karakterini yansıttıklarını belirtmiştir. İz element değişimleri sonucunda bu volkanitlerin ana magmasının zenginleşmiş üst manto kaynağından türediğinin belirtmiştir.

Kaygusuz vd. (2011), Doğu Pontidlerde (KD Türkiye) Çarpışma Sonrası Kalk-Alkalin Volkanizmanın Jeokimyası ve Sr-Nd İzotopik Karakterleri isimli çalışmalarında Doğu Pontidlerde Eosen yaşlı Torul volkanitlerinin ana, iz element, K/Ar yaş ve Sr-Nd izotop verileri incelenmiştir. İncelenen volkanitler, bazaltik andezit, andezit, trakiandezit ve az oranda da trakidasit ve bunların piroklastiklerinden oluşmaktadır. Volkanitler plajiyoklas, hornblend, klinopiroksen, biyotit, kuvars ve az oranda da sanidin fenokristalleri içermektedirler. Hornblendlerdeki K/Ar yaşları, 43.99 (± 2.59) – 33.45 (± 2.32) My aralığında olup, volkanitlerin Orta-Üst Eosen zamanında oluştuklarını belirtmişlerdir. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_(i) değerleri 0.70457-0.70511 arasında olup, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd_(i) değerleri

0.51264-0.51278 arasındadır. Tüm bu veriler ışığında, yazar volkanitlerin köken magma(lar)sının muhtemelen daha önceki yitim akışkanları tarafından metasomatizmaya uğratılmış zenginleşmiş bir üst manto kaynağından, çarpışma sonrası jeodinamik bir ortamda türeyebileceklerini ifade etmektedir.

Eyüboğlu vd. (2011a, b, ve c), diğer araştırmacılardan farklı olarak, Doğu Pontid orojenik Kuşağı'ndaki Tersiyer magmatizmasının 57 milyon yıl önce (Geç Paleosen) Kop Dağı-Erzincan hattı boyunca adakitik karakterli olarak başladığını ve zaman içinde kuzeye doğru göç ettiğini ve 45 milyon yıl önce Torul-Bayburt-İspir hattı boyunca adakitik magmatizmanın son ürünlerini oluşturduğunu ileriye sürmüş ve bu kuzeye doğru olan göçü güneye doğru dalan okyanus litosferinde açılmaya başlayan dilim penceresi (slab window) modeli ile açıklamıştır. Onların modeline göre dilim penceresi açılımı ile birlikte devam eden geriye doğru bükülme (slab roll-back) ile Tersiyer magmatizması kuzeye doğru göçünü devam ettirmiş ve Karadeniz sahili boyunca yitim ilişkili magmanın son ürünleri olan Neojen alkali kayaçlarının oluşumuna vücut vermiştir.

Temizel vd. (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 isimli çalışmalarında Doğu Pontid Tersiyer Volkanik Provensinin batısında yer alan Ulubey (Ordu) bölgesindeki çarpışma ve çarpışma sonrası volkanik kayaçları dört üyeye ayırmışlardır. Bunlar Orta Eosen yaşlı (44.6 My) Andezit-Trakiandezit (AT), Trakiandezit-Trakidasit-Riyolit (TTR), Trakidasit-Dasit (TD) ve Orta Miyosen (15.1 My) yaşlı Trakibazalt (TB) üyeleridir. Ulubey (Ordu) volkanik kayaçlarının toleyitik-alkali den kalkalkali özelliğinde ve orta K içeriğine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Volkanik kayaçların ana magmasının daha önceki bir yitim zonundaki akışkanlar ve tortullar tarafından değiştirilmiş litosferik ve astenosferik ergiyiklerin karışımından oluşmuş zenginleşmiş bir kaynaktan türediğini söylemektedirler. Volkanik kayaçların ilksel $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.7044-0.7080) ve ϵNd (-0.3-+ 3.4) oranları kayaçların zenginleşmiş bir litosferik mantodan oluştuklarını göstermektedir. Tüm jeokimyasal, petrolojik ve izotopik analizler sonucunda Ulubey Tersiyer volkanik kayaçlarının Eosen ve Miyosende çarpışma ve çarpışma sonrası açılma ile ilişkili jeodinamik bir ortamda yiten kabuktan türeyen akışkanlar tarafından metasomatizmaya uğratılmış zenginleşmiş bir mantodan türediğini göstermektedir.

Yapılan literatür çalışması sonucu, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Senozoyik volkanitlerinden yapılan radyometrik yaş tayinleri Tablo 1.1 ve Şekil 1.3'te özetlenmiştir

1.5. Çalışma Konusunun Gerekçesi ve Amacı

Bu çalışmada, Doğu Pontidler'in kuzeyinde yer alan Borçka (Artvin, KD Türkiye) yöresinde yüzeyleme veren, sadece genel jeolojik ve sınırlı radyometrik çalışmalara dayanılarak Eosen olarak yaşlandırılan volkanitlerin kesin stratigrafik konumları, oluşumlarına kaynaklık eden magmanın kökeninin ve gelişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. İnceleme alanında bugüne kadar yapılan çalışmalar (Van, 1990; Yılmaz vd., 1997) daha çok genel jeoloji ve maden yatakları üzerine olup, bu inceleme sadece Tersiyer volkanitlerini kapsayan bir çalışma olarak düşünülmüştür. Ayrıca bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Doğu Pontidler'in diğer bölgelerindeki araştırmacılar tarafından çalışılan Tersiyer yaşlı kayaçlar ile karşılaştırılarak, bölgesel ölçekte Tersiyer magmatizmasının kökenine yönelik yeni ipuçları elde edilmeye çalışılmıştır. Son yıllarda sınırlı sayıda yapılan ve devam eden çalışmalara göre Tersiyer volkanitleri Doğu Pontidler'in kuzeyinde ve güneyinde yüzeyleme vermektedir (Arslan vd., 1997; Şen vd., 1998; Aydın vd., 2008; Aslan, 2010; Kaygusuz vd., 2011; Temizel vd., 2012). Tersiyer volkanik kayaçlarının Doğu Pontidler'in doğusuna, Borçka (Artvin)'ya doğru da yayılım gösterdikleri bilinmektedir (Şekil 1.3). Ancak Doğu Pontidlerde yer alan Tersiyer yaşlı volkanik kayaçlar ve bunları kesen sokulumlar hakkındaki petrolojik çalışmalar oldukça sınırlıdır.

Bu çalışmada, Doğu Pontidler'in kuzeyinde Borçka (Artvin) yöresinde (Şekil 1.3) yüzeyleme veren Tersiyer volkanitlerinin mineralojik, petrografik, petrolojik, izotopik özellikleri ve jeokronolojisi ortaya konulmuştur. Elde edilen veriler ışığında Tersiyer volkanizmasının oluşum süreci ve kökeni, bölgenin jeodinamik evrimi de göz önüne alınarak modellenmiştir.

Tablo 1.1. Doğu Pontidler'deki Senozoyik volkanitleri ve granitik kayalardan yapılmış radyometrik yaşlar ve yöntemleri.

No	Yer	Metod	Kayaç Tipi/Mineral	Yaş	Kaynaklar
Kuzey Zon					
1	Kalkandere	K-Ar	Obsidiyen	2.1 ± 0.03 My	Taner (1977)
2	Rize(Fındıklı)	K-Ar	Bazalt	55.4 ± 2.2 My	Barbieri vd. (1985)
3	Rize(Ardeşen)	K-Ar	Bazalt	43.9±2.2-50.2±2.0- 52.3±2.1 My	Barbieri vd. (1985)
4	Pazar	K-Ar	Bazalt	54.1 ± 2.2 My	Barbieri vd. (1985)
5	Çayeli	K-Ar	Dasit	45.2 ± 1.6 My	Barbieri vd. (1985)
6	Çaykara	K-Ar	Riyodasit	49.4 ± 2.2 My	Barbieri vd. (1985)
7	Trabzon	U-Pb	Sfen, zirkon	6 – 23 My	Arslan vd. (2001)
8	Trabzon	K-Ar	Tefrit/biyotit	5.1 ± 1.3- 3.2 ± 2.3 My	Aydın vd. (2008)
Güney Zon					
10	Bayburt (Saraycık)	Ar-Ar	Granodiyorit(Biytit)	52.0 My	Topuz vd. (2005)
11	Ordu(Ulubey)	Ar-Ar	Trakibazalt- Trakiandezit/andezit -Trakidasit/dasit	15.1±0.6-46.3±0.1- 47.2±0.1-49.1±0.1- 49.4±0.1-44.6±0.1 My	Temizel (2008)
12	Gümüşhane	U-Pb	Tüf /zirkon	45.6±1.2 My	Aslan (2010)
13	Gümüşhane(Kale)	U-Pb	Hbl. Andezit/zirkon	44.06± 0.84 My	Eyüboğlu vd. (2011b)
14	Gümüşhane(Torul)	K-Ar	Trd,And/Horblend	33.45±2.32- 43.99±2.59My	Kaygusuz vd. (2011)

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Yöntemler

Bu çalışmanın amacını oluşturan Borçka (Artvin) yöresindeki Tersiyer yaşlı volkanik kayalardan alınan örneklerinin petrografik, jeokimyasal, petrolojik ve izotopik özelliklerini belirlemek ve elde edilen verileri yorumlayarak yöredeki volkanizmanın gelişimini açıklamak amacıyla yapılan çalışmalar, arazi, laboratuvar ve büro çalışması olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

2.1.1.1. 1/25000 Ölçekli Jeoloji Haritası ve Jeolojik Kesitlerin Hazırlanması

Arazi çalışması Borçka İlçesi ve çevresinde bulunan Sülüklü, İbrikli, Kaynarca, Erenler (İrsahan), Beşagıl, Bilenler, Zorlu, Tütüncüler, Ormanlı Mahallelerini kapsayan yaklaşık 80 km² lik bir alanı kapsamaktadır (Ek Şekil 1).

Çalışma sahasının morfolojisini ve coğrafik durumunu incelemek için bölgenin 1/100000 ve 1/25000 ölçekli topografik haritaları derlenmiştir. Sonra bölgede daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen veriler ışığında (Van, 1990, Güven, 1990 ve Yılmaz vd. 1997), bölgenin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası ve jeolojik kesitleri hazırlanmıştır (Ek Şekil 1). Çalışma alanından farklı hatlar boyunca farklı amaçlar için toplam 120 adet kayaç örneği alınmıştır. Ayrıca inceleme alanında yüzeylenen tortul birimlerden ve tüflerden tabaka ölçümleri yapılarak, bölgedeki muhtemel kırık ve fay sistemleri ile kıvrım eksenleri belirlenmeye çalışılmıştır.

2.1.1.2. Petrografik, Kimyasal ve İzotopik Analizler İçin Örnek Alımı

İnceleme alanındaki birimlerin yayılımlarını, yatay ve düşey yöndeki değişimlerini, oluşum ortamlarını, içerdikleri kayaçların petrografik, mineralojik ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla sistematik bir şekilde 120 adet kayaç örneği alınmıştır. Tersiyer volkanitlerin kökenlerini ve yaşlarını belirlemeye yönelik izotop analizleri için belli

lokasyonlardan sistematik bir şekilde 15 adet kayaç örneği alınmıştır. Örnek alımında, sınırları belirlenen birimi tüm özellikleriyle en iyi şekilde yansıtacak taze örneklerin alınmasına dikkat edilmiştir.

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları ve Analitik Yöntemler

Laboratuvar çalışmalarını, mikroskobik (mineralojik ve petrografik) tayinler ve mineral kimyası için ince kesitlerin hazırlanması, kimyasal analizler (mikroprob ve ana, iz ve nadir toprak element), izotopik analizler (örneklerin öğütülmesi, hazırlanması ve jeokronolojik analizler için örneklerin hazırlanması) gibi üç ana başlıklar altında toplamak mümkündür.

2.1.2.1. Mikroskobik Tayinler

Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit hazırlama laboratuvarında, mineralojik ve petrografik incelemeler için 100 adet ince kesit hazırlanmıştır. Mineralojik ve petrografik incelemeler için seçilen kayaç örneklerinden yaklaşık 0.5x2x3.5 cm boyutunda plakalar kesilmiştir. Bunlar daha sonra 0.1x2.5x4.6 cm boyutundaki ince kesit camları üzerine kanada balzamu ile yapıştırılmıştır. Daha sonra, ince kesitler 0.035 mm kalınlığa kadar aşındırılmıştır.

Kayaçların mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi ve adlamalarının yapılabilmesi için Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Araştırma Laboratuvarı'ndaki LEITZ marka mikroskopta ince kesitler ayrıntılı olarak incelenmiş ve önemli olanlardan mikrofotograflar çekilmiştir. Ayrıca tortul birimlerden alınan kireçtaşı örneklerinden hazırlanan ince kesitlerin bazılarında paleontolojik yaş tayini yaptırılmıştır.

2.1.2.2. Kimyasal Analizler

2.1.2.2.1. Tüm Kayaç Analizleri

Petrografik incelemeler sonucunda taze olduğu belirlenen 37 adet Tersiyer volkanik kayaç örneğinden ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır.

Tüm kayaç analizleri için; KTÜ Maden Mühendisliği Bölümü ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü örnek hazırlama laboratuvarında 250-300 gr ağırlığındaki örnekler önce çeneli kırıcı daha sonrada halkalı öğütücüde yaklaşık olarak 200 mesh tane boyutuna kadar öğütülmüştür. Öğütülmüş örneklerden yaklaşık olarak 10 gr toz örnek, ana, iz ve nadir toprak analizleri için ACME Analiz Laboratuvarı'na (Vancouver, Kanada) gönderilmiştir. Ana ve iz elementler ICP (Inductively Coupled Plasma), nadir toprak elementler ise ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) aletleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Öğütülen toz örneklerden 0.2 gr alınarak 1.5 gr LiBO₂ ile karıştırılarak, % 5 HNO₃ içeren bir sıvı içinde çözündürülmüştür. Analiz yapılan alete standartlar (STD SO 18) girildikten sonra örnekler analiz edilmiştir. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ise ppm olarak ölçülmüştür. Nadir toprak elementler ise, toz örneklerden 0.25 gr alınarak dört farklı asit içerisinde çözündürülmüş ve analiz sonuçları ppm olarak tespit edilmiştir. Analiz standart değerleri ve tesbit (dedeksiyon) sınırları Tablo 2.1'de verilmiştir.

2.1.2.2.2. Mineral Kimyası Analizleri

Elektron mikroprob analizleri, çalışma alanındaki Borçka yöresi Tersiyer volkanitlerini oluşturan Borçka Volkanitleri (Borçka Bazaltı, Civanköy Üyesi ve bazik dayk) oluşturan kayaç örneklerindeki fenokristal ve mikrolitler halinde gözlenen mineraller üzerinde yapılmıştır.

Borçka Volkanitleri'ni oluşturan bazik dayk örneklerinde klinopiroksen, plajiyoklas ve opak mineraller üzerinde toplam 50 noktada; Borçka Bazaltı örneklerinde klinopiroksen, hornblend, plajiyoklas ve opak mineraller üzerinde toplam 214 noktada; Civanköy Üyesi örneklerinde klinopiroksen, hornblend, plajiyoklas ve opak mineraller üzerinde toplam 68 noktada olmak üzere, toplam da 332 noktada elektron mikroprob analizi yapılarak bu minerallerin kimyası ve cinsi tayin edilmiştir.

Tablo 2.1. Ana element (%), iz element (ppm) ve nadir toprak element (ppm) için tesbit sınırı ve analitik standart değerleri

Ana oksit	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	AK	Top.							
STANDART SO-18/CSC	58.1	0.69	14.1	7.61	0.39	0.33	6.38	3.69	2.16	0.83	1.90	0.01							
Tesbit Sınırı (%)	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01							
İz Elementler	Rb	Ba	Sr	Zr	Y	Th	Ta	Nb	Hf	Co	Cs	Sc	Ga	U	V	Ni	Cu	Pb	Zn
STANDART SO-18	27.0	502.5	390.3	272.7	30.9	9.60	7.00	20.6	9.30	25.1	5.90	24.8	16.9	15.5	198	-	-	-	-
STANDART DS7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54.8	98.9	134.2	319.2
Tesbit Sınırı (%)	0.1	1	0.5	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	1	0.5	0.1	8	0.1	0.1	0.1	1
Nadir Toprak Elementler	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					
STANDART SO-18	11.9	26.0	3.38	13.9	2.84	0.86	2.90	0.48	2.88	0.60	1.77	0.27	1.74	0.27					
Tesbit Sınırı (%)	0.1	0.1	0.02	0.3	0.05	0.02	0.05	0.01	0.05	0.02	0.03	0.01	0.05	0.01					

Elektron mikroprob analizleri için toplam 11 adet ince kesit kullanılmıştır. Bunlardan 6 adet örneğin kimyasal analizi için Hamburg Üniversitesi, Mineraloji ve Petrografi Enstitüsü'nde, 5 adet örneğin kimyasal analizi için de New Meksika Madencilik ve Teknoloji Enstitüsü'nde CAMECA-SX100 marka elektron mikroprob aleti kullanılmıştır. Mineral analizleri yapılacak olan 11 adet kayaç örneğine ait parlatılmış ince kesitler öncelikli olarak polarizan mikroskopta incelenerek, analizi yapılacak mineraller belirlenmiştir. Mikrokimyasal analizleri yapılmak istenen klinopiroksen, hornblend, plajiyoklas ve opak minerallerin koordinatları mikroskop ortamından bilgisayar ortamına aktarılmış ve analiz yapılacak kısımların görüntüleri aynı bilgisayara kaydedilmiştir. Bazı minerallerin bünyesindeki kimyasal değişimleri belirlemek için mineralleri üzerinde bir kenardan diğer kenara doğru belirlenen profiller boyunca nokta analizler gerçekleştirmek için koordinatlar alınmıştır. Son olarak, bu işlemlerden geçen her bir örnek analiz edilmeden önce iletkenliği sağlamak ve bazı elementleri analiz ortamından kaçmasını önlemek için karbon kaplama işlemine tabi tutulmuştur. Ancak karbon kaplama işleminden önce, kesitlerin analiz edilecek yüzeyleri alkol (aseton vb.) ile iyice temizlenmiştir. Bu işlemlerden sonra örnekler analiz edilmek üzere nem barındırmayan kaplara konularak beklemeye bırakılmıştır. Analiz edilecek örneklere ait kesitler mikroprob aletine yerleştirildikten ve uygun analiz koşulları sağlandıktan sonra bilgisayar ortamına kaydedilen koordinatlar ve görüntüler kullanılarak mineral kimyası analizleri yürütülmüştür.

Her iki laboratuvarında analizi yapılacak örneklerin kalibrasyonu için doğal ve sentetik standartlar kullanılmıştır. Aletin çalışma şartları 15 kV (hızlandırma voltajı) ve 20 nA (ışın akımı) sabitlenmiştir. Sayma zamanı (counting time) Na, Mg, Al, Si, Ca, K, Ti, Mn ve Fe elementleri için 20 sn olarak belirlenmiştir. Elektron ışınının çapı (beam size) mafik silikatlarda analizlerinde 1 µm alınırken, feldispatlarda 10 µm alınır. Ölçülen elementlerin alt sınır limitleri (% ağırlık) Si, Al ve Mg için 0.02, Na, K ve Ca için 0.03, Ti için 0.04, Mn için 0.06 ve Fe için 0.05 olarak belirlenmiştir.

2.1.2.2.3. İzotop Analizleri

2.1.2.2.3.1. ^{40}Ar - ^{39}Ar Yaşlandırması

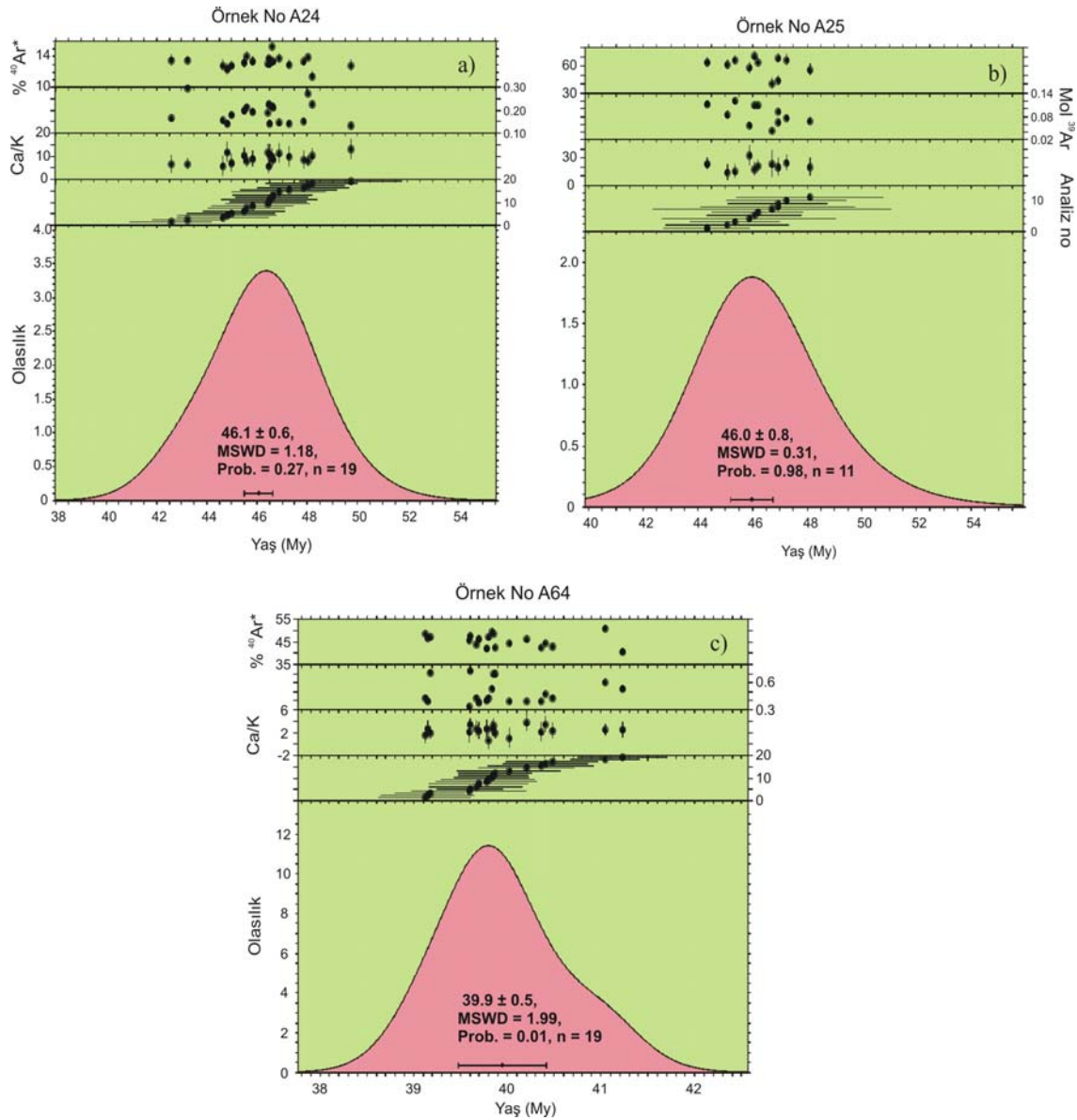
Çalışma sahasındaki Borçka yöresindeki Kabaköy Formasyonu'nu oluşturan Borçka Bazaltı'ndan 2, Civanköy Üyesi'nden 1 adet olmak üzere toplam 3 tane örnekten hornblend mineralleri seçilerek ^{40}Ar - ^{39}Ar lazer yaşlandırması gerçekleştirilmiştir. Seçilen hornblend mineral taneleri 0.08-0.1 mm boyutuna gelinceye kadar öğütülmüştür. Her bir örneğe ait 2 mg hornblend minerali saf alüminyum folyo ile 2'şer paket şeklinde paketlenmiştir. Alüminyum folyo ile sarılmış paketler kuvars tüpleri içine yerleştirilmiştir. Bu paketler Çin Atomik Enerji Enstitüsü 49-2 Nükleer Reaktöründe 48.06 saat ışımaya maruz bırakılmıştır. Işıma standardı (J) 132 milyon yıl yaşındaki biyotit mineralidir (ZBH-25). Işıma işleminden sonra, alüminyum paketli olan örnekler açılmış ve hornblend mineralleri 2 mm çapındaki bakır disk içine yerleştirilmiştir. Ölçümler Pekin Üniversitesi GV 5400 Noble Gaz MS kütle spektrometresinde yapılmıştır. Aletten alınan çıktı hattı (Zr-Al) Berkeley Jeokronoloji Merkezinde kullanılan teçhizata benzerdir. Bu ölçümler otomatik ^{40}Ar - ^{39}Ar lazer-prob yaşlandırma sistemi ile yapılmıştır. Ar izotop analizlerinin detayları Hall ve Farrell (1995) tarafından açıklanmıştır. Tüm analizler 5 farklı Ar kütle durumunda füzyon sistem boşluk düzeyleri için doğrulanmıştır. Boşluklar her 3 analizde rutin olarak ölçülmüştür. Boşluk düzeyleri ^{36}Ar da yaklaşık 1.8×10^{-17} mol, ^{36}Ar da 3.9×10^{-6} mol dür. Veri işleme sistemi Nomade vd., (2005) tarafından tanımlandığı gibidir.

Bu birimlerden seçilen örneklere ait ^{40}Ar - ^{39}Ar muhtemel yaş diyagramları Şekil 2.1'de, analiz sonuçları ise Ek Tablo 12'de verilmiştir. Borçka Bazaltı içindeki A25 nolu bazalt bileşimindeki örnekten 46.0 ± 0.8 My, A24 nolu bazaltik andezit bileşimindeki örnekten 46.1 ± 0.6 My yaş elde edilmiştir. Civanköy Üyesi içindeki A64 nolu andezitik bileşimindeki çakıl örneğinden 39.9 ± 0.5 My ^{40}Ar - ^{39}Ar yaşı elde edilmiştir. (Şekil 2.1 a, b ve c).

2.1.2.2.3.2. Sr ve Nd İzotop Analizleri

Rb-Sr ve Sm-Nd izotopik analizleri, Pekin Üniversitesi (Çin), Jeoloji ve Jeofizik Enstitüsü'nde gerçekleştirilmiştir. Örnekler bir hafta süre ile HF+HClO₄ asit karışımında bekletilerek çözülmüştür. Analizler, Qiao (1988) tarafından açıklandığı gibi VG354 çoklu

kollektörlü bir kütle spektrometresi yardımıyla yapılmıştır. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranları sırası ile $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}=0.1194$ ve $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.7219$ ile ilgili kütle ayırılması ile doğrulandı. Sonuç olarak, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranı NBS-987 Sr=0.710250 standardına göre, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranı ise La Jolla Nd=0.511860 standardına göre düzeltilmiştir. Belirsizlikler Rb için %2, Sr için %0.5 ve Sm ve Nd için %0.2 ve %0.5 dir. Boş örnekler, Rb= 80 pg, Sr=300 pg, Sm=50 pg ve Nd=50-100 pg'dir. Örnek hazırlama, hata oranları ve analitik hassasiyet için detaylı açıklama Zhang vd., 2002'de açıklanmıştır.



Şekil 2.1. Borçka (Artvin) yöresindeki volkanitlerinden seçilen örneklere ait $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ lazer prob yaşlarını gösteren diyagramlar; Borçka Bazaltına ait (a) A24 nolu bazaltik andezit örneği, (b) A25 nolu bazalt örneği, Civanköy Üyesine ait (c) A64 nolu andezit örneği

2.1.3. Büro Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen verilerin yorumlanması için büro çalışmaları yapılmıştır. Arazide topografik harita üzerine çizilen jeolojik harita ile birlikte stratigrafik kolon kesit, bilgisayar ortamında çizim programları yardımıyla temize geçirilerek yeniden çizilmiştir. Böylece inceleme alanının 1/25000 ölçekli jeolojik haritası hazırlanmıştır. Analitik yöntemler sonucunda elde edilen veriler çeşitli programlar kullanılarak grafikler çizilmiş ve yorumlanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Giriş

Bu bölümde, Borçka yöresinde yüzeyleme veren tüm birimlerin jeolojik özellikleri stratigrafik ve petrografik olarak ilişkileri incelenmeye çalışılmıştır (Şekil 3.1).

3.2. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi

Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda Borçka (Ek Şekil 1) yöresinde yer alan çalışma sahasındaki birimler daha önce bölgede çalışmış olan araştırmacılar tarafından her ne kadar litodem olarak adlandırılmışsada, bu çalışmada karışıklığa sebep olmamak için birimlere litostratigrafik kurallara uygun olarak daha önceki çalışmalarda Pontidlerde benzer kayalar için kullanılan formasyon isimleri verilmiştir. İnceleme alanında litostratigrafi esasları dikkate alınarak yapılan ayrıntılı saha çalışmalarında yaşlıdan gence doğru şu birimler ayırtlanmıştır;

Kızılkaya Formasyonu

Çağlayan Formasyonu

Bakırköy Formasyonu

Borçka Volkanitleri (Borçka Bazaltı, Civanköy Üyesi ve Bazık Dayk) (Şekil 3.1).

3.2.1. Kızılkaya Formasyonu

İlk olarak Güven (1993) tarafından tanımlanan Kızılkaya Formasyonu dasit-riyodasit ve piroklastitlerinden oluşmaktadır. İnceleme alanının en yaşlı birimini oluşturan Geç Kretase yaşlı dasit-riyodasit ve piroklastitleri, çalışma alanının genelinde Zorlu, Güçlü, Kaynarca Mahalleleri ve Kızılkaya Tepe mevkilerinde yüzeyleme vermektedir (Ek Şekil 1). Bu kayalar, bölge genelinde "Pontid Tip" diye adlandırılan polimetalik masif sülfid cevherleşmelerinin içinde izlendiği önemli bir litoloji birimidir (Pejatovic, 1977).

SISTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
Kuv.					Alüvyon
Tersiyer	Eosen	Orta Eosen	Borçka Volkanitleri		Bazalt Daykı Civanköy Üyesi (Bazaltik-andezitik breş, kumtaşı, tuf ve marn ara tabakalı) (A64-Andezit: 39.9 ± 0.5 My) Borçka Bazaltı (A25-Bazalt: 46.0 ± 0.8 , A24-BA: 46.1 ± 0.6 My)
Kretase	Üst Kretase	Paleo.-Erken Eosen	Bakırköy		Kumtaşı, kıltaşı, marn ve tüfitlerden oluşan türbiditik istif
		Santoniyen-Kampaniyen-Maast.	Çağlayan		Kırmızı renkli mikritik kireçtaşı, kumtaşı, kıltaşı, marn ara seviyeleri ile yastık debili bazalt, bazaltik dayk, bazalt ve piroklastitleri
		Kızilkaya	Kızilkaya		Dasit-riyodasit ve piroklastitleri

Şekil 3.1. Borçka yöresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti

Piroklastik kayaçlar içerisinde hidrotermal alterasyon yaygın bir şekilde gözlenir. Ayırışmaya bağlı olarak bu birimin renkleri büyük ölçüde değişiklik gösterir. Silisleşmenin yoğun olduğu yerlerde gri-beyaz, killeşme olduğunda beyaz, piritlerin ayrıştığı yerlerde kırmızımsı-sarımsı renkler gözlenir. Birim genel olarak gri-beyaz, bej, yeşilimsi ve mor renkte gözlenir. Makroskobik olarak iri kuvars, plajiyoklas kristalleri içerirler. İri kuvars ve biyotit minerallerinin iyi gözlendiği kayaçlardan oluşan birim daha çok tüflerden oluşmaktadır. Silisleşmenin yoğun olduğu yerlerde volkanik kayaçları ve tüfleri birbirinden ayırt etmek zordur. Yer yer prizmatik sütunsal yapılar görülmektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3. 2. Erenler Mahallesi civarında Borçka-Artvin karayolu üzerinde gözlenen kolon debili dasitler

Petrografik olarak, genellikle porfirik, hyalo-porfirik, glomeroporfirik ve mikrogranü porfirik doku göstermektedirler. Kayaç içerisindeki fenokristal ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, kuvars, biyotit (çoğunlukla demir ve klorit minerallerine dönüşmüş küçük pulcuklar halinde), hornblend ve opak mineraller oluşturmaktadır (Şekil 3.3). Bu minerallerin küçük olanları aynı zamanda hamuru da oluştururlar. Tali mineral olarak apatit gözlenebilmektedir. İkincil mineral olarak serisit, klorit ve kalsit mineralleri bulunmaktadır.

Kuvarslar nadiren özşekilli, yuvarlağımsı fenokristal olarak, daha çok eş boyutlu mikrotaneler halinde hamurda gözlenirler (Şekil 3.3a). Megakristal olarak gözlenen kuvarslar ise kenarlarından itibaren yenme-kemirilme dokusu göstermektedir (Şekil 3.3b).

Plajiyoklaslar özşekilli veya yarı özşekilli fenokristaller halinde bulunurlar. Plajiyoklaslarda albit ikizine göre yapılan cins tayinlerinde andezin (An_{30-35}) türünde oldukları saptanmıştır. Tek nikolde renksiz, çapraz nikolde gri, beyaz renklere gözlenmektedirler. Fenokristallerin çoğunda albit ikizi gözlenmektedir. Ayrıca zonlanma gösteren plajiyoklas fenokristallerine rastlamakta mümkündür. Özşekilli plajiyoklaslar ise bol olarak sünger ve elek dokusu göstermektedir (Şekil 3.3c). Özşekilli plajiyoklas minerallerinin bir araya gelmesi ile oluşan glomeroporfirik doku görülmektedir (Şekil 3.3d). Alterasyona maruz kalmış olanlar da genellikle serisitleşme ve kalsitleşme hakimdir.

Ferromagnezyen mineral olarak biyotit ve hornblend mineralleri, genellikle çok az olup daha çok klorit ve kalsite dönüşmüşlerdir (Şekil 3.3e). Apatit minerali genellikle kuvars ve plajiyoklas mineralleri içinde inklüzyon olarak bulunmaktadır (Şekil 3.3f). Kalsit ve klorit daha çok hamurda ve boşluk dolgusu şeklinde gözlenmektedir. Ayrıca ferromagnezyen minerallerin alterasyonu sonucu oluşmuşlardır.

Hamur eş boyutlu kuvars mikrotaneleri ile lata şekilli plajiyoklaslardan ve opak minerallerden oluşmaktadır.

Kızılkaya Formasyonu içerisinde tortul birim olmadığı için paleontolojik yaş tayinine yardımcı olacak herhangi bir veri yoktur. Güven vd. (1998) yapmış oldukları çalışmada birimin yaşını Geç Kretase olarak vermişlerdir.

3.2.2. Çağlayan Formasyonu

Bazik karakterli volkanit, volkanoklastik ve tortul kayalardan oluşan ve tipik olarak Çağlayan Köyü (Trabzon) çevresinde ve Arsin güneyinde (Trabzon) yüzeyleme veren birim, ilk olarak Güven (1993) tarafından Çağlayan Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Çağlayan Formasyonu, Kızılkaya Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir. Çağlayan Formasyonu üzerine ise Bakırköy Formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir. Birim çalışma alanında genellikle bordo-kırmızı renkli mikritik kireçtaşı, kumtaşı, marn ve killi kireçtaşı ara seviyeleri içeren bazalt ve piroklastitlerinden oluşan volkano tortul bir seridir.

Kırmızı biyomikritler çalışma alanında birkaç seviyede izlenir. En belirgin olarak Erenler (İrsahan) ve Çifteler Mahalleleri civarında yüzeyleyirler. Bordo ve kırmızının çeşitli tonlarında renkler gösterirler. Genellikle düzgün tabakalanma göstermelerine karşılık (Şekil 3.4) bazen çok kıvrımlı yapılarda da görülebilmektedirler. Tabaka kalınlıkları 5-15 cm arasında değişmektedir. Tabaka doğrultuları kuzey-güney doğrultulu olup doğu ve batıya 25-30° eğimlidirler.

Örneklerden yaptırılan ince kesitlerde bol miktarda *Globotruncana* türleri içerdikleri görülmüştür.

Globotruncana lapparenti BROTZEN

Globotruncana arca CUSHMAN

Globotruncana stuarti

Globotruncana sp.

Heterohelix sp.

Rugoglobigerina sp.

Hedbergella sp. türleri tayin edilmiştir (Prof. Dr. Muhittin GÖRMÜŞ).

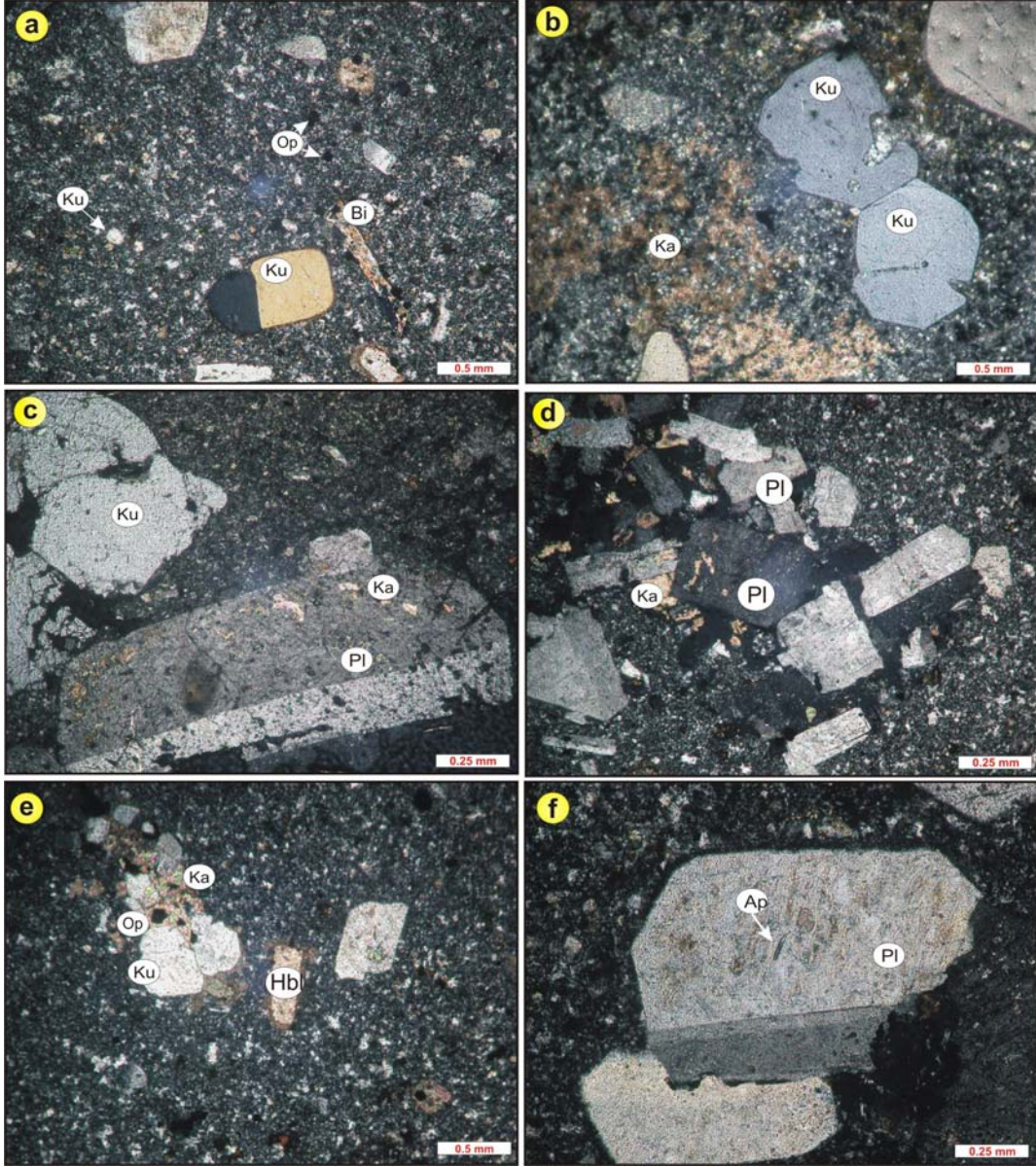
Genellikle korunmuş ve bol olarak bulunan pelajik foraminiferler kayaa içerisinde % 30-35 oranında olup, genelde parçalı olarak bulunmaktadırlar (Şekil 3.5). Bu pelajik fauna derin deniz ortamını ve çalkantısı az bir ortamı temsil etmektedir. Kireçtaşları, Folk (1962)'ye göre biyomikritik kireçtaşı olarak adlandırılmıştır.

Bazaltlar, dasit-riyodasitler ve piroklastitleri içinde KB-GD ve GB-KD doğrultulu yerleşmişlerdir. Dasit-Riyodasit ve Piroklastitleri ile yastık debili bazaltları (Bilenler Bazaltı'nı) kesen bazalt daykları genellikle yeşilimsi gri ve koyu gri renkte gözlenen dayklar kolonsu yapılara sahiptirler (Şekil 3.6).

Petrografik olarak, genellikle porfirik, hyalo-porfirik ve glomeroporfirik doku gösterirler (Şekil 3.7a ve b). Kayaa içerisinde fenokristal olarak plajiyoklas, klinopiroksen ve opak mineraller bulunmaktadır. İkincil mineral olarak kalsit ve klorit bunlara eşlik etmektedir. Hamurda ise daha çok plajiyoklas ve klinopiroksen mikrotaneleri ile volkanik cam bulunmaktadır.

Plajiyoklas mineralleri özşekilli ve yarı özşekillidir. Özşekilli olanlar daha çok albit ikizi göstermektedirler (Şekil 3.7b). Plajiyoklasların labrador (An_{52-58}) bileşimde oldukları saptanmıştır. Özşekilsiz olanlar ise kenarlarından itibaren yenmiş-kemirilmiş ve tamamen yuvarlağımsı bir görünüm kazanmıştır. Fenokristal olanlarda yaygın olarak elek dokusu gözlenmektedir.

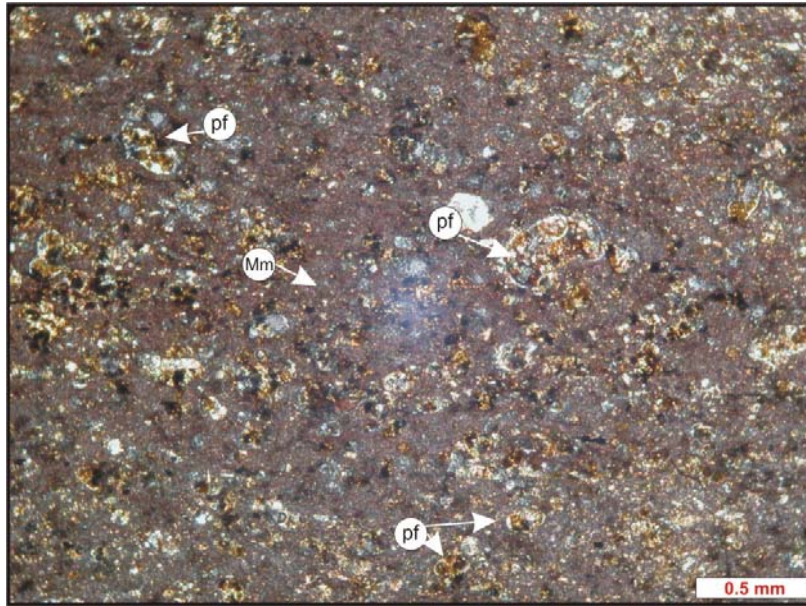
Klinopiroksen mineralleri özşekilli ve yarı özşekilli, fenokristal ve mikrofenokristaller halindedir (Şekil 3.7a ve b). Oldukça kırıklı ve çatlaklı klinopiroksen mineralleri, plajiyoklas ve opak minerallerle bir araya gelerek birlikte glomerofirik doku gösterirler (Şekil 3.7a). Tek nikelde açık yeşil, çapraz nikelde II. sıranın canlı renklerini gösterirler. Bol opak mineral inklüzyonları içermektedirler (Şekil 3.7a). Alterasyona uğramış olanlarda kloritleşme gözlenmektedir.



Şekil 3.3. Dasit-riyodasitlerdeki dokusal ve mineralojik özelliklerin mikroskobik görünümleri; (a) hamurda bulunan kuvars mikrotanelerinin gösterdiği kar tanesi dokusu ve eğilmiş-kenarlarından itibaren opaklaşmış biyotit fenokristali (Örnek No: A-10), (b) kenarlarından itibaren yenme-kemirilme dokusu gösteren kuvars megakristalleri (Örnek No: A-10), (c) elek dokusu gösteren ikizli plajiyoklas megakristali (Örnek No: A-58), (d) plajiyoklas minerallerinin birlikteliklerinden oluşan glomeroporfirik doku (Örnek No: A-103), (e) kenarlarından bozmuş hornblend fenokristali (Örnek No: A-103), (f) apatit inklüzyonu içeren plajiyoklas fenokristali (Örnek No: A-59) (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend, Bi: Biyotit, Ku: Kuvars, Ka: Kalsit, Ap: Apatit, Op: Opak mineral)



Şekil 3.4. Erenler mahallesinde tabakalı yapı sunan biyomikritlerin görünümü

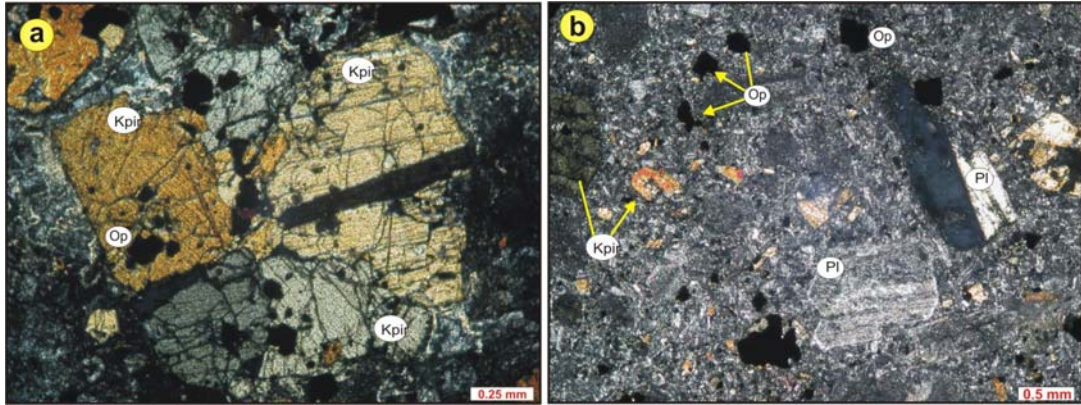


Şekil 3.5. Erenler dolaylarında yüzeylenen biyomikrit kireçtaşlarının polarizan mikroskopta görünümü (Pf: Pelajik foraminifer; Mm: Mikritik matriks) (T.N.; Örnek No: A-9)

Hamur genelde mikrolitik dokuya sahip olup, plajiyoklas ve klinopiroksen mikrolitlerinden, yuvarlak opak minerallerden ve volkanik camdan oluşmaktadır.



Şekil 3.6. Bilenler Mahallesiinde yüzeyleme veren kolonlu yapıya sahip bazalt daykı

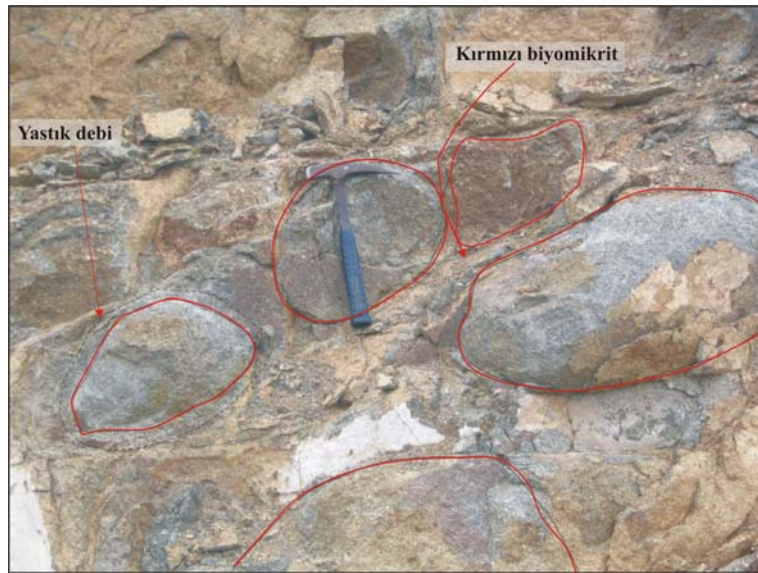


Şekil 3.7. Bazık dayklardaki dokusal ve mineralojik özelliklerin mikroskobik görünümleri; (a) ikiz yüzeyi ve tek yönlü dilinime sahip klinopiroksen minerallerinin ve opak minerallerin bir araya gelmesi ile oluşan glomeroporfirik doku, (b) plajiyoklas fenokristali ve hamurda özşekilsiz klinopiroksen mineralleri, (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Kfir: Klinopiroksen, Op: Opak mineral)

Yastık debili bazaltlar (Bilenler Bazaltı), Artvin'in kuzeyinde, Borçka'nın güneyinde geniş alanlarda yaygın olarak Bakırköy (Kuarshan) ve Ormanlı Köyleri ile Yukarı Korucular Köyü'nün GB'sında yüzeylenirler. Bu birim en karakteristik olarak Bilenler yöresinde görüldüklerinden bu isim verilmiştir (Özsayar vd., 1981). Çoğunlukla masif yapıli olmalarına rağmen özellikle Bilenler yöresinde yastık debili bazalt özelliği

göstermektedirler. Yastıkların araları, oluşumları sırasında, kırmızı biyomikrit çamurları ile dolmuştur. Yastıklar 20 cm den 1 m ye varan boyutlarda izlenirler (Şekil 3.8). Yastıkların etrafında eksfoliasyon yapıları gelişmiştir. Bilenler Bazaltı, Dasit-riyodasit ve piroklastitlerin üzerinde uyumlu olarak bulunmaktadır. Genellikle arazide gri-yeşil ve morumsu kahve renk tonunda görülürler. Türbiditik bir seri tarafından uyumlu olarak üstlenmektedirler. Bilenler bazaltı ile birlikte bulunan kırmızı biyomikritlerde elde edilen paleontolojik veriler bu yastık lavların derin deniz ortamında oluştuğunu vurgulamaktadır.

İnceleme alanında daha çok bazalt olarak yüzeyleme verdiği için ince kesitler daha çok bu kayalardan seçilmiş örneklerden yapılmış ve incelenmiştir. Bazaltlar genellikle mikrolitik porfirik, porfirik, glomeroporfirik, nadiren entergranüler doku ile elek dokusu göstermektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.8. Bilenler Bazaltı'ndaki yastık debili bazaltların görünümü.

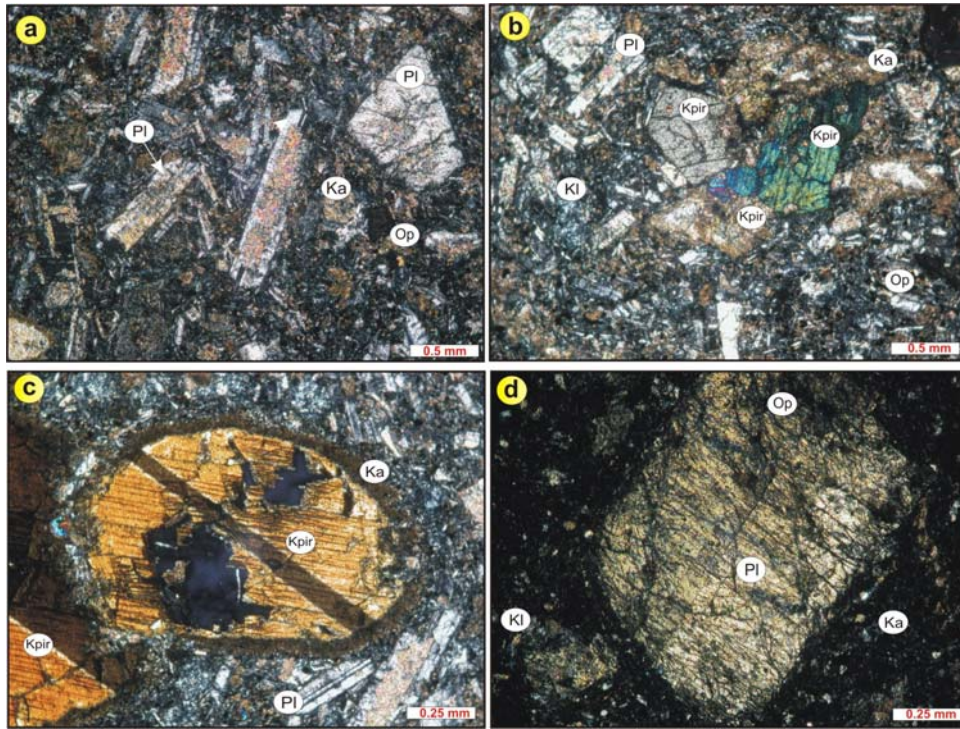
Petrografik olarak, kayaç içerisinde fenokristal olarak plajiyoklas, klinopiroksen ve opak mineral gözlenmektedir. İkincil mineral olarak bunlara kalsit, klorit ve zeolit eşlik etmektedir.

Plajiyoklas mineralleri genellikle fenokristal ve mikrolitler halinde bulunurlar (Şekil 3.9 a, b ve c). Çoğunlukla özşekilli ve yarı özşekillidirler. Tek nikelde renksiz, çapraz nikelde gri, beyaz renklerde gözlenmektedir. Plajiyoklaslar bitovnit (An_{72-78}) bileşimindedirler. Fenokristallerin çoğunda albit ikizi gözlenmektedir. Ayrıca özşekilli

plajiyoklaslar ise bol olarak sünger ve elek dokusu göstermektedir (Şekil 3.9b, d). Alterasyona maruz kalmış olanlarda daha çok serisitleşme hakimdir. Hamurda ise da çok ince, uzun latalar şeklinde bulunurlar.

Klinopiroksen fenokristaller halinde özşekilliden özşekilsiz kadar değişmektedir (Şekil 3.9b, d). Hamurda ise mikro taneler halinde bulunmaktadır. Tek yönde mükemmel dilinime sahiptir (Şekil 3.9c). Tek nikelde açık yeşil; çapraz nikelde mavi, kırmızı, sarı renklerde gözlenmektedir. Bazı klinopiroksenler, kloritleşmiş ve karbonatlaşmışlardır.

Kalsit ve klorit ayrışmaya bağlı olarak yaygın bir şekilde izlenirler. Bunlar bazen mafik minerallerin ayrışması sonucunda oluştuğu gibi bazen de boşluk dolgusu olarak bulunmaktadır. Kalseduan, bazı çatlakları dolduran kriptokristalen taneler halinde izlenirler. Hamur, mikrolitler, opak mineraller ile kalsit, klorit gibi ikincil minerallerden oluşur.



Şekil 3.9. Bilimler Bazaltındaki volkanitlerin mikroskopik görünüşleri; (a) albit ikizi gösteren plajiyoklas fenokristalleri ile ayrışması sonucu oluşan kalsitleşme ve hamurdaki plajiyoklas mikrolitleri (Örnek no: A-81), (b) klinopiroksen minerallerinin bir araya gelerek oluşturduğu glomerofirik doku, (c) ikizlenme ve tek yönde dilinim gösteren klinopiroksen megakristali, (d) klinopiroksen ve opak mineral inklüzyonları içeren, yeme-kemirilme dokusu gösteren tamamen yuvarlaklaşmış plajiyoklas megakristali (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Kpir: Klinopiroksen, Ka: Kalsit, Kl: Klorit, Op: Opak mineral)

Formasyonu tanımlayan Güven (1993), biim içersindeki kırmızı-bordo renkli biyomikritik kireçtaşlarından derlediği fosil faunasına bağlı olarak formasyonun yaşının Kampaniyen-Maastrichtiyen olduğunu belirtmiştir.

Üst Kretase bazik volkanitlerinde gözlenen yastık lavların arasındaki kırmızı biyomikritlerden sağlanan *Globotruncana* faunası Kampaniyen-Maastrichtiyen geçiş zonunu karakterize etmektedir (Özsayar vd., 1981).

Bu çalışma kapsamında kırmızı-bordo renkli mikritik kireçtaşlarından (Şekil 3.5) yapılan gözlemler sonucu; *Globotruncana lapparenti* brotzen, *Globotruncana arca* cushman, *Globotruncana stuarti*, *Globotruncana sp.*, *Heterohelix sp.*, *Rugoglobigerina sp.* *Hedbergella sp.* faunası Kampaniyen yaşını desteklemektedir.

3.2.3. Bakırköy Formasyonu

Doğu Pontidlerde türbiditik kayalar birçok lokasyonda gözlenir. Bakırköy Formasyonu Çağlayan Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Bakırköy Formasyonu ilk kez Güven (1993) tarafından tanımlanmıştır. Türbiditler, Beşagıl, Tütüncüler ve Erenler (İrsahan) civarında yaygın şekilde görülmekle beraber sahanın batısında Yukarı Korucular köyü güneyinde de yüzeyleme vermektedirler (Ek Şekil 1). Birim, kumtaşı, kumlu kireçtaşı, marn ve kireçtaşı aralanmasından oluşmakta olup en üst seviyelerde ise daha çok tüfitler bulunmaktadır (Şekil 3.10).

Kalın ve masif tabakalanma gösteren kumtaşları kırmızımsı sarı renklidir. Bunlar iri ve ince taneli malzemenin oluşmuşlardır. Kötü boylanma göstermektedirler. Yapılan mikroskobik tayinlerde, kayaç parçalarının genel olarak andezit ve bazaltdan oluştuğu nadiren kireçtaşı parçalarında bulunduğu görülmüştür.

İnce tabakalanma gösteren marnlar, mor ve yeşilimsi renklerde görülürler. Bunlar ince tabakalanma göstermektedirler. Tabandan itibaren kumtaşları ile geçişlidirler. İçlerinde kireçtaşı ara katkıları izlenmektedir. Tüfitler en üst seviyeleri oluşturmaktadırlar. Bunlar açık gri gümüş ve koyu yeşil renklerde görülürler. Tabaka kalınlıkları lamina boyutundan 50 cm'ye kadar değişmektedir (Şekil 3.11).

Kumtaşlarından yapılan mikroskobik tayinlerde kumtaşlarının kuvars, plajiyoklas ve kayaç kırıntılarında oluştuğu görülmüştür (Şekil 3.12a). Marnlardan yapılan mikroskobik tayinlerde kalsit, kil, demir oksit ve kloritten oluşan ana matrisin az yuvarlanmış, köşeli kuvars parçacıkları, plajiyoklas ve opak mineral kırıntılarında oluştuğu gözlenmiştir

(Şekil 3.12b). Tüflerden yapılan mikroskopik gözlemlerde; plajiyoklas, piroksen ve kayaç parçaları ana bileşimleri oluşturur. Klinopiroksenler özşekilli ve özşekilsiz fenokristaller halinde bulunur. Genellikle kırıklı şekildedir ve bol miktarda opak mineral inklüzyonları içerirler. Tek yönde dilimleri belirgindir. Tek nikolde yeşilimsi, çapraz nikolde sarımsı ve grimsi renklerde görülür. Plajiyoklas minerallerinde çoğunlukla killeşme ve serisitleşme yaygın olarak gelişmiştir. Klorit ayrışma minerali olarak hamurda bol miktarda bulunur. Kayaç parçaları genellikle ovalimsi şekilde ve andezit bileşimindedir. Tüfler, Schmid (1981)'e göre litik kristal tuf bileşimindedir (Şekil 3.12c).

Güven (1993) bu benzer stratigrafik seviyedeki kayaçları Bakırköy Formasyonu olarak adlandırmıştır. Birimin yaşını da Maastrichtiyen-Paleosen olarak vermiştir. Ancak Artvin, Borçka ve Murgul yörelerinde çalışan Van (1990) ve Yılmaz vd., (1997) türbiditik kayaçları Bakırköy Formasyonu olarak adlandırmış fakat yaşının Paleosen-Erken Eosen olduğunu aşağıdaki kumtaşı seviyelerinden elde edilen *Nummulites* örneklerinin incelenmesi sonucunda;

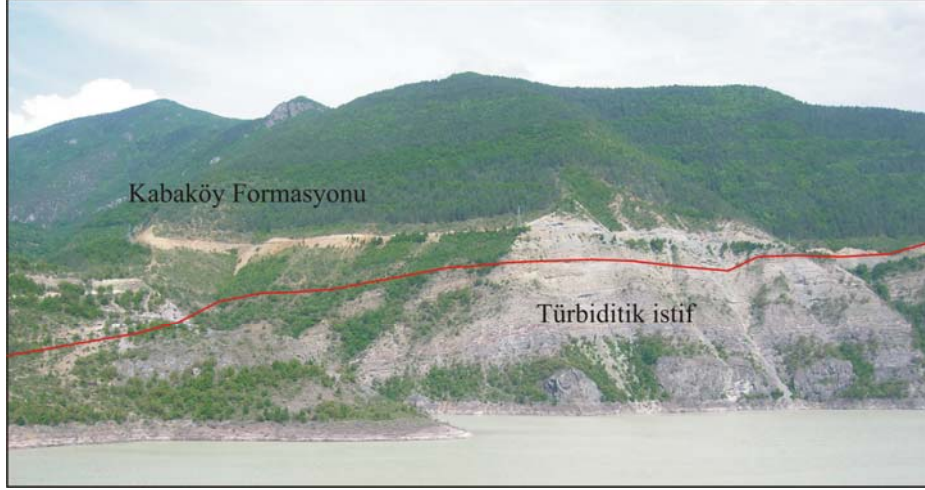
Nummulites globus (LEYMENE)
Nummulites planulutus (LAMARCK)
Nummulites cf. Exilis (DOUVILLE)
Nummulites aff. Partshi (DELE HARPE)
Nummulites sp.
 Alg parçaları
 Kavkı parçaları
 Ekinit dikenleri

belirtmişlerdir. Türbiditler, Erenler (İrsahan) civarında Borçka Volkanitleri tarafından uyumlu olarak üstlenmektedir. Benzer özellikler Cankurtaran yöresinde çalışan Çapkınoğlu (1981) tarafından da izlenmiştir.

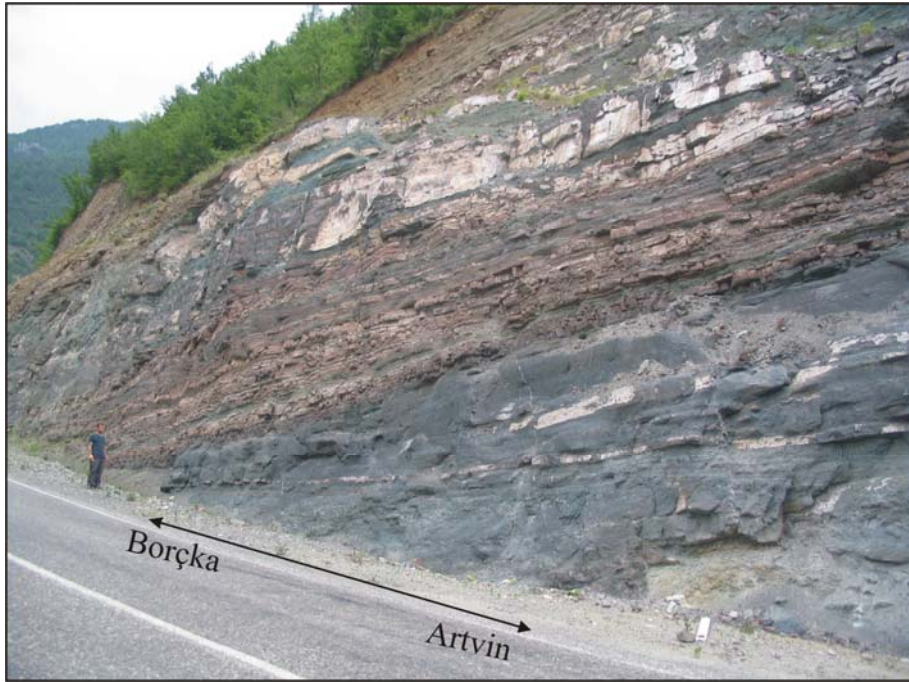
3.2.4. Borçka Volkanitleri

İlk kez Güven (1993) tarafından Kabaköy Formasyonu olarak tanımlanan Eosen volkanitleri, bu çalışmada Borçka Volkanitleri olarak adlandırılmıştır. Borçka volkanitleri Borçka ilçesi ve çevresinde yüzeyleme vermektedir. Borçka Volkanitleri, Bakırköy Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Borçka Volkanitleri, andezit-bazalt ve piroklastitleri ile volkano-tortul istif yapısı içinde kumtaşı, marn ve tuf aralanmasından oluşmaktadır. İnceleme alanında çok geniş bir alanda yayılım göstermektedir. Borçka Volkanitleri, bu çalışmada üç üyeye ayrılmıştır. Tabanda bazaltların yüzeylendiği Borçka

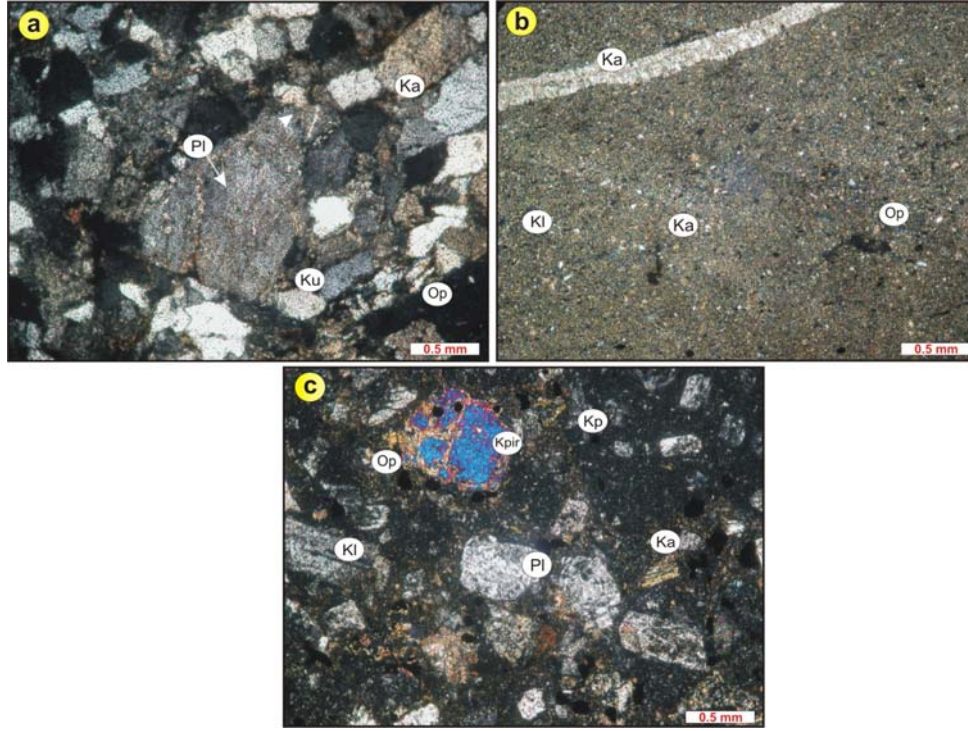
Bazaltı yer almaktadır. Bu birim üzerine andezitik-bazaltik volkanik breş, aglomera, tuf ile ara tabakalı kumtaşı ve marnlardan oluşan Civanköy Üyesi uyumlu olarak gelmektedir. Civanköy üyesi bazik dayklar tarafından kesilmektedir (Ek Şekil 1).



Şekil 3.10. Erenler Mahallesi'nde yüzeyleyen türbiditik istife ait kumtaşı-kireçtaşı-marn ardalanmasının görünümü (Borçka dan Artvin istikametine, Çoruh Nehri boyunca)



Şekil 3.11. Erenler Mahallesi'nde yüzeyleyen, K20B/25° KD duruşlu marn-kiltaşı-kireçtaşı-tüfit ardalanmasının görünümü (Borçka-Artvin karayolu üzerinde)



Şekil 3.12. Türbiditlerdeki kayaç örneklerinin mikroskobik görünüşleri; (a) kumtaşlarındaki plajiyoklas ve kuvars mineralleri (Örnek No: A-11), (b) marnlardaki kalsit, kloritten oluşan hamur içindeki kuvars parçacıkları (Örnek No: A-18), (c) litik kristal tüflerdeki kayaç parçaları ve plajiyoklas ile klinopiroksen mineralleri (Örnek No: A-28) (Ç.N.; Kp:Kayaç parçası, Pl:Plajiyoklas, Ku:Kuvars, Kl: Klorit, Ka: Kalsit, Op: Opak mineral)

3.2.4.1. Borçka Bazaltı

İnceleme alanında özellikle Borçka merkezde dar bir alanada yüzeyleme veren birim çoğunlukla masif yapılı bazalt ve yastık debili bazaltlardan oluşmaktadır. Borçka bazaltı arazide Civanköy üyesi ile çevrili olup, kesin sınır ilişkileri belirlenememiştir. Masif yapılı bazaltlar makroskobik olarak porfirik dokulu olup, iri ojit ve plajiyoklas fenokristalleri rahatlıkla tanınabilmektedir. Bazaltlar, genellikle gümüşü gri ve koyu gri renklere görülmektedir.

Bazaltlar genelde porfirik, hyalo-mikrolitik porfirik, glomeroporfirik (kümülofirik), nadiren de entergranüler, entersertal doku ile elek dokusu göstermektedirler (Şekil 3.13). Kayaç içerisinde fenokristal olarak plajiyoklas, klinopiroksen, hornblend gözlenmektedir. İkincil mineral olarak kalsit ve klorit eşlik etmektedir. Hamur daha çok plajiyoklas, klinopiroksen ve hornblend mikrolitleri, opak mineral ve volkanik cam içermektedir.

Plajiyoklaslar, genellikle megakristaller, fenokristaller ve mikrolitler halinde bulunurlar. Çoğunlukla özşekilli, nadiren yarı özşekillidirler. Plajiyoklaslar bitovnit (An_{72-75}) bileşimindedirler. Tek nikelde renksiz, çapraz nikelde gri, beyaz renklerde gözlenmektedirler. Yer yer karmaşık ikizli plajiyoklas megakristallerinde elek dokusu tespit edilmiştir (Şekil 3.13a). Ayrıca hem elek hem de zonlanma gösteren plajiyoklas megakristallerine sıkça rastlamak mümkündür (Şekil 3.13b). Yuvarlağımsı zonlu plajiyoklas megakristallerinin çeperlerinde yeniden büyüme zarfı gözlenmektedir. Hamurda mikrolitler halinde gözlenen plajiyoklaslar çoğunlukla ince uzun latalar şeklindedir (Şekil 3.13d).

Klinopiroksen mineralleri çoğunlukla megakristal ve fenokristal olarak gözlenmektedir. Hamurda ise mikrolitler halinde bulunmaktadır. Klinopiroksenler özşekilli ve yarı özşekillidir ve dik iki yönlü dilinim sistemine sahiptir. Tek nikelde açık yeşil; çapraz nikelde mavi, sarı, kırmızı renkte gözlenirler. Sönme açıları $35^{\circ} - 39^{\circ}$ arasında değişmektedir. Bol olarak plajiyoklas, opak mineral ve volkanik cam inklüzyonları içermektedir (Şekil 3.13c, d ve e). Özşekilli kristaller ikizlenme ($h'(100)$ ikizi gibi) ve zonlanma göstermektedirler. (Şekil 3.13c, f). Ayrıca, bazı klinopiroksenler de kısmi ergime ile gelişen kaba elek dokusu vardır. Çoğu klinopiroksen ve opak mineralin bir araya gelmesiyle glomeroporfirik doku oluşturdukları gözlenmiştir (Şekil 3.13d). Klinopiroksenler, bol çatlaklı ve kırıklı olup, kırıkları boyunca kalsitleşmişlerdir. Alterasyona uğramış olanlarında kloritleşme gözlenmektedir.

Hornblendler, hem fenokristal olarak hem de hamurda mikrolit olarak bulunmaktadır. Yer yer alterasyona uğramış olan hornblend minerallerinde opaklaşma yaygındır (Şekil 3.13e). Hornblend mineralleri çoğunlukla parçalanmış ve opaklaşmıştır.

Opak mineraller genelde hamurda küçük düzensiz şekillerde, bazen de köşeli taneler halinde klinopiroksen minerallerinin içerisinde inklüzyonlar halinde gözlenmektedir (Şekil 3.13c, d ve f). Kalsit, boşluk dolgusu ve klinopiroksen ile plajiyoklasların ayrışma ürünü olarak gözlenmektedir.

Yastık debi gösteren bazaltlar da bu üye içinde görülmüştür. Ayırt edilemeyecek kadar dar bir alanda yüzeyleme vermektedirler. Bazaltik bileşime sahip bu kayaçların ayrışmış yüzeyleri kahverengi-bej renkte, taze kırık yüzeyleri ise koyu gri renktedir. Camsı olan dış kısım ve aşırı bozmuş olanlarda iç kısım da tamamen altere olmuştur. Çapları 15 cm'den başlayıp 1.5 m'ye kadar ulaşmaktadır (Şekil 3.14). Ayrıca yastık lavlar arasında volkanizmanın durakladığı dönemlere karşılık gelen tuf-marn sevileri bulunmaktadır.

Yastık debili bazaltlar genellikle mikrolitik porfirik ve vesiküler doku göstermektedirler (Şekil 3.15a ve b). Kayaç içerisinde ana bileşen olarak klinopiroksenler ve plajiyoklas mineralleri bulunur. Klinopiroksen mineralleri genellikle yarı özşekilli ve özşekilsiz olarak görülürler (Şekil 3.15a). Klinopiroksen fenokristallerinin bir çoğu zonlanma ve mineral kapanımları içerirler. Kapanımlar genellikle plajiyoklas ve opak minerallerdir.

Plajiyoklaslar özşekilli ve yarı özşekilli olup, albit ikizi gösterirler (Şekil 3.15a). Kayacın hamur kısmı klinopiroksen, plajiyoklas ve opak minerallerden meydana gelmektedir.

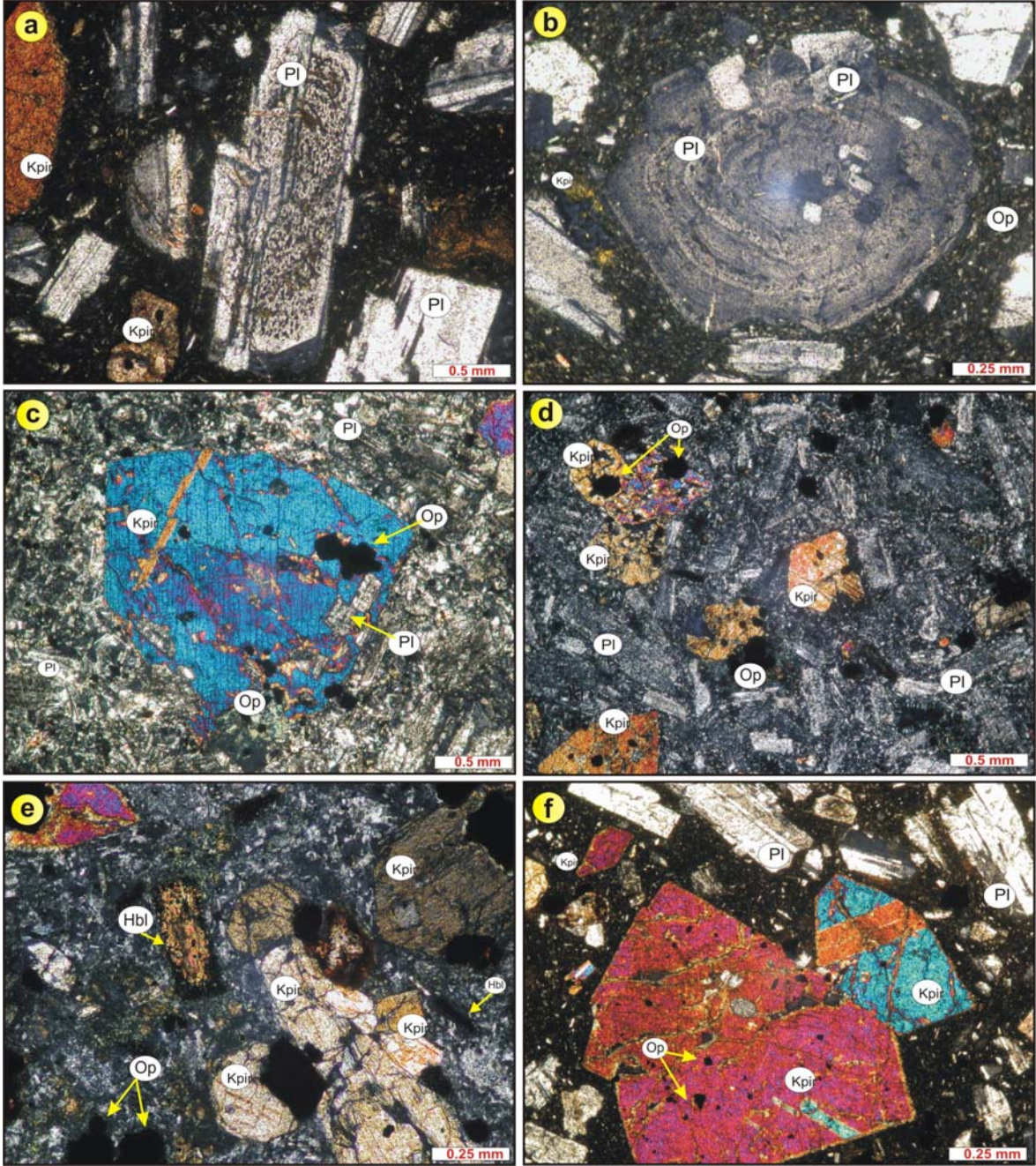
Bu çalışmada, Borçka Bazaltı'na ait iki örnekten (A25 ve A24 nolu örnek) yaptırılan Ar/Ar hornblend yaşlandırması sonucunda sırasıyla 46 ± 0.8 My ve 46.1 ± 0.6 My yaşları elde edilmiştir. Elde edilen bu yaşlar Borçka Volkanitleri içindeki Borçka bazaltının Orta Eosen (Lutesiyen) yaşında olduğunu göstermektedir (Şekil 2.1).

3.2.4.2. Civanköy Üyesi

Civanköy üyesi çalışma alanında geniş bir yüzeyleme vermektedir. İnceleme alanında en iyi Civanköy yöresinde yüzeyleme verdiği için birime Civanköy üyesi adı verilmiştir. Üye andezitik ve bazaltik bileşimli çakıllar, aglomera, tuf ve tortul ara tabakalardan oluşmaktadır.

Breşler, Borçka yöresindeki çalışma alanında oldukça geniş bir alanda yer almaktadır (Ek Şekil 1). Genel olarak tüflerle ardalanmalı olarak bulunurlar. Çapları, 2 cm'den 4 cm boyutuna kadar değişen köşeli kayaç parçalarından oluşmaktadır. Kayaç içerisindeki breş çakıllarının bağlayıcısı genelde tuf olup, breş çakıllarının oranı yaklaşık olarak % 75'e kadar ulaşmaktadır (Şekil 3.16a). Çakıllar genellikle bazaltik ve andezitik bileşimlidir. Breşler bol miktarda iri piroksen ve hornblend fenokristalleri içerirler.

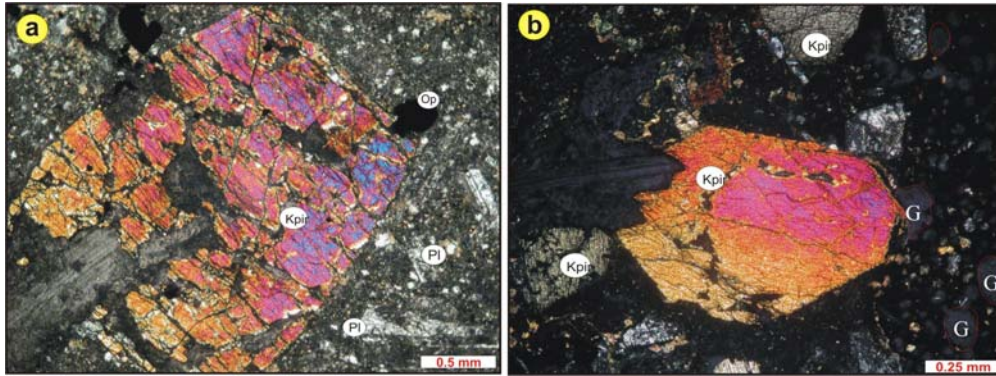
Birim içerisinde, dar bir alanda yüzeylenen aglomeralar, soğan kabuğu şeklinde ayrışma göstermektedir (Şekil 3.16b). Bazaltik bileşime sahip aglomera çakıllarının çapları, 10-50 cm arasında değişmektedir. Bu çakılların arasındaki boşlukları dolduran bağlayıcı malzeme ise yine volkanik kırıntılardır.



Şekil 3.13. Borçka Bazaltı'na ait masif yapılı bazalt örneklerinin dokusal ve mineralojik özelliklerin mikroskobik görünümü; (a) plajiyoklas fenokristallerindeki zonlu yapı ve elek dokusu (Örnek No: A-73), (b) hem elek dokusu hem de zonlanma gösteren plajiyoklas megakristali (Örnek No: A-73), (c), opak mineral ve plajiyoklas inklüzyonu içeren ve ikizlenme gösteren özşekilli klinopiroksen megakristali (Örnek No: A-24), (d) klinopiroksen ve opak minerallerin oluşturduğu glomeroporfirik doku (Örnek No: A-16), (e) kenarlarından itibaren opaklaşmış, özşekilli hornblend fenokristalleri (Örnek No: A-70), (f) opak mineral inklüzyonları içeren ve ikizlenme gösteren klinopiroksen megakristali (Örnek No: A-45a), (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Kpir:Klinopiroksen, Hbl: Hornblend, Op: Opak mineral)



Şekil 3.14. Alaca Köy civarında yüzeyleme veren yastık debili bazaltların görünümü



Şekil 3.15. Borçka Bazaltı içindeki yastık debi gösteren bazaltların mikroskobik görünümleri; (a) Vesiküler dokulu gösteren, yastık debili bazaltlar içindeki klinopiroksen (ojit) ve plajiyoklaslar, (b) yastık debili bazaltlar içerisindeki klinopiroksenler, plajiyoklas mineralleri ve gaz boşlukları, (Örnek No: A13, Ç.N.; Kpir: Klinopiroksen, Pl: Plajiyoklas, Op: Opak mineral, G: Gaz boşlukları)

Breşler, çalışma alanında en geniş yayılıma sahip birimdir. Breşler bileşimlerine göre ikiye ayrılırlar.

Bazaltik bileşimdeki çakıllar genellikle hyalo-mikrolitik porfirik ve glomeroporfirik doku göstermektedirler. Mineraller genellikle parçalanmış olarak bulunmaktadır. Ana bileşen ojit minerali olup, bu mineraller genellikle yarı özşekilli olarak görülürler (Şekil 3.17a). Plajiyoklaslar labrador (An_{60-65}) bileşimdedir. Plajiyoklaslar genellikle albit ikizi

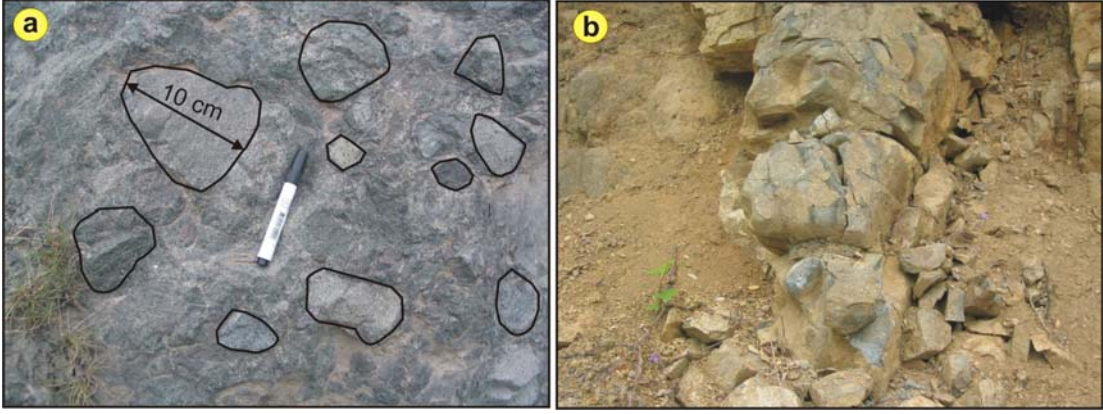
gösterirler (Şekil 3.17b). Bunların yanında kayaç içerisinde hamur da az miktarda da olsa opak mineral ve mikrolitler halinde plajiyoklas mineralleri bulunmaktadır (Şekil 3.17a).

Andezitik bileşimindeki çakıllar mikrolitik porfirik, hyalo-mikrolitik porfirik ve akma dokusu gösterirler (Şekil 3.17c,d). Kayaç içerisinde açık renkli fenokristal olarak plajiyoklas, mafik mineral olarak da hornblend ve klinopiroksen mineralleri bulunmaktadır. Opak mineraller ve apatit aksesuar mineral olarak hamurda bulunur. İkincil mineraller çoğunlukla kalsit, daha az oranda ise klorit ve kuvarsdır.

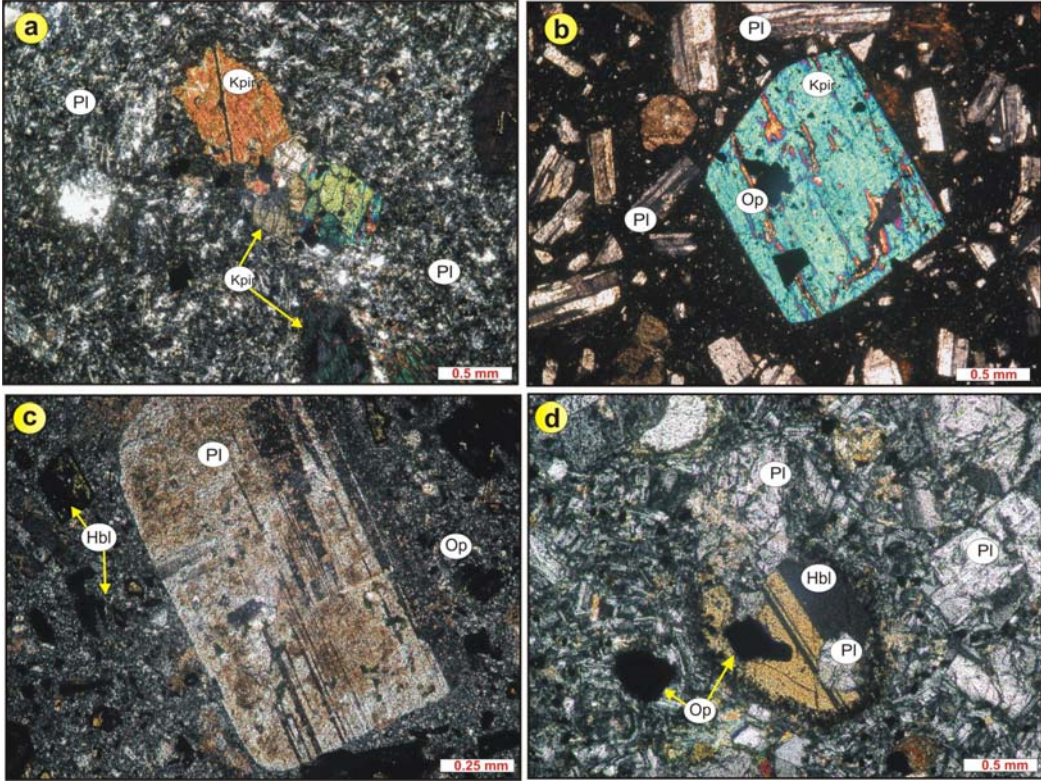
Plajiyoklas mineralleri, genellikle özşekilli ve yarı özşekillidir. Kayaç içerisinde fenokristal ve hamurda mikrolitler halinde bulunmaktadır. Plajiyoklaslar andezin (An_{35-40}) bileşimindedir. Genellikle halkalı zonlanma ve albit ikizi sunmaktadırlar (Şekil 3.17c). Plajiyoklasların birçoğu serisitleşmişlerdir. Tek nikolde renksiz, çapraz nikolde gri, beyaz renklerde gözlenmektedirler. (Şekil 3.17c).

Hem fenokristal olarak hem de hamurda mikrolit olarak bulunan hornblendler, genellikle özşekilli ve yarı özşekillidirler. Özşekilli olanlarda ikizlenmelere rastlanmaktadır (Şekil 3.17d). Hornblendlerin çeperlerinde ve çoğunda tamamen opaklaşma görülmektedir (Şekil 3.17d). Bazı hornblend kristallerinde ise kemirilme ve yenme söz konusudur. Opak mineraller genelde hamurda küçük düzensiz şekillerde, bazen de köşeli taneler halinde hornblend minerallerinin içerisinde inklüzyonlar halinde gözlenmektedir. Kalsit, boşluk dolgusu ve plajiyoklasların ayrışma ürünü olarak gözlenmektedir. Hamur plajiyoklas, hornblend, klinopiroksen, opak mineral küçük kristallerinden ve volkanik camdan meydana gelmektedir. Hamurda yer yer kalsitleşme ve serisitleşme gözlenir.

Tüfler, birim içerisinde geniş bir alanda yüzeyleme verirler. Açık kahve-bej renkli görünümüne sahiptirler. Ara seviye olarak yeşilimsi gri ve kırmızımsı marn seviyeleri mevcuttur (Şekil 3.18). İçerisinde yer yer iri ojit kristalleri gözlenen tüfler, genel olarak litik-kristal tuf olarak adlandırılabilirler (Schmid, 1981). Tabaka kalınlıkları 15-50 cm arasında değişim göstermektedir. Genel olarak eğimleri KB yönünde olup, eğim açıları 25° - 35° arasında değişmektedir. İnceleme alanı içerisinde yer alan litik-kristal tüfler, genellikle ayrışmış olarak görülmektedir. Kayaç içerisinde yarı öz şekilli ve öz şekilsiz parçalanmış klinopiroksenler bulunmaktadır. Kristal olarak diğer bir bileşen ise plajiyoklas latalarıdır. Bu mineraller genellikle ayrışmış ve kenar kısımlarında opaklaşmalar görülmektedir (Şekil 3.19a, b).



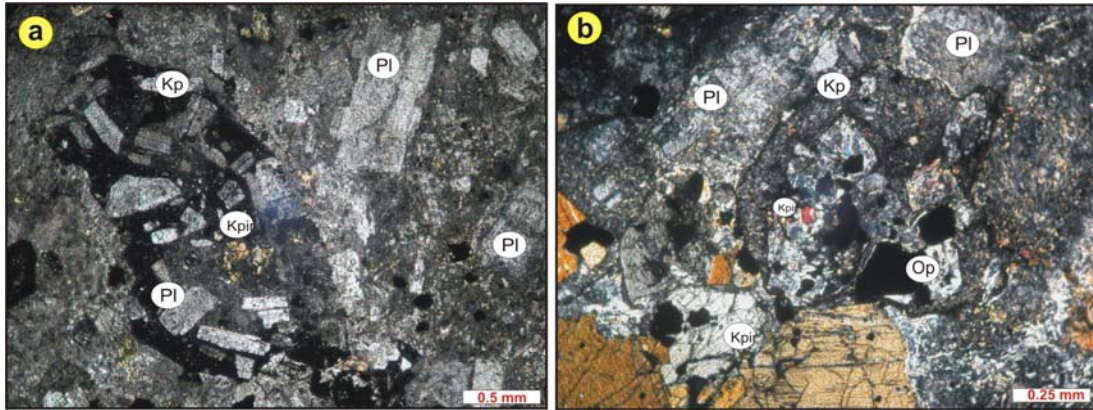
Şekil 3.16. Borçka-Murgul karayolu üzerindeki volkanitler içerisinde gözlenen; (a) volkanik breşler, (b) oldukça yuvarlaklaşmış aglomeralarda gözlenen soğan kabuğu şeklindeki ayrışma



Şekil 3.17. Bazaltik (a ve b) ve andezitik (c ve d) bileşimli volkanik breş çakıllarının mikroskobik görünümü. (a) Hyalo-mikrolitik porfirik dokulu bazaltik breş içerisindeki ojit ve plajiyoklaslar, (b) albit ikizlenmesi gösteren plajiyoklas mineralleri ve opak mineral içeren klinopiroksen fenokristali (Örnek No: A44), (c) albit ikizlenmesi ve sünger dokusu gösteren plajiyoklas fenokristali, (d) andezitik breşlerde, h' (100) ikizi gösteren, opak ve plajiyoklas mineral inklüzyonları içeren ve kenarlarından itibaren opaklaşmış hornblend fenokristali (Örnek No: A64), (Ç.N.; Kpir:Klinopiroksen, Pl:Plajiyoklas, Hbl:Hornblend, Op: Opak mineral)



Şekil 3.18. İbrikli Mahallesi'nde yüzeyleme veren tuf-yeşilimsi gri marn arduanmasının görünümü



Şekil 3.19. Litik kristal tüflerinin mikroskopik görünümü; (a) kayaç parçaları, (b) klinopiroksen kristalleri ve kayaç parçaları, (Örnek No: A27; Ç.N.; Kpir: Klinopiroksen, Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend, Kp: Kayaç parçaları, Op: Opak mineral)

Civanköy Üyesi içindeki andezitik volkanik breşlerdeki andezit çakılından alınan A64 nolu örnekten yaptırılan Ar/Ar hornblend yaşlandırması sonucunda 39.9 ± 0.5 My yaş elde edilmiştir. Bu yaş değeri de Civanköy Üyesini oluşturan andezitlerin yaşının Orta Eosen olduğunu göstermektedir.

3.2.4.3. Bazik Dayklar

Çalışma alanı içerisinde Borçka-Artvin karayolu üzerinde yüzeyleme vermektedirler. Daykların arazide özellikle Civanköy Üyesi birimlerini keserek yerleştikleri görülmektedir (Şekil 3.20). Birçoğu taze bir görünüme sahip olup, ayrışma yüzeyleri genelde yeşilimsi gri, taze kırık yüzeyleri ise koyu gri- siyah renktedir. Baskın mineral olarak ojit ve plajiyoklas bulunmaktadır. Boşluk dolgusu olarak kalsit ve zeolit içermektedirler. Genellikle iyi gelişmiş kolonlu yapı gösterirler (Şekil 3.20). Doğrultuları yaklaşık K-G dir.

İnceleme alanındaki bazik dayklar genellikle porfirik, hyalo-porfirik ve glomeroporfirik doku gösterirler (Şekil 3.21a ve b). Kayaç içerisinde fenokristal olarak klinopiroksen minerali bulunur. Hamurda ise daha çok plajiyoklas lataları ve klinopiroksen mikrotaneleri ile volkanik cam bulunmaktadır.

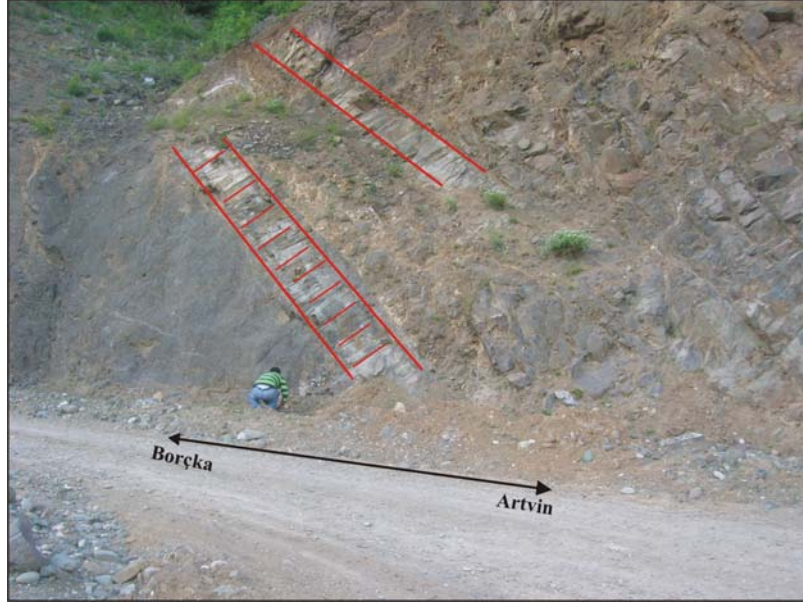
Klinopiroksen mineralleri özşekilli ve yarı özşekilli, fenokristal ve mikrofenokristaller halindedir (Şekil 3.21a ve b). Oldukça kırıklı ve çatlaklı klinopiroksen mineralleri bir araya gelerek birlikte glomerofirik doku gösterirler (Şekil 3.21a). Tek nikelde açık yeşil, çapraz nikelde II. sıranın canlı renklerini gösterirler. Zonlu klinopiroksenler bol miktarda bulunmaktadır (Şekil 3.21b). Opak mineral inklüzyonları içermektedirler.

Plajiyoklas mineralleri genellikle ince latalar ve mikrolitler halinde bulunur. Hamur genelde mikrolitik porfirik ve intersertal dokuya sahip olup, plajiyoklas ve klinopiroksen mikrolitlerinden, yuvarlak opak minerallerden ve volkanik camdan oluşmaktadır.

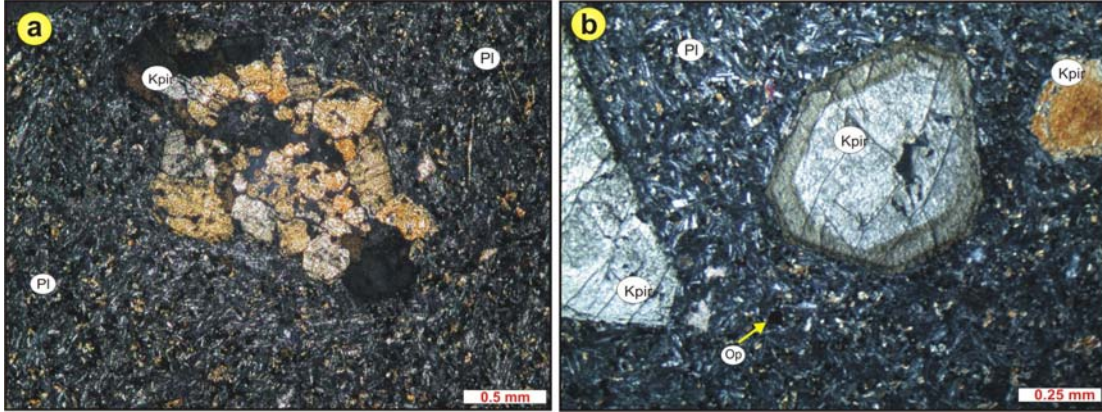
Bazik dayklardan herhangi bir yaş verisi elde edilememiştir. Fakat arazi gözlemleri sonucu Orta Eosen yaşlı Civanköy üyesini oluşturan birimleri kestiği görülen daykların daha genç oldukları düşünülmektedir.

3.2.5. Alüvyon

İnceleme alanı içinde Çoruh Nehri ve bu nehre birleşen kolların birleşim yerleri boyunca alüvyonlar içinde çevre kayaçların bloktan mil boyutuna kadar değişen parçalarına rastlamak mümkündür. Kuvaterner yaşlı bu birim güncel olarak oluşmaya devam etmektedir.



Şekil 3.20. Borçka-Artvin karayolu üzerinde Borçka Baraj gövdesine gitmeden piroklastitleri kesen kolon yapılı bazik daykların görünümü



Şekil 3.21. Bazik dayk örneklerindeki dokusal ve mineralojik özelliklerin mikroskopik görünümü; (a) Klinopiroksen minerallerinin ve opak minerallerin bir araya gelmesi ile oluşan glomeroporfirik doku, (b) Zonlu klinopiroksen ve porfirik doku, (Örnek No: A17a, Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Kpir: Klinopiroksen, Op: Opak mineral)

3.3. Mineraller ve Kimyasal Özellikleri

Çalışmanın amacına yönelik olarak Borçka yöresinde yüzeyleme veren Tersiyer yaşlı Borçka Volkanitleri içindeki Borçka Bazaltı, Civanköy Üyesi ve Bazik Daykı oluşturan

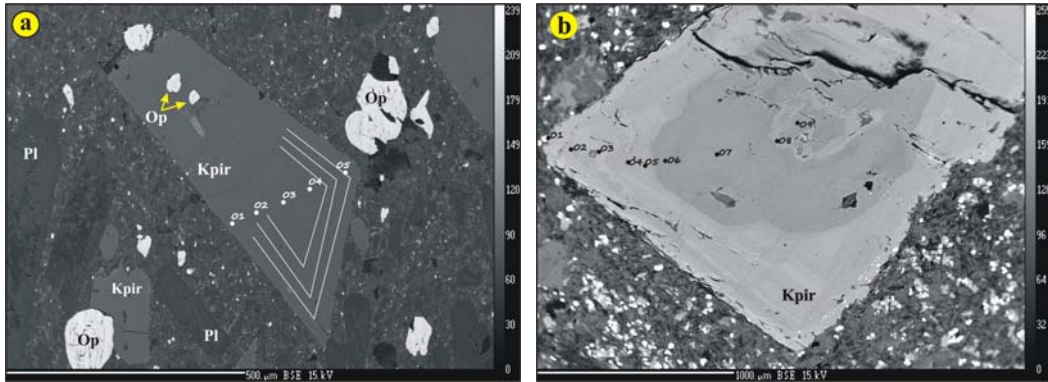
kayaçlarda gözlenen klinopiroksen, amfibol, plajiyoklas ve Fe-Ti oksit minerallerinin, genel kimyasal özellikleri bu bölümde incelenecektir.

3.3.1. Klinopiroksen

Klinopiroksen mineralleri inceleme alanında yüzeyleyen Eosen yaşlı Borçka Volkanitlerini oluşturan kayaçlarda mevcuttur. Çoğunlukla öz ve yarı öz şekilli olan bu mineraller iri, orta ve küçük boyutlu kristaller halinde bulunurlar. Bazık Dayk, Civanköy Üyesi ve Borçka Bazaltı'nı oluşturan kayaçlarda iri kristalli ve öz şekilli klinopiroksenler genellikle zonlanma görülür.

Volkanitlerdeki klinopiroksenlerde özellikle ikizlenme ve salınımlı (Şekil 3.13) zonlanma tipiktir. Bu zonlanma tiplerini hem optiksel hem de kimyasal olarak görmek mümkündür. Salınımlı zonlanmada her zonun kalınlığı genellikle farklıdır (Şekil 3.22a, b).

Klinopiroksenlerin analiz sonuçları 6 oksijene göre normleştirilip yapısal formülleri hesaplanmıştır (Ek Tablo 1). Bu hesaplamalarda toplam demirin, Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayrımı Droop (1987)'e göre yapılmıştır.



Şekil 3.22. Borçka yöresi Borçka Volkanitlerine ait kayaçlardaki klinopiroksenlerin BSE görüntüleri; a) Civanköy Üyesi içindeki bazaltik breş çakıllarındaki opak mineral içeren klinopiroksen ve b) bazık dayk kayaçlarındaki salınımlı (oscillatory) zonlanmaya sahip iri klinopiroksen kristallerine ait 'BSE' görüntüleri, (Op: Opak mineral, Kpir: Klinopiroksen), (Örnek No: A70, A17a)

Borçka y6resi Borçka Volkanitleri'ni oluşturan bazik dayk, Civank6y 6yesi (bazaltik bileşimli volkanik breş çakılları) ve Borçka bazaltını oluşturan kayaç gruplarında bulunan klinopiroksenlerden kimyasal analiz yaptırılmıştır. Buna g6re;

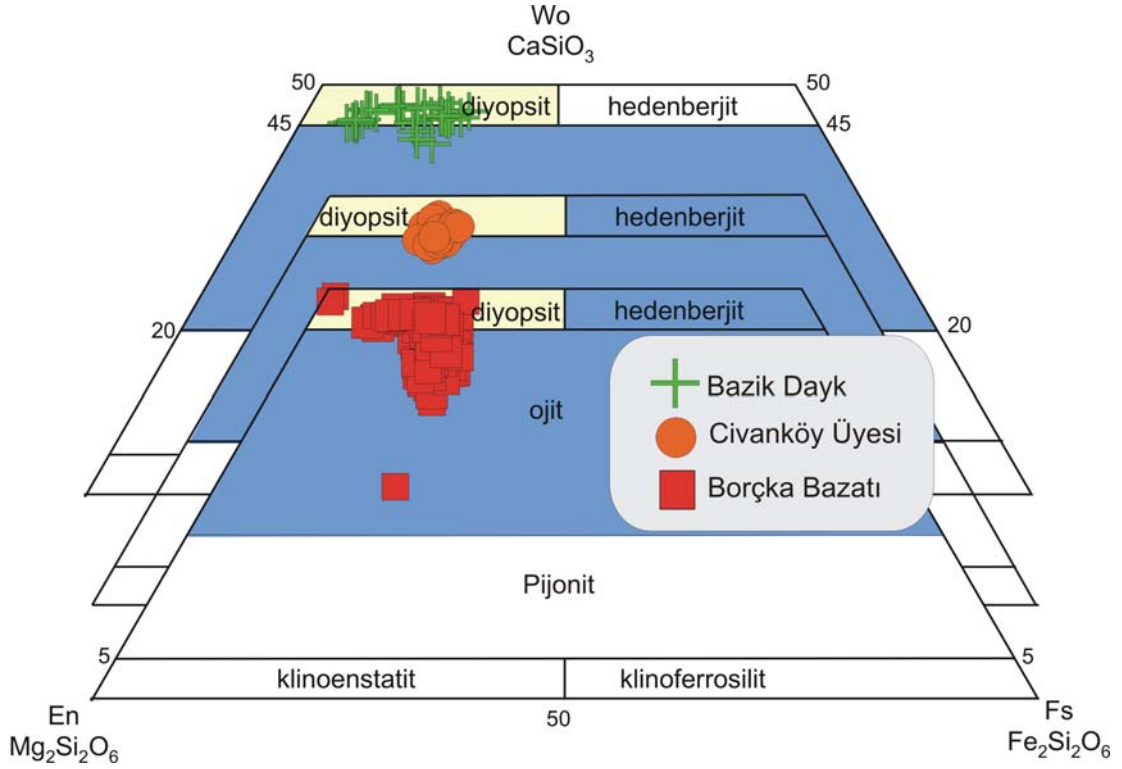
Bazik dayklara ait 6rnekler içerisindeki klinopiroksenlerin kimyasal bileşimleri (Ek Tablo 1) Morimoto vd. (1988)'ne g6re çoğunlukla, ojit ve diyopsit olarak adlandırılmaktadır (şekil 3.23). Papike vd. (1974)'nin Ti-Na-Al(IV) 6gen diyagramına g6re ise Ca-ermakit bileşenince zengin klinopiroksenler oldukları g6r6lm6řt6r (şekil 3.24). Klinopiroksen minerallerinden ojitler genel olarak $Wo_{43.32-44.85}En_{41.44-42.28}Fs_{12.82-15.25}$ bileşimindedir ve $Mg/(Mg+Fe^{+2}+Fe^{+3})$ oranı 0.73-0.77 arasındadır. Diyopsitler $Wo_{45.75-48.31}En_{38.05-48.18}Fs_{6.39-13.64}$ bileşiminde olup, $Mg/(Mg+Fe^{+2}+Fe^{+3})$ oranı 0.67-0.90 arasındadır.

Civank6y 6yesi içindeki; bazaltik bileşimli volkanik breş çakıllarına ait 6rneklerdeki klinopiroksenlerin kimyasal bileşimleri (Ek Tablo 1) Morimoto vd. (1988)'ne g6re çoğunlukla, ojit ve diyopsit olarak adlandırılmaktadır (şekil 3.23). Papike vd. (1974)'nin Ti-Na-Al(IV) 6gen diyagramına g6re ise Ca-ermakit alanında yer almaktadırlar (şekil 3.24). Klinopiroksen minerallerinden ojitler genel olarak $Wo_{43.52-44.86}En_{41.43-42.35}Fs_{13.7-14.1}$ bileşimindedir ve $Mg/(Mg+Fe^{+2}+Fe^{+3})$ oranı 0.73-0.78 arasındadır. Diyopsitler $Wo_{45.04-47.37}En_{39.62-39.68}Fs_{12.95-15.34}$ bileşiminde olup, $Mg/(Mg+Fe^{+2}+Fe^{+3})$ oranı 0.71-0.78 arasındadır.

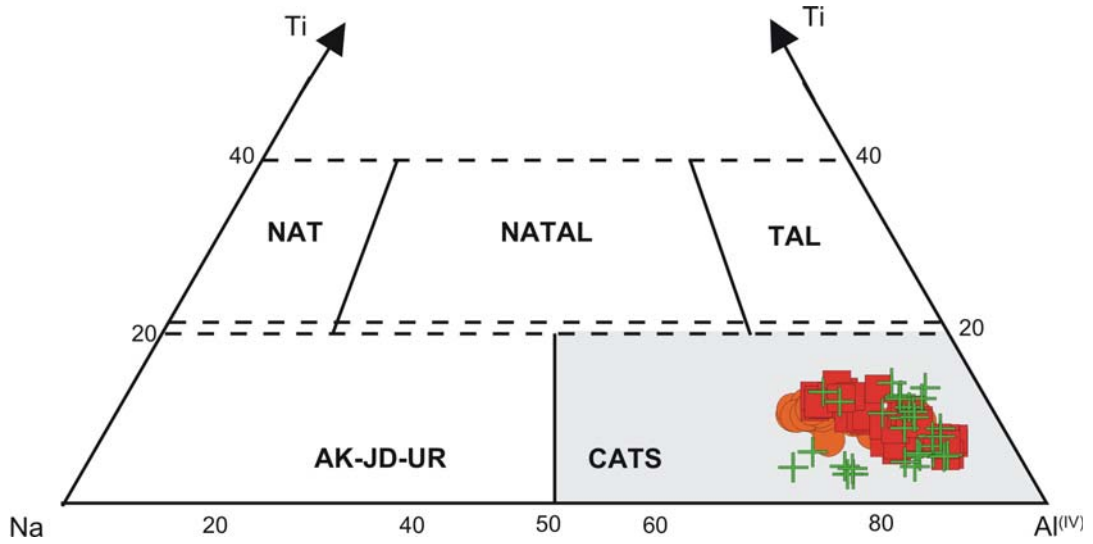
Borçka Bazaltı içindeki; bazalt 6rneklerindeki klinopiroksenlerin kimyasal bileşimleri (Ek Tablo1) Morimoto vd. (1988)'ne g6re çoğunlukla, ojit ve diyopsit olarak adlandırılmaktadır (şekil 3.23). Papike vd. (1974)'nin Ti-Na-Al(IV) 6gen diyagramına g6re ise Ca-ermakit alanında yer almaktadırlar (şekil 3.24). Klinopiroksen minerallerinden ojitler genel olarak $Wo_{26.49-44.92}En_{39.78-54.37}Fs_{14.30-19.1}$ bileşimindedir ve $Mg/(Mg+Fe^{+2}+Fe^{+3})$ oranı 0.69-0.78 arasındadır. Diyopsitler $Wo_{45.18-49}En_{39.95-50}Fs_{1-15}$ bileşiminde olup, $Mg/(Mg+Fe^{+2}+Fe^{+3})$ oranı 0.60-0.98 arasındadır.

3.3.2. Fe-Ti Oksit

Fe-Ti oksit mineralleri Borçka y6resindeki Borçka Volkanitleri'ni oluşturan bazik dayk, Civank6y 6yesi (bazaltik ve andezitik volkanik breş çakılları) ve Borçka bazaltını oluşturan kayaçlarda mevcuttur. Volkanik kayaçlarda genellikle ortaç-k66k ve 6z-yarı 6z



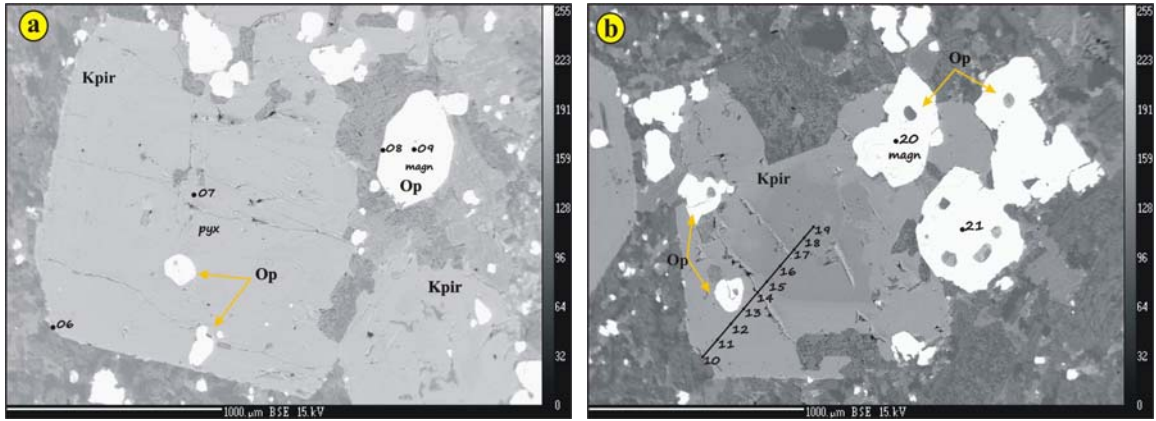
Şekil 3. 23. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerine ait klinopiroksen minerallerinin Wo-En-Fs üçgen diyagramındaki (Morimoto vd., 1988) bileşimleri



Şekil 3.24. Borçka yöresi volkanitlerine ait klinopiroksenlerin Papike vd. (1974)'ne ait Ti-Na-Al^(IV) diyagramındaki yerleri. CATS: Ca-çermakit, AK: Akmit, JD: Jadayit, UR: Kosmoklor, NAT: Na-Ti klinopiroksen, NATAL: Na-Ti-Al klinopiroksen, TAL: Ti-Al klinopiroksen, semboller Şekil 3.23'deki gibidir

şekilli kristaller halinde bulunurlar. Fe-Ti oksit hamur içinde özşekilsiz olarak ve ferromagnezyen minerallerin içinde kapanım şeklinde bulunmaktadır. (Şekil 3.25).

Fe-Ti oksit minerallerinin kimyasal analiz sonuçları 4 oksijene göre normalleştirilip yapısal formülleri hesaplanmıştır (Ek Tablo 2).



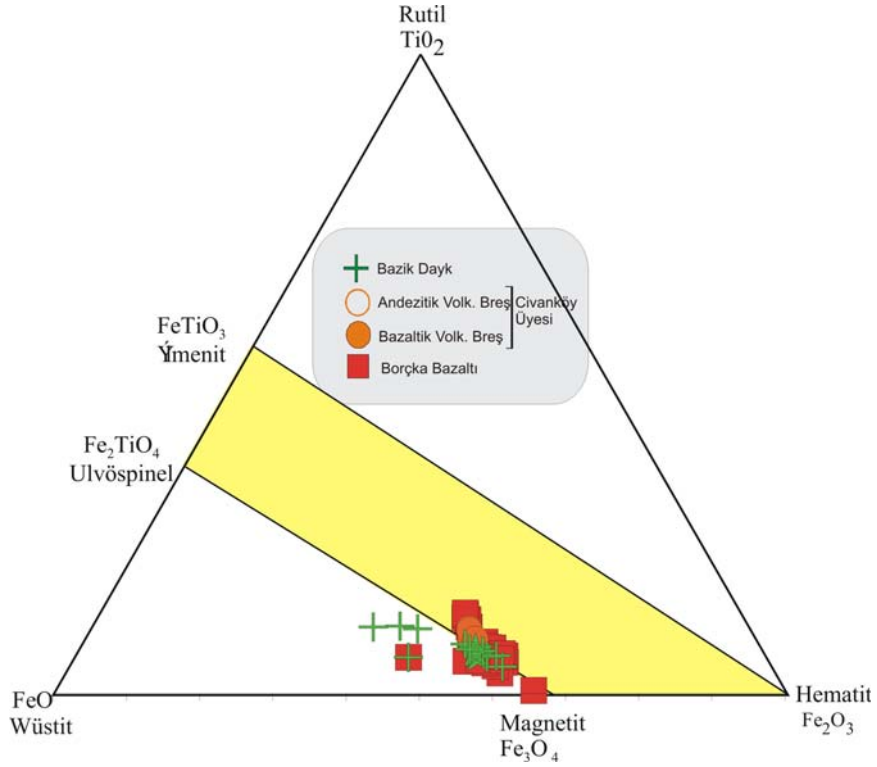
Şekil 3.25. Borçka Volkanitleri içindeki Borçka Bazaltına ait kayaçların Fe-Ti oksitlerin ‘BSE’görünümleri; (a ve b) Bazaltlardaki klinopiroksenlerde kapanım halinde olan öz-yarı öz şekilli Fe-Ti oksitler (Op),magnetit (magn), Klinopiroksen (Kpir), (Örnek no: A24)

Borçka yöresi Kabaköy Formasyonu’nu oluşturan bazik dayk, Civanköy üyesi (bazaltik-andezitik bileşimli volkanik breş çakılları) ve Borçka bazaltını oluşturan kayaçlardan seçilen Fe-Ti oksit minerallerinden kimyasal analiz yaptırılmıştır. Buna göre;

Bazik dayklardaki Fe-Ti oksitler genellikle klinopiroksen minerallerinin içerisinde kapanım olarak veya hamur içerisinde gözlenmekte olup, opak mineraller magnetit ve titanomagnetittir (Ek Tablo 2, Şekil 3.26).

Civanköy üyesi içindeki andezitik bileşimli çakıllardaki hornblend minerallerinin içerisinde kapanım olarak gözlenen opak mineraller titano-magnetit bileşimindedir. Bazaltik bileşimli çakıllarda, genellikle hamur içerisinde gözlenen opak minerallerin hepsi titano-magnetittir (Ek Tablo 2, Şekil 3.26).

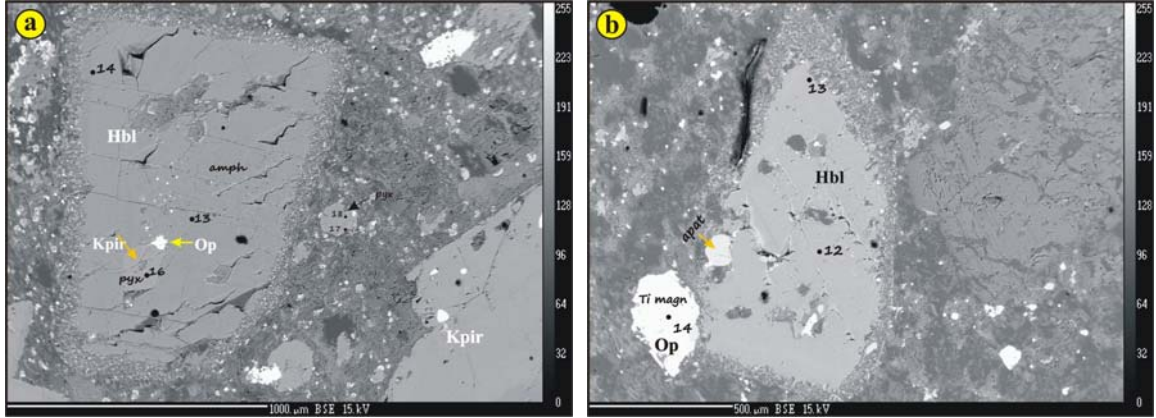
Borçka Bazaltı içindeki bazaltlardaki klinopiroksen minerallerinin içerisinde öz-yarı öz şekilli kapanım olarak gözlenen opak minerallerin hepsi magnetit ve titano-magnetittir (Ek Tablo 2, Şekil 3.26).



Şekil 3.26. Borçka volkanitlerine ait Fe-Ti oksit bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988)

3.3.3. Hornblend

Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer yaşlı volkanik kayalarında gözlenen önemli ferromagnezyen minerallerden biri de hornblenddir. Hornblend mineralleri başlıca Borçka Volkanitlerini oluşturan Cıvanköy Üyesi içindeki andezitik breş çakıllarında ve Borçka Bazaltı içindeki kayalarda bulunmaktadır. Hornblend mineralleri genelde haç ikizli, iri ve öz-yarı öz şekilli olup, genellikle klinopiroksen, Fe-Ti oksit mineralleri ile birlikte bulunurlar (Şekil 3.17c, d ve 3.27a). Kenar kısımları kısmen opaklaşmış ve iyi gelişmiş tek/iki yönde dilinim mevcuttur (Şekil 3.17c,d ve 3.27b). Hornblendlerin dilinimleri ve kenarı boyunca oluşan opaklaşmalar Shelley (1993)'e göre kristal içindeki uçuların, magmanın daha sığ kesimlere yükselmesi sırasında, serbest kalmasıyla ve kristalin ergiyik ile olan tepkimesiyle açıklanmıştır (Aydın, 2003).

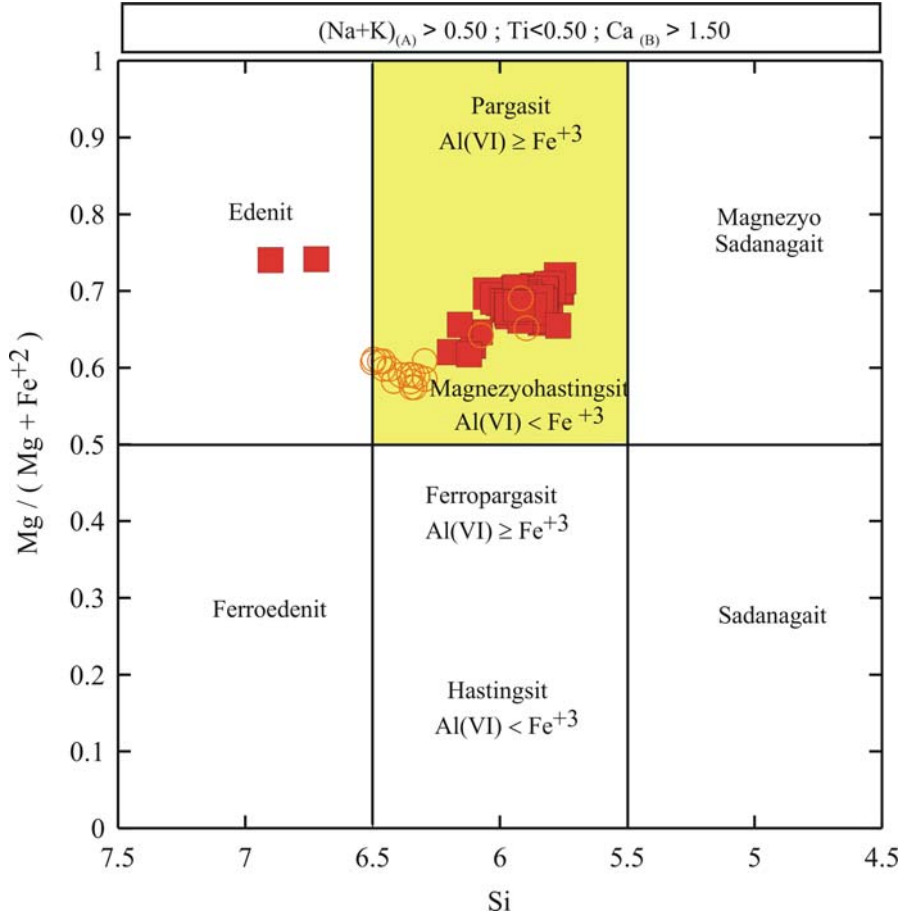


Şekil 3.27. İncelenen volkanik kayaç türlerindeki bazı hornblendlerin ‘BSE’ görünümüleri, a) Borçka Bazaltı içindeki bazaltlardaki (Örnek no: A16) iri şekilli, klinopiroksen (Kpir) ve opak mineral (Op) içeren hornblend (Hbl), b) Civanköy Üyesi içindeki andezitik breş çakıllarına ait örneklerde (A64) görülen kenarları opaklaşmış iri hornblend kristali

Borçka yöresi Borçka Volkanitleri’ni oluşturan Civanköy Üyesi içindeki andezitik volkanik breşlerde ve Borçka örneklerinden seçilen hornblend minerallerinden kimyasal analiz yaptırılmıştır (Ek Tablo 3). Buna göre;

Civanköy Üyesi içindeki andezitik bileşimli volkanik breşlerdeki andezit çakılları içerisinde gözlenen hornblendlerin mikroprob analizleri (Ek Tablo 3) dikkate alındığında, Leake vd. (1997)’ne göre yapılan sınıflamada magnezyo-hastingsit olarak isimlendirilmektedir (Şekil 3.28). Kayaç içerisinde genellikle öz şekilli fenokristaller halinde gözlenen magnezyo-hastingsitlerde $Mg/(Mg+Fe^{+3}+Fe^{+2})$ oranı 0.57-0.69 arasında değişmektedir.

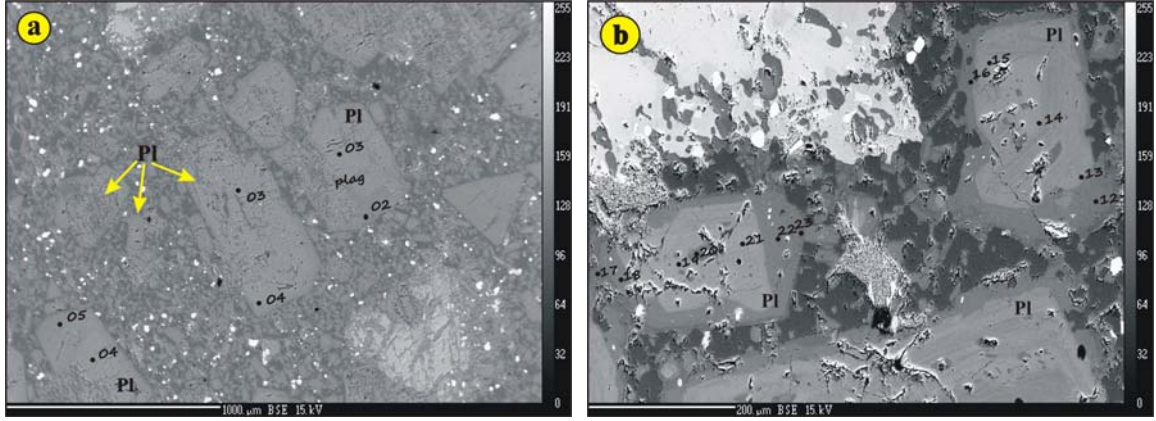
Borçka Bazaltı içindeki bazalt örneklerinin içerdiği hornblendler, Leake vd. (1997)’nin sınıflamasına göre genellikle magnezyo-hastingsit ve iki örnekte de edenit olarak tanımlanmıştır (Ek Tablo 3, Şekil 3.28). Kayaç içerisinde genellikle öz şekilli fenokristaller halinde gözlenen magnezyo-hastingsitlerde $Mg/(Mg+Fe^{+3}+Fe^{+2})$ oranı 0.62-0.74 iken nadir olsa da görülen edenitlerde $Mg/(Mg+Fe^{+3}+Fe^{+2})$ oranı 0.74 tür.



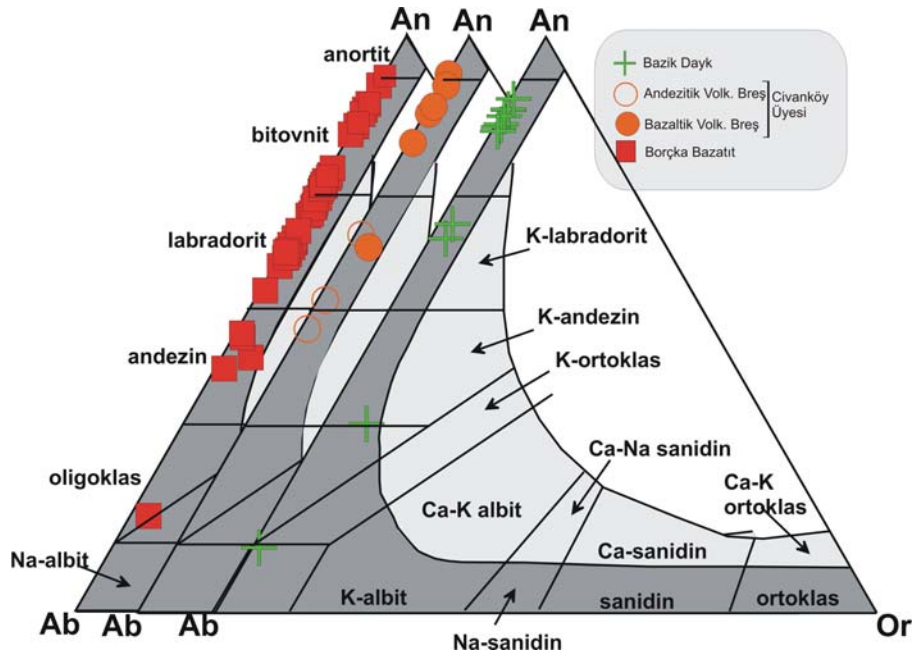
Şekil 3.28. Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanitlerine ait hornblendlerin sınıflaması (Leake vd., 1997) (Semboller Şekil 3.26'daki gibidir).

3.3.4. Plajiyoklas

Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanik kayaçlarını oluşturan bütün kayaç türlerinde plajiyoklas mineraline sıkça rastlanmıştır. Plajiyoklas mineralleri çoğunlukla ince-uzun ve öz şekilli kristalcikler halinde olup (Şekil 3.13, 3.17 ve Şekil 3.29a), 0,1-1 mm arasında değişmektedir. Borçka Volkanitleri'ni oluşturan kayaçlarda plajiyoklaslar hem mikrolitler hemde orta-iri plajiyoklaslar şeklinde bulunmaktadır (Şekil 3.17 ve 3.21). Ayrıca kayaçlarda bol miktarda zonlu plajiyoklaslara da (0,2-1 mm) rastlanmıştır (Şekil 3.17b ve Şekil 3.29b).



Şekil 3.29. İncelenen volkanitlerdeki bazı plajiyoklasların ‘BSE’görünümleri, a) Borçka Bazaltına ait kayaçlardaki öz şekilli plajiyoklas (Pl) kristalleri, b) Civanköy Üyesine ait andezit bileşimindeki breş çakıllarında görülen zonlu plajiyoklaslar (Örnek no: A73 ve A64)



Şekil 3. 30. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerine ait plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı

Bazık Dayk, Civanköy Üyesi ve Borçka Bazaltına ait örneklerden seçilen plajiyoklas minerallerinden kimyasal analiz yaptırılmıştır (Ek Tablo 4). Buna göre;

Bazık Dayk örneklerinde plajiyoklaslar genellikle mikrolit ve latalar halindedir. Plajiyoklaslar genellikle, labrador ve bitovnit bileşimindedirler (Ek Tablo 4, Şekil 3.30). Sodyumca zenginleşmiş olan iki örnekten biri oligoklas ($An_{11}Ab_{87}Or_1$), diğeri andezin ($An_{32}Ab_{60}Or_6$) bileşimindedir. Diğer plajiyoklaslarda kenar kısımlar labradorit (An_{64}

${}_{67}\text{Ab}_{30-32}\text{Or}_2$) bileşimindeyken, merkez kısımları bitovnit ($\text{An}_{83-89}\text{Ab}_{10-15}\text{Or}_{0.71-0.96}$) bileşimindedir.

Civanköy Üyesi'ni oluşturan volkanik breşlerdeki andezit çakılları içerisinde çoğunlukla fenokristal olarak gözlenen plajiyoklaslar genellikle andezin ve labradorit bileşimindedir (Ek Tablo 4, Şekil 3.30). Fenokristal olarak gözlenen plajiyoklasların merkezinde bileşim andezin ($\text{An}_{49}\text{Ab}_{49}\text{Or}_1$), kenar kısmındaki bileşim labradorittir ($\text{An}_{54-65}\text{Ab}_{33-44}\text{Or}_0$). Volkanik breşlerdeki bazalt çakılları içerisinde fenokristal olarak gözlenen plajiyoklaslar genellikle labradorit, bitovnit ve anortit bileşimindedir (Ek Tablo 4, Şekil 3.30). Fenokristal olarak gözlenen plajiyoklaslardan anortit olanların bileşimleri mineral kenarında $\text{An}_{93}\text{Ab}_6\text{Or}_0$, mineral merkezinde ise $\text{An}_{91}\text{Ab}_7\text{Or}_1$ arasında değişmektedir. Bu bazalt çakılı örneğindeki bir plajiyoklas mineralinde normal zonlanma tespit edilmiştir. Bu mineralin bileşimi kenarda labradorit ($\text{An}_{64}\text{Ab}_{33}\text{Or}_3$), merkezde ise bitovnit ($\text{An}_{81}\text{Ab}_{17}\text{Or}_1$) olacak şekilde değişmektedir.

Borçka Bazaltına ait bazalt örneklerindeki plajiyoklasların bileşimi oldukça geniştir. Bileşimdeki bu geniş aralık zonlu plajiyoklas analizlerinden kaynaklanmaktadır (Ek Tablo 4, Şekil 3.30). Söz konusu bileşimler çoğunlukla bitovnit bileşimindedir ($\text{An}_{70-88}\text{Ab}_{6-28}\text{Or}_0$); daha sonra labradorit ($\text{An}_{55-69}\text{Ab}_{29-39}\text{Or}_{0-1}$) bileşimi hakimdir. Bunların yanında andezin ($\text{An}_{42-48}\text{Ab}_{50-56}\text{Or}_{0-4}$), oligoklas ($\text{An}_{16}\text{Ab}_{80}\text{Or}_2$) ve anortit ($\text{An}_{91-93}\text{Ab}_{7-8}\text{Or}_0$) bileşimine de rastlanır (Ek Tablo 4, Şekil 3.30).

3.4. Jeotermobarometre Hesaplamaları

Borçka (Artvin) yöresindeki Tersiyer yaşlı volkanik kayaçların minerallerinde yaptırılan kimyasal analizler yardımıyla volkanitleri oluşturan minerallerin oluşum sıcaklıkları ve basınçları hesaplanabilmektedir. Bu hesaplamalar sonucunda kayaçların oluşum koşulları hakkında yorumlar yapılabilmektedir.

3.4.1. Jeotermometre Hesaplamaları

Borçka (Artvin) yöresi volkanik kayaçları üzerinde feldispat, hornblend-plajiyoklas ve klinopiroksen jeotermometresi hesaplamaları yapılmış ve bu bölümde özetlenmiştir.

3.4.1.1. Feldispat Jeotermometresi

Borçka (Artvin) y6resindeki Eosen yaşlı volkanik kayalarda bulunan feldispatların kimyasal bileşimleri, Fuhrman ve Lindsley (1988)'in jeotermometre hesaplamaları için Ab-An-Or 6çgen diyagramı 6zerinde g6sterilmiştir (şekil 3.31).

Plajiyoklas minerallerinin Ab-An-Or içerikleri bu diyagram 6zerine d6ř6r6ld6ğ6nde Borçka (Artvin) y6resi Tersiyer volkanik kayalardaki feldispatların (plajiyoklas) kristallenme sıcaklıkları genel olarak 600-800 6C arasında değişmektedir (şekil 3.31).

Borçka Volkanitleri'ni oluşturan bazik dayklara ait plajiyoklasların yaklaşık kristallenme sıcaklıkları 600-750 6C arasında, Civank6y 6yesine ait plajiyoklasların yaklaşık kristallenme sıcaklıkları 600-700 6C arasında iken, Borçka bazaltına ait plajiyoklasların yaklaşık kristallenme sıcaklıkları 600-800 6C arasında değişmektedir. (şekil 3.31, Ek Tablo 4).

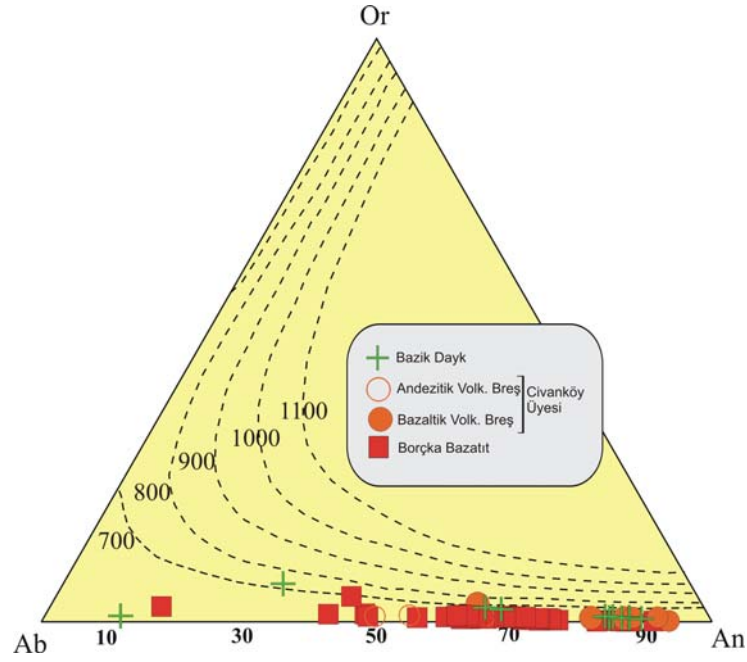
3.4.1.2. Hornblend-Plajiyoklas Jeotermometresi

Holland ve Blundy (1994)'nin farklı jeolojik sahalardan aldıkları kayalarda yaptıkları çalışmalar sonucunda 6nerdikleri hornblend-plajiyoklas jeotermometresine g6re;

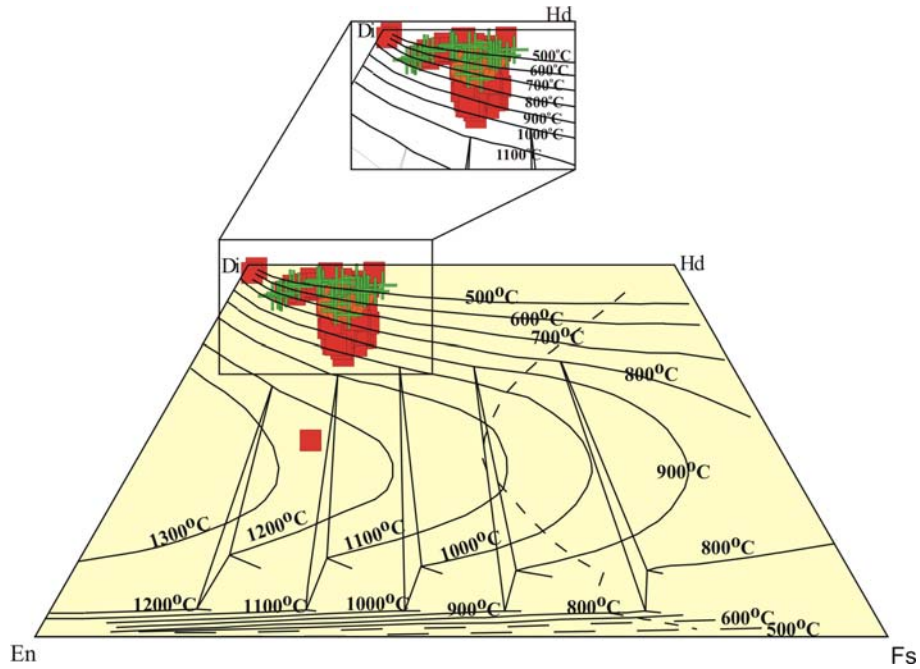
Borçka y6resi Tersiyer volkanitlerini oluşturan Civank6y 6yesi içindeki andezitik breş çakıllarından hesaplanan sıcaklık 921-938 6C arasında iken, bazaltik breş çakıllarında bu değer 849-1064 6C arasındadır. Borçka bazaltı içindeki bazaltlarda hesaplanan sıcaklık değeri 772-1128 6C arasında değişmektedir. (Ek Tablo 5).

3.4.1.3. Klinopiroksen Jeotermometresi

Lindsley (1983) ile Lindsley ve Anderson (1983)'nin 6nerdiği piroksen ve iki piroksen jeotermometrelerinde, Di-Hd-En-Fs piroksen d6rty6zly6s6 6zerine çeşitli sıcaklık değerlerini g6steren izoterm eğrileri çizilerek bir abak oluşturulmuştur (şekil 3.32). Ayrıca, bu diyagram 6zerine d6ř6r6lecek piroksen bileşimlerinin $Wo+En+Fs \geq 90$ şartını sağlaması gerekmektedir.



Şekil 3.31. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin içerdiği plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramdaki kristallenme sıcaklıklarının belirlenmesi (sıcaklık eğrileri Fuhrman ve Lindsley, 1988'den alınmıştır)



Şekil 3.32. Borçka yöresi volkanitlerinin içerdiği klinopiroksen bileşimlerinin gösterildiği Di-Hd-En-Fs piroksen dörtyüzlüsü. İzoterm eğrileri 100 °C aralıklarla ve 1 atm basınç altında oluşturulmuştur (Lindsley, 1983; Lindsley ve Anderson, 1983) (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

Bazı klinopiroksen minerallerine ait bileşimler bu diyagram üzerine düşürüldüğünde; klinopiroksenlerin katılma sıcaklıkları genel olarak Borçka Volkanitleri'ni temsil eden bazik dayk örneklerinde 450-850 °C arasında iken, Borçka bazaltı için 450-1200 °C arasında değişmektedir. Civanköy üyesi içindeki bazaltik volkanik breş örneklerindeki ise piroksen katılma sıcaklığı ise 500-800 °C arasında değişmektedir (Şekil 3.32).

Klinopiroksenlerin kristal içi dengelenme sıcaklıklarının, kayaçları oluşturan magmanın soğuma geçmişi hakkında önemli bilgiler verebileceği belirtilmiştir (Dal Negro vd., 1982; Aydın, 2003). Dal Negro vd. (1982)'ne göre hesaplanan, Borçka yöresi volkanitleri içindeki Bazik Dayk, Civanköy Üyesi (bazaltik volkanik breş), Borçka Bazaltına ait klinopiroksenlerin kristal içi dengelenme sıcaklıkları Ek Tablo 6'da detaylı olarak verilmiştir. Bu sıcaklıklar aşağıda verilen formül 3.1 ile hesaplanmıştır. Formül 3.1 için gerekli olan bazı parametrelerin (K_d , R^{+3} , Ca) hesaplamaları da formül 3.2 ve 3.3'te verilmiştir.

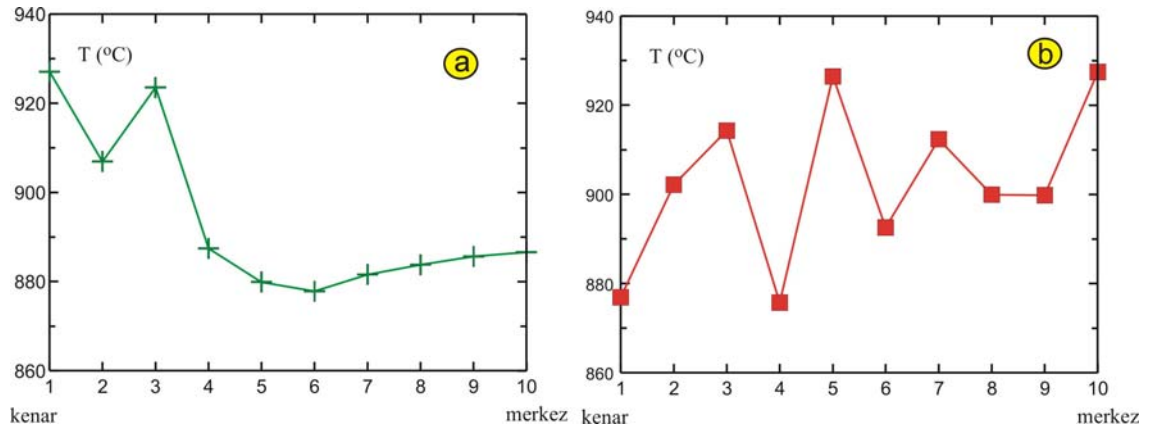
$$T(K) = [\{5.465*(R^{+3}) + 7.324*(Ca) - 3.039\} / \{-\ln K_d + 4.032*(R^{+3}) + 5.383*(Ca) - 3.767\}] * 1000 \quad (3.1)$$

$$K_d = (XFe^{+2}_{M1}) * (XMg_{M2}) / (XMg_{M1}) * (XFe^{+2}_{M2}), \quad X: \text{atomik oran} \quad (3.2)$$

$$(R^{+3}) = Al^{+3} + Ti^{+4} + Cr^{+3} + Fe^{+3}, \quad (Ca) = Ca + Na + Mn \quad (3.3)$$

Hesaplanan klinopiroksen kristal içi dengelenme sıcaklıkları bazik dayk örneklerindeki klinopiroksenlerin merkez kısımlarında kristal içi dengelenme sıcaklığı yüksek (926-937 °C) iken, kenar kısımlarında daha düşük (865-929 °C) tür. Borçka bazalt üyesini oluşturan bazalt bileşimindeki örneklerin kristal içi dengelenme sıcaklıkları klinopiroksenlerin merkezi kısımlarında 842-952 °C iken, kenar kısımlarında 823-943 °C dir. Civanköy üyesi içindeki bazaltik volkanik breş çakıllarına ait klinopiroksenlerin kristal içi dengelenme sıcaklıkları, merkez kısımları (910-947 °C) ile kenar kısımları (918-945 °C) arasında benzerlik göstermektedir. Bazı klinopiroksen minerallerinin hem merkez hem de kenar kısmından yapılan mineral kimyası analizlerinden hesaplanan kristal içi dengelenme sıcaklıklarında; sıcaklıkların göreceli olarak mineralin kenar kısmında daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Ek Tablo 6). Ayrıca bir bazik dayk örneğinden (A17a) ve bir de Borçka bazaltı örneğinden (A24) alınan klinopiroksen kenarlarından merkezlerine doğru kristal içi

dengelenme sıcaklık değişimleri ve Mg, Ca ve Fe⁺² içerikleride incelenmiştir (Ek Tablo 7 ve Ek Tablo 1). Buna göre, bazik dayktan alınan A17a örneğindeki sıcaklık, kristalin merkezinden kenarına doğru genel olarak artarken (Şekil 3.33a), Borçka bazaltına ait A24 örneğinde azalmaktadır (Şekil 3.33b). Ancak her iki kayaç türünde de sıcaklık değişimi doğrusal olmayıp salınımlıdır. Her iki örnek için Mg, Ca ve Fe⁺² değerlerine bakarsak, A17a örneğinde kenardan merkeze doğru Mg içeriği artmakta (0.73-0.92), Ca sabit kalırken (0.88-0.89), Fe⁺² değeri azalmaktadır (0.28-0.11). A24 örneğinde ise kenardan merkeze doğru Mg (0.82-0.94) ve Ca (0.80-0.92) değerleri artarken Fe⁺² (0.34-0.12) değeri azalmaktadır.



Şekil 3.33. Borçka yöresi Tersiyer volkanitlerdeki zonlu iki klinopiroksenin zonlanma-sıcaklık değişimi, a) Bazik dayklardaki bazalt örneğindeki (A79a) klinopiroksenin zonlanma-sıcaklık ilişkisi, b) Borçka bazaltı içindeki bazalt örneğindeki (A24) klinopiroksenin zonlanma-sıcaklık ilişkisi (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

3.4.2. Jeobarometre Hesaplamaları

Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer yaşlı volkanik kayaçları üzerinde hornblend ve klinopiroksen jeobarometresi hesaplamaları yapılmış ve bu bölümde özetlenmiştir.

3.4.2.1. Hornblend Jeobarometresi

Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerini oluşturan kayaçlardaki jeobarometre hesaplamaları için hornblend minerali içerisindeki toplam alüminyum (Al^T) esas alınmıştır.

Raase (1974), hornblend içerisindeki Al^{IV} (% atom) ve Si (% atom) esas almış, düşük ve yüksek basınçlar için hornblend jeobarometresi önermiştir. İncelenen Borçka (Artvin) yöresindeki Tersiyer volkanitlerini oluşturan kayalarındaki hornblend minerallerine ait analiz değerleri Şekil 3.34'deki diyagrama aktarılmıştır. Düşük Al^{IV} ve Si değerlerine sahip hornblendlerin, düşük basınç ortamını karakterize eden alana düştükleri görülmektedir (Şekil 3.34).

Hammarstrom ve Zen (1986); kalk-alkalen karakterli plütonların (1.5-3 kbar ve 7-10 kbar aralığında) tahmini kristallenme basıncı ile hornblend (23 oksijene göre hesaplanmış) mineralinin Al^T içeriği arasında bir bağıntı önermiştir. Buna göre basınç (P), aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$P(\pm 3 \text{ kbar}) = -3.92 + 5.03 * Al^T \quad (3.4)$$

Elde edilen sonuçlara göre; Civanköy Üyesi'ni oluşturan andezitik bileşimli çakılların tahmini oluşumu sırasındaki basınç değerleri mineral kenarında 4.4-9.4±3 kbar arasında iken, merkezde 4.8-7.4±3 kbar arasında değişmektedir. Borçka Bazaltını oluşturan bazaltların tahmini oluşum sırasındaki basınç değerleri mineral kenarında 1.6-10.3±3 kbar arasında iken, merkezde 6.8-9.4±3 kbar arasında değişmektedir. (Ek Tablo 8).

Hollister vd. (1987); jeobarometre hesaplamalarında hornblend minerali içerisindeki Al^T 'u esas almışlardır. Buna göre basınç denklemi aşağıdaki gibidir.

$$P(\pm 1 \text{ kbar}) = -4.76 + 5.64 * Al^T \quad (3.5)$$

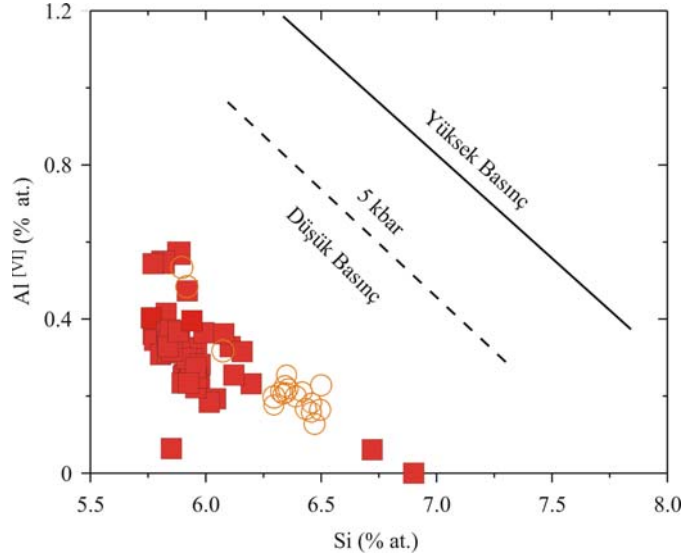
Civanköy üyesi içindeki andezit çakılların tahmini oluşumu sırasındaki basınç değerleri mineral kenarında 4.6-10.1±1 kbar arasında iken, merkezde 5.0-7.9±1 kbar arasında değişmektedir. Borçka Bazaltı içindeki bazaltların tahmini oluşum sırasındaki basınç değerleri mineral kenarında 1.4-10.9±1 kbar arasında iken, merkezde 7.3-10.4±1 kbar arasında değişmektedir (Ek Tablo 8).

Johnson ve Rutherford (1989); hornblend içindeki Al 'yi esas almışlardır. Buna göre basınç denklemi aşağıdaki gibidir.

$$P(\pm 0.5 \text{ kbar}) = -3.46 + 4.23 * Al^T \quad (3.6)$$

Civanköy Üyesi içindeki andezit bileşimli çakılların tahmini oluşumu sırasındaki basınç değerleri mineral kenarında 3.5-7.7±0.5 kbar arasında iken, merkezde 3.9-6.0±0.5

kbar arasında değişmektedir. Borçka Bazaltı içindeki bazaltların tahmini oluşum sırasındaki basınç değerleri mineral kenarında $1.2-8.3 \pm 0.5$ kbar arasında iken, merkezde $5.6-7.9 \pm 0.5$ kbar arasında değişmektedir (Ek Tablo 8).



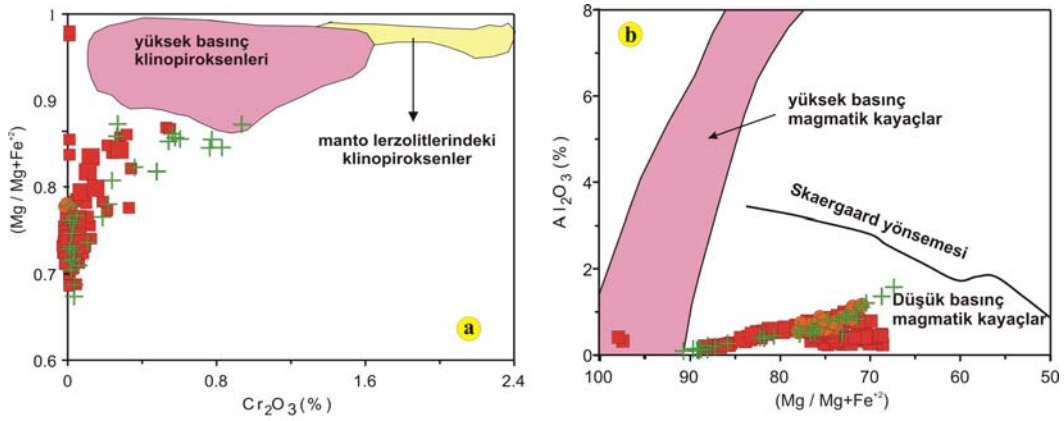
Şekil 3.34. Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanitlerini oluşturan kayalardaki hornblendlere ait $Al^{[VI]}$ (% at.) ve Si (% at.) jeobarometresi (Alanlar, Raase (1974)'e göre) (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

3.4.2.2. Klinopiroksen Jeobarometresi

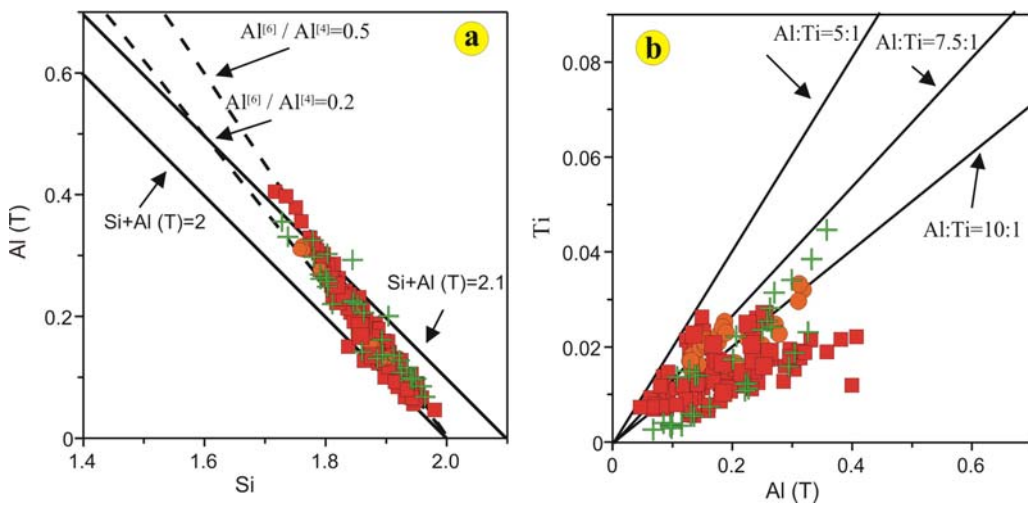
Borçka (Artvin) yöresinde yüzeyleme veren Tersiyer yaşlı volkanik kayalardaki klinopiroksenleri, hem Simonetti vd. (1996) tarafından oluşturulan Cr_2O_3 - $Mg^{\#}$ (%), (Şekil 3.35a) hem de DeBari ve Coleman (1989) tarafından oluşturulan $Mg^{\#}$ - Al_2O_3 (%) (Şekil 3.35b) diyagramlarında düşük basınçlar altında oluşan magmatik kayalardaki klinopiroksenlerin bileşimlerini yansıtmaktadırlar.

Borçka yöresi volkanik kayalarındaki klinopiroksen bileşimlerinde Si ve Al(T) toplamı 2 ile 2.1 arasında olup, klinopiroksenlerin çoğu $Al^{[6]} / Al^{[4]} = 0.2$ çizgisinin etrafında kümeleşmişlerdir (Şekil 3.36a). Klinopiroksenlerde Al ve Ti yer değiştirmesi Al (T)'a karşı Si (Şekil 3.36a) ve Ti'e karşı Al (T) (Şekil 3.36b) ilişkilerinde görüldüğü gibi önemli özelliklerden biridir. Piroksenlerdeki $Al^{[6]}$ içeriği basınç göstergesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmakta olup (Simonetti vd., 1996), bu içeriğin düşük olması (< 1 , kationik değer) sığ derinliklerdeki kristallenmeyi ve dolayısıyla düşük basınç şartlarını yansıtmaktadır (Aydın, 2003).

Ayrıca, incelenen kayaların oluşumuna kaynaklık eden magmanın hangi basınç altında yükseldiğini belirlemek için Thompson (1977)'nin önerdiği piroksen jeobarometresi kullanılmıştır (Şekil 3.37. Ek Tablo 9). Thompson (1977), magmalardaki yüksek kristallenme basıncının, klinopiroksenin yüksek Al^T içeriği ile açıklamıştır. Böylece, klinopiroksendeki Al^T ve Ti içeriklerine dayanarak, klinopiroksenin kristallenme basıncını tahmin edilmesine yardımcı olur.

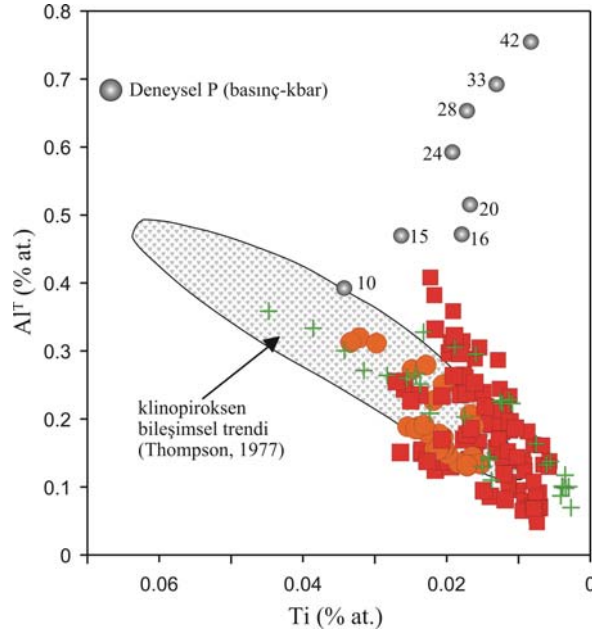


Şekil 3.35. Borçka yöresi Tersiyer volkanitlerine ait klinopiroksenlerin (a) Cr_2O_3 - $Mg^{\#}$ (%) ve (b) $Mg^{\#}$ - Al_2O_3 (%) diyagramları (yüksek basınç klinopiroksen alanı Simonetti vd. (1996), manto lerzolitlerindeki klinopiroksen alanı Cohen vd. (1984) ve Dawson (1987) den, yüksek basınç magmatik kayalar alanı ise DeBari ve Coleman (1989) dan alınmıştır) (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir).



Şekil 3.36. Borçka yöresi volkanitlerine ait kayalardaki klinopiroksenlerin (a) $Al(T)$ - Si , (b) Ti - $Al(T)$ değişimleri (semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

Kayaçlardaki klinopiroksenlerin sahip olduğu düşük Al^T ve Ti içerikleri Thompson, (1977)'ye göre bu minerallerin daha düşük bir basınçta kristallendiğini ifade etmekte olup, bu değer yaklaşık 10 kbar'ın altındadır (Şekil 3.37).



Şekil 3.37. Borçka yöresi volkanitlerindeki klinopiroksenlerin içerdiği Ti (% atom) karşı Al (% atom) diyagramı (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

Klinopiroksenler basınç şartlarındaki küçük değişimlerden etkilendikleri için buldukları kayaçların oluşum şartlarını belirlemede kullanılabilecekleri belirtilmiştir (Aydın, 2003). Nimis (1995) klinopiroksenlerin kimyasal bileşimlerinden onların oluşum koşullarındaki basınç ve sıcaklığını tahmin etmek için bir yaklaşım önerilmiştir. Bu yaklaşım için, 0-24 kbar (+/- 2 kbar) basınç aralığında ve granat içermeyen bazaltik bir magmadan kristallenen C2/c klinopiroksenlerine (diyopsit, ojit vs.) uygulanması gerektiği şartı ifade edilmiştir (Aydın, 2003). Buna göre, klinopiroksenler için basınç hesabı Dal Negro vd. (1982) ve Nimis (1995)'e göre yapılmıştır. Nimis (1995) tarafından önerilen ampirik formül şu şekildedir.

$$P(\text{kbar}) = 698.443 + 4.985 \cdot Al^T - 26.826 \cdot (Fe^{+2}_{M1}) - 3.764 \cdot Fe^{+3} + 53.989 \cdot (Al_{M1}) + 3.948 \cdot Ti + 14.651 \cdot Cr - 700.431 \cdot Ca - 666.629 \cdot Na - 682.848 \cdot (Mg_{M2}) -$$

$$691.138*(Fe^{+2}_{M2}) - 688.384*Mn - 6.267* (Mg_{M2})^2 - 4.144*(Fe^{+2}_{M2})^2$$

.....(3.7)

Formülü kullanabilmek için M1 ve M2 odacıklarına giren Mg ve Fe⁺² değerlerinin belirlenmesi gerekir. Bu değerleri belirlemek için Dal Negro vd. (1982)'nin önerdiği dağılım katsayısı (Kd) ile klinopiroksenlerde kristal içi dağılım katsayısı belirlenir (Aydın, 2003).

$$Kd = (XFe^{+2}_{M1})(XMg_{M2})/(XFe^{+2}_{M2})(XMg_{M1}) \quad X: \text{atomik oran}$$

$$= \ln (0.238*R^{+3} + 0.298*CNM - 2.315) \quad (3.8)$$

$$(R^{+3}) = Al_{M1} + Fe^{+3} + Ti + Cr \quad (3.9)$$

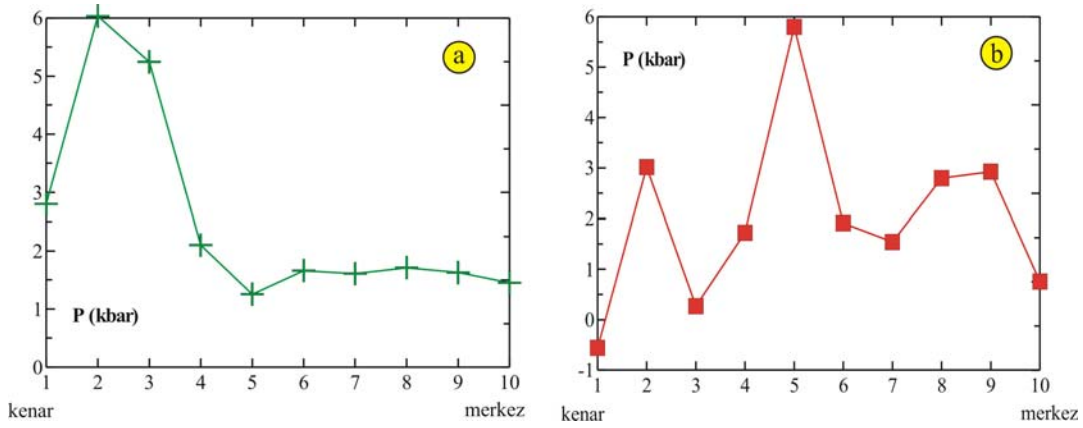
$$CNM = Ca + Na + Mn \quad (3.10)$$

Kd'nin hesaplanmasında kullanılan ve sırasıyla verilen (R⁺³) ve CNM değerleri bulunurken, klinopiroksen minerallerine ait katyon değerleri kullanılmıştır. Borçka yöresi Kabaköy Formasyonu'nu oluşturan volkanik kayaların, Nimis (1995)'in önerdiği jeobarometreye göre hesaplanan kristallenme basınçları Ek Tablo 10'da ayrıntılı olarak verilmiştir.

İncelenen volkanik kayalardaki klinopiroksenlerden elde edilen kristallenme basınç (P-kbar) değişimleri; bazik dayklara ait bazalt örneklerinde kristallenme basınç değerleri klinopiroksenlerin merkez kısımlarında 1.61-4.06 kbar iken, kenarda ise negatiftir. Borçka Bazaltını oluşturan bazaltlarda ise klinopiroksenlerin merkezindeki basınç değeri 0.49-5.03 kbar iken, kenarda ise negatif değerdedir. Aynı birim içindeki bazaltikandezitlerde ise merkezde 0.06-7.20 kbar iken, kenarda 0.15-6.47 kbar arasında değişmektedir. Civanköy üyesi içindeki bazaltik volkanik breş örneklerindeki klinopiroksen basınç değerleri merkez kısımda 0.12-3.10 kbar iken, kenarda 0.49-3.79 kbar arasında değişmektedir. (Ek Tablo 10).

Aydın, (2003)'e göre, bazı klinopiroksenlerde hesaplanan negatif basınç değerleri, püskürme sürecinde kristal yapısında meydana gelen kimyasal değişimden kaynaklanabilir. Nimis (1995)'e göre basınç değerlerinin sıfıra yakın olması hatta negatif çıkması sığ magma odalarındaki kristallenmenin bir sonucu olabileceği gibi negatif değerler basınç fomüllerindeki Mg ve Fe⁺² element miktarlarının doğru olarak belirlenememesinden kaynaklanabilir. Ayrıca Borçka bazaltı içindeki A24 nolu örnekten alınan klinopiroksenin kenarından merkezlerine doğru basınç değişimi incelendiğinde

(Şekil 3.38b ve Ek Tablo 11), genel olarak basıncın artış ve azalış gösterdiği (özellikle kimyasal olarak zonlanma gösteren kısımlarda) görülmüştür (Şekil 3.38b). Yani basınç değişimi doğrusal olmayıp salınımlıdır. Bu tür değişimler bir çok araştırmacıya göre (Deer vd., 1992; Sazonova ve Nosova, 1999; Aydın, 2003), sadece ana magma bileşimiyle yada magma karışımıyla alakalı değil, aynı zamanda ergiyiğin bileşimi, sıcaklığı, basıncı ve soğumasıyla da ilişkilidir. Özellikle bazı bazaltlardaki (A79a) klinopiroksenlerin merkezinden (1.45 kbar), kenarına doğru (2.80 kbar) görülen basınç artışı, kristallenme basıncının değişirmesinden kaynaklanmış olabilir (Ek Tablo 11 ve Şekil 38a).



Şekil 3.38. Borçka yöresi Kabaköy Formasyonu oluşturan bazik dayk ve Borçka bazaltı içindeki zonlu klinopiroksenin zonlanma-basınç değişimi, a) Bazik dayka ait bazalt örneğindeki (A79a) klinopiroksenin zonlanma-basınç ilişkisi, b) Borçka bazaltına bazaltikandezit örneğindeki (A24) klinopiroksenin zonlanma-basınç ilişkisi (Semboller Şekil 3.31'deki gibidir)

Sonuç olarak, Borçka yöresi Kabaköy Formasyonunu oluşturan kayaç topluluklarının kristallenme koşullarını (T ve P bakımından) saptamak için plajiyoklas, hornblend ve klinopiroksen mineralleri kullanılmıştır. Burada klinopiroksenlerin kimyasal bileşimlerinden yola çıkılarak onların oluşum koşulları hakkında yapılan tahminler daha iyi sonuç vermiştir. Hornblend jeobarometresi hesaplamaları sonucu yüksek basınç değerleri elde edilmiştir. Klinopiroksen jeobarometre hesaplamaları sonucunda çıkan negatif değerler Nimis (1995) tarafından sıg magma odasındaki kristallenmenin bir sonucu olarak gösterilmektedir. Klinopiroksenlerden hesaplanan basınç değerlerinden yola çıkılarak bunların kristallenme derinlikleri bulunabilir. Normal koşullar altında litostatik basınç kilometrede yaklaşık 30 Mpa=0.3 kbar artacağı kabul edilirse, buradan 1 km \approx 0.3

kbarlık bir artış olacağı hesaplanabilir. Bazik dayklardaki klinopiroksenlerin kristal merkezinden elde edilen basınç değerlerine göre ortalama kristallenme derinliği 5.3-13.3 km'dir. Borçka Bazaltı içindeki klinopiroksenlerden elde edilen basınç değerlerine göre hesaplanan ortalama kristallenme derinliği 17-24 km'dir. Ayrıca, Civanköy üyesi içindeki bazaltik volkanik breşlerdeki klinopiroksenlerden hesaplanan ortalama kristallenme derinliği merkezde 10-13 km gibi bir derinliktir.

3.5. Jeokimya

3.5.1. Giriş

Bu başlık altında, Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer yaşlı volkanik kayaların ana, iz ve nadir toprak elementlerinin jeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ile volkanik kayaların jeokimyasal özellikleri, bu kayaları oluşturan magmanın doğası, kökensel ve jeotektonik ortamları yorumlanmaya çalışılmıştır. Ana element analizlerinde, toplam demir $Fe_2O_3^*$ cinsinden verilmiştir. Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayrımı Middlemost (1989)'a göre yapılmıştır. Bu ayrım sonucunda Le Maitre vd. (1989)'nin toplam alkali-silika diyagramı kullanılmıştır. Örneklerin uçucu içeriği ateşte kayıp (AK) olarak tespit edilmiştir. Ateşte kayıp oranları yüksek olması nedeniyle, kimyasal analizler değerlendirilmeden önce, ana oksit değerleri yeniden %100 tamamlanmıştır.

Borçka yöresinde yüzeyleme veren Borçka Volkanitleri'ni oluşturan Bazik Dayklar'dan 6, Borçka Bazaltı'ndan 16, Civanköy Üyesi'nden 15 tane taze örnek seçilmiş ve bu analiz sonuçları Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de verilmiştir.

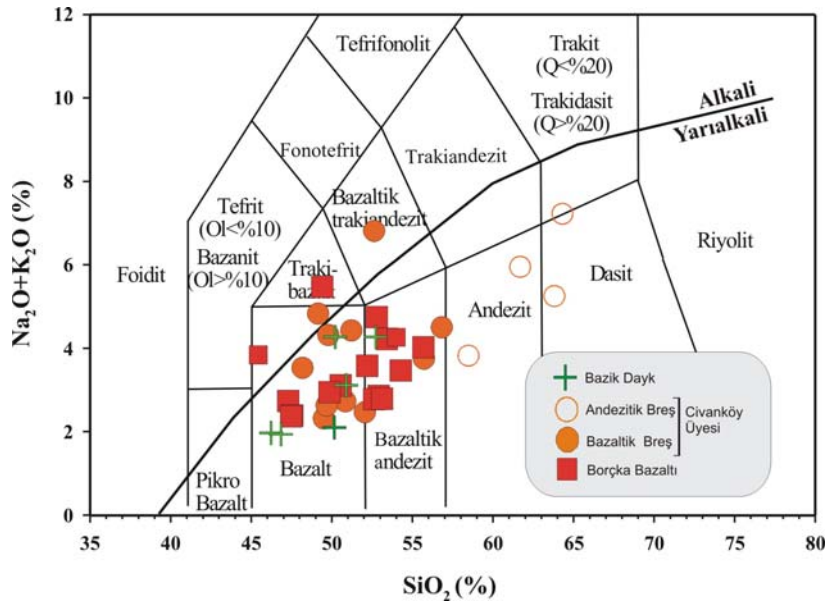
3.5.2. Volkanik Kayaların Kimyasal Sınıflandırılması

Volkanik kayaların kimyasal adlandırılması için birçok araştırmacı tarafından değişik sınıflama diyagramları önerilmiştir. Bunlardan yararlanılarak Borçka (Artvin) yöresinde yüzeyleme veren Tersiyer yaşlı volkanitlerin kimyasal sınıflandırılması ve adlandırılması yapılmıştır.

Le Maitre vd. (1989)'nin SiO_2 'ye karşı Na_2O+K_2O (TAS) diyagramına göre; bazik dayk örnekleri bazalt ve bazaltik andezit bileşiminde, Borçka Bazaltı'nı oluşturan kayalar

bazalt, bazaltik andezit ve trakibazalt bileşimindeyken, Civanköy üyesini oluşturan kayalarında bazalt, bazaltik andezit, andezit, dasit ve bir örneğinde bazaltik trakiandezit bileşiminde olduğu görülmektedir (Şekil 3.39).

Ayrıca, yine bu diyagram (Şekil 3.39) üzerinde Irvine ve Baragar (1971)'in alkali-yarıalkali ayırımına göre incelenen volkanitlerin tamamına yakını yarıalkali özelliğe sahiptir.

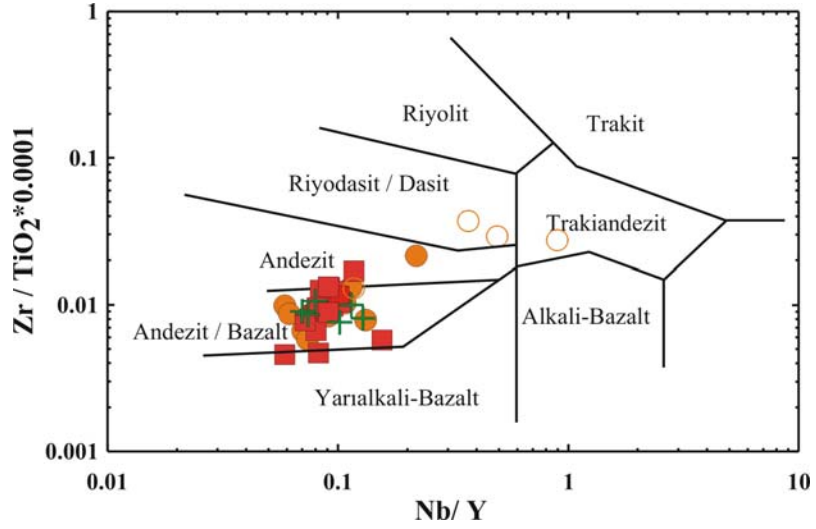


Şekil 3.39. Borçka (Artvin) yöresindeki volkanik kayaların SiO_2 'ye karşı $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (TAS) diyagramı (Le Maitre vd., 1989). Alkali-yarıalkali eğrisi (Irvine ve Baragar, 1971)

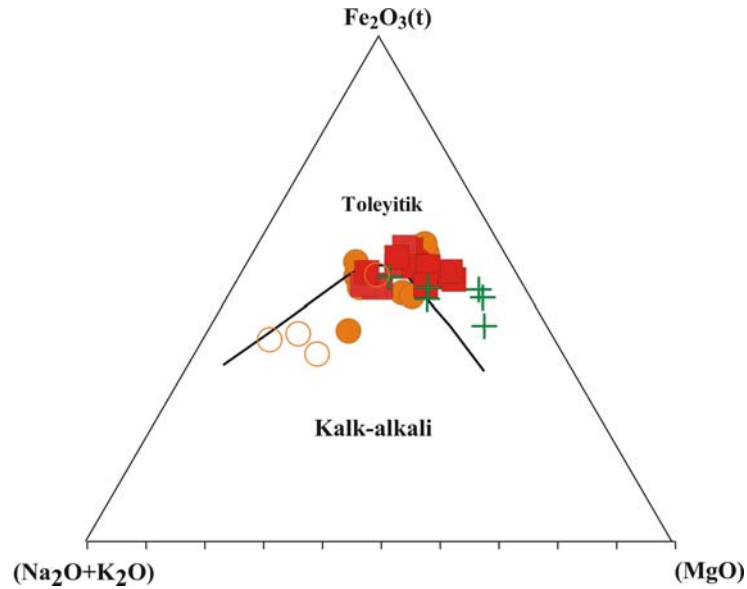
TAS diyagramında kullanılan Na_2O ve K_2O gibi elementler alterasyondan dolayı kayaç içinde zenginleşme veya fakirleşme gösterebilmektedir. Bu nedenle volkanik kayaçların sınıflandırmasında ayrışma esnasında hareketsiz veya daha az hareketli olarak kabul edilen Ti, Zr ve Y gibi (Barrett ve MacLean, 1991) elementlerin kullanıldığı diyagramlar tercih edilmiştir. Winchester ve Floyd (1976)'un Nb/Y 'ye karşı $\text{Zr}/\text{TiO}_2 \cdot 0.0001$ kimyasal adlandırma diyagramında bazık dayk örnekleri andezit/bazalt alanına, Borçka bazaltı örnekleri andezit/bazalt alanına ve Civanköy üyesine ait bazaltik breş çakılları andezit/bazalt ve andezit alanına düşerken, andezitik breş çakılları andezit, riyodasit/dasit ve trakiandezit alanlarına düşmektedir (Şekil 3.40).

SiO_2 'ye karşı toplam alkali (TAS) diyagramında da görüldüğü gibi yarı alkali karaktere sahip volkanik kayaçların afinitelerini belirlemek için Irvine ve Baragar

(1971)'in AFM üçgen diyagramı kullanılmıştır. Genel olarak; Borçka (Artvin) yöresi volkanitleri toleyitik-kalkalkali geçişinde yer almaktadır (Şekil 3.41).



Şekil 3.40. Borçka (Artvin) yöresindeki volkanik kayaçların Nb/Y'ye karşı Zr/TiO₂*0.0001 diyagramı (Winchester ve Floyd, 1976; semboller Şekil 3.39'deki gibidir)



Şekil 3.41. Borçka (Artvin) yöresindeki volkanik kayaçlarının AFM üçgen diyagramı. Toleyitik-kalk-alkali ayırım eğrisi Irvine ve Baragar (1971)' göre (semboller Şekil 3.39'deki gibidir)

Tablo 3.1. Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanik kayaların tüm kayaç ana (%) ve iz (ppm) kimyasal analizleri ve CIPW normatif bileşimi

Örnek No.	Bazik Dayk						Borçka Bazaltı					
	A17A	A79A	A101	A81	A100	A47	A113	A15	A16	A109	A25	*T (%)
SiO ₂	43,47	43,93	46,89	47,49	48,39	50,99	41,63	51,08	45,67	45,87	46,11	0,36
TiO ₂	0,71	0,71	0,66	0,80	0,65	0,63	0,71	0,59	0,75	0,79	0,74	1,57
Al ₂ O ₃	15,74	15,46	16,93	16,14	18,32	18,33	17,48	20,26	17,41	18,09	18,15	1,48
Fe ₂ O ₃ *	10,71	10,91	7,90	10,84	8,89	9,67	10,40	7,47	10,96	10,61	10,31	1,72
MnO	0,19	0,18	0,14	0,17	0,18	0,20	0,16	0,10	0,19	0,17	0,18	0,00
MgO	9,45	9,04	8,34	7,53	5,75	4,63	6,61	3,09	7,30	6,94	7,21	0,96
CaO	11,75	11,53	10,54	7,49	9,93	7,98	11,04	7,83	11,65	11,80	11,94	0,97
Na ₂ O	1,75	1,72	1,58	3,99	2,61	3,68	2,15	3,31	1,91	1,78	1,72	1,43
K ₂ O	0,10	0,10	0,38	0,05	0,35	0,45	1,38	0,72	0,73	0,51	0,60	2,14
P ₂ O ₅	0,18	0,19	0,08	0,13	0,09	0,15	0,13	0,13	0,09	0,09	0,08	0,00
A.K.	5,60	5,80	6,20	5,10	4,60	3,00	8,00	5,20	3,10	3,00	2,70	—
Toplam	99,71	99,65	99,73	99,7	99,75	99,72	99,72	99,81	99,73	99,69	99,74	
Ni	83,2	74,6	61,5	47,4	13,8	4,80	23,4	1,50	19,3	16,8	17,0	—
Sc	53,0	50,0	39,0	164,8	28,0	27,0	46,0	18,0	44,0	48,0	48,0	3,76
Ba	87,0	81,0	121	35,0	179	475	149	214	357	310	330	2,55
Co	44,0	46,0	31,2	39,2	27,8	23,1	36,7	17,7	33,8	34,6	33,6	2,88
Cs	0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,2	0,1	2,9	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	—
Ga	14,4	16,0	13,8	16,3	17,2	15,6	13,0	16,4	14,4	14,8	14,9	8,27
Hf	0,90	0,80	1,20	1,20	1,40	0,80	0,60	1,60	0,80	0,90	0,70	12,9
Nb	1,40	1,40	1,10	1,60	1,30	1,00	0,70	1,50	0,90	0,70	1,80	12,9
Rb	0,90	1,30	7,30	0,60	6,00	5,70	28,40	9,60	9,70	5,60	6,30	4,47
Sr	389	415	198	457	311	611	488	334	379	346	350	6,50
Ta	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,00
Th	2,20	2,50	0,60	0,50	0,60	1,40	0,80	0,80	1,00	0,50	0,70	44,4
U	0,60	0,70	0,20	0,30	0,20	0,50	0,20	0,30	0,40	0,20	0,20	0,00
V	372	389	256	296	234	249	330	180	349	358	339	3,12
Zr	35,7	32,6	37,7	38	42,5	32,7	20,9	44,8	30,5	22,1	25,7	0,58
Y	10,9	11,3	15,7	15,7	16,3	13,5	8,5	15,5	11,2	11,9	11,6	2,93
Cu	79,1	73,8	68,2	34,6	47,1	17,7	70,7	36,1	77,6	72,4	70,9	—
Pb	2,20	163	0,90	5,40	2,70	3,40	2,10	1,70	3,20	3,20	2,70	—
Zn	56,0	133,0	43,0	63,0	55,0	53,0	49,0	36,0	44,0	46,0	45,0	—
Ku	—	—	1,53	—	1,40	2,04	—	6,44	—	—	—	
An	34,80	34,17	37,98	25,98	37,24	32,17	33,97	30,64	36,77	39,86	40,03	
Ab	14,81	14,55	13,37	33,76	22,09	31,14	9,09	28,01	16,16	15,06	14,55	
Or	0,59	0,59	2,25	0,30	2,07	2,66	8,16	4,40	4,31	3,01	3,55	
Nep	—	—	—	—	—	—	4,93	—	—	—	—	
Di	17,98	17,54	11,03	8,35	9,27	5,27	16,17	6,19	16,59	14,64	15,14	
Hy	4,91	10,48	21,86	6,86	17,17	16,94	—	11,40	5,64	12,14	10,77	
Ol	14,28	9,14	—	12,10	—	—	12,47	—	10,53	4,86	6,69	
İlm	1,35	1,35	1,25	1,52	1,23	1,35	1,35	1,12	1,42	1,50	1,41	
Mt	5,10	4,74	3,44	4,71	3,87	4,20	4,52	3,55	5,22	4,61	4,90	
Ap	0,42	0,44	0,19	0,30	0,21	0,35	0,30	0,30	0,21	0,21	0,19	
Mg [#]	46,9	45,3	51,4	41,0	39,3	32,4	38,9	29,3	40,0	39,5	41,2	

Not: Fe₂O₃*. Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. A.K. (Ateşte Kayıp): Toplam uçucu içeriği. Mg[#] = 100 x MgO / (MgO + Fe₂O₃*); CIPW hesaplamalarında Fe₂O₃ / FeO oranı Le Maitre vd. (1989)'ne göre alınmıştır. *T (%): Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991).

Tablo 3.1'in devamı

Örnek No.	Borçka Bazaltı											*T (%)
	A110	A38	A73	A112	A5	A2	A1	A14	A29	A24	A111	
SiO ₂	47,09	48.7	48.8	50.2	50.7	51.2	51.2	51.4	51.6	52.6	53.4	0.36
TiO ₂	0.65	0.71	0.90	0.68	0.69	0.69	0.58	0.68	0.66	0.54	0.56	1.57
Al ₂ O ₃	18.28	19.4	17.9	18.7	17.8	18.5	18.9	18.1	18.6	17.8	18.4	1.48
Fe ₂ O ₃ *	10.19	10.5	9.48	9.98	9.02	9.79	8.37	9.33	9.20	9.06	7.96	1.72
MnO	0.22	0.18	0.18	0.20	0.15	0.30	0.18	0.18	0.23	0.19	0.19	0.00
MgO	5.77	4.93	4.94	4.38	5.51	4.47	4.00	4.54	3.96	4.23	3.12	0.96
CaO	9.40	8.42	11.16	8.55	9.67	8.94	8.52	8.33	10.03	9.03	8.29	0.97
Na ₂ O	2.62	4.52	2.74	2.81	2.46	2.39	3.71	2.89	2.29	2.64	2.89	1.43
K ₂ O	0.17	0.87	0.26	0.64	0.22	0.38	0.34	1.73	0.43	0.73	0.97	2.14
P ₂ O ₅	0.06	0.29	0.21	0.13	0.13	0.11	0.13	0.18	0.18	0.14	0.18	0.00
A.K.	5.30	1.20	3.20	3.50	3.40	3.00	3.90	2.40	2.50	2.80	3.80	—
Toplam	99.78	99.7	99.8	99.8	99.8	99.8	99.8	99.7	99.7	99.8	99.8	
Ni	5.10	4.10	10.10	3.40	14.70	4.40	5.20	6.70	3.30	8.60	5.30	—
Sc	30.0	24.0	31.0	24.0	34.0	24.0	20.0	27.0	21.0	22.0	15.0	3.76
Ba	69.0	283	256	202	276	216	254	729	336	390	453	2.55
Co	22.5	25.1	27.1	23.8	26.1	25.3	19.6	23.8	19.7	22.1	10.6	2.88
Cs	0.1	1.30	<0.1	0.60	<0.1	0.40	0.20	0.60	0.70	0.10	1.00	—
Ga	16.0	16.1	17.4	17.2	15.3	16.5	16.1	15.8	17.2	16.5	16.1	8.27
Hf	0.90	1.40	1.70	1.10	1.40	1.40	1.80	1.70	1.20	1.10	1.20	12.9
Nb	0.90	1.60	2.10	1.40	1.40	1.40	1.90	1.50	1.30	1.20	1.40	12.9
Rb	2.50	18.9	1.30	13.1	2.00	6.60	5.80	31.1	8.90	15.5	20.1	4.47
Sr	272	525	477	302	471	282	402	502	521	467	481	6.50
Ta	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.00
Th	0.40	2.10	1.80	0.60	1.50	0.50	1.10	2.00	1.10	1.10	1.10	44.4
U	0.20	0.50	0.60	0.20	0.60	0.20	0.40	0.80	0.50	0.50	0.50	0.00
V	260	254	292	255	302	253	205	276	220	209	146	3.12
Zr	31.6	44.4	62.8	37.1	41.5	38.7	59.7	53.9	38.4	41.5	45.3	0.58
Y	12.5	15.6	20.8	15.4	14.7	15.4	16.2	16.3	16.0	14.3	15.4	2.93
Cu	38.8	14.8	121.1	25.9	62.9	28.1	35.2	63.8	23.3	36.4	14.3	—
Pb	1.20	3.60	5.00	1.10	3.70	1.40	3.60	6.30	1.50	5.40	8.80	—
Zn	50.0	48.0	45.0	31.0	50.0	58.0	58.0	46.0	42.0	64.0	39.0	—
<i>Ku</i>	0.57	—	2.22	4.27	5.53	7.26	2.61	1.87	8.29	7.90	9.22	
<i>An</i>	37.62	30.05	31.68	36.47	36.77	38.66	33.91	31.33	39.23	34.43	34.23	
<i>Ab</i>	22.17	32.17	23.19	23.78	20.82	20.22	31.39	24.45	19.38	22.34	24.45	
<i>Or</i>	1.00	5.14	1.54	3.78	1.30	2.25	2.01	10.22	2.54	4.31	5.73	
<i>Nep</i>	—	3.29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Di</i>	7.02	8.04	18.2	4.18	8.43	4.09	6.16	7.20	7.68	7.73	4.71	
<i>Hy</i>	19.55	—	11.7	17.2	17.7	18.3	14.6	16.3	13.8	14.1	12.1	
<i>Ol</i>	—	12.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>İlm</i>	1.23	1.35	1.71	1.29	1.31	1.31	1.10	1.29	1.25	1.44	1.06	
<i>Mt</i>	4.44	4.58	4.51	4.34	4.29	4.65	3.99	4.44	4.00	3.94	3.47	
<i>Ap</i>	0.14	0.67	0.49	0.30	0.30	0.25	0.30	0.42	0.42	0.32	0.42	
Mg[#]	36.2	31.9	34.3	30.5	37.9	31.3	32.3	32.7	30.1	31.8	28.2	

Not: Fe₂O₃*. Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. A.K. (Ateşte Kayıp): Toplam uçucu içeriği. Mg[#] = 100 x MgO / (MgO + Fe₂O₃*); CIPW hesaplamalarında Fe₂O₃ / FeO oranı Le Maitre vd. (1989)'ne göre alınmıştır. *T (%): Tekrarlanabilirlik. Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy. 1991).

Tablo 3.1'in devamı

Örnek No.	Civanköy Üyesi															
	Bazaltik Breş							Andezitik Breş				Tüf				
	A61	A17B	A45a	A32	A70	A79	A74	A33A	A71	A44	A64	A26	A67	A67B	A67A	*T (%)
SiO ₂	43.3	46.2	46.7	49.5	50.6	53.4	53.9	56.2	58.1	61.8	62.9	49.1	47.2	47.3	47.7	0.36
TiO ₂	0.72	0.76	0.74	0.72	0.67	0.59	0.64	0.53	0.57	0.42	0.44	0.63	0.64	0.60	0.76	1.57
Al ₂ O ₃	18.1	17.5	16.7	21.1	17.5	18.4	18.0	17.4	16.4	16.1	17.1	20.0	20.8	20.4	19.8	1.48
Fe ₂ O ₃ *	10.25	10.94	10.87	7.60	8.11	8.23	8.03	7.96	5.12	5.84	5.04	8.12	9.10	8.27	8.56	1.72
MnO	0.18	0.22	0.18	0.14	0.15	0.16	0.21	0.11	0.09	0.07	0.10	0.11	0.09	0.09	0.10	0.00
MgO	5.65	6.88	5.22	3.17	4.42	4.78	2.96	3.44	2.67	1.51	1.78	4.23	4.69	3.95	2.80	0.96
CaO	8.36	6.74	10.96	10.2	7.86	6.61	6.75	6.62	5.33	3.32	5.83	9.78	10.6	9.92	11.9	0.97
Na ₂ O	2.99	4.45	1.75	3.83	4.57	3.33	3.65	3.3	3.54	5.81	3.41	2.12	2.03	2.24	3.96	1.43
K ₂ O	0.19	0.09	0.72	0.45	1.98	0.27	0.62	0.37	2.06	1.12	1.76	0.21	0.18	0.3	0.18	2.14
P ₂ O ₅	0.18	0.23	0.15	0.11	0.42	0.13	0.15	0.13	0.31	0.12	0.19	0.05	0.02	0.04	0.13	0.00
A.K.	9.80	5.70	5.80	3.10	3.40	3.90	4.90	3.80	5.60	3.80	1.30	5.40	4.50	6.70	3.90	—
Toplam	99.8	99.7	99.8	99.8	99.7	99.8	99.8	99.8	99.7	99.9	99.8	99.8	99.8	99.8	99.8	
Ni	9.30	24.60	8.30	5.20	2.70	4.40	0.30	9.30	11.3	12.6	2.80	6.90	3.60	3.50	5.40	—
Sc	28.0	35.0	36.0	24.0	16.0	21.0	11.0	21.0	11.0	14.0	9.00	21.0	22.0	19.0	25.0	3.76
Ba	219	93	418	116	890	190	323	98	775	172	533	69.0	87.0	55.0	50.0	2.55
Co	29.8	36.9	26.5	18.4	22.0	19.9	8.50	16.7	12.8	6.80	6.10	19.3	20.5	18.2	18.0	2.88
Cs	2.10	0.20	0.50	0.50	2.90	0.10	0.20	0.30	0.30	0.70	1.10	1.40	0.10	0.20	0.10	—
Ga	16.2	15.1	13.4	16.7	12.0	17.6	12.2	14.2	15.0	13.5	15.6	16.1	17.1	16.9	15.9	8.27
Hf	0.90	1.20	0.90	1.20	2.40	1.50	1.30	1.40	2.30	2.30	2.90	1.50	1.10	1.00	1.50	12.9
Nb	0.90	1.70	0.90	1.20	5.10	1.60	1.40	1.70	7.60	5.50	6.40	1.30	1.00	0.80	1.10	12.9
Rb	4.90	1.00	10	6.40	37.80	4.80	10.3	7.20	44.7	38.5	47.1	3.70	2.30	5.00	3.00	4.47
Sr	342	487	295	345	908	365	407	371	808	420	384	266	287	266	291	6.50
Ta	0.1	0.1	0.1	<0.1	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	0.50	0.40	0.30	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.00
Th	1.00	2.60	1.50	0.40	5.10	0.60	0.90	0.50	3.60	1.70	2.40	0.60	0.30	0.40	0.70	44.4
U	0.30	0.90	0.60	0.20	2.00	0.40	0.40	0.10	1.00	1.20	1.10	0.20	0.20	0.10	0.20	0.00
V	317	382	284	236	248	217	80.0	228	104	83.0	96.0	210	255	216	266	3.12
Zr	27.3	37.5	30.9	36.7	85.1	44.7	38.8	42.1	93.6	75.3	98.0	40.3	33.6	32.1	45.4	0.58
Y	12.2	12.9	12.8	13.2	23.3	14.0	15.5	14.5	8.50	11.2	17.4	12.1	13.3	13.0	18.7	2.93
Cu	59.4	88.1	61.1	124	137	41.7	1.8	64.4	34.4	35.9	13.1	38.4	44.3	50.6	39.3	—
Pb	3.50	1.80	4.20	2.40	9.10	1.80	2.60	1.50	6.30	4.80	1.60	3.40	2.10	2.00	3.70	—
Zn	65.0	64.0	51.0	67.0	63.0	62.0	44.0	55.0	53.0	31.0	21.0	62.0	53.0	49.0	60.0	—
Ku	—	—	2.21	—	—	8.99	9.22	13.3	13.5	12.6	11.9	6.28	2.50	3.57	—	
An	35.43	27.35	35.64	38.9	21.3	31.9	30.8	31.5	22.8	14.5	26.2	44.3	47.2	44.5	35.6	
Ab	25.30	36.12	14.81	32.4	33.2	28.2	30.9	27.9	30.0	49.2	28.9	17.9	17.2	19.0	27.8	
Or	1.12	0.68	4.25	2.80	11.7	1.60	3.66	2.33	12.2	6.62	10.4	1.39	1.06	1.92	1.21	
Nep	—	0.83	—	—	2.96	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Di	3.96	3.82	14.6	8.97	12.22	—	1.39	0.52	1.34	1.02	1.17	3.28	4.07	3.77	18.83	
Hy	7.97	—	15.8	4.55	0.00	18.7	13.3	15.6	10.3	8.5	21.9	16.2	17.8	15.4	3.07	
Ol	9.19	17.69	—	4.08	8.95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.74	
Ilm	1.37	1.44	1.41	1.37	1.27	1.12	1.22	1.01	1.08	0.80	0.84	1.20	1.22	1.14	1.44	
Mt	4.47	4.76	5.18	3.62	3.86	3.58	3.49	3.78	2.44	2.78	2.39	3.87	4.34	3.94	4.07	
Ap	0.42	0.53	0.35	0.25	0.97	0.30	0.35	0.30	0.72	0.28	0.44	0.12	0.05	0.09	0.30	
Mg [#]	35.5	38.6	32.4	29.4	35.3	36.7	26.9	30.2	34.3	20.5	26.1	34.3	34.0	32.3	24.6	

Not: Fe₂O₃*, Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. A.K. (Ateşte Kayıp): Toplam uçucu içeriği. Mg[#] = 100 x MgO / (MgO + Fe₂O₃*); CIPW hesaplamalarında Fe₂O₃ / FeO oranı Le Maitre vd. (1989)'ne göre alınmıştır. *T (%): Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy,1991).

Tablo 3.2. Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanik kayaların nadir toprak element (ppm) analizleri

Örnek No.	Bazik Dayk						Borçka Bazaltı																*T (%)
	A17A	A79A	A101	A81	A100	A47	A113	A15	A16	A109	A110	A25	A38	A73	A112	A5	A2	A1	A14	A29	A24	A111	
La	9,40	9,70	3,50	4,90	4,60	5,90	4,50	5,10	4,20	3,10	3,10	2,70	7,80	9,50	4,20	7,60	5,80	5,80	10,10	6,10	5,60	6,30	11,5
Ce	19,60	19,50	8,10	11,90	10,20	12,70	10,50	11,90	8,90	6,80	7,10	6,30	16,80	21,80	10,60	14,20	12,80	11,80	19,70	13,50	12,00	14,30	6,70
Pr	2,58	2,67	1,25	1,70	1,53	1,67	1,42	1,60	1,27	1,09	1,05	0,99	2,32	3,03	1,52	1,96	1,80	1,67	2,69	1,89	1,68	1,95	2,47
Nd	11,20	10,50	5,90	8,60	6,70	7,70	6,80	7,50	5,90	6,20	5,10	5,50	10,80	13,80	7,60	8,50	8,50	7,60	11,80	8,30	7,40	9,40	3,45
Sm	2,54	2,69	1,79	2,18	2,02	1,89	1,67	1,95	1,54	1,58	1,46	1,48	2,59	3,36	2,05	2,08	2,03	1,96	2,83	2,26	1,98	2,37	3,47
Eu	0,85	0,88	0,67	0,75	0,77	0,73	0,63	0,77	0,64	0,63	0,64	0,61	0,90	1,15	0,79	0,78	0,79	0,76	0,96	0,91	0,79	0,92	4,39
Gd	2,49	2,47	2,38	2,47	2,49	2,06	1,74	2,46	1,89	2,05	1,89	1,79	2,67	3,62	2,44	2,43	2,39	2,33	3,00	2,56	2,13	2,56	3,12
Tb	0,39	0,39	0,43	0,43	0,45	0,38	0,29	0,43	0,33	0,37	0,36	0,32	0,49	0,60	0,43	0,42	0,43	0,43	0,48	0,50	0,42	0,43	2,48
Dy	2,11	2,20	2,70	2,72	2,64	2,28	1,47	2,60	1,98	2,22	2,07	1,96	2,71	3,48	2,51	2,52	2,51	2,64	2,75	2,68	2,55	2,41	4,49
Ho	0,40	0,37	0,58	0,55	0,58	0,49	0,30	0,58	0,42	0,46	0,43	0,44	0,61	0,73	0,53	0,53	0,54	0,57	0,57	0,66	0,54	0,55	4,24
Er	1,13	1,13	1,67	1,65	1,71	1,47	0,97	1,71	1,18	1,32	1,39	1,23	1,66	2,16	1,69	1,62	1,71	1,74	1,77	1,68	1,63	1,63	3,91
Tm	0,18	0,20	0,29	0,28	0,29	0,24	0,14	0,25	0,19	0,21	0,23	0,20	0,30	0,33	0,26	0,25	0,27	0,28	0,27	0,32	0,29	0,27	8,16
Yb	1,05	1,07	1,72	1,54	1,64	1,44	0,83	1,75	1,23	1,27	1,50	1,17	1,63	2,08	1,53	1,53	1,65	1,82	1,74	1,77	1,59	1,57	1,87
Lu	0,15	0,16	0,26	0,24	0,27	0,23	0,13	0,27	0,17	0,19	0,23	0,17	0,29	0,31	0,26	0,24	0,26	0,28	0,27	0,31	0,28	0,25	4,21
(La/Lu) _N	6,51	6,29	1,40	2,12	1,77	2,66	3,59	1,96	2,56	1,69	1,40	1,65	2,79	3,18	1,68	3,29	2,32	2,15	3,88	2,04	2,08	2,62	
(Yb) _N	4,23	4,31	6,94	6,21	6,61	5,81	3,35	7,06	4,96	5,12	6,05	4,72	6,57	8,39	6,17	6,17	6,65	7,34	7,02	7,14	6,41	6,33	
(Eu/Eu*) _N	1,02	1,03	0,99	0,98	1,05	1,13	1,12	1,07	1,15	1,07	1,18	2,86	1,04	1,00	1,08	1,06	1,09	1,09	1,00	1,15	1,17	1,14	

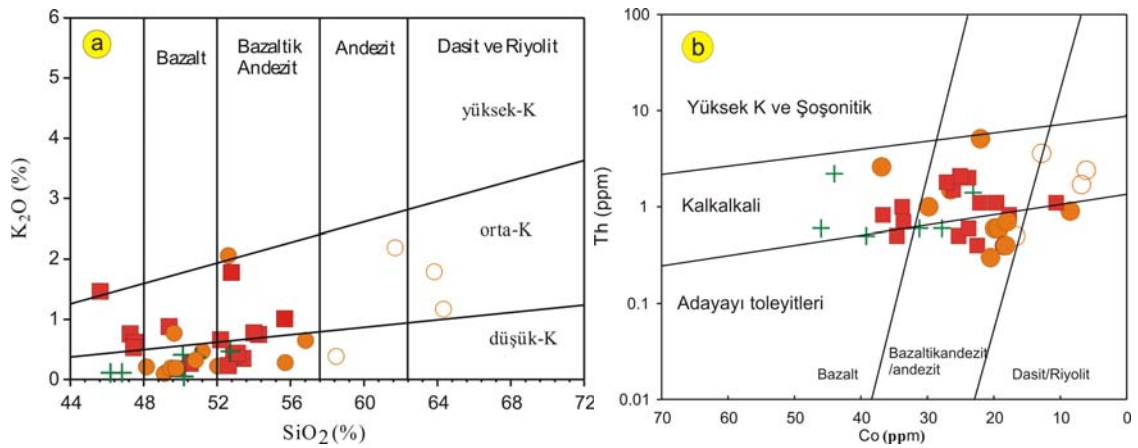
* Kondrit normalize değerleri. Boynton (1984)'dan alınmıştır. *T (%): Tekrarlanabilirlik. Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991).

Tablo 3.2'nin devamı

Civanköy Üyesi																
Örnek No.	Bazaltik Breş							Andezitik Breş				Tüf				*T (%)
	A61	A17B	A45A	A32	A70	A79	A74	A33A	A71	A44	A64	A26	A67	A67B	A67A	
La	6.10	11.10	5.60	3.70	20.20	5.10	5.70	5.30	20.90	8.40	16.20	3.60	2.30	2.70	4.80	11.5
Ce	13.40	24.40	11.40	9.50	40.60	11.30	13.30	11.70	37.30	16.00	32.50	9.00	5.80	7.20	11.20	6.70
Pr	1.81	3.11	1.63	1.34	5.22	1.52	1.83	1.49	4.27	2.26	4.01	1.28	0.95	1.06	1.58	2.47
Nd	8.50	13.40	8.30	6.00	22.40	7.00	8.30	7.20	16.30	9.50	16.10	6.40	4.70	5.30	8.40	3.45
Sm	1.96	2.99	2.11	1.90	4.83	1.88	2.20	1.72	2.72	1.91	2.97	1.71	1.60	1.69	2.23	3.47
Eu	0.75	0.96	0.80	0.73	1.47	0.71	0.95	0.65	0.86	0.57	1.01	0.67	0.66	0.67	0.84	4.39
Gd	2.12	2.83	2.55	2.22	4.68	2.15	2.41	2.04	2.20	1.76	2.93	2.10	1.99	2.09	2.72	3.12
Tb	0.39	0.44	0.37	0.39	0.72	0.39	0.47	0.36	0.31	0.28	0.48	0.37	0.39	0.38	0.51	2.48
Dy	2.15	2.37	2.85	2.35	3.94	2.61	2.73	2.22	1.69	2.28	2.65	2.14	2.38	2.35	3.09	4.49
Ho	0.47	0.49	0.50	0.52	0.79	0.48	0.61	0.51	0.30	0.44	0.55	0.48	0.52	0.54	0.73	4.24
Er	1.32	1.35	1.65	1.46	2.23	1.59	1.64	1.51	0.78	1.50	1.68	1.45	1.56	1.45	2.19	3.91
Tm	0.22	0.22	0.25	0.23	0.36	0.24	0.29	0.21	0.12	0.25	0.26	0.21	0.24	0.24	0.33	8.16
Yb	1.26	1.23	1.61	1.52	2.17	1.55	1.65	1.41	0.71	1.77	1.70	1.45	1.51	1.49	2.18	1.87
Lu	0.22	0.19	0.22	0.23	0.34	0.22	0.29	0.24	0.11	0.26	0.25	0.22	0.22	0.22	0.33	4.21
(La/Lu) _N	2.88	6.06	2.64	1.67	6.17	2.41	2.04	2.29	19.72	3.35	6.73	1.70	1.09	1.27	1.51	
(Yb) _N	5.08	4.96	6.49	6.13	8.75	6.25	6.65	5.69	2.86	7.14	6.85	5.85	6.09	6.01	8.79	
(Eu/Eu*) _N	1.12	0.99	1.05	1.08	0.93	1.08	1.26	1.06	1.04	0.93	1.04	1.08	1.13	1.09	1.04	

* Kondrit normalize değerleri, Boynton (1984)'dan alınmıştır. *T (%): Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991).

SiO₂'ye karşı K₂O ayırım diyagramında (Le Maitre vd., 1989); bazik dayk örnekleri düşük-K, Borçka bazaltına ait örnekler düşük-orta-K ve Civanköy üyesine ait örneklerde düşük-orta-K alanlarına düşmektedirler (Şekil 3.42a). Yine tropikal bölgelerde yüzeyleyen ve aşırı derecede altere olmuş volkanik kayalar için kullanılan Th-Co diyagramında (Hastie vd. 2007), Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerine ait örnekler toleyitik-kalkalkali geçişinde yer almaktadır (Şekil 3.42b).



Şekil 3.42. Borçka (Artvin) yörelerindeki volkanik kayaların (a) SiO₂ (%)'ye karşı K₂O (%) ve (b) Co karşı Th diyagramı (Le Maitre vd., 2002; Hastie vd., 2007; semboller Şekil 3.39'deki gibidir)

Bu bölümde jeokimyasal olarak adlandırılan Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin petrografik özellikleri ve adlanması ile jeokimyasal olarak adlandırılmaları Tablo 3.3'te özetlenmiştir.

3.5.3. Ana, İz ve Nadir Toprak Element Kimyası

Borçka (Artvin) yöresinde yüzeyleyen Eosen yaşlı volkanik kayaların ana ve iz element diyagramları Şekil 43 ve Şekil 44'te gösterilmiştir. SiO₂'e karşı ana ve iz element değişim diyagramlarının bazılarında düzensiz dağılımlar olmakla birlikte genellikle iyi korelasyonlar vermeleri, Eosen yaşlı volkanitlerin gelişiminde ayrılaşmanın oldukça önemli bir rol oynadığına işaret etmektedir.

Borçka yöresi volkanitlerini oluşturan kayaların bileşiminin bazalt, bazaltik andezit, bazaltik trakiandezit, trakibazalt, andezit ve dasite kadar değişen kayaç türleri olmasından

dolayı SiO_2 içerikleri yaklaşık olarak % 43-63 gibi geniş bir aralıkta değişim göstermektedir. Ana ve iz element değişim diyagramlarında Civanköy Üyesi içindeki A71 nolu örnek sipilitik bazalt olduğu için kullanılmamıştır. SiO_2 'ye karşı ana ve iz element değişim diyagramlarında; TiO_2 , Fe_2O_3^* , CaO , MgO , Sr , Co ve Ni azalarak negatif bir ilişki gösterirken, K_2O , Na_2O , Ba , Hf , Zr , Rb , Th , Nb ve Y artarak pozitif bir ilişki göstermektedir. Bu yönsemelerin dışında bazı ana oksit ve iz element içeriklerinde SiO_2 artışıyla ilk önce pozitif daha sonra negatif bir artış söz konusudur. Bu kayaların Al_2O_3 ve P_2O_5 içerikleri, SiO_2 artışıyla önce bir pozitif ilişki, daha sonra ise negatif bir ilişki göstermektedir (Şekil 3.43 ve 3.44). Borçka yöresi volkanitleri artan SiO_2 içeriğine karşılık TiO_2 ve Fe_2O_3^* içeriklerinin giderek azalması Fe-Ti oksitlerin ayrılaşmasına işaret etmektedir. SiO_2 'e karşı CaO , Fe_2O_3^* ve MgO daki negatif ilişkiler plajiyoklas ($\text{An}>50$) ve klinopiroksen fazların ana magmadan ayrılaşığına işaret etmektedir. SiO_2 'e karşı K_2O ve Na_2O diyagramlarında dağınık olmakla birlikte pozitif ilişkiler söz konusudur. Bu dağınıklık alterasyon olaylarının etkili olduğunu ve/veya pozitif ilişki bazik plajiyoklasların giderek ayrılaşığına ifade etmektedir (Şekil 3.43). SiO_2 'e karşı Ni ve Co azalması, bu elementlerin klinopiroksen yapısındaki Mg , Fe ve Al 'un yerini alması nedeniyle, klinopiroksen ayrılaşmasını desteklemektedir. SiO_2 ile Zr arasındaki pozitif ilişki manyetit ve hornblend ayrılaşmasını göstermektedir. Ba , Rb , Th ve Hf elementleri genellikle feldispatlar ve hornblendlerin bünyesine girdikleri ve ayrılaşma sırasında geç evrelerde kristallendikleri için pozitif bir ilişki göstermektedirler. Y 'un granat, amfibol ve daha az olarak da klinopiroksenlerin bünyesine dahil oldukları bilinmektedir (Fujimaki vd., 1984). Y 'un SiO_2 'nin artmasına karşın pozitif yönsemesi apatit gibi minerallerin varlığı ile açıklanabilir (Şekil 3.44).

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

Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin oluşturan örnekler Normal Tip Okyanus Ortası Sirt Bazaltlar'ına (N Tipi OOSB) ve Zenginleşmiş Tip Okyanus Ortası Sirt Bazaltlar'ına (Z Tipi OOSB) göre normalleştirilmiş olan iz element değişim diyagramlarında (Sun ve McDonough, 1989) incelenmiştir. Örneklerin, Normal Tip Okyanus Ortası Sirt Bazaltlar'ına (N Tipi OOSB) göre normalleştirilmiş olan iz element değişim diyagramında büyük iyon yarıçaplı litofil element (BİYLE; Sr , K , Rb ve Ba), Th ve Ce konsantrasyonları bakımından zenginleşme gözlenirken, yüksek çekim alanlı

elementler (YÇAE; Zr, Ti ve Y), Nb ve Ta bakımından fakirleşme izlenmektedir (Şekil 3.45). Yine örneklerin Zenginleşmiş Tip Okyanus Ortası Sırt Bazaltları'na (Z Tipi OOSB) göre normalleştirilmiş olduğu iz element dağılım diyagramında ise, N Tipi OOSB'nda olduğu gibi BİYLE elementlerde zenginleşme, diğer elementlerde ise Z Tipi OOSB'na yakın paralel bir dağılım izlenmekte olup, Nb ve Ta' da bir fakirleşme göze çarpmaktadır (Şekil 3.46). Aynı diyagramda Borçka (Artvin) volkanitleri okyanus adası bazaltlarından (OAB) daha çok kalk-alkali ve toleyitik özellikteki volkanik yay bazaltlarına (VYB) benzer dağılımlar sunmaktadırlar.

İncelenen volkanitlerin kondrite (Boynon, 1984) normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) dağılımları genel olarak birbirine benzerlik göstermektedir. Bu durum, Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerini oluşturan kayaların aynı veya benzer manto kaynağından türediklerini işaret etmektedir.

Borçka (Artvin) yöresi volkanik kayaların kondrite göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılım diyagramında (Tablo 3.2, Şekil 47d) bütün elementlerce bir zenginleşmeyle birlikte, hafif nadir toprak elementler (HNTE), ağır nadir toprak elementlere göre daha fazla zenginleşmiştir. Bazik dayklara ait örneklerin (La/Lu)_N oranı 1.4-6.5 arasında (Şekil 3.47a), Borçka Bazaltı örneklerinin (La/Lu)_N oranı 1.4-3.9 arasında (Şekil 3.47b) iken, Civanköy Üyesi'ni oluşturan bazaltik bileşimli çakılların (La/Lu)_N oranı 1.1-6.7 arasında, andezitik bileşimli çakılların (La/Lu)_N oranı 2.3-19.7 arasında değişmektedir (Şekil 3.47c).

İncelenen volkanik kayaların kondrite normalize edilmiş NTE dağılımlarında kayaların Eu değerlerinde belirgin negatif anomalinin olmaması kayaların gelişiminde plajiyoklas ayrılaşmasının fazla etkili olmadığını işaret etmektedir. Bazik daykların (Eu/Eu*)_N oranı 0.98-1.13 arasında, Borçka bazaltı örneklerinin (Eu/Eu*)_N oranı 1.00-1.18 arasında değişmekteyken, Civanköy üyesi içindeki bazaltik bileşimli breş çakılların (Eu/Eu*)_N oranı 0.93-1.26 iken, andezitik bileşimli çakılların (Eu/Eu*)_N oranı 0.93-1.06 arasında değişim göstermektedir.

Genel olarak, kayaların kondrite normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) dağılımlarında hafif nadir toprak elementlerin (HNTE), orta nadir toprak elementlere (ONTE) ve ağır nadir toprak elementlere (ANTE) göre daha fazla zenginleşmesi, nadir toprak element dağılım diyagramında konkav bir yapı sunması, volkanik kayaların gelişiminde klinopiroksen ve hornblend ayrılaşmasının etkili olduğunu göstermektedir (Fujimaki v.d., 1984). İncelenen volkanitlerin nadir toprak element diyagramında

örneklerin N-OOSB (tüketilmiş okyanus ortası bazaltı)'na göre hafif nadir toprak elementlerce zenginleştiği buna karşın ağır nadir toprak elementlerce tüketilmiş olduğu görülmektedir (Şekil 3.47).

İncelenen volkanitlerde yüksek çekim alanlı elementlere (YÇAE) göre büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (BİYLE) zenginleşme, ağır nadir toprak elementlere (ANTE) göre hafif nadir toprak elementlerce zenginleşme (HNTE) ve negatif Nb, Ta, Ti ve Zr anomalilerinin görülmesi bu volkanitlerin magmasının yitim ilişkili kıtasal yay magması özelliğinde olduğunu göstermektedir (Pearce 1983; Ringwood 1990; Stolz vd., 1990; Kelemen vd., 1990). Ayrıca iz element değişimlerinin birbirine paralellik sunması, bunların benzer kökenden türediklerini göstermektedir. BİYLE ve HNTE'ce zenginleşme dalan okyanusal litosferden ve/veya dalan litosfer üzerindeki sedimentlerden açığa çıkan akışkanların manto kaması içine girişi ile ilişkilidir (Ringwood, 1990; Hawkesworth vd., 1991).

3.5.4. Tektonik Ortam

Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin jeokimyasal diyagramlarındaki değişimlerine bakıldığında iz element değişimlerinde Nb, Ta, Zr ve Ti bakımından tüketilme, Sr, K, Ba, Rb ve HNTE bakımından bir zenginleşme görülmekte olup, bu değerler volkanitlerin magmasının bir yitim zonu ortamında geliştiğini göstermektedir (Pearce and Peate, 1995; Turner, 2005). Borçka yöresi volkanitleri, OOSB, OAB ve plaka içi bazaltlarından daha yüksek Ba/La (8-122) ve daha düşük Nb/La (0.15-0.67) oranlarıyla orojenik volkanik kayalara benzemektedirler (Sun ve McDonough, 1989).

İncelenen volkanitlerin, alterasyondan fazla etkilenmediği bilinen Ti, Zr, Sr ve Nb gibi elementlerin birbirleriyle ilişkilerine göre tektonik ortamları belirlenmeye çalışılmıştır. Nb'ye karşı Nb/Th tektonik ayırtman diyagramına göre, örnekler yay volkanitleri alanına düşmektedir (Şekil 3.48a). Ti/100-Zr-Sr/2 diyagramında (Şekil 3.48b) ise örnekler ada yayı serilerinin düşük K-toleyitleri ve kalkalkali bazalt alanlarına düşmektedirler.

Volkanik kayalar için bir başka tektonik ortam ayırtman diyagramı olan Ti-Zr diyagramında örnekler ada yayı toleyitleri ve kalkalkali bazalt alanına düşmektedirler. (Şekil 3.48c).

Tablo 3.3. Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer Volkanitlerinin Petrografik Özellikleri ve Jeokimyasal Adlanması

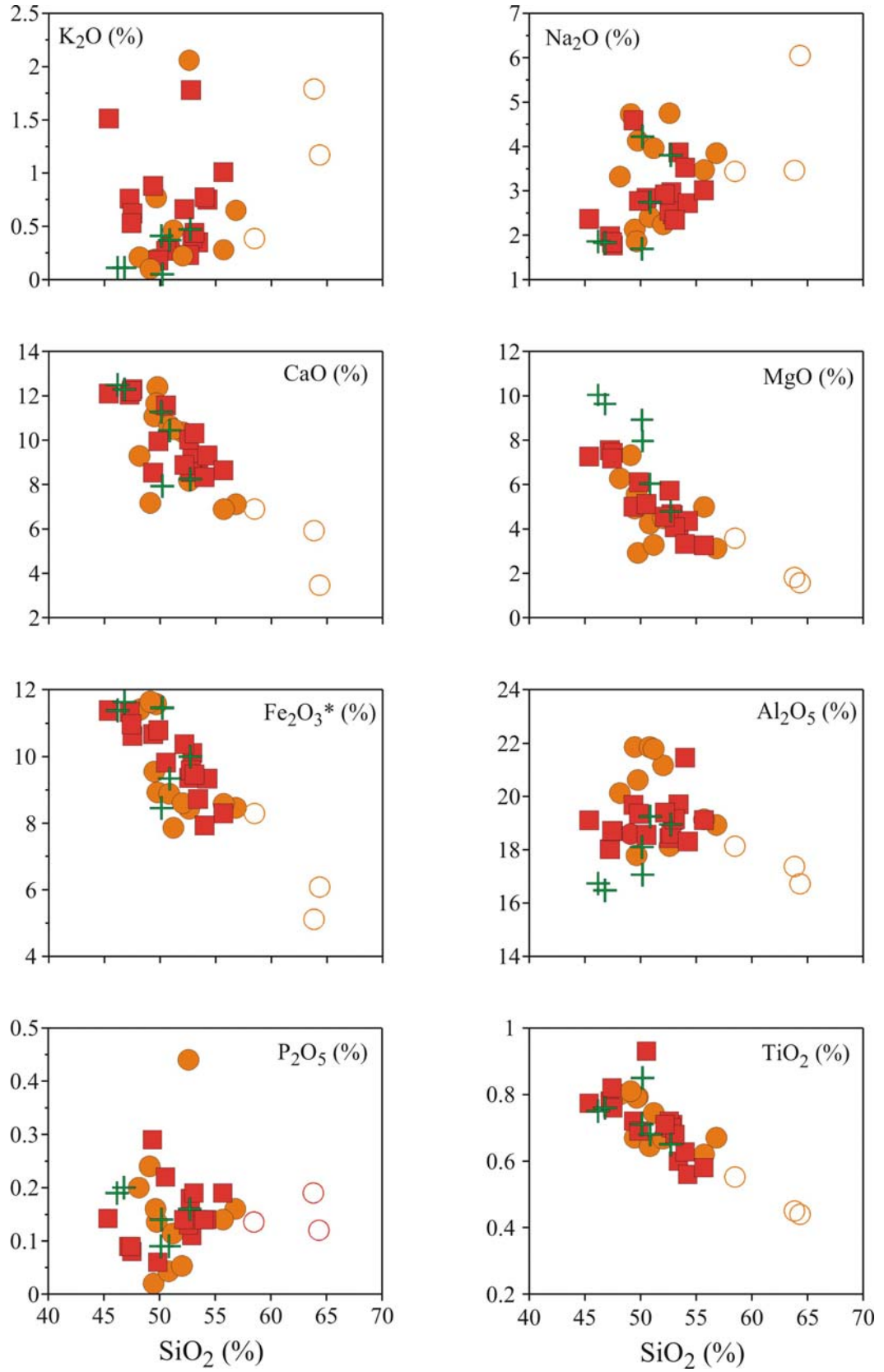
Örnek No:	Kayaç Adı	Doku	Petrografik Özellikler		Jeokimyasal Adlama	
			Mineral içeriği (%)	Hamur	TAS'a göre (Le Maitre, vd. 1989)	Nb/Y-Zr/TiO ₂ 'e göre (Winchester ve Floyd, 1976)
Bazık Dayk						
A17A	Ojitli bazalt	mikrolitik porfirik	(% 5) Kpir (Wo _{45.86-48.06} En _{37.49-45.40} Fs _{6.26-15.72}) (% 15) Pl (An ₆₅₋₈₄)	Mikrolitik plajiyoklas ve piroksen parçaları, klorit ve kalsit mineralleri, magnetit mineraller.	Bazalt	Andezit/Bazalt
A79A	Ojitli bazalt	Vesiküler, mikrolitik porfirik	(% 5) Kpir (Wo _{45.86-48.06} En _{37.49-45.40} Fs _{6.26-15.72}), (% 20) Pl (An ₆₅₋₈₄)	Plajiyoklaslar mikrolitler halinde, küçük piroksen daneleri, serizit, klorit min., magnetit mineraller	Bazalt	Andezit/Bazalt
A81	Spilitik bazalt	Mikrolitik porfirik, akma	Kpir (% 3), Pl (% 25)	Plajiyoklas mikrolitleri, küçük kpir krisitalleri, klorit, kalsit ve Fe-Ti oksit	Bazalt	Andezit/Bazalt
A47	Ojitli bazalt	Mikrolitik porfirik	Kpir (%8)	Plajiyoklas mikrolitleri, küçük kpir daneleri, Fe-Ti oksit	Bazalt	Andezit/Bazalt
A100	Bazalt	Porfirik, boşluklu	(% 3) Kpir, (% 25)Pl (An ₆₅₋₇₅)	Plajiyoklas mikrolitleri, kalsit, klorit boşluklu dolgular	Bazalt	Andezit/Bazalt
A101	Ojitli bazalt	Mikrolitik porfirik,	Kpir (% 3), (% 25)Pl (An ₇₀₋₇₅)	Plajiyoklas mikrolitleri, serizit, klorit ve kalsit	Bazalt	Andezit/Bazalt
Borçka Bazaltı						
A24	Bazalt	Mikrolitik porfirik, poikilitik	(% 8) Kpir (Wo _{37.90-49.6} En _{38.6-50.0} Fs _{1.0-18.7}) (% 15) Pl (An ₄₂₋₆₆)	Plajiyoklas mikrolitleri, klorit, kalsit ve magnetit	Bazaltik andezit	Andezit/Bazalt
A2	Bazalt	Porfirik, glomero-porfirik	(% 5) Kpir, (% 2) Amf, (% 20) Pl (An ₆₈₋₇₅)	Plajiyoklas lataları, kalsit, serizit ve Fe-Ti oksit	Bazaltik andezit	Andezit/Bazalt
A1	Amigloidal Bazalt	vesiküler	(% 5) Kpir, (% 20) Pl (An ₆₀₋₇₀)	Küçük daneler halinde kpir, klorit, kalsit ve killeşme, boşluklar klorit ile dolmuş	Bazaltik andezit	Andezit
A5	Bazalt	Porfirik, vesiküler	(% 10) Kpir, (% 15) Pl (An ₆₀₋₆₅)	Ayrışma ürünleri klorit, kalsit ve ikincil kuvars	Bazaltik andezit	Andezit/Bazalt
A14	Andezit/ Bazalt	Porfirik, glomero-porfirik	Amf (% 10), Kpir (% 5), Pl (% 20) (An ₅₅₋₇₀)	Boşluklu yer yer klorit, kalsit, Fe-Ti oksit	Bazaltik andezit	Andezit

Tablo 3.3'ün devamı

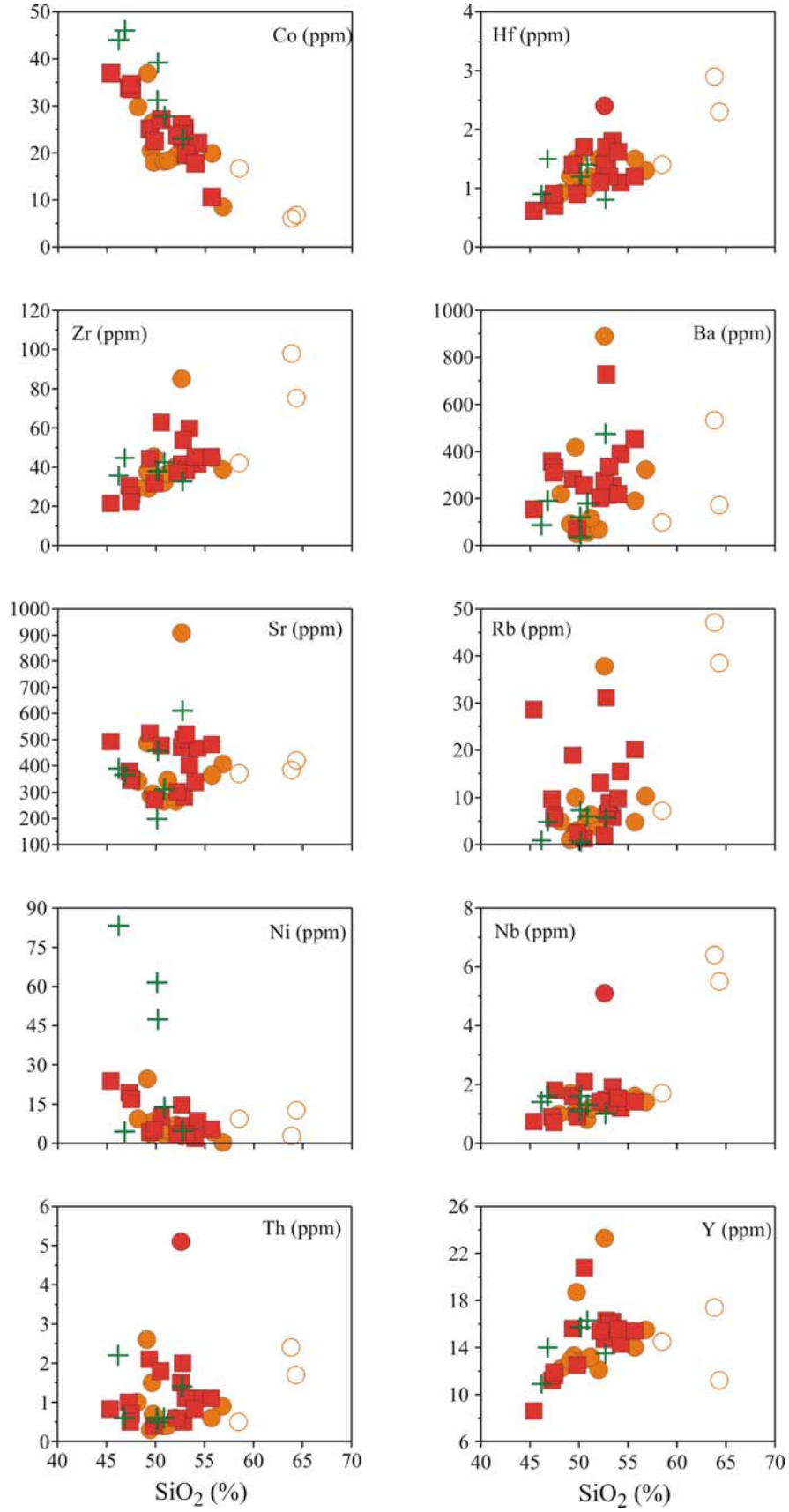
Örnek No:	Kayaç Adı	Doku	Petrografik Özellikler		Jeokimyasal Adlama	
			Mineral içeriği (%)	Hamur	TAS'a göre (Le Maitre, vd. 1989)	Nb/Y-Zr/TiO ₂ 'e göre (Winchester ve Floyd, 1976)
A16	Bazalt	Mikrolitik porfirik, porfirik	(% 10) Kpir (Wo _{40,64-49,03} En _{35,63-44,79} Fs _{8,6-18,1}) (% 2) Amf, (% 15)Pl (An ₆₅₋₇₅)	Küçük klinopiroksen ve amfibol daneleri, klorit, kalsit ve magnetit-Titano-magnetit mineralleri	Bazalt	Andezit/Bazalt
A29	Bazalt /Andezit	Porfirik	(% 10)Kpir (Wo _{29,49-44,92} En _{39,67-54,37} Fs _{14,05-19,1}) (%10) Amf (Mg [#] =0.62-0.70, Mag.hastingsit; Mg [#] =0.74 Edenit) (% 15) Pl (An ₇₂₋₉₁)	Plajiyoklas mikrolitleri, klorit ve Titano-magnetit mineralleri	Bazaltik andezit	Andezit/Bazalt
A25	Andezit/ Bazalt	Porfirik, mikrolitik	(%10) Amf (Mg [#] =0.69-0.72, Mag.hastingsit), (% 8) Kpir (Wo _{43,29-45,18} En _{40,65-41,96} Fs _{14,2-14,6}) (% 10) Pl (An ₇₀₋₈₀)	Plajiyoklas mikrolitleri, kalsit, serizit, boşluklar kloritle dolgulu, Titano-magnetit mineralleri	Bazalt	Andezit/Bazalt
A73	Bazalt	Porfirik, mikrolitik porfirik	(% 10) Kpir (Wo _{38,87-45,88} En _{42,60-45,02} Fs _{11,8-16,5}) (% 20)Pl (An ₄₄₋₇₅)	Plajiyoklas mikrolitleri, klorit, kalsit, serizit ve titano-magnetit mineralleri	Bazalt	Andezit/Bazalt
A38	Andezit	Trakitik, glomeroporfirik	(%10) Amf, (% 25)Pl (An ₅₀₋₇₀)	Klorit, kalsit ve Fe-Ti oksit	Trakibazalt	Andezit/Bazalt
A109	Bazalt	Porfirik, mikrolitik porfirik	(% 10) Kpir (Wo _{36,82-48,17} En _{39,44-44,46} Fs _{11,3-17,9}) (%5) Amf (Mg [#] =0.67-0.69, Mag.hastingsit), (% 15) Pl (An ₇₅₋₈₀)	Plajiyoklas mikrolitleri, kalsit, klorit ve titano-magnetit mineralleri	Bazalt	Andezit/Bazalt
A110	Andezit/ Bazalt	Porfirik	(%10) Amf, (% 8) Kpir (% 15) Pl (An ₇₀₋₇₅)	Küçük daneler halinde plajiyoklas, kalsit, serizit ve Fe-Ti oksit	Bazalt	Andezit/Bazalt
A111	Andezit	Porfirik	(%10) Amf, (% 8)Kpir, (% 15) Pl (An ₄₅₋₅₀)	Klorit, serizit, kalsit ve Fe-Ti oksit	Bazaltik andezit	Andezit
A112	Bazalt	Porfirik, glomeroporfirik	(% 10) Kpir, (% 15) Pl (An ₆₀₋₇₀)	Plajiyoklas mikrolitleri, kalsit, klorit ve Fe-Ti oksit	Bazaltik andezit	Andezit/Bazalt
A15	Spilitik bazalt	Akma, entersertal	(% 4) Kpir, (% 8)Pl	Plajiyoklas mikrolitleri, ikincil klorit, kalsit ve Fe-Ti oksit	Bazaltik andezit	Andezit/Bazalt

Tablo 3.3'ün devamı

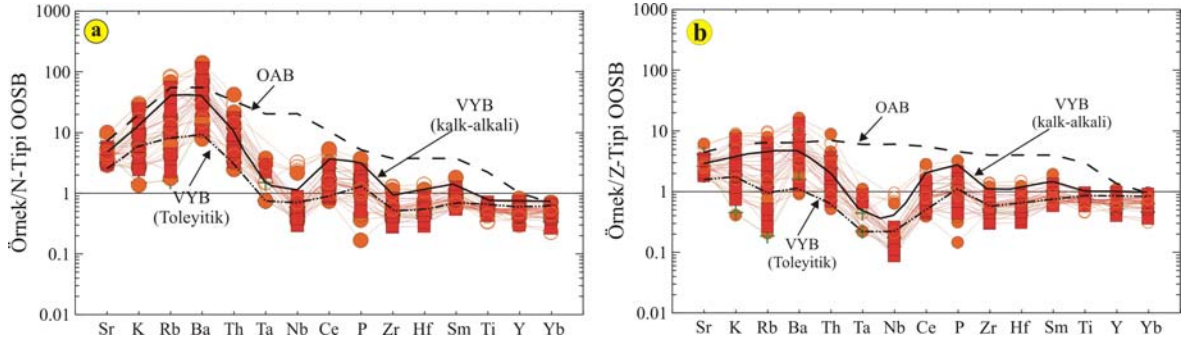
Örnek No:	Kayaç Adı	Doku	Petrografik Özellikler		Jeokimyasal Adlama	
			Mineral içeriği (%)	Hamur	TAS'a göre (Le Maitre, vd. 1989)	Nb/Y-Zr/TiO ₂ 'e göre (Winchester ve Floyd, 1976)
A113	Boşluklu bazalt	vesiküler	(% 3) Kpir (Wo _{42.87-48.77} En _{39.24-44.40} Fs _{8.3-16.3}), (% 5) Pl (An ₇₃₋₉₃)	Plajiyoklas mikrolitleri, klorit-kalsit dolgulu boşluklar ve titano-magnetit mineralleri	Bazalt	Andezit/Bazalt
Civanköy Üyesi						
A61	Bazaltik breş	mikrolitik	(%10) Pl	Kalsit ve klorit	Bazalt	Andezit/Bazalt
A17B	Bazaltik breş	mikrolitik porfirik, akma	(% 15) Kpir, (% 15) Pl (An ₇₀₋₇₅)	Plajiyoklas mikrolitleri, klorit, kalsit	Bazalt	Andezit/Bazalt
A32	Bazaltik breş	porfirik	(% 20) Kpir, (% 10) Pl	Camsı, serizit, klorit, Fe-Ti oksit	Bazalt	Andezit/Bazalt
A70	Bazaltik breş	Trakitik	(% 15) Kpir (Wo _{43.52-47.37} En _{38.23-43.33} Fs _{12.01-15.7}) (%10) Amf, (% 20) Pl (An ₆₄₋₉₄)	Kalsit, klorit ve titano-magnetit mineralleri	Bazaltik trakiandezit	Andezit
A45A	Bazaltik breş	Akma (fluidal)	(% 18) Kpir, (% 25)Pl (An ₆₅₋₈₀)	Klorit, kalsit ve Fe-Ti oksit	Bazalt	Andezit/Bazalt
A79	Bazaltik breş	Mikrolitik porfirik	(% 5) Kpir, (% 20) Pl (An ₆₀₋₇₅)	Plajiyoklas mikrolitleri, klorit, kalsit	Bazaltik andezit	Andezit/Bazalt
A74	Bazaltik breş	Akma, glomeroporfirik	(% 10) Kpir, (% 15) Pl (An ₇₀₋₇₅)	Plajiyoklas mikrolitleri, klorit, kalsit	Bazaltik andezit	Andezit/Bazalt
A71	Spilitik bazalt	akma	(% 15) Kpir, (% 30) Pl (An ₇₀₋₇₅)	Plajiyoklas mikrolitleri, kalsit, klorit ve Fe-Ti oksit	Andezit	Trakiandezit
A33A	Andezitik breş	Mikrolitik porfirik	Kpir (% 10), Pl (% 20)	Klorit, kalsit ve Fe-Ti oksit	Andezit	Andezit
A64	Andezitik breş	Porfirik	(% 20) Amf, (Mg [#] =0.57-0.65, Mag.hastingsit) (% 25) Pl (An ₄₉₋₆₅)	Plajiyoklas daneleri, amfibol daneleri, ikincil kuvars ve titano-magnetit	Dasit	Riyodasit/Dasit
A44	Andezitik breş	Mikrolitik porfirik	(% 15) Amf, (% 25) Pl (An ₃₅₋₄₀)	Amfibol daneleri, ikincil kuvars, Fe-Ti oksit	Dasit	Riyodasit/Dasit
A26, A67, A67A, A67B	Litik kristal tüf	Mikrolitik porfirik,	(% 3)Kpir, (% 25) Pl (An ₆₀₋₆₅)	Plajiyoklas mikrolitleri, serizit, klorit ve kalsit	Bazalt	Andezit/Bazalt



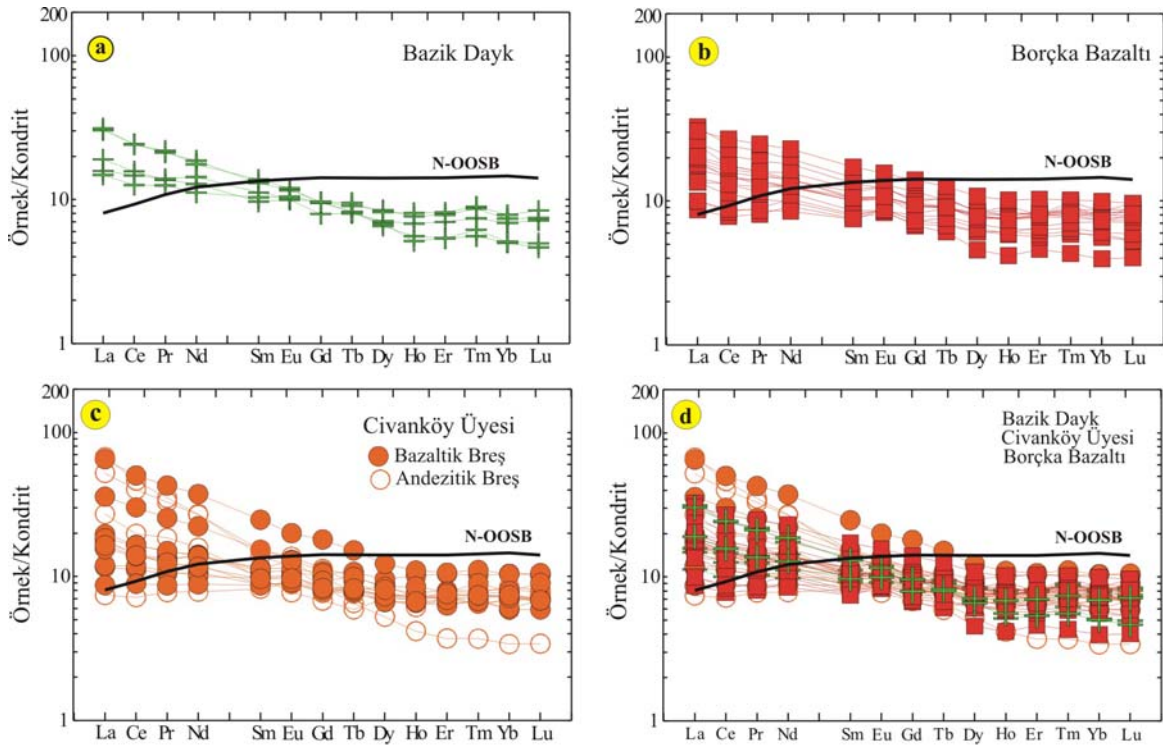
Şekil 3.43. Borçka (Artvin) yöresindeki volkanitlerin SiO_2 (%)'ye karşı ana oksit (%) değişim diyagramları (semboller Şekil 3.39'deki gibidir).



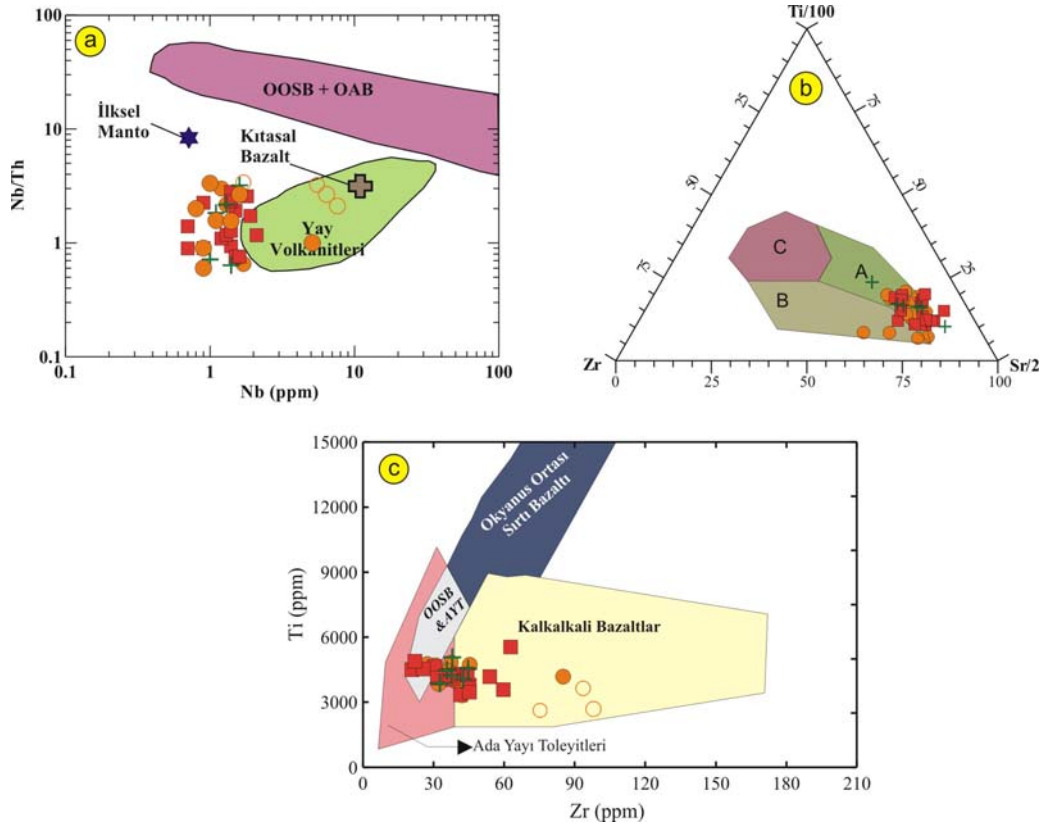
Şekil 3.44. Borçka (Artvin) yöresindeki volkanitlerin SiO₂ (%)’ye karşı iz element değişim diyagramları (semboller Şekil 3.39’deki gibidir)



Şekil 3.45. Borçka (Artvin) yöresi volkanik kayaların iz element dağılım diyagramları, (a) N-Tipi OOSB'ye göre, (b) Z-Tipi OOSB'ye göre normalize edilmiş iz element dağılımları (N OOSB: Normal Okyanus Ortası Sırtı Bazaltları, Z OOSB; Zenginleşmiş Okyanus Ortası Bazaltları, OAB: Okyanus Adası Bazaltları, VYB: Volkanik Yay Bazaltları. Normalleştirme değerleri, N-OOSB; Sun ve McDonough, 1989'dan, VYB: Pearce, 1982'den alınmıştır; semboller Şekil 3.39'daki gibidir)



Şekil 3.46. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerin kondrite normalize edilmiş NTE dağılımları, (a) Bazik dayk örnekleri, (b) Borçka bazaltı örnekleri, (c) Civanköy üyesi örnekleri için ve (d) Borçka yöresi volkanitlerinin NTE dağılımları (normalleştirme değerleri, Boynton(1984); N-OOSB değerleri Sun ve McDonough, 1989'dan; semboller Şekil 3.39'daki gibidir).



Şekil 3.47. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin tektonik ayırtman diyagramları (Pearce ve Cann, 1973). (a) Nb (ppm)'ye karşı Nb/Th diyagramı (ilksel manto (Hoffmann, 1988), kıtasal bazalt-OOSB+OAB ve Yay volkanitleri alanları (Schmidberger ve Hegner, 1999)'dan alınmıştır. (b) Ti/100-Zr-Sr/2 diyagramı (A: Ada yayı toleyitleri, B: Kalkalkali bazalt, C: Okyanus ortası sırtı bazaltları). (c) Zr (ppm)'a karşı Ti (ppm) diyagramı (Ada Yayı Toleyitleri (AYT), Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı (OOSB), Kalkalkali Bazaltlar, ve Okyanus Adası Toleyitleri alanları; Pearce ve Cann (1973) ve Floyd ve Winchester (1975)'dan alınmıştır. (Semboller Şekil 3.39'daki gibidir)

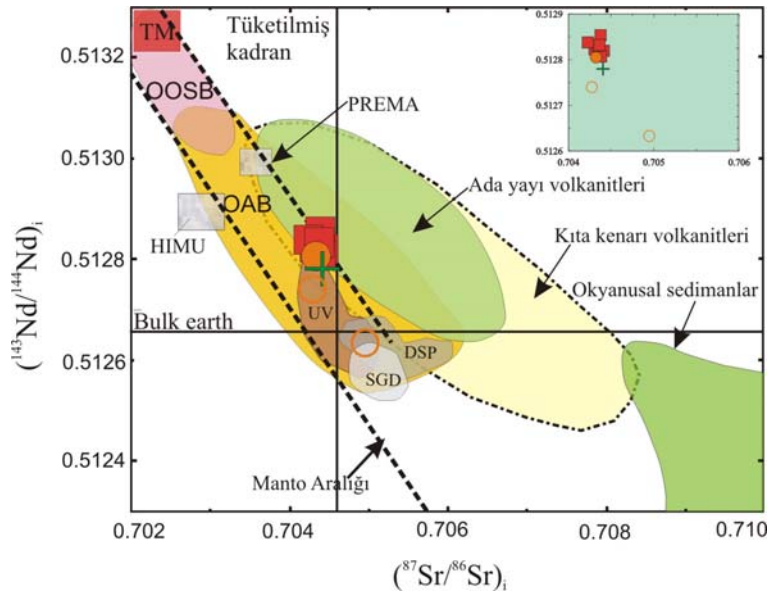
3.6. Sr-Nd İzotop Jeokimyası

Jeolojik çalışmalarda izotopların jeokronoloji ve jeokimya olmak üzere iki farklı kullanım alanı mevcuttur. Jeokronoloji kayaç ve mineral yaşlarının saptanmasına yönelik olarak kullanılmaktadır. Jeokimyasal uygulamalarda ise yer kabuğunun ve mantonun oluşum ve gelişim süreçlerinin irdelenmesi radyojenik izotoplar sayesinde yapılabilmektedir. Çünkü izotop oranları zaman içerisinde değişen koşullardan ve ortamlardan etkilenmeden kalabilmektedir. Her magma kaynağının kendine özgü izotopik bileşime sahip olması, farklı kaynak alanlarının tanımlanmasına imkan sağlamaktadır. (Faure ve Mensing 2005).

Borçka (Artvin) y6resindeki Tersiyer yaşlı volkanik kayalar, birbirine benzer değişim g6steren Sr ve Nd izotopik bileşimlerine sahiptirler. Borçka (Artvin) y6resi volkanik kayalarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i oranları 0.70423-0.70495, ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$)_i oranları 0.512633-0.512854, ve ϵNd_i değerleri +0.9 ile +5.4 arasında değişmekteyken, hesaplanan Nd model yaşları [T_{DM}] ise 520-880 My arasında değişmektedir (Tablo 3.4).

Borçka (Artvin) y6resinde volkanitlerine ait 6rnekler ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i karşı ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$)_{ii} diyagramında sol 6st kadranda ve manto aralığında yer almaktadırlar (şekil 3.48). Borçka y6resi volkanitlerinin Nd model yaşları [T_{DM}] gençtir (d6ř6k) ve bu da genç bir litosferik manto kaynağına işaret etmektedir. Doğu Pontidlerin Kuzey Zonu'nda yer alan Borçka volkanitleri, G6ney Zonda yer alan volkanitlerle (Kaygusuz vd., 2011; Temizel vd., 2012) karşılaştırıldığında birbirlerine benzer alanda yer aldıkları g6r6lm6řt6r (şekil 3.48).

İncelenen volkanitler, ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i ve ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$)_i oranlarıyla 6zellikle ada yayı volkanitleri kayalarına benzerlik g6stermektedirler (şekil 3.48).



şekil 3.48. Borçka (Artvin) y6resi volkanitlerinin ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i'e karşı ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$)_i izotop diyagramındaki konumları. OOSB (Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı) ve Manto Aralığı alanları; Wilson (1989), Arculus ve Powell (1986)'dan; Atlantik Sedimanları ise White vd. (1985)'den, DM, EMI ve EMII, HIMU, PREMA, ve BSE Zindler ve Hart (1986)'dan; UV (Ulubey Volkanitleri, Temizel, 2008), SGD (Saraycık Granodiyoriti, Topuz vd., 2005), ve DSP (D6lek ve Sarıecek Pl6tonları, Karşlı vd., 2007) ve (Torul Volkanitleri, Kaygusuz vd., 2011)'den alınmıştır (semboller şekil 3.39'daki gibidir)

Tablo 3.4. Borçka (Artvin) yöresindeki volkanik kayaların SiO₂ (%), Rb (ppm), Sr (ppm), 1/Sr*10³ (ppm⁻¹), Sm (ppm) ve Nd (ppm) içerikleri ve ⁴⁰Ar – ³⁹Ar yaş, Rb-Sr ve Sm-Nd izotop verileri

Örnek No	Kayaç Adı	SiO ₂ (%)	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar (My)	Rb (ppm)	(1/Sr)*10 ³ (ppm-1)	Sr (ppm)	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	2σm	I _{sr}	Sm (ppm)	Nd (ppm)	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	(¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd) _i	2σm	ε _{Nd(0)} □	ε _{Nd(T)}	T _{DM} (My)
Borçka Bazaltı																			
A2	BA	51.22	46	6.6	3.5	282	0.0678	0.704349	6	0.70430	2.03	8.50	0.1444	0.512866	0.512823	7	4.4	4.7	630
A5	BA	50.71	46	2.0	2.1	471	0.0123	0.704423	7	0.70441	2.08	8.50	0.1479	0.512864	0.512819	4	4.4	4.7	660
A16	B	45.67	46	9.7	2.6	379	0.0742	0.704425	7	0.70438	1.54	5.90	0.1578	0.512901	0.512854	5	5.1	5.4	680
A25	B	46.11	46	6.3	2.9	350	0.0522	0.704415	6	0.70438	1.48	5.50	0.1627	0.512856	0.512807	5	4.3	4.4	880
A24	BA	52.61	46	15.5	2.1	467	0.0963	0.704401	6	0.70434	1.98	7.40	0.1618	0.512879	0.512830	8	4.7	4.9	800
A73	B	48.79	46	1.3	2.1	477	0.0079	0.704233	7	0.70423	3.36	13.80	0.1472	0.512882	0.512838	9	4.8	5.0	610
A111	BA	53.44	46	20.1	2.1	481	0.1212	0.704442	6	0.70436	2.37	9.40	0.1524	0.512878	0.512832	10	4.7	4.9	680
Civanköy Üyesi																			
A70	BTA	50.64	40	37.8	1.1	908	0.1207	0.704401	6	0.70433	4.83	22.40	0.1304	0.512844	0.512810	8	4.0	4.4	560
A64	D	62.90	40	47.1	2.6	384	0.3559	0.705148	5	0.70495	2.97	16.10	0.1150	0.512663	0.512633	7	0.5	0.9	730
A71	A	58.08	40	44.7	1.2	808	0.1605	0.704365	6	0.70427	2.72	16.30	0.1009	0.512766	0.512740	6	2.5	3.0	520
Bazık Dayk																			
A17A	B	43.47	40	0.9	2.6	389	0.0067	0.704409	5	0.70441	2.54	11.20	0.1371	0.512821	0.512785	5	3.6	3.9	660

Not: $\epsilon_{Nd} = ((^{143}Nd/^{144}Nd)_s / (^{143}Nd/^{144}Nd)_{CHUR} - 1) \times 10000$, $f_{Sm/Nd} = (^{147}Sm/^{144}Sm)_s / (^{147}Sm/^{144}Sm)_{CHUR} - 1$, $(^{143}Nd/^{144}Nd)_{CHUR} = 0.512638$, ve $(^{147}Sm/^{144}Sm)_{CHUR} = 0.1967$

$T_{DM} = 1/\lambda \times \ln(1 + ((^{143}Nd/^{144}Nd)_s - 0.51315) / ((^{147}Sm/^{144}Nd)_s - 0.2137))$ formülleri ile hesaplanmıştır (Faure, 2001; Faure ve Mensing 2005).

CHUR (Chondritic Uniform Reservoir): Kondritik üniform rezervuar; DM (Depleted Mantle): Tüketilmiş Manto. BA: Bazaltikandezit, B:Bazalt, A:Andezit, D:Dasit, TA:Trakiandezit

BAT: Bazaltik trakiandezit

4. TARTIŞMA

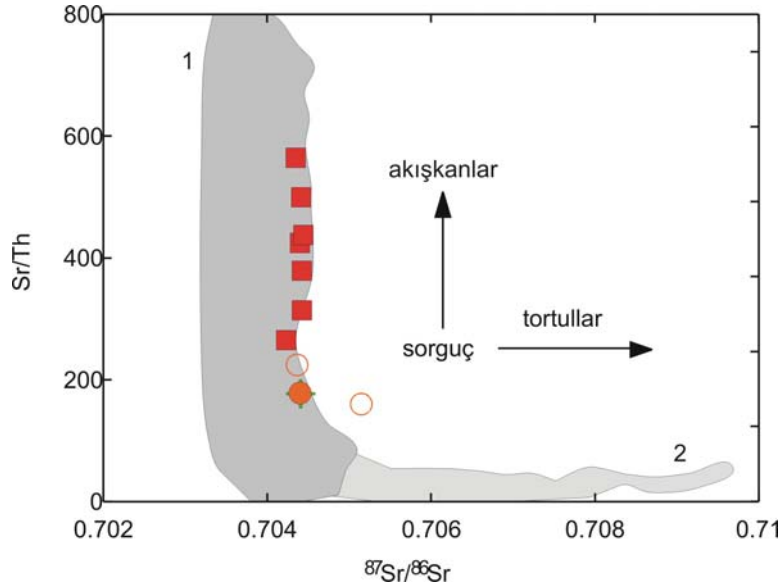
4.1. Ana Magmanın Kökeni

Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin incelenen iz element değişim diyagramlarında göstermiş oldukları Nb, Zr ve Ta gibi yüksek çekim alanlı elementlerce tüketilme, Sr, K, Rb, Ba ve yüksek Ba/La oranları gibi büyük iyon yarıçaplı elementlerce zenginleşme (Şekil 3.45) değerleri ile tipik olarak yitim zonu volkanik kayalar özelliği sunarlar (Ewart, 1982; Pearce, 1983; Thompson vd., 1984; Elburg vd., 2002; Baier vd., 2008).

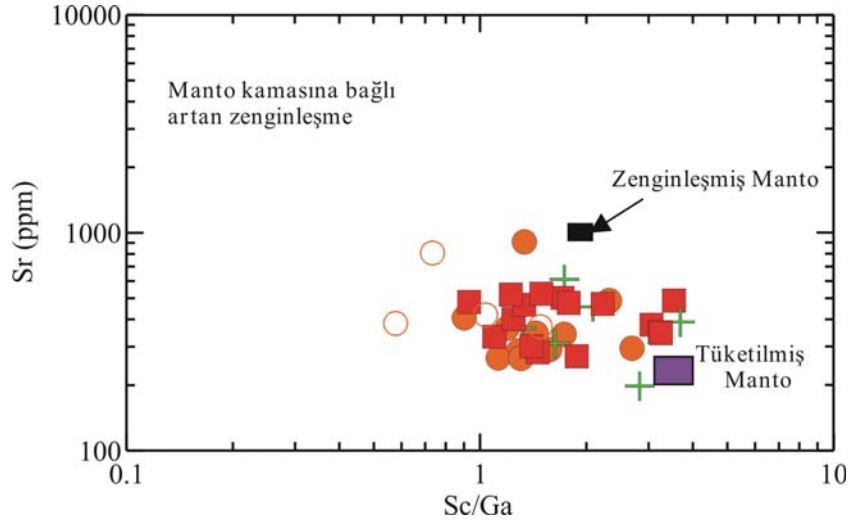
Bilindiği gibi yitim ilişkili kıtasal yay magmaları YÇAE göre BİYLE’ce zenginleşme, ANTE’ye göre HNTE’ce zenginleşme ve negatif Nb, Ta, Zr, Hf ve Ti anomalileri ile karakteristiktir (Pearce, 1982; Morris vd., 1990; McCulloch ve Gamble, 1991; Kelemen, 1993; Thirlwall M.F. vd., 1994; Hawkesworth vd., 2000; Kelemen vd., 2003). Aksine okyanus adası bazaltları (OAB) ise pozitif Nb, Ta ve Ti anomalilerinin varlığı (Şekil 3.45) ile yitim zonu kıtasal yay volkanitlerinden ayrılırlar (Fitton vd., 1988; Hofmann, 1997). BİYLE ve HNTE’ce (Şekil 3.46) zenginleşme, dalan okyanusal litosferden ve/veya dalan litosfer üzerindeki sedimentlerden açığa çıkan akışkanlar tarafından zenginleştirilmiş (metasomatizmaya uğratılmış) bir kaynak bölgeden (muhtemelen litosferik manto) ana magmanın türeyebileceğini göstermektedir (Ringwood, 1990; Hawkesworth vd. 1991; Cameron vd., 2003; Münker vd., 2004). Sr/Th karşı $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ diyagramında (Şekil 4.1) yüksek Sr/Th oranı akışkan fazları işaret etmektedir. Sr izotop oranındaki değişim altere olmuş bazaltik kabuğun (≥ 0.704 ; Bickle ve Teagle, 1992; Staudigel vd., 1995) akışkanlarla yada yiten sedimentlerle (> 0.709) etkileşime girip girmemesine bağlı olarak değişmektedir. Hawkesworth vd., (1997), birkaç tane volkanik yayda $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ karşı Sr/Th arasındaki ilişkiye dayanarak yüksek Sr/Th oranının düşük $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (~ 0.704) değerine sahip kayalarda geliştiğini belirtmişlerdir. Buradan hareketle düşük $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ değerinin akışkan bileşimini, yüksek $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ değerinin ise sediment bileşimini desteklediğini ileri sürmüşlerdir. Tüketilmiş ve zenginleşmiş yaylardaki kayaların $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ karşı Sr/Th diyagramları hiperbol şeklinde bir yönseme sunarlar (Şekil 4.1). Borçka volkanitleri yüksek Sr/Th (> 200) oranları ve düşük $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (< 0.705) değerleriyle tüketilmiş yaylarda oluşmuş kayalara benzemektedirler (Macdonald vd., 2000). Metasomatizmaya bağlı bu zenginleşme Sr karşı Sc/Ga diyagramında

gözlenmektedir (Arculus, 1994; Şekil 4.2). Ayrıca kıtasal yaylardaki bu iz element zenginleşmesi manto kaynağının kısmi ergimesinden kaynaklanabileceği ve bu kısmi ergimeye sebep olarak ortama giren erğiyikler ve/veya basınç azalması gösterilmektedir (Watson ve McKenzie, 1991; Pearce ve Parkinson, 1993).

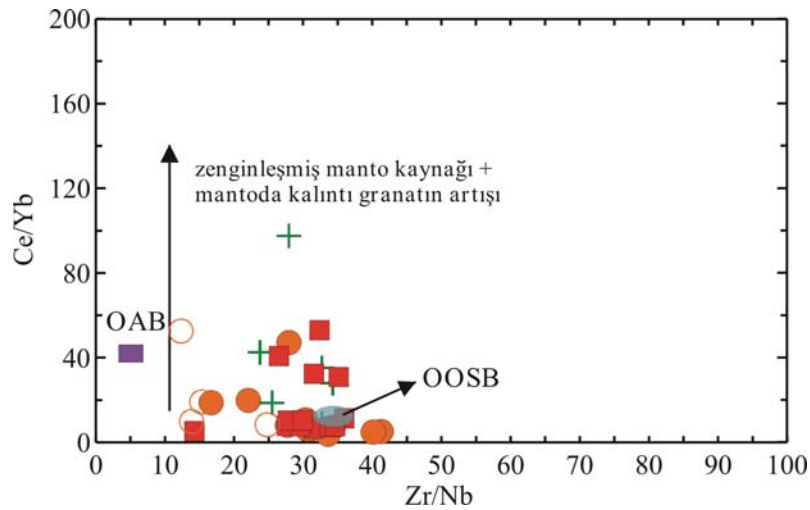
Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanitlerinin N-tipi OOSB ve Z-tipi OOSB'na göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramlarında ve kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılım diyagramlarında örneklerin birbirlerine paralel dağılımlar sergilemeleri volkanitlerin aynı magma kaynağından türediklerini göstermektedir (Şekil 3.45 ve 3.46). Kondrite normalize edilmiş NTE diyagramlarında Borçka (Artvin) volkanitlerinin ANTE değerleri yataya yakın bir yönseme sergilemektedirler. ANTE değerlerindeki bu yatay yönseme Borçka volkanitlerini oluşturan ana magmanın muhtemelen garnet içeren bir lertzolitik magma kaynağından daha ziyade spinel lertzolitik (<50 km derinlik) bir manto kaynağından oluşabileceğini işaret etmektedir (Şekil 3.46d). İncelenen Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerini oluşturan magmanın kaynağındaki zenginleşmeyi Ce/Yb karşı Zr/Nb diyagramında görebiliriz (Şekil 4.3).



Şekil 4.1. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ karşı Sr/Th değişim diyagramı. 1 ve 2 nolu alanlar sırasıyla uyumsuz elemnetlerde tüketilmiş ve zenginleşmiş yayları temsil etmektedir (Hawkesworth vd., 1997'den alınmıştır; oklar manto kamasına eklenen akışkan ve tortul bileşenlerin tahmini zenginleşmesini gösterir; semboller Şekil 3.39'daki gibidir)



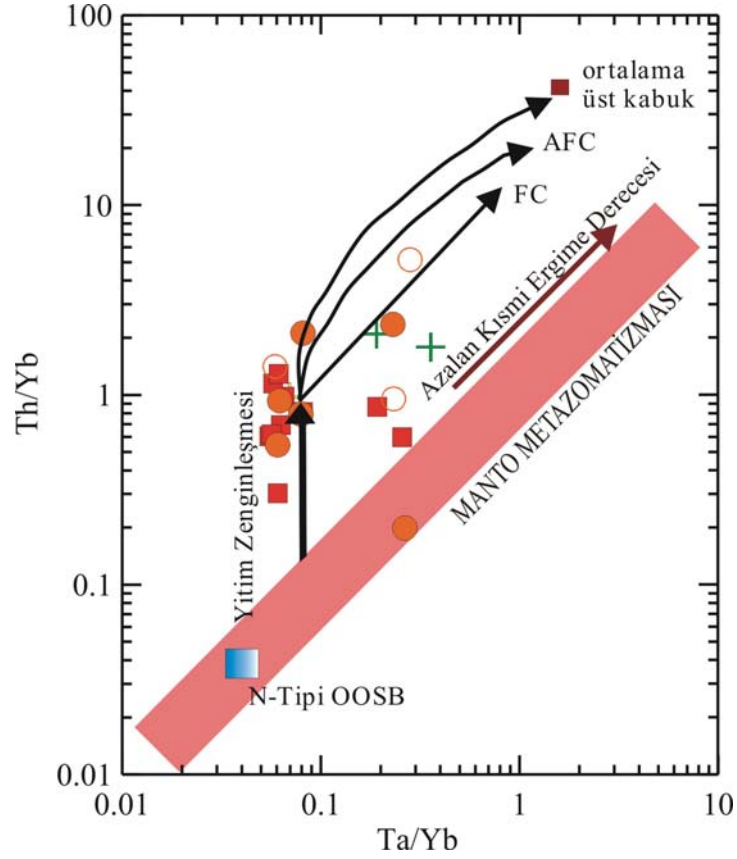
Şekil 4.2. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin zenginleşmiş (metasomatize olmuş) bir manto kaynağından türediğini gösteren Sr-Sc/Ga diyagramı (zenginleşmiş ve tüketilmiş kaynaklar Arculus vd., (1991)'den alınmıştır; semboller Şekil 3.39'daki gibidir)



Şekil 4.3. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin zenginleşmiş bir manto kaynağındaki kalıntı granatı işaret eden Ce/Yb-Zr/Nb diyagramı (OOSB ve OAB kaynak bileşimleri Sun ve McDonough (1989)'dan alınmıştır; semboller Şekil 3.39'daki gibidir)

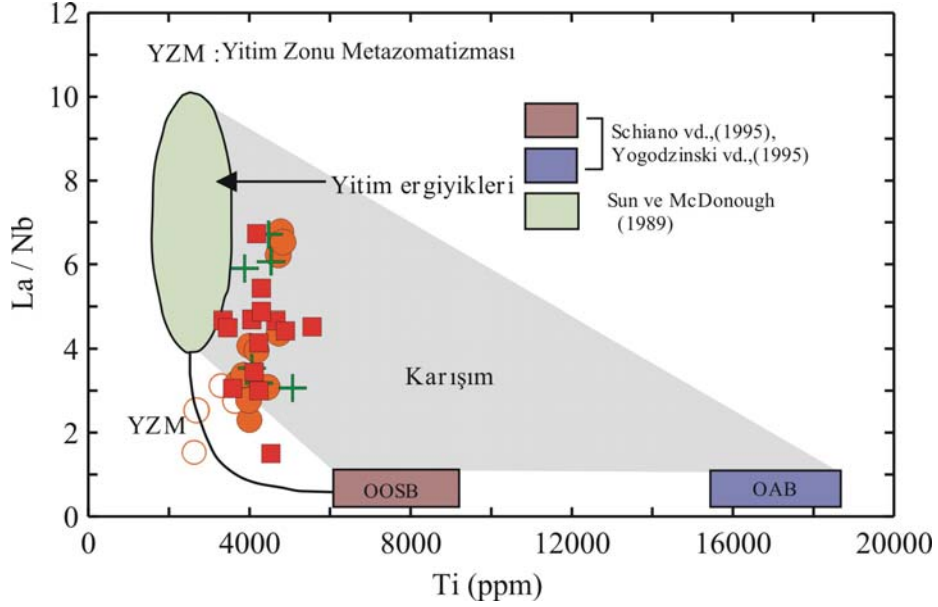
İncelenen Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin Ta/Yb'ye karşı Th/Yb diyagramı (Pearce vd., 1990) kaynak zenginleşmesinin varlığını belirlemede kullanılabilir (Şekil 4.4). Bu elementlerin varlığı kaynak çeşitliliği ve/veya kabuk kirlenmesinin varlığını belirlemek için de etkin bir şekilde kullanılabilir. Bu diyagramda, volkanik kayalar manto yönsemesine yarı paraleldir. Ayrıca grafiğe göre, yitim bileşenlerince

zenginleştirilmiş (metasomatize edilmiş) bir kaynaktan itibaren magmalar türemiştir. Kayaçların gelişiminde ayrışmanın (FC) rolünün çok olduğunu ve kayaçların yitim zonu ile ilişkili bir kaynaktan türediğini göstermektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin Ta/Yb'a karşı Th/Yb diyagramı (Pearce vd., 1990), FC (ayrışma), AFC (özümleme+ayrışma), yitim zenginleşmesi ve manto metasomatizmasını gösterir vektörler Pearce vd., (1990)'dan alınmıştır; N-tipi OOSB ve ortalama üst kabuk değerleri Sun ve McDonough (1989) ve Taylor and McLennan (1985)'ten alınmıştır; semboller Şekil 3.39'daki gibidir)

Borçka (Artvin) yöresi volkanitleri Ti (ppm) karşı La/Nb diyagramında (Şekil 4.5) incelendiğinde volkanitlerin yitim ergiyikleri tarafından yitim zonu metasomatizması geçirmiş bir köken magmadan türeyebilecekleri düşünülenilir (Morris vd., 1990; Morris ve Ryan, 2004; Miskovic ve Francis, 2006).

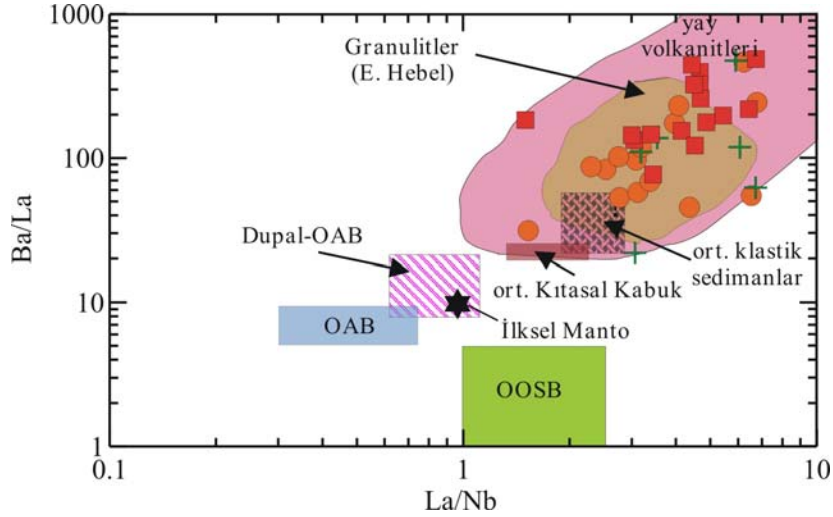


Şekil 4.5. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin Ti (ppm)'a karşı La/Nb diyagramı (Yitim ergiyikleri alanı, Schiano vd. (1995) ve Yogodzinski vd., (1995)'den; OOSB ve OAB alanları ise, Sun ve McDonough (1989)'dan alınmıştır; semboller Şekil 3.39'daki gibidir)

İncelenen Borçka volkanitleri OOSB, OAB ve kıtasal volkanitlerle karşılaştırıldığında yüksek La/Nb (2-7) ve Ba/Nb (22-486) oranlarına sahip olup, bu özellikleriyle yay volkanitlerine benzerlik sunarlar (Sun ve McDonough 1989; Şekil 4.6). Ce/Pb'ye karşı Ce diyagramında (Şekil 4.7) bütün örnekler yay volkanitleri alanına yakın düşmektedirler. Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanitlerini oluşturan en bazik örneklerin ortalama Ce/Pb oranları (~ 8) düşük olup, bu değer okyanusal bazaltlardan oldukça farklıdır (~25; Hofmann, 1988; Gribble vd., 1998). Yay bazaltlarındaki Ce/Pb oranının düşük olmasının iki sebebi olabilir; (1) yiten okyanusal plakadaki sulu akışkanlardaki Ce'ye göre Pb tercihli olarak bölümsel ergimesinden (Brenan vd., 1995; Kogiso vd., 1997), (2) yada yiten bazalt ve/veya sedimanların kısmi ergimesinden dolayı (Tatsumi, 2000; Kelemen vd., 2003). Bu olaylar, kıtaların düşük Ce/Pb oranına, mantonun ise yüksek Ce/Pb oranına sahip olmasına sebep olabilir (Hofmann, 1988 ve Miller vd., 1994). Ayrıca bu düşük değerler, Borçka volkanitlerinin ana magmasının normal astenosferik mantodan türemediğini göstermektedir.

Bradshaw ve Smith (1994) ve Smith vd., (1999)' göre litosferik manto HNTE'lere göre YÇAE'lerce (Nb ve Ta gibi) daha çok tüketilmiştirler. Bazaltik magmalar için yüksek Nb/La oranı (~>1) astenosferik manto kaynağını gösterirken, düşük (~<0.5) oranı ise

litosferik manto kaynağını göstermektedir. Borçka volkanitlerine ait en bazik örneklerin Nb/La oranı (0.15-0.21) iken, La/Yb oranı ise (3-30) arasında olup, bu değerler litosferik manto kaynağını işaret etmektedir (Şekil 4.8).

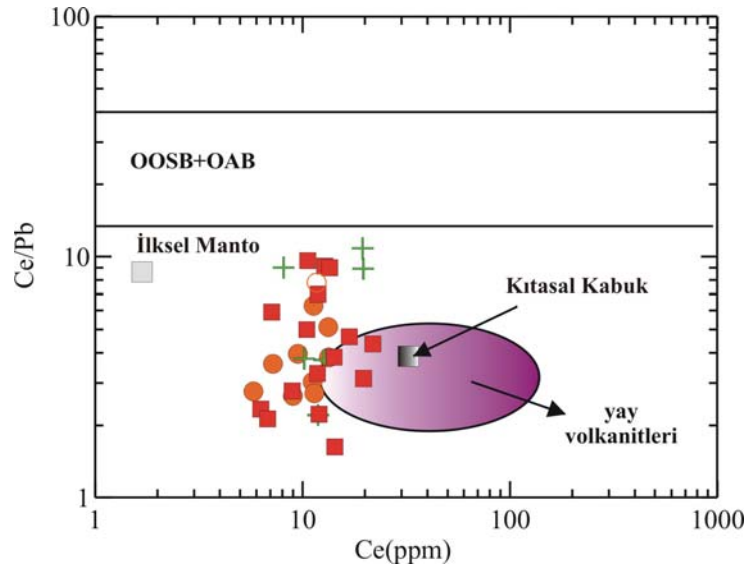


Şekil 4.6. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin Ba/Nb'a karşı La/Nb (Jahn vd., 1999) diyagramı (Yay volkanitleri ve Arkeen granulitleri, Jahn ve Zhang, 1984'den; İlksel Manto, Sun ve McDonough (1989)'dan; ort. Kıtasaal kabuk, Taylor ve McLennan (1985) ve Condie (1993)'den; Dupal-OAB, Jahn vd., (1999)'dan alınmıştır; semboller Şekil 3.39'daki gibidir)

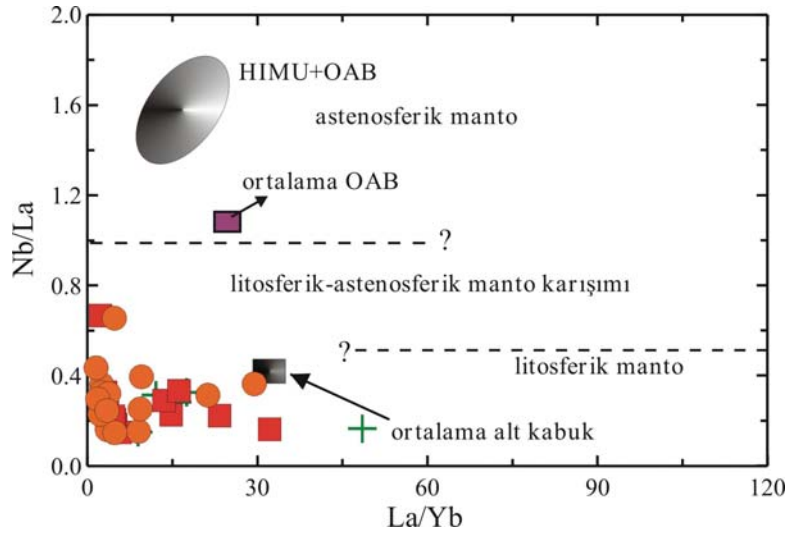
Şekil 4.9 ve 10'daki ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i karşı ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$)_i değişim diyagramında volkanik kayalar toplam yerküre (BE) ve manto aralığına göre karşılaştırılmasında görülmektedir. Sr izotopik bileşimi toplam yerküreye (BE) göre göreceli olarak tüketilmişken, Nd izotop bileşimi ise göreceli olarak zenginleşme göstermektedir. Bütün örneklerin manto aralığına yakın düşmesi, izotopik olarak tüketilmiş bir manto kaynağından türediğini işaret etmektedir. Bütün bu görüşler, Borçka volkanitlerinin + ϵNd_i değerleri ile uyumludur. Çünkü volkanik kayaların pozitif ϵNd değerleri, izotopik olarak tüketilmiş kayaktan türemiş bir magmayı gerektirmektedir (Rollinson, 1993). Borçka volkanitlerindeki metasomatizma sonucu iz element içeriğindeki zenginleşmeye karşı izotopik bileşimlerinde tüketilme görülmektedir. Buna neden olarak, metasomatik zenginleşme hayli zaman önce olmuş ise, iz element içeriğindeki değişimler izotop bileşimlerine de yansımakta ve metasomatizmaya uğrayan mantodan türeyen volkanitler hem kimyasal hem de izotop bileşimleri açısından yüksek değerler sergilemektedir. Genç bir metasomatizma

da ise, volkanitler iz element içerikleri açısından zenginleşme göstermekte fakat izotop bileşimleri açısından “tüketilmiş” bir rezervuarı işaret etmektedirler (Güleç, 2001). Bu da Borçka volkanitlerinin geçirmiş oldukları metasomatizmanın genç olabileceği şeklinde yorumlanabilir. Bütün bunlara ilaveten Borçka (Artvin) yöresine ait volkanik kayalardan, Doğu Pontid’lerin jeodinamik gelişimine ışık tutacak kökensel izotop analizleri Sr ve Nd izotopları yaptırılmıştır (Tablo 3.3). Volkanitlerin Sr ve Nd izotopik bileşimleri dünyada çeşitli bölgelerdeki yay volkanitleriyle karşılaştırıldığında, Sunda yay volkanitleri, Java ve Lesser Antilles (Grenada) volkanitlerinin çakıştığı alanda yer almaktadır (Şekil 4.9). Türkiye’de bakıldığında Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin izotop değerleri, Doğu Pontidler’de yer alan volkanik kayaç örnekleriyle çok yakın izotopik oranlara sahiptir (Kaygusuz vd., 2011; Temizel vd. 2012). ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i oranı olarak Doğu Anadolu kalk-alkali volkanitlerinden daha düşük fakat Orta Anadolu kalk-alkali volkanitlerinden daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.10).

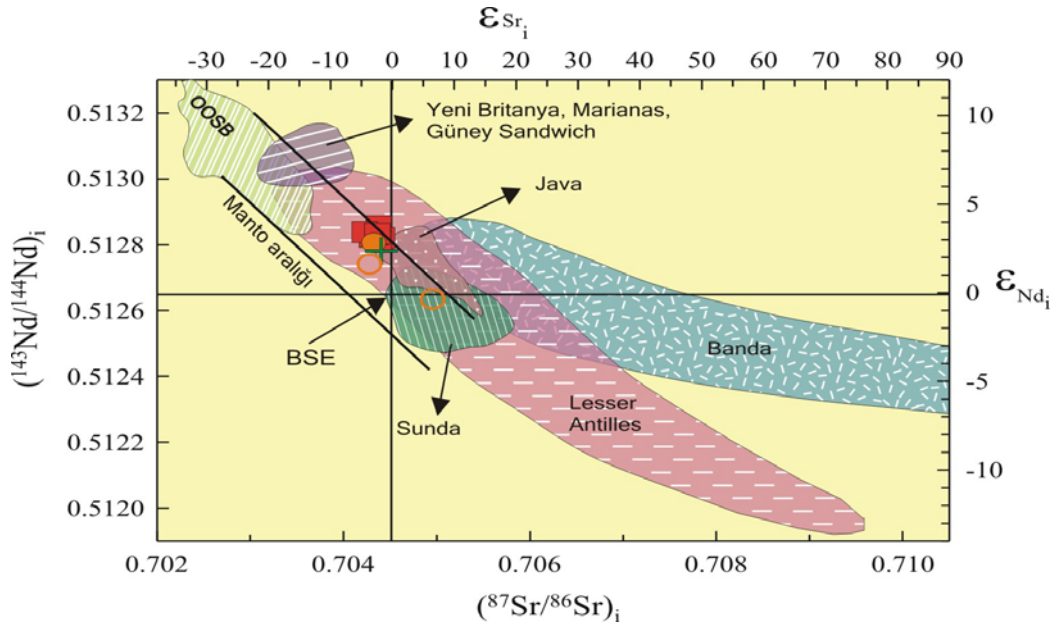
Bütün bu veriler ışığında, Borçka (Artvin) yöresi volkanik kayalarının oluşturan ilksel magma kaynağının, daha önceki bir yitim zonundan türemiş olan akışkanlar tarafından metasomatizmaya (zenginleşmiş) uğratılmış litosferik bir manto kaynağı olabileceği düşünülmektedir.



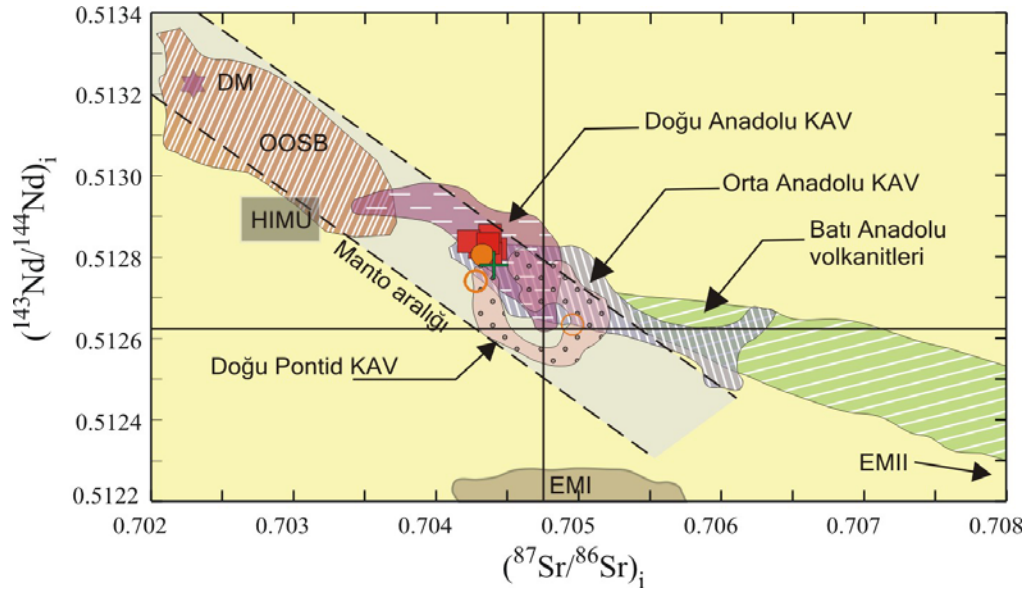
Şekil 4.7. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin Ce/Pb karşı Ce diyagramı (ilksel manto değerleri Hofmann (1988)’den, kıtasal kabuk, OOSB, OAB ve yay volkanitleri Schmidberger ve Hegner, 1999’ dan alınmıştır; semboller Şekil 3.39’deki gibidir)



Şekil 4.8. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin manto kaynağını gösteren La/Yb'a karşı Nb/La diyagramı (ortalama OAB değerleri, Fitton vd., (1991)'den; ortalama alt kabuk değerleri, Chen ve Arculus (1995)'den; HIMU+OAB alanları, Weaver vd., (1987)'den; astenosferik, litosferik ve karışım manto alanlarını ayıran çizgi Smith vd., (1999)'dan alınmıştır; semboller Şekil 3.39'daki gibidir)



Şekil 4.9. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 'ye karşı $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i$ izotop diyagramındaki konumları. Dünyadaki çeşitli bölgelerdeki yay volkanitleri ile karşılaştırması, (Mariana, DePaolo ve Wasserburg, 1977; Yeni Britanya, DePaolo ve Johnson, 1979; Güney Sandwich, Hawkesworth vd., 1977; Sunda, Java ve Banda volkanitleri, Whitford vd., 1979a, b; Lesser Antilles, Hawkesworth ve Powell, 1980'den alınmıştır), (semboller Şekil 3.39'daki gibidir)



Şekil 4.10. Türkiye'deki Tersiyerden Kuvaterner'e kadar olan kalk-alkalin volkanitlerin karşılaştırılması. doğu Anadolu kalk-alkalin volkanitleri (Pearce vd., 1990; Buket ve Temel, 1998; Keskin vd., 2006; Karlı vd., 2007; Kaygusuz 2009), orta Anadolu kalk-alkalin volkanitleri (Deniel vd., 1998; Temel vd., 1998; Yalçın vd., 1998; Şen vd., 2004; Kurt vd., 2008), doğu Pontid kalk-alkalin volkanitleri (Kaygusuz vd., 2011; Temizel vd., 2012), batı Anadolu volkanitleri (Briqueu vd., 1986; Güleç, 1991; Pamic vd., 1995), OOSB ve Manto aralığı alanları Wilson (1989), Arculus ve Powell (1986), Gill (1981) ve McCulloch vd., (1994)'den; DM, EMI, EMII ve HIMU manto bileşimleri, Zindler ve Hart (1986)'dan alınmıştır; KAV: kalk-alkalin volkanitler (semboller Şekil 3.39'daki gibidir)

4.2. Volkanik Kayaçların Petrojenez

Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin ana element, iz element ve izotop içeriklerini belirleyen temel etken, magmanın türediği kaynağın kimyasal bileşimi ve ürünün oluşumu sırasında geçirmiş olduğu süreçlerdir. Jeokimyasal özellikler Borçka (Artvin) volkanitlerini oluşturan magmanın ilksel magmaya göre farklılaşmış olduğunu göstermiştir. Volkanik kayaçların oluşumunda kısmi ergime, ayrışma ve özümleme gibi süreçler etkili olduğu düşünülmektedir. Bu bölümde, incelenen volkanitlerin petrojenezinde magmatik süreçlerin önemi ve rolü araştırılmış ve yorumlanmaya çalışılmıştır.

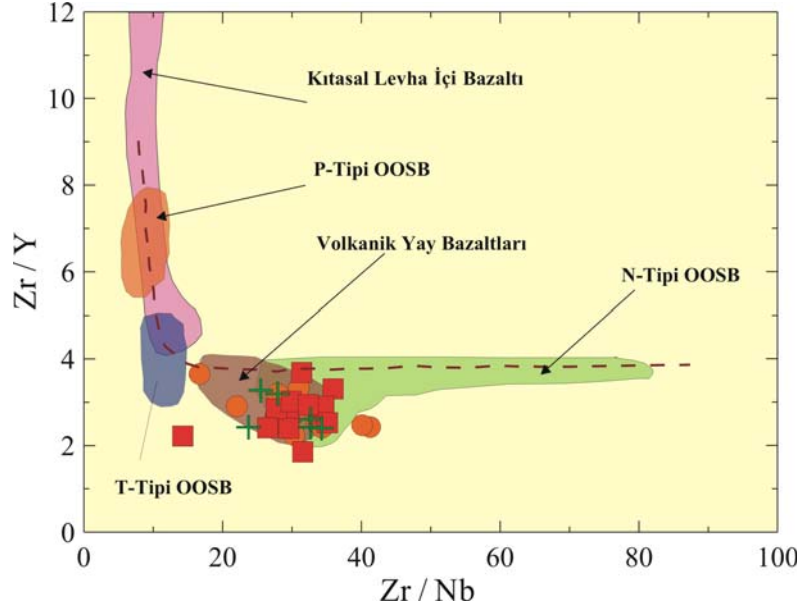
4.2.1. Kısmi Ergime

Yay magmalarının en önemli bileşenleri, manto kaması (Pearce ve Parkinson, 1993; Woodhead vd., 1993; Hochstaedter vd., 1996), akışkanlar (altere olmuş okyanusal kabuk yada yiten sedimanlar; Tatsumi vd., 1986; Turner vd., 1997; Class vd., 2000) ve yiten okyanusal kabuk üzerindeki manto kamasının ergimesidir (Vroon vd., 1993; Elliott vd., 1997; Elburg vd., 2002; Smith vd., 2008). Yay magmaları, yiten okyanusal kabuğun ve akışkanların etkisiyle metasomatize olmuş litosferik mantonun kısmi ergimesi sonucu oluşabilmektedir (Elburg vd., 2002; Bindeman vd., 2005; Greene vd., 2006).

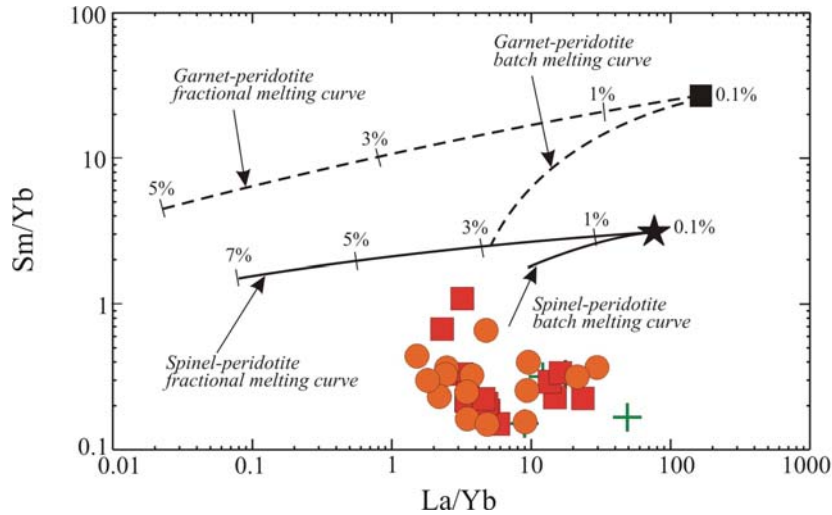
Borçka (Artvin) yöresi volkanitleri, % 2-10 arasında MgO (Mg numarası= 28-48), 3-83 ppm arasında Ni ve 21-316 ppm arasında değişen Cr değerlerine sahiptir. Bu değerler Borçka volkanitlerinin ilksel bileşime sahip bazaltik kayalara göre oldukça farklılaştıklarını göstermektedir (Mg numarası >70, Ni>200 ppm, Cr>400ppm; Perfit vd., 1980; Seghedi vd., 2001; Green vd., 2004; Best, 2006).

Yitim ilişkili volkanik yaylarda düşük Zr/Y ve yüksek Zr/Nb oranları (Menzies ve Kyle, 1990) genellikle yüksek dereceli kısmi ergimeyi gösterirken, Borçka volkanitleri düşük Zr/Y (2-5) ve orta Zr/Nb (12-35) oranlarına sahiptir (Şekil 4.11). Bu değerler, incelenen volkanitlerin ana magmasının orta derecede bir kısmi ergimeyle oluşmuş bir manto kaynağı olduğunu işaret etmektedir. Volkanik yay ortamlarındaki kısmi ergime oranı genellikle yiten kabuğun kalınlığına ve ergime miktarına bağlıdır ve bu miktar % 2-8 ile %10-25 arasında değişmektedir (Plank ve Langmuir, 1998).

Magmatik sistemlerde La/Yb oranı da, kısmi ergime tarafından kontrol edilen önemli bir parametredir. Düşük La/Yb oranı yüksek kısmi ergime derecesini ve kalıntı spinel varlığını işaret ederken, yüksek La/Yb oranı da düşük kısmi ergime derecesi ve garnet kalıntı dengesini göstermektedir. Bu sebeple kayalarda gözlenen göreceli olarak düşük La/Yb ve kısmen tüketilmiş ANTE bollukları, kayaların spinel içeren bir manto kayacının nisbeten düşük dereceli kısmi ergimeye uğramış olmasından kaynaklanmış olabilir. Shaw (1970)'in fraksiyonel ve batch kısmi ergime eşitlikleri kullanılarak yaptığı NTE modellemesi, Borçka volkanitlerinin spinel-peridotit bileşimli bir manto malzemesinden itibaren % 1 ile 4 arasında değişen kısmi ergimeyle oluştuklarını önermektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.11. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerine ait bazaltik kayaçların (a) Zr / Nb' karşı Zr / Y diyagramı (Menzies ve Kyle, 1990), P: Plume, N: Normal, ve T: Geçişli Okyanus Ortası Sırtı Bazaltlı alanları, Le Roex (1987)'den alınmıştır (Semboller Şekil 3.39'daki gibidir).



Şekil 4.12. Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanitlerinin Shaw 1970'e göre La/Yb oranına karşın Sm/Yb oranı fraksiyonel ve batch ergime değişim diyagramındaki konumları, garnet ve spinel peridotitin La, Sm ve Yb oranları sırasıyla Frey, 1980 ve McDonough, 1990'dan, spinel-peridotitin modal mineralojisi Wilson, 1989'dan ve ayrımlanma katsayıları ise Fujimaki vd., 1984, McKenzie ve O'Nions, 1991 ve Rollinson, 1993'ten; garnet-peridotitin modal mineralojisi Wilson, 1989, ayrımlanma katsayısı Irving ve Frey, 1978, Fujimaki vd., 1984 ve Rollinson, 1993'ten alınmıştır (Semboller Şekil 3.39'daki gibidir).

Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin kısmi ergime oranını belirlemek için volkanitlerin en bazik üyesi olarak A16 nolu bazalt örneği dikkate alınmıştır (Tablo 3.1 ve 3.2).

Buradan hareketle volkanitlerin ana kaynağını ve kısmi ergime miktarını belirlemek için, "Batch Kısmi Ergime" modeli kullanılmıştır. Bu modelin esası,

$$C_L = C_o / [D_o + F \cdot (1 - P_o)] \quad 4.1$$

$$D_o = \sum X_\alpha D_\alpha \quad 4.2$$

$$P_o = \sum X_\alpha P_\alpha \quad 4.3$$

C_L = Elementin ergiyikteki konsantrasyonu (ppm),

C_o = Elementin ilksel katı kaynak malzemedeki konsantrasyonu (ppm)

X_α = Erime sonucu oluşan ergiyiğin katı kaynak malzemeden diyapirik olarak yükselmeye başladığı anda kalıntı katı kaynaktaki α mineral fazının yüzdesi,

D_α = İlgili elementin α minerali için kristal-ergiyik ayrımlanma katsayısı,

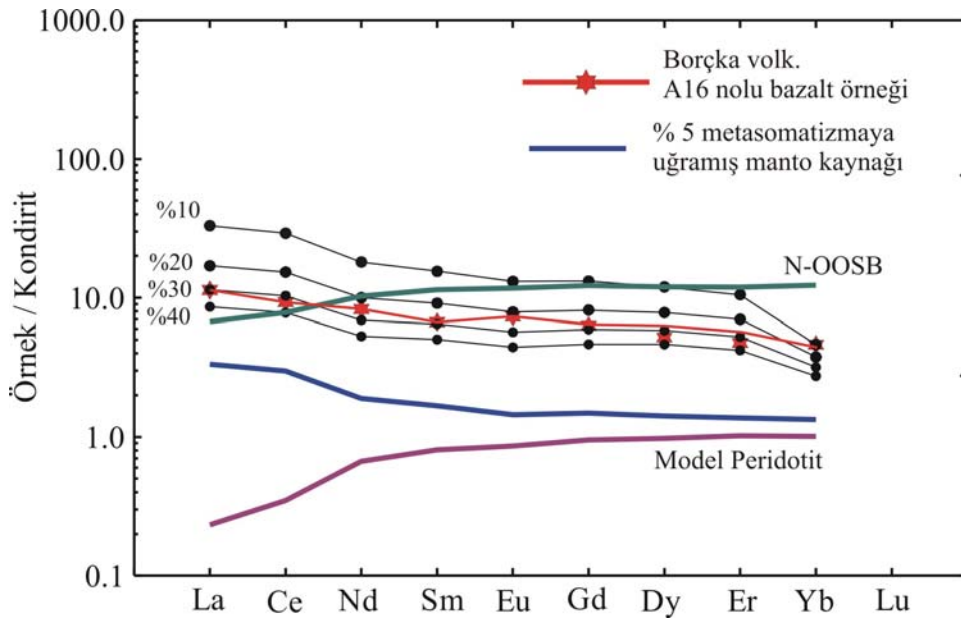
P_α = Ergiyiğe geçen α mineral fazının oranı,

F = Kısmi ergime miktarı (%)

formülüne dayanır. D_o ve P_o için hesaplamalar Tablo 4.1'deki gibi yapılır. Kısmi ergime modellemesinin sonuçları ve detaylı açıklamaları Tablo 4.1'de verilmiştir. Modelde metasomatizma sonucu zenginleşmiş, spinel-lerzolitik bileşimli manto kaynağı kullanılmıştır. Bu manto modal bileşimi (Ol:%70; Opir:%18; Kpir:%10 ve Sp: %2) ve ergime oranları (Ol:-0.2; Opir:0.25; Kpir:0.83 ve Sp:0.02) Şen (1994) ve Kelemen vd. (1990)'den; dağılım katsayıları ise Kelemen vd (1990), Hart ve Dunn (1993) ve Şen (1994)'den, kondrit normalize değerleri ise Taylor ve McLennan (1985)'dan alınmıştır.

Borçka (Artvin) volkanitlerine ve farklı kısmi ergime derecelerine sahip ilksel magmaya Batch kısmi ergime modeli (Formül 4.1, 4.2 ve 4.3) uygulanarak elde edilen değerlerin kondritlere göre normalize edilmiş nadir toprak element değişimleri karşılaştırılmıştır. Hesaplanan değerler Tablo 4.1 ve Şekil 4.13'de verilmiştir. Buna göre, volkanitlerin ana magmasının % 5 metasomatizmaya uğramış, spinel içeren lerzolitik bir manto kaynağından türeyebileceği belirlenmiştir. Borçka volkanitlerinden, A16 nolu bazalt örneğinin kısmi ergime miktarının ağır nadir toprak elementler dikkate alındığında yaklaşık % 10-20, hafif nadir toprak elementlerde ise yaklaşık % 20-30 arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.13, Tablo 4.1).

Hesaplanan değerler ve çizilen diyagrama (Şekil 4.13) göre, Borçka (Artvin) yöresinde bazik volkanitlerin ana magmasının % 5 metasomatizmaya uğramış manto kaynağından yaklaşık % 15-25 kısmi ergimeyle oluşmuş, spinel içeren lertzolitik bir manto olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.13). Söz konusu modele göre, incelenen bazik volkanitlerin ilksel bileşimi değişmiş olduğundan bir kısmi ergime yüzdesi yüksek çıkmış olup, gerçek değeri yansıtmamaktadır.



Şekil 4.13. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin ana magmasının belirlenmesinde kullanılan Batch kısmi ergime modeli (spinel-lertzolit kaynağının değişik derecelerdeki kısmi ergimeye uğratılmasıyla oluşturulan ergiyiğin kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları) (spinel-lertzolit mantonun modal bileşimi ve ergime oranları Şen (1994) ve Kelemen vd. (1990)'den; ayrımlanma katsayıları, Kelemen vd (1990), Hart ve Dunn (1993) ve Şen (1994)'den; N-Tipi OOSB'nin değerleri, Sun ve McDonough (1989); kondrit normalize değerleri ise Taylor ve McLennan (1985)'den; model peridotit değerleri, Şen (1994)'den alınmıştır).

Tablo 4.1. Borçka (Artvin) yöresi ilksel bazik volkanik kayalar temsil eden, A16 nolu bazalt örneği için uygulanan Batch Kısmi Ergime modellemesi (spinel-lerzolit kaynağının değişik derecelerdeki kısmi ergimeye uğratılmasıyla oluşturulan ergiyiğin kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları).

NT	Model Peridotit	%5 met. Manto (C ₀)*	Ol (Kd1)	Opir (Kd2)	Kpir (Kd3)	Sp (Kd4)	Do	Po	Model Peridotit	N-OOSB	Borçka volk. (Bazalt,A16)	Kondirit
E												
La	23.10	1.24	0.000007	0.0025	0.0536	0.00	0.005815	0.045112	0.086	2.5	4.2	0.367
Ce	50.70	2.85	0.00001	0.005	0.0858	0.00	0.009487	0.072462	0.332	7.5	8.9	0.957
Nd	17.90	1.34	0.00007	0.01	0.1873	0.00	0.020579	0.157945	0.473	7.3	5.9	0.711
Sm	4.20	0.39	0.0007	0.02	0.291	0.00	0.03319	0.24639	0.186	2.63	1.5	0.231
Eu	1.10	0.13	0.00095	0.03	0.322	0.00	0.038265	0.27457	0.075	1.02	0.6	0.087
Gd	3.50	0.45	0.0012	0.04	0.361	0.00	0.04414	0.30939	0.286	3.68	1.9	0.306
Dy	3.70	0.54	0.004	0.05	0.442	0.00	0.056	0.37856	0.370	4.55	2.0	0.381
Er	2.00	0.34	0.009	0.11	0.387	0.00	0.0648	0.34691	0.254	2.97	1.2	0.249
Yb	1.90	0.33	0.23	0.11	0.43	0.00	0.2238	0.3384	0.250	3.05	1.2	0.248

Hesaplanan C _L değerleri							Kondrite normalize edilmiş C _L değerleri					
NTE	C _L (F=0.05)	C _L (F=0.1)	C _L (F=0.2)	C _L (F=0.3)	C _L (F=0.4)	C _L (F=0.5)	C _L (F=0.05)	C _L (F=0.1)	C _L (F=0.2)	C _L (F=0.3)	C _L (F=0.4)	C _L (F=0.5)
La	23.09	12.21	6.28	4.23	3.19	2.56	62.41	32.99	16.98	11.44	8.62	6.92
Ce	51.02	27.88	14.62	9.91	7.49	6.02	53.32	29.13	15.27	10.35	7.83	6.29
Nd	21.45	12.83	7.11	4.92	3.76	3.04	30.21	18.07	10.02	6.93	5.30	4.29
Sm	4.46	3.56	2.10	1.49	1.16	0.94	23.72	15.49	9.14	6.48	5.02	4.10
Eu	1.69	1.14	0.69	0.49	0.38	0.31	19.47	13.10	7.91	5.67	4.42	3.62
Gd	5.68	3.95	2.45	1.78	1.39	1.15	18.93	13.15	8.17	5.92	4.65	3.82
Dy	6.16	4.54	2.98	2.21	1.76	1.46	16.21	11.95	7.83	5.82	4.64	3.85
Er	3.50	2.62	1.75	1.31	1.05	0.87	14.06	10.53	7.01	5.26	4.20	3.50
Yb	1.29	1.15	0.93	0.79	0.68	0.60	5.22	4.62	3.76	3.17	2.74	2.42

Not: Ol:Olivin, Opir: Ortopiroksen, Kpir:Klinopiroksen, Sp: Spinel, Do: Peridotit modlarından hesaplanan toplam dağılım katsayısı; Po:Peridotitin ergime oranlarından hesaplanan iz elementlerin toplam dağılım katsayısı; Co*: % 5 metazomatizmaya uğramış tüketilmiş manto; kondrit değerleri Taylor ve McLennan, 1985; N-OOSB değerleri Sun ve McDonough, 1989; Dağılım katsayıları, model peridotit değerleri Kelemen vd. 1990; Hart ve Dunn, 1993; Şen, 1994'den alınmıştır.

4.2.2. Ayrımlaşma (Fraksiyonel Kristalleşme) ve Özümleme

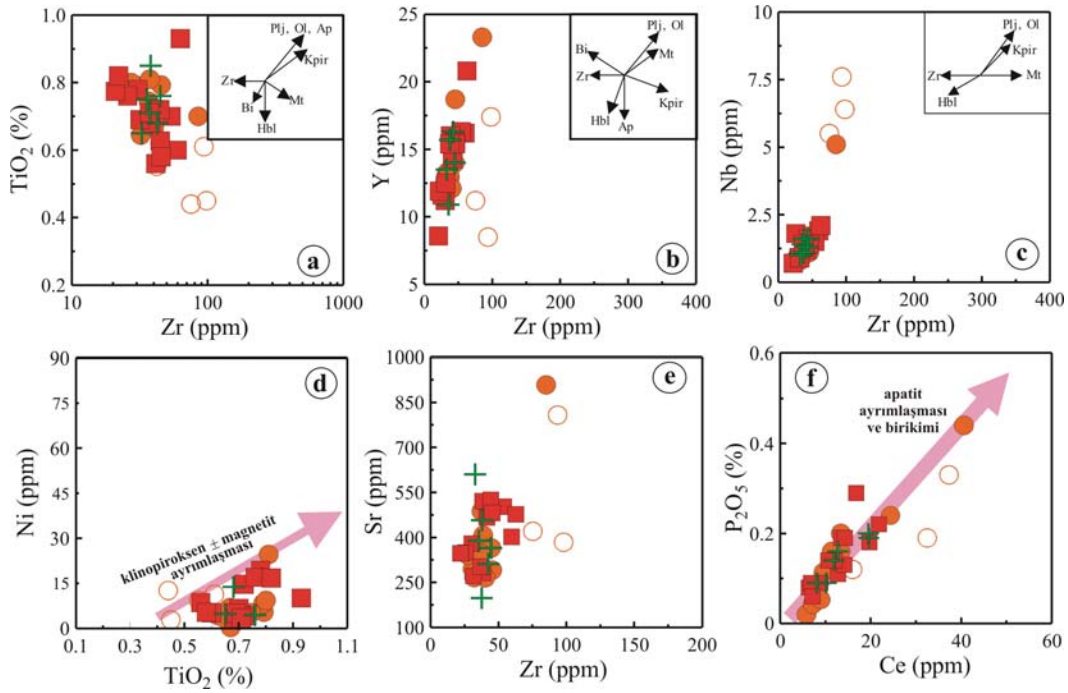
Borçka (Artvin) volkanitleri düşük MgO, Ni ve Co içeriklerine sahiptirler. Ana ve iz element değişim diyagramları volkanitlerin oluşumunda ayrımlaşmanın etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 3.43 ve 3.44). Borçka yöresi volkanitlerin artan SiO₂ içeriğine karşılık TiO₂ ve Fe₂O₃* içeriklerinin giderek azalması Fe-Ti oksitlerin ayrımlaşmasına gösterirken, SiO₂'e karşı CaO, Fe₂O₃* ve MgO daki negatif ilişkiler plajiyoklas (An>50) ve klinopiroksen fazların ana magmadan ayrımlaşmışına işaret etmektedir. İncelenen volkanik kayaçların kondrite normalize edilmiş NTE dağılımlarında kayaçların Eu değerlerinde belirgin negatif anomalinin olmaması kayaçların gelişiminde plajiyoklas ayrımlaşmasının fazla etkili olmadığını göstermektedir (Şekil 3.47). Aydın vd., 2008, yaptıkları çalışmada negatif Eu anomali olmayışının ayrımlaşmanın >5 kbar lık basıçta gerçekleştiğini ve bununla alt kabukta >15 km derinliğe karşılık geldiğini belirtmişlerdir. Aynı durum Borçka volkanitlerinde de görülmektedir. Ana ve iz element değişim diyagramları kayaçların gelişiminde klinopiroksen, hornblend, Fe-Ti oksit, plajiyoklas ve apatit mineral ayrımlaşmasının önemli rol oynadığını göstermektedir.

Borçka (Artvin) yöresindeki volkanitlerin ana oksit ve iz element çiftlerinden (Zr-TiO₂, Zr-Y, Zr-Nb, TiO₂-Ni, Zr-Sr, Ce-P₂O₅) yararlanılarak kayaçların gelişimi esnasında etkili olan mineral ayrımlaşması ve birikimini yansıtabilecek diyagramlar çizilmiştir. Artan Zr karşı azalan TiO₂ içerikleri hornblend, klinopiroksen, magnetit ayrımlaşmasına işaret etmektedir (Şekil 4.14). Artan Zr ile pozitif ilişki gösteren Y ve Nb ise, volkanitlerin gelişiminde hornblend, klinopiroksen, magnetit ve plajiyoklas ayrımlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 3.61b ve c). TiO₂ ile Ni arasındaki pozitif ilişki klinopiroksen ± magnetit ayrımlaşmasının, artan Zr karşı Sr azalması plajiyoklas ayrımlaşmasının, Ce ile P₂O₅ arasındaki pozitif ilişkinin ise apatit ayrımlaşması ve birikiminin kayaçların gelişiminde önemli ayrımlaşma fazlarının olduğunu göstermektedir (Şekil 3.61d, e ve f).

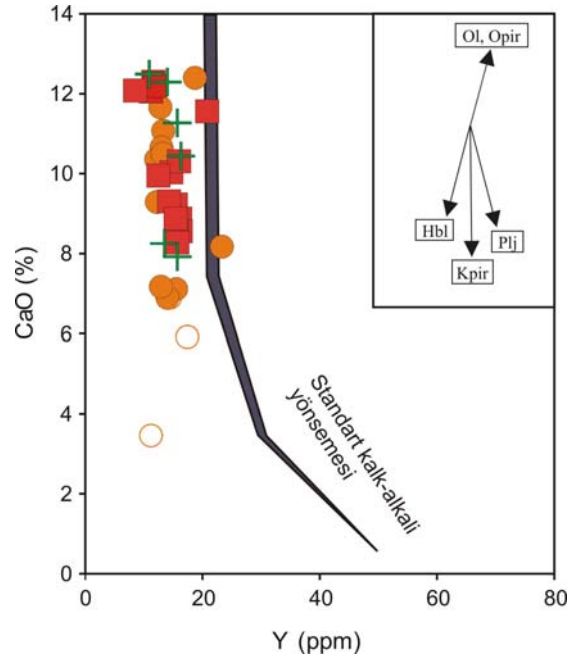
Lambert ve Holland (1974) kalk-alkali kayaçlarda, Y (ppm) elementinin zenginleşmesine ve fakirleşmesine bağlı olarak, J- ve L-tipi olmak üzere değişik farklılaşma yönsemeleri belirlenmiştir (Şekil 4.15). Buna göre Borçka volkanitleri, standart kalk-alkali yönsemesine yakın veya biraz daha düşük Y içeriklerine sahip olup, zayıf J-tipi bir yönseme sunarlar. Bu diyagrama göre, Borçka yöresi bazik dayk kayaçların gelişiminde klinopiroksen, Borçka bazaltı kayaçlarının gelişiminde klinopiroksen kontrollü bir

yarımlaşma söz konusu iken, Civanköy Üyesi kayaçlarının gelişiminde ilk önce klinopiroksen kontrollü, daha sonra da hornblend kontrollü bir ayrımlaşmanın etkisinin olduğu görülmektedir (Şekil 4.15).

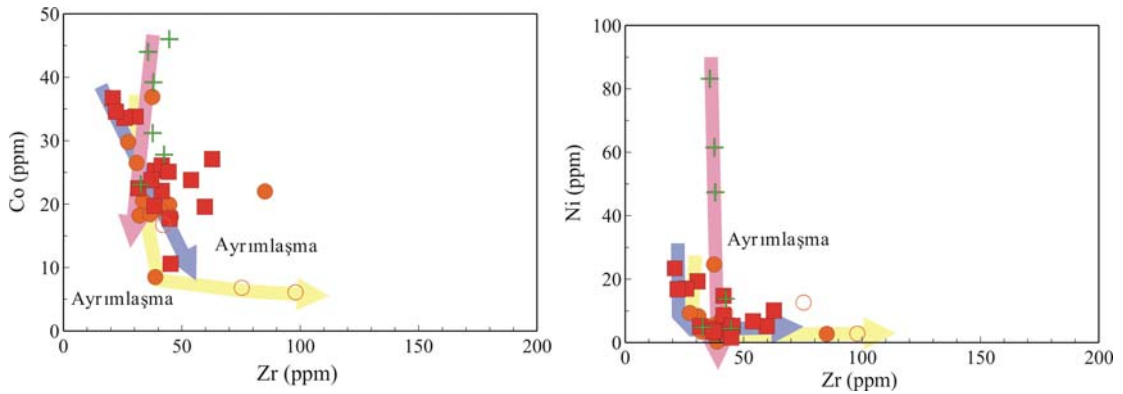
Şekil 4.16'te Zr karşı Co ve Ni arasındaki negatif değişimler Borçka yöresi yüzeyleme veren bazaltik dayk, Borçka bazaltı ve Civanköy Üyesi volkanik kayaçlarının gelişiminde ayrımlaşmanın rolüne işaret etmektedir. Borçka volkanitlerinin artan $Fe_2O_3^*/MgO$ oranına karşı azalan CaO/Al_2O_3 oranı, ana magmadan klinopiroksen ayrımlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 4.17a). Ayrıca, azalan CaO/Na_2O karşı artan Al_2O_3 oranı, bazaltik dayk ve Borçka bazaltı kayaçlarının gelişiminde klinopiroksen ayrımlaşmasının etkisi gösterirken, aynı diyagramda Civanköy Üyesi bazaltik breşler de klinopiroksen ayrımlaşması etkili iken, andezitik breşlerde plajiyoklas ayrımlaşmasının etkili olduğu görülmektedir (Şekil 4.17b).



Şekil 4.14. İncelenen volkanitlerdeki ana oksit ve iz element çiftlerinden yararlanılarak çizilen mineral ayrımlaşması ve birikimini yansıtan değişim diyagramları (Vektörler, mineral ayrımlaşmasını ve birikimini göstermekte olup, Pearce ve Norry, 1979'e göredir) (Semboller Şekil 3.39'daki gibidir)

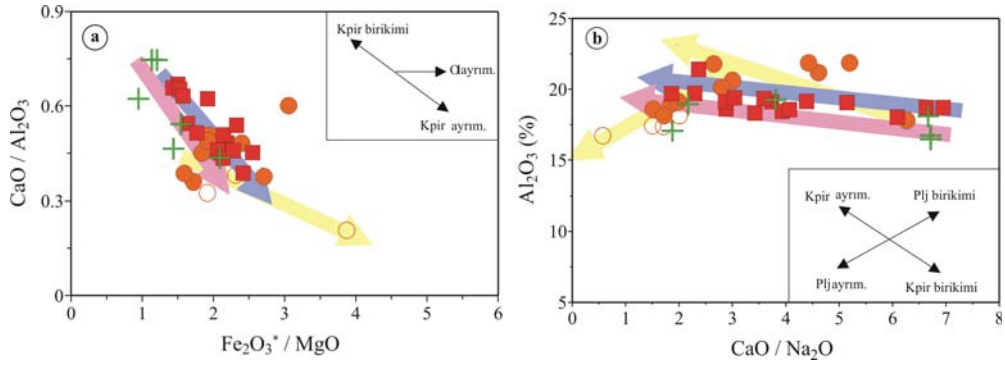


Şekil 4.15. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin Y (ppm)'a karşı CaO (%) diyagramı (Lambert ve Holland, 1974; Vektörler, bazaltik bileşim için minerallerin ayrışma yönlerini göstermektedir (Semboller Şekil 3.39'daki gibidir)



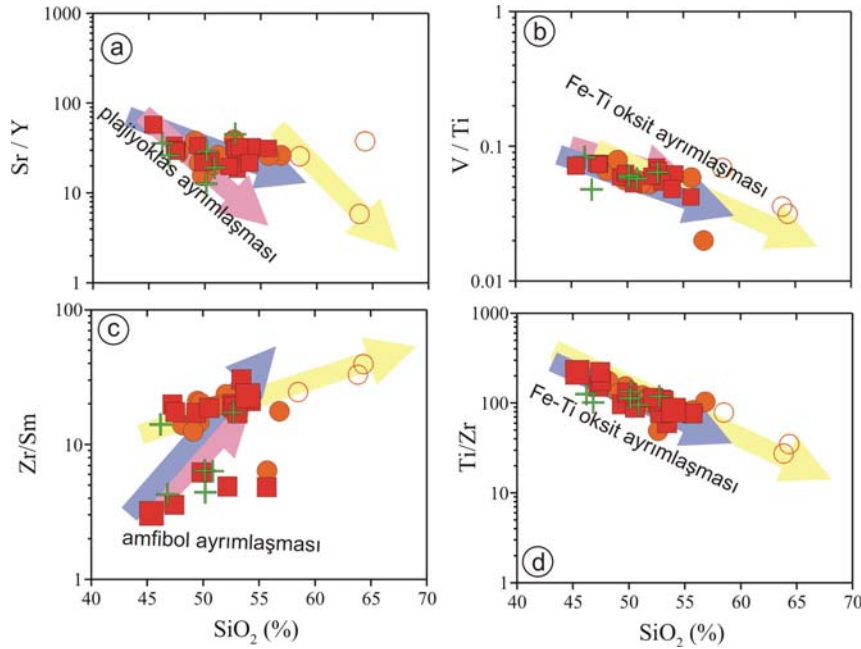
Şekil 4.16. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin Zr (ppm)'a karşı Co (ppm) ve Ni (ppm) değişimleri (Semboller Şekil 3.39'daki gibidir)

SiO₂ artışına karşı Sr/Y oranının azalması plajiyoklas ayrışması ile ilişkilendirilmektedir (Şekil 4.18a). Şekil 3.65a da Borçka yöresi volkanik kayalarından bazik dayk ve Borçka bazaltı kayalarında plajiyoklas ayrışmasının çok fazla bir etkisi yokken, Civanköy Üyesi içindeki andezitik örneklerde plajiyoklas ayrışması etkindir. SiO₂'ye karşı Ti/Zr ve V/Ti oranlarındaki azalış volkanik kayalarda Fe-Ti oksitlerin



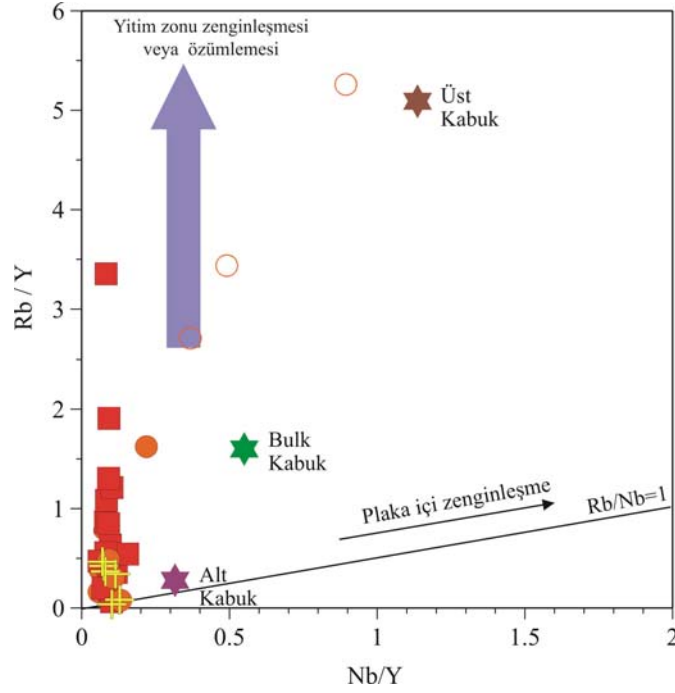
Şekil 4.17. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin (a) $Fe_2O_3^*/MgO$ karşı CaO/Al_2O_3 ve (b) CaO/Na_2O karşı Al_2O_3 (%) değişim diyagramları (Vektörler, minerallerin ayrılma yönlerini göstermektedir; semboller Şekil 3.39'daki gibidir)

ayrışmasını göstermektedir (Şekil 4.18b ve d; Pearce ve Norry, 1979; Nielsen vd., 1994). Sm'a göre Zr oranındaki zenginleşme amfibol ayrışmasına dayandırılmaktadır (Şekil 4.18c; Thirlwall vd., 1994). Zr/Sm oranı ojit ve magnetit ayrışması içinde kullanılabilir (Tribuzio vd., 1999).



Şekil 4.18. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin iz element oranlarına karşılık SiO_2 (%) diyagramları, (a) Sr/Y karşı SiO_2 (%) diyagramı plajiyoklas ayrışmasını, (b ve d) V/Ti ve Ti/Zr diyagramları Fe-Ti oksit ayrışmasını, (c) Zr/Sm değişimi ise öncelikle amfibol ayrışmasını göstermektedir (semboller Şekil 3.39'daki gibidir)

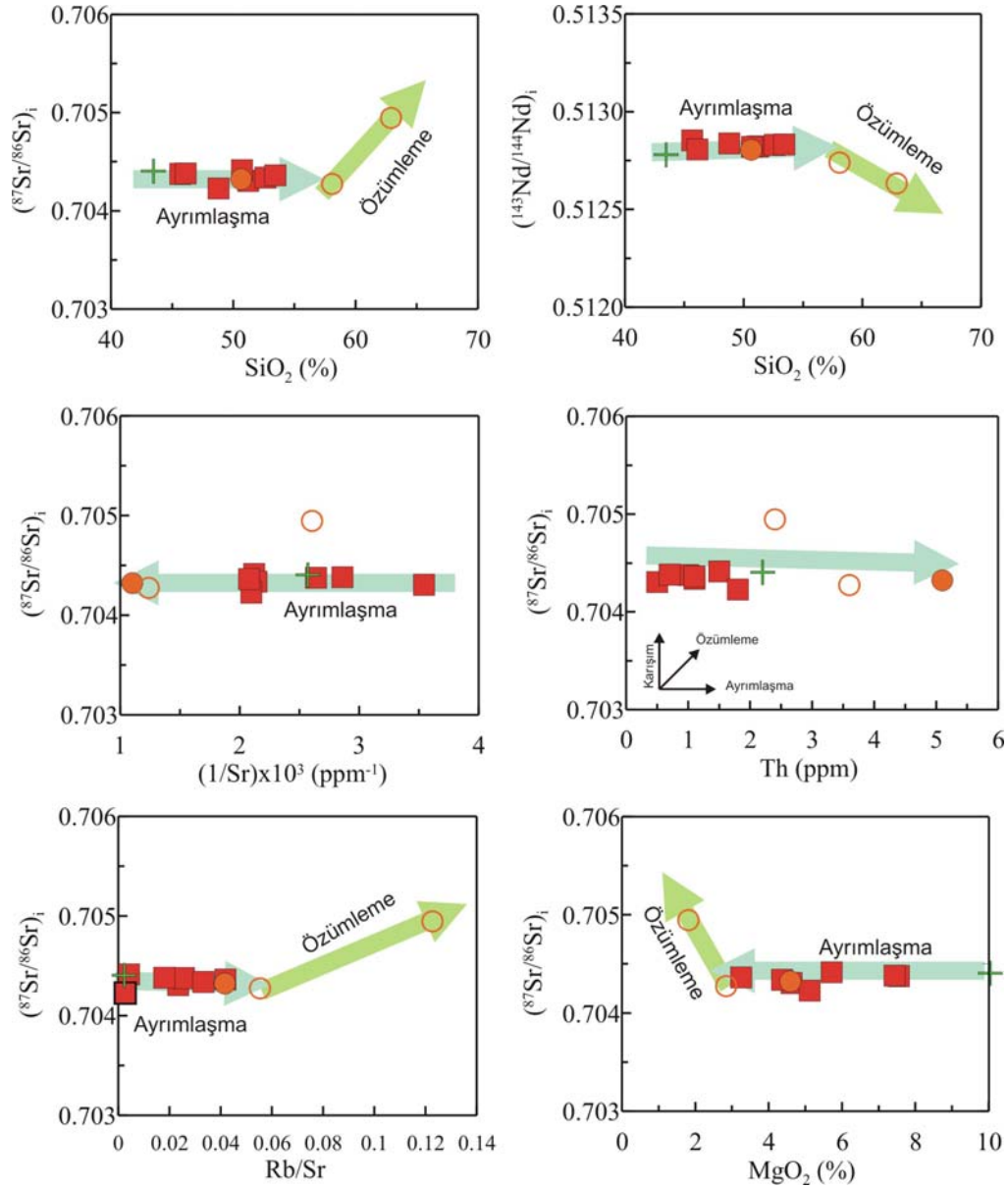
İncelenen Borçka volkanitlerinin yitim zonu zenginleşmesi ve/veya kabuk özümlemesi ve ayrışması arasındaki ilişki, Nb/Y'ye karşı Rb/Y gibi iz element oranlarının kullanıldığı diyagramda açıklanabilir (Şekil 4.19). Bu diyagramda, Borçka yöresi volkanitleri yitim zonu zenginleşmesi veya kabuk kirlenmesini belirten düşey yösemelere sahiptir.



Şekil 4.19. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin Nb/Y'ye karşı Rb/Y diyagramı. Üst kabuk, bulk kabuk, alt kabuk bileşimleri, Taylor ve McLennan (1985)'den alınmıştır (Semboller Şekil 3.39'deki gibidir)

Temizel ve Arslan (2003, 2005), Doğu Pontidlerdeki Tersiyer volkanitlerinin en önemli özelliği olarak ilksel mantonun yay kabuğu tarafından kirlenmesi olduğunu savunmuşlardır. Temizel (2008) Pontidlerin güneyinde yer alan Tersiyer volkanitlerinde yapmış olduğu AFC modellemesinde özümleme/ayrışma oranını $r \leq 0.2$ olarak bulmuş ve Ulubey (Ordu) yöresi volkanitlerinin gelişiminde AFC süreçlerinin önemli bir rol oynamadığını ifade etmiştir. Borçka volkanitlerinin gösterdiği negatif Nb-Ta ve pozitif Pb anomalileri yitim işaretinin yanında volkanitlerinin gelişim süreçlerinde azda olsa özümlemenin olabileceğini düşündürmektedir.

Borçka volkanitlerinde ayırılma ve özümleme olaylarının rolünü belirlemek için Sr ve Nd izotop oranlarına karşı SiO₂, MgO, Th, Sr ve Rb/Sr diyagramları çizilmiştir (Şekil 4.20). Pozitif ve negatif yönlere magmanın AFC süreçlerinden etkilendiğini gösterirken, düze yakın eğilimler ayırılmanın etkisini göstermektedir.



Şekil 4.20. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ ve $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i$ karşı SiO₂, MgO, Th, Sr ve Rb/Sr değişim diyagramları (Semboller Şekil 3.39'deki gibidir)

4.2.2.1. En Küçük Kareler yöntemi (Σr^2) ile Ayrışma Modeli

Volkanik kayaların gelişiminde etkili olan ayrışmayı sayısal olarak ortaya koymak ve modellemek için tüm kayaç ve mineral ana element analizlerinden yararlanılmaktadır. Söz konusu sayısal hesaplamaların yapıldığı program ayrışmanın yanında, özümleme ve magma karışımı gibi diğer magmatik olayların ipuçlarını göstermesi bakımından da yararlı bilgiler sağlamaktadır.

Volkanik kayaların gelişiminde etkili olan ayrışma olaylarında hesaplanan kalıntıların kareler toplamının (ya da en küçük kareler toplamı) yani " Σr^2 " değerinin 0.5'ten küçük olması, söz konusu kayaç grupları arasındaki ayrışmanın birinci derecede etkili olduğunu ifade etmektedir. Bu değer sıfıra ne kadar yakınsa, ayrışma o kadar etkilidir. Genel olarak, ayrışmanın etkin olabilmesi için " Σr^2 " değerinin 1.20'den daha az (Kempton vd., 1987) veya 1.5 (Luhr ve Carmichael, 1980) olduğu bilinmektedir. " Σr^2 " değerinin 1.5'dan daha büyük olması durumunda ise ayrışmanın ana olay, magma karışımı ve/veya özümlemenin daha az etkili olduğu düşünülebilir. Bu değer 2'nin üzerinde olması halinde modelleme doğru değildir. Bu program yardımıyla, kayaç grupları arasında hesaplanan ayrışmanın sonuçları özet bilgi olarak Tablo 4.2'de ayrıntılı olarak ise Ek Tablo 13'te verilmiştir.

Volkanik kayalarda yer alan fenokristal ve/veya mikrofeno-kristal bileşimleri kullanılarak Borçka bazaltına ait A16 nolu bazalt örneğinden Civanköy Üyesini kayalara ayrı ayrı ayrışma modeli uygulanmıştır (Tablo 4.2 ve Ek Tablo 13).

Kayaç grupları arasındaki XLFAC modellemesine göre elde edilen Σr^2 değerleri şöyledir (Stormer ve Nicholls, 1978);

Borçka bazaltı (A16 nolu bazalt örnek) ilksel bileşiminden itibaren Civanköy Üyesi bazaltik breşlere ait bazaltik andezit bileşimindeki A79 ve A74 örneklerinin türeyebilmesi için; % 13-15 klinopiroksen + % 21-22 plajiyoklas + % 25-32 hornblend + % 4-5 magnetit ayrışmasını içeren % 68-70'lik bir ayrışma gereklidir. " Σr^2 " değeri 0.38-0.42 arasında değişmektedir (Tablo 4.2 ve Ek Tablo 13).

Borçka bazaltı (A16 nolu bazalt örnek) ilksel bileşiminden itibaren Civanköy Üyesi andezitik breşlere ait andezit bileşimindeki A33A ve A71 nolu örneklerin türeyebilmesi için; % 12-13 klinopiroksen + % 23-25 plajiyoklas + % 33 hornblend + % 5 magnetit ayrışması içeren % 72-76'lık bir ayrışma gereklidir. " Σr^2 " değeri 0.29-0.34 arasında değişmektedir (Tablo 4.2 ve Ek Tablo 13).

Borçka bazaltı (A16 nolu örnek) ilksel bileşiminden itibaren Civanköy yesi dasit bileşimindeki A64 ve A44 nolu örneklerin türeyebilmesi için; % 11-14 klinopiroksen + % 23-26 plajiyoklas + % 34-37 hornblend + % 4-5 magnetit ayrımlaşması içeren % 70-80'lik bir ayrımulaşma gereklidir. " Σr^2 " değeri, 0.21-0.73 arasında değişmektedir (Tablo 4.2 ve Ek Tablo 13).

İlksel bileşime sahip olduğu düşünülen A16 nolu bazalt örneğinden Civanköy yesi ni oluşturan bazaltik ve andezitik bileşimdeki kayaçlar arasında ayrımulaşmanın birinci derece ve en önemli etken olduğunu söyleyebiliriz. Bu kayaç grupları arasındaki ayrımulaşmalarda önemli rol oynayan mineraller, klinopiroksen, plajiyoklas, hornblend ve magnetittir (Tablo 4.2 ve Ek Tablo 13). Buna göre elde edilen XLFRAC sonuçları, Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin gelişiminde ayrımulaşmanın (FC) birinci derecede etken magmatik olay olduğunu bunun yanında magma karışımı \pm özümlemenin hesaba katılmayacak kadar az olduğu görülmüştür.

Tablo 4.2. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinde ayrımlaşmanın XLFRAC programıyla (Stormer ve Nicholls, 1978) modellenmesi

Ana Magma	Ürün Magma	Kalıntıların kareleri toplamı (Σr^2)	Ana magmadan kristallenerek ayrımlaşan minerallerin % miktarı				Ana magmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin toplam miktarı (%)	Arta kalan (ayrımlaşmayan) ana magma miktarı (%)
			Kpir	Plj	Hbl	Mgt		
Bazalt (A16 / Borçka Bazaltı)	BA (A79 / Civanköy Üyesi)	0,3816	15,36	22,58	25,11	4,57	67,61	32,39
Bazalt (A16 / Borçka Bazaltı)	BA (A74 / Civanköy Üyesi)	0,4262	13,10	20,79	31,85	3,98	69,72	30,28
Bazalt (A16 / Borçka Bazaltı)	A (A33A / Civanköy Üyesi)	0,3372	12,29	22,62	32,82	4,24	71,98	28,02
Bazalt (A16 / Borçka Bazaltı)	A (A71 / Civanköy Üyesi)	0,2948	13,11	24,88	33,12	5,17	76,27	23,73
Bazalt (A16 / Borçka Bazaltı)	Dasit (A44 / Civanköy Üyesi)	0,7320	14,31	26,90	34,58	4,96	80,75	19,25
Bazalt (A16 / Borçka Bazaltı)	Dasit (A64 / Civanköy Üyesi)	0,2172	11,46	23,99	37,30	4,95	70,70	22,30

Not: Kpir: Klinopiroksen, Plj: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend, Mgt: Magnetit, BA: Bazaltik Andezit, A: Andezit

4.3. Borçka (Artvin) Yöresi Tersiyer Volkanitlerinin Jeotektonik Ortamı

Doğu Pontidlerde Tersiyer volkanitleri birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve bu incelemeler sonucunda Tersiyer volkanizmasının evrimi hakkında pek çok veri elde edilmiştir. Borçka yöresi Tersiyer volkanitlerinde yapılan bu çalışma ile Doğu Pontid Tektonik birliği içerisinde Kuzey Zon'da ve Güney Zon'da yüzeyleme veren diğer çalışmalarla karşılaştırma yapılarak bölgedeki Tersiyer volkanizmasının gelişimi hakkında bilgiler toplanmaya çalışılmıştır. Doğu Pontidlerin Kuzey Zonu'nda (Arslan vd., 1997; şen vd., 1998; Arslan vd., 2000a; şen, 2000; Aydın, 2003; Aydın vd., 2008, 2009) ve Güney Zonu'nda (Aliyazıcıoğlu, 1999; Arslan vd., 2000b; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Temizel, 2008; Temizel ve Arslan, 2008; Temizel ve Arslan, 2009; Arslan, 2010; Kaygusuz vd., 2011; Temizel vd., 2012) alışılan volkanitlerin ana ve iz element içeriklerinin belirgin bir farklılık göstermediği aksine Tersiyer volkanizmasının Pontidlerin Kuzey ve Güney Zonu'nda benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.3).

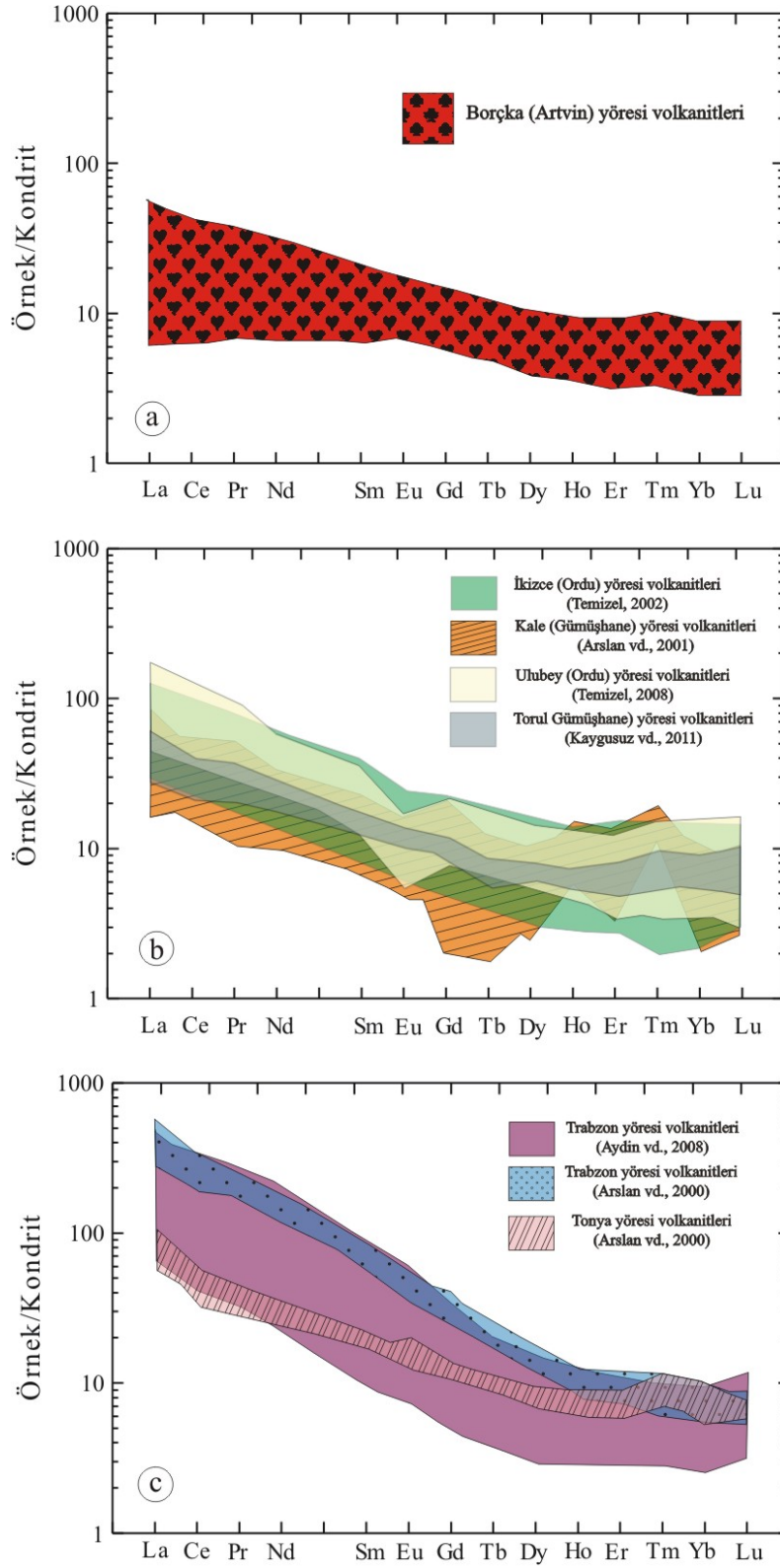
Borçka volkanitleri, Doğu Pontid Kuzey ve Güney Zon'unda yer alan volkanik kayaların petrografik ve jeokimyasal özellikleri dikkate alındığında daha çok Güney Zon'da yer alan volkanitlere benzerlik göstermektedirler. Kuzey Zon'da yer alan ve Doğu Pontid Alkalen Volkanik Provensi (şen vd., 1998) olarak tanımlanan Neojen volkanitleri ile tamamen farklı karakterde oldukları gözlenmektedir (şekil 4.21a, b, c).

Borçka volkanitlerinin tektonik ayırıtman diyagramlarında (şekil 3.47 ve 4.6) incelendiklerinde volkanik yay bazaltları alanına düşmesi, volkanitlerin oluşumuna kaynaklık eden magmanın, ilksel mantoya göre yitim bileşenince zenginleştiğini ve bu kayaların gelişiminde ayrımlaşmanın önemli bir rol oynadığını göstermektedir (şekil 4.4).

Önceki çalışmalara göre, Ba/La oranı Gümüşhane volkanitleri için 20-48, Tonya grubu için 1-17 arasında (Arslan vd., 2001), İvizce (Ordu) volkanik kayaları için 20-85 arasında (Temizel, 2008), Torul (Gümüşhane) volkanitleri için 32-63 arasında (Kaygusuz vd., 2011) değişmekteyken, Borçka (Artvin) volkanitleri için bu değer 8-122 arasında değişmekte olup tipik ada yayı volkanitlerine benzerlik sunmaktadır.

Tablo 4.3. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinin, Doğu Pontid Güney ve Kuzey Zonundaki diğer Tersiyer volkanitleri ile karşılaştırılması; mineralojik, petrografik, jeokimyasal ve izotopik olarak (İkizce ve Ulubey verileri Temizel 2008, Temizel ve Arslan, 2009'dan; Torul verileri Kaygusuz vd., 2011'den; Kale verileri Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001 ve Arslan 2010'dan; Trabzon ve Tonya verileri Arslan vd., 1997, 2000b, Şen vd., 1998, Aydın 2003 ve Aydın vd., 2008'den alınmıştır)

Zon	Güney Zon				Kuzey Zon		
Yer	Ordu Yöresi		Gümüşhane Yöresi		Artvin Yöresi	Trabzon Yöresi	
	İkizce	Ulubey	Kale	Torul	Borçka	Trabzon	Tonya
Doku	Porfirik, mikrolitik porfirik, hyalomikrolitik porfirik, entersertal, akıntı, glomeroporfirik	Mikrolitik porfirik, akıntı, hyalomikrolitik, porfirik, mikrogranüler	Porfirik, akıntı, hyaloporfirik, elek, glomeroporfirik	Mikrolitik, mikrolitik porfirik, porfirik, elek, mikrogranüler, glomeroporfirik	Porfirik, akıntı, glomeroporfirik, elekhyal omikrolitik, enter-sertal	Mikrolitik porfirik, Hyaloporfirik, glomeroporfirik, porfirik	Mikrolitik porfirik, vesiküler
Mineraloji	Diyopsit-ojit (Wo ₄₄₋₄₈ En ₄₂₋₄₃ Fs ₈₋₁₂) Plajiyoklas (An ₃₂₋₈₀) Hornblend (Mg [#] =0.48-0.81) Flogopit (Mg [#] =0.48-0.81) Olivin (Fo ₈₂₋₈₄) Magnetit, apatit, zirkon	Klinopiroksen (Wo ₂₇₋₄₈ En ₃₇₋₅₅ Fs ₁₁₋₂₅) Plajiyoklas (An ₂₃₋₈₃) Hornblend (Mg [#] =0.63-0.76) Biyotit (Mg [#] =0.63-0.82) Olivin, sanidin, titanomagnetit, apatit	Ojit, Plajiyoklas Hornblend Biyotit Magnetit Kuars	Klinopiroksen (Wo ₄₃₋₄₆ En ₄₁₋₄₃ Fs ₁₀₋₁₅) Plajiyoklas (An ₂₋₄₄) Hornblend (Mg [#] =0.78-0.98) Biyotit Kuars Sanidin	Klinopiroksen (Wo ₃₈₋₄₆ En ₃₈₋₄₄ Fs ₈₋₁₇) Plajiyoklas (An ₃₁₋₉₃) Hornblend (Mg [#] =0.57-0.72) titanomagnetit apatit	Ojit (Wo ₄₄₋₄₆ En ₃₆₋₃₈ Fs ₁₄₋₁₆) Plajiyoklas (An ₅₂₋₆₅) Analsim Olivin (Fo ₇₇₋₉₁) Biyotit (Mg [#] =0.69-0.84) Hornblend (Mg [#] =0.65-0.75) flogopit, sanidin, nefelin	Ojit (Wo ₄₀₋₄₄ En ₃₅₋₄₀ Fs ₁₂₋₁₆) Plajiyoklas (An ₅₅₋₆₂) Olivin (Fo ₉₀₋₉₂) Apatit Fe-Ti oksitler
Kayaç	Bazaltik andezit Andezit porfir Bazalt ve piroklastitleri	Trakibazalt Trakidasit-dasit Trakiandezit, andezit Trakidasit, riyolit	Andezit Bazalt Tüf anglomera	Bazaltik andezit Andezit Trakiandezit Trakidasit	Bazalt Bazaltik andezit Bazaltik trakiandezit andezit	Alkali bazalt, tefrit, tefritik fonolit, bazanit Fonolitik tefrit, bazalt, Trakibazalt, riyolit trakiandezit	Alkali bazalt ve piroklastitleri
Jeokimya	-kalk-alkalin, toleyitik-alkali geçişli -orta K -(La/Lu) _{cn} = 7-24	-toleyitik-alkalin-kalk-alkalin -orta-yüksek K -(La/Lu) _{cn} = 7-28	-kalk-alkalin -orta K -(La/Lu) _{cn} = 2-12	-kalk-alkalin -orta-yüksek K -(La/Lu) _{cn} = 4-10	-toleyitik/kalk-alkalin -düşük-orta K -(La/Lu) _{cn} = 1-7	-Alkalin -(La/Lu) _{cn} = 40-59	-Alkalin -(La/Lu) _{cn} = 6-9
$\frac{^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}}{^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}}_i$		0.70435-0.70503 0.51256-0.51275		0.70457-0.70511 0.51264-0.51278	0.70423-0.70511 0.51266-0.51288	0.70502-0.70564 0.51266-0.51271	
Yaş		⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar yöntemi (hornblend) 44.6-49.4 My 15.1 My	U-Pb zirkon 45.8±1.2 My	K-Ar yöntemi (hornblend) 43.99±2.59 My 33.45±2.32 My	⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar yöntemi (hornblend) 45.0±2.0 My 38±1.3 My	K-Ar yöntemi (biyotit) 5.1±1.30 My 3.2±2.3 My	



Şekil 4.21. Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanitlerine ait kondrite normalize edilmiş NTE dağılımları, (a) Borçka (Artvin) yöresi, (b) Doğu Pontid Güney Zonu, (c) Kuzey Zonu Tersiyer volkanitleri (normalize değerler, Boynton (1984)'ten alınmıştır)

Doğu Pontidler, Geç Mezozoyik-Erken Tersiyer'de doğu batı uzanımlı bir magmatik yay durumundadır (Şekil 1.3). Bu yay Neotetis okyanusal kabuğunun Avrasya plakasının altına doğru kuzey yönlü yitimi sonucu oluşan ada yayının, Paleosen'de daha güneydeki Anatolid-Torid platformu ile çarpışması sonucu oluşan bir magmatik kuşak olarak yorumlanmaktadır (Yılmaz vd., 1997; Okay ve Şahintürk 1997). Bu nedenle magmatik kuşaktaki volkanitlerin petrojenezi Pontidler'in jeodinamik gelişimi ve Akdeniz tektonik sistemi ile yakından ilişkilidir (Tokel, 1995; Robinson vd., 1995; Okay ve Şahintürk, 1997; Şengör ve Yılmaz, 1981; Robertson ve Dixon, 1984; Harangi vd., 2006). Neotetis okyanusunun tamamen kapanması kuzeydeki Pontid yayı ile güneydeki Torid-Anatolid platformunun çarpışması ile sonuçlanmıştır. Bu süreç içerisinde yitimin ne zaman başladığı ve Pontidler ile Anatolid-Torid arasındaki çarpışmanın ne zaman meydana geldiği tartışmalıdır (Tokel, 1977; Akın, 1978; Robinson vd., 1995; Boztuğ vd., 2004). Bazı yazarlara göre (Adamia vd., 1977; Kazmin vd., 1986) Doğu Pontid yayı altına doğru yitim Jura'da, diğer bazılarına (Şengör ve Yılmaz, 1981; Görür 1988) göre ise Kretase'de başlamıştır. Orta-Eosen çökellerinin Jura ve Kretase yaşlı kayalar üzerine açılmal bir uyumsuzlukla gelmesi, Paleosen-Erken Eosen aralığında Pontidler'in deniz seviyesi üzerine çıktığı şeklinde yorumlanmıştır (Okay ve Şahintürk, 1997). Magmatik aktivitenin başlama zamanı, bileşimi ve yitimin mekanizması, çeşitli araştırmacılar tarafından yapısal gözlemler, radyometrik yaş tayinleri ve jeokimyasal analizler ışığında tartışılmıştır. Doğu Pontidler'in yükselmesi ve kabuksal kalınlaşma ile sonuçlanan yay-kıta çarpışması; bazı araştırmacılara göre Erken Paleosen-Eosen (65 My; Elmas 1995; Gedik vd., 1996; Okay vd., 1997; Okay ve Şahintürk, 1997) zamanında, bazılarına göre ise Paleosen-Erken Eosen (55 My; Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz vd., 1997; Okay ve Şahintürk, 1997; Boztuğ vd., 2006, 2007; Topuz vd., 2011; Karlı vd., 2011a) zamanında gerçekleşmiştir (Şekil 4.2a, b ve c). Tokel (1977), Akın (1979) ve Robinson vd., (1995)'e göre ise Orta Eosen volkanitleri yitimle ilişkilidir ve çarpışma Oligosen (30 My)'de gerçekleşmiştir.

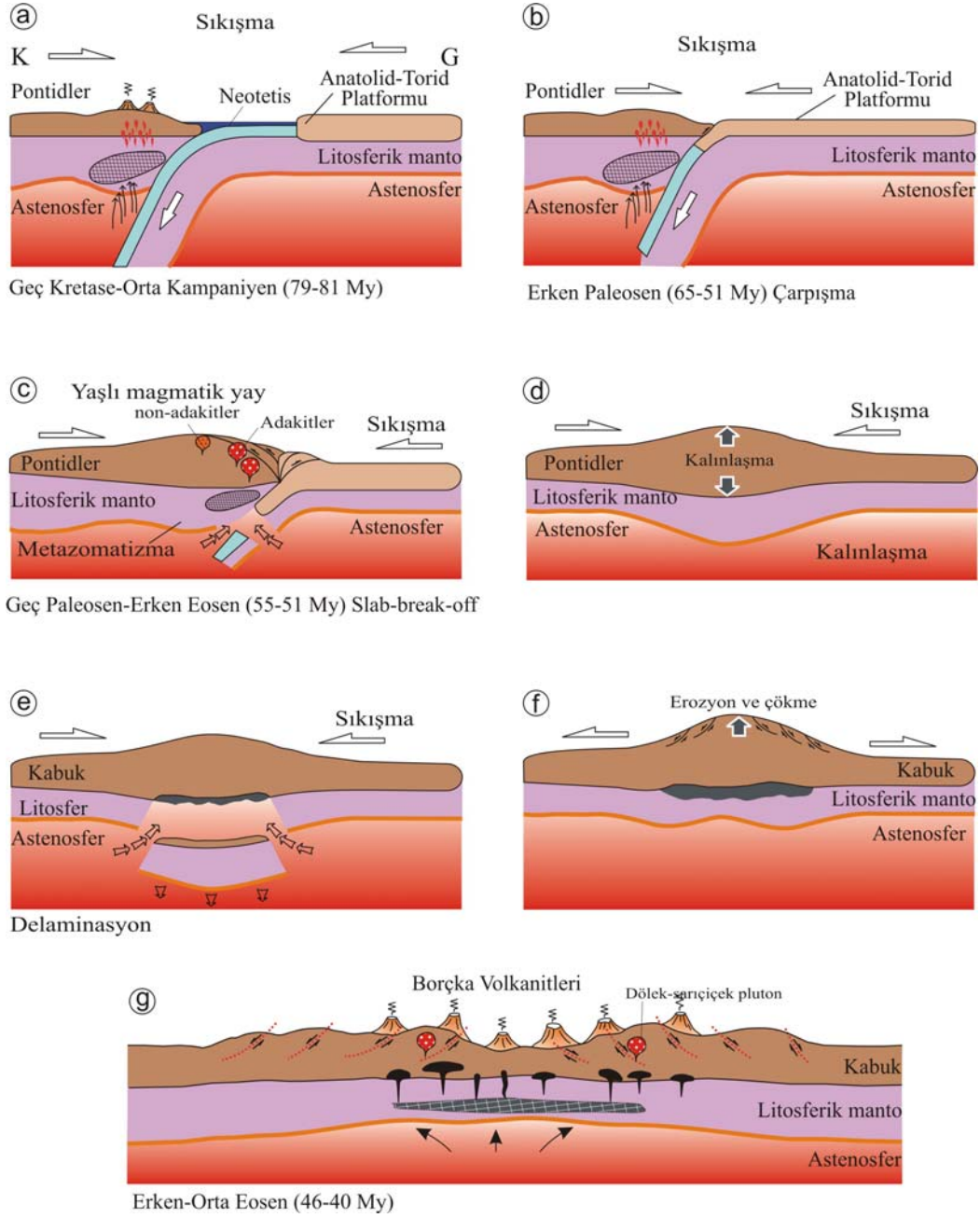
Yukarıda belirtilen görüş farklılıklarına rağmen, Orta Eosen magmatizmasının çarpışma sonrası orojenik kuşakta meydana gelen ekstansiyonel tektonizma ile ilgili olduğu hususunda önemli bir görüş birliği vardır (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Boztuğ vd., 2004; Topuz vd., 2005; Boztuğ ve Harlavan, 2008; Karlı vd., 2007; Aydın vd., 2008; Kaygusuz vd., 2011; Temizel vd., 2012). Yitimle ilişkili solusyonlar tarafından daha önce metasomatizmaya uğratılmış manto ve alt kabuk kökenli magmaların karışımı Orta Eosen magmatizmasını oluşturmuştur (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Karlı vd., 2007). Borçka

(Artvin) yöresi volkanitlerin tüm kayaç jeokimyası ve izotopik karakteristikleri, bu kayaçları oluşturan köken magmanın yitim bileşenli akışkanlarla metasomatize olmuş litosferik mantonun kısmi ergimesiyle oluşabileceğini göstermektedir.

Litosferik mantonun kısmi ergimesi iki farklı nedenden dolayı olmaktadır. Bunlar; (1) ekstansiyon veya aşınmaya bağlı adiyabatik basınç ferahlaması, (2) astenosferik yükselime bağlı ısı artışı. Bölgedeki Orta-Geç Eosen magmatizmasının her iki mekanizmanın bir kombinasyonu sonucu oluşmuş olabileceği öngörülmektedir. Kısmi ergime için gerekli ısı akısı, çarpışma sonrası kalınlaşan kabuğun aşınması veya orojenin normal faylar ile çökmesi sonucu gelişen astenosfer yükselimi ile sağlanmış olabilir (Şekil 4.22d, e ve f). Benzer modeller, Doğu Anadolu'da Pearce vd. (1990), Batı Anadolu'da Aldanmaz vd. (2000), Altunkaynak ve Dilek, (2006), Orta Anadolu'da İlbeyli vd. (2004), Keskin vd. (2008) ve Doğu Pontidler'de Aslan, (2010), Kaygusuz vd., (2011), Temizel vd., (2012), Karlı vd., (2011a, 2011b) tarafından öngörülmüştür.

Orojenik kuşaklarda çarpışma sonrası ısı akısı artışı; (1) slab-breakoff (Davies ve von Blanckenburg, 1995), (2) delaminasyon (Bird, 1979; Kay ve Kay, 1993), (3) konvektif uzaklaştırma (Houseman vd., 1981) olmak üzere üç farklı modelle açıklanmaya çalışılmaktadır. Temizel vd. (2012) 'ne göre, Tersiyer volkanizması çarpışma sonrası gelişen slab-breakoff'un neden olduğu litosferik kabuk incilmesiyle yakından ilişkilidir. Yükselen sıcak astenosferik malzeme üst mantoda ısısal dengenin bozulmasını sağlar. Bu ısısal aktivite, çarpışma öncesi yitimle ilişki akışkanlar ile metasomatizmaya uğratılmış olan litosferik mantonun ergimesine neden olur. Bütün bu olaylar, sıkışmalı orojenik kuşakta kısa süreli bir ekstansiyonel rejimin hakim olmasını gerektirir. Karlı vd. (2011a ve b)'ne göre ise slab-breakoff Erken Eosen yaşlı adakitik bileşimli kayaçların oluşumundan sorumlu jeodinamik mekanizmadır. Şekil 4.22 a, b, ve c' de görüldüğü üzere, Neotetis Okyanusunun Geç Kretase'de kuzey yönlü yitimini takiben Paleosen'de meydana gelen çarpışma ve onu takip eden slab-breakoff Orta Eosen'den önce meydana gelen dinamik olaylardır. Bu çalışmanın konusunu oluşturan kayaçlar, slab breakoff' tan sonra devam eden sıkışmanın yol açtığı kabuk kalınlaşması (Şekil 4.22d) ve alt kabuğun eklojitleşerek delaminasyonu (Şekil 4.22e) ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Delaminasyon sonucu uzaklaşan üst manto ve alt kabuğun boşalttığı kısma astenosferik kökenli ergiyiklerin yükselmesi ve yeni bir alt kabuk ve üst mantonun oluşumu ile sonuçlanmıştır (Şekil 4.22e). Kıtasal litosferin alt kısımlarında bu olaylar olurken, delaminasyonun yol açtığı ani yük litosferin üst kısmının hızlı bir şekilde yükselmesine,

aşınmasına (Şekil 4.22f) ve normal faylar ile çökmesine (Şekil 4.22g) yol açmıştır. Bütün bu olaylar orojenik kuşakta basınç azalması anlamına geldiğinden Orta Eosen'de astenosfer yükselimine yol açmış olmalıdır. Astenosfer yükselimi ile alt kabuk bölgesinde iyice artan ısı akısı, yeni katılmış veya katılmamış bazaltik ergiyiklerin de katkısı ile toleyitik alt kabuk malzemesinin kısmi ergimesine, astenosferik kökenli ergiyikler ile karışmasına ve çalışma konusu volkanitlerin oluşmasına yol açmıştır.



Şekil 4.22. Borçka (Artvin) volkanitlerinin petrolojik ve tektonik gelişimini gösteren şematik modeller. (a) Neotetis okyanusunun Pontidlerin altına doğru kuzey yönlü yitimle kapanması (Akın, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Şahintürk, 1997), (b) Anatolide-Toride platformunun Pontidler ile çarpışması (Okay ve Şahintürk, 1997; Okay vd., 1997), (c) çarpışmaya bağlı kabuk kalınlaşması ve yiten okyanusal litosferin kopması ve astenosfere dalması (slab-break off), (d) slab-break off takiben orojenik kuşakta meydana gelen litosfer kalınlaşması ve alt kabukta eklojitleşme, (e) kalınlaşan kabuğun stabilitesini kaybetmesi ve üst manto ile birlikte koparak astenosfere gömülmesi (delaminasyon), (f) delaminasyon sonucu basıç rahatlaması, yükselme, aşınma ve orojenik çökme, (g) bölgesel gerilme rejimi sonucunda litosferik manto kökenli malzemenin kısmi ergimesinden oluşan Orta Eosen yaşlı Borçka yöresi volkanitleri

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Bu çalışmanın esas konusunu oluşturan Tersiyer yaşlı Borçka (Artvin) volkanitleri Üst Kretase yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Bu çalışmada, Borçka volkanitleri, tabanda Borçka Bazaltı (bazik akma debili ve yastık debili bazaltlar), Civanköy Üyesi (andezitik-bazaltik breş, aglomera, tuf ile kumtaşı ve marn ara tabakalı) ve onları kesen bazik dayklardan meydana gelen kayalar olmak üzere üç üyeye ayrılmıştır.

2. İncelenen volkanitlerin, ^{40}Ar - ^{39}Ar (hornblend mineralinden) yaşlandırmasına göre; Borçka Bazaltı içindeki A25 nolu bazalt bileşimindeki örnekten 46.0 ± 0.8 My, A24 nolu bazaltik andezit bileşimindeki örnekten 46.1 ± 0.6 My yaş elde edilmiştir. Civanköy Üyesi içindeki andezitik bileşimindeki çakıl örneğinden 39.9 ± 0.5 My ^{40}Ar - ^{39}Ar yaşı elde edilmiştir.

3. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinden bazik dayklara ait kayaların mineral içerikleri plajiyoklas (An_{11-83}), klinopiroksen ($\text{Wo}_{43-48}\text{En}_{38-48}\text{Fs}_{6-15}$) fenokristalleri ve magnetittir. Borçka Bazaltını oluşturan kayaların mineral içerikleri plajiyoklas (An_{16-93}), klinopiroksen ($\text{Wo}_{26-49}\text{En}_{39-54}\text{Fs}_{1-19}$), hornblend ($\text{Mg}^{\#}=0.62-0.74$) fenokristalleri ve magnetit/titanomagnetit oluşmaktadır. Civanköy Üyesi'ni oluşturan kayaların mineral içerikleride plajiyoklas (An_{49-93}), klinopiroksen ($\text{Wo}_{43-47}\text{En}_{39-42}\text{Fs}_{13-15}$), hornblend ($\text{Mg}^{\#}=0.57-0.69$) fenokristalleri ve titano-magnetittir.

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

5. Borçka (Artvin) volkanitlerde, kayaların içerdikleri minerallerin kimyalarından yararlanılarak jeotermobarometre hesaplamaları yapılmıştır. İncelenen volkanitlerde feldispat jeotermometresine göre hesaplanan sıcaklıklar $600-800^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir. Hesaplanan klinopiroksen kristal içi dengelenme sıcaklıkları; Bazik dayk örneklerindeki klinopiroksenlerin merkez kısımlarında kristal içi dengelenme sıcaklığı yüksek ($926-937^{\circ}\text{C}$) iken, kenar kısımlarında daha düşük ($865-929^{\circ}\text{C}$) tür. Bazalt üyesini oluşturan bazalt bileşimindeki örneklerin kristal içi dengelenme sıcaklıkları klinopiroksenlerin merkezi kısımlarında $842-952^{\circ}\text{C}$ iken, kenar kısımlarında $823-943^{\circ}\text{C}$ dir. Civanköy üyesi içindeki bazaltik volkanik breş çakıllarına ait klinopiroksenlerin kristal içi dengelenme sıcaklıkları, merkez kısımları ($910-947^{\circ}\text{C}$) ile kenar kısımları ($918-945^{\circ}\text{C}$) arasında benzerlik

göstermektedir. Bazik volkanitlerdeki klinopiroksenlerden hesaplanan kristallenme basınçları bazik dayklarda 1.61-4.06 kbar arasında değişmekte, Borçka bazaltını oluşturan kayalarda bu değer 0.15-7.20 kbar arasındayken, Civanköy Üyesinde 0.12-3.79 kbar arasında değişmektedir.

6. Jeokimyasal olarak adlandırma diyagramlarında bazik dayk örnekleri andezit/bazalt alanına, Borçka bazaltı örnekleri andezit/bazalt alanına düşerken, Civanköy Üyesi örnekleri andezit/bazalt, andezit, riyodasit/dasit ve trakidasit alanlarına düşmektedir. İncelenen volkanitler yarıalkali özellikte toleyitik-kalkalkali arasında değişen karaktere sahip olup, düşük-orta K içerirler. Örneklerin çoğunun düşük Mg-numarası ile Cr ve Ni içeriklerine sahip olması, bu kayaların mantodan türemiş ergiyiklerden itibaren önemli derecede ayrılaşmaya uğradıklarını göstermektedir.

7. Değişim diyagramlarında gözlenen iyi pozitif ve negatif ilişkiler, bazik ve ortaç kayaların gelişiminde ayrılaşmanın oldukça etkili olduğunu ve bazik kayaların gelişiminde klinopiroksen + plajiyoklas ± hornblend ± magnetit ayrılaşmasının, ortaç kayaların gelişiminde ise hornblend + plajiyoklas ± klinopiroksen ± magnetit ± apatit ayrılaşmasının önemli ölçüde rol oynadığını göstermektedir.

8. Volkanitlerin N-ve Z-tipi Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı'na göre normalize edilmiş iz element dağılımları, özellikle büyük iyon yarıçaplı litofil element ve daha az oranda Th ve Ce konsantrasyonları bakımından zenginleşme, fakat Zr, Y ve TiO₂ konsantrasyonları bakımından fakirleşme göstermektedir. Bunun yanında, kayaların azalan Nb ve Ta içerikleri volkanitlerin köken magmasının muhtemelen daha önceden akışkanlar tarafından metasomatizmaya uğratılmış zenginleşmiş bir kaynak bölgeden (muhtemelen litosferik manto) türeyebileceklerini ifade etmektedir.

9. İncelenen Borçka volkanitlerinin kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları, düşük-orta derecede zenginleşmeyle konkav şekilli olup, genellikle birbirine paralel dağılım göstermeleri aynı veya benzer kayaktan itibaren oluştuğunu düşündürmektedir.

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

11. Borçka (Artvin) y6resi volkanik kayaçlarının ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i oranları 0.70423-0.70495, ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$)_i oranları 0.512633-0.512854, ve ϵNd_i değerleri +0.9 ile +5.4 arasında değişmekteyken, hesaplanan Nd model yaşları [T_{DM}] ise 520-880 My arasında değişmektedir. Bütün 6rneklerin izotop değerlerinin manto aralığına yakın d6şmesi, Borçka volkanitlerinin izotopik olarak t6kutilmiş bir manto kaynağından t6rediğini işaret etmektedir. Borçka y6resi volkanitlerinin Nd model yaşları [T_{DM}] gençtir (d6ř6k) ve bu da volkanitlerin genç bir litosferik manto kaynağından itibaren t6reyebilecekleri şeklinde yorumlanabilir.

12. İncelenen volkanitler, ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i ve ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$)_i oranlarıyla Doğu Pontidler'deki diğer Tersiyer volkanitleri ile karşılaştırıldıklarında aynı b6lgelere d6şmektedirler. Bu sonuç Borçka volkanitlerinin de Pontidler'deki diğer Tersiyer volkanitler gibi bir ada yayı ortamında oluştuklarını g6stermektedirler.

13. Borçka (Artvin) y6resinde bazik volkanitlerin ana magmasının %5 metasomatizmaya uğramış manto kaynağının yaklaşık % 15-25 kısmi ergimesiyle oluşmuş, spinel içeren lertzolitik bir manto kaynağından t6rediği s6ylenbilir.

14. Borçka (Artvin) y6resi volkanitlerinin petrografik, jeokimyasal ve petrolojik 6zellikleri ile izotopik verileri g6z 6n6nde bulundurulurken, volkanitlerin gelişimindeki magmatik s6reler modellenmeye çalışılmıştır. Modelleme sonuçları, kayaçların b6y6k bir olasılıkla daha 6nceki yitim akışkanları tarafından metasomatizmaya uğramış (zenginleşmiş) bir manto kaynağının farklı kısmi ergime dereceleriyle oluştuğunu ve daha sonra da kıtasal kabuktaki sığ magma odalarının gelişimi ile ayrımlaşma \pm 6z6mleme gibi magmatik olaylarla geliştiklerini g6stermektedir.

15. T6m bu olaylar, Doğu Pontidler'de Avrasya Levhası ile Torid-Anatolid Platformu arpışması sonucu kabuk kalınlaşması ve yiten okyanusal litosferin kopması ve astenosfere dalması (slab-break off), slab-break off takiben orojenik kuşakta meydana gelen litosfer kalınlaşması ve alt kabukta eklojitleşme nedeniyle kalınlaşan kabuğun stabilitesini kaybetmesi ve 6st manto ile birlikte koparak astenosfere g6m6lmesi (delaminasyon), sonucu basınç rahatlaması, y6kselme, aşınma ve orojenik 6kme, b6lgesel gerilme rejimi sonucunda, (litosferik incelme), Borçka (Artvin) y6resinde litosferik manto k6kenli kaynak malzemenin kısmi ergimesinden oluşan magmalardan t6reyen bazik-ortaç bileşimli volkanik kayaçlar (arpışma sonrası), Orta Eosen (40-46 My) zamanında oluşmuştur.

16. Pontidler'in Kuzey Zon'unda yer alan çalışma alanında yapılan çalışma sonucunda Tersiyer volkanizmasının Pontidlerin Kuzeyinde ve Güneyinde aynı jeokimyasal özellikleri gösterdiği saptanmıştır. Pontidlerde Tersiyer döneminde oluşmuş volkanik kayaçların yaş ve kökensele izotop kimyalarının belirlenmesine yönelik olarak yapılacak ayrıntılı çalışmalar devamı ile Pontidler'in Tersiyer dönemi jeotektonik evrimine önemli katkılar sağlanabilir.

6. KAYNAKLAR

- Adamia, S.A., Lordkipanidze, M.B. ve Zakariadze, G.S., 1977. Evolution of an active continental margin as exemplified by the Alpine history of Caucasus, Tectonophysics, 40, 183-199.
- Adamia, S.A., Chkhotua, T., Kekelia, M., Lordkipanidze, M., Shavishvili, I. ve Zakariadze, G., 1981. Tectonics of the Caucasus and adjoining regions: implications for the evolution of the Tethys ocean, Journal of Structural Geology, 3, 4, 437-447.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstanbul.
- Akın, H., 1979. Geologie, Magmatismus und Lager-staettenbidung im ostpontischen Gebirge-Turkei aus der Sicht der Plattentektonik, Geologische Rundschau, 68, 1, 253-283.
- Aldanmaz, E., Pearce, J.A., Thirlwall, M.F. ve Mitchell, J.G., 2000. Petrogenetic evolution of late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 102, 67-95.
- Aliyazicioğlu, I., 1999. Kale (Gümüşhane) yöresi volkanik kayaçlarının petrografik, jeokimyasal ve petrolojik incelenmesi, Yüksek Lisan Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Alp, D., 1972. Amasya Yöresinin Jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fak. Monografileri, 22, İstanbul, 135.
- Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H.P ve Satır, M., 2008. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic characteristics of Paleocene plagioclitites from the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 105, 149-161.
- Altınkaynak, L., 2000. Ağvanis masifi doğu kesimi ve çevre kayaçlarının jeolojisi, petrografisi ve jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Altınkaynak, Ş. ve Dilek, Y., 2006. Timing and nature of postcollisional volcanism in western Anatolia and geodynamic implications. In: Dilek, Y., Pavlides, S. (Eds.), Postcollisional Tectonics and Magmatism in the Mediterranean region and Asia, Geological Society of America, Special Paper, 409, 321–351.
- Arculus, R.J. ve Powell, R., 1986. Source component mixing in the regions of arc magma generation, Journal of Geophysical Research, 91, 5913-5926

- Arculus, R.J., Gust, D.A. ve Kushiro, I., 1991. The Evolution of Fuji and Hakone Volcanoes, Honshu, Japan, National Geographic Research and Exploration, 7, 276-309.
- Arculus, R.J., 1994. Aspects of Magma Genesis in Arcs, Lithos, 33, 189-208.
- Arni, P., 1939. Doğu Anadolu ve mücavir mıntıklarının tektonik ana hatları, M.A.T. Tayini., seri B, No. 4, Ankara.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H., 1997. Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide Volcanic Rocks, Northeast Turkey, Chemi der Erde, 57, 157-187.
- Arslan, M., Aslan, Z., Şen, C. ve Hoskin, P.W.O., 2000a. Constraints on Petrology and Petrogenesis of Tertiary Volcanism in the Eastern Pontide Paleo-Arc System, NE Turkey, Goldschmidt, Journal of Conference Abstracts, 5, 2, 157-158.
- Arslan, M., Şen, C., Aliyazicioğlu, İ., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. 2000b. Trabzon ve Gümüşhane yörelerinde (KD Türkiye) yüzeyleyen Eosen (?) volkanitlerinin karşılaştırmalı jeolojisi, mineralojisi ve petrolojisi, Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi, Mayıs, Ankara, Bildiri Özleri Kitabı, 1, 39-53.
- Arslan, M. ve Aliyazıcıoğlu, İ., 2001. Geochemical and Petrological Characteristics of the Kale (Gümüşhane) Volcanic Rocks: Implications for the Eocene Evolution of Eastern Pontide Arc Volcanism, Northeast Turkey, International Geology Review, 43, 595-610.
- Arslan, M., Hoskin, P.W.O. ve Aslan, Z. 2001. Continental crust formation and thermal consequences of Cenozoic thickening of the Eastern Pontides Tectonic unit: preliminary temporal constraints and implications, Fourth International Turkish Geology Symposium Abstracts, Adana, Turkey, 121.
- Arslan, M. ve Aslan, Z., 2006. Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of the Tertiary granitic intrusions in the Eastern Pontides, NE Turkey, Journal of Asian Earth Sciences, 27, 177-193.
- Aslan, Z., 2010. U-Pb zircon SHRIMP age, geochemical and petrographical characteristics of tuffs within calc-alkaline Eocene volcanics around Gümüşhane (NE Turkey), Eastern Pontides, Neues Jahrbuch für Mineralogie, 187, 3, 329-346.
- Aydın, F. 2003. Değirmendere vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD-Türkiye) volkanitlerinin mineral kimyası, petrolojisi ve petrojenezi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydın, F., 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.

- Aydın, F., Thompson, R., Karsli, O., Uchida, H., Burt, J.B. ve Downs, R.T., 2009. C2/c pyroxene phenocrysts from there potassic series in Neogene alkaline volcanics, NE Turkey: their crystal chemistry with petrogenetic significance as a indicator of P-T conditions, Contributions to Mineralogy and Petrology, 158, 131-147.
- 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.
- Baier, J., Audetat, A. ve Kepler, H., 2008. The origin of the negative niobium tantalum anomaly in subduction zone magmas, Earth and Planetary Science Letters, 267, 290-300.
- Baret, T.J. ve MacLean, W.H., 1991. Chemical, Mass, and Oxygen Isotopic Changes During Extreme Hydrothermal Alteration of an Archean Rhyolite, Noranda, Econ. Geology, 86, 406-441.
- Barbieri, M., Calderoni, C., Ferini, V., Masi, U., Nicoletti, M., Petrucciani, C. ve Tolomeo, L., 1985. Geochemistry and geochronology of volcanic rocks from Eastern Pontids (Trabzon, NE Turkey), Terra Cognite, 5, 280.
- Barbieri, M., Conforto, L., Garbarino, C., Masi, U., Nicoletti, M. ve Akinci, Ö. 2000. Geochemistry of hydrothermally-altered volcanic rocks of the upper volcanic cycle from the Eastern Pontides (NE Turkey), Chemi der Erde, 60, 81-95.
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Tasli, K., Akdag, K. ve Özgür, S. 1995. Cretaceous rifting of the Eastern Pontide carbonate platform, NE Turkey: The formation of carbonate breccias and turbidites as evidene e of a drowned platform, Geologia, 57, 233244.
- Bektaş, O., Sen, C., Atici, Y. ve Köprübasi, N. 1999. Migration of the Upper Cretaceous subduction-related volcanism towards the back-arc basin of the Eastern Pontide magmatic are (NE Turkey), Geological Journal, 34, 95-106.
- Best, M.G., 2006. Igneous and Metamorphic Petrology, 2nd ed., Blackwell, USA, 729pp.
- Bickle, M.J. ve Teagle, D.A.H., 1992. Strontium alteration in the Troodos ophiolite: implications for fluid fluxes and geochemical transport in mid-ocean ridge hydrothermal systems, Earth Planet. Sci. Lett., 113, 219-237.
- Bindeman, L.N., Eiler, J.M., Yogodzinski, G., Tatsumi, Y., Stern, C., Grove, T., Portnyagin, M., Hoernle, K. ve Danyushevsky, L., 2005. Oxygen isotope evidence for slab melting in modern and ancient subduction zones, Earth and Planetary Science Letters, 235, 436-480.
- Bird, P., 1979. Continental delamination and the Colorado Plateau, Journal of Geophysical Research, 84, 7561-7571.
- Boynukalın, S., 1990. Dereli (Giresun) baraj yeri ve göl alanının mühendislik jeolojisi ve çevre kayaçlarının jeomekanik özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstittüsü, Trabzon.

- Boynton, W.V., 1984. Cosmochemistry of Rare Earth Elements: Meteorite Studies, In: Henderson, P. (Ed), Rare Earth Element Geochemistry, Elsevier, Amsterdam, 63, 114.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R.c., Wagner, G.A. ve Yeğingil, Z., 2004. Slow Senonian and fast Paleocene-Early Eocene uplift of the granitoids in the Central Eastern Pontides, Turkey: apatite fission-track results. Tectonophysics, 382, 213-228.
- Boztuğ, D., Erçin, A.İ., Kuruçelik, M.K., Göç, D., Kömür, İ. ve İskenderoğlu, A., 2006. Geochemical characteristics of the composite Kaçkar batholith generated in a Neo-Tethyan convergence system, Eastern Pontides, Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 27, 286-302.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R.c., Wagner, G.A, Erçin, A.I. ve Yeğingil, Z., 2007. Titanite and zircon fission-track dating resolves successive igneous episodes in the formation of the composite Kaçkar batholith in the Turkish eastern Pontides. International Journal of Earth Sciences, 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.
- Bradshaw, T.K. ve Smith, E.I., 1994. Polygenetic Quaternary volcanism at Crater Flat, Nevada, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 63, 165-182.
- Brenan, J.M., Shaw, H.F. ve Ryerson, F.J., 1995. Experimental evidence for the origin of lead enrichment in convergent margin magmas, Nature, 378, 54-56.
- Briqueu, L., Javoy, M., Lancelot, J.R. ve Tatsumoto, M., 1986. Isotope geochemistry, of recent magmatism in the Aegean arc: Sr, Nd, Hf, and O isotopic ratios in the lavas of Milos and Santorini-geodynamic implications, Earth and Planetary Science Letters, 80, 41-54.
- Buket, E. ve Temel, A., 1998. Major-element, trace element, and Sr-Nd isotopic geochemistry and genesis of Varto (Muş) volcanic rocks, Eastern Turkey, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85, 405-422.
- Cameron, B.I, Walker, J.A., Carr, M.J., Patino, L.C., Matias, O. ve Feigenson, M.D., 2003. flux versus decompression melting at stratovolcanos in southeastern Guatemala, Journal of Volcanology Geothermal Research, 119, 21-50.
- Chen, W. ve Arculus, R.J., 1995. Geochemical and isotopic characteristics of lower crustal xenoliths, San Francisco Volcanic Field, Arizona, USA, Lithos, 110, 99-119.
- Chorowicz, J., Dhont, D. ve Adıyaman, O., 1998. Black-Sea Pontid relationship: Interpretation in Terms of subduction. In: Third International Turkish Geology Symposium, Ankara, Turkey, 258.

- Class, G., Miller, D.M., Goldstein, S.L. ve Langmuir, C.H., 2000. Distinguishing melt and fluid subduction components in Umnak Volcanics, Aleution Arc, Geochemistry, Geophysics, Geosystems 1999GC000010.
- Cohen, R.S., O'Nions, R.K. ve Dawson, J.B., 1984. Isotope Geochemistry of Xenoliths from East Africa: Implications for Development of Mantle Reservoirs and their Interaction, Earth and Planetary Science Letters, 68, 209-220.
- Condie, K.C., 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales, Chemical Geology, 104, 1-37.
- Condie, K.C., Frey, B.A. ve Kerrich, R., 2002. The 1.75-Ga Iron King Volcanics in westcentral Arizona: a remnant of an accreted oceanic plateau derived from a mantle plume with a deep depleted component, Lithos, 64, 49-62.
- Çapkinoğlu, Ş. 1981. Borçka-Çavuşlu (Hopa) arasının jeolojisi. K.T.Ü. M.M.L.S. tezi (yayınlanmamış), Trabzon.
- Çamur, M.Z., Güven, T.B. ve Er, M., 1996. Geochemical characteristics of the eastern Pontide volcanics: An example of multiple volcanic cycles in arc evolution, Turkish Journal of Earth Sciences, 5, 123-144.
- Çoğulu, E. 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrografik ve Jeokronolojik Araştırmalar, İTÜ Kütüphanesi, 1034, İstanbul.
- Dal Negro, A., Carbonin, S., Molin, G.M., Cundari, A. ve Piccirillo, E.M., 1982. Intracrystalline Cation Distribution in Natural Clinopyroxenes of Tholeiitic, Transitional, Alkaline Basaltic Rocks. In: Saxena, S.K., (ed), Advances in Physical Geochemistry, Springer, New York, 117-150.
- Davies, J.H. ve von Blanckenburg, F., 1995. Slab breakoff: a model of lithospheric detachment and its test in the magmatism and deformation of collisional orogens, Earth and Planetary Science Letters, 129, 85-102.
- Dawson, J.B., 1987. Metasomatized Harzburgites in Kimberlite and Alkaline Magmas: Enriched Restites and "Flushed" Lherzolites. In: Menzies, M.A., Hawkesworth, C.J., (eds), Mantle Metasomatism, Academic Pres, London, 125-144.
- DeBari, S.M. ve Coleman, R.G., 1989. Examination of the Deep Levels of an Island Arc: Evidence from the Tonsina Ultramafic-Mafic Assemblage, Tonsina, Alaska, J. Geophys. Res., 94, 4373-4391.
- Deer, W.A., Howie, R.A. ve Zussman, J., 1992. An Introduction to the Rock-Forming Minerals, Second Edition, Longman Group Limited, Hong Kong, 696 s.
- Deniel, C., Aydar, E. ve Gourgau, A., 1998. The Hasan Dağı stratovolcano (Central Anatolia, Turkey): evolution from calcalkaline to alkaline magmatism in a collision zone, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 87, 275-302.

- DePaolo, D.J. ve Wasserburg, G.J., 1977. The sources of island arcs as indicated by Nd and Sr isotopic studies, Geophys. Res. Letters, 4, 465-468.
- DePaolo, D.J. ve Johnson, R.W., 1979. Magma genesis in the New Britain island arc: constraints from Nd and Sr isotopes and trace-element patterns, Contrib. Mineral. Petrol., 70, 367-380.
- Dewey, J.F., Pitman, W.C., Ryan, W.B.F. ve Bonnin, J., 1973. Plate tectonics and evolution of the Alpine system, Geological Society of America Bulletin, 84, 3137-3180.
- Dilek, Y., Imamverdiyev, N. ve Altunkaynak, Ş., 2010. Gechemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint, International Geology Review, 52, 4-6, 536-578.
- Dokuz, A., 2000. Yusufeli Yöresinin Jeolojisi, Jeotektoniği, Magmatik-Metamorfik Kayaçların Jeokimyası ve Petrojenezi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dokuz, A. ve Tanyolu, E., 2006. Gechemical constraints on the provenance, mineral sorting and subaerial weathering of lower Jurassic and Upper Cretaceous clastic rocks from the Eastern Pontides, Yusufeli (Arvin), NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 15, 181-209.
- Dokuz, A., 2011. A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Köse composite pluton, Godwana Research, 19, 926-944.
- Eğin, D., Hirst, D.M. ve Phillips, R., 1979. The petrology and geochemistry of volcanic rocks from the northern Harşit river area, Pontid Volcanic Province, Northeast Turkey, Journal of Volcanol. Geotherm. Res., 6, 105-123.
- Elburg, M.A, Bergen, M.V., Hoogewerff, J., Foden, J., Vroon, P., Zulkarmain, I. ve Nasution, A., 2002. Geochemical trends across an arc-continent collision zone: magma sources and slab-wedge transfer processes below the Pantar Strait volcanoes, Indonesia, Geochimica et Cosmochimica Acta, 66, 2771-2789.
- Elliott, T., Plank, T., Zindler, A., White, W. ve Bourdon, B., 1997. Element transport from slab to volcanic front at the Mariana arc, Journal of Geophysical Research, 102, 14991-15019.
- Elmas, A., 1995. Geology of the Kop Dağı area (Bayburt-Erzurum): evolution of a fore-arc basin (in Turkish), Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 6, 19-37.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Erentöz, C., Ketin İ. 1974. Explanatory text of the geological map of Turkey at 1/500.000 G scale (Kars): Spec. Publ. Of Min.Res. and Expl., 57.
- Eyüboğlu, Y., 2006. Doğu Pontid Magmatik Yayı'nda (KD Türkiye) Alaska-Tip Mafik-Ultramafiklerin Tanımı ve Jeotektonik Önemi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Eyüboğlu, Y., Bektaş, O., Seren, A., Maden, N., Jacoby, W.R. ve Özer, R., 2006. Three axial extensional deformation and formation of the Liassic rift basins in the Eastern Pontides (NE Turkey), Geologica Carpathica, 57, 5, 337-346.
- Eyüboğlu, Y., Bektaş, O. ve Pul, D., 2007. Mid-Cretaceous olistostromal ophiolitic melange developed in the back-arc basin of the eastern Pontide magmatic arc (NE Turkey), International Geology Review, 49, 12, 1103-1126.
- Eyüboğlu, Y., 2010. Late Cretaceous high-K volcanism in the eastern Pontide orogenic belt, and its implications for the geodynamic evolution of NE Turkey, International Geology Review, 52, 2/3, 142-186.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F.O. ve Akaryalı, E., 2011a, Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: implications for slab window melting, Gondwana Research, 19, 413-429.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F.O., Chung, S.L. ve Akaryalı, E., 2011b. Migration magmatism in a continental arc: Geodynamics of the Eastern Mediterranean revisited, Journal of Geodynamics, 52, 2-15.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Bektaş, O. ve Ayhan, S., 2011c. Arc magmatism as a window to plate kinematics and subduction polarity: Example from the eastern Pontides belts, NE Turkey, Geoscience Frontiers, 2, 1, 49-56.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Bektaş, O. ve Chung, S.L., 2011d. Late Triassic subduction-related ultramafic-mafic magmatism in the Amasya region (eastern Pontides, N Turkey): Implications for the ophiolite conundrum in Eastern Mediterranean, Journal of Asian Earth Sciences, 42, 234-257.
- Ewart, A., 1982. The mineralogy and petrology of Tertiary-Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range. In R.S. Thorpe, (eds.) *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*. John Wiley, New York, 29-95.
- Faure, G., 2001. *Origin of Igneous Rocks: The Osotopic Evidence*, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, 496p.
- Faure, G. ve Mensing, T.M., 2005. *Isotopes: Principles and Applications*, 3rd ed. John Wiley and Sons, USA, 897p.

- Fitton, J.G., James, D., Kempton, P.D., Ormerod, D.S. ve Leeman, W.P., 1988. The role of lithospheric mantle in the generation of Late-Cenozoic basic magmas in the Western United States, Journal of Petrology, Special Lithosphere Issue, 331-349.
- Fitton, J.G., James, D. ve Leeman, W.P., 1991. Basic magmatism associated with Late Cenozoic extension in the western United States: compositional variations in space and time, Journal of Geophysical Research, 96, 13693-13712.
- Floyd, P.A. ve Winchester, J.A., 1975. Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements, Earth and Planetary Science Letters, 27, 211-218.
- Folk, R.L., 1962. Spectral Subdivision of Limestone Types in W. E. Ham. (Ed.) Classification of Carbonate Rocks, AAPG Bull., 1, 62-82.
- Frey, F.A., 1980. The origin of pyroxenites and garnet pyroxenites from salt lake crater, Oahu, Hawaii: trace element evidence, Am. J. Sci., 280-A, 427-449.
- Fuhrman, M.L. ve Lidsley, D.H., 1988. Ternary-feldspar modelling and thermometry, American Mineralogist, 73, 201-215.
- Fujimaki, H., Tatsumoto, M. ve Aoki, K., 1984. Partition coefficients of Hf, Zr and REE between phenocrysts and groundmasses, Proc. 4th Lunar Planet Sci Conf. 2., Journal of Geophysical Research, 89, B662-672.
- Gedik, İ., Kirmaci, Z., Çapkinoğlu, S., Özer, E. ve Eren, M., 1996. Doğu Pontidlerin jeolojik gelişimi. In: Korkmaz, S., Akçay, M. (Eds), Geol. Eng. Dept. 30. Anniver. Symposium, Karadeniz Technical University, Trabzon, 654-677.
- Gill, J.B., 1981. Orogenic Andesites and Plate Tectonics, Springer, Berlin, 390p.
- Görür, N., 1988. Timing of opening of the Black Sea basin, Tectonophysics, 147, 247-262.
- Green, T.H. ve Ringwood, A.E, 1967. The genesis of the basaltic magmas, Contribution to Mineralogy and Petrology, 15, 103-190.
- Green, TH., 1982. Anatexis of mafic crust and high pressure crystallization of andesite. In: andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks, R. S. Thorpe, (ed.), Chichester, Wiley, 465-487.
- Green, D.H., Schmidt, M.W. ve Hibberson, W.O., 2004. Island-arc Ankarites: Primitive Melts from Fluxed Refractory Lherzolitic Mantle, Journal of Petrology, 45, 2, 391-403.
- Greene, A.R., Debari, S.M., Kelemen, P.B., Blusztajn, J. ve Clift, P.D., 2006. A Detailed Geochemical Study of Islan Arc Crust:the Talkeetna Arc Section, South-Central Alaska, Journal of Petrology, 47, 6, 1051-1093.

- Gribble, R.F., Stern, R.J. ve Newman, S., 1998. Chemical and isotopic composition of lavas from the northern Mariana Trough: Implications for magmagenesis in backarc basins, Journal of Petrology, 39, 125-154.
- Güleç, N., 1991. Crust-Mantle interaction in Western Turkey: Implications from Sr and Nd geochemistry of Tertiary and Quaternary volcanics, Geological Magazine, 128, 417-435.
- Güleç, N., 2001. Mgmatik Kayaçların İzotop Jeokimyası, In: Boztuğ, D. ve Otlu, N., (eds), Magmatik Petrojenez, Tübitak Lisans Üstü Yaz Okulu, 7-12 Haziran, 332-365
- Güven İ.H., 1990. Artvin-Borçka Arasında Kalan Bölgenin Jeoloji ve Prospeksiyon Raporu, MTA (Ankara), (yayınlanmamış).
- Güven İ.H. 1993. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/25.000 ölçekli jeolojisi ve komplikasyonu, MTA (Ankara), (yayınlanmamış).
- Güven, İ.H., Nalbantoğlu, A.K. ve Takaoğlu, S., 1998, 1/100.000 Ölçekli Açın-sama Nitelikli Türkiye Jeoloji Harita Serisi.
- Hall, C.-M. ve Farrell, J.W., 1995. Lazer $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of tephra from Indian Ocean deep-sea sediments: the points for the astronomical and geomagnetic polarity time scales, Earth and Planetary Science Letters, 133, 327-338.
- Hammarstrom, J. M. ve Zen, E., 1986. Aluminum in hornblende: An empirical igneous geobarometer, American Mineralogist, 71, 1297-1313.
- Harangi, S., Downes, H. ve Seghedi, I., 2006. Tertiary-Quaternary subduction process and related magmatism in the Alpine-Mediterranean region, Geological Society, London, Memoirs, 32, 147-166.
- Hart, S.R. ve Dunn, T., 1993. Experimental Cpx/Melt Partitioning of 23 Trace Elements, Contrib. Mineral. Petrol., 113, 1-13.
- Hastie, A.R., Kerr, A.C., Pearce, J.A. ve Mitchell, S.F., 2007. Classification of Altered Volcanic Island Arc Rocks Using Immobile Trace Elements: Development of The Th-Co Discrimination Diagram, Journal of Petrology, 48, 12, 2341-2357.
- Hawkesworth, C.J., O'Nions, R.K., Pankhurst, R.J., Hamilton, P.J. ve Evensen, N.M., 1977. A geochemical study of island arc and back arc tholeiites from the Scotia Sea, Earth and Planetary Science Letters, 36, 253-262.
- Hawkesworth, C.J. ve Powell, M., 1980. Magma series in the Lesser Antilles island arc, Earth and Planetary Science Letters, 51, 297-308.
- Hawkesworth, C.J., Hergt, J.M., McDermott, F. ve Ellam, R.M., 1991. Destructive Magrin Magmatism and the Contributions from the Mantle Wedge and Subducted Crust, Australian Journal of Earth Sciences, 38, 577-594.

- Hawkesworth, C.J., Turner, S., McDermott, F., Peate, D. ve van Calsteren, P., 1997. U-Th isotopes in arc magmas: implications for element transfer from the subducted crust, Science, 276, 551-555.
- Hochstaedter, A.G., Kepezhinskas, P., Defant, M., Drummond, M. ve Koloskov, A., 1996. Insights into the volcanic arc mantle wedge from magnesian lavas from the Kamchatka arc, Journal of Geophysical Research, 101, 697-712.
- Hofmann, A.W., 1988. Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust and oceanic crust, Earth and Planetary Science Letters, 90, 297-314.
- Hofmann, A.W., 1997. Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism, Nature, 385, 219-229.
- Holland, T.J.B. ve Blundy, J.D., 1994. Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry, Contribution to Mineralogy and Petrology, 116, 433-447.
- Hollister, L.S., Grisson, G.C., Peters, E.K., Stowell, H.H. ve Sisson, V.B., 1987. Confirmation of the empirical calibration of aluminum in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons, American Mineralogist, 72, 231-239.
- Houseman, G.A., McKenzie, D.P. ve Molnar, P., 1981. Convective instability of a thickened boundary layer and its relevance for the thermal evolution of the continental convergent belts, Journal of Geophysical Research, 86, 6115-6132.
- İlbeyli, N., Pearce, J.A., Thirlwall, M.F. ve Mitchell, J.G., 2004. Petrogenesis of collision related plutonic in Central Anatolia, Turkey, Lithos, 72, 163-182.
- Irving, A. ve Frey, F.A., 1978. Distribution of Trace-Elements between Garnet Megacrysts and Host Volcanic Liquids of Kimberlitic to Rhyolitic Composition, Geochimica et Cosmochimica Acta 42, 771-787.
- Irvine, T. N. ve Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks, Canadian Journal of Earth Sciences, 8, 523-548.
- Jahn, B.M. ve Zhang, Z.Q., 1984. Archean granulite gneisses from eastern Hebei Province, China: rare earth geochemistry and tectonic implications, Contributions to Mineralogy and Petrology, 85, 224-243.
- Jahn, B.M., Wu, F.Y. ve Lo, C.H., 1999. Crust-mantle interaction induced by deep subduction of the continental crust: geochemical and Sr-Nd isotopic evidence from post-collisional mafic-ultramafic intrusions of the northern Dabie Complex, Central China, Chemical Geology, 157, 119-146.

- Johnson, M.C. ve Rutherford, M.J., 1989. Experimental calibration of the aluminium-in hornblende geobarometer with application to Long Valley Caldera (California) volcanic rocks, Geology, 17,837-841.
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane ve yakın yörelerindeki Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu'nun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kandemir, R. ve Yılmaz, C., 2009. Lithostratigraphy, facies, and deposition environment of the lower Jurassic Ammonitico Rosso type sediments (ARTS) in the Gümüşhane, area, NE Turkey: implications for the opening of the northern branch of the Neo-Tethys Ocean, Journal of Asian Earth Sciences, 34, 586-598.
- Karlı, O., Aydın, F. ve Sadıklar, B., 2004. The morphology and chemistry of K-feldspar megacrysts from İkizdere Pluton: evidence for acid and basic magma interactions in granitoid rocks, NE Turkey, Chemie der Erde-Geochemistry, 64, 155-170.
- Karlı, O., Chen, B., Aydın, F. ve Şen, C., 2007. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sarıççek Plutons, Eastern Turkey: implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granitoids in a post-collision extensional setting, Lithos, 98, 67-96.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Bin, C., Kandemir, R. ve Wijbrans, J.R., 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 Harşit pluton, Eastern Turkey, Contribution to Mineralogy and Petrology, 160, 467-487.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, J.R., 2010b. Generation of the Early Cenozoic adakitic volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: implication for crustal thickening to delamination, Lithos, 114, 109-120.
- Karlı, O., Uysal, İ., Ketenci, M., Dokuz, A., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2011a. Adakite-like granitoid porphyries in Eastern Pontides, NE Turkey: potential parental melts and geodynamic implications, Lithos, 127, 354-372.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Ketenci, M., Chen, B. ve Kandemir, R., 2011b. Deciphering the shoshonitic monzonites with I-type characteristics, the Sidağı pluton, NE Turkey: Magmatic response to continental lithospheric thinning, Journal of Asian Earth Sciences, doi: 10.1016/j.jseas.2011.08.002.
- Kay, R.W. ve Kay, S.M., 1993. Delamination and delamination magmatism, Tectonophysics, 219, 177-189.
- 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., 2009. K/Ar ages and geochemistry of the collision related volcanic rocks in the Ilica (Erzurum) area, eastern Turkey, Neues Jahrbuch für Mineralogie, 186, 21-36.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E., 2009. Mineralogy, whole rock and Sr-Nd isotope geochemistry of mafic microgranular enclaves in Cretaceous Dağbaşı granitoids, eastern Pontides, NE Turkey: evidence of magma mixing, mingling, and chemical equilibration, Chemie der Erde-Geochemistry, 69, 247-277.
- Kaygusuz A. ve Aydınçakır, E., 2011. U-Pb zircon SHRIMP ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions of Cretaceous plutons in the eastern Pontides (NE Turkey): The Dağbaşı pluton, Neues Jahrbuch Für Mineralogie, 188, 3, 211-233.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel W. ve Şen, C., 2011. Geochemical and Sr-Nd Isotopic Characteristics of Post-Collision Calc-Alkaline Volcanics in the Eastern Pontides (NE Turkey), Turkish Journal of Earth Sciences, 20, 137-159.
- Kazmin, V.G., Sbertshikov, I.M., Ricou, L.E., Zonenshain, L.P., Boulin, J. ve Knipper, A.I., 1986. Volcanic belts as marker of the Mesozoic-Cenozoic evolution of Tethys, Tectonophysics, 123, 123-152.
- Kelemen, P.B., Johnson, K.T.M., Kinzler, R.J. ve Irving, A.J., 1990. High-Field-Strength Element Depletion in Arc Basalts Due to mantle-Magma Interaction, Nature, 345, 521-524.
- Kelemen, P.B., 1993. Genesis of high Mg andesites and the continental crust: Role of melt/rock reaction in the upper mantle, Eos (Transactions, American Geophysical Union), 74, 684.
- Kelemen, P.B., Yogodzinski, G.M. ve Scholl, D.W., 2003. Along strike variation in the Aleutian island arc: genesis of high-Mg# andesite and implications for continental crust. In: Eiler, J. (ed.) Inside the Subduction Factory, Geophysical Monograph, American Geophysical Union, 138, 223-276.
- Kempton, P.D., Dungan, M.A. ve Blanchard, D.P., 1987. Petrology and geochemistry of xenolith-bearing alkalic basalt from the Geronimo Volcanic Field, southeast Arizona: Evidence for polybaric fractionation and implications for mantle heterogeneity, In: Morris, E. M. Ve Pasteris, J.D. (eds) Mantle Metasomatism and Alkaline Magmatism, Geological Society of America, Special Paper, 215, 347-370.
- Keskin, M., Pearce, J.A., Kempton, P.D. ve Greenwood, P., 2006. Magma-crust interactions and magma plumbing in a postcollisional setting: geochemical evidence from the Erzurum-Kars volcanic plateau, eastern Turkey, in: Dilek, Y., Pavlides, S. (Eds.), Postcollisional Tectonics and Magmatism in the Mediterranean Region and Asia, Geological Society of America, Special Publication 409, 475-505.

- 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. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, *Miner. Res. Expl. Bull.*, 66, 0-34.
- Ketin, İ., 1983. Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış, İ.T.Ü. Kütüphanesi, 1259, 536.
- Kırmacı, Z. 1992. Alucra-Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki (Doğu Pontid Güney Zonu) Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Berdiga Kireçtaşı'nın Sedimentolojik İncelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kogiso, T., Tatsumi, Y. ve Nakano, S., 1997. Trace element transport during dehydration processes in the subducted oceanic crust 1: experiments and implications for the origin of ocean island basalts, Earth and Planetary Science Letters, 148, 193-205.
- Köksoy, M., 1991. Uygulamalı Jeokimya, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Kurt, İ., Özkan, M., Karlı, Ş. ve Çolak T. 2005. Keşap (Giresun)-Çarşıbaşı (Trabzon)-Torul (Gümüşhane) Arasının Jeolojisi, MTA raporu, Trabzon.
- Kurt, H., Asan, K. ve Ruffet, G., 2008. The relationship between collision-related calc-alkaline, and within-plate alkaline volcanism in the Karacadağ area (Konya-Türkiye, central Anatolia), Chemie Der-Erde Geochemistry, 68, 155-176.
- Lambert, R.J. ve Holland, J.G., 1974. Yttrium Geochemistry Applied to Petrogenesis Utilizing Calcium-Yttrium Relationships in Minerals and Rocks, Geochimica et Cosmochimica Acta, 38, 1393-1414.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R. ve Zanettin, B., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms, Blackwell, Oxford.
- Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M.J., Bonin, B., Bateman, P., Bellieni, G., Dudek, A., Efremova, S., Keller, J., Lamere, J., Sabine, P.A., Sclunid, R., Sorensen, H. ve Woolley, A.R., 2002. Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms, Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommittee of the Systematics of Igneous Rocks, Cambridge University Press, 236.
- Leake, E.B., Wooley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J., Maresch, W.V., Nickel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Smith, D.C., Stephenson, N.C.N., Ungaretti, L., Whittaker, E.J.W. ve Youzhi, G., 1997. Nomenclature of amphiboles report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names, European Journal of Mineralogy, 9, 623-651.

- Le Roex, A.P., 1987. Source regions of mid-ocean ridge basalts; evidence for enrichment processes. In: Menzies, A.M., Hawkesworth, C. J. (Eds.), *Mantle Metasomatism*, Academic Press, London, 389-422.
- Lindsley, D.H., 1983. Pyroxene thermometry, *American Mineralogist*, 68, 477-493.
- Lindsley, D.H. ve Andersen, D.J., 1983. A two-pyroxene thermometer, *Journal of Geophysical Research*, 88, A887-A906.
- Luhr, J.F. ve Caemichael, I.S.E., 1980. The Colima Volcanic Complex. Mexico, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 71, 343-372.
- McCulloch, M.T. ve Gamble, J.A., 1991. Geochemical and geodynamical constraints on subduction zone magmatism, *Earth and Planetary Science Letter*, 102, 358-374.
- McCulloch, M.T., Kyser, T.K., Woodhead, J.D. ve Kinsley, L., 1994. Pb-Sr-Nd-O Isotopic Constraints on the Origin of Rhyolites from the Taupo Volcanic Zone of New Zealand: Evidence for Assimilation followed by Fractionation of Basalt, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 115, 303-312.
- McDermott, F., Delfin, F.G., Defant, M.J., Turner, S. ve Maury, R., 2005. The petrogenesis of magmas from Mt. Bulusan and Mayon in the Bicol arc, the Philippines, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 150, 652-670.
- Macdonald, R., Hawkesworth, C.J. ve Heath, E., 2000. The Lesser Antilles volcanic chain: a study in arc magmatism, *Earth Science Reviews*, 49, 1-76.
- McDonough, W.F., 1990. Constraints on the composition of the continental lithospheric mantle, *Earth and Planetary Science Letters*, 101, 1-18.
- McKenzie, D.P. ve O'Nions, R.X., 1991. Partial melt distributions from inversion of rare earth element concentrations, *Journal of Petrology*, 32, 1021- 1091.
- Menzies, M. ve Kyle, P.R., 1990. Continental volcanism: a crust-mantle probe. In: *Continental Mantle* (M.A Menzies ed.), Clarendon Press, Oxford, 157-177.
- Middlemost, E.A.K., 1989. Iron Oxidation Ratios, Norms and the Classification of Volcanic Rocks, *Chemie der Erde*, 77, 19-26.
- Miller, D.M., Goldstein, S.L. ve Langmuir, C.H., 1994. Cerium-lead and lead-isotope ratios in arc magmas and the enrichment of lead in the continents, *Nature*, 368, 514-520.
- Mišković, A. ve Francis, D., 2006. Interaction between mantle-derived and crustal calc-alkaline magmas in the petrogenesis of the Sifton Range Volcanic Complex, Yukon, Canada. In B.R. Edwards and K. Russell (eds.), *Mantle to magma: Lithospheric and Volcanic Processes in Western North America*, *Lithos*, 87, 104-134.

- Moore, W.J., Mckee, E.H. and Akıncı, Ö., 1980. Chemistry and choronology of plutonic rocks in the Pontid mountains, northern Turkey, Symposium of European Copper Deposits, Belgrade, pp 209-216.
- Morimoto, M., 1988. Nomenclature pyroxenes, Mineralogical Magazine, 52, 535-550.
- Morris, J.D., Leeman, W.P. ve Tera, F., 1990. The subducted component in island arc lavas constraints from Be isotopes and B-Be systematics, Nature, 344, 31-36.
- Morris, J.D. ve Ryan, J.G. 2004. Subduction Zone Processes and Implications for Changing Composition of the Upper and Lower Mantle. In: Treatise on Geochemistry. Holland, H.D. and Turrekian, K.K. (Editors), Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 2, 451-470.
- Münker, C., Wörner, G., Yogodzinski, G. ve Churikova, T., 2004. Behaviour of high field strength elements in subduction zones: constraints from Kamchatka-Aleutian arc lavas, Earth Planet. Sci. Lett., 224, 275-293.
- Nielsen, R.L., Forsythe, L.M., Gallahan, W.E. ve Fisk, M.R., 1994. Major-and trace element magnetite-melt equilibria, Chemical Geology, 117, 167-191.
- Nimis, P., 1995. A Clinopyroxene Geobarometer for Basaltic Systems Based on Crystal Structure Modeling, Contributions to Mineralogy and Petrology, 121, 115-125.
- Nomade, S., Renne, T.P.R., Vogel, N., Deino, A.L., Sharp, W.D., Becker, T.A., Jaouni, A.R. ve Mundil, R., 2005. Alder Creek sanidine (Acs-2): a Quaternary $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating standard tied to the Cobb Mountain geomagnetic event, Chemical Geology, 218, 315-338.
- Okay, A.I., 1984. Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (ed. J.E. Dixon ve A.H.F. Robertson), Geological Society Special Publication, 17, 455-466.
- Okay, A.I. ve Şahintürk, Ö., 1997. Geology of the Eastern Pontides, In: Robinson, A.G. (Editor), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region, Am. As. Petr. Geol., 68, 291-311.
- Okay, A.I., Şahintürk, Ö. ve Yakar, H., 1997. Stratigraphy and tectonics of the Pulur (Bayburt) region in the Eastern Pontides, Mineral Research Exploration Bulletin, 119, 1-24.
- Okay, A. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horvath, F., Serane, M. (Eds.), The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen, Geological Society, London, Special Publications, 156, 475-515.
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümegeç, M. ve Tekeli, O., 1980. Amasya-Turhal Arasındaki Bölgenin Jeolojisi, MTA Rap. No: 6722.

- Özsayar, T., Gedikoglu, A. ve Pelin, S. 1981. Artvin Yöresi Yastık-Lavların Yaşına İlişkin Paleontolojik Veriler, KTÜ, Yerbilimleri Dergisi, 1, 1, 38-42.
- Özsayar, T., Pelin, S., Gedikoğlu, A., Eren, A. ve Çapkinoğlu, S. 1982. Ardanuç (Artvin) Yöresinin Jeolojisi, KTÜ Yerbilimleri Dergisi, 2, 1-2, 21-37.
- Pamic, J., McKee, E.H., Bullen, T.D. ve Lanphere, M.A., 1995. Tertiary Volcanic Rocks from the Southern Pannonian Basin, Croatia, International Geology Review, 37, 259-283.
- Papike, J.J., Cameron, K.L. ve Baldwin, K., 1974. Amphiboles and Pyroxenes: Characterization of other than Quadrilateral Components and Estimates of Ferric Iron from Microprobe Data, Geol. Soc. America, 6, 1053-1054.
- Pearce, J.A. ve Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, Earth and Planetary Science Letters, 19, 290-300.
- Pearce, J.A. ve Norry, M.L., 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks, Contributions to Mineralogy and Petrology, 69, 33-47.
- Pearce, J.A., 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate margins. In: R. S. Thorpe (ed.), Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks. Wiley. New York. 525-548.
- Pearce, J.A., 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In C. J., Hawkesworth ve M. J. Norry, (eds.), Continental Basalts and Mantle Xenoliths, Shiva, Cheshire, 230-249.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S. ve Mitchell, J.J., 1990. Genesis of collision volcanism in eastern Anatolia Turkey, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 44, 189-229.
- Pearce, J.A. ve Parkinson, I.J., 1993. Trace element models for mantle melting: application to volcanic arc petrogenesis. In: Prichard, R.M., Alabaster, T., Harris, N.B.W. & Neary, C.R. (eds), Magmatic Processes and Plate Tectonics, Geological Society Special Publication, 76, 373-403.
- Pearce, J.A. ve Peate, D.W., 1995. Tectonic implications of composition of volcanic arc magmas, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 23, 251-285.
- Pelin, S. 1977. Alucra (Giresun) Güneydogu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi, K.TÜ. Yayinlari, 87, 103s, Trabzon.
- Pejatovic, S. 1977. Pontid tipi yatakların metalojenisi, .M.T.A. yay. No.177, Ankara.

- Perfit, M.R., Gust, D.A., Bence, A.R., Arculus, R.J. ve Taylor, S.R., 1980. Chemical Characteristic of Island-Arc Basalts: Implications for Mantle Sources, Chemical Geology, 30, 227-256.
- Plank, T. ve Langmuir, C.H., 1998. The geochemical composition of subducting sediment and its consequences for the crust and mantle, Chemical Geology, 145, 325-394.
- Qiao, G., 1988. Normalization of isotopic dilution analyses-a new program for isotope mass spectrometric analysis, Scientia Sinica, 31, 1263-1268.
- Raase, P., 1974. Al and Ti contents of hornblende, indicators of pressure and temperature of regional metamorphism, Contributions to Mineralogy and Petrology, 45, 231-236.
- Rice, S.P., Roberson, A.H.F, Ustaömer, T., İnan, T. ve Taslı, K., 2009. Late Cretaceous-early Eocene tectonic development of the Tethyan suture zone in the Erzincan area, eastern Pontides, Turkey, Geological Magazine, 146, 4, 567-590.
- Ringwood, A.E., 1990. Slab-mantle Interactions: 3. Petrogenesis of Intraplate Magmas and Structure of the Upper Mantle, Chemical Geology, 82, 187-207.
- Robertson, A.H.F. ve Dixon, J.E., 1984. Introduction: Aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean, in: Dixon, J.E., Robertson, A. H. F. (Eds.), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean, Geological Society of London, Special Publications, 17, 1-74.
- Robinson, A.G., Banks, C.J., Rutherford, M.M. ve Hirst, J.P.P., 1995. Stratigraphic and structural development of the eastern Pontides, Turkey, Geological Society of London, 152, 861-872.
- Rollinson, H.R., 1993. Using Geochemical Data: Evolution, Presentation, Interpretation, John Wiley Sons. Inc., 352 pp.
- Rojay, B., 1993. Tectonostratigraphy and Neotectonic Characteristics of the Southern Margin of Merzifon-Suluova Basin (Central Pontides, Amasya), Phd Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Sazonova, L.V. ve Nosova, A.A., 1999. Clinopyroxene Zoning as an Indicator of the Magmatic Melt Cooling Conditions: An Example of Odinites from the Urals, Geochemical International, 37, 12, 1141-1157.
- Schiano, P., Clocchiatti, R., Shimizu, N., Maury, R.C., Jochum, K.P. ve Hofmann, A. W., 1995. Hydrous, silica rich melts in the sub-arc mantle and their relationship with erupted arc lavas, Nature, 377, 595-600.
- Schmid R., 1981. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: Recommendations of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks, Geology, 9, 41-43.

- Schmidberger, S.S. ve Hegner, E., 1999. Geochemistry and isotope systematics of calc-alkaline volcanic rocks from the Saar-Nahe basin (SW German)-implications for Late Variscan orogenic development, Contributions to Mineralogy and Petrology, 135, 373-385.
- Schultze-Westrum, H.H. 1961. Giresun Civarındaki Aksu Deresinin Jeolojik Profili, Kuzeydoğu Anadolu'da Doğu Pontus Cevher ve Mineral Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Yatakları ile İlgili Mütealalar, MTA Dergisi, 57, 63-71.
- Seghedi, I., Downes, H., Pecskey, Z., Thirlwall, M.F., Szakacs, A., Prychodko, M. ve Matthey, D., 2001. Magmagenesis in a subduction-related post-collisional volcanic arc segment: the Ukrainian Carpathians, Lithos, 57, 237-262.
- Seymen, İ., 1975. Kelkit vadisi kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Tektonik Özelliği, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Shaw, D.M., 1970. Trace element fractionation during anatexis, Geochemi. Cosmochim. Acta., 34, 237-243.
- Shelley, D., 1993. *Igneous and Metamorphic Rocks under the Microscope*, Chapman and Hall, London.
- Simonetti, A., Shore, M. ve Bell, K., 1996. Diopside Phenocrysts from Nephelinite Lavas, Napak Volcano, Eastem Uganda: Evidence for Magma Mixing, Canadian Mineralogist, 34, 411-421.
- Smith, E.I., Sanchez, A., Walker, J.D. ve Wang, K., 1999. Geochemistry of mafic magmas in the Hurricane Volcanic field, Utah: implications for small and large scale chemical variability of the lithospheric mantle, Journal of Geology, 107, 433-448.
- Smith, T.E, Holm, P.E. ve Thirlwall, M.F., 2008. The geochemistry of the volcanic rocks of Canouan, Grenadine Islands, Lesser Antilles Arc, Geological Journal, 43, 582-604.
- Staudigel, H., Davies, G.R., Hart, S.R., Marchant, K.M. ve Smith, B.M., 1995. Large scale isotopic Sr, Nd and O isotope anatomy of altered oceanic crust at DSDP7ODP sites 417/418, Earth Planet. Sci. Lett., 130, 169-185.
- Stolz, A., Varne, R., Davies, G.R., Wheller, G.E. and Foden, J.D., 1990. Magma source components in an arc-continent collision zone: the Flores-Lembata sector, Sunda arc, Indonesia, Contributions to Mineralogy and Petrology, 105, 585-601.
- Stormer, J.C. ve Nicholls, J., 1978. XLFRAC: A program for the interactive testing of magmatic differentiation models, Computers and Geoscience, 4, 143-149.
- Sun, S. ve McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: Implications for mantle composition and processes, In: A. D. Saunders, ve M.J. Norry, (eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*, Geological Society of London Special Publication, 42, 313-345.

- Şen, C., 1994. Subduction Related Petrologic Processes: 1-Dehydration Melting of a Basaltic Composition Amphibolite 2- Mantle Metasomatism, Doktora Tezi, New Brunswick Üniversitesi, Kanada.
- Şen, C., Arslan, M. ve Van. A. 1998. Doğu Pontid (Kd Türkiye) Eosen (?) Alkalen Volkanik Provensinin Jeokimyasal ve Petrolojik Karakteristikleri, Tübitak Yayinlari, Turkish Journal of Earth Sciences, 7, 231-239.
- Şen, C. 2000. Doğu Pontid Alkalen Provensine (KD, Türkiye) ait Eosen Sonrası Kayaçlar İçerisinde Bulunan Ultramafik Nodüllerin Petrografisi, Mineralojisi ve Kimyası, Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi, Mayıs, Ankara, Bildiri Özleri Kitabı, 1, 55-66.
- Şen, C., 2007. Jurassic Volcanism in the Eastern Pontides: Is it Rift Related or Subduction Related?, Turkish Journal of Earth Sciences, 16, 523-539.
- Şen, P.A., Temel, A. ve Gourgaud, A., 2004. Petrogenetic modelling of Quaternary post-collisional volcanism: a case study of central and eastern Anatolia, Geological Magazine, 141, 81-98.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Smith, E.I., Sanchez, A., Walker, J.D. ve Wang, K., 1999. Geochemistry of mafic magmas in the Hurricane Volcanic field, Utah: implications for small- and large-scale chemical variability of the lithospheric mantle, Journal of Geology, 107, 433-448.
- Taner, M.F., 1977. Etuda géologique et pétrographique la région de Güneyce-İkizdere, située au sud de Rize (Pontides orientales, Turquie), PhD Thesis, Universite de Geneve, 180.
- Taslı, K., 1984. Hamsiköy (Trabzon) Yöresinin Jeolojisi, K.Ü., Dergisi, 3, 69-76.
- Taslı, K., 1990. Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Karbonat İstiflerinin Stratigrafisi ve Mikropaleontolojik İncelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1985. The Continental Crust, Its Composition and Evolution. Blackwell, Oxford, 312.
- Tatsumi, Y., Hamilton, D.L. ve Nesbitt, R.W., 1986. Chemical characteristics of a fluid phase from a subducted lithosphere and origin of arc magmas: evidence from high pressure studies and natural rocks, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 29, 293-309.
- Tatsumi, Y., 2000. slab melting: its role in continental crust formation and mantle evolution, Geophysical Research Letters, 27, 3941-3944.

- Temel, A., Gündoğdu, M.N., Gourgaud, A. ve Le Penec, J.L., 1998. Ignimbrites of Cappadocia (Central Anatolia, Turkey): petrology and geochemistry, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85, 447-471.
- Temizel, İ., 2002. İkizce (Ünye-Ordu) yöresi volkanik kayaların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Temizel, İ. ve Arslan, M. 2003. Geochemical modelling of magmatic processes in the evolution of Tertiary volcanics in the İkizce (Ünye-Ordu) area, NE-Turkey, Süleyman Demirel Üniversitesi, Journal of Science Institute Special Publication, 7, 2, 161-177.
- Temizel, İ. ve Arslan, M. 2005. İkizce (Ordu) yöresindeki Tersiyer yaşlı kalk-alkalen volkanitlerinin mineral kimyası ve petrokimyası, KD Türkiye, Yerbilimleri (Earth Sciences), 26, 1, 25-47.
- Temizel, İ. ve Arslan, M. 2008. Petrology and geochemistry of Tertiary volcanic rocks from the İkizce (Ordu) area, NE Turkey: implications for the evolution of the eastern Pontide paleo-magmatic arc, Journal of Asian Earth Sciences, 31, 4-6, 439-463.
- Temizel, İ., 2008. Ulubey (Ordu-KD Türkiye) Yöresi Tersiyer Volkanitlerinin Petrografisi, Petrokimyası, ^{40}Ar - ^{39}Ar Jeokronoloji, Sr-Nd İzotop Jeokimyası ve Petrojenezi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Temizel, İ. ve Arslan, M. 2009. Mineral Chemistry and Petrochemistry of Post-Collisional Tertiary Mafic to Felsic Cogenetic Volcanics in the Ulubey (Ordu) Area, Eastern Pontides, NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 18, 29-53.
- Temizel, İ., Arslan, M., Ruffet, G. ve Peucat, J.J., 2012. Petrochemistry, geochronology and Sr-Nd isotopic systematic of the Tertiary collisional and post-collisional volcanic rocks from the Ulubey (Ordu) area, eastern Pontide, NE Turkey: implications for extension-related origin and mantle source characteristics, Lithos, 128, 126-147.
- Thirlwall, M. F., Smith, T.E., Graham, A.M., Theodorou, N., Hollings, P., Davidson, J.P. ve Arculus, R.J., 1994. High field strength element anomalies in arc lavas; source or process? Journal of Petrology, 35, 3, 819-838.
- Thirlwall, M.F., Graham, A.M., Arculus, R.J., Harmon, R.S. ve Macpherson, C.G., 1996. Resolution of the effects of crustal assimilation, sediment subduction, and fluid transport in island arc magmas: Pb-Sr-Nd-O isotope geochemistry of Grenada, Lesser Antilles, Geochimica et Cosmochimica Acta, 60, 4785-4810.
- Thompson, R.N., 1977. Primary basalts and magma genesis, Contributions to Mineralogy and Petrology, 60, 91-108.

- Thompson, R.N., Morrison, M.A., Hendry, G.L. ve Parry, S.J., 1984. An assessment of the relative roles of crust and mantle in magma genesis: An elemental approach, Philosophical Transactions of the Royal Society, London, 310, 549-590.
- Tokel, S. 1977. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Eosen Yaşlı Kalkalkalen Andezitler ve Jeotektonizma, TJK Bülteni, 20,1, 49-54.
- Tokel, S., 1981. Plaka Tektoniğindeki Magmatik Yerleşimler ve Jeokimya: Türkiye'den Örnekler, Yeryuvarı ve İnsan, 6, 53-65.
- Tokel, S., 1995. Magmatic and geochemical evolution of the Pontide segment of the Northern Tethys subduction system. In: Erler, A., Ercan, T., Bingöl, E., Örçen, S. (eds), *Geology of the Black Sea Region*. Mineral Research and Exploration Institute of Turkey Publications, 163-170.
- Topuz, G. ve Altherr, R., 2004. Pervasive rehydration of granulites during exhumation-an example from the Pulus complex, Eastern Pontides, Turkey, Mineralogy and Petrology, 81, 165-185.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Wemer, O. ve Schwarz, W.H., 2004a. Aluminous granulites from the Pulus complex, NE Turkey: a case of partial melting, efficient melt extraction and crystallization, Lithos, 72, 183-207.
- Topuz, G., Altherr, R., Satır, M. ve Schwarz, W.H., 2004b. Low-grade metamorphic rocks from the Pulus complex, NE Turkey: implications for pre-Liassic evolution of the Eastern Pontides, International Journal of Earth Science (Geol Rundsch), 93, 72-91.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satır, M. ve Dokuz, A., 2005. Postcollisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycik granodiorite (Eastern Pontides, Turkey), Contributions to Mineralogy and Petrology, 150, 441-455.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A. ve Meyer, H.P., 2007. Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtoğlu metamorphic complex. Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey, International Journal of Earth Sciences, 96, 861-873.
- Topuz, G., Altherr, R., Wolfgang, S., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasanözbek, A., Mathias, B., Satır, M. ve Şen, C., 2010. Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey), Lithos, 116, 92-110.
- Topuz, G., Okay, A.I., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Zack, T., Satır, M. ve Şen, C., 2011. Post-collisional adakite-like magmatism in the Ağvanis massif and implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 125, 131-150.

- Tribuzio, R., Tiepolo, M., Vannucci, R. ve Bottazzi, P., 1999. Trace element distribution within olivine-bearing gabbros from the Northern Apennine ophiolites (Italy): evidence for post-cumulus crystallization in MOR-type gabbroic rocks, Contributions to Mineralogy and Petrology, 134, 123-133.
- Turner, S., Hawkesworth, C., Rogers, N., Bartlett, J., Worthington, T., Hergt, J., Pearce, J. ve Smith, I., 1997. ^{238}U - ^{230}Th disequilibria, magma petrogenesis and flux rates beneath the depleted Tonga-Kermadec island arc, Geochimica et Cosmochimica Acta, 61, 4855-4884.
- Turner, S.P., 2005. Some remarks on magmatic processes beneath island arc volcanoes. Adeances in Science, Earth Sciences, Imperial College Press, 131-155.
- Tüysüz, O., 1996. Amasya ve Çevresinin Jeolojisi, Türkiye 11. Petrol Kongresi Bildirileri, 32-48.
- Ustaömer, T. ve Robertson, H.F.A, 1996. Paleotethyan tectonic evolution of the north Tethyan margin in the central Pontids, N Turkey. In: Erler, A., Ercan, T., Bingöl, E., Örcen, S. (Eds.), Proceedings of the International Symposium on the Geology of the Black Sea Region, Ankara, 24-33.
- Ustaömer, T. ve Robertson, H.F.A, 2010. Late Paleozoic-Early Cenozoic development of the Eastern Pontides (Artvin area), Turkey: stages of closure of Tethys along the southern margin of Eurasia, Spacial Publications, Geological Society London, 340, 281-327.
- Van, A., 1990. Pontid Kuşağı'nda Artvin Bölgesi'nin Jeokimyası, Petrojenezi ve Masif Sülfid Mineralizasyonları, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Vroon, P.Z., Van Bergen, M.J., White, W.M. ve Varekamp, J.C., 1993. Sr-Nd-Pb isotope systematics of the Banda arc, Indonesia: combined subduction and assimilation of continental material, Journal of Geophysical Research, 98, 22349-22366.
- Watson, S. ve McKenzie, D., 1991. Melt Generation by Plumes: A Study of Hawaiian Volcanism, Journal of Petrology, 32, 501-537.
- Weaver, B.L., Wood, D.A., Tarney, J. ve Joron, J., 1987. Geochemistry of ocean island basalt from the South Atlantic: Ascension, Bouvet, St. Helena, Gough and Tristan da Cunda. In: Fitton, J.G ve Upton, B.G.J. (eds), Alkaline Igneous Rocks, Geological Society, London, Special Publications, 30, 253-267.
- White, W.M., Dupre, B. ve Vidal, P., 1985. Isotope and trace element geochemistry of sediments from the Barbados ridge-Demerara plain region, Atlantic ocean, Geochimica et Cosmochimica Acta, 49, 1875-1886.
- Whitford, D.J., Nicholls, I.A. ve Taylor, S.R., 1979a. Spatial variation in the geochemistry of Quaternary lavas across the Sunda arc in Java and Bali, Contribution to Mineralogy and Petrology, 70, 341-356.

- Whitford, D.J., White, W.M., Jezek, P.A. ve Nicholls, I.A., 1979b. Nb isotope composition of recent andesites from Indonesia, Carnegie Inst. Wash. Yearb., 78, 304-308.
- Wilson, M., 1989. *Igneous Petrogenesis*. Oxford: Oxford University Press. 466.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1976. Geochemical magma type discrimination: application to altered and metamorphosed basic igneous rocks, Earth and Planetary Science Letters, 28,459-469.
- Woodhead, J.D., Eggins, S. ve Gamble, J., 1993. High field strength and transition element systematics in island arc and back-arc basin basalts: evidence for multi-phase melt extraction and a depleted mantle wedge, Earth and Planetary Science Letters, 114, 491-504.
- Yalçın, H., Gündoğdu, M.N., Gougaud, A., Vidal, P. ve Uçurum, A., 1998. Geochemical characteristics of Yamadağı volcanics in central east Anatolia: an example from collision-zone volcanism, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85, 303-326.
- Yılmaz, C., 1995. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Alt Jura Çökellerinin Fasiyes ve Ortamsal Nitelikleri (KD Türkiye), Yerbilimleri, 26, 119-128.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane- Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono-Sedimentolojik Kayıtları ve Kontrol Etkenleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 45, 1, 141-165.
- Yılmaz, A., Engin, T., Adamia S. ve Lazarashvili T. 1997. *Geoscientific Studies Of The Area Along Turkish-Georgian Border*, MTA, Ankara.
- Yılmaz, A., Adamia, S., Chabukiani, A., Chkhotua, T., Erdoğan, K., Tuzcu, S. ve Karabiyiçoğlu, M., 2000. Structural correlation of the southern Transcaucasus (Georgia)-eastern Pontides (Turkey). In: Bozkurt, E., Winchester, J.A. ve Piper, J.D.A. (eds). *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*, Geological Society, London, Special Publications, 173, 171-182.
- Yılmaz, 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., Serdar, H.S., Genc, C., Yiğitbaş, E., Gürer, Ö.F., Elmas, A., Yıldırım, M., Bozcu, M. ve Gürpınar, O., 1997a. The geology and evolution of the Tokat massif, South-Central Pontides, Turkey, International Geology Review, 39, 365–382.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C., Şengör, A.M.C., 1997b. Geology and tectonics of the Pontides, In: Robinson, A.G. (Ed.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*, Memoir, American Association of Petroleum Geologists, 68, 183–226.

- Yogodzinski, G.M., Kay, R.W., Volynets, O.N., Koloskov, A.V. ve Kay, S.M., 1995. Magnesian andesite in the western Aleutian Komandorsky region. Implications for slab melting and processes in the mantle wedge, Geological Society of American Bulletin, 107, 505-519.
- Yüksel, S., 1976. Şiran Batı Yöresi Mesozoyik Karbonat Kayaçları ve Eosen Flişinin Petrografik ve Sedimantolojik İncelemesi, Doçentlik Tezi, K.T.Ü., Trabzon.
- Zankl, H. 1962. Magmatismus und Bauplan des Ostrpontischen Gebirges im Querprofil des Harşit-Tales, Bayerische Akademie der Wissenschaften. Abhandlungen. Neue Folge, Heft 109, 61-90, München.
- Zhang, H.F., Sun, M., Zhou, X.H., Fan, W.M. ve Yin, J.F., 2002. Mesozoic lithosphere destruction beneath the North China Craton: evidence from major, trace element, and Sr-Nd-Pb isotope studies of Fangcheng Basalts, Contributions to Mineralogy and Petrology, 144, 241-253.
- Zindler, A. ve Hart, S.R., 1986. Chemical geodynamics, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 14, 493-571.

7. EKLER

Ek Tablo 1. Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer yaşlı volkanik kayalara ait klinopiroksen minerallerinin mikroprob analiz sonuçları.

Ömek Adı	Bazık Dayk																		
	Ömek No	A17a-01	A17a-02	A17a-03	A17a-04	A17a-05	A17a-06	A17a-07	A17a-08	A17a-09	A17a-10	A17a-11	A17a-12	A17a-13	A79a-07	A79a-08	A79a-09	A79a-10	
	Kpir 1 feno k	Kpir 1 feno k	Kpir 1 feno k	Kpir 1 feno k	Kpir 1 feno k	Kpir 1 feno k	Kpir 1 feno k	Kpir 1 feno k	Kpir 1 feno k	Kpir 1 feno m	Kpir 2 kk m	Kpir 2 kk k	Kpir 3 kk k	Kpir 3 kk m	Kpir 1 kk m	Kpir 1 kk k	Kpir 2 kk m	Kpir 2 kk k	
SiO ₂	51,02	50,44	48,24	50,27	48,64	51,48	51,98	50,30	52,45	48,19	50,78	49,36	47,39	45,81	48,32	46,26	51,00		
TiO ₂	0,81	0,41	0,84	0,46	0,44	0,22	0,28	0,40	0,20	0,84	0,62	0,50	1,21	1,58	1,01	1,37	0,50		
Al ₂ O ₃	4,84	5,30	7,54	5,23	5,08	3,07	3,82	5,13	3,21	5,70	4,59	3,25	6,79	8,07	6,05	7,54	3,19		
FeO*	8,34	5,71	8,18	6,24	5,86	3,96	4,71	5,80	4,23	9,09	7,66	7,47	9,30	10,08	9,25	9,94	8,01		
MnO	0,21	0,10	0,13	0,15	0,14	0,11	0,15	0,13	0,09	0,23	0,17	0,22	0,19	0,21	0,20	0,20	0,21		
MgO	13,81	14,85	12,80	14,67	14,72	16,41	16,00	14,62	16,24	12,79	13,49	14,72	12,44	11,66	13,15	12,26	14,76		
CaO	22,53	23,13	22,62	22,86	23,19	23,47	23,11	22,82	23,38	22,44	21,35	22,29	21,61	21,63	22,12	21,58	21,79		
Na ₂ O	0,19	0,19	0,20	0,18	0,18	0,18	0,16	0,22	0,16	0,27	0,28	0,19	0,29	0,21	0,25	0,24	0,19		
Toplam	101,78	100,50	100,64	100,28	98,72	99,66	100,45	99,90	100,22	99,54	98,96	97,99	99,22	99,28	100,36	99,40	99,68		
Si	1,86	1,84	1,78	1,84	1,81	1,89	1,89	1,85	1,91	1,80	1,90	1,86	1,78	1,73	1,79	1,74	1,89		
Ti	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03	0,04	0,03	0,04	0,01		
Al	0,21	0,23	0,33	0,23	0,22	0,13	0,16	0,22	0,14	0,25	0,20	0,14	0,30	0,36	0,26	0,33	0,14		
Fe ⁺³	0,04	0,06	0,08	0,07	0,13	0,08	0,04	0,05	0,03	0,12	0,00	0,12	0,09	0,11	0,12	0,13	0,06		
Fe ⁺²	0,22	0,11	0,17	0,13	0,05	0,05	0,10	0,12	0,10	0,17	0,24	0,11	0,20	0,20	0,17	0,18	0,19		
Mn	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
Mg	0,75	0,81	0,70	0,80	0,82	0,90	0,87	0,80	0,88	0,71	0,75	0,83	0,70	0,66	0,73	0,69	0,82		
Ca	0,88	0,91	0,89	0,90	0,92	0,92	0,90	0,90	0,91	0,90	0,86	0,90	0,87	0,87	0,88	0,87	0,87		
Na	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01		
Toplam	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00		
Al ^(IV)	0,13	0,15	0,21	0,15	0,17	0,10	0,10	0,14	0,08	0,18	0,10	0,12	0,21	0,26	0,19	0,24	0,10		
Al ^(VI)	0,08	0,08	0,12	0,08	0,06	0,03	0,06	0,08	0,05	0,07	0,10	0,02	0,10	0,11	0,08	0,09	0,04		
Mg [#]	0,75	0,82	0,74	0,81	0,82	0,88	0,86	0,82	0,87	0,72	0,76	0,78	0,70	0,67	0,72	0,69	0,77		
Wo	46,69	47,93	48,31	47,48	48,06	47,51	47,11	47,84	47,45	47,41	46,31	45,86	46,79	47,31	46,44	46,51	44,85		
En	39,82	42,83	38,05	42,39	42,46	46,23	45,40	42,66	45,86	37,61	40,73	42,14	37,49	35,49	38,41	36,76	42,28		
Fs	13,49	9,24	13,64	10,12	9,48	6,26	7,49	9,50	6,70	14,99	12,97	12,00	15,72	17,20	15,15	16,72	12,86		

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Mg[#] (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺² + Fe⁺³), m: kristal merkezi, k: kristal kenarı,

kk: küçük kristal, Kpir: Klinopiroksen, Yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek Adı	Bazık Dayk															Civanköy Üyesi		
																Bazaltik Breş		
	Örnek No	A79a-11	A79a-12	A79a-26	A79a-27	A79a-14	A79a-15	A79a-16	A79a-17	A79a-18	A79a-19	A79a-20	A79a-21	A79a-22	A79a-23	A70-1	A70-1	A70-1
	Kpir 3 kk k	Kpir 3 kk m	Kpir 4 kk k	Kpir 4 kk m	Kpir 5 feno k	Kpir 5 feno k	Kpir 5 feno k	Kpir 5 feno k	Kpir 5 feno k	Kpir 5 feno k	Kpir 5 feno k	Kpir 5 feno k	Kpir 5 feno k	Kpir 5 feno m	Kpir-1 feno k	Kpir-1 feno k	Kpir-1 feno k	
SiO ₂	51,76	47,94	51,48	48,29	48,39	50,90	48,66	53,42	54,31	53,49	53,93	53,71	53,47	53,93	48,17	49,73	50,30	
TiO ₂	0,49	1,12	0,53	0,91	0,87	0,59	0,68	0,13	0,10	0,14	0,15	0,11	0,14	0,13	0,89	0,58	0,58	
Al ₂ O ₃	2,51	6,16	2,95	5,91	6,08	6,92	7,00	2,75	1,63	2,32	2,03	2,35	2,37	2,31	6,20	4,30	3,27	
FeO*	9,44	9,37	8,22	8,77	8,88	6,90	7,35	4,02	3,18	3,84	3,52	3,75	3,74	3,68	8,03	7,49	8,06	
MnO	0,37	0,23	0,26	0,20	0,17	0,09	0,13	0,12	0,08	0,10	0,10	0,08	0,10	0,14	0,22	0,22	0,27	
MgO	14,39	12,85	14,74	13,20	13,14	13,71	13,42	16,70	17,53	17,08	17,18	17,19	17,01	17,17	13,94	14,65	14,98	
CaO	20,92	21,74	21,06	22,01	22,11	22,51	22,25	22,73	22,77	22,58	22,72	22,76	22,74	23,04	22,65	22,42	21,58	
Na ₂ O	0,22	0,27	0,11	0,23	0,24	0,19	0,19	0,21	0,18	0,06	0,17	0,19	0,20	0,18	0,31	0,32	0,38	
Toplam	100,10	99,75	99,34	99,51	99,90	102,01	99,85	100,90	100,72	100,15	100,36	100,74	100,53	101,15	100,40	99,71	99,44	
Si	1,92	1,79	1,92	1,80	1,80	1,84	1,80	1,93	1,96	1,95	1,96	1,94	1,94	1,94	1,80	1,86	1,89	
Ti	0,01	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	
Al	0,11	0,27	0,13	0,26	0,27	0,30	0,31	0,12	0,07	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,27	0,19	0,14	
Fe ⁺³	0,03	0,10	0,01	0,10	0,10	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,16	0,12	0,12	
Fe ⁺²	0,26	0,19	0,25	0,17	0,17	0,21	0,17	0,12	0,10	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,09	0,11	0,14	
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	
Mg	0,80	0,72	0,82	0,73	0,73	0,74	0,74	0,90	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,78	0,82	0,84	
Ca	0,83	0,87	0,84	0,88	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,89	0,90	0,90	0,87	
Na	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	
Toplam	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,05	4,04	4,04	
Al ^(IV)	0,07	0,19	0,08	0,18	0,18	0,16	0,19	0,07	0,04	0,05	0,04	0,06	0,06	0,06	0,20	0,14	0,11	
Al ^(VI)	0,04	0,08	0,05	0,08	0,08	0,14	0,12	0,05	0,03	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,05	0,03	
Mg [#]	0,73	0,71	0,76	0,73	0,73	0,78	0,76	0,88	0,91	0,89	0,90	0,89	0,89	0,89	0,76	0,78	0,77	
Wo	43,32	46,31	43,89	46,62	46,72	47,92	47,69	46,28	45,87	45,75	46,01	45,89	46,09	46,26	46,87	46,09	44,30	
En	41,44	38,10	42,74	38,89	38,64	40,61	40,02	47,33	49,14	48,18	48,42	48,21	48,00	47,97	40,16	41,90	42,78	
Fs	15,25	15,59	13,37	14,50	14,64	11,47	12,29	6,39	5,00	6,07	5,56	5,91	5,91	5,77	12,97	12,01	12,92	

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Mg[#] (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺² + Fe⁺³), m: kristal merkezi, k: kristal kenarı,

kk: küçük kristal, Kpir: Klinopiroksen, Yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek Adı	Civanköy Üyesi																	
	Bazaltik Breş																	
	Örnek No	A70-1	A70-1	A70-2	A70-2	A70-2	A70-2	A70-2	A70-3	A70-3	A70-3	A70-3	A70-3	A70-9	A70-9	A70-9	A70-9	A70-9
	Kpir-1	Kpir-1	Kpir-2	Kpir-2	Kpir-2	Kpir-2	Kpir-2	Kpir-3	Kpir-3	Kpir-3	Kpir-3	Kpir-3	Kpir-4	Kpir-4	Kpir-4	Kpir-4	Kpir-4	
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
	→ k		→ k		→ k		→ k		→ k		→ k		→ k		→ k		→ k	
SiO ₂	49,45	47,41	50,16	49,68	49,43	49,68	50,11	49,14	48,78	49,02	49,85	50,20	49,79	50,18	49,21	49,74	49,3	
TiO ₂	0,59	0,80	0,60	0,74	0,73	0,74	0,65	0,84	0,73	0,89	0,75	0,70	0,76	0,72	0,80	0,72	0,9	
Al ₂ O ₃	4,69	6,28	2,97	3,88	3,92	4,00	3,05	4,23	5,71	4,23	4,04	3,35	3,52	3,58	4,03	3,52	4,2	
FeO*	8,37	7,96	8,60	7,94	8,42	8,33	9,04	9,41	7,80	8,96	8,46	8,91	8,94	8,62	8,92	8,98	9,4	
MnO	0,27	0,19	0,33	0,29	0,29	0,28	0,39	0,31	0,19	0,34	0,32	0,39	0,34	0,29	0,29	0,40	0,3	
MgO	14,47	13,68	14,42	14,39	14,47	14,36	14,46	13,64	14,15	13,64	14,19	14,33	14,04	14,49	14,01	14,20	14,0	
CaO	21,68	22,73	21,54	22,16	22,36	22,18	21,40	21,57	22,81	21,74	21,89	21,41	21,57	21,74	21,70	21,37	21,3	
Na ₂ O	0,51	0,28	0,42	0,35	0,38	0,36	0,45	0,43	0,24	0,44	0,49	0,46	0,43	0,41	0,41	0,44	0,4	
Toplam	100,01	99,31	99,08	99,44	100,00	99,96	99,56	99,59	100,42	99,24	100,00	99,77	99,38	100,05	99,35	99,34	99,7	
Si	1,85	1,79	1,89	1,86	1,85	1,86	1,89	1,85	1,82	1,85	1,86	1,88	1,88	1,88	1,86	1,88	1,9	
Ti	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,0	
Al	0,21	0,28	0,13	0,19	0,17	0,18	0,14	0,19	0,25	0,19	0,18	0,15	0,16	0,16	0,18	0,16	0,2	
Fe ⁺³	0,15	0,17	0,12	0,12	0,16	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,14	0,12	0,1	
Fe ⁺²	0,11	0,08	0,15	0,11	0,11	0,13	0,15	0,17	0,10	0,16	0,14	0,16	0,17	0,15	0,15	0,16	0,2	
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0	
Mg	0,81	0,77	0,81	0,82	0,81	0,80	0,81	0,77	0,78	0,77	0,79	0,80	0,79	0,81	0,79	0,80	0,8	
Ca	0,87	0,92	0,87	0,90	0,90	0,89	0,86	0,87	0,91	0,88	0,88	0,86	0,87	0,87	0,88	0,86	0,9	
Na	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,0	
Toplam	4,05	4,06	4,04	4,04	4,05	4,04	4,05	4,04	4,05	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,05	4,04	4,0	
Al ^(IV)	0,15	0,21	0,11	0,14	0,15	0,14	0,11	0,15	0,18	0,15	0,14	0,12	0,12	0,12	0,14	0,12	0,14	
Al ^(VI)	0,05	0,07	0,03	0,05	0,03	0,04	0,02	0,04	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	
Mg [#]	0,76	0,75	0,75	0,78	0,75	0,75	0,74	0,72	0,76	0,73	0,75	0,74	0,74	0,75	0,74	0,74	0,73	
Wo	44,84	47,37	44,57	46,09	45,58	45,57	44,05	45,04	46,95	45,56	45,39	44,33	44,86	44,71	45,06	44,40	44,3	
En	41,66	39,68	41,54	41,90	41,03	41,07	41,42	39,62	40,52	39,79	40,92	41,27	40,63	41,47	40,48	41,04	40,5	
Fs	13,51	12,95	13,89	12,01	13,39	13,36	14,53	15,34	12,54	14,65	13,70	14,4	14,5	13,8	14,5	14,6	15,2	

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Mg[#] (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺²+Fe⁺³), m: kristal merkezi, k: kristal kenarı,

kk: küçük kristal, Kpir: Klinopiroksen, Yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek Adı	Civanköy Üyesi										Borçka Bazaltı						
	Bazaltik Breş																
	Örnek No	A70-11	A70-11	A70-11	A70-11	A70-11	A70-12	A70-12	A70-12	A70-12	A70-12	A16-02	A16-04	A16-05	A16-06	A16-07	A16-08
	Kpir-5 feno k	Kpir-5 feno	Kpir-5 feno	Kpir-5 feno	Kpir-5 feno k	Kpir-6 feno k	Kpir-6 feno	Kpir-6 feno	Kpir-6 feno	Kpir-6 feno k	Kpir-1 feno k	Kpir-2 feno m	Kpir-2 feno k	Kpir-3 feno m	Kpir-3 feno	Kpir-3 feno k	Kpir-4 kk m
SiO ₂	50,59	50,36	50,15	48,52	49,68	49,68	46,45	46,39	46,30	49,16	50,28	50,49	47,19	51,53	46,95	51,82	51,62
TiO ₂	0,54	0,61	0,61	0,77	0,74	0,75	1,13	1,04	1,17	0,82	0,45	0,41	0,68	0,32	0,77	0,33	0,33
Al ₂ O ₃	3,02	2,95	2,98	5,12	3,63	3,49	7,15	6,96	6,99	4,30	3,86	5,40	8,16	4,21	8,70	3,06	2,81
FeO*	7,55	8,82	8,44	8,54	8,94	8,89	9,12	9,17	9,56	8,44	10,90	5,82	8,95	5,32	8,44	8,57	9,67
MnO	0,31	0,35	0,37	0,18	0,30	0,33	0,20	0,18	0,13	0,35	0,58	0,09	0,22	0,11	0,14	0,31	0,43
MgO	15,08	14,82	14,81	14,01	14,43	14,28	13,11	13,29	13,09	14,30	13,41	15,00	12,44	15,53	12,39	15,71	14,99
CaO	21,55	21,20	21,26	22,03	21,39	21,58	21,93	21,83	21,97	21,55	19,83	22,21	21,70	22,69	21,86	20,27	19,53
Na ₂ O	0,32	0,42	0,39	0,32	0,43	0,44	0,30	0,29	0,31	0,38	0,39	0,21	0,25	0,18	0,22	0,14	0,28
Toplam	98,94	99,57	99,05	99,50	99,52	99,41	99,38	99,13	99,49	99,29	99,69	99,96	99,64	100,12	99,54	100,27	99,66
Si	1,90	1,89	1,89	1,83	1,87	1,87	1,76	1,76	1,76	1,85	1,88	1,85	1,76	1,89	1,75	1,91	1,92
Ti	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01
Al	0,13	0,13	0,13	0,23	0,16	0,15	0,32	0,31	0,31	0,19	0,17	0,23	0,36	0,18	0,38	0,13	0,12
Fe ⁺³	0,09	0,12	0,12	0,15	0,13	0,13	0,18	0,19	0,19	0,13	0,06	0,04	0,10	0,03	0,09	0,04	0,04
Fe ⁺²	0,15	0,15	0,15	0,12	0,15	0,15	0,11	0,11	0,11	0,14	0,28	0,14	0,18	0,13	0,17	0,23	0,27
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01
Mg	0,84	0,83	0,83	0,79	0,81	0,80	0,74	0,75	0,74	0,80	0,75	0,82	0,69	0,85	0,69	0,86	0,83
Ca	0,87	0,85	0,86	0,89	0,86	0,87	0,89	0,89	0,89	0,87	0,80	0,87	0,87	0,89	0,87	0,80	0,78
Na	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
Toplam	4,03	4,04	4,04	4,05	4,04	4,05	4,06	4,06	4,06	4,04	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Al ^(IV)	0,10	0,11	0,11	0,17	0,13	0,13	0,24	0,24	0,24	0,15	0,11	0,14	0,23	0,11	0,24	0,08	0,07
Al ^(VI)	0,03	0,02	0,02	0,05	0,03	0,03	0,08	0,07	0,07	0,04	0,07	0,10	0,14	0,07	0,15	0,05	0,05
Mg [#]	0,78	0,75	0,76	0,75	0,74	0,74	0,72	0,72	0,71	0,75	0,69	0,82	0,71	0,84	0,72	0,77	0,73
Wo	44,50	43,52	43,87	45,71	44,15	44,60	46,37	45,98	46,11	44,86	42,19	46,64	47,17	46,82	47,85	41,51	40,75
En	43,33	42,35	42,52	40,45	41,44	41,07	38,58	38,94	38,23	41,43	39,70	43,82	37,65	44,61	37,74	44,79	43,50
Fs	12,2	14,1	13,6	13,8	14,4	14,3	15,0	15,1	15,7	13,7	18,1	9,5	15,2	8,6	14,4	13,7	15,7

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Mg[#] (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺² + Fe⁺³), m: kristal merkezi, k: kristal kenarı,

kk: küçük kristal, Kpir: Klinopiroksen, Yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek Adı	Borçka Bazaltı																	
	Örnek No	A 16-17	A 16-23	A 16-24	A 16-15	A 16-20	A 24-10	A 24-11	A 24-12	A 24-13	A 24-14	A 24-15	A 24-16	A 24-17	A 24-18	A 24-19	A 24-04	A 24-05
	Kpir-4 kk k	Kpir-5 feno m	Kpir-5 feno k	Kpir-6 kk m	Kpir-7 kk m	Kpir-1 feno k	Kpir-1 feno	Kpir-1 feno	Kpir-1 feno	Kpir-1 feno	Kpir-1 feno	Kpir-1 feno	Kpir-1 feno	Kpir-1 feno	Kpir-1 feno	Kpir-1 feno	Kpir-2 feno k	Kpir-2 feno m
SiO ₂	48,95	48,92	52,13	48,18	46,20	50,37	48,81	48,32	51,35	48,77	52,76	51,33	52,06	51,80	49,90	51,73	49,33	
TiO ₂	0,58	0,63	0,28	0,64	0,80	0,40	0,42	0,40	0,37	0,56	0,21	0,21	0,25	0,24	0,21	0,28	0,65	
Al ₂ O ₃	6,62	6,05	2,46	7,22	9,33	2,29	4,69	3,41	3,30	7,03	3,03	3,18	3,74	3,74	2,94	1,57	5,78	
FeO*	8,00	8,52	9,51	9,40	9,04	10,87	10,21	9,53	9,37	7,13	4,39	4,48	4,75	4,71	3,96	10,82	8,94	
MnO	0,17	0,24	0,59	0,28	0,16	0,59	0,44	0,42	0,40	0,13	0,10	0,09	0,10	0,09	0,08	0,78	0,29	
MgO	13,90	13,46	15,07	12,57	11,78	14,52	13,72	14,62	14,71	13,81	16,25	16,38	16,00	16,27	16,85	15,73	14,16	
CaO	21,35	21,59	19,44	22,16	22,56	19,71	20,01	20,52	20,40	22,19	22,81	22,88	22,67	22,46	22,98	18,51	20,99	
Na ₂ O	0,17	0,22	0,22	0,23	0,25	0,25	0,32	0,25	0,26	0,24	0,18	0,20	0,20	0,20	0,18	0,20	0,27	
Toplam	99,85	99,65	99,70	100,76	100,12	99,00	98,62	97,47	100,16	100,18	100,25	99,29	100,06	99,81	97,31	99,64	100,40	
Si	1,81	1,82	1,94	1,78	1,72	1,90	1,84	1,84	1,90	1,80	1,92	1,89	1,90	1,90	1,86	1,93	1,82	
Ti	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	
Al	0,29	0,27	0,11	0,31	0,41	0,10	0,21	0,15	0,14	0,31	0,13	0,14	0,16	0,16	0,13	0,07	0,25	
Fe ⁺³	0,06	0,07	0,01	0,10	0,13	0,10	0,11	0,17	0,05	0,08	0,01	0,07	0,03	0,04	0,14	0,27	0,18	
Fe ⁺²	0,18	0,19	0,29	0,02	0,02	0,24	0,21	0,13	0,24	0,14	0,13	0,06	0,12	0,10	-0,02	0,07	0,09	
Mn	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	
Mg	0,77	0,75	0,84	0,69	0,65	0,82	0,77	0,83	0,81	0,76	0,88	0,90	0,87	0,89	0,94	0,88	0,78	
Ca	0,85	0,86	0,78	0,88	0,90	0,80	0,81	0,84	0,81	0,88	0,89	0,90	0,89	0,88	0,92	0,74	0,83	
Na	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	
Toplam	4,00	4,00	4,00	3,83	3,88	4,00	4,00	4,00	4,00	3,99	3,98	3,98	3,99	3,99	3,99	4,00	4,00	
Al ^(IV)	0,18	0,17	0,06	0,20	0,26	0,09	0,14	0,14	0,09	0,19	0,07	0,10	0,09	0,10	0,12	0,06	0,17	
Al ^(VI)	0,11	0,10	0,05	0,11	0,15	0,02	0,07	0,02	0,05	0,12	0,06	0,04	0,07	0,06	0,02	0,01	0,09	
Mg [#]	0,76	0,74	0,74	0,70	0,70	0,70	0,71	0,73	0,74	0,78	0,87	0,87	0,86	0,86	0,88	0,72	0,74	
Wo	45,49	45,97	40,64	47,17	49,03	40,72	42,52	42,48	42,33	47,25	46,69	46,53	46,60	46,05	46,40	37,90	44,03	
En	41,20	39,88	43,84	37,22	35,63	41,75	40,56	42,12	42,49	40,91	46,30	46,36	45,78	46,42	47,35	44,81	41,34	
Fs	13,3	14,2	15,5	15,6	15,3	17,5	16,9	15,4	15,2	11,8	7,0	7,1	7,6	7,5	6,2	17,3	14,6	

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Mg[#] (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺²+Fe⁺³), m: kristal merkezi, k: kristal kenarı,

Kpir: Klinopiroksen, Yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek Adı	Borçka Bazaltı																
	Örnek No	A24-06	A24-07	A24-32	A24-34	A24-35	A24-36	A24-37	A24-38	A24-39	A24-40	A24-41	A24-42	A24-43	A24-44	A24-45	A24-46
	Kpir-3 feno k	Kpir-3 feno m	Kpir-4 feno k	Kpir-5 feno m	Kpir-5 feno k	Kpir-6 feno m	Kpir-6 feno k	Kpir-7 feno k	Kpir-7 feno m	Kpir-8 feno k	Kpir-8 feno m	Kpir-9 feno k	Kpir-9 feno m	Kpir-10 feno k	Kpir-10 feno m	Kpir-11 kk m	Kpir-11 kk k
SiO ₂	52,07	48,30	51,59	49,31	52,13	52,28	50,62	52,26	51,71	50,59	51,06	51,84	51,04	52,12	51,18	51,95	51,88
TiO ₂	0,28	0,46	0,36	0,45	0,25	0,24	0,47	0,26	0,29	0,57	0,41	0,33	0,34	0,27	0,40	0,30	0,33
Al ₂ O ₃	1,56	6,52	2,17	5,58	1,64	3,08	3,46	2,12	3,75	3,33	3,16	1,81	3,17	1,32	2,44	1,55	1,47
FeO*	11,03	9,88	10,94	9,70	11,67	4,22	10,78	9,94	4,80	10,76	9,69	10,84	10,36	11,42	11,08	11,26	11,68
MnO	0,75	0,35	0,71	0,37	0,77	0,17	0,65	0,56	0,08	0,66	0,55	0,70	0,52	0,89	0,67	0,76	0,84
MgO	14,48	12,92	14,23	13,49	14,31	16,23	14,54	15,15	15,84	14,62	14,66	14,39	14,73	14,49	14,17	14,84	13,93
CaO	19,84	20,88	19,88	20,88	19,62	23,20	19,56	19,99	23,07	19,59	20,34	19,97	19,72	19,59	19,69	19,04	19,58
Na ₂ O	0,21	0,33	0,22	0,27	0,23	0,20	0,30	0,26	0,19	0,23	0,25	0,26	0,28	0,23	0,25	0,23	0,23
Toplam	100,23	99,64	102,21	102,15	102,72	101,75	102,46	102,71	101,86	102,50	102,22	102,24	102,26	102,43	101,97	102,10	102,06
Si	1,94	1,80	1,93	1,85	1,95	1,92	1,89	1,94	1,90	1,89	1,91	1,94	1,91	1,95	1,92	1,95	1,95
Ti	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Al	0,07	0,29	0,10	0,24	0,07	0,13	0,15	0,09	0,16	0,15	0,14	0,08	0,14	0,06	0,11	0,07	0,06
Fe ⁺³	0,05	0,11	0,05	0,09	0,05	0,04	0,09	0,05	0,04	0,08	0,07	0,05	0,07	0,05	0,06	0,05	0,04
Fe ⁺²	0,30	0,20	0,29	0,22	0,31	0,09	0,25	0,26	0,10	0,25	0,23	0,28	0,25	0,30	0,29	0,30	0,33
Mn	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03
Mg	0,81	0,72	0,79	0,75	0,79	0,89	0,80	0,83	0,87	0,81	0,81	0,80	0,82	0,81	0,79	0,83	0,78
Ca	0,79	0,83	0,80	0,83	0,78	0,91	0,78	0,79	0,91	0,78	0,81	0,80	0,78	0,78	0,79	0,76	0,79
Na	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Toplam	3,95	3,89	3,70	3,80	3,67	3,93	3,72	3,73	3,93	3,72	3,75	3,69	3,74	3,66	3,70	3,67	3,66
Al ^(IV)	0,05	0,18	0,07	0,15	0,05	0,08	0,11	0,06	0,10	0,11	0,09	0,06	0,09	0,05	0,08	0,05	0,05
Al ^(VI)	0,02	0,11	0,03	0,09	0,02	0,05	0,04	0,03	0,07	0,04	0,04	0,02	0,05	0,01	0,03	0,02	0,02
Mg [#]	0,70	0,70	0,70	0,71	0,69	0,87	0,71	0,73	0,85	0,71	0,73	0,70	0,72	0,69	0,70	0,70	0,98
Wo	40,8	44,8	41,2	44,2	40,3	47,3	40,6	40,9	47,2	40,5	42,1	41,2	40,8	40,3	41,0	39,3	49,6
En	41,5	38,6	41,1	39,7	40,9	46,0	42,0	43,2	45,1	42,1	42,2	41,3	42,4	41,4	41,0	42,6	49,1
Fs	17,7	16,6	17,7	16,0	18,7	6,7	17,4	15,9	7,7	17,4	15,7	17,5	16,7	18,3	18,0	18,1	1,3

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Mg[#] (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺² + Fe⁺³), m: kristal merkezi, k: kristal kenarı,

kk: küçük kristal, Kpir: Klinopiroksen, Yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek Adı	Borçka Bazaltı																	
	Örnek No	A24-48	A24-49	A29-13	A29-14	A29-15	A29-16	A29-24	A29-25	A29-26	A29-37	A29-38	A29-09	A29-10	A25-6	A25-6	A25-6	A25-6
	Kpir-12	Kpir-12	Kpir-1	Kpir-1	Kpir-2	Kpir-2	Kpir-3	Kpir-3	Kpir-3	Kpir-3	Kpir-4	Kpir-5	Kpir-6	Kpir-6	Kpir-1	Kpir-1	Kpir-1	Kpir-1
	kk	kk	kk	kk	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
	m	k	m	k	k	m	m	k	k	m	m	k	m	k	k	k	k	k
SiO ₂	50,89	52,31	54,99	52,71	51,02	50,23	52,31	52,10	53,13	50,20	50,00	50,32	50,81	48,26	49,82	49,67	49,83	
TiO ₂	0,42	0,29	0,44	0,25	0,44	0,55	0,27	0,27	0,27	0,49	0,39	0,43	0,47	0,62	0,51	0,44	0,46	
Al ₂ O ₃	3,17	1,67	4,13	1,57	3,26	3,81	1,59	2,08	1,09	4,32	4,13	4,55	3,62	5,88	4,86	4,89	4,42	
FeO*	10,52	10,31	10,49	9,54	9,59	10,26	9,03	9,64	8,97	10,71	10,28	9,45	10,34	8,99	8,89	8,71	8,74	
MnO	0,64	0,64	0,55	0,65	0,65	0,70	0,72	0,63	0,78	0,64	0,62	0,47	0,67	0,27	0,26	0,30	0,27	
MgO	14,44	15,40	16,72	15,80	14,24	14,40	15,29	14,58	15,17	13,22	13,43	13,78	13,40	14,35	14,69	14,31	14,50	
CaO	19,69	19,44	11,34	19,19	20,15	19,85	20,17	19,82	19,98	19,63	19,94	21,66	20,78	21,05	20,90	21,30	21,10	
Na ₂ O	0,22	0,18	0,84	0,15	0,29	0,24	0,20	0,26	0,30	0,40	0,39	0,22	0,42	0,22	0,28	0,28	0,28	
Toplam	102,09	102,36	99,51	99,86	99,63	100,08	99,65	99,38	99,68	99,65	99,18	100,91	100,58	99,67	100,21	99,88	99,62	
Si	1,91	1,95	2,03	1,96	1,90	1,87	1,95	1,95	1,98	1,88	1,88	1,87	1,90	1,81	1,85	1,86	1,87	
Ti	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	
Al	0,14	0,07	0,18	0,07	0,14	0,17	0,07	0,09	0,05	0,19	0,18	0,20	0,16	0,26	0,21	0,22	0,20	
Fe ⁺³	0,06	0,04	0,00	0,01	0,04	0,08	0,03	0,01	0,00	0,05	0,06	0,09	0,07	0,14	0,10	0,10	0,10	
Fe ⁺²	0,27	0,28	0,32	0,28	0,26	0,24	0,25	0,29	0,28	0,29	0,26	0,21	0,25	0,14	0,17	0,17	0,17	
Mn	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	
Mg	0,80	0,85	0,92	0,88	0,79	0,80	0,85	0,81	0,84	0,74	0,75	0,76	0,74	0,80	0,82	0,80	0,81	
Ca	0,79	0,77	0,45	0,76	0,81	0,79	0,80	0,79	0,80	0,79	0,80	0,86	0,83	0,85	0,83	0,85	0,85	
Na	0,02	0,01	0,06	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	
Toplam	4,01	4,01	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,01	4,01	4,04	4,04	4,03	4,03	
Al ^(IV)	0,09	0,05	0,00	0,04	0,09	0,12	0,05	0,05	0,02	0,11	0,11	0,13	0,10	0,19	0,15	0,14	0,13	
Al ^(VI)	0,05	0,02	0,18	0,03	0,06	0,05	0,02	0,04	0,03	0,08	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06	
Mg [#]	0,98	0,73	0,74	0,75	0,73	0,71	0,75	0,73	0,75	0,69	0,70	0,72	0,70	0,74	0,75	0,75	0,75	
Wo	49,0	39,8	26,49	39,47	42,47	41,45	41,59	41,60	41,54	42,32	42,75	44,92	43,75	43,82	43,29	44,38	43,86	
En	50,0	43,8	54,37	45,23	41,75	41,83	43,87	42,59	43,89	39,67	40,05	39,78	39,25	41,57	42,35	41,47	41,96	
Fs	1,0	16,4	19,1	15,3	15,8	16,7	14,5	15,8	14,6	18,0	17,2	15,30	17,00	14,6	14,4	14,2	14,2	

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Mg[#] (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺²+Fe⁺³), m: kristal merkezi, k: kristal kenarı, kk: küçük kristal, Kpir: Klinopiroksen, Yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek Adı	Borçka Bazaltı																
	Örnek No	A25-6	A73-1	A73-1	A73-1	A73-1	A73-1	A73-6	A73-6	A73-6	A73-6	A73-6	A73-7	A73-7	A73-7	A73-7	A73-7
	Kpir-1 feno k	Kpir-1 feno k	Kpir-1 feno k	Kpir-1 feno k	Kpir-1 feno k	Kpir-1 feno k	Kpir-2 feno k	Kpir-2 feno k	Kpir-2 feno k	Kpir-2 feno k	Kpir-2 feno k	Kpir-3 feno k	Kpir-3 feno k	Kpir-3 feno k	Kpir-3 feno k	Kpir-3 feno k	Kpir-1 feno k
SiO ₂	49,27	51,12	51,15	49,92	49,19	50,13	50,00	49,93	48,84	50,40	50,43	50,04	49,77	49,58	50,15	49,43	50,98
TiO ₂	0,53	0,49	0,53	0,76	0,75	0,68	0,59	0,57	0,45	0,57	0,63	0,78	0,83	0,93	0,70	0,82	0,43
Al ₂ O ₃	5,43	1,95	2,15	2,81	3,84	2,92	3,16	3,22	4,77	3,30	3,86	3,13	3,37	3,39	3,11	3,46	2,70
FeO*	8,72	9,46	9,32	9,68	9,36	9,95	7,97	8,28	9,35	7,53	7,38	9,69	9,62	9,94	9,82	10,23	8,84
MnO	0,17	0,36	0,36	0,40	0,30	0,36	0,18	0,19	0,16	0,23	0,16	0,39	0,35	0,32	0,37	0,40	0,39
MgO	14,03	15,77	15,97	15,03	14,88	15,17	15,21	15,17	14,98	15,20	14,76	14,93	15,00	14,92	15,05	15,49	15,76
CaO	21,71	20,03	19,87	20,21	20,52	19,54	21,33	21,26	18,69	21,70	22,30	20,43	19,99	19,88	19,93	18,78	20,49
Na ₂ O	0,26	0,27	0,27	0,37	0,32	0,34	0,31	0,28	0,26	0,27	0,28	0,34	0,31	0,34	0,36	0,31	0,15
Toplam	100,11	99,48	99,63	99,17	99,22	99,06	98,95	99,00	97,65	99,37	99,90	99,75	99,26	99,31	99,46	98,94	99,73
Si	1,84	1,92	1,91	1,89	1,86	1,89	1,88	1,88	1,86	1,89	1,88	1,88	1,88	1,87	1,89	1,87	1,90
Ti	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01
Al	0,24	0,09	0,09	0,12	0,17	0,13	0,14	0,14	0,21	0,15	0,17	0,14	0,15	0,15	0,14	0,15	0,12
Fe ⁺³	0,11	0,10	0,10	0,13	0,14	0,11	0,12	0,12	0,08	0,10	0,09	0,12	0,11	0,12	0,11	0,12	0,09
Fe ⁺²	0,16	0,19	0,19	0,18	0,16	0,21	0,14	0,14	0,21	0,14	0,14	0,18	0,19	0,20	0,19	0,20	0,19
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	0,78	0,88	0,89	0,85	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,82	0,84	0,84	0,84	0,84	0,87	0,88
Ca	0,87	0,81	0,80	0,82	0,83	0,79	0,86	0,86	0,76	0,87	0,89	0,82	0,81	0,80	0,80	0,76	0,82
Na	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01
Toplam	4,04	4,03	4,03	4,04	4,04	4,04	4,03	4,04	4,02	4,03	4,03	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,03
Al ^(IV)	0,16	0,08	0,09	0,11	0,14	0,11	0,12	0,12	0,14	0,11	0,12	0,12	0,12	0,13	0,11	0,13	0,10
Al ^(VI)	0,08	0,00	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,07	0,03	0,05	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Mg [#]	0,74	0,75	0,75	0,73	0,74	0,73	0,77	0,77	0,74	0,78	0,78	0,73	0,74	0,73	0,73	0,73	0,76
Wo	45,18	40,58	40,25	41,51	42,29	40,36	43,79	43,54	39,91	44,54	45,88	41,89	41,33	41,07	41,06	38,87	41,54
En	40,65	44,46	45,02	42,97	42,66	43,60	43,44	43,23	44,51	43,40	42,27	42,60	43,15	42,90	43,15	44,60	44,46
Fs	14,2	15,0	14,7	15,5	15,1	16,0	12,8	13,2	15,6	12,1	11,8	15,5	15,5	16,0	15,8	16,5	14,0

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Mg[#] (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺² + Fe⁺³), m: kristal merkezi, k: kristal kenarı, kk: küçük kristal, Kpir: Klinopiroksen, Yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek Adı	Borçka Bazaltı																
	Örnek No	A 109-3	A 109-3	A 109-3	A 109-3	A 109-4	A 109-4	A 109-4	A 109-4	A 109-6	A 109-6	A 109-6	A 109-6	A 113-1	A 113-1	A 113-1	A 113-1
	Kpir-1 feno	Kpir-1 feno	Kpir-1 feno	Kpir-1 feno k	Kpir-2 feno k	Kpir-2 feno	Kpir-2 feno	Kpir-2 feno k	Kpir-3 feno k	Kpir-3 feno	Kpir-3 feno	Kpir-3 feno k	Kpir-1 feno k	Kpir-1 feno	Kpir-1 feno	Kpir-1 feno	Kpir-1 feno k
SiO ₂	47,82	47,25	47,41	51,65	47,88	47,57	47,23	49,58	47,70	47,79	44,60	49,97	48,41	49,74	49,69	48,19	48,58
TiO ₂	0,68	0,76	0,80	0,42	0,70	0,68	0,67	0,53	0,65	0,64	0,41	0,55	0,64	0,61	0,59	0,91	0,96
Al ₂ O ₃	6,95	7,51	7,43	1,84	6,74	7,05	7,26	4,38	7,04	6,70	8,74	4,72	5,32	4,02	4,21	5,50	5,80
FeO*	7,00	7,22	7,40	9,85	6,96	7,56	7,77	8,68	7,50	6,83	10,39	8,05	8,38	8,74	8,95	9,27	9,25
MnO	0,17	0,10	0,06	0,51	0,15	0,16	0,16	0,28	0,12	0,11	0,29	0,23	0,13	0,18	0,23	0,16	0,23
MgO	13,95	13,57	13,65	15,82	14,08	13,90	13,38	14,82	13,91	14,06	14,79	14,78	14,25	14,68	14,72	13,54	13,83
CaO	22,94	22,78	22,95	19,28	22,86	22,29	22,53	20,90	22,56	22,84	16,71	21,88	22,00	21,59	21,37	21,93	21,71
Na ₂ O	0,18	0,18	0,19	0,18	0,20	0,23	0,23	0,20	0,22	0,18	0,18	0,16	0,24	0,27	0,25	0,28	0,27
Toplam	99,69	99,39	99,89	99,53	99,58	99,44	99,28	99,39	99,72	99,18	96,13	100,34	99,37	99,83	100,01	99,81	100,61
Si	1,79	1,77	1,77	1,93	1,79	1,79	1,78	1,86	1,78	1,79	1,73	1,85	1,82	1,86	1,86	1,81	1,81
Ti	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Al	0,31	0,33	0,33	0,08	0,30	0,31	0,32	0,19	0,31	0,30	0,40	0,21	0,24	0,18	0,19	0,24	0,26
Fe ⁺³	0,14	0,14	0,14	0,06	0,14	0,14	0,15	0,10	0,14	0,14	0,18	0,10	0,15	0,12	0,12	0,14	0,13
Fe ⁺²	0,08	0,09	0,09	0,25	0,08	0,09	0,10	0,17	0,09	0,08	0,16	0,15	0,12	0,15	0,15	0,15	0,16
Mn	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	0,78	0,76	0,76	0,88	0,79	0,78	0,75	0,83	0,78	0,79	0,86	0,82	0,80	0,82	0,82	0,76	0,77
Ca	0,92	0,92	0,92	0,77	0,92	0,90	0,91	0,84	0,90	0,92	0,70	0,87	0,89	0,87	0,86	0,88	0,87
Na	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Toplam	4,05	4,05	4,05	4,02	4,05	4,05	4,05	4,03	4,05	4,04	4,06	4,03	4,05	4,04	4,04	4,05	4,04
Al ^(IV)	0,21	0,23	0,23	0,07	0,21	0,21	0,22	0,14	0,22	0,21	0,27	0,15	0,18	0,14	0,14	0,19	0,19
Al ^(VI)	0,09	0,11	0,11	0,02	0,09	0,10	0,10	0,05	0,10	0,09	0,13	0,06	0,06	0,04	0,04	0,06	0,07
Mg [#]	0,78	0,77	0,77	0,74	0,78	0,77	0,75	0,75	0,77	0,79	0,72	0,77	0,75	0,75	0,75	0,72	0,73
Wo	47,98	48,17	48,17	39,36	47,73	46,89	47,72	43,28	47,23	47,85	36,82	44,90	45,48	44,20	43,75	45,69	45,07
En	40,59	39,92	39,92	44,95	40,93	40,69	39,44	42,69	40,51	40,99	45,33	42,21	41,00	41,84	41,95	39,24	39,95
Fs	11,4	11,9	11,9	15,7	11,3	12,4	12,8	14,0	12,3	11,2	17,9	12,9	13,5	14,0	14,3	15,1	15,0

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Mg[#] (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺²+Fe⁺³), m: kristal merkezi, k: kristal kenarı, kk: küçük kristal, Kpir: Klinopiroksen, Yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 1'in devamı

Örnek Adı	Borçka Bazaltı													
	Örnek No	A 13-2	A113-2	A113-2	A113-2	A113-2	A113-5	A113-5	A113-5	A113-5	A113-5	A113-6	A113-6	A113-6
	Kpir-2	Kpir-2	Kpir-2	Kpir-2	Kpir-2	Kpir-3	Kpir-3	Kpir-3	Kpir-3	Kpir-3	Kpir-4	Kpir-4	Kpir-4	Kpir-4
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	
SiO ₂	49,55	50,31	49,56	49,09	48,45	49,71	49,36	48,13	48,51	48,95	48,45	49,07	49,29	49,94
TiO ₂	0,40	0,38	0,52	0,62	0,68	0,80	0,73	0,84	0,89	0,73	0,57	0,59	0,51	0,47
Al ₂ O ₃	4,46	4,29	4,99	5,43	6,00	3,09	3,82	5,30	5,13	5,30	5,74	5,36	4,98	4,68
FeO*	5,44	5,30	6,07	6,82	8,02	10,21	8,98	8,36	8,80	7,77	6,39	6,09	5,69	5,55
MnO	0,12	0,10	0,12	0,15	0,17	0,24	0,24	0,20	0,13	0,08	0,09	0,08	0,11	0,11
MgO	15,37	15,88	15,20	14,73	14,35	14,35	14,39	13,94	13,66	14,04	14,17	14,71	14,97	15,26
CaO	23,70	23,54	23,28	23,27	22,31	20,96	21,95	22,56	22,76	22,68	23,52	23,36	23,38	23,18
Na ₂ O	0,15	0,16	0,17	0,17	0,21	0,21	0,19	0,23	0,25	0,22	0,18	0,16	0,15	0,17
Toplam	99,30	100,23	100,01	100,34	100,21	99,58	99,67	99,61	100,19	99,80	99,24	99,53	99,16	99,53
Si	1,85	1,86	1,84	1,82	1,81	1,88	1,86	1,81	1,82	1,83	1,82	1,83	1,84	1,85
Ti	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Al	0,20	0,19	0,22	0,24	0,26	0,14	0,17	0,24	0,23	0,23	0,25	0,24	0,22	0,20
Fe ⁺³	0,14	0,13	0,13	0,14	0,15	0,12	0,13	0,16	0,15	0,12	0,13	0,12	0,11	0,10
Fe ⁺²	0,03	0,04	0,06	0,07	0,10	0,21	0,15	0,10	0,13	0,13	0,07	0,07	0,06	0,08
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,86	0,87	0,84	0,81	0,80	0,81	0,81	0,78	0,76	0,78	0,79	0,82	0,83	0,84
Ca	0,95	0,93	0,92	0,93	0,89	0,85	0,89	0,91	0,91	0,91	0,94	0,93	0,94	0,92
Na	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Toplam	4,04	4,03	4,04	4,05	4,05	4,04	4,04	4,05	4,05	4,04	4,04	4,04	4,04	4,03
Al ^(IV)	0,15	0,14	0,16	0,18	0,19	0,12	0,14	0,19	0,18	0,17	0,18	0,17	0,16	0,15
Al ^(VI)	0,04	0,04	0,06	0,06	0,07	0,01	0,03	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,06	0,06
Mg [#]	0,83	0,84	0,82	0,79	0,76	0,71	0,74	0,75	0,73	0,76	0,80	0,81	0,82	0,83
Wo	48,04	47,30	47,34	47,40	45,96	42,87	44,81	46,53	46,79	46,98	48,77	48,07	48,06	47,56
En	43,36	44,40	43,03	41,75	41,15	40,83	40,88	40,01	39,09	40,46	40,90	42,14	42,82	43,55
Fs	8,6	8,3	9,6	10,8	12,9	16,3	14,3	13,5	14,1	12,6	10,3	9,8	9,1	8,9

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Mg[#] (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺² + Fe⁺³), m: kristal merkezi, k: kristal kenarı, kk: küçük kristal, Kpir: Klinopiroksen, Yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 2. Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer yaşlı volkanik kayalara ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları

Örnek Adı	Bazık Dayk								Civanköy Üyesi					
									Bazaltik Breş					
	Örnek No	A17a-18	A17a-20	A79a-28	A79a-29	A79a-30	A79a-31	A79a-32	A79a-33	A64-8	A70-7	A70-7	A70-7	A70-7
	magnetit	magnetit	magnetit	magnetit	magnetit	magnetit	magnetit	magnetit	magnetit	Titano- magnetit 1	Titano- magnetit 2	Titano- magnetit	Titano- magnetit	Titano- magnetit 2
	1	2	1	2	2	3	4	4						
	m	m	m	k	m	m	m	k	m	k	→ k			
SiO ₂	4,56	6,07	1,21	2,46	1,32	0,55	1,19	0,98	2,72	0,15	0,14	0,17	0,60	
TiO ₂	8,64	8,40	5,09	8,55	6,93	5,98	3,74	6,20	7,99	8,00	7,98	7,81	6,77	
Al ₂ O ₃	2,40	2,96	0,94	3,76	1,26	1,45	0,70	2,30	1,33	5,34	5,34	5,15	2,30	
Fe ₂ O ₃	35,15	31,65	52,19	38,47	48,04	51,44	55,70	49,16	50,90	46,23	46,73	46,94	50,42	
FeO	39,49	41,93	35,07	38,85	36,53	35,29	34,34	36,46	36,22	34,12	34,34	34,43	36,00	
MnO	0,15	0,08	0,16	0,14	0,19	0,21	0,15	0,19	0,78	0,64	0,77	0,87	0,65	
MgO	0,09	0,14	0,03	0,04	0,23	0,02	0,04	0,01	0,07	3,15	2,98	2,36	0,33	
CaO	3,26	2,89	0,72	1,70	0,78	0,55	0,45	0,45	2,15	0,10	0,03	0,05	0,42	
Cr ₂ O ₅	0,05	0,02	0,02	0,05	0,04	0,00	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	
Toplam	93,78	94,13	95,43	94,00	95,31	95,49	96,35	95,77	102,18	97,73	98,31	97,81	97,50	
Si	0,18	0,23	0,05	0,10	0,05	0,05	0,05	0,04	0,098	0,006	0,005	0,006	0,023	
Ti	0,25	0,24	0,15	0,25	0,21	0,21	0,11	0,18	0,217	0,223	0,222	0,219	0,196	
Al(t)	0,11	0,13	0,04	0,17	0,06	0,06	0,03	0,11	0,057	0,234	0,232	0,226	0,104	
Fe ⁺³	1,03	0,91	1,56	1,13	1,43	1,43	1,65	1,45	1,385	1,291	1,299	1,317	1,460	
Fe ⁺²	1,28	1,35	1,16	1,27	1,20	1,20	1,13	1,20	1,095	1,058	1,060	1,073	1,158	
Mn	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,024	0,020	0,024	0,028	0,021	
Mg	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,004	0,174	0,164	0,131	0,019	
Ca	0,14	0,12	0,03	0,07	0,03	0,03	0,02	0,02	0,083	0,004	0,001	0,002	0,017	
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	
Toplam	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,96	3,01	3,01	3,00	3,00	
Mg [#]	0,004	0,006	0,001	0,002	0,011	0,011	0,002	0,001	0,003	0,141	0,134	0,109	0,016	

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Mg # : Mg/(Mg+Fe⁺²), Yapısal parametreler 4 oksijene göre, Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır.

Ek Tablo 2'nin devamı

Örnek Adı	Civanköy Üyesi					Borçka Bazaltı							
	Bazaltik Breş												
Örnek No	A 70-8	A 70-8	A 70-8	A 70-8	A 70-8	A 16-03	A 16-09	A 16-10	A 16-11	A 16-25	A 16-26	A 16-27	A 24-08
	Titano- magnetit 3 k	Titano- magnetit	Titano- magnetit	Titano- magnetit	Titano- magnetit 3 k	Titano- magnetit 1 m	Titano- magnetit 2 m	Titano- magnetit 3 m	magnetit 3 k	magnetit 4 m	magnetit 4 k	magnetit 5 m	magnetit 1 k
SiO ₂	0,15	2,28	0,15	1,11	1,39	0,08	0,17	0,13	1,88	0,17	2,74	0,17	7,87
TiO ₂	8,99	7,62	8,76	6,44	7,88	6,24	4,13	4,09	0,24	5,15	2,76	5,46	4,36
Al ₂ O ₃	4,54	6,28	5,10	1,79	1,05	4,38	7,65	7,57	0,33	4,66	1,48	4,54	2,77
Fe ₂ O ₃	46,56	46,89	46,74	51,40	50,59	50,79	51,83	51,66	62,30	53,01	54,35	52,63	36,55
FeO	34,26	34,41	34,35	36,44	36,08	32,89	31,27	31,40	32,51	31,89	34,19	32,11	38,86
MnO	1,31	1,17	1,16	0,40	0,42	0,46	0,47	0,53	0,08	0,54	0,29	0,51	0,21
MgO	1,75	0,66	2,08	0,27	0,12	2,27	2,73	2,48	0,04	2,45	0,07	2,49	0,59
CaO	0,11	0,75	0,01	0,40	0,84	0,03	0,01	0,00	0,46	0,04	1,88	0,02	3,91
Cr ₂ O ₅	0,01	0,02	0,04	0,00	0,00	0,15	0,16	0,20	0,14	0,06	0,03	0,00	0,14
Toplam	97,68	100,09	98,39	98,26	98,38	97,30	98,41	98,07	97,97	97,97	97,77	97,93	95,25
Si	0,006	0,082	0,006	0,043	0,053	0,003	0,006	0,005	0,073	0,006	0,105	0,006	0,296
Ti	0,253	0,205	0,244	0,185	0,225	0,177	0,114	0,113	0,007	0,145	0,079	0,154	0,123
Al(t)	0,200	0,265	0,222	0,081	0,047	0,195	0,330	0,328	0,015	0,205	0,067	0,200	0,123
Fe ⁺³	1,311	1,264	1,301	1,477	1,447	1,441	1,426	1,430	1,821	1,491	1,565	1,481	1,035
Fe ⁺²	1,072	1,031	1,063	1,164	1,147	1,037	0,956	0,966	1,056	0,996	1,094	1,004	1,222
Mn	0,041	0,036	0,036	0,013	0,013	0,015	0,014	0,016	0,003	0,017	0,009	0,016	0,007
Mg	0,098	0,035	0,115	0,016	0,007	0,128	0,149	0,136	0,002	0,136	0,004	0,139	0,033
Ca	0,004	0,029	0,001	0,016	0,034	0,001	0,000	0,000	0,019	0,001	0,077	0,001	0,157
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,005	0,006	0,004	0,002	0,001	0,000	0,004
Toplam	2,99	2,95	2,99	2,99	2,97	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Mg [#]	0,083	0,033	0,097	0,013	0,006	0,110	0,135	0,123	0,002	0,120	0,004	0,121	0,026

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Mg # : Mg/(Mg+Fe⁺²), Yapısal parametreler 4 oksijene göre, Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır.

Ek Tablo 2'nin devamı

Örnek Adı	Borçka Bazaltı													
	Örnek No	A24-09c	A24-20	A24-21	A29-11	A29-12	A29-17	A29-23	A29-36	A25-10	A25-10	A25-10	A25-10	A25-10
	magnetit 1	magnetit 2	magnetit 3	Titano- magnetit 1	Titano- magnetit 2	Titano- magnetit 3	Titano- magnetit 4	Titano- magnetit 5	Titano- magnetit 1	Titano- magnetit	Titano- magnetit	Titano- magnetit	Titano- magnetit 1	Titano- magnetit 1
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	k	k			k
SiO ₂	0,15	0,15	0,11	0,09	0,06	0,08	0,10	0,09	0,36	0,82	13,00	0,42	0,68	0,68
TiO ₂	5,11	5,12	5,41	6,68	6,58	7,31	5,39	6,80	6,71	3,85	3,56	5,14	4,32	4,32
Al ₂ O ₃	6,04	4,02	5,25	0,59	0,92	1,79	3,67	2,24	3,15	3,40	13,29	3,91	3,38	3,38
Fe ₂ O ₃	51,50	53,73	51,87	53,35	53,43	51,02	51,86	51,71	50,23	54,47	39,44	51,82	53,04	53,04
FeO	32,69	33,55	33,16	35,26	34,42	34,35	32,72	35,04	37,06	35,06	30,11	35,68	36,23	36,23
MnO	0,70	0,78	0,71	1,24	1,90	2,83	2,52	1,88	0,42	0,22	0,14	0,17	0,20	0,20
MgO	2,01	1,21	1,77	0,07	0,04	0,06	0,20	0,19	0,02	0,09	0,76	0,24	0,01	0,01
CaO	0,03	0,07	0,01	0,01	0,18	0,18	0,18	0,01	0,21	0,29	0,23	0,27	0,22	0,22
Cr ₂ O ₅	0,07	0,04	0,05	0,01	0,00	0,03	0,05	0,02	0,08	0,07	0,09	0,10	0,10	0,10
Toplam	98,29	98,66	98,33	97,30	97,52	97,64	96,67	97,98	98,25	98,26	100,63	97,76	98,17	98,17
Si	0,006	0,006	0,004	0,004	0,002	0,003	0,004	0,004	0,014	0,031	0,412	0,016	0,026	0,026
Ti	0,142	0,145	0,152	0,197	0,193	0,213	0,157	0,197	0,193	0,110	0,085	0,148	0,124	0,124
Al(t)	0,264	0,178	0,231	0,027	0,042	0,082	0,167	0,101	0,142	0,153	0,497	0,176	0,152	0,152
Fe ⁺³	1,437	1,520	1,456	1,572	1,568	1,486	1,510	1,498	1,433	1,562	0,941	1,489	1,527	1,527
Fe ⁺²	1,013	1,055	1,034	1,155	1,122	1,112	1,059	1,128	1,197	1,118	0,798	1,140	1,159	1,159
Mn	0,022	0,025	0,022	0,041	0,063	0,093	0,083	0,061	0,013	0,007	0,004	0,006	0,006	0,006
Mg	0,111	0,068	0,099	0,004	0,003	0,004	0,012	0,011	0,001	0,005	0,036	0,014	0,000	0,000
Ca	0,001	0,003	0,001	0,001	0,007	0,008	0,008	0,000	0,009	0,012	0,008	0,011	0,009	0,009
Cr	0,004	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Toplam	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,78	3,00	3,01	3,01
Mg [#]	0,099	0,061	0,087	0,003	0,002	0,003	0,011	0,010	0,001	0,004	0,043	0,012	0,000	0,000

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Mg # : Mg/(Mg+Fe⁺²), Yapısal parametreler 4 oksijene göre, Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır.

Ek Tablo 2'nin devamı

Örnek Adı	Borçka Bazaltı												
	Örnek No	A 73-9	A 73-9	A 73-9	A 73-9	A 73-10	A 73-10	A 109-9	A 109-9	A 109-9	A 113-10	A 113-10	A 113-10
	Titano- magnetit 1 k	Titano- magnetit	Titano- magnetit	Titano- magnetit 1 k	Titano- magnetit 2 k	Titano- magnetit 2 m	Titano- magnetit 1 k	Titano- magnetit	Titano- magnetit 1 m	Titano- magnetit	Titano- magnetit	Titano- magnetit	Titano- magnetit
SiO ₂	0,14	0,28	0,12	0,13	0,22	0,08	0,43	0,12	1,61	0,28	0,12	0,13	0,22
TiO ₂	9,22	10,20	10,32	10,28	10,86	11,09	4,56	4,86	4,39	10,20	10,32	10,28	10,86
Al ₂ O ₃	3,29	4,26	4,25	4,28	4,23	4,34	4,04	6,53	4,42	4,26	4,25	4,28	4,23
Fe ₂ O ₃	46,62	45,67	46,12	44,15	44,84	44,70	54,05	52,49	51,02	45,67	46,12	44,15	44,84
FeO	34,29	33,87	34,07	33,18	33,49	33,43	35,44	32,20	36,27	33,87	34,07	33,18	33,49
MnO	0,74	0,62	0,52	0,59	0,94	0,47	0,22	0,51	0,15	0,62	0,52	0,59	0,94
MgO	2,07	2,62	3,55	3,37	1,81	3,43	0,34	2,55	0,12	2,62	3,55	3,37	1,81
CaO	0,26	0,13	0,03	0,13	0,14	0,03	0,12	0,00	0,94	0,13	0,03	0,13	0,14
Cr ₂ O ₅	0,11	0,09	0,12	0,10	0,09	0,10	0,04	0,03	0,07	0,09	0,12	0,10	0,09
Toplam	96,76	97,75	99,10	96,22	96,61	97,66	99,24	99,29	98,99	97,75	99,10	96,22	96,61
Si	0,005	0,010	0,004	0,005	0,008	0,003	0,016	0,004	0,060	0,06	0,05	0,06	0,05
Ti	0,263	0,284	0,282	0,291	0,311	0,310	0,129	0,134	0,123	0,14	0,17	0,16	0,17
Al(t)	0,147	0,186	0,182	0,190	0,190	0,190	0,179	0,281	0,195	0,10	0,12	0,10	0,12
Fe ⁺³	1,348	1,289	1,281	1,216	1,170	1,181	1,529	1,442	1,436	1,47	1,43	1,45	1,43
Fe ⁺²	1,065	1,027	1,017	1,081	1,180	1,107	1,114	0,983	1,134	1,16	1,14	1,15	1,14
Mn	0,024	0,019	0,016	0,019	0,030	0,015	0,007	0,016	0,005	0,03	0,04	0,03	0,04
Mg	0,117	0,145	0,192	0,189	0,103	0,190	0,019	0,139	0,007	0,03	0,04	0,03	0,05
Ca	0,011	0,005	0,001	0,005	0,006	0,001	0,005	0,000	0,038	0,01	0,01	0,02	0,01
Cr	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001	0,001	0,002	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	2,98	2,97	2,98	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,01	3,00	3,00	3,01
Mg [#]	0,099	0,123	0,159	0,149	0,080	0,146	0,017	0,124	0,006	0,023	0,037	0,024	0,040

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Mg # : Mg/(Mg+Fe⁺²), Yapısal parametreler 4 oksijene göre, Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır.

Ek Tablo 3. Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer yaşlı volkanik kayalara ait hornblendlerin mikroprob analiz sonuçları

Civanköy Üyesi													
Andezitik Breş													
Örnek Adı													
Örnek No	A64-1	A64-1	A64-1	A64-1	A64-2	A64-2	A64-2	A64-2	A64-5	A64-5	A64-5	A64-5	A64-5
	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit
	Amf-1 feno	Amf-1 feno	Amf-1 feno	Amf-1 feno	Amf-2 feno	Amf-2 feno	Amf-2 feno	Amf-2 feno	Amf-3 feno	Amf-3 feno	Amf-3 feno	Amf-3 feno	Amf-3 feno
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
SiO ₂	40,85	42,31	41,02	43,59	44,14	44,26	45,14	45,19	44,50	44,17	44,58	44,32	44,14
TiO ₂	1,70	1,38	1,56	1,53	0,88	0,86	0,99	0,98	0,93	0,93	0,91	0,96	1,03
Al ₂ O ₃	15,51	13,26	15,09	11,18	10,98	10,50	10,09	10,23	11,06	11,07	11,35	11,24	11,18
FeO*	12,26	13,35	11,07	14,84	16,30	15,83	15,57	15,16	15,68	16,27	15,96	16,11	15,71
MnO	0,23	0,41	0,20	0,46	0,76	0,83	0,80	0,72	0,86	0,88	0,81	0,91	0,86
MgO	12,85	13,44	13,84	12,95	12,35	12,39	13,01	13,20	12,70	12,32	12,47	12,75	12,60
CaO	11,92	11,29	11,86	11,46	10,90	10,79	10,91	10,74	10,70	10,88	10,50	10,58	10,77
Na ₂ O	2,06	1,79	2,01	1,58	1,43	1,61	1,36	1,37	1,36	1,44	1,45	1,47	1,44
K ₂ O	0,33	0,38	0,37	0,29	0,49	0,44	0,25	0,39	0,44	0,46	0,42	0,45	0,39
Toplam	97,79	97,64	97,10	97,87	98,20	97,46	98,13	97,99	98,23	98,43	98,44	98,79	98,12
Si	5,90	6,07	5,92	6,30	6,35	6,42	6,46	6,46	6,36	6,33	6,35	6,29	6,32
Ti	0,18	0,15	0,17	0,17	0,10	0,09	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11
Al(t)	2,64	2,24	2,57	1,90	1,86	1,79	1,70	1,72	1,86	1,87	1,90	1,88	1,89
Fe ⁺³	0,87	1,27	0,95	1,13	1,41	1,30	1,40	1,41	1,49	1,43	1,52	1,62	1,47
Fe ⁺²	0,61	0,34	0,38	0,66	0,55	0,62	0,46	0,40	0,38	0,52	0,38	0,30	0,41
Mn	0,03	0,05	0,02	0,06	0,09	0,10	0,10	0,09	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10
Mg	2,77	2,88	2,98	2,79	2,65	2,68	2,78	2,81	2,70	2,64	2,65	2,70	2,69
Ca	1,84	1,74	1,83	1,77	1,68	1,68	1,67	1,64	1,64	1,67	1,60	1,61	1,65
Na	0,58	0,50	0,56	0,44	0,40	0,45	0,38	0,38	0,38	0,40	0,40	0,41	0,40
K	0,06	0,07	0,07	0,05	0,09	0,08	0,05	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
Toplam	15,47	15,30	15,46	15,27	15,17	15,21	15,10	15,10	15,10	15,16	15,08	15,10	15,12
Al ^(VI)	0,53	0,32	0,48	0,20	0,21	0,21	0,16	0,18	0,22	0,21	0,25	0,18	0,21
Al ^(IV)	2,10	1,93	2,08	1,70	1,65	1,58	1,54	1,54	1,64	1,67	1,65	1,71	1,68
Mg [#]	0,65	0,64	0,69	0,61	0,57	0,58	0,60	0,61	0,59	0,57	0,58	0,59	0,59

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺³ + Fe⁺²). Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997)ne göre yapılmıştır.
m: kristal merkezi, k: kristal kenarı, kk: küçük kristal, Amf: Amfibol, Yapısal formüller 23 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 3'ün devamı

Örnek Adı	Civanköy Üyesi						Borçka Bazaltı							
	Andezitik Breş													
	A64-6	A64-6	A64-7	A64-7	A64-7	A64-7	A25-1	A25-1	A25-1	A25-1	A25-1	A25-2	A25-2	
	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	
	Amf-4 feno m	Amf-4 feno k	Amf-5 feno k	Amf-5 feno	Amf-5 feno	Amf-5 feno k	Amf-1 feno k	Amf-1 feno	Amf-1 feno	Amf-1 feno	Amf-1 feno k	Amf-2 feno k	Amf-2 feno	
SiO ₂	44,03	44,56	45,08	45,04	45,02	45,32	41,8	42,55	41,74	41,93	42,14	40,56	40,49	
TiO ₂	0,94	1,05	1,10	1,26	1,27	1,11	1,6	1,55	1,60	1,63	1,64	1,30	1,59	
Al ₂ O ₃	11,09	10,71	9,79	10,30	10,16	9,88	13,8	14,32	13,69	13,75	13,82	15,43	15,26	
FeO*	15,57	15,70	15,24	15,49	14,82	15,05	12,1	11,77	11,84	11,73	11,86	11,22	11,03	
MnO	0,80	0,76	0,67	0,73	0,69	0,67	0,2	0,12	0,20	0,22	0,15	0,10	0,11	
MgO	12,58	12,69	13,27	12,95	12,83	13,23	14,8	15,14	14,75	14,84	14,90	14,85	14,81	
CaO	10,70	10,87	10,98	10,86	11,06	10,80	11,5	11,28	11,58	11,49	11,33	12,19	12,11	
Na ₂ O	1,48	1,51	1,36	1,46	1,40	1,32	2,1	2,11	2,13	2,13	2,03	2,05	2,16	
K ₂ O	0,36	0,31	0,29	0,30	0,30	0,29	0,4	0,41	0,43	0,42	0,41	0,56	0,53	
Toplam	97,53	98,15	97,81	98,41	97,55	97,72	98,3	99,25	97,99	98,15	98,29	98,28	98,12	
Si	6,34	6,39	6,47	6,43	6,50	6,50	5,9	5,94	5,95	5,96	5,96	5,77	5,78	
Ti	0,10	0,11	0,12	0,14	0,14	0,12	0,2	0,16	0,17	0,17	0,17	0,14	0,17	
Al(t)	1,88	1,81	1,66	1,73	1,73	1,67	2,3	2,36	2,30	2,30	2,30	2,59	2,57	
Fe ⁺³	1,45	1,37	1,35	1,34	1,13	1,36	1,3	1,37	1,24	1,27	1,36	1,20	1,13	
Fe ⁺²	0,43	0,51	0,48	0,51	0,66	0,45	0,1	0,00	0,17	0,12	0,04	0,13	0,18	
Mn	0,10	0,09	0,08	0,09	0,08	0,08	0,0	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	
Mg	2,70	2,71	2,84	2,76	2,76	2,83	3,1	3,15	3,14	3,14	3,14	3,15	3,15	
Ca	1,65	1,67	1,69	1,66	1,71	1,66	1,8	1,69	1,77	1,75	1,72	1,86	1,85	
Na	0,41	0,42	0,38	0,40	0,39	0,37	0,6	0,57	0,59	0,59	0,56	0,56	0,60	
K	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,1	0,07	0,08	0,08	0,07	0,10	0,10	
Toplam	15,13	15,14	15,12	15,12	15,16	15,08	15,4	15,33	15,43	15,41	15,34	15,52	15,54	
Al ^(VI)	0,23	0,20	0,13	0,17	0,23	0,16	0,2	0,30	0,25	0,26	0,26	0,36	0,35	
Al ^(IV)	1,66	1,61	1,53	1,57	1,50	1,50	2,1	2,06	2,05	2,04	2,04	2,23	2,22	
Mg [#]	0,59	0,59	0,61	0,60	0,61	0,61	0,69	0,70	0,69	0,69	0,69	0,70	0,71	

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺³ + Fe⁺²). Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997)'ne göre yapılmıştır.
m: kristal merkezi, k: kristal kenarı, kk: küçük kristal, Amf: Amfibol, Yapısal formüller 23 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 3'ün devamı

Örnek Adı	Borçka Bazaltı												
Örnek No	A25-2	A25-2	A25-2	A25-7	A25-7	A25-7	A25-7	A25-7	A25-8	A25-8	A25-8	A25-8	A25-8
	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit
	Amf-2 feno	Amf-2 feno	Amf-2 feno	Amf-3 feno	Amf-3 feno	Amf-3 feno	Amf-3 feno	Amf-3 feno	Amf-4 feno	Amf-4 feno	Amf-4 feno	Amf-4 feno	Amf-4 feno
	→ k			→ k			→ k			→ k			→ k
SiO ₂	41,14	40,34	41,07	41,47	41,61	42,07	41,67	41,75	40,91	40,74	41,59	40,94	40,96
TiO ₂	1,62	1,48	1,59	1,66	1,68	1,66	1,69	1,69	1,50	1,33	1,62	1,46	1,53
Al ₂ O ₃	14,78	15,67	15,03	13,97	14,03	14,14	14,07	14,10	14,77	15,03	13,96	14,92	14,76
FeO*	11,18	10,50	11,25	11,73	11,91	11,60	12,10	11,85	11,29	11,32	11,44	11,53	11,41
MnO	0,10	0,12	0,14	0,20	0,10	0,18	0,09	0,18	0,14	0,17	0,16	0,12	0,15
MgO	14,79	14,88	15,07	14,66	14,62	14,37	14,79	14,89	14,62	14,60	14,85	14,51	14,81
CaO	12,05	12,19	12,02	11,51	11,52	11,42	11,55	11,47	11,88	11,90	11,62	11,82	11,88
Na ₂ O	2,12	2,07	2,17	2,05	2,16	1,86	2,11	2,15	2,00	2,04	2,08	2,07	2,07
K ₂ O	0,55	0,70	0,48	0,44	0,43	0,44	0,46	0,46	0,47	0,53	0,43	0,50	0,46
Toplam	98,38	97,94	98,83	97,72	98,09	97,77	98,53	98,55	97,60	97,66	97,79	97,91	98,05
Si	5,86	5,76	5,80	5,92	5,93	5,99	5,90	5,91	5,86	5,83	5,93	5,85	5,83
Ti	0,17	0,16	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,16	0,14	0,17	0,16	0,16
Al(t)	2,48	2,64	2,50	2,35	2,36	2,37	2,35	2,35	2,49	2,54	2,35	2,51	2,48
Fe ⁺³	1,09	1,08	1,23	1,27	1,23	1,21	1,32	1,33	1,18	1,20	1,23	1,20	1,24
Fe ⁺²	0,24	0,17	0,10	0,13	0,18	0,17	0,11	0,07	0,17	0,15	0,14	0,18	0,12
Mn	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
Mg	3,14	3,17	3,18	3,12	3,10	3,05	3,12	3,14	3,12	3,12	3,16	3,09	3,14
Ca	1,84	1,87	1,82	1,76	1,76	1,74	1,75	1,74	1,82	1,83	1,78	1,81	1,81
Na	0,59	0,57	0,59	0,57	0,60	0,51	0,58	0,59	0,55	0,57	0,58	0,57	0,57
K	0,10	0,13	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	0,08	0,09	0,08
Toplam	15,52	15,57	15,50	15,41	15,43	15,33	15,41	15,41	15,46	15,49	15,43	15,47	15,47
Al ^(VI)	0,34	0,40	0,31	0,27	0,28	0,36	0,25	0,26	0,35	0,37	0,28	0,36	0,31
Al ^(IV)	2,14	2,24	2,20	2,08	2,07	2,01	2,10	2,09	2,14	2,17	2,07	2,15	2,17
Mg [#]	0,70	0,72	0,70	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70	0,69	0,70

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺³ + Fe⁺²). Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997)'ne göre yapılmıştır.
m: kristal merkezi, k: kristal kenarı, kk: küçük kristal, Amf: Amfibol, Yapısal formüller 23 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 3'ün devamı

Örnek Adı	Borçka Bazaltı													
Örnek No	A 109-1	A 109-1	A 109-1	A 109-1	A 109-1	A 109-2	A 109-2	A 109-2	A 109-2	A 109-2	A 109-7	A 109-7	A 109-7	
	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	
	Amf-1 feno k	Amf-1 feno	Amf-1 feno	Amf-1 feno	Amf-1 feno k	Amf-2 feno k	Amf-2 feno	Amf-2 feno	Amf-2 feno	Amf-2 feno	Amf-2 feno k	Amf-3 feno k	Amf-3 feno	Amf-3 feno
SiO ₂	41,13	41,86	42,42	42,43	41,55	41,90	41,73	41,17	41,64	41,54	40,54	40,51	40,66	
TiO ₂	1,56	1,94	2,03	2,05	1,71	1,61	1,62	1,74	1,58	1,57	1,59	1,54	1,49	
Al ₂ O ₃	14,61	13,41	12,81	12,99	13,97	13,86	13,99	14,06	13,64	14,84	14,78	14,85	14,73	
FeO*	11,61	12,20	11,66	11,98	11,78	12,00	12,12	11,59	11,98	12,05	12,38	11,64	11,91	
MnO	0,20	0,15	0,12	0,17	0,16	0,14	0,17	0,12	0,16	0,25	0,19	0,09	0,11	
MgO	14,36	14,53	15,02	14,95	14,94	14,95	14,53	14,50	14,45	14,60	13,87	14,16	14,33	
CaO	11,92	11,50	11,42	11,31	11,58	11,57	11,59	11,67	11,61	11,92	11,92	12,04	11,89	
Na ₂ O	2,00	2,08	2,15	2,17	2,17	2,15	2,05	2,05	2,08	2,13	2,06	1,99	2,01	
K ₂ O	0,53	0,46	0,47	0,45	0,44	0,46	0,44	0,45	0,46	0,52	0,49	0,53	0,51	
Toplam	97,94	98,14	98,08	98,47	98,36	98,64	98,29	97,37	97,59	99,43	97,83	97,33	97,66	
Si	5,89	5,97	6,04	6,01	5,90	5,93	5,93	5,92	5,98	5,85	5,83	5,85	5,84	
Ti	0,17	0,21	0,22	0,22	0,18	0,17	0,17	0,19	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	
Al(t)	2,46	2,25	2,15	2,17	2,34	2,31	2,34	2,38	2,31	2,46	2,51	2,53	2,49	
Fe ⁺³	1,12	1,21	1,17	1,25	1,30	1,31	1,26	1,16	1,17	1,22	1,14	1,07	1,20	
Fe ⁺²	0,27	0,25	0,22	0,17	0,10	0,11	0,18	0,23	0,27	0,20	0,35	0,33	0,23	
Mn	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	
Mg	3,06	3,09	3,19	3,16	3,16	3,15	3,08	3,11	3,09	3,07	2,97	3,05	3,07	
Ca	1,83	1,76	1,74	1,72	1,76	1,75	1,77	1,80	1,79	1,80	1,84	1,86	1,83	
Na	0,55	0,58	0,59	0,60	0,60	0,59	0,56	0,57	0,58	0,58	0,57	0,56	0,56	
K	0,10	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,09	
Toplam	15,48	15,42	15,42	15,40	15,43	15,42	15,40	15,45	15,45	15,47	15,50	15,52	15,48	
Al ^(VI)	0,35	0,23	0,19	0,18	0,23	0,24	0,28	0,30	0,28	0,32	0,34	0,37	0,33	
Al ^(IV)	2,11	2,03	1,96	1,99	2,10	2,07	2,07	2,08	2,02	2,15	2,17	2,15	2,16	
Mg [#]	0,69	0,68	0,70	0,69	0,69	0,69	0,68	0,69	0,68	0,68	0,67	0,68	0,68	

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺³ + Fe⁺²). Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997)'ne göre yapılmıştır.

m: kristal merkezi, k: kristal kenarı, kk: küçük kristal, Amf: Amfibol, Yapısal formüller 23 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 3'ün devamı

Örnek Adı	Borçka Bazaltı													
	Örnek No	A109-7	A109-7	A109-8	A109-8	A109-8	A109-8	A29-19	A29-20	A29-21	A29-22	A29-32	A29-33	A29-34
	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Edenit	Magnezyo hastingsit	Edenit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	
	Amf-3 feno	Amf-3 feno	Amf-4 feno	Amf-4 feno	Amf-4 feno	Amf-4 feno	Amf-4 feno	Amf-1 feno	Amf-1 feno	Amf-2 feno	Amf-2 feno	Amf-3 feno	Amf-3 feno	Amf-4 kk
	→ k	→ k	→ k	→ k	→ k	→ k	→ k	m	k	m	k	m	k	m
SiO ₂	40,35	40,97	41,93	41,85	41,61	41,60	43,57	47,67	42,95	49,29	42,62	43,43	42,88	
TiO ₂	4,11	1,56	1,65	1,54	1,65	1,63	1,73	1,67	1,39	1,37	1,48	1,43	2,03	
Al ₂ O ₃	12,95	14,71	13,53	13,62	13,74	13,76	12,15	8,06	13,27	6,61	13,59	12,92	12,68	
FeO*	11,52	11,98	12,67	12,22	12,21	12,26	14,45	10,34	14,01	10,65	13,19	13,05	14,37	
MnO	0,16	0,19	0,21	0,19	0,16	0,16	0,48	0,43	0,35	0,56	0,27	0,29	0,37	
MgO	14,21	14,05	14,51	14,65	14,37	14,67	13,24	16,62	13,29	17,02	13,51	13,96	13,00	
CaO	11,76	11,91	11,52	11,63	11,55	11,59	10,80	11,71	10,93	11,36	11,75	11,83	10,69	
Na ₂ O	2,21	1,97	2,02	2,15	2,12	2,13	2,05	1,87	1,95	1,73	1,97	1,91	2,19	
K ₂ O	0,66	0,48	0,45	0,44	0,45	0,47	0,28	0,17	0,33	0,20	0,38	0,38	0,33	
Toplam	97,94	97,79	98,49	98,28	97,87	98,26	98,74	98,53	98,47	98,79	98,75	99,20	98,54	
Si	5,85	5,88	5,96	5,96	5,96	5,92	6,20	6,72	6,11	6,90	6,08	6,16	6,12	
Ti	0,45	0,17	0,18	0,17	0,18	0,17	0,18	0,18	0,15	0,14	0,16	0,15	0,22	
Al(t)	2,21	2,49	2,27	2,29	2,32	2,31	1,80	1,28	1,89	1,09	1,92	1,84	1,88	
Fe ⁺³	0,79	1,12	1,32	1,24	1,20	1,28	1,23	0,54	1,22	0,60	0,97	0,99	1,17	
Fe ⁺²	0,60	0,32	0,18	0,21	0,26	0,18	0,48	0,68	0,44	0,64	0,61	0,55	0,55	
Mn	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,04	
Mg	3,07	3,01	3,07	3,11	3,07	3,11	2,81	3,49	2,82	3,55	2,87	2,95	2,77	
Ca	1,83	1,83	1,75	1,77	1,77	1,77	1,64	1,77	1,66	1,70	1,79	1,80	1,64	
Na	0,62	0,55	0,56	0,59	0,59	0,59	0,56	0,51	0,54	0,47	0,54	0,53	0,61	
K	0,12	0,09	0,08	0,08	0,08	0,09	0,05	0,03	0,06	0,04	0,07	0,07	0,06	
Toplam	15,57	15,47	15,39	15,45	15,44	15,44	15,26	15,31	15,26	15,21	15,41	15,39	15,30	
Al ^(VI)	0,06	0,37	0,22	0,25	0,27	0,23	0,23	0,06	0,33	0,00	0,36	0,32	0,25	
Al ^(IV)	2,15	2,12	2,04	2,04	2,04	2,08	2,04	1,34	2,22	1,09	2,28	2,16	2,13	
Mg [#]	0,69	0,68	0,67	0,68	0,68	0,68	0,62	0,74	0,63	0,74	0,65	0,66	0,62	

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺³ + Fe⁺²). Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997)'ne göre yapılmıştır.

m: kristal merkezi, k: kristal kenarı, kk: küçük kristal, Amf: Amfibol, Yapısal formüller 23 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 3'ün devamı

Örnek Adı	Borçka Bazaltı						
Örnek No	A29-35	A 16-13	A 16-14	A 16-18	A 16-19	A 16-21	A 16-22
	Magnezyo hastingsit Amf-4 kk k	Magnezyo hastingsit Amf-1 feno m	Magnezyo hastingsit Amf-1 feno k	Magnezyo hastingsit Amf-2 feno m	Magnezyo hastingsit Amf-2 feno k	Magnezyo hastingsit Amf-3 feno k	Magnezyo hastingsit Amf-3 feno m
SiO ₂	40,27	41,79	42,06	41,21	40,88	41,89	40,63
TiO ₂	1,24	1,41	1,45	0,84	1,17	1,55	1,58
Al ₂ O ₃	16,42	15,29	14,76	15,97	16,31	14,12	15,30
FeO*	12,37	12,46	11,08	11,44	11,21	12,25	12,37
MnO	0,23	0,15	0,16	0,15	0,11	0,23	0,16
MgO	13,16	13,65	14,84	13,89	14,06	14,25	13,62
CaO	12,14	11,95	11,83	11,88	12,15	11,71	12,09
Na ₂ O	2,15	1,95	2,10	2,00	2,17	2,06	2,07
K ₂ O	0,56	0,59	0,72	0,81	0,74	0,56	0,70
Toplam	98,53	99,24	98,99	98,17	98,79	98,62	98,52
Si	5,77	5,92	5,94	5,88	5,81	5,96	5,83
Ti	0,13	0,15	0,15	0,09	0,12	0,17	0,17
Al(t)	2,23	2,08	2,06	2,12	2,19	2,04	2,17
Fe ⁺³	0,82	1,00	1,07	1,01	0,89	1,13	0,95
Fe ⁺²	0,67	0,47	0,24	0,36	0,44	0,33	0,53
Mn	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02
Mg	2,81	2,88	3,12	2,96	2,98	3,02	2,91
Ca	1,86	1,81	1,79	1,82	1,85	1,78	1,86
Na	0,60	0,54	0,58	0,55	0,60	0,57	0,58
K	0,10	0,11	0,13	0,15	0,13	0,10	0,13
Toplam	15,56	15,46	15,49	15,52	15,58	15,46	15,56
Al ^(VI)	0,54	0,47	0,40	0,57	0,55	0,33	0,41
Al ^(IV)	2,77	2,55	2,46	2,69	2,73	2,37	2,59
Mg [#]	0,65	0,66	0,70	0,68	0,69	0,67	0,66

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺³ + Fe⁺²). Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997)'ne göre yapılmıştır.
m: kristal merkezi, k: kristal kenarı, kk: küçük kristal, Amf: Amfibol, Yapısal formüller 23 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 4. Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer yaşlı volkanik kayalara ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları

Örnek Adı	Bazik Dayk											Civanköy Üyesi			
												Andezitik Breş			
	Örnek No	A 17a-14	A 17a-15	A 17a-16	A 17a-17	A 79a-01	A 79a-02	A 79a-03	A 79a-04	A 79a-06	A 79a-24	A 79a-25	A 64-4	A 64-4	A 64-4
	plaj-1	plaj-1	plaj-2	plaj-2	plaj-1	plaj-1	plaj-2	plaj-3	Plaj-4	Plaj-5	Plaj-5	plaj-1	plaj-2	plaj-3	plaj-1
	fenol	fenol	fenol	fenol	mkt	mkt	mkt	mkt	mkt	mkt	mkt	fenol	fenol	fenol	fenol
	m	k	m	k	m	k	m	m	m	k	m	k	m	k	k
SiO ₂	46,98	51,84	46,12	51,34	47,05	60,92	46,23	46,79	45,80	67,94	47,29	56,05	55,81	54,25	51,57
Al ₂ O ₃	33,20	31,37	33,60	31,75	32,94	23,86	33,37	33,15	33,67	21,16	32,65	27,36	27,61	28,37	30,15
FeO*	0,95	0,68	0,92	0,78	0,99	0,42	1,06	0,97	0,85	0,32	0,89	0,19	0,14	0,13	0,93
CaO	16,89	13,23	17,56	13,77	16,39	6,30	16,79	16,55	17,16	2,32	16,22	9,93	10,13	11,13	12,96
Na ₂ O	1,65	3,67	1,33	3,42	1,53	6,43	1,27	1,40	1,09	9,91	1,66	4,50	5,65	3,13	3,77
K ₂ O	0,12	0,41	0,12	0,37	0,14	1,05	0,10	0,10	0,09	0,18	0,16	0,17	0,16	0,13	0,53
BaO	0,00	0,00	0,04	0,08	0,04	0,36	0,00	0,00	0,00	0,09	0,02	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
SrO	0,11	0,18	0,08	0,16	0,07	0,10	0,15	0,12	0,15	0,12	0,08	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
Toplam	99,90	101,39	99,77	101,67	99,14	99,45	98,97	99,08	98,80	102,04	98,96	98,21	99,50	97,13	99,91
Si	8,68	9,33	8,55	9,24	8,74	10,94	8,62	8,69	8,55	11,70	8,79	10,21	10,09	9,99	9,42
Al(t)	7,22	6,65	7,34	6,73	7,21	5,05	7,33	7,26	7,41	4,29	7,15	5,87	5,88	6,16	6,49
Fe ⁺²	0,15	0,10	0,14	0,12	0,15	0,06	0,17	0,15	0,13	0,05	0,14	0,03	0,02	0,02	0,14
Ca	3,34	2,55	3,49	2,65	3,26	1,21	3,35	3,30	3,43	0,43	3,23	1,94	1,96	2,20	2,54
Na	0,59	1,28	0,48	1,19	0,55	2,24	0,46	0,50	0,39	3,31	0,60	1,59	1,98	1,12	1,33
K	0,03	0,09	0,03	0,08	0,03	0,24	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,12
Ba	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
Sr	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
Toplam	20,02	20,03	20,04	20,04	19,95	19,78	19,96	19,94	19,95	19,83	19,95	19,67	19,98	19,51	20,06
% An	84,34	64,97	87,28	67,51	84,81	32,81	87,41	86,21	89,22	11,34	83,60	54,32	49,30	65,66	63,50
% Ab	14,95	32,63	11,99	30,34	14,33	60,65	11,97	13,15	10,23	87,65	15,45	44,55	49,76	33,45	33,39
% Or	0,71	2,40	0,73	2,14	0,86	6,53	0,62	0,64	0,54	1,02	0,95	1,13	0,94	0,89	3,11

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. % An, Ab ve Or: Sırasıyla anortit, albit ve ortoklas yüzdeleri, Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Plaj-plajiyoklas, fenol-fenokristal, m: kristal merkezi, k:kristal kenarı, mkt: mikrolit, a.e.: analiz edilmedi. Yapısal parametreler 32 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 4'ün devamı

Örnek Adı	Civanköy Üyesi					Borçka Bazaltı									
	Bazaltik Breş														
	A 70-4 plaj-1 feno	A 70-4 plaj-1 feno	A 70-10 Plaj-2 feno	A 70-10 Plaj-3 feno	A 70-10 Plaj-4 feno	A 24-01 plaj-1 feno	A 24-03 Plaj-2 feno	A 24-02 Plaj-2 feno	A 24-22 Plaj-3 feno	A 24-23 Plaj-3 feno	A 24-24 Plaj-4 feno	A 24-25 Plaj-4 feno	A 24-27 Plaj-5 feno	A 24-28 Plaj-5 feno	A 24-29 Plaj-5 feno
	m	k	m	k	m	k	m	m	k	k	m	k	orta	m	
SiO ₂	45,51	47,31	43,98	40,52	45,14	51,63	63,59	51,78	51,46	57,84	56,03	52,29	54,05	52,75	56,21
Al ₂ O ₃	33,91	33,20	34,64	29,83	33,49	29,11	22,26	29,27	29,73	25,99	27,07	29,04	28,28	29,11	27,09
FeO*	0,70	0,64	0,98	8,92	1,11	0,81	0,45	0,74	0,81	0,53	0,61	0,85	0,85	0,94	0,70
CaO	17,53	16,65	18,76	12,60	17,58	12,70	3,37	12,67	13,16	8,55	9,64	12,26	11,12	12,23	9,64
Na ₂ O	1,42	1,99	0,70	0,59	1,26	3,75	9,04	3,94	3,67	6,33	5,71	3,97	4,80	4,03	5,61
K ₂ O	0,11	0,12	0,03	0,09	0,12	0,10	0,45	0,09	0,10	0,22	0,23	0,11	0,12	0,09	0,16
BaO	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	0,02	0,32	0,02	0,12	0,16	0,16	0,00	0,02	0,08	0,06
SrO	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	0,10	0,11	0,06	0,10	0,11	0,16	0,16	0,05	0,09	0,10
Toplam	99,17	99,91	99,10	92,55	98,70	98,2	99,59	98,56	99,15	99,73	99,62	98,66	99,31	99,33	99,55
Si	8,48	8,72	8,24	8,35	8,47	9,6	11,32	9,55	9,47	10,42	10,15	9,63	9,86	9,65	10,17
Al(t)	7,44	7,21	7,65	7,24	7,41	6,4	4,67	6,37	6,44	5,52	5,78	6,30	6,08	6,28	5,78
Fe ⁺²	0,11	0,10	0,15	1,54	0,17	0,1	0,07	0,11	0,12	0,08	0,09	0,13	0,13	0,14	0,11
Ca	3,50	3,29	3,77	2,78	3,53	2,52	0,64	2,50	2,59	1,65	1,87	2,42	2,17	2,40	1,87
Na	0,51	0,71	0,25	0,23	0,46	1,35	3,12	1,41	1,31	2,21	2,01	1,42	1,70	1,43	1,97
K	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	0,10	0,02	0,02	0,05	0,05	0,03	0,03	0,02	0,04
Ba	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
Sr	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Toplam	20,07	20,05	20,07	20,16	20,07	19,9	19,96	19,98	19,98	19,95	19,99	19,94	19,97	19,93	19,94
% An	86,65	81,62	93,51	91,51	87,89	64,78	16,61	63,62	66,05	42,17	47,58	62,67	55,71	62,34	48,26
% Ab	12,73	17,67	6,33	7,71	11,39	34,60	80,75	35,84	33,38	56,52	51,05	36,67	43,55	37,13	50,80
% Or	0,62	0,71	0,16	0,78	0,72	0,62	2,64	0,54	0,57	1,32	1,36	0,66	0,74	0,53	0,94

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. % An, Ab ve Or: Sırasıyla anortit, albit ve ortoklas yüzdeleri, Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Plaj-plajiyoklas, feno-fenokristal, m: kristal merkezi, kkristal kenarı, mkt: mikrolit, a.e.: analiz edilmedi. Yapısal parametreler 32 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 4'ün devamı

Örnek Adı	Borçka Bazaltı															
	Örnek No	A29-01	A29-02	A29-03	A29-04	A29-05	A29-06	A29-07	A29-08	A29-18	A29-27	A29-28	A29-29	A29-30	A29-31r	A73-2
	plaj-1 feno k	plaj-1 feno m	plaj-2 feno m	plaj-2 feno k	plaj-3 feno k	plaj-3 feno m	plaj-4 feno k	plaj-4 feno m	plaj-5 feno m	plaj-6 feno k	plaj-6 feno	plaj-6 feno	plaj-6 feno	plaj-6 feno	plaj-6 feno m	plaj-1 feno k
SiO ₂	49,46	50,13	45,99	49,03	45,43	46,71	49,82	45,12	46,50	49,28	49,30	48,49	47,28	46,34	52,44	
Al ₂ O ₃	31,17	30,93	33,70	31,10	34,12	33,34	31,32	34,68	33,27	31,69	31,72	32,21	33,04	33,55	28,89	
FeO*	0,72	0,77	0,59	0,74	0,70	0,62	0,71	0,62	0,67	0,70	0,61	0,57	0,58	0,57	1,09	
CaO	14,73	14,58	17,82	15,09	17,88	17,19	15,11	18,21	17,15	15,09	14,86	15,41	16,69	17,06	12,03	
Na ₂ O	2,97	3,15	1,45	2,81	1,33	1,75	2,98	0,95	1,74	2,79	2,84	2,52	1,90	1,48	4,03	
K ₂ O	0,08	0,06	0,02	0,07	0,02	0,05	0,07	0,02	0,04	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02	0,17	
BaO	0,00	0,04	0,02	0,11	0,08	0,21	0,08	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,12	0,00	a.e.	
SrO	0,18	0,08	0,07	0,15	0,14	0,11	0,11	0,06	0,06	0,09	0,14	0,15	0,12	0,12	a.e.	
Toplam	99,31	99,74	99,66	99,09	99,70	99,97	100,19	99,65	99,42	99,72	99,53	99,39	99,75	99,14	98,65	
Si	9,13	9,20	8,53	9,08	8,44	8,63	9,12	8,37	8,63	9,06	9,07	8,95	8,73	8,61	9,66	
Al(t)	6,78	6,69	7,36	6,79	7,47	7,26	6,76	7,58	7,27	6,86	6,88	7,00	7,19	7,34	6,27	
Fe ⁺²	0,11	0,12	0,09	0,11	0,11	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11	0,09	0,09	0,09	0,09	0,17	
Ca	2,91	2,87	3,54	2,99	3,56	3,40	2,96	3,62	3,41	2,97	2,93	3,05	3,30	3,39	2,37	
Na	1,06	1,12	0,52	1,01	0,48	0,63	1,06	0,34	0,63	1,00	1,01	0,90	0,68	0,53	1,44	
K	0,02	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	
Ba	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00		
Sr	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01		
Toplam	20,03	20,02	20,05	20,03	20,07	20,06	20,04	20,01	20,05	20,02	20,01	20,01	20,02	19,99	19,95	
% An	72,93	71,62	87,09	74,47	88,07	84,22	73,40	91,28	84,32	74,70	74,10	76,94	82,79	86,32	61,59	
% Ab	26,59	28,02	12,81	25,12	11,81	15,52	26,22	8,58	15,47	25,02	25,63	22,77	17,09	13,55	37,37	
% Or	0,48	0,36	0,09	0,41	0,12	0,26	0,38	0,14	0,21	0,28	0,27	0,29	0,12	0,13	1,0	

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. % An, Ab ve Or: Sırasıyla anortit, albit ve ortoklas yüzdeleri, Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Plaj-plajiyoklas, feno-fenokristal, m: kristal merkezi, k:kristal kenarı, mkt: mikrolit, a.e.: analiz edilmedi. Yapısal parametreler 32 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 4'ün devamı

Örnek Adı	Borçka Bazaltı														
	Örnek No	A 73-2	A 73-2	A 73-2	A 73-2	A 73-3	A 73-3	A 73-3	A 73-3	A 73-3	A 73-4	A 73-4	A 73-4	A 73-4	A 73-4
	plaj-1	plaj-1	plaj-1	plaj-1	plaj-2	plaj-2	plaj-2	plaj-2	plaj-2	plaj-3	plaj-3	plaj-3	plaj-3	plaj-3	plaj-4
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
				k	k				k	k				k	k
SiO ₂	51,99	51,69	52,34	51,94	48,35	49,79	51,45	50,18	51,61	49,88	52,06	48,63	57,30	50,00	49,86
Al ₂ O ₃	29,16	29,07	28,74	28,67	31,49	30,72	29,69	30,22	29,61	30,85	29,23	31,59	25,73	30,29	30,68
FeO*	1,12	0,95	1,17	1,00	0,97	0,84	0,75	0,79	0,95	0,97	0,65	0,69	1,04	0,92	1,00
CaO	12,44	12,39	12,20	11,96	15,13	14,25	13,04	13,66	12,71	14,16	12,40	15,27	9,04	14,00	14,14
Na ₂ O	4,22	3,73	4,41	3,92	2,69	3,14	3,89	3,35	3,96	3,22	4,17	2,65	5,84	3,36	3,18
K ₂ O	0,15	0,17	0,14	0,19	0,10	0,12	0,14	0,12	0,18	0,15	0,18	0,09	0,75	0,17	0,14
BaO	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
SrO	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
Toplam	99,09	98,00	99,00	97,68	98,73	98,86	98,95	98,32	99,03	99,23	98,69	98,92	99,71	98,74	99,00
Si	9,56	9,59	9,63	9,66	8,99	9,21	9,47	9,31	9,50	9,20	9,59	9,01	10,37	9,27	9,22
Al(t)	6,32	6,35	6,23	6,28	6,90	6,70	6,44	6,61	6,42	6,71	6,34	6,90	5,49	6,62	6,68
Fe ⁺²	0,17	0,15	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,12	0,15	0,15	0,10	0,11	0,16	0,14	0,15
Ca	2,45	2,46	2,40	2,38	3,02	2,82	2,57	2,72	2,50	2,80	2,45	3,03	1,75	2,78	2,80
Na	1,51	1,34	1,57	1,41	0,97	1,13	1,39	1,21	1,41	1,15	1,49	0,95	2,05	1,21	1,14
K	0,04	0,04	0,03	0,05	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,02	0,17	0,04	0,03
Ba	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
Sr	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
Toplam	20,05	19,93	20,06	19,93	20,05	20,02	20,02	20,00	20,02	20,04	20,01	20,02	20,00	20,05	20,03
% An	61,40	64,09	59,94	62,02	75,21	71,02	64,41	68,73	63,22	70,25	61,49	75,74	44,07	69,04	70,48
% Ab	37,72	34,88	39,24	36,79	24,19	28,29	34,76	30,53	35,68	28,86	37,45	23,76	51,55	29,95	28,69
% Or	0,88	1,03	0,82	1,19	0,60	0,69	0,83	0,74	1,10	0,89	1,06	0,51	4,37	1,01	0,83

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. % An, Ab ve Or: Sırasıyla anortit, albit ve ortoklas yüzdeleri, Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Plaj-plajiyoklas, feno-fenokristal, m: kristal merkezi, k:kristal kenarı, mkt: mikrolit, a.e.: analiz edilmedi. Yapısal parametreler 32 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 4'ün devamı

Örnek Adı	Borçka Bazaltı										
	Örnek No	A 73-5	A 73-5	A 73-5	A 73-5	A 113-7	A 113-7	A 113-7	A 113-8	A 113-8	A 113-8
	plaj-5	plaj-6	plaj-7	plaj-8	plaj-1	plaj-2	plaj-3	plaj-4	plaj-5	plaj-6	plaj-7
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
					m	m	m	m	m	m	m
SiO ₂	49,05	49,98	49,22	49,66	44,28	46,03	46,22	44,47	44,40	45,82	45,62
Al ₂ O ₃	31,20	30,84	31,26	30,84	31,94	34,35	33,55	29,05	34,52	33,14	33,88
FeO*	0,76	0,75	0,75	0,91	0,09	0,68	0,68	0,15	0,66	0,87	0,98
CaO	14,77	14,17	14,81	14,57	11,86	17,96	17,15	10,38	18,77	17,26	17,84
Na ₂ O	2,80	3,26	2,84	3,07	2,32	1,30	1,67	1,84	0,77	1,76	1,28
K ₂ O	0,10	0,13	0,10	0,14	0,01	0,04	0,04	0,02	0,03	0,10	0,10
BaO	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
SrO	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
Toplam	98,67	99,13	98,97	99,19	90,50	100,35	99,31	85,91	99,15	98,94	99,70
Si	9,10	9,22	9,10	9,17	8,85	8,47	8,58	9,28	8,30	8,56	8,47
Al(t)	6,82	6,70	6,81	6,71	7,53	7,45	7,34	7,14	7,60	7,30	7,41
Fe ⁺²	0,12	0,11	0,12	0,14	0,02	0,10	0,10	0,03	0,10	0,14	0,15
Ca	2,93	2,80	2,93	2,88	2,54	3,54	3,41	2,32	3,76	3,46	3,55
Na	1,01	1,16	1,02	1,10	0,90	0,47	0,60	0,74	0,28	0,64	0,46
K	0,02	0,03	0,02	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Ba	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
Sr	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
Toplam	20,00	20,03	20,01	20,04	19,83	20,04	20,05	19,52	20,04	20,12	20,07
% An	74,06	70,06	73,79	71,82	73,85	88,19	84,83	75,60	92,94	83,96	87,98
% Ab	25,37	29,15	25,60	27,36	26,11	11,59	14,94	24,23	6,89	15,49	11,46
% Or	0,57	0,79	0,61	0,83	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	0,6

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. % An, Ab ve Or: Sırasıyla anortit, albit ve ortoklas yüzdeleri, Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Plaj-plajiyoklas, feno-fenokristal, m: kristal merkezi, k:kristal kenarı, mkt: mikrolit, a.e.: analiz edilmedi. Yapısal parametreler 32 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 5. Borçka (Artvin) yöresi Tersiyer volkanik kayalarına ait hornblend-plajiyoklas jeotermometresinden hesaplanan sıcaklık (°C) değerleri

Kayaç Adı	Civanköy Üyesi									Borçka Bazaltı			
	Bazaltik Breş												
Örnek no	A64-4 Plaj-1 k	A64-1 Plaj-2 m	A64-1 Plaj-3 k	A70-4 Plaj-1 k	A70-4 Plaj-1 m	A70-4 Plaj-1 k	A70-10 Plaj-2 k	A70-10 Plaj-3 m	A70-10 Plaj-4 k	A73-2 Plaj-1 k	A73-2 Plaj-1 o	A73-2 Plaj-1 m	A73-2 Plaj-1 o
Plj (Xab)	44,55	49,76	33,45	33,39	12,73	17,67	6,33	7,71	11,39	37,37	37,72	34,88	39,24
örnek no	A64-1 Hbl-1 k	A64-1 Hbl-1 m	A64-1 Hbl-1 k	A64-2 Hbl-1 k	A64-2 Hbl-2 m	A64-2 Hbl-2 k	A64-5 Hbl-3 k	A64-5 Hbl-3 m	A64-5 Hbl-3 k	A25-1 Hbl-1 k	A25-1 Hbl-1 m	A25-1 Hbl-1 m	A25-1 Hbl-1 m
SiO ₂	40,85	42,31	41,02	44,14	44,26	45,14	44,50	44,17	44,58	41,8	42,55	41,74	41,93
TiO ₂	1,70	1,38	1,56	0,88	0,86	0,99	0,93	0,93	0,91	1,6	1,55	1,60	1,63
Al ₂ O ₃	15,51	13,26	15,09	10,98	10,50	10,09	11,06	11,07	11,35	13,8	14,32	13,69	13,75
FeO*	12,26	13,35	11,07	16,30	15,83	15,57	15,68	16,27	15,96	12,1	11,77	11,84	11,73
MnO	0,23	0,41	0,20	0,76	0,83	0,80	0,86	0,88	0,81	0,2	0,12	0,20	0,22
MgO	12,85	13,44	13,84	12,35	12,39	13,01	12,70	12,32	12,47	14,8	15,14	14,75	14,84
CaO	11,92	11,29	11,86	10,90	10,79	10,91	10,70	10,88	10,50	11,5	11,28	11,58	11,49
Na ₂ O	2,06	1,79	2,01	1,43	1,61	1,36	1,36	1,44	1,45	2,1	2,11	2,13	2,13
K ₂ O	0,33	0,38	0,37	0,49	0,44	0,25	0,44	0,46	0,42	0,4	0,41	0,43	0,42
Toplam	97,79	97,64	97,10	98,20	97,46	98,13	98,23	98,43	98,44	98,3	99,25	97,99	98,15
Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.													
Si	5,90	6,07	5,92	6,35	6,42	6,46	6,36	6,33	6,35	5,9	5,94	5,95	5,96
Ti	0,18	0,15	0,17	0,10	0,09	0,11	0,10	0,10	0,10	0,2	0,16	0,17	0,17
Al(t)	2,64	2,24	2,57	1,86	1,79	1,70	1,86	1,87	1,90	2,3	2,36	2,30	2,30
Fe ⁺³	0,87	1,27	0,95	1,41	1,30	1,40	1,49	1,43	1,52	1,3	1,37	1,24	1,27
Fe ⁺²	0,61	0,34	0,38	0,55	0,62	0,46	0,38	0,52	0,38	0,1	0,00	0,17	0,12
Mn	0,03	0,05	0,02	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,0	0,01	0,02	0,03
Mg	2,77	2,88	2,98	2,65	2,68	2,78	2,70	2,64	2,65	3,1	3,15	3,14	3,14
Ca	1,84	1,74	1,83	1,68	1,68	1,67	1,64	1,67	1,60	1,8	1,69	1,77	1,75
Na	0,58	0,50	0,56	0,40	0,45	0,38	0,38	0,40	0,40	0,6	0,57	0,59	0,59
K	0,06	0,07	0,07	0,09	0,08	0,05	0,08	0,08	0,08	0,1	0,07	0,08	0,08
T °C	938	932	921	867	883	849	1064	1008	911	947	940	938	942

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997)'ne göre yapılmıştır.

Ek Tablo 5'in devamı

Kayaç Adı	Borçka Bazaltı													
	Örnek no	A 73-2	A 73-3	A 73-3	A 73-3	A 73-3	A 73-3	A 73-4	A 73-4	A 73-4	A 73-4	A 73-4	A 73-5	A 73-5
	Plaj-1	Plaj-2	Plaj-2	Plaj-2	Plaj-2	Plaj-2	Plaj-3	Plaj-3	Plaj-3	Plaj-3	Plaj-3	Plaj-3	Plaj-4	Plaj-5
	k	k	o	m	o	k	k	0	m	o	k	k	o	
Plj (Xab)	36,79	24,19	28,29	34,76	30,53	35,68	28,86	37,45	23,76	51,55	29,95	28,69	25,37	
örnek no	A 25-1	A 25-2	A 25-2	A 25-2	A 25-2	A 25-2	A 25-7	A 25-7	A 25-7	A 25-7	A 25-7	A 25-8	A 25-8	
	Hbl-1	Hbl-2	Hbl-2	Hbl-2	Hbl-2	Hbl-2	Hbl-3	Hbl-3	Hbl-3	Hbl-3	Hbl-3	Hbl-4	Hbl-4	
	k	k	o	m	o	k	k	o	m	o	k	k	o	
SiO ₂	42,14	40,56	40,49	41,14	40,34	41,07	41,47	41,61	42,07	41,67	41,75	40,91	40,74	
TiO ₂	1,64	1,30	1,59	1,62	1,48	1,59	1,66	1,68	1,66	1,69	1,69	1,50	1,33	
Al ₂ O ₃	13,82	15,43	15,26	14,78	15,67	15,03	13,97	14,03	14,14	14,07	14,10	14,77	15,03	
FeO*	11,86	11,22	11,03	11,18	10,50	11,25	11,73	11,91	11,60	12,10	11,85	11,29	11,32	
MnO	0,15	0,10	0,11	0,10	0,12	0,14	0,20	0,10	0,18	0,09	0,18	0,14	0,17	
MgO	14,90	14,85	14,81	14,79	14,88	15,07	14,66	14,62	14,37	14,79	14,89	14,62	14,60	
CaO	11,33	12,19	12,11	12,05	12,19	12,02	11,51	11,52	11,42	11,55	11,47	11,88	11,90	
Na ₂ O	2,03	2,05	2,16	2,12	2,07	2,17	2,05	2,16	1,86	2,11	2,15	2,00	2,04	
K ₂ O	0,41	0,56	0,53	0,55	0,70	0,48	0,44	0,43	0,44	0,46	0,46	0,47	0,53	
Toplam	98,29	98,28	98,12	98,38	97,94	98,83	97,72	98,09	97,77	98,53	98,55	97,60	97,66	
Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.														
Si	5,96	5,77	5,78	5,86	5,76	5,80	5,92	5,93	5,99	5,90	5,91	5,86	5,83	
Ti	0,17	0,14	0,17	0,17	0,16	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,16	0,14	
Al(t)	2,30	2,59	2,57	2,48	2,64	2,50	2,35	2,36	2,37	2,35	2,35	2,49	2,54	
Fe ⁺³	1,36	1,20	1,13	1,09	1,08	1,23	1,27	1,23	1,21	1,32	1,33	1,18	1,20	
Fe ⁺²	0,04	0,13	0,18	0,24	0,17	0,10	0,13	0,18	0,17	0,11	0,07	0,17	0,15	
Mn	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	
Mg	3,14	3,15	3,15	3,14	3,17	3,18	3,12	3,10	3,05	3,12	3,14	3,12	3,12	
Ca	1,72	1,86	1,85	1,84	1,87	1,82	1,76	1,76	1,74	1,75	1,74	1,82	1,83	
Na	0,56	0,56	0,60	0,59	0,57	0,59	0,57	0,60	0,51	0,58	0,59	0,55	0,57	
K	0,07	0,10	0,10	0,10	0,13	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	
T °C	938	963	961	949	959	965	936	944	912	974	942	943	947	

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997)'ne göre yapılmıştır.

Ek Tablo 5'in devamı

Kayaç Adı	Borçka Bazaltı												
	Örnek no	A 73-5 Plaj-6 m	A 73-5 Plaj-7 o	A 73-5 Plaj-8 k	A 29-01 Plaj-1 k	A 29-02 Plaj-1 m	A 29-03c Plaj-2 m	A 29-04 Plaj-2 k	A 29-05 Plaj-3 k	A 29-06 Plaj-3 m	A 29-07 Plaj-4 k	A 29-08 Plaj-4 m	A 29-18 Plaj-5 m
Plj (Xab)	29,15	25,60	27,36	26,59	28,02	12,81	25,12	11,81	15,52	26,22	8,58	15,47	25,02
örnek no	A 25-8 Hbl-4 m	A 25-8 Hbl-4 o	A 25-8 Hbl-4 k	A 29-19 Hbl-1 m	A 29-20 Hbl-1 k	A 29-21 Hbl-2 m	A 29-22 Hbl-2 k	A 29-32 Hbl-3 m	A 29-33 Hbl-3 k	A 29-34 Hbl-4 m	A 29-35 Hbl-4 k	A 16-13 Hbl-1 m	A 16-14 Hbl-1 k
SiO ₂	41,59	40,94	40,96	43,57	47,67	42,95	49,29	42,62	43,43	42,88	40,27	41,79	42,06
TiO ₂	1,62	1,46	1,53	1,73	1,67	1,39	1,37	1,48	1,43	2,03	1,24	1,41	1,45
Al ₂ O ₃	13,96	14,92	14,76	12,15	8,06	13,27	6,61	13,59	12,92	12,68	16,42	15,29	14,76
FeO*	11,44	11,53	11,41	14,45	10,34	14,01	10,65	13,19	13,05	14,37	12,37	12,46	11,08
MnO	0,16	0,12	0,15	0,48	0,43	0,35	0,56	0,27	0,29	0,37	0,23	0,15	0,16
MgO	14,85	14,51	14,81	13,24	16,62	13,29	17,02	13,51	13,96	13,00	13,16	13,65	14,84
CaO	11,62	11,82	11,88	10,80	11,71	10,93	11,36	11,75	11,83	10,69	12,14	11,95	11,83
Na ₂ O	2,08	2,07	2,07	2,05	1,87	1,95	1,73	1,97	1,91	2,19	2,15	1,95	2,10
K ₂ O	0,43	0,50	0,46	0,28	0,17	0,33	0,20	0,38	0,38	0,33	0,56	0,59	0,72
Toplam	97,79	97,91	98,05	98,74	98,53	98,47	98,79	98,75	99,20	98,54	98,53	99,24	98,99
Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.													
Si	5,93	5,85	5,83	6,20	6,72	6,11	6,90	6,08	6,16	6,12	5,77	5,92	5,94
Ti	0,17	0,16	0,16	0,18	0,18	0,15	0,14	0,16	0,15	0,22	0,13	0,15	0,15
Al(t)	2,35	2,51	2,48	2,04	1,34	2,22	1,09	2,28	2,16	2,13	2,77	2,55	2,46
Fe ⁺³	1,23	1,20	1,24	1,23	0,54	1,22	0,60	0,97	0,99	1,17	0,82	1,00	1,07
Fe ⁺²	0,14	0,18	0,12	0,48	0,68	0,44	0,64	0,61	0,55	0,55	0,67	0,47	0,24
Mn	0,02	0,01	0,02	0,06	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02
Mg	3,16	3,09	3,14	2,81	3,49	2,82	3,55	2,87	2,95	2,77	2,81	2,88	3,12
Ca	1,78	1,81	1,81	1,64	1,77	1,66	1,70	1,79	1,80	1,64	1,86	1,81	1,79
Na	0,58	0,57	0,57	0,56	0,51	0,54	0,47	0,54	0,53	0,61	0,60	0,54	0,58
K	0,08	0,09	0,08	0,05	0,03	0,06	0,04	0,07	0,07	0,06	0,10	0,11	0,13
T °C	933	944	951	884	804	946	772	963	908	896	1128	948	920

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997)'ne göre yapılmıştır.

Ek Tablo 5'in devamı

Kayaç Adı	Borçka Bazaltı			
	A 29-28	A 29-29	A 29-30	A 29-31
Örnek no	Plaj-6	Plaj-6	Plaj-7	Plaj-7
	m	k	m	k
Plj (Xab)	25,63	22,77	17,09	13,55
örnek no	A 16-18	A 16-19	A 16-21	A 16-22
	Hbl-2	Hbl-2	Hbl-3	Hbl-3
	m	k	k	m
SiO ₂	41,21	40,88	41,89	40,63
TiO ₂	0,84	1,17	1,55	1,58
Al ₂ O ₃	15,97	16,31	14,12	15,30
FeO*	11,44	11,21	12,25	12,37
MnO	0,15	0,11	0,23	0,16
MgO	13,89	14,06	14,25	13,62
CaO	11,88	12,15	11,71	12,09
Na ₂ O	2,00	2,17	2,06	2,07
K ₂ O	0,81	0,74	0,56	0,70
Toplam	98,17	98,79	98,62	98,52
Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.				
Si	5,88	5,81	5,96	5,83
Ti	0,09	0,12	0,17	0,17
Al(t)	2,69	2,73	2,37	2,59
Fe ⁺³	1,01	0,89	1,13	0,95
Fe ⁺²	0,36	0,44	0,33	0,53
Mn	0,02	0,01	0,03	0,02
Mg	2,96	2,98	3,02	2,91
Ca	1,82	1,85	1,78	1,86
Na	0,55	0,60	0,57	0,58
K	0,15	0,13	0,10	0,13
T °C	913	934	944	1002

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997)'ne göre yapılmıştır.

Ek Tablo 6. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerindeki klinopiroksenlerden hesaplanan kristal içi dengelenme sıcaklıkları

Dal Negro vd. (1982), Klinopiroksen Jeotermometresi						
Kayaç Adı	Örnek No	Kd	R^{+3}	(Ca)	T(K)	T(°C)
Bazalt	A25-6-kenar	0,1343	0,2324	0,8712	1192	919
Bazalt	A25-6-merkez	0,1332	0,1853	0,8826	1184	911
Bazalt	A25-6-kenar	0,1341	0,2004	0,8920	1191	918
Bazalt	A73-1-kenar	0,1292	0,1237	0,8276	1144	871
Bazalt	A73-1-merkez	0,1315	0,1604	0,8576	1168	895
Bazalt	A73-6-kenar	0,1327	0,1609	0,8886	1180	907
Bazalt	A73-6-merkez	0,1293	0,1759	0,7867	1143	870
Bazalt	A73-7-kenar	0,1316	0,1631	0,8593	1170	897
Bazalt	A73-7-merkez	0,1309	0,1657	0,8385	1162	889
Bazalt	A109-3-kenar	0,1375	0,2514	0,9369	1216	943
Bazalt	A109-3-merkez	0,1377	0,2624	0,9325	1217	944
Bazalt	A109-4-kenar	0,1373	0,2476	0,9354	1215	942
Bazalt	A109-4-merkez	0,1378	0,2684	0,9316	1218	945
Bazalt	A109-6-kenar	0,1372	0,2593	0,9241	1214	941
Bazalt	A109-6-merkez	0,1331	0,1728	0,8885	1183	910
Bazaltik Andezit	A24-04-kenar	0,1265	0,0886	0,7840	1108	835
Bazaltik Andezit	A24-05-merkez	0,1329	0,1985	0,8642	1181	908
Bazaltik Andezit	A24-06-kenar	0,1280	0,0736	0,8348	1129	856
Bazaltik Andezit	A24-07-merkez	0,1344	0,2273	0,8777	1193	920
Bazaltik Andezit	A24-32-kenar	0,1285	0,0879	0,8372	1136	863
Bazaltik Andezit	A24-34-merkez	0,1329	0,1900	0,8688	1181	908
Bazaltik Andezit	A24-35-kenar	0,1278	0,0774	0,8261	1126	853
Bazaltik Andezit	A24-36-merkez	0,1324	0,0985	0,9324	1179	906
Bazaltik Andezit	A24-37-kenar	0,1298	0,1455	0,8252	1150	877
Bazaltik Andezit	A24-38-kenar	0,1283	0,0893	0,8309	1133	860
Bazaltik Andezit	A24-39-merkez	0,1327	0,1174	0,9251	1181	908
Bazaltik Andezit	A24-40-kenar	0,1294	0,1365	0,8221	1146	873
Bazaltik Andezit	A24-41-merkez	0,1300	0,1234	0,8488	1153	880
Bazaltik Andezit	A24-42-kenar	0,1286	0,0848	0,8426	1137	864
Bazaltik Andezit	A24-43-merkez	0,1293	0,1290	0,8253	1145	872
Bazaltik Andezit	A24-44-kenar	0,1279	0,0741	0,8316	1128	855
Bazaltik Andezit	A24-45-merkez	0,1287	0,1009	0,8325	1138	865
Bazaltik Andezit	A24-46-merkez	0,1270	0,0757	0,8063	1115	842
Bazaltik Andezit	A24-47-kenar	0,1276	0,0649	0,8332	1125	852
Bazaltik Andezit	A24-48-merkez	0,1290	0,1180	0,8263	1141	868
Bazaltik Andezit	A24-49-kenar	0,1280	0,0851	0,8262	1129	856
Bazaltik Andezit	A29-09-kenar	0,1330	0,1644	0,8923	1182	909
Bazaltik Andezit	A29-10-merkez	0,1319	0,1422	0,8834	1173	900
Bazaltik Andezit	A29-14-kenar	0,1257	0,0474	0,7953	1096	823
Bazaltik Andezit	A29-15-kenar	0,1297	0,1114	0,8506	1150	877
Bazaltik Andezit	A29-16-merkez	0,1303	0,1473	0,8361	1156	883
Bazaltik Andezit	A29-24-kenar	0,1280	0,0642	0,8445	1131	858
Bazaltik Andezit	A29-25	0,1276	0,0620	0,8345	1124	851
Bazaltik Andezit	A29-26-merkez	0,1271	0,0348	0,8433	1118	845
Bazaltik Andezit	A29-37-merkez	0,1303	0,1418	0,8412	1156	883
Bazaltik Andezit	A29-38-merkez	0,1311	0,1495	0,8559	1165	892

Ek Tablo 6'nın devamı

Dal Negro vd. (1982), Klinopiroksen Jeotermometresi							
Kayaç Adı	Örnek No	Kd	R ⁺³	(Ca)	T(K)	T(°C)	
Borçka Bazaltı	Bazalt	A 16-02-kenar	0,1306	0,1431	0,8471	1159	886
	Bazalt	A 16-04-merkez	0,1331	0,1563	0,9027	1184	911
	Bazalt	A 16-05-kenar	0,1362	0,2579	0,8990	1207	934
	Bazalt	A 16-06-merkez	0,1323	0,1242	0,9088	1177	904
	Bazalt	A 16-07	0,1363	0,2600	0,8994	1207	934
	Bazalt	A 16-08-kenar	0,1283	0,0984	0,8225	1132	859
	Bazalt	A 16-16-merkez	0,1279	0,0955	0,8154	1128	855
	Bazalt	A 16-17-kenar	0,1330	0,1949	0,8689	1182	909
	Bazalt	A 16-23-merkez	0,1337	0,1907	0,8895	1188	915
	Bazalt	A 16-24-kenar	0,1269	0,0686	0,8108	1114	841
	Bazalt	A 16-15-merkez	0,1360	0,2359	0,9110	1205	932
	Bazalt	A 16-20-merkez	0,1390	0,3045	0,9309	1225	952
	Bazalt	A 113-1-kenar	0,1356	0,2251	0,9095	1203	930
	Bazalt	A 113-1-merkez	0,1332	0,1849	0,8815	1184	911
	Bazalt	A 113-1-kenar	0,1356	0,2262	0,9104	1203	930
	Bazalt	A 113-2-kenar	0,1366	0,1950	0,9620	1211	938
	Bazalt	A 113-2-merkez	0,1360	0,2012	0,9409	1207	934
	Bazalt	A 113-5-kenar	0,1367	0,2319	0,9339	1211	938
	Bazalt	A 113-5-merkez	0,1355	0,2021	0,9273	1203	930
	Bazalt	A 113-6-kenar	0,1375	0,2222	0,9606	1216	943
Bazalt	A 113-6-merkez	0,1360	0,1914	0,9498	1207	934	
Bazık Dayk	Bazalt	A 17a-10-merkez	0,1362	0,2144	0,9349	1208	935
	Bazalt	A 17a-11-kenar	0,1311	0,1197	0,8805	1165	892
	Bazalt	A 17a-12-kenar	0,1343	0,1612	0,9298	1194	921
	Bazalt	A 17a-13-merkez	0,1353	0,2232	0,9033	1200	927
	Bazalt	A 79a-07-merkez	0,1366	0,2645	0,9041	1210	937
	Bazalt	A 79a-08-kenar	0,1355	0,2196	0,9114	1202	929
	Bazalt	A 79a-09-merkez	0,1366	0,2661	0,9017	1209	936
	Bazalt	A 79a-10-kenar	0,1314	0,1162	0,8910	1168	895
	Bazalt	A 79a-11-kenar	0,1293	0,0821	0,8629	1146	873
	Bazalt	A 79a-12-merkez	0,1351	0,2159	0,9048	1199	926
Bazalt	A 79a-26-kenar	0,1288	0,0732	0,8585	1141	868	
Bazalt	A 79a-27-merkez	0,1350	0,2059	0,9110	1199	926	
Çivanköy Üyesi - Bazaltik Breş	Bazaltik Trakiandezit	A 70-1-kenar	0,1351	0,1892	0,9281	1200	927
	Bazaltik Trakiandezit	A 70-1-merkez	0,1333	0,1632	0,9029	1186	913
	Bazaltik Trakiandezit	A 70-2-kenar	0,1351	0,1892	0,9281	1200	927
	Bazaltik Trakiandezit	A 70-2-merkez	0,1359	0,2056	0,9349	1206	933
	Bazaltik Trakiandezit	A 70-3-kenar	0,1365	0,2261	0,9327	1210	937
	Bazaltik Trakiandezit	A 70-3-merkez	0,1350	0,1906	0,9229	1199	926
	Bazaltik Trakiandezit	A 70-9-kenar	0,1339	0,1743	0,9099	1191	918
	Bazaltik Trakiandezit	A 70-9-merkez	0,1339	0,1916	0,8957	1190	917
	Bazaltik Trakiandezit	A 70-11-merkez	0,1331	0,1591	0,8994	1183	910
	Bazaltik Trakiandezit	A 70-11-kenar	0,1358	0,2227	0,9178	1205	932
Bazaltik Trakiandezit	A 70-12-kenar	0,1379	0,2872	0,9185	1218	945	
Bazaltik Trakiandezit	A 70-12-merkez	0,1382	0,2936	0,9198	1220	947	

Ek Tablo 7. Borçka (Artvin) volkanitlerindeki Civanköy yesine ait bazalt (A79a) ve Borçka Bazatına ait bazaltikandezit (A24) rneklerine ait salınım zonlu iki klinopiroksenin kenarından merkezine doğru hesaplanan kristal içi dengelenme sıcaklıkları

Dal Negro vd. (1982), Klinopiroksen Jeotermometresi							
Kayaç Adı	rnek No	Kd	R ⁺³	(Ca)	T(K)	T(°C)	
Bazalt	A79a	1-kenar	0,1352	0,2111	0,9116	1200	927
		2	0,1327	0,1596	0,8890	1180	907
		3	0,1347	0,2042	0,9053	1197	924
		4	0,1305	0,0780	0,8996	1160	887
		5	0,1298	0,0595	0,8957	1153	880
		6	0,1296	0,0646	0,8872	1151	878
		7	0,1300	0,0623	0,8976	1155	882
		8	0,1302	0,0687	0,8978	1157	884
		9	0,1303	0,0709	0,9005	1159	886
		10-merkez	0,1304	0,0665	0,9062	1160	887
Bazaltik andezit	A24	1-kenar	0,1297	0,1262	0,8388	1150	877
		2	0,1323	0,1896	0,8534	1175	902
		3	0,1336	0,1994	0,8803	1187	914
		4	0,1296	0,1153	0,8444	1149	876
		5	0,1351	0,2201	0,9028	1199	926
		6	0,1310	0,0841	0,9077	1166	893
		7	0,1332	0,1342	0,9237	1185	912
		8	0,1318	0,1103	0,9071	1173	900
		9	0,1318	0,1192	0,9000	1173	900
		10-merkez	0,1351	0,1678	0,9453	1200	927

* Kd, R⁺³ ve (Ca) değerleri metin içerisinde açık formül olarak verilmiştir.

Ek Tablo 8. Borçka (Artvin) yöresindeki volkanik kayalara ait hornblendlerden hesaplanan jeobarometre değerleri

Kayaç Adı	Civanköy Üyesi													
	Andezitik Breş													
	A64-1 Hbl-1 feno k	A64-1 Hbl-1 feno k	A64-1 Hbl-1 feno k	A64-1 Hbl-1 feno k	A64-2 Hbl-2 feno k	A64-2 Hbl-2 feno k	A64-2 Hbl-2 feno k	A64-2 Hbl-2 feno k	A64-5 Hbl-3 feno k	A64-5 Hbl-3 feno k	A64-5 Hbl-3 feno k	A64-5 Hbl-3 feno k	A64-5 Hbl-3 feno k	
SiO ₂	40,85	42,31	41,02	43,59	44,14	44,26	45,14	45,19	44,50	44,17	44,58	44,32	44,14	
TiO ₂	1,70	1,38	1,56	1,53	0,88	0,86	0,99	0,98	0,93	0,93	0,91	0,96	1,03	
Al ₂ O ₃	15,51	13,26	15,09	11,18	10,98	10,50	10,09	10,23	11,06	11,07	11,35	11,24	11,18	
FeO*	12,26	13,35	11,07	14,84	16,30	15,83	15,57	15,16	15,68	16,27	15,96	16,11	15,71	
MnO	0,23	0,41	0,20	0,46	0,76	0,83	0,80	0,72	0,86	0,88	0,81	0,91	0,86	
MgO	12,85	13,44	13,84	12,95	12,35	12,39	13,01	13,20	12,70	12,32	12,47	12,75	12,60	
CaO	11,92	11,29	11,86	11,46	10,90	10,79	10,91	10,74	10,70	10,88	10,50	10,58	10,77	
Na ₂ O	2,06	1,79	2,01	1,58	1,43	1,61	1,36	1,37	1,36	1,44	1,45	1,47	1,44	
K ₂ O	0,33	0,38	0,37	0,29	0,49	0,44	0,25	0,39	0,44	0,46	0,42	0,45	0,39	
Toplam	97,79	97,64	97,10	97,87	98,20	97,46	98,13	97,99	98,23	98,43	98,44	98,79	98,12	
Si	5,90	6,07	5,92	6,30	6,35	6,42	6,46	6,46	6,36	6,33	6,35	6,29	6,32	
Ti	0,18	0,15	0,17	0,17	0,10	0,09	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	
Al(t)	2,64	2,24	2,57	1,90	1,86	1,79	1,70	1,72	1,86	1,87	1,90	1,88	1,89	
Fe ⁺³	0,87	1,27	0,95	1,13	1,41	1,30	1,40	1,41	1,49	1,43	1,52	1,62	1,47	
Fe ⁺²	0,61	0,34	0,38	0,66	0,55	0,62	0,46	0,40	0,38	0,52	0,38	0,30	0,41	
Mn	0,03	0,05	0,02	0,06	0,09	0,10	0,10	0,09	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	
Mg	2,77	2,88	2,98	2,79	2,65	2,68	2,78	2,81	2,70	2,64	2,65	2,70	2,69	
Ca	1,84	1,74	1,83	1,77	1,68	1,68	1,67	1,64	1,64	1,67	1,60	1,61	1,65	
Na	0,58	0,50	0,56	0,44	0,40	0,45	0,38	0,38	0,38	0,40	0,40	0,41	0,40	
K	0,06	0,07	0,07	0,05	0,09	0,08	0,05	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	
Toplam	15,47	15,30	15,46	15,27	15,17	15,21	15,10	15,10	15,10	15,16	15,08	15,10	15,12	
Hammarstrom ve Zen (1986) (kbar)	9,4±3	7,4±3	9,0±3	5,6±3	5,4±3	5,1±3	4,6±3	4,7±3	5,4±3	5,5±3	5,7±3	5,5±3	5,6±3	
Hollister vd. (1987)	10,1±1	7,9±1	9,7±1	6,0±1	5,7±1	5,4±1	4,8±1	5,0±1	5,7±1	5,8±1	6,0±1	5,9±1	5,9±1	
Johnson ve Rutherford (1989)	7,7±0.5	6,0±0.5	7,4±0.5	4,6±0.5	4,4±0.5	4,1±0.5	3,7±0.5	3,8±0.5	4,4±0.5	4,5±0.5	4,6±0.5	4,5±0.5	4,5±0.5	

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997)'ne göre yapılmıştır. Yapısal formüller 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Ek Tablo 8'in devamı

Kayaç Adı Örnek No	Civanköy Üyesi						Borçka Bazaltı							
	Andezik Breş													
	A 64-6 Hbl-4 feno m	A 64-6 Hbl-4 feno k	A 64-7 Hbl-5 feno k	A 64-7 Hbl-5 feno k	A 64-7 Hbl-5 feno k	A 64-7 Hbl-5 feno k	A 25-1 Hbl-1 feno k	A 25-1 Hbl-1 feno k	A 25-1 Hbl-1 feno k	A 25-1 Hbl-1 feno k	A 25-1 Hbl-1 feno k	A 25-2 Hbl-2 feno k	A 25-2 Hbl-2 feno k	
SiO ₂	44,03	44,56	45,08	45,04	45,02	45,32	41,8	42,55	41,74	41,93	42,14	40,56	40,49	
TiO ₂	0,94	1,05	1,10	1,26	1,27	1,11	1,6	1,55	1,60	1,63	1,64	1,30	1,59	
Al ₂ O ₃	11,09	10,71	9,79	10,30	10,16	9,88	13,8	14,32	13,69	13,75	13,82	15,43	15,26	
FeO*	15,57	15,70	15,24	15,49	14,82	15,05	12,1	11,77	11,84	11,73	11,86	11,22	11,03	
MnO	0,80	0,76	0,67	0,73	0,69	0,67	0,2	0,12	0,20	0,22	0,15	0,10	0,11	
MgO	12,58	12,69	13,27	12,95	12,83	13,23	14,8	15,14	14,75	14,84	14,90	14,85	14,81	
CaO	10,70	10,87	10,98	10,86	11,06	10,80	11,5	11,28	11,58	11,49	11,33	12,19	12,11	
Na ₂ O	1,48	1,51	1,36	1,46	1,40	1,32	2,1	2,11	2,13	2,13	2,03	2,05	2,16	
K ₂ O	0,36	0,31	0,29	0,30	0,30	0,29	0,4	0,41	0,43	0,42	0,41	0,56	0,53	
Toplam	97,53	98,15	97,81	98,41	97,55	97,72	98,3	99,25	97,99	98,15	98,29	98,28	98,12	
Si	6,34	6,39	6,47	6,43	6,50	6,50	5,9	5,94	5,95	5,96	5,96	5,77	5,78	
Ti	0,10	0,11	0,12	0,14	0,14	0,12	0,2	0,16	0,17	0,17	0,17	0,14	0,17	
Al(t)	1,88	1,81	1,66	1,73	1,73	1,67	2,3	2,36	2,30	2,30	2,30	2,59	2,57	
Fe ⁺³	1,45	1,37	1,35	1,34	1,13	1,36	1,3	1,37	1,24	1,27	1,36	1,20	1,13	
Fe ⁺²	0,43	0,51	0,48	0,51	0,66	0,45	0,1	0,00	0,17	0,12	0,04	0,13	0,18	
Mn	0,10	0,09	0,08	0,09	0,08	0,08	0,0	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	
Mg	2,70	2,71	2,84	2,76	2,76	2,83	3,1	3,15	3,14	3,14	3,14	3,15	3,15	
Ca	1,65	1,67	1,69	1,66	1,71	1,66	1,8	1,69	1,77	1,75	1,72	1,86	1,85	
Na	0,41	0,42	0,38	0,40	0,39	0,37	0,6	0,57	0,59	0,59	0,56	0,56	0,60	
K	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,1	0,07	0,08	0,08	0,07	0,10	0,10	
Toplam	15,13	15,14	15,12	15,12	15,16	15,08	15,4	15,33	15,43	15,41	15,34	15,52	15,54	
Hammarstrom ve Zen (1986) (kbar)	5,6±3	5,2±3	4,4±3	4,8±3	4,8±3	4,5±3	7,7±3	7,7±3	7,7±3	7,7±3	7,7±3	9,1±3	9,0±3	
Hollister vd. (1987)	5,9±1	5,4±1	4,6±1	5,0±1	5,0±1	4,7±1	8,3±1	8,5±1	8,2±1	8,2±1	8,2±1	9,8±1	9,7±1	
Johnson ve Rutherford (1989)	4,5±0.5	4,2±0.5	3,5±0.5	3,9±0.5	3,9±0.5	3,6±0.5	6,3±0.5	6,5±0.5	6,3±0.5	6,3±0.5	6,3±0.5	7,5±0.5	7,4±0.5	

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997)'ne göre yapılmıştır. Yapısal formüller 23 oksijen üzerinden hesaplı

Ek Tablo 8'in devamı

Kayaç Adı Örnek No	Borçka Bazaltı												
	A25-2	A25-2	A25-2	A25-7	A25-7	A25-7	A25-7	A25-7	A25-8	A25-8	A25-8	A25-8	A25-8
	Hbl-2	Hbl-2	Hbl-2	Hbl-3	Hbl-3	Hbl-3	Hbl-3	Hbl-3	Hbl-4	Hbl-4	Hbl-4	Hbl-4	Hbl-4
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
		→ k	k				→ k	k				→ k	k
SiO ₂	41,14	40,34	41,07	41,47	41,61	42,07	41,67	41,75	40,91	40,74	41,59	40,94	40,96
TiO ₂	1,62	1,48	1,59	1,66	1,68	1,66	1,69	1,69	1,50	1,33	1,62	1,46	1,53
Al ₂ O ₃	14,78	15,67	15,03	13,97	14,03	14,14	14,07	14,10	14,77	15,03	13,96	14,92	14,76
FeO*	11,18	10,50	11,25	11,73	11,91	11,60	12,10	11,85	11,29	11,32	11,44	11,53	11,41
MnO	0,10	0,12	0,14	0,20	0,10	0,18	0,09	0,18	0,14	0,17	0,16	0,12	0,15
MgO	14,79	14,88	15,07	14,66	14,62	14,37	14,79	14,89	14,62	14,60	14,85	14,51	14,81
CaO	12,05	12,19	12,02	11,51	11,52	11,42	11,55	11,47	11,88	11,90	11,62	11,82	11,88
Na ₂ O	2,12	2,07	2,17	2,05	2,16	1,86	2,11	2,15	2,00	2,04	2,08	2,07	2,07
K ₂ O	0,55	0,70	0,48	0,44	0,43	0,44	0,46	0,46	0,47	0,53	0,43	0,50	0,46
Toplam	98,38	97,94	98,83	97,72	98,09	97,77	98,53	98,55	97,60	97,66	97,79	97,91	98,05
Si	5,86	5,76	5,80	5,92	5,93	5,99	5,90	5,91	5,86	5,83	5,93	5,85	5,83
Ti	0,17	0,16	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,16	0,14	0,17	0,16	0,16
Al(T)	2,48	2,64	2,50	2,35	2,36	2,37	2,35	2,35	2,49	2,54	2,35	2,51	2,48
Fe ⁺³	1,09	1,08	1,23	1,27	1,23	1,21	1,32	1,33	1,18	1,20	1,23	1,20	1,24
Fe ⁺²	0,24	0,17	0,10	0,13	0,18	0,17	0,11	0,07	0,17	0,15	0,14	0,18	0,12
Mn	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
Mg	3,14	3,17	3,18	3,12	3,10	3,05	3,12	3,14	3,12	3,12	3,16	3,09	3,14
Ca	1,84	1,87	1,82	1,76	1,76	1,74	1,75	1,74	1,82	1,83	1,78	1,81	1,81
Na	0,59	0,57	0,59	0,57	0,60	0,51	0,58	0,59	0,55	0,57	0,58	0,57	0,57
K	0,10	0,13	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	0,08	0,09	0,08
Toplam	15,52	15,57	15,50	15,41	15,43	15,33	15,41	15,41	15,46	15,49	15,43	15,47	15,47
Hammarstrom ve Zen (1986) (kbar)	8,6±3	9,4±	8,7±3	7,9±3	7,9±	8,0±3	7,9±3	7,9±3	8,6±3	8,8±3	7,9±3	8,7±3	8,5±3
Hollister vd. (1987)	9,2±1	10,1±1	9,4±1	8,5±1	8,5±1	8,6±1	8,5±1	8,5±1	9,3±1	9,5±1	8,5±1	9,4±1	9,2±1
Johnson ve Rutherford (1989)	7,0±0.5	7,7±0.5	7,1±0.5	6,5±0.5	6,5±0.5	6,6±0.5	6,5±0.5	6,5±0.5	7,1±0.5	7,3±0.5	6,5±0.5	7,2±0.5	7,0±0.5

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997)'ne göre yapılmıştır. Yapısal formüller 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Ek Tablo 8'in devamı

Kayaç Adı Örnek No	Borçka Bazaltı												
	A 109-1 Hbl-1 feno k	A 109-1 Hbl-1 feno k	A 109-1 Hbl-1 feno k	A 109-1 Hbl-1 feno k	A 109-1 Hbl-1 feno k	A 109-2 Hbl-2 feno k	A 109-2 Hbl-2 feno k	A 109-2 Hbl-2 feno k	A 109-2 Hbl-2 feno k	A 109-2 Hbl-2 feno k	A 109-7 Hbl-3 feno k	A 109-7 Hbl-3 feno k	A 109-7 Hbl-3 feno k
SiO ₂	41,13	41,86	42,42	42,43	41,55	41,90	41,73	41,17	41,64	41,54	40,54	40,51	40,66
TiO ₂	1,56	1,94	2,03	2,05	1,71	1,61	1,62	1,74	1,58	1,57	1,59	1,54	1,49
Al ₂ O ₃	14,61	13,41	12,81	12,99	13,97	13,86	13,99	14,06	13,64	14,84	14,78	14,85	14,73
FeO*	11,61	12,20	11,66	11,98	11,78	12,00	12,12	11,59	11,98	12,05	12,38	11,64	11,91
MnO	0,20	0,15	0,12	0,17	0,16	0,14	0,17	0,12	0,16	0,25	0,19	0,09	0,11
MgO	14,36	14,53	15,02	14,95	14,94	14,95	14,53	14,50	14,45	14,60	13,87	14,16	14,33
CaO	11,92	11,50	11,42	11,31	11,58	11,57	11,59	11,67	11,61	11,92	11,92	12,04	11,89
Na ₂ O	2,00	2,08	2,15	2,17	2,17	2,15	2,05	2,05	2,08	2,13	2,06	1,99	2,01
K ₂ O	0,53	0,46	0,47	0,45	0,44	0,46	0,44	0,45	0,46	0,52	0,49	0,53	0,51
Toplam	97,94	98,14	98,08	98,47	98,36	98,64	98,29	97,37	97,59	99,43	97,83	97,33	97,66
Si	5,89	5,97	6,04	6,01	5,90	5,93	5,93	5,92	5,98	5,85	5,83	5,85	5,84
Ti	0,17	0,21	0,22	0,22	0,18	0,17	0,17	0,19	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16
Al(T)	2,46	2,25	2,15	2,17	2,34	2,31	2,34	2,38	2,31	2,46	2,51	2,53	2,49
Fe ⁺³	1,12	1,21	1,17	1,25	1,30	1,31	1,26	1,16	1,17	1,22	1,14	1,07	1,20
Fe ⁺²	0,27	0,25	0,22	0,17	0,10	0,11	0,18	0,23	0,27	0,20	0,35	0,33	0,23
Mn	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01
Mg	3,06	3,09	3,19	3,16	3,16	3,15	3,08	3,11	3,09	3,07	2,97	3,05	3,07
Ca	1,83	1,76	1,74	1,72	1,76	1,75	1,77	1,80	1,79	1,80	1,84	1,86	1,83
Na	0,55	0,58	0,59	0,60	0,60	0,59	0,56	0,57	0,58	0,58	0,57	0,56	0,56
K	0,10	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,09
Toplam	15,48	15,42	15,42	15,40	15,43	15,42	15,40	15,45	15,45	15,47	15,50	15,52	15,48
Hammarstrom ve Zen (1986) (kbar)	8,5±3	7,4±3	6,9±3	7,0±3	7,8±3	7,7±3	7,9±3	8,1±	7,7±3	8,5±3	8,7±3	8,8±3	8,6±3
Hollister vd. (1987)	9,1±1	8,0±1	7,4±1	7,5±1	8,4±1	8,3±1	8,5±1	8,7±1	8,2±1	9,1±1	9,4±1	9,5±1	9,3±1
Johnson ve Rutherford (1989)	7,0±0.5	6,1±0.5	5,6±0.5	5,7±0.5	6,4±0.5	6,3±0.5	6,5±0.5	6,6±	6,3±0.5	7,0±0.5	7,1±0.5	7,2±0.5	7,1±0.5

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997)'ne göre yapılmıştır. Yapısal formüller 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Ek Tablo 8'in devamı

Kayaç Adı Örnek No	Borçka Bazaltı											
	A 109-7	A 109-7	A 109-8	A 109-8	A 109-8	A 109-8	A 29-19	A 29-20	A 29-21	A 29-22	A 29-32	A 29-33
	Hbl-3	Hbl-3	Hbl-4	Hbl-4	Hbl-4	Hbl-4	Hbl-1	Hbl-1	Hbl-2	Hbl-2	Hbl-3	Hbl-3
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
	→ k	k	→ k	k	→ k	k	m	k	m	k	m	k
SiO ₂	40,35	40,97	41,93	41,85	41,61	41,60	43,57	47,67	42,95	49,29	42,62	43,43
TiO ₂	4,11	1,56	1,65	1,54	1,65	1,63	1,73	1,67	1,39	1,37	1,48	1,43
Al ₂ O ₃	12,95	14,71	13,53	13,62	13,74	13,76	12,15	8,06	13,27	6,61	13,59	12,92
FeO*	11,52	11,98	12,67	12,22	12,21	12,26	14,45	10,34	14,01	10,65	13,19	13,05
MnO	0,16	0,19	0,21	0,19	0,16	0,16	0,48	0,43	0,35	0,56	0,27	0,29
MgO	14,21	14,05	14,51	14,65	14,37	14,67	13,24	16,62	13,29	17,02	13,51	13,96
CaO	11,76	11,91	11,52	11,63	11,55	11,59	10,80	11,71	10,93	11,36	11,75	11,83
Na ₂ O	2,21	1,97	2,02	2,15	2,12	2,13	2,05	1,87	1,95	1,73	1,97	1,91
K ₂ O	0,66	0,48	0,45	0,44	0,45	0,47	0,28	0,17	0,33	0,20	0,38	0,38
Toplam	97,94	97,79	98,49	98,28	97,87	98,26	98,74	98,53	98,47	98,79	98,75	99,20
Si	5,85	5,88	5,96	5,96	5,96	5,92	6,20	6,72	6,11	6,90	6,08	6,16
Ti	0,45	0,17	0,18	0,17	0,18	0,17	0,18	0,18	0,15	0,14	0,16	0,15
Al(T)	2,21	2,49	2,27	2,29	2,32	2,31	2,04	1,34	2,22	1,09	2,28	2,16
Fe ⁺³	0,79	1,12	1,32	1,24	1,20	1,28	1,23	0,54	1,22	0,60	0,97	0,99
Fe ⁺²	0,60	0,32	0,18	0,21	0,26	0,18	0,48	0,68	0,44	0,64	0,61	0,55
Mn	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04
Mg	3,07	3,01	3,07	3,11	3,07	3,11	2,81	3,49	2,82	3,55	2,87	2,95
Ca	1,83	1,83	1,75	1,77	1,77	1,77	1,64	1,77	1,66	1,70	1,79	1,80
Na	0,62	0,55	0,56	0,59	0,59	0,59	0,56	0,51	0,54	0,47	0,54	0,53
K	0,12	0,09	0,08	0,08	0,08	0,09	0,05	0,03	0,06	0,04	0,07	0,07
Toplam	15,57	15,47	15,39	15,45	15,44	15,44	15,26	15,31	15,26	15,21	15,41	15,39
Hammarstrom ve Zen (1986) (kbar)	7,2±3	8,6±3	7,5±3	7,6±3	7,7±3	7,7±3	6,3±3	2,8±3	7,3±3	1,6±3	7,6±3	6,9±3
Hollister vd. (1987)	7,7±1	9,3±1	8,0±1	8,1±1	8,3±1	8,3±1	6,7±1	2,8±1	7,8±1	1,4±1	8,1±1	7,4±1
Johnson ve Rutherford (1989)	5,9±0.5	7,1±0.5	6,1±0.5	6,2±0.5	6,3±0.5	6,3±0.5	5,2±0.5	2,2±0.5	5,9±0.5	1,2±0.5	6,2±0.5	5,7±0.5

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997)'ne göre yapılmıştır. Yapısal formüller 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Ek Tablo 8'in devamı

Kayaç Adı Örnek No	Borçka Bazaltı							
	A 29-34 Hbl-4 kk m	A 29-35 Hbl-4 kk kk	A 16-13 Hbl-1 feno m	A 16-14 Hbl-1 feno k	A 16-18 Hbl-2 feno m	A 16-19 Hbl-2 feno k	A 16-21 Hbl-3 feno m	A 16-22 Hbl-3 feno m
SiO ₂	42,88	40,27	41,79	42,06	41,21	40,88	41,89	40,63
TiO ₂	2,03	1,24	1,41	1,45	0,84	1,17	1,55	1,58
Al ₂ O ₃	12,68	16,42	15,29	14,76	15,97	16,31	14,12	15,30
FeO*	14,37	12,37	12,46	11,08	11,44	11,21	12,25	12,37
MnO	0,37	0,23	0,15	0,16	0,15	0,11	0,23	0,16
MgO	13,00	13,16	13,65	14,84	13,89	14,06	14,25	13,62
CaO	10,69	12,14	11,95	11,83	11,88	12,15	11,71	12,09
Na ₂ O	2,19	2,15	1,95	2,10	2,00	2,17	2,06	2,07
K ₂ O	0,33	0,56	0,59	0,72	0,81	0,74	0,56	0,70
Toplam	98,54	98,53	99,24	98,99	98,17	98,79	98,62	98,52
Si	6,12	5,77	5,92	5,94	5,88	5,81	5,96	5,83
Ti	0,22	0,13	0,15	0,15	0,09	0,12	0,17	0,17
Al(T)	2,13	2,77	2,55	2,46	2,69	2,73	2,37	2,59
Fe ⁺³	1,17	0,82	1,00	1,07	1,01	0,89	1,13	0,95
Fe ⁺²	0,55	0,67	0,47	0,24	0,36	0,44	0,33	0,53
Mn	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02
Mg	2,77	2,81	2,88	3,12	2,96	2,98	3,02	2,91
Ca	1,64	1,86	1,81	1,79	1,82	1,85	1,78	1,86
Na	0,61	0,60	0,54	0,58	0,55	0,60	0,57	0,58
K	0,06	0,10	0,11	0,13	0,15	0,13	0,10	0,13
Toplam	15,30	15,56	15,46	15,49	15,52	15,58	15,46	15,56
Hammarstrom ve Zen (1986) (kbar)	6,8±3	10±3	8,9±3	8,4±3	9,6±3	9,8±3	8±3	9,1±3
Hollister vd. (1987)	7,3±1	10,9±1	9,6±1	9,1±1	10,4±1	10,7±1	8,6±1	9,8±1
Johnson ve Rutherford (1989)	5,6±0.5	8,3±0.5	7,3±0.5	6,9±0.5	7,9±0.5	8,1±0.5	6,6±0.5	7,5±0.5

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayrımı Leake vd. (1997)'ne göre yapılmıştır. Yapısal formüller 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Ek Tablo 9. Borçka (Artvin) yöresindeki volkanitlere ait klinopiroksenlerin Al^T (%atom) ve Ti (%atom) içerikleri

Örnek No	A17a-01k	A17a-09m	A17a-10m	A17a-11k	A17a-12k	A17a-13m	A79a-07m	A79a-08k	A79a-09m
Ti (% atom)	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03	0,04	0,03	0,04
Al (% atom)	0,21	0,14	0,25	0,20	0,14	0,30	0,36	0,26	0,33
Örnek No	A79a-10k	A79a-11k	A79a-12m	A79a-26k	A79a-27m	A79a-14k	A79a-23m	A24-04k	A24-05m
Ti (% atom)	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,02	0,00	0,01	0,02
Al (% atom)	0,14	0,11	0,27	0,13	0,26	0,27	0,10	0,07	0,25
Örnek No	A24-06k	A24-07m	A24-10k	A24-19m	A24-32k	A24-34k	A24-35k	A24-36m	A24-37m
Ti (% atom)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Al (% atom)	0,07	0,29	0,10	0,13	0,10	0,24	0,07	0,13	0,15
Örnek No	A24-38k	A24-39m	A24-40k	A24-41m	A24-42k	A24-43m	A24-44	A24-45m	A24-46m
Ti (% atom)	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Al (% atom)	0,09	0,16	0,15	0,14	0,08	0,14	0,06	0,11	0,07
Örnek No	A24-47k	A24-48m	A24-49k	A29-09k	A29-10m	A29-13m	A29-14k	A29-15k	A29-16m
Ti (% atom)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Al (% atom)	0,06	0,14	0,07	0,20	0,16	0,18	0,07	0,14	0,17
Örnek No	A29-24m	A29-25	A29-26k	A29-37m	A29-38m	A16-02k	A16-04m	A16-05k	A16-06m
Ti (% atom)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Al (% atom)	0,07	0,09	0,05	0,19	0,18	0,17	0,23	0,36	0,18
Örnek No	A16-07	A16-08k	A16-16m	A16-17k	A16-23m	A16-24k	A16-15	A16-20	A25
Ti (% atom)	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Al (% atom)	0,38	0,13	0,12	0,29	0,27	0,11	0,31	0,41	0,26
Örnek No	A25	A73	A73	A73	A73	A73	A73	A109	A109
Ti (% atom)	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02
Al (% atom)	0,22	0,09	0,12	0,14	0,21	0,14	0,15	0,31	0,33
Örnek No	A109	A109	A109	A109	A70	A70	A70	A70	A70
Ti (% atom)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Al (% atom)	0,30	0,32	0,31	0,21	0,19	0,14	0,19	0,17	0,25
Örnek No	A70	A70	A70	A70	A70	A70	A70	A113	A113
Ti (% atom)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
Al (% atom)	0,18	0,16	0,19	0,13	0,23	0,32	0,31	0,24	0,19
Örnek No	A113	A113	A113	A113	A113	A113	A113		
Ti (% atom)	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01		
Al (% atom)	0,24	0,20	0,22	0,24	0,23	0,25	0,22		

Not: m:kristal merkezi, k:kristal kenarı

Ek Tablo 10. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerini oluşturan kayalarındaki bazı klinopiroksenlerden hesaplanan jeobarometre değerleri

Kayaç Adı	Örnek No	Si	Al ^T	Fe ⁺² M ₁	Fe ⁺³	AlM ₁	Ti	Cr	Ca	Na	MgM ₂	Mn	Fe ⁺² M ₂	MgM ₁	Kd	T	M1	M2	P (kbar)
Bazik Dayk Bazalt	A17a-01-k	1,868	0,208	0,108	0,036	0,076	0,022	0,000	0,884	0,013	-0,014	0,007	0,111	0,768	0,132	2,0	1,0	1,0	1,49
	A17a-02	1,854	0,228	0,054	0,065	0,083	0,011	0,010	0,911	0,013	0,016	0,003	0,056	0,797	0,134	2,0	1,0	1,0	3,45
	A17a-03	1,791	0,328	0,087	0,080	0,120	0,023	0,003	0,899	0,014	-0,003	0,004	0,086	0,712	0,136	2,0	1,0	1,0	4,89
	A17a-04	1,855	0,226	0,059	0,065	0,082	0,013	0,007	0,904	0,013	0,012	0,005	0,067	0,795	0,134	2,0	1,0	1,0	3,20
	A17a-05	1,830	0,223	0,028	0,131	0,055	0,012	0,014	0,935	0,013	0,024	0,004	0,023	0,801	0,137	2,0	1,0	1,0	2,26
	A17a-06	1,897	0,132	0,023	0,076	0,031	0,006	0,022	0,927	0,013	0,034	0,003	0,023	0,868	0,134	2,0	1,0	1,0	1,06
	A17a-07	1,899	0,164	0,046	0,040	0,063	0,008	0,007	0,904	0,011	0,023	0,004	0,057	0,849	0,133	2,0	1,0	1,0	2,35
	A17a-08	1,860	0,223	0,061	0,054	0,084	0,011	0,014	0,904	0,016	0,012	0,004	0,064	0,794	0,134	2,0	1,0	1,0	3,44
	A17a-09-m	1,917	0,138	0,048	0,032	0,055	0,006	0,008	0,915	0,011	0,022	0,003	0,049	0,863	0,132	2,0	1,0	1,0	1,61
	A17a-10-m	1,820	0,251	0,096	0,117	0,073	0,024	0,000	0,908	0,020	-0,007	0,007	0,072	0,727	0,136	2,0	1,0	1,0	1,61
	A17a-11-k	1,899	0,203	0,102	0,000	0,102	0,017	0,001	0,855	0,020	-0,018	0,005	0,138	0,770	0,131	2,0	1,0	1,0	3,46
	A17a-12-k	1,879	0,144	0,055	0,123	0,024	0,014	0,000	0,909	0,014	0,013	0,007	0,057	0,822	0,134	2,0	1,0	1,0	-0,55
	A17a-13-m	1,794	0,300	0,092	0,092	0,096	0,034	0,000	0,876	0,021	-0,011	0,006	0,108	0,713	0,135	2,0	1,0	1,0	3,58
	A79a-07-m	1,743	0,359	0,094	0,113	0,105	0,045	0,001	0,882	0,016	-0,014	0,007	0,110	0,676	0,137	2,0	1,0	1,0	4,06
	A79a-08-k	1,808	0,264	0,080	0,115	0,075	0,029	0,001	0,887	0,018	-0,003	0,006	0,091	0,736	0,135	2,0	1,0	1,0	2,39
	A79a-09-m	1,756	0,334	0,076	0,133	0,094	0,039	0,001	0,878	0,018	-0,005	0,006	0,104	0,699	0,137	2,0	1,0	1,0	3,86
	A79a-10-k	1,902	0,139	0,079	0,058	0,043	0,014	0,001	0,871	0,013	-0,002	0,007	0,111	0,823	0,131	2,0	1,0	1,0	0,22
	A79a-11-k	1,929	0,110	0,099	0,029	0,039	0,014	0,000	0,836	0,016	-0,028	0,012	0,165	0,828	0,129	2,0	1,0	1,0	-0,44
A79a-12-m	1,806	0,271	0,086	0,103	0,080	0,032	0,001	0,877	0,020	-0,009	0,007	0,104	0,730	0,135	2,0	1,0	1,0	2,66	
A79a-26-k	1,922	0,130	0,089	0,006	0,052	0,015	0,000	0,842	0,008	-0,019	0,008	0,161	0,839	0,129	2,0	1,0	1,0	0,52	
A79a-27-m	1,818	0,260	0,081	0,100	0,080	0,026	0,000	0,888	0,017	-0,003	0,006	0,092	0,744	0,135	2,0	1,0	1,0	2,58	
Borçka Bazaltı Bazaltik andezit	A24-04-k	1,942	0,069	0,028	0,070	0,011	0,008	0,000	0,744	0,015	-0,024	0,025	0,240	0,904	0,127	2,0	1,0	1,0	0,34
	A24-05-m	1,834	0,251	0,050	0,094	0,087	0,018	0,000	0,836	0,019	0,004	0,009	0,132	0,781	0,133	2,0	1,0	1,0	4,32
	A24-06-k	1,950	0,068	0,083	0,047	0,019	0,008	0,000	0,796	0,015	-0,048	0,024	0,213	0,857	0,128	2,0	1,0	1,0	-1,30
	A24-07-m	1,819	0,287	0,068	0,106	0,108	0,013	0,000	0,842	0,024	-0,012	0,011	0,134	0,737	0,134	2,0	1,0	1,0	5,03
	A24-32-k	1,934	0,095	0,084	0,048	0,030	0,010	0,000	0,799	0,016	-0,047	0,022	0,210	0,842	0,128	2,0	1,0	1,0	-0,55
	A24-34-m	1,845	0,244	0,070	0,086	0,091	0,013	0,000	0,837	0,020	-0,015	0,012	0,146	0,767	0,133	2,0	1,0	1,0	3,85
	A24-35-k	1,949	0,072	0,085	0,050	0,021	0,007	0,000	0,785	0,016	-0,055	0,024	0,229	0,852	0,128	2,0	1,0	1,0	-1,17
	A24-36-m	1,921	0,133	0,045	0,037	0,055	0,007	0,000	0,913	0,014	0,021	0,005	0,047	0,868	0,132	2,0	1,0	1,0	1,61
	A24-37-k	1,892	0,151	0,048	0,088	0,044	0,013	0,000	0,783	0,022	-0,023	0,020	0,198	0,834	0,130	2,0	1,0	1,0	1,83

*Hesaplanan basınç değerleri, Nimis (1995)'e göre ve metin içerisinde formül 3.5'de verilmiştir. m: merkez, k: kenar, Kd: Dağılım katsayısı,

*T: Tetrahedral odacık = Si+(AlT-AlM1)], M1:Oktahedral odacık-1=[AlM1+Cr+Fe+3+Ti+MgM1+Fe+2M1], M2: Oktahedral odacık-2=[Ca+Na+MgM2+Fe+2M2+Mn]

Ek Tablo 10'un devamı

Kayaç Adı	Örnek No	Si	Al ^T	Fe ⁺² M ₁	Fe ⁺³	AlM ₁	Ti	Cr	Ca	Na	MgM ₂	Mn	Fe ⁺² M ₂	MgM ₁	Kd	T	M1	M2	P (kbar)	
Borçka Bazaltı	Bazaltik andezit	A24-38-k	1,939	0,092	0,062	0,050	0,032	0,007	0,000	0,795	0,019	-0,025	0,018	0,194	0,864	0,128	2,0	1,0	1,0	0,40
		A24-39-m	1,903	0,162	0,050	0,044	0,065	0,008	0,000	0,909	0,013	0,022	0,002	0,053	0,847	0,133	2,0	1,0	1,0	2,21
		A24-40-k	1,891	0,146	0,048	0,082	0,038	0,016	0,000	0,785	0,017	-0,025	0,021	0,203	0,840	0,129	2,0	1,0	1,0	1,34
		A24-41-m	1,906	0,138	0,062	0,068	0,044	0,011	0,000	0,813	0,018	-0,019	0,017	0,171	0,835	0,130	2,0	1,0	1,0	1,16
		A24-42-k	1,942	0,080	0,084	0,053	0,022	0,009	0,000	0,802	0,019	-0,043	0,022	0,201	0,847	0,129	2,0	1,0	1,0	-0,97
		A24-43-m	1,906	0,139	0,053	0,074	0,046	0,009	0,000	0,789	0,020	-0,020	0,016	0,195	0,841	0,129	2,0	1,0	1,0	1,69
		A24-44-k	1,953	0,058	0,079	0,055	0,012	0,008	0,000	0,787	0,016	-0,054	0,028	0,222	0,863	0,128	2,0	1,0	1,0	-1,58
		A24-45-m	1,925	0,108	0,078	0,057	0,033	0,011	0,000	0,793	0,018	-0,044	0,021	0,212	0,838	0,129	2,0	1,0	1,0	-0,09
		A24-46-m	1,949	0,068	0,062	0,049	0,018	0,009	0,000	0,765	0,017	-0,047	0,024	0,241	0,877	0,127	2,0	1,0	1,0	-0,47
		A24-47-k	1,954	0,065	0,100	0,036	0,019	0,009	0,000	0,790	0,017	-0,064	0,027	0,231	0,846	0,128	2,0	1,0	1,0	-1,75
	A24-48-m	1,906	0,139	0,061	0,060	0,046	0,012	0,000	0,790	0,016	-0,033	0,020	0,207	0,839	0,129	2,0	1,0	1,0	1,31	
	A24-49-k	1,948	0,073	0,070	0,043	0,021	0,008	0,013	0,790	0,016	-0,033	0,020	0,207	0,888	0,128	2,0	1,0	1,0	-0,35	
	Bazalt	A29-09-k	1,868	0,198	0,082	0,085	0,067	0,012	0,000	0,861	0,016	-0,017	0,015	0,125	0,780	0,133	2,0	1,0	1,0	1,68
		A29-10-m	1,899	0,158	0,098	0,071	0,058	0,013	0,000	0,832	0,030	-0,036	0,021	0,153	0,782	0,132	2,0	1,0	1,0	1,05
		A29-14-k	1,960	0,069	0,048	0,011	0,029	0,007	0,001	0,764	0,011	-0,032	0,020	0,237	0,908	0,126	2,0	1,0	1,0	0,60
		A29-15-k	1,912	0,144	0,074	0,043	0,056	0,012	0,000	0,809	0,021	-0,033	0,020	0,182	0,828	0,130	2,0	1,0	1,0	1,58
		A29-16-m	1,881	0,167	0,050	0,081	0,049	0,016	0,001	0,796	0,017	-0,024	0,022	0,188	0,827	0,130	2,0	1,0	1,0	1,97
		A29-24-m	1,953	0,070	0,066	0,032	0,023	0,007	0,002	0,807	0,015	-0,028	0,023	0,184	0,880	0,128	2,0	1,0	1,0	-0,37
		A29-25	1,952	0,092	0,084	0,010	0,044	0,008	0,000	0,796	0,019	-0,043	0,020	0,208	0,857	0,128	2,0	1,0	1,0	0,49
		A29-26-k	1,979	0,048	0,081	0,000	0,027	0,007	0,000	0,797	0,022	-0,042	0,025	0,198	0,884	0,127	2,0	1,0	1,0	-0,45
A29-37-m		1,889	0,191	0,084	0,046	0,081	0,014	0,001	0,791	0,029	-0,047	0,020	0,205	0,788	0,130	2,0	1,0	1,0	3,09	
A29-38-m		1,890	0,183	0,079	0,065	0,073	0,011	0,000	0,807	0,029	-0,035	0,020	0,179	0,792	0,131	2,0	1,0	1,0	2,69	
Bazalt	A16-02-k	1,894	0,170	0,084	0,065	0,065	0,013	0,000	0,800	0,029	-0,040	0,018	0,193	0,793	0,131	2,0	1,0	1,0	2,06	
	A16-04-m	1,861	0,234	0,051	0,040	0,095	0,011	0,010	0,877	0,015	0,010	0,011	0,087	0,814	0,133	2,0	1,0	1,0	4,57	
	A16-05-k	1,774	0,359	0,071	0,101	0,136	0,019	0,002	0,874	0,018	-0,005	0,007	0,106	0,702	0,136	2,0	1,0	1,0	6,47	
	A16-06-m	1,892	0,182	0,055	0,035	0,074	0,009	0,007	0,892	0,013	0,018	0,003	0,074	0,832	0,132	2,0	1,0	1,0	2,90	
	A16-07	1,763	0,382	0,072	0,088	0,148	0,022	0,002	0,879	0,016	-0,002	0,004	0,103	0,696	0,136	2,0	1,0	1,0	7,20	
	A16-08-k	1,915	0,133	0,046	0,039	0,049	0,009	0,002	0,803	0,010	-0,002	0,010	0,179	0,868	0,128	2,0	1,0	1,0	1,96	
	A16-16-m	1,927	0,123	0,057	0,035	0,051	0,009	0,000	0,781	0,020	-0,024	0,014	0,208	0,858	0,128	2,0	1,0	1,0	1,93	
A16-17-k	1,822	0,289	0,057	0,063	0,112	0,016	0,003	0,851	0,012	0,003	0,005	0,128	0,768	0,133	2,0	1,0	1,0	5,53		

*Hesaplanan basınç değerleri, Nimis (1995)'e göredir ve metin içerisinde formül 3.5'de verilmiştir. m: merkez, k: kenar, Kd: Dağılım katsayısı,

*T: Tetrahedral odacık = Si+(AlT-AlM1)], M1:Oktahedral odacık-1=[AlM1+Cr+Fe+3+Ti+MgM1+Fe+2M1], M2: Oktahedral odacık-2=[Ca+Na+MgM2+Fe+2M2+Mn]

Ek Tablo 10'un devamı

Kayaç Adı	Örnek No	Si	Al ^T	Fe ⁺² M ₁	Fe ⁺³	AlM ₁	Ti	Cr	Ca	Na	MgM ₂	Mn	Fe ⁺² M ₂	MgM ₁	Kd	T	M1	M2	P (kbar)	
Borçka Bazaltı	A16-23-m	1,832	0,266	0,075	0,074	0,099	0,018	0,001	0,866	0,016	-0,006	0,008	0,117	0,758	0,134	2,0	1,0	1,0	4,00	
	A16-24-k	1,943	0,108	0,061	0,010	0,051	0,008	0,000	0,776	0,016	-0,036	0,019	0,225	0,873	0,127	2,0	1,0	1,0	1,66	
	A16-15-m	1,797	0,314	0,087	0,104	0,114	0,018	0,000	0,886	0,017	-0,011	0,009	0,100	0,709	0,136	2,0	1,0	1,0	4,45	
	A16-20-m	1,735	0,408	0,077	0,134	0,148	0,023	0,000	0,908	0,018	-0,001	0,005	0,070	0,661	0,139	2,0	1,0	1,0	6,84	
	A25-6-k	1,812	0,260	0,033	0,141	0,072	0,017	0,001	0,847	0,016	0,024	0,009	0,105	0,779	0,134	2,0	1,0	1,0	3,89	
	A25-6-m	1,856	0,215	0,056	0,102	0,071	0,012	0,000	0,853	0,020	0,004	0,010	0,114	0,793	0,133	2,0	1,0	1,0	2,94	
	A73-1-k	1,914	0,095	0,033	0,100	0,009	0,015	0,000	0,796	0,020	0,014	0,012	0,158	0,877	0,129	2,0	1,0	1,0	0,15	
	A73-1-m	1,886	0,125	0,044	0,127	0,011	0,022	0,000	0,818	0,027	0,008	0,013	0,135	0,839	0,131	2,0	1,0	1,0	0,06	
	A73-6-k	1,883	0,140	0,046	0,115	0,023	0,017	0,006	0,860	0,023	0,021	0,006	0,090	0,832	0,133	2,0	1,0	1,0	0,46	
	A73-6-m	1,861	0,214	0,018	0,085	0,075	0,013	0,003	0,763	0,019	0,019	0,005	0,195	0,832	0,129	2,0	1,0	1,0	5,08	
	A73-7-k	1,880	0,139	0,047	0,122	0,018	0,022	0,001	0,822	0,025	0,005	0,012	0,136	0,831	0,132	2,0	1,0	1,0	0,34	
	A73-7-m	1,870	0,151	0,041	0,117	0,021	0,026	0,001	0,804	0,025	0,006	0,010	0,155	0,833	0,131	2,0	1,0	1,0	0,89	
	A109-3-k	1,788	0,306	0,038	0,138	0,094	0,019	0,000	0,919	0,013	0,021	0,005	0,042	0,757	0,137	2,0	1,0	1,0	4,37	
	A109-3-m	1,773	0,332	0,043	0,135	0,105	0,022	0,000	0,916	0,013	0,020	0,003	0,048	0,740	0,138	2,0	1,0	1,0	5,03	
	A109-4-k	1,791	0,297	0,037	0,139	0,089	0,020	0,001	0,916	0,014	0,023	0,005	0,042	0,763	0,137	2,0	1,0	1,0	4,17	
	A109-4-m	1,779	0,322	0,045	0,148	0,101	0,019	0,000	0,909	0,017	0,017	0,005	0,052	0,735	0,138	2,0	1,0	1,0	4,80	
	A109-6-k	1,785	0,311	0,038	0,145	0,096	0,018	0,001	0,905	0,016	0,024	0,004	0,052	0,752	0,137	2,0	1,0	1,0	4,70	
	A109-6-m	1,854	0,206	0,053	0,096	0,061	0,015	0,001	0,870	0,011	0,011	0,007	0,100	0,806	0,133	2,0	1,0	1,0	2,15	
	Bazalt	A113-1-k	1,823	0,236	0,046	0,148	0,059	0,018	0,000	0,888	0,018	0,021	0,004	0,070	0,779	0,136	2,0	1,1	1,0	2,30
		A113-1-m	1,858	0,186	0,049	0,125	0,044	0,017	0,000	0,856	0,018	0,013	0,007	0,105	0,807	0,133	2,0	1,0	1,0	1,43
A113-1-k		1,815	0,244	0,067	0,141	0,059	0,026	0,001	0,885	0,021	0,005	0,005	0,084	0,754	0,136	2,0	1,0	1,0	1,80	
A113-2-k		1,849	0,196	0,020	0,136	0,045	0,011	0,003	0,947	0,011	0,024	0,004	0,014	0,831	0,137	2,0	1,0	1,0	1,40	
A113-2-m		1,838	0,218	0,030	0,128	0,056	0,015	0,003	0,925	0,012	0,028	0,004	0,031	0,812	0,136	2,0	1,0	1,0	2,18	
A113-5-k		1,813	0,235	0,052	0,158	0,048	0,024	0,001	0,910	0,017	0,013	0,006	0,053	0,770	0,137	2,0	1,1	1,0	1,29	
A113-5-m		1,831	0,234	0,065	0,116	0,064	0,021	0,001	0,909	0,016	0,011	0,003	0,062	0,772	0,136	2,0	1,0	1,0	1,88	
A113-6-k		1,817	0,254	0,044	0,131	0,071	0,016	0,004	0,945	0,013	0,015	0,003	0,025	0,778	0,137	2,0	1,0	1,0	2,49	
A113-6-m	1,841	0,219	0,036	0,114	0,060	0,014	0,003	0,936	0,011	0,022	0,004	0,028	0,812	0,136	2,0	1,0	1,0	2,13		

*Hesaplanan basınç değerleri, Nimis (1995)'e göredir ve metin içerisinde formül 3.5'de verilmiştir. m: merkez, k: kenar, Kd: Dağılım katsayısı,

*T: Tetrahedral odacık = Si+(AlT-AlM1)], M1:Oktahedral odacık-1=[AlM1+Cr+Fe+3+Ti+MgM1+Fe+2M1], M2: Oktahedral odacık-2=[Ca+Na+MgM2+Fe+2M2+Mn]

Ek Tablo 10'un devamı

Kayaç Adı	Örnek No	Si	Al ^T	Fe ⁺² _{M1}	Fe ⁺³	Al _{M1}	Ti	Cr	Ca	Na	Mg _{M2}	Mn	Fe ⁺² _{M2}	Mg _{M1}	Kd	T	M1	M2	P (kbar)
Bazaltik Volk. Breş (Baz. frand.)	A70-1-k	1,859	0,189	0,051	0,125	0,048	0,016	0,000	0,898	0,023	0,014	0,007	0,058	0,802	0,135	2,0	1,0	1,0	1,41
	A70-1-m	1,885	0,145	0,053	0,116	0,030	0,016	0,001	0,867	0,028	0,013	0,009	0,084	0,824	0,133	2,0	1,0	1,0	0,59
	A70-2-k	1,859	0,189	0,051	0,125	0,048	0,016	0,000	0,898	0,023	0,014	0,007	0,058	0,802	0,135	2,0	1,0	1,0	1,41
	A70-2-m	1,853	0,173	0,051	0,159	0,026	0,020	0,001	0,898	0,028	0,012	0,009	0,054	0,797	0,136	2,0	1,1	1,0	0,12
	A70-3-k	1,816	0,250	0,051	0,139	0,066	0,020	0,000	0,910	0,017	0,014	0,006	0,053	0,771	0,137	2,0	1,0	1,0	2,41
	A70-3-m	1,865	0,178	0,065	0,126	0,043	0,021	0,000	0,877	0,035	0,004	0,010	0,074	0,787	0,135	2,0	1,0	1,0	1,13
	A70-9-k	1,875	0,158	0,063	0,121	0,033	0,020	0,000	0,871	0,030	0,005	0,009	0,085	0,803	0,134	2,0	1,0	1,0	0,49
	A70-9-m	1,856	0,185	0,066	0,126	0,041	0,024	0,000	0,858	0,029	0,001	0,008	0,103	0,784	0,134	2,0	1,0	1,0	1,05
	A70-11-m	1,891	0,131	0,056	0,123	0,022	0,017	0,001	0,853	0,031	0,007	0,011	0,098	0,823	0,133	2,0	1,0	1,0	0,14
	A70-11-k	1,827	0,227	0,053	0,147	0,054	0,022	0,000	0,889	0,023	0,014	0,006	0,069	0,773	0,136	2,0	1,0	1,0	1,87
	A70-12-k	1,760	0,319	0,046	0,176	0,080	0,032	0,000	0,890	0,022	0,015	0,006	0,066	0,725	0,138	2,0	1,1	1,0	3,79
	A70-12-m	1,756	0,313	0,048	0,191	0,069	0,033	0,000	0,893	0,023	0,016	0,004	0,064	0,724	0,138	2,0	1,1	1,0	3,10

*Hesaplanan basınç değerleri, Nimis (1995)'e göredir ve metin içerisinde formül 3.5'de verilmiştir. m: merkez, k: kenar, Kd: Dağılım katsayısı,

*T: Tetrahedral odacık = Si+(Al^T-Al_{M1}), M1:Oktahedral odacık-1=[Al_{M1}+Cr+Fe+3+Ti+Mg_{M1}+Fe+2M₁], M2: Oktahedral odacık-2=[Ca+Na+Mg_{M2}+Fe+2M₂+Mn]

Ek Tablo 11. Borçka (Artvin) volkanitlerindeki bazalt (A79a) ve bazaltikandezit (A24) salınım zonlu iki klinopiroksenin kenarından merkezine doğru hesaplanan basınçlar

Kayaç Adı	Örnek No	Si	Al ^T	Fe ⁺² _{M1}	Fe ⁺³	Al _{M1}	Ti	Cr	Ca	Na	Mgm ₂	Mn	Fe ⁺² _{M2}	Mgm ₁	Kd	T	M1	M2	P (kbar)
Bazalt A79a	1-kenar	1,815	0,266	0,083	0,102	0,084	0,024	0,001	0,889	0,018	-0,003	0,005	0,091	0,738	0,135	2,0	1,0	1,0	2,80
	2	1,843	0,295	0,090	0,000	0,138	0,016	0,006	0,873	0,013	-0,008	0,003	0,119	0,748	0,133	2,0	1,0	1,0	6,03
	3	1,811	0,305	0,073	0,062	0,118	0,019	0,005	0,887	0,014	0,002	0,004	0,093	0,743	0,135	2,0	1,0	1,0	5,24
	4	1,933	0,117	0,046	0,000	0,051	0,004	0,024	0,881	0,015	0,025	0,004	0,075	0,876	0,131	2,0	1,0	1,0	2,10
	5	1,961	0,070	0,032	0,000	0,030	0,003	0,027	0,881	0,013	0,040	0,002	0,064	0,903	0,130	2,0	1,0	1,0	1,26
	6	1,946	0,100	0,038	0,000	0,045	0,004	0,015	0,880	0,004	0,034	0,003	0,079	0,893	0,130	2,0	1,0	1,0	1,66
	7	1,956	0,087	0,038	0,000	0,042	0,004	0,016	0,882	0,012	0,034	0,003	0,069	0,895	0,130	2,0	1,0	1,0	1,61
	8	1,943	0,100	0,039	0,005	0,043	0,003	0,017	0,882	0,013	0,033	0,002	0,069	0,894	0,130	2,0	1,0	1,0	1,71
	9	1,940	0,101	0,041	0,004	0,041	0,004	0,022	0,884	0,014	0,031	0,003	0,069	0,889	0,130	2,0	1,0	1,0	1,63
	10-merkez	1,944	0,098	0,041	0,005	0,042	0,003	0,016	0,890	0,012	0,029	0,004	0,065	0,894	0,130	2,0	1,0	1,0	1,45
Bazaltik andezit (A24)	1-kenar	1,913	0,102	0,059	0,099	0,015	0,012	0,000	0,802	0,018	-0,023	0,019	0,184	0,845	0,130	2,0	1,0	1,0	-0,56
	2	1,857	0,209	0,055	0,109	0,068	0,012	0,000	0,816	0,023	-0,011	0,014	0,158	0,789	0,132	2,0	1,0	1,0	3,01
	3	1,863	0,153	0,034	0,170	0,018	0,012	0,000	0,848	0,019	0,021	0,014	0,099	0,819	0,134	2,0	1,1	1,0	0,27
	4	1,910	0,144	0,067	0,050	0,055	0,010	0,000	0,813	0,019	-0,018	0,013	0,173	0,834	0,130	2,0	1,0	1,0	1,72
	5	1,808	0,305	0,054	0,080	0,115	0,016	0,009	0,881	0,017	0,012	0,004	0,085	0,751	0,135	2,0	1,0	1,0	5,80
	6	1,925	0,130	0,054	0,008	0,056	0,006	0,015	0,892	0,013	0,020	0,003	0,072	0,864	0,131	2,0	1,0	1,0	1,91
	7	1,899	0,138	0,026	0,075	0,038	0,006	0,016	0,907	0,014	0,039	0,003	0,037	0,864	0,133	2,0	1,0	1,0	1,54
	8	1,906	0,161	0,048	0,027	0,068	0,007	0,008	0,889	0,014	0,023	0,003	0,070	0,851	0,132	2,0	1,0	1,0	2,80
	9	1,901	0,161	0,037	0,040	0,063	0,007	0,009	0,883	0,014	0,033	0,003	0,067	0,857	0,132	2,0	1,0	1,0	2,92
	10-merkez	1,885	0,129	-0,007	0,140	0,016	0,006	0,006	0,930	0,013	0,064	0,003	-0,010	0,885	0,135	2,0	1,0	1,0	0,75

Not: Açıklamalar Ek Tablo 10'daki gibidir.

Ek Tablo 12. Borçka (Artvin) yöresi volkanitlerinden seçilen hornblend minerallerinin lazer-füzyon ^{40}Ar - ^{39}Ar yaşlandırması ölçüm verileri.

Örnek	Yaş. My	±. My	^{40}Ar	±1σ	^{39}Ar	±1σ	^{38}Ar	±1σ	^{37}Ar	±1σ	^{36}Ar	±1σ	% $^{40}\text{Ar}^*$	$^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	±1σ	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	±1σ
A25																	
1834-01	70.99	1.51	24.69	0.04	1.572	0.003	0.0382	0.0047	6.75	3.20	0.0259	0.0008	71.2	61	3	952	44
1834-02	119.15	1.68	31.07	0.04	1.275	0.003	0.0307	0.0036	3.81	2.66	0.0240	0.0008	78.2	53	3	1293	48
1834-03	59.38	4.06	9.64	0.03	0.529	0.004	0.0151	0.0017	4.50	2.73	0.0172	0.0008	51.1	31	6	560	38
1834-04	57.81	2.25	14.55	0.03	1.032	0.005	0.0254	0.0030	9.69	3.04	0.0203	0.0008	64.2	51	7	716	41
1834-05	45.10	7.52	9.91	0.56	0.730	0.066	0.0297	0.0029	10.40	3.15	0.0191	0.0011	51.6	38	60	518	510
1834-06	48.13	2.64	11.50	0.03	0.843	0.005	0.0264	0.0025	8.49	2.82	0.0199	0.0008	55.0	42	7	579	39
1834-07	46.96	1.78	12.94	0.03	1.201	0.005	0.0343	0.0038	11.49	2.55	0.0172	0.0008	68.0	70	7	752	39
1834-08	47.25	2.20	10.70	0.03	0.961	0.004	0.0323	0.0028	11.93	2.44	0.0156	0.0008	66.0	61	5	685	39
1834-09	45.89	3.21	9.12	0.03	0.729	0.003	0.0236	0.0024	11.98	3.07	0.0167	0.0008	56.9	44	4	548	38
1834-10	46.10	1.68	14.68	0.03	1.419	0.006	0.0387	0.0040	12.24	3.11	0.0185	0.0008	69.5	77	7	792	41
1834-11	83.45	1.23	31.04	0.04	1.954	0.003	0.0426	0.0054	9.84	3.20	0.0205	0.0008	83.0	95	4	1511	52
1834-12	54.32	2.45	12.46	0.03	0.888	0.005	0.0269	0.0027	7.08	2.73	0.0186	0.0008	60.6	48	6	670	40
1834-13	46.94	2.76	13.89	0.03	0.822	0.004	0.0276	0.0027	7.83	2.96	0.0288	0.0008	43.3	29	5	482	40
1834-14	45.39	1.58	16.90	0.03	1.568	0.007	0.0456	0.0047	11.67	3.35	0.0228	0.0008	65.7	69	9	740	44
1834-15	60.14	8.46	4.94	0.03	0.249	0.002	0.0087	0.0013	0.97	2.70	0.0090	0.0008	47.7	28	3	548	35
1834-16	46.22	1.64	15.87	0.03	1.397	0.005	0.0366	0.0041	14.19	2.82	0.0236	0.0008	63.4	59	7	673	43
1834-17	45.10	2.17	12.36	0.03	1.060	0.005	0.0361	0.0030	7.42	3.09	0.0186	0.0008	60.4	57	7	664	38
1834-18	46.75	4.28	9.37	0.03	0.515	0.004	0.0174	0.0019	6.10	2.81	0.0207	0.0008	40.0	25	5	452	35
1834-19	61.57	2.62	12.53	0.03	0.906	0.005	0.0246	0.0028	6.16	3.27	0.0145	0.0008	69.9	63	7	865	38
1834-20	44.35	1.60	15.90	0.03	1.458	0.006	0.0393	0.0044	16.86	2.74	0.0244	0.0008	63.3	60	8	651	39
A24																	
1835-01	49.76	1.95	103.48	0.05	1.6989	0.0027	0.0996	0.0046	11.02	2.94	0.3085	0.0008	12.8	6	3	335	65
1835-02	46.66	1.52	148.60	0.07	2.7087	0.0033	0.1547	0.0019	11.10	2.78	0.4390	0.0009	13.3	6	4	338	78
1835-03	45.83	1.56	133.89	0.08	2.4843	0.0032	0.1340	0.0019	10.88	2.94	0.3958	0.0009	13.3	6	4	338	91
1835-04	46.49	1.44	156.54	0.05	2.9337	0.0029	0.1577	0.0021	7.99	2.85	0.4596	0.0009	13.7	6	3	341	54
1835-05	46.63	1.36	133.47	0.04	2.7888	0.0047	0.1444	0.0016	13.73	2.87	0.3866	0.0008	15.2	7	6	345	50
1835-06	45.60	1.44	139.61	0.04	2.7441	0.0025	0.1431	0.0016	10.56	3.01	0.4091	0.0009	14.0	7	3	341	50
1835-07	47.89	1.74	109.07	0.07	1.9276	0.0032	0.0969	0.0056	7.95	2.64	0.3224	0.0009	13.3	6	4	338	85
1835-08	42.59	1.55	105.16	0.04	2.1227	0.0028	0.1132	0.0052	7.01	2.82	0.3100	0.0009	13.5	7	3	339	50
1835-09	47.30	1.83	106.92	0.04	1.8473	0.0025	0.0976	0.0050	8.84	3.11	0.3180	0.0008	12.8	6	3	336	52

Ek Tablo 12'nin devamı

Örnek	Yaş. My	±. My	⁴⁰ Ar	±1σ	³⁹ Ar	±1σ	³⁸ Ar	±1σ	³⁷ Ar	±1σ	³⁶ Ar	±1σ	% ⁴⁰ Ar*	³⁹ Ar/ ³⁶ Ar	±1σ	⁴⁰ Ar/ ³⁶ Ar	±1σ
1835-10	43.23	1.30	190.54	0.04	3.7918	0.0040	0.2008	0.0017	12.39	2.81	0.5614	0.0009	13.5	7	4	339	46
1835-11	46.45	1.60	135.81	0.04	2.4331	0.0026	0.1398	0.0018	14.40	2.88	0.4038	0.0009	13.0	6	3	336	48
1835-12	46.53	1.81	100.70	0.04	1.7965	0.0023	0.0960	0.0050	9.53	2.94	0.2992	0.0008	13.0	6	3	337	44
1835-13	44.85	1.86	103.01	0.04	1.8169	0.0019	0.0968	0.0050	10.41	3.20	0.3084	0.0008	12.4	6	2	334	53
1835-14	48.03	1.42	191.72	0.07	3.5111	0.0037	0.1987	0.0015	13.50	2.91	0.5632	0.0009	13.8	6	4	340	78
1835-15	44.66	1.73	110.10	0.05	2.0085	0.0028	0.0958	0.0060	5.55	3.27	0.3266	0.0008	12.8	6	3	337	55
1835-16	45.52	1.54	137.98	0.06	2.5512	0.0027	0.1455	0.0016	13.24	2.93	0.4092	0.0008	13.2	6	3	337	69
1835-17	46.88	1.80	100.22	0.05	1.8678	0.0022	0.0956	0.0051	10.41	3.27	0.2957	0.0009	13.7	6	3	339	53
1835-18	45.02	1.66	125.66	0.05	2.2756	0.0023	0.1280	0.0021	7.75	3.25	0.3731	0.0009	12.8	6	3	337	58
1835-19	64.58	1.63	122.30	0.04	2.2398	0.0024	0.1217	0.0045	9.64	3.40	0.3395	0.0009	18.6	7	3	360	49
1835-20	48.21	1.74	193.94	0.07	2.9262	0.0026	0.1920	0.0013	14.69	2.92	0.5857	0.0009	11.4	5	3	331	82
A64																	
1837-01	39.81	0.47	73.09	0.04	5.449	0.004	0.1139	0.0017	1.388	3.074	0.1323	0.0008	46.7	41	5	553	46
1837-02	39.83	0.38	86.81	0.04	6.813	0.005	0.1384	0.0029	9.038	2.778	0.1520	0.0008	49.1	45	6	571	47
1837-03	43.22	0.34	106.31	0.04	8.032	0.005	0.1603	0.0027	6.978	2.814	0.1769	0.0008	51.4	45	6	601	50
1837-04	39.61	0.34	124.02	0.05	9.408	0.006	0.1935	0.0036	15.414	3.140	0.2259	0.0008	47.2	42	7	549	58
1837-05	39.59	0.59	59.02	0.04	4.324	0.003	0.0898	0.0013	4.483	3.245	0.1099	0.0008	45.6	39	4	537	48
1837-06	39.16	0.47	67.29	0.04	5.067	0.004	0.1060	0.0021	6.402	2.700	0.1240	0.0008	46.3	41	6	543	47
1837-07	39.67	0.48	78.29	0.04	5.479	0.004	0.1167	0.0021	6.955	2.931	0.1513	0.0008	43.6	36	5	518	54
1837-08	40.41	0.44	88.42	0.04	6.146	0.005	0.1306	0.0023	10.112	2.877	0.1700	0.0008	44.1	36	6	520	48
1837-09	40.03	0.52	72.72	0.06	5.112	0.005	0.1075	0.0017	2.319	3.295	0.1379	0.0008	44.2	37	6	528	71
1837-10	39.70	0.50	66.43	0.04	4.899	0.005	0.1014	0.0018	5.503	2.810	0.1229	0.0008	46.0	40	7	541	50
1837-11	41.05	0.35	99.87	0.05	7.839	0.004	0.1580	0.0027	9.147	2.811	0.1693	0.0008	50.7	46	5	590	56
1837-12	40.48	0.46	82.57	0.04	5.510	0.005	0.1174	0.0014	6.132	2.647	0.1625	0.0008	42.5	34	7	508	47
1837-13	39.86	0.35	116.21	0.06	8.939	0.007	0.1770	0.0040	14.398	3.391	0.2078	0.0008	48.2	43	8	559	69
1837-14	39.88	0.36	132.63	0.05	8.956	0.007	0.1956	0.0032	8.289	2.747	0.2612	0.0008	42.3	34	8	508	58
1837-15	39.13	0.46	69.43	0.04	5.455	0.005	0.1097	0.0020	4.191	3.002	0.1226	0.0008	48.3	45	7	566	49
1837-16	40.37	0.53	76.98	0.04	5.100	0.004	0.1098	0.0014	5.242	3.289	0.1524	0.0008	42.0	33	5	505	52
1837-17	40.21	0.49	69.58	0.04	5.074	0.004	0.1023	0.0015	9.557	2.839	0.1296	0.0008	46.1	39	5	537	49
1837-18	41.23	0.45	110.60	0.04	6.865	0.006	0.1400	0.0034	7.987	3.250	0.2259	0.0008	40.2	30	7	490	53
1837-19	39.18	0.35	120.26	0.04	9.134	0.006	0.1864	0.0034	8.678	3.403	0.2190	0.0008	46.8	42	7	549	47
1837-20	39.78	0.52	78.84	0.04	5.251	0.004	0.1084	0.0018	6.649	3.172	0.1575	0.0008	41.6	33	5	500	47

Ek Tablo 12'nin devamı

Kaynakla ilişkili veri

	J	±	Irr ³⁹ Ca/ ³⁷ Ca	±	Irr ³⁸ Ca/ ³⁷ Ca	±	Irr ³⁶ Ca/ ³⁷ Ca	±	Irr ³⁸ K/ ³⁹ K	±	Irr ⁴⁰ K/ ³⁹ K	±
A25	0.0035785	0.0000388	0.0006633	0.0003535	0.000140	0	0.0002775	0.0000253	0.01077	0	0.0039448	0.0015421
A24	0.0035771	0.0000342	0.0006633	0.0003535	0.000140	0	0.0002775	0.0000253	0.01077	0	0.0039448	0.0015421
A64	0.0035648	0.0000335	0.0006633	0.0003535	0.000140	0	0.0002775	0.0000253	0.01077	0	0.0039448	0.0015421
A89	0.0035812	0.0000479	0.0006633	0.0003535	0.000140	0	0.0002775	0.0000253	0.01077	0	0.0039448	0.0015421

Not: My= Milyon yıl

Ek Tablo 13. Borçka (Artvin) volkanitlerinin gelişiminde etkili olan ayrılaşmanın kütle dengesi karışım hesaplamalarını (Stormer ve Nicholls, 1978) kullanarak test edilmesi

Bazalt (Borçka Bazaltı-Örnek no: A16)'tan BA (Civanköy Üyesi-Örnek no: A79)'e ayrılaşmanın testi					
Ana Oksitler (%)	Eklene veya çıkarılan malzemenin ana bileşimi (%)	Magmalar arasında gözlenen farklılaşma (%)	Magmalar arasında hesaplanan farklılaşma (%)	Rezidüel (Magmalar arasında farklılaşma; gözlenen-hesaplanan)	
SiO ₂	43.18	8.469	8.480	-0.011	
TiO ₂	1.17	-0.160	-0.372	0.211	
Al ₂ O ₃	17.45	1.131	1.145	-0.014	
FeO*	12.64	-2.753	-2.744	-0.009	
MnO	0.13	-0.030	0.022	-0.052	
MgO	8.79	-2.566	-2.572	0.006	
CaO	14.58	-5.157	-5.198	0.041	
Na ₂ O	1.76	1.498	1.158	0.340	
K ₂ O	0.30	-0.474	-0.011	-0.463	
P ₂ O ₅	0	0.043	0.092	-0.049	
Kalıntıların Kareleri Toplamı = 0.3816					
Ayrılaşmaya katılan mineral fazları	Ana magmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin % miktarı	Ana magmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin % değ.	Eklene fazların % miktarı	Çıkarılan fazların % miktarı	
Plajiyoklas (A73-3-k)	-22.58	33.40	0	33.40	
Klinopiroksen (A29-38-m)	-15.36	22.72	0	22.72	
Hornblend (A16-22-m)	-25.11	37.13	0	37.13	
Magnetit (A16-3-m)	-4.57	6.76	0	6.76	
Ana magmadan krsitallenerek farklılaşan minerallerin toplam miktarı (%) = 67.61					
Artan kalan (ayrılaşmayan) ana magma miktarı (%) = 32.39					
Bazalt (Borçka Bazaltı-Örnek no: A16)'tan BA (Civanköy Üyesi-Örnek no: A74)'e ayrılaşmanın testi					
Ana Oksitler (%)	Eklene veya çıkarılan malzemenin ana bileşimi (%)	Magmalar arasında gözlenen farklılaşma (%)	Magmalar arasında hesaplanan farklılaşma (%)	Rezidüel (Magmalar arasında farklılaşma; gözlenen-hesaplanan)	
SiO ₂	42.96	9.574	9.666	-0.092	
TiO ₂	1.21	-0.102	-0.375	0.273	
Al ₂ O ₃	17.46	0.922	1.026	-0.103	
FeO*	12.47	-2.878	-2.793	-0.085	
MnO	0.14	0.025	0.060	-0.035	
MgO	9.34	-4.434	-4.340	-0.094	
CaO	14.24	-4.941	-4.941	0.026	
Na ₂ O	1.83	1.870	1.870	0.465	
K ₂ O	0.35	-0.102	-0.102	-0.310	
P ₂ O ₅	0	0.065	0.065	-0.045	
Kalıntıların Kareleri Toplamı = 0.4262					
Ayrılaşmaya katılan mineral fazları	Ana magmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin % miktarı	Ana magmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin % değ.	Eklene fazların % miktarı	Çıkarılan fazların % miktarı	
Plajiyoklas (A73-3-k)	-20.79	29.82	0	29.82	
Klinopiroksen (A29-38-m)	-13.10	18.79	0	18.79	
Hornblend (A16-22-m)	-31.85	45.68	0	45.68	
Magnetit (A16-3-m)	-3.98	5.71	0	5.71	
Ana magmadan krsitallenerek farklılaşan minerallerin toplam miktarı (%) = 69.72					
Artan kalan (ayrılaşmayan) ana magma miktarı (%) = 30.28					

Not: Tüm hesaplamalar "XLFRAC" programı (Stormer ve Nicholls, 1978) kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan ana magma (Bazalt-A16) ve ürün magma (A79 ve A74) bileşimleri, Tablo 3.1'de; ayrılaşmaya katılan mineral fazlarına ait mikroprob analizleri ise; plajiyoklas, Ek Tablo 4; klinopiroksen, Ek Tablo 1; hornblend, Ek Tablo 3; magnetit, Ek Tablo 2'de verilmiştir.

Ek Tablo 13'ün devamı

Bazalt (Borçka Bazaltı-Örnek no: A16)'tan Andezit (Civanköy Üyesi-Örnek no: A33A)'e ayrılaşmanın testi				
Ana Oksitler (%)	Eklenen veya çıkarılan malzemenin ana bileşimi (%)	Magmalar arasında gözlenen farklılaşma (%)	Magmalar arasında hesaplanan farklılaşma (%)	Rezidüel (Magmalar arasında farklılaşma; gözlenen-hesaplanan)
SiO ₂	42.85	11.229	11.250	-0.021
TiO ₂	1.21	-0.224	-0.475	0.251
Al ₂ O ₃	17.92	0.120	0.153	-0.033
FeO*	12.49	-3.049	-3.024	-0.025
MnO	0.13	-0.082	-0.013	-0.069
MgO	9.07	-3.970	-3.951	-0.019
CaO	14.10	-5.158	-5.188	0.030
Na ₂ O	1.87	1.461	1.129	0.332
K ₂ O	0.36	-0.370	0.021	-0.391
P ₂ O ₅	0	0.042	0.097	-0.055

Kalıntıların Kareleri Toplamı = 0.3372

Ayrılaşmaya katılan mineral fazları	Ana magmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin % miktarı	Ana magmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin % değ.	Eklenen fazların % miktarı	Çıkarılan fazların % miktarı
Plajiyoklas (A73-3-k)	-22.62	31.43	0	31.43
Klinopiroksen (A29-38-m)	-12.29	17.07	0	17.07
Hornblend (A16-22-m)	-32.82	45.60	0	45.60
Magnetit (A16-3-m)	-4.24	5.90	0	5.90

Ana magmadan krsitallenerek farklılaşan minerallerin toplam miktarı (%) = 71.98

Artan kalan (ayrışmayan) ana magma miktarı (%) = 28.02

Bazalt (Borçka Bazaltı-Örnek no: A16)'tan Andezit (Civanköy Üyesi-Örnek no: A71)'e ayrılaşmanın testi				
Ana Oksitler (%)	Eklenen veya çıkarılan malzemenin ana bileşimi (%)	Magmalar arasında gözlenen farklılaşma (%)	Magmalar arasında hesaplanan farklılaşma (%)	Rezidüel (Magmalar arasında farklılaşma; gözlenen-hesaplanan)
SiO ₂	42.58	14.428	14.561	-0.133
TiO ₂	1.23	-0.171	-0.480	0.309
Al ₂ O ₃	18.00	-0.596	-0.447	-0.149
FeO*	13.00	-5.902	-5.769	-0.133
MnO	0.13	-0.101	-0.029	-0.072
MgO	8.81	-4.717	-4.555	-0.162
CaO	14.04	-6.393	-6.392	-0.001
Na ₂ O	1.85	1.783	1.452	0.331
K ₂ O	0.34	1.432	1.408	0.024
P ₂ O ₅	0	0.236	0.251	-0.015

Kalıntıların Kareleri Toplamı = 0.2948

Ayrılaşmaya katılan mineral fazları	Ana magmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin % miktarı	Ana magmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin % değ.	Eklenen fazların % miktarı	Çıkarılan fazların % miktarı
Plajiyoklas (A73-3-k)	-24.88	32.62	0	32.62
Klinopiroksen (A29-38-m)	-13.11	17.18	0	17.18
Hornblend (A16-22-m)	-33.12	43.42	0	43.42
Magnetit (A16-3-m)	-5.17	6.78	0	6.78

Ana magmadan krsitallenerek farklılaşan minerallerin toplam miktarı (%) = 76.27

Artan kalan (ayrışmayan) ana magma miktarı (%) = 23.7370.23

Not: Tüm hesaplamalar "XLFRAC" programı (Stormer ve Nicholls, 1978) kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan ana magma (Bazalt-A16) ve ürün magma (A33A ve A71) bileşimleri, Tablo 3.1'de; ayrılaşmaya katılan mineral fazlarına ait mikroprob analizleri ise; plajiyoklas, Ek Tablo 4; klinoproksen, Ek Tablo 1; hornblend, Ek Tablo 3; magnetit, Ek Tablo 2'de verilmiştir.

Ek Tablo 13'ün devamı

Bazalt (Borçka Bazaltı-Örnek no: A16)'tan Dasit (Civanköy Üyesi-Örnek no: A44)'e ayırma testinin testi					
Ana Oksitler (%)	Eklenen veya çıkarılan malzemenin ana bileşimi (%)	Magmalar arasında gözlenen farklılaşma (%)	Magmalar arasında hesaplanan farklılaşma (%)	Rezidüel (Magmalar arasında farklılaşma; gözlenen-hesaplanan)	
SiO ₂	42.95	17.077	17.258	-0.181	
TiO ₂	1.19	-0.339	-0.606	0.267	
Al ₂ O ₃	18.12	-1.288	-1.127	-0.161	
FeO*	12.42	-5.261	-5.125	-0.137	
MnO	0.13	-0.124	-0.047	-0.077	
MgO	8.79	-5.981	-5.832	-0.149	
CaO	14.19	-8.597	-8.669	0.072	
Na ₂ O	1.86	4.070	3.378	0.692	
K ₂ O	0.34	0.410	0.668	-0.258	
P ₂ O ₅	0	0.032	0.101	0.069	
Kalıntıların Kareleri Toplamı = 0.73.20					
Ayrılaşmaya katılan mineral fazları	Ana magmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin % miktarı	Ana magmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin % değ.	Eklenen fazların % miktarı	Çıkarılan fazların % miktarı	
Plajiyoklas (A73-3-k)	-26.90	33.31	0	33.31	
Klinopiroksen (A29-38-m)	-14.31	17.72	0	17.72	
Hornblend (A16-22-m)	-34.58	42.82	0	42.82	
Magnetit (A16-3-m)	-4.96	6.14	0	6.14	
Ana magmadan krsitallenerek farklılaşan minerallerin toplam miktarı (%) =80.75					
Artan kalan (ayırma testinin) ana magma miktarı (%) =19.25					
Bazalt (Borçka Bazaltı-Örnek no: A16)'tan Dasit (Civanköy Üyesi-Örnek no: A64)'e ayırma testinin testi					
Ana Oksitler (%)	Eklenen veya çıkarılan malzemenin ana bileşimi (%)	Magmalar arasında gözlenen farklılaşma (%)	Magmalar arasında hesaplanan farklılaşma (%)	Rezidüel (Magmalar arasında farklılaşma; gözlenen-hesaplanan)	
SiO ₂	42.39	16.564	16.644	-0.079	
TiO ₂	1.27	-0.330	-0.638	0.308	
Al ₂ O ₃	18.06	-0.643	-0.539	-0.104	
FeO*	13.01	-6.226	-6.135	-0.091	
MnO	0.14	-0.095	-0.026	-0.069	
MgO	9.06	-5.746	-5.634	-0.112	
CaO	13.81	-6.138	-6.135	-0.003	
Na ₂ O	1.90	1.483	1.215	0.269	
K ₂ O	0.37	1.030	1.098	-0.068	
P ₂ O ₅	0	0.100	0.150	-0.050	
Kalıntıların Kareleri Toplamı = 0.2172					
Ayrılaşmaya katılan mineral fazları	Ana magmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin % miktarı	Ana magmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin % değ.	Eklenen fazların % miktarı	Çıkarılan fazların % miktarı	
Plajiyoklas (A73-3-k)	-23.99	30.87	0	30.87	
Klinopiroksen (A29-38-m)	-11.46	14.75	0	14.75	
Hornblend (A16-22-m)	-37.30	48.00	0	48.00	
Magnetit (A16-3-m)	-4.95	6.37	0	6.37	
Ana magmadan krsitallenerek farklılaşan minerallerin toplam miktarı (%) = 77.70					
Artan kalan (ayırma testinin) ana magma miktarı (%) = 22.30					

Not: Tüm hesaplamalar "XLFrac" programı (Stormer ve Nicholls, 1978) kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan ana magma (Bazalt-A16) ve ürün magma (A33A ve A71) bileşimleri, Tablo 3.1'de; ayrışmaya katılan mineral fazlarına ait mikroprob analizleri ise; plajiyoklas, Ek Tablo 4; klinopiroksen, Ek Tablo 1; hornblend, Ek Tablo 3; magnetit, Ek Tablo 2'de verilmiştir.

ÖZGEÇMİŞ

Emre AYDINÇAKIR, 1978 tarihinde Trabzon'da doğdu. Lise öğrenimini 1994-1997 tarihleri arasında Trabzon Fatih Süper Lisesi'nde tamamladıktan sonra, 1998 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Lisans programına başladı. Bu bölümden 2002 yılında bölüm birincisi olarak mezun olduktan sonra aynı yıl KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2002 yılı Kasım ayında KTÜ Gümüşhane Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mineraloji-Petrografi Ana Bilim Dalı'na Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2004-2005 yılları arasında Sokrates/Erasmus bursu kapsamında yüksek lisans çalışmalarına Friedrich-Schiller Üniversitesi, Jena (Almanya), Mineraloji ve Petrografi Enstitüsü'nde devam etti. 2006 yılında yüksek lisans öğrenim tamamlayarak aynı yıl doktora öğrenimine başladı. 2008 yılından beri Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi Ana Bilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak görevine devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babası olan Emre AYDINÇAKIR iyi derecede ingilizce bilmektedir.