

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



KARAKAVAK VE ÇUKURHÜSEYİN (BALIKESİR) KÖYLERİ
CİVARINDAKİ VOLKANİK KAYAÇLARIN
PETROGRAFİSİ VE JEOKİMYASI

ONURALP KARAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jüri Üyeleri: **Prof. Dr. Zafer ASLAN (Tez Danışmanı)**
 Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Selman AYDOĞAN
 Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER

BALIKESİR, TEMMUZ- 2021

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Karakavak ve Çukurhüseyin (Balıkesir) Köyleri Civarındaki Volkanik Kayaçların Petrografisi ve Jeokimyası**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Onuralp KARAMAN

**Bu tez alışması Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından
2019/014 nolu proje ile desteklenmiştir.**

ÖZET

**KARAKAVAK VE ÇUKURHÜSEYİN (BALIKESİR) KÖYLERİ
CİVARINDAKİ VOLKANİK KAYAÇLARIN
PETROGRAFİSİ VE JEOKİMYASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ONURALP KARAMAN
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF.DR. ZAFER ASLAN)
BALIKESİR, HAZİRAN-2021**

Bu çalışmada, Türkiye'nin kuzeybatısında İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağının kuzeyinde yer alan Biga Yarımadası'ndaki (Batı Anadolu), Paleojen-Neojen magmatizmasının ürünü olan Oligo-Miyosen yaşlı Hallaçlar volkanik kayaçlarının, Balıkesir ili güneyinde yer alan Karakavak-Çukurhüseyin mahalleleri ve çevresindeki bölümünün petrografisi, jeokimyası ve petrolojisi incelenmiştir.

İnceleme alanında Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Hallaçlar Volkaniti, Alt Miyosen yaşlı Soma Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonel çökeller bulunmaktadır. Hallaçlar volkanik kayaçlarını andezitik lav ve piroklastları oluşturmaktadır. Mikrolitik, mikrolitik porfiri, porfiri yer yer de akma dokusuna sahip volkanik kayaçların ana mineralleri plajiyoklaz, amfibol ve biyotit, tali minerali apatit, ayrışma mineralleri ise serisit, kil, klorit ve kalsittir.

Hallaçlar volkanik kayaçları jeokimyasal olarak, orta-yüksek K'lu olup kalk-alkalen özelliğine sahiptir. Volkanik kayaçların gelişiminde amfibol ve plajiyoklaz mineral ayrılaşmasının egemen olduğu fraksiyonel kristalleşme ile oluşmuşlardır. İz element diyagramında, büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (BİYLE; Rb, Ba, K ve Th) zenginleşme, yüksek çekim alanlı elementlerce (YÇAE; Zr, Sm ve Y) fakirleşme görülmektedir. Nadir toprak element diyagramında, hafif nadir toprak elementlerce (HNTE) zenginleşme, ağır nadir toprak elementlerce (ANTE) de daha az zenginleşme görülmektedir. Örneklerde (La/Lu)_N değerleri 4,69-10,13, (La/Sm)_N değerleri 2,39-7,17 ve (Gd/Lu)_N değerleri 1,18-1,64 arasında değişmektedir. Hallaçlar volkanitlerinde (La/Lu)_N=4,69-10,13 değerleri arasında olup orta düzeyde zenginleşmiştir ve konkav şeklinde dağılım sunmakta olup kalk-alkalen volkanizmayı göstermektedir. Tektonik olarak volkanik yay kayaçlarına benzerlik göstermektedir.

Neo-Tetis Okyanus kabuğunun Sakarya Kıtası'nın altına yitimi ile, Sakarya ve Torid-Anatolid kıtalarının çarpışması sonucu oluşan Hallaçlar volkanik kayaçları, zenginleşmiş litosferik manto kökenli olup yitim ile ilişkili çarpışma ürünleri yansıtmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Hallaçlar volkanik kayaçı, andezit, jeokimya, Biga Yarımadası.

ABSTRACT

**PETROGRAPHY AND GEOCHEMISTRY OF THE VOLCANIC ROCKS
SURROUNDINGS KARAKAVAK AND ÇUKURHÜSEYİN (BALIKESİR)
VILLAGES
MSC THESIS
ONURALP KARAMAN
BALIKESIR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
GEOLOGICAL ENGINEERING
(SUPERVISOR: PROF.DR. ZAFER ASLAN)
BALIKESİR, JUNE - 2021**

This study is the examination of the petrography, geochemistry and petrology of the Oligocene-Miocene aged Hallaçlar volcanics, which are the result of Paleogene-Neogene magmatism in the Biga peninsula (W Anatolia), located in the north of the İzmir-Ankara-Erzincan suture zone in northwest Turkey and the villages of Karakavak-Çukurhüseyin and its surroundings located in the south of Balıkesir province.

The study area includes Upper Oligocene-Lower Miocene Hallaçlar volcanics, lower Miocene Soma formation and Quaternary alluvial deposits. Hallaçlar volcanics consist of andesitic lava and pyroclastics. They have microlitic, microlitic porphyritic, porphyritic and rarely fluidal texture, and main minerals are plagioclase, amphibole and biotite, secondary mineral apatite and alteration minerals are sericite, clay, chlorite and calcite.

Geochemically, volcanics are medium-high K and have calc-alkaline characteristics. They were formed by fractional crystallization dominated by amphibole and plagioclase. Trace element diagram shows enrichment by Large-Ion Lithophile Element and depletion by High Field Strength Elements. The Rare-Earth Element diagram, enrichment with Light Rare-Earth Elements (LREE) and less enrichment with Heavy Rare Earth Elements (HREE) is observed. In the samples $(La/Lu)_N$ values 4,69-10,13, $(La/Sm)_N$ values 2,39-7,17, and $(Gd/Lu)_N$ values range from 1,18-1,64. They have $(La/Lu)_N$ 4,69-10,13 and moderately enriched, and show concave distribution and calc-alkaline volcanism. Tectonically they have volcanic arc rocks.

As a result of the subduction of the Neotethys Oceanic Crust under the Sakarya Continent and the collision of the Sakarya and Torid-Anatolid continents, the volcanic rocks are of enriched lithospheric mantle origin and are post-subduction products associated with subduction.

KEYWORDS: Hallaçlar volcanic rocks, andesite, geochemistry, Biga peninsula

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 İnceleme Alanı Coğrafik Konumu ve Özellikleri	1
1.2 Genel Jeoloji	3
1.3 Önceki Çalışmalar.....	11
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	17
2.1 Materyal ve Yöntem	17
2.1.1 Arazi Çalışmaları	17
2.1.2 Laboratuvar Çalışmaları.....	17
2.1.2.1 Volkanik Kayaçların Kimyasal Analizleri	17
2.1.3 Büro Çalışmaları	18
3. BULGULAR	19
3.1 Çalışma Sahasının Stratigrafisi ve Petrografisi.....	19
3.1.1 Hallaçlar Volkaniti.....	23
3.1.2 Soma Formasyonu.....	30
3.1.3 Alüvyon.....	32
3.2 Jeokimya	32
3.2.1 Giriş	32
3.2.2 Tüm Kayaç Jeokimyası	32
4. TARTIŞMA	46
4.1 Kısmi Ergime	46
4.2 Fraksiyonel Kristallenme	48
4.3 Asimilasyon	50
4.4 Tektonik Ortam.....	53
4.5 Magmanın Kökeni	55
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER	60
6. KAYNAKLAR	62
ÖZGEÇMİŞ	70

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Çalışma alanının yer bulduru haritası.	2
Şekil 1.2: Gondvana ve Lavrasya kıtaları, Alpin orojenik sistemi (Okay, 1989).	3
Şekil 1.3: Türkiye'nin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz 1999).	4
Şekil 1.4: Biga Yarımadası genel jeoloji haritası (Yılmaz vd., 2000; Okay ve Satır, 2006'dan değiştirilerek alınmıştır).	7
Şekil 1.5: Biga Yarımadası genelleştirilmiş dikme kesiti (Dönmez vd., 2005).	8
Şekil 1.6: Erken-Orta Eosen döneminde Türkiye tektoniği (Şengör ve Yılmaz 1981).	9
Şekil 3.1: Çalışma arazisinin jeoloji haritası.	20
Şekil 3.2: Çalışma arazisinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (ölçeksizdir).	21
Şekil 3.3: Çalışma arazisinin A-A' jeolojik en kesiti.	22
Şekil 3.4: Hallaçlar volkaniti arazi fotoğrafları a) Kozören mahallesi civarı grimsi andezitik kayaç b) Çukurhüseyin mahallesi KD kesimleri pembemsi andezitik kayaç c) Karakavak mahallesi kuzey kesimi civarı yeşilimsi-gri renkli soğuma çatlaklı andezitik kayaç d) Çukurhüseyin mahallesi güney kesimleri koyu kahverenkli gevrek yapılı andezitik kayaç.	24
Şekil 3.5: Hallaçlar volkanitine ve piroklastiklerine ait arazi fotoğrafları a) Karaman mahallesi GB kesimi beyazımsı piroklastikler içerisinde andezitik kayaç b) Çukurhüseyin mahallesi kuzey kesimleri yeşilimsi altere andezitik kayaç c) Kozören mahallesi batı kesimi grimsi yer yer altere ve kolay kırılabilen andezitik kayaç d) Çukurhüseyin mahallesi güney kesimi süreksizlik düzlemleri olan andezitik kayaç.	25
Şekil 3.6: a) Karaman-Kozören yolu mevki koyu grimsi gevrek yapılı andezitik kayaçların genel görünümü b) Çukurhüseyin mahallesi kuzey yamacı piroklastikler içerisindeki andezit parçalarının genel görünümü.	26
Şekil 3.7: a) Albit ikizli plj ve biyotit b) Plajiyoklazlarda zonlar boyunca ayrışma c) Zonlu plajiyoklaz d) Düzensiz büyümüş albit ikizli plajiyoklaz. Ç.N. X4 büyütme (Pl: Plajiyoklaz, Örnek No: a) OAK-5, b) OAK-16, c) OAK-33 d) OAK-45).	27
Şekil 3.8: (a-b) Yarı özşekilli baklava dilinimli ile beraber yarı özşekilli çubuksu amfiboller c) Amfibol içinde opak mineral intrüzyonları, d) Kahverengi pleokroizması gösteren kloritleşmiş amfibol. Ç.N. X4 büyütme (Amp: Amfibol, Örnek No: a) OAK-5, b) OAK-7, c) OAK-38, d) OAK-57).	28
Şekil 3.9: a) Yarı özşekilli biyotit, b) Yer yer opaklaşmış biyotit c) Biyotit ve amfibol birlikteliği d) Kloritleşmiş biyotit. Ç.N. X4 büyütme (Bt: Biyotit, Örnek No: a) OAK-34, b) OAK-39, c) OAK-44, d) OAK-51)	29
Şekil 3.10: Soma formasyonuna ait arazi fotoğrafları; a) Beyaz renkli kumlu kireçtaşı, kumtaşı ardalanması b) Kozören-Karakavak mahalleleri geçiş yolu beyazımsı tabakalı ve 346/48 eğim doğrultulu kireçtaşı-kumtaşı ardalanması.	30
Şekil 3.11: a) Karbonat bağlayıcılı kısmen muskovit, bol miktarda biyotit içeren litarenit, b) Bol miktarda sedimanter kayaç parçaları ve biyotit içeren litarenit, c) İkincil çatlaklarında kalsit dolgululu çamurtaşı, d) Biyopermikrit-istif taşı (Örnek No: a) OAK-22, b) OAK-56, c) OAK-40, d) OAK-55)	31
Şekil 3.12: Volkanik kayalarda Na_2O+K_2O/SiO_2 (Le Maitre vd., 1989) (TAS) adlandırma diyagramı ve Alkalen-Subalkalen çizgisi (Irvine ve Baragar, 1971).	37

Şekil 3.13: İncelenen örneklerin a) Zr/TiO ₂ -SiO ₂ (Winchester ve Floyd, 1977) ve b) Zr/TiO ₂ -Nb/Y adlandırma diyagramları (Winchester ve Floyd, 1977).....	38
Şekil 3.14: Volkanik kayalarda AFM (Na ₂ +K ₂ O, Fe ₂ O ₃ , MgO) diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).	39
Şekil 3.15: Volkanik kayalarda SiO ₂ (wt%)-K ₂ O (wt%) diyagramı (Le Maitre vd., 1989).	40
Şekil 3.16: Volkanik kayalarda Co (ppm)-Th (ppm) diyagramı (Hastie vd., 2007).	40
Şekil 3.17: Çalışma sahasına ait kayaç örneklerinin SiO ₂ 'ye karşı ana element değişim diyagramları.....	42
Şekil 3.18: Çalışma sahasına ait kayaç örneklerinin SiO ₂ 'ye karşı iz element değişim diyagramları.....	43
Şekil 3.19: Hallaçlar volkanitlerinin N-tipi MORB'a (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramı.....	44
Şekil 3.20: Hallaçlar volkanitlerinin Kondrit'e göre (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş nadir toprak element dağılım diyagramı.....	45
Şekil 4.1: Ni (ppm)-Rb (ppm) diyagramı (Maaloe, 1985).....	47
Şekil 4.2: Zr/Y-Zr/Nb diyagramı (Menzies ve Kyle, 1990).....	47
Şekil 4.3: Volkanik kayaların SiO ₂ (wt%)'ye karşı La (ppm) ve Zr (ppm) diyagramları..	48
Şekil 4.4: Çalışma sahasında bulunan volkanik kayaların Y (ppm)- CaO (wt%) diyagramı (Lambert ve Holland, 1974).	49
Şekil 4.5: Hallaçlar volkanik kayalarının; a) Zr-Nb, b) Zr-TiO ₂ ve c) Zr-Y ikili diyagramları.....	50
Şekil 4.6: Çalışma sahası volkanik kayalarının Ta/Yb-Th/Yb diyagramına göre konumu (Pearce, 1983).....	51
Şekil 4.7: Nb/Y-Rb/Y diyagramı (Taylor ve McLennan; 1985).....	52
Şekil 4.8: Zr/Nb-Y/Nb diyagramı.	52
Şekil 4.9: TiO ₂ -K ₂ O-P ₂ O ₅ üçgen diyagramı (ÜK: Üst Kabuk, AK: Alt Kabuk) (Pearce ve Cann., 1973).	53
Şekil 4.10: Hallaçlar volkanik kayalarını Hf/3-Th-Ta üçgen diyagramındaki yeri. A: N-MORB, B: E-MORB, C: Plaka içi alkalin bazaltları, D: Volkanik yay bazaltları (Wood, 1980).	54
Şekil 4.11: Hallaçlar volkanitlerine ait Ti-Zr tektonik diyagramı (Pearce, 1982).	54
Şekil 4.12: Hallaçlar volkanitlerinin Nb-Nb/Th diyagramındaki yeri (İlksel manto Hoffmann, 1988, MORB+OIB ve yay volkanitleri Schmidberger ve Hegner, 1999' dan alınmıştır).	55
Şekil 4.13: Hallaçlar volkanik kayalarına ait Ce'ye karşı Ce/Pb diyagramı (İlksel manto Hoffmann, 1988, MORB+OIB ve yay volkanitleri Schmidberger ve Hegner, 1999' dan alınmıştır).	56
Şekil 4.14: İncelenen volkanik kayalarına ait La/Nb-Ba/Nb diyagramı (İlksel manto Sun ve McDonough, 1989; Kıtasal kabuk Taylor ve McLennan, 1985 ve Condie, 1993; Dupal-OAB, Jahn vd., 1999; Yay volkanitleri ve Arkeen granülitleri, Jahn ve Zhang, 1984).....	57
Şekil 4.15: İncelenen volkanik kayalarına ait La/Yb-Nb/La diyagramı (Jahn vd., 1999).	57
Şekil 4.16: İncelenen volkanik kayalarına ait Nb/Y-Th/Y diyagramı (Pearce, 1983).	58

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1: Hallaçlar volkanitinden (andezit) alınan örneklere ait ana (%) ve iz (ppm) element değerleri. LOI (loss on ignition) = ateşte kayıp	33
Tablo 3.2: Hallaçlar volkanitinden (andezit) alınan örneklere ait nadir toprak (ppm) element değerleri.	36

SEMBOL LİSTESİ

AFC	:Asimilasyon fraksiyonel kristallenme
DNTE	:Düşük nadir toprak elementler
YNTE	:Yüksek nadir toprak elementler
FC	:Fraksiyonel kristallenme (kristal ayrışması)
BiYLE	:Büyük İyon Yarıçaplı Litofil Elementler
MORB	:Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
N-MORB	:Normal type Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
OIB	:Okyanus Adası Bazaltı
REE	:Nadir toprak elementler

ÖNSÖZ

Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez hazırlama süresince beni yönlendiren sayın Prof. Dr. Zafer ASLAN'a

Tortul kayaçların incelenmesindeki yardımlarından dolayı Öğr.Gör. Dr. Cüneyt BİRCAN'a
Arazi çalışmasında ve tez yazım süresince bana destek olan eşim Jeo. Müh. Begüm KARAMAN'a

Maddi ve manevi olarak her zaman yanımda olan Babam Ali KARAMAN ve Annem Nazan KARAMAN'a

İngilizce kaynak çevirilerinde yardımcı olan ablam Nergiz KARAMAN'a ve bu tez çalışmasında bana ilham kaynağı olan kızım Duru KARAMAN'a teşekkür ederim.

Balıkesir, 2021

Onuralp KARAMAN

1. GİRİŞ

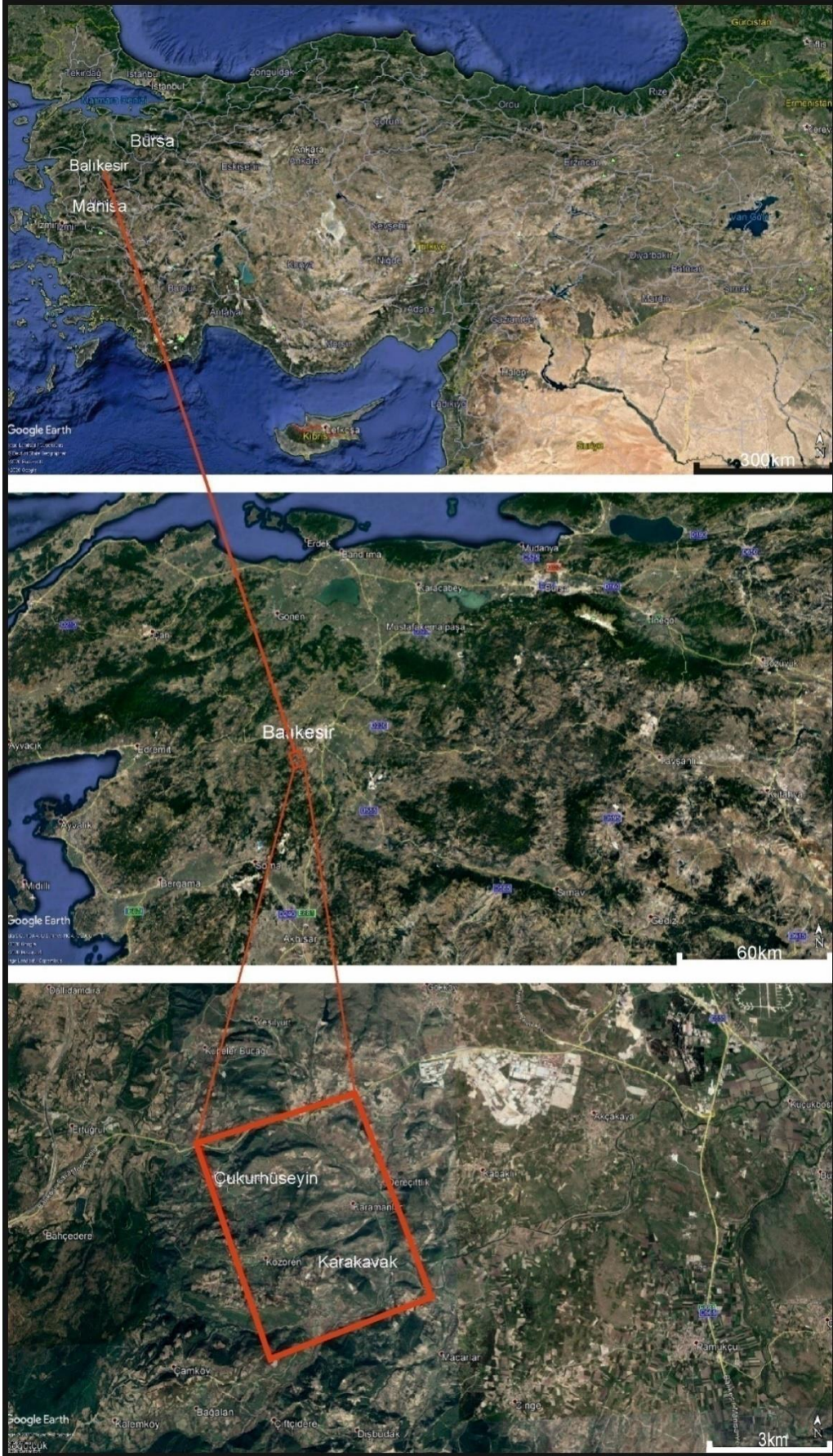
Bu çalışmada, Türkiye'nin kuzeybatısında İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağının kuzeyinde yer alan Biga Yarımadası'ndaki Batı Anadolu Oligo-Miyosen yaşlı Hallaçlar volkanitlerinin, petrografisi ve jeokimyası incelenerek kayaçların oluşumunda etkili olan petrolojik süreçler ortaya konmuştur. Çalışma alanı, Balıkesir ili, Altieylül ilçesine bağlı Karakavak-Çukurhüseyin mahalleleri ve çevresinde yaklaşık 25 km²'lik bir alanı kapsamaktadır.

1.1 İnceleme Alanı Coğrafi Konumu ve Özellikleri

Çalışma sahası 1/25000'lik İ19-c4 paftasında ve Güney Marmara Bölgesinde Balıkesir İli, Altieylül İlçesi Çukurhüseyin – Karakavak mahalleleri mevkiinde bulunmaktadır (Şekil 1.1). Çalışma sahasına ulaşım Balıkesir-Savaştepe devlet karayolundan sağlanmakta olup Balıkesir merkeze 19 km uzaklıkta bulunmaktadır.

Bölgede kırsal mahalleler yer almaktadır. Bunlar Çukurhüseyin, Dereçiftlik, Karamanlar, Kozören ve Karakavak mahalleleridir. Çalışma alanındaki başlıca yükseltiler Beşik Tepe (340m), Kuzguncuk Tepe (330 m), Karakavak Tepe (286 m), Kervankır Tepe (357 m), Kale Tepe (250 m), Yurt Tepe (261 m)'dir. Ayrıca çalışma sahasının K-KB yönünde bulunan en önemli akarsu kaynağı Ilıca Dere'dir.

Çalışma sahasında genellikle karasal iklim görülmektedir. Yarı kurak bir iklime sahip, kışları serin, yazları sıcaktır. Yıllık ortalama sıcaklık 14,5 °C'dir. Bölgede yıllık ortalama yağış miktarı 550,9 mm'dir. %32'si mera ve çayırılık olan Balıkesir'in arazisinin %23'ü ekime için uygundur. %15'i zeytinlik ve bahçeliktir. Edremit ve civarında 500 metre yükseltiye kadar zeytin ağaçları mevcuttur. Ege bölgesinde bulunan maki alanları genelde gözlenmez ve daha yüksek rakımlı alanlarda kara ve kızılbaş ormanları vardır (URL-1).



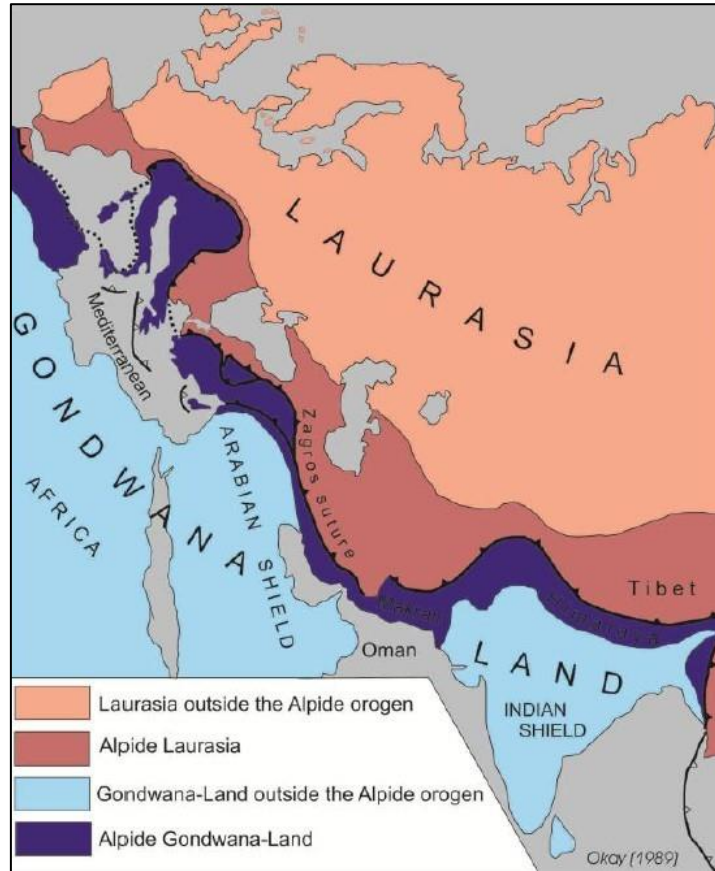
Şekil 1.1: Çalışma alanının yer bulduru haritası.

1.2 Genel Jeoloji

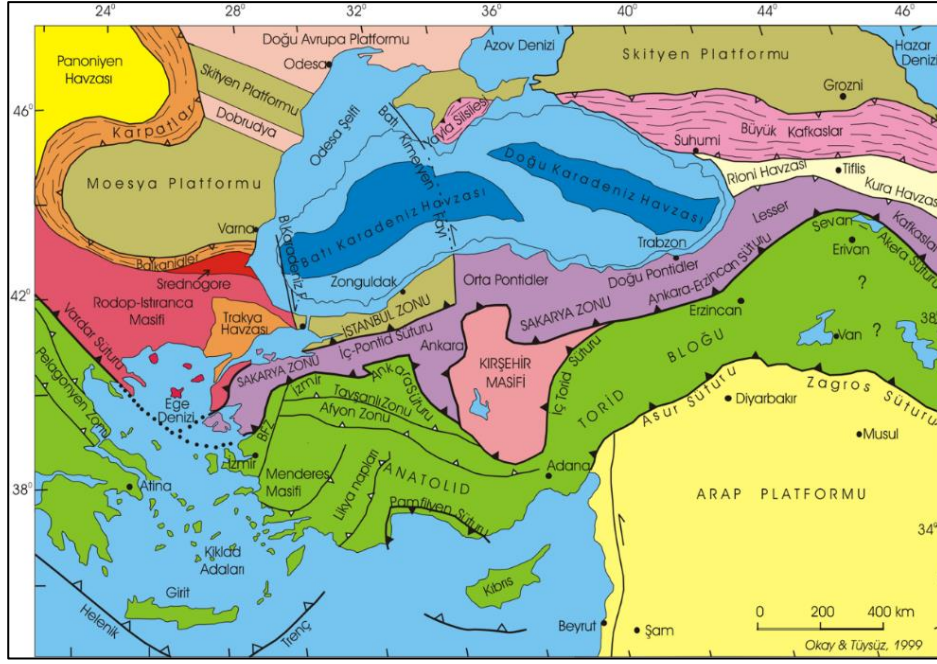
Türkiye’de orojenez olayları başlıca Alpin öncesi dönemde ve Alpin döneminde yani Kratese-Paleojen zaman aralığında tektonik olarak son şekillenmesi gerçekleşmiştir. Hindistan levhası Eosen döneminde Avrasya levhası ile kıta-kıta çarpmasıyla da devam eden Alpin-Himalaya orojenik sisteminin Doğu Akdeniz kesiminde yer almaktadır (Şengör ve Yılmaz 1983; Okay vd., 2008).

Güneyde Gondvana ve kuzeyde Lavrasya kıtaları arasında yer alan Türkiye (Şekil 1.2), Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı Tetis okyanusu olarak adlandırılan havzanın kapanmasıyla Kratese-Paleojen zaman aralığında bir araya gelmiş Alpin orojenezisi ile şekillenmiştir.

Türkiye 4 ana tektonik zona ayrılmıştır. Torid-Anatolid bloğu, Sakarya zonu, İntra-Pontid suture zonu ve Zagros suture zonu (Şekil 1.3), (Okay ve Tüysüz, 1999). Neo-Tetis okyanusunun Geç Kratese’de Sakarya kıtası altına doğru dalması ve tüketilmesi sonucu Anatolid-Tolid blokları Sakarya kıtası ile çarpışmışlar ve İzmir-Ankara-Erzincan suture zonunu oluşturmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz, 1989; Şengör vd., 1993).



Şekil 1.2: Gondvana ve Lavrasya kıtaları, Alpin orojenik sistemi (Okay, 1989).



Şekil 1.3: Türkiye'nin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz,1999).

Türkiye'nin kuzey kesiminde bulunan Sakarya zonu diğer tektonik zonlardan İzmir-Ankara-Erzincan kenet zonu ile ayrılmaktadır (Şengör, 1984). Pontidler 3 ana zona ayrılır; İstanbul zonu, Sakarya zonu ve Istranca masifidir (Okay, 1986). Sakarya zonu Biga Yarımadası'ndan Kafkaslara kadar uzanan uzunluğu 1500 km, genişliği 120 km olan bir alanı kapsar (Okay, 1989; Okay, 2000; Okay ve Tüysüz, 1999; Okay ve Göncüoğlu, 2004).

Çalışma sahasının da içinde bulunduğu Biga yarımadasında temel kayaları, Kazdağ metamorfitleri ve tektonik dokanaklı Kalabak grubu ile Karakaya kompleksi oluşturmaktadır. Bunlar Geç Triyas-Erken Kratese yaşlı birimler tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Sakarya zonunda Alpin öncesi tektonik olaylar Kazdağ metamorfitleri ve Kalabak gurubunu etkilemiştir (Duru vd., 2012). Kazdağ metamorfitleri Orta Karbonifer-Erken Triyas döneminde yüksek dereceli metamorfizma geçirmiş ve Erken Triyas'tan önce tektonik olarak istiflenmiştir. Kazdağ metamorfitlerinde ilk ayrıntılı çalışma Bingöl (1968, 1969) tarafından yapılmıştır. Kazdağ formasyonu olarak adlandırılan metamorfik kayalar amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir ve bu metamorfik kayalar alttan üste doğru migmatit, gnays, mermer, amfibolit ve metadunit-serpantinit kayalardan meydana gelmektedir (Gözler vd., 1984). Kazdağ metamorfitleri en son Oligo-Miyosen zamanlarında düşük dereceli metamorfizmaya uğramıştır (Bingöl, 1968, 1969; Okay ve Satır, 2000). Birim en altta Fındıklı formasyonu ile başlar, devamında ise Tozlu formasyonu, Sarıkız mermeri ve Sutüven formasyonu olmak üzere 4 birimden oluşur. (Bingöl vd., 1973; Duru vd., 2004).

Kalabak grubu düşük dereceli metamorfik kayalardan oluşmaktadır (Krushensky ve diğ.,1980). Tabanda düşük metamorfizmadan etkilenmiş epiklastik kökenli birimler, üst kesimlere doğru ise piroklastik seviyeler bulunmaktadır. Üst Paleozoyik yaşlı Kalabak grubu epiklastik Torasan formasyonu ve piroklastik Sazak formasyonu olarak ikiye ayrılmıştır. İki formasyon arası geçişler yanalda ve dikeyde gözlenmektedir. Torasan formasyonunu kesen metagranitik kayalar Çamlık metagranadioriti olarak adlandırılmıştır. İstifte alttan üste doğru granitik gnays, metaperidotit, fillat-mikaşist, rekristalize kireçtaşı mermer aralanması, metaçört-likid aralanmalı serisit-klorit şist, glokofanlı şist ve rekristalize kireçtaşı-metabazit geçişleri bulunmaktadır (Duru vd., 2012).

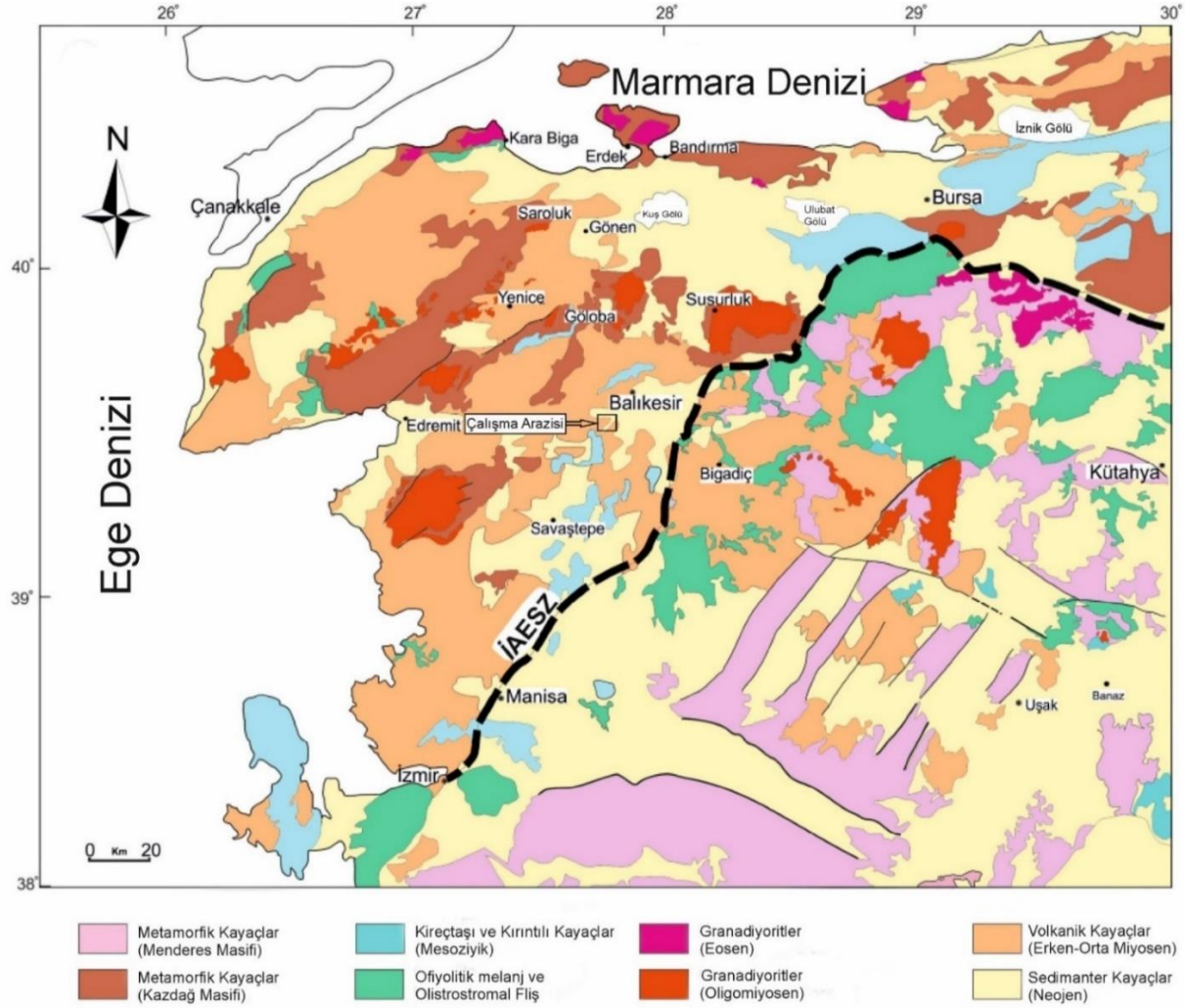
Karakaya kompleksi, ilk olarak Karakaya formasyonu olarak Biga Yarımadası'nda isimlendirilmiş ve hafif metamorfizma geçirmiş Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları, Erken Triyas yaşlı feldispatlı kumtaşı, çakıltası, kuvarsit, sleyt, çamurtaşı, silttaşı, metaspilit, metaspilitik bazalt, radyolarit ve diyabaz karmaşığı birimleri tanımlanmıştır (Bingöl vd., 1973). Karakaya kompleksi içerisinde yer alan formasyonlar yer yer sedimanter dokanaklı ve bu dokanaklarda gelişen deformasyonlarla birlikte tektonik dokanak olarak görülmektedir (Duru vd., 2012). Karakaya formasyonunun birimleri, beyaz renkli arkozik kumtaşı-kiltası aralanmalı arkozik kumtaşları, bölgesel geçişli çört mercekli kahve-boz renkli Orhanlar grovakı, yeşil renkli bazaltik kayalar ve piroklastikleri Mehmetalan formasyonu ve en üstte yer alan kireçtaşları ise Camialan kireçtaşları olarak tanımlanmıştır. Bu litolojiler dışında iç içe karmaşık halde ayırtlanamayan kesimlere ayrılmamış Karakaya kompleksi ismi verilmiştir (Duru vd., 2012).

Bölgede İzmir-Ankara zonu içerisinde kalan Geç Kratese-Paleosen yaşlı Yayla melanji ve kireçtaşı bloklu flişten oluşan Bornova flişi bulunmaktadır (Duru vd., 2012). Biga Yarımadası'nda sınırlı alan içerisinde kalan Geç Kratese-Paleosen yaşlı kumtaşı-kiltası matriksli ve içerisinde neritik kireçtaşı, spilitik bazalt ve serpantin blokları içeren birim Bornova filizi olarak isimlendirilmiştir (Konuk, 1977; Okay ve Siyako 1993). Biga Yarımadası güneydoğusunda KD-GB doğrultulu olarak yüzeylenmektedir (Duru vd., 2012). Bornova filizi matriksi kumtaşı-şeyl ve çamurtaşı aralanmasından oluşur. Yanalda ve düşeyde radyolaritli fasiyeslerle geçiş gösterir (Helvacı vd., 2013). Ofiyolitik karmaşığın en alt seviyesinde ise kumtaşı-şeyl-radyolarit-çört ve karbonat aralanması görülür (Helvacı vd., 2013). Bornova filizi üstte Yayla melanji ile tektonik dokanaklı olup Oligo-Miyosen yaşlı volkona-sedimanter birimler tarafından örtülmektedir (Duru vd., 2012). Bornova filizi içerisinde yer yer görülen pelajik kireçtaşları, çamurtaşı-radyolarit seviyeleri havza ortamını,

kumtaşı-kiltaşı ardalanması birimin türbitik fasiyesi çökellerini göstermekte ve değişik boyutlardaki kireçtaşı-ofiyolitik kayaç blokları Bornova filişinin kapanmakta olan bir okyanusta hendek ortamını temsil etmektedir (Duru vd., 2012).

Yayla melanji bazı araştırmacılar tarafından Bornova filışı ile de tektonik dokanaklı olması ve filişin içerisinde de yer yer bloklar halinde görülmesi nedeniyle Bornova filışı ile birlikte tanımlanmışlardır (Ergül vd., 1980; Okay ve Siyako, 1993). Birim, Yayla melanji olarak Ergül vd., (1980) tarafından isimlendirilmiştir. Yayla melanji alacalı, değişik litolojilerinin birbiriyle tektonik dokanaklı, farklı boyutlarda açık ve koyu yeşil renkte, ileri derece makaslama zonları mevcut serpantinleşmiş ultramafit, serpantinitle, koyu renkli ileri derece makaslama zonlarına ve yer yer boşluklu yapıya sahip spilitik bazalt, yer yer tabakalı kahvemsi-sarımsı ve kırmızımsı renkte ileri derece makaslama zonları görülen aglomera, tuf, gabro, rekristalize kireçtaşı, radyolarit-çamurtaşı, kiltaşı-kumtaşı, şist gibi kayaçlardan oluşmaktadır. Birim, tektonik olarak Bornova filışı üzerinde bulunmakta ve Oligo-Miyosen yaşlı volkanik birimler tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Ercan vd., 1990; Duru vd., 2012)

Biga Yarımadası'nda Tersiyer öncesi birimler temel kayaçlar olarak kabul edilmiştir (Bingöl vd., 1968; Genç vd., 2012). Tersiyer dönemi Alt-Orta Eosen zamanında volkanikler ve karasal çökellerle başlayıp, ortamın derinleşmesiyle birlikte denizel ortamı kırıntılı çökelleri, volkanoklastikler, türbiditler ile birlikte ardalanmalı volkanik kayaçlar egemen haline gelir (Ercan vd., 1990; Dönmez vd., 2005) (Şekil 1.4). Biga Yarımadası'nın Genelleştirilmiş Dikme Kesiti de Şekil 1.5 de verilmiştir.



Şekil 1.4: Biga Yarımadası genel jeoloji haritası (Yılmaz vd., 2000; Okay ve Satır, 2006'dan değiştirilerek alınmıştır).

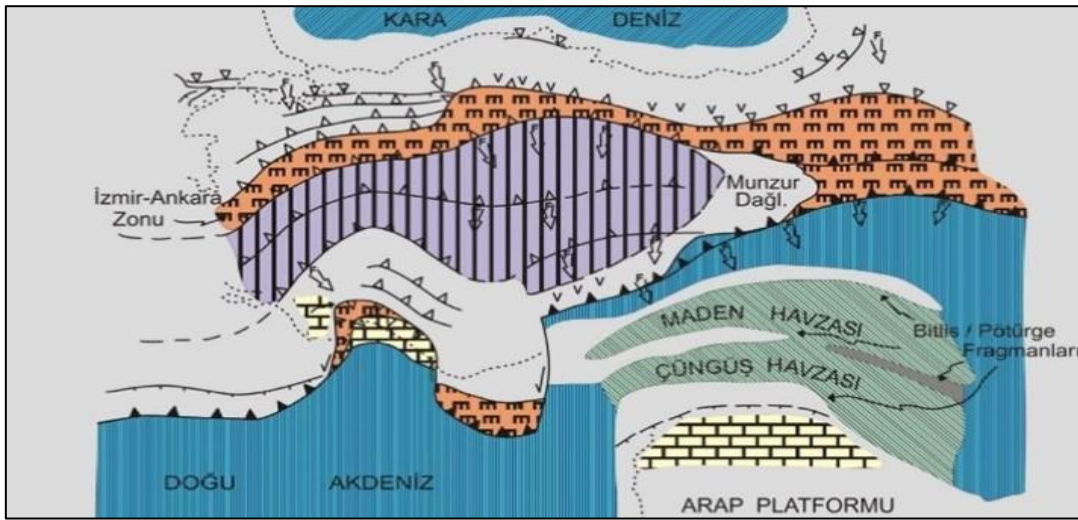
ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	ÜYE	SEMBOLO	KAYAC TIPI	AÇIKLAMALAR		
S E N O Z O Y İ K	KUVATERNER	PLİVOSEN	Bayramiç		Qal	Alüvyon			
			Gülpınar		Tplb	Çakıtaşı, kumtaşı, çamurtaşı			
	M İ Y O S E N	ORTA	Çanaklıta	Taştepe bazaltı		Tgtü	Fosilli-killi kireçtaşı		
				Tekkedere		Tmt	Bazalt ve bazaltik piroklastikler		
				İntepe		Tmçt	Kireçtaşı, marn		
				Güzelyalı		Tmçg	(Gelgit ortamı karbonatları)		
				Sarıyar		Tms	Çamurtaşı, marn, sittaşı, kumtaşı		
		ALY	Andezitik Volkanikler	Küçükkuşu			Tmi	(Gelgit düzlüğü ve kanal çökelleri)	
							Tms	Çakıtaşı, kumtaşı, çamurtaşı	
							Tmi		
							Tmso	Çakıtaşı, kumtaşı, kireçtaşı, çamurtaşı, marn, tuf	
							Tmç	(Gösel kıyıyüzü, plaj, ağız barı tipi delta, ve akarsu)	
	O L I G O S E N	ORTA	Orta Miyosen Volkanikleri	Soma		Tmso	Kumtaşı, kireçtaşı, çamurtaşı, bitümlü şeyl, kömür, volkanoklastik kayalar		
				Çan		Tmç	Vitrik-kristal-litik tuf, andezitik-riyolitik-dasitik lavlar ve piroklastikler		
				Ankılı					
						Tmk	Çakıtaşı, kumtaşı, kireçtaşı, bitümlü şeyl, çamurtaşı ve tuf		
							(derin göl türbiditik çökeller)		
		ALY	Andezitik Volkanikler	Küçükkuşu			Tmk	Çakıtaşı, kumtaşı, kireçtaşı, bitümlü şeyl, çamurtaşı ve tuf	
	T E R S İ Y E R	OLIGOSEN	Biga Yarımadası Grantitoidleri	Hallaçlar		Toh	Andezitik, bazaltik-riyolitik-dasitik lavlar ve piroklastikler		
				Bağburun		Tobg			
				Saraycık		Tob			
				Yeniköy		Tos			
				Atikhisar		Toa			
		E O S E N	ORTA	Ceylan Dededag Volkanikleri	Endag Volkanikleri		Teer	Bazaltik lavlar ve bazaltik piroklastikler	
Beybaşı						Tebe	Kumtaşı, kiltası, resifal kireçtaşı		
						Ted	Yeşil renkli tuf		
						Tedka	Denizel ignimbiritler		
						Tedk	andezit, dasit		
E O S E N	ORTA	Ceylan Dededag Volkanikleri			Tedh	Kumtaşı-kiltası ardalanması			
					Tec	(derin deniz türbiditik çökelleri)			
					Tes	Resifal kireçtaşı			
					Teş	Bazaltik lavlar ve piroklastikler, volkanoklastik ve bazaltik dayklar			
					Tef	Çakıtaşı, kumtaşı, çamurtaşı,			
					Teb	(Gilbert, kıyıyüzü ve ağız barı delta çökelleri)			
					Tee	Andezitik lavlar ve piroklastikler			
MESOZOYİK PALEOZOYİK			Edincik Volkanikleri		Tee	Andezitik lavlar ve piroklastikler			
			Temel Kayaçlar			Tersiyer öncesi temel kayalar			

Şekil 1.5: Biga Yarımadası genelleştirilmiş dikme kesiti (Dönmez vd., 2005).

Krushensky (1976) tarafından Biga Yarımadası Tersiyer dönemi magmatik ve volkanitleri petrolojik ve jeokronolojik çalışmalar yaparak bölgenin oluşumu ile ilgili okyanus kabuğunun tüketilmesi sonucu kısmi ergimesi ile oluştuklarını açıklamıştır.

Bölgede ilk volkanik aktivite andezitik-dasitik kayalarla oluşmuş ve devamında yer yer bozmuş lavlar, tüfler aglomeralar görülmüştür (Ercan vd., 1984). Biga Yarımadası Tersiyer dönemi volkanitleri oluşum yönü açısından kalkalkalen ve yüksek potasyumlu bazalttan trakidasit-dasite kadar değişkenlik gösterirler. Volkanik kayaların element ve iz element ilişkileri dalma-batma olayı ile ilgili magmatizma sonucu oluştuğunu göstermektedir (Genç vd., 2012). Üst Miyosen dönemi volkanitleri ise okyanus adası bazaltlarına benzer jeokimyasal içeriğe sahiptir. Eosen-Orta Miyosen volkanizması, izotop (Sr ve Nd) içeriklerine göre zenginleşmiş litosferik manto kaynağında oluşmuş ve kıta kabuğunda kirlenme göstermiştir (Genç vd., 2012).

Biga Yarımadası'nda geniş yayılım gösteren Tersiyer dönemi kayaları, Orta Eosen yaşlı granadioritlerle ve volkanitlerle başlar (Dönmez vd., 2005; Genç vd., 2012) (Şekil 1.6).



Şekil 1.6: Erken-Orta Eosen döneminde Türkiye tektoniği (Şengör ve Yılmaz 1981).

Andezitik, dasitik lav ve piroklastiklerden ibaret Edincik ve Beyçayır volkanitleri, bölgenin en yaşlı volkanizma ürünü olup temel kayalar olarak kabul edilen Tersiyer öncesi birimler üzerine uyumsuzluk ile gelmiştir. (Dönmez vd., 2005; Genç vd., 2012). Bölgenin karasal ortamdaki sığ denizel ortama dönmesiyle birlikte kıyı tipi çökellerini oluşturan yer yer kömür geçişli çakıltaşı, kumtaşı ve şeylden oluşan ve Druit'in (1961) Fıçitepe birimi, Sümengen ve Terlemez (1991)'in Fıçitepe formasyonu olarak tanımladığı formasyon, Orta Eosen yaşlı Edincik ve Beyçayır volkanitlerini uyumsuz olarak örtmüştür (Dönmez vd., 2005; Genç vd.,

2012; Ilgar vd., 2012). Bazaltik-andezitik geçişli volkanoklastiklerden oluşan ve Dönmez vd., (2005) tarafından isimlendirilen Şahinli formasyonu, Fıçitepe formasyonunu uyumsuz olarak üzerlemiştir (Dönmez vd., 2005; Genç vd., 2012; Ilgar vd., 2012). Şahinli formasyonu ise, Ünal (1967) tarafından Orta-Geç Eosen yaşlı Soğucak formasyonu olarak isimlendirdiği fosilli kireçtaşları-kumlu çakıllı kireçtaşlarıyla geçişli kumtaşlarından ve bunlarla ardalanmalı volkanik çökelli formasyonu uyumsuz olarak örter. (Dönmez vd., 2005; Genç vd., 2012; Ilgar vd., 2012).

Geç Eosen'de ortamın derinleşmeye devam etmesi ile kumtaşı-kiltaşı geçişleri ile kırıntılı kireçtaşı, yeşil renkli tuf ve yer yer çakıltaşından oluşan türbiditik kayalar çökelmiş ve buna eş zamanlı olarak Dönmez ve diğerlerinin (2005) tanımladığı, andezitik, riyoitik lav ignimbiritlerin yoğun olduğu piroklastiklerden oluşan Dededağ volkaniti oluşmuştur (Dönmez vd., 2005; Genç vd., 2012; Ilgar vd., 2012).

Kazmalı tuf, Korudere ignimbirit ve Hacıbekirler üyesi olarak üçe ayrılan Dededağ volkanitleri, Geç Eosen yaşlı Beybaşı formasyonu tarafından üzerlenmiştir. Beybaşı formasyonuna ait kireçtaşları ise Geç Eosen zamanında bazaltik andezitik lav ve piroklastikler tarafından keskin bir dokanakla örtülmüştür. (Dönmez vd., 2005; Genç vd., 2012; Ilgar vd., 2012).

Oligosen döneminde Biga Yarımadasında andezitik, bazaltik, dasitik, riyoitik türde volkanik aktivite devam etmiştir. Bileşimi asidik olan gri, pembe, beyaz renkli, akma yapısı gösteren Atikhisar, yeşilimsi, gri renkli yoğun olarak amfibol ve piroksen mineralleri bulunduran andezitik lav Yeniköy volkanitleri Erken Oligosen zamanında oluşmuştur. Gri, siyah renkli andezitik ve bazaltik birimler Erken?-Geç Oligosen yaşlı Saraycık volkanitidir. Dönmez vd., (2005) tarafından isimlendirilen bu üç volkanik birim K/Ar yöntemiyle radyometrik olarak yapılan yaşlandırmaya göre sırasıyla 32,3 milyon, 31,8 milyon ve 29,3-32,8 milyon yıl olarak bulunmuştur (Dönmez vd., 2005; Genç vd., 2012). Geç Oligosen yaşlı Bağburun formasyonu ise andezitik lavlar, ignimbiritler ve aglomeradan oluşur (Krushensky, 1976). Yapılan K/Ar yaşlandırma yöntemi birimin yaşı 24,8 My olarak tespit edilmiştir (Genç vd., 2012).

Tez konusu olan Hallaçlar volkaniti genelde altere andezit, bazaltik andezitik, yer yer de riyoitik lav ve piroklastiklerden oluşmaktadır (Dönmez vd., 2005). Biga Yarımadası'nda (KB Anadolu) cevher yatakları da içeren Hallaçlar volkaniti Geç Oligosen'den Erken Miyosen'e kadar etkinliğini göstermiştir. Krushensky (1976) tarafından yapılan K/Ar

yaşlandırma yöntemi ile 23,6 milyon yıl, Genç vd., (2012)'nin çalışmasında 26,5 milyon yıl bulunmuştur.

Biga Yarımadası'nda Oligosen-Erken Miyosen zaman aralığında granitik sokulumlar da yerleşmiştir. Bölge Erken Miyosen döneminden itibaren yoğun volkanik aktiviteye başlamış ve bununla birlikte bölgede birbiriyle bağlantılı ya da kopuk olarak çok sayıda gölsel havza oluşmuştur. Andezitik-asidik Behramkale volkaniti ve gölsel çökellerden oluşan Yürekli dasitini, bazaltik bileşimli Hüseyinfakılı volkaniti, Arıklı ignimbiriti, Ayvacık volkaniti, riyolitik-dasitik volkanitler ile geçişli Orta Miyosen yaşlı gölsel çökelleri ve Orta Miyosenin son ürünü olan Çamkabalak ignimbiriti tarafından örtülmüştür (Duru vd., 2005; Genç vd., 2012). Lav, tüf ve ignimbiritler yer yer gölsel havzalarında doldurarak tamamen kurutmuşlardır (Duru vd., 2005; Genç vd., 2012). Üst Miyosen'de Çanakkale Boğazı ve çevresi sığ denizel hale gelmiş, çakıltası, kumtaşı, silttaşı, marn, kalkarenit ve oolitik kireçtaşlarından oluşan Çanakkale formasyonu Eosen ve Oligosen volkanitlerini uyumsuz olarak örtmüştür (Dönmez vd., 2005; Ilgar vd., 2012; Genç vd., 2012). Üst Miyosen yaşlı, Siyako vd. (1989)'nin tanımladığı alkali olivin bazaltik lav ve piroklastiklerden oluşan Taştepe bazaltı ile volkanik aktivite sona ermiştir (Dönmez vd., 2005; Genç vd., 2012).

1.3 Önceki Çalışmalar

Biga Yarımadası'nda çeşitli araştırmacılar tarafından farklı amaçlarla birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Tersiyer döneminden itibaren bölgede hakim olan magmatizma ve volkanizma etkisi ile oluşmuş maden yatakları günümüz birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir Biga Yarımadası ve çevresini konu alan bazı araştırmalar aşağıda özetlenmiştir.

Krushensky (1976), Biga Yarımadası'nda volkanik ve magmatik kayalarda çalışma yapmıştır. Volkanik kayaların riyodasit, magmatik kayaların ise kuvarsmonzonit ve granodiyorit türünde olduğunu ve her iki türünde kalkalkalen karakterde olduğunu belirtmiştir. Bölgedeki Hallaçlar volkanitine ait biyotit minerallerinden yaptığı jeokronolojik çalışmada söz konusu kayaların yaşının 23,6 My olduğunu tespit etmiştir.

Şengör ve Yılmaz (1981), Eosen dönemi sonlarında Pontidler ile Sakarya kıtası arasında okyanusal tabanın yitimi ve iki kıtanın çarpışmasıyla ilk olarak Paleosen-Eosen yaşlı yay volkanizması ve devamında Batı Anadolu bölgesinde Miyosen yaşlı volkanizma meydana geldiğini belirtmişlerdir. Kalınlaşan kıta kabuğunun derin kesimlerinde kısmi ergimelerle oluşan kalkalkalen karakterli asidik volkanizma kırık sistemlerden yüzeye çıktığını ve

gençleştikçe bölgenin alkali özelliğinin artarak Miyosen'den Kuvaterner'e doğru bazaltik volkanizmaya döndüğünü açıklamışlardır.

Akyürek ve Soysal (1981), Biga Yarımadası güney kesimlerinin, önceki çalışmalarında gözden geçirilerek tekrar temel jeolojik özellikleri değerlendirilmiştir. Yöredeki Tersiyer volkanik kayalar ve tortulların yayılımları ile stratigrafisini ortaya çıkarmışlardır. Balıca formasyonunun her zaman için Soma formasyonunun tabanını oluşturmadığını, Soma formasyonu içerisinde düzeyler oluşturan akarsu çökelleri olduğunu belirlemişlerdir. Üst Kratese-Eosen yaşlı Kozak granodiyoritlerinin bölgedeki Çavdartepe formasyonunu ile Kınık formasyonunu keserek kontak metamorfizmaya uğrattığını ve Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları dokanağında kontak metasomatik manyetit cevherleşmesini bulmuşlardır. Yürekli dasitinin Kozak granodiyoritinden sonraki magmatik aktivitenin ürünü olduğunu açıklamışlardır. Bölgenin cevherleşmesiyle ilgili olarak, Kozak granodiyoriti ve Yürekli dasitine bağlı demir, kurşun, çinko ve antimon yataklarının oluştuğu yorumunu yapmışlardır.

Ercan vd., (1984), Biga Yarımadası'nda Balıkesir ili çevresinde bulunan Tersiyer yaşına sahip magmatik ve tortul kayaların stratigrafisinde çalışma yapmış ve bu bölgede ki volkanitlerin kökensel oluşum yorumlarını yapmıştır. Bağburun volkanitlerinin yitim zonu ürünü olduğunu ve yay volkanitleri grubuna ait olduğunu açıklamışlardır. Bunlardan daha genç yaşta Hallaçlar ve Dedetepe volkanitlerinin kıta kabuğu ergimesiyle gelişen kıta içi volkanitler grubuna ait olduklarını ve üç evrenin de kalkalkalen özelliği taşıdığını açıklamışlardır.

Ercan vd., (1985), Batı Anadolu'da Balıkesir, Çanakkale, Manisa, İzmir, Denizli ve Aydın bölgelerinde Eosen dönemine ait formasyonda, jeokimyasal ve izotop çalışma ile volkanik kayaların oluşumu, kökeni, bölümsel ergime, kabuk-manto ilişkisi ve yaşları tayin edilmiştir. Yapılan radyometrik yaşlandırma sonucu en genç birimin Kula bazaltları 25000 ± 6000 , en yaşlı birimin Alibey volkanitleri $31,4 \pm 0,4$ My olarak bulmuştur.

Siyako vd., (1989), Biga ve Gelibolu yarımadalarındaki Tersiyer dönemi kayaların yükselme ve aşınma olaylarını dört zaman aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Bu zaman aralıklarını Maestrihtiyen-Erken Eosen, Orta Eosen- Oligosen, Miyosen ve Pliyo-Kuvaternen olarak açıklamışlardır. Belirledikleri dönemlerde bölgede oluşum gösteren çökelim olaylarını ve Erken-Orta Miyosen yaşlı volkanik-magmatik kayaların yaş tayinlerini yapıp 25 My olarak bulmuşlardır. Gelibolu Yarımadası, Istranca-Radop masifini

Sakarya zonundan ayıran Paleosen-Erken Eosen yaşta pontid içi kenedi üzerinde yer aldığını ve bu iki bloğun Erken Eosen’de çarpışıp yükselip kısmen aşındığı sonucuna varmışlardır. Erken Miyosen döneminde Kuzey Anadolu Fayı’nın faaliyete başlaması ile birlikte bölgede KD-GB yönlü sağ yanal atımlı fayların oluştuğunu tespit etmişlerdir.

Ercan vd., (1990), Tersiyer öncesini ve Tersiyer dönemi volkanizmasını Kuzey Batı Anadolu’da ki yayılımını Balıkesir-Bandırma arasında kalan bölgede incelemiştir. Miyosen yaşlı volkanik kayalara petrokimyasal çalışmalar yapıp, bu birimlerin kalkalkalin özellikli ve kabuksal kökenli olduğunu açıklamıştır.

Ercan vd., (1995), Kuzey Batı Anadolu’da Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan adalarında ki Eosen-Üst Miyosen dönemi volkanizmasını petrografik, jeokimyasal, K/Ar radyometrik yaş tayini, stronsiyum-neodmiyum izotop oranlarını çalışmıştır. Eosen-Orta Miyosen volkanizmasının kalkalkalin, Üst Miyosen volkanizmasının alkalin nitelikli olduğunu ve kalkalkalin özellikli volkanizmasının kabuksal kirlenmeye maruz kaldığını, alkalin özellikli volkanizmanın ise hetorejen manto malzemesinin kısmi ergime ile meydana geldiğini açıklamıştır. Ayrıca bölgede sıkışmalı rejimde gözlenen kalkalkalin volkanizmasını ve gerilme rejimi ile etkisinde ise alkalin volkanizmanın oluştuğunu belirtmiştir.

Okay vd., (1996), Biga Yarımadası’nda bulunan Karakaya kompleksinin temelinde metamorfik kayalar olduğunu ve Ezine çevresinden alınan örneklerle yapılan ^{40}Ar - ^{39}Ar yaş tayini yöntemi ile de ofiyolitlerin yerleşme yaşının Erken Kratese olabileceğini belirtmiştir.

Okay ve Tüysüz (1999), Türkiye’nin kuzey kesiminde yer alan iki ana Tetis sutürünü incelemiştir. Bunları İzmir-Ankara-Erzincan sutürü ve pontid içi sutürleri olarak ifade etmişlerdir. Bu iki sutürün Erken Tersiyer döneminde Tetis okyanusal litosferinin kuzeye dalması ve kıtaların çarpışmasıyla oluştuğunu açıklamışlardır. Geç Miyosen döneminde ortaya çıkan Kuzey Anadolu Fay hattının daha eski intrapontid sutür zonunu takip ettiğini belirtmişlerdir.

Aldanmaz vd., (2000), Biga Yarımadası Geç Senozoyik volkanik ürünlerini yaş, iz ve ana elementleri olarak iki ayrı grupta incelemiştir. Bunları Erken-Orta Miyosen dönemi $21,3 \pm 15,2$ My Yaşındaki şoşonitik kalkalkali kayalar ve Geç Miyosen dönemi $11,4 \pm 8,3$ My yaşındaki alkali kayaları olarak ifade etmişlerdir. Erken-Orta Miyosen şoşonitik alkali ve kalkalkali kayaların bazaltlardan riyolitlere kadar geniş bir aralıkta olduklarını bu kayaların magma kaynağı tarafından çarpışma öncesi yitim zonunda zenginleştirildiğini belirtmişlerdir.

Dönmez vd., (2005), Biga Yarımadası'nda yapılan çalışmada, bölgede daha önce ayırt edilmemiş, formasyon olarak tanımlanan Eosen yaşlı volkanik kayaları stratigrafik ve litolojik özelliklerine göre kendi içerisinde beş ayrı formasyona ayırtılarak haritalandırmışlardır. Bu birimler Edincik volkaniti, Beyçayır volkaniti, Şahinli formasyonu Dededağ volkaniti ve Erdağ volkanitleridir. Çanakkale ili çevresinde Eosen yaşlı asidik-ortaç bileşimli volkanik aktiviteye bağlı denizel ortamda depolanmış ignimbritleri tespit etmişler ve oluşum yoluyla ilgili teoride bulunmuşlardır. Önceki çalışmalarda Oligosen dönemi piroklastiklerin büyük bir kısmının Eosen dönemine ait olduğu ve bunların denizel ortamda oluştuklarını tespit etmişlerdir.

Genç ve Altunkaynak (2007), Geç Kratese-Erken tersiyer döneminde Torid-Anatolid platformunun çarpışmasıyla başlayan volkanizma Biga Yarımadası'nda da yaygın bir magmatik yayılıma sebep olduğunu ve bu bölgede yüzeyleyen Eybekgranitide bu zaman diliminde kabuktan en fazla 1,5 km de sığ derinlikte epüzonal bir sub-volkanik plüton olarak açıklamışlardır. Geç Oligosen-Erken miyosen zaman aralığında 26-21 My yaşında olarak oluştuğunu tespit etmişlerdir. Eybek granitinin orta-yüksek K içerikli kalkalkalen tipte ve I-tipi granitlere benzediğini belirtmişlerdir. Biga Yarımadası'nın diğer plütonik kayalarında olduğu gibi Eybek granitide geniş iyon yarıçaplı (LIL) elementlerinde belirgin bir zenginleşme gözlendiğini ve Nb, Ta, P ve Ti elementleri bakımından fakirleşme gözlendiğini ileri sürmüşlerdir.

Altunkaynak ve Genç (2008), Biga Yarımadası magmatizması Sakarya kıtası ile İzmir-Ankara-Erzincan zonunun çarpışması sonucu başladığını ve Orta Eosen döneminden Geç Miyosen'e kadar sürdüğünü belirtmişlerdir. Bölgede oluşan magmanın yüksek-K'lu kalkalkalen türde ve şoşonitik özellikte olduğunu açıklamışlardır. Senozoyik dönemi volkanizmasını ise beş farklı zamana ayırmışlardır. Beş farklı zamana ayırdıkları volkanizmayı; Orta Eosen yaşlı orta-K'lu volkanitler, Oligosen yaşlı yüksek-K'lu volkanitler, Erken Miyosen yaşlı yüksek-K'lu şoşonitik volkanitler, Orta Miyosen yaşlı alkalen volkanitler ve Genç Miyosen yaşlı alkalen volkanitler şeklinde sıralamışlardır.

Karacık vd., (2008), Marmara bölgesinin güneyinde kalan granitik plütonların jeokimyası ve oluşum yollarını incelemişlerdir. Bölgedeki granitik plütonların Geç Kratese – Miyosen zaman aralığında yerleştiğini belirtmişler ve iki gruba ayırmışlardır. Kuzeyde Eosen dönemi granadioritik kayalar, güneyde ise Miyosen dönemi granadioritler bulunduğunu ve

kalkalkali özellikte yüksek-orta K'lu olduklarını açıklamışlardır. Yapılan çalışmalar sonucu granadiyoritik kayaların çarpışma sonrası dilim kopması teorisini ileri sürmüşlerdir.

Dönmez vd., (2008), Hallaçlar volkanitinin, Geç Oligosen'de etkin olmaya başladığı ve Batı Anadolu'daki cevher yatakları ile ilişkili bu volkanizmanın $26,5 \pm 1.1$ My jeokronolojik yaşa sahip olduğuna ulaşmışlardır. Bu volkanizmanın Geç Oligosen'den Erken Miyosen'e kadar etkinliğini sürdürdüğünü belirtmektedirler.

Duru vd., (2012), MTA ve İTÜ tarafından ortaklaşa yürütülen bu çalışmada, Biga Yarımadası'nda ki Tersiyer öncesi kayaların stratigrafisi ve yapısal jeolojisi bilimsel yeni gelişmelerle birlikte yeniden değerlendirilerek çözüm ve yorumlama yapmışlardır. Proje dahilindeki diğer çalışmalarda baz alınarak bölgenin 1:100.000 ölçekli jeoloji haritalarını hazırlamışlardır. Bölgedeki Tersiyer öncesi kayaların, doğudan batıya doğru İzmir-Ankara zonu, Sakarya zonu, Çetmi melanji ve Ezine zonu olarak adlandırılan KD-GB uzanımlı tektonik zonlar içerisinde yüzelediğini saptamışlardır. Karakaya kompleksi içerisinde birbiriyle ardalanmalı ve çoğunlukla tektonik dokanıklı farklı birimleri tanımlamışlar ve haritalandırmışlardır. Sakarya zonunun temelini oluşturan birimler üzerine transgresyonla çökelen örtü birimleri formasyonlara ayırmışlardır.

Genç vd., (2012), Bu çalışma MTA ve İTÜ ortaklığı ile "Biga Yarımadası'nın ekonomik ve çevre jeolojisi" projesi kapsamında hazırlanmıştır. Bölgede ki volkanizma ürünlerinin 1:10.000 ölçekli jeolojik haritalarının hazırlanması, petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik özelliklerinin saptanmasını sağlamışlardır. Tek formasyon altında toplanan Eosen volkanitlerini, stratigrafik ve litolojik özelliklerine göre beş ayrı formasyona ayırmışlardır. Biga Yarımadası'nda ilk kez denizel ortamda çökelmiş ignimbiritlerin varlığını tespit etmişlerdir. Bölgedeki cevherleşmelerin yan kayalarının, sadece Oligosen yaşlı altere volkanitlerden değil, bazı kısımlarının Eosen yaşlı denizel ortamda çökelmiş ignimbiritler olduğunu açıklamışlardır.

Aslan vd., (2017), Biga Yarımadası'ndaki Balıkesir ili çevresinde Erken Miyosen dönemine ait andezitik bileşimli olan Şapçı volkanitlerinin jeokimyasal analizlerini yapmışlar ve oluşum modelini incelemişlerdir. Şapçı volkanitinden aldıkları örneklerde U-Pb zirkon yaşlandırması sonucunda, kristallenme yaşının $22,72 \pm 18,72$ My yaş aralığında Erken Miyosen'e ait olduğu sonucuna varmışlardır. Jeokimyasal analizler sonucunda da yüksek K'lu kalkalkali karakterde kıta içi litosferde üretilen magmatizmadan oluştuğunu ve Torid-

Anatolid bloğu ile Sakarya kıtasının çarpışma sonrası dilim kopması jeodinamik modeliyle alakalı olabileceğini açıklamışlardır.

Aslan vd., (2020), Biga Yarımadası'ndaki iki farklı bölgede plütonik oluşumları incelemişlerdir. Bunlar Globa plütonu ve şaroluk plütonudur. Globa plütonu kuvarsmonzonit, granit ve granodiyoritten, şaroluk plütonu ise kuvars, monzonit ve granodiyoritten oluştuğunu belirtmişlerdir. Yaptıkları U-Pb zirkon yaşlandırma yöntemiyle Globa plütonunun yaşını $20,87 \pm 0,31$ My, şaroluk plütonunun yaşını ise 22.18 ± 0.40 ile 21.51 ± 0.37 My olarak bulmuşlar ve bölgeye yerleşiminin Erken miyosen olduğunu açıklamışlardır. Bu iki plütonun yüksek K'lu kalkalkali özellikli birbirlerine benzer olduklarını, I-tipi özellikler gösterdiğini, iz ve ana elementlerden yaptıkları analizlerle de magmatizmanın çarpışma sonrası dilim kopmasıyla (slab break-off) ilişkili olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1 Materyal ve Yöntem

Tez hazırlanma süreci, saha, büro ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler ile gerçekleştirilmiştir.

2.1.1 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları kapsamında, çalışma sahasının 1:25.000 ölçekli jeolojik ve topografik haritalarının bir araya getirilmesi ve bölgedeki jeolojik formasyonların tespiti yapılmıştır. İleriki aşamada, sahada bulunan kayaçların fotoğrafları çekilmiş ve OAK arazi koduyla numuneler toplanıp, GPS yardımıyla da koordinatları alınmıştır. Arazide kayaçların dokusu, renk ayrımları, tektonik faaliyetler sonucu oluşan süreksizlikleri, kırık-çatlak sistemleri incelenmiştir. Sahadan toparlanan bu veriler ışığında jeolojik haritalandırma, jeolojik en kesitler çizilmiştir. Ayrıca alınan kayaç örneklerinden de petrografik, jeokimyasal ve petrolojik çalışmalar yapılmıştır.

2.1.2 Laboratuvar Çalışmaları

Çalışmanın amacına yönelik sahadan 53 adet kayaç numunesi toplanmıştır. Alınan örneklerden, 13 adeti volkanik kayaç, 5 adeti sedimanter kayaç olmak üzere toplam 18 adet numune seçilerek petrografik kesit için Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne gönderilmiştir. İnce kesit boyutları 0,5x2x4 cm'dir. Kesitin pürüzsüz yüzeyi 1mm kalınlığında ve 2,5x5 cm boyutlarındaki lam üzerine araldit yapıştırıcısı ile yapıştırılmıştır. Kuruma işlemi tamamlandıktan sonra çeşitli sıvı zımparalar yardımı ile 0,0025 mm'ye kadar inceltilmiştir.

Hazırlanan ince kesitler üzerindeki petrografik çalışmalar Balıkesir Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde gerçekleştirilmiştir. Tanımlamalarda Olympus marka CX31P model polarizan mikroskop kullanılmıştır. Mikroskop çalışmasında X4 büyütme kullanılarak tanımlama ve fotoğraflama işlemi yapılmıştır.

Analiz için 13 adet numunenin uygun olduğu tespit edilmiştir. Seçilen volkanik kayaç numunelerin kimyasal analizleri Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'ndeki (YEBİM) laboratuvarında yapılmıştır.

2.1.2.1 Volkanik Kayaçların Kimyasal Analizleri

İnceleme alanındaki volkanik kayaçların tüm kayaç jeokimyası analizleri YEBİM'de yapılmıştır. Numuneler Retsch marka çeneli taş kırıcıda ufalanarak FRITSCH marka otomatik öğütücü ile Tungsten Karbid değirmende öğütülmüştür. Numuneler 4'er gram

hazırlanmış ve bu hazırlanan numuneler 0,9 gramlık bağlayıcı ile karıştırılarak hidrolik pres yardımıyla pres-pastil yapılmıştır. Analizlere hazır hale gelen numuneler laboratuvar ortamında Spectro X-Lab 2000 model numaralı Polarize Enerji Dispersif X-Işınları Floresans Spektrometresi cihazı ile analizler gerçekleştirilmiştir.

2.1.3 Büro Çalışmaları

Saha ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler büro çalışması kapsamında birleştirilerek tez haline getirilmiştir. Sahadan alınan numunelerin GPS verileri Netcad programı yardımıyla topografik harita üzerine işlenmiştir. Saha çalışmaları sırasında ve sonrasında hazırlanan haritalar ve jeolojik kesitler ile petrografik ve jeokimyasal analiz sonuçları sayısal ortamda çeşitli paket programlar kullanılarak çizilmiş ve ilgili tablolar oluşturulmuştur. Bu tez çalışması Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazı Kılavuzu'na uygun olarak hazırlanmıştır.

3. BULGULAR

3.1 Çalışma Sahasının Stratigrafisi ve Petrografisi

Çalışma alanı Biga Yarımadası'nda, İzmir-Ankara-Erzincan sütür zonu kuzeyinde yer alan Sakarya zonunda bulunmaktadır. Çalışma alanında gözlemlenen birimler; st Kratese yaşı Yayla Melanjı'nı kesen Oligo-Miyosen Hallaçlar volkanitleri, bu volkanitleri uyumsuz olarak üzerleyen Soma formasyonu ve her iki birimi de uyumsuz olarak rten Alüvyonel çökellerden oluşmaktadır.

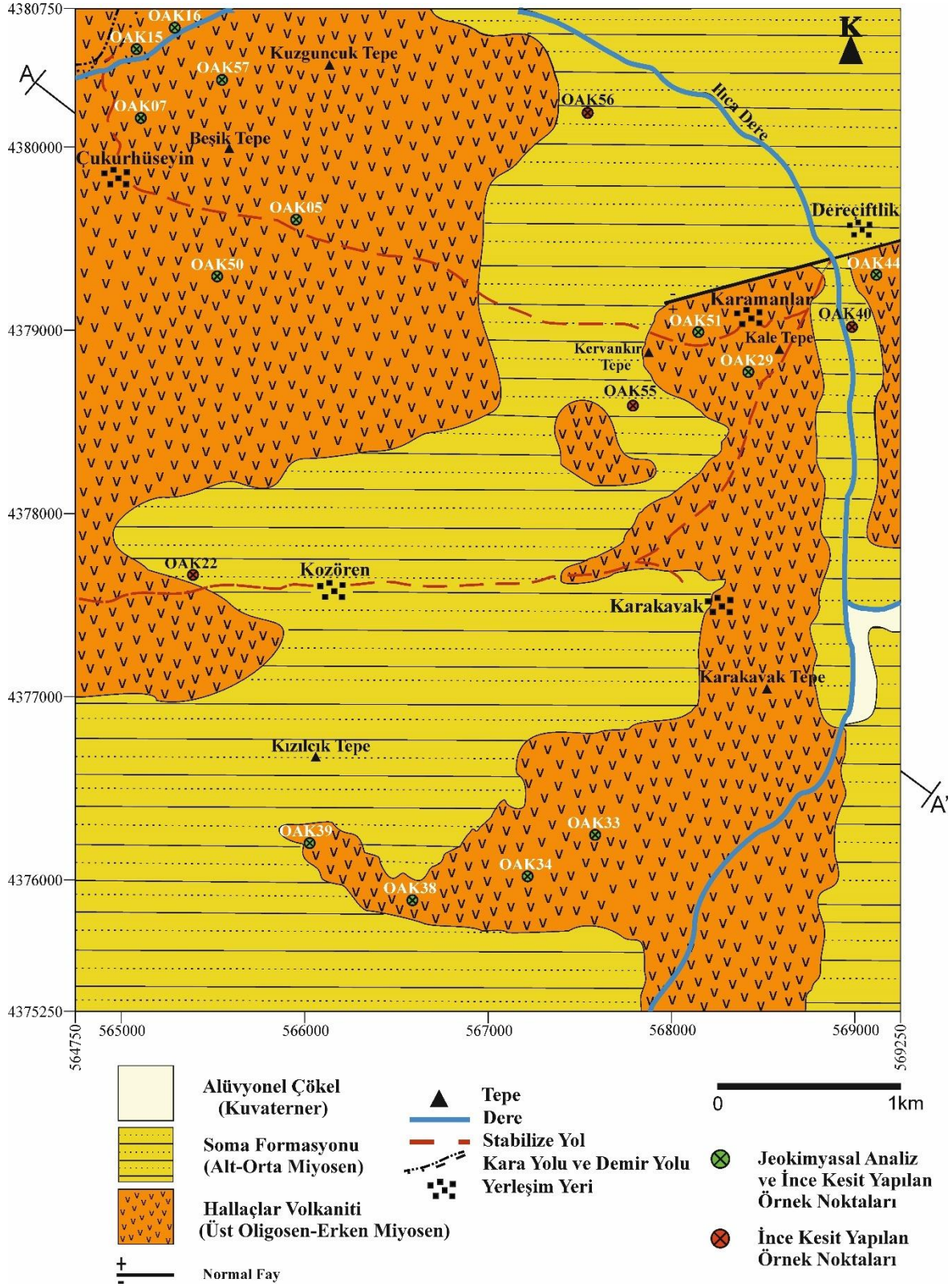
İnceleme alanı birimleri gençten yaşlıya stratigrafik olarak aşığıdaki gibi sıralanmıştır.

Alüvyonel ökeller (Kuvaterner)

Soma Formasyonu (alt miyosen)

Hallaçlar Volkaniti (st Oligosen-alt Miyosen)

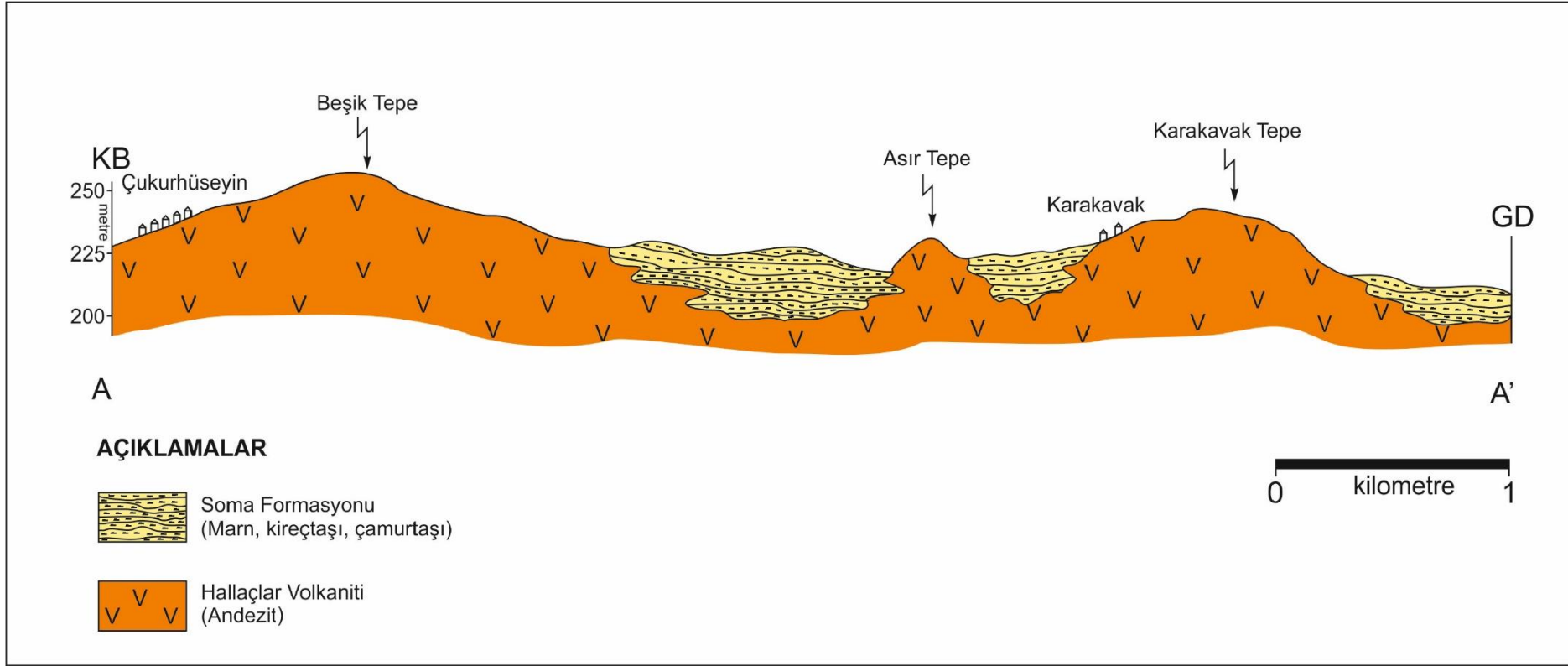
Çalışma alanının jeoloji haritası Şekil 3.1'de, genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti Şekil 3.2'de ve jeolojik en kesiti Şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.1: Çalışma sahasının jeoloji haritası.

Senozoyik				ZAMAN	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
Paleojen	Üst Oligosen	Hallaçlar	Volkaniti	Alt Miyosen	Alt Miyosen	Orta Miyosen	Soma Formasyonu	Alüvyon	Alüvyon (grimsi kaba kum taneleri ve iri çakıllı)
Neojen	Alt Miyosen	Orta Miyosen	Soma Formasyonu	Soma Formasyonu	Soma Formasyonu	Soma Formasyonu	Soma Formasyonu	Soma Formasyonu	Kumtaşı, Kireçtaşı, Çamurtaşı, Marn, Silttaşı (grimsi, bej renkli tabakalı)
Kuvaterner	Kuvaterner	Kuvaterner	Kuvaterner	Kuvaterner	Kuvaterner	Kuvaterner	Kuvaterner	Kuvaterner	Andezit (pembemsi, grimsi, yeşilimsi yer yer altere)

Şekil 3.2: Çalışma sahasının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (ölçeksizdir).



Şekil 3.3: Çalışma arazisinin A-A' jeolojik en kesiti.

3.1.1 Hallaçlar Volkaniti

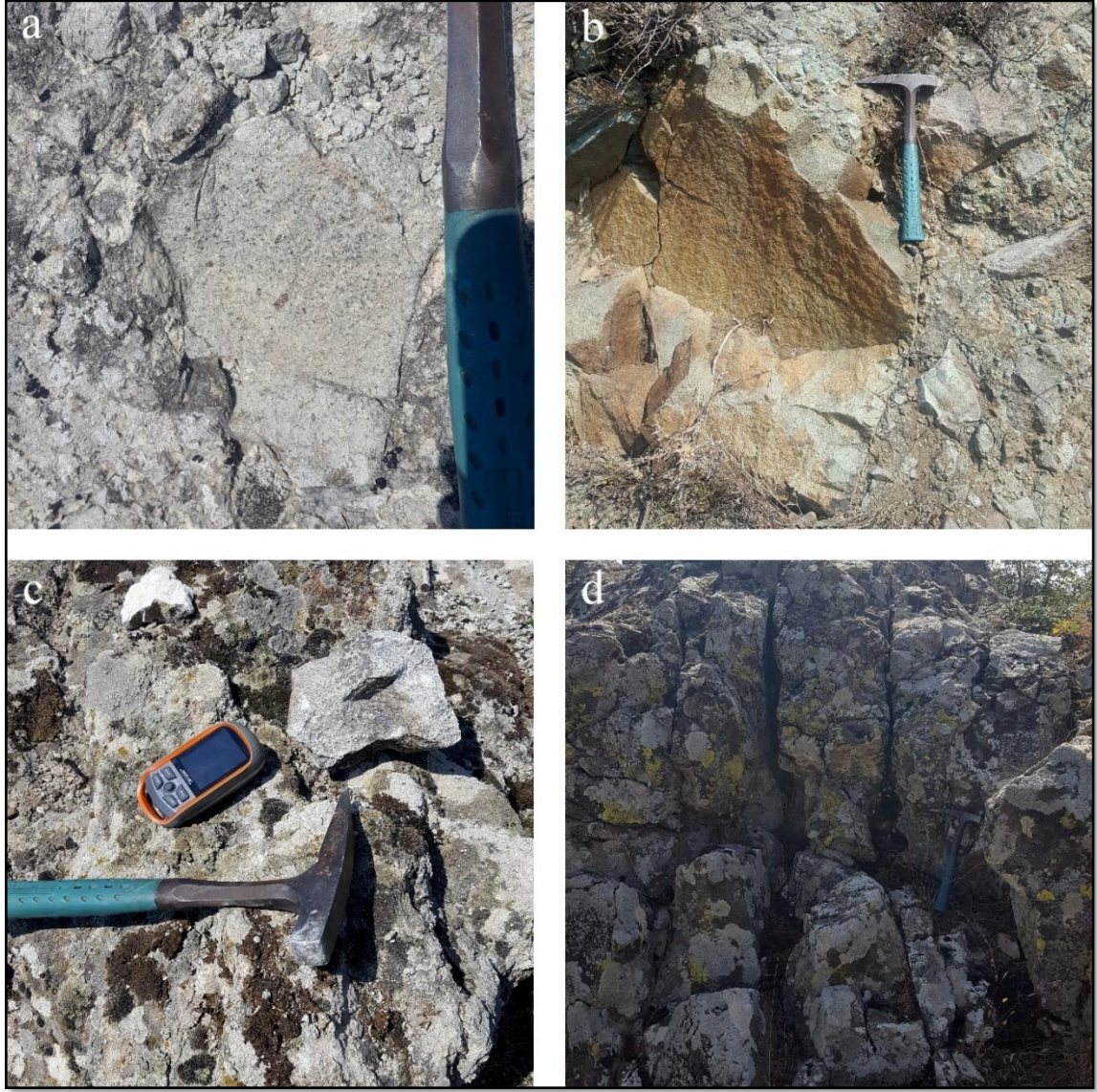
Paleojen-Neojen dönemi volkanitlerinden olan Hallaçlar birimi, Krushensky (1976) tarafından "Hallaçlar formasyonu" olarak adlandırılmıştır. Andezitik ve bazaltik andezitik lav ve piroklastiklerden oluşan bu birim Dönmez vd., (2005) tarafından da Hallaçlar volkaniti olarak isimlendirilmiştir.

Birim çalışma sahasının kuzeybatı ve güneydoğu kısmında Beşik Tepe, Kale Tepe, Karakavak Tepe ve Çukurhüseyin Mahallesi ile Karakavak Mahallesi civarlarında yaygın olarak gözlenmektedir.

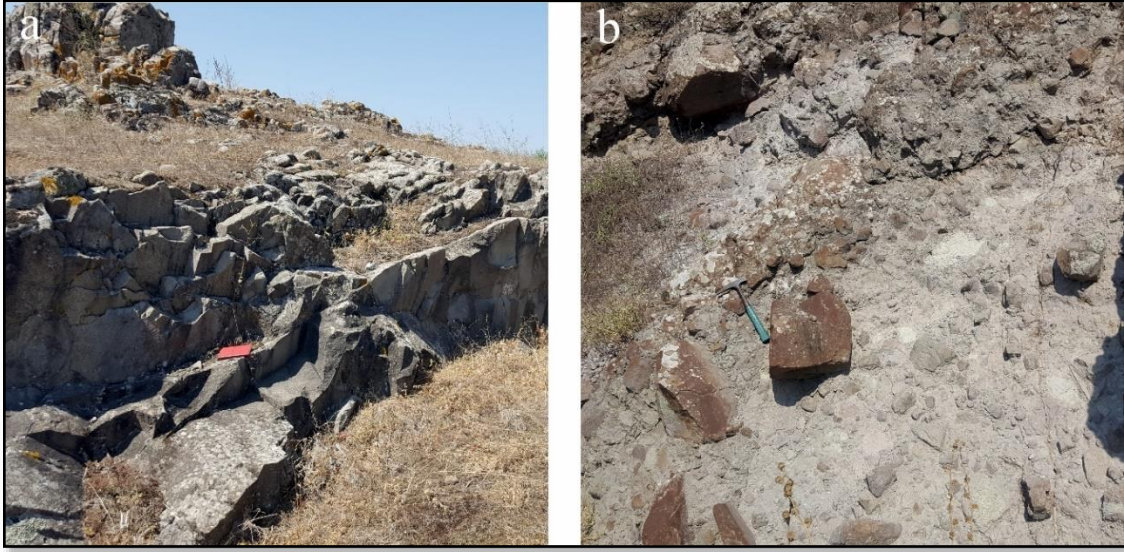
Çalışma alanında genellikle andezitik lav ve piroklastikleri yayılım göstermektedir. Araziden alınan el örneklerinde kayalar grimsi ve ayrışmadan dolayı yer yer yeşilimsi ve kahverengimsi renklerde gözlenmektedir (Şekil 3.4 a-d). Beyaz renkli plajiyoklazlar ile ferromagnezyen minerallerden siyahımsı levhamsı biyotitler ve prizmatik amfiboller makro örneklerde gözle görülebilmektedir. Ayrıca çalışma alanındaki piroklastik kayalar içerisinde de andezitik kayaç blokları gözlenmektedir (Şekil 3.5 a; Şekil 3.6 b) Andezitik kayaç genel olarak sert ve kırılma yapıya sahiptir. Çukurhüseyin Mahallesi civarında ise daha yoğun alterasyon izlenmektedir (Şekil 3.5 b,c). Çalışma sahasında genel olarak konkav kırılma yüzeyleri, soğumaya ve tektonizmaya bağlı birçok kırık çatlak sistemi ve buna bağlı olarak makaslama zonları oluşmuştur. Süreksizlik düzlemleri genel olarak 245/75 – 205/65 yönlüdür (Şekil 3.5 d).



Şekil 3.4: Hallaçlar volkaniti arazi fotoğrafları a) Kozören mahallesi civarı grimsi andezitik kayaç b) Çukurhüseyin mahallesi KD kesimleri pembemsi andezitik kayaç c) Karakavak mahallesi kuzey kesimi civarı yeşilimsi-gri renkli soğuma çatlaklı andezitik kayaç d) Çukurhüseyin mahallesi güney kesimleri koyu kahverenkli gevrek yapılı andezitik kayaç.



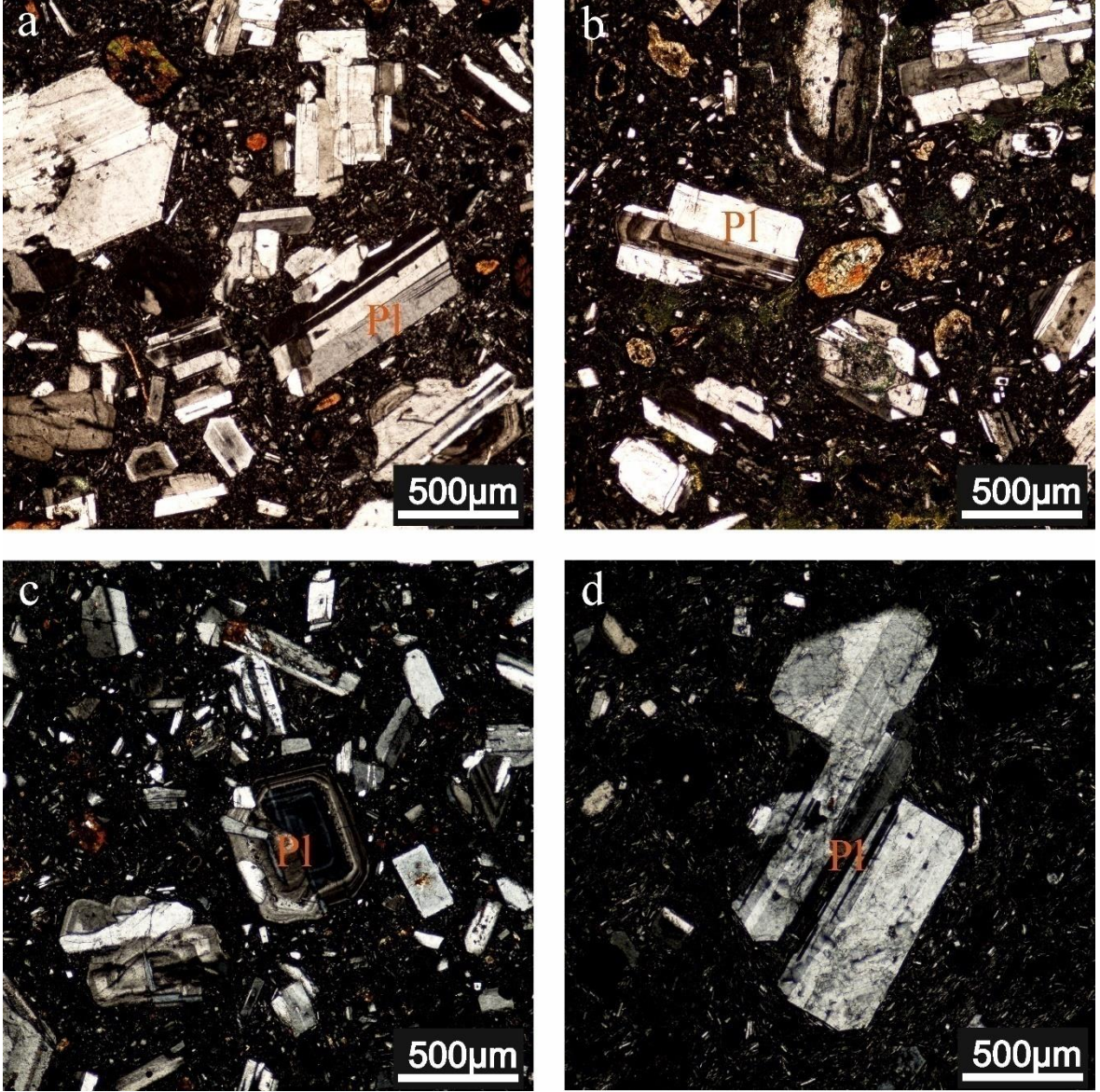
Şekil 3.5: Hallaçlar volkanitine ve piroklastiklerine ait arazi fotoğrafları a) Karaman mahallesi GB kesimi beyazımsı piroklastikler içerisinde andezitik kayaç b) Çukurhüseyin mahallesi kuzey kesimleri yeşilimsi altere andezitik kayaç c) Kozören mahallesi batı kesimi grimsi yer yer altere ve kolay kırılabilen andezitik kayaç d) Çukurhüseyin mahallesi güney kesimi süreksizlik düzlemleri olan andezitik kayaç.



Şekil 3.6: a) Karaman-Kozören yolu mevki koyu grimsi gevrek yapılı andezitik kayaçların genel görünümü b) Çukurhüseyin mahallesi kuzey yamacı piroklastikler içerisindeki andezit parçalarının genel görünümü.

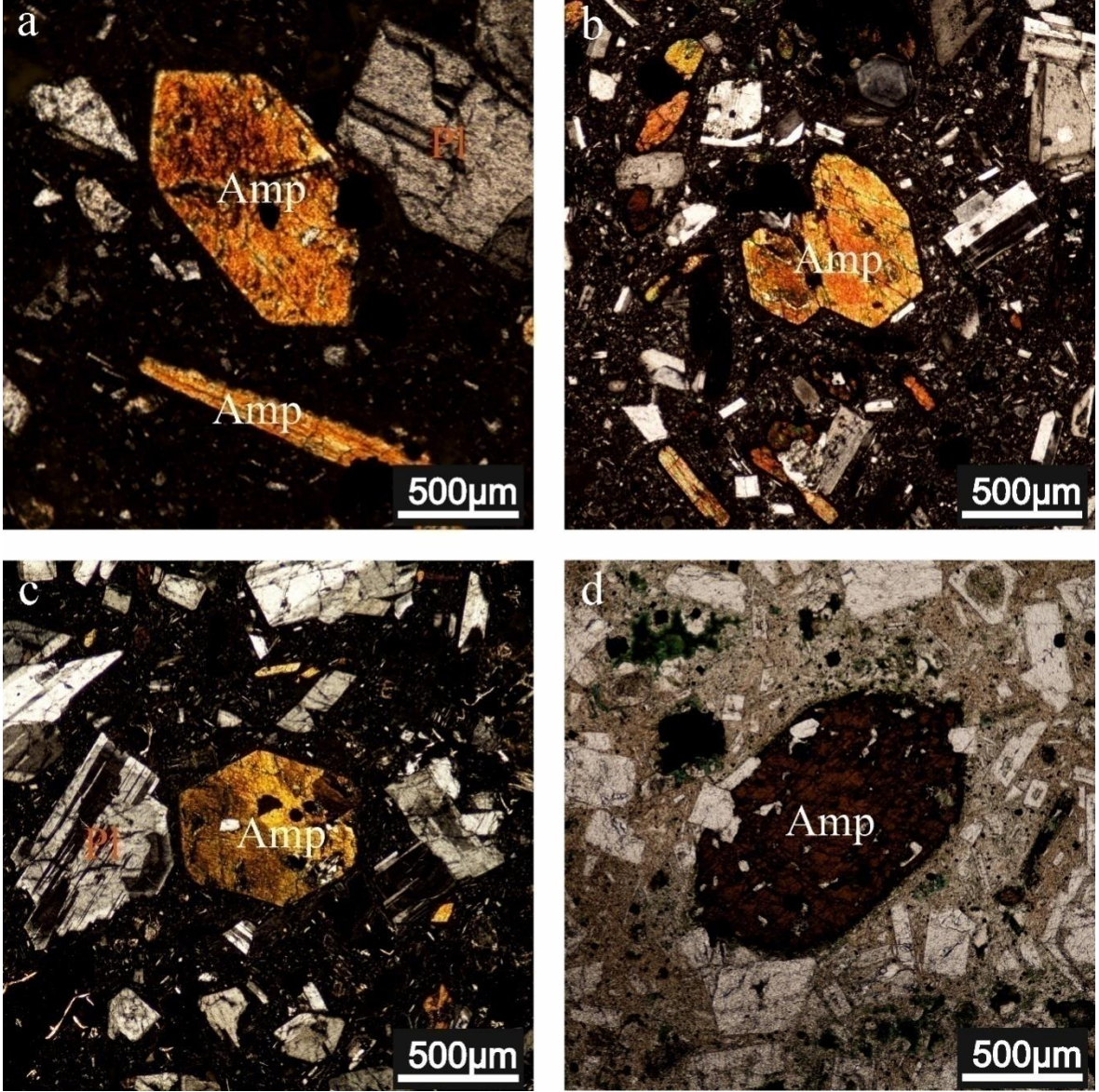
Çalışma sahasındaki andezitik kayaç örnekleri petrografik olarak incelendiğinde mineraller genel olarak özşekilli ve yarı özşekilli kristaller halinde olup mikrolitik, mikrolitik porfiri, porfiri yer yer de akma dokuludur. Hamur maddesi orta ve küçük kristallerden oluşmakta ve yer yer opak minerallere de rastlanılmaktadır. Hallaçlar volkanitine ait andezitlerin ana mineralleri plajiyoklaz, amfibol ve biyotit, tali mineralleri apatit, ayrışma mineralleri serisit, kil, klorit ve kalsit, ikincil olarak da kuvars minerali gözlenmektedir.

Plajiyoklazların kristal yapıları yarı ve özşekilli olarak gözükmemektedir. Kesitte iri ve küçük boyutta kristaller halinde bulunmaktadır. Tek nikolde renksiz, çift nikolde ise grimsi ve beyaz polarizasyon rengindedir. Plajiyoklazlar albit ikizlenmesi ve halkalı zonlu yapı gösterirler (Şekil 3.7 a,c). Yer yer bazı kesitlerde albit ikizlenmesi ve zonlu yapı iç içe bulunur. Plajiyoklazların cinsi, anortit içeriği %24-28 ile oligoklaz, %44-48 ile andezin ve birkaç örnekte de %50-54 ile labrador olarak tespit edilmiştir. Zonlu yapı gösteren kristallerinde zonlar boyunca ayrışma mevcut olup killeşme şeklindedir (Şekil 3.7 b). Bazı örneklerde albit ikizinde düzensiz büyümeler tespit edilmiştir (Şekil 3.7 d). Alterasyon sonucu serizitleşme, killeşme ve kalsitleşme görülmektedir. Bölgedeki tektonizmaya bağlı plajiyoklazlarda çatlaklar tespit edilmiştir ve bu çatlaklar uzun eksene dik yönlüdür. Kayacın hamur maddesinde ksenolitik plajiyoklazlar da bulunur.



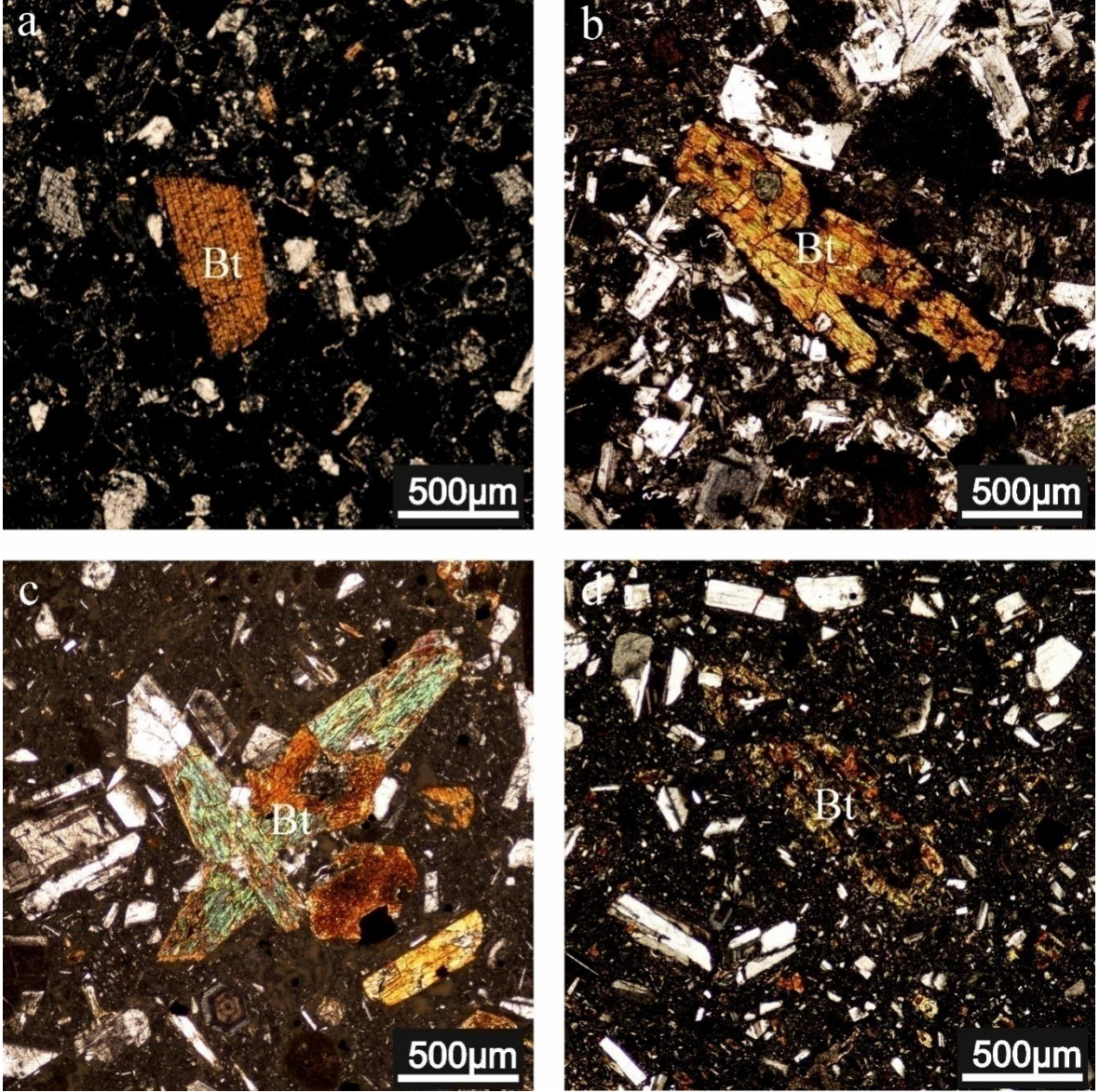
Şekil 3.7: a) Albit ikizli plajiyoklaz ve biyotit b) Plajiyoklazlarda zonlar boyunca ayrışma c) Zonlu plajiyoklaz d) Düzensiz büyümüş albit ikizli plajiyoklaz. Ç.N. X4 büyütme (Pl: Plajiyoklaz, Örnek No: a) OAK-5, b) OAK-16, c) OAK-33 d) OAK-45)

Amfiboller öz ve yarı özşekilli olup bazıları levhamsı prizmatik kristaller şeklindedir (Şekil 3.8 a,b). Yer yer opak mineraller enklüzyonları içermektedir (Şekil 3.8 c). Açık kahve-yeşilimsi kahve renk pleokroizması göstermektedirler (Şekil 3.8 d). Sönme açıları 0^0 olup ortorombik amfibollerden gedrit-antofillit tanımlaması yapılabilir. Bazı amfiboller h'(100) ikizlenmesi gösterip kırıklı yapıları mevcuttur. Bazal kesitler tıknaz diğerleri ise prizmatik kristaller şeklindedir. Altere olan amfibollerin dış çeperlerinde, çatlak ve kırıklarında yeşilimsi renkte kloritleşme gözlemlenmektedir (Şekil 3.8 d).



Şekil 3.8: (a-b) Yarı özşekilli baklava dilinimli ile beraber yarı özşekilli çubuksu amfiboller
 c) Amfibol içinde opak mineral intrüzyonları, d) Kahverengi pleokroizması gösteren kloritleşmiş
 amfibol. Ç.N. X4 büyütme (Amp: Amfibol, Örnek No: a) OAK-5, b) OAK-7, c) OAK-38,
 d) OAK-57)

Biyotitler yarı özşekilli kristaller halindedir (Şekil 3.9 a). (001) yüzeyine göre dik sönme göstermektedir. Bazıları açık-koyu kahverengi ve sarı pleokroizma rengi gösterirken bazıları da kırmızımsı kahve pleokroizma renkleri göstermektedir. Tektonizmadan etkilenen biyotitde uzun eksen dik yönde gelişmiş kırıklar mevcuttur. Yer yer opaklaşmış halde olan biyotitler kesitte genellikle amfibol minerali ile birliktelik oluşturmaktadır (Şekil 3.9 b,c). Opak mineral ve plajiyoklaz enkrüzyonları içeren biyotitler ayrışma sonucu kloritleşmiştir (Şekil 3.9 d).



Şekil 3.9: a) Yarı özşekli biyotit, b) Yer yer opaklaşmış biyotit c) Biyotit ve amfibol birlikteliği d) Kloritleşmiş biyotit. Ç.N. X4 büyütme (Bt: Biyotit, Örnek No: a) OAK-34, b) OAK-39, c) OAK-44, d) OAK-51)

Opak mineral kesitlerde düzensiz geometrik şekillerde, oran olarak %1-5 arasındadır. Özellikle amfibol ve biyotit minerallerinin olduğu yerlerde yoğunlaşmıştır. Apatit, tali mineral olarak genellikle plajiyoklazlarla beraber bulunmaktadır. İğne ve uzun kristaller şeklindedir.

Ayrışma mineralleri olarak kil, serisit, klorit ve kalsit yer almaktadır. Ayrıca kuvars kayadaki çatlaklarda ve boşluklarda ikincil dolgu minerali olarak da izlenmektedir.

3.1.2 Soma Formasyonu

Balıkesir bölgesinde genel olarak geniş yayılım gösteren Soma formasyonu ilk olarak İnci (1978) tarafından isimlendirilmiştir. Başlıca silttaşı, marn, kumtaşı, fosilli ve stromatolitli kireçtaşlarından oluşur (İlgar vd., 2012). Bu birime ait kireçtaşlarında *Candonaparallelapannonicazalanyı* fosilleri bulunmuş ve yaş tayini olarak Miyosen dönemine ait oldukları tespit edilmiştir (İlgar vd., 2012).

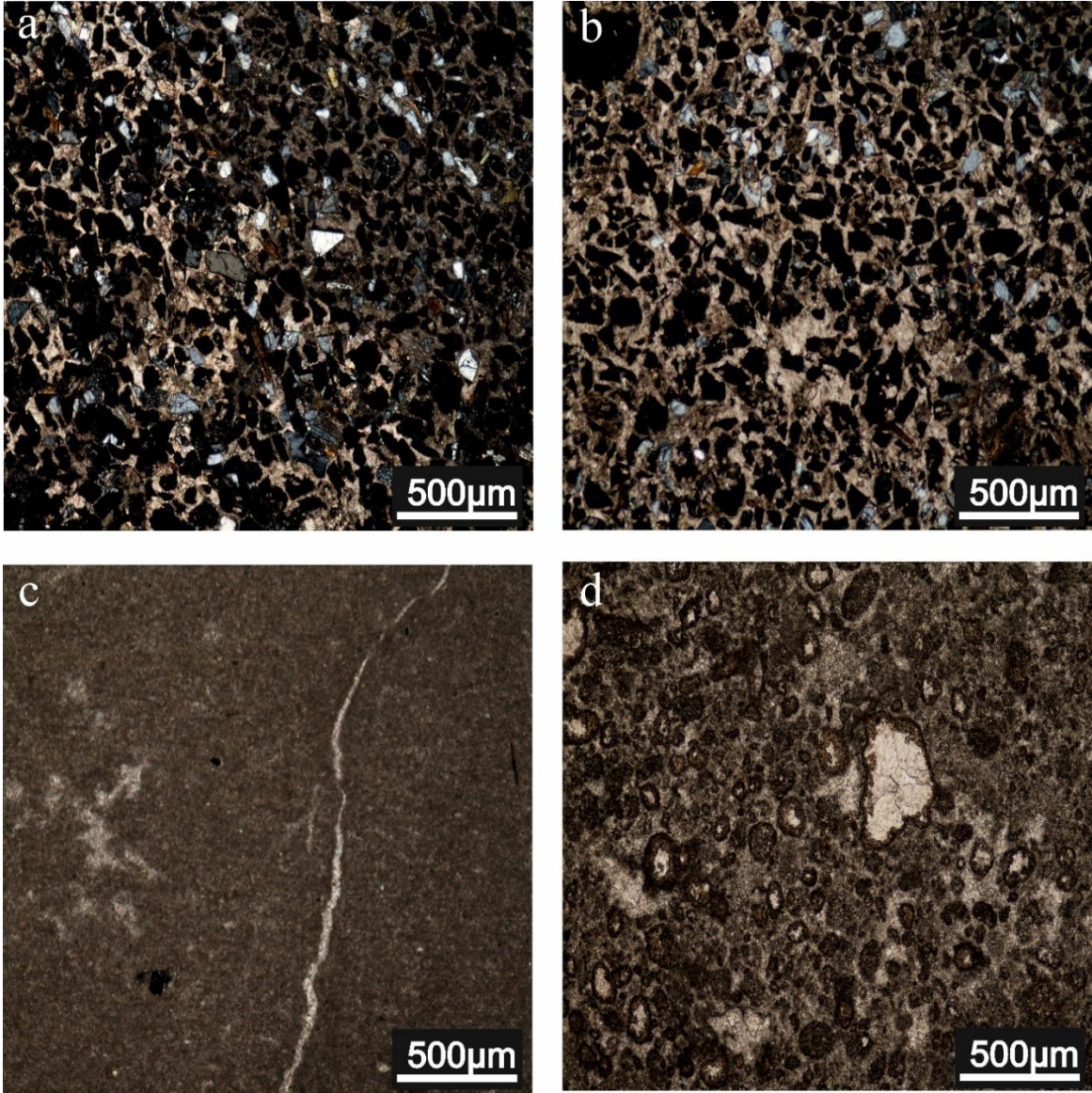
Çalışma sahasındaki sedimanter birim, kuzeydoğu güneybatı istikameti boyunca Kozören mahallesi, Dereçiftlik mahallesi civarı ve Ilcadere boyunca yayılım göstermektedir. Genel olarak ekili arazi, alüvyonel tabaka ve bitki örtüsü tarafından örtülmüş vaziyettedir. Çalışma arazisinde kumlu kireçtaşları, kireçtaşları, kumtaşları ve çamurtaşları şeklinde yayılım göstermektedir. Kumlu kireçtaşları genel olarak grimsi, beyazımsı ve bej renktedir (Şekil 3.10 a). Kumlu kireçtaşları yataya yakın orta tabakalı, gevşek ayrılmış ve karbonat bağlayıcılıdır. Kireçtaşları genel olarak dış yüzeyleri grimsi sert yapıda ve dalımlı tabakalar (346/48) halinde mostra vermektedir (Şekil 3.10 b).



Şekil 3.10: Soma formasyonuna ait arazi fotoğrafları; a) Beyaz renkli kumlu kireçtaşı, kumtaşı ar dalanması b) Kozören-Karakavak mahalleleri geçiş yolu beyazımsı tabakalı ve 346/48 eğim doğrultulu kireçtaşı-kumtaşı ar dalanması.

Çalışma sahasında yüzlekler veren Soma formasyonuna ait kayaçların mikroskop altında ince kesitleri incelenmiştir. İnceleme sonucu bölgedeki kumtaşlarının bol miktarda sedimanter kayaç parçalı ve kısmen volkanik kayaçlardan türemiş biyotitlerden oluştuğu bağlayıcısının ise karbonat olduğu gözlenmiş ve Folk (1968)'a göre litarenit olarak adlandırılmıştır (Şekil 3.11 a-b). Folk (1962)'a göre mikrit, Dunham (1962)'a göre ise

çamurtaşı olarak adlandırılan sedimanter birim az oranda ikincil çatlaklar içerdiği ve bunların kalsit dolgulu oldukları belirlenmiştir (Şekil 3.11 c). Sahadan alınan makro örneklerde kireçtaşı olarak adlandırılan sedimanter birimin mikroskop altında bağlayıcısının mikritik matriks olduğu, alloken oranının %50 den fazla ve allokenlerin biyoklastlar ile havza içi karbonat kırıntılarından türedikleri tespit edilmiştir. Bu birim ise Folk (1962)'a göre biyopermikrit, Dunham (1962)'a göre istif taşı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.11 d).



Şekil 3.11: a) Karbonat bağlayıcılı kısmen muskovit, bol miktarda biyotit içeren litarenit, b) Bol miktarda sedimanter kayaç parçaları ve biyotit içeren litarenit, c) İkincil çatlaklarında kalsit dolgulu çamurtaşı, d) Biyopermikrit-istif taşı (Örnek No: a) OAK-22, b) OAK-56, c) OAK-40, d) OAK-55)

3.1.3 Alüvyon

Çalışma sahasında Ilıca dere boyunca Kuvaterner yaşlı alüvyonel çökeller görülmektedir. Birim genel olarak farklı boyutlarda yuvarlaklaşmış andezit, kireçtaşı ve kumtaşı çakıllardan oluşmaktadır.

3.2 Jeokimya

3.2.1 Giriş

Çalışma sahasındaki volkanik kayalardan alınan örneklerin petrografik incelenmesi sonucu seçilen 13 adet örnekten ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmış ve bu bölümde analiz sonuçları ile kayaların jeokimyasal özellikleri açıklanmıştır.

3.2.2 Tüm Kayaç Jeokimyası

Çalışma sahasındaki numunelerin ana ve iz element analiz sonuçları Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de verilmiştir. Buna göre SiO₂ içeriği %58,57-%69,41, Al₂O₃ içeriği %12,93-%15,85, Na₂O içeriği %2,51-%3,35, K₂O içeriği %2,21-%3,89, Fe₂O₃ içeriği %5,29-%8,19, MgO içeriği %0,82-%2,40 değerleri arasındadır. İncelenen andezitik kayalardaki SiO₂ değerinin yüksek, K₂O ve Na₂O değerinin ise düşük olduğu görülmekte olup bu durumun kayalardaki ayrışmayla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. K₂O/Na₂O oranı 0,67-1,49, Mg# ise 13,83-22,97 arasında değişmektedir.

Tablo 3.1: Hallaçlar volkanitinden (andezit) alınan örneklere ait ana (%) ve iz (ppm) element değerleri. LOI (loss on ignition) = ateşte kayıp

Örnek Adı	OAK-5	OAK-7	OAK-15	OAK-16	OAK-29	OAK-33	OAK-34
SiO ₂ (%)	64,01	67,77	64,72	64,16	60,94	62,81	62,83
Al ₂ O ₃ (%)	15,48	14,77	15,84	14,68	14,56	15,7	15,53
MgO (%)	1,781	1,013	1,179	1,281	2,403	1,517	1,236
Na ₂ O (%)	3,28	3,32	2,6	2,96	2,99	3,1	3,22
P ₂ O ₅ (%)	0,2554	0,2592	0,1622	0,1877	0,1833	0,1893	0,2007
SO ₃ (%)	0,2894	0,1627	0,1516	0,308	0,144	0,1483	0,151
Cl (%)	0,01369	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
K ₂ O (%)	2,205	2,464	3,885	2,522	2,683	2,43	2,748
CaO (%)	6,207	5,04	3,797	5,483	6,727	4,625	4,94
TiO ₂ (%)	0,5353	0,5057	0,5579	0,4859	0,7019	0,7225	0,7903
V ₂ O ₅ (%)	0,0172	0,0175	0,019	0,0164	0,0207	0,0191	0,0135
Cr ₂ O ₃ (%)	0,0011	0,00098	0,001	0,0011	0,0011	0,001	0,001
MnO (%)	0,0917	0,0617	0,01526	0,0832	0,0648	0,0861	0,0649
Fe ₂ O ₃ (%)	5,973	5,491	5,606	5,602	6,791	6,837	7,349
LOI (%)	0,23	0,18	0,98	1,73	1,63	1,73	0,63
Toplam (%)	100,05	100,87	99,34	99,17	99,67	99,75	99,54
Co (ppm)	62,8	102	37,3	86	50,7	40,2	71,1
Ni (ppm)	4	5,7	3,7	4,9	5	9,1	2,2
Cu (ppm)	20,2	12,5	22	10,8	11,1	18,7	10,4
Zn (ppm)	56	38,7	56,8	47	61,5	70,5	45,1
Ga (ppm)	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1
Ge (ppm)	1	2	1,9	1,5	1,5	0,6	1,2
As (ppm)	7,5	9	6,1	2,5	20,4	12,9	6,5
Se (ppm)	0,4	0,8	0,4	0,6	0,5	0,9	0,5
Br (ppm)	1,6	1,3	0,2	0,6	0,3	0,6	0,2
Rb (ppm)	114,5	76,8	124,1	55,9	95,1	70,1	82,2
Sr (ppm)	498,1	365	318,3	362,2	404,3	466,8	426,8
Y (ppm)	22,1	23,2	14	21,3	25	26,6	20,5
Zr (ppm)	147,5	147,7	134,6	133,3	157,4	160,7	151,1
Nb (ppm)	14,4	11	5,9	10,8	8,4	3,3	3,5
Mo (ppm)	3,7	4,1	3,1	3,3	3	3,1	3,2
Cd (ppm)	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8
In (ppm)	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Sn (ppm)	1	0,9	0,9	2,2	1,4	1,7	1,3
Sb (ppm)	0,9	0,9	1	0,9	0,9	0,9	1,9

Tablo 3.1 (devamı)

Örnek Adı	OAK-5	OAK-7	OAK-15	OAK-16	OAK-29	OAK-33	OAK-34
Te (ppm)	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2
I (ppm)	2,2	2,1	2,1	2,2	2,1	2,2	2,1
Cs (ppm)	3,9	3,7	8,1	3,6	3,7	3,7	3,7
Ba (ppm)	1109	726,2	659,9	720,8	749,7	777	720,1
La (ppm)	29,3	14	16,9	15,5	26,3	25,7	20,4
Ce (ppm)	51,8	39	28,6	37,6	35,8	55	56,6
Hf (ppm)	2,7	2,3	2,7	2,4	2,4	2,6	2,4
Ta (ppm)	3,1	6,8	2,9	4,1	2,8	3,2	2,8
W (ppm)	196,5	948,4	122,8	483,4	265,6	300	309
Hg (ppm)	1,6	3,2	1,3	2,3	1,8	1,9	1,9
Tl (ppm)	2,7	1,3	0,8	0,8	0,9	0,8	1,9
Pb (ppm)	29,7	26	25,4	26,3	23,4	27,2	23,2
Bi (ppm)	1,1	1,2	0,6	1	1,1	0,6	0,6
Th (ppm)	12,1	10,5	11,7	11,7	11,2	12,4	13,3
U (ppm)	8,9	8,3	8,1	8,4	7,7	7,7	8,3

Tablo 3.1 (devamı)

Örnek Adı	OAK-38	OAK-39	OAK-44	OAK-50	OAK-51	OAK-57
SiO ₂ (%)	61,77	69,41	59,91	61,72	58,57	64,25
Al ₂ O ₃ (%)	15,08	12,93	14,48	15,28	15,85	14,88
MgO (%)	1,125	0,821	1,695	1,853	1,513	1,201
Na ₂ O (%)	3,35	2,57	3,06	2,57	2,51	3,03
P ₂ O ₅ (%)	0,1762	0,1739	0,1844	0,2238	0,1702	0,201
SO ₃ (%)	0,1533	0,1356	0,1479	0,2649	0,1481	0,1673
Cl (%)	0,0002	0,0002	0,0002	0,02239	0,0002	0,0002
K ₂ O (%)	2,634	2,513	2,506	2,169	2,479	2,957
CaO (%)	6,088	4,439	7,008	5,854	6,443	5,788
TiO ₂ (%)	0,6742	0,5218	0,5951	0,5476	0,6414	0,8214
V ₂ O ₅ (%)	0,0171	0,02	0,0187	0,0179	0,0209	0,0198
Cr ₂ O ₃ (%)	0,001	0,0011	0,0011	0,001	0,001	0,001
MnO (%)	0,0756	0,0432	0,1482	0,0719	0,0516	0,0611
Fe ₂ O ₃ (%)	6,549	5,292	8,191	7,669	6,994	7,486
LOI (%)	1,88	1,24	1,73	1,73	3,98	0,32
Toplam (%)	99,40	99,95	99,51	99,69	99,20	101,00
Co (ppm)	58,7	34,3	59,9	59,1	37,6	36,8

Tablo 3.1 (devamı)

Örnek Adı	OAK-38	OAK-39	OAK-44	OAK-50	OAK-51	OAK-57
Ni (ppm)	7,3	12,9	2,8	2,3	6,3	4,9
Cu (ppm)	21,2	8,6	6,9	12,2	15	17,2
Zn (ppm)	60	46,9	61,3	60,9	67,2	51,3
Ga (ppm)	21,1	16,3	18,5	19,3	18,2	18,5
Ge (ppm)	1,2	1	1,6	1,3	2	1,7
As (ppm)	10,8	38,8	16,1	9,5	24,1	7,5
Se (ppm)	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4
Br (ppm)	0,6	0,3	0,8	1,4	0,7	0,9
Rb (ppm)	94,2	95	90,4	104,1	108	142
Sr (ppm)	443,7	375,6	384,4	452,8	444	437
Y (ppm)	29,3	15,4	20,9	20,3	23,4	22,6
Zr (ppm)	147,5	121,5	163,4	137,5	155,5	148
Nb (ppm)	3,7	5,9	11,1	11	3,8	11,4
Mo (ppm)	3,4	2,6	5,3	3,5	3,4	3,2
Cd (ppm)	0,8	0,8	0,5	0,8	0,9	0,9
In (ppm)	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8
Sn (ppm)	2,6	1	1,6	0,9	2,5	2,3
Sb (ppm)	1	2,5	0,9	0,8	1	1,5
Te (ppm)	1,4	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2
I (ppm)	2,2	2	2,2	2,2	2,2	2,2
Cs (ppm)	3,7	9,7	6,5	3,8	9,7	3,8
Ba (ppm)	794,8	661,6	844,1	788,1	753,2	786,8
La (ppm)	19,5	20,9	14,9	30,3	30,4	16,8
Ce (ppm)	54,2	42	37,7	59,4	63,9	43,1
Hf (ppm)	2,8	2,3	3,9	2,3	5,2	3,1
Ta (ppm)	3,1	3,2	2,5	2,9	2,8	2,8
W (ppm)	137,7	206,9	216,9	362	112,2	192,6
Hg (ppm)	1,4	1,5	1,7	2	1,3	1,6
Tl (ppm)	0,9	0,8	0,9	1,4	0,9	1
Pb (ppm)	24,6	20,7	23,1	27	22,6	22,4
Bi (ppm)	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,6
Th (ppm)	10,3	7,6	11,1	10,4	9,2	12,2
U (ppm)	16,2	6,9	17,8	7,6	8,6	7,7

Tablo 3.2: Hallaçlar volkanitinden (andezit) alınan örneklere ait nadir toprak (ppm) element değerleri.

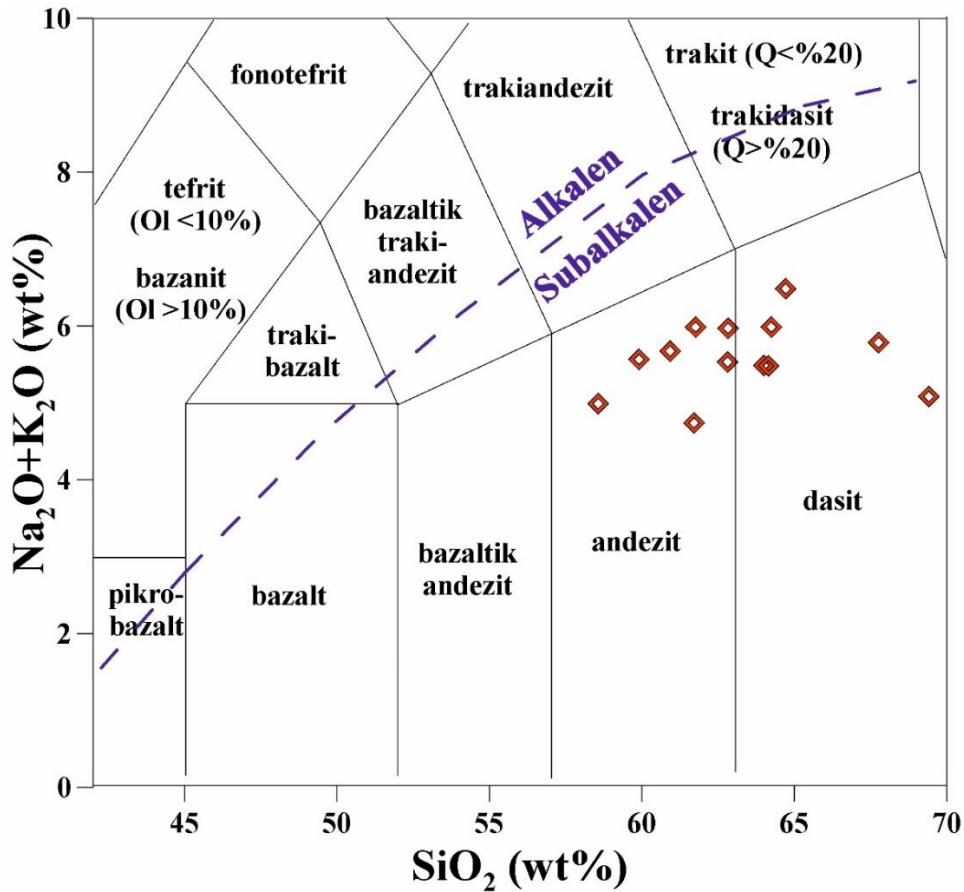
Örnek Adı	OAK-5	OAK-7	OAK-15	OAK-16	OAK-29	OAK-33	OAK-34
La (ppm)	29,3	14	16,9	15,5	26,3	25,7	20,4
Ce (ppm)	51,8	39	28,6	37,6	35,8	55	56,6
Pr (ppm)	2,88	2,89	2,83	2,83	2,99	2,65	2,93
Sm (ppm)	3,88	3,78	3,82	3,56	3,21	3,71	3,35
Eu (ppm)	1,83	1,45	1,73	1,73	1,56	1,87	1,69
Gd (ppm)	3,67	3,72	3,78	3,62	3,55	3,59	3,45
Tb (ppm)	0,40	0,41	0,41	0,39	0,37	0,44	0,41
Dy (ppm)	1,82	1,78	1,79	1,87	1,83	1,83	1,77
Ho (ppm)	0,48	0,48	0,51	0,53	0,49	0,51	0,56
Er (ppm)	1,33	1,52	1,53	1,48	1,43	1,44	1,46
Tm (ppm)	0,19	0,16	0,20	0,16	0,14	0,11	0,14
Zr (ppm)	22,1	23,2	14	21,3	25	26,6	20,5
Y (ppm)	1,77	1,79	1,76	1,82	1,78	1,83	1,82
Yb (ppm)	0,31	0,32	0,36	0,29	0,28	0,30	0,26
Lu (ppm)	2,88	2,89	2,83	2,83	2,99	2,65	2,93

Tablo 3.2: (devamı)

Örnek Adı	OAK-38	OAK-39	OAK-44	OAK-50	OAK-51	OAK-57
La (ppm)	19,5	20,9	14,9	30,3	30,4	16,8
Ce (ppm)	54,2	42	37,7	59,4	63,9	43,1
Pr (ppm)	2,88	2,38	2,77	2,22	70,73	71,73
Nd (ppm)	17,11	17,55	16,93	17,03	16,93	16,94
Sm (ppm)	3,81	3,11	2,98	2,73	2,83	2,79
Eu (ppm)	1,77	1,67	1,68	1,66	1,85	1,63
Gd (ppm)	3,83	3,76	3,34	3,52	3,33	3,43
Tb (ppm)	0,34	0,36	0,37	0,38	0,35	0,40
Dy (ppm)	1,81	1,66	1,80	1,76	1,71	1,74
Ho (ppm)	0,52	0,54	0,52	0,48	0,51	0,53
Er (ppm)	1,45	1,50	1,49	1,52	1,41	1,47
Tm (ppm)	0,12	0,17	0,16	0,15	0,16	0,12
Zr (ppm)	29,3	15,4	20,9	20,3	23,4	22,6
Y (ppm)	1,85	1,82	1,86	1,79	1,82	1,80
Yb (ppm)	0,33	0,34	0,35	0,29	0,31	0,28
Lu (ppm)	19,5	20,9	14,9	30,3	30,4	16,8

Çalışma sahasında bulunan Oligo-Miyosen yaşlı volkanitlerin ana, iz ve nadir toprak element sonuçları değerlendirilerek oluşum yolları, kimyasal sınıflandırması ve adlandırılması farklı diyagramlar yardımıyla belirlenmiştir.

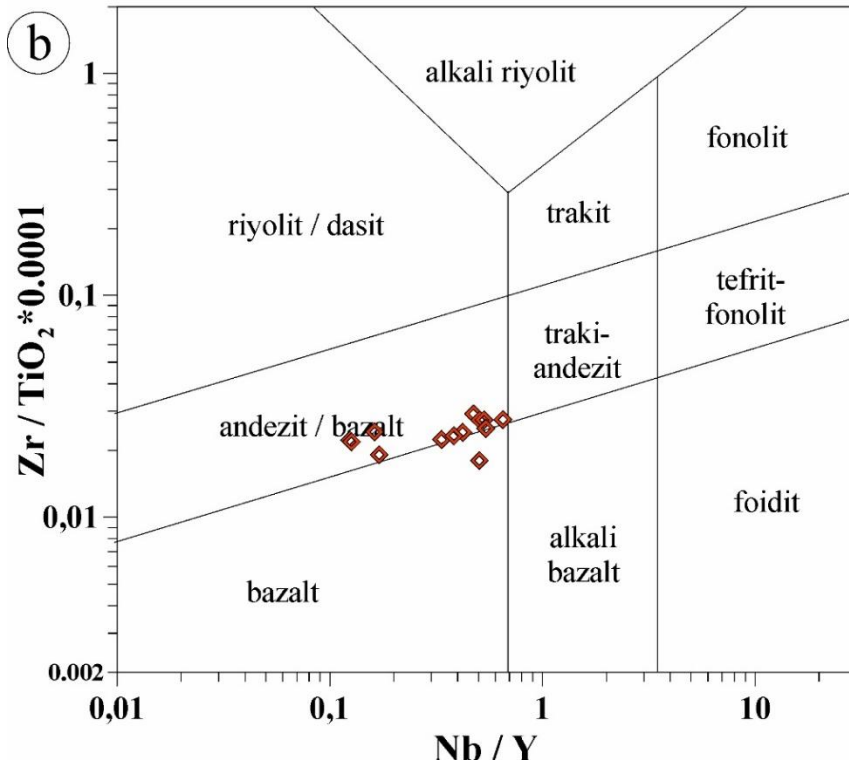
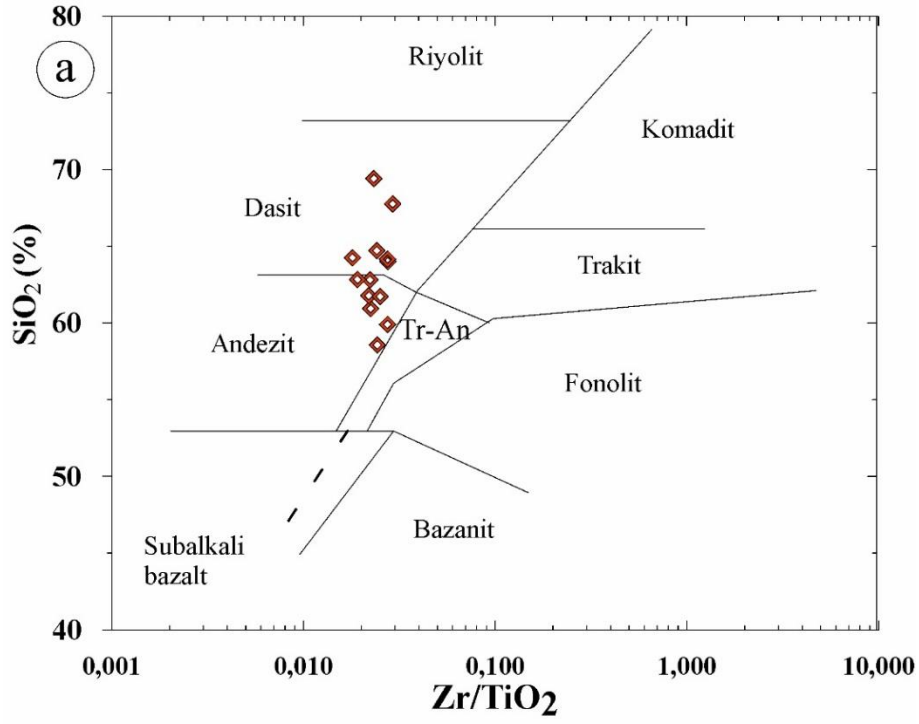
$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ (Le Maitre vd., 1989) (TAS) adlandırma diyagramında örneklerin çoğunluğu andezitik bazılarının da dasitik karakterli olduğu görülmüştür (Şekil 3.12). Petrografik inceleme ile andezit olarak adlandırılan birimin jeokimyasal adlandırma diyagramında dasit olarak belirlenmesi ortamdaki toplam silis artışından (silisleşme) kaynaklanmış olabilir. Ayrıca bölgedeki kayaçların oldukça fazla alterasyona uğradığı da bilinmektedir. Çalışılan volkanik örneklerin tümü subalkalen alanda yer almıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12: Volkanik kayaçlarda $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ (Le Maitre vd., 1989) (TAS) adlandırma diyagramı ve Alkalen-Subalkalen çizgisi (Irvine ve Baragar, 1971).

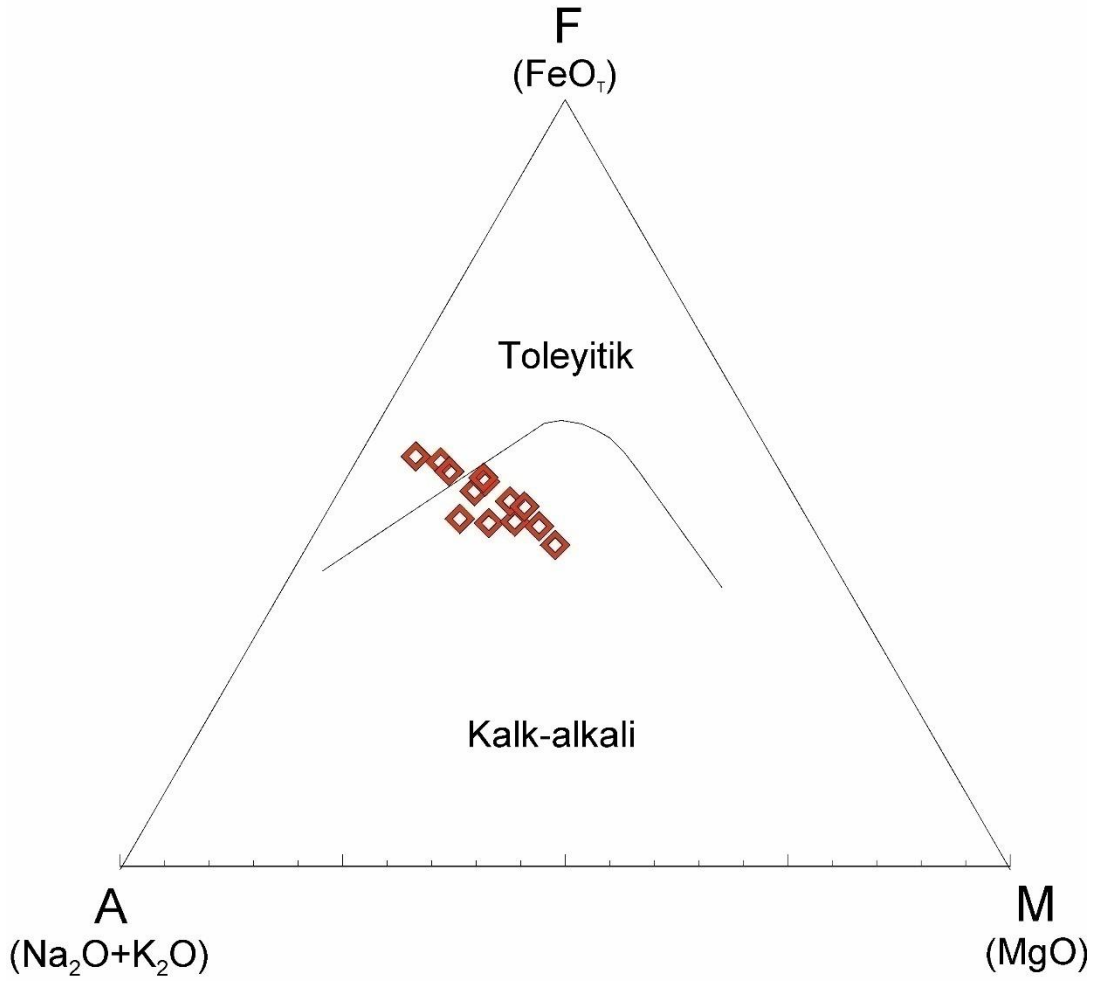
Bölgedeki normatif kuvars oranının yüksek olmasından dolayı volkanik kayaçları adlandırmada hareketli olmayan elementler dikkate alınarak diyagramlar hazırlanmıştır. $\text{Zr}/\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ adlandırma diyagramında da (Winchester ve Floyd, 1977) örneklerin bazıları silisleşmeden dolayı dasit alanında görülmüştür (Şekil 3.13 a). Fakat $\text{Zr}/\text{TiO}_2\text{-Nb/Y}$

adlandırma diyagramında andezit/bazalt alanında yer almıştır (Winchester ve Floyd, 1977), (Şekil 3.13 b).



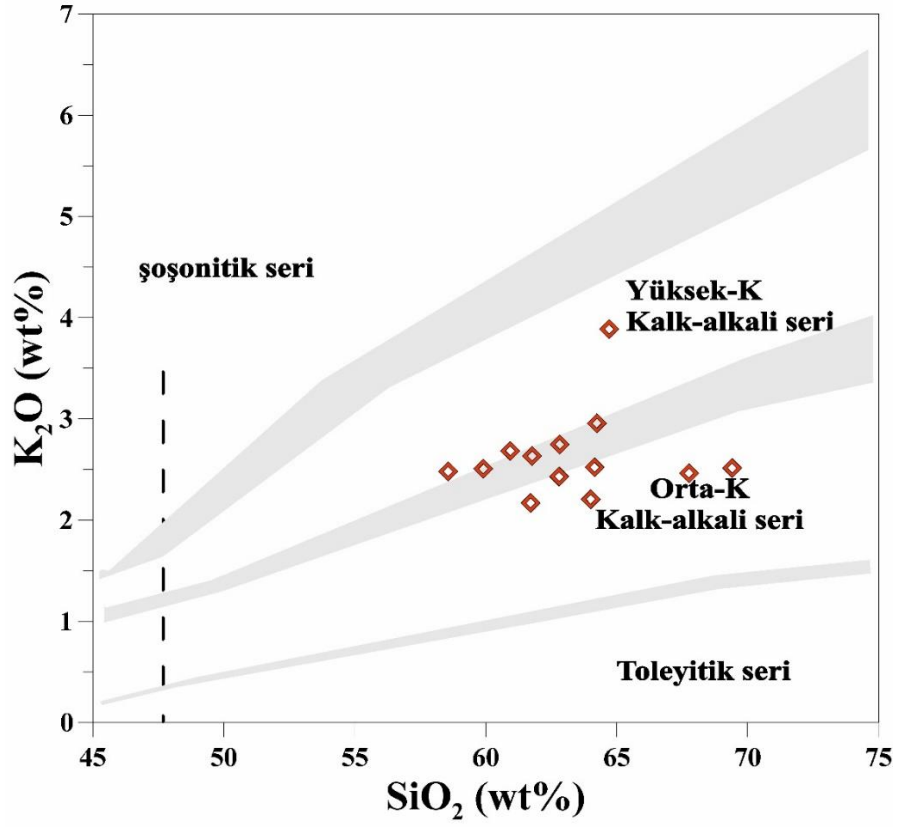
Şekil 3.13: İncelenen örneklerin a) Zr/TiO_2-SiO_2 (Winchester ve Floyd, 1977) ve b) $Zr/TiO_2-Nb/Y$ adlandırma diyagramları (Winchester ve Floyd, 1977).

AFM üçgen diyagramında (Irvine ve Baragar, 1971), çalışma sahası volkanik kayaların genel olarak kalk-alkalen alanına düştüğü görülmektedir (Şekil 3.14).

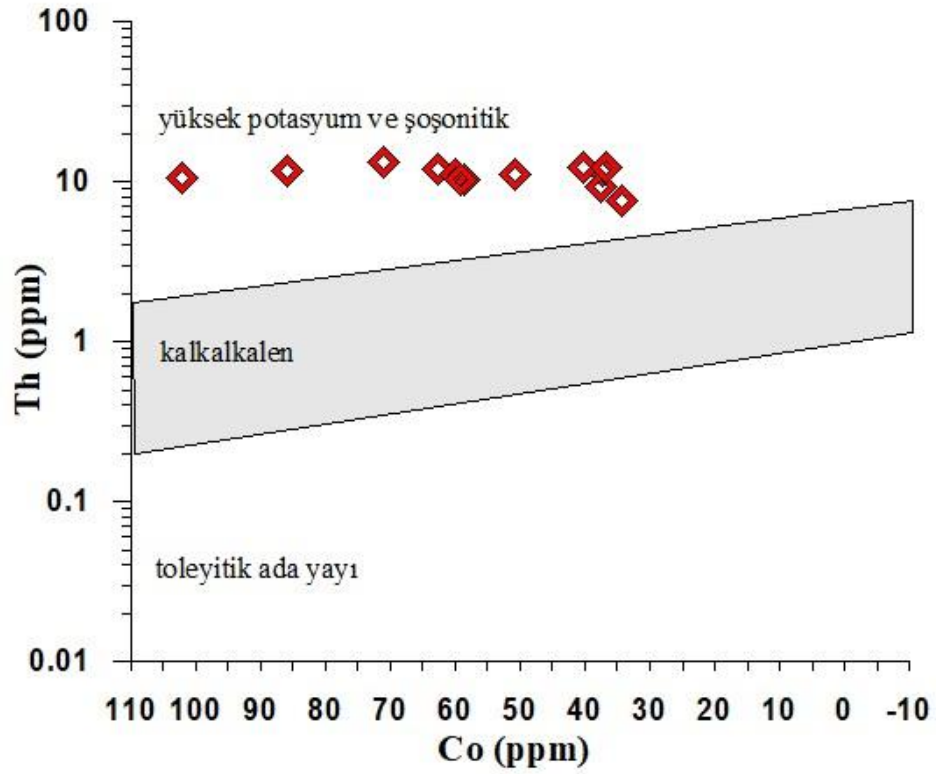


Şekil 3.14: Volkanik kayalarda AFM ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, Fe_2O_3 , MgO) diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).

SiO_2 - K_2O sınıflama diyagramında (Le Maitre vd., 1989) bölgenin alterasyona uğraması ve SiO_2 oranının yüksek olmasından dolayı örneklerin orta-yüksek-K'lu kalk-alkali sınırında kalmasına neden olmaktadır (Şekil 3.15). Bundan dolayı Th-Co diyagramına baktığımızda örneklerin hepsinin yüksek-K alanında kalmaktadır (Şekil 3.16).



Şekil 3.15: Volkanik kayalarda SiO₂ (wt%)-K₂O (wt%) diyagramı (Le Maitre vd., 1989).

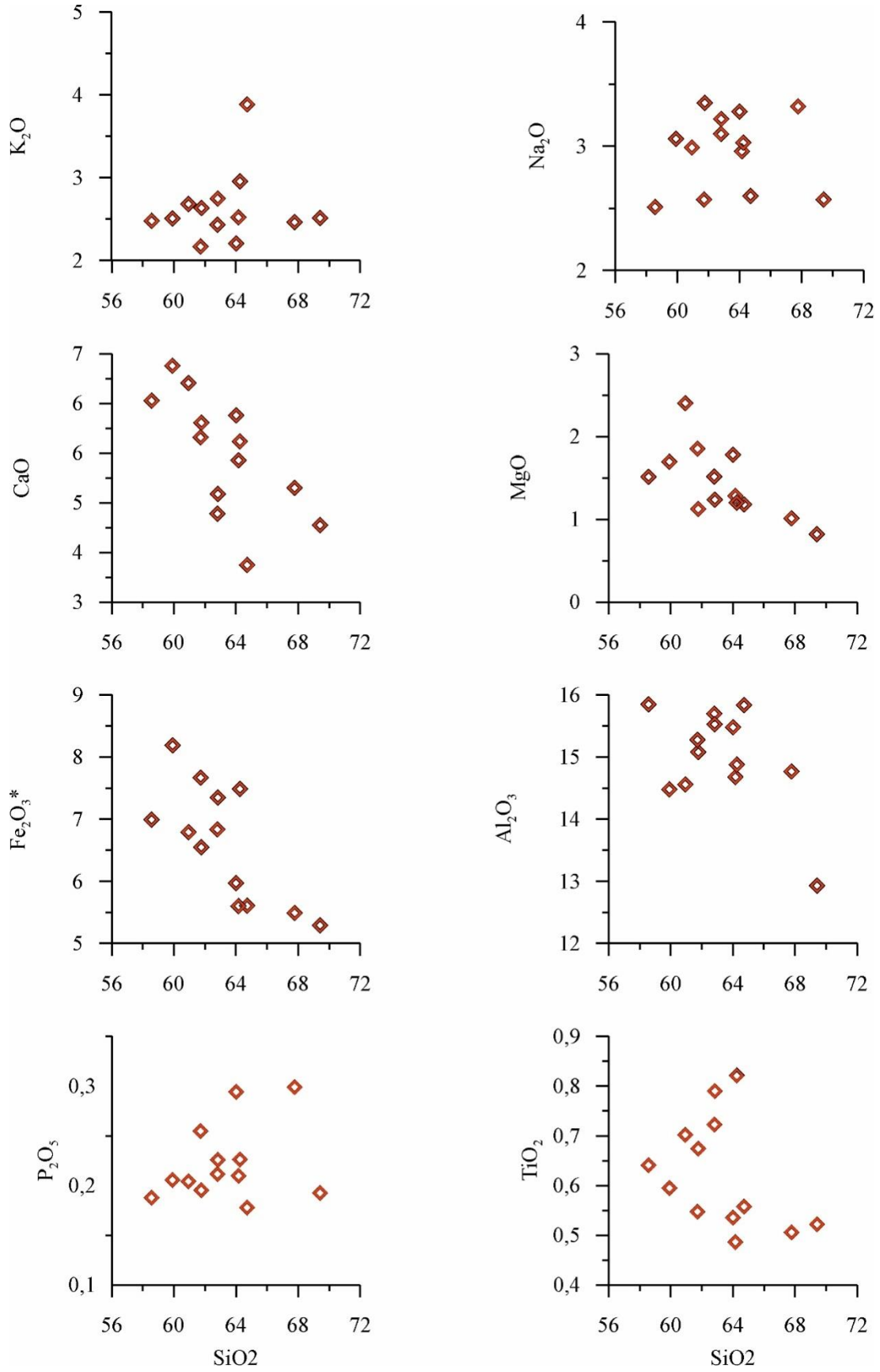


Şekil 3.16: Volkanik kayalarda Co (ppm)-Th (ppm) diyagramı (Hastie vd., 2007).

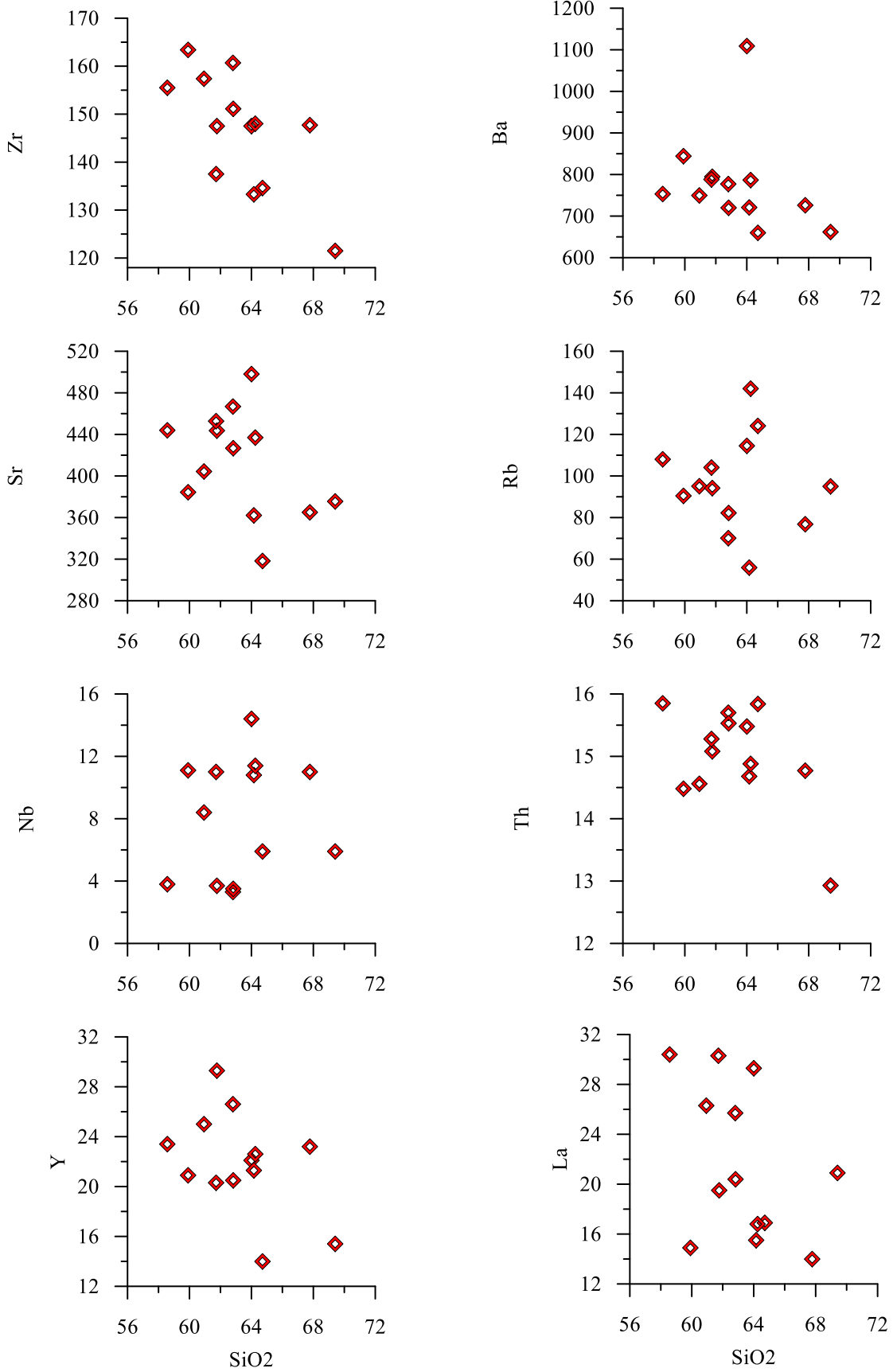
SiO₂'ye karşı ana ve iz elementlerin karşılaştırıldığı ve magmanın eriyik halden kristalleşme sürecine kadar hangi tür aşamalardan geçtiğini belirleyebilmek için Harker diyagramları çizilmiştir. Harker diyagramlarına göre ana ve iz elementler pozitif veya negatif gidişatlar göstermektedir. Diyagramlara göre CaO, MgO, Fe₂O₃, Al₂O₃, P₂O₅, TiO₂, Na₂O, Zr, Sr, Ba, Rb ve Th negatif, K₂O ve Nb pozitif, Y ve La ise düzensiz dağılım sunmaktadır (Şekil 3.17; Şekil 3.18). Çalışma sahasında ki volkanik kayaların pozitif ve negatif yönelme göstermeleri fenokristal fazların fraksiyonelleşmesiyle ilişkilidir. Pozitif yönelme, ana ve iz elementlerin kabukta kirlenme veya magma karışımıyla zenginleştiklerini ifade eder. Negatif yönelim ise fenokristal fazların alterasyonu ile açıklanır. Harker diyagramına göre düzensiz dağılım gösteren elementler ise alterasyona veya magma karışımı ile ilişkilendirilebilir.

Çalışma sahasında ki volkanik kayalarda gözlenen Sr, MgO, Na₂O ve CaO azalması plajiyoklaz kristalleşmesini göstermektedir. Aynı şekilde Fe₂O₃ ve Ba değerlerindeki negatif değişim amfibol ve biyotitin kristalleşmesi ile ilişkilidir. Benzer şekilde SiO₂' ye karşı P₂O₅'te ki azalış apatit mineralinin kristallendiğini işaret eder. TiO₂ ve Fe₂O₃'teki azalış ise manyetit ve Fe-Ti oksit kristallenmesini gösterir. Rb elementindeki değişim hornblend, Sr' deki değişim de plajiyoklazın kristallenmesi ile ilişkilidir. Yine Y elementindeki değişim hornblendin kristalleşmesiyle ilişkilidir. Bu özelliklerden dolayı volkanik kayaların gelişiminde plajiyoklaz ve hornblend ayrışmasının etkili olduğu söylenebilir.

Harker diyagramlarında pozitif yönelimi olan K₂O'nun kimyasal bileşen olarak farklı eriyigin fraksiyonel kristallenmesini ya da eriyiklerin birbiri ile karışımını (magma mixing) ifade etmektedir.



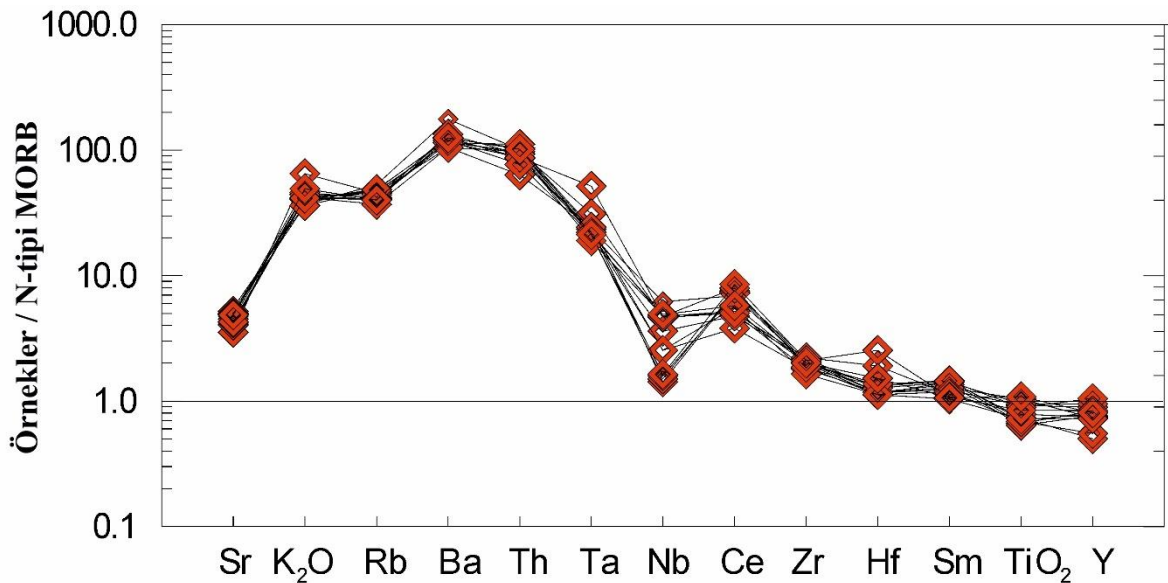
Şekil 3.17: Çalışma sahasına ait kayaç örneklerinin SiO₂'ye karşı ana element değişim diyagramları.



Şekil 3.18: Çalışma sahasına ait kayaç örneklerinin SiO₂'ye karşı iz element değişim diyagramları.

Çalışma alanındaki Hallaçlar volkanik kayaçlarına ait iz elementleri değerleri N-MORB'a (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilerek iz element dağılım diyagramı çizilmiştir (Şekil 3.19). Volkanik kayaçlara ait örneklerin Büyük İyon Yarıçaplı Litofil Elementlerce (BİYE; Rb, Ba, K, Th) zenginleştiği, Yüksek Çekim Alanlı Elementlerce (YÇAE; Zr, Sm ve Y) fakirleştiği görülmektedir. Örneklerin BİYE ve Düşük Nadir Toprak Elementler (DNTE) bakımından zenginleşmesi ve negatif Nb anomaliye sahip olması, yitim ortamını veya kabuk kirlenmesini göstermektedir (Pearce 1983; Baier vd., 2008). Dağılımlardaki belirgin Nb anomali apatit ve Fe-Ti oksit minerallerin ayrımlaşmasına da işaret eder (Pearce 1982). Özellikle Th, Rb ve K gibi elementlerin zenginleşmesi ise kabuk etkisini belirtmektedir. Yüksek Ba/La (37,84–56,65) oranları ve BİYE'ce zenginleşme yitim zonu volkanik kayaçların özelliğidir (Elburg vd., 2002; Baier vd., 2008).

Ba elementinin zenginleşmesi, Ta ve Nb elementlerindeki fakirleşmeler, yüksek Ba/Nb (>28) değerleri ve Ba/Ta (>450) oranları yay magmatizmasının bilinen jeokimyasal özellikleridir (Gill, 1981; Fitton vd., 1988). Çalışılan volkanik kayaç örneklerine ait Ba/Nb oranı 66,01-235,45 ve Ba/Ta oranı ise 175,80-357,74 arasında olup yay magmatizmasının özelliklerini sunmaktadırlar.

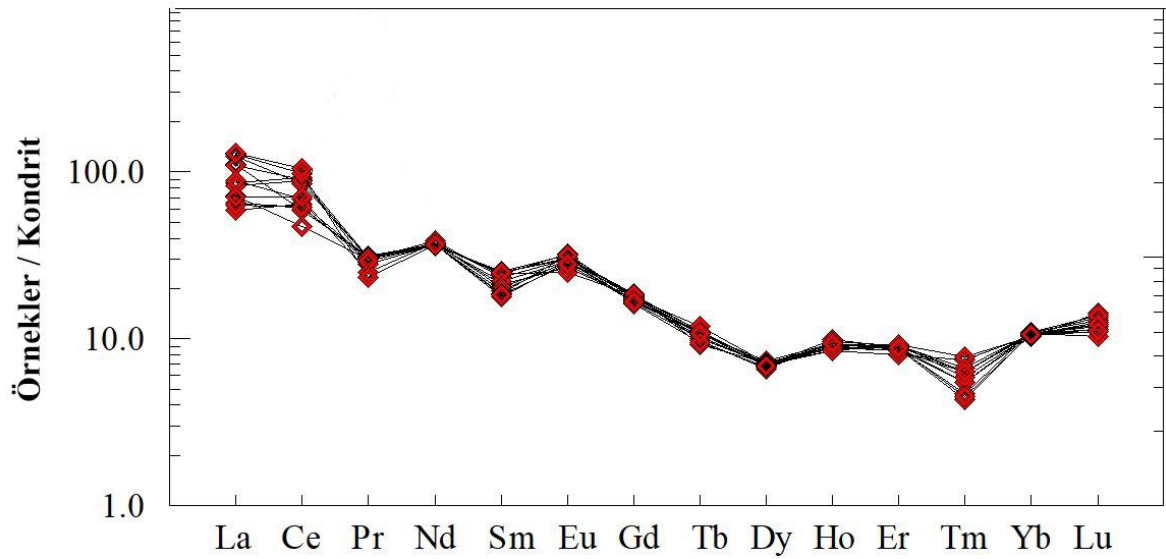


Şekil 3.19: Hallaçlar volkanitlerinin N-tipi MORB'a (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramı.

Örneklerin Kondrit'e göre (Sun ve McDonough, 1989) normalleştirilmiş nadir toprak element dağılım diyagramında (Şekil 3.20), genel olarak birbirlerine paralellik göstermektedir. Söz konusu benzerlik, çalışılan volkanitlerin aynı veya benzer kaynağa ait olabileceğini göstermektedir. Diyagramda örneklerin hafif nadir toprak elementlerce (HNTE)

zenginleşmiş, ağır nadir toprak elementlerce (ANTE) de daha az zenginleşmiş olduğu görülmektedir. Kondrit'e göre HNTE'ler ANTE'lere göre yaklaşık 10 kat daha fazla zenginleşmiştir. Örneklerde $(La/Lu)_N$ değerleri 4,69-10,13, $(La/Sm)_N$ değerleri 2,39-7,17 ve $(Gd/Lu)_N$ değerleri 1,18-1,64 arasında değişmektedir. Hallaçlar volkanitlerindeki $(La/Lu)_N=4,69-10,13$ ara değerleri arasında olup orta düzeyde zenginleşmiştir ve konkav şeklinde dağılım sunmaktadır. Bu konkav şekilli nadir toprak elementlerinin dağılımları amfibol ile plajiyoklaz ayrımlaşmasını göstermektedir (Thompson vd., 1984; Thirlwall vd., 1994). Bu veriler petrografik çalışmalarla da uyumludur. Ba/La oranları 24,78-56,65 arasındadır ve ada yayı bazaltlarına benzerlik sunmaktadır. Ba/Nb, Ba/La, La/Nb, Sm/Nd ve Nb/Th değerleri incelenen volkanitlerin ada yayı kalk-alkalen bazaltlara benzer olduğunu gösterir (Sun ve McDonough, 1989; Bradshaw ve Smith, 1994; Elburg vd., 2002). Çalışılan volkanik kayaların Eu değerlerinin belirgin negatif anomali göstermemesi bunların gelişiminde plajiyoklaz ayrımlaşmasının çok etkili olmadığını gösterebilir. Negatif Eu anomalisinin gözlenmemesi mineral ayrımlaşmasının >5 kbar'lık basınçta olduğunu göstermekte olup bunun alt kabukta >15 km derinliğe karşılık gelmektedir (Aydın vd., 2008).

Volkanik kayaç örneklerine ait DNTE'lerinin YNTE'lerine göre zenginleşmesi ve $(La/Lu)_N$ değerlerinin 8,66–15,65 arasında olması, kalk-alkalen volkanizmayı göstermektedir. Bu durum granatsız litosferik kaynağı veya mantodaki kısmi ergimeyi işaret edebilir (Wilson, 1989; Wood ve Joron, 1979).



Şekil 3.20: Hallaçlar volkanitlerinin Kondrit'e göre (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş nadir toprak element dağılım diyagramı.

4. TARTIŞMA

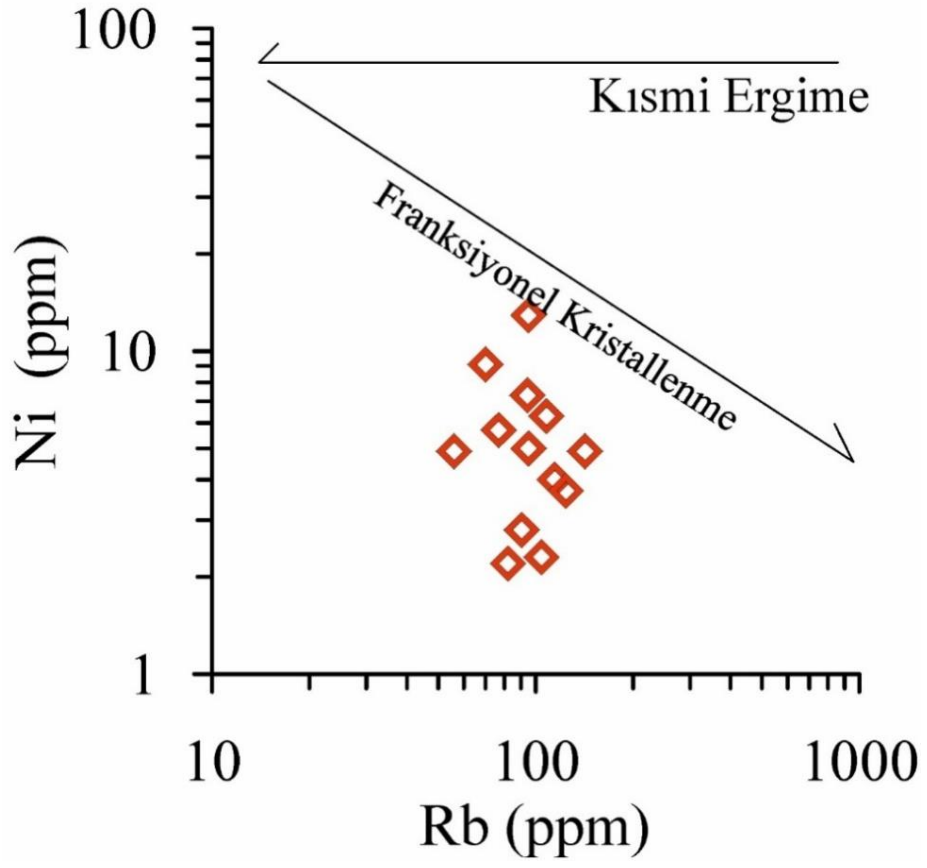
Volkanik kayalar, oluşum s¼reci boyunca çeşitli olaylardan etkilenmektedir. Oluşum s¼recindeki kısmi ergime, fraksiyonel kristallenme (FC) ve asimilasyon-fraksiyonel kristallenme (AFC) gibi benzeri etkenlerin belirlenebilmesi çeşitli diyagramlar yardımıyla m¼mk¼n olmaktadır.

4.1 Kısmi Ergime

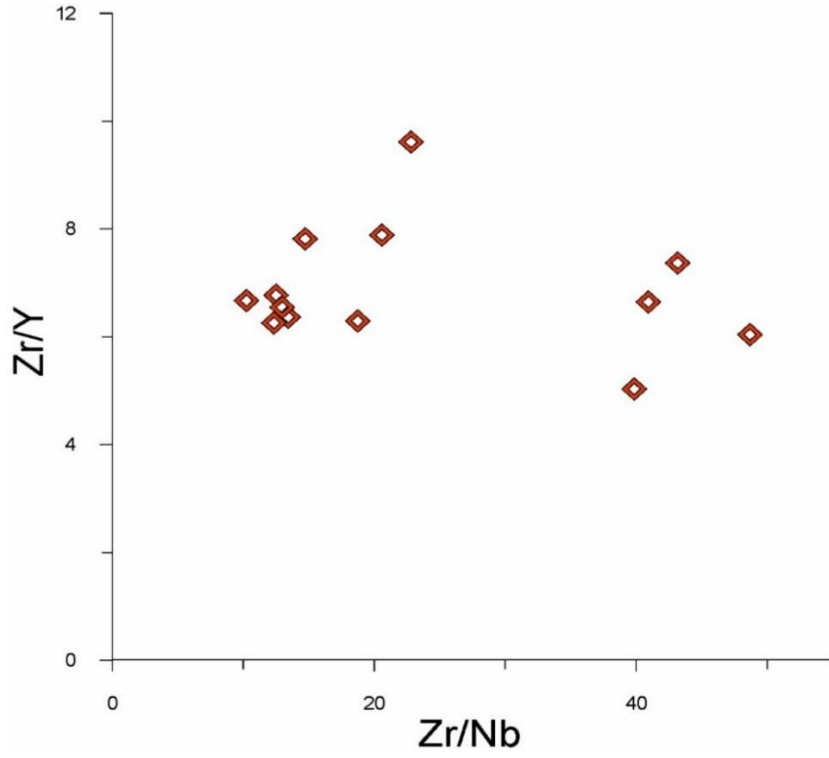
Durağan bir ortam olmayan manto, konveksiyonel hareketliliğe bağlı olarak sıcaklık dağılımını etkilemektedir. G¼n¼m¼zde magmatizma, konveksiyonel akımın ileri derece etkin olduğu açılma zonlarında g¼r¼lmekte ve konveksiyonel hareketin hızlı olduğu bu gibi açılma noktalarında y¼kselen mantoda belirli bir jeotermik sıcaklık radyanında, hızlı bir basınç d¼řmesi (adiyabatik dekompresyon) ile kısmi ergime gerçekleşmektedir. Yitim zonlarında ise okyanusal levhanın kıtasal levha altına dalması ve bu esnada t¼reyen su ve uçucu bileşenler mantonun sıcaklığını d¼řürmekte ve sonucunda kısmi ergime oluşumunu başlatmaktadır. Üst mantoda gerçekleşen kısmi ergime 3 ana etkene bağlı kalarak gerçekleşir; üst mantoda sıcaklık y¼kselmesi, ortama uçucu bileşenlerin karışması ve adiyabatik dekompresyondur (Wilson, 1989).

Y¼ksek orandaki Ni, Cr ve Rb elementlerin karşılaştırılmalarıyla kısmi ergime ve fraksiyonel kristallenme olayları incelenebilir (Maaloe, 1985). Eğer kısmi ergime olayı egemen ise, Ni element içerikleri sabit olmasına karşın Rb içerikleri ise değişkendir. Çalışma sahasında bulunan volkanik k¼kenli kayaların Ni-Rb diyagramında (Maaloe 1985) Hallaçlar volkanitinin oluşumunda kısmi ergimedenden ziyade fraksiyonel kristallenmenin etkin olduğu g¼r¼lmektedir (şekil 4.1).

Benzer olarak y¼ksek Zr/Y'a karşı d¼ř¼k Zr/Nb oranları d¼ř¼k dereceli kısmi ergimede, y¼ksek Zr/Nb'a karşı d¼ř¼k Zr/Y oranları da y¼ksek dereceli kısmi ergimede g¼r¼lmektedir (Menzies ve Kyle, 1990). İncelenen volkaniklerin Zr/Y-Zr/Nb ayırtman diyagramında (şekil 4.2) y¼ksek Zr/Y'a karşı d¼ř¼k Zr/Nb değerleri g¼r¼lm¼ř olup bununla Hallaçlar volkanitlerinin zenginleşmiş kayaktan ve d¼ř¼k dereceli kısmi ergimeyle gelişebileceğini g¼stermektedir.



Şekil 4.1: Ni (ppm)-Rb (ppm) diyagramı (Maaloe, 1985).



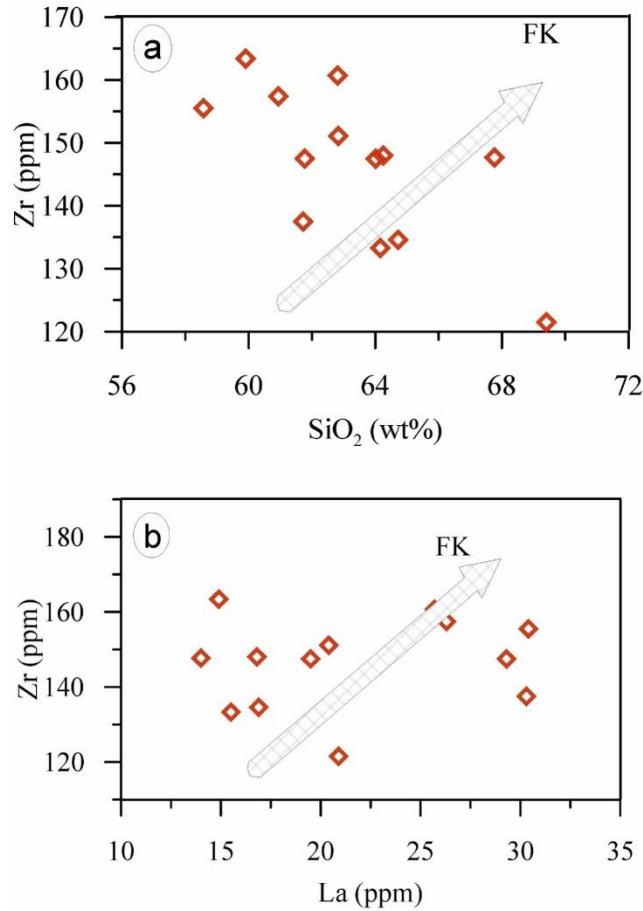
Şekil 4.2: Zr/Y-Zr/Nb diyagramı (Menzies ve Kyle, 1990).

4.2 Fraksiyonel Kristallenme

Magmatik farklılaşmanın ana etkenlerinden biri olan fraksiyonel kristallenme, Bowen'ın (1956) silikat eriyikler ile yaptığı çalışmalarda, magmanın belirli sıcaklık aralığında kristallenmediğini, geniş bir sıcaklık aralığında oluştuğunu ve sıcaklığın azalması ile birlikte mineral kimyasının da farklılaştığını belirtmiştir. Bu süreç magmanın belirli bileşenlerce fakirleşmesini, belirli bileşenlerinde zenginleşmesini ifade etmektedir

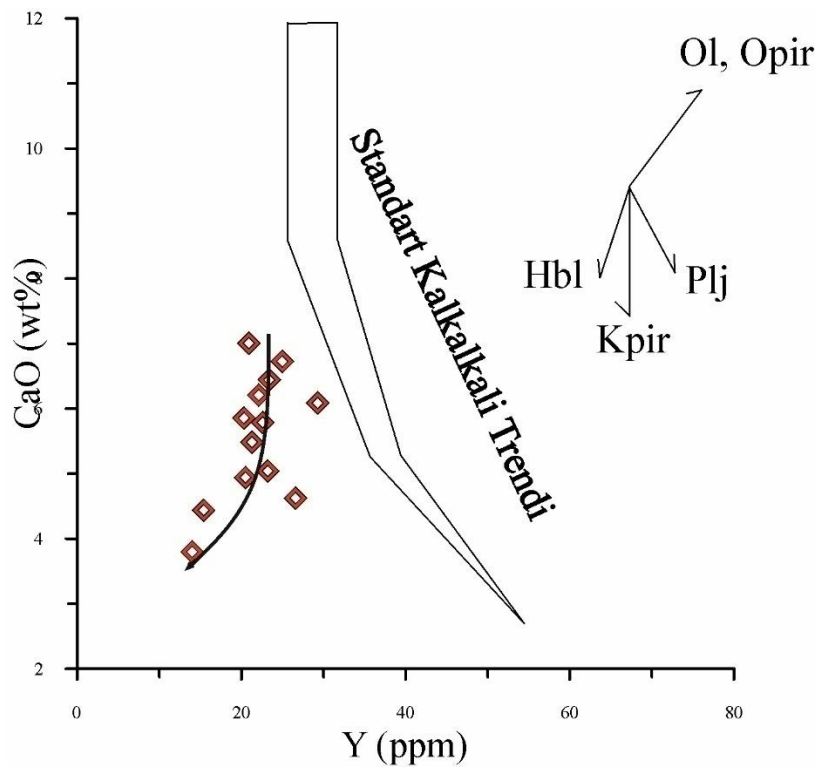
Ana-iz elementlerde SiO_2 'ye karşı pozitif ve negatif değişimler kristal fraksiyonlaşmasının varlığını işaret etmektedir. Çalışılan volkanitlerde de bu değişimler plajiyoklaz, amfibol ve biyotit minerallerinin kristallenmesi ile ilişkili olabilir.

Çalışma sahasındaki volkanik kayaçların ana oksit ve iz elementlerinden SiO_2 -Zr ve La-Zr'den faydalanılarak hazırlanan ikili diyagramlarda, Hallaçlar volkanik kayaçlarının eğimli bir yönseme gösterdikleri bunun da fraksiyonel kristallenme ile kayaç oluşumunun ilişkisi açıklanmıştır. Bu diyagrama göre fraksiyonel kristallenme kayaç oluşumunun meydana geldiğini ifade etmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Volkanik kayaçların SiO_2 (wt%)'ye karşı Zr (ppm) ve La (ppm) – Zr (ppm) diyagramları.

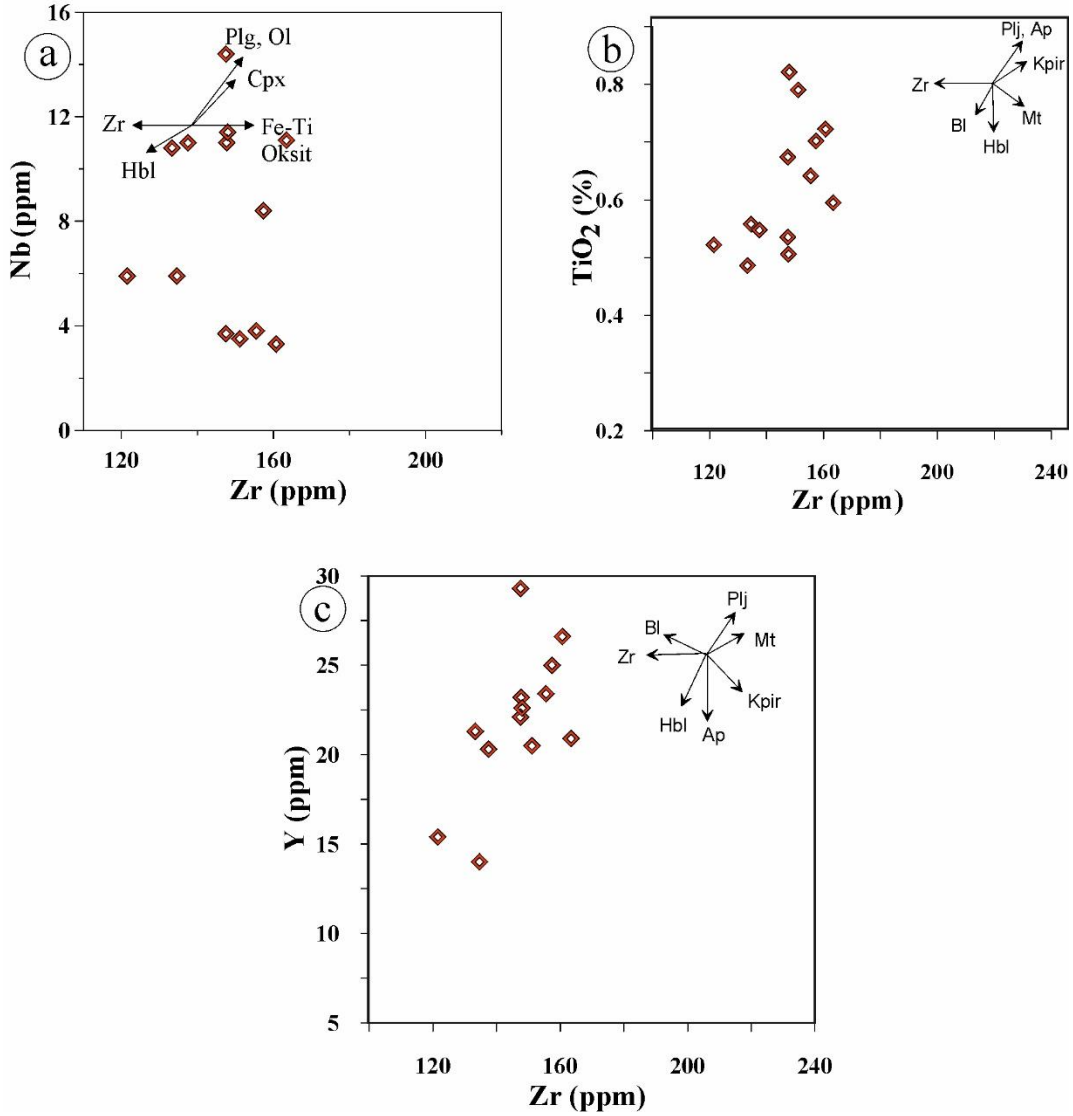
CaO-Y ayırtman diyagramında Y içeriğine göre standart kalk-alkalen yönsemesi, J veya L tipi şeklinde tanımlanmıştır (Lambert ve Holland, 1974). L tipi yönsemelerde klinopiroksen ve plajiyoklaz ayrışmasını veya kaynak kayada tutulmasına, J tipi yönsemelerde ise hornblend (\pm granat) ve apatit denetimli ayrışma ya da kaynak kayada tutulmasını göstermektedir. İnceleme sahasından alınan volkanik kökenli kayaçların kalk-alkalen kayaç grubunda bulunması ve bu grup için Lambert ve Holland'ın (1974) geliştirdiği Y (ppm) – CaO (wt%) diyagramına göre kayaçların J tipine uygun yönelmesi Hallaçlar volkanitlerinin oluşumu esnasında hornblend ve plajiyoklaz minerallerinin etkinliği gözlenmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Çalışma sahasında bulunan volkanik kayaçların Y (ppm)- CaO (wt%) diyagramı (Lambert ve Holland, 1974).

Volkanik kayaçların oluşumu esnasında etken olan fraksiyonel kristallenme sürecinde etkili minerallerin belirlenebilmesi için Zr-Nb, Zr-TiO₂, Zr-Y ikili diyagramları çizilmiştir (Şekil 4.5). Buna göre, Nb-Zr ve TiO₂-Zr ikili değişim diyagramlarında (Şekil 4.5 a,b) hornblend, plajiyoklaz, apatit ve biyotit mineral ayrışması gözlenmektedir. Zr'ye karşı Y ikili diyagramındaki negatif yönseme ise hornblend ve apatit ayrışmasına işaret etmektedir (Şekil 4.5 c).

Sonuçta incelenen volkanik kayaların gelişiminde plajiyoklaz, hornblend, biyotit, apatit ve manyetit fraksiyonlaşmalarının rol oynadığını görülmektedir. Hallaçlar volkanik kayalarının gelişiminde fraksiyonel kristallenme (FC) önemli bir rol oynamıştır.



Şekil 4.5: Hallaçlar volkanik kayalarının; a) Zr-Nb, b) Zr-TiO₂ ve c) Zr-Y ikili diyagramları.

4.3 Asimilasyon

Eriyik haldeki magmanın kristallenme süreci boyunca yan kayalar ile etkileşim halinde olması ve etkileşim ile yan kayaların eriyerek magmanın yapısına katılması sonucu magmanın ilksel bileşiminin kısmen veya tamamının (kirlenmiş) farklılaşmasına asimilasyon denilir. Yüksek magma sıcaklığı yan kayalardan ksenolitler halinde parçaları kendi bünyesine katar. Ksenolitler, kısmen veya tamamının erimesi esnasında magmanın da sıcaklığını kaybettiği noktalarda kristalleşmeler oluşur. Bu durum fraksiyonel

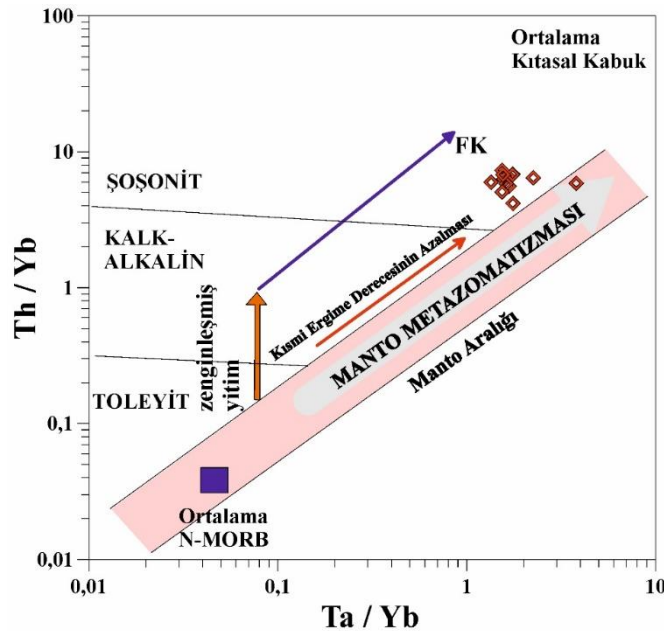
kristallenme sürecinin asimilasyon ile birlikte görüldüğü ve çeşitliliğin oluşabilmesinde önemli rol oynadığını gösterir.

Çalışılan örneklerde, ana magmanın yükseliminde kıtasal kabuk asimilasyonu veya fraksiyonel kristallenme ile birlikte oluşan asimilasyondan dolayı Ce ve La içerikleri yükselmiş ve Büyük İyon Litofil Elementleri'de (BİLE) zenginleşmiştir. Bununla birlikte iz element diyagramındaki negatif Nb anomalisi de kabuk kirlenmesi veya yitim bileşeninden kaynaklanabilmektedir (De Paolo,1981; Grove vd., 1982).

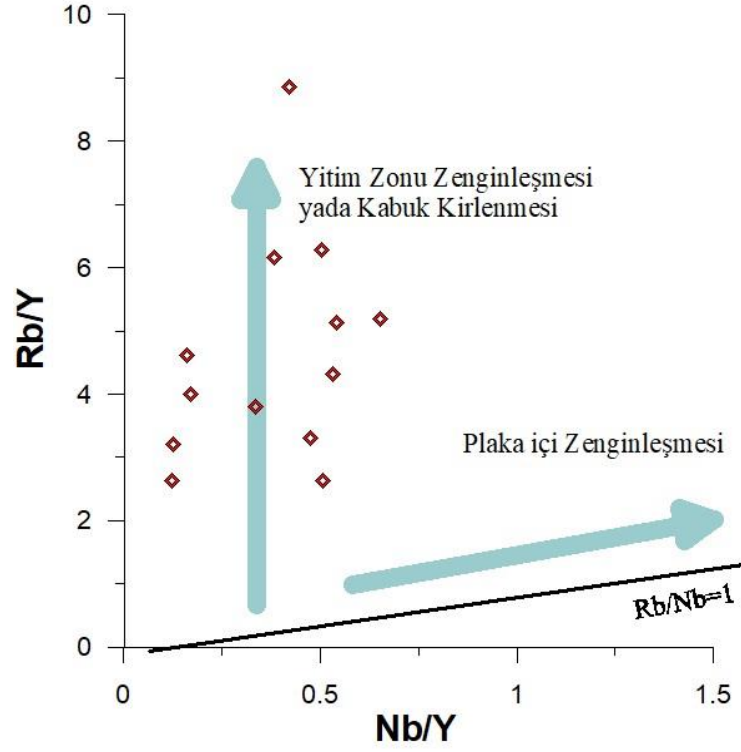
Kabuksal kirlenmenin ve kaynak bileşiminin belirlenmesinde kullanılan (Pearce, 1983) Ta/Yb-Th/Yb diyagramında çalışma sahasındaki volkanik kayaların fraksiyonel krsitalleşmesi (FK) ve zenginleşmiş yitim zonunda oluştuğunu gösterir (Şekil 4.6). Yüksek Th/Yb oranında zenginleşmiş yitim alanında kaldığını ifade etmektedir (Wilson, 1989a).

Nb/Y-Rb/Y diyagramında (Taylor ve McLennan, 1985) ise (Şekil 4.7), çalışma sahası volkanik kayalarının benzer olarak yitim zonu zenginleşmesi ya da kabuk kirlenmesine işaret etmektedir. Yüksek Rb/Y oranının fraksiyonel kristallenme ile birlikte kabukta kirlenme olayının etkisini göstermektedir.

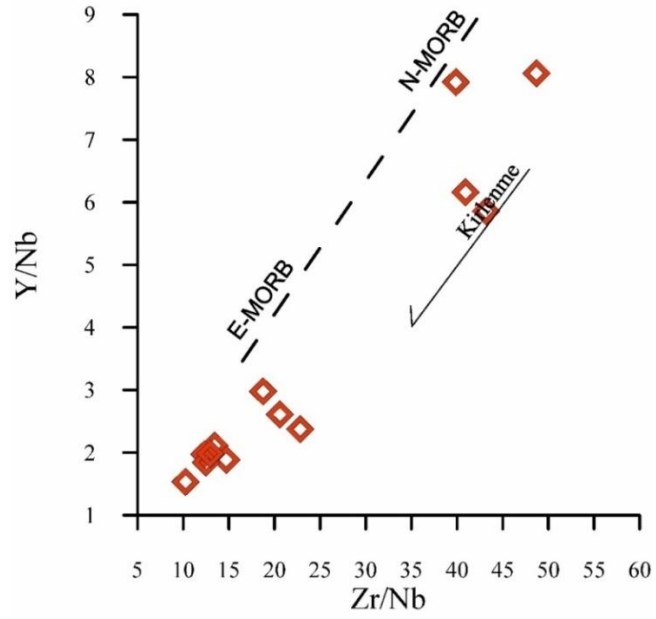
Zr/Nb-Y/Nb diyagramında da volkanik kayaların oluşum süresinde kabukta kirlenmeye uğradığını işaret etmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.6: Çalışma sahası volkanik kayalarının Ta/Yb-Th/Yb diyagramına göre konumu (Pearce, 1983).

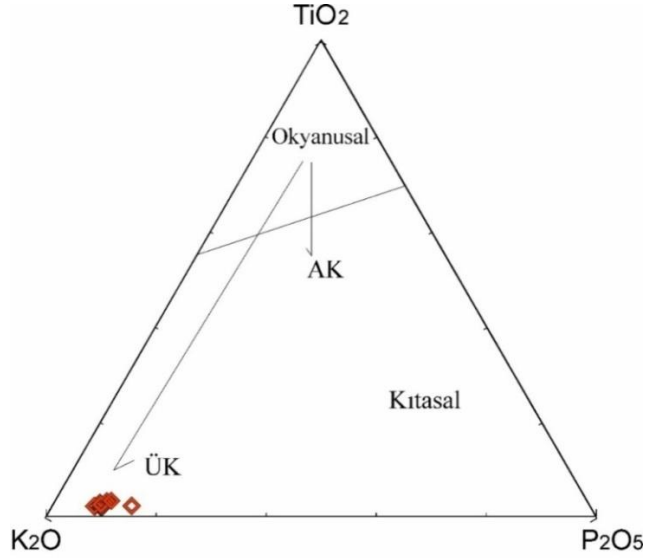


Şekil 4.7: Nb/Y-Rb/Y diyagramı (Taylor ve McLennan; 1985).



Şekil 4.8: Zr/Nb-Y/Nb diyagramı.

TiO₂-K₂O-P₂O₅ tektonik ayırtlama diyagramında yüksek K₂O zenginleşmesi kabuksal kirlenmenin oluştuğunu göstermektedir (Şekil 4.9) (Pearce ve Cann., 1973).



Şekil 4.9: TiO₂-K₂O-P₂O₅ üçgen diyagramı (ÜK: Üst Kabuk, AK: Alt Kabuk) (Pearce ve Cann., 1973).

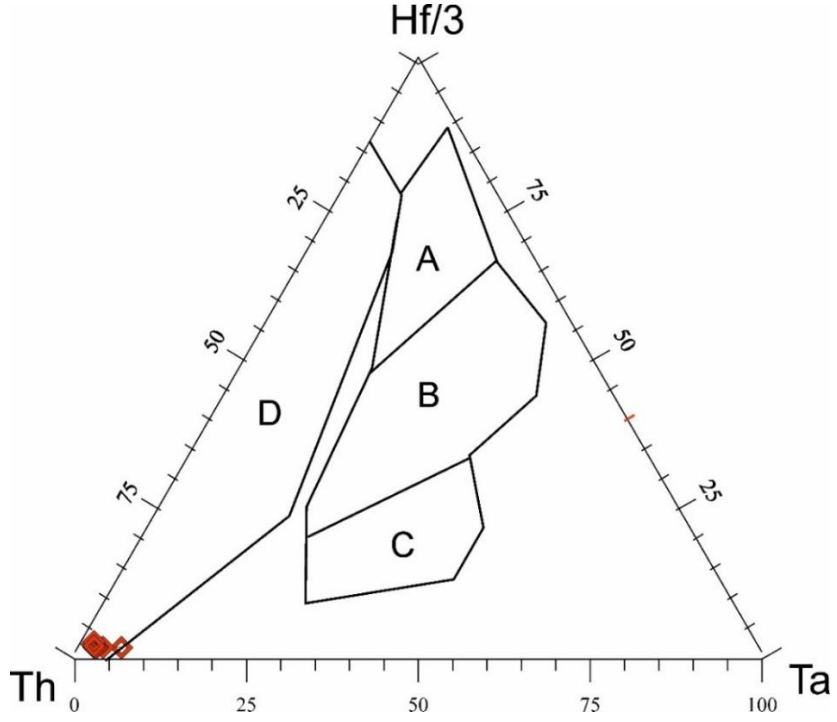
Çalışılan Hallaçlar volkanik kayaların fraksiyonel kristallenmeyle oluştuğu, yitim ile ilişkili olduğu ve kabukta kirlenmeye maruz kaldığını ifade edebiliriz.

4.4 Tektonik Ortam

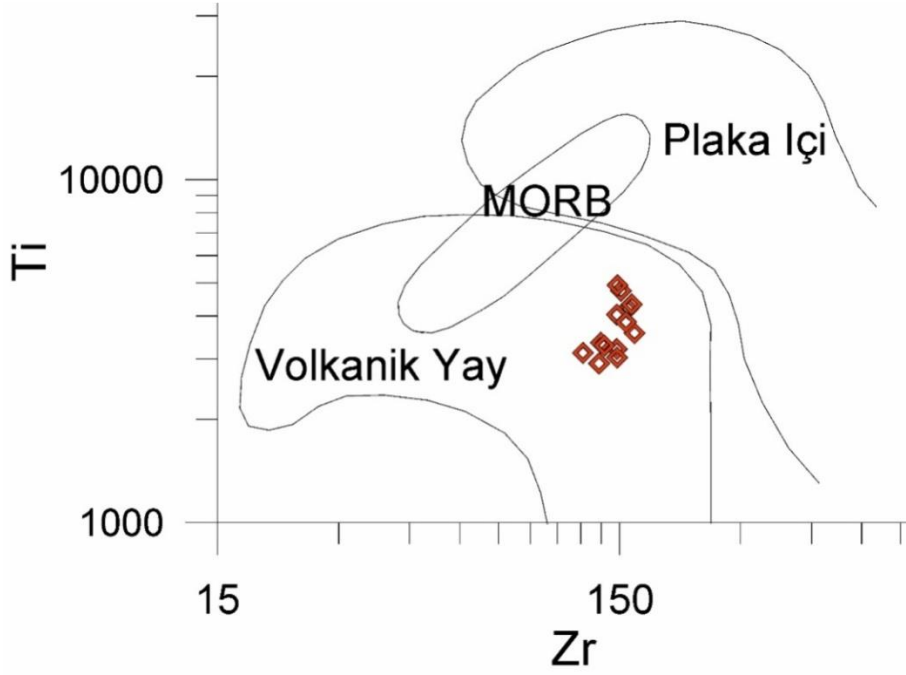
Hallaçlar volkanik kayalarında Zr, Ti, Nb ve Ta gibi ayrışmaya duyarlı olmayan elementlerin kullanılarak hazırlanan diyagramlar ile tektonik ortam ortaya konulmaya çalışılmıştır.

İz ve NTE'lere göre hazırlanan diyagramda (Şekil 3.19 ve 3.20) YEAE ve DNTE'ce fakirleşme; DÇAE, DNTE'ce de zenginleşme görülmesi kayaları oluşturan magma kökeninin yitim zonu ortamı olduğunu ifade etmektedir (Pearce ve Peate, 1995; Turner, 2005). Çalışılan Hallaçlar volkanitlerindeki yüksek Ba/La (30.66–50.50) oranı ve düşük Nb/La (0.29-0.53) oranları söz konusu kayaların orojenik volkanik kayalara (Sun ve McDonough, 1989) benzediğini göstermektedir.

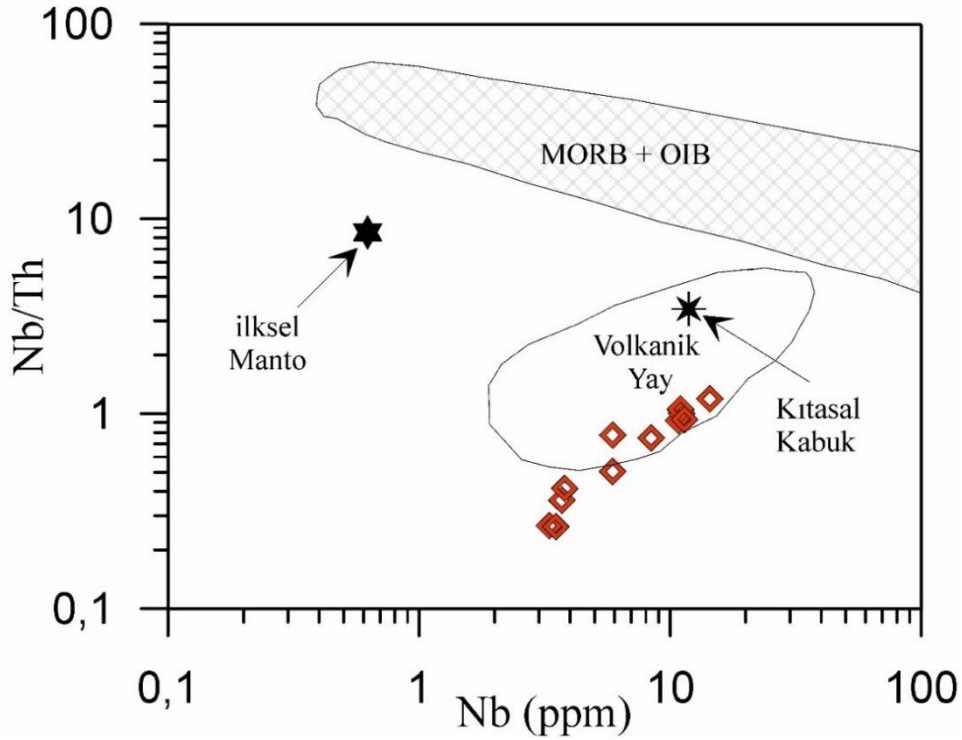
Çalışılan volkanik kayaç örnekleri Hf/3-Th-Ta tektonik üçgen diyagramda (Wood 1980) volkanik yay bazaltları alanında yer almaktadır (Şekil 4.10). Ti-Zr diyagramında da (Pearce, 1982) tüm andezitler volkanik yay alanında izlenmiştir (Şekil 4.11). Benzer olarak Nb-Nb/Th diyagramında örnekler volkanik yay alanı içerisinde yer almaktadır (Şekil 4.12).



Şekil 4.10: Hallaçlar volkanik kayaların Hf/3-Th-Ta üçgen diyagramındaki yeri. A: N-MORB, B: E-MORB, C: Plaka içi alkalin bazaltları, D: Volkanik yay bazaltları (Wood, 1980).



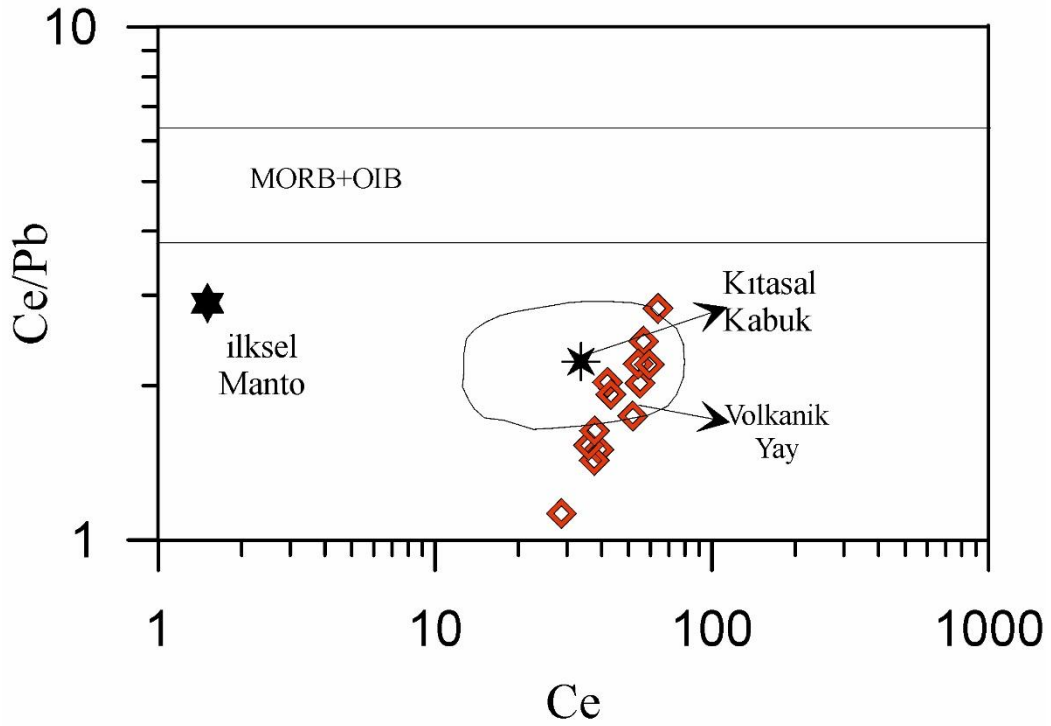
Şekil 4.11: Hallaçlar volkanitlerine ait Ti-Zr tektonik diyagramı (Pearce, 1982).



Şekil 4.12: Hallaçlar volkanitlerinin Nb-Nb/Th diyagramındaki yeri (İlksel manto Hoffmann, 1988, MORB+OIB ve yay volkanitleri Schmidberger ve Hegner, 1999’ dan alınmıştır).

4.5 Magmanın Kökeni

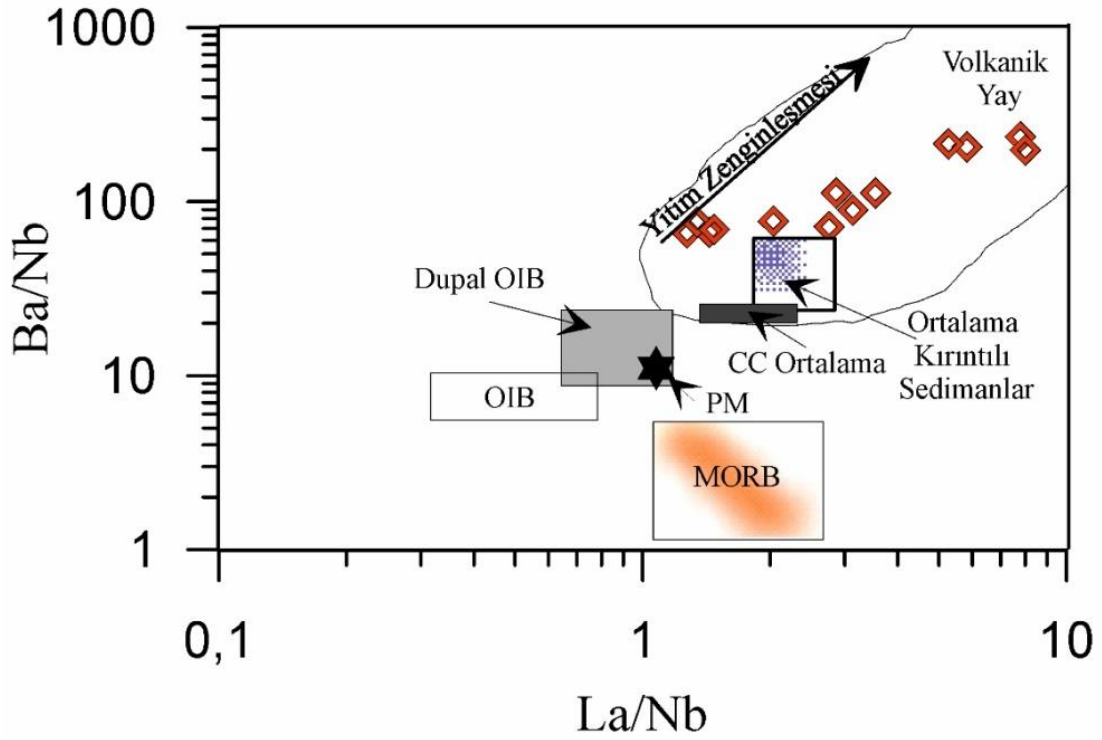
İncelenen volkanik kayalar oluşturulan magmanın kökenini araştırmak için kimyasal analiz sonuçları çeşitli diyagramlarda değerlendirilmiş ve yorumlanmaya çalışılmıştır. Nb, La, Ba, Ce, Pb ve Yb gibi elementlerin birbirine göre oranları, volkanitlerin yitim ile ilişkili oluşan yay volkanizmasının bir göstergesi olabilir. Bununla ilişkili Ce'ye karşı Ce/Pb değerlerine göre hazırlana diyagramda (Şekil 4.13), volkanik kayaç örneklerinin büyük bir bölümünün volkanik yay alanı içerisinde olduğu görülmektedir. Benzer olarak Ba/Nb-La/Nb diyagramında (Jahn vd., 1999) çalışılan tüm örnekler yitimle ilişkili volkanik yay alanına düşmekte olup yitim zenginleşmesini göstermektedir (Şekil 4.14). Aynı şekilde Nb/La-La/Yb diyagramında da (Jahn vd., 1999) volkanik kayaların kökeninin litosferik manto olduğu görülmektedir (Şekil 4.15).



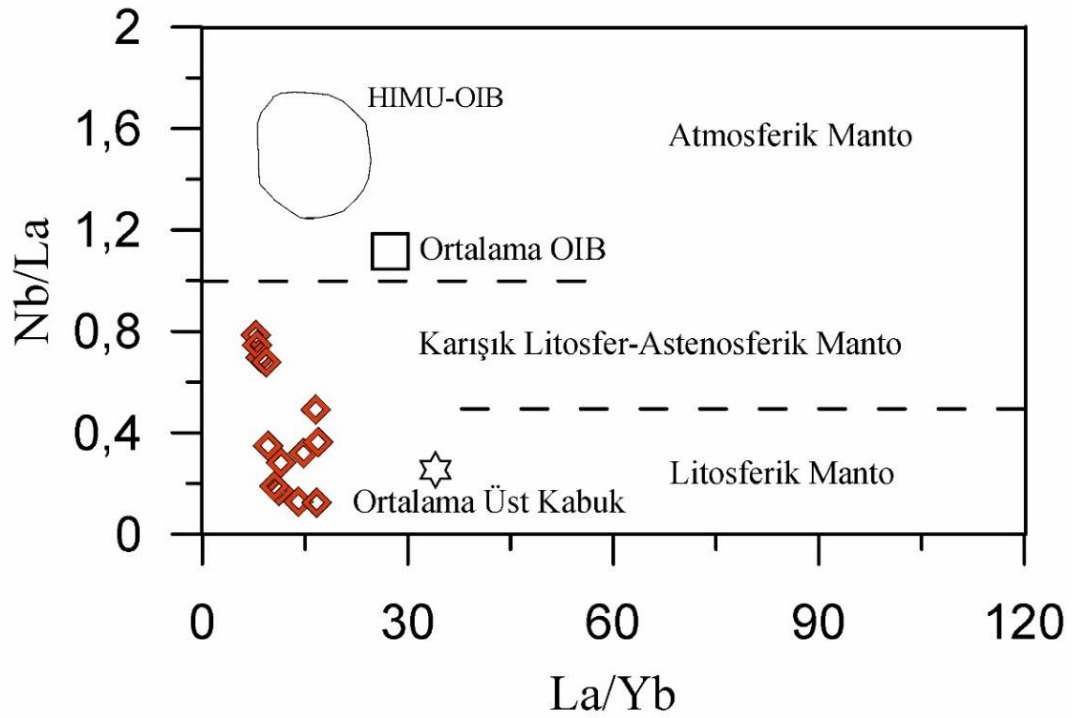
Şekil 4.13: Hallaçlar volkanik kayaçlarına ait Ce'ye karşı Ce/Pb diyagramı (İlksel manto Hoffmann, 1988, MORB+OIB ve yay volkanitleri Schmidberger ve Hegner, 1999' dan alınmıştır).

La/Yb ve Nb/La gibi element oranları volkanik kayaçların kaynağı hakkında bilgi vermektedir (Jahn vd., 1999). Hallaçlar volkanitlerindeki Nb/La oranı 0,13-0,79 arasında, La/Yb oranının ise 7,82-16,93 arasında olup litosferik manto kaynağını işaret etmektedir (Şekil 4.15). Bu değerler aynı zamanda, volkanitleri oluşturan magmanın ne tür bir mantodan oluştuğunu da göstermektedir. Buna göre bazaltik magmalarda Nb/La oranı ($\sim >1$) iken astenosferik manto kaynağına işaret ederken, bu oran ($\sim <0.5$) ise litosferik manto kaynağını göstermektedir (Bradshaw ve Smith 1994; Smith vd., 1999). İnceleme alanındaki volkanitlerin Nb/La oranları 0,13-0,79 arasında olup litosferik manto kaynağını göstermektedir. Bununla birlikte örnekler Ba/Nb 66,01-235,45 ve La/Nb 1,27-8,0 oranları içerip yay volkanitlerine benzerlik sunmaktadırlar (Sun ve McDonough 1989).

Litosferik mantodan türeyen kayaçların La/Nb oranı 1'den büyük, astenosferik mantodan türeyen kayaçların La/Nb oranı ise yaklaşık 0.7 civarındadır (De Paulo ve Daley, 2000). Çalışılan volkanitlerde La/Nb oranı 1,27–8,0 arasında olup kayaçların litosferik mantodan türediklerini göstermektedir.

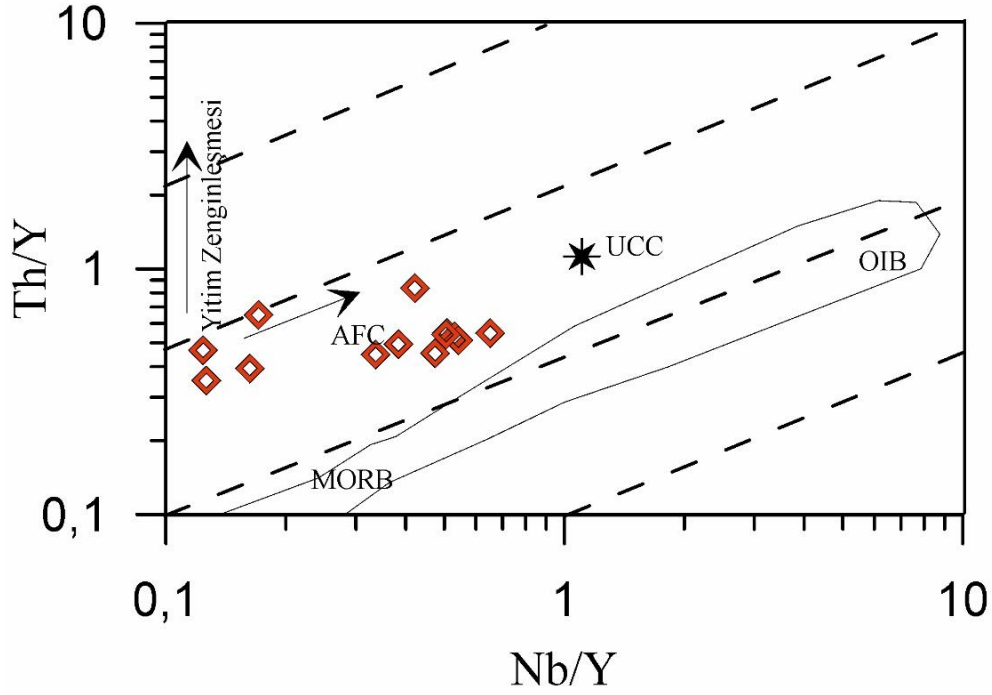


Şekil 4.14: İncelenen volkanik kayaların ait La/Nb - Ba/Nb diyagramı (İlksel manto Sun ve McDonough, 1989; Kıtasal kabuk Taylor ve McLennan, 1985 ve Condie, 1993; Dupal-OAB, Jahn vd., 1999; Yay volkanitleri ve Arkeen granülitleri, Jahn ve Zhang, 1984).



Şekil 4.15: İncelenen volkanik kayaların ait La/Yb - Nb/La diyagramı (Jahn vd., 1999).

Th/Y-Nb/Y diyagramında (Pearce, 1983) alışılan rnekler OIB ve MORB çizgisine paralellik göstermektedir (şekil 4.16). Yüksek Th/Y ve düşük Nb/Y oranı yitim zenginleşmesine, buna karşın yüksek Th/Y ve Nb/Y oranı ise kıta içi zenginleşmesine işaret etmektedir (Deniel vd., 1998). Hallaçlar volkaniklere örneklerin Th/Nb=1 değerine yakın olması yitim zonu zenginleşmesiyle birlikte asimilasyon-fraksiyonel kristalleşmenin etkisi görülmektedir.



şekil 4.16: İncelenen volkanik kayaçlarına ait Nb/Y-Th/Y diyagramı (Pearce, 1983).

Batı Anadolu'da (KB Türkiye) Tersiyer dönemindeki magmatizmanın gelişimine yönelik farklı görüşler bulunmaktadır. Ercan ve Günay (1984) bölgede geniş alanlarda yayılım gösteren Tersiyer magmatizmasının yitim ile ilişkili olduğunu belirtmektedir. Ercan (1979), Ercan ve Günay (1984) ve Ercan vd., (1995), Batı Anadolu'daki magmatizmanın dalma-batma ile başladığını ve ardından kıta-kıta çarpışmasının gerçekleştiğini belirtmiştir. Aslan vd., 2018, 2020 çalışmasında magmatizmanın Eosen döneminde başladığını, Oligo-Miyosen döneminde de kalk-alkalen tip magmanın ve çarpışma sonu magmatizmanın bölgedeki hakim olduğunu belirtmiştir. Oligosen–Orta Miyosen döneminde Biga Yarımadası'nda (KB Anadolu) yoğun olarak gözlenen magmatizma, Sakarya Kıtası ile Torid–Anatolid kıtasının çarpışması sonrası oluştuğu belirtilmiştir. Bölgedeki magmatizmanın kökeni litosferik manto olup ve bu magma kalk-alkalenden alkalen karaktere doğru bir dağılım göstermektedir. Neo-Tetis okyanusunun kabuğunun Sakarya kıtasının altına dalması ile

birlikte Biga Yarımadası'nda geniş yayılımla magmatik faaliyetler gelişmiştir (Yılmaz, 1990; Şengör vd., 1993; Harris vd., 1994).

Neo-Tetis Okyanus kabuğunun Sakarya Kıtası'nın altına dalmasıyla, Sakarya ve Torid-Anatolid kıtalarının çarpışması sonucu oluşan kalk-alkalen Hallaçlar volkanik kayaçları, zenginleşmiş litosferik manto kökenli olup yitim ile ilişkili çarpışma sonrası ürünüdür.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

1) Neo-Tetis okyanusunun Geç-Kretase'de kuzeye yitimi ile Sakarya kıtası altına dalmaya başlaması ve Eosen'de tüketilmesi sonucu Sakarya kıtası ile Tolid-Anatolid blokları ile çarpışmıştır. Biga yarımadası çarpışma ile birlikte Türkiye'nin kuzeybatı kesimini oluşturmuştur. Biga yarımadası içerisinde kalan çalışma sahasında, çarpışma sonrası başlayan Paleojen-Neojen dönemine ait üst Oligosen-alt Miyosen yaşlı Hallaçlar volkanitleri, alt-orta Miyosen yaşlı Soma formasyonu ve bu iki birimi uyumsuz olarak örten Kuvaterner yaşlı Alüvyonel birim gözlenmektedir.

2) Hallaçlar volkanik kayaçları lav akıntısı ve piroklastikler şeklinde mostralara göstermektedir. Arazide birim grimsi, ayrışmanın görüldüğü alanlarda ise yeşilimsi ve pembemsi renklerde yüzeylemeler verir. Tektonizmaya ve soğumaya bağlı süreksizlik düzlemleri ve bazı bölgelerde ileri derece alterasyon sonucu killeşmeler mevcuttur.

3) Çalışma sahasındaki volkanik kayaçlar petrografik olarak incelendiğinde özşekilli ve yarı özşekilli kristal yapıları plajiyoklaz, amfibol, biyotit ve opak mineraller gözlemlenir. Ayrışma mineralleri ise kil, serisit, klorit ve kalsit türündedir. Tali mineraller apatit ve kuvarstır. Volkanitler mikrolitik, mikrolitik porfiri, porfiri yer yer de akma dokuludur.

4) Jeokimyasal olarak incelenen volkanik kayaçlar orta-yüksek potasyumlu olup kalkalkalen karakterlidirler.

5) Kayaçların gelişiminde kesirli kristallenme etkili olup burada plajiyoklaz ve hornblend ayrılaşmasının etkili olduğu söylenebilir.

6) İz element dağılım diyagramında örneklerin Büyük İyon Yarıçaplı Litofil Elementlerce (BİYE; Rb, Ba, K, Th) zenginleştiği, Yüksek Çekim Alanlı Elementlerce (YÇAE; Zr, Sm ve Y) fakirleştiği görülmektedir. Örneklerin BİYE ve DNTE bakımından zenginleşmesi ve negatif Nb anomaliye sahip olması, yitimi veya kabuk kirlenmesini göstermektedir. Dağılımda özellikle Th, Rb ve K gibi elementlerin zenginleşmesi ise kabuk etkisini belirtmektedir.

7) Örneklerin hafif nadir toprak elementlerce (HNTE) zenginleşmiş, ağır nadir toprak elementlerce (ANTE) de daha az zenginleşmiş olduğu görülmektedir. Örneklerde $(La/Lu)_N$ değerleri 4,69-10,13, $(La/Sm)_N$ değerleri 2,39-7,17 ve $(Gd/Lu)_N$ değerleri 1,18-1,64 arasında değişmektedir. Hallaçlar volkanitlerindeki $(La/Lu)_N=4,69-10,13$ ara değerleri arasında olup orta düzeyde zenginleşmiştir ve konkav şekilde dağılım sunmaktadır.

- 8) Çalışılan Hallaçlar volkanik kayaçları fraksiyonel kristallenmeyle oluşmuş, yitim ile ilişkili olup, kabukta kirlenmeye maruz kalmışlardır.
- 9) Tektonik olarak, çalışılan kayaçlar volkanik yay ortamını yansıtmaktadır.
- 10) Hallaçlar volkanik kayaçların kökeni zenginleşmiş litosferik manto kaynaklıdır.

6. KAYNAKLAR

- Akyürek, B., ve Soysal, Y. (1981). Biga Yarımadası güneyinin (Savaştepe-Kırkağaç-Bergama-Ayvalık) temel jeoloji özellikleri. *MTA Dergisi*, 95-96, 1-12.
- Aldanmaz, E., Köprübaşı, N., Gürer, Ö. F., Kaymakçı, N., and Gourgaud, A. (2006). Geochemical constraints on the Cenozoic, OIB-type alkaline volcanic rocks of NW Turkey: Implications for mantle sources and melting processes. *Lithos*, 86, 50-76.
- Altunkaynak, Ş., Rogers, N. W., and Kelley, S. P. (2010). Causes and effects of geochemical variations in late Cenozoic volcanism of the Foça volcanic centre, NW Anatolia, Turkey. *International Geology Review*, 52, 579-607.
- Aslan, Z., Demir, H., and Altın, İ. (2020). U–Pb zircon geochronology and petrology of the early Miocene Göloba and Şaroluk plutons in the Biga Peninsula, NW Turkey: Implications for post-collisional magmatism and geodynamic evolution. *Journal of African Earth Sciences*, 172, 1-15.
- Aslan, Z., Dilber, E., Temizel, İ., and Arslan, M. (2017). SHRIMP U–Pb zircon ages and whole-rock geochemistry for the Şapçı volcanic rocks, Biga Peninsula, Northwest Turkey: Implications for Preeruption Crystallization Conditions and Source Characteristics. *International Geology Review*, 1764-1785.
- Aydın, F., Karlı, O., and 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.
- Baier, J., Audetat, A., and Keppler, H. (2008). The origin of the negative niobium tantalum anomaly in subduction zone magmas. *Earth and Planetary Science Letters*, 267, 290-300.
- Bingöl, E. (1969). Kazdağ masifinin merkezi ve güneydoğu kesimin jeolojisi. *MTA Dergisi*, 72, 111-123.
- Bingöl, E. (1976). Batı Anadolu'nun Jeoteknik Evrimi. *MTA Dergisi*, 14-34.
- Bowen, N. L. (1928). *The evolution of the igneous rocks*. New Jersey: Princeton University Press.
- Bradshaw, T. K., and Smith, E. I. (1994). Polygenetic Quaternary volcanism at Crater Flat, Nevada. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 63, 165-182.

- Ceyhan, F., Helvacı, C., ve Ünal, M. (2001). Gürün (Sivas) volkanitlerinin petrografi, jeokimya ve petrojenez özellikleri. *Geosound*(39), 1-12.
- Daniel, C., Aydar, E., and Gourgaud, A. (1998). The Hasan Dağı stratovolcano (Central Anatolia, Turkey): evolution from calc-alkaline to alkaline magmatism in a collision zone. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 87, 275-302.
- De Paolo, D. J., and Daley, E. E. (2000). Neodymium isotopes in basalts of the southwest basin and range and lithospheric thinning during continental extension. *Chemical Geology*, 169, 157-185.
- Depaolo, D. J. (1981). Trace element and isotopic effects of combined wallrock assimilation and fractional crystallization. *Earth and Planetary Science Letters*, 53, 189-202.
- Dewey, J. F., Hempton, M. R., Kidd, W. F., Şaroğlu, F., and Şengör, A. M. (1986). Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia - a young collision zone. *Geological Society*, 19, 1-36.
- Dilber, E., ve Aslan, Z. (2015). Kalk-alkalen Şapçı (Balıkesir) volkanitlerin petrografisi ve petrolojisi: Biga Yarımadası'nda (Kuzeybatı Türkiye) çarpışma ile ilişkili volkanizma. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 1-22.
- Dönmez, M., Akçay, A. E., Genç, Ş. C., ve Acar, Ş. (2005). Biga yarımadasında Orta-Üst Eosen volkanizması ve denizel ignimbiritler. *MTA Dergisi*, 49-61.
- Dunham, R. J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional textures. *Classification of Carbonate Rocks--A Symposium* (s. 108-121). içinde
- Duru, M., Pehlivan, ve., Okay, A. İ., Şentürk, Y., ve Kar, H. (2012). Biga Yarımadası'nın Tersiyer öncesi jeolojisi. E. Yüzer, & G. Tunay (Dü.) içinde, *Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi* (s. 7-74). ANKARA: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Elburg, M. A., Bergen, M. V., Hoogewerff, J., Foden, J., Vroon, P., Zulkarmain, I., and Nasution, A. (2002). eochemical 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.

- Ercan, T., Erdoğan, G., ve Türkecan, A. (1984). Edremit - Korucu yöresinin (Balıkesir) Tersiyer stratigrafisi magmatik kayaların petrolojisi ve kökensel yorumu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 21-30.
- Ercan, T., Ergül, E., Akçören, F., Çetin, A., Granit, S., and Asutay, J. (1990). Balıkesir-Bandırma arasının jeolojisi, Tersiyer volkanizmasının petrolojisi ve bölgesel yayılımı. *MTA Dergisi*, 113-130.
- Ercan, T., Satır, M., Kreuzer, H., Türkecan, A., Erdoğan, G., Çevikbaş, A., . . . Can, B. (1985). Batı Anadolu Senozoyik volkanitlerine ait yeni kimyasal, izotopik ve radyometrik verilerin yorumu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 28, 121-136.
- Ercan, T., Satır, M., Sevin, D., ve Türkecan, A. (1996). Batı Anadolu'daki Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda yeni yapılan radyometrik yaş ölçümlerinin yorumu. *MTA Dergisi*, 103-112.
- Ercan, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakıoğlu, E., Adis, C., . . . Yıldırım, T. (1995). Bigayarımadası İle Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer volkanizmasının özellikleri. *MTA Dergisi*, 55-86.
- Erdoğan, B., Akay, E., Satır, M., Siebel, W., and Hasözbeke, A. (2009). Geology and tectonic evolution of the Kazdağ massif (NW Anatolia). *Geophysical Research Abstracts*, 1-3.
- Ewart, A. (1982). The mineralogy and petrology of Tertiary-Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range. R. S. Thorpe (Dü.) içinde, *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks* (s. 25-95). New York: John Wiley.
- Fitton, J. G., James, D., Kempton, P. D., Ormerod, D. S., and 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 Volume*, 331-349.
- Folk, R. F. (1962). Spectral subdivision of limestone types. *Classification of carbonate rocks--a symposium* (s. 62-84). içinde
- Folk, R. L. (1968). *Petrology of sedimentary rocks*. Austin: University of Texas Publication.
- Genç, Ş. C., Dönmez, M., Akçay, A. E., Altunkaynak, Ş., Eyüpoğlu, M., ve Ilgar, Y. (2012). Biga Yarımadası Tersiyer Volkanizmasının Stratigrafik, Petrografik ve Kimyasal

- Özellikleri. E. Yüzer, ve G. Tunay (Dü) içinde, *Biga Yarımadası'nın genel ve ekonomik jeolojisi* (s. 121-162). ANKARA: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Gill, J. B. (1981). *Orogenic Andesites and Plate Tectonics*. Santa Cruz: Earth Sciences Board and Oakes College.
- Grove, T. L., Gerlach, D. C., and Sando, T. W. (1982). Origin of calc-alkaline series lavas at Medicine Lake Volcano by fractionation, assimilation and mixing. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 80, 160-182.
- Guo, L., Zhang, H.-F., Harris, N., Pan, F.-B., and Xu, W.-C. (2013). Late Cretaceous (~81Ma) high-temperature metamorphism in the southeastern Lhasa terrane: Implication for the Neo-Tethys ocean ridge subduction. *Tectonophysics*, 1-15.
- Hastie, A. R., Kerr, A. C., Pearce, J. A., and 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.
- Helvacı, C., Gündoğan, İ., Oyman, T., Sözbilir, H., ve Parlak, O. (2013). Çaldağ (Turgutlu-Manisa) lateritik Ni-Co yatağının jeolojisi, mineralojisi ve jeokimyasal özellikleri. *Yerbilimleri Dergisi*, 2(34), 101-132.
- İlgar, A., Sezen Demirci, E., ve Demirci, Ö. (2012). Biga Yarımadası Tersiyer İstifinin Stratigrafisi ve Sedimantolojisi. E. Yüzer, ve G. Tunay (Dü.) içinde, *Biga Yarımadası'nın genel ve ekonomik jeolojisi* (s. 75-120). Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Irvine, T. N., and Baragar, W. R. (1971). A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8(5), 523-548.
- Jahn, B.-m., Wu, F., Lo, C.-H., and Tsai, 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.
- Karacık, Z., Yılmaz, Y., Pearce, J. A., and Ece, Ö. I. (2008). Petrochemistry of the south Marmara granitoids, Northwest Anatolia, Turkey. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, 97, 1181-1200.

- Koç, Ş., Erdoğan, S., ve Kadioğlu, Y. K. (1994). Havran (Balıkesir) Güneydoğusunda yer alan volkanitlerin epitermal cevherleşme potansiyeli. *MTA Dergisi*, 65-80.
- Konuk, T. (1977). Bornova filişinin yaşı hakkında. *Ege Üniv., Fen Fak. Dergisi, Seri-B 1-1*, 65-74.
- Krushensky, R. D. (1975). Neogene Calc-alkaline extrusive and intrusive rocks of the Karalar-Yesiller area Northwest Anatolia, Turkey. *Bulletin of Volcanology*, 39, 336-360.
- Lampert, R. S., and 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., Streckeisen, A., Zanettin, A., Le Bas, M. J., Bonin, B., Bateman, P., . . . Woolley, A. R. (2002). *Igneous rocks: A classification and glossary of terms*. New York: Cambridge University Press.
- Maaloe, S. (1985). *Principles of Igneous Petrology*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Menzies, M. A., and Kyle, P. (1990). Continental volcanism: a crust-mantle probe. M. A. Menzies içinde, *Continental Mantle* (s. 157-177). Oxford: Oxford University Press.
- Okay, A. İ. (1989). Tectonic units and sutures in the Pontides northern Turkey. (A. M. Şengör, Ed.) *Tectonic evolution of the Tethyan region*, 109-115.
- Okay, A. İ. (1999). Tectonic units and sutures in the Pontides northern Turkey. (A. C. Şengör, Ed.) *Tectonic Evolution of the Tethyan Region*, 109-115.
- Okay, A. İ. (2000). Was the Late Triassic orogeny in Turkey caused by the collision of an oceanic plateau? *Geological Society London Special Publications*, 173(1), 25-41.
- Okay, A. İ., and Göncüoğlu, M. C. (2004). The Karakaya Complex: A review of data and concepts. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13(2), 77-95.
- Okay, A. İ., and Satır, M. (2006). Geochronology of Eocene plutonism and metamorphism in northwest Turkey: Evidence for a possible magmatic arc. *Geodinamica Acta*, 19(5), 251-266.

- Okay, A. İ., and Siyako, M. (1993). The new position of the İzmir-Ankara Neo-Tethyan suture between İzmir and Balıkesir. S. Turgut (Ed.), *Proceedings of the Ozan Sungurlu Symposium* içinde (s. 333-355). Ankara: Association of Turkish Petroleum Geologists.
- Okay, A. İ., and Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. *Geological Society, London, Special Publications*, 156, 475-515.
- Okay, A. İ., Siyako, M., and Bürkan, K. A. (1991). Geology and Tectonic Evolution of the Biga Peninsula, Northwest Turkey. *Technical University of Istanbul*, 44, 191-256.
- Pearce, J. A. (1982). Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. R. S. Thorpe (Ed.) içinde, *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks* (s. 525-548). Milton Keynes: John Wiley and Sons.
- Pearce, J. A. (1983). Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. C. J. Hawkesworth, and M. J. Norry (Ed.) in, *Continental Basalts and Mantle Xenoliths* (s. 230-249). Nantwich, Cheshire: Shiva Publications.
- Pehlivan, Ş., Duru, M., Dönmez, M., Ilgar, A., ve Akçay, A. E. (2007). *Türkiye Jeoloji Haritası Balıkesir - İ 19 Paftası*. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Saatci, E. S., ve Aslan, Z. (2018). Yürekli (Balıkesir) volkanitinin petrografisi ve petrolojisi: Biga yarımadasında (KB Türkiye) çarpışma sonrası felsik volkanizmaya bir örnek. *MTA Dergisi*(157), 105-122.
- Siyako, M., Bürkan, K. A., ve Okay, A. I. (1989). Biga ve Gelibolu yarımadalarının Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. *TPDJ Bülteni*, 183-199.
- Smith, E. I., Sánchez, A., Walker, J. D., and 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. *The Journal of Geology*, 107(4), 433-448.
- Sun, W., and McDonough, W. F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. *Geological Society, London, Special Publications* 42, 313-345.

- Şengör, A. C., ve Yılmaz, Y. (1983). İstanbul Teknik Üniversitesi Türkiye'de Tetis'in evrimi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Yerbilimleri Özel Dizisi*, no:1.
- Şengör, A. M. (1987). Tectonics of the Tethysides: orogenic collage development in a collisional setting. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 15(1), 213-244.
- Şengör, A. M., and Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 181-241.
- Şengör, A. M., Natal'im, B. A., and Burtman, V. S. (1993). Evolution of the Altaid tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia. *Nature*, 364, 299-307.
- Taylor, S. R., and McLennan, S. M. (1985). *The continental crust: Its composition and evolution*. Blackwell: Oxford.
- Thirlwall, M. F., Smith, T. E., Graham, A. M., Theodorou, N., Hollings, P., Davidson, J. P., and Arculus, R. J. (1994). High field strength element anomalies in arc lavas: Source or process? *Journal of Petrology*, 35, 819-838.
- Thompson, R. N., Morrison, M. A., Hendry, G. L., and Parry, S. J. (1984). An assessment of the relative roles of crust and mantle in magma genesis: an elemental approach. *Royal Society*, 310(1514), 549-590.
- Turner, S. P. (2007). Some Remarks on the Time Scales of Magmatic Processes Occurring Beneath Island Arc Volcanoes. P. R. Sammonds, & M. T. Thompson içinde, *Advances in Earth Science From Earthquakes to Global Warming* (s. 133-152). London: Imperial College Press.
- Türkecan, A. (2015). Kuzey Batı Anadolu Volkanitleri. A. Türkecan içinde, *Türkiye'nin Senozoyik Volkanitleri* (s. 15-30). Ankara: Maden Tetkik ve Arama genel Müdürlüğü.
- URL-1 Meteoroloji 2. Bölge Müdürlüğü. (2020). Meteoroloji 2. Bölge Müdürlüğü - İzmir Web Sitesi: https://izmir.mgm.gov.tr/FILES/iklim/balikesir_iklim.pdf adresinden alındı
- Wilson, F. H. (1989b). Geologic setting, petrology, and age of Pliocene to Holocene volcanoes of the Stepovak Bay area, western Alaska Peninsula. *Geologic studies in Alaska by the U.S. Geological Survey*, 84-95.

- Winchester, J. A., and Floyd, P. A. (1977). Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20(4), 325-343.
- Wood, D. A., Joron, J. -L., Treuil, M., Norry, M., and Tarney, J. (1979). Elemental and Sr isotope variations in basic lavas from Iceland and the surrounding ocean floor The nature of mantle source inhomogeneities. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 70, 319-339.
- Yılmaz, Y. (1989). An Approach to the Origin of Young Volcanic Rocks of Western Turkey. A. M. Şengör (Ed.) içinde, *Tectonic Evolution of the Tethyan Region* (s. 45-189). Springer, Dordrecht.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Onuralp KARAMAN

Doğum tarihi ve yeri : 25.08.1989, Erzincan

e-posta : karamanonuralp@gmail.com

Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Lisans	Balıkesir Üniversitesi/Jeoloji Mühendisliği	2014
Lise	Zühtü Özkardaşlar Lisesi	2006