

**BEYPAZARI (ANKARA) KUZEYİNDEKİ VOLKANİK  
KAYAÇLARIN PETROLOJİSİ VE JEOKİMYASI**

**PETROLOGY AND GEOCHEMISTRY OF VOLCANIC ROCKS  
FROM THE NORTH OF BEYPAZARI, ANKARA**

**ASLIHAN ALPAY**

**PROF. DR. ABİDİN TEMEL**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı için Öngördüğü  
DOKTORA TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2023



## ÖZET

# BEYPAZARI (ANKARA) KUZEYİNDEKİ VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROLOJİSİ VE JEOKİMYASI

**Aslıhan ALPAY**

**Doktora, Jeoloji Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abidin TEMEL**

**Temmuz 2023, 111 sayfa**

Bu tez çalışmasında, Ankara'nın kuzeyinde bulunan Galatya Volkanik Provensi (GVP)'nin batı kısmını oluşturan, Beypazarı kuzeyindeki volkanik kayaçların petrolojik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiş, volkanizmanın kökeni ve oluşumunda etkili olan süreçlerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bölgedeki volkanik kayaçların, bu çalışmada yapılan yaş analizi sonuçlarına göre Erken Miyosen (18.3-16.9 My) döneminde oluştuğu belirlenmiştir. Çalışma alanındaki volkanik kayaçların yaşlıdan gence, andezitik, dasitik, bazaltik-takiandezit bileşimde oldukları, asidik ve ortaç volkanik kayaçların adakitik özellik gösterdikleri belirlenmiştir. İnceleme alanındaki volkanik kayaçların, ana-iz element, nadir toprak element ve izotop verilerine göre, dalma-batma sürecinin de etkili olduğu koşullarda zenginleşmiş litosferik kökenli spinel-peridotit kaynaktan düşük dereceli kısmi ergime (%4-8) ile oluştuğu, oluşumlarında asimilasyon ve fraksiyonel kristalleşme süreçlerinin etkili olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Galatya, Beypazarı, jeokimya, adakit, düşük dereceli kısmi ergime

## **ABSTRACT**

# **PETROLOGY AND GEOCHEMISTRY OF VOLCANIC ROCKS FROM THE NORTH OF BEYPAZARI, ANKARA**

**Aslıhan ALPAY**

**Doctor of Philosophy, Department of Geological Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Abidin TEMEL**

**July 2023, 111 pages**

In this thesis, the petrological and geochemical properties of the volcanic rocks in the north of Beypazari, which form the western part of the Galatia Volcanic Province (GVP) located in the north of Ankara, were examined, and it was aimed to reveal the processes that were effective in the origin and formation of volcanism. It was determined that the volcanic rocks in the region were formed in the Early Miocene (18.3-16.9Ma) period according to the results of the age analysis performed in this study. It has been determined that the volcanic rocks in the study area are from old to young, andesitic, dacitic, basaltic tachyandesite composition, and acidic and intermediate volcanic rocks show adakitic properties. According to the major-trace element, rare earth element and isotope data, the volcanic rocks in the study area were formed by low-grade partial melting (4-8%) from an enriched lithospheric spinel-peridotite source under conditions where the subduction process is also effective, It has been determined that assimilation and fractional crystallization processes are effective in their formation.

**Keywords:** Galatia, Beypazari, geochemistry, adakite, low-grade partial melting

# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	x
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	1
1.2. Çalışma Alanının Tanıtımı .....	1
1.3. Çalışma Yöntemi .....	3
1.3.1. Önceki Çalışmalar .....	3
1.3.2. Arazi Çalışmaları .....	6
1.3.3. Deneysel Çalışmalar .....	6
1.3.3.1. Mineralojik Petrografik Çalışmalar .....	6
1.3.3.2. Mineral Kimyası Analizi Çalışmaları .....	7
1.3.3.3. Jeokimyasal Çalışmalar .....	7
1.3.4. Jeokimyasal Modelleme Çalışmaları .....	7
1.3.4.1. Kısmi Ergime .....	7
1.3.4.2. Fraksiyonel Kristalleşme .....	9
1.3.4.3. Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalleşme .....	9
2. BEYPAZARI VOLKANİKLERİNİN JEOLJİSİ .....	10
2.1. Stratigrafi .....	12
2.1.1. Karakaya Grubu .....	14
2.1.2. Soğukçam Formasyonu .....	14
2.1.3. Yenipazar Formasyonu .....	14
2.1.4. Hançili Formasyonu .....	14
2.1.5. Andezitik birimler .....	14

2.1.5.1. Andezit .....	15
2.1.5.2. Trakiandezit.....	17
2.1.6. Dasitik Birimler.....	18
2.1.6.1. Dasit.....	18
2.1.6.2. Trakidasit .....	21
2.1.7. Bazaltik Birimler.....	22
2.1.7.1. Bazaltik-trakiandezit .....	22
2.1.8. Uruş Formasyonu .....	22
2.1.9. Alüvyon.....	23
3. MİNERALOGİK ve PETROGRAFİK İNCELEMELER .....	24
3.1. Andezitik Birimler .....	24
3.1.1. Andezit .....	24
3.1.2. Trakiandezit.....	26
3.2. Dasitik Birimler .....	30
3.2.1. Dasit .....	30
3.2.2. Trakidasit.....	36
3.3. Bazaltik Birimler .....	40
3.3.1. Bazaltik-trakiandezit .....	40
4. MİNERAL KİMYASI .....	42
4.1. Andezitik Birimler .....	42
4.2. Dasitik Birimler .....	45
4.3. Bazaltik Birimler .....	48
5. JEOKİMYA .....	54
5.1. Ana Element Jeokimyası.....	54
5.2. İz ve Nadir Toprak Element Jeokimyası.....	61
5.3. İzotop Jeokimyası .....	68
6. TARTIŞMA .....	72
6.1. Kısmi Ergime Modellemesi.....	72
6.2. Fraksiyonel Kristalleşme .....	76
6.3. Dalma-Batma ile İlişkili Zenginleşmeler ve Kabuksal Kirlenme .....	77
6.4. Adakitik Kayaçlar .....	89

7. VOLKANİZMA TEKTONİZMA İLİŞKİSİ .....	95
7.1. Bölgesel Tektonik.....	95
8. SONUÇLAR.....	97
9. KAYNAKLAR .....	100

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	A) Türkiye tektonik haritası B) Çalışma alanı ve yakın çevresi yer bulduru haritaları. ....	2
Şekil 2.1.	Çalışma alanının jeoloji haritası. ....	11
Şekil 2.2.	Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik istifi. ....	13
Şekil 2.3.	Beypazarı BY-8 no'lu örneğin alındığı sütunsal yapı gösteren andezitler. ....	15
Şekil 2.4.	Beypazarı BY-5 no'lu andezitik bileşimdeki birimin genel görünümü ve birimden alınan el örneği. ....	16
Şekil 2.5.	Beypazarı BY-11 no'lu trakiandezit bileşimdeki zonlanma gösteren birim. ....	17
Şekil 2.6.	Beypazarı BY-26 no'lu trakiandezit bileşimdeki örnek. ....	18
Şekil 2.7.	Beypazarı BY-6 no'lu dasitik bileşimdeki birimin genel görünümü ve birimden alınan el örneği. ....	19
Şekil 2.8.	Dasitik bileşimdeki BY-14 no'lu örneğin alındığı yerin genel görünümü. ....	19
Şekil 2.9.	Beypazarı BY-19 no'lu dasitik bileşimdeki birimin genel görünümü. ....	20
Şekil 2.10.	Beypazarı BY-20 no'lu trakidasit bileşimdeki birimin genel görünümü. ....	21
Şekil 2.11.	Beypazarı BY-22 no'lu bazaltik-trakiandezit bileşimdeki birimin genel görünümü. ....	22
Şekil 3.1.	Beypazarı BY-31 no'lu andezit bileşimdeki kayacın incekesitte fenokristal görüntüleri. ....	26
Şekil 3.2.	Beypazarı BY-7 no'lu trakiandezit bileşimdeki kayacın incekesit görüntüleri. ....	28
Şekil 3.3.	Beypazarı BY-19 no'lu dasitik bileşimdeki kayacın incekesit görüntüleri. ....	34



Şekil 3.4.	Beypazarı BY-29 no'lu dasitik bileşimdeki kayacın incekesit görüntüleri. ....	36
Şekil 3.5.	Beypazarı BY-20 no'lu trakidasit bileşimdeki kayacın incekesit görüntüleri. ....	39
Şekil 4.1.	BY-31 no'lu kayaç minerallerinin SEM görüntüleri. ....	43
Şekil 4.2.	Beypazarı volkanik kayaçlarından BY-31 no'lu kayacın plajiyoklaz minerallerinin Ab-An-Or diyagramları. ....	45
Şekil 4.3.	BY-37 no'lu kayaç minerallerinin SEM görüntüleri. ....	46
Şekil 4.4.	Beypazarı volkanik kayaçlarından BY-37 no'lu kayacın plajiyoklaz minerallerinin Ab-An-Or diyagramları. ....	48
Şekil 4.5.	BY-44 no'lu kayaç minerallerinin SEM görüntüleri. ....	50
Şekil 4.6.	Beypazarı volkanik kayaçlarından BY-44 no'lu kayacın plajiyoklaz minerallerinin Ab-An-Or, piroksen minerallerinin Wo-En-Fs ve olivin minerallerinin Fo-Fa diyagramları. ....	53
Şekil 5.1.	Beypazarı volkanik kayaçlarının TAS diyagramı. ....	57
Şekil 5.2.	Beypazarı volkanik kayaçlarının K <sub>2</sub> O-SiO <sub>2</sub> diyagramı. ....	58
Şekil 5.3.	Beypazarı volkanik kayaçlarının AFM diyagramı. ....	59
Şekil 5.4.	Beypazarı volkanik kayaçlarının ana element diyagramları. ....	60
Şekil 5.5.	Beypazarı volkanik kayaçlarının iz element diyagramları. ....	65
Şekil 5.6.	Beypazarı volkanik kayaçlarının ilksel mantoya göre normalize edilen çoklu element diyagramı. ....	67
Şekil 5.7.	Beypazarı volkanik kayaçlarının ( <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr) <sub>i</sub> -( <sup>143</sup> Nd/ <sup>144</sup> Nd) <sub>i</sub> ) izotop diyagramları. ....	70
Şekil 5.8.	Beypazarı volkanik kayaçlarının A) <sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb- <sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb ve B) <sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb- <sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb izotop diyagramları. ....	71
Şekil 6.1.	Beypazarı volkanik kayaçlarının ergime eğrilerini gösteren La-La/Sm diyagramı. ....	75

Şekil 6.2.	Beypazarı volkanik kayaçlarının ergime eğrilerini gösteren La-Ce diyagramı. ....	76
Şekil 6.3.	Beypazarı volkanik kayaçlarının Ba/Nb ve Ba/Ta oranları diyagramı. ...	78
Şekil 6.4.	Beypazarı volkanik kayaçlarının La/Nb oranları. ....	79
Şekil 6.5.	Beypazarı volkanik kayaçlarının La/Ta-K <sub>2</sub> O/Th diyagramı. ....	80
Şekil 6.6.	Beypazarı volkanik kayaçlarından bazaltik-trakiandezitik bileşimindeki örneklerin Ti-Zr-Sr tektonik ortam ayırtman diyagramı. ....	81
Şekil 6.7.	Beypazarı volkanik kayaçlarının Th/Yb (ppm)-Ta/Yb (ppm) diyagramı. .	82
Şekil 6.8.	Beypazarı volkanik kayaçlarının, A) SiO <sub>2</sub> - <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr, B) Rb/Sr- <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr, C) Zr-Zr/Nb diyagramları. ....	84
Şekil 6.9.	Beypazarı volkanik kayaçlarının Zr/Nb-Ce/Y diyagramı. ....	85
Şekil 6.10.	Beypazarı volkanik kayaçlarının Y/Nb-Zr/Nb diyagramı. ....	86
Şekil 6.11.	Beypazarı volkanik kayaçlarının ilksel mantoya göre çoklu element diyagramları. ....	88
Şekil 6.12.	Beypazarı volkanik kayaçlarının Nb/La-Nb/U diyagramı. ....	89
Şekil 6.13.	Beypazarı volkanikleri ve adakitik kayaçların ilksel mantoya göre çoklu element diyagramı. ....	91
Şekil 6.14.	Beypazarı adakitik kayaçlarının A) (Yb)N-(La/Yb)N diyagramı B) Y-Sr/Y değişim diyagramı C) SiO <sub>2</sub> -MgO ayırtman diyagramı. ....	93
Şekil 6.15.	Beypazarı adakitik kayaçlarının Nb/La-Ba/Rb ayırtman diyagramı. ....	94
Şekil 7.1.	Çalışma alanının jeodinamik evrimi, A) Orta Eosen tektonizması B) Erken-Geç Miyosen tektonizması. ....	96

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Beypazarı volkanik kayaların K-Ar radyometrik yaş verileri. ....	10
Çizelge 3.1. Beypazarı volkanik kayaların incekesit analiz tablosu. ....	41
Çizelge 4.1. BY-31 no'lu kayacın mineral analizi sonuçları. ....	44
Çizelge 4.2. BY-37 no'lu kayacın mineral analizi sonuçları. ....	47
Çizelge 4.3. BY-44 no'lu kayacın mineral analizi sonuçları. ....	51
Çizelge 5.1. Beypazarı volkanik kayaların ana element analiz sonuçları. ....	55
Çizelge 5.2. Beypazarı volkanik kayaların iz ve nadir toprak element analiz sonuçları. ....	63
Çizelge 5.3. Beypazarı volkanik kayaların Sr, Nd, Pb izotop analiz sonuçları. ...	69
Çizelge 6.1. Beypazarı volkanik kayaların kısmi ergime derecesi hesaplamalarında kullanılan modal oranlar. ....	73

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

km <sup>2</sup>	Kilometrekare
m	Metre
µm	Mikrometre
%	Yüzde
ppm	Milyonda bir birim

### Kısaltmalar

AFM	Ayrımlanma üçgen diyagramları
AFC	Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalleşme
TAS	Toplam Alkali Silis
GVP	Galatya Volkanik Provensi
EMII-EMI	Zenginleşmiş Manto Bileşeni
DMM	Tamamı Tüketilmiş Morb Manto
BSE	Toplam Silikat Yerküre
MORB	Okyanus Ortası Sırt Bazaltı
N-MORB	Normal Okyanus Ortası Bazaltı
OIB	Okyanus Adası Bazaltı
HFS	Yüksek Değerlikli Katyonlar
LREE	Hafif Nadir Toprak Elementler
HREE	Ağır Nadir Toprak Elementler
MREE	Orta Nadir Toprak Elementler
REE	Nadir Toprak Elementler

LILE	İri İyonlu Litofil Elementler
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
ICP-ES	Emisyon Spektrometresi
ICP-MS	Kütle Spektrometresi
EDS	Enerji Dağılım Spektrometresi
KAF	Kuzey Anadolu Fayı
LOI	Ateşte kayıp
MTA	Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Genel Müdürlüğü
NHRL	Kuzey Yarımküre Referans Çizgisi



# 1. GİRİŞ

## 1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

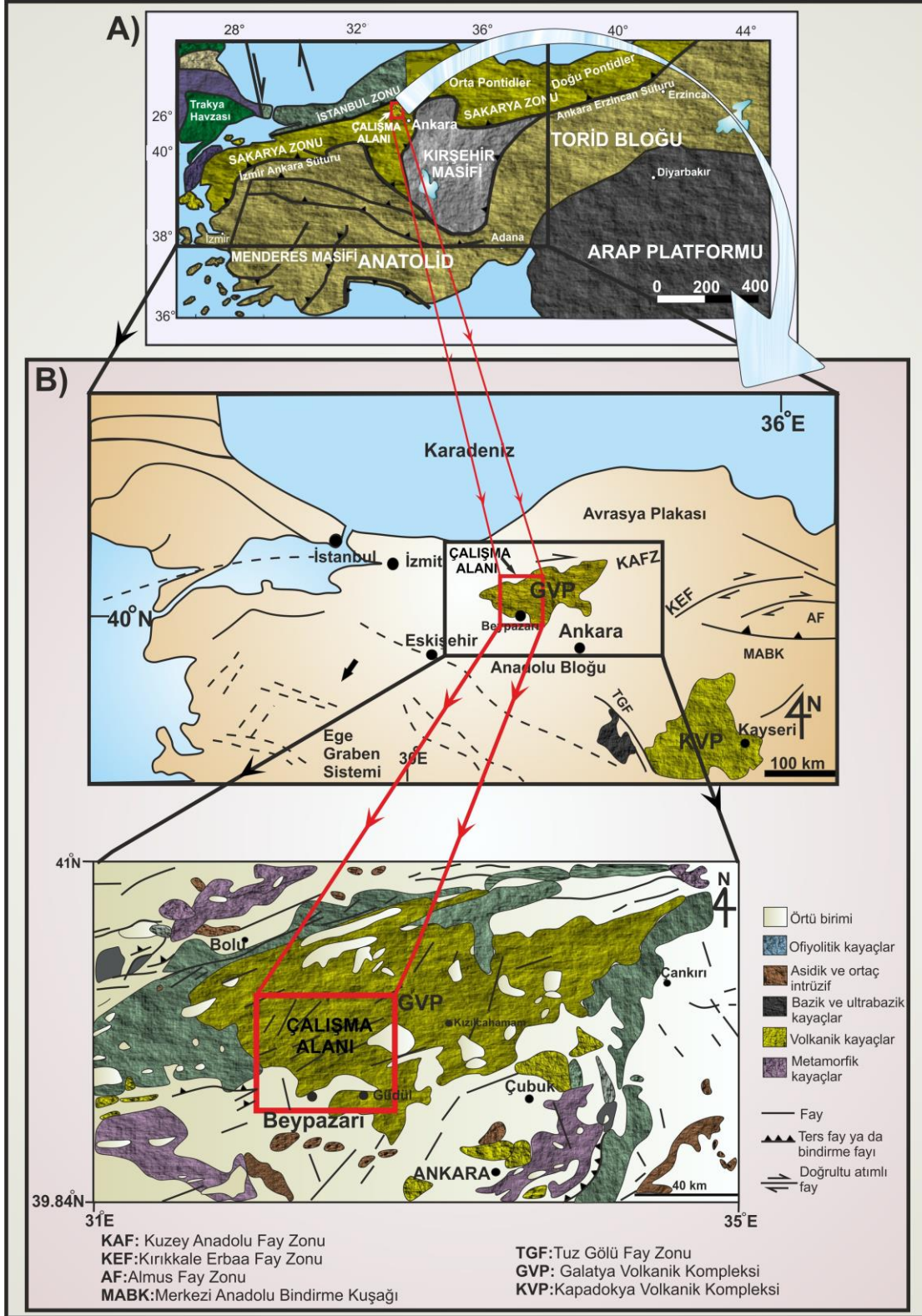
Bu tez çalışması, Galatya Volkanik Provensi (GVP)'nin batı kesimini oluşturan Beypazarı'nın kuzeyinde yer alan volkanik kayalar kapsamaktadır (Şekil 1.1). MTA'nın 1:100000 ölçekli Bolu H-27 ve H-28 paftalarından da faydalanılarak volkanik birimlerden örnekler alınmış, alınan örneklerin bileşimlerine göre jeolojik haritada revizyonlar yapılmıştır (Şekil 1.2). Volkanik kayaların yaşının belirlenebilmesi amacıyla radyometrik yaş analizleri gerçekleştirilmiş, elde edilen sonuçlara göre bölgenin stratigrafik istifi yeniden oluşturulmuştur (Şekil 1.3). Çalışma alanındaki volkanik kayaların kökeni ve oluşumlarında etkili olan süreçlerin ortaya konulabilmesi amacıyla, mineralojik ve petrografik incelemeler, mineral kimyası ve ana-iz element analizleri ile izotop analizleri gerçekleştirilmiştir.

## 1.2. Çalışma Alanının Tanıtımı

Ankara'nın kuzey ve kuzeybatısında yer alan GVP yaklaşık 7500 km<sup>2</sup> lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1).

Bu tez çalışması, GVP'de yer alan Beypazarı kuzeyinde 1:100.000 ölçekli Bolu H-27 ve H-28 paftalarında geniş bir yayılım gösteren volkanik kayalar üzerinde gerçekleştirilmiştir.

İnceleme alanı; kuzeyden Kuzey Anadolu Fay (KAF) zonu, güneyden İzmir-Ankara-Erzincan Sütur Zonu tarafından sınırlandırılmaktadır.



Şekil 1.1. A) Türkiye tektonik haritası (Okay ve Tüysüz (1999)'dan değiştirilerek çalışma alanına uyarlanmıştır). B) Çalışma alanı ve yakın çevresi yer bulduru haritaları (Bingöl (1989)'dan değiştirilerek çalışma alanına uyarlanmıştır).



### 1.3. Çalışma Yöntemi

Çalışma alanındaki volkanik kayalar, arazi çalışmalarında sistematik olarak örneklendikten sonra tamamının incekesitleri yapılmıştır. İncekesitler üzerinde kayacın mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemek amacıyla Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Leica DFC 280 marka mikroskop kullanılarak optik mikroskop incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Mikroskobik çalışmalar sırasında kayaların mineralojik ve dokusal özellikleri tespit edilerek görüntüleri çekilmiştir. Volkanik kayaların oluşumunda etkili olan süreçleri (magma karışımı, fraksiyonel kristalleşme) belirleyebilmek amacıyla yaşları belirlenmiş olan andezit, dasit ve bazaltik-trakiandezit bileşimindeki üç örnek üzerinde Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Enerji Dağılım Spektrometresi (EDS) kullanılarak minerallerin kimyasal bileşimleri belirlenmiş ve bazı minerallerin görüntüleri Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) kullanılarak çekilmiştir.

43 adet volkanik kayaç örneği, ana-iz element ve nadir toprak element analizleri için Kanada'da bulunan Bureau Veritas laboratuvarına gönderilmiştir. Ana elementlerin ICP-ES (emisyon spektrometresi) ve iz elementlerin ICP-MS (kütle spektrometresi) kullanılarak tüm kayaç analizleri yapılmıştır.

Volkanik kayaların yaşlarının belirlenebilmesi için farklı bileşimdeki (andezit, dasit ve bazaltik-trakiandezit) üç örnek üzerinde K-Ar radyometrik yaş analizleri CSIRO Energy-Avustralya'da; kayaların oluşumlarında etkili olan süreçlerin (asimilasyon, asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme) belirlenmesi amacıyla K-Ar yaş analizi yapılmış olan üç örnek üzerinde Sr, Nd, Pb izotop analizleri Ortadoğu Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarında yapılmıştır.

#### 1.3.1. Önceki Çalışmalar

Galatya Volkanik Provensi ve yakın çevresinde bugüne kadar çeşitli konularda birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar özet olarak aşağıda verilmiştir.

**Türkecan ve ark. (1991)**'de Bolu-Çankırı (Koroğlu Dağları) arasındaki Neojen yaşlı volkanitlerin stratigrafisi ve petrolojisi incelenmiştir. Petrokimyasal çalışmalar

sonucunda kalkalkalen ürünlerin And tipi kıta kenarına benzer olduklarını, şoşonitik volkanizmanın ise; büyük olasılıkla dikleşen ve derinlere dalan okyanusal kabuk malzemesinin son ürünleri olarak meydana geldiğini ileri sürmüşlerdir.

**Keller ve ark. (1992)**'de Galatya Volkanik Masifinin esas olarak kalkalkalin özellikte Neojen yaşlı andezit-dasitten oluştuğunu, bunlara riyolit ve alkalin olivin bazaltların eşlik ettiğini andezitlerin dalma-batma kökenli, alkalin bazaltların ise son evrelerde daha derin manto kökenli olduğu ileri sürülmüştür.

**Toprak ve ark. (1996)**'da GVP'de yaptıkları çalışmada, volkanik kompleksin oluşumunun sedimanter havza ile eş zamanlı Erken-Orta Miyosen esnasında başladığını ve Geç Miyosene kadar devam ettiğini belirtmişlerdir.

**Wilson ve ark. (1997)**'de GVP'de geniş hacimli trakiandezit, dasit bileşimdeki lav akışları ile piroklastiklerin mostra verdiğini, ayrıca bölgede küçük hacimli alkali bazaltik lav akışlarının da bulunduğunu belirtmişler. Ortaç-asidik volkanikler ve alkali bazaltların ana-iz element ve Nd-Sr izotop verilerinden itibaren bu volkaniklerden Erken Miyosen yaşlı heterojen üst kabuk bileşiminin asimilasyonu ve fraksiyonel kristalleşmesini gösteren Erken Miyosen yaşlı ortaç volkanikler ve alkali bazaltlar arasında eş zamanlı bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

**Tankut ve ark. (1998)**'de Galatya Bölgesinde yer alan Güvem alanındaki volkanikler üzerinde K-Ar yaş çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar temel alınarak bölgenin jeolojik haritası oluşturulmuştur. İki ayrı Miyosen volkanik fazının varlığı tespit edilmiştir. Erken Miyosen fazının K'ce zengin ortaç-asidik bileşimde olduğu ve geniş bir yayılıma sahip olduğu, Geç Miyosen yaşlı volkanik fazın ise, alkali bazalt bileşimdeki tek bir akıntıdan oluştuğu ileri sürülmüştür.

**Adıyaman ve ark. (2001)**'de GVP'deki volkanizmanın yaşının 18-7 My aralığında değiştiğini, major ve iz element verilerinden itibaren bu kayaçların ağırlıklı olarak kalkalkalin özellikte olduklarını ileri sürmüşlerdir. Galatya masifinde, KAF boyunca açılma ve doğrultu atım olayının Geç Miyosen'de başladığı belirtilmiştir.

**Yürür ve ark. (2002)**'de GVP'nin güney-doğu kesiminin KB-GD, KKB-GGD ile KKD-GGB doğrultulu ve açılmalı (ekstansiyonel) bir tektonik rejim geçirdiğini, bu açılmanın Pliyosen(?) sonrası olabileceği, GVB'yi etkileyen açılmanın KAF'ına ait gerilmeler ile açıklanamayacağı, bu açılmalı rejimin güncel KAF rejiminden önce gelişmiş ve bitmiş olması gerektiği, KAF'ın olasılıkla Pliyosen'de oluştuğu bilindiğine göre, bu açılma rejiminin Pliyosen öncesinde son bulduğunu ileri sürmüşlerdir.

**Varol-Muratçay (2006)**'da Çamlıdere volkanik kayaçlarının petrolojisi ve jeokimyası incelenmiştir. Çalışmada ana-iz ve nadir toprak element analizleri, Sr ve Nd izotop analizleri kullanılarak volkanik kayaçların litosferik bir kaynaktan oluştuğu tespit edilmiştir. Çamlıdere volkanik kayaçlarının oluşum süreçlerinde fraksiyonel kristalleşmeyle birlikte dalma-batma, kabuksal kirlenme, magma karışımı süreçlerinin de etkili olduğu ortaya konulmuştur.

**Varol ve ark. (2007)**'de Balkuyumcu (Ankara) yöresindeki volkanik kayaçlar üzerinde gerçekleştirdikleri jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal çalışmalarda, inceleme alanındaki volkaniklerin yaşlarının 21.5-20 My arasında değiştiği, birimlerin andezit, dasit ve riyolitik bileşimde olduğu belirlenmiştir. Adakit benzeri volkanik kayaçların alt kıtasal kabuğun kısmi ergimesiyle oluşabileceği ve oluşumlarında fraksiyonel kristalleşme sürecinin ana rol oynadığı ileri sürülmüştür.

**Varol ve ark. (2008)**'de Çamlıdere Bölgesindeki volkanik kayaçların oluşumunda, magma rezervuarında ya da magmanın diyapirik yükselişi esnasında oluşan eriyiğin bileşim ve/veya sıcaklık değişimini yansıtan volkanik kayaçların petrografik özellikleri incelenmiştir. İnceleme sonuçlarına göre volkanik kayaçların oluşumunda, magma karışımı ile fraksiyonel kristalleşmenin etkin olduğu belirtilmiştir.

**Varol ve ark. (2014)**'de Geç Kretase Tetis Kenet Zonu yakınında gelişen Erken-Orta Miyosen yaşlı bimodal Çamlıdere volkanik kayaçlarının ilk kalkalkali serinin yitimle modifiye olmuş bir kıtasal litosferik manto kaynağından türediği, ardından daha alkali ürünlerin ise az miktarda astenosferik eriyiklerin litosferik manto kaynağına nüfuz etmesiyle oluştuğu ileri sürülmüştür.

**Temel ve ark. (2010)**'da Polatlı volkanikleri üzerinde gerçekleştirilen jeokronolojik ve jeokimyasal çalışmalarda, bazaltik bileşimdeki lav akıntılarının Erken ve Orta Miyosen yaşlı oldukları, OIB-benzeri astenosferik bir mantodan farklı derecelerdeki kısmi ergime süreci ile oluştukları ileri sürmüştür.

**Bilim (2011)**'de ise; GVP'de, aeromanyetik verilerin analizi ve yorumlanması kullanılarak volkanik kompleksin termal yapısal durumu ortaya konulmuş, çalışma bölgesinde meydana gelen manyetik anomalilerin başlıca nedeninin volkanik kayalar olduğu ileri sürülmüştür.

### **1.3.2. Arazi Çalışmaları**

Arazi çalışmaları, Maden Teknik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi tarafından hazırlanan 1:100000 ölçekteki Bolu H-27 ve H-28 pafta numaralı jeoloji haritaları temel alınarak yürütülmüştür. Tez çalışmasının amacı doğrultusunda, inceleme alanındaki volkanik kayaların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenip, kayaların köken ve oluşumlarına etki eden faktörlere ışık tutabilmek amacıyla, inceleme alanını temsil edebilecek şekilde altere olmayan 43 adet örnek alınmıştır. Alınan her örneğin lokasyonu GPS verileri yardımıyla jeolojik haritaya aktarılmıştır.

### **1.3.3. Deneysel Çalışmalar**

#### **1.3.3.1. Mineralojik Petrografik Çalışmalar**

Çalışma alanından alınan volkanik kayaç örneklerinin tamamının incekesitleri yapılmıştır. Hazırlanan incekesitler üzerinde kayacın mineralojik ve petrografik özelliklerini tespit etmek amacıyla optik mikroskop çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu incelemeler sonucunda, gözlemlenen farklı dokular, oluşumlar, alterasyonlar ve diğer özellikler kayaların kökeni ve geçirdikleri süreçler hakkında fikir verdiği için kayaçta tespit edilen fenokristallerin ve farklı dokusal özelliklerin mikroskop görüntüleri alınmıştır.

### **1.3.3.2. Mineral Kimyası Analizi Çalışmaları**

Minerallerin kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, bazı minerallerin merkez ve kenar kısımlarından SEM-EDS cihazıyla mineral kimyası analizleri yapılmış, bu analizler sonucunda, minerallerin oluşumunda etkili olan süreçler tespit edilmeye çalışılmıştır.

### **1.3.3.3. Jeokimyasal Çalışmalar**

İnceleme alanında gözlenen kayaçların jeokimyasal özelliklerini belirleyerek, köken ve oluşumlarında etkili olabilecek süreçleri ortaya koyabilmek amacıyla alınan 43 adet örnek üzerinde jeokimyasal analizler (ana-iz element, nadir toprak element) gerçekleştirilmiştir. Seçilen farklı bileşimlerdeki üç örnek üzerinde; kayaçların yaşlarını belirlemek amacıyla K-Ar yöntemiyle radyometrik yaş tayini ile Sr, Nd, Pb izotop analizleri yapılmıştır. Ana-iz element, nadir toprak element ve izotop analizlerden elde edilen veriler ile volkanizmanın kökeni ve oluşumlarında etkili olan fraksiyonel kristalleşme, magma karışımı, kabuksal kontaminasyon gibi süreçler hakkında fikir yürütülmüştür. Yine bu verilerden yararlanılarak bölgedeki kayaçların farklı tektonik ortam ve koşullarda oluşmuş volkanik kayaçlarla karşılaştırılması yapılarak kaynak bölge özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

### **1.3.4. Jeokimyasal Modelleme Çalışmaları**

Beypazarı volkanik kayaçlarının ana element, iz element içerikleri ve magma kaynağının kimyasal bileşimi magmanın oluşumu sırasında geçirdiği süreçlere bağlı olarak değişmektedir. Buna göre, bu süreçlerin belirlenmesinde kullanılan yöntem ve formüller aşağıda verilmiştir.

#### **1.3.4.1. Kısmi Ergime**

Kısmi ergime, üst mantoda sıcaklığın yükselmesi, ortama uçucu bileşenlerin eklenmesi ya da basınç serbestleşmesi gibi sebeplerden dolayı gerçekleşmektedir.

Kısmi ergime modellenmesiyle uygun koşulların sağlanması sonucu ergimiş olan manto kaynağını tespit etmek, kısmi ergime derecesi ve türünü belirlemek, kaynaktan

itibaren yüzeye yükselmesi sırasında değişim süreçleri hakkında fikir yürütmek mümkündür. Kısmi ergime modellemesinde, belirlenen bir uç bileşenden itibaren farklı kısmi ergime derecelerinde oluşacak olan eriyiğın iz element konsantrasyonları hesaplanmaktadır. Kısmi ergime temel olarak iki şekilde oluşmaktadır. Bunlar yığıın/denge ergimesi ve fraksiyonel ergimedir.

### Yığıın/Denge Ergimesi

Eriyiğın sürekli olarak artık katı ile reaksiyon halinde olduğu modellemedir. Bu sebeple eriyik denge halinde sürekli olarak tekrarlanmaktadır (Temel, 2001). Eriyik ile artık katı etkileşimi eriyik magma kütlesi halinde ortamdan uzaklaşana kadar devam etmek olup, hesaplamalarda kullanılan yığıın/denge ergime formülü aşağıda verilmiştir (Rollinson, 1993).

$$C_L / C_0 = 1 / [D_0 + F(1 - D_0)]$$

$C_L$  = İz elementin sıvıdaki konsantrasyonu

$C_0$  = İz elementin ilksel ergimemiş katıdaki konsantrasyonu

$D_0$  = İlksel katının kaynak malzemesi içindeki toplam paylaşma katsayısı

$F$  = Kısmi ergime derecesi

### Fraksiyonel Ergime

Kısmi ergimede oluşan az miktarda eriyik kaynağı terk eder ve yükselir. Bu nedenle katı kaynak ile oluşan eriyik arasında denge kurulamaz. Bunun nedeni kısmi ergimenin oluştuğu kısımlardaki katı kaynağın geçirimsizlik özelliğindendir (Maaloe, 1985). Bu sebeple denge durumuna ancak eriyik ile kaynak bölgedeki mineral yüzeyleri arasında ulaşılabilir (Temel, 2001). Fraksiyonel ergime formülü aşağıdaki gibidir (Rollinson, 1993);

$$C_L / C_0 = 1 / D_0^{[(1/D_0)-1]} (1-F)$$

### 1.3.4.2. Fraksiyonel Kristalleşme

Fraksiyonel kristalleşme; magmatik kayacın sabit bir sıcaklık derecesinde değil de, bir sıcaklık aralığında kristalleştiği, oluşan mineral çeşitliliğinin ve kimyasal bileşiminin sıcaklığın düşmesiyle sürekli değiştiği bir süreç olarak tanımlanabilmektedir. Bu oluşum, homojen bir ortamda kristalleşmenin meydana gelmesi ve kristallerin meydana geldikleri kaynaktan uzaklaşmaları ile gerçekleşmektedir (Albaréde, 1996).. Bu süreçte, kristaller oluşuktan hemen sonra eriyikten ayrılmaktadırlar. İz elementlerin dağılımında dengeli bir durum görülmez. Fraksiyonel kristalleşme formülü aşağıdaki şekildedir (Rollinson, 1993);

$$C_L / C_0 = F^{(D_0-1)}$$

### 1.3.4.3. Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalleşme

Magmanın katılaşması esnasında yan kayaçları eritmesi ve asimile etmesiyle orijinal bileşiminin bir kısmının veya yüksek oranının değişmesidir (Temel, 2001). Bu esnada oluşan bazı minerallerin ortamı terk etmesinin sebepleri asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme (AFC) süreçleriyle ortaya konulmaktadır. Bu süreçte, magmanın yükselişi esnasında asimilasyon ve fraksiyonel kristalleşme süreçleri gerçekleşmektedir. Asimilasyon ve fraksiyonel kristalleşmenin bir arada etkili olduğu durumları AFC modellemesi göstermektedir (Wilson, 1989). Bu modelin hesaplama formülü aşağıda verilmiştir (Powell, 1984; DePaolo 1981);

$$C_L / C_0 = f' + r / (r - 1 + D_0) * C_A / C_0 * (1 - f')$$

$C_L$  = İz elementin sıvıdaki konsantrasyonu

$C_0$  = İz elementin ilksel ergimemiş katıdaki konsantrasyonu

$C_A$  = Asimile edilen yan kayacın iz element konsantrasyonu

$r$  = Asimilasyon derecesinin, kristalleşme derecesine oranı

$D_0$  = İlksel katının kaynak malzemesi içindeki toplam paylaşma katsayısı

$f'$  = Eriyik fraksiyonu

## 2. BEYPAZARI VOLKANİKLERİNİN JEOLJİSİ

Beypazarı çalışma alanı Ankara'nın kuzeyinde bulunan Galatya Volkanik Provensi içinde yer almaktadır. Yaklaşık olarak 7.500 km<sup>2</sup> olan GVP'deki kayalar dalma-batma mekanizması ile bağlantılıdır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Görür ve ark., 1984; Koçyiğit, 1991). Kretase-Eosen zaman aralığında Neotetis okyanusunun kuzeyinin İzmir-Ankara koluyla birleşmesi ve Avrasya plakası ile Anatolid-Torid bloğu arasındaki çarpışmadan dolayı GVP tektonik olarak kompleks bir alandır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Görür ve ark., 1984; Koçyiğit, 1991). Çalışma alanından alınan volkanik örnekler üzerinde gerçekleştirilmiş olan K-Ar radyometrik yaş analizi sonuçları kullanılarak volkanik kayaların yaşları belirlenmiştir. Beypazarı volkanik kayalarının K-Ar yaş verilerine göre Erken Miyosen yaşlı oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Beypazarı volkanik kayalarının K-Ar radyometrik yaş verileri.

Örnek No	Rad. <sup>40</sup> Ar	Rad. <sup>40</sup> Ar	Yaş	Hata	K <sub>2</sub> O	Kayaç Bileşimi
	[mol/g]	[%]	[Ma]	[Ma]	[%]	
BY-31	6.390E-11	65.7	18.3	0.5	2.41	Andezit
BY-37	8.695E-11	62.7	18.0	0.4	3.34	Dasit
BY-44	5.608E-11	72.1	16.9	0.4	2.30	Bazaltik-trakiandezit

Çalışma alanında Bolu H27-H28 pafta numaralı jeoloji haritalarından (Akbaş ve ark., 2002; Altun ve ark., 2002) faydalanılarak arazi çalışmaları sırasında alınan volkanik kayaların jeokronolojik ve jeokimyasal analiz verilerinden itibaren çalışma alanının jeolojik haritası (Şekil 2.1) ve genel stratigrafik istifi yeniden oluşturulmuştur (Şekil 2.2).





## 2.1. Stratigrafi

Beypazarı çalışma alanında gerçekleştirilen arazi çalışmaları ve alınan volkanik kayaçlar üzerinde yapılan jeokronolojik ve jeokimyasal analiz verileri kullanılarak inceleme alanının jeolojik haritası ve stratigrafik istifi revize edilmiştir (şekil 2.1 ve 2.2).

Çalışma alanında, en altta Permo-Triyas yaşlı Karakaya grubunun metakırıntı ve metavolkanit içeren Gökçekaya metamorfileri bulunmaktadır. zerinde Alt Kretase yaşlı yarı pelajik kireçtaşı ve kalsitrbiditlerden oluşan Soğukçam formasyonu ile filiiş fasiyesinde kelen st Kretase yaşlı Yenipazar formasyonu yer almaktadır (Akbaş ve ark., 2002). Alt Miyosen yaşlı sedimanter birimlerden oluşan Hançili formasyonu, daha yaşlı olan Yenipazar formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır (Akbaş ve ark., 2002).

Sedimanter Hançili formasyonu üzerinde, bölgenin en yaşlı volkanik kayaçlarını oluşturan Alt Miyosen yaşlı Andezitik birimler yer alır. Andezitik birimlerin üzerinde ise sırasıyla Alt Miyosen yaşlı Dasitik birimler ve daha sonra bölgenin en genç volkanik kayaçları olan Alt Miyosen yaşlı Bazaltik birimler bulunurlar (şekil 2.2).

st Miyosen yaşlı glssel birimlerden oluşan Uruş formasyonu daha yaşlı olan Alt Miyosen yaşlı Beypazarı volkanik birimlerinin üzerini uyumsuz olarak örtmektedir. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar bölgenin en genç birimlerini oluşturmaktadırlar (Akbaş ve ark., 2002).

SİSTEM	SERİ	KAT	SİMGE	AÇIKLAMA	YAŞ	ÖRNEK NO	<span style="color: cyan;">●</span> Bazaltik-trakiandezit <span style="color: red;">●</span> Dasit <span style="color: yellow;">●</span> Andezit <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">BY</span> Yaş Analizi Yapılan Örnekler	
KUVATERNER	TERSIYER	MIYOSEN	Alt Miyosen	ALÜVYON				
				URUŞ FORMASYONU				
				BAZALTİK BİRİMLER (Bazaltik-trakiandezit)	16,9 My	BY-22, BY-47, BY-44		
				DASİTİK BİRİMLER (Dasit, Trakidasit)	18 My	BY-2, BY-3, BY-6, BY-12, BY-14, BY-15, BY-16, BY-17, BY-18, BY-19, BY-20, BY-21, BY-23, BY-27, BY-28, BY-29, BY-30, BY-32, BY-33, BY-34, BY-35, BY-36, BY-37, BY-38, BY-39, BY-45, BY-50		
				ANDEZİTİK BİRİMLER (Andezit, Trakiandezit)	18,3 My	BY-4, BY-5, BY-7, BY-8, BY-10, BY-11, BY-24, BY-26, BY-31, BY-40, BY-41, BY-46, BY-48		
				HANÇİLİ FORMASYONU				
				YENİPAZAR FORMASYONU				
KRETASE	MIYOSEN	Alt Kretase	SOĞUKÇAM FORMASYONU					
			YENİPAZAR FORMASYONU					
TRİYAS		Permo-Triyas	KARAKAYA GRUBU				Ölçeksiz	

Şekil 2.2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik istifi (Akbaş ve ark. (2002) ve Altun ve ark. (2002)'den değiştirilerek alınmıştır).

### **2.1.1. Karakaya Grubu**

Sakarya Zonu'nu oluşturan temel birimler arasında bulunan kısmen metamorfik olabilen genelde şiddetli deformasyon geçirmiş bazik volkanik ürünler, kumtaşı, kireçtaşı, şeyl ve kireç taşı araldanmalı kayaçlardan oluşmaktadır. Birim Permo-Triyas yaşlıdır (Altun ve ark., 2002).

### **2.1.2. Soğukçam Formasyonu**

Soğukçam formasyonu beyazımsı-krem renklerde porselenimsi görünüm sunar. Çört içeren ve kil ara katmanlı yarı pelajik kireçtaşlarından oluşur. Birim Alt Kretase yaşlıdır (Altun ve ark., 2002).

### **2.1.3. Yenipazar Formasyonu**

Çoğunlukla gri-yeşil renklerde, ince orta tabaka yapılı kumtaşı, şeyl araldanması, kahverengi, yeşil volkanikler, yeşil marn, bejimsi-beyazımsı, pembe, kırmızı renkli ince mikritik kireçtaşı ve bir miktar konglomeradan meydana gelmektedir. Birim Üst Kretase yaşlıdır (Akbaş ve ark., 2002).

### **2.1.4. Hançili Formasyonu**

Alt Miyosen yaşlı olan Hançili formasyonu, gri, beyaz renkte kireçtaşı, sarımsı orta tabakalı kumtaşları ve grimsi-yeşil renkli ince tabakalı renkte kiltası ve tüflerden oluşmakta, kendisinden yaşlı olan birimleri uyumsuz olarak örtmektedir (Akbaş ve ark., 2002).

### **2.1.5. Andezitik birimler**

Andezit ve trakiandezit bileşimindeki kayaçlardan oluşan andezitik birimler, çalışma alanında oldukça geniş yayılım göstermektedir. Andezitik bileşimdeki volkanik kayaçların taze kırık yüzeyi gri ve koyu tonlarında gözlenmektedir. Porfirik dokulu lav akıntıları içinde 2-3 mm boyutlarında feldispat ve bol miktarda koyu renkli mineral

bulunmaktadır. Çalışma bölgesinde andezitik birimler genellikle lav akıntıları şeklinde gözlenmektedir.

### 2.1.5.1. Andezit

Bu kayaçlar yer yer BY-8 örneğinde olduğu gibi sütunsal yapı şeklinde de görülebilmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Beypazarı BY-8 no'lu örneğin alındığı sütunsal yapı gösteren andezitler.

Andezit bileşimdeki gri renkli BY-5 örneği içerisinde iri fenokristaller halinde feldispat mineralleri kendini göstermektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Beypazarı BY-5 no'lu andezitik bileşimdeki birimin genel görünümü ve birimden alınan el örneği.

### 2.1.5.2. Trakiandezit

Çalışma alanındaki trakiandezit örneklerin kırık yüzeyleri daha çok grimsi tonlarında gözlenmektedir.

Griimsi renkteki ince dokulu trakiandezit bileşimindeki BY-11 örneğinde alterasyondan dolayı halkalar şeklinde iç içe kahverengimsi tonlarda zonlanmalar görülmektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Beypazarı BY-11 no'lu trakiandezit bileşimdeki zonlanma gösteren birim.

BY-26 no'lu trakiandezit bileşimdeki birimin koyu gri taze kırık yüzeylerinde feldispat mineralleri fenokristal olarak görülmektedir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Beypazarı BY-26 no'lu trakiandezit bileşimdeki örnek.

### **2.1.6. Dasitik Birimler**

Dasit ve trakidasitten oluşan dasitik birimler, çalışma bölgesinde geniş bir yayılım göstermekte, yer yer lav akıntısı ve lav domu şeklinde mostra vermektedir.

#### **2.1.6.1. Dasit**

Dasit bileşimindeki kayaç genel olarak gri renklerde, kırık yüzeyleri de yine gri renklerde gözlenmektedir (Şekil 2.7). Genel olarak gri renkte gözlenen hamurun yer yer pembemsi renkli kısımlar içerdiği de gözlenmektedir. Bu birim, arazide lav akıntısı, lav domu, yer yerde blok ve kül akıntı ürünleri şeklinde yer almaktadır.





Şekil 2.7. Beypazarı BY-6 no'lu dasitik bileşimdeki birimin genel görünümü ve birimden alınan el örneği.

Bu kayaçlar yer yer BY-14 örneğinde olduğu gibi çatlaklı, kırıklı ve tabakamsı yapı şeklinde de görülebilmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Dasitik bileşimdeki BY-14 no'lu örneğin alındığı yerin genel görünümü.

Arazide, yer yer blok ve kül akıntı ürünleri şeklinde de gözlenen dasitik bileşimdeki bloklardan alınmış olan BY-19 no'lu dasit bileşimindeki kayaç makro olarak incelendiğinde sert masif görünümlü, ince taneli, koyu gri renkte bir kayaçtır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Beypazarı BY-19 no'lu dasitik bileşimdeki birimin genel görünümü.

### 2.1.6.2. Trakidasit

Çalışma alanından alınan trakidasit bileşimindeki örneklerde hamurun yer yer pembe renkli olduğu dikkat çekmektedir. Birimin, yer yer bol çatlaklı ve kırıklı yapıda olduğu gözlenmektedir. Porfirik dokudaki kayaçların el örneklerinden bazılarının iri feldispat fenokristalleri içerdiği görülmektedir.

BY-20 no'lu trakidasit bileşimindeki örneğin alındığı birim makro olarak incelendiğinde sert masif görümlü, ince taneli, pembemsi renkte bir kayaçtır. Pembe renk hamurun içinde beyaz feldispat minerallerinin bulunduğu 15-20 cm büyüklüğünde, içerisinde küresel şekilli ve keskin sınırları olan beyaz renk ksenokristaller görülen koyu grimsi renkli enklavlar bulunmaktadır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Beypazarı BY-20 no'lu trakidasit bileşimindeki birimin genel görünümü.

### 2.1.7. Bazaltik Birimler

Bazaltik birimler, bazaltik-trakiandezit bileşimindeki kayalardan oluşmaktadır.

#### 2.1.7.1. Bazaltik-trakiandezit

Porfirik dokuya sahip olan bazaltik kayaların taze kırık yüzeyleri koyu gri, siyahımsı renklere gözlenmektedir. İçlerinde buldukları olivin mineralleri bu kayalar için tipiktirler. El örneklerinde feldispat mineralleri yanında, koyu renkli minerallerde hamur içinde yaygın bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Beypazarı BY-22 no'lu bazaltik-trakiandezit bileşimindeki birimin genel görünümü.

### 2.1.8. Uruş Formasyonu

Üst Miyosen yaşlı olan, karasal ortamda, akarsu ve göl fasiyesinde çökelen, konglomera, kumtaşı, kiltası, kireçtaşı ve jipsten oluşan bu sedimanter birim, inceleme alanının G-GD'sinde geniş yayılım göstermekte ve kendisinden yaşlı birimleri uyumsuzlukla örtmekte; yamaç molozları ve kuvaterner birimler tarafından da üzerleri uyumsuzlukla örtülmektedir (Akbaş ve ark., 2002; Altun ve ark., 2002). Tabanındaki düzeylerde kanal dolgusu ve çapraz katmanlanma görülmekte olan

Uruş Formasyonu beyaz, sarımsı-beyaz, yeşil, gri, sarı ve boz renkli, alt kısımda kumtaşı, kilitaşı, konglomera, üstte ise; jips ve kireçtaşı araldanmalı olarak bulunmaktadır (Akbaş ve ark., 2002; Altun ve ark., 2002).

### **2.1.9. Alüvyon**

Çalışma alanındaki en genç oluşumlar olup, vadi, akarsu yatakları, ova ve düzlüklerde depolanmış olan, güncel olarak biriken çakıl, kum ve killerden oluşmuşlardır. İnceleme alanında yüksek bir plato görünümünde olan Eğriova ve Benli yaylaları yörelerinde eski alüvyon oluşukları mevcuttur. Bunun dışında, güncel olarak oluşan Kuvaterner yaşlı alüvyonlar, çukurluklar üzerine gelişmiş düz alanlardaki çakıl-kum-silt türü kayaçların depolanması şeklindedir (Akbaş ve ark., 2002).

### 3. MİNERALojİK VE PETROGRAfİK İNCELEMELER

Beypazarı volkanik kayaçlarının mineralojik ve petrografik özelliklerini tespit etmek için, 43 adet volkanik kayacın incekesitleri, alttan aydınlatmalı polarize optik mikroskop ile incelenmiştir (Çizelge 3.1). Detaylı incekesit analizleriyle mineralojik birlikteliklerine göre; andezitik volkanik kayaçlarda beş, dasitik volkanik kayaçlarda altı, bazaltik volkanik kayaçlarda ise iki çeşit mineral birlikteliği tespit edilmiştir.

Hipokristalin porfirik dokunun görüldüğü volkanik kayaçların bazılarında bu dokunun yanında akma dokusu, intersertal doku ve glomeroporfirik doku özelliklerini taşıdıkları da tespit edilmiştir. Porfirik doku gösteren kayaçlardaki fenokristallerin yaklaşık tane boyutu 1 mm ile 4 mm arasında olup, bazıları ise 4 mm'den daha büyük fenokristaller olarak bulunmaktadır. Çalışma alanında oldukça iri plajiyoklaz, piroksen ve amfibol fenokristalli (~1-4 mm) volkanik kayaçların bulunması, kristalleşmenin magmanın yavaş soğumasıyla gerçekleştiğini göstermektedir. Kayaçlarda ortamla denge içinde oluşmuş minerallerin yanı sıra, kemirilmiş ve zonlu doku gösteren mineraller de bulunmaktadır. Kayaçların hamur rengi pembemsi, gri ve kahverengimsi renklere gözlenmektedir. Mineraller genelde özşekilli-yarı özşekilli olup, amfibol minerallerinde opasitleşmeler yaygındır.

#### 3.1. Andezitik Birimler

İnceleme alanında gözlenen andezitik bileşimdeki örneklerde beş tip mineral birlikteliği görülmektedir.

##### 3.1.1. Andezit

Hipokristalin porfirik dokuya sahip olan andezitik bileşimdeki örneklerin bazılarında glomeroporfirik doku görülmektedir. İncelenen incekesitlerde tek tip mineral birlikteliği gözlemlenmektedir.

Plajiyoklaz+piroksen+amfibol+oksit birlikteliği:

Plajiyoklaz mineralleri; çoğunlukla özşekilli-yarı özşekilli, orta ve iri tane boyunda fenokristaller halindedir. Mineraller zonlu doku ve polisentetik ikizlenme göstermektedir. Bazı plajiyoklaz fenokristallerinin kenarlarında cam kapanımları görölmektedir.

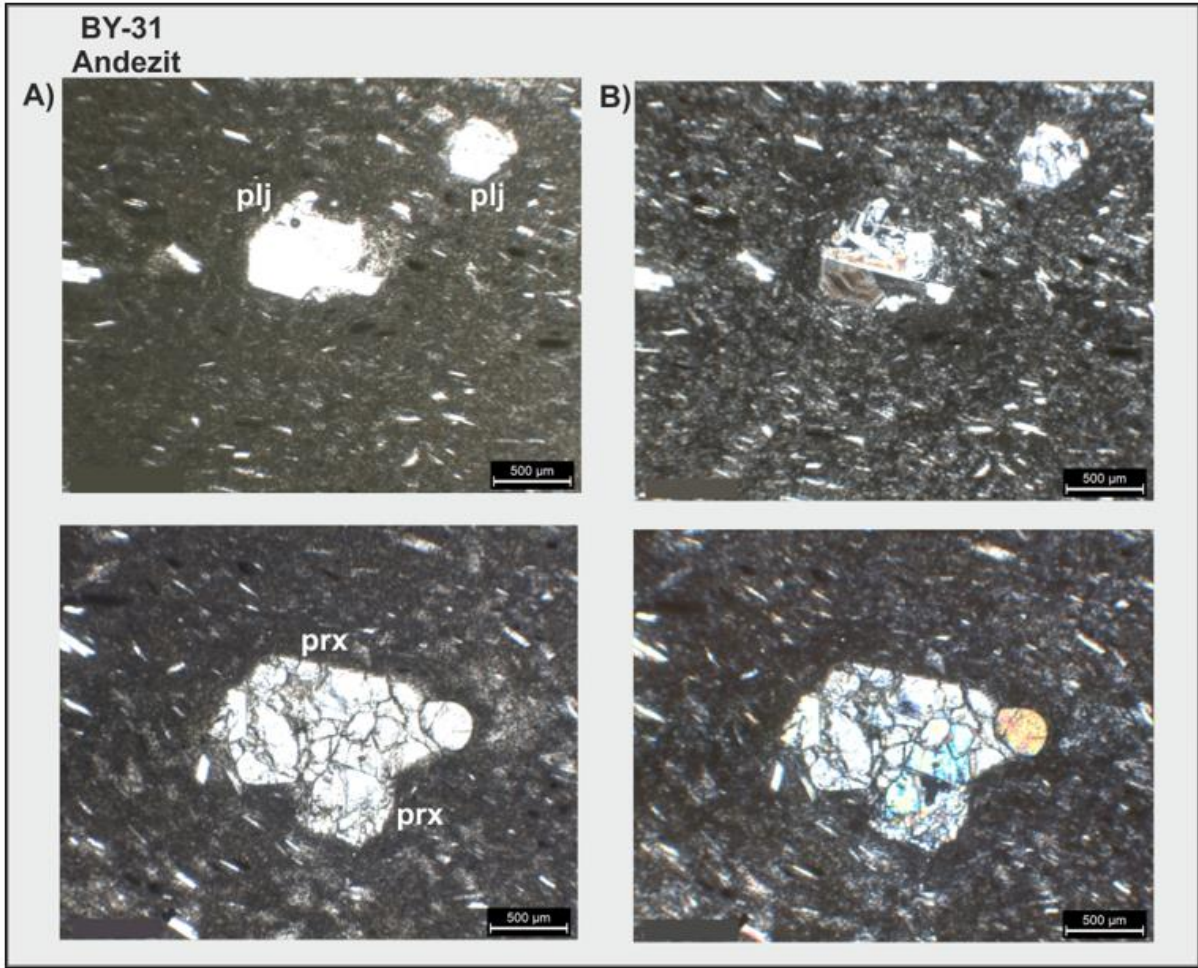
Piroksen mineralleri; incekesitte renksiz ve çoğunlukla özşekilli-yarı özşekillidir. Bazılarında zonlu doku gözlenmektedir.

Amfibol mineralleri; çoğunlukla opasitleşmiş olup, özşekilli-yarı özşekilli fenokristaller şeklinde gözlenmektedir.

Oksitler; çoğunlukla volkanik hamurda özşekilli ve yarı özşekilli olarak gözlenmektedir.

Volkanik hamur; andezitik lav örneklerinde aynı mineral birlikteliğinde gözlenen hamur yapısında farklılık vardır. Hamur, camdan ve mikrokristallerden oluşmaktadır. Örneklerin bazılarında hamur akma dokusu gösteren mikrolitlerden oluşmaktadır.

BY-31 no'lu andezit bileşimdeki kayaç ince taneli bir kayaçtır. İncekesit görüntüsü incelendiğinde içinde karlsbad ikizi ve aynı zamanda zonlu doku gösteren plajiyoklaz fenokristali ile koyu renkli bir hamur içerisinde, plajiyoklaz mikrolitleri bulunan bir akma dokusu görölmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Beypazarı BY-31 no'lu andezit bileşimdeki kayacın incekesitte fenokristal görüntüleri. (plj: plajiyoklaz, prx: piroksen). A) Tek nikol, B) Çift nikol.

### 3.1.2. Trakiandezit

Trakiandezitik kayaçların dikkat çekici özelliği, plajiyoklazların da olduğu hamur içinde bulunan tüm mikrolit minerallerinin yönlenmeli akma dokusu (trakitik doku) gösteren şekilde dizili olmasıdır. Bu lav akıntıları için dört farklı mineral birlikteliği saptanmıştır.

Plajiyoklaz+piroksen+oksit birlikteliği:

Plajiyoklaz mineralleri: orta tane boyunda, prizmatik, özşekillidir. Bazı örneklerde özşekilli plajiyoklaz mineralleri görülürken, kenarları kırılmış, yenmiş, yuvarlaklaşmış



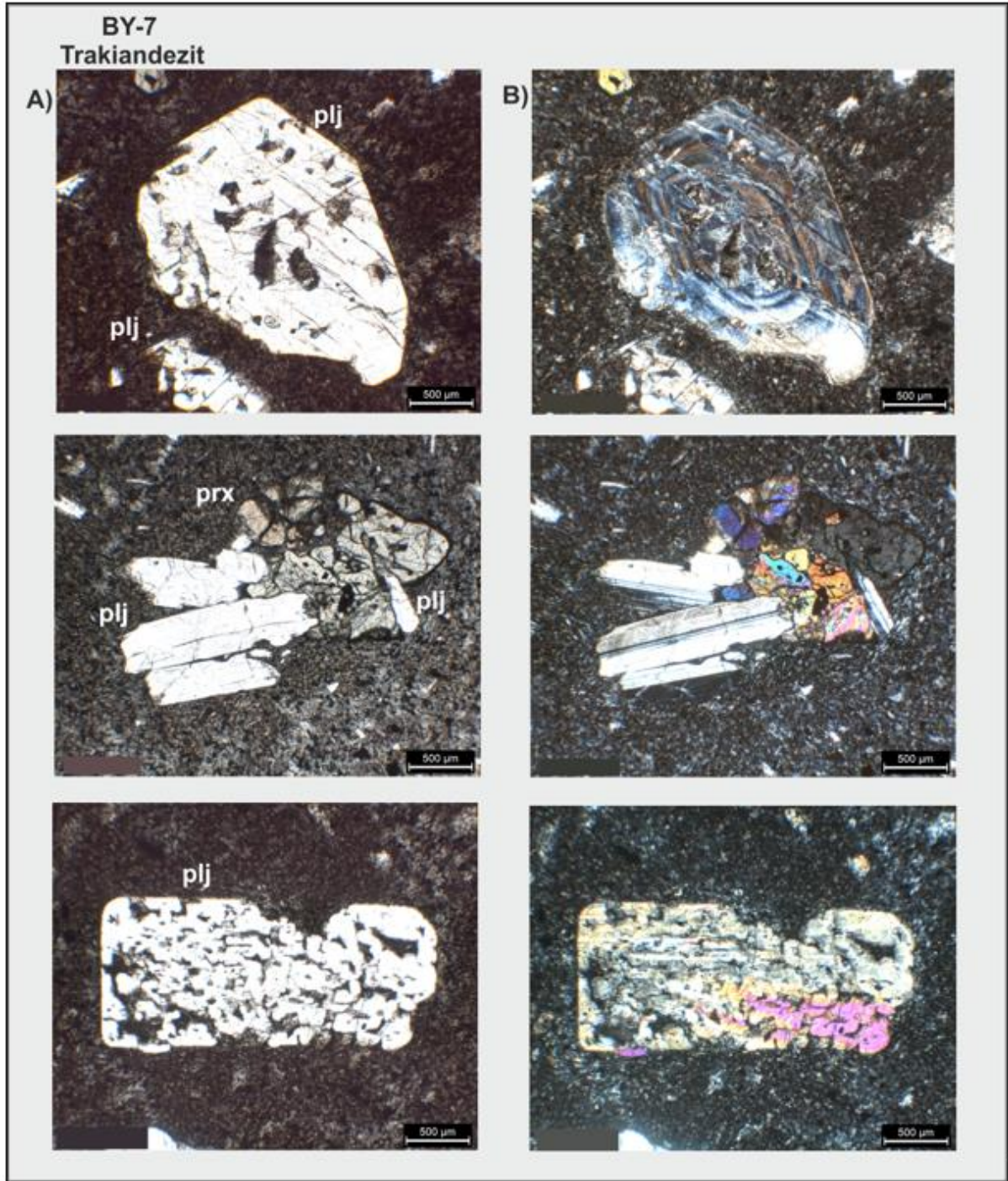
plajiyoklaz mineralleri de gözlenmektedir. Bu minerallerin bazılarında serisitleşme, zonlu doku, elek dokusu ve polisentetik ikizlenme göstermektedir. Bazı plajiyoklaz mineralleri ortasından itibaren, bazıları ise kenarlarından itibaren cam kapanımları içermektedir. Yaklaşık aynı büyüklükteki plajiyoklaz mineralleri birçok kesitte yan yana, birleşik olarak kristalleşmiş durumdadır.

Piroksen Mineralleri; iri ve genelde orta tane boyunda, çoğunlukla özşekillidir, bazı piroksen mineralleri ise, kenarlarından itibaren kırılmış, yuvarlaklaşmış, yarı özşekilli gözlenmektedir.

Oksitler; genelde yarı özşekilli, fenokristaller içinde kapanım halinde gözlenmektedir. Kenarları aşınmış, yuvarlaklaşmış oksitlerde volkanik hamur içinde yer almaktadır.

Volkanik hamur; yan yana aynı doğrultuda yönlenmiş, art arda dizilmiş özşekilli plajiyoklaz mikrokristalleri görülmektedir (trakitik doku). Aynı zamanda yuvarlak piroksen mikrokristalleri de hamur içinde yer yer bulunmaktadır. Hamur koyu renkli, siyahımsı renklerde gözlenmektedir.

BY-7 no'lu trakiandezit bileşimdeki volkanik kayacın incekesit görüntüsü incelendiğinde zonlu doku gösteren plajiyoklaz minerali ve koyu renkli, yer yer plajiyoklaz mikrolitleri içeren bir volkanik hamur görülmektedir. BY-7 no'lu trakiandezit bileşimdeki örneğin incelenen bir başka incekesitinde ise koyu renkli hamur içinde elek dokusu gösteren plajiyoklaz minerali yer almaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Beypazarı BY-7 no'lu trakiandezit bileşimdeki kayacın incekesit görüntüleri. (plj:plajiyoklaz, prx:piroksen). A) Tek nikol, B) Çift nikol.

Piroksen+plajiyoklaz+amfibol+oksit birlikteliği:

Plajiyoklaz mineralleri: çoğunlukla özşekilli, zaman zaman yarı özşekilli, bazıları ise kırıklı yapıdadır. Genelde zonlu doku görülmekle birlikte polisentetik ikizlenmeler de mevcuttur. Amfibol ve plajiyoklaz mineralleri bitişik olarak kristalleşmiş olduğu da

görülmektedir (glomeroporfirik doku). Trakitik (akma) doku gösteren plajiyoklaz mikrokristalleri de fenokristallerin olduğu volkanik hamurda yaygın olarak görülmektedir.

Piroksen mineralleri; daha az miktarda, ince tane boylarında, kenarlarından itibaren kırılmış, yuvarlaklaşmış biçimde gözlenmektedir. İncekesitte genellikle renksizdir, fakat soluk yeşilimsi renklerde de bulunabilmektedir.

Amfibol mineralleri; kenarlarından itibaren veya tamamen opasitleşmiş fenokristalleri olmakla birlikte, yer yer özşekilli ve yarı özşekilli olan amfibollerin bir kısmı temiz yüzeyli görünmektedir. Kızılımsı-kahverengi renkte görülen amfibol mineralleri bazı incekesitlerde birbirleriyle bitişik olarak kristalleşmiştir.

Oksitler; yer yer özşekilli bazen de yuvarlak şekillerde görülmektedirler. Fenokristaller içinde kapanım olarak da yer almaktadırlar.

Volkanik Hamur; koyu renkli, siyahımsı hamur içinde baskın olarak ince taneli plajiyoklaz ve amfibol mikrolitleri gözlenmektedir. Bu mineraller belli bir yönde dizilerek trakitik dokuyu oluşturmaktadırlar. Bazı incekesitlerde kümülatlar ve enklavlar görülmektedir.

Plajiyoklaz+amfibol+oksit birlikteliği;

Plajiyoklaz mineralleri; prizmatik özşekilli ya da yuvarlaklaşmış, kenarları kırılmış fenokristaller halinde izlenmektedirler. Zonlu doku ve polisentetik ikizlenme gözlenmektedir. Bu mineraller hamur içinde belli bir yönelim göstererek akma dokusunu oluştururlar.

Amfibol mineraller; iri ve orta tane boyutunda ve özşekilli olarak gözlenmekle birlikte bazı amfiboller opasitleşmiştir. Amfiboller kızılımsı, kahverengimsi renklerde ve kuvvetli bir pleokroizma gösterirler.

Oksitler; genellikle yuvarlaklaşmış halde hamurda ve bazen de kapanım olarak minerallerin içinde gözlenmektedir.

Volkanik hamur; koyu renkli hamur içinde yoğun olarak bulunan ince plajiyoklaz mikrolitlerinden oluşmuştur. İntersertal doku göstermektedir. Bazı kesitler içinde kümülatlar ve enklavlar mevcuttur.

Plajiyoklaz+piroksen+amfibol+kuvars+oksit birlikteliği;

Plajiyoklazlar; iri fenokristaller şeklinde hem zonlu doku, hem de polisentetik ikizlenme göstermektedir. Plajiyoklazlar ayrıca hamurda mikrolitler halinde bol miktarda bulunmaktadır. Bazı plajiyoklaz fenokristallerinin kenarlarında cam kapanımları görülmektedir.

Piroksen; özşekilli ve yarı özşekilli olarak görülmekle birlikte bazı fenokristallerde sekizgen kristal sistemi belirgin şekilde gözlenmektedir.

Amfibol; özşekilli ve yarı özşekilli olarak bulunmaktadır. İncekesitte tek nikelde kahverengi renklerde görülmektedir.

Kuvars; çift nikelde gri renkli olup, dalgalı yanıp sönme göstermektedir. Az miktarda görülmektedir.

Oksitler; genellikle yuvarlak şekillerde hamurda ve bazen de kapanım olarak minerallerin içinde gözlenmektedir.

Volkanik hamur; koyu kahverengi volkanik hamur içinde yoğun olarak bulunan ince plajiyoklaz mikrolitlerinden ve oksit minerallerden oluşmuştur. İntersertal doku göstermektedir. Bazı kesitler içinde kümülatlar ve enklavlar mevcuttur.

## **3.2. Dasitik Birimler**

### **3.2.1. Dasit**

İnceleme alanında, oldukça geniş yayılım gösteren dasitik bileşimdeki kayaçlar içinde başlıca dört mineral birlikteliği gözlenmiştir.

### Plajiyoklaz+piroksen+oksit birlikteliği:

Plajiyoklaz mineralleri: yer yer özşekilli, çubuksu, bazen de yuvarlaklaşmış ve/veya kırılmış, kenarından itibaren kemirilmiş şekilde gözlenmektedir. Plajiyoklaz mineralleri elek dokusu ve çok sık polisentetik ikizlenme ile zonlu doku göstermektedir. Nadiren, kenarlarından itibaren cam kapanımları da mevcuttur. Genellikle plajiyoklaz mineralleri yan yana kristalleşmiş olarak görülmekte, bazen de piroksenlerle birlikte glameroporfirik doku oluşturmaktadır.

Piroksen mineralleri: nadiren özşekilli olarak gözlenirken, yarı özşekilli, kenarları kırılmış, yuvarlaklaşmış şekilde de görülmektedir. Yatay ve eğik sönme, genellikle de renksiz ve zayıf pleokroizma göstermektedirler. Piroksen minerallerinde zonlu dokuda gözlenmektedir.

Oksitler: hamur içinde az miktarda bulunmakla birlikte nadiren özşekilli, çoğu zaman da yuvarlaklaşmış şekilde izlenmektedir.

Volkanik hamur: grimsi-siyahımsı renklerde gözlenmektedir. İntersertal doku mevcuttur. İnce taneli çubuksu ve prizmatik şekilli plajiyoklaz mikrolitleri baskındır. Yer yer piroksen mikrolitleri de hamur içinde izlenmektedir.

### Plajiyoklaz+piroksen+amfibol±oksit birlikteliği:

Plajiyoklaz mineralleri: genellikle özşekilli, temiz, prizmatik, orta tane boyutundadırlar, yer yer de kenarlarından itibaren kırılmış, yuvarlaklaşmış plajiyoklazlar da mevcuttur. Sık sık zonlu doku ve polisentetik ikizlenme göstermektedirler. Cam kapanımı içeren plajiyoklaz mineralleri nadiren görülür. Bazı plajiyoklaz fenokristallerinde serisitleşme ve elek dokusu gözlenmektedir. Kümülat halinde yan yana büyümeleri oldukça yaygındır.

Piroksen mineralleri: bu tür birliktelikte en sık görülen mineraldir. İncekesitte renksiz, zayıf pleokroizmalı genelde özşekilli fakat kenarları kırılmış ya da yuvarlaklaşmış halde gözlenmektedir. Yan yana pek çok piroksen minerali toplu halde

bulunabilmektedir ya da plajiyoklaz mineralleriyle yan yana (glomeroporfirik doku) gözlenmiştir. Hamur içinde mikrolit olarak da yer almaktadırlar.

Amfibol mineralleri; genelde temiz yüzeyli gözlenmektedir. Bazen kenarlarından itibaren, bazılarında ise tamamen opasitleşme gerçekleşmiştir. Bazıları kızılımsı-kahve tonlarında pleokroizma göstermekte, bazı amfibol fenokristallerinin ise altıgen kristal sistemleri tipik olarak gözlenmektedir.

Oksitler; volkanik hamur içinde yer yer görülmekle birlikte, çoğunlukla yuvarlakşı şekilde gözlenmektedir. Bazı fenokristallerin içinde, özşekilli kapanımlar halinde de görülmektedir.

Volkanik hamur; cam miktarı bazı kesitlerde oldukça fazla, koyu kahve ve siyah tonlarında, bazılarının volkanik hamuru ince plajiyoklaz mikrolitlerince çok zengin olup, mikrolitler akma dokusu göstermektedir. Az sayıda amfibol mikrolitleri ve oksit mineralleri de yer yer volkanik hamur içinde yer almaktadır.

BY-19 no'lu dasitik bileşimdeki kayacın incekesiti incelendiğinde hipokristalin porfirik dokuya sahip olup, karlsbad ikizlenmeli ve magma odasında magma karışımı olduğunu gösteren elek dokulu plajiyoklaz fenokristalleri ile bol miktarda karlsbad ikizlenmeli plajiyoklaz mikrolitleri, amfibol ve piroksen fenokristalleri görülmektedir (Şekil 3.3).

#### Plajiyoklaz+amfibol±biyotit±piroksen±oksit birlikteliği

Plajiyoklaz mineralleri; bu tip kayaçlar içinde en çok gözlenen mineraldir. Daha çok kenarları yuvarlaklaşmış ve kırılmış biçimdedir. Özşekilli-yarı özşekilli, prizmatik, çubuksu olanları da gözlenmektedir. Çoğunluğunda kenarlarından itibaren cam kapanımları bulunmaktadır. Genellikle zonlu doku gösterirler. Amfibol ve biyotitle birlikte yan yana, ince taneli volkanik hamur içinde gözlenmektedir (glomeroporfirik doku).

Amfibol mineralleri; yer yer özşekillidir ve kuvvetli pleokroizma göstermektedir. Kenarlarından ya da orta kısımlarından itibaren opasitleşmeye başlayanları da

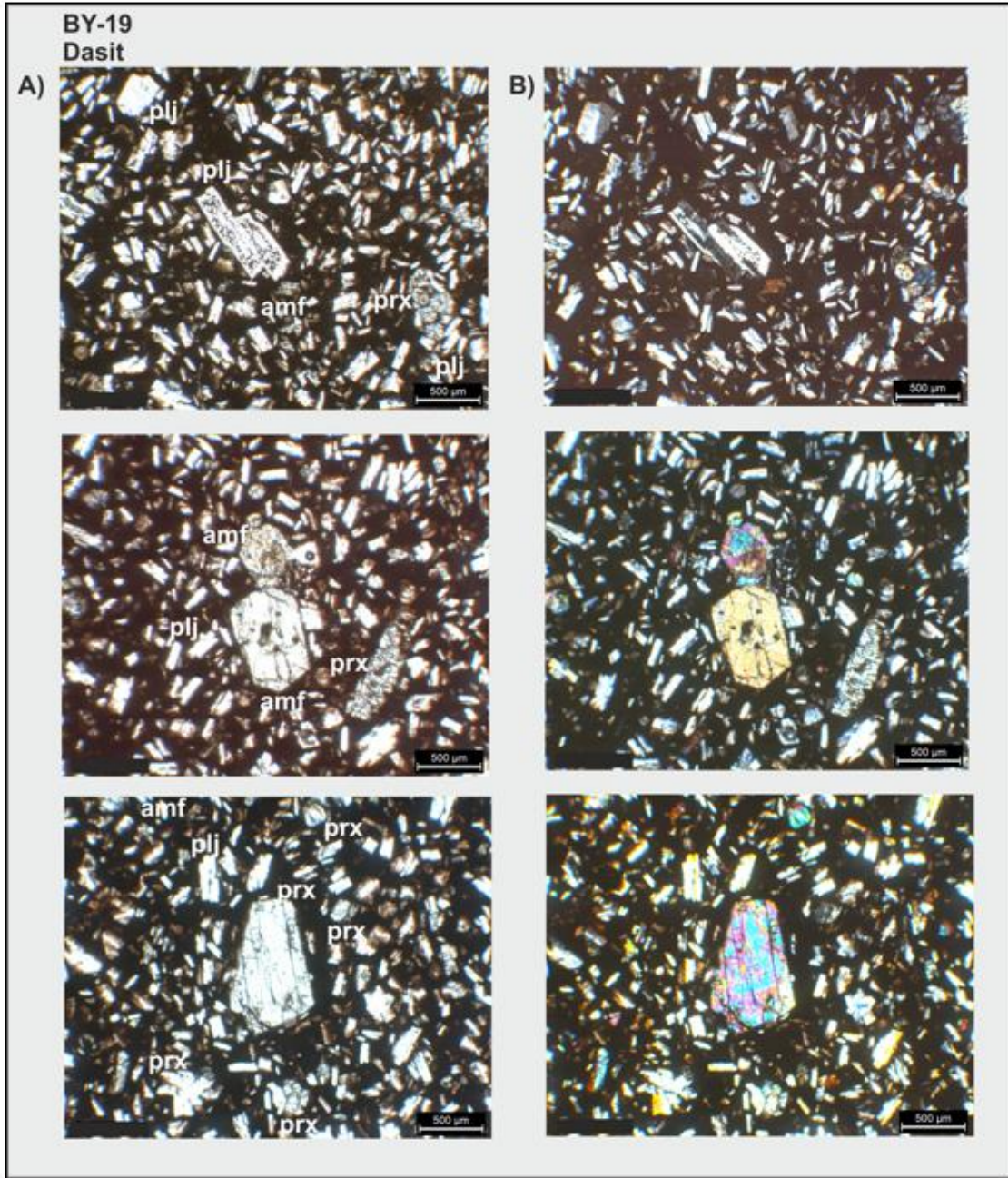
mevcuttur. Bunların yanında tamamen opasitleşmiş olanları da vardır. Genelde kahvemsi ve kızılımsı kahve tonlarda gözlenmektedir.

Biyotit mineralleri; az miktarda ve prizmatik, iğnemsî, çubuğumsu şekillerde gözlenmektedir. Bazı biyotit mineralleri kenarlarından itibaren opasitleşmeye başlamıştır. Sarımsı kahve tonlarında pleokroizma gösteren mineraller, pulsu sönmeleriyle karakteristiktir.

Piroksen mineralleri; nadiren özşekilli, renksiz ve orta tane boylarındadır. Zayıf pleokroizma göstermektedir. Çoğu örnekte kenarlarından itibaren yuvarlaklaşmış, kırılmış şekilde gözlenmektedir. Sık sık zonlu doku göstermektedirler.

Oksitler; genellikle özşekillidir ve bazen de fenokristaller içinde kapanım veya volkanik hamur içinde yuvarlaksî şekillerde gözlenmektedir.

Volkanik hamur; koyu kahve, siyah tonlarındaki hamur intersertal doku gösteren plajiyoklaz mikrolitlerinden oluşmaktadır. Yer yer ince taneli mikrolitler içinde plajiyoklaz, amfibol, biyotit, oksit mineralleri yanında az miktarda piroksen mikrolitleri de gözlenmektedir.



Şekil 3.3. Bey pazarı BY-19 no'lu dasitik bileşimdeki kayacın incekesit görüntüleri. (plj:plajiyoklaz, prx:piroksen, amf:amfibol). A) Tek nikol, B) Çift nikol.

BY-29 no'lu dasit bileşimdeki birim makro olarak incelendiğinde sert masif görünümlü, ince taneli bir kayadır. İncekesit görüntüsü incelendiğinde kayaçta glomeroporfirik doku; zonlu doku gösteren plajiyoklaz fenokristalleri ile yan yana bulunan amfibol ve biyotit mineralinin birlikteliği şeklinde (Şekil 3.4), yer yer de polisentetik dokulu plajiyoklaz minerali ile piroksen mineralinin birlikteliği şeklinde görülmektedir (Şekil 3.4). Genel olarak karlsbad ikizlenmeli plajiyoklaz mikrolitlerinin oluşturduğu akma dokusu gösteren bir hamur görülmektedir (Şekil 3.4).



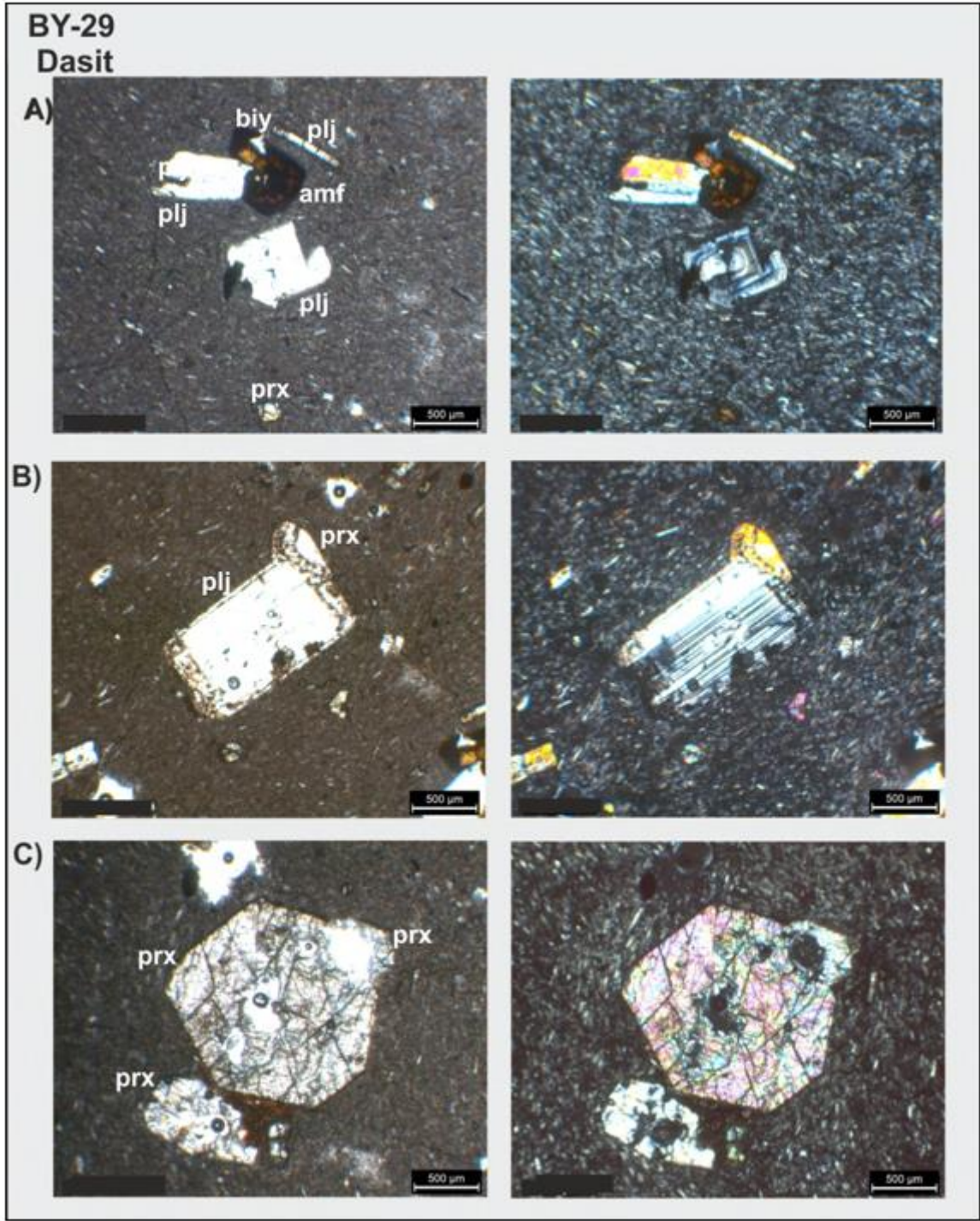
### Plajiyoklaz+amfibol+oksit birlikteliği;

Plajiyoklaz mineralleri; çok sık rastlanan fenokristallerdir. Bazen özşekilli, prizmatik, çubuksu, bazen de kenarları yuvarlaklaşmış, kırılmış şekilde gözlenmektedir. zonlu doku baskın olarak gözlenmekte, özşekilli olanlarda polisentetik ikizlenme de görülmektedir. Bazı plajiyoklaz fenokristallerinde elek dokusu ve serisitleşme gözlenmektedir. Kenarlarından itibaren bazen cam kapanımı içeren plajiyoklaz mineralleri görülmektedir. Hamur içinde, ince taneli mikrolitler halinde bulunmaktadır.

Amfibol mineralleri; kızılımsı, kahvemi renklerde, kuvvetli pleokroizma göstermektedir. Bazen özşekilli ve taze gözlenmekle, bazen kenarlarından itibaren yuvarlaklaşmış ve opasitleşmiş, bazen de orta kesiminden ya da dilinimlerinden itibaren büyük oranda ya da tamamen opasitleşmiştir.

Oksitler; nadir olarak görülmekle birlikte, genelde özşekilli, temiz yüzeyli ve yuvarlaksı şekillerde hamur içinde gözlenmektedir.

Volkanik hamur; genel olarak siyahımsı renkte gözlenmektedir. Baskın olarak gözlenen çubuksu plajiyoklaz mikrolitleri bazı örneklerde akma dokusu göstermektedir. Hamurda özşekilli amfibol mineralleri ve yuvarlaklaşmış ya da özşekilli opak mineraller de gözlenmektedir.



Şekil 3.4. Beypazarı BY-29 no'lu dasitik bileşimdeki kayacın incekesit görüntüleri. (plj:plajiyoklaz, prx:piroksen, amf:amfibol). A) Tek nikol, B) Çift nikol.

### 3.2.2. Trakidasit

Trakidasitik kayaçların önemli özelliği, plajiyoklaz mikrolitlerine benzer şekilde volkanik hamurda bulunan tüm mikrolitlerin akış yönüne paralel, akma dokusu

(trakitik doku) göstermesidir. Bu lav akıntıları için iki farklı mineral birlikteliği belirlenmiştir.

#### Plajiyoklaz+piroksen+oksit birlikteliği;

Plajiyoklaz mineralleri; orta tane boyunda, prizmatik, özşekilli- yarı özşekillidir. Bunun yanında kenarları kırılmış, yuvarlaklaşmış plajiyoklaz mineralleri de az miktarda plajiyoklaz minerali de gözlenmektedir. Bu mineraller genelde zonlu doku, elek dokusu ve polisentetik ikizlenme göstermektedir. Bazı plajiyoklaz mineralleri ortasından itibaren, bazıları ise kenarlarından itibaren cam kapanımları içermektedir. Yaklaşık aynı büyüklükteki plajiyoklaz mineralleri birçok kesitte yan yana, birleşik olarak kristalleşmiş durumdadır.

Piroksen Mineralleri; iri ve genelde orta tane boyunda çoğunlukla özşekillidir. İncekesitte yeşilimsi-sarı bazı kesitlerde ise kıvımsız renklerde gözlenmektedir. Bazı piroksen mineralleri ise, kenarlarından itibaren kırılmış, yuvarlaklaşmış, yarı özşekilli gözlenmektedir. Zonlu dokulu ve kenarlarından itibaren cam kapanımları içeren piroksenlerde mevcuttur. Hem fenokristal olarak, hem de mikrokristal olarak volkanik hamur içinde bulunmaktadır.

Oksitler; genelde özşekilli, fenokritaller içinde kapanım olarak gözlenmektedir. Kenarları aşınmış, yuvarlaklaşmış oksitlerde volkanik hamur içinde yer almaktadır.

Volkanik hamur; yan yana aynı doğrultuda yönlenmiş, art arda dizilmiş özşekilli plajiyoklaz mikrokristalleri görülmektedir (trakitik doku). Aynı zamanda yuvarlak piroksen mikrokristalleri de volkanik hamur içinde yer yer bulunmaktadır. Hamur koyu renkli, siyahımsı renklerde gözlenmektedir.

### Plajiyoklaz+piroksen+amfibol+oksit birlikteliği:

Plajiyoklaz mineralleri; çoğu özşekilli ve yarı özşekilli, sadece kenarları yuvarlak ve ya kırıklı, bazen de tamamen yuvarlaklaşmış haldedir. Genelde zonlu doku görülmekle birlikte polisentetik ikizlenmeler de görülmektedir. Plajiyoklaz ve amfibol mineralleri bitişik olarak kristalleşmiştir (glomeroporfirik doku). Trakitik doku gösteren plajiyoklaz mikrolitleri de fenokristallerin olduğu volkanik hamurda yaygın olarak görülmektedir

Piroksen mineralleri; daha az miktarda, ince tane boylarında, kenarlarından itibaren kırılmış, yuvarlaklaşmış biçimde gözlenmektedir. İncekesitte genellikle renksizdir, fakat soluk yeşilimsi renklerde de bulunabilmektedir.

Amfibol mineralleri; genelde özşekilli ve yer yer yarı özşekilli olan amfiboller, kızılımsı kahverengi renkte, bazı incekesitlerde birbirleriyle bitişik olarak kristalleşmiştir. Amfibol minerallerinde opasitleşme yaygın olarak görülmektedir.

Oksitler; sık sık özşekilli bazen de yuvarlakı şekillerde görülmektedirler. Fenokristaller içinde kapanım olarak da yer almaktadırlar.

Volkanik hamur; koyu renkli, siyahımsı volkanik hamur içinde baskın olarak ince taneli plajiyoklaz mineralleri ve amfibol mikrolitleri gözlenmektedir. Bu mineraller belli bir yönde dizilerek trakitik dokuyu oluşturmaktadırlar. Bazı incekesitlerde kümülatlar ve enklavlar görülmektedir.

BY-20 no'lu trakidasit bileşimdeki örneğin incekesit görüntüsü incelendiğinde yer yer opasitleşmiş, altıgen kristal sisteminde çift yönlü dilinim gösteren amfibol mineralleri, kenarları süngerimsi olan elek dokusu gösteren plajiyoklaz mineralleri ve yer yer karlsbad ikizlenmeli plajiyoklaz fenokristalleri ile akma dokusu gösteren plajiyoklaz mikrolitleri bulunan bir hamur görülmektedir. (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Beypazarı BY-20 no'lu trakidasit bileşimdeki kayacın incekesit görüntüleri. (plj:plajiyoklaz, prx:piroksen, amf:amfibol). A) Tek nikol, B) Çift nikol.

### 3.3. Bazaltik Birimler

#### 3.3.1. Bazaltik-trakiandezit

Bazaltik-trakiandezit bileşimindeki birimlerin incekesitleri incelendiğinde tek mineral birlikteliği göstermektedirler.

Olivin+plajiyoklaz+piroksen+oksit birlikteliği;

Olivin mineralleri; olivin fenokristalleri kenarlarından itibaren yuvarlaklaşmış, deforme olmuş, şekildedir. Genelde üzerinde çatlaklar ve bu çatlaklardan itibaren iddingsitleşmeler mevcuttur.

Plajiyoklaz mineralleri; genellikle özşekilli olmakla beraber, bazılarının kısa kenarları yuvarlaklaşmış ve kırılmıştır. Çoğunlukla zonlu doku ve polisentetik ikizlenme göstermektedir.

Piroksen mineralleri; genellikle özşekilli ve sık sık zonlu doku gözlenmektedir. İncekesitte çoğunlukla renksiz, bazen de yeşilimsi renklerde gözlenmektedir.

Oksitler; sık sık volkanik hamurda yuvarlaksı formda izlenmekte ve nadiren özşekilli olanları da bulunmaktadır.

Volkanik hamur; plajiyoklaz ve piroksen mikrolitlerinden oluşan volkanik hamur intersertal doku göstermektedir. Koyu kahvemsı, siyahımsı renklerde gözlenmektedir.

Çizelge 3.1. Beypazarı volkanik kayaçlarının incekesit analiz tablosu.

BİLEŞİM	ÖRNEK NO	DOKU	MİNERALOGİK BİLEŞİM	KAYAÇ ADI	
BAZALTIK	BY-22	Hipokristalin Porfirik Doku	Plajiyoklaz-Olivin-Piroksen-Oksit Mineral	Bazaltik-trakiandezit	
	BY-44	Hipokristalin Porfirik Doku	Plajiyoklaz-Olivin-Piroksen-Oksit Mineral	Bazaltik-trakiandezit	
	BY-47	Hipokristalin Porfirik Doku	Plajiyoklaz-Olivin-Piroksen-Oksit Mineral	Bazaltik-trakiandezit	
DASİTİK BİRİMLER	BY-2	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-3	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Piroksen-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-6	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-12	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-14	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Piroksen-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-15	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-17	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-18	Hipokristalin Porfirik Doku	Plajiyoklaz-Piroksen-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-19	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-21	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-23	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-27	Hipokristalin Porfirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-28	Hipokristalin Porfirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-29	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Biyotit-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-30	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-32	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-33	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-34	Hipohiyalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Piroksen-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-35	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-36	Hipohiyalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-37	Hipohiyalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Zirkon-Apatit-Kuars-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-38	Hipohiyalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Zirkon-Apatit-Kuars-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-39	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Piroksen-Oksit Mineral	Dasit	
	BY-16	Hipokristalin Porfirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Trakidasit	
	BY-20	Hipokristalin Porfirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Trakidasit	
	BY-45	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Piroksen-Oksit Mineral	Trakidasit	
	BY-50	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Trakidasit	
	ANDEZİTİK BİRİMLER	BY-4	Hipokristalin Porfirik Doku	Plajiyoklaz-Piroksen-Oksit Mineral	Trakiandezit
		BY-7	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Piroksen-Oksit Mineral	Trakiandezit
		BY-10	Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Piroksen-Oksit Mineral	Trakiandezit
BY-11		Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Trakiandezit	
BY-24		Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Kuars-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Trakiandezit	
BY-26		Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Piroksen-Amfibol-Kuars-Oksit Mineral	Trakiandezit	
BY-40		Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Piroksen-Amfibol-Oksit Mineral	Trakiandezit	
BY-41		Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Piroksen-Amfibol-Kuars-Oksit Mineral	Trakiandezit	
BY-46		Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Oksit Mineral	Trakiandezit	
BY-48		Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Trakiandezit	
BY-5		Hipokristalin Porfirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Andezit	
BY-8		Hipokristalin Pofirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Andezit	
BY-31		Hipokristalin Porfirik Doku	Plajiyoklaz-Amfibol(Opasitleşmiş)-Piroksen-Oksit Mineral	Andezit	

## 4. MİNERAL KİMYASI

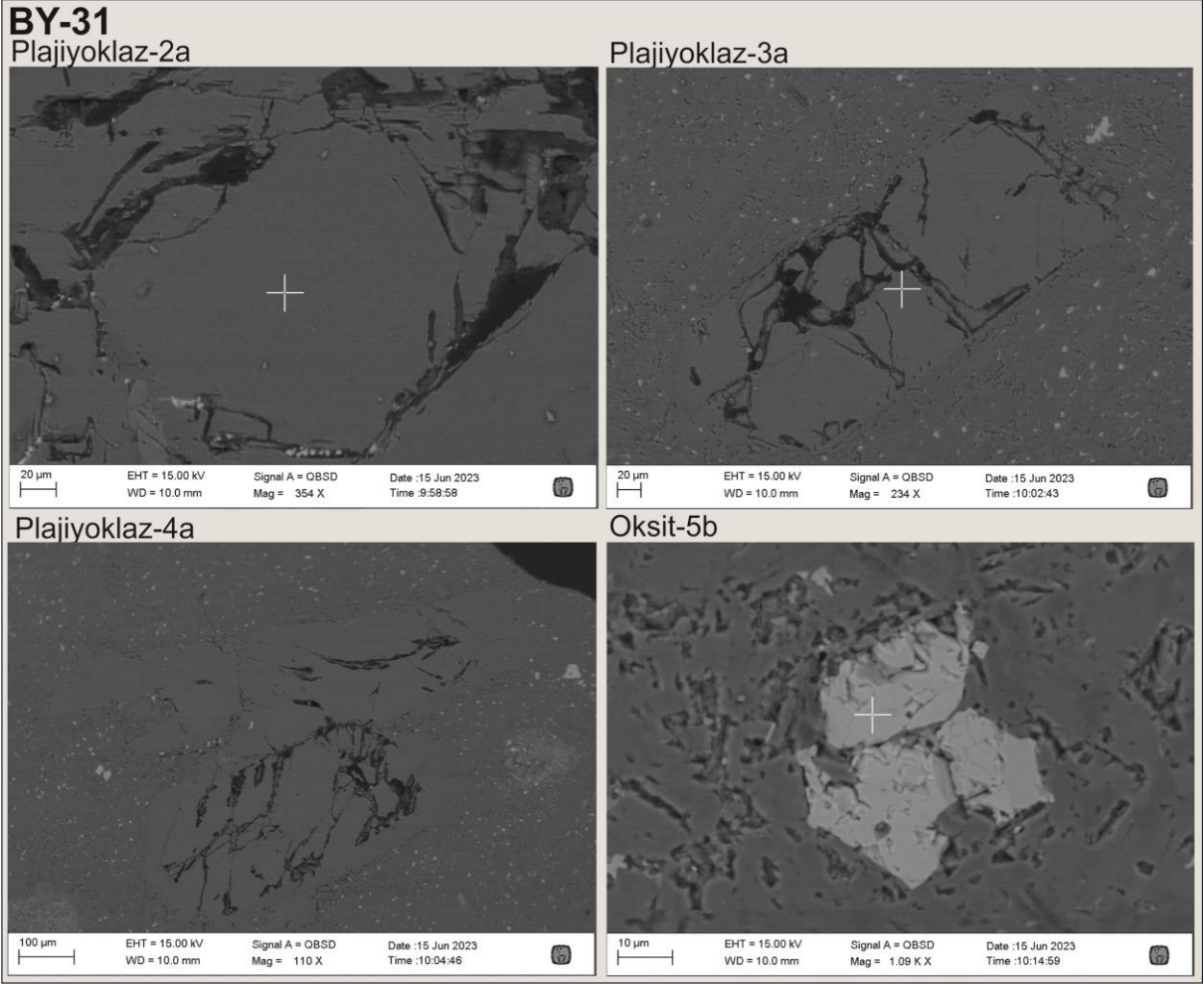
Beypazarı volkanik kayaçlarının mineral kimyalarının belirlenmesi, örneklerin fenokristalleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Mineral kimyası analizleri, fenokristallerin kenar ve merkez kısımlarından, mikrolitlerin ise merkez kısımdan yapılmıştır. Belirlenen noktaların element içerikleri % oksit cinsinden verilmiştir. BY-31, BY-37 ve BY-44 olmak üzere 3 farklı bileşimdeki kayaç örneği üzerinde mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir. Fenokristaller üzerinde gerçekleştirilen mineral analiz sonuçları kullanılarak mineraller adlandırılmış, ayrıca fenokristallerin kenar ve merkezinin kimyasal bileşimlerindeki değişimden itibaren kayaçların oluşumunda fraksiyonel kristalleşme ve/veya asimilasyon/magma karışımı süreçlerinin etkili olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır.

### 4.1. Andezitik Birimler

Andezitik birimlerden BY-31 no'lu örneğin SEM-EDS çalışmaları sonucunda plajiyoklaz, mika, kuvars ve oksit minerallerini içerdikleri saptanmış ve SEM görüntüleri çekilmiştir (Şekil 4.1). BY-31 no'lu örneğin mineral kimyası analizi sonuçları Çizelge 4.1'dedir.

Andezit bileşimindeki BY-31 no'lu örnekte plajiyoklaz minerallerinin merkez ve kenardan yapılan mineral kimyası analizlerine göre (Çizelge 4.1); plajiyoklaz mineralleri Ab-An-Or üçlü isimlendirme diyagramında An: 99,96-85,37; Ab: 14,63-0,04; Or: 0 aralığında genel olarak ölçüm sonuçlarına göre anortit bileşimi sunmaktadır (Şekil 4.2).

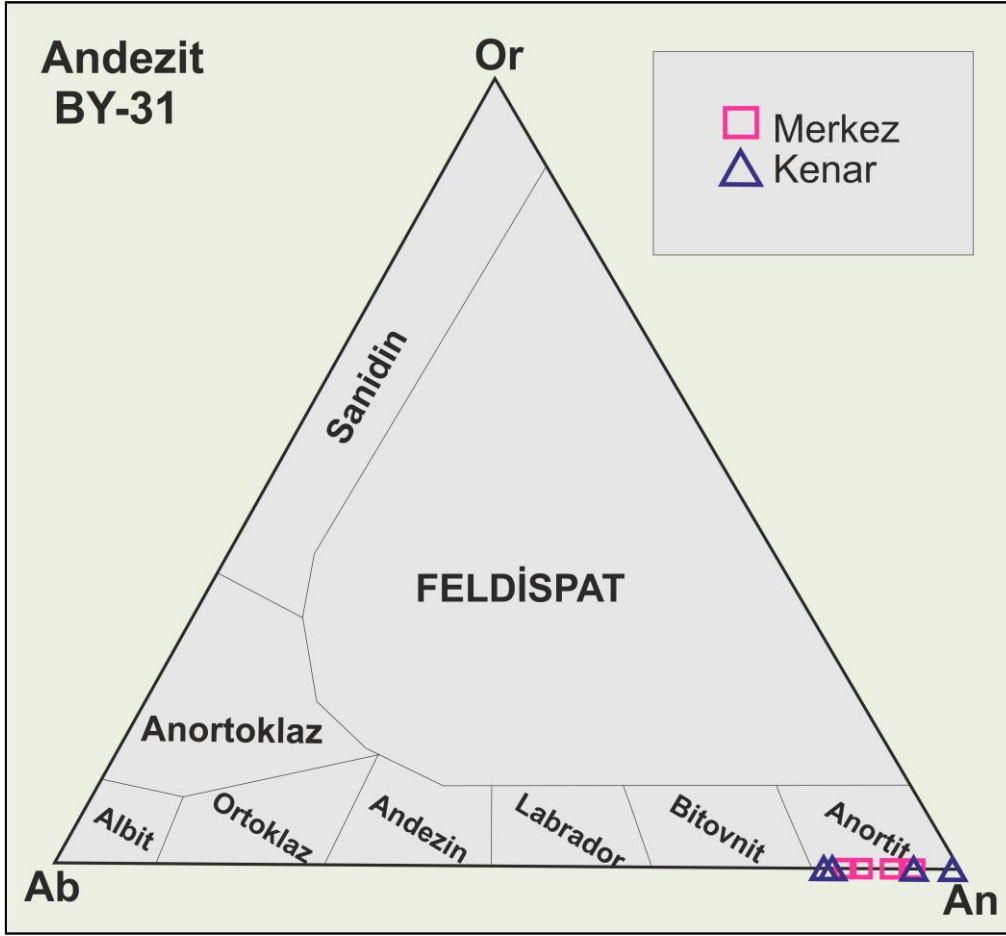




Şekil 4.1. BY-31 no'lu kayaç minerallerinin SEM görüntüleri.

Çizelge 4.1. BY-31 no'lu kayacın mineral analizi sonuçları.

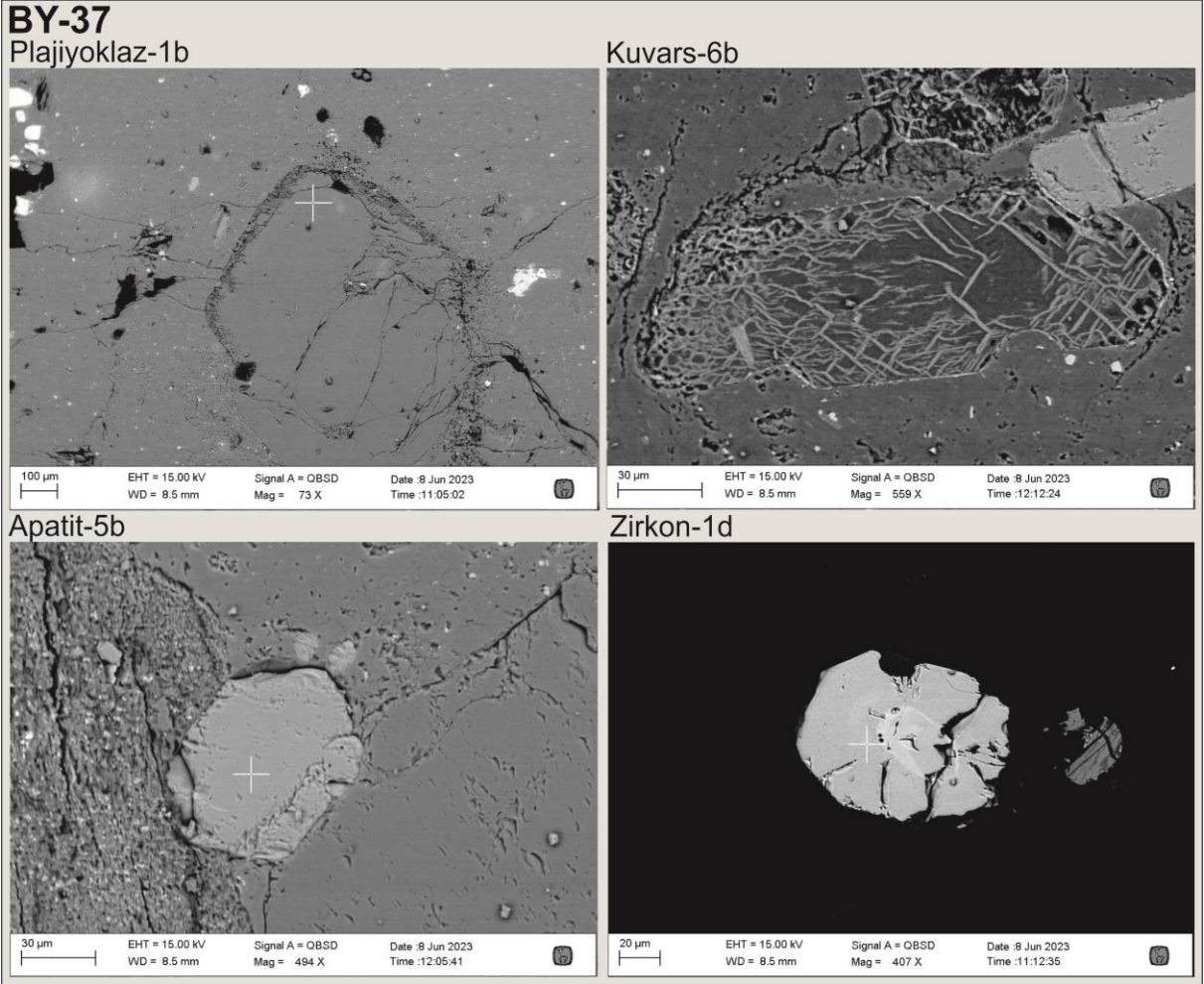
BY-31	Andezit (m:merkez, k:kenar)															
	Plajiyoklaz															
	1ak	1am	1bm	1bk	2am	2ak	3am	3ak	4am	4ak	5am	5ak	6am	6ak	7am	7ak
Oksitler	%Ağırlık	%Ağırlık	%Ağırlık	%Ağırlık	%Ağırlık	%Ağırlık	%Ağırlık	%Ağırlık	%Ağırlık	%Ağırlık	%Ağırlık	%Ağırlık	%Ağırlık	%Ağırlık	%Ağırlık	%Ağırlık
SiO <sub>2</sub>	61.23	59.14	62.52	60.49	54.62	56.86	53.00	52.51	54.23	57.30	54.66	56.59	51.73	51.84	57.55	59.42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24.69	26.43	25.00	23.37	28.67	29.13	29.19	28.72	30.51	27.77	28.47	27.85	31.66	31.04	27.97	26.74
FeOt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	12.86	13.51	11.84	16.14	15.44	12.70	16.46	17.38	13.26	12.10	14.11	15.39	15.21	16.11	11.63	10.20
Na <sub>2</sub> O	1.22	0.92	0.64	0.00	1.27	1.31	1.35	1.39	2.00	2.84	2.76	0.17	1.40	1.01	2.85	3.64
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Elementler																
A	3.01	3.00	3.04	2.99	2.96	3.00	2.94	2.93	2.97	2.99	2.95	2.98	2.95	2.94	2.99	3.01
Si	10.82	10.49	10.96	10.78	9.84	10.10	9.61	9.56	9.72	10.22	9.86	10.11	9.35	9.38	10.24	10.53
Al	5.14	5.53	5.16	4.91	6.09	6.10	6.24	6.16	6.44	5.84	6.05	5.87	6.74	6.62	5.87	5.58
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	2.44	2.57	2.22	3.08	2.98	2.42	3.20	3.39	2.55	2.31	2.73	2.95	2.94	3.12	2.22	1.94
Na	0.42	0.32	0.22	0.00	0.44	0.45	0.47	0.49	0.70	0.98	0.96	0.06	0.49	0.36	0.98	1.25
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	18.82	18.90	18.57	18.77	19.34	19.07	19.51	19.60	19.41	19.35	19.60	18.98	19.53	19.48	19.31	19.30
Mineraller																
Ort	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ab	14.63	11.00	8.87	0.04	12.95	15.68	12.90	12.63	21.47	29.80	26.13	1.93	14.27	10.21	30.73	39.21
An	85.37	89.00	91.13	99.96	87.05	84.32	87.10	87.37	78.53	70.20	73.87	98.07	85.73	89.79	69.27	60.79



Şekil 4.2. Beypazarı volkanik kayalarından BY-31 no'lu kayacın plajiyoklaz minerallerinin Ab-An-Or diyagramları (Smith ve Brown, 1988).

#### 4.2. Dasitik Birimler

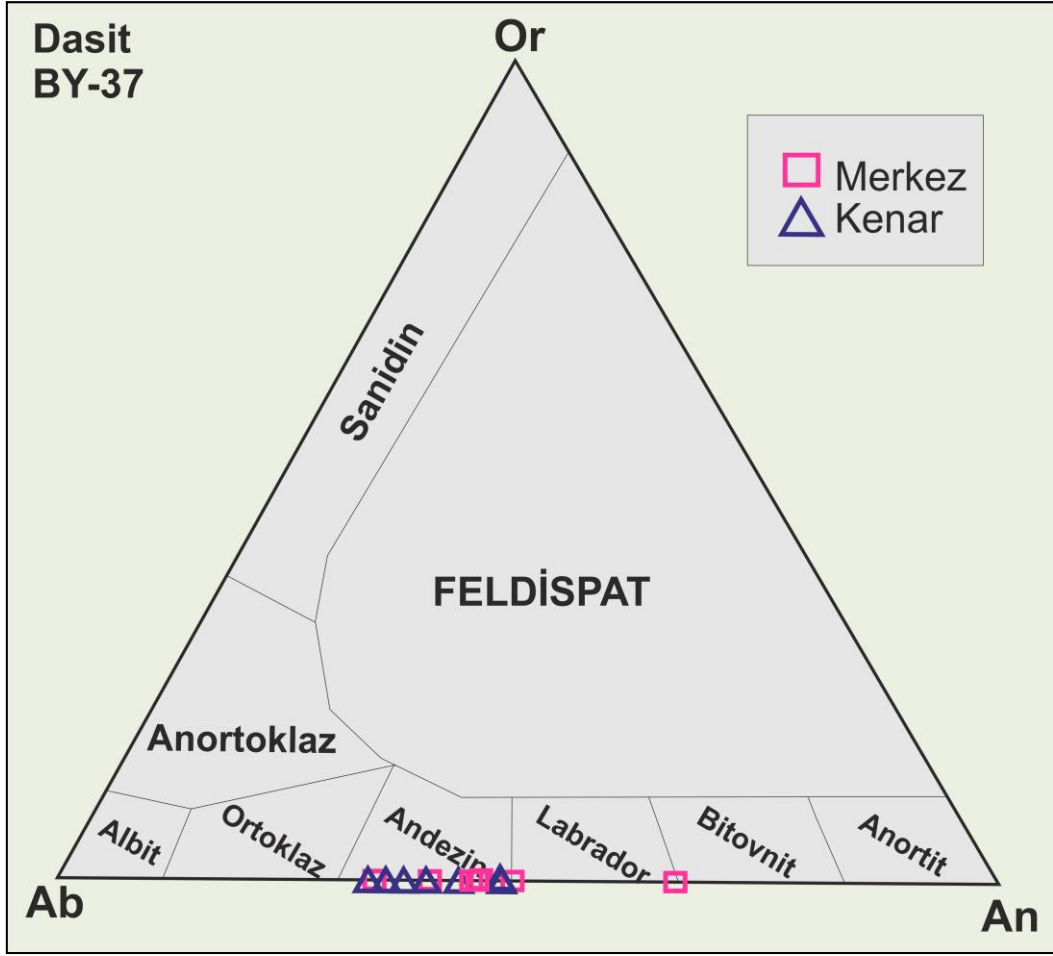
Dasitik birimlerden BY-37 no'lu örneğin SEM-EDS çalışmaları sonucunda plajiyoklaz, piroksen, kuvars, mika, zirkon, apatit ve oksit minerallerini içerdikleri saptanmış ve mineral analiz fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 4.3). BY-37 no'lu örneğin mineral kimyası analizi sonuçları Çizelge 4.2'dedir. Dasitik bileşimdeki BY-37 no'lu örnekteki plajiyoklaz minerallerinin merkez ve kenardan yapılan mineral kimyası analizleri sonuçlarına göre; plajiyoklaz mineralleri Ab-An-Or üçlü isimlendirme diyagramında An: 35,18-67,76; Ab: 32,24-60,95; Or: 0 aralığında genel olarak ölçüm sonuçlarına göre andezin bileşimi sunarken, tek bir ölçüm sonucu ise labrador bileşiminde görülmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.3. BY-37 no'lu kayaç minerallerinin SEM görüntüleri.

Çizelge 4.2. BY-37 no'lu kayacın mineral analizi sonuçları.

BY-37	Dasit (m:merkez, k:kenar, mkt:mikrolit)																	
	Plajiyoklaz																Oksitler	
	1bm	1bk	1cm	1ck	2am	2ak	3am	3ak	4am	4ak	5am	5ak	6am	6ak	3g mkt	3b mkt		4b mkt
% Ağırılık	% Ağırılık	% Ağırılık	% Ağırılık	% Ağırılık	% Ağırılık	% Ağırılık	% Ağırılık	% Ağırılık	% Ağırılık	% Ağırılık	% Ağırılık	% Ağırılık	% Ağırılık	% Ağırılık	% Ağırılık	% Ağırılık	% Ağırılık	
Oksitler																		
SiO <sub>2</sub>	63.92	66.01	63.57	64.22	64.05	63.85	61.02	63.95	67.28	65.36	65.66	65.75	62.74	62.00	Na <sub>2</sub> O	0.01	0.17	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.48	23.53	24.48	24.04	23.80	23.43	24.51	23.61	22.79	23.50	23.06	22.62	24.96	25.04	MgO	1.22	1.13	1.17
FeOt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.67	1.72	2.44
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SiO <sub>2</sub>	9.67	9.82	11.28
CaO	8.16	5.18	6.74	6.12	7.44	7.58	11.46	8.00	5.01	5.98	6.81	6.58	7.52	8.22	K <sub>2</sub> O	0.00	0.20	0.00
Na <sub>2</sub> O	4.44	5.28	5.21	5.62	4.70	5.15	3.01	4.44	4.91	5.16	4.47	5.05	4.79	4.74	CaO	0.53	0.46	0.00
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	TiO <sub>2</sub>	14.85	1.50	1.07
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	MnO	0.85	0.01	1.55
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	FeO	72.18	85.00	82.50
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Toplam	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	T.at.mol	2.12	2.08	2.07
Elementler															Si	0.34	0.34	0.39
A	3.04	3.07	3.04	3.04	3.04	3.03	3.01	3.04	3.08	3.06	3.06	3.05	3.03	3.02	Ti	0.39	0.04	0.03
Si	11.21	11.46	11.13	11.23	11.22	11.21	10.81	11.21	11.64	11.39	11.44	11.47	11.01	10.92	Al	0.03	0.07	0.10
Al	4.86	4.81	5.05	4.96	4.91	4.85	5.12	4.88	4.65	4.83	4.73	4.65	5.16	5.20	Fe <sup>+3</sup>	0.50	1.17	1.07
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Fe <sup>+2</sup>	1.62	1.30	1.31
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Mn	0.03	0.00	0.05
Ca	1.53	0.96	1.27	1.15	1.40	1.43	2.18	1.50	0.93	1.12	1.27	1.23	1.41	1.55	Mg	0.06	0.06	0.06
Na	1.51	1.78	1.77	1.91	1.60	1.75	1.03	1.51	1.65	1.74	1.51	1.71	1.63	1.62	Ca	0.02	0.02	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Na	0.00	0.01	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	K	0.00	0.01	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Cr	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Ni	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Toplam	3.00	3.01	3.00
Toplam	19.11	19.02	19.22	19.24	19.12	19.24	19.14	19.10	18.86	19.07	18.95	19.06	19.22	19.29	usp-and	42.27	1.18	0.64
Mineraller																		
Ort	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Ab	49.62	64.82	58.28	62.42	53.34	55.15	32.24	50.11	63.95	60.95	54.30	58.13	53.54	51.09				
An	50.38	35.18	41.72	37.58	46.66	44.85	67.76	49.89	36.05	39.05	45.70	41.87	46.46	48.91				



Şekil 4.4. Beypazarı volkanik kayalarından BY-37 no'lu kayacın plajiyoklaz minerallerinin Ab-An-Or diyagramları (Smith ve Brown, 1988).

#### 4.3. Bazaltik Birimler

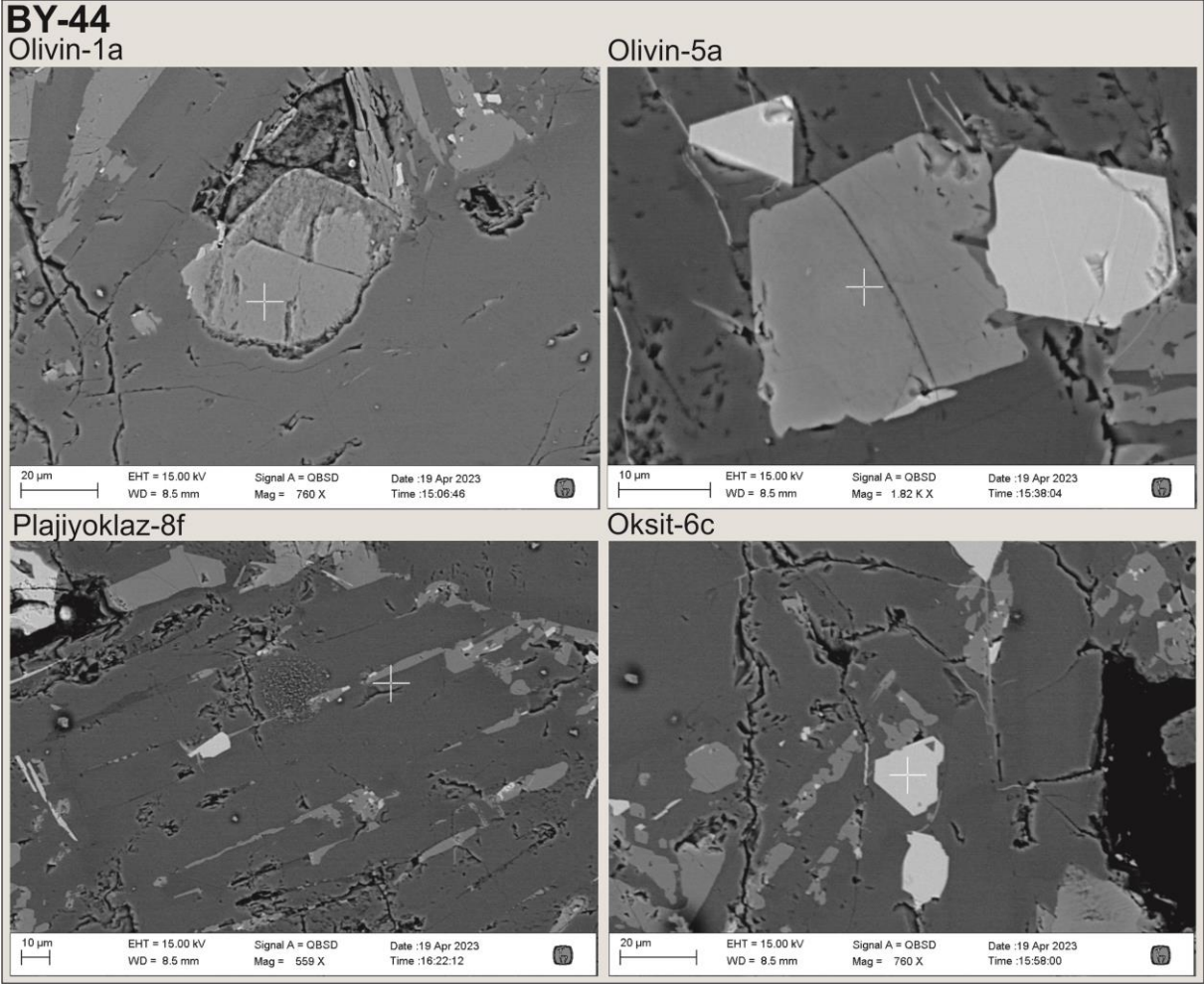
Bazaltik-trakiandezit bileşimdeki kayalardan BY-44 no'lu örneğin SEM-EDS çalışmaları sonucunda plajiyoklaz, olivin, piroksen ve oksit minerallerini içerdiği tespit edilmiştir. BY-44 no'lu örnekten alınan bazı SEM görüntüleri Şekil 4.5'de verilmiştir. BY-44 no'lu örneğin mineral kimyası analizi sonuçları Çizelge 4.3'dedir.

Bazaltik-trakiandezit bileşimdeki BY-44 no'lu örnekteki plajiyoklaz minerallerinin merkez ve kenardan yapılan mineral kimyası analizleri sonuçlarına göre; plajiyoklaz mineralleri Ab-An-Or üçlü isimlendirme diyagramında An: 44,52-67,18 aralığında genel olarak ölçüm sonuçlarına göre labrador bileşimi sunmaktadır (Şekil 4.6). Sadece tek bir ölçüm sonucunda andezin bileşiminde görülmektedir. Plajiyoklaz

minerallerinin bileşimi bazaltik-trakiandezit BY-44 no'lu örnek için; An: 44,52-67,18; Ab: 33,82-55,48; Or: 0 aralığında değişim sunmaktadır (Çizelge 4.3).

Bazaltik-trakiandezit bileşimdeki örneklerde gözlenen piroksen mikrolitlerinin merkezden alınan mineral analizi sonucuna göre üçlü isimlendirme diyagramında piroksen minerallerinden diyopsit ( $\text{CaMgSiO}_2$ ) bileşiminde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.6). Çoğu piroksen mineralinde genellikle her zonun kalınlığı birbirinden farklı olan, salınımlı zonlanma da görülmektedir. BY-44 no'lu örnekteki piroksen mineralinin bileşimi Wo: 47,12; En: 33,68; Fs: 19,21'dir (Çizelge 4.3). Aynı zamanda piroksen minerallerindeki Mg miktarına göre, fraksiyonel kristalleşmeyi gösteren merkezde Mg miktarının kenardan fazla olduğu normal zonlanma ve magma karışım olayını destekleyen Mg miktarının kenardan az olduğu ters zonlanma da mevcuttur.

Mineral kimyası analizleri yapılan Beypazarı volkanik kayalarından bazaltik-trakiandezit bileşimdeki BY-44 no'lu örneğin üzerinde mineral analizi çalışmaları sonucu genelde masif yüzeyli, yer yer kenarları yuvarlaklaşmış olivin mineralleri gözlenmiştir (Şekil 4.5). Mineral analizi sonuçlarına göre olivinlerin bileşimi Fo: 4,58-81,04; Fa: 18,96-56,42 olarak değişim göstermektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.5. BY-44 no'lu kayaç minerallerinin SEM görüntüleri.

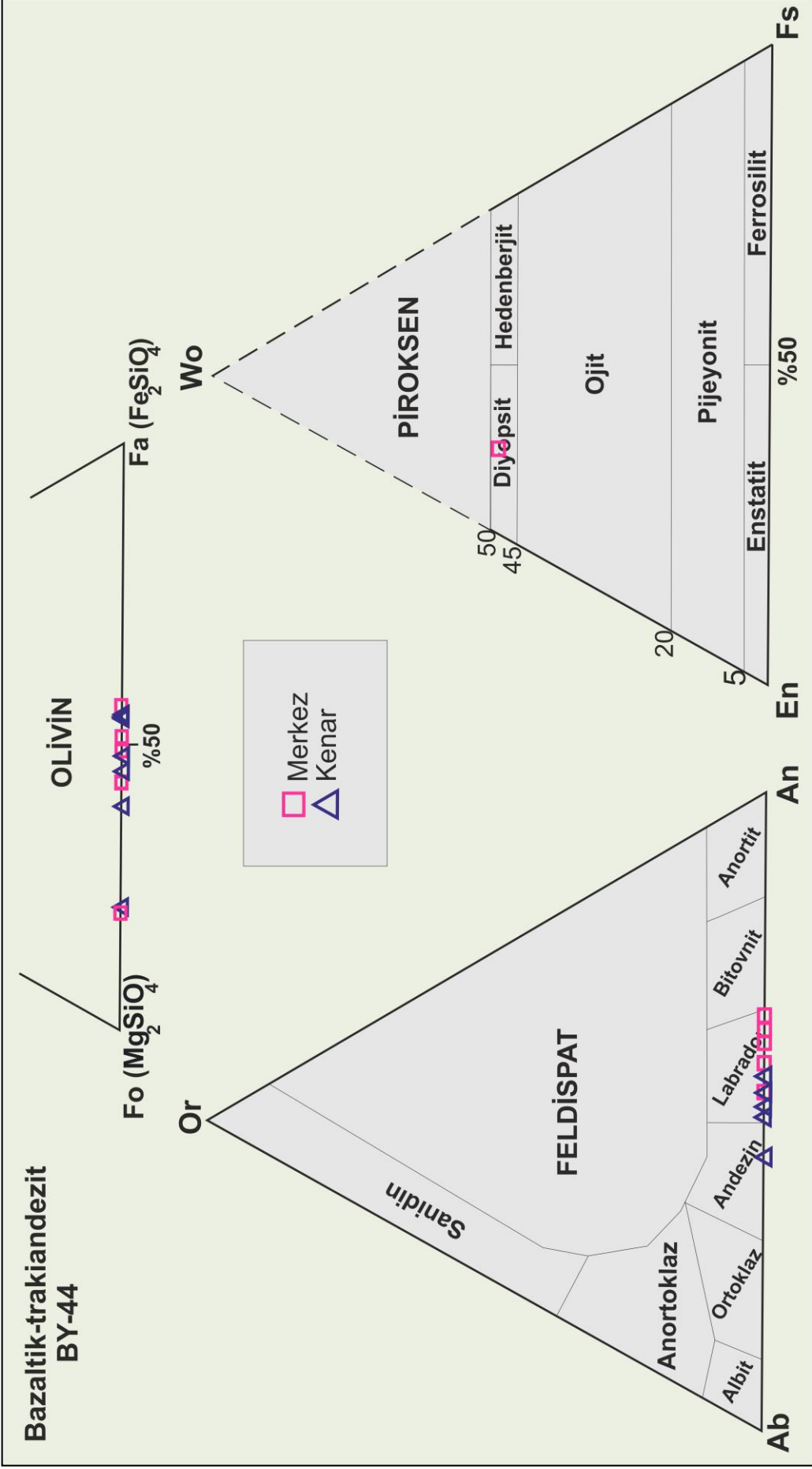


Çizelge 4.3. BY-44 no'lu kayacın mineral analizi sonuçları.

Örnek No	Bazaltik-trakandezit (m:merkez, k:kenar)																						
	Olivin										Plajiyoklaz												
	1ak	1bm	1bk	2am	2ak	3am	3ak	4am	4ak	5am	5ak	6am	6ak	5ck	5c	6bm	6bk	8dm	8dk	8em	8ek	8fm	8fk
% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik	% Ağirlik
SiO <sub>2</sub>	40.42	44.48	39.46	44.11	35.58	39.92	41.06	41.56	38.75	40.49	40.73	40.50	37.94	59.15	56.41	57.94	57.72	57.34	55.37	57.28	57.81	56.07	59.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26.37	28.22	27.96	28.33	28.27	26.90	27.84	27.81	27.97	26.48
FeO	40.39	32.35	35.91	32.44	40.03	17.68	18.70	38.48	41.69	41.52	39.97	37.43	33.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MgO	19.18	23.17	24.62	23.45	24.39	42.40	40.24	19.96	19.56	17.99	19.30	22.07	28.89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CaO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.57	12.10	10.00	9.75	9.86	8.12	12.72	10.14	11.80	9.44
Na <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.91	3.27	4.10	4.20	4.53	4.07	4.77	4.16	4.99	4.99
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NiO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TiO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
A	2.87	2.82	2.92	2.83	2.99	2.99	2.96	2.85	2.90	2.86	2.87	2.88	2.97	19.56	19.50	19.48	19.50	19.60	19.62	19.77	19.67	19.70	19.58
Si	1.13	1.18	1.08	1.17	1.01	1.01	1.04	1.15	1.10	1.14	1.13	1.12	1.03	2.99	2.98	3.00	3.00	2.99	3.00	2.95	2.98	2.97	2.99
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.52	10.09	10.30	10.26	10.22	10.53	9.98	10.23	10.07	10.51
Fe	0.80	0.92	1.01	0.93	1.03	1.60	1.52	0.82	0.82	0.75	0.80	0.91	1.17	5.53	5.95	5.86	5.93	5.94	5.62	5.91	5.85	5.92	5.55
Mg	0.94	0.72	0.82	0.72	0.95	0.37	0.40	0.89	0.99	0.97	0.93	0.86	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.82	2.32	1.91	1.86	1.88	1.54	2.46	1.94	2.27	1.80
Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.69	1.13	1.41	1.45	1.56	1.92	1.42	1.65	1.45	1.72
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	2.87	2.82	2.92	2.83	2.99	2.99	2.96	2.85	2.90	2.86	2.87	2.88	2.97	19.56	19.50	19.48	19.50	19.60	19.62	19.77	19.67	19.70	19.58
Fo	45.84	56.08	55.00	56.30	52.06	81.04	79.32	48.04	45.54	43.58	46.25	51.24	60.82										
Fa	54.16	43.92	45.00	43.70	47.94	18.96	20.68	51.96	54.46	56.42	53.75	48.76	39.18										
TP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										

Çizelge 4.3 Devam ediyor.

BY-44		Bazaltik-trakiandezit (mkt:mikrolit)		
Örnek No	Piroksen		Oksit	
Oksitler	8a mkt		5b mkt	6c mkt
	% Ağırlık		% Ağırlık	% Ağırlık
SiO <sub>2</sub>	47.79		0	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0		0	0
FeO <sub>t</sub>	4.35		71.37	77.53
MgO	12.08		0	0
CaO	23.50		0	0
Na <sub>2</sub> O	0		0	0
K <sub>2</sub> O	0		0	0
MnO	0		0	0
NiO	0		0	0
TiO <sub>2</sub>	4.35		28.63	22.47
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0		0	0
<b>Toplam</b>	92.07		100	100
<b>Si</b>	1.83	<b>T. Atm. mol</b>	2.22	2.21
<b>Al</b>	0	<b>Si</b>	0.00	0.00
<b>Fe<sub>t</sub></b>	0.39	<b>Ti</b>	0.80	0.62
<b>Mg</b>	0.69	<b>Al</b>	0.00	0.00
<b>Ca</b>	0.96	<b>Fe<sup>+3</sup></b>	0.41	0.76
<b>Na</b>	0	<b>Fe<sup>+2</sup></b>	1.80	1.62
<b>K</b>	0	<b>Mn</b>	0	0
<b>Ti</b>	0.13	<b>Mg</b>	0	0
<b>Mn</b>	0	<b>Ca</b>	0	0
<b>Cr</b>	0	<b>Na</b>	0	0
<b>Ni</b>	0	<b>K</b>	0	0
		<b>Cr</b>	0	0
<b>Fe<sup>+3</sup></b>	0.09	<b>Ni</b>	0	0
<b>Fe<sup>+2</sup></b>	0.30	<b>Total</b>	3	3
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	3.19	<b>usp%</b>	80	62
<b>FeO</b>	9.4			
<b>Al<sup>IV</sup></b>	0			
<b>Al<sup>VI</sup></b>	0			
<b>Jd</b>	0			
<b>Ae</b>	-9.03			
<b>Aug</b>	109.03			
<b>Wo</b>	47.12			
<b>En</b>	33.68			
<b>Fs</b>	19.21			



Şekil 4.6. Beypazarı volkanik kayalarından BY-44 no'lu kayacın plajiyoklaz minerallerinin Ab-An-Or, Smith ve Brown (1988), piroksen minerallerinin Wo-En-Fs, Morimoto (1988) ve olivin minerallerinin Fo-Fa diyagramları.

## 5. JEOKİMYA

Beypazarı volkanik birimlerinden alınmış 43 adet örnek için gerçekleştirilen ana-iz element ve nadir toprak element (REE) analizlerinden elde edilen sonuçlar % oksit-ppm bazındadır. Jeokimyasal verilerden itibaren, öncelikle volkanik kayaçları adlandırmak için toplam alkali-silis (TAS) diyagramı çizilmiştir (Şekil 5.1), daha sonra değişim diyagramları kullanılarak oluşumlarında etkili olan süreçler irdelenmiştir.

### 5.1. Ana Element Jeokimyası

Tüm kayaç ana element analizi sonuçlarına göre %67,33-%51,55 arasında değişen  $\text{SiO}_2$  ve %4,4-%0,9 arasında değişen ateşte kayıp (LOI) değerleri ortaya konulmuştur (Çizelge 5.1). Bu verilerden yola çıkarak TAS, ( $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ ) diyagramı çizilmiştir (Le Bas ve ark., 1986).

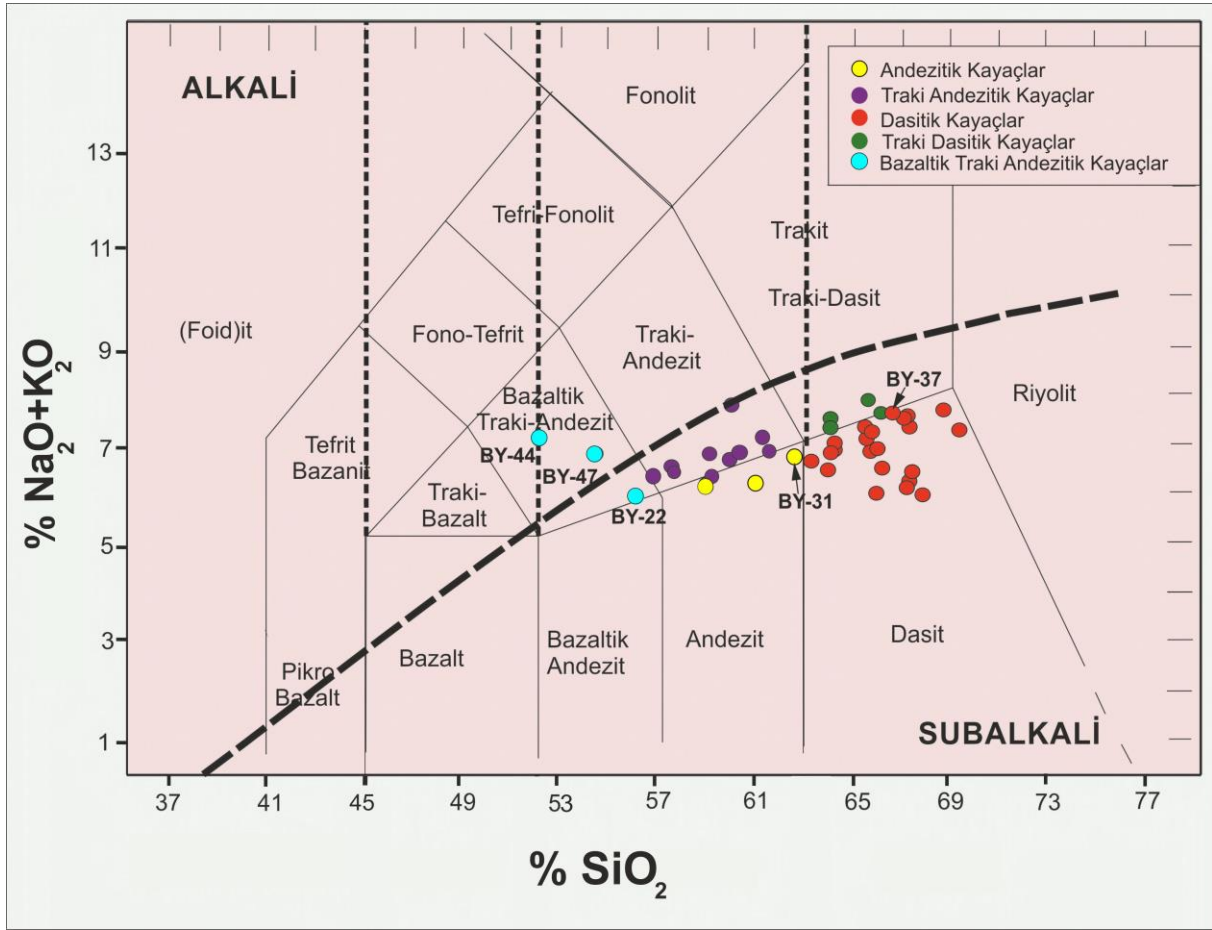
Le Bas ve ark. (1986)'ın geliştirdiği  $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  diyagramı, alkalin elementlerin hareketliliklerinden dolayı, alterasyona uğramamış taze volkanik kayaçlar için kullanılmaktadır. Alkali ve subalkali kayaç serilerinin ayrımı kesikli çizgilendirmeyle belirtilmiştir (Miyashiro, 1978).

TAS diyagramına göre çalışma bölgesi volkanik kayaçlarının; andezit, trakiandezit, dasit, trakidasit ve bazaltik-trakiandezit bileşiminde olduğu saptanmıştır (Şekil 5.1).

TAS diyagramına göre Beypazarı volkanik kayaçlarının asidik ve ortaç bileşimde olduğu görülmektedir. Aynı zamanda inceleme bölgesindeki volkanik kayaçlardan bazaltik-trakiandezit bileşiminde olanların alkali özellikte; andezit, trakiandezit, dasit ve trakidasit bileşimde olanların ise subalkali özellikte oldukları tespit edilmiştir (Şekil 5.1).





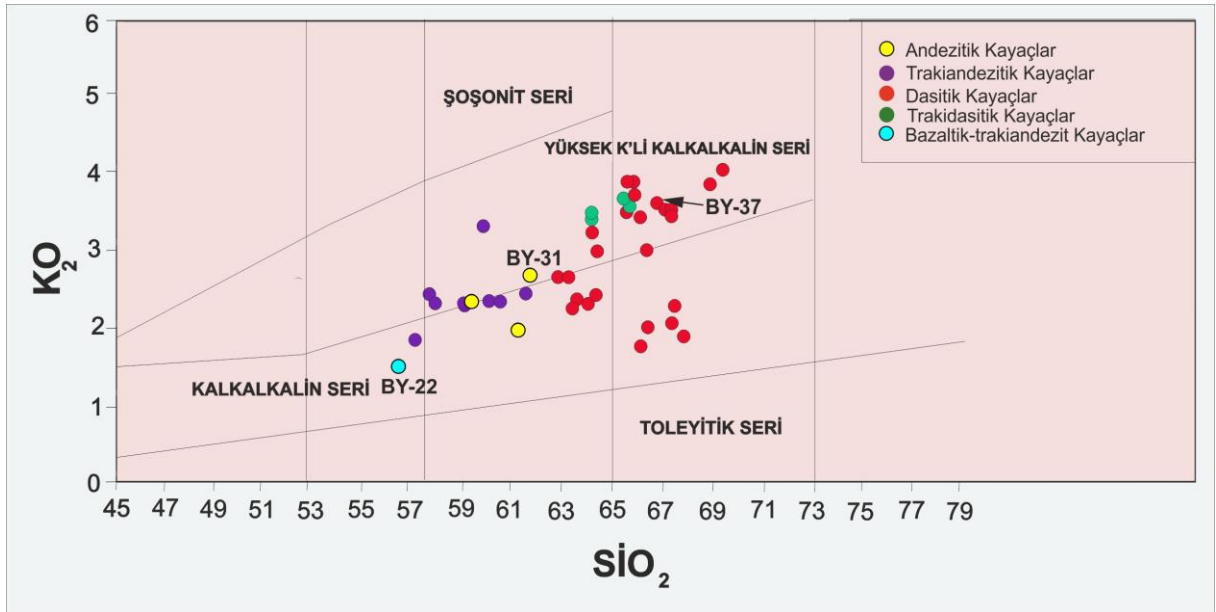


Şekil 5.1 Beypazarı volkanik kayaçlarının TAS diyagramı (Le Bas ve ark., 1986).

Subalkali özellik gösteren kayaçların, Peccerillo ve Taylor (1976)'nın  $K_2O-SiO_2$  diyagramında yüksek K'li kalkalkalin alanında yayılım gösterdikleri ve yüksek değerlerde K'li kalkalkalin içermekte oldukları görülmektedir (Şekil 5.2). Bununla birlikte Irvine ve Baragar (1971)'in  $FeO_t, Na_2O+K_2O$ 'ya karşı  $MgO, AFM$  diyagramında kalkalkalin bölgesinde yayılım gösterdikleri tespit edilmiştir. AFM diyagramına dahil ettiğimiz bazaltik bileşimdeki örnekler arasında asidiklere en yakın bileşimde olan, subalkali özellikteki bazaltik-trakiandezit bileşimindeki örnek BY-22 kullanılmıştır (Şekil 5.3).

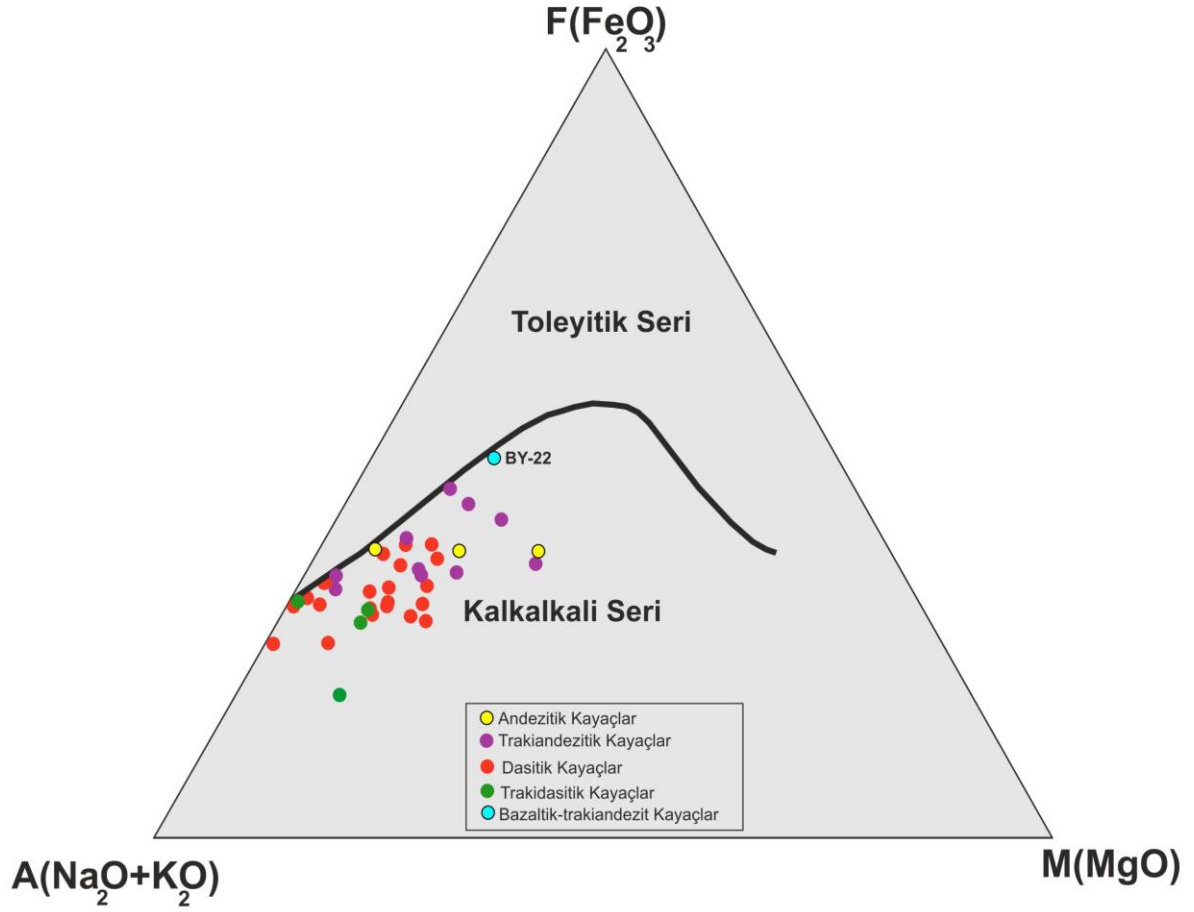
Ana elementlerle  $SiO_2$  arasındaki değişim diyagramları oluşturulmuştur (Şekil 5.4). Ana oksit diyagramlarındaki kayaç örnekleri için  $SiO_2$  artmasıyla birlikte  $Fe_2O_3, MgO, CaO, TiO_2, P_2O_5$  ve  $MnO$ 'da azalış;  $K_2O$ 'de ise artış söz konusudur. Dağınık yayılım gösteren  $Al_2O_3$  değerlerinde ise  $SiO_2$  artışıyla birlikte önce artış sonra azalış göze

çarpmaktadır. Diyagramlarda gözlenen bu durumlar, fraksiyonel kristalleşme süreçlerini göstermektedir. Fraksiyonel kristalleşmenin ilk evrelerinde oluşan Ca-plajiyoklaz, piroksen, olivin ve opak minerallerin (manyetit, ilmenit) kristalleşmesiyle, eriyikte  $Al_2O_3$ , CaO, MgO, FeO,  $TiO_2$  elementlerinin fakirleşmesi beklenmektedir. İlerleyen evrelerde amfibol kristalleşmesi sonucu MnO,  $P_2O_5$  ile birlikte bütün ana elementler azalış gösterirken, Na ve K elementlerinin fraksiyonel kristalleşmenin son evrelerinde kristalleşen alkali feldispat, Na-plajiyoklaz, mika, anortoklaz minerallerinin bünyelerine geçmeleri sonucu  $SiO_2$ 'nin artışıyla,  $Na_2O$  ve  $K_2O$  miktarlarında artış gözlenmektedir. Bu durum bölgedeki volkanik kayaçların oluşumlarında fraksiyonel kristalleşmenin etkin olduğunu düşündürmektedir (Şekil 5.4).

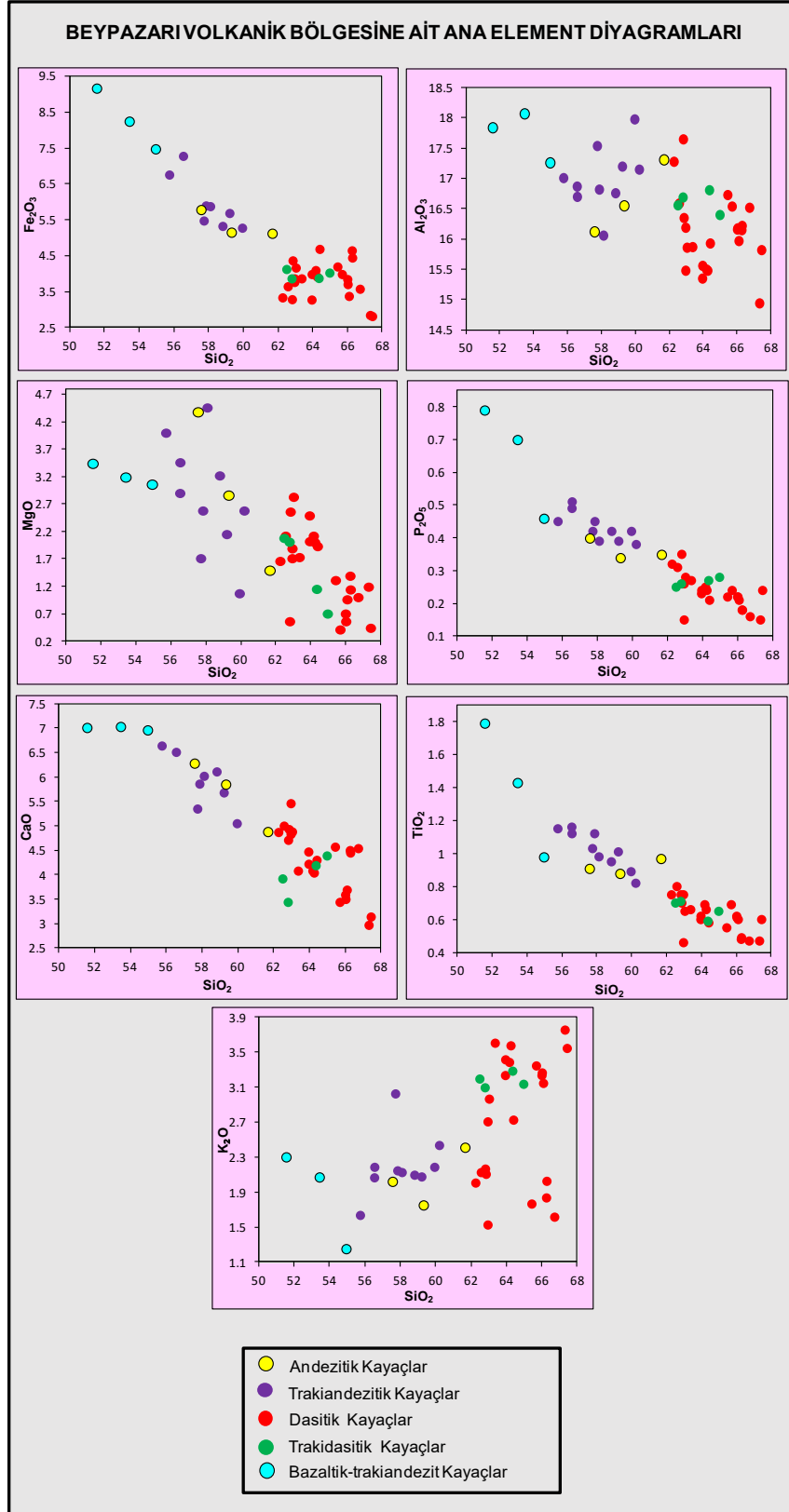


Şekil 5.2. Beypazarı volkanik kayaçlarının  $K_2O$ - $SiO_2$  diyagramı (Peccherillo ve Taylor, 1976).





Şekil 5.3. Beypazarı volkanik kayaçları AFM diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).



Şekil 5.4. Beypazarı volkanik kayaçlarının ana element diyagramları (Harker, 1909).

## 5.2. İz ve Nadir Toprak Element Jeokimyası

Beypazarı alanındaki volkaniklerden alınan 43 adet örnek üzerinde yapılan iz element analizleri kullanılarak diyagramlar çizilmiştir (Çizelge 5.2). Diğer taraftan, kayaçların oluşumunda etkili olan kristalleşme sürecini anlayabilmek için, bazı iz elementler ile  $\text{SiO}_2$  arasındaki değişim diyagramları oluşturulmuştur (Şekil 5.5).

Fraksiyonel kristalleşme sürecinin ilk evrelerinde Sr, Co gibi iz elementler, Ca-plajiyoklaz, olivin ve piroksenin oluşmasıyla azalırken; fraksiyonel kristalleşmenin ileri evrelerinde Si, Rb ve Ba elementlerinden Rb ve Ba'nın K-feldispatların yapısına katılması ile asidik bileşimdeki kayaçlarda artmaktadır. Uyumlu elementlerden Co'nun  $\text{SiO}_2$  artışıyla aynı oranda azaldığı izlenmektedir. Buna göre Co elementi, Fe ve Mg elementleriyle iyonik çaplarının benzerliği sebebiyle, fraksiyonel kristalleşmede ilk kristalleşen olivin ve piroksen minerallerinin bünyesine katılma eğilimi göstermektedir. Böylece  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ve MgO'nun yapısındaki Fe ve Mg elementlerinin yerine geçebilmektedir. Bu sebeple Co elementi ile  $\text{SiO}_2$  arasında gözlenen negatif korelasyon, olivin ve piroksen minerallerinin oluşumuyla Co elementinin eriyikten fraksiyonlandığını göstermektedir (Şekil 5.5).

Fraksiyonel kristalleşmede Sr'nin azalış yönünde bir yönelim sunması, Sr'nin plajiyoklazlardaki Ca'nın yerini almasıyla, Ca-plajiyoklazların fraksiyonlanması sonucudur. İyonik yarıçapları Ca elementine yakın olan Sr, ilk kristalleşen Ca-plajiyoklazların bünyesine katılması nedeniyle negatif eğilim göstermektedir. Aynı zamanda fraksiyonel kristalleşme sırasında  $\text{SiO}_2$ 'nin artışıyla Sr içeriğinin azalışı beklenmektedir. Bu nedenle Sr ve  $\text{SiO}_2$  arasında oluşturulan değişim diyagramında negatif korelasyon görülmektedir. Negatif korelasyonun sebebi, Sr'nin Ca-plajiyoklazlardaki Ca'nın yerine geçmesiyle Ca-plajiyoklazların fraksiyonlanarak eriyiğin yapısından ayrılmasıdır (Şekil 5.5).

Bununla birlikte oluşturulan değişim diyagramlarında,  $\text{SiO}_2$  artışıyla birlikte Rb, U ve Th elementlerinde artışlar görülmektedir. İyonik yarıçaplarının K'ye yakın olması sebebiyle, Rb elementinin, fraksiyonel kristalleşmesi esnasında, bu element K içeren K-feldispat, biyotit, anortoklaz ve hornblendin bünyesine K'nin yerine kolaylıkla geçebilmektedir. Buna göre, Rb elementinin,  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı diyagramında pozitif

korelasyon görülmesi, kristalleşmenin ileri safhalarında oluşan bu minerallerin kristalleşmesine kadar bu elementlerin eriyik fazı tercih ettikleri ve SiO<sub>2</sub> artışıyla doğru orantılı artış gösterdikleri ortaya konulmaktadır. SiO<sub>2</sub> artışıyla birlikte, kuvvetli uyumsuz element olan Th ve U'nun artışı ise kristalleşme sürecinde Th ve U'nun eriyik faza yönelmesi ve eriyik içinde yoğunlaşmasıyla ifade edilebilir (Şekil 5.5).

Çizelge 5.2. Beypazarı volkanik kayaların iz ve nadir toprak element analiz sonuçları.

Kayaç Adı	BAZALTIK BİLEŞİM			DASİTİK BİLEŞİM									
	Bazaltik-trakiandezit	Bazaltik-trakiandezit	Bazaltik-Trakiandezit	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit
Beypazarı	BY-22	BY-44	BY-47	BY-2	BY-3	BY-6	BY-12	BY-14	BY-15	BY-17	BY-18	BY-19	
Iz ve Nadir Toprak Element Değerleri	Ba(ppm)	242	494	466	322	284	221	361	365	425	547	552	610
	Be	99.77	2	1	3	<1	<1	2	1	99.81	99.82	99.80	99.77
	Co	24.7	33.5	28.3	14.5	21.5	24.5	17.1	15.0	22.2	23.3	19.6	25.4
	Cs	0.5	0.5	0.8	1.6	1.1	1.2	2.9	1.9	1.3	4.2	4.0	3.5
	Ga	18.5	16.6	16.6	16.3	16.1	13.8	14.8	15.1	15.7	15.3	15.3	16.0
	Hf	4.5	4.9	5.2	3.7	4.7	3.8	4.5	4.3	4.5	5.0	5.8	5.1
	Nb	19.3	36.4	28.1	8.0	12.4	8.2	10.0	8.4	17.3	20.6	24.1	17.1
	Rb	31.2	32.7	36.6	58.3	51.5	49.8	72.8	62.0	56.4	105.9	125.0	93.3
	Sn	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	1	1
	Sr	700.8	858.0	747.6	353.8	402.6	360.5	390.7	402.2	572.1	418.7	451.2	589.1
	Ta	1.1	2.1	1.7	0.6	0.9	0.7	0.9	0.9	1.1	1.5	1.5	1.4
	Th	5.4	4.1	6.1	6.5	6.7	5.0	8.7	7.5	7.9	18.1	19.5	15.5
	U	1.2	0.9	1.5	2.2	1.8	1.7	2.6	2.3	2.0	4.3	4.7	3.8
	V	103	140	138	50	48	58	44	49	73	82	69	66
	W	53.1	74.0	67.3	87.9	111.1	201.1	76.0	62.6	64.2	106.6	107.9	142.6
	Zr	188.7	242.8	228.6	157.1	209.0	152.4	185.1	181.0	190.1	197.6	247.2	214.2
	Y	23.5	25.2	24.0	15.4	14.4	10.5	13.6	13.7	16.3	15.1	17.0	14.1
	La	32.1	39.3	41.1	28.7	29.1	18.8	28.2	24.6	32.7	44.8	49.1	48.9
	Ce	64.2	77.0	77.6	37.9	48.1	33.0	49.6	45.0	58.8	78.5	81.8	82.3
	Pr	7.24	8.90	8.73	5.53	5.41	3.59	5.25	4.89	6.29	7.58	8.35	8.70
	Nd	29.1	33.8	33.0	19.4	20.3	13.2	18.8	17.4	23.4	25.8	28.7	31.1
	Sm	5.27	6.21	5.72	3.73	3.37	2.55	3.23	3.07	4.17	4.33	4.56	4.65
	Eu	1.65	1.93	1.73	1.05	1.06	0.72	0.94	0.87	1.14	1.12	1.21	1.20
	Gd	5.13	5.90	5.33	3.36	3.01	2.32	2.93	2.81	3.64	3.46	4.15	3.78
	Tb	0.77	0.85	0.76	0.49	0.43	0.35	0.42	0.40	0.51	0.52	0.58	0.47
Dy	4.23	4.83	4.39	2.82	2.40	1.95	2.46	2.27	2.87	3.00	3.26	2.66	
Ho	0.83	0.95	0.86	0.55	0.48	0.36	0.46	0.45	0.59	0.55	0.58	0.51	
Er	2.49	2.81	2.39	1.50	1.43	0.98	1.37	1.38	1.67	1.63	1.81	1.52	
Tm	0.36	0.38	0.33	0.21	0.22	0.13	0.19	0.17	0.23	0.23	0.24	0.21	
Yb	2.32	2.55	2.12	1.30	1.47	0.90	1.37	1.19	1.45	1.54	1.63	1.41	
Lu	0.36	0.37	0.35	0.19	0.23	0.14	0.19	0.19	0.23	0.23	0.25	0.20	
Sc	11	15	15	7	7	6	7	6	8	7	7	8	
Ni	52	51	70	<20	25	38	28	25	45	43	27	50	

Kayaç Adı	DASİTİK BİLEŞİM												
	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	
Beypazarı	BY-21	BY-23	BY-27	BY-28	BY-29	BY-30	BY-32	BY-33	BY-34	BY-35	BY-36	BY-37	
Iz ve Nadir Toprak Element Değerleri	Ba(ppm)	459	388	330	427	503	1042	802	644	533	474	574	825
	Be	99.85	99.82	2	2	2	<1	3	1	3	<1	3	3
	Co	14.3	20.1	20.2	13.5	20.8	16.0	12.6	14.3	17.1	13.7	22.5	20.4
	Cs	2.5	1.6	2.5	1.2	3.0	1.5	2.8	4.6	4.9	3.6	4.0	3.9
	Ga	14.9	16.2	16.1	17.5	15.6	16.3	14.8	15.0	15.4	15.5	15.4	15.6
	Hf	5.5	4.5	4.4	4.6	5.2	5.1	5.3	3.9	5.3	5.3	4.9	5.2
	Nb	17.3	17.1	18.8	16.5	17.6	18.5	22.4	20.3	19.1	19.0	20.7	20.4
	Rb	106.3	55.1	70.4	56.4	96.8	83.8	107.1	120.3	107.8	109.1	112.4	108.3
	Sn	1	<1	<1	<1	1	<1	1	<1	1	1	<1	1
	Sr	344.0	581.0	462.3	598.6	387.1	499.9	393.0	306.8	430.8	381.3	431.1	433.3
	Ta	1.4	1.1	1.0	1.0	1.3	1.3	1.7	1.6	1.4	1.5	1.6	1.6
	Th	16.3	7.5	8.6	7.8	13.6	13.4	18.8	20.2	16.3	17.0	18.3	18.6
	U	4.3	1.8	2.2	2.1	3.6	3.4	4.6	4.9	3.8	4.8	4.5	4.8
	V	51	74	59	69	63	77	52	38	73	57	65	64
	W	71.3	57.1	71.6	42.8	104.6	49.2	59.4	87.0	77.0	73.3	139.2	104.9
	Zr	218.9	194.7	187.1	210.3	215.4	217.9	212.7	150.0	216.5	224.9	210.2	218.8
	Y	18.4	16.6	13.5	15.4	15.7	22.0	29.9	13.6	17.4	14.2	15.3	24.0
	La	46.9	33.8	29.2	35.2	42.2	52.8	78.1	43.7	50.4	41.8	46.6	79.0
	Ce	67.4	60.1	52.0	61.5	71.3	77.4	81.0	67.3	79.6	66.7	75.9	122.7
	Pr	8.27	6.37	5.44	6.76	7.36	9.14	10.50	6.77	8.80	6.87	7.62	13.77
	Nd	29.0	23.4	19.3	24.9	26.4	34.3	36.0	23.5	31.0	24.0	26.0	50.7
	Sm	4.99	3.91	3.42	4.31	4.38	5.88	5.70	3.75	4.92	3.66	3.98	8.03
	Eu	1.19	1.17	1.02	1.24	1.10	1.51	1.36	0.86	1.25	1.05	1.04	1.88
	Gd	4.22	3.59	3.11	3.73	3.68	5.58	5.55	3.05	4.40	3.20	3.57	6.76
	Tb	0.61	0.51	0.44	0.55	0.54	0.77	0.77	0.43	0.60	0.45	0.52	0.90
Dy	3.36	3.04	2.67	3.04	2.86	4.25	4.55	2.57	3.33	2.57	3.09	4.98	
Ho	0.66	0.59	0.46	0.57	0.57	0.84	0.92	0.47	0.69	0.47	0.57	0.92	
Er	1.88	1.69	1.47	1.56	1.73	2.40	2.61	1.41	1.86	1.39	1.75	2.52	
Tm	0.27	0.23	0.20	0.21	0.25	0.33	0.35	0.20	0.25	0.20	0.24	0.34	
Yb	1.75	1.57	1.23	1.27	1.56	2.16	2.36	1.44	1.76	1.32	1.51	2.24	
Lu	0.26	0.26	0.20	0.19	0.23	0.32	0.39	0.23	0.26	0.20	0.25	0.32	
Sc	6	7	6	7	8	9	6	5	7	6	7	7	
Ni	20	<20	37	<20	40	39	29	<20	43	<20	28	22	

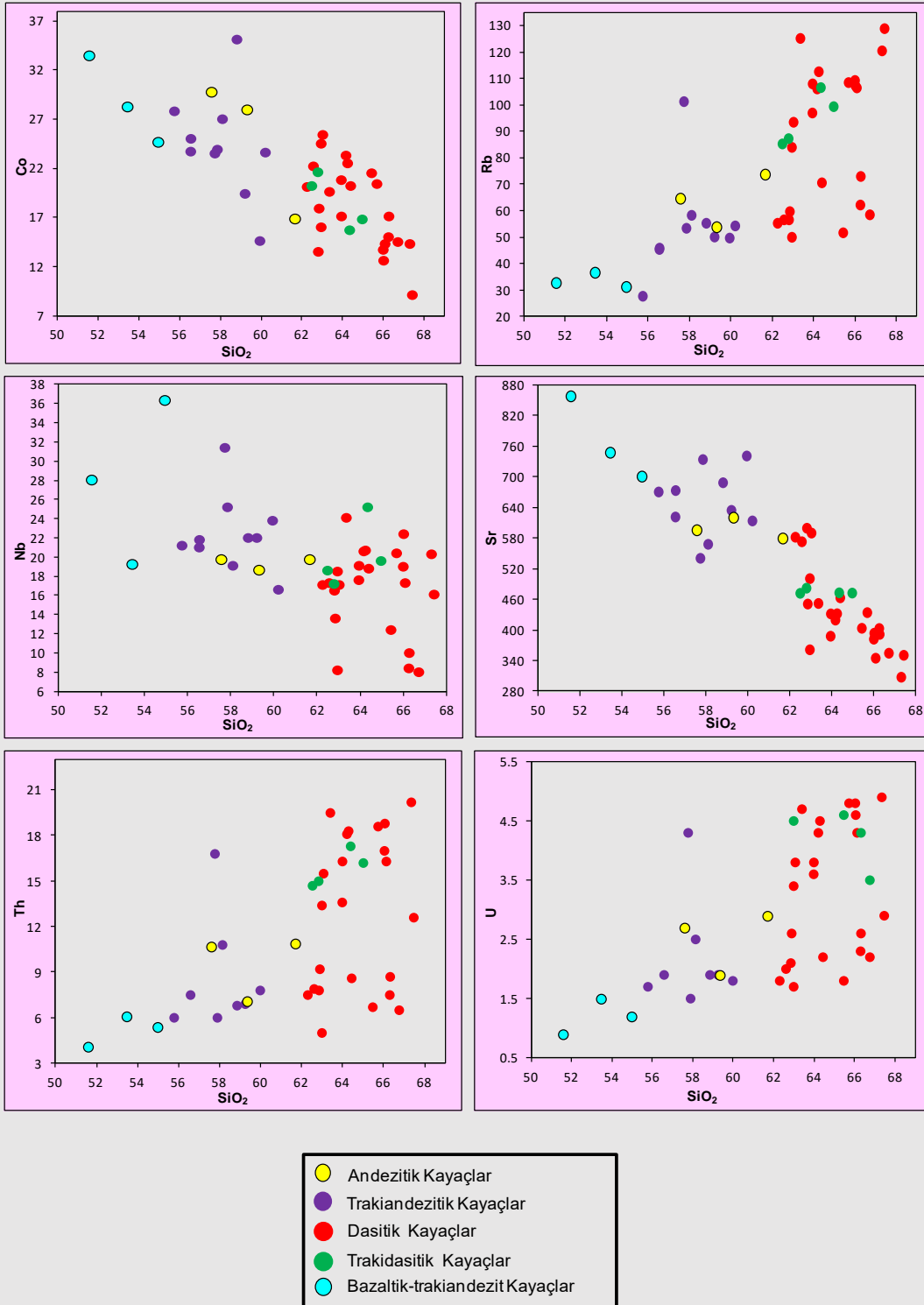
Çizelge 5.2. Devam ediyor.

Kayaç Adı	DASİTİK BİLEŞİM						ANDEZİTİK BİLEŞİM				
	Dasit	Dasit	Trakidasit	Trakidasit	Trakidasit	Trakidasit	Andezit	Andezit	Andezit	Trakiandezit	
Beypazarı	BY-38	BY-39	BY-16	BY-20	BY-45	BY-50	BY-5	BY-8	BY-31	BY-4	
İz ve Nadir Toprak Element Değerleri	Ba(ppm)	514	283	607	487	399	407	402	346	531	372
	Be	2	<1	99.84	99.82	2	2	2	<1	3	1
	Co	9.1	17.9	16.8	15.7	20.2	21.6	29.8	28.0	16.9	27.0
	Cs	3.3	2.4	2.8	4.3	3.1	3.4	2.9	2.1	2.4	1.3
	Ga	15.1	16.5	15.3	16.0	16.0	15.2	15.7	15.1	17.8	15.7
	Hf	5.0	4.6	5.0	5.6	5.4	5.6	5.1	4.7	5.0	4.9
	Nb	16.1	13.6	19.6	25.2	18.6	17.2	19.8	18.7	19.8	19.1
	Rb	128.7	59.5	99.2	106.4	85.1	87.1	64.6	53.8	73.7	58.1
	Sn	1	<1	<1	1	<1	<1	1	<1	<1	1
	Sr	349.7	450.1	471.6	472.1	471.1	481.2	595.7	620.3	579.5	567.1
	Ta	1.4	1.0	1.5	2.0	1.4	1.3	1.4	1.2	1.3	1.3
	Th	12.6	9.2	16.2	17.3	14.7	15.0	10.7	7.1	10.9	10.8
	U	2.9	2.6	3.5	4.6	4.5	4.3	2.7	1.9	2.9	2.5
	V	51	73	63	46	70	72	107	82	100	102
	W	50.2	82.1	67.5	82.5	111.5	146.6	133.0	147.3	70.2	72.1
	Zr	206.8	199.6	210.4	252.1	240.7	228.9	223.3	197.3	217.1	225.4
	Y	14.9	15.6	15.8	16.5	16.8	19.9	19.7	16.5	20.7	19.9
	La	36.7	31.5	45.7	43.1	40.6	42.9	42.0	31.9	44.9	41.9
	Ce	61.9	54.6	76.5	76.2	70.7	71.6	76.1	59.6	76.6	76.2
	Pr	6.79	5.74	7.63	7.66	7.36	7.56	8.10	6.38	8.11	7.98
	Nd	23.5	20.8	25.6	25.7	25.1	25.0	28.5	24.2	29.2	29.1
	Sm	4.10	3.74	4.05	4.17	4.19	4.17	5.41	4.46	5.18	5.14
	Eu	1.12	1.12	1.14	1.13	1.09	1.09	1.40	1.24	1.39	1.34
	Gd	3.55	3.28	3.45	3.43	3.68	3.62	4.47	3.98	4.77	4.48
	Tb	0.51	0.48	0.51	0.51	0.54	0.55	0.65	0.57	0.69	0.64
Dy	2.75	2.78	2.94	3.02	2.96	3.30	3.63	3.22	3.71	3.58	
Ho	0.56	0.55	0.58	0.57	0.64	0.67	0.76	0.64	0.73	0.71	
Er	1.53	1.56	1.74	1.72	1.70	1.91	2.21	1.73	2.25	2.00	
Tm	0.23	0.21	0.25	0.25	0.25	0.27	0.31	0.24	0.31	0.29	
Yb	1.38	1.39	1.65	1.77	1.61	1.87	1.95	1.62	1.97	1.83	
Lu	0.21	0.24	0.25	0.26	0.27	0.29	0.29	0.24	0.31	0.27	
Sc	5	9	7	4	8	8	11	9	7	12	
Ni	<20	44	46	<20	<20	<20	75	44	<20	81	

Kayaç Adı	ANDEZİTİK BİLEŞİM										
	Trakiandezit	Trakiandezit	Trakiandezit	Trakiandezit	Trakiandezit	Trakiandezit	Trakiandezit	Trakiandezit	Trakiandezit	Trakiandezit	
Beypazarı	BY-7	BY-10	BY-11	BY-24	BY-26	BY-40	BY-41	BY-26	BY-46	BY-48	
İz ve Nadir Toprak Element Değerleri	Ba(ppm)	411	397	406	412	739	463	596	739	495	378
	Be	3	3	<1	99.80	99.77	<1	1	99.77	<1	2
	Co	23.5	19.4	35.1	14.6	23.9	23.7	27.8	23.9	25.0	23.6
	Cs	2.4	1.1	1.6	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.9
	Ga	17.7	16.1	16.5	18.1	17.8	16.4	17.5	17.8	15.8	16.2
	Hf	7.5	4.6	4.7	5.0	4.9	4.8	4.2	4.9	4.7	4.8
	Nb	31.4	22.0	22.0	23.8	25.2	21.0	21.2	25.2	21.8	16.6
	Rb	101.1	49.9	55.1	49.5	53.2	45.2	27.5	53.2	45.7	54.1
	Sn	2	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Sr	539.7	633.6	687.7	740.1	733.1	620.6	669.6	733.1	672.4	612.9
	Ta	2.0	1.3	1.4	1.6	1.6	1.3	1.3	1.6	1.4	1.2
	Th	16.8	6.9	6.8	7.8	6.0	7.5	6.0	6.0	8.5	9.0
	U	4.3	1.9	1.9	1.8	1.5	1.9	1.7	1.5	2.4	2.8
	V	95	101	93	74	110	119	99	110	114	94
	W	110.1	70.3	135.3	42.9	38.5	44.0	64.6	38.5	51.9	145.4
	Zr	350.7	204.9	198.7	232.9	212.0	211.9	177.1	212.0	214.9	216.0
	Y	22.2	21.6	17.7	17.2	26.5	19.0	20.8	26.5	22.1	16.5
	La	47.4	35.3	34.7	42.6	40.3	38.4	33.2	40.3	43.9	39.4
	Ce	89.9	60.7	64.8	71.3	64.1	68.6	59.7	64.1	75.5	70.2
	Pr	9.30	6.94	7.04	8.22	7.38	7.68	6.50	7.38	8.62	7.61
	Nd	32.8	26.2	26.8	30.5	29.2	29.0	24.4	29.2	30.7	27.3
	Sm	5.33	4.73	4.57	4.98	5.07	5.33	4.35	5.07	5.56	4.56
	Eu	1.43	1.45	1.32	1.51	1.52	1.44	1.37	1.52	1.51	1.34
	Gd	4.99	4.61	4.11	4.41	5.34	4.61	4.30	5.34	4.75	3.90
	Tb	0.71	0.65	0.59	0.63	0.77	0.71	0.66	0.77	0.70	0.55
Dy	3.92	3.57	3.44	3.46	4.36	4.00	3.75	4.36	4.01	2.79	
Ho	0.77	0.76	0.64	0.66	0.91	0.81	0.78	0.91	0.81	0.59	
Er	2.43	2.17	1.86	1.83	2.60	2.09	2.06	2.60	2.29	1.61	
Tm	0.34	0.30	0.25	0.24	0.39	0.32	0.29	0.39	0.31	0.26	
Yb	2.20	1.82	1.68	1.66	2.35	1.84	1.92	2.35	1.94	1.55	
Lu	0.31	0.29	0.26	0.25	0.36	0.30	0.30	0.36	0.29	0.24	
Sc	8	10	10	8	11	14	13	11	14	9	
Ni	<20	47	38	32	65	59	65	65	82	32	

## BEYPAZARI VOLKANİK BÖLGESİNE AİT İZ ELEMENT DİYAGRAMLARI

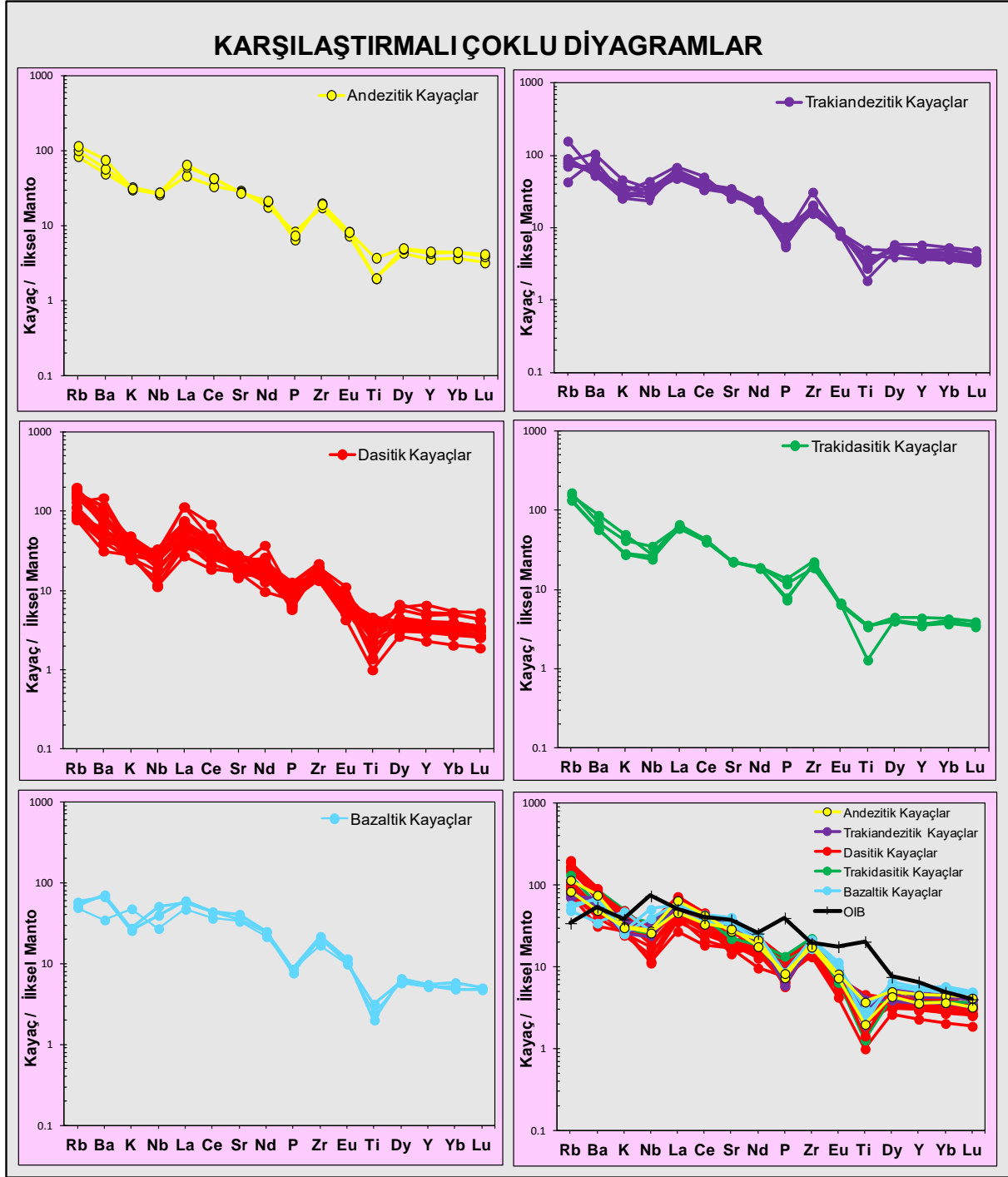


Şekil 5.5. Beypazarı volkanik kayaçlarının iz element diyagramları (Harker, 1909).

Beypazarı volkanik kayaçlarını farklı ortam volkanik kayaçlarıyla karşılaştırmak için ilksel mantoya göre normalize edilen çoklu element diyagramları oluşturulmuştur (Şekil 5.6); (Sun ve McDonough, 1989). Bu diyagramlarda görülebileceği gibi çalışma alanında yer alan volkanik kayaçlar ilksel mantoya göre İri İyonlu Litofil Element (LILE) bakımından daha fazla zenginleşmiştir. Nb ve Ti elementlerinde ise negatif anomali söz konusudur. Bu durum, kabuksal kirlenme süreci ile ve/veya dalma-batma olayının gerçekleştiği alanlarda belirli bir noktaya kadar duraylı kalan rutil, perovskit ve sfen gibi minerallerdeki Ti ve Nb tutulması olarak açıklanabilir (Ringwood, 1990; McCulloch ve Gamble, 1991).

Beypazarı çalışma alanının örnekleri, iz element çoklu element diyagramlarında sergiledikleri benzer desenlerle oluşumlarının aynı magmaya ait olduğunu işaret etmektedirler (Şekil 5.6). Farklılıkların, kaynağın kısmi ergime derecesi değişikliklerine, magmanın sıcaklık, viskozite, kabukta geçen süre, asimilasyon/fraksiyonlanma, kontaminasyon, dalma-batma etkisi ve magma karışımına bağlı olarak gerçekleştiği düşünülebilir. Çalışma bölgesindeki volkanik kayaçların yüksek LILE değerleri, düşük Yüksek Değerlikli Katyon (HFS) değerleri ve Hafif Nadir Toprak Element (LREE) zenginleşmeleri, dalma-batma süreçleri ya da magma yükselişi esnasında oluşan kontaminasyona işaret etmektedir. Litosferik kökenli Beypazarı volkanik kayaçlarının karşılaştırmalı çoklu element diyagramlarında yay magmatizmasının tipik özelliği olan negatif Nb, P ve Ti element anomalileri dışındaki diğer element içerikleri OIB'ye benzer desenler sunmaktadır (Şekil 5.6).





Şekil 5.6. Beypazarı volkanik kayaçlarının ilksel mantoya göre normalize edilen çoklu element diyagramı (Sun ve McDonough, 1989; Rollinson, 1993).

Çalışma alanında asidik bileşimli kayaçlardan bazik kayaçlara doğru gidildikçe LILE ve LREE içerikleri azalmaktadır. Bu bölgedeki volkanik kayaçlarda görülen Ti ve Nb'nin negatif anomalileri dalma-batma olayıyla ve/veya kabuksal kirlenme süreci ile açıklanabilmektedir. LILE'deki zenginleşme, aktif kıta kenarlarındaki dalma-batma etkisiyle, manto kaynağındaki metasomatizmaya işaret etmektedir (Pearce, 1983).

Aynı zamanda, Ti'de, diğer HFS elementlerine göre tüketilme fazladır. LILE'ye göre, HFS elementlerinin (özellikle Nb, Ti ve P) fakirleşmesi, litosferik mantonun özelliğidir (Thompson ve ark., 1983). Aynı zamanda okyanusal kabuğun kıtasal kabuğun altına dalma-batmasıyla gelen sulu akışkanlar LILE'yi üst mantoya taşıyabilmektedirler. Bu sebeplerle, dalma-batma ile litosferik manto Nb ve Ti dışında diğer LILE'ce zenginleşmektedir (Thompson ve ark., 1983). LILE'nin dalan plakadan gelen sıvı akışkanlarla taşınmasıyla, bu sıvılar üst kabuktaki LILE'nin metasomatik şekilde artışına olanak vermektedir. Dalan kabukta düşük hareketlilikleri nedeniyle Nb ve Ti'nin kaynakta tutulması söz konusudur (Gill, 1981; Thompson ve ark., 1983; Fitton ve ark., 1988; Edwards ve ark., 1991; McCulloch ve Gamble, 1991; Tatsumi ve ark., 1986). Bu durum dalma-batma olayı esnasında sulu akışkanların etkisiyle oluşan kısmi ergimedeki magmada Nb ve Ti elementlerince fakirleşmesine neden olmaktadır. Sonuç olarak, üst kısımda yer alan litosferik manto içerisinde Nb ve Ti elementleri azalacaktır. Bununla birlikte Nb'nin mantoda tutulmasının sebebi olan artık faz, mantoda Nb azalmasının bir başka nedenidir. Dalma-batma olayının gerçekleştiği bölgelerde baskın özellikteki sıvı ve oksidasyon oluşturan koşulların, rutil, ilmenit, sfen ve manyetit gibi minerallerin oluşumuyla mantoda Nb ve Ti'yi azaltacağı bilinen bir özelliktir (Saunders ve ark., 1980, Ringwood, 1990). Bu çeşit artık fazlarla dengeyi sağlayan eriyikler, yay magmatizmasının ayırt edici özelliklerinden biri olan düşük Nb, Ta ve Ti elementlerini içermektedirler (Fitton ve ark., 1988).

### **5.3. İzotop Jeokimyası**

Andezit, dasit ve bazaltik-trakiandezit bileşimindeki 3 adet örnek üzerinde; Sr, Nd, Pb izotop analizleri yapılmış ve örneklerin Sr ve Nd ilksel izotop değerleri hesaplanmıştır.

Bu kapsamda seçilen BY-31, BY-37 ve BY-44 volkanik kayaç örneklerinden elde edilen izotop verilerinin değişim diyagramlarında farklı tektonik ortamda oluşmuş olan volkaniklerin izotop verileri ile karşılaştırmalar yapılarak, Beypazarı volkanik kayaçlarının oluşumları ve kökenleri hakkında fikir yürütülmeye çalışılmıştır.

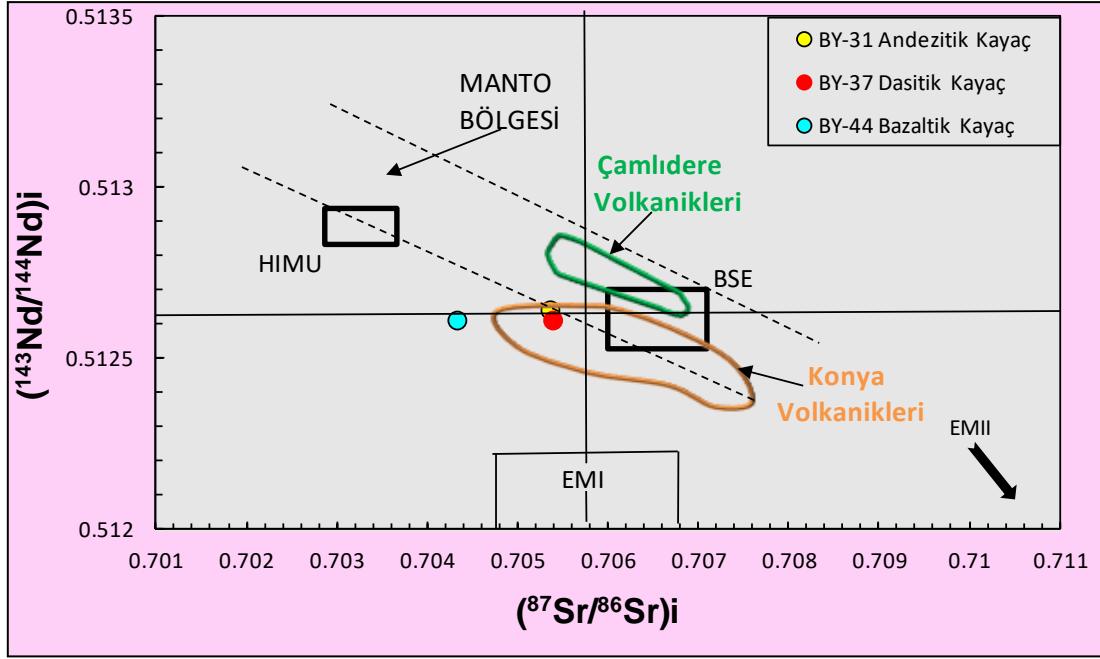
BY-31, BY-37 ve BY-44 örneklerinin izotop analizlerine göre;  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  oranının 0,70539-0,70433,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  oranının ise 0,512661-0,51279,  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  ve  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  izotop oranlarının ise sırasıyla 18.742489-18.790819; 15.599955-15.638804 ve 38.708019-38.875846 değerleri arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. Beypazarı volkanik kayaların Sr, Nd, Pb izotop analiz sonuçları.

Stroonyum ve Neodmyum İzotop Oranları Analiz Sonuçları							
Örnek no	Örnek kimyası	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ i	Std Hata*	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ i	Std Hata*
BY-31	Andezitik	0.705459	0.70536	±8	0.512657	0.51264	±1
BY-37	Dasitik	0.70557	0.70539	±7	0.512622	0.51261	±1
BY-44	Bazaltik	0.704353	0.70433	±9	0.512798	0.51261	±1
Standart hatalar son bir veya iki basamağa aittir (Ör: ±0.000006 veya ±0.000018)							
Kurşun İzotop Oranları Analiz Sonuçları							
Örnek no	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	
BY-31	18.742489	15.599955	38.708019	0.832349	2.065249	2.4812	
BY-37	18.790819	15.638804	38.875846	0.832273	2.068889	2.485845	
BY-44	18.75775	15.621518	38.738393	0.832831	2.065118	2.479808	
Kurşun İzotop Oranları Analizleri Standart Hataları							
Örnek no	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	
BY-31	0.001336	0.001159	0.003192	0.00001	0.000036	0.000031	
BY-37	0.000678	0.000574	0.001421	0.000005	0.000015	0.000014	
BY-44	0.003587	0.002959	0.007224	0.00002	0.000051	0.000048	
NIST SRM 981 Standardı Ölçümleri							
	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	
SRM981(ölçülen) (n=18)	16.970545	15.527885	36.805505	0.914974	2.168756	2.370279	
SRM981(Std)	0.001739	0.0018	0.004821	0.000023	0.000094	0.000058	
NBS ref.*	16.937096	15.491345	36.721317	0.91464	2.1681	2.370441	
*NBS ref.:SRM 981 Standardının NBS Sertifika Değerleri							

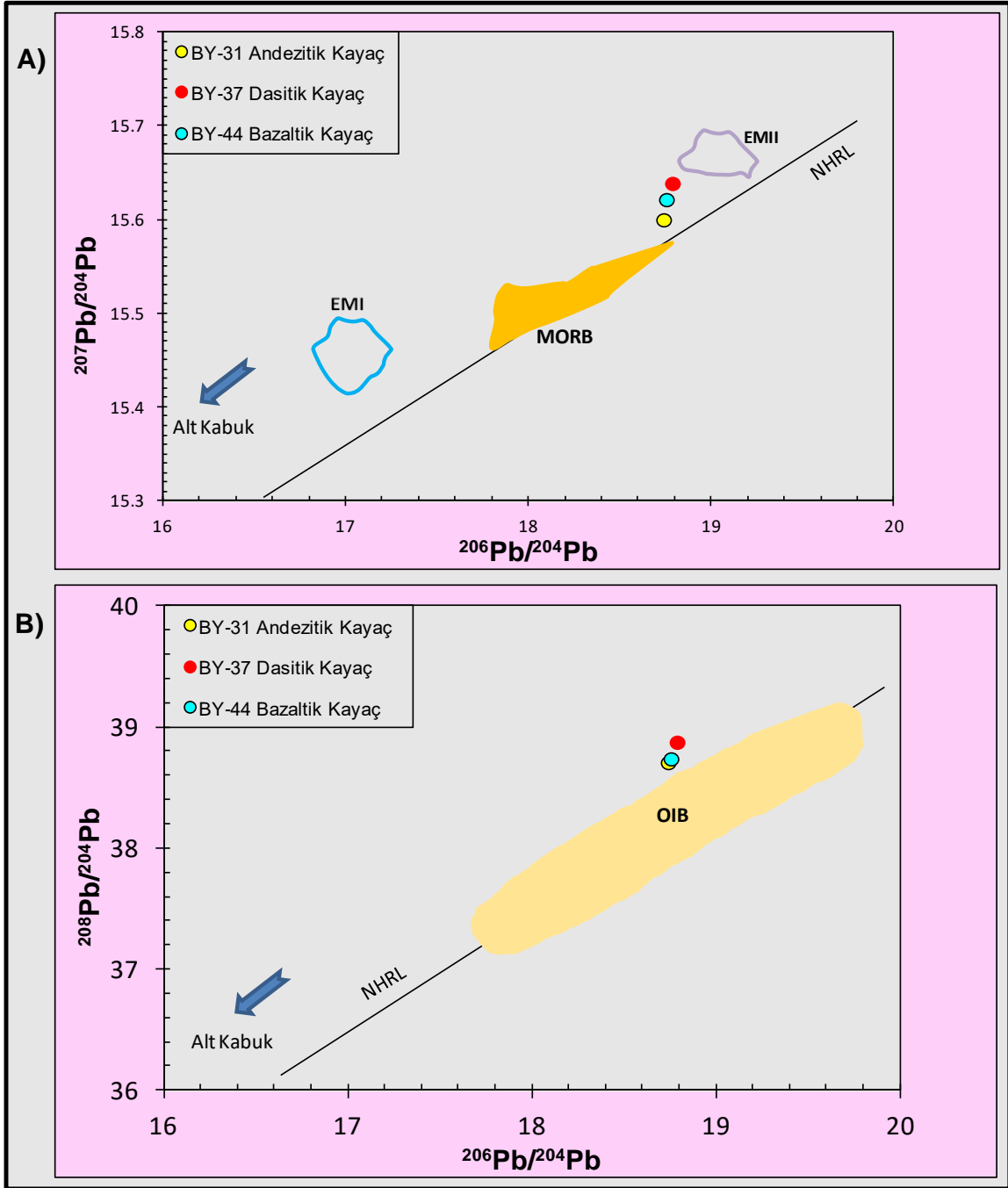
Beypazarı volkanik kayalarını farklı tektonik ortam volkanikleriyle karşılaştırmak ve kökenleri hakkında yorumda bulunabilmek amacıyla  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  diyagramı çizilmiştir (Şekil 5.7).

Şekil 5.7'de BY-37 no'lu örneğin Erken Miyosen Konya volkanikleri (Temel ve ark., 1998) ile aynı bölgede yer aldıkları ve izotopik bileşimlerinin benzer olduğu söylenebilir.



Şekil 5.7. Beypazarı volkanik kayaçlarının  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ - $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i$  izotop diyagramı, (HIMU, BSE, EMI, EMII Değerleri: Kay ve ark. (1991); Zindler ve Hart, (1986)'dan alınmıştır); (Karşılaştırma verileri: Temel ve ark. (1998); Varol-Muratçay (2006)'dan alınmıştır).

Beypazarı volkanik kayaçlarının Kuzey Yarımküre Referans Çizgisini (NHRL) gösteren Pb-izotop diyagramı Şekil 5.8A'da verilmiştir. Diyagrama göre kayaçlar NHRL çizgisinin üst kısmında bulunmaktadır (Şekil 5.8A). Bu durum kayaçların fraksiyonel kristalleşme ve dalma-batma etkisiyle kabuksal kirlenmeye maruz kalarak oluştuklarını düşündürürken, Şekil 5.8B'de Okyanus Adası Bazaltına (OIB) çok yakın alanda ve OIB'ye benzer  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  bileşimlerinde olduklarını göstermektedir (Şekil 5.8B).



Şekil 5.8. Beypazarı volkanik kayaçlarının A)  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  ve B)  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  izotop diyagramları, (Rollinson (1993)'den alınmıştır).

## 6. TARTIŞMA

### 6.1. Kısmi Ergime Modellemesi

Sıcaklığın yükselmesi, litostatik basınç azalması ve ortama uçucu bileşen eklenmesi sonucu üst mantoda kısmi ergime süreci ile magma oluşumu gerçekleşmekte, farklı bileşimde bazaltik ürünler meydana gelmektedir (Albaréde ve Bottinga, 1972; Shaw, 1970; Gast, 1968; Wood ve Fraser, 1976).

Kısmi ergime modeli sayesinde bir volkanizmanın ne çeşit bir kaynaktan, hangi miktarda kısmi ergime şekli ve derecesiyle meydana geldiği ortaya konulabilmektedir.

Yüksek oranda, LILE; düşük oranda, HFS içeriklerine sahip olmaları, aynı zamanda LREE'lerin, Ağır Nadir Toprak Element (HREE)'lerine göre daha fazla zenginleşmiş olması bu durumu desteklemektedir (Thompson ve ark., 1983; Fitton ve ark., 1988; Pearce ve ark., 1990; McColloch ve Gamble, 1991; Wilson, 1989; Kerrich ve Wyman, 1996). Kayaçların LILE ve LREE elementleri bakımında zenginleşme göstermeleri; dalma-batma süreci, kabuksal kontaminasyon ya da düşük dereceli kısmi ergime olayıyla açıklanabilmektedir (Pearce ve ark., 1990).

İnceleme alanında manto kaynağının element içeriğini gösteren manto ksenolitlerinin bulunmaması sebebiyle, hipotetik olarak araştırmacıların hesapladıkları spinel peridotit ve granat peridotit kayaçlarının sayısal değerleri kullanılmıştır (Esenli ve Genç, 2005; McDonough, 1990; McKenzie ve O'Nions, 1991 ve 1995; Wilson, 1989; Medaris ve ark., 2005).

Kısmi ergime modellemesi çalışmaları için, kaynak mineralojisinde yapılan değişimlerden fazla etkilenmeyen, uyumsuz elementlerin (La, Yb, Nd, Ce, Sm) konsantrasyonları kullanılmıştır.

Modal mineralojide spinel lertzolit, olivin %58, ortopiroksen %27, klinopiroksen %12, spinel %3 içerirken (McKenzie ve O'Nions, 1991); granat lertzolitler ise, olivin %63, ortopiroksen %30, klinopiroksen %12, granat %5 içermektedir (Wilson, 1989) (Çizelge 6.1).

Çizelge 6.1. Beypazarı volkanik kayaçlarının kısmi ergime derecesi hesaplamalarında kullanılan modal oranlar.

Mineraller	Kayaç Modal Oranları(%)	
	Spinel Lertzolit (McKenzie and O'Nions (1991))	Granat Lertzolit (Wilson (1989))
Olivin	58%	63%
Ortopiroksen	27%	30%
Klinopiroksen	12%	12%
Granat		5%
Spinel	3%	

Farklı kısmi ergime dereceleri için yapılan hesaplamaları Shaw (1970) bazik-ortaç bileşimdeki volkanikler için önermiştir. Kısmi ergime hesaplamalarında kullanılan yığın/denge ergime ve fraksiyonel ergime denklemleri aşağıda gösterilmektedir (Rollinson, 1993).

#### Yığın / Denge Ergime

$$C_L / C_0 = 1 / [D_0 + F(1 - D_0)]$$

#### Fraksiyonel Ergime

$$C_L / C_0 = 1 / D_0 (1 - F)^{[(1/D_0) - 1]}$$

$C_L$  = İz elementin sıvıdaki konsantrasyonu

$C_0$  = İz elementin ilksel ergimemiş katıdaki konsantrasyonu

$D_0$  = İlksel katının kaynak malzemesi içindeki toplam paylaşma katsayısı

$F$  = Kısmi ergime derecesi

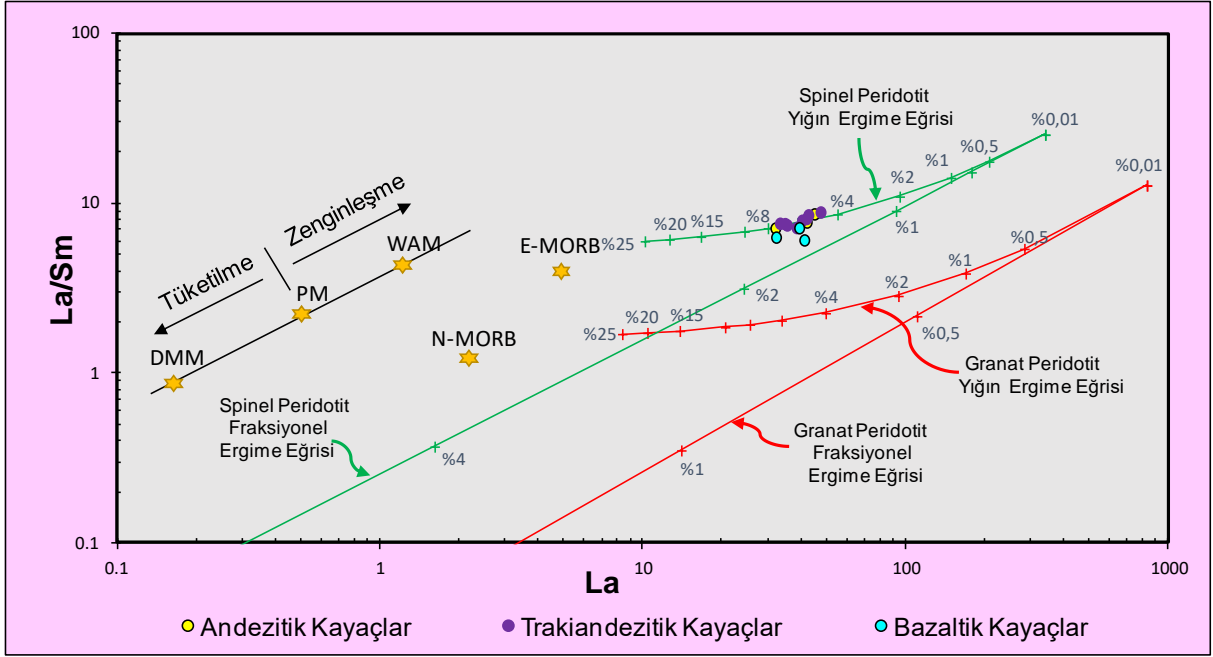
McDonough (1990) ve Frey (1980)'den  $C_0$  değerleri alınmış,  $K_d$  (mineral/eriyik) değerleri ise; Fujimaki ve ark. (1984), McKenzie ve O'Nions (1991), Rollinson (1993) ve (<http://www.earthref.org/KDD>) kaynaklarından alınmıştır. Bu değerler ile  $D_0$  (toplam paylaşma katsayısı) belirlenmiştir. Değişkenler kullanılarak formülden  $C_L$  değerleri tespit edilmiştir.

La, Sm ve Ce gibi elementlerin konsantrasyonlarına göre inceleme alanında yer alan bazik ve ortaç bileşimdeki volkanikleri meydana getiren magmanın kısmi ergime dereceleri tespit edilmiştir. Kısmi ergime modellemesine uygun şekilde hesaplanarak oluşturulan kısmi ergime eğrilerinin kullanıldığı La-La/Sm ve La-Ce diyagramları çizilmiştir (Şekil 6.1 ve 6.2). Ergime eğrilerinin üzerinde ergime derecesi hesaplamalarında kullanılan kaynak değerleri de bu diyagramlarda görölmektedir. Andezitik ve bazaltik-trakiandezit bileşimdeki kayaçların farklı simgelerle gösterildiği La-La/Sm ve La-Ce diyagramlarında; andezitik, trakiandezitik ve bazaltik-trakiandezit kayaçların litosferik spinel peridotitin (Wilson, 1989; McDonough, 1990; Medaris ve ark., 2005; Wedepohl, 1995) %4-%8 arasında düşük derecelerde kısmi ergime sonucu oluştukları görölmektedir (Şekil 6.1 ve 6.2).

La ve Sm elementleri kuvvetli uyumsuz elementlerdir. Kaynak mineralojisinde oluşan farklılıklardan fazla etkilenmediklerinden magmanın kimyasını belirlemede kullanılırlar (Aldanmaz ve ark., 2000). La-La/Sm diyagramında, LREE/Orta Nadir Toprak Element (MREE) oranı ile MREE/HREE oranları arasında modelleme değerleri hesaplanmıştır (Şekil 6.1).

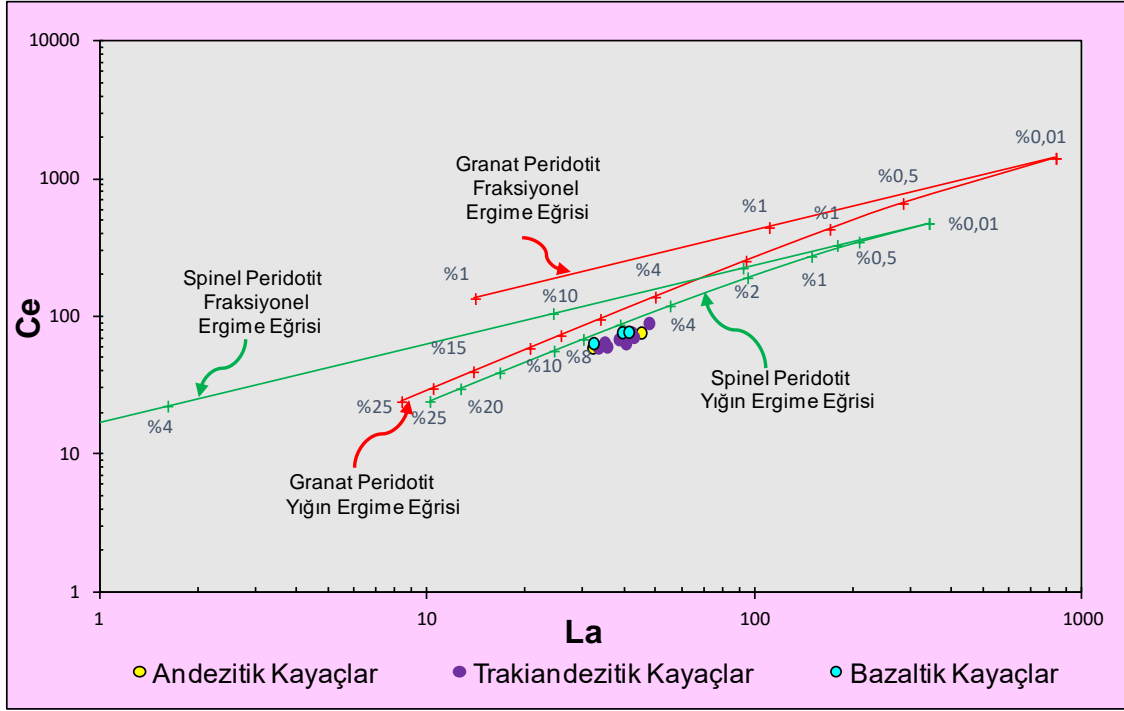
La-La/Sm diyagramında; trakiandezitik kayaçların kaynağı için spinel peridotitin %4,5-%7, andezitik kayaçların kaynağı için spinel peridotitin %5-%7,5 ve bazaltik-trakiandezit bileşimdeki kayaçların kaynağı için spinel peridotitin %6-%7,5 arasında kısmi ergimesiyle oluştukları gösterilmektedir (Şekil 6.1).





Şekil 6.1. Beypazarı volkanik kayaçlarının ergime eğrilerini gösteren La-La/Sm diyagramı, (Shaw (1970) bazik-ortaç bileşimdeki volkanikler için önermiştir).

La-Ce diyagramında ise; trakiandezitik kayaçların kaynağı için spinel %5-%6, andezitik kayaçların kaynağı için spinel peridotitin %5,5-%7,5 ve bazaltik-trakiandezit bileşimdeki kayaçların kaynağı için spinel peridotitin %5,5-%7,5 arasında kısmi ergimesiyle oluştuğu gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre bölgedeki asidik ve ortaç bileşimdeki kayaçların granat içermeyen bir magmadan oluştukları söylenebilir (Şekil 6.2).



Şekil 6.2. Beypazarı volkanik kayaçlarının ergime eğrilerini gösteren La-Ce diyagramı, (Shaw (1970) bazik-ortaç bileşimdeki volkanikler için önermiştir).

## 6.2. Fraksiyonel Kristalleşme

Magmatik kayaçların oluşumunda fraksiyonel kristalleşme etkin bir süreçtir. Bu süreçte, bir eriyik sıcaklığın azalması ile soğumaktayken kristalleşen mineraller eriyiği terk eder, geriye kalan eriyiğin jeokimyası ile oluşan minerallerin jeokimyasal bileşimleri sıcaklığın azalması ile devamlı farklılaşma göstermektedir. Fraksiyonel kristalleşmeyle, magmatik kayaçların tek sıcaklık değerinde kristalleşmediği, kristalleşmelerin bir sıcaklık aralığı boyunca geliştiği ortaya konulmaktadır. Fraksiyonel kristalleşmenin kayacın katılma sürecinin tamamlanmasına kadar devamı durumunda tek magma kaynağından farklı kimyasal bileşimlerde kayaçlar oluşabilmektedir.

Ana ve iz element değerleri hesaplanarak yapılan jeokimyasal çalışmalarda, Beypazarı bölgesinde yer alan volkanik kayaçların, TAS diyagramı incelendiğinde,

bazaltik-trakiandezitten, dasite kadar devam eden asidik ve ortaç bileşimlerden oluştukları görülmektedir (Şekil 5.1).

Aynı zamanda, SiO<sub>2</sub>'ye karşılık ana-iz element değişim diyagramlarından da edinilen bilgiler doğrultusunda çalışma alanı volkanik kayaçlarının oluşumunda fraksiyonel kristalleşme sürecinin etkin olduğu göze çarpmaktadır. Diğer taraftan, ana ve iz element değişim diyagramlarında gözlenen düzenli eğilimler tek magmanın varlığına işaret etmektedir (Peccerillo ve ark., 2004). Örneklerin, yaklaşık aynı hat boyunca dağılım göstermesi (Verma, 1999) ise; Beypazarı volkanik kayaçlarının oluşumunda fraksiyonel kristalleşmenin varlığını göstermektedir (Şekil 5.4 ve 5.5).

### **6.3. Dalma-Batma ile İlişkili Zenginleşmeler ve Kabuksal Kirlenme**

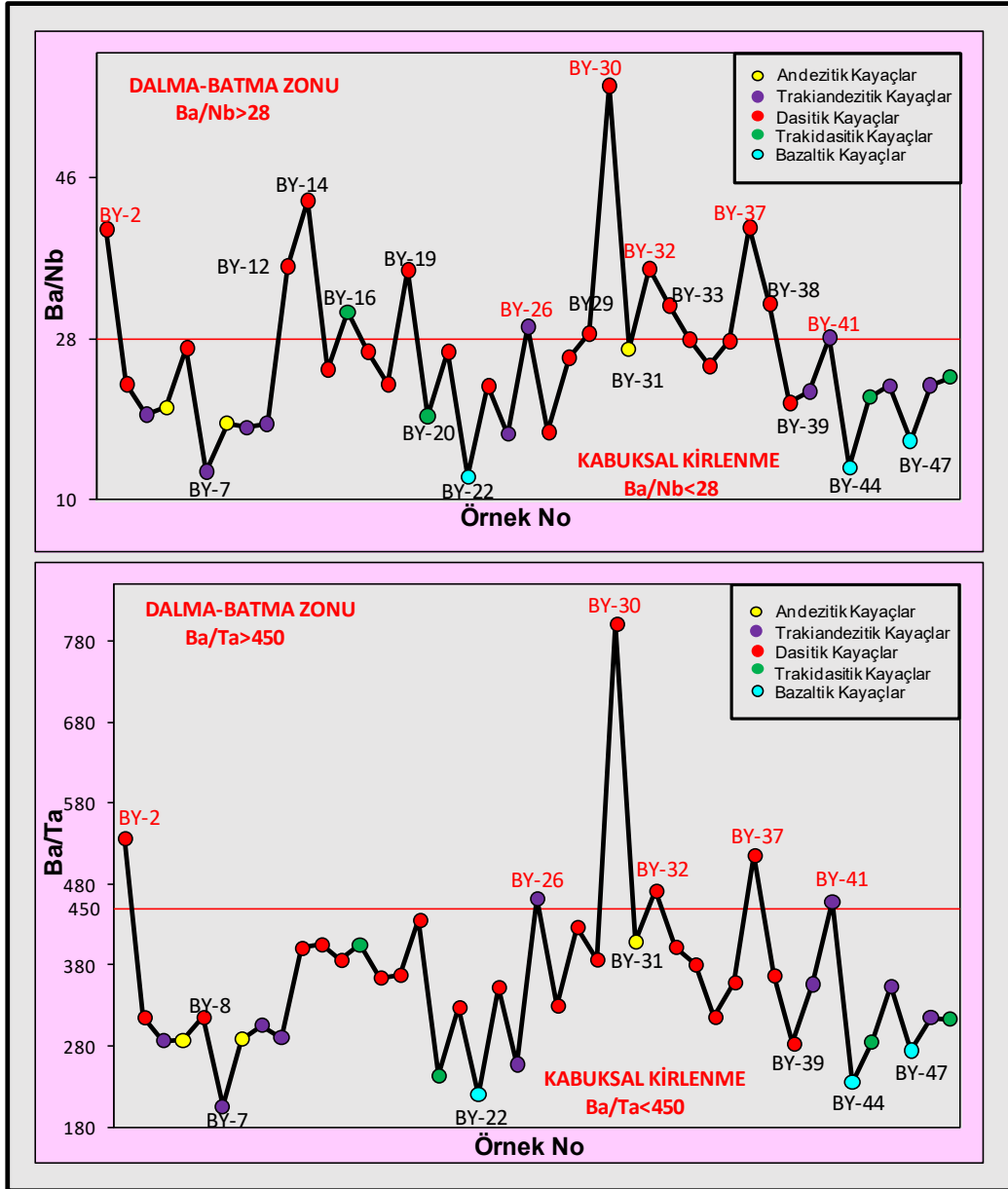
Ba zenginleşmesiyle, Nb ve Ta elementlerinin fakirleşmesi ve yüksek Ba/Nb>28; Ba/Ta>450 özellikleri, yay magmatizmasının önemli özelliklerindedir (Gill, 1981; Fitton ve ark., 1988).

Beypazarı bölgesindeki volkanik kayaçlar üzerinde yapılmış olan jeokimyasal çalışmalar sonucunda elde edilen oransal değerler andezitik örnekler için Ba/Nb: 18,50-26,81 ve Ba/Ta: 287,14-408,46; trakiandezitik örnekler için Ba/Nb:13,08-29,32 ve Ba/Ta: 257,5-461,87; dasitik örnekler için Ba/Nb: 17,55-56,32 ve Ba/Ta: 283-536,66; trakidasitik örnekler için Ba/Nb: 19,32-30,96 ve Ba/Ta: 243,71-404,66; bazaltik-trakiandezit bileşimdeki örnekler için ise Ba/Nb: 12,53-16,58; ve Ba/Ta: 220-274,11 arasında değişmektedir.

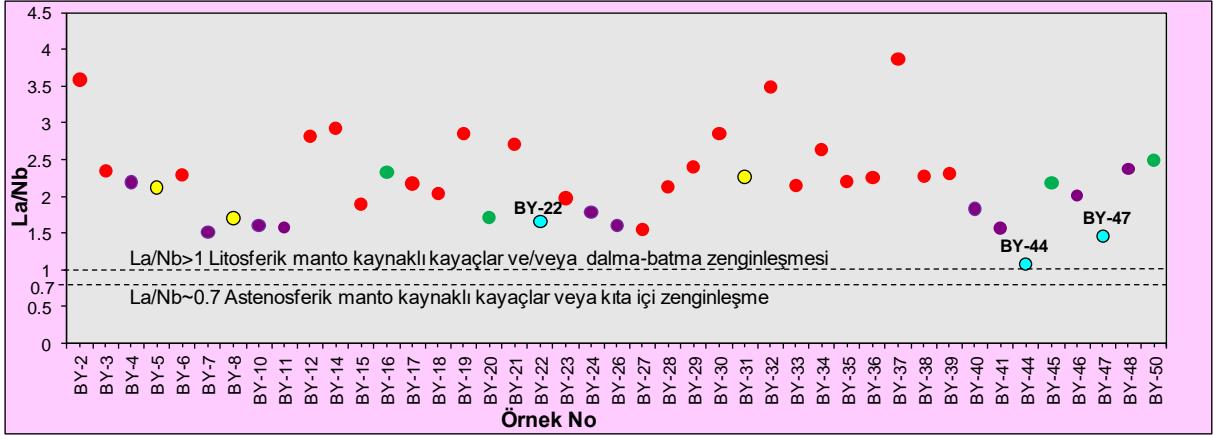
Bunun sonucu olarak, özellikle BY-2, BY-26, BY-30, BY-32, BY-37 ve BY-41 örnek numaralı birimlerde bu oransal değerlerin yay magmatizmasının tipik özellikleri olan Ba/Nb>28 ve Ba/Ta>450 oransal değerlere sahip olduğu diyagramlarda görülmektedir (Şekil 6.3). Bu durum, belirtilen örnek numaralı kayaçların oluşumlarında yay volkanizmasının etkin olduğunun göstergesidir (Fitton ve ark., 1988; Gill, 1981).

Ayrıca La/Nb oransal değerinin düşük olması kıta içi zenginleşme olduğunu (Huang ve ark., 2000) veya bu değerinin ~0,7 olması magmanın astenosferik kaynaktan

türediğini göstermektedir (DePaolo ve Daley, 2000).  $La/Nb > 1$  oransal değerinin yüksekliği ise dalma-batma zenginleşmesine veya magmanın litosferik kaynaktan türediğine işaret etmektedir (DePaolo ve Daley, 2000). Bu kapsamda, Beypazarı volkanik kayaçlarının  $La/Nb$  oranının  $1,07-3,87$  aralığında değişim göstermesi magmanın litosferik bir kaynaktan ve/veya dalma-batma zenginleşmesi ile oluştuğunu göstermektedir (Şekil 6.4).



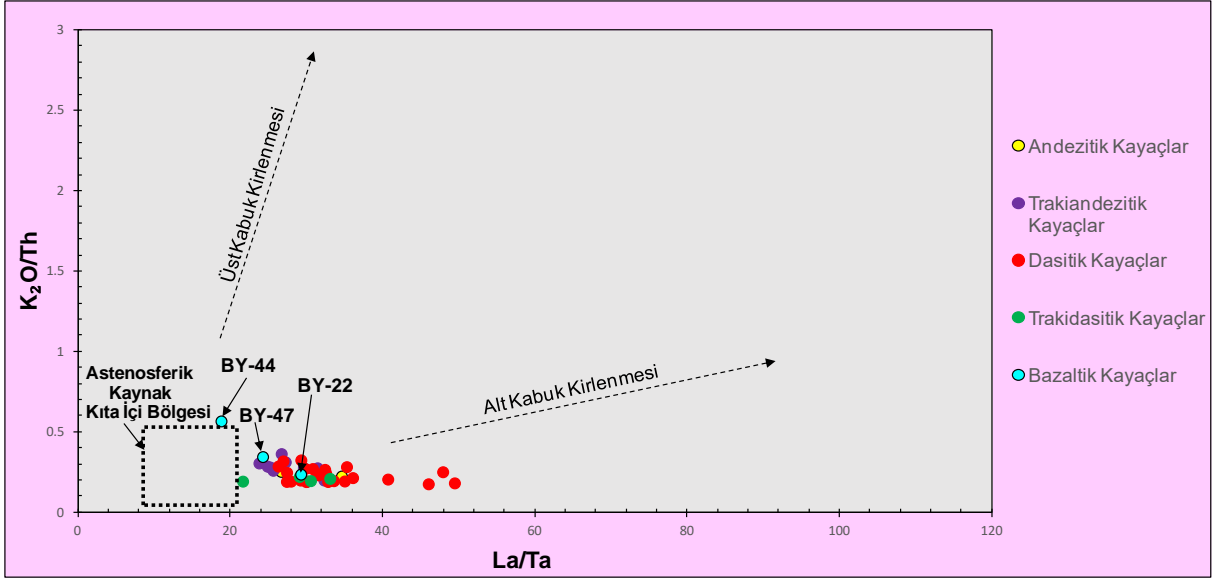
Şekil 6.3. Beypazarı volkanik kayaçlarının  $Ba/Nb$  ve  $Ba/Ta$  oranları diyagramı, Fitton ve ark. (1988).



Şekil 6.4. Beypazarı volkanik kayaların La/Nb oranları, DePaolo ve Daley (2000); Huang ve ark. (2000).

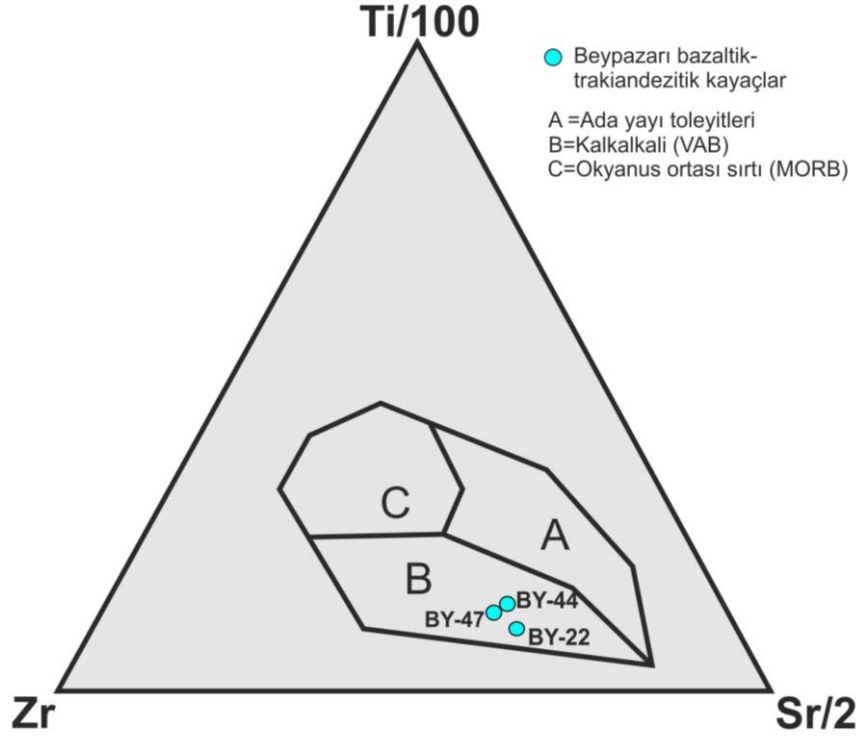
La/Ta-K<sub>2</sub>O/Th oransal değerleri, kontamine olmamış astenosfer kökenli veya kıta içi kaynaklı kayalar ile kontaminasyona uğramış litosfer kökenli kayaların ayırt edilmesinde kullanılmaktadır (Menzies ve ark., 1991). Beypazarı volkanik kayalarının kökeninin, oluşumunda etkili olan dalma-batma süreçlerinin, asimilasyonun yorumlanabilmesi için La/Ta-K<sub>2</sub>O/Th oransal değerleri kullanılmıştır. Bu değerlere göre volkanik kayaların astenosfer alanına düşmemesi, tamamının litosferik manto kaynaklı kayalar olduklarını ve/veya dalma-batma zenginleşmesi sonucu oluştuklarını, oransal değerlerin düşük olması ise; az miktarda da olsa kabuk kirlenmesine maruz kalarak oluştuklarını göstermektedir (Şekil 6.5).

Weaver ve Tarney (1981); alt kabuğun üste göre düşük K ve La değerlerine karşılık yüksek Ta'ya sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu duruma göre volkanik kayaların düşük K ve La değerlerine göre Beypazarı volkanik kayalarının, dalma-batma etkisi ile birlikte magmanın diyapirik yükselişi sırasında magmanın magma odasındaki yan kayalarla etkileşimi sonucu kıtasal kabukta bulunan K ve La elementlerini bünyesine almasıyla az miktarda da olsa kabuksal kirlenmeye maruz kaldıkları söylenebilir (Şekil 6.5). Magma rezervuarlar içinde fraksiyonel kristalleşme, kabuk kirlenmesi gibi süreçlerle değişime uğramıştır. Şekil 6.5'de alt ve üst kabuk kirlenmesinin düşük oranda olmasından dolayı litosferik kayaktan oluşan eriyikle, magma odası içinde diferansiye olmuş magmalar arasında magma karışımı sonucu da asimilasyonla kirlenmenin gerçekleştiği düşünülebilir.



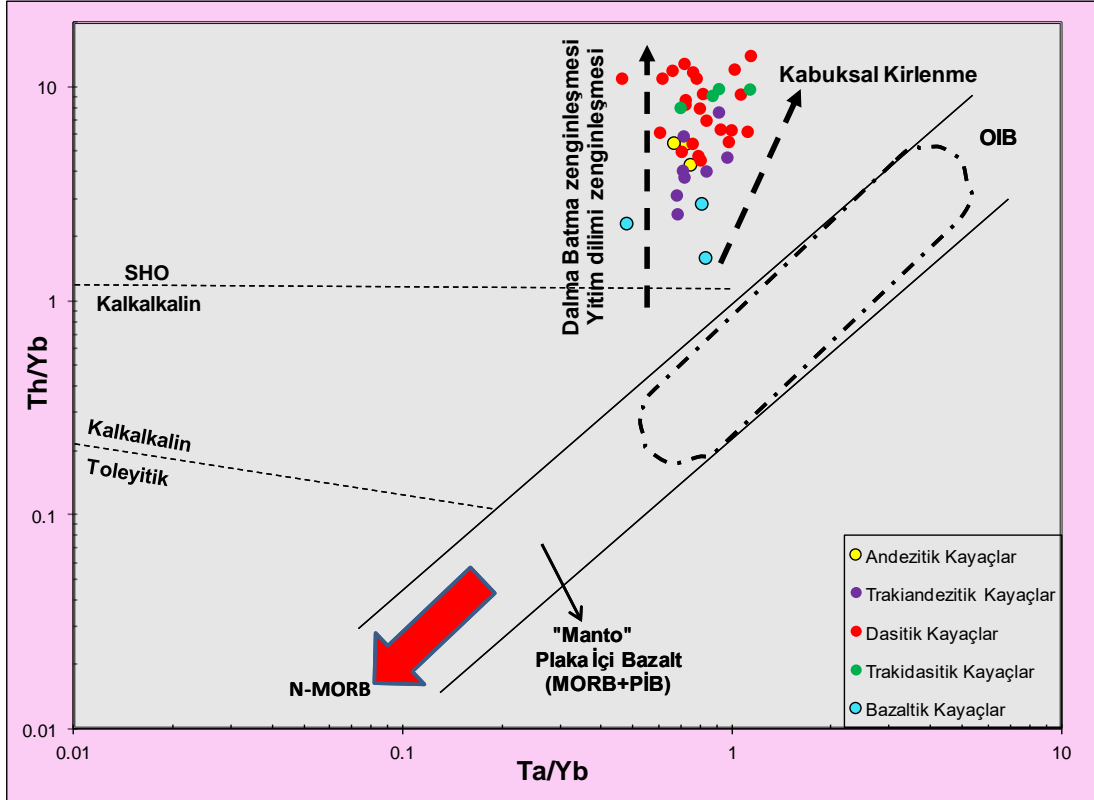
Şekil 6.5. Beypazarı volkanik kayaçlarının La/Ta-K<sub>2</sub>O/Th diyagramı, Menzies ve ark. (1991); Weaver ve Tarney (1981).

BY-22, BY-44, BY-47 no'lu bazaltik-trakiandezit bileşimdeki 3 örnek için oluşturulan ayırtman diyagramına göre örneklerin volkanik yay bazaltı alanına düştüğü görülmektedir. Buna göre Beypazarı volkanik kayaçlarının, kabuksal kirlenmenin bir göstergesi olan, kıtasal kabukta yüksek oranda bulunan Sr'ce zengin oldukları da ortaya konulmaktadır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6. Beypazarı volkanik kayalarından bazaltik-trakiandezitik bileşimindeki örneklerin Ti-Zr-Sr tektonik ortam ayırtman diyagramı, Pearce ve Cann (1973).

Th/Yb-Ta/Yb oransal değerleri, fraksiyonel kristalleşme ve kısmi ergimeden kaynaklı farklılıklardan çoğunlukla bağımsız olmakla birlikte bu değerler mantonun tipik özelliğini yansıtmaktadır (Pearce, 1982). Ta/Yb oransal değeri Normal Okyanus Ortası Bazaltı (N-MORB) kaynağına göre manto zenginleşmesinin veya tüketilmesinin bir ölçüsüdür ve Yb fraksiyonel kristalleşme etkisini azaltmak için normalizasyon faktörü olarak kullanılır (Pearce ve ark., 1990). Diyagramda yitim ile gelen sıvılarla sisteme Th eklenmesiyle düşey yönde sabit bir artış görülmektedir. Diyagramda yitim ile gelen sıvılarla sisteme Th eklenmesiyle düşey yönde sabit bir artış görülmektedir. Beypazarı volkanik kayalarının Th/Yb-Ta/Yb diyagramında görüldüğü gibi artan Th/Yb oranları ve kısmen artan Ta/Yb oranları, dalma-batma etkisiyle birlikte kabuksal kirlenmeye maruz kaldıklarını göstermektedir. Tüm bunların sonucu Ta/Yb'ye karşı Th/Yb diyagramı, Beypazarı volkanik kayalarında dalma-batma zonu zenginleşmesi, fraksiyonel kristalizasyon ve az da olsa kabuksal kirlenmenin olduğunu göstermektedir (Şekil 6.7).



Şekil 6.7. Beypazarı volkanik kayaçlarının Th/Yb (ppm)-Ta/Yb (ppm) diyagramı, Pearce ve ark. (1990).

Değişim diyagramlarıyla oluşturulan Wilson (1989)'a göre benzer Zr/Nb, Nb/Ba, Ti/Y, Ba/Nb, Th/Yb ve Th/Ce gibi değerlerin kaynak kayaç oluşumunda kristalleşmenin etkin bir süreç olduğuna ve artan oransal değerlerin de asimilasyon-fraksiyonel kristalleşmenin varlığına işaret ettiği belirtilmektedir.

Beypazarı volkanik kayaçlarının, magmanın diyapirik yükselişi esnasında magmanın rezervuar içinde depolanmasıyla kıtasal kabuk kökenli yan kayaçlar ile magma arasında gerçekleşen asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme ile eş zamanlı olarak oluştukları düşünülmektedir. Kabuksal kirlenmenin yanı sıra, kıtasal kabuktaki kıtasal sedimanların dalma-batma zonlarında mantoya karışması ile de kaynak bölgesinde kirlenme söz konusu olabilmektedir. Buna göre, magmanın köken ve oluşumunda etkin süreçlerin ortaya konulması için ana-iz element ve izotop değerleri kullanılmaktadır.

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $\text{SiO}_2$  ve  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Rb/Sr ve Zr/Nb-Zr diyagramlarındaki doğrusal artış; Sr'ce zengin olan kıtasal kabuktan kaynaklı, bölgede mostra veren volkanik birimlerin



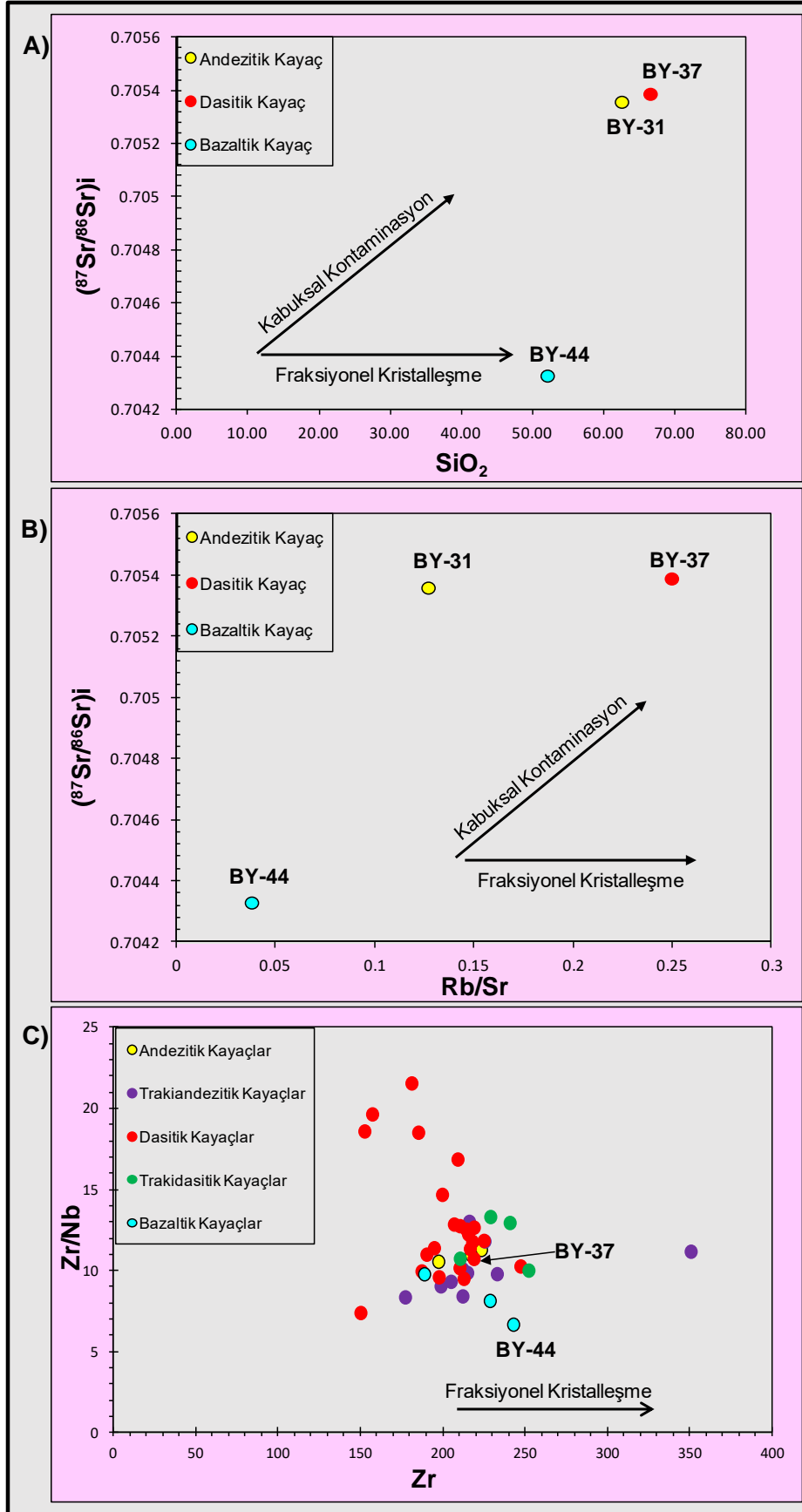
oluşumlarında sadece fraksiyonel kristalleşmenin değil, asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme sürecinin de etkin olduğunu düşündürmektedir (Şekil 6.8). Zr/Nb-Zr diyagramındaki Zr oranlarına göre, BY-37 no'lu dasitik bileşimdeki örneğin mineral kimyası analizlerinde tespit edilen zirkon minerali de diyagramdaki yüksek Zr oranlarını desteklemektedir (Şekil 6.8C).

Üst kıtasal kabuk, yüksek oranda SiO<sub>2</sub> ve Rb/Sr içermektedir. Zr/Nb, Ce/Zr, Rb/Zr'nin benzer oransal değerlerine göre, fraksiyonel kristalleşme kayaçların oluşumunda baskın bir rol oynamaktadır (Wilson, 1989).

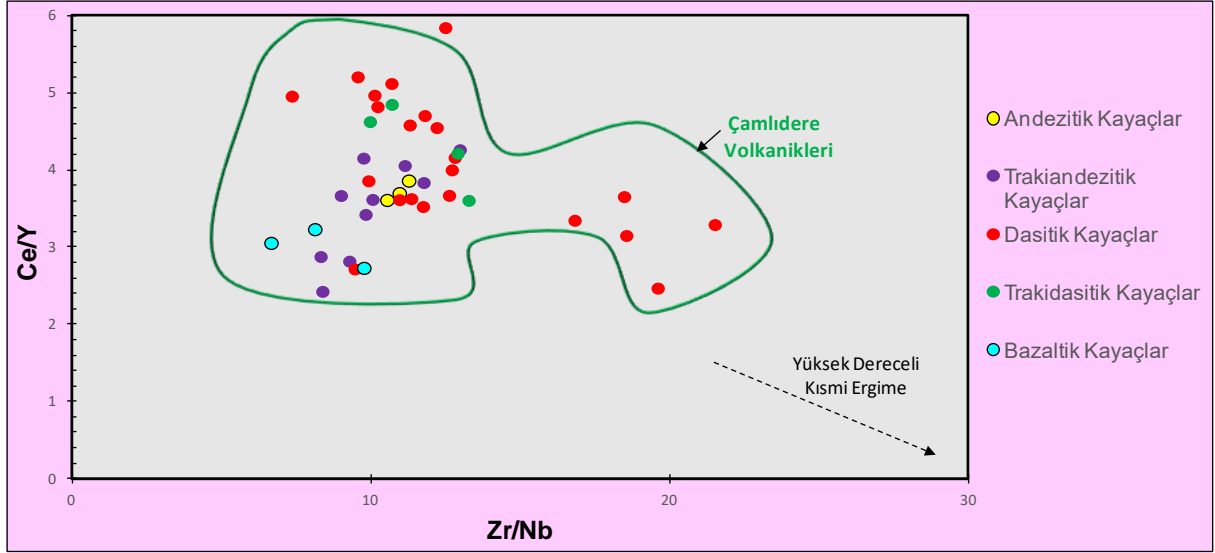
Ce/Y oransal değeri LREE zenginleşme oransal değerini, Zr/Nb oranı ise kısmi ergime derecesi farklılıklarını göstermektedir (Fitton ve ark., 1988). N-MORB'na göre Ce ve Nb elementleri, Zr ve Y'den daha uyumsuzdur. Buna göre mantoda oluşan kısmi ergimede bu oransal değerlerin düşük dereceli kısmi ergimeyi göstermeleri için, yüksek Ce/Y oranına karşı düşük Zr/Nb oranı olması söz konusudur (Fitton ve ark., 1988).

Zr/Nb-Ce/Y oransal değerlerine göre görülen negatif korelasyonda Beypazarı volkanik kayaçlarından alkali özellikteki bazaltik kayaçların düşük Ce/Y oranı göstermesi, kalkalkali özelliğe sahip kayaçların bazaltik bileşimdeki kayaçlara göre yüksek Zr/Nb ve Ce/Y oranı göstermesi söz konusudur (Şekil 6.9).

Yüksek derece kısmi ergime değerleri, yüksek Zr/Nb ve düşük Ce/Y oranlarına karşılık gelmektedir. Beypazarı volkanik kayaçlarının düşük Zr/Nb ve yüksek Ce/Y oransal değerleri göstermeleri düşük dereceli kısmi ergimeyi desteklemektedir (Şekil 6.9).



Şekil 6.8. Beypaşarı volkanik kayaçlarının, Wilson (1989), A)  $\text{SiO}_2$ - $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , B)  $\text{Rb}/\text{Sr}$ - $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , C)  $\text{Zr}$ - $\text{Zr}/\text{Nb}$  diyagramları.



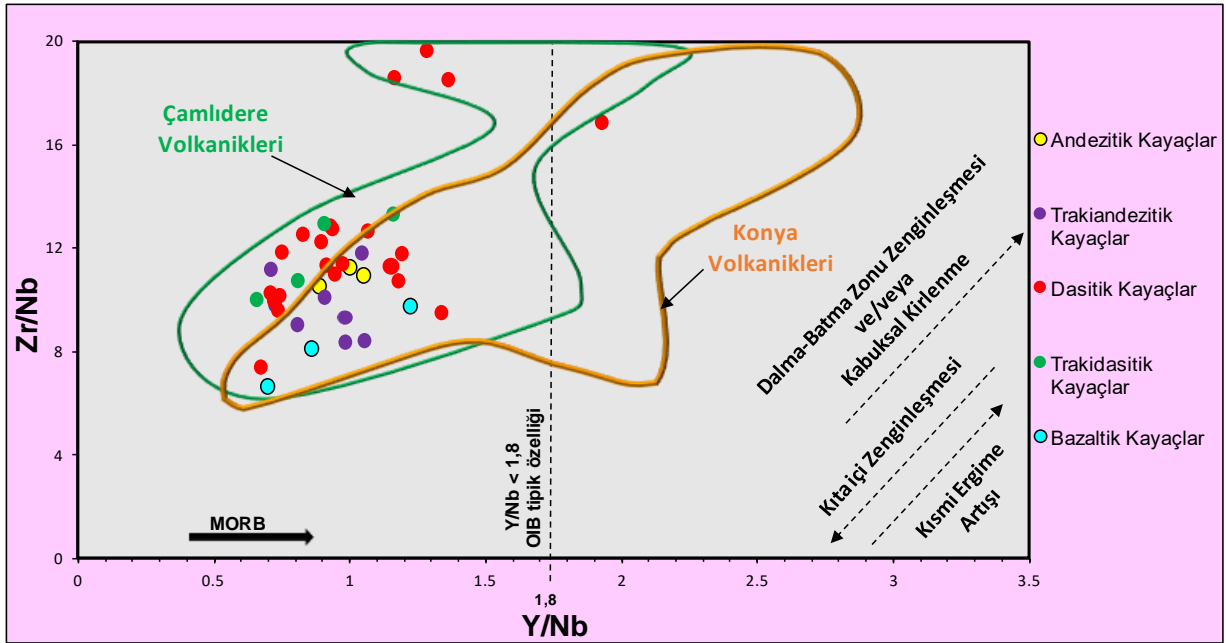
Şekil 6.9. Beypazarı volkanik kayaçlarının Zr/Nb-Ce/Y diyagramı, Fitton ve ark. (1988). (Karşılaştırma verileri Varol-Muratçay (2006)'dan alınmıştır).

Alkali özellikteki OIB'nin en karakteristik özelliklerinden biri olan düşük Y/Nb oransal değeri ( $Y/Nb < 1.8$ )'dir. Genel olarak bu düşük oranlar dalma-batma etkili volkanik kayaçlarda gözlenmektedir (Edwards ve ark., 1991; Pearce ve Cann, 1973). Aynı zamanda kabuksal kontaminasyon ve dalma-batma nedeniyle zenginleşme yüksek Zr/Nb ve Y/Nb oransal değerlerini yansıtmaktadır. Zr/Nb oransal değeri kısmi ergime derecesi ile doğru orantılı artış göstermektedir. Zr elementi paylaşma katsayısı Nb elementi paylaşma katsayısından 10 kat fazladır (Altherr ve ark., 1988).

Bununla birlikte düşük Y/Nb oransal değeri, magmanın çok düşük dereceli kısmi ergimesini ya da uyumsuz elementlerce zengin bir kaynaktan oluştuğunu düşündürmektedir. Şekil 6.10'da da görüldüğü gibi çalışma bölgesindeki volkanik kayaçların kıta içi süreçlerle ve/veya kıta içi kaynaklı oluştuğu gözlenmektedir. Çalışma alanında yer alan volkanik kayaçların yüksek Y/Nb ve Zr/Nb oransal değerleri, kontaminasyonun etkisiyle daha yüksek Y/Nb ve Zr/Nb yönünde eğilim göstermektedir (Şekil 6.10).

Bu sonuçlara göre Beypazarı volkanik kayaçlarında gözlenen Y/Nb ve Zr/Yb yüksek değerleri; manto kaynağının dalma-batma bileşenleri taşınması ile magmanın kontaminasyonundan kaynaklanmaktadır (Şekil 6.10).

Temel ve ark. (1998); Orta Anadolu'da Konya bölgesinin Güneybatısı, kuzeydoğusu ve batısındaki volkanik kayaçların, Miyosen esnasında dalma-batma süreci sonucu izlenen magmanın fraksiyonel kristalleşme süreçleri ve asimilasyonunun ürünleri olduğunu ifade etmektedirler. Bununla birlikte Konya volkanik kayaçları; Çamlıdere volkanik kayaçları (Varol-Muratçay, 2006) ve Beypazarı volkanik kayaçlarıyla benzer bölgelerde dağılım göstermektedir. Bu durum kaynaktan itibaren geçirdikleri süreçlerin de benzer olduğunu düşündürmektedir (Şekil. 6.10).



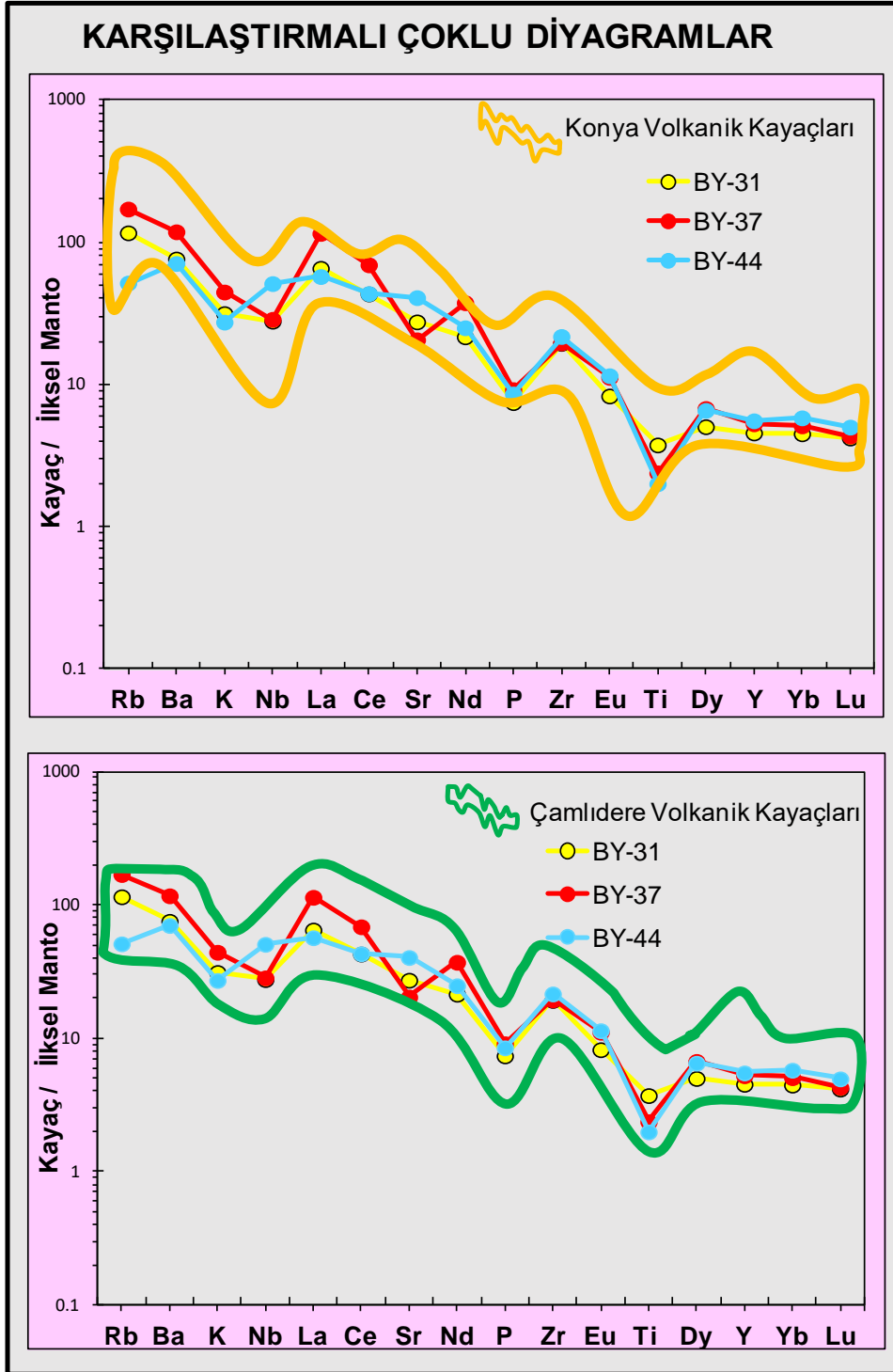
Şekil 6.10. Beypazarı volkanik kayaçlarının Y/Nb-Zr/Nb diyagramı, Edwards ve ark. (1991); Pearce ve Cann (1973); (Karşılaştırma verileri: Temel ve ark. (1998); Varol-Muratçay (2006)'dan alınmıştır).

Ayrıca, çalışma alanındaki volkanik kayaçların oluşum ve kökenlerine açıklık getirmek amacıyla karşılaştırmalı çoklu element diyagramları oluşturulmuş ve farklı tektonik ortam volkanik kayaçlarıyla ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu karşılaştırmalara göre Konya volkanik kayaçları (Temel ve ark., 1998) ve Çamlıdere volkanik kayaçları (Varol-Muratçay, 2006), Beypazarı volkanik kayaçlarıyla benzer desenler oluşturmaktadır. Buna göre Beypazarı volkanik kayaçlarıyla kimyasal özelliklerinin benzerliğinden söz edilebilir (Şekil 6.11).

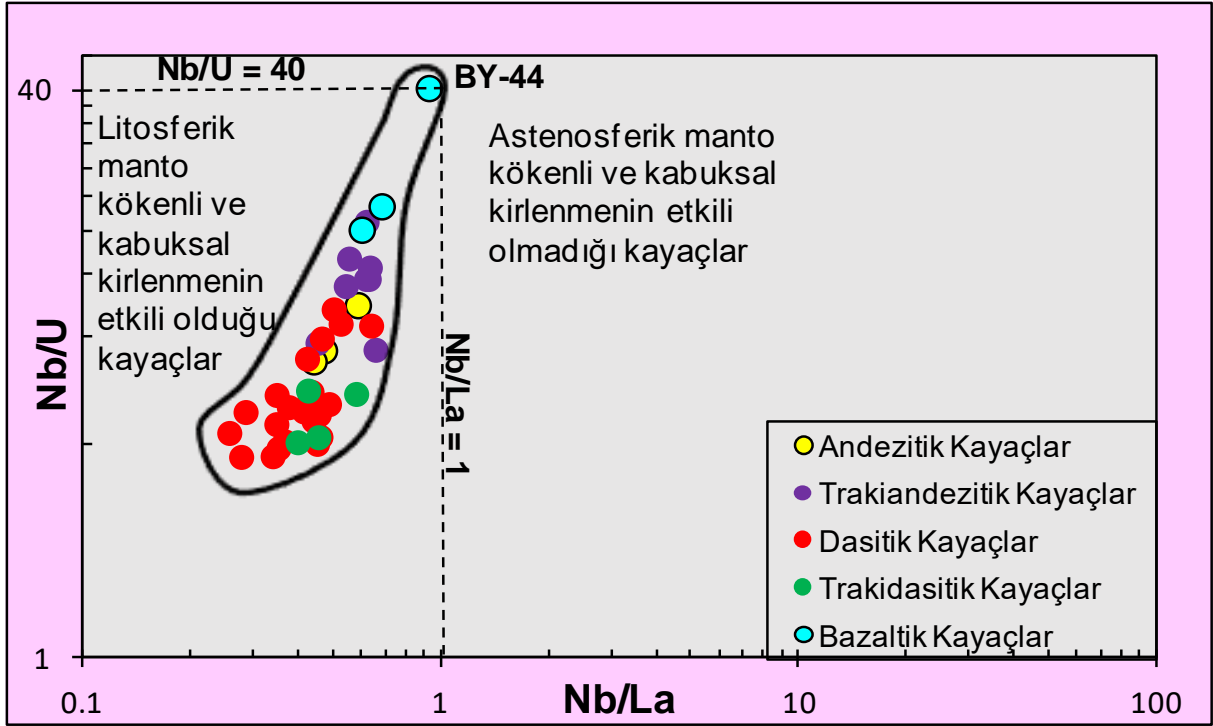
Bunun yanı sıra, yüksek Nb/La ( $>1,0$ ) ve Nb/U ( $\sim 40$ ) değerleri astenosferik manto kökenli ve kabuksal kirlenmenin etkili olmadığı kayaçları göstermektedir (Haase ve ark., 2000; Hoffmann ve ark., 1986). Bölge kayaçlarında Nb/La oranlarının  $<1,0$  olması ve Nb/U oranının 3,63-40,44 arasında olması, kontaminasyona işaret etmektedir (Şekil 6.12).

Beypazarı volkanik kayaçlarının değişik tektonik ortam volkanik kayaçlarıyla karşılaştırıldıkları çoklu element diyagramlarında, kıta içi zenginleşme ve dalma-batma ile zenginleşme sürecinin gözlendiği Konya volkanikleri (Temel ve ark., 1998), ve Çamlıdere volkanikleri (Varol-Muratçay, 2006) ile benzer eğilimler gösterdikleri saptanmıştır (Şekil 6.13).

Aynı zamanda Beypazarı volkanik kayaçlarında Y ve Yb elementlerinin çoklu element diyagramlarında daha yatay olarak yönlenmeleri, keskin bir negatif anomali göstermemeleri bölge kayaçlarının spinel peridotit bileşiminde granat içermeyen bir magmadan türediklerini desteklemektedir (Şekil 6.13).



Şekil 6.11. Beypazarı volkanik kayaçlarının ilksel mantoya göre çoklu element diyagramları, Sun ve McDonough (1989); (Karşılaştırma verileri: Temel ve ark. (1998); Varol-Muratçay (2006)'dan alınmıştır).



Şekil 6.12. Beypazarı volkanik kayaçlarının Nb/La-Nb/U diyagramı, (Haase ve ark., 2000; Hoffmann ve ark., 1986).

#### 6.4. Adakitik Kayaçlar

Dalma-batma olayı sonucu oluşan, ana ve iz element içerikleri açısından farklılıklar gösteren “adakitik kayaçlar” kayaç grupları içerisinde dikkat çekmektedir. Adakitik kayaçlar, bileşimleri andezitten, dasit ve riyolite kadar farklılaşan ortaç ve asidik bileşimdeki kayaçlara denir (Defant ve Drummond, 1990; Maury ve ark., 1996; Martin, 1999; Martin ve ark., 2005).

Adakitik kayaç; dalma-batma bölgeleri, kıtasal çarpışma kritik noktaları ve açılma ortamları gibi farklı tektonik ortamlar ve değişik petrojenetik süreçlerle oluşan, yüksek silisli ve yüksek Sr/Y, La/Yb oransal değerlerinde volkanik ve plütonik kayaçlardır (Defant ve Drummond 1990; Atherton ve Petford 1993; Xu ve ark., 2002; Chung ve ark., 2003; Hou ve ark., 2004; Wang ve ark., 2005; Guo ve ark., 2007; Zhu ve ark., 2009).

Adakitik kayaçlar yüksek  $\text{SiO}_2 \geq 55$  içerikleriyle yüksek  $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 15$  değerleri yanı sıra yüksek  $\text{Na}_2\text{O}$  ve  $\text{La/Yb}$  değerleri, düşük HFS (Nb, Ta) elementleri ve düşük Yb içeriklerine sahiptirler (Richards ve Kerrich, 2007; Eyüboğlu ve ark., 2011a, b, c, 2012, 2013). Düşük Y ve Yb, yüksek Sr değerleri kaynaktaki plajiyoklaz ve granat minerallerinin varlığını göstermektedir. Sr ve Yb elementleri zenginleşme oranları bazaltik kaynaktaki artık plajiyoklaz ve granat fazına bağlıdır. Yüksek litostatik basınçta plajiyoklazlar duraylı kalmazken, granat duraylı kalabilmektedir (Moyen, 2009). Buna bağlı olarak, Sr uyumsuz davranarak sıvı fazda, Yb ise uyumlu davranarak granat fazında zenginleşmektedir. Bu durum adakitlerde yüksek Sr/Y oranı görülmesinin nedeni olarak bilinmektedir.

Adakitik kayaçların değerlerine uygun olarak; Beypazarı volkanik kayaçlarının  $\text{SiO}_2$  içeriklerinin %56,84-%69,37;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  miktarlarının %15,34-%17,97 aralıklarında değer taşıdıkları görülmektedir. Bunun yanı sıra yüksek  $\text{Na}_2\text{O}$  ve  $\text{La/Yb}$  değerleri, düşük HFS (Nb, Ta) elementleri ve düşük Yb değerlerindedirler. Ayrıca çoklu iz element diyagramlarında Sr zenginleşmesi, nadir olarak Eu fakirleşmesi ve Nb, Ti, Zr fakirleşmelerinden bahsedilmiştir (Defant ve Drummond, 1990; Maury ve ark., 1996). Adakitlerde ve kalkalkali dasitlerde gözlenen Nb fakirleşmesi de titanlı faz ve/veya amfibol mineralinin göstergesidir.

Bu kayaçların ana-iz element oransal değerleri, adakit ve klasik ada yayı kayaç grupları ile benzerlikler göstermektedir. Adakitik örneklere ait çoklu element diyagramlarında örneklerin adakit özellik gösteren kayaçlarda tipik olan pozitif Sr, La ve Zr anomalisi, negatif Nb ve Ti anomalileri gösterdikleri saptanmıştır (Şekil 6.15).

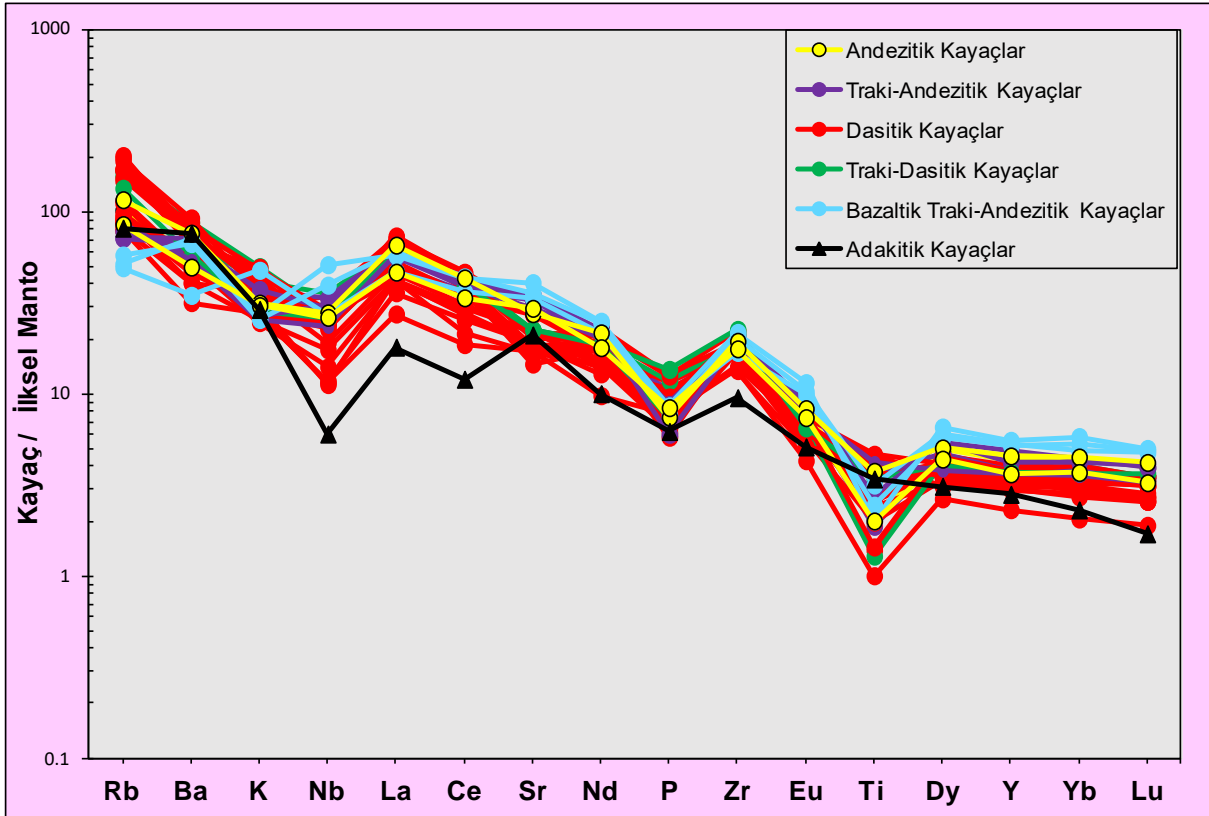
İlksel Mantoya göre normalizasyonu yapılan (Sun ve McDonough, 1989), REE çoklu element diyagramında bölge adakitlerinin, LREE bakımından HREE'ye göre zenginleşmiş olduğu gözlenmektedir. Ayrıca, yüksek  $[(\text{La/Yb})_N: 16,14-28,42]$  oranı da belirgin bir LREE/HREE fraksiyonlanmasına işaret etmektedir.

İlksel mantoya göre normalize edilmiş çoklu element diyagramına göre çalışma bölgesi volkanik kayaçları, adakitik özellik gösteren volkanik kayaçlarla Nb, Ce ve P negatif anomalileri, LREE/HREE oranları ve La, Sr ve Zr pozitif anomalileri ile benzer



desenler sunmaktadır. Bu durum Beypazarı volkanik kayaçların adakitik kayaçlarla kimyasal içeriklerinin benzer olduğunu düşündürmektedir (Şekil 6.13).

Aynı zamanda Beypazarı volkanik kayaçlarında Y ve Yb elementlerinin çoklu element diyagramlarında daha yatay olarak yönlenmeleri, keskin bir negatif anomali göstermemeleri bölge kayaçlarının spinel peridotit bileşimde granat içermeyen bir magmadan oluştuklarını desteklemektedir (Şekil 6.13).

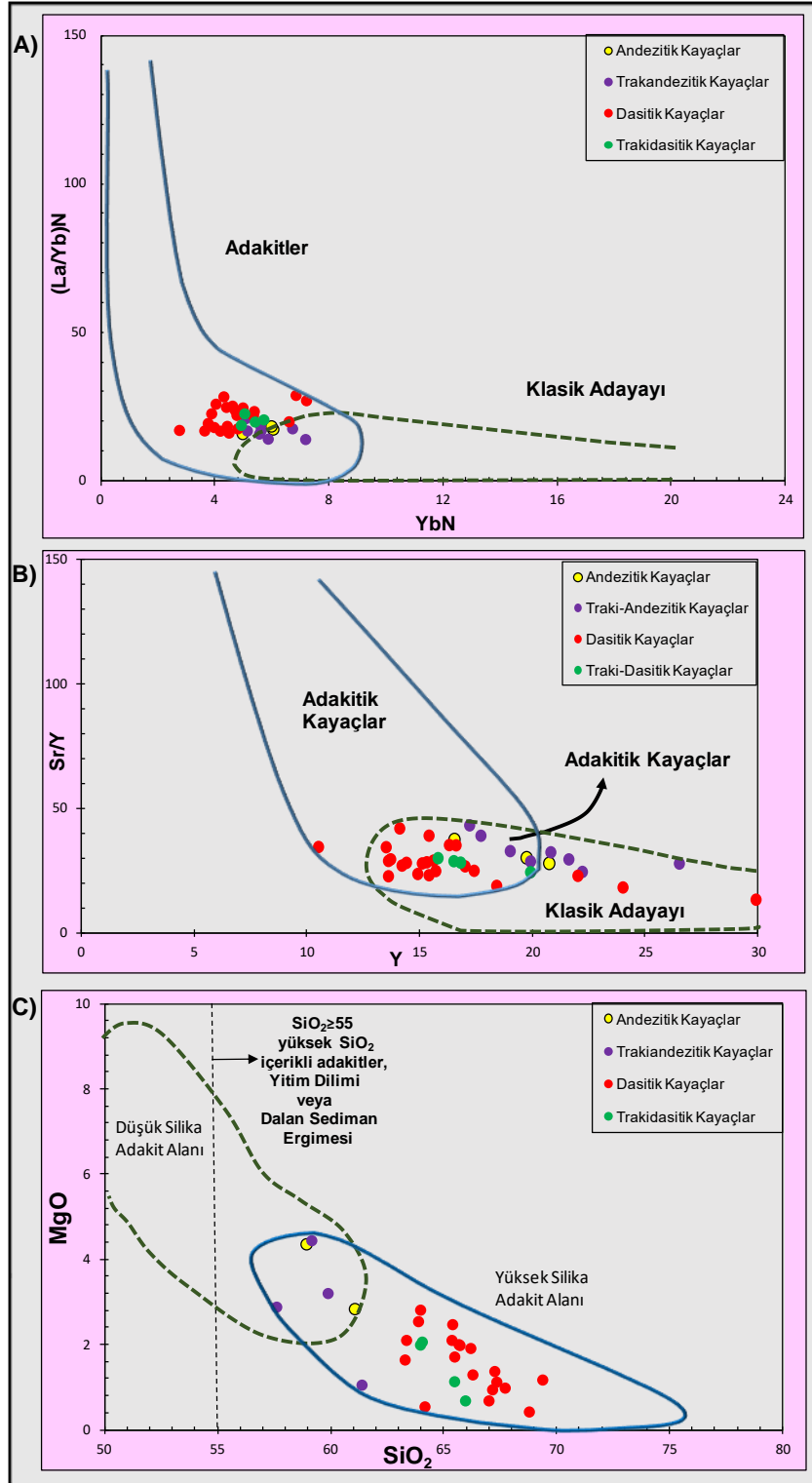


Şekil 6.13. Beypazarı volkanikleri ve adakitik kayaçların ilksel mantoya göre çoklu element diyagramı. Karşılaştırma verileri: Martin (1999)'dan alınmıştır. İz element verileri: Sun ve McDonough (1989)'a göre normalize edilmiştir.

Adakitlerin jeokimyasal özelliklerinin tanımlanmasında, LREE, Y ve Sr içerikleri ile  $YbN-(La/Yb)N$  (Martin, 1987 ve 1999) ve  $Y-Sr/Y$  oranları kullanılarak (Defant ve Drummond, 1990) oluşturulan diyagramlar oldukça önem taşımaktadır. Buna göre, Beypazarı adakitik kayaçlarının  $(La/Yb)N$  değerinin 12,63-28,91 ve  $Sr/Y$  değerinin 18,70-41,80 arasında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.14A-B).

Beypazarı çalışma alanında yer alan adakitik özellikteki volkanik kayaçların  $(Yb)N-(La/Yb)N$  ve  $Y-Sr/Y$  oranlarını gösteren diyagramları oluşturulmuştur. Buna göre, çalışma alanında yer alan asidik bileşimdeki kayaçların çoğunun adakit alanına düştüğü, geri kalan ortaç ve asidik kökenli volkanik kayaçların ise klasik ada yayı alanında yer aldıkları tespit edilmiştir (Şekil 6.14A-B).

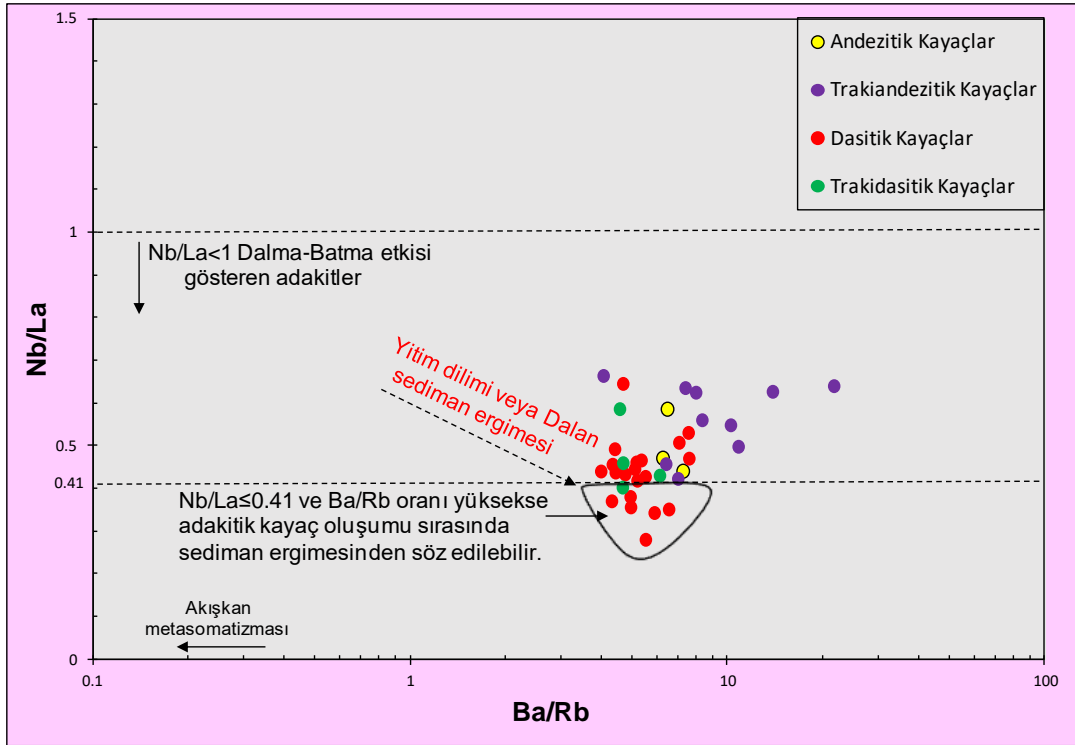
Yüksek  $SiO_2$  içeriğine sahip adakitlerde,  $SiO_2$  miktarı  $SiO_2 \geq \%55$  iken, düşük  $SiO_2$  içeriğine sahip adakitlerde  $SiO_2$  miktarı  $SiO_2 < \%55$  olarak belirlenmiştir (Champion ve Smithies, 2003). Buna göre; adakitik özellik gösteren Beypazarı volkanik kayaçlarının  $SiO_2$  değeri;  $\%57,40-\%69,40$  olmakla birlikte  $\%55$ 'den fazla silis içermektedirler.  $SiO_2-MgO$  ayırtman diyagramında örneklerinin çoğunluğunun yüksek silisli adakit alanında bulunması, oluşumlarında yitim dilimi-kökenli sıvıların etkili olduğunu düşündürmektedir (Martin ve ark., 2005), (Şekil 6.14C).



Şekil 6.14. Beypazarı adakitik kayalarının A)  $(Yb)N-(La/Yb)N$  diyagramı, Martin (1986), değerler kondrite göre (Thompson, 1982) normalize edilmiştir. B)  $Y-Sr/Y$  değişim diyagramı, Defant ve Drummond (1990). C)  $SiO_2-MgO$  ayırtman diyagramı, Martin ve ark. (2005). Richards ve Kerrich, (2007); Eyüboğlu ve ark. (2011a, b, c, 2012, 2013).

Ba/Rb-Nb/La diyagramına göre volkanik kayalar Nb/La<1 oranına uygun ise bu kayalar dalma-batma etkisi gösteren adakitik kayalardır (Wang ve ark., 2004). Bu sebeple Beypazarı volkanik kayalarının bu değerin altında yayılım göstermesi dalma-batma sonucu oluşan adakitik kayalar olduklarını desteklemektedir (Şekil 6.15).

Aynı zamanda Ba/Rb-Nb/La diyagramına göre Nb/La≤0,41 ve Ba/Rb oranı arttıkça adakitik kayaç oluşumu sırasında sediman ergimesinden söz edilebilir (Wang ve ark., 2004). Buna göre bu değerlere uygun olarak yayılım gösteren bazı Beypazarı volkanik kayalarının oluşumları sırasında sediman ergimesinden bahsedilebilir (Şekil 6.15).



Şekil 6.15. Beypazarı adakitik kayalarının Nb/La-Ba/Rb ayırtman diyagramı, (Wang ve ark., 2004).

## 7. VOLKANİZMA TEKTONİZMA İLİŞKİSİ

### 7.1. Bölgesel Tektonik

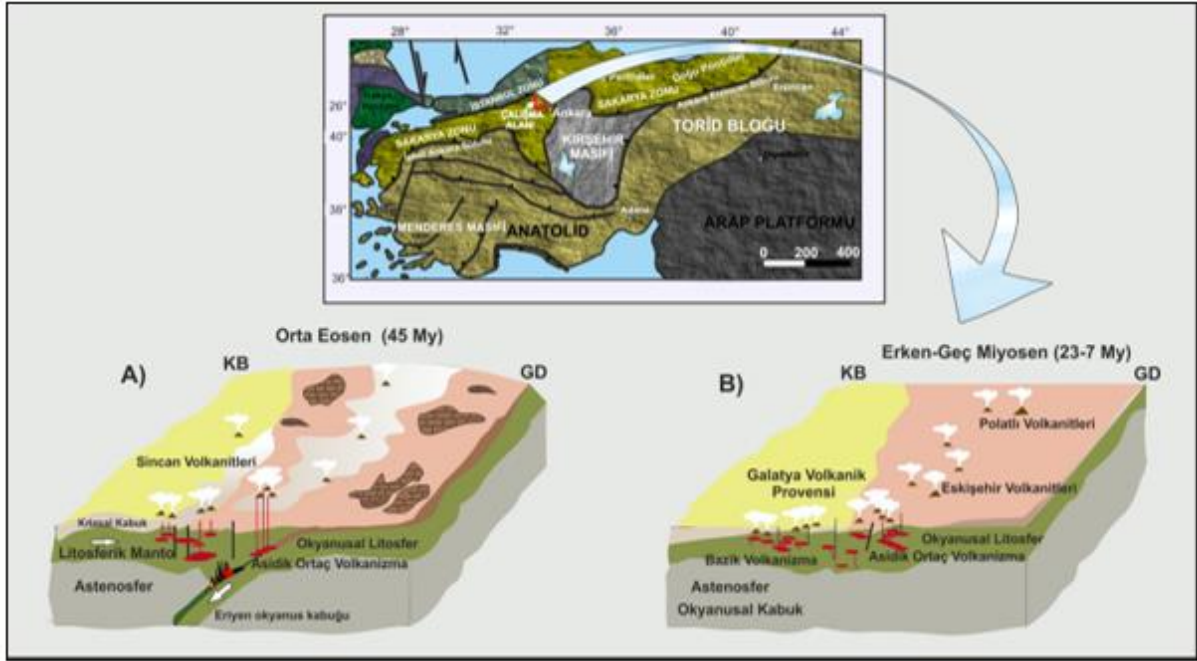
Beypazarı kuzeyindeki çalışma alanı; Neotetis'in kuzey kolunun sıkışmasıyla meydana gelen ve kuzeyde Sakarya bloğu, güneyde Toros bloğu ile doğuda Kırşehir bloğunun buluşma hattı İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağının kuzeyinde gelişimini tamamlamış Galatya Volkanik Provensi, D-B uzanımlı yaklaşık 7500 km<sup>2</sup>'lik bir alanda yayılım gösteren volkanik bir alandır.

Arap plakası Erken Miyosen'de Afrika plakasından uzaklaşarak Erken-Orta Miyosen'de Bitlis suture zonu boyunca Avrasya plakasıyla çarpışması sonrasında çarpışmanın etkisi altında kalan kabuk Doğu Anadolu bölgesinde kısalıp daha kalın bir forma ulaşmıştır. Kuzey ve Doğu Anadolu faylarının oluşması ve Anadolu bloğunun batıya doğru kaçışı ise kabuk kalınlaşmasından sonra meydana gelmiştir (McKenzie, 1972; Şengör ve Kidd, 1979; Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör ve ark., 1985; Şengör ve ark., 2005; McKenzie ve O'Nions, 1991). Anadolu'yu Miyosen döneminde etkisi altına alan bu tektonizma sonucu, Anadolu'da çok sayıda volkanik olay gerçekleşmiştir. Volkanik olaylara maruz kalan Anadolu'da Doğu, Orta, Batı Anadolu olmak üzere geniş alanlara yayılan, dört önemli volkanik provensten biri olan GVP oluşmuştur.

Çalışma alanı volkanik kayalar yapılan radyometrik yaş çalışmalarına göre Erken Miyosen yaşlıdır.

Beypazarı volkanik kompleksi oluşum sürecinde diyapirik olarak yükselen eriyik yer altında değişik derinliklerde rezervuarlar oluşturarak Erken Miyosende üst kabuğa yerleşmiştir. Magma bu rezervuarlarda fraksiyonel kristalleşme, kabuk kirlenmesi, magma karışımı ve benzeri olaylardan etkilenerek kimyasal olarak değişim geçirmiştir. Buna göre Beypazarı kuzeyi volkanik bölgesinin de, magma odası basıncı, kaldera oluşumu, kırık ve çatlak oluşumu, patlamalar ve lavların yüzeylenmesiyle oluştuğu düşünülebilir.

Sakarya Bloğu ile Kırşehir Bloğu'nun çarpışması sonrasında gelişen, dalan plakanın kopup ayrılması ve eş zamanlı basınç rahatlaması sonucu yükselen litosferik manto malzemesi olarak; Beypazarı volkanikleri, Sincan volkanikleri ürünleri yüzeylemiştir. Temel ve ark. (2001) tarafından yapılan çalışmada Sincan bölgesindeki dasitik kayaçların Orta Eosen (45 My) yaşında olduklarını ortaya koymuşlardır. Erken-Geç Miyosen yaşlı GVP içerisinde yer alan Beypazarı bölgesi volkanizması Erken Miyosen sonunda gerçekleşmiştir (Şekil 6.24A-B).



Şekil 7.1. Çalışma alanının jeodinamik evrimi, Okay ve Tüysüz (1999); Keskin ve ark. (2008)'den değiştirilerek çalışma bölgesine uyarlanmıştır.) A) Orta Eosen tektonizması B) Erken-Geç Miyosen tektonizması.

## 8. SONUÇLAR

Beypazarı volkanik kayaçları için yapılan jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal çalışmalardan aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Beypazarı volkanik kayaçları, lav-lav domu ile blok-kül akışı şeklinde gözlenmektedir. K-Ar yöntemiyle yapılan radyometrik yaş analizleri sonucu Beypazarı volkanik kayaçlarının Erken Miyosen (18.3-18-16.9 My) yaşlı oldukları tespit edilmiştir.
2. Volkanik kayaçların tamamında hipokristalin porfirik doku gözlenmekle beraber, bazı volkanik kayaçlarda yer yer akma dokusu, elek dokusu, glomeroporfirik doku ve intersertal doku gözlenmektedir.
3. Beypazarı volkanik kayaçları genel olarak; plajiyoklaz, piroksen, olivin, amfibol, mika ve oksit minerallerinden oluşmaktadır. Plajiyoklaz fenokristallerinde zonlu doku, karlspad ikizi ve polisentetik ikizlenme gözlenmektedir. Bazı kayaçlarda gözlenen; koyu grimsi renkli enklavların varlığı, elek dokulu plajiyoklaz fenokristallerinin olması, piroksen minerallerinde volkan camı kapanımlarının varlığı, mineral kimyası analiz sonuçlarına göre plajiyoklaz ve olivin fenokristallerinde normal ve ters zonlanma gözlenmesi, Beypazarı volkanik kayaçlarının oluşumunda hem fraksiyonel kristalleşme hem de magma karışımı süreçlerinin etkili olduğunu göstermektedir.
4. TAS sınıflamasına göre Beypazarı volkanik kayaçlarının; andezit, trakiandezit dasit, trakidasit ve bazaltik-trakiandezit bileşimde oldukları tespit edilmiştir. Bu kayaçlar ortaç-asidik bileşime sahip olup, bazaltik-trakiandezit bileşiminde olan iki örnek (BY-44 ve BY-47) alkali, diğer örneklerin hepsi subalkali özellik göstermektedir. AFM sınıflandırmasına göre, subalkali kayaçların tümünün kalkalkalin özelliğe sahip olduğu ortaya konulmuştur.

5. Ana ve iz elementlerin SiO<sub>2</sub> ile olan değişim diyagramlarında; SiO<sub>2</sub>'nin, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, TiO<sub>2</sub>, Co, Sr elementi ile negatif, K<sub>2</sub>O ve Rb ile pozitif korelasyon göstermesi fraksiyonel kristalleşme sürecinin etkili olduğunu göstermekle birlikte, örneklerin korelasyon eğrileri üzerinde dağınık bir şekilde görülmeleri, Beypazarı volkanik kayaçlarının oluşumunda fraksiyonel kristalleşmenin etkin olan tek parametre olmadığını göstermektedir. Kaynağın ergime derecesindeki değişiklikler, eriyiğın sıcaklık ve viskozitesi, kabukta kalma süresi, magma karışımı, kabuksal kirlenme, asimilasyon, dalma-batma gibi süreçlerin de fraksiyonel kristalleşme ile birlikte bu kayaçların oluşumunda etkin olduğu düşünülebilir.
6. Çalışma bölgesindeki volkaniklerden andezit, dasit ve bazaltik-trakiandezit bileşimindeki 3 farklı kayaç bileşimi üzerinde gerçekleştirilen Sr, Nd, Pb izotop analizleri, fraksiyonel kristalleşme ile birlikte kabuksal kirlenme sürecinin de etkili olduğunu desteklemektedir.
7. Beypazarı volkanik kayaçlarının iz element analiz sonuçlarına göre oluşturulan kısmi ergime modellemesine göre, Beypazarı volkanizmasının litosferik kökenli spinel peridotit bileşimindeki bir kaynaktan %4-8 gibi düşük dereceli kısmi ergime sonucu oluştuğu ortaya konulmuştur.
8. Zr/Nb, Nb/Ba, Ti/Y, Ba/Nb, Th/Yb ve Th/Ce değişim diyagramları, Beypazarı volkanik kayaçlarının oluşumunda fraksiyonel kristalleşme ile birlikte kabuksal kontaminasyonun varlığını göstermektedir.
9. İksel mantoya göre normalize edilmiş çoklu element diyagramlarında görülen P, Nb ve Ti elementlerindeki belirgin negatif anomaliler dalma-batma etkisi ile oluşmuş magmayı işaret eden, yay magmatizmasının tipik özelliğini göstermektedir. Bu elementler haricinde çoklu element diyagramlarında Beypazarı volkanik kayaçlarının OIB ile yakın desenler oluşturmaları, OIB-benzeri bir kaynaktan oluştuklarını göstermektedir. Özellikle BY-2, BY-26, BY-30, BY-32, BY-37 ve BY-41 no'lu örneklerin Ba/Nb>28 ve Ba/Ta>450 olması oluşumlarında dalma-batma mekanizmasının etkin olduğunu desteklemektedir.



10. Beypazarı volkanik kayaçlarının  $La/Nb=1,07-3,87$  aralığında dağılım göstermesi magmanın litosferik bir kaynaktan ve/veya dalma-batma zenginleşmesi sonucu oluştuğunu gösterirken,  $La/Nb-Ba/Nb$  ikili diyagramında artan  $Ba/Nb$  oranına göre Ba zenginleşmesi de bu durumu desteklemektedir. Aynı zamanda  $La/Ta-K_2O/Th$  diyagramına göre volkanik kayaçların astenosfer alanına düşmemeleri, litosferik manto kaynaklı kayaçlar olduklarını ve/veya dalma-batma zenginleşmesiyle oluştuklarını göstermektedir.
11. BY-22, BY-44, BY-47 no'lu bazaltik-trakiandezit bileşimindeki 3 örnek için çizilen tektonik ortam ayırtma diyagramında, örneklerin volkanik yay bazaltı alanında yer almaları yay volkanizması görüşünü desteklemektedir.
12. Beypazarı volkanik kayaçlarının büyük bir kısmının yüksek  $SiO_2$  içerikli adakitik kayaçlara benzer özellikler gösterdikleri belirlenmiştir. Beypazarı adakit benzeri volkanik kayaçlarının dalma-batma sürecinin de etkili olduğu koşullarda kıtasal kabuğun kısmi ergimesiyle oluşmuş olduğu düşünülmektedir.

## 9. KAYNAKLAR

- Adiyaman, Ö., Chorowicz , J., Arnaud, O. A., Gündoğdu, M. N. and Gourgaud, A., Late Cenozoic tectonics and volcanism along the North Anatolian Fault: new structural and geochemical data, *Tectonophysics*, 338 (2001) 79-206.
- Akbaş, B., Sevin, M. and Aksay, A., 1:100000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, Bolu H27 paftası, No: 41, Jeoloji Etütleri Dairesi, 18, 2002.
- Albaréde, F. and Bottinga, Y., Kinetic disequilibrium in trace element partitioning between phenocrysts and host lava. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 36 (1972) 141-156.
- Albaréde, F., Introduction to Geochemical Modelling. Cambridge University Press, 543 p., 1996.
- Aldanmaz, E., Pearce, J.A., Thirlwall, M. F. and Mitchell, J. G., Petrogenetic evolution of late cenozoic, post-collision volcanism in Western Anatolia, Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 102 (2000) 67-95.
- Altherr, R., Henjes-Kunst F., Matthews A., Friedrichsen H. and Hansen B. T., O-Sr isotopic variations in Miocene granitoids from the Aegean: evidence for an origin by combined assimilation and fractional crystallization, *Contrib Mineral Petrol*, 100 (1988) 528-541,.
- Altun, İ. E., Kadıncıkız, G. and Aksay, A., 1:100000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, Bolu H28 paftası, No: 41, Jeoloji Etütleri Dairesi, 18, 2002.
- Atherton, M. P. and Petford, N., Generation of sodium-rich magmas from newly underplated basaltic crust, *Nature*, 362 (1993) 144-146.
- Bilim, F., Investigation of the Galatian volcanic complex in the northern central Turkey using potential field data, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 185 (2011) 36-43.

- Bingöl, E., 1:2.000.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası (Sivas): MTA Yayını, Ankara, **1989**.
- Champion, D. C. and Smithies, R. H., Archaean granites. In Magmas to Mineralisation: The Ishihara Symposium, Geoscience, Sydney Australia, 22-24 July, **2003**.
- Chung, S. L., Liu, D., Ji, J., Chu, M.F., Lee, H. Y., Wen, D. J., Lo, C.H., Lee, T. Y., Qiang, Q. and Zhang, Q., Adakites from continental collision zones: Melting of thickened lower crust beneath southern Tibet, Geological Society of America, 31 (**2003**) 1021-1024.
- Defant, M. J. and Drummond, M. S., Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere, Nature, 347 (**1990**) 662-665.
- DePaolo, D. J., Trace element and isotopic effects of combined mantle assimilation and fractional crystallisation, Earth Planetary Science Letters, 53 (**1981**) 189-202.
- DePaolo, D. J. and Daley, E. E., Neodymium isotopes in basalts of the southwest basin and range and lithospheric thinning during continental extension, Chemical Geology, 169 (**2000**) 157-185.
- Edwards, C., Menzies, M. and Thirlwall, M., Evidence from Muriah, Indonesia, for the interplay of supra-subduction zone and intraplate processes in the genesis of potassic alkaline magmas, Journal of Petrology, 32 (**1991**) 555-592.
- Esenli, F. and Genç Ş. C., Mantle peridotite xenoliths in alkali basalts from the East Thrace region (NW Turkey), Geologica Carpathica, 56 (**2005**) 359-368.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S. L., Santosh, M., Dudas, F. O. and Akaryali, E., Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for slab window melting, Gondwana Research, 19 (**2011a**) 413-429.

- Eyüboğlu, Y., Santosh, M. and Chung, S. L., Crystal fractionation of adakitic magmas in the crustmantle transition zone: Petrology, geochemistry and U-Pb zircon chronology of the Seme adakites, Eastern Pontides, NE Turkey, *Lithos*, 121 (2011b) 151-166.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M. and Chung, S. L., Petrochemistry and U-Pb zircon ages of adakitic intrusions from the Pular Massif (Eastern Pontides, NE Turkey): implications for slab roll-back and ridge subduction associated with Cenozoic convergent tectonics in Eastern Mediterranean, *Journal of Geology*, 119 (2011c) 394-417.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Yi, K., Bektaş, O. and Kwon, S., Discovery of Miocene adakitic dacite from the Eastern Pontides Belt and revised geodynamic model for the late Cenozoic Evolution of eastern Mediterranean region, *Lithos*, 146-147 (2012) 218-232.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F. O., Akaryalı, E., Chung, S. L., Akdağ, K. and Bektaş, O., The nature of transition from adakitic to non-adakitic magmatism in a slab-window setting: A synthesis from the Eastern Pontides, NE Turkey. *Geoscience Frontiers*, 4 (2013) 353-375.
- Fitton, J. G., James, D., Kempton, P. D., Ormerod, D. S. and Leeman, W. P., The role of lithospheric mantle in the generation of late Cenozoic basic magmas in the Western United States, *Journal of Petrology*, 1 (1988) 331-349.
- Frey, A. F., The origin of pyroxenite and garnet pyroxenite from Salt Lake Crater, Oahu, Hawaii: Trace element evidence, *American Journal of Science*, 280 (1980) 427-449.
- Fujimaki, H., Tatsumoto, M. and Aoki, K., Partition coefficients of Hf, Zr and REE between phenocrysts and groundmasses, Proceedings of the fourteen lunar and planetary science conference part 2, Houston, 14-18 March 1983, *Journal of Geophysical Research Supplements*, Houston, 1984, p. B662-B 672.

Gast, P. W., Upper mantle chemistry and evolution of the Earth's crust. In: The History of the Earth's Crust, a symposium, Phinney, R.A. (Editors), Princeton University Press, Princeton, N.J.-USA, **1968**.

Geochemical Earth Reference Model (GERM) Partition Coefficients Database, (KdD) <https://kdd.earthref.org/KdD/> (Erişim tarihi: **21 Haziran 2023**).

Gill, J. B., Orogenic andesites and Plate tectonics, Springer-Verlag, New York, **1981**.

Görür, N., Oktay, P. Y., Seymen, İ. and Şengör, A. M. C., Palaeotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, central Turkey: sedimentary record of a Neotethyan closure. In: Dixon, J.E. and Robertson, A.H.F. (eds) The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. Geological Society, London, Special Publications, 17 (**1984**) 467-482.

Guo, Z., Wilson, M. and Liu, J., Post-collisional adakites in south Tibet: Products of partial melting of subduction-modified lower crust, Lithos, 96 (**2007**) 205-224.

Harker, A., The Natural History of Igneous Rocks, London, Methuen, **1909**.

Haase, K. M., Mühe, R. and Stoffers, P., Magmatism during extension of the lithosphere: Geochemical constraints from lavas of the Shaban Deep, northern Red Sea. Chemical Geology, 166 (**2000**) 225-239.

Hoffman, J. L., Chromatographic analysis of the chiral and covalent instability of S-adenosyl-L-methionine, Biochemistry, 25 (**1986**) 4444-4449.

Hou, Z. Q., Gao, Y. F., Qu, X. M., Rui, Z. Y. and Mo, X. X., Origin of adakitic intrusives generated during mid-Miocene east-west extension in southern Tibet, Earth and Planetary Science Letters, 220 (**2004**) 139-155.

Huang, Y., Hawkesworth, C., Smith, I., Calsteren, P. and Black, P., Geochemistry of late Cenozoic basaltic volcanism in Northland and Coromandel, New Zealand:

- implications for mantle enrichment processes, *Chemical Geology*, 164 (2000) 219-238.
- Irvine, T. N. and Baragar, W. R. A., A guide of to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. Journal of Earth Science*, 8 (1971) 523-548.
- Kay, M. S., Mpodozis, C., Ramos, V. and Munizaga, F., Magma Source Variations for Mid-late Tertiary Magmatic Rocks Associated with a Shallowing Subduction Zone and a Thickening Crust in the Central Andes (28 to 330S), *Geological Society of America, Special Paper*, 265 (1991) 113-137.
- Keller, J., Jung, D., Eckhardt, F. J. and Kreuzer, H., Radyometric ages and chemical characterization of the Galatean andesite massif, Pontus, Turkey, *Acta Volcanologica*, 2 (1992) 267-276.
- Kerrick, R. and Wyman, D. A., The trace element systematics of Igneous Rocks in mineral exploration: an overview, in Wyman, D.A. ed., *Geological Association of Canada*, 12 (1996) 1-50.
- Keskin, M., Genç, Ş. C. and Tüysüz, O., Petrology and geochemistry of post-collisional Middle Eocene volcanic units in NorthCentral Turkey: Evidence for magma generation by slab breakoff following the closure of the Northern Neotethys Ocean, *Lithos*, 104 (2008) 267-305.
- Koçyiğit, A., An example of an accretionary forearc basin from northern central Anatolia and its implications for the history of subduction of Neo-Tethys in Turkey, *Geological Society of America Bulletin*, 103 (1991) 22-36.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W, Streckeisen, A. and Zanettin, B., A Chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram, *Journal Petrology*, 27 (1986) 745-750.
- Maaloe, S., *Igneous Petrology*, Berlin: Springer-Verlag, 1985.

- Martin, H., Effect of steeper Archaean geothermal gradient on geochemistry of subduction-zone magmas, *Geology*, 14 (1986) 753-756.
- Martin, H., Petrogenesis of Archaean trondhjemites, tonalites and granodiorites from eastern Finland: major and trace element geochemistry, *Journal of Petrology*, 28 (1987) 921-953.
- Martin, H., Adakitic magmas: Modern analogues of Archean granitoids, *Lithos*, 46 (1999) 411-429.
- Martin, H., Smithies, R. H., Rapp, R., Moyen, J. F. and Champion, D., An overview of adakite, tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG), and sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution, *Lithos*, 79 (2005) 1-24.
- Maury, R. C., Sajona, F. G., Pubellier, M., Bellon, H. and Defant, M. J., Melting of oceanic crust in young subduction/collision zones: the case of Mindanao (Philippines), *Bulletin De La Societe Geologique De France*, 167 (1996) 579-595.
- McCulloch, M. T. and Gamble, J. A., Geochemical and geodynamic constraints on subduction zone magmatism, *Earth and Planetary Science Letters*, 102 (1991) 358-374.
- McDonough, W. F., Constraints on the composition of the continental lithospheric mantle, *Earth and Planetary Science Letters*, 101 (1990) 1-18.
- McKenzie, D., Active Tectonics of the Mediterranean Region, *Geophysical Journal International*, 30 (1972) 109-185.
- McKenzie, D. P. and O'Nions, R. K., Partial melt distributions from inversion of rare earth element concentrations, *Journal of Petrology*, 32 (1991) 1021-1091.

- McKenzie, D. P. and O'Nions, R. K., The source regions of ocean island basalts, *Journal of Petrology*, 36 (**1995**) 133-159.
- Medaris, G., Wang, H., Jelinek, E., Mihaljevic, M. and Jakes, P., Characteristics and origins of diverse Variscan peridotites in the Gfohl Nappe, Bohemian Massif, Czech Republic, *Lithos*, 82 (**2005**) 1-23.
- Menzies, M. A., Kyle, P. R., Jones, M. and Ingram, G., Enriched and depleted source components for tholeiitic and alkaline lavas from Zuni-Bandera, New Mexico: Inferences about intraplate processes and stratified lithosphere, *Journal of Geophysical Research*, 96-B8 (**1991**) 13645-13671.
- Miyashiro, A., Nature of alkalic rock series, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 66 (**1978**) 91-104.
- Moyen, J. F., High Sr/Y and La/Yb Ratios: The Meaning of the "Adakitic Signature", *Lithos*, 112 (**2009**) 556-574.
- Okay, A. İ. and Tüysüz, O., Tethyan Sutures of northern Turkey, In the *Mediterranean Basins: Tertiary extension within Alpine Orogen* (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horvath and M. Seranne), Geological Society of London, Special Publications, 156 (**1999**) 475-515.
- Pearce, J. A. and Cann, J. R., Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis: *Earth and Planetary Science letters*, 19 (**1973**) 290-300.
- Pearce, J. A., Trace Element Characteristics of Lavas from Destructive Plate Boundaries, In: Thorpe, R.S., Ed., *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*, John Wiley and Sons, 252-548, **1982**.
- Pearce, J. A., The role of subcontinental lithosphere in magma genesis destructive plate margins, In *continental basalt and mantle xenoliths*, C. J. Hawkesworth and M.J. Nory (EDS), 230-249, **1983**.



- Pearce, J. A., Bender, J. F., De Long S. E., Kidd, W. S. F., Low, P. J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S. and Mitchell, J. G., Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44 (**1990**) 189-229.
- Peccerillo, A. and Taylor, S. R., Geochemistry of Eocene Calcalkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey, *Contribution Mineralogy Petrology*, 58 (**1976**) 63-81.
- Peccerillo, A., Dallai, L., Frezzotti, M. L. and Kempton, P. D., Sr-Nd-Pb-O isotopic evidence for decreasing crustal contamination with ongoing magma evolution at Alicudi volcano (Aeolian arc, Italy): implications for style of magma-crust interaction and for mantle source compositions, *Lithos*, 78 (**2004**) 217-233.
- Powell, R., Inversion and assimilation and fractional crystallization (AFC) equations; characterisation of contaminants from isotope and trace element relationships in volcanic suites, *Journal of the Geological Society of London*, 141 (**1984**) 447-452.
- Richards, J. P. and Kerrich, R., Special paper: adakite-like rocks: their diverse origins and questionable role in metallogenesis, *Economic Geology*, 102 (**2007**) 537–576.
- Ringwood, A. E., Slab-Mantle interactions: petrogenesis of intraplate magmas and structure of the upper mantle, *Chemical Geology*, 82 (**1990**) 187-207.
- Rollinson, H. R., *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*, Longman Scientific and Technical, John Wiley and Sons, Inc., New York, 352, **1993**.
- Saunders, R. S., Roth, L. E., Downs, G. S. and Schubert, G., Early volcanic-tectonic province: Coprates region of Mars. In: *Reports of Planetary Geology Program*, NASA Tech. Memo., Washington, **1980**.

- Shaw, D. M., Trace element fractionation during anatexis. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 34 (1970) 237-243.
- Smith, J. V. and Brown, W. L., Feldspar minerals, 2nd review and extend edition book, Springer-Verlag, Berlin, 1988.
- Sun, S. S. and McDonough, W. F., Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes, In Saunders, A. D. & Norry, M. J. (EDS) *Magmatism in the Ocean Basins*, Geological Society, London, Special Publications, 42 (1989) 313-345.
- Şengör, A. M. C. and Kidd, W. S. S., Post-collisional tectonics of the Turkish-Iranian plateau and comparison with Tibet, *Tectonophysics*, 55 (1979) 361-376.
- Şengör, A. M. C., Türkiye'nin neotektoniğinin esasları, T. J. K. Konferans serisi, 1980, s.40.
- Şengör, A. M. C. and Yılmaz, Y., Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75 (1981) 181-241.
- Şengör, A. M. C., Görür, N. and Şaroğlu, F., Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, in: Biddle, K.T., Christie-Blick, N.(Eds.), *Strike-slip faulting and basin formation*, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 37 (1985) 227-264.
- Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakıncı, M., Haluk Eyidoğan, Görür, N., Le Pichon, X. and Rangin, C., The North Anatolian Fault: A new look, July 2004, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 33 (2005) 37-112.
- Tankut, A., Wilson, M. and Yihunie, T., Geochemistry and tectonic setting of Tertiary volcanism in the Güvem area, Anatolia, Turkey: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85 (1998) 285-301.

- Tatsumi, Y., Hamilton, D. L. and Nesbitt, R. W., Chemical characteristics of fluid phase released from a subducted lithosphere and origin of arc magmas: Evidence from high-pressure experiments and natural rocks, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 29 (**1986**) 293-309.
- Temel, A., Gündoğdu, M. N. and Gourgoud, A., Petrological and geochemical characteristics of Cenozoic high-K calc-alkaline volcanism in Konya, central Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85 (**1998**) 327-354.
- Temel, A., Alıcı, P., Gourgoud, A. and Varol, E., Ankara GB'sında yer alan volkaniklerin kökeni ve tektonikle ilişkisi. H.Ü. Araştırma Fonu Projesi, Proje No: 99016020007, s.134, **2001**.
- Temel, A., Volkanik kayaçların jeokimyasal özellikleri, Magmatik Petrojenez, Tübitak Lisans Üstü Yaz Okulu, D. Boztuğ ve N.Otlu (Eds), Akçakoca, Düzce, 196-219, **2001**.
- Temel, A., Yürür, T., Alıcı, P., Varol, E., Gourgoud, A., Bellon, H. and Demirbağ, H., Alkaline series related to Early-Middle Miocene intra-continental rifting in a collision zone: An example from Polatlı, Central Anatolia, Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 38 (**2010**) 289-306.
- Thompson, R. N., Magmatism of the British Tertiary volcanic province, *Scott. Journal Geol.*, 18 (**1982**) 49-107.
- Thompson, R. N., Morrison, M.A., Dickin, A.P. and Hendry, G.L., Continental flood basalts. arachnids rule OK? In: Hawkesworth, C.J. and Norry, M.J. (EDS) *Continental Basalts and Mantle xenoliths*. Nantwich: Shiva, 158-185, **1983**.
- Toprak, V., Savaşçın, Y., Güleç, N. and Tankut, A., Structure of the Galatean Volcanic Province, Turkey, *International Geology Review*, 38 (**1996**) 747-758.

- Türkecan, A., Dinçel, A., Hepşen, N., Papak, İ., Akbaş, B., Sevin, M., Özgür, B. I., Bedi, Y., Göksel, M., Sevin, D., Ünay, E., Saraç, G. ve Karataş, S., Bolu-Çankırı (Koroğlu dağları) arasındaki Neojen yaşlı volkanitlerin stratigrafisi ve petrolojisi; 44. Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, s.23, **1991**.
- Varol-Muratçay, E., Çamlıdere (Ankara Kuzeybatısı) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrolojisi ve Jeokimyası, Doktora Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2006**.
- Varol, E., Temel, A., Gourgaud, A. and Bellon, H., Early Miocene adakite-like volcanism in the Balkuyumcu region, central Anatolia, Turkey: petrology and geochemistry, *Journal of Asian Earth Sciences*, 30 (**2007**) 613-628.
- Varol, E., Temel, A. and Gourgaud, A., Textural and Compositional Evidence for Magma Mixing in the Evolution of the Çamlıdere Volcanic Rocks (Galatean Volcanic Province), Central Anatolia, Turkey, *Turkish Journal of Earth Science*, 17 (**2008**) 709-727.
- Varol, E., Temel, A., Yürür, T., Gourgaud, A. and Bellon, H., Petrogenesis of the Neogene bimodal magmatism of the Galatean Volcanic Province, Central Anatolia, Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 280 (**2014**) 14-29.
- Verma, S. P., Geochemistry of evolved magmas and their relationship to subduction-unrelated mafic volcanism at the volcanic front of the central Mexican Volcanic Belt, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 93 (**1999**) 151-171.
- Wang, K. L., Chung, S. L. and O'Reilly, S., Geochemical Constraints for the Genesis of Post-collisional Magmatism and the Geodynamic Evolution of the Northern Taiwan Region, *Journal of Petrology*, 45 (**2004**) 975-1011.
- Wang, Q., McDermott, F., Xu, J. F., Bellon, H. and Zhu, Y. T., Cenozoic Krich adakitic volcanic rocks in the Hohxil area, northern Tibet, Lowercrustal melting

- in an intracontinental setting, Geological Society of America, 33 (**2005**) 468-468.
- Weaver, B. L. and Tarney, J., The Scourie Dyke Suite: Petrogenesis and Geochemical Nature of the Proterozoic Sub-Continental Mantle, Contributions to Mineralogy and Petrology, 78 (**1981**) 175-188.
- Wedepohl, K. H., The Composition of the Continental Crust, Geochimica et Cosmochimica Acta, 59 (**1995**) 1217-1232.
- Wilson, M., Igneous Petrogenesis, Oxford University Press., s.466, **1989**.
- Wilson, M., Tankut, A. and Güleç, N., Tertiary volcanism of the Galatia province, north-west Central Anatolia, Turkey, Lithos, 42 (**1997**) 105-121.
- Wood, B. J. and Fraser, D. G., Elementary thermodynamics for geologists, Oxford University Press, **1976**.
- Xu, J. F., Shinjo, R., Defant, M. J. and Rapp, R. P., Origin of Mesozoic adakitic intrusive rocks in the Ningzhen area of east China: Partial melting of delaminated lower continental crust?, Geological Society of America, 30 (**2002**) 1111-1114.
- Yürür, M. T., Temel, A. and Köse, O., Evidences Of Extensional Tectonics At The Southern Boundary Of The Galatean Volcanic Province, NW Central Anatolia, Bulletin of the Turkish Geological Society, 45 (**2002**) 85-98.
- Zhu, D. C., Zhao, Z. D., Pan, G. T., Lee, H. Y., Kang, Z. Q., Liao, Z. L., Wang, L. Q., Li, G. M., Dong, G. C. and Liu, B., Early cretaceous subduction-related adakite-like rocks of the Gangdese Belt, southern Tibet: Products of slab melting and subsequent melt-peridotite interaction, Journal of Asian Earth Science, 34 (**2009**) 298-309.
- Zindler, A. and Hart, S., Chemical Geodynamics, Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 14 (**1986**) 493-571.