



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAMSAROS (SİNOP) VOLKANİTLERİNİN
KÖKENİ

Çiğdem ATAY ASAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık-2010
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Çiğdem ATAY ASAN

04.11.2010

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAMSAROS (SİNOP) VOLKANİTLERİNİN KÖKENİ

Çiğdem ATAY ASAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin KURT

2010, 61 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Hüseyin KURT

Yrd. Doç. Dr. Gürsel KANSUN

Yrd. Doç. Dr. M. Çağlar MEŞHUR

Sinop yakın civarında bazaltik-andezitik lavlar, dayklar ve bunların piroklastitlerinden oluşan Geç Kretase (?) yaşlı volkanik kayalar yüzeylenmektedir.

Kayalar mikrolitik porfirik, hyalo porfirik, hyalo mikrolitik porfirik, kümülofirik, intergranüler, hyalopilitik, trakitik dokulu olup, başlıca olivin ($Fe_{0.70-0.74}$), klinopiroksen ($Wo_{27-47}En_{36-50}Fs_{5-22}$), ortopiroksen ($Wo_{3-4}En_{65-71}Fs_{25-32}$), biyotit ($Mg\#: 0.63-0.65$), plajiyoklas (An_{44-92}) ve daha az Fe-Ti oksitlerden (titano-manyetit) oluşmaktadır.

İncelenen volkanik kayalar bazalt, trakibazalt, bazaltik andezit, bazaltik trakiandezit, trakiandezit ve andezit bileşiminde olup, hem subalkali hem de hafif alkali karakterlidirler. K_2O içeriklerine göre, kayalar kalkalkali ve şoşonitik olmak üzere iki seriye ayrılmaktadır. Ana oksit ve iz element değişimleri kayalar içinde gözlenen fenokristal fazların fraksiyonlaşmasıyla ilişkili olup, olivin + klinopiroksen + plajiyoklas + Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasına işaret eder. İncelenen volkanik kayaların uyumsuz iz element ve nadir toprak element dağılımları birbirine benzer olup benzer kaynağa işaret etmektedir. Volkanitler, yitimle ilişkili kayalar için tipik olan yüksek alan enerjili element (YAEE) ve ağır nadir toprak element (ANTE)'lere göre büyük iyon yarıçaplı element (BİYE) ve hafif nadir toprak element (HNTE)'lerce zenginleşme ve negatif Nb, Ta, Ti anomalileri gösterirler. İncelenen volkanik kayalar orta derecede zenginleşmiş HNTE ($La_N/Yb_N: 5-19$) ve göreceli olarak yatay ANTE desenlerine sahiptir.

Jeokimyasal ve jeolojik veriler beraber değerlendirildiğinde, kayaların ana mağmasının yay ortamında, yitim zonu eriyik/akışkanlarınca zenginleştirilmiş bir manto kaynağından türediğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sinop, Bazalt, Kalkalkali, Şoşonit, Yitim zonu

ABSTRACT

MSc THESIS

GENESIS OF THE HAMSAROS (SINOP) VOLCANITES

Çiğdem ATAY ASAN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN GEOLOGICAL ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Hüseyin KURT

2010, 61 pages

Jury

Prof. Dr. Hüseyin KURT

Asst. Prof. Dr. Gürsel KANSUN

Asst. Prof. Dr. M. Çağlar MEŞHUR

The Late Cretaceous (?) volcanic rocks composed of basaltic-andesitic lavas, dikes and their pyroclastites outcrop in the close vicinity of Sinop.

The rocks show microlitic porphyric, hyalo-porphyric, hyalo-microlitic porphyric, cumulo-phyruc, intergranular, hyalopilitic, trachytic texture and include mainly olivine (Fe_{70-74}), clinopyroxene ($Wo_{27-47}En_{36-50}Fs_{5-22}$), orthopyroxene ($Wo_{3-4}En_{65-71}Fs_{25-32}$), biotite ($Mg\#: 0.63-0.65$), plagioclase (An_{44-92}) and rarely Fe-Ti oxide (titano-magnetite).

The investigated volcanic rocks are composed of basalt, trachybasalt, basaltic andesite, basaltic trachyandesite, trachyandesite and andesite with both subalkaline and mildly alkaline tendency. According to K_2O contents, the rocks are separated into two series as calcalkaline and shoshonitic. Variations of major and trace elements are related to fractionation of phenocrysts phases observed in the rocks and indicate fractionation of olivine + clinopyroxene + plagioclase + Fe-Ti oxide. The incompatible trace element and REE patterns of the investigated volcanic rocks resemble to each other, indicating similar source area for the volcanites. The volcanites exhibit enrichment in large ion lithophile elements (LILE) and light rare earth elements (LREE) relative to the high field strength elements (HFSE) and heavy rare earth elements (HREE) and negative Nb, Ta, Ti anomalies, which is typical of subduction-related lavas. The investigated volcanic rocks have medium enriched LREE (La_N/Yb_N : 5-19) and relatively flat HREE patterns.

The geochemical data together with geological data point out the parental magmas of the rocks were derived from a mantle source enriched by subduction zone melt/fluids in an arc setting.

Keywords: Sinop, Basalt, Calcalkaline, Shoshonite, Subduction zone

ÖNSÖZ

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmada Sinop yakın çevresinde yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı volkanik kayaların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenerek oluşumları aydınlatılmaya çalışılmıştır.

Öncelikle çalışmalarım boyunca beni yönlendiren, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hüseyin KURT'a sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca mikroprob analizlerini gerçekleştiren Lang Shi'ye (McGill University, Kanada) ve tüm kayaç analizlerini yapan ACME (Kanada) personeline teşekkür ederim.

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (S.Ü. B.A.P) Koordinatörlüğünce (S.Ü. BAP) 09201123 no'lu projeye desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı S.Ü. B.A.P. Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

Son olarak bu çalışmanın yürütüldüğü Selçuk Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Başkanlığına ve tüm bölüm Öğretim Elemanlarına da teşekkür ederim.

Çiğdem ATAY ASAN
KONYA-2010

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışma Alanının Yeri ve Coğrafi özellikleri	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
3. MATERYAL VE METOT.....	4
3.1. Arazi Çalışmaları	4
3.2. Laboratuvar Çalışmaları	4
3.3. Büro Çalışmaları	5
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	6
4.1. Stratigrafi	6
4.1.1. Hamsaros volkanitleri	7
4.1.2. Yenikonak formasyonu-Kusuri üyesi	9
4.1.3. Sinop formasyonu	10
4.1.4. Sarıkum formasyonu	10
4.1.5. Alüvyon	11
4.2. Petrografi ve Mineral Kimyası	11
4.2.1. Bazalt	11
4.2.2. Traki bazalt	19
4.2.3. Bazaltik andezit.....	25
4.2.4. Bazaltik trakiandezit/trakiandezit	31
4.2.5. Andezit.....	38
4.3. Jeokimya	44
4.3.1. Volkanik kayaların kimyasal adlama ve sınıflaması.....	44
4.3.2. Ana oksit ve iz elementler	50
4.3.3. Uyumsuz elementler	50
4.3.4. Nadir toprak elementler	53
4.3.5. Jeotektonik ortam.....	54
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	56
KAYNAKLAR	57
EKLER	60
ÖZGEÇMİŞ	61

1. GİRİŞ

1.1. Çalışma Alanının Yeri ve Coğrafi özellikleri

Çalışma alanı Sinop D34-d3 ve d4 paftalarında, Sinop ve çevresinde yaklaşık 50 km²'lik bir alan kaplar (Şekil 1.1).

Çalışma alanının en yüksek noktasını 212 m. rakımıyla Altın tepe oluşturmaktadır. Çalışma alanındaki önemli diğer tepeler; Hıdırlık tepe (207 m.), Güneşköy tepe (109 m.), Kurtoğlu tepe (92 m.), Karacakese tepe (82 m.), Çatalmeşe tepe (73 m.), Çal tepe (58 m.)'dir. En önemli dereler ise; Kalkan dere, Kavak dere, Yedirgen dere, Kahraman dere, Isırma dere, Sırakaraağaçlar dere, Devenci dere'dir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Sinop yakın civarında yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı volkanik kayaların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerini belirleyerek volkanik kayaların kökenini ortaya koymak ve bölgeye jeolojik açıdan katkı sağlamaktır.



Şekil 1.1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası ve Türkiye'nin tektonik birlikleri (Okay ve Tüystüz, 1999).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yörede yapılan jeoloji çalışmaları oldukça eskiye, 1800'lü yılların ortalarına kadar uzanmaktadır. Bu dönemden sonra 1938'li yıllara kadar farklı araştırmacılar tarafından çeşitli jeoloji çalışmaları yapılsa da bunlar daha çok yersel kalmıştır.

Ericson'un (1938) Boyabat civarında yaptığı çalışma bölgedeki ilk jeoloji raporu niteliğindedir. Buna göre temel serpantin ve şistlerden oluşmaktadır. Bu temel üzerine Kretase yaşlı Belemnit serisi ve kireçtaşları gelmektedir. İstif üste doğru Eosen karbonatlı ve kırıntılı kayaçları ve Oligosen konglomeraları şeklinde devam etmektedir. Bazaltik kayaçlarla istif son bulmaktadır. Güncel stratigrafiye yakın ilk çalışma Blumental (1940) tarafından yapılmıştır. Araştırmacı bölgenin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını yaparak Paleozoyik yaşlı metamorfitten Eosen yaşlı volkanik/sedimanter birimlere kadar detaylı birim ayırtlaması yapmıştır.

Ortynski ve Tromp (1942) ve Ketin (1962) tarafından yapılan daha sonraki çalışmalar Ericson'un (1938) ile Blumental'ın (1940) çalışmaları esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanını da kapsayan ve formasyon mertebesinde detaylı ayırtlama Badgley (1959), Gayle (1959), Gedik ve Türkay (1961), Gedik (1961) tarafından yapılmıştır. Bunlara göre; bölgenin en yaşlı sedimanter birimi Liyas şeylleridir. İstif üste doğru Üst Jura-Alt Kretase masif kireçtaşı, Alt Kretase koyu gri şeyl, Üst Kretase fliş sayesinde Cankurtaran Formasyonu ve Üst Kretase volkanik kayaçlarından oluşan Hamsaros Formasyonu olarak devam etmektedir. Bu birimler üzerine gelen Üst Kretase-Paleosen Akveren Formasyonu (kireçtaşı, marn), Eosen Ayancık ve Kusuri Formasyonları ve Neojen Sarıkum Formasyonu gelmektedir.

Ketin ve Gümüş (1963) Sinop-Ayancık yöresinde yaptığı çalışmada istifi şöyle vermiştir: Triyas killi kireçtaşı, Liyas Akgöl Formasyonu (şeyl, kumtaşı), Dogger Bürnük Formasyonu (konglomera), Malm-Alt Kretase İnaltı Kireçtaşı, Alt Kretase Çağlayan Formasyonu (şeyl, kumtaşı), Üst Kretase Kaplan Formasyonu (kireçtaşı), Yemişliçay Formasyonu (piroklastik), Namzalıktepe ve Gürsöku Formasyonları (fliş), Üst Kretase-Paleosen Akveren Formasyonu (kireçtaşı, marn), Paleosen Atbaşı Formasyonu (marn), Eosen Ayancık ve Kusuri Formasyonları (kumtaşı, marn) ve Miyosen Sarıkum Formasyonu. Sinop yarımadasındaki volkanitler ise yaşı belirtilmeksizin Hamsoros Formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Coşkun (1978) Sinop-Ayancık yöresindeki çökelleri ve paleo akıntıları, Özsayar

(1977) Karadeniz kıyı bölgesindeki Neojen formasyonları, Pelin ve Korkmaz (1981) bölgenin petrol potansiyelini araştırmışlardır.

Korkmaz (1984) bölgenin petrol yönünden jeoloji ve jeokimyasal incelemesi konulu bir doktora çalışması yapmıştır.

Yörede yapılan yukarıdaki çalışmalar görüldüğü gibi daha çok genel jeoloji amaçlı olup, petrol aramaya yöneliktir. Yapılan bazı çalışmalar ise volkanik kayaların kökenine yönelik olup, ana oksit ve çok sınırlı iz element verilerine dayanmaktadır. Bunlar şöyledir;

Gedik ve ark. (1983) ayırtladığı volkanik birimlerin ana oksitlere dayalı jeokimyasal özelliklerine dayanarak, Üst Kretase Hamsaros volkanitleri ve Yemişliçay Formasyonu ile Eosen Tekkeköy volkanitlerinin eski bir yitim zonuyla ilişkili ada yayı volkanitleri olduğunu, Pliyo-Kuvaterner Akyörük bazaltının ise kıta ortası manto yükselimiyle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Baş (1986) tarafından yapılan çalışmada ana oksit ve sınırlı iz element verileri kullanılarak Sinop civarındaki volkanik kayaların kalkalkali ada yayı volkanik kayaları özelliği taşıdığı ve güneyde yerleşmiş yitimle ilişkili olduğu vurgulanmıştır.

Bektaş ve Gedik (1986), Baş (1986) tarafından yayınlanan makale için “tartışma ve yanıt” yayınlamıştır. Yazarlara göre Geç Kretase volkanizmasına neden olan yitim zonunun güneyde değil, kuzeyde yerleştiğini savunmuşlardır.

Daha yeni çalışmaları ise aşağıdaki gibi vermek mümkündür;

Yılmaz ve ark. (1997) Pontidleri doğu, orta ve batı olmak üzere üç tektonik zona ayırarak, Pontidlerin orojenik evrimini açıklamaya çalışmışlardır. Yazarlar orta Pontidleri tekrar kendi içinde a) Kuzey zon, b) Araç-Daday kayma zonu, c) Kastamonu-Boyabat baseni d) Kargı masifi ve e) Ofiyolit kuşağı olmak üzere altı bölüme ayırmışlardır.

Ustaömer ve Robertson (1999) Orta Pontidlerde yüzeyleyen Paleotetis birimlerinin jeokimyasal özelliklerini incelemiş ve levha tektoniği açısından değerlendirmişlerdir. Yazarlar, Paleotetis sisteminde kuzeye doğru dalımlı bir yitimi savunmuşlardır.

Okay ve ark. (2006) orta Pontidlerdeki Kretase-Triyas yitim-yığışım, YB/DS metamorfizması ve kıtasal büyümeyi araştırmışlardır.

Meijers ve ark. (2010) Orta Pontidleri kapsayan çalışmada, orta Pontidlerin Geç Kretase-Paleosen döneminde oroklinal bükülmeye maruz kaldığını ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar bu çalışmada paleomanyetik örnekler kullanmışlardır.

3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma arazi, laboratuvar ve büro olmak üzere üç temel aşamada gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmaları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.

3.1. Arazi Çalışmaları

Bu tez kapsamındaki arazi çalışmaları belirli jeo-traversler boyunca keşif türünde gerçekleştirilmiştir. Belirlenen jeo-traversler boyunca yüzeyleyen volkanik kayalardan farklı incelemelerde (petrografik, mineral kimyası ve jeokimyasal) bulunmak amacıyla 30 adet örnek alınmıştır. Bu amaçla MTA tarafından yayımlanan 1:25.000 ölçekli jeoloji haritalarından faydalanılmıştır.

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Alınan örneklerden ince kesitler yaptırılmıştır. Bu ince kesitler polarizan mikroskop altında incelenerek, volkanik kayaların mineral içerikleri, fenokristal/hamur oranları, dokusu ve diğer petrografik özellikleri ortaya konulmuştur. Ayrıca önemli mineralojik ve petrografik özellikleri vurgulamak için mikrofotograflar çekilmiştir.

Her bir volkanik kayaç birimine ait, taze ve birimi temsil eden bir örnek üzerinde mikroprob analizleri yapılmıştır. Öncelikle seçilen örneklerden ince kesitler elde edilmiştir. Bu ince kesitler polarizan mikroskop altında incelenerek, analizi yapılacak mineraller ince kesit üzerine asetat kalemle daire içine alınarak işaretlenmiştir. İşaretlenen her bir dairenin ayrı ayrı mikrofotografları çekilmiştir. Minerallerin analizi istenen noktaları mikrofotograflar üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Elde edilen ince kesitler ve mikrofotograflar McGill Üniversitesi elektron mikroprob laboratuvarına (Kanada) gönderilmiştir. Gönderilen ince kesitler karbonla kaplandıktan sonra JEOL 8900 elektron prob cihazıyla mikroprob analizleri yapılmıştır. Analiz sırasında kullanılan ışın şartları 15 kV (olivin için 20 kV) ve 20 nA olup sayma hızı her bir element için 20 sn'dir.

Mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenmiş, çok az veya hiç alterasyon göstermeyen örneklerden ana oksit, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmak üzere S.Ü. Jeoloji Müh. Bölümü laboratuvarları kullanılarak 26 adet jeokimya örneği hazırlanmıştır. Bunun için öncelikle kayaç örneklerinin atmosferik yüzeyleri kesilerek

yaklaşık 100-150 cm³'lük bloklar elde edilmiştir. Bunlar önce çeneli kırıcıdan geçirilerek birkaç mm'lik çaptaki parçalara kırılmış, daha sonra da bilyalı değirmen kullanılarak yaklaşık 150-200 mesh'lik toz haline getirilmiştir. Kirlenmeyi önlemek amacıyla kullanılan tüm alet ve malzemeler her işlemde sonra asetonla temizlenmiştir. Hazırlanan toz örnekler ACME laboratuvarlarına (Kanada) gönderilmiştir. Ana oksit ve iz elementler ICP-ES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Kaynaklı Emisyon Spektrofotometresi) ile, nadir toprak elementler ICP/MS (İndüktif Eşleşmiş Plazma Kaynaklı Kütle Spektrometresi) ile analiz edilmiştir.

3.3. Büro Çalışmaları

Bu aşamada arazi, mineral kimyası ve tüm-kayaç kimyası analizlerinden elde edilen bilgiler değerlendirilerek tez yazım işlemi gerçekleştirilmiştir. Jeoloji haritası CorelDRAW (www.corel.com) yardımıyla çizilmiştir. Mineral ve kayaç analizlerinden elde edilen veriler Minpet (www.minpet.com/ordering.htm), Igpert (www.rockware.com), Petrograph (www.unipg.it/~maurip/SOFTWARE.htm) paket programları ve bazı mineral kimyası Excel çalışma kitapları (www.abdn.ac.uk/geology/profiles/analysis/software.htm) kullanılarak değerlendirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Stratigrafi

Çalışma alanında, Geç Kretase-Kuvaterner yaşlı birimler yüzeylenmektedir. Bu birimler volkanik ve sedimanter kayalarla temsil edilmektedirler. Çalışma alanında yüzeyleyen en yaşlı birim bu araştırmanın asıl konusunu oluşturan Geç Kretase? yaşlı Hamsaros volkanitleridir. Sırasıyla üste doğru Yenikonak formasyonu-Kusuri üyesi, Sinop formasyonu, Sarıkum formasyonu ve alüvyon gelmektedir (Şekil 4.1).

Ü.SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FM.	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
M E S O Z O Y İ K	K R E T A S E	ÜST	Hamsaros Volkanitleri		Bazaltik-andezitik lav, dayk ve piroklastitler
			PALEOJEN	EOSEN	Yenikonak Fm. Kusuri Üyesi
	NEOJEN	MIYOLEN		Sinop Fm.	
		KUVATERNER	PLİYO- PLEİSTOLEN	Sarıkum Fm.	
			HOLOSEN	Alüvyon	

Şekil 4.1. İnceleme alanının genelleştirilmiş ölçeksiz stratigrafik dikme kesiti (MTA, 1984)

4.1.1. Hamsaros volkanitleri

Bazaltik-andezitik lavlar ile bunların dayk ve piroklastitlerinden oluşan volkanik birim Gayle (1959), Badgley (1959), Gedik (1961), Ketin ve Gümüş (1963), Gedik ve ark., (1983), Gedik ve Korkmaz (1984) ve Baş (1986) tarafından Hamsaros formasyonu olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada volkanik özellikteki birimin Hamsaros volkanitleri olarak adlanması uygun görülmüştür.

Birim batıdan doğuya doğru Kurtkuyusu Mahallesinden, İnce Burun, Tavşan Adası, Boz Burun, Başyoz Burnu ve Aklimanı içine alan Karadeniz sahiline paralel bir hat boyunca ve Sinop yarımadasında yüzeyleyir.

Birim başlıca bazaltik-andezitik lav, dayk ve piroklastitlerden oluşmaktadır. Piroklastitler yaygın olarak breş, daha az ise aglomera ve tüflerden ibarettir (Şekil 4.2). Breş ve aglomeraların çakılları bazalt ve andezit bileşimindedir.



Şekil 4.2. Hamsaros volkanitlerine ait bazaltik breşlerin yakından görünümü
(Serçe Br., Soğucalı Mah. kuzeyi)

Hamsaros volkanitlerinin piroklastitleri yoğun olarak bozuşma izleri taşımaktadır. Bozuşmadan dolayı piroklastitler kırmızı-kahve ve sarımsı renk kazanmışlardır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Ayrılmış/bozmuş piroklastik kayaçların görünümü (Akliman mah.)

Birimin İnceburun yarımadasında yüzeyleyen bazaltik lavlarında tipik olarak sutunsal soğuma çatlakları gözlenmektedir (Şekil 4.4). Ancak Sinop yarımadasında yüzeyleyen bazaltlarda bu yapı gözlenmez. Buradaki bazaltik kayaçların en tipik özellikleri cm boyutunda klinopiroksen megakristalleri içermeleridir.



Şekil 4.4. Hamsaros volkanitleri bazaltik lavlarında sutunsal soğuma çatlaklarının görünümü (İnce Br. güneyi)

Hamsaros volkanitlerinin önemli bir bileşeni olan dayklar hem Sinop yarımadası hem de İnceburun yarımadasında yaygınca gözlenmektedir. Birkaç metre kalınlığa sahip olan bu dayklar çoğunlukla piroklastik kayaları kesmektedir (Şekil 4.5). Dayklar yer yer oldukça bozuşma göstermektedirler.



Şekil 4.5. Piroklastik kayaları kesen daykın arazi görünümü (Ada mah.)

Hamsaros volkanitlerinin taban ilişkisi çalışma alanı içerisinde gözlenmemektedir. Birimin üzerine Yenikonak formasyonunun Kusuri üyesi, Sinop formasyonu ve Sarıkum formasyonları uyumsuz olarak gelmektedir.

Hamsaros volkanitlerinin yaşı Üst Kretase olarak kabul edilmiştir (Gedik ve ark., 1983; Gedik ve Korkmaz, 1984 ve Baş, 1986).

4.1.2. Yenikonak formasyonu-Kusuri üyesi

Badgley (1959) ve Ketin ve Gümüş (1963) tarafından Ayancık ve Kusuri formasyonları olarak tanımlanan kumtaşı, marn, şeyl ve kireçtaşı litolojileri, Gedik ve ark., (1981) tarafından Yenikonak formasyonu adı altında birleştirilerek Ayancık ve Kusuri olmak üzere iki üyeye ayrılmıştır.

Çalışma alanının en batısında, Kurtkuyusu mahallesinin kuzeyinde, Ustaoğlu T.'nin batısında çok dar bir alanda yüzeylenmektedir.

İnce kumtaşı ara katmanlı, marn-şeyl ardalanmasından oluşan birim türbiditik özellik taşımaktadır.

Birim Hamsaros volkanitlerinin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Sinop formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

Birimin yaşı fosil bulguları ve stratigrafik konumu dikkate alınarak Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından Orta Eosen (Lütesiyen) olarak verilmiştir.

4.1.3. Sinop formasyonu

Bol fosilli, kumlu kireçtaşı, kum taşı, oolitik kireçtaşı ve çakıltaşlarından oluşan birim Sütçü ve ark., (1982) tarafından Saraycık formasyonu, Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından Sinop formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Birimin çalışma alanı içinde gözlemlendiği başlıca lokasyonlar; batıdan doğuya doğru Kurtkuyusu mah., Acancık mah., Dikenli mah., Akliman, Çiftetopçu mvk., Bostancılı köy, Korucuk köy, Hıdırlık T. ve Altın T.'dir.

Birim Hamsaros volkanitleri ile Yenikonak formasyonunun Kusuri üyesi üzerine açısız uyumsuzlukla gelir. Pliyo-Kuvaterner yaşlı Sarıkum formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür.

Birim sığ denizel deltayık, tatlı su ve fluviyal ortam özelliklerini gösterir ve Miyosen yaşlıdır (Gedik ve Korkmaz, 1984).

4.1.4. Sarıkum formasyonu

Altta gevşek kum üste doğru kıltaşı, miltaşı, çakıltaşı, kireçtaşı ve en üstte kuvars kumlarından oluşan birim Gayle (1959), Badgley (1959), Gedik (1961), Ketin ve Gümüş (1963), Gedik ve ark., (1983), Gedik ve Korkmaz (1984) ve Baş (1986) tarafından Sarıkum formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Birim inceleme alanında oldukça geniş bir alanda yayılım göstermektedir. Başlıca lokasyonlar batıdan doğuya doğru Saraycık mah., Yılındağ, Siyamköy dağı, Soğucak mah., Çoban köy, Dibekli köy ve Karacakese mah. olarak verilebilir.

Birim Hamsaros volkanitleri, Yenikonak formasyonunun Kusuri üyesi ile Sinop formasyonu üzerine açısız uyumsuzlukla gelir. Güncel alüvyonlar tarafından örtülür.

Birimin yaşı tatlı su fosil bulguları ve stratigrafik konumu dikkate alınarak Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından Pliyo-Pleistosen olarak verilmiştir.

4.1.5. Alüvyon

Kil boyutundan çakıl-blok boyutuna kadar değişen tutturulmamış güncel çökellerdir ve kendinden daha yaşlı tüm birimlerin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir.

4.2. Petrografi ve Mineral Kimyası

Bu bölümde çalışma alanında yer alan volkanik kayaların mineralojik, petrografik ve mineral kimyası özellikleri incelenmiştir. Araziden derlenen volkanik kayaç örneklerinden 30 adet ince kesit yaptırılmıştır. Bu kesitler polarizan mikroskopta ayrıntılı olarak incelenmiştir. Mineral tane boyları için Wilcox (1954) tarafından belirlenen boyutlar esas alınmıştır (fenokristal > 0.3 mm ve mikrofenokristal = 0.03-0.3 mm).

Kayaçlarda yer alan ana minerallerin (olivin, piroksen, biyotit, feldispat ve opak mineral) kimyasının ve türlerinin belirlenmesi için elektron mikroprob analizleri yapılmıştır. Bu analizler her bir kayaç türüne ait temsili bir örneğin parlatılmış kesitleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.

4.2.1. Bazalt

4.2.1.1. Petrografi

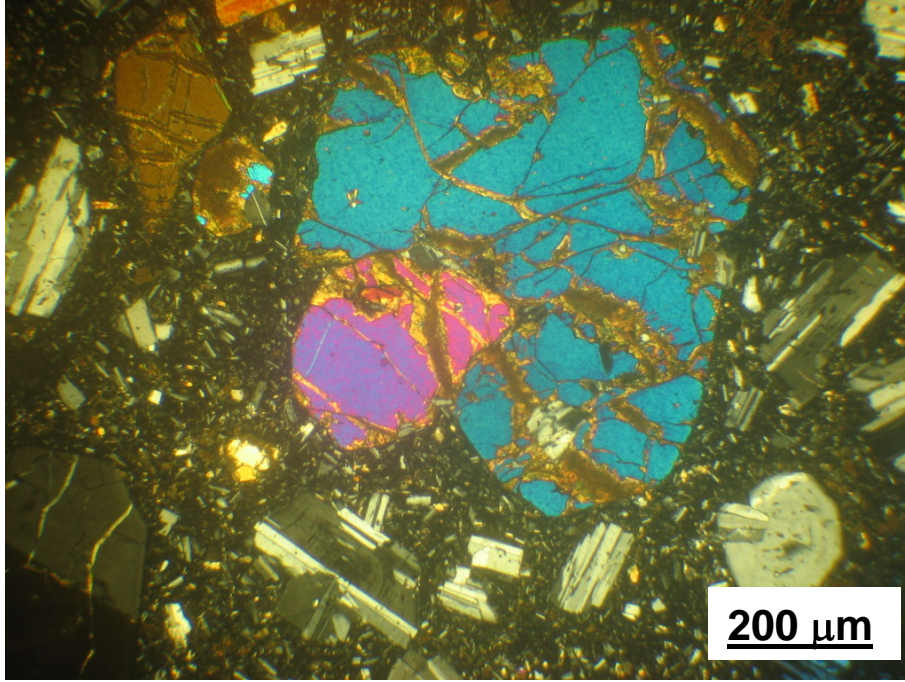
Bazaltlar hyalomikrolitik porfirik ve kümülofirik dokuludur. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, piroksen, olivin ve opak mineraller oluşturmaktadır. Kayaç tipik olarak bol piroksen megakristalleri içermektedir.

Plajiyoklas feno ve mikrofenokristalleri özşekilli-yarı özşekilli, albit ikizli ve zonlu kristaller olarak gözlenirler. Bazen kenarlarından itibaren korozyona uğramış ve yuvarlağımsı şekiller kazanmıştır. Plajiyoklas fenokristalleri yaygın olarak elek dokusu göstermektedir.

Piroksenler yarı özşekilli-özşekilli, sekizgen kısa prizmatik ve dikdörtgen uzun prizmatik kristaller olarak gözlenirler. Piroksenlerde yaygın olarak zonlanma ve ikizlenme gözlenmektedir. Bazen çok tipik olarak piroksenler bol opak mineral, plajiyoklas ve volkanik cam kapanımları içermektedir.

Olivin feno ve mikrofenokristalleri yarı özşekilli-özşekilsizdir ve düzensiz çatlaklarıyla tipiktir. Opak mineral kapanımları içermektedir. Kristal kenarları ve çatlakları boyunca iddingsitleşme, kloritleşme ve serpantinleşme gösterirler (Şekil 4.6).

Hamur mikrolitiktir. Yaygın olarak hyalopilitik dokuludur.

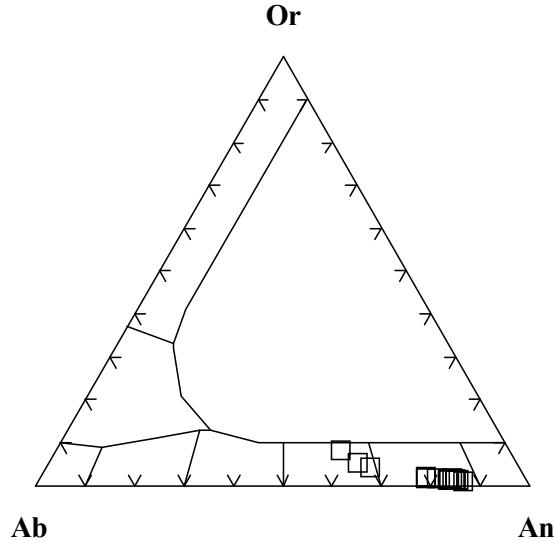


Şekil 4.6. Bazaltlarda çatlakları boyunca iddingsitleşme ve serpantinleşme gösteren olivinler (C-1, 32X, Ç.N.)

4.2.1.2. Mineral kimyası

4.2.1.2.1. Plajiyoklas

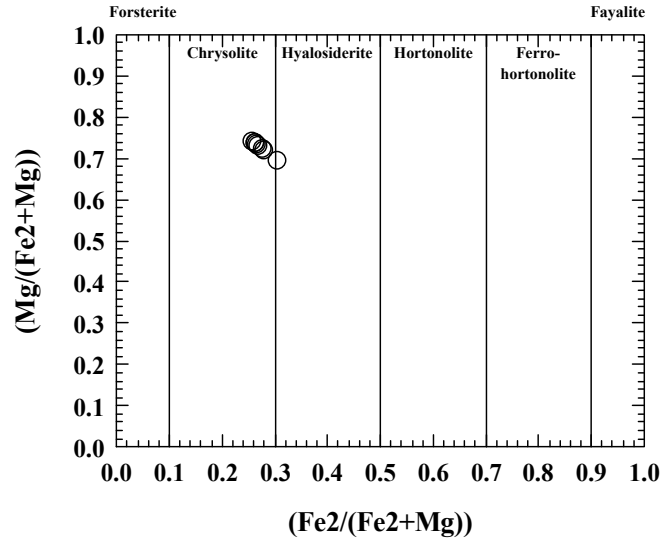
Plajiyoklas feno ve mikrofenokristallerinin bileşimi labradordan (An_{63}) bitovnite (An_{86}) kadar değişmektedir (Şekil 4.7; Çizelge 4.1). Plajiyoklaslarda normal zonlanma gözlenmektedir. Normal zonlanma gösteren fenokristallerin merkezi An_{78-84} kenarı ise An_{58-65} bileşimindedir.



Şekil 4.7. Bazaltlardaki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması

4.2.1.2.2. Olivin

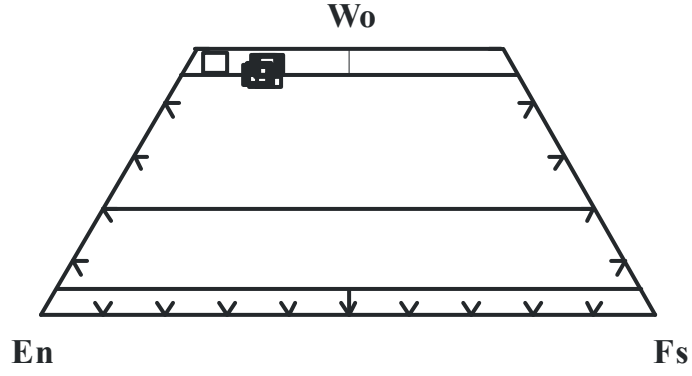
Olivin feno ve mikrofenokristalerinin bileşimi Fe_{74} 'den Fe_{70} 'e kadar değişmektedir (Şekil 4.8; Çizelge 4.2). Genel olarak olivin fenokristallerinde hafif normal zonlanma gözlenmektedir (merkez: Fe_{73} , kenar: Fe_{70}).



Şekil 4.8. Bazaltlardaki olivinlerin Deer ve ark.'na (1992) göre sınıflaması

4.2.1.2.3. Piroksen

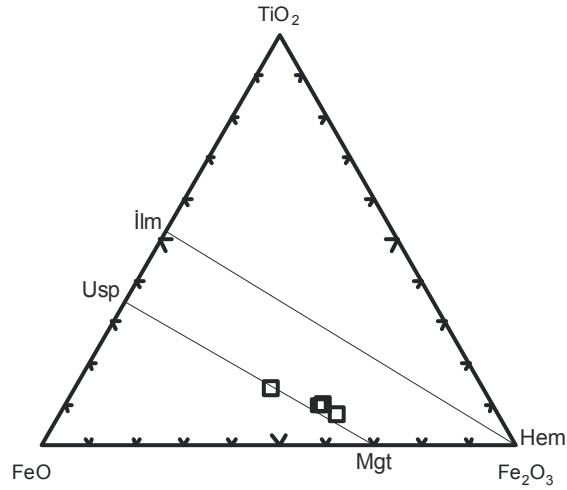
Piroksen feno ve mikrofenokristalleri diyopsit ($Wo_{45-47} En_{39-48} Fs_{5-14}$) ve diyopsitik ojit ($Wo_{44} En_{42} Fs_{14}$) bileşimindedir (Şekil 4.9; Çizelge 4.3).



Şekil 4.9. Bazaltlardaki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması

4.2.1.2.4. Fe-Ti Oksit

Fe-Ti oksitler manyetit bileşimindedir (Şekil 4.10; Çizelge 4.4). Manyetitlerin TiO_2 içerikleri % 6-12 arasındadır.



Şekil 4.10. Bazaltlardaki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988)

Çizelge 4.1. Bazaltlardaki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-1	fl-1a	fl-1b	fl-2	fl-3a	fl-3b	fl-4	fl-5	fl-6	fl-7a	fl-7b
SiO ₂	47.60	46.90	47.20	48.40	51.70	46.10	48.50	48.00	46.20	55.90
TiO ₂	0.01	0.04	0.00	0.01	0.07	0.00	0.02	0.04	0.03	0.13
Al ₂ O ₃	32.30	33.00	32.40	32.20	30.20	32.70	31.60	31.70	33.70	26.20
FeO*	0.66	0.67	0.69	0.68	0.75	0.71	0.69	0.69	0.67	0.85
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
MgO	0.11	0.10	0.11	0.13	0.13	0.09	0.11	0.10	0.10	0.19
CaO	16.80	16.90	16.90	15.80	13.30	17.10	15.80	16.40	17.50	9.22
Na ₂ O	1.59	1.59	1.76	2.22	3.40	1.54	2.25	2.04	1.44	3.81
K ₂ O	0.23	0.24	0.24	0.37	0.73	0.26	0.30	0.32	0.19	3.45
Toplam	99.30	99.43	99.30	99.80	100.27	98.51	99.27	99.28	99.84	99.77
32 oksijene göre formül										
Si	8.82	8.69	8.76	8.91	9.42	8.64	8.97	8.90	8.55	10.22
Al	7.05	7.20	7.08	6.98	6.48	7.22	6.89	6.92	7.34	5.64
Ti	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02
Fe ⁺²	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.13
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05
Ca	3.34	3.36	3.36	3.12	2.60	3.43	3.13	3.26	3.47	1.81
Na	0.57	0.57	0.63	0.79	1.20	0.56	0.81	0.73	0.52	1.35
K	0.05	0.06	0.06	0.09	0.17	0.06	0.07	0.08	0.04	0.80
Toplam	19.96	20.01	20.03	20.03	20.01	20.05	20.01	20.03	20.05	20.02
Ab	14.40	14.30	15.60	19.80	30.30	13.80	20.10	18.00	12.80	34.10
An	84.20	84.30	83.00	78.00	65.40	84.70	78.10	80.10	86.10	45.60
Or	1.40	1.40	1.40	2.20	4.30	1.50	1.80	1.80	1.10	20.30

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. a: merkez, b: kenar.

Çizelge 4.2. Bazaltlardaki olivinlerin mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-1	OI-1a	OI-1b	OI-2a	OI-2b	OI-3	OI-4	OI-5	OI-5a
SiO ₂	38.20	37.90	38.30	37.70	37.90	37.90	38.00	38.00
TiO ₂	0.01	0.00	0.03	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00
Al ₂ O ₃	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.01
FeO*	23.80	25.00	24.00	27.10	23.50	23.80	24.40	23.70
MnO	0.44	0.49	0.48	0.51	0.42	0.47	0.48	0.45
MgO	36.80	36.30	36.90	34.70	37.90	37.50	36.10	37.30
CaO	0.31	0.36	0.35	0.38	0.33	0.36	0.37	0.36
Na ₂ O	0.00	0.02	0.01	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02
K ₂ O	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
NiO	0.06	0.03	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05
Toplam	99.65	100.15	100.15	100.53	100.21	100.13	99.47	99.90
4 oksijene göre formül								
Si	1.01	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	1.01	1.00
Al	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
Fe ⁺²	0.52	0.55	0.53	0.60	0.51	0.52	0.54	0.52
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	1.44	1.43	1.44	1.37	1.48	1.47	1.42	1.46
Ca	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	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
Toplam	2.99	3.00	3.00	3.00	3.01	3.01	3.00	3.00
Fa	0.27	0.28	0.27	0.30	0.26	0.26	0.27	0.26
Fo	0.73	0.72	0.73	0.70	0.74	0.74	0.73	0.74

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. a: merkez, b: kenar.

Çizelge 4.3. Bazaltlardaki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-1	Px-1a	Px-1b	Px-2a	Px-2b	Px-3a	Px-3b	Px-3c	Px-4	Px-6a	Px-6b
SiO ₂	53.01	49.97	48.28	48.79	50.17	48.27	49.17	50.07	49.86	50.00
TiO ₂	0.18	0.63	0.85	0.85	0.67	1.03	0.80	0.71	0.93	0.68
Al ₂ O ₃	1.30	3.78	3.98	4.37	3.67	5.71	4.45	2.99	3.61	3.19
FeO	2.93	7.48	7.95	8.08	7.67	8.14	7.51	8.29	8.72	7.71
MnO	0.08	0.19	0.21	0.19	0.19	0.20	0.19	0.26	0.25	0.18
MgO	17.27	14.99	14.01	13.98	14.46	13.35	14.04	14.76	14.16	14.95
CaO	23.67	21.99	22.80	22.52	21.94	22.10	22.57	21.94	21.78	22.24
Na ₂ O	0.16	0.32	0.32	0.36	0.32	0.36	0.30	0.22	0.34	0.24
K ₂ O	0.02	0.02	0.02	0.04	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Toplam	98.62	99.37	98.42	99.18	99.10	99.17	99.05	99.26	99.67	99.21
6 oksijene göre formül										
TSi	1.95	1.85	1.82	1.82	1.87	1.80	1.84	1.87	1.86	1.86
TAl	0.05	0.15	0.18	0.18	0.13	0.20	0.17	0.13	0.14	0.14
TFe ⁺³	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M1Al	0.01	0.02	0.00	0.01	0.03	0.06	0.03	0.00	0.01	0.00
M1Ti	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02
M1Fe ⁺³	0.04	0.12	0.16	0.15	0.08	0.11	0.11	0.11	0.10	0.12
M1Fe ⁺²	0.00	0.02	0.03	0.04	0.06	0.06	0.05	0.05	0.07	0.03
M1Mg	0.95	0.83	0.79	0.78	0.80	0.74	0.78	0.82	0.79	0.83
M2Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2Fe ⁺²	0.05	0.10	0.05	0.07	0.09	0.08	0.07	0.10	0.10	0.09
M2Mn	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
M2Ca	0.93	0.87	0.92	0.90	0.88	0.89	0.90	0.88	0.87	0.89
M2Na	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02
M2K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Wo	47.29	45.03	46.85	46.50	45.52	46.84	46.91	44.64	44.92	45.20
En	48.01	42.71	40.06	40.17	41.75	39.37	40.60	41.78	40.64	42.28
Fs	4.70	12.26	13.09	13.33	12.73	13.80	12.50	13.58	14.45	12.52

Fe⁺² ve Fe⁺³ ayırımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır. a: merkez, b: kenar.

Çizelge 4.4. Bazaltlardaki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-1	Ox-1	Ox-2	Ox-3	Ox-4
SiO ₂	0.10	0.09	0.17	0.06
TiO ₂	6.36	8.14	12.30	8.75
Al ₂ O ₃	5.72	5.37	4.71	4.49
Cr ₂ O ₃	4.71	4.64	0.14	1.93
Fe ₂ O ₃	48.24	44.58	36.43	46.97
FeO	27.91	30.39	39.34	30.77
MnO	0.52	0.43	0.45	0.43
MgO	6.28	5.64	1.41	5.53
Toplam	99.83	99.28	94.94	98.93
4 oksijene göre formül				
Si	0.00	0.00	0.01	0.00
Ti	0.17	0.22	0.36	0.24
Al	0.24	0.23	0.21	0.19
Cr	0.13	0.13	0.00	0.05
Fe ⁺³	1.28	1.20	1.06	1.28
Fe ⁺²	0.83	0.91	1.27	0.93
Mn	0.02	0.01	0.01	0.01
Mg	0.33	0.30	0.08	0.30
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00

Fe⁺² ve Fe⁺³ ayırımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır.

4.2.2. Traki bazalt

4.2.2.1. Petrografi

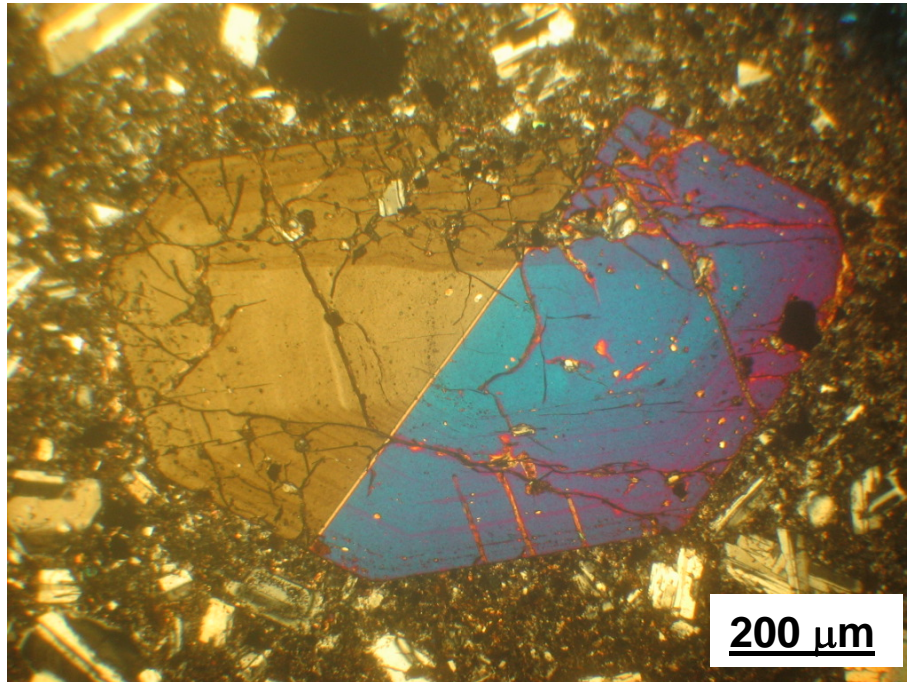
Trakibazaltlar bazaltlarla benzer mineralojik-petrografik özellikler sergilemektedirler. Trakibazaltlar mikrolitik porfirik ve kümülofirik dokuludur. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, piroksen, olivin ve opak mineraller oluşturmaktadır. Kayaç tipik olarak bol piroksen megakristalleri içermektedir.

Plajiyoklas feno ve mikrofenokristalleri özşekilli-yarı özşekilli, albit ikizli ve zonlu kristaller olarak gözlenirler. Plajiyoklaslar yaygın olarak kümülofirik topluluklar olarak gözlenirler.

Piroksenler yaygın olarak zonlu ve ikizli kristaller olarak gözlenmektedir (Şekil 4.11). Bazen çok tipik olarak piroksenler bol opak mineral, plajiyoklas ve volkanik cam kapanımları içermektedir.

Olivin feno ve mikrofenokristalleri yarı özşekilli-özşekilsizdir ve kristal kenarları ve çatlakları boyunca iddingsitlemiştir.

Trakibazaltların hamurunda intergranüler doku gözlenmektedir.

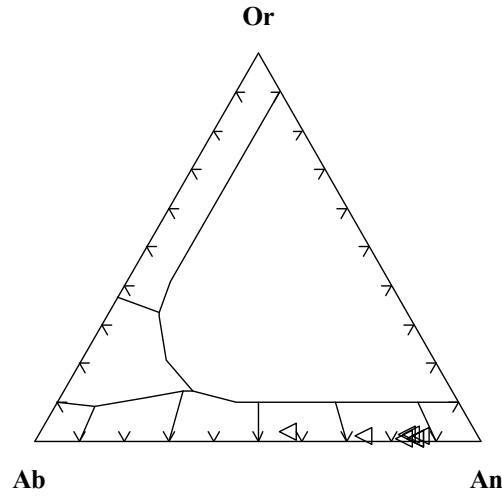


Şekil 4.11. Trakibazaltlardaki zonlanma ve ikizlenme gösteren klinopiroksenler (C-5, 32X, Ç.N.)

4.2.2.2. Mineral kimyası

4.2.2.2.1. Plajiyoklas

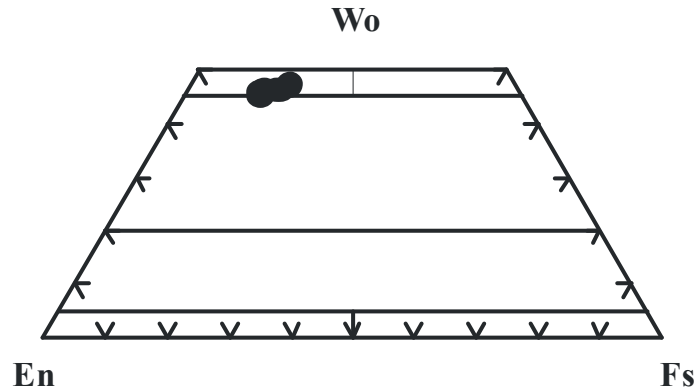
Plajiyoklas feno ve mikrofenokristallerinin bileşimi labradordan (An_{55}) bitovnite (An_{85}) kadar değişmektedir (Şekil 4.12; Çizelge 4.5). Plajiyoklaslarda normal zonlanma gözlenmektedir. Normal zonlanma gösteren fenokristallerin merkezi An_{82-85} kenarı ise An_{55-73} bileşimindedir.



Şekil 4.12. Trakibazaltlardaki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması

4.2.2.2.2. Piroksen

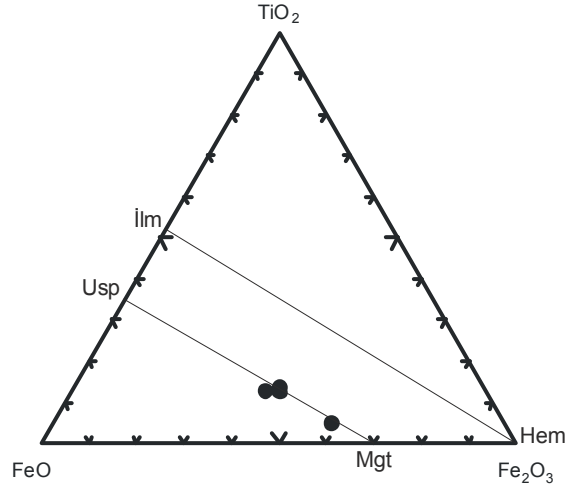
Piroksen feno ve mikrofenokristalleri diyopsit (Wo_{45-47} En_{37-42} Fs_{12-16}) bileşimindedir (Şekil 4.13; Çizelge 4.6).



Şekil 4.13. Trakibazaltlardaki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması

4.2.2.2.3. Fe-Ti Oksit

Fe-Ti oksitler manyetit bileşimindedir (Şekil 4.14; Çizelge 4.7). Manyetitlerin TiO_2 içerikleri % 4-11 arasındadır.



Şekil 4.14. Trakibazaltlardaki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988)

Çizelge 4.5. Trakibazaltlardaki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-5	fl-22a	fl-22b	fl-23	fl-24a	fl-24b	fl-25	fl-25a	fl-25b
SiO ₂	46.60	53.40	46.90	46.50	49.60	46.90	46.40	47.00
TiO ₂	0.00	0.05	0.06	0.04	0.03	0.02	0.01	0.06
Al ₂ O ₃	33.20	28.60	32.90	33.20	31.00	32.90	33.10	32.70
FeO	0.69	0.54	0.65	0.71	0.69	0.62	0.69	0.70
MnO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
MgO	0.06	0.04	0.05	0.04	0.07	0.04	0.05	0.05
CaO	17.30	11.50	17.20	16.60	14.90	16.90	17.30	16.70
Na ₂ O	1.45	4.81	1.61	1.74	2.88	1.68	1.62	1.91
K ₂ O	0.22	0.40	0.12	0.30	0.24	0.29	0.14	0.12
Toplam	99.53	99.34	99.49	99.13	99.40	99.36	99.31	99.25
Si	8.64	9.75	8.69	8.65	9.14	8.70	8.62	8.72
Al	7.25	6.15	7.18	7.27	6.73	7.19	7.24	7.15
Ti	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe ⁺²	0.11	0.08	0.10	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Ca	3.44	2.25	3.41	3.31	2.94	3.36	3.45	3.32
Na	0.52	1.70	0.58	0.63	1.03	0.60	0.58	0.69
K	0.05	0.09	0.03	0.07	0.06	0.07	0.03	0.03
Toplam	20.02	20.05	20.01	20.05	20.03	20.03	20.05	20.04
Ab	13.00	42.10	14.40	15.70	25.60	15.00	14.40	17.00
An	85.70	55.60	84.90	82.60	73.10	83.30	84.80	82.30
Or	1.30	2.30	0.70	1.80	1.40	1.70	0.80	0.70

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. a: merkez, b: kenar.

Çizelge 4.6. Trakibazaltlardaki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-5	Px-19a	Px-19b	Px-20	Px-21	Px-21a	Px-21b
SiO ₂	49.53	47.60	49.45	52.43	50.28	49.57
TiO ₂	0.70	1.21	0.95	0.80	0.69	0.82
Al ₂ O ₃	3.45	5.40	3.39	0.62	3.40	3.24
FeO	7.66	9.63	8.90	7.53	7.40	9.14
MnO	0.22	0.25	0.23	0.36	0.19	0.26
MgO	15.10	12.48	13.67	14.29	14.72	13.62
CaO	22.38	22.37	22.45	22.48	22.42	22.49
Na ₂ O	0.29	0.36	0.42	0.94	0.29	0.34
K ₂ O	0.00	0.03	0.02	0.04	0.02	0.04
Toplam	99.33	99.33	99.48	99.49	99.41	99.52
6 oksijene göre formül						
TSi	1.84	1.79	1.85	1.95	1.87	1.85
TAl	0.15	0.21	0.15	0.03	0.13	0.14
TFe ⁺³	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
M1Al	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00
M1Ti	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
M1Fe ⁺³	0.14	0.14	0.13	0.08	0.10	0.13
M1Fe ⁺²	0.00	0.10	0.08	0.11	0.05	0.09
M1Mg	0.84	0.70	0.76	0.79	0.82	0.76
M2Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2Fe ⁺²	0.08	0.06	0.06	0.02	0.08	0.06
M2Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
M2Ca	0.89	0.90	0.90	0.90	0.89	0.90
M2Na	0.02	0.03	0.03	0.07	0.02	0.03
M2K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Wo	45.17	47.15	46.19	46.33	45.92	46.10
En	42.41	36.60	39.14	40.98	41.95	38.85
Fs	12.42	16.26	14.67	12.70	12.14	15.05

Fe⁺² ve Fe⁺³ ayırımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır. a: merkez, b: kenar.

Çizelge 4.7. Trakibazaltlardaki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-5	Ox-15	Ox-16	Ox-17	Ox-18
SiO ₂	1.00	0.40	0.28	0.30
TiO ₂	10.93	10.55	4.45	11.31
Al ₂ O ₃	5.86	6.57	2.51	6.89
Cr ₂ O ₃	0.46	0.40	0.33	0.42
Fe ₂ O ₃	35.64	38.23	55.55	36.82
FeO	40.36	37.41	34.43	36.24
MnO	0.39	0.47	0.67	0.49
MgO	0.94	2.28	0.28	3.32
Toplam	95.58	96.29	98.49	95.79
4 oksijene göre formül				
Si	0.04	0.02	0.01	0.01
Ti	0.31	0.30	0.13	0.32
Al	0.26	0.29	0.11	0.30
Cr	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe ⁺³	1.02	1.08	1.60	1.03
Fe ⁺²	1.29	1.17	1.10	1.13
Mn	0.01	0.01	0.02	0.02
Mg	0.05	0.13	0.02	0.18
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00

Fe⁺² ve Fe⁺³ ayırımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır.

4.2.3. Bazaltik andezit

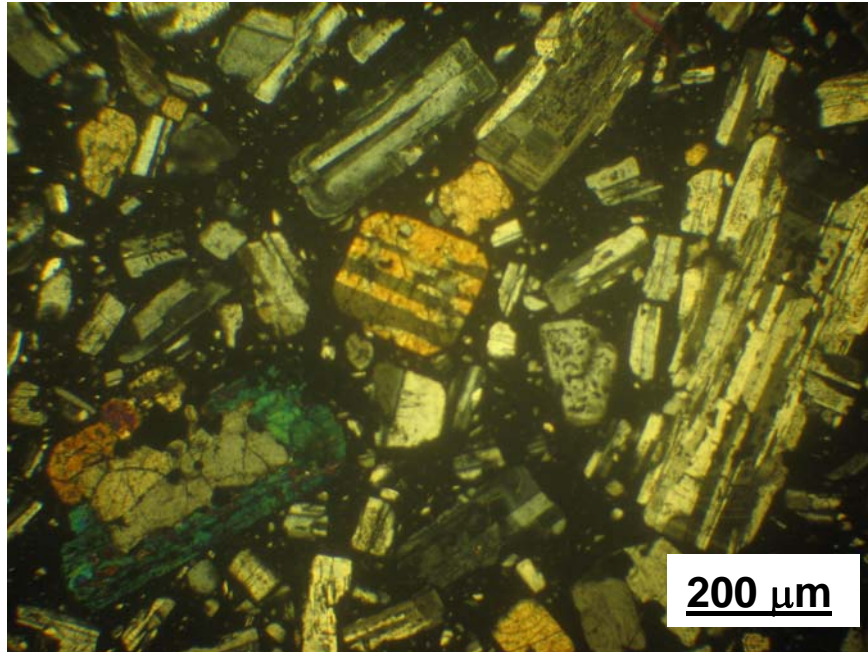
4.2.3.1. Petrografi

Bazaltik andezitler (BA) hyaloporfirik, hyalo mikrolitik porfirik ve kümülofirik dokuludur. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, piroksen, opak mineraller ve \pm olivin (altere) oluşturmaktadır. Kayaç plajiyoklas ve piroksen megakristalleri içermektedir.

Plajiyoklas feno ve mikrofenokristalleri özşekilli-yarı özşekilli, albit-periklin ikizli ve zonlu kristaller olarak gözlenirler. Plajiyoklas fenokristalleri yaygın olarak elek dokusu göstermektedir. Elek dokulu plajiyoklasların merkezleri cam kapanımları içermekte ve bu kısımların etrafı yeniden büyüme zonları tarafından kuşatılmaktadır.

Orto/klinopiroksenler özşekilsizden özşekilliye kadar değişen, sekizgen kısa prizmatik ve dikdörtgen uzun prizmatik kristaller olarak gözlenirler. Piroksenler yaygın ikizli ve bazen zonlu olarak gözlenirler. Piroksenlerle ilgili olarak dikkati çeken en önemli özellik ortopiroksenlerin klinopiroksenler tarafından sarılmasıdır (Şekil 4.15). Bazen piroksenler, plajiyoklas, opak mineral ve volkanik cam kapanımları içermektedir.

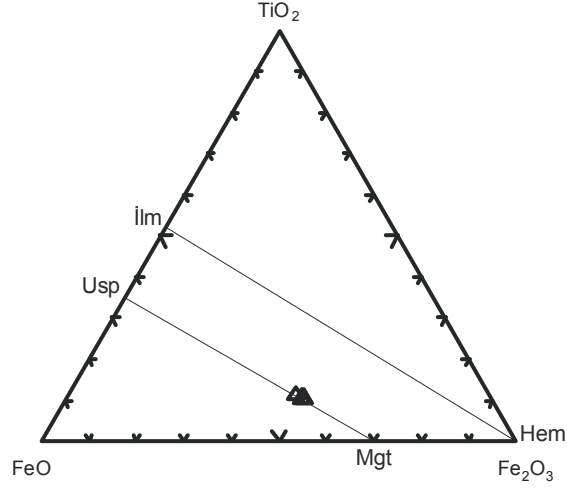
Hamur mikrolitikten camsıya kadar değişmektedir ve hyalopilitik doku gözlenmektedir. Kayaç orto/klinopiroksen, plajiyoklas ve opak mineralden ibaret tanelisel dokulu anklav içermektedir.



Şekil 4.15. Bazaltik andezitlerde gözlenen kompozit piroksen (C-18, 32X, Ç.N.)

4.2.3.2.3. Fe-Ti Oksit

Fe-Ti oksitler manyetit bileşimindedir (Şekil 4.18; Çizelge 4.10). Manyetitlerin TiO_2 içerikleri % 9-10 arasındadır.



Şekil 4.18. Bazaltik andezitlerdeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988)

Çizelge 4.8. Bazaltik andezitlerdeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-18	fl-26a	fl-26b	fl-27	fl-28a	fl-28b	fl-29a	fl-29b	fl-30a	fl-30b	fl-31
SiO ₂	45.10	44.90	50.20	48.60	48.00	46.20	48.50	45.50	50.50	50.90
TiO ₂	0.00	0.01	0.02	0.03	0.01	0.03	0.03	0.02	0.00	0.03
Al ₂ O ₃	35.70	35.00	31.10	32.10	32.50	34.10	32.50	34.10	31.30	30.90
FeO	0.49	0.58	0.63	0.55	0.64	0.58	0.72	0.56	0.59	0.69
MnO	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01
MgO	0.04	0.04	0.08	0.07	0.05	0.05	0.07	0.06	0.08	0.07
CaO	18.80	18.60	14.10	15.20	15.60	17.20	15.70	18.20	14.20	13.70
Na ₂ O	0.91	0.81	3.18	2.58	2.45	1.57	2.49	1.05	3.25	3.47
K ₂ O	0.03	0.07	0.25	0.19	0.20	0.13	0.22	0.07	0.26	0.29
Toplam	101.07	100.02	99.56	99.33	99.45	99.90	100.22	99.55	100.18	100.06
32 oksijene göre formül										
Si	8.25	8.30	9.21	8.96	8.86	8.53	8.89	8.44	9.21	9.29
Al	7.70	7.62	6.72	6.97	7.07	7.41	7.02	7.45	6.72	6.64
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺²	0.08	0.09	0.10	0.08	0.10	0.09	0.11	0.09	0.09	0.11
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Ca	3.69	3.69	2.77	3.00	3.09	3.40	3.08	3.62	2.77	2.68
Na	0.32	0.29	1.13	0.92	0.88	0.56	0.89	0.38	1.15	1.23
K	0.01	0.02	0.06	0.05	0.05	0.03	0.05	0.02	0.06	0.07
Toplam	20.05	20.02	20.01	20.02	20.05	20.05	20.06	20.01	20.03	20.03
Ab	8.00	7.30	28.60	23.20	21.90	14.10	22.00	9.40	28.80	30.90
An	91.80	92.30	70.00	75.60	76.90	85.20	76.70	90.20	69.60	67.40
Or	0.20	0.40	1.50	1.10	1.20	0.80	1.30	0.40	1.50	1.70

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. a: merkez, b: kenar.

Çizelge 4.9. Bazaltik andezitlerdeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-18	PX-22a	PX-22b	PX-23a	PX-23b	PX-25	PX-26a	PX-26b	PX-27a	PX-27b	PX-28
SiO ₂	53.09	51.22	51.83	51.33	52.89	52.54	51.11	50.82	51.39	51.79
TiO ₂	0.22	0.45	0.22	0.38	0.13	0.12	0.46	0.44	0.40	0.32
Al ₂ O ₃	0.76	2.65	1.66	2.13	1.72	0.74	2.81	2.87	1.97	1.75
FeO	18.39	10.22	19.92	9.59	16.37	19.08	10.68	12.64	10.98	13.85
MnO	0.57	0.38	0.60	0.33	0.42	0.62	0.35	0.39	0.42	0.47
MgO	24.95	14.62	23.72	15.63	26.49	24.72	14.81	15.17	14.87	18.04
CaO	1.78	19.29	1.69	20.29	1.61	1.65	19.23	17.73	19.75	13.27
Na ₂ O	0.02	0.29	0.02	0.28	0.05	0.03	0.36	0.32	0.31	0.22
K ₂ O	0.05	0.02	0.02	0.04	0.01	0.03	0.05	0.02	0.02	0.03
Toplam	99.83	99.14	99.68	100.00	99.69	99.53	99.86	100.40	100.11	99.74
6 oksijene göre formül										
TSi	1.94	1.92	1.91	1.90	1.92	1.93	1.90	1.89	1.91	1.92
TAl	0.03	0.08	0.07	0.09	0.07	0.03	0.10	0.11	0.09	0.08
TFe ⁺³	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
M1Al	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
M1Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
M1Fe ⁺³	0.05	0.04	0.08	0.10	0.08	0.06	0.07	0.10	0.09	0.07
M1Fe ⁺²	0.00	0.10	0.00	0.03	0.00	0.00	0.07	0.04	0.08	0.00
M1Mg	0.95	0.82	0.92	0.86	0.92	0.93	0.82	0.84	0.83	0.92
M2Mg	0.42	0.00	0.39	0.00	0.52	0.42	0.00	0.00	0.00	0.08
M2Fe ⁺²	0.49	0.19	0.52	0.16	0.41	0.49	0.19	0.26	0.18	0.36
M2Mn	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
M2Ca	0.07	0.78	0.07	0.81	0.06	0.07	0.77	0.71	0.79	0.53
M2Na	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02
M2K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Wo	3.47	40.26	3.33	40.76	3.12	3.21	39.69	36.18	40.03	26.78
En	67.67	42.46	65.08	43.68	71.46	66.88	42.53	43.07	41.93	50.65
Fs	28.86	17.28	31.59	15.56	25.42	29.91	17.78	20.76	18.04	22.57

Fe⁺² ve Fe⁺³ ayrımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır. a: merkez, b: kenar.

Çizelge 4.10. Bazaltik andezitlerdeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-18	Ox-19	Ox-20	Ox-21	Ox-22
SiO ₂	0.13	0.15	0.13	0.21
TiO ₂	9.44	9.38	9.59	10.27
Al ₂ O ₃	3.63	4.05	4.09	3.82
Cr ₂ O ₃	0.15	0.10	0.12	0.15
Fe ₂ O ₃	46.29	45.76	45.64	44.03
FeO	36.78	35.97	36.84	37.44
MnO	0.33	0.39	0.42	0.40
MgO	2.03	2.44	2.11	2.07
Toplam	98.77	98.22	98.93	98.39
4 oksijene göre formül				
Si	0.00	0.01	0.00	0.01
Ti	0.26	0.26	0.27	0.29
Al	0.16	0.18	0.18	0.17
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺³	1.30	1.28	1.27	1.24
Fe ⁺²	1.15	1.12	1.14	1.17
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	0.11	0.14	0.12	0.12
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00

Fe⁺² ve Fe⁺³ ayırımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır.

4.2.4. Bazaltik trakiandezit/trakiandezit

4.2.4.1. Petrografi

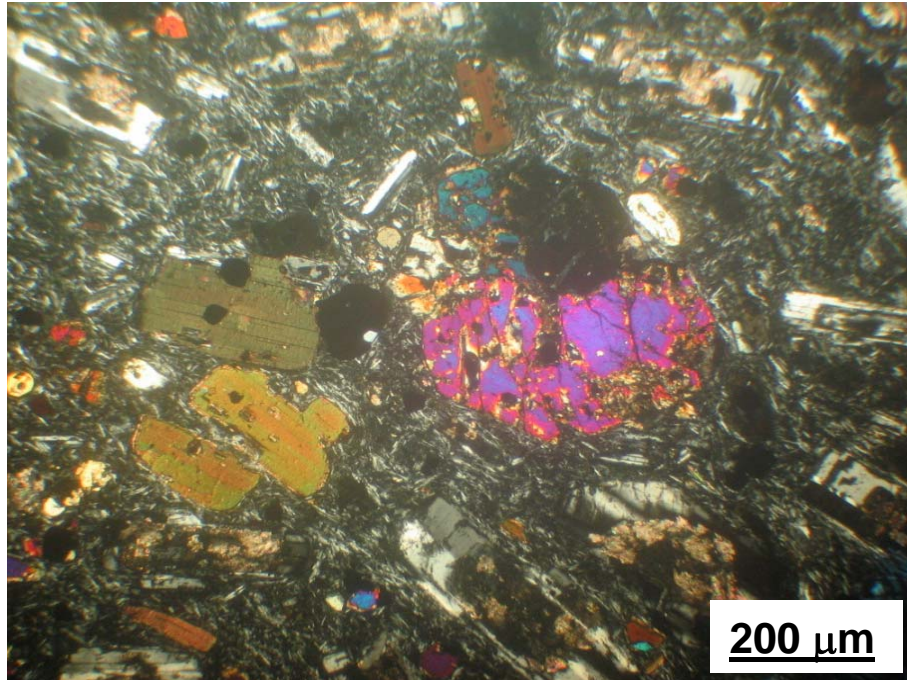
Bazaltik trakiandezitler/trakiandezitler mikrolitik porfirik, hyalo mikrolitik porfirik ve kümülofirik dokuludur. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, biyotit, piroksen ve opak mineraller oluşturmaktadır (Şekil 4.19).

Plajiyoklaslar özşekilli-yarıözşekilli albit ikizli ve bazen zonludurlar. Merkez kısımlarında serizitleşmişlerdir.

Biyotitler tek yönlü dilinimi, levhamsı şekli, kahve-kırmızımsı rengi ve kuvvetli pleokroizmasıyla tipiktirler. Yarıözşekilli-özşekilli olan biyotitler, kenarları boyunca opaklaşmışlardır.

Piroksenler özşekilli-yarıözşekilli, ikizli ve bazen zonlu olarak gözlenirler. Opak mineral ve bazen biyotit kapanımları içerirler.

Hamur mikrolitiktir, hyalopilitik ve trakitik doku gözlenmektedir. Kayacın boşluk ve gözeneklerinde ikincil kalsit ve silis mineralleri gelişmiştir.

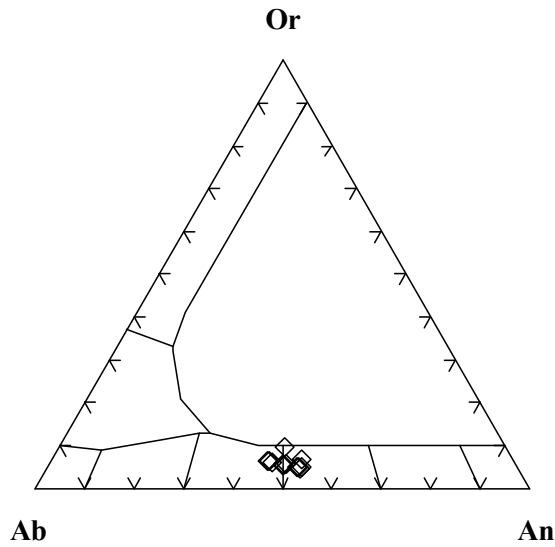


Şekil 4.19. Bazaltik trakiandezitlerde trakitik bir hamur içindeki biyotit, klinopiroksen ve plajiyoklas fenokristallerinin görünümü (C-8, 32X, Ç.N.)

4.2.4.2. Mineral kimyası

4.2.4.2.1. Plajiyoklas

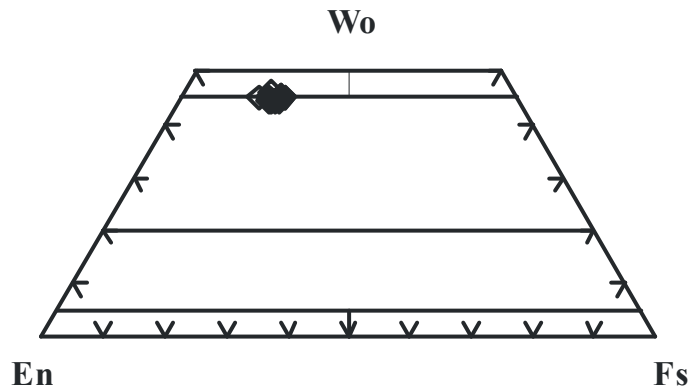
Plajiyoklas feno ve mikrofenokristallerinin bileşimi andezinden (An_{44}) labradora (An_{52}) kadar değişmektedir (Şekil 4.20; Çizelge 4.11). Plajiyoklaslarda normal zonlanma (merkez: An_{50-51} , kenar: An_{44-45}) ve zayıf ters zonlanma (merkez: An_{47-50} , kenar: An_{48-51}) gözlenmektedir.



Şekil 4.20. Bazaltik trakiandezitlerdeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması

4.2.4.2.2. Piroksen

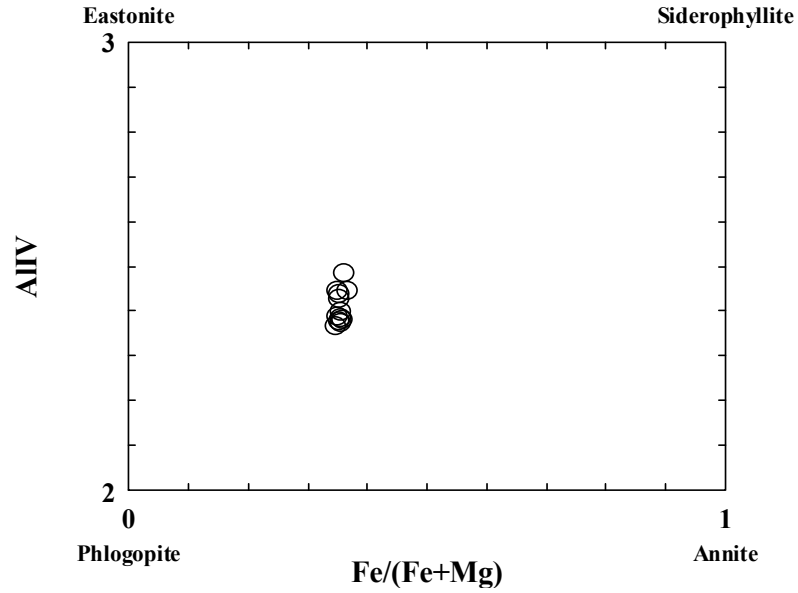
Piroksen feno ve mikrofenokristalleri diyopsitik ojit (Wo_{44-46} En_{38-42} Fs_{13-17}) bileşimindedir (Şekil 4.21; Çizelge 4.12).



Şekil 4.21. Bazaltik trakiandezitlerdeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması

4.2.4.2.3. Biotit

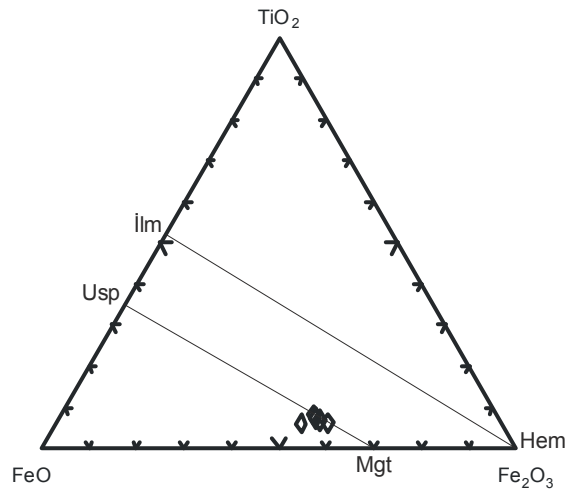
Biyotitler filogopitçe zengindir ve önemli bir bileşimsel değişiklik göstermezler (Şekil 4.22; Çizelge 4.13). Biotitlerin Mg# değerleri 0.63-0.65 arasında dar bir değişim göstermektedir.



Şekil 4.22. Bazaltik trakiandezitlerdeki biyotitlerin Deer ve ark.'na (1989) göre sınıflaması

4.2.4.2.4. Fe-Ti Oksit

Fe-Ti oksitler manyetit bileşimindedir (Şekil 4.23; Çizelge 4.14). Manyetitlerin TiO_2 içerikleri % 4-5 arasındadır.



Şekil 4.23. Bazaltik andezitlerdeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988)

Çizelge 4.11. Bazaltik trakiandezitlerdeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-8	fl-15a	fl-15b	fl-16a	fl-16b	fl-17	fl-18a	fl-18b	fl-19a	fl-19b	fl-20
SiO ₂	54.70	56.60	55.20	55.10	56.30	56.10	55.80	55.20	56.60	55.10
TiO ₂	0.02	0.00	0.01	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Al ₂ O ₃	28.00	26.70	27.40	27.60	27.00	27.00	27.00	27.40	26.30	27.80
FeO	0.41	0.43	0.41	0.47	0.43	0.43	0.44	0.40	0.42	0.46
MnO	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01
MgO	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.02	0.05
CaO	10.30	8.97	10.30	10.40	9.59	9.67	9.90	10.30	9.30	10.40
Na ₂ O	5.02	5.60	4.78	4.90	5.26	5.28	5.27	4.97	5.62	4.95
K ₂ O	0.82	1.09	1.17	0.82	0.94	0.95	0.96	0.87	1.03	0.79
Toplam	99.31	99.43	99.31	99.39	99.57	99.47	99.41	99.19	99.33	99.55
32 oksijene göre formül										
Si	9.96	10.26	10.06	10.02	10.19	10.18	10.14	10.06	10.28	10.00
Al	6.00	5.70	5.88	5.91	5.76	5.77	5.78	5.88	5.63	5.94
Ti	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺²	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Mg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca	2.01	1.74	2.01	2.03	1.86	1.88	1.93	2.01	1.81	2.02
Na	1.77	1.97	1.69	1.73	1.85	1.86	1.86	1.76	1.98	1.74
K	0.19	0.25	0.27	0.19	0.22	0.22	0.22	0.20	0.24	0.18
Toplam	20.01	19.99	19.98	19.97	19.95	19.97	20.00	19.98	20.01	19.98
Ab	44.60	49.70	42.50	43.80	47.10	46.90	46.30	44.20	49.10	44.10
An	50.60	44.00	50.60	51.40	47.40	47.50	48.10	50.70	44.90	51.20
Or	4.80	6.40	6.90	4.80	5.50	5.60	5.60	5.10	5.90	4.60

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. a: merkez, b: kenar.

Çizelge 4.12. Bazaltik trakiandezitlerdeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-8	Px-12a	Px-12b	Px-13	Px-14a	Px-14b	Px-15a	Px-15b	Px-16a	Px-16b	Px-18
SiO ₂	50.79	50.28	50.54	49.11	50.44	50.00	50.38	49.98	50.80	49.73
TiO ₂	0.27	0.46	0.36	0.94	0.30	0.58	0.30	0.71	0.26	0.43
Al ₂ O ₃	2.20	3.00	2.84	4.23	2.39	3.48	2.38	3.07	2.48	3.49
FeO	9.95	8.72	9.45	9.15	9.36	7.88	9.43	9.01	9.92	8.54
MnO	0.61	0.43	0.57	0.23	0.61	0.22	0.53	0.27	0.55	0.29
MgO	13.22	14.17	13.28	14.12	13.44	14.69	13.58	14.25	13.16	13.84
CaO	21.97	21.94	22.02	21.61	22.09	22.12	21.85	21.66	21.84	22.57
Na ₂ O	0.50	0.43	0.51	0.40	0.57	0.32	0.49	0.36	0.49	0.37
K ₂ O	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.03	0.01	0.02	0.03
Toplam	99.55	99.46	99.61	99.83	99.25	99.33	98.97	99.32	99.52	99.29
6 oksijene göre formül										
TSi	1.90	1.87	1.89	1.82	1.89	1.86	1.89	1.87	1.91	1.86
TAl	0.10	0.13	0.11	0.18	0.11	0.14	0.11	0.13	0.10	0.14
TFe ⁺³	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M1Al	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
M1Ti	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
M1Fe ⁺³	0.12	0.13	0.11	0.14	0.14	0.12	0.13	0.12	0.10	0.14
M1Fe ⁺²	0.14	0.07	0.12	0.04	0.11	0.04	0.11	0.07	0.14	0.07
M1Mg	0.74	0.79	0.74	0.78	0.75	0.81	0.76	0.79	0.74	0.77
M2Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2Fe ⁺²	0.06	0.08	0.06	0.10	0.05	0.09	0.07	0.10	0.07	0.06
M2Mn	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
M2Ca	0.88	0.88	0.88	0.86	0.89	0.88	0.88	0.87	0.88	0.90
M2Na	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03
M2K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Wo	45.19	44.96	45.57	44.48	45.47	45.25	45.03	44.45	45.19	46.32
En	37.84	40.40	38.24	40.44	38.50	41.81	38.94	40.69	37.89	39.52
Fs	16.97	14.64	16.20	15.08	16.03	12.94	16.03	14.87	16.92	14.15

Fe⁺² ve Fe⁺³ ayırımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır. a: merkez, b: kenar.

Çizelge 4.13. Bazaltik trakiandezitlerdeki biyotitlerin mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-8	Bi-1	Bi-2	Bi-3	Bi-4a	Bi-4b	Bi-5a	Bi-5b	Bi-6a	Bi-6b	Bi-7	Bi-7a	Bi-7b
SiO ₂	35.21	35.61	35.51	35.45	35.33	35.02	36.01	35.26	34.73	34.85	34.64	35.94
TiO ₂	3.54	3.71	3.75	3.88	3.60	4.63	3.72	3.14	3.19	2.93	3.08	3.74
Al ₂ O ₃	14.78	15.15	15.17	15.05	15.03	14.87	15.21	15.59	15.23	15.51	16.13	15.33
FeO*	14.79	14.76	14.95	14.96	14.81	15.08	14.66	14.99	14.84	14.98	15.13	15.08
MnO	0.19	0.21	0.20	0.24	0.21	0.22	0.20	0.20	0.22	0.22	0.21	0.22
MgO	15.25	15.53	15.20	15.22	15.06	14.70	15.56	15.46	15.57	15.55	15.16	15.30
CaO	0.05	0.03	0.05	0.01	0.07	0.03	0.00	0.01	0.03	0.04	0.03	0.00
Na ₂ O	0.69	0.70	0.72	0.80	0.73	0.91	0.77	0.72	0.69	0.68	0.68	0.67
K ₂ O	9.58	9.35	9.22	9.39	9.30	9.52	9.65	9.73	9.54	9.38	9.23	9.73
Toplam	94.07	95.05	94.76	94.98	94.13	94.98	95.79	95.09	94.03	94.15	94.30	96.01
22 oksijene göre formül												
Si	5.39	5.38	5.38	5.37	5.39	5.32	5.40	5.34	5.33	5.33	5.29	5.39
Al ^{IV}	2.61	2.62	2.62	2.63	2.61	2.66	2.60	2.66	2.68	2.67	2.71	2.61
Al ^{VI}	0.05	0.07	0.09	0.05	0.10	0.00	0.08	0.12	0.08	0.12	0.18	0.09
Ti	0.41	0.42	0.43	0.44	0.41	0.53	0.42	0.36	0.37	0.34	0.35	0.42
Fe ⁺²	1.89	1.87	1.89	1.89	1.89	1.92	1.84	1.90	1.90	1.92	1.93	1.89
Mn	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Mg	3.48	3.50	3.43	3.44	3.43	3.33	3.48	3.49	3.56	3.55	3.45	3.42
Ca	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Na	0.21	0.20	0.21	0.24	0.22	0.27	0.23	0.21	0.20	0.20	0.20	0.19
K	1.87	1.80	1.78	1.82	1.81	1.85	1.85	1.88	1.87	1.83	1.80	1.86
Toplam	15.94	15.89	15.87	15.91	15.89	15.91	15.91	15.99	16.01	15.99	15.95	15.90
Mg#	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64	0.63	0.65	0.65	0.65	0.65	0.64	0.64

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. a: merkez, b: kenar.

Mg#: Mg/Fe+Mg

Çizelge 4.14. Bazaltik trakiandezitlerdeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-8	Ox-10	Ox-11	Ox-12	Ox-13	Ox-14
SiO ₂	0.48	0.58	0.35	0.22	3.00
TiO ₂	6.11	6.58	7.47	5.74	5.20
Al ₂ O ₃	3.98	3.77	4.00	4.01	5.14
Cr ₂ O ₃	0.04	0.05	0.07	0.17	0.07
Fe ₂ O ₃	49.90	48.77	48.95	52.92	43.89
FeO	34.24	35.05	35.36	33.70	35.96
MnO	0.80	0.90	0.68	0.75	0.65
MgO	1.32	1.05	1.75	1.75	1.85
Toplam	96.87	96.74	98.63	99.26	95.76
4 oksijene göre formül					
Si	0.02	0.02	0.01	0.01	0.11
Ti	0.18	0.19	0.21	0.16	0.15
Al	0.18	0.17	0.18	0.18	0.23
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺³	1.43	1.41	1.38	1.48	1.25
Fe ⁺²	1.09	1.12	1.10	1.05	1.14
Mn	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
Mg	0.08	0.06	0.10	0.10	0.10
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Fe⁺² ve Fe⁺³ ayırımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır.

4.2.5. Andezit

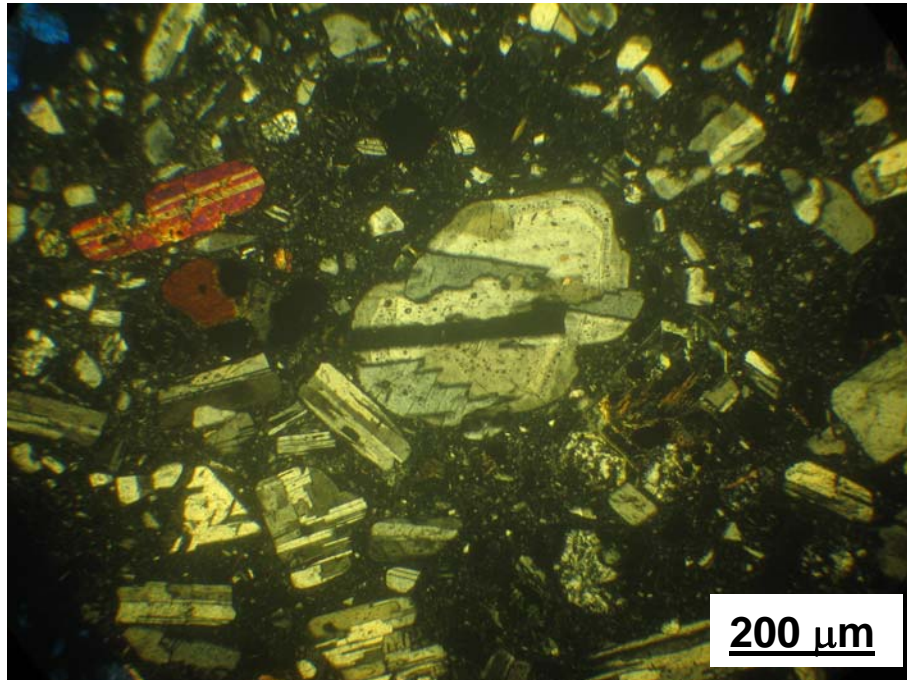
4.2.5.1. Petrografi

Andezitler hyalo mikrolitik porfirik ve kümülofirik dokuludur. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, orto/klinopiroksen ve opak mineraller oluşturmaktadır.

Plajiyoklas feno ve mikrofenokristalleri yaygın olarak albit ve albit-periklin ikizlidir. Çoğunlukla özşekilli-yarı özşekilli kristaller olarak gözlenirler. Fakat bazıları rezorbsiyon nedeniyle yuvarlaklaşmışlardır. Plajiyoklas fenokristallerinde halkalı zonlanma ve elek dokusu gibi dengesizlik dokuları yaygındır (Şekil 4.24). Bazen piroksen kapanımları içermektedirler. Yer yer karbonatlaşma göstermektedirler.

Orto ve klinopiroksen feno ve mikrofenokristalleri çoğunlukla özşekilli ve tipik sekizgen kristal formuna sahiptir. Piroksenler opak mineral ve apatit kapanımları içermektedir.

Hamur mikrolitiktir, hyalopilitik doku gözlenmektedir. Kayacın boşluk ve gözeneklerinde ikincil silis mineralleri gelişmiştir.

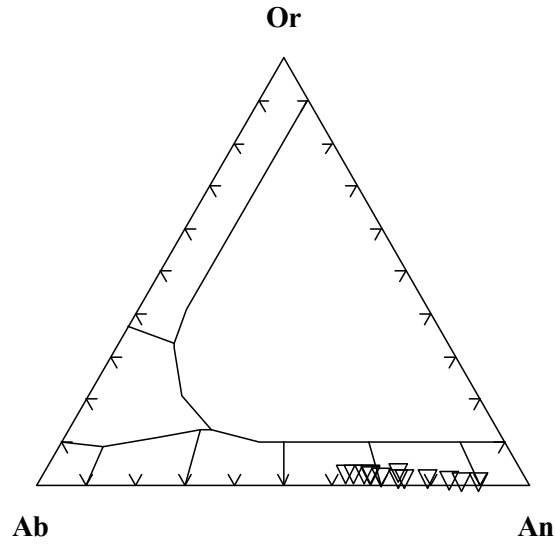


Şekil 4.24. Andezitlerde zonlanma gösteren plajiyoklas (C-15, 32X, Ç.N.)

4.2.5.2. Mineral kimyası

4.2.5.2.1. Plajiyoklas

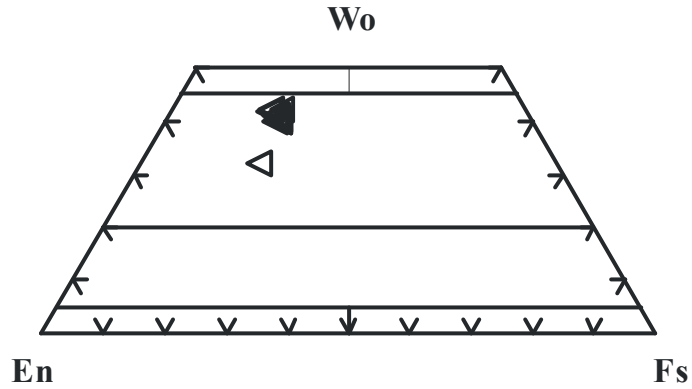
Plajiyoklas feno ve mikrofenokristallerinin bileşimi labradordan (An_{61}) bitovnite (An_{89}) kadar değişmektedir (Şekil 4.25; Çizelge 4.15). Plajiyoklaslarda normal zonlanma (merkez: An_{72-89} , kenar: An_{62-69}) gözlenmektedir.



Şekil 4.25. Andezitlerdeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması

4.2.5.2.2. Piroksen

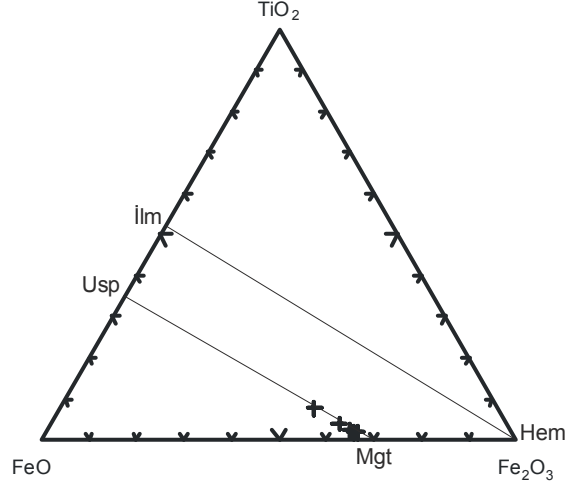
Piroksen feno ve mikrofenokristalleri ojit ($Wo_{32-42} En_{38-49} Fs_{16-20}$) bileşimindedir (Şekil 4.26; Çizelge 4.16).



Şekil 4.26. Andezitlerdeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması

4.2.5.2.3. Fe-Ti Oksit

Fe-Ti oksitler manyetit bileşimindedir (Şekil 4.27; Çizelge 4.17). Manyetitlerin TiO_2 içerikleri % 2-7 arasındadır.



Şekil 4.27. Andezitlerdeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988)

Çizelge 4.15. Andezitlerdeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-15	fl-34a	fl-34b	fl-35	fl-36a	fl-36b	fl-37	fl-38a	fl-38b	fl-39a	fl-39b
SiO ₂	49.20	50.20	51.50	45.10	50.60	49.00	46.10	52.00	49.80	51.40
TiO ₂	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01
Al ₂ O ₃	32.20	31.40	30.30	34.70	30.90	31.90	34.50	30.30	31.50	30.70
FeO	0.51	0.55	0.54	0.43	0.47	0.57	0.55	0.58	0.73	0.55
MnO	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00
MgO	0.04	0.05	0.05	0.03	0.06	0.05	0.05	0.04	0.13	0.04
CaO	14.60	14.10	12.80	17.90	13.40	14.90	17.30	12.40	14.40	13.20
Na ₂ O	2.90	3.33	3.90	1.10	3.49	2.76	1.49	3.99	2.78	3.61
K ₂ O	0.25	0.30	0.45	0.08	0.42	0.25	0.13	0.43	0.44	0.43
Toplam	99.71	99.93	99.56	99.36	99.34	99.46	100.12	99.75	99.85	99.95
32 oksijene göre formül										
Si	9.03	9.18	9.42	8.38	9.29	9.02	8.49	9.48	9.13	9.37
Al	6.96	6.76	6.53	7.59	6.68	6.92	7.48	6.50	6.80	6.59
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺²	0.08	0.09	0.08	0.07	0.07	0.09	0.08	0.09	0.11	0.08
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Mg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	0.01
Ca	2.87	2.76	2.51	3.56	2.64	2.94	3.41	2.42	2.83	2.58
Na	1.03	1.18	1.38	0.40	1.24	0.99	0.53	1.41	0.99	1.28
K	0.06	0.07	0.10	0.02	0.10	0.06	0.03	0.10	0.10	0.10
Toplam	20.03	20.05	20.05	20.02	20.03	20.03	20.04	20.01	20.01	20.01
Ab	26.00	29.40	34.60	10.00	31.20	24.70	13.40	35.90	25.20	32.30
An	72.50	68.90	62.80	89.60	66.30	73.80	85.80	61.60	72.10	65.20
Or	1.50	1.70	2.60	0.50	2.50	1.50	0.80	2.60	2.70	2.50

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. a: merkez, b: kenar.

Çizelge 4.16. Andezitlerdeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-15	PX-30a	PX-30b	PX-31a	PX-31b	PX-32	PX-33	PX-35	PX-36	PX-37a	PX-37b
SiO ₂	50.72	50.34	50.83	50.49	50.86	51.00	50.21	50.56	49.86	50.44
TiO ₂	0.47	0.48	0.40	0.52	0.43	0.37	0.45	0.43	0.70	0.42
Al ₂ O ₃	2.40	2.41	2.83	2.86	2.46	2.21	2.95	2.46	3.83	2.26
FeO	12.00	10.65	10.40	11.17	9.73	9.72	11.06	10.84	10.77	11.34
MnO	0.38	0.43	0.35	0.43	0.38	0.43	0.38	0.42	0.40	0.46
MgO	17.38	14.43	14.47	14.38	14.72	14.99	14.34	14.81	13.71	14.49
CaO	15.97	20.05	19.90	19.30	20.88	20.61	19.70	19.67	20.22	19.74
Na ₂ O	0.33	0.38	0.50	0.44	0.36	0.36	0.32	0.33	0.35	0.40
K ₂ O	0.05	0.04	0.05	0.06	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.01
Toplam	99.70	99.21	99.73	99.65	99.85	99.72	99.43	99.54	99.88	99.56
6 oksijene göre formül										
TSi	1.88	1.89	1.89	1.89	1.89	1.90	1.88	1.89	1.86	1.89
TAl	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.12	0.11	0.14	0.10
TFe ⁺³	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
M1Al	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00
M1Ti	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
M1Fe ⁺³	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.09	0.12
M1Fe ⁺²	0.00	0.07	0.06	0.07	0.06	0.05	0.07	0.05	0.09	0.06
M1Mg	0.87	0.81	0.80	0.80	0.82	0.83	0.80	0.83	0.76	0.81
M2Mg	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2Fe ⁺²	0.24	0.15	0.16	0.18	0.13	0.14	0.17	0.17	0.15	0.16
M2Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
M2Ca	0.63	0.81	0.79	0.77	0.83	0.82	0.79	0.79	0.81	0.79
M2Na	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03
M2K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Wo	32.06	41.10	41.09	39.90	42.39	41.73	40.55	40.09	42.11	40.19
En	48.54	41.16	41.57	41.37	41.58	42.23	41.07	41.99	39.73	41.05
Fs	19.40	17.74	17.33	18.73	16.03	16.05	18.39	17.92	18.17	18.76

Fe⁺² ve Fe⁺³ ayırımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır. a: merkez, b: kenar.

Çizelge 4.17. Andezitlerdeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları

Örnek C-15	Ox-23	Ox-24	Ox-25	Ox-26	Ox-27
SiO ₂	0.07	0.07	0.11	0.10	0.38
TiO ₂	1.69	1.73	3.78	2.11	7.47
Al ₂ O ₃	3.32	3.10	3.72	3.38	0.43
Cr ₂ O ₃	0.09	0.10	0.12	0.09	0.07
Fe ₂ O ₃	62.21	61.83	57.54	61.17	52.46
FeO	30.96	31.51	33.39	32.47	37.85
MnO	0.71	0.44	0.35	0.41	0.40
MgO	1.05	0.77	1.05	0.61	0.02
Toplam	100.08	99.55	100.05	100.34	99.08
4 oksijene göre formül					
Si	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Ti	0.05	0.05	0.11	0.06	0.22
Al	0.15	0.14	0.16	0.15	0.02
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺³	1.75	1.76	1.61	1.72	1.52
Fe ⁺²	0.97	0.99	1.04	1.02	1.22
Mn	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	0.06	0.04	0.06	0.03	0.00
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Fe⁺² ve Fe⁺³ ayırımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır.

4.3. Jeokimya

Bu bölümde çalışma alanında yer alan volkanik kayaçların jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla petrografik incelemesi yapılmış ve en az veya hiç alterasyona uğramamış 26 adet volkanik kayaç örneğinin ana, iz ve nadir toprak element analizleri yaptırılmıştır.

Bu bölümde incelenen volkanik kayaçların kimyasal bileşimindeki değişiklikler ile oluşumlarında etkili olan mağmatik olaylar arasındaki ilişki ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Analiz laboratuvarından toplam demir olarak gelen Fe_2O_3 değerinde CIPW normlarını hesaplayabilmek için FeO ve Fe_2O_3 ayrımı yapılmıştır. Bu amaçla Middlemost (1989) tarafından volkanik kayaçlar için önerilen Fe_2O_3/FeO oranları kullanılmıştır.

Elde edilen ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) analiz sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

4.3.1. Volkanik kayaçların kimyasal adlama ve sınıflaması

İncelenen volkanik kayaçları adlandırmak için IUGS tarafından (Le Maitre ve ark., 2002) önerilen Le Bas ve ark.’nın (1986) toplam alkali-silis (TAS) diyagramı kullanılmıştır. TAS diyagramı taze volkanik kayaçlar için uygundur. Kimyasal analizle elde edilen ateşte kayıp (LOI) değeri alterasyonun bir göstergesi olarak kullanılabilir. Genel olarak LOI değerinin % ~ 2.5 durumlarda kayaç taze olarak değerlendirilmektedir. LOI değerine bakıldığında, kimyasal analizi yapılan volkanik kayaçların bazılarının taze bazılarının ise altere volkanik kayaç olarak değerlendirmek mümkündür. Ayrıca bu diyagramı kullanmadan önce, analiz sonuçlarını susuz bazda % 100’e yeniden hesaplamak ve bazı alanlara düşen kayaçları doğru adlayabilmek için de CIPW normlarını belirlemek gerekmektedir.

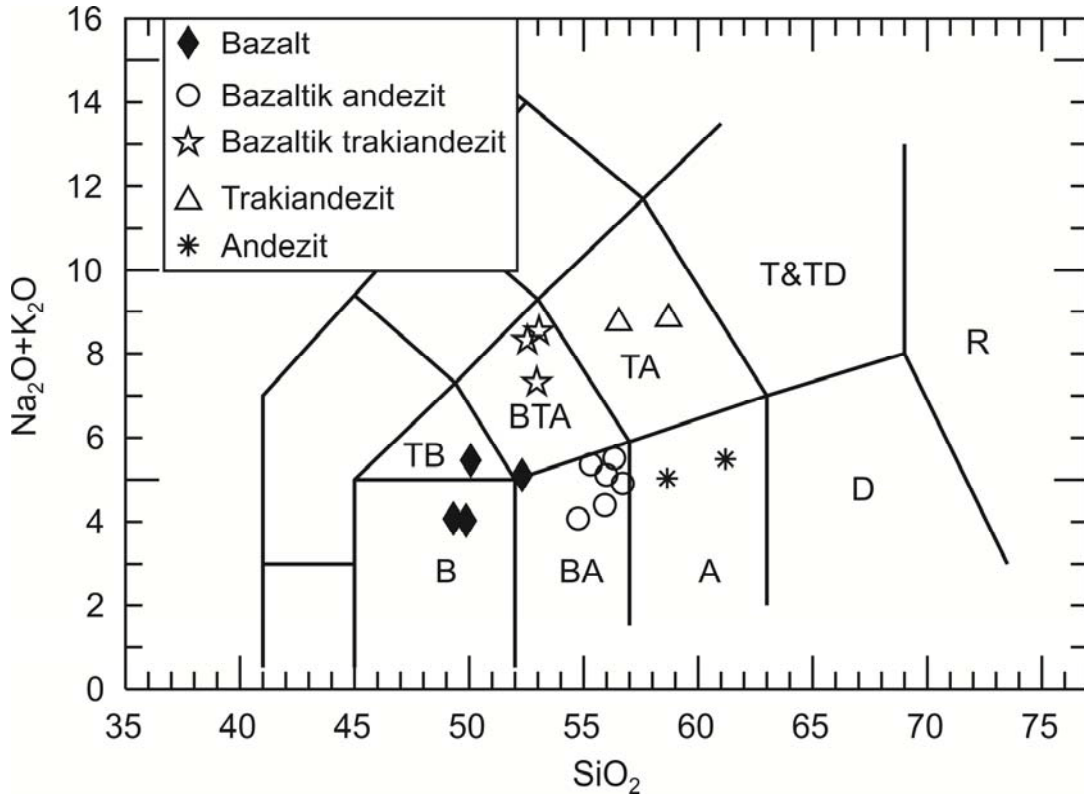
İncelenen taze volkanik kayaçlar TAS diyagramında bazalt (B), trakibazalt (TB), bazaltik andezit (BA), bazaltik trakiandezit (BTA) ve andezit (A) alanlarına düşmektedir (Şekil 4.28).

Çizelge 4.18. İncelenen volkanik kayaların ana oksit, iz ve nadir toprak element analiz sonuçları

%	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9	C-10	C-11	C-12	C-13
SiO ₂	47.99	44.69	55.32	46.99	46.96	50.67	49.01	50.77	51.04	53.23	53.69	57.59	54.32
Al ₂ O ₃	15.03	15.13	16.90	16.49	15.14	17.38	16.75	17.41	16.20	18.26	17.81	18.77	17.27
FeO	9.49	9.55	5.27	9.27	8.74	8.35	9.60	7.97	6.05	6.51	7.56	6.15	7.93
MgO	7.49	6.52	1.94	3.36	5.88	3.74	6.14	3.49	4.76	2.39	4.17	1.41	3.60
CaO	12.18	12.71	5.54	8.21	11.50	7.16	9.82	6.76	8.28	4.90	7.53	8.45	7.97
Na ₂ O	1.73	3.95	2.71	1.90	2.18	3.09	2.25	2.95	1.42	2.42	2.36	2.63	2.62
K ₂ O	2.23	1.54	5.60	4.28	2.77	4.92	3.09	5.21	4.49	5.77	1.86	2.31	2.34
TiO ₂	0.78	0.77	0.56	0.73	0.78	0.64	0.81	0.63	0.83	0.74	0.67	0.65	0.64
P ₂ O ₅	0.22	0.40	0.26	0.28	0.21	0.34	0.24	0.36	0.34	0.32	0.20	0.16	0.18
MnO	0.17	0.18	0.13	0.18	0.17	0.14	0.17	0.14	0.07	0.09	0.15	0.07	0.15
LOI	2.40	4.20	5.50	8.10	5.40	3.30	1.80	4.10	6.20	5.10	3.80	1.60	2.80
Toplam	99.72	99.65	99.78	99.80	99.76	99.75	99.74	99.76	99.75	99.76	99.78	99.85	99.79
İz Elementler (ppm)													
Ba	387.0	632.0	573.0	467.0	346.0	506.0	423.0	541.0	477.0	739.0	566.0	411.0	462.0
Co	35.7	31.8	14.1	24.6	32.8	18.8	31.1	19.0	19.4	19.6	24.0	11.4	19.0
Cs	1.5	23.9	0.9	2.4	6.5	2.3	3.2	3.1	5.1	3.9	4.3	2.8	4.0
Ga	15.0	16.7	17.2	16.9	14.7	16.4	15.5	19.0	16.7	18.6	17.6	17.2	16.9
Hf	3.2	4.9	6.8	4.6	3.2	6.0	3.4	6.8	4.2	6.9	3.2	2.1	2.8
Nb	8.8	18.2	18.7	9.7	7.5	16.3	8.3	18.0	9.9	18.8	6.1	5.7	6.1
Rb	64.3	57.7	148.6	142.8	110.0	133.6	89.6	140.9	157.2	170.4	60.5	70.1	79.9
Sr	509.0	793.4	479.5	264.2	472.7	502.7	475.6	452.5	509.5	347.3	435.9	406.6	461.7
Ta	0.6	1.0	1.2	0.5	0.5	1.0	0.5	1.1	0.5	1.4	0.5	0.5	0.5
Th	8.4	21.9	24.4	13.3	8.1	21.4	9.8	23.4	12.0	23.8	9.6	7.9	9.3
U	2.3	6.0	6.7	3.2	2.4	5.4	3.3	5.7	2.9	3.1	2.9	2.5	3.0
V	261.0	244.0	91.0	237.0	254.0	149.0	286.0	165.0	253.0	154.0	221.0	207.0	208.0
Zr	113.5	206.7	269.1	165.3	122.3	228.4	133.1	237.4	153.4	277.3	109.2	88.8	108.8
Y	19.5	30.7	21.2	22.8	19.9	24.5	20.7	27.2	24.4	23.5	22.5	15.6	20.4
Mo	1.3	1.3	1.1	0.4	0.9	0.5	0.9	0.7	0.5	0.4	0.4	0.7	0.6
Cu	109.1	99.5	53.5	104.5	105.2	79.5	115.3	91.3	107.0	34.0	23.1	36.3	62.5
Pb	5.8	21.8	6.3	3.7	6.7	5.7	2.0	7.2	2.8	5.7	3.9	7.0	2.4
Zn	52.0	68.0	55.0	57.0	59.0	69.0	57.0	68.0	59.0	72.0	51.0	68.0	38.0
Ni	31.2	15.2	11.0	12.8	27.5	10.9	17.0	11.3	25.3	13.4	7.5	4.7	4.2
Cr	301.0	157.4	34.2	34.2	212.1	34.2	82.1	47.9	232.6	34.2	41.1	61.6	54.7
Sc	36.0	23.0	11.0	26.0	33.0	15.0	33.0	14.0	31.0	17.0	22.0	23.0	22.0
As	5.4	4.6	3.7	1.4	4.2	1.1	5.8	2.0	1.1	8.7	1.4	1.7	0.7
Nadir Toprak Elementler (ppm)													
La	25.2	58.7	54.2	38.9	25.9	55.7	31.4	58.0	36.0	55.0	24.7	18.2	21.2
Ce	54.6	125.5	106.1	82.5	55.6	106.9	66.7	110.8	77.5	113.3	46.3	37.5	44.0
Pr	6.5	14.0	11.3	9.2	6.7	11.8	8.1	12.9	9.2	12.2	6.4	4.1	5.2
Nd	26.3	55.5	40.1	36.8	26.5	42.9	33.4	50.1	35.2	44.9	24.6	16.6	19.8
Sm	5.3	9.8	6.8	6.6	5.3	7.9	6.4	8.5	6.9	7.6	5.2	3.5	4.3
Eu	1.4	2.2	1.5	1.6	1.3	1.8	1.6	1.9	1.7	1.7	1.4	1.0	1.1
Gd	4.7	7.7	5.1	5.5	5.0	6.6	5.5	6.4	6.3	6.0	4.9	3.3	3.9
Tb	0.7	1.1	0.8	0.8	0.7	0.9	0.8	1.0	0.9	0.9	0.8	0.5	0.6
Dy	3.7	5.1	3.9	4.1	3.7	4.9	4.1	5.4	4.7	4.5	4.1	3.2	3.4
Ho	0.7	1.0	0.8	0.8	0.7	0.9	0.8	1.0	0.9	0.8	0.8	0.6	0.7
Er	2.1	2.7	2.1	2.2	1.9	2.5	2.1	2.6	2.3	2.3	2.3	1.8	2.0
Tm	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3
Yb	1.7	2.4	2.0	1.9	1.8	2.4	1.9	2.5	2.2	2.2	2.2	1.8	1.9
Lu	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Çizelge 4.18 (devamı)

%	C-14	C-15	C-17	C-18	C-19	C-20	C-21	C-22	C-23	C-24	C-25	C-26	C-27
SiO ₂	54.62	60.47	55.66	54.16	53.72	51.44	51.55	51.02	50.79	50.67	54.50	48.84	43.26
Al ₂ O ₃	17.61	17.26	18.42	18.27	18.97	17.71	17.76	16.06	17.32	16.98	18.19	15.14	13.66
FeO	6.32	5.80	7.22	8.35	6.40	9.33	6.92	6.07	7.45	7.29	4.54	9.85	8.28
MgO	2.12	1.51	3.26	4.49	2.34	4.46	4.12	4.94	3.48	4.92	2.22	7.05	6.58
CaO	9.86	7.47	7.91	8.76	9.61	9.31	8.59	8.55	6.62	8.27	7.43	11.85	13.47
Na ₂ O	2.67	2.66	2.68	2.57	2.62	2.51	2.74	1.38	2.61	2.44	3.12	1.77	2.26
K ₂ O	2.67	2.76	2.14	1.46	2.59	2.51	4.38	4.43	4.58	3.53	5.29	2.17	2.01
TiO ₂	0.65	0.64	0.56	0.58	0.60	0.71	0.84	0.84	0.76	0.89	0.74	0.87	0.80
P ₂ O ₅	0.21	0.19	0.17	0.12	0.13	0.20	0.33	0.30	0.34	0.21	0.30	0.23	0.22
MnO	0.22	0.06	0.13	0.15	0.15	0.15	0.12	0.08	0.11	0.11	0.08	0.16	0.17
LOI	2.90	1.00	1.70	0.90	2.70	1.40	2.40	6.10	5.60	4.50	3.30	1.80	9.00
Toplam	99.81	99.85	99.82	99.81	99.84	99.77	99.72	99.76	99.65	99.78	99.76	99.74	99.77
İz Elementler (ppm)													
Ba	472.0	430.0	453.0	330.0	368.0	440.0	635.0	448.0	554.0	473.0	594.0	307.0	297.0
Co	15.0	10.3	16.1	21.6	18.1	28.1	23.7	16.5	19.7	21.0	15.9	36.2	30.6
Cs	3.1	3.2	3.3	3.3	3.0	2.4	2.8	4.3	3.7	0.6	4.4	0.7	1.5
Ga	16.1	16.9	14.7	14.7	18.1	18.6	20.2	15.3	19.1	17.1	18.1	16.0	13.0
Hf	2.9	2.5	2.4	2.0	1.8	3.2	6.4	4.0	5.8	3.8	7.2	3.4	2.6
Nb	7.3	5.4	4.5	3.5	4.6	7.2	15.2	7.7	15.3	7.9	19.2	8.0	6.5
Rb	88.4	90.0	63.5	46.6	74.3	63.8	140.9	146.6	141.0	61.8	190.0	64.8	41.3
Sr	461.0	403.3	382.1	307.1	346.8	462.4	647.9	450.5	1319.5	349.3	548.8	525.5	366.8
Ta	0.6	0.5	0.4	0.2	0.4	0.5	1.0	0.4	0.8	0.7	1.4	0.5	0.4
Th	9.3	9.1	7.8	4.9	6.6	9.9	20.9	12.6	18.7	12.2	24.1	7.1	6.7
U	3.2	3.3	2.6	2.2	2.9	3.0	5.2	2.2	2.6	2.6	5.2	2.2	2.3
V	214.0	195.0	169.0	213.0	251.0	278.0	202.0	248.0	213.0	249.0	151.0	293.0	258.0
Zr	112.2	103.4	85.2	68.8	76.8	112.1	218.9	137.0	213.6	139.8	273.3	118.1	99.8
Y	19.0	15.7	14.7	14.3	18.5	20.5	24.7	22.1	33.9	17.3	24.3	23.0	20.1
Mo	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.9	0.4	0.4	0.4	0.4	1.1	1.0	0.4
Cu	73.6	26.8	25.4	88.4	87.6	123.9	88.5	121.7	99.1	40.0	36.4	105.5	81.9
Pb	3.0	3.3	5.8	2.4	4.1	4.5	7.7	3.9	5.2	7.4	3.9	4.6	5.7
Zn	61.0	32.0	47.0	23.0	53.0	64.0	64.0	61.0	66.0	68.0	63.0	56.0	51.0
Ni	5.4	4.4	4.2	6.2	9.0	11.4	12.8	26.8	11.4	11.1	14.4	23.0	20.1
Cr	47.9	47.9	47.9	68.4	54.7	47.9	61.6	246.3	34.2	68.4	54.7	184.7	171.1
Sc	22.0	22.0	20.0	26.0	28.0	29.0	23.0	33.0	19.0	29.0	17.0	39.0	37.0
As	1.9	1.1	1.2	13.0	9.7	4.1	3.5	1.0	1.5	<0.5	1.4	4.1	2.1
Nadir Toprak Elementler (ppm)													
La	21.9	21.1	16.9	14.3	14.8	25.7	51.1	34.2	51.0	27.4	56.8	23.3	21.5
Ce	46.5	42.6	33.9	27.6	30.0	53.7	102.4	67.2	96.8	57.1	110.3	52.1	44.7
Pr	5.3	4.9	3.9	3.3	3.6	6.3	11.6	9.1	12.0	7.0	12.1	6.3	5.7
Nd	19.7	18.2	14.9	14.0	15.2	25.5	44.6	36.1	46.2	28.7	45.2	26.6	23.7
Sm	4.2	4.2	3.1	2.7	3.0	4.8	7.7	7.1	8.3	5.3	7.6	5.2	5.2
Eu	1.1	1.1	0.8	0.8	0.9	1.2	1.8	1.7	2.0	1.4	1.7	1.4	1.3
Gd	3.8	4.0	2.8	2.6	3.2	4.3	6.2	6.1	7.1	4.7	6.0	5.1	4.8
Tb	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	0.9	1.1	0.7	0.9	0.8	0.7
Dy	3.5	3.6	2.5	2.5	2.7	3.7	4.6	4.5	5.8	3.3	4.5	4.1	3.8
Ho	0.7	0.6	0.5	0.5	0.6	0.8	0.8	0.9	1.1	0.6	0.9	0.8	0.7
Er	2.0	2.0	1.5	1.6	1.9	2.0	2.3	2.1	3.0	1.8	2.2	2.0	2.0
Tm	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3
Yb	1.9	1.9	1.4	1.6	1.6	1.9	2.3	2.0	2.9	1.6	2.2	2.1	1.8
Lu	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.2	0.4	0.3	0.3



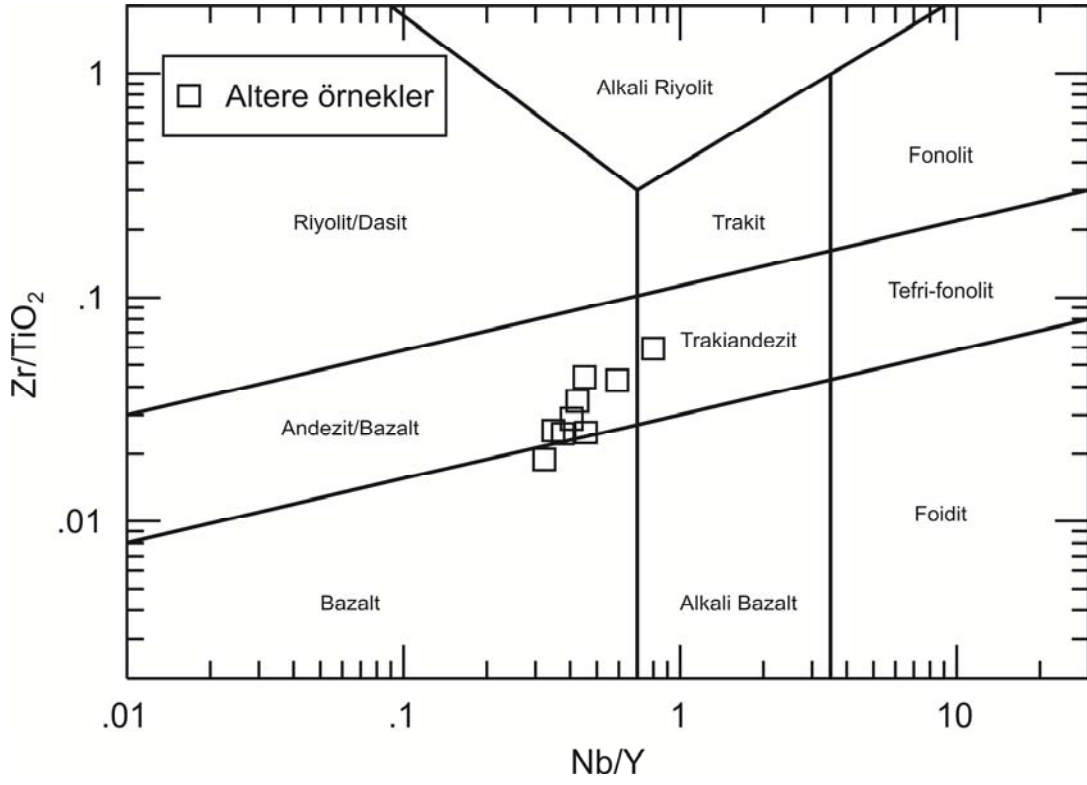
Şekil 4.28. İncelenen volkanik kayaçların Toplam Alkali-Silis (TAS) diyagramı (Le Bas ve ark., 1986).

B: Bazalt, BA: Bazaltik andezit, TB: Trakibazalt, BTA: Bazaltik trakiandezit, TA: Trakiandezit, A: Andezit, T: Trakit, TD: Trakidasit, D: Dasit, R: Riyolit

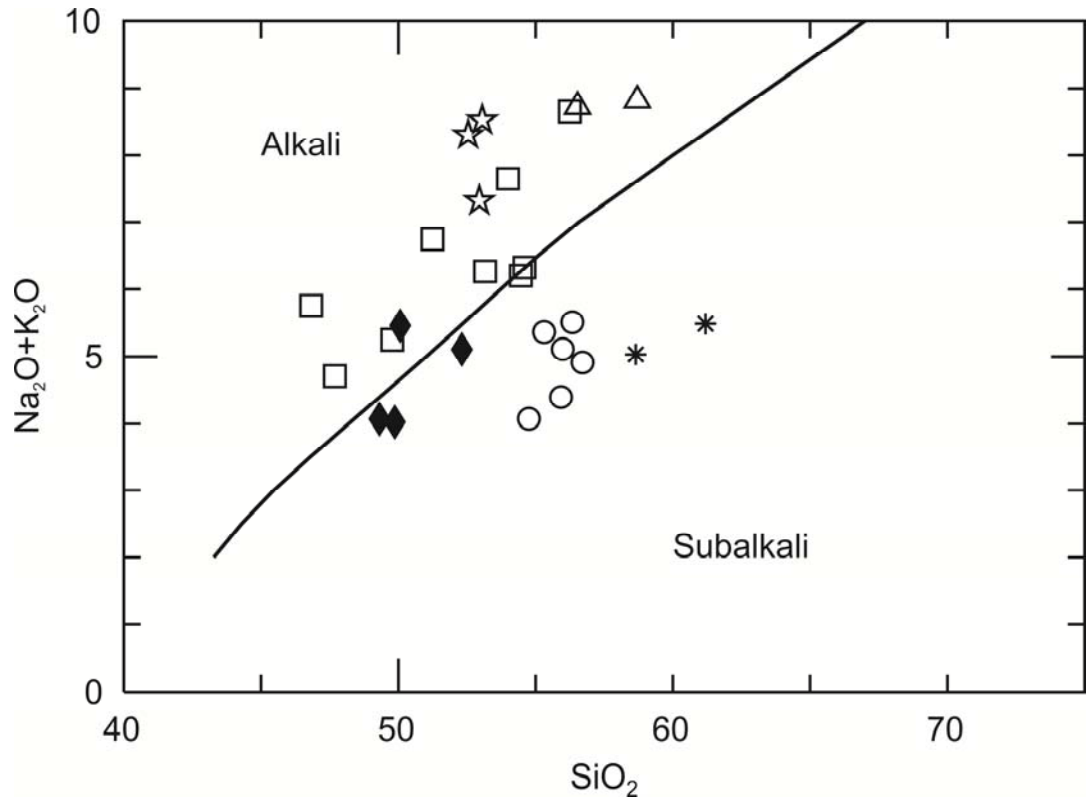
Altere örnekler, volkanik kayaçların sınıflamasında yaygın olarak kullanılan Nb/Y-Zr/TiO₂ diyagramında bazalt, andezit ve trakiandezit alanlarına düşmektedirler (Şekil 4.29).

Volkanik kayaçlar alkali ve subalkali olmak üzere iki ana magma serisine ayrılabilir. Irvine ve Baragar'a (1971) göre kayaçlar hem subalkali hem de (hafif) alkali alana düşmektedir (Şekil 4.30). Şekil 4.30 dikkatlice incelendiğinde altere örneklerin hemen hemen tümünün alkali alana düştüğü görülmektedir. Bu durum Na ve K'nın alterasyon sürecinde hareketli olmasıyla ilişkili olabilir.

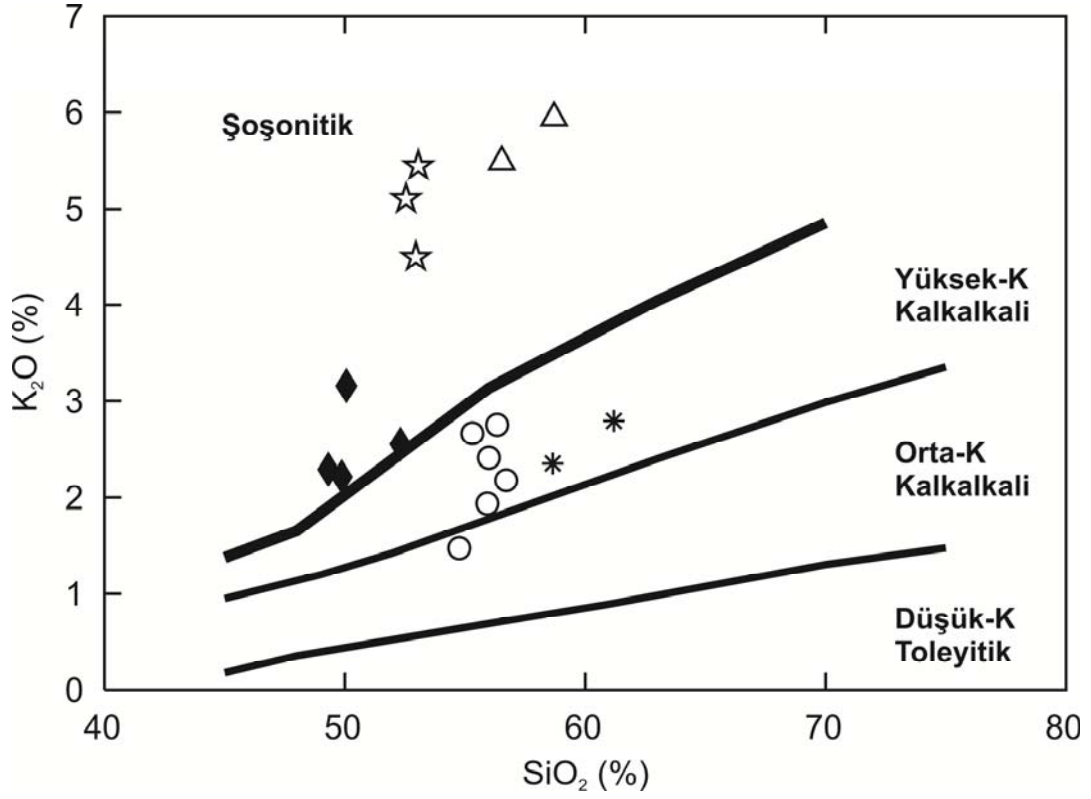
Subalkali kayaçlar K₂O içerikleri dikkate alınarak Düşük-K toleyitik, Orta-K Kalkalkali, Yüksek-K Kalkalkali ve Şoşonitik olmak üzere dörde ayrılabilir. İncelenen örneklerin bazıları hafif alkali eğilim göstermelerine rağmen bu diyagrama aktarılmıştır. Böylece incelenen kayaçlar bu diyagramda Yüksek-K kalkalkali ve şoşonitik alanına düşmektedir (Şekil 4.31).



Şekil 4.29. Altere örneklerin Zr/TiO_2 - Nb/Y diyagramındaki dağılımları (Pearce, 1996)

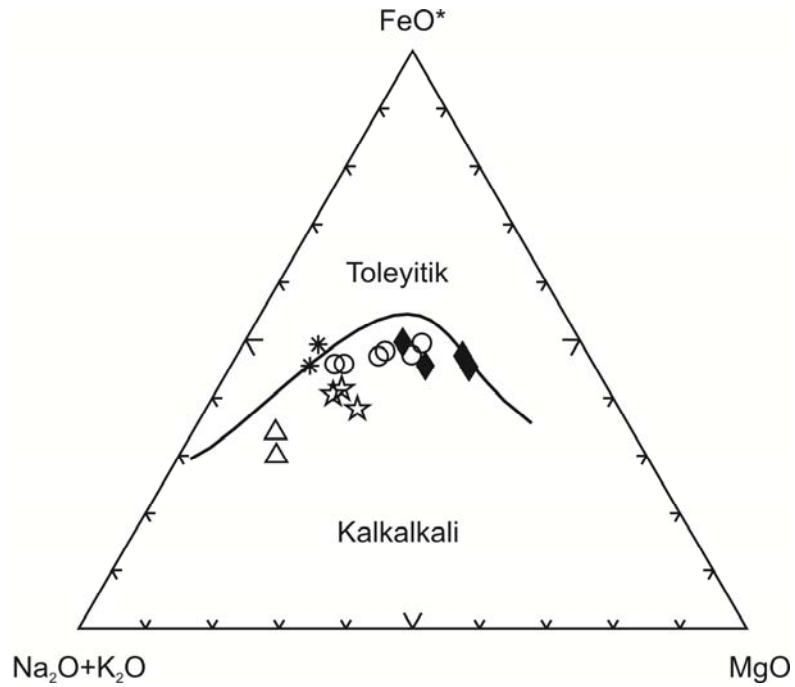


Şekil 4.30. İncelenen volkanik kayaçların alkali-subalkali ayırtman diyagramındaki dağılımları (Irvine ve Baragar, 1971), Semboller Şekil 4.28 ve 4.29 ile aynıdır



Şekil 4.31. İncelenen volkanik kayaçların K₂O-SiO₂ diyagramı (Rickwood, 1989), Semboller Şekil 4.28 ile aynıdır

Volkanik kayaçlara uygulanan AFM diyagramında örneklerin çoğu kalkalkali alana düşerken, bazıları ise kalkalkali-toleyitik sınırında kalmaktadır (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. İncelenen volkanik kayaçların AFM diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971), Semboller Şekil 4.28 ile aynıdır

4.3.2. Ana oksit ve iz elementler

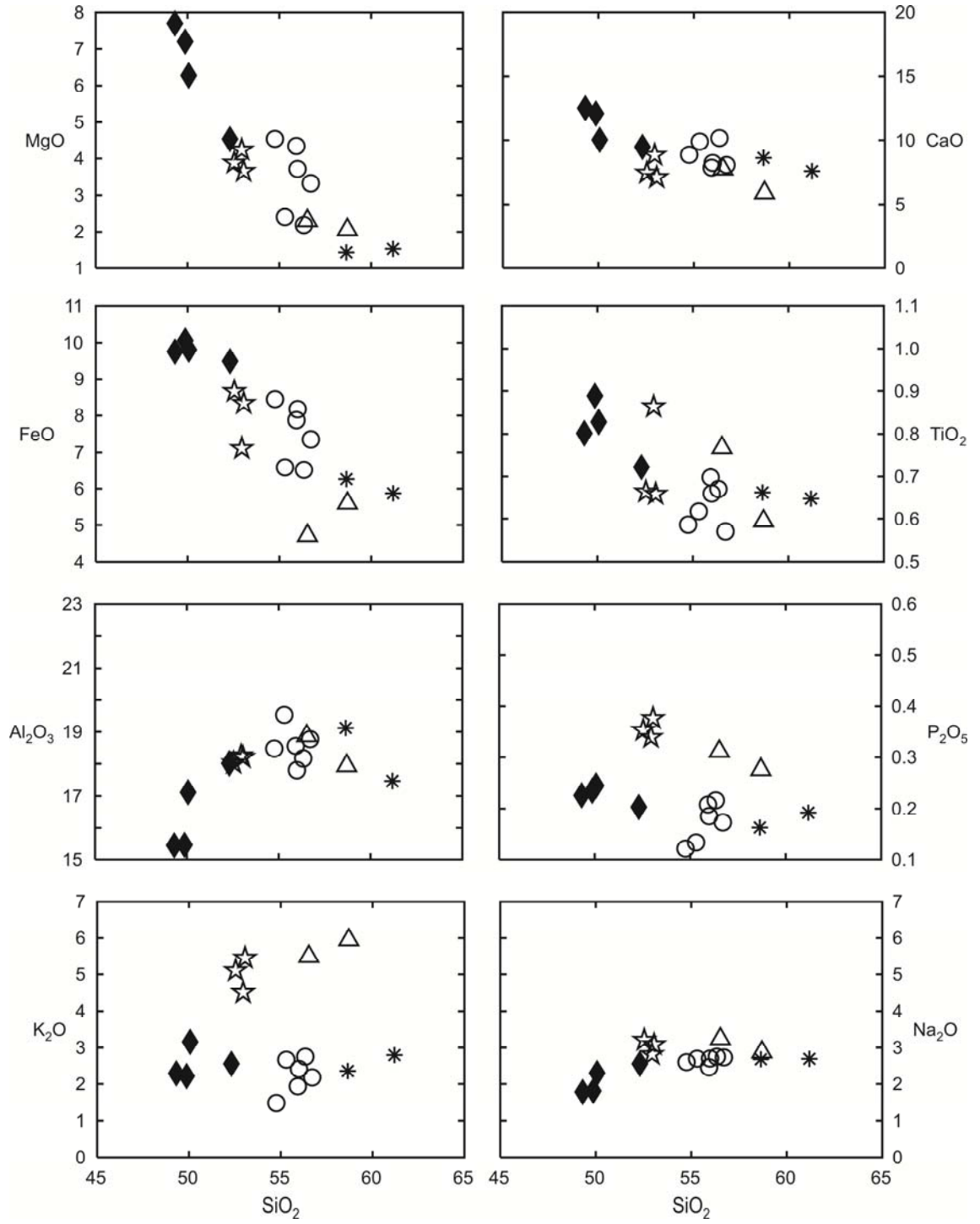
İncelenen volkanitlerde SiO_2 'ye karşı ana oksit ve iz elementlerdeki değişimler, kayaçların içerisinde gözlenen ana fenokristal fazlarının ayrılaşmasıyla ilişkilidir (Şekil 4.33 ve 4.34). Harker diyagramlarında ana oksit ve iz elementlerin büyük bir çoğunluğu SiO_2 ile iyi korelasyon göstermektedir. SiO_2 artarken MgO, CaO, FeO, TiO_2 , Cr, Co, Ni, Sc, Sr ve V gibi uyumlu ana oksit ve iz elementler azalmaktadır. Bu değişimler fraksiyonel kristalleşme ile ilgilidir ve olivin, klinopiroksen, plajiyoklas ve Fe-Ti oksitlerin fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır. Na_2O , Ba ve Cs fraksiyonel kristalleşme esnasında uyumsuz davrandıklarından SiO_2 'ye karşı pozitif korelasyon göstermektedirler. SiO_2 'ye karşı diğer uyumsuz elementlerin (K_2O , Rb ve Zr) değişimi incelendiğinde BTA/TA'lerin, BA/A'e göre farklı yönseme sundukları görülmektedir.

Her iki serinin ana oksit ve iz element diyagramlarındaki dağılımı oldukça uyumlu olup ortak bir ana mağmaya işaret etmektedir. Yüksek-K ve şoşonitik kayaçlar aynı/benzer ana mağmadan itibaren oluşmuşsa, bu iki farklı serinin varlığı diferansiyasyon koşullarındaki farklılığı yansıtmaktadır.

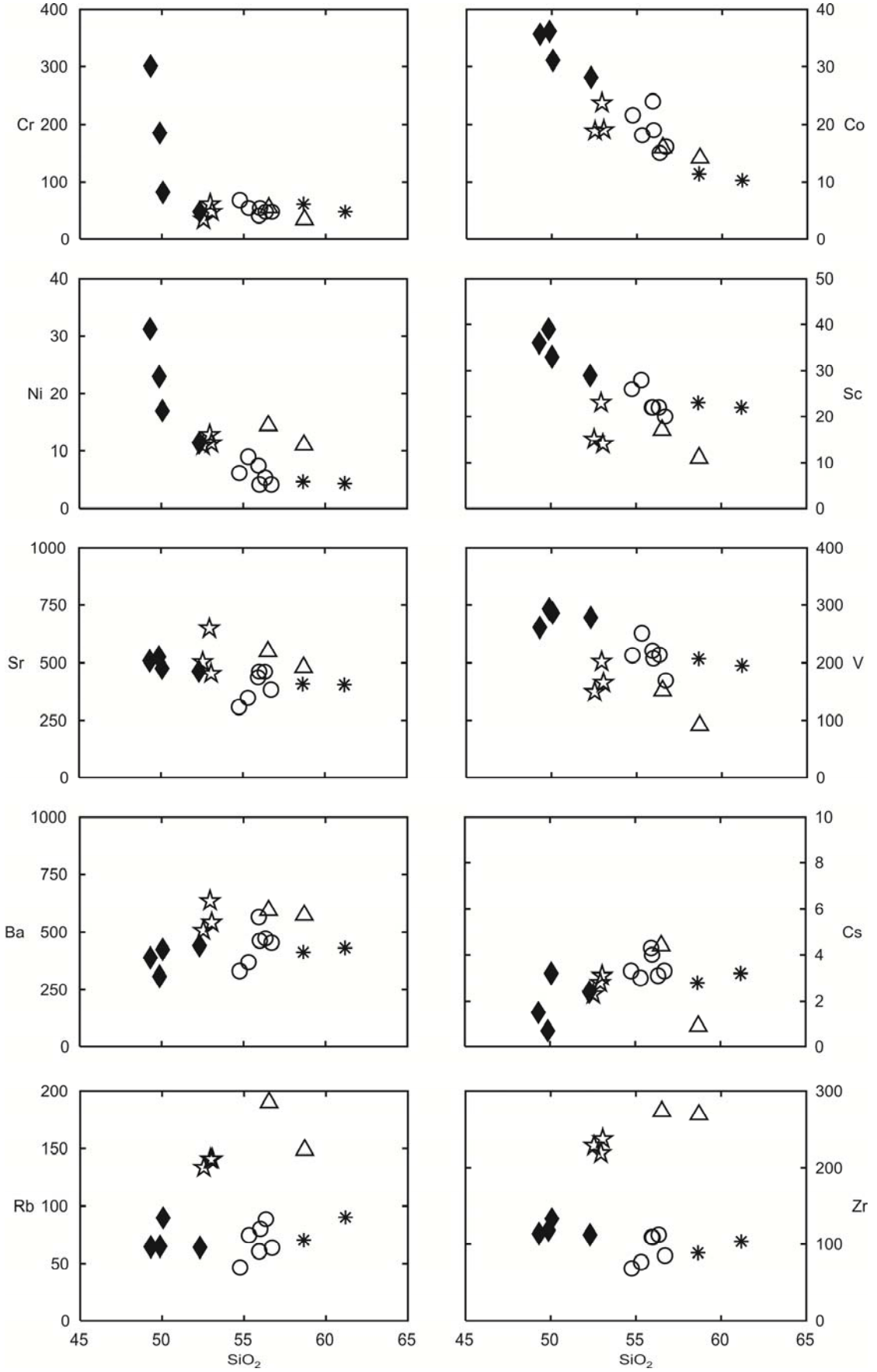
4.3.3. Uyumsuz elementler

İncelenen volkanitlerin uyumsuz element içerikleri N-Tipi MORB'a göre oranlanarak oluşturulan multi-element diyagramlarıyla kayaçları oluşturan ana magmanın/ların jeokimyasal özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 4.35).

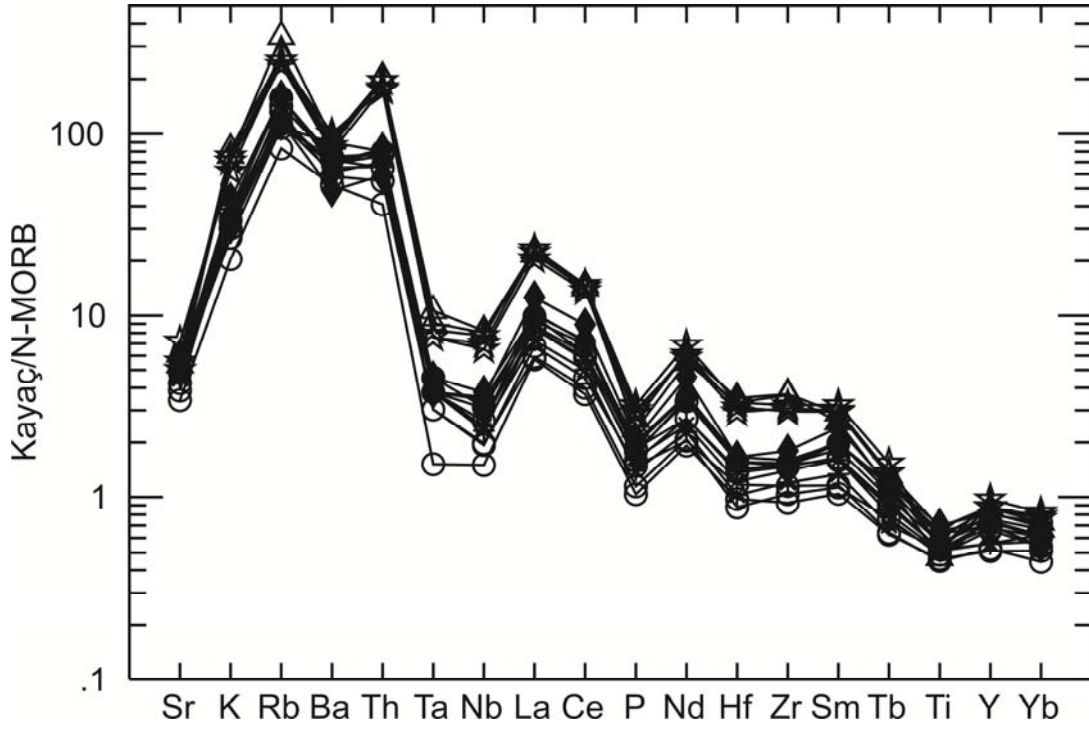
Diyagram incelendiğinde kayaçların K, Rb, Ba, Th gibi büyük iyon yarıçaplı element (BİYE) ve La, Ce gibi hafif nadir toprak elementlerince (HNTE), yüksek alan enerjili elementlere (YAEE) (Nb, Ta, Hf, Zr, Ti ve Y) göre belirgin bir zenginleşme sunmaktadırlar. BİYE konsantrasyonları sulu akışkan faz tarafından kontrol edilirken, YAEE'ler kaynak kayacın kimyası ve kristal/eriyik prosesleri tarafından kontrol edilirler (Rollinson, 1993). Yitim zonlarında BİYE ve HNTE'ler dalan dilimden ayrılarak kolayca üstteki manto kamasına transfer olurlar ve manto kamasının metasomatizmasıya uğratırlar. Diğer taraftan YAEE'ler dalan dilimde alıkonulurlar (Pearce, 1983). Böylece incelenen volkanik kayaçların uyumsuz element karakteristikleri yitimle ilişkili proseslerin bir sonucu olabilir. Ayrıca karakteristik negatif Nb ve Ta anomalisinin varlığı bunu desteklemektedir.



Şekil 4.33. İncelenen volkanitlerin SiO₂ (%)’ye karşı seçilmiş ana oksit (%) değişim diyagramları, Semboller Şekil 4.28 ile aynıdır



Şekil 4.34. İncelenen volkanitlerin SiO₂ (%)’ye karşı seçilmiş iz element (ppm) değişim diyagramları, Semboller Şekil 4.28 ile aynıdır

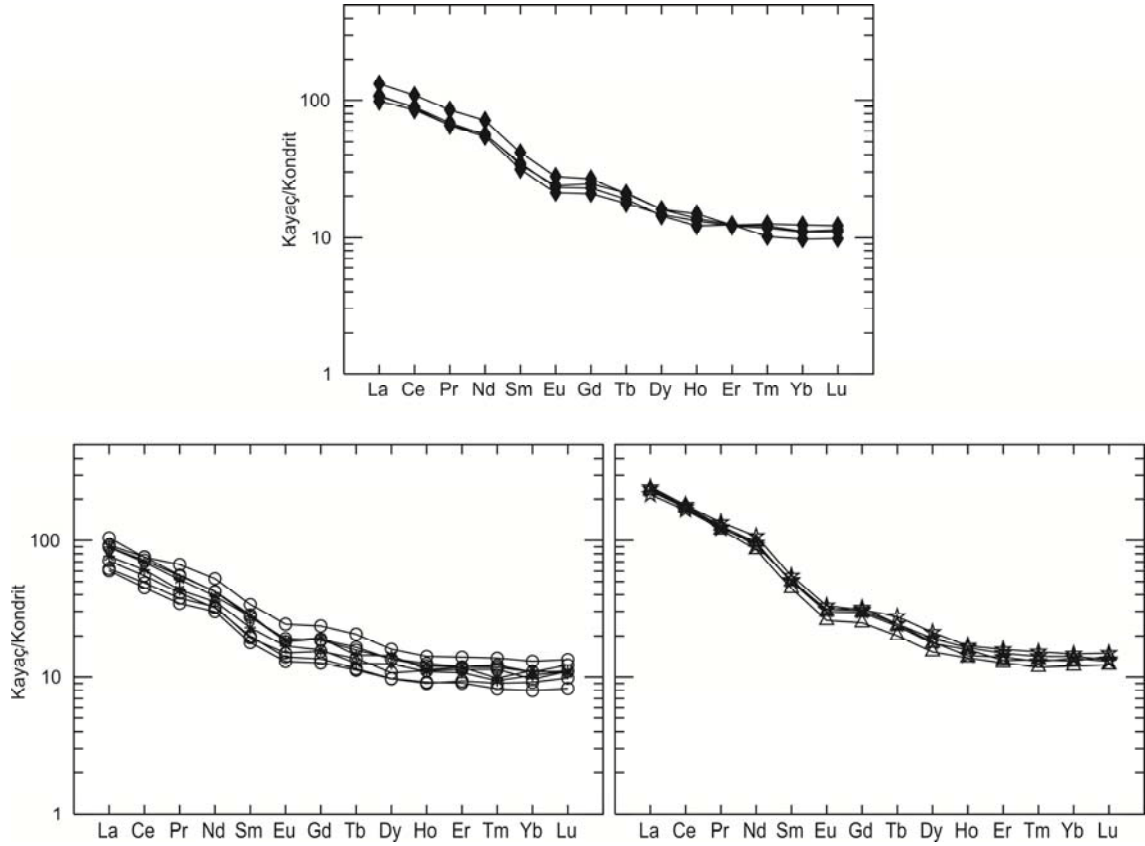


Şekil 4.35. İncelenen volkanik kayaların N-MORB'a (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş uyumsuz element desenleri, Semboller Şekil 4.28 ile aynıdır

4.3.4. Nadir toprak elementler

İncelenen kayalara ait kondrite göre normalleştirilmiş NTE desenleri Şekil 4.36'da kayaların tipine göre ayrı ayrı verilmiştir.

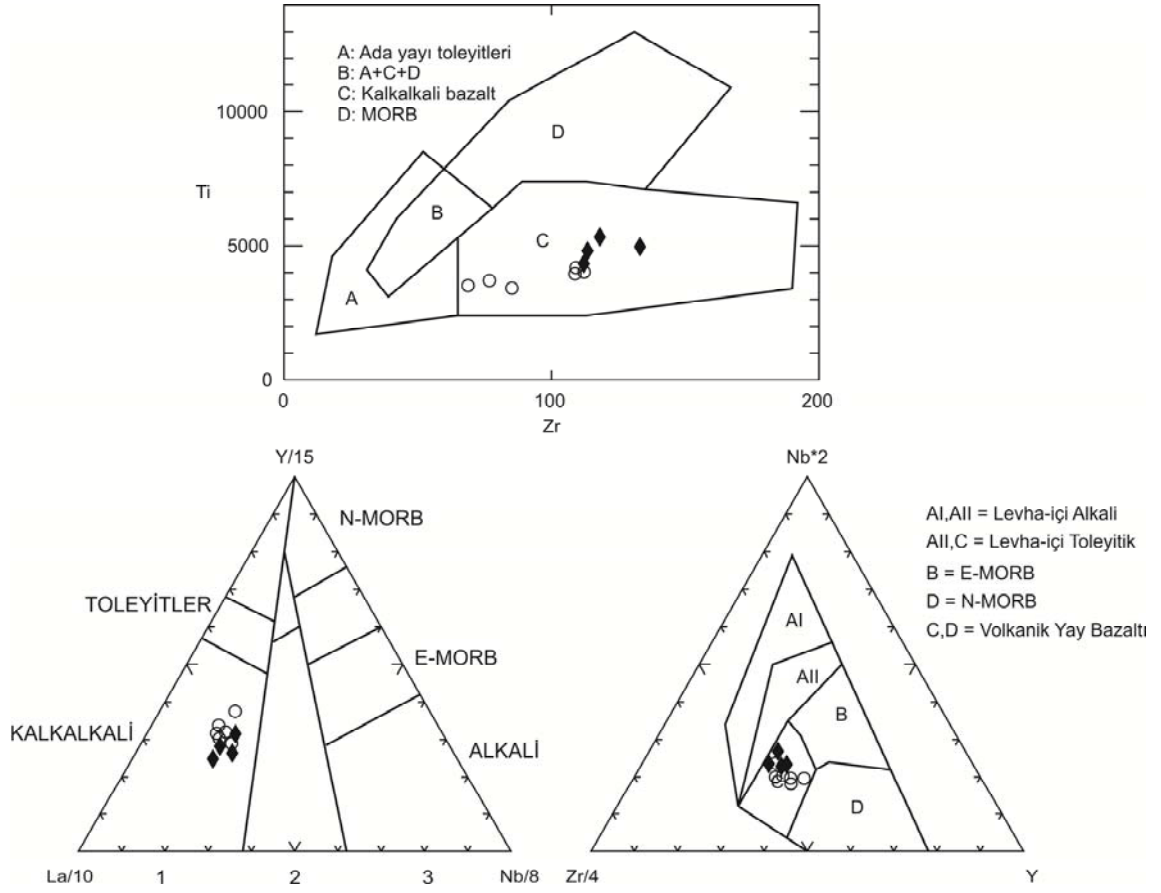
Bazaltik kayalar HNTE'lerce zenginleşmiş (100-150 kat), yatay ANTE dağılımlı ve $(La/Lu)_N = 8-12$ oranına sahiptir. Andezitik kayalar (BA ve A) bazaltlara benzer NTE desenine sahip olmakla beraber, daha az zenginleşme sunarlar $((La/Lu)_N = 5-9)$. Diğer taraftan trakiandezitik kayalar (BTA, TA) bazaltlara benzer fakat daha fazla zenginleşme gösterirler $((La/Lu)_N = 17-19)$. Böylece andezitik ile trakiandezitik kayalar arasında Harker diyagramlarında kendini gösteren farklılık NTE desenlerinde de ortaya çıkmaktadır. Kayalara ait tüm desenler incelendiğinde negatif Eu anomalisinin yokluğu, plajiyoklas fraksiyonlaşmasının diferansiyasyon sürecinde önemli rol oynamadığını veya yüksek oksijen fugasitesini göstermektedir (Gill, 1981).



Şekil 4.36. İncelenen volkanik kayaların kondrite (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş NTE desenleri, Semboller Şekil 4.28 ile aynıdır

4.3.5. Jeotektonik ortam

İncelenen volkanitlerin tektonik ortamını belirlemek için bazı diyagramlar ve iz element oranlarından faydalanılmaktadır. Genel olarak kullanılan diyagramlar bazaltik kayalar için uygun olduğundan farklılaşmış örnekler kullanılmamıştır. İncelenen bazalt ve bazaltik andezit örnekleri diyagramlarda “volkanik yay bazaltı” ve “kalkalkali bazalt” alanlarına düşmektedir (Şekil 4.37). Bu sonuçlar kayaların uyumsuz element dağılımlarında gözlenen yitim zonu karakteristikleri (BİYE’lerin YAEE’lere göre zenginleşmesi, negatif Nb, Ta anomalisi) ile örtüşmektedir. Ayrıca bazaltik kayaların (bazalt, trakibazalt ve bazaltik andezit) yüksek Ba/La (13-27), Ba/Nb (38-101), Ba/Zr (3-5) oranları bunların yitim süreçleriyle ilişkili olduğunun diğer bir göstergesidir (Gill, 1981; Pearce, 1983; Fitton ve ark., 1988).



Şekil 4.37. İncelenen bazaltik kayaların jeotektonik ortamını gösteren diyagramlar: (a) Pearce ve Cann (1973), (b) Cabanis ve Lecolle (1989), 1- Orogenik bölge, 2- Kıtasal kabuk etkileri gösteren geç-post orojenik bölge, 3- Orogenik olmayan bölge, (c) Meschede (1986), Semboller Şekil 4.28 ile aynıdır

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmadan elde edilen sonuçları ve önerileri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür;

1- Çalışma alanında Geç Kretase (?) yaşlı volkanik kayalar yüzeylemektedir. Bu kayalar bazaltik-andezitik lavlar, dayklar ve bunların piroklastitlerinden oluşmaktadır.

2- Kayalar mikrolitik porfirik, hyalo porfirik, hyalo mikrolitik porfirik, kümülofirik, intergranüler, hyalopilitik, trakitik dokulu olup, başlıca olivin ($Fe_{0.70-0.74}$), klinopiroksen ($Wo_{27-47}En_{36-50}Fs_{5-22}$), ortopiroksen ($Wo_{3-4}En_{65-71}Fs_{25-32}$), biyotit ($Mg\#$: 0.63-0.65), plajiyoklas (An_{44-92}) ve daha az Fe-Ti (titano-manyetit) oksitlerden oluşmaktadır.

3- Kayalarda mağma karışımına işaret eden bazı dengesizlik dokuları gözlenmektedir. Bunlar plajiyoklaslarda halkalı zonlanma, elek dokusu, piroksenlerdeki kemirilmelerdir. Ayrıca bazı kayalarda kompozit piroksenler (merkez: enstatit, kenar: ojit) de gözlenmektedir.

4- Volkanitler kimyasal olarak bazalt, trakibazalt, bazaltik andezit, bazaltik trakiandezit, andezit bileşiminde ve hem kalkalkali hemde hafif alkalidir.

5- K_2O içerikleri dikkate alındığında volkanitler kalkalkali ve şoşonitik olmak üzere iki seriye ayrılmaktadırlar.

6- Ana oksit ve iz element değişimleri kayaların gelişiminde olivin, klinopiroksen, plajiyoklas ve Fe-Ti oksitlerin fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir.

7- İncelenen volkanik kayaların uyumsuz iz element ve nadir toprak element dağılımları birbirine benzer olup benzer kaynağa işaret etmektedir.

8- Volkanitler, uyumsuz iz element diyagramlarında büyük iyon yarıçaplı element (BİYE) ve hafif nadir toprak element (HNTE) zenginleşmesi ile negatif Nb, Ta, Ti anomalileri gösterirler.

9- Volkanik kayalar HNTE'lerce orta derece zenginleşmiş ($La_N/Lu_N= 5-19$), yatay ANTE dağılımlı NTE desenlerine sahiptirler.

10- Jeokimyasal ve jeolojik veriler beraber değerlendirildiğinde, kayaların ana mağmasının volkanik yay ortamında, yitim zonu eriyik/akışkanlarınca zenginleştirilmiş bir manto kaynağından türediğine işaret etmektedir.

KAYNAKLAR

- Bacon, C. R. and Hirschmann, M. M., 1988, Mg/Mn partitioning as a test for equilibrium between coexisting Fe–Ti oxides, *American Mineralogist*, 73, 57–61.
- Bektaş, O. Ve Gedik, İ., 1986, Sinop volkanitlerinin petrolojisi ve jeokimyası: Tartışma ve Yanıt, *TJK Bülteni*, 29, 73-77.
- Badgley, P. C., 1959, Sinop havzasının petrol olanakları, *PİGM 10/00*, Ankara, x-x.
- Baş, H., 1986, Sinop volkanitlerinin petrolojisi ve jeokimyası, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 29, 143-156.
- Blumental, M. M., 1940, Geologie des chaines Pontiques entre la vallée du Gökırmak et la Mer Noire (Boyabat-Sinop), *MTA 1067*, Ankara, x-x.
- Cabanis, B. and Lecolle, M., 1989. Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8; un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de melange et/ou de contamination crustale. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences, Serie 2, Mecanique, Physique, Chimie, Sciences de l'Univers, Sciences de la Terre*, 309 (20), 2023-2029.
- Çoşkun, B., 1978, Sinop-Ayancık dolaylarında çökeller ve paleoakıntılar, *Türkiye 4. Petrol Kongresi*, Ankara, 127-133.
- Deer, W. A., Howie, R. and Zussman J., 1989, An introduction to the rock forming minerals, *Longman Scientific & Technical*, England, 528p.
- Ericson, D. B., 1938, Boyabat hakkında rapor, *MTA 817*, Ankara, x-x
- Fitton, J. G., James, D., Kempton, P. D., Ormerod, D. S. and Leeman, W. P., 1988, The role of lithospheric mantle in the generation of late Cenozoic basic magmas in the western United States, *Journal of Petrology*, 331–349.
- Gayle, R. B., 1959, Geology of the Sinop region, Tidewater Oil Co. Report. *PİGM x/x*, Ankara, x-x.
- Gedik, A., 1961, Sinop bölgesi jeoloji haritası, *PİGM x/x*, Ankara, x-x.
- Gedik, A. ve Türkay, İ., 1961, Ayancık batısının jeoloji haritası, *PİGM x/x*, Ankara, x-x.
- Gedik, A., Özbudak, N., İztan, H., Korkmaz, S. ve Ağrıdağ, D. S., 1981, Sinop havzasının jeolojisi ve petrol olanakları ile ilgili ön sonuçlar, *TJK 35. Bil. Tek. Kurultayı*, Ankara, x-x.
- Gedik, A., Ercan, T. ve Korkmaz, S., 1983, Orta Karadeniz (Sinop-Samsun) havzasının jeolojisi ve volkanik kayaçların petrolojisi, *MTA Dergisi*, 99/100, 34-38.

- Gedik, A. ve Korkmaz, S., 1984, Sinop havzasının jeolojisi ve petrol olanakları, *Jeoloji Mühendisliği*, 19, 53-79.
- Gill, J. B., 1981, Orogenic andesites and plate tectonics, *Springer Verlag*, Berlin, 358p.
- Irvine, T. N. and Baragar, W. R. A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks, *Canadian Journal of Earth Science*, 8, 523-548.
- Ketin, İ., 1962, Explanatory text of the geological map of Turkey (Sinop sheet), 1/500.000, Ankara: MTA.
- Ketin, İ. ve Gümüş, Ö., 1963, Sinop-Ayancık arasında III. bölgeye dahil sahaların jeolojisi, *TPAO 288*, Ankara, x-x.
- Korkmaz, S., 1984, Boyabat (Sinop) kuzeydoğusunun petrol yönünden jeolojik ve jeokimyasal incelemesi, Doktora Tezi, *KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 193 s.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. And Zanettin, B., 1986, A chemical classification of volcanic rocks based on total alkali-silica diagram, *Journal of Petrology*, 27, 745-750.
- Meijers, M. J. M., Kaymakçı, N., van Hinsbergen, D. J. J., Langereis, C. G., Stephenson, R. A. and Hippolyte, J. C., 2010, Late Cretaceous to Paleocene oroclinal bending in the central Pontides (Turkey), *Tectonics*, 29, 1-21.
- Meschede, M., 1986, A method of discriminating between different types of midocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram, *Chemical Geology*, 56, 207-218.
- Middlemost, E. A. K., 1989, Iron oxidation ratios, norms and the classification of volcanic rocks, *Chemical Geology*, 77, 19-26.
- Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A. K., Ginzburg, I. V., Ross, M., Seifert, F. A., Zussman, J., Aoki, K. and Gottardi, G., 1988, Nomenclature of pyroxenes, *American Mineralogist*, 73, 1123-1133.
- MTA, 1984, Sinop ve çevresinin jeoloji haritası, 1:25.000, Ankara: MTA.
- Okay, A. I. and Tüysüz, O., 1999, Tethyan sutures of northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Hovarth, F. and Séranne, M. (ed.), The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen. *Geological Society of London, Special Publication*, 156, 475-515.
- Okay, A. I., Tüysüz, O., Satır, M., Altınır, S. Ö., Altınır, D., Sherlock, S. and Eren, R. H., 2006, Cretaceous and Triassic subduction-accretion, HP/LT metamorphism and continental growth in the central Pontides, Turkey, *Geological Society of America Bulletin*, 118, 1247-1269.

- Ortynski, I. ve Tromp, S. W., 1942, Boyabat-Ekinveren bölgesinin jeolojisi, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Mecmuası*, 7, 3/28, 399-424.
- Özsayar, T., 1977, Karadeniz kıyı bölgesindeki Neojen formasyonları ve bunların mollusk faunasının incelenmesi, *KTÜ 79, Trabzon*, x-x.
- Pearce, J. A., 1983, Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C.J., Norry, M.J (Eds.), *Continental Basalts and Mantle Xenoliths, Shiva, Nantwich-UK*, 230-249.
- Pearce, J. A., 1996, A user's guide to basalt discrimination diagrams. In: Wyman, D.A. (Ed), *Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for massive sulphide exploration, Geological Association of Canada, Winnipeg-Canada*, 79-113.
- Pearce, J. A. and Cann, J. R., 1973, Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis, *Earth and Planetary Science Letters*, 19, 290-300.
- Pelin, S. ve Korkmaz, S., 1981, Karadeniz'in petrol potansiyeli, *KTÜ Yer Bilimleri Dergisi*, 12, 145-157.
- Rickwood, P. C, 1989, Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements. *Lithos*, 22, 247-263.
- Rollinson, H. R., 1993, Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation, *Longman Scientific and Technical*, England, 352 p.
- Sun, S., McDonough, W. F., 1989. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle compositions and processes. In: Saunders, A.D., Norry, M.J (Eds.), *Magmatism in the Ocean Basins, Geol. Soc. London Spec. Publ.*, 42, 313-345.
- Sütçü, Y. F., Tekin, F., Özdemir, M., Arel, M. ve Gedik, İ., 1982, Sinop II. nükleer enerji santral yeri 1/25.000 ölçekli jeoloji ön raporu, *MTA xx, Ankara*, x-x
- Ustaömer, T., and Robertson, H.F., 1999, Geochemical evidence used to test alternative plate tectonic models for pre-Upper Jurassic (Palaeotethyan) units in the Central Pontides, N Turkey, *Geological Journal*, 34, 25-53.
- Wilcox, C. A., 1954, Petrology of Paricutin volcano, Mexico, *U.S. Geological Survey*, 965-C, 281-353.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Can Genç, Ş., and Şengör, A. M. C., 1997, Geology and tectonic evolution of the Pontides. In: Robinson, A.G. (ed) *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 68*, 183-226.

EKLER

EK-1 Sinop ve çevresinin basitleştirilmiş jeoloji haritası.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Çiğdem ATAY ASAN
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Ürgüp-22.06.1977
Telefon : 03322652364
Faks :
e-mail : catay55@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Ürgüp Lisesi, Ürgüp, Nevşehir	1994
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2001
Yüksek Lisans	:	
Doktora	:	

UZMANLIK ALANI

Jeoloji Mühendisliği/Mineraloji-Petrografi

YABANCI DİLLER

İngilizce