

ÖRENKÖY YÖRESİ VOLKANİKLERİNİN MİNERALOGİSİ
PETROGRAFİSİ VE JEOKİMYASI

Recep Uğur ACAR

Yüksek Lisans Tezi

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık – 2015

ÖRENKÖY YÖRESİ VOLKANİKLERİNİN MİNERALOJİSİ PETROGRAFİSİ VE
JEOKİMYASI

Recep Uğur ACAR

Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca
Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Prof. Dr. Yaşar KİBİCİ

Aralık – 2015

KABUL VE ONAY SAYFASI

Recep Uğur Acar'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Örenköy Yöresi Volkaniklerinin Mineralojisi Petroğrafisi ve Jeokimyası” başlıklı bu çalışma, jürimizce Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

31/12/2015

Üye : Prof. Dr. Yaşar KİBİCİ

Üye : Doç. Dr. Gürsel YANIK

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin SENDİR

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../2016 gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hasan GÖÇMEZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının %9 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.

Prof. Dr. Yaşar KİBİCİ

Recep Uğur ACAR

İmzası

İmza

ÖRENKÖY YÖRESİ VOLKANİKLERİNİN MİNERALOGİSİ PETROGRAFİSİ VE JEOKİMYASI

Recep Uğur ACAR

Jeoloji Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2015

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yaşar KİBİCİ

ÖZET

Ege Bölgesi'nde volkanik faaliyetler oldukça yaygın olarak gözlenebilmektedir. Bölgede gözlenen bu volkanik faaliyetlerin bir kısmı, Ege Bölgesi'nin Marmara ve İç Anadolu bölgeleri ile kesiştiği yerde bulunan Kütahya'da gözlenmekte olup, Kütahya-Örenköy civarında yüzeyleyen andezit ve bazaltik andezit bileşimli volkanitler bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır.

Çalışma sahasında; Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik döneme ait kayalar yüzeylenmektedir. Stratigrafik olarak altta taban metamorfikleri ile bunun üzerinde tektonik dokanakla gelmiş ofiyolitik kayalar, bunların üzerinde volkanik kayaç yayılımı ve en üstte gölsel ortama ait karbonatlı çökeller gözlenmektedir.

Petrografik açıdan detaylı olarak incelenen volkanitler; çoğunlukla grimsi ve siyah renklerde andezit ve bazaltik andezitler olarak gözlenmektedir. Kayalar; mikrolitik doku göstermektedir. Bu kayalardan alınan örneklerin mineralojik ve petrografik incelemeleri yapılması amacıyla 12 adet ince kesiti yaptırılmıştır. Kesitlerin alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop altında yapılan incelemelerinde; fenokristal ve mikrolitler halinde plajiyoklaslar, fenokristaller halinde olivin, klinopiroksen minerali olan ojit ve opak minerallerin kayacın bileşimini oluşturan başlıca mineraller olduğu tespit edilmiştir. Bu kesitlerde plajiyoklas minerallerinde zonlanma ve elek dokusuna rastlanmıştır. Bu özellikler kayaların gelişiminde dengesiz bir kristallenme koşulunu işaret etmektedir. İnce kesitler arasından TS-5, TS-8, TS-9 ve TS-11 örnek numaralı kesitler seçilerek üzerlerinde minerallerin konumu işaretlenmiş ve bu konumlardan mikroprob ölçümleri alınmıştır. Bu ölçümlerin sonuçlarından yola çıkarak plajiyoklas, piroksen, olivin ve opak minerallerin bileşimlerini ortaya koymak amacıyla diyagramlar çizilmiştir. Volkanitlerin ana oksit, iz element ve nadir element analizleri yapılmış

ve bunların sonuçları ile jeokimyasal yorumlamalara gidilmiş ve volkanitlerin kimyasal olarak adlandırılması ve kökensel yorumlamaları yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bazaltik andezit, andezit, Kütahya, mineral kimyası, Miyosen volkanitleri.

MINERALOGY, PETROGRAPHY, AND PETROLOGY OF ÖRENKÖY (KÜTAHYA) VOLCANICS

Recep Uğur Acar

Geological Engineering, M.S. Thesis, 2015

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Yaşar KİBİCİ

SUMMARY

A widespread volcanic activity can be traced in entire of Aegean region. Some of these volcanic activities observed in Kütahya which located on intersection of Aegean, Marmara and Central Anatolia regions. The focus of this study is andesite and basaltic andesite observed in around of Örenköy.

The rocks belongs to Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic ages outcrops in the study area. Stratigraphically, located on the basement floor metamorphic rocks and above of that can be observed ophiolitic rocks and volcanic spread and in te top carbonate deposits of the lacustrine environment can be observed in the upper part of these stratigraphic sequence.

Volcanics was examined in detail in terms of petrographic, andesites and basaltic andesites are seen mostly greyish and black. Rocks show microlitic porphyritic texture. For the purpose of mineralogical and petrographic studies, was made 12 units of thin sections. In the examination under the microscope was determined plagioclase as phenocrysts and microlites, as phenocrysts olivine, as the mineral pyroxene augite and Fe-Ti minerals that opaque minerals. These minerals are the rock composition. In plagioclase minerals it has been found in this section zoning and sieve texture. These features indicate an unstable condition in the development of rock crystallization. Thin sections of the TS-5, TS-8, TS-9 and TS-11 sample numbered sections marked on them by selecting the location of minerals and microprobe measurements were taken from these locations. Based on the results of these measurements, diagrams were drawn to reveal the composition of plagioclase, pyroxene, olivine and opaque minerals. The major, minor and trace elements analyzes of volcanics conducted and these analysis results was used for named of these volcanic rocks and geochemical interpretations.

Keywords: Basaltic andesite, andesite, Kütahya, mineral chemsistry, Miocene volcanics.

TEŐEKKÜR

Bu çalışmada bana yardımcı olan baőtta danışman hocam sayın Prof. Dr. Yaşar KİBİCİ'ye, ikinci danıőmanım Yrd. Doç. Dr. Cafer ÖZKUL'a, çalışma alanındaki tecrübelerini paylaşmayı benden esirgemeyen sayın Yrd. Doç. Dr. Muzaffer ÖZBURAN'a, arazi çalıőmalarım esnasında yardımları için Jeoloji Yüksek Mühendisi Sayın Metin AKSAZ'a, desteğini hep yanımda hissettiğim eőim Tuğçe ACAR'a, aileme ve emeği geçen herkese teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
SUMMARY	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışma Alanının Coğrafik Konumu ve Ulaşım	1
1.3. İklim koşulları ve Bitki Örtüsü Özellikleri	1
1.4. Topografya	3
1.5. Çalışmanın Yöntemi.....	3
1.5.1. Literatür çalışmaları	3
1.5.2. Arazi çalışmaları	3
1.5.3. Laboratuvar çalışmaları	3
1.5.3.1. Mikroskopik çalışmalar	4
1.5.3.2. Kimyasal analizler	4
1.5.4. Büro çalışmaları	5
1.6. Önceki Çalışmalar.....	5
2. GENEL JEOLJİ.....	12
2.1. Bölgesel Jeoloji ve Tektonizma.....	12
2.2. Stratigrafi	13
2.2.1. Afyon zonu kayaçları	14
2.2.1.1. Sarıcasu formasyonu	16
2.2.1.2. Arıkaya formasyonu.....	18
2.2.2. Tavşanlı zonu kayaçları.....	19
2.2.2.1. Kınık ofiyoliti.....	20
2.2.3. Örenköy volkanitleri	21
2.2.4. Çokköy formasyonu.....	23
2.2.5. Emet formasyonu	24

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.2.6. Yakaca formasyonu	266
2.2.7. Alüvyon.....	277
3. MİNERALojİK VE PETROGRAfİK İNCELEMELER	28
3.1. Giriş.....	28
3.2. Optik Mikroskop İncelemeleri	29
4. MİNERAL KİMYASI.....	35
4.1. Plajiyoklas.....	35
4.2. Piroksen.....	43
4.3. Olivin	44
4.4. Opak Mineraller	45
5. JEOKİMYA.....	46
5.1. Ana Ve İz Element Jeokimyası.....	46
5.2. Nadir Toprak Elementleri.....	55
6. SONUÇLAR	57
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	60
EKLER	
1. Çalışma Alanının Genel Jeoloji Jaritası ve A-A ¹ Jeolojik Enine Kesiti	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası	2
2.1. Türkiye'nin tektonik birlikleri.....	12
2.2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti	14
2.3. Çalışma alanının genel jeoloji haritası	15
2.4. Çalışma alanında Solçalı Tepe güney kısmında gözlenen Sarıcasu formasyonuna ait mikaşistler	17
2.5. Çalışma alanında Solçalı Tepe civarında yüzeyleyen Sarıcasu formasyonu mermerlerinin görüntüsü.....	18
2.6. Sarıcasu formasyonu mermerleri ile Yakaca formasyonunun Solçalı Tepe kuzeyindeki dokanağı	19
2.7. Tavşanlı Zonu kayaçlarının Karcıkaya Tepe 2 km güneyindeki bir yol yarmasından görünümü	20
2.8. Kınık ofiyolitinde yer alan serpantinlerin yakından görünümü	21
2.9. Örenköy volkanitlerine ait bazaltik andezitlerin Meşelik Tepe zirvesindeki blokları.....	22
2.10. Karcıkaya Tepe güneydoğusunda gözlenen Çokköy formasyonunun altta çakıltaşlarından üstte kireçtaşlarına kadar görünümü	23
2.11. Karcıkaya Tepe batısında gözlenen en üstte Emet formasyonu kireçtaşları ve hemen onun altında bahsi geçen ince linyit damarı	24
2.12. Beşik Tepe güneyinde yüzeyleyen silisli kireçtaşlarının taze yüzey görünümleri	25
2.13. Örenköy güneyinde yer alan kireçtaşlarından bir görünüm	26
2.14. Örenköy güneyinde gözlenen Yakaca formasyonu ve Emet formasyonunun dokanak sınırı	27
3.1. Örenköy volkanitleri andezitlerinin polarizan mikroskop altında mikrolitik porfirik doku görünümü	29
3.2. Beşik Tepe civarında yüzeyleyen andezitlerde gözlenen plajiyoklas fenokristallerinin polarizan mikroskop altındaki görünümleri	30
3.3. Bazaltik andezit ve andezit örneklerinin plajiyoklas minerallerinde gözlenen elek dokularının polarizan mikroskop altındaki görünümleri.....	31
3.4. Örenköy volkanitleri andezitlerinde gözlenen klinopiroksen minerallerinin polarizan mikroskop altındaki görünümleri	32
3.5. Örenköy volkanitleri bazaltik andezitlerinde gözlenen klinopiroksen minerallerindeki elek dokusu ve zonlanmanın polarizan mikroskop altındaki görünümleri.....	33

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.6. Örenköy volkanitleri bazaltik andezitlerinde gözlenen olivin minerallerinin polarizan mikroskop altındaki görünüşleri.....	34
4.1. Mikroprob analizi için ince kesit üzerinde yapılan işaretlemeler.....	36
4.2. Plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı.....	36
4.3. Piroksenlerin Wo-En-Fs ikizkenar dörtgen diyagramı	43
4.4. Piroksenlerin Wo-En-Fs ikizkenar dörtgen diyagramı	44
4.5. Olivinlerin $Fe^{+2}/(Fe^{+2}+Mg)$ karşı $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ sınıflama diyagramı	45
4.6. Opak minerallerin bileşimini gösteren $Ti^{+4}-Fe^{+3}-Fe^{+2}$ üçgen diyagramı	45
5.1. İncelenen volkanitlerin SiO_2 (%)’ye karşı Na_2O+K_2O (%) kimyasal adlama diyagramı	47
5.2. Volkanitlerin AFM (Na_2O+K_2O , $FeO(t)$, MgO) diyagramı.....	49
5.3. Volkanitlerin (a) SiO_2 (%) karşı K_2O (%) diyagramı ve (b) Na_2O (%) karşı K_2O (%) diyagramı	50
5.4. Volkanitlerin % SiO_2 ’ye karşı ana oksit (% ağırlık) değişim diyagramları.....	52
5.5. Volkanitlerin % SiO_2 ’ye karşı iz element (ppm) değişim diyagramları	53
5.6. İlksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılımları.....	54
5.7. İncelenen volkanitlerin kondrite göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılımı	56
5.8. İncelenen volkanitlerin; a) Ta/Yb ’a karşı Th/Yb değişim, b) İncelenen volkanitlerin $Th-Ta-Hf/3$ tektonik ayırtman diyagramları.....	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Çalışma alanından alınan 12 adet örneğin mineralojik ve petrografik özellikleri	28
4.1. Mikroprob çözümlmelerinden elde edilen sonuçlar	35
4.2. Örenköy volkanitlerine ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları	37
4.3. Örenköy volkanitlerine ait klinopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları	38
4.4. Örenköy volkanitlerine ait ortopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları	40
4.5. Örenköy volkanitlerine ait olivinlerin mikroprob analiz sonuçları	41
4.6. Örenköy volkanitlerine ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları	42
5.1. Örenköy yöresi volkanitlerin ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) analiz sonuçları	47

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
D.S.İ.	Devlet Su İşleri
Plg.	Plajiyoklas
Oj.	Ojit
Ol.	Olivin
Op.	Opak
Mik.	Mikrolit
Kpir.	Klinopriksen
Opir.	Ortopiroksen

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Ege Bölgesi'nin genelinde volkanik faaliyetler oldukça yaygın olarak gözlenir. Bölgede yer alan Kütahya ilinde ve çevresinde de Sabuncupınar, Ilıca ve Örenköy yörelerinde tıpkı Ege Bölgesi'nde olduğu gibi volkanik kayalar geniş alanlarda yayılım göstermektedir. Bunlardan Örenköy civarında gözlenen volkanitlerin çevresinde yer alan jeolojik birimlerin, arazi çalışmaları ile 1/25000 ölçekli genel jeoloji haritasının yapılması, volkanik kayalardan örneklemeler yapılarak bu volkanitlerin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve bunların kökeninin araştırılması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

1.2. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Ulaşım

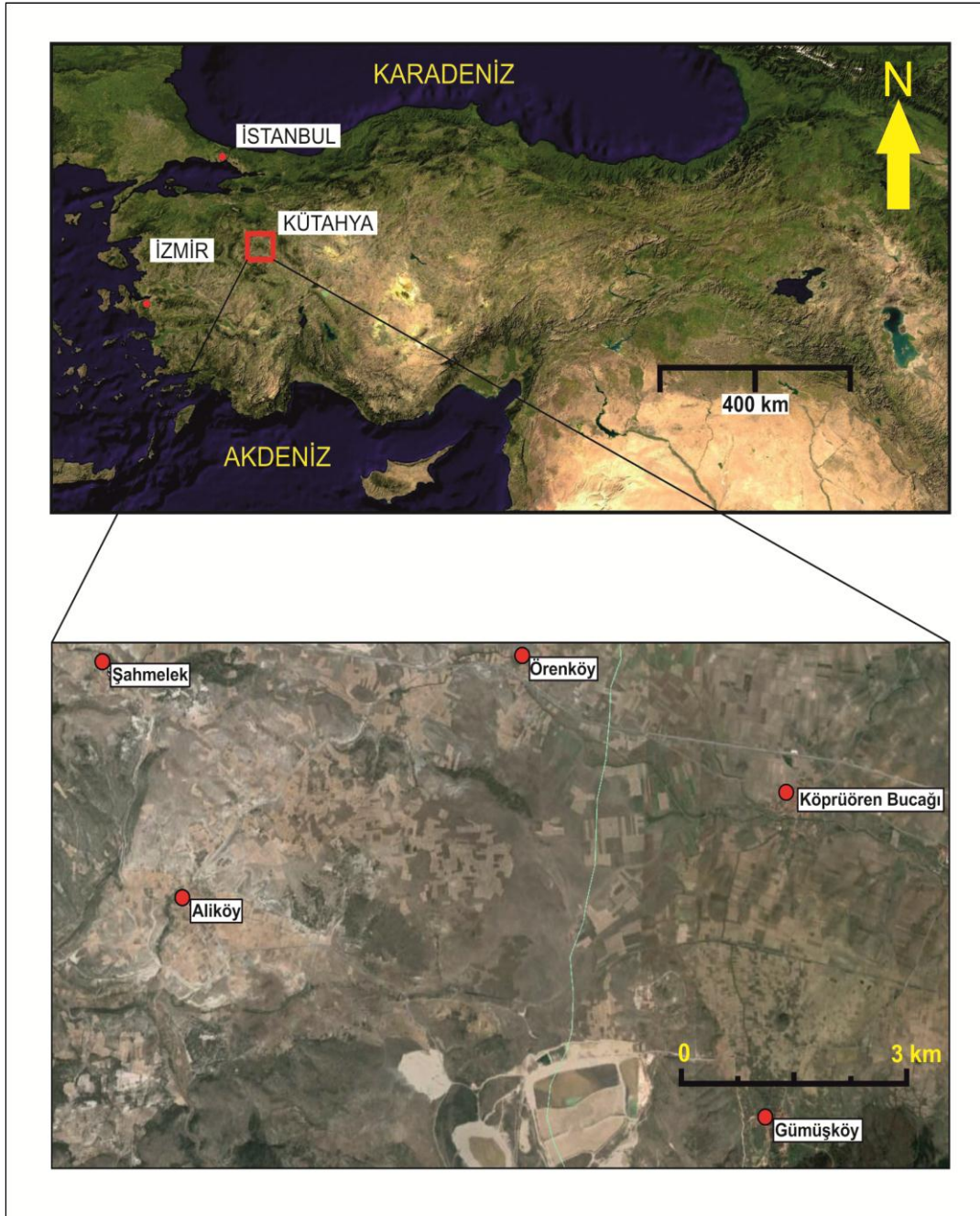
Ege bölgesinin kuzeydoğusunda yer alan Kütahya ili sınırları içerisinde ki çalışma alanı, Kütahya Merkez'in kuzeybatısında ve yaklaşık 30 km uzağındadır (Şekil 1.1). Çalışma alanı; 1:25000 ölçekli Kütahya İ23d3 ve J23a2 paftalarında yer almakta olan, 39°28'-39°31' kuzey enlemleri ile 29°41'- 29°44' doğu boylamları arasında bulunan Örenköy ve civarıdır. Bu bölge 35 km²'lik bir çalışma alanı oluşturmaktadır.

Burada başlıca yerleşim birimleri; kuzeyde Örenköy, kuzeybatıda Şahmelek Köyü, kuzeydoğuda Köprüören Bucağı, batıda Aliköy, güneyde Dulkadir Köyü, güneydoğuda ise Gümüşköy'dür. Söz konusu bu yerleşim birimleri aynı zamanda çalışma alanını sınırlamaktadırlar. Çalışma alanına ulaşım, Kütahya Merkez ilçesini Tavşanlı ilçesine bağlayan yüksek standarttaki çift geliş ve gidiş özellikli karayolu ile mümkün olabilmektedir.

1.3. İklim koşulları ve Bitki Örtüsü Özellikleri

Çalışma alanı Ege Bölgesi sınırları içerisinde bulunmakta olup İç Anadolu Bölgesi ve Marmara Bölgesi'nin birbiri ile sınırı kesiminde yer almaktadır. Bu sebeple Kütahya ilinde genel iklim karakteri Ege ve İç Anadolu iklimleri olmakla birlikte şehrin Ege Denizi'ne olan uzaklığı ve bulunduğu rakım sebebiyle İç Anadolu'nun karasal iklimi daha baskın hissedilmektedir. Yaz mevsimleri sıcak ve kurak, kış mevsimleri ise soğuk, yağmur ve kar yağışlı geçmektedir. Şehirde geçtiğimiz 64 yıl içerisinde yaşanmış en yüksek sıcaklık 38.8°C, en düşük sıcaklık ise -27,4°C'dir. Ortalama sıcaklık ise 10.8°C olup genelde soğuk bir iklim hüküm sürmektedir. Yıllık ortalama toplam yağış miktarı 558.1 kg/m²'dir.

Şehirde yer alan bitki örtüsü; düzlüklerde cılız bir bitki florası olarak gözlenmekte olup çoğunlukla bozkır arazi görünümü hakim olsa da dağların eteklerinde çam ve meşe tipi ağaçlar da gözlenmektedir.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

1.4. Topografya

İnceleme alanı genellikle düz ve az engebeli bir topografyaya sahiptir. Başlıca tepeler; Karcıkaya Tepe, Orta Tepe, Meşelik Tepe, Beşik Tepe, Eşek Tepe ve Solçalı Tepe'dir. Rakım, sahanın doğusundaki alanlarda 1020-1010 m arasında, batısında ise 1000-1150 m arasında değişmekte olup, bu çalışmanın asıl yoğunlaştığı yer olan volkanizmanın gözlemlendiği tepelerde ise yükseklik 1050-1150 m arasında değişmektedir.

1.5. Çalışmanın Yöntemi

Bu çalışma, literatür araştırmaları, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere 4 aşamada gerçekleştirilmiştir.

1.5.1. Literatür çalışmaları

Literatür araştırmalarında başta Ege Bölgesi'nde ve çalışma alanına yakın çevrelerde gözlenen volkanik faaliyetlerle ilgili çalışmalara ek olarak özellikle çalışma alanını içine alan bölgelerde yapılmış olan bilimsel çalışmalar, tezler ve raporlar araştırılmış; gerekli bilgiler ve haritalar derlenmiştir.

1.5.2. Arazi çalışmaları

Yapılan literatür çalışmalarının ardından, önceki araştırmacılar tarafından yapılan haritalar ve elde edilen bilgiler ışığında arazi çalışmalarına başlanmıştır. Arazi çalışmalarında öncelikli amaç, bölgede yer alan birimlerin ayırılmasını, sınır ilişkilerinin belirlenmesi, yapısal unsurların ortaya konulması ve çalışmanın amacına yönelik örneklerin toplanmasıdır. Bu amaca yönelik olarak çalışmanın kapsamına uygun bir şekilde Örenköy ve civarında yüzeyleyen volkanik kayaların sınırları arazide gezilerek 1/25.000 ölçekli topografik harita üzerinde çizilmiş, fotoğraflamalar yapılmış, bölgenin jeolojik haritası yapılmış ve stratigrafik kolon kesitleri çizilmiştir. Volkanitlerin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla farklı lokasyonlardan sistematik olarak bilimsel örnekleme koşullarına uygun bir şekilde örnekleme yapılmış, örnek alınan noktalar harita üzerine yerleştirilmiştir. Bu işlemler yapılırken jeolog çekici, fotoğraf makinesi, amatör GPS ve balyoz kullanılmıştır.

1.5.3. Laboratuvar çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları; arazi çalışmaları esnasında toplanan volkanik kayac örnekleri üzerinde yapılan mikroskobik tespitler ve kimyasal analizler olmak üzere iki adımda gerçekleştirilmiştir.

1.5.3.1. Mikroskopik çalışmalar

Çalışma alanından toplanan volkanik kayalara ait el örneklerinin mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ince kesiti yaptırılacak el örnekleri, öncelikle Dumlupınar Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda elektrikli kayaç kesme testeresi ile kesilmiş, 6x3x3 cm boyutunda dikdörtgen prizmalar elde edilmiştir. Ardından bu prizmalar, Struers marka ince kesit yapımı cihazında "çip" şekline getirilmiştir. Kesilen bu çipler toplamda 12 adet olarak hazırlanarak K.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde ince kesitlerinin yaptırılması için gönderilmiştir. Bu kesitler çalışmanın amacı yönünde mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenebilmesi ve alınan örneklerin kayaç adlandırmasının yapılabilmesi için Dumlupınar Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi Mikroskop Laboratuvarında Nikon marka fotoğraf ünitesi mikroskopta incelenmiş ve örneklerin mikro fotoğraflama işlemi ölçekli olarak gerçekleştirilmiştir.

1.5.3.2. Kimyasal analizler

Örneklerden ana oksit, iz element ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Kimyasal analizleri yapmak adına dört ayrı yöntem bu çalışmada tercih edilmiştir. Bu yöntemler; majör elementler için XRF (X-ray fluorescence), iz element ve nadir element analizleri için ICP (Inductively Coupled Plasma) ve ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) ve minerallerin kimyasını yorumlamak adına elektron mikroprob yöntemleridir.

Bu analizlerden XRF, ICP ve ICP-MS yöntemlerinin yapılması için, toplanmış örnekler Dumlupınar Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda, 200-300 gr'lık örnekler şeklinde bölünmüş ve daha sonra çeneli kırıcıdan ve agat öğütücünden 200 mesh boyutuna getirmek için öğütülmüştür. Öğütülen örneklerden ana oksit, iz ve nadir toprak elementi analizleri yapılmak amacıyla belirli miktarlarda örnekler ayrılmış, ana oksit analizi için ayrılanlar XRF yöntemine maruz bırakılarak İstanbul Teknik Üniversitesi Laboratuvarı'nda analiz edilmişlerdir. İz ve nadir element analizi için ayrılan örnekler ise Kanada'da ACME Analiz Laboratuvarı'nda, ICP (Inductively Coupled Plasma) ve ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) yöntemleri ile analiz edilmişlerdir. Bu yöntemde, öğütülen toz örneklerden 0.2 gr alınıp 1.5 gr LiBO₂ ile karıştırılmakta ve bunlar % 5 HNO₃ içeren bir sıvı içinde çözündürülmektedir. Ana elementler yüzde (%) ağırlık, iz elementler ise ppm olarak ölçülmektedir. Nadir toprak elementler ise, toz örneklerden 0.25 gr alınarak dört farklı asit içerisinde çözündürülmekte ve ppm olarak tespit edilmektedir.

Arazi çalışmaları esnasında altere olmamış taze yüzeylerden kırılarak örnekler alınmış örneklerden mikroskopik çalışmalar kısmında bahsi geçtiği gibi ince kesitler yaptırılmıştır. Bunlar alttan aydınlatmalı polarizan mikroskopta incelenerek kesitler üzerinde, çalışma alanındaki kayaçların mineral kimyası incelemelerinin yapılması için elektron mikroprob analizleri yapılacak olan klinopiroksen, plajiyoklas, olivin ve opak mineraller belirlenmiş ve kesit üzerinde işaretlenmiştir. Örenköy volkanitlerine ait 4 adet ince kesit mikroprob analizleri için Georgia Üniversitesi Jeoloji Bölümü Laboratuvarı'na gönderilmiş ve daha önce mikroskop altında işaretlenen 68 noktada analizler yaptırılmıştır. Bu analizlerin yapılmasında JEOL 8600 Elektronprob cihazı kullanılmıştır. Kullanılan ışın şartları plajiyoklas, piroksen, olivin ve opak mineralleri için hızlandırma voltajı 15kV ve ışın akımı 15nA olup sayma zamanı 10 sn'dir. Mineraller kalitatif olarak, Bruker Quantax Energy dispersive analiz sistemi ile kontrol edilen Bruker 5010 Silicon Drift Detector (SDD) enerji dispersiv X-ışını (EDS) detektörle analiz edilmiştir. Kantitatif analizler, EPMA yazılımı Advanced Microbeam ve Probe ile otomatik olarak dalga boyu dispersiv spektrometre (WDS) ile doğal ve sentetik mineral standartları kullanılarak belirlenmiştir. Analizlerin sonucu Armstrong'un (1988) Phi-Rho-Z matriks düzeltme modeli ile hesaplanmıştır.

1.5.4. Büro çalışmaları

Çalışmanın son aşaması büro çalışmaları olarak gerçekleşmiştir. Büro çalışmaları kapsamında, arazi ve laboratuvar çalışmalarında elde edilen veriler değerlendirilerek çalışmanın amacı gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

Arazi çalışmaları esnasında yapılan haritalar, jeolojik enine kesitler ve stratigrafik kolon kesitler bilgisayar ortamına aktarılmış ve çizim programları ile bu ortamda tekrar çizilmiş ve düzenlenmiştir.

Kimyasal analiz sonucu elde edilen veriler yine bilgisayar ortamında çeşitli programlar ile değerlendirilerek, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal yorumlamalarda kullanılmak amacıyla, grafik ve diyagramlara dökülmüştür.

Tüm bu yapılan çalışmaların ardından elde edilen sonuçlar Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yazım kuralları kılavuzu koşullarına uygun şekilde yazılarak çalışma sonuçlandırılmıştır.

1.6. Önceki Çalışmalar

Kütahya ve çevresi madencilik açısından sahip olduğu zenginlikler sebebiyle oldukça dikkat çekicidir, bu sebeptendir ki bölgede yapılan jeolojik amaçlı ilk çalışmalar da hep bu

zenginliklerin tespiti amacı ile olmuştur. 20. yüzyılın başında, zuhurlar halinde gözlenen bu zenginlikleri ortaya çıkartmak için Osmanlı İmparatorluğu döneminden itibaren ve devamında cumhuriyet döneminde çalışmalar yaptırılmıştır. Carvounides (1915) ve Zeigler (1936) ile başlayan kömür araştırmaları, Maucher (1936), Pekmezciler (1953) tarafından devam etmiştir. Bu alanların o zamanki şartlar altında gözlenebildiği kadarıyla Neojen stratigrafisini ve kömür varlığını araştıran çalışmacılar, görsel sedimanların varlığını gözlemişlerdir ve kömürün limnik havzalarda oluşum süreçlerinden yola çıkarak ortamda linyit bulunabileceğinden bahsetmişlerdir. Ayrıca bu araştırmacılar tespit ettikleri bazı fosiller ışığında havza sedimanlarını ve volkanik malzemeyi Miyosen ve Pliyosen aralığında yaşlandırmıştır.

Bu çalışmanın odak noktasındaki alanın yaklaşık 15 km kuzeydoğusunda barındırdığı kömür rezervi sebebiyle Seyitömer yöresi pek çok araştırmaya konu olmuştur. Bu bölge Lebküchner (1959), Nakoman (1968), Beseme (1969), Sülün ve Duvarcı (1982), Baş (1983), Sarıyıldız (1990), Kaya (1993), Şengüler (1994), Yavuz vd. (1995), Şengüler ve Sonel (1999), Kapan-Yeşilyurt ve Taner (2001), Yavuz (2001) ve Yavuz-Işık (2007), Akkiraz (2011) tarafından araştırmalarına konu edilmiştir.

Tüm bunların dışında Türkiye’de volkanik faaliyetler, hemen her jeolojik devirde, Ege Bölgesi’nde Eosen’den Pliyo-Kuvaterner’e kadar sürekli, ekstrüvizif olarak ve bazen de denizaltı volkanizması şeklinde görülmüştür. Bu faaliyetler yerli ve yabancı birçok araştırmacının dikkatini çekmiş ve incelemelerine konu olmuştur. Genel olarak bu çalışmalarında araştırmacılar, inceledikleri volkanik faaliyetleri yaşlandırarak sınıflamışlar ve bunların meydana geldikleri kaynak magmayı tespit etmeye çalışmışlardır.

Lebküchner (1959), yukarıda bahsi geçen çalışması sonunda hazırladığı raporunda, bölgedeki volkanizmadan da bahsetmiş ve bu faaliyetin tüm Neojen boyunca devam ettiğini belirtmiştir. Geç Pliyosen’de Örenköy çevresinde bu volkanizmanın etkisini arttırdığını ve bazik lavlar şeklinde gözlendiğini eklemiştir.

Nebert (1960), Tavşanlı ve çevresinde iki aşamalı volkanizmadan bahsetmiş, ardından bunların ilkinde volkanizmanın andezitik lav akıntıları, tuf ve aglomeralarla gözlendiğini, bazaltik lav akıntılarının geliştiğini, volkanizmanın Üst Pliyosen’e kadar çıktığını belirtmiştir.

Kalafatçioğlu (1961; 1964), Bilecik-Kütahya-Tavşanlı-Harmancık-İnegöl ile Balıkesir-Kütahya arasındaki bölgelerde çalışmış ve burada incelediği volkanizmanın Miyosen sonunda başladığını ve aşamalı olarak Pliyosen’e kadar devam ettiğini belirtmiştir.

Lünel (1974), Eskişehir dolaylarını araştırmış, volkanik faaliyetin aralıklarla devam ettiğini, Pliyosen yaşlı volkanik kayaların, gölssel ortamda bulunduğunu belirtmiştir.

Akdeniz ve Konak (1979), Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci yörelerinde çalışmışlar ve bunu bir rapor olarak sonuçlandırmışlardır. Menderes Masifi'nin kuzeybatısına denk gelen çalışma alanlarında Prekambriyen yaşlı temel kayaların üzerine uyumsuzlukla gelen Triyas-Kretase yaşlı bir istiften bahsetmişlerdir. Ayrıca burada Tersiyer başlarında magmatik bir faaliyetle Simav Grabeni kırıklarının oluştuğunu ve bu yükselmeye oluşan küçük havzalarda, Neojen çökellerin varlığını, Miyosen volkanizmasının bu çökellerle birlikte bulunduğunu belirtmiş, bölgede gözledikleri bazaltik lavları Kuvaterner'e dahil etmişlerdir.

Gök vd., (1980), Kırka civarındaki yaptıkları stratigrafik, petrografik ve tektonik incelemelerde, Pliyosen sonrası bazaltik lavı, Karaören volkanitini, Neojen'in en altında Miyosen yaşlı Türkmendağı volkanit grubunu tanımlamışlardır..

Sunder (1980), Kütahya çevresindeki bu çalışmanın konusu olan alanını içermeyen bazı volkanitleri konu alan bir çalışma yapmıştır. Çalışmasında araştırmacı, K/Ar yöntemiyle volkanik kayalara 17.2-19,6 My aralığında yaş vermiştir. Bu seviyelerin daha üzerinde tüflü istife ve kireçtaşlarına ise Üst Miyosen yaşını vermiştir.

Ercan (1981), Batı Anadolu Tersiyer volkanitleri üzerine çalışmalar yapmış, kalkalkalin ve alkalın karakterdeki volkanitleri tespit etmişlerdir. Tavşanlı civarında gözlediği volkanitleri Tavşanlı volkanitleri olarak isimlendirmiş ve alkali bazaltik lavlarla kalkalkalin andezitik lavların varlığını belirtmiştir.

Okay (1981), İzmir-Ankara zonu içerisinde diye bahsettiği Tavşanlı yöresindeki kayaları peridotit, ofiyolitli melanj, mavişist ve mermer olarak tanımlamış ve bu kayaları da İzmir-Ankara zonu içerisinde göstermiştir. Araştırmacı çalışmasında, Kuzeybatı Anadolu'daki ofiyolitlerin çökelme yaşını Üst Kretase-Paleosen olarak vermiştir.

Okay (1984a), geniş bir alanda çalışmış ve bu çalışmada da incelenen Tavşanlı ve Afyon zonları metamorfik kuşaklarını ayırt etmiştir. Araştırmacı ayrıca bu çalışmasında Anatolidlerde Alpin orojenezi sırasında iki metamorfik kuşak oluştuğunu, kuzeydeki yüksek basınç-düşük sıcaklık metamorfizmasına maruz kalan bölümü Tavşanlı Zonu, daha güneydeki ofiyolit kütleleri altında kalan metamorfik kayalardan oluşan zonu ise Afyon Zonu olarak tanımlamıştır. Bu araştırmanın sonuçları çalışmamız açısından çok faydalanılan bir kaynak olmuştur.

Yılmaz (1984), Türkiye’de etkin olmuş olan tüm magmatizmayı ve bunun tektonizma ile olan ilişkisini inceleyen bir çalışma yapan araştırmacı, Türkiye’de Miyosen’le başlayan yaygın volkanik faaliyetin yakın tarihlere kadar devamından ve Batı Anadolu’daki etkinliğinden bahsetmiştir. Bununla kıtasal yakınlaşma, çarpışma ve kısalıp kalınlaşma ve sonrasında da sıkışma rejiminin genişleme rejimine dönüşmesiyle ilgili olduğunu belirtmiştir.

Ercan vd., (1985), Batı Anadolu’da yüzeyleyen Senozoyik dönemi volkanitlerinde jeokimyasal inceleme, radyometrik yaşlandırma çalışmalarında bulunmuştur. Ege Bölgesi’nin çalışılan kısmı ile ilgili yaşların net şekilde öğrenilmesi ve yorumlanabilmesi açısından önemli olan bu çalışmada radyometrik yaşlandırmalar sonucunda volkanitlerin yaşı 31,4 My. olarak bulunmuştur.

Şener ve Gevrek (1986), Simav-Emet-Tavşanlı civarındaki alanlarda gözlenen alterasyonları incelemişler, Kütahya’ya bağlı Ilıca yöresinde gözlenen bazaltların Neojen yaşlı olduğunu belirtmişlerdir.

Baş (1987), Tavşanlı-Domaniç volkanitleri üzerine yaptığı çalışmasında volkanizmayı Orta-Üst Miyosen’de oluşmuş dasit ve riyolit kayaçları olarak tanımlamıştır. Bu volkanizmanın çöküntü havzası sınıfına dahil edilebilecek bir havza içerisinde geliştiğini, Miyosen yaşlı bu volkanitlerin kimyasal bileşimlerinden yola çıkarak bunların üst kıta kabuğuna ait olduğunu belirtmiştir.

Ercan (1987), bir derleme çalışması yapmış, Ege Bölgesi’nde Eosen’de başlayıp yakın zamanlara kadar etkin olan volkanizma ürünü kayaçlarda yapılan radyometrik yaşlandırma çalışmalarının sonuçlarını derlemiş ve bölge volkanitlerini yaş ve oluşum koşullarına göre sınıflamıştır. Bu çalışmada, çalışma alanı Miyosen-Pliyosen yaşlı kıta içi volkanitler zonunda gösterilmiştir.

Gürdal (1990), Sabuncupınar civarındaki kayaçlarda gözlenen alterasyonları araştırmıştır. Orta-Üst Miyosen’de, bölgedeki sedimanların volkanizma sonucunda üzerlendiğini belirtmiştir. Volkanitler üzerinde mineralojik ve petrografik incelemeler de yapan araştırmacı, volkanitleri meydana getiren magmanın kökeninin, üst mantoda kabuğun kısmi ergimesi ile oluştuğunu ve bundan dolayı volkanitlerin kalkalkalin ve yüksek potasyumlu kalkalkali karakterde olduğunu belirtmiştir.

Ercan vd., (1996), Miyosen volkanizmasının Anadolu’nun batısındaki etkinliğini incelemiştir. Miyosen’deki bu aktivitenin tüm Miyosen boyunca devam ettiğini belirtmiştir. Ayrıca, Erken-Orta Miyosen volkanitlerinin Geç Miyosen volkanitlerine göre daha yaygın bir

şekilde yüzlek verdiğini gözlemlemiştir. Batı Anadolu'da değişik alanlardan ve farklı volkanik faaliyetlere ait örneklemeler yapmış ve bunlar üzerinde K/Ar ve Rb/Sr yöntemiyle yapılan radyometrik yaşlandırmalar yapmıştır. Sonuçta; Miyosen volkanitleri için 22,3-28,3 My arasında değişen yaş verilerine ulaşmıştır.

Yıldırım ve Burçak (1997), Kütahya Ilıcası bölgesindeki sıcak su kaynaklar hakkında çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarında bölgede Pliyosen yaşlı bazalt lavların varlığından söz etmişlerdir.

Aydar (1998), Batı Anadolu'daki Erken Miyosen-Kuvaterner arasında gerçekleşmiş volkanik faaliyetleri araştırmışlardır. Volkanik faaliyetlerin Geç Miyosen-Pliyosen boyunca sürmüş olduğunu, devamında Kuvaterner'de volkanizmanın alkali karakterde gözlenen bazaltlarla bu aktivitenin devam ettiğini araştırmalarında belirtmişlerdir.

Arık ve Temur (2003), Köprüören-Gümüşköy-Yoncalı yöresinde çalışmışlardır. Bölgenin jeolojik haritasını yapmış ve tespit ettikleri birimlerin stratigrafik dizilimini yapmışlardır. En altta temelin Karbonifer-Permiyen yaşlı metamorfitletlerden oluştuğunu, yaşı Üst Kretase olan ofiyolitik kayaçların tektonik dokanakla bu metamorfitletlerin üzerine itildiğini belirtmişlerdir. Bunların üzerinde ise sedimanter kayaçların bulunduğunu ve bu sedimanter kayaçların Üst Pliyosen-Kuvaterner yaşlı bazik bileşimli volkanitler tarafından kesildiğini öne sürmüşlerdir.

Önen (2003), Kütahya civarı Beşdeğirmen ve Kaynarca civarındaki kayaçlar üzerinde bunların kökenini, evrimini, jeokimyasal özelliklerini ve yaşlarını tespit etmek amacıyla incelemeler yapmıştır. Ortamda gözlemlediği; Afyon Zonu kayaçlarını ve Kınık ofiyolitlerini 79 ± 9 My olarak yaşlandırmıştır.

Innocenti v.d., (2005), Batı Anadolu Neojen ve Kuvaterner volkanizmasını incelemişler ve yaşlandırmışlardır. Ilıca yöresinden aldıkları volkanit örneklerinden analizler yapmışlar ve bu kayaçların kalk-alkali karakterde andezitik bazallart olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca bu kayaçlar üzerinde yaptıkları yaşlandırmada kalk alkali kayaçların 16-21 My yaş aralığında oluştuğunu belirtmişlerdir.

Özburan (2009), Kütahya ve çevresinin neotektonik özelliklerini incelemiş ve literatürde ilk kez bölgenin ayrıntılı jeolojik ve tektonik haritalamasını yapmıştır. Bölgedeki tektonizma ve volkanizmanın çok evreli olduğunu ileri sürmüş, son volkanik aktivitenin Kuvaterner'de meydana geldiğini belirtmiştir.

Ersoy (2010), Ege Bölgesi'ndeki Erken-Orta Miyosen yaşlı çarpışma sonrası volkanizmaya ait olan yüksek K'lu volkanik kayalar (şoşonitik ve ultrapotasik kayaları) jeokimyasal olarak incelemiş, ilkel lavların kökenini ve gelişiminin önemli olduğunu vurgulamıştır.

Karaoğlu (2010), Menderes masifi çekirdek kompleksinin kuzey kısmında bulunan Uşak-Güre havzasındaki volkanitleri incelemiştir, Bunlar: 1) Şoşonit, latit, riyolit lavlarından ve bunların dışında dasidik ve andezitik piroklastik çökellerden oluşan Beydağı volkanik birimi, 2) ortaç bileşimli K lavlarından oluşan Payamtepe volkanik birimi, 3) Andezitik ve latitten oluşan Karaağaç dayklarıdır. Çalışmada volkanitler üzerinde yaptığı radyometrik yaş tayinlerinde en yaşlı yaş aralığı 17-16 My yani Geç-Erken Miyosen, en genç yaş aralığı olarak ise 12 My yani Geç-Orta Miyosen olarak tespit etmiş ve bunların MORB-normalleştirilmiş çoklu-element diyagramı üzerinde kuvvetli LILE ve LREE zenginleşmesi, Nb-Ta tüketimi ve Ti ile karakterize edildiğini belirtmiştir.

Temel vd. (2011), Eskişehir civarında, lav ve piroklastik çökeller şeklinde mostra veren volkanik kayaların petrolojik ve jeokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Volkanizmanın kökeni ve geçirdiği magmatik evrimin açıklığa kavuşturulması ve tektonikle olan ilişkisinin ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Piroklastik ürünler ile bazaltik ve andezitik bileşimdeki lav/dom'lardan oluşan volkanitler için Erken-Geç Miyosen (19.5-7.9 My) aralığında radyometrik yaşlar elde etmişler ve bölgedeki volkanik ürünlerin hem alkali hem de kalkalkali karakterde olduklarını belirtmişlerdir.

Gürboğa (2011), Gediz yöresindeki volkanitlerden Ar-Ar yöntemiyle yaptığı yaşlandırmalarda, 18.4 My yaşını elde etmiştir.

Özburan ve Gürer (2012), bölgede Miyosen ve Pleyistosen'de farklı volkanik evreler olabileceğinden söz etmişlerdir.

Semiz (2015), Kütahya Simav grabeninde volkanik kayaların jeokimyası üzerinde çalışmıştır. İz element ve izotopik oranlardan yararlanılarak yapılan jeokimyasal modellemelerle ulaştığı sonuçlarla şoşonitik ultrapotasik ve kalkalkalin grup kayalarının aynı manto kaynağından türediğini ve buradaki volkanitlerin tektonik olarak orojenik kabuğun hızlı bir şekilde genişlemesi ve incilmesi ile magmatik kayaların bileşimlerinin arasında bir bağ olduğunu ve bu tektonizmanın kayaların bileşimlerini değiştirdiğini belirtmiştir.

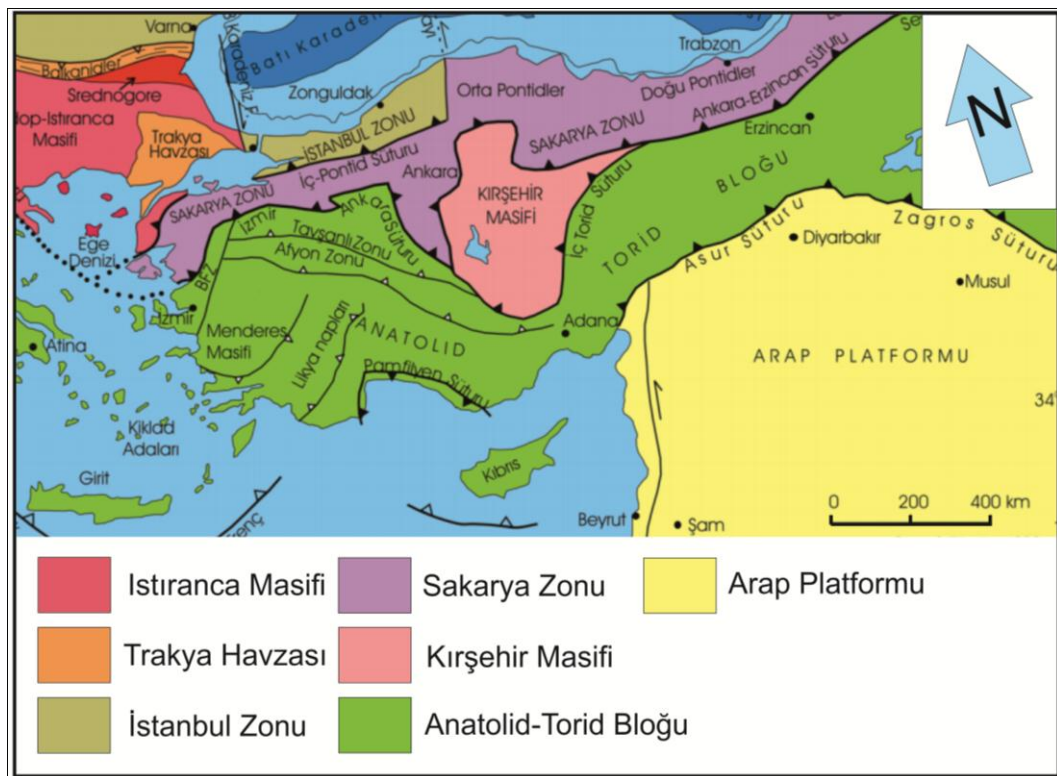
Prelevic (2015), Afyon Orta Miyosen alkalin volkanik kompleksinde yayılmış olan lavların, geniş aralıkta bileşimsel olarak ultrapotasikten sodyum-alkaline ve doygundan-aşırı doyguna kadar değişen son derece değişken jeokimyasal özelliklere sahip olduğunu belirtmiştir.

Özkul vd. (2015), bu çalışmada da geçen Örenköy volkanitleri de dahil olmak üzere Kütahya çevresinde yüzeylenen volkanitlerin jeokimyasal özelliklerini araştırmış ve ortaya çıkan sonuçlar ışığında bu volkanitlerin kökensel, jeokronolojik ve gelişimsel özellikleri ortaya koymuştur. Bu kayaçların yaş aralığını literatür de ilk defa K-Ar yöntemi ile Erken Miyosen olarak belirlemişlerdir.

2. GENEL JEOLJİ

2.1. Bölgesel Jeoloji ve Tektonizma

Okay ve Tüysüz'e (1999) göre Türkiye tektonik birlikler bakımından 4 gruba bölünmüştür. Bunlar, İstanbul zonu, Sakarya zonu, Anatolid-Torid bloğu ve Kırşehir masifidir (Şekil 2.1). İnceleme alanı bu birlikler içerisinde Anatolid-Torid bloğu içerisinde bulunmaktadır.



Şekil 2.1. Türkiye'nin tektonik birlikleri (Okay ve Tüysüz, 1999).

Anadolu, Alp-Himalaya orojenik kuşağı içinde; Afrika, Avrasya ve Arap plakaları üzerinde yer almaktadır. Alp-Himalaya orojenik kuşağı, Afrika ve Arabistan Levhalarının kuzeye doğru hareket etmeleri ve Avrasya Levhası ile çarpışmaları sonucunda meydana gelmiştir, bu çarpışma Doğu Anadolu'nun kuzey-güney doğrultusunda sıkışmasına neden olmuş ve bu sıkışmayla birlikte Anadolu Levhası batı-güneybatıya doğru itilmeye başlamıştır (Şengör ve Yılmaz 1981, Şengör vd., 1985). Bunun sonucunda Ege'de doğu-batı yönlü bir sıkışma yaşanmış, bu sıkışmada kuzey-güney yönlü bir gerilme ile sonuçlanarak Ege-Anadolu graben sistemini oluşturmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bütün bu unsurlar yani doğudaki sıkışma, Anadolu Levhası'nın batıya doğru hareketi Türkiye'nin bugünkü tektonik yapısını kontrol eden

ana unsurlar olarak gözlenmektedir. Özet olarak; Avrasya-Arabistan plakalarının çarpışması ve bunu takiben gerçekleşen tüm tektonik olaylar K-G yönlü gerilmeyle Ege Graben Sistemi'nin oluşturmuştur. Grabenlerin oluşumu, kabuksal inceleme Batı Anadolu'da volkanik faaliyetlerin ortaya çıkması sonucunu doğurmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981). Ege bölgesi, doğu-batı gidişli birçok graben sistemine sahiptir, doğu-batı gidişli Edremit, Bakırçay, Kütahya, Simav, Gediz, Küçük ve Büyükmenderes ile Gökova Grabenleri bunlara örnektir. Bu grabenlerin oluşumundan bu yana bölge %50 oranında bir kuzey-güney genişleme geçirmiştir.

Grabenleri oluşturan Ege'deki bu gerilme tektoniği yerel olarak tipik bir rift volkanizmasına sebep olmaktadır (Borsi vd.,1972). Batı Anadolu'da intrüzyonlar başlıca Eosen ve Oligosen'de, ekstrüzyonlar ise Geç Senozoyik (Miyosen ve Pliyosen) ve Kuvaterner'de egemendir. Özellikle Erken Miyosen'de geniş alanlara yayılmış volkanik aktiviteler söz konusu olmuştur (Innocenti vd., 1982, Keller, 1983). Yukarıda değinilen Erken-Orta Miyosen'deki sıkışma ile yaygın bir kalk-alkali volkanizma, sonrasında Orta-Geç Miyosen'de genişlemeli tektonik rejim etkisiyle alkali bir volkanizma gelişmiştir (Aydar, 1998). Bunun yanında kalkalkali ve alkali volkanizmanın bir arada, genişlemeli tektonik rejim neticesinde türediğini belirten araştırmacılar da mevcuttur (Seyitoğlu vd., 1992).

Tüm bu bilgiler ışığında, muhtemelen batı Anadolu'daki yaygın volkanizma başlıca horst-graben yapısıyla ilişkili olmalıdır. Bu durum volkanizma faaliyetlerinin tek başına fayların ulaştığı derinliklerle ilişkili olmadıklarını, daha çok litosferin ince ve magmanın yüzeye yakın olduğu kesimlerde yapı ve tektonikle ilişkili olduğunu göstermektedir. Bir başka tespit, Miyosen havza ve volkanitlerin K-G ve KD-GB doğrultulu, Pliyo-Kuvaterner havza ve volkanitlerin de KB-GD ve D-B doğrultulu faylarla ilişkili olduğu yönündedir (Aydar, 1998).

2.2. Stratigrafi

Çalışma alanında Paleozoyik, Mezozoyik ve Senozoyik dönemlerine ait birimler yüzlek vermektedir. Tabanda şistler ile mermerlerden oluşan metamorfik temel ve bunun üzerine tektonizmaya yerleşmiş ofiyolitler yer alır. Bunların üzerinde ise volkanik kayalar yayılımı gözlenmekte olup volkanitlerin üzerinde ise gölgesel ortam karbonatlı kayaları çökelmiş olarak bulunmaktadır (Şekil 2.2 ve Şekil 2.3).

ZAMAN	DEVİR	DEVRE	KAT	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	KUVATERNER	HOLOSEN		Alüvyon		Çakıl, Kum, Kil
				Yakaca Fm.		Çakıl, Kum, Silt
	NEOJEN	MİYOSEN	ÜST	Emet Fm.		Kireçtaşı, Marn
			ORTA	Çokköy Fm.		Çakıltası, Kumtaşı, Kiltası, Kireçtaşı
			ALT	Örenköy Volkanitleri		Bazalt, Bazaltik andezit, Andezit
	MESOZOYİK	KRETASE	ÜST KRETASE	TAVŞANLI ZONU Kınık Ofiyoliti		Serpantin, Peridotit, Ofiyolitik Melanj
	PALEOZOYİK	PERMİYEN		AFYON ZONU		Kristalize kireçtaşı, Mermer
				Sarıcasu Fm.		Mikaşist, Metakonglomera, Kuvarsit, Fillit

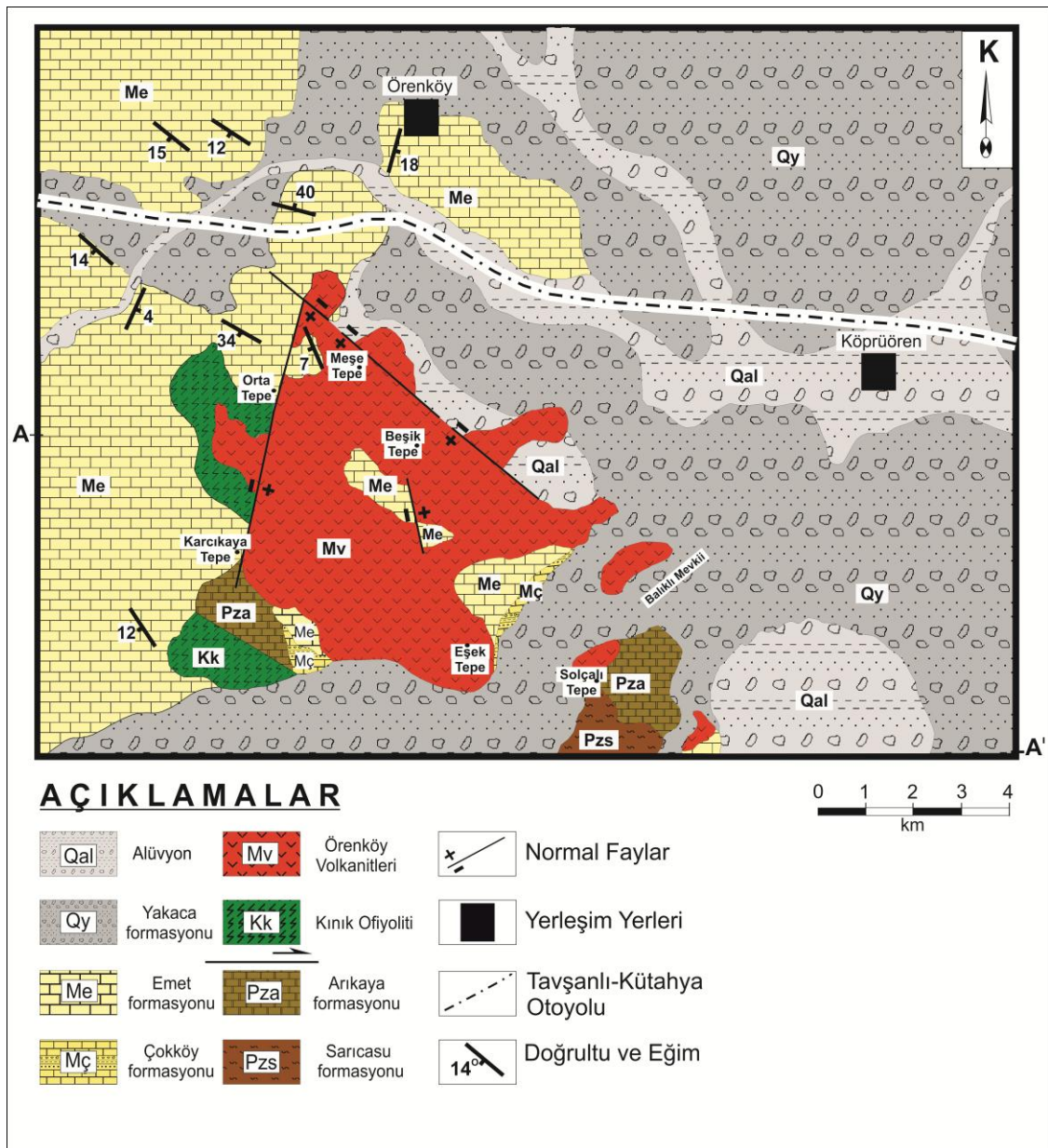
Ölçeksizdir.

Şekil 2.2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.

2.2.1. Afyon zonu kayaçları

Çalışma alanındaki en yaşlı kayaçlar olan bu birim ilk olarak Okay (1984b) tarafından tanımlanmıştır. Birim, Özgül (1976) tarafından Bolcardağ Birimi, Okay (1986) tarafından Menderes Masifi örtü kayaçları, Okay (1996) tarafından ise Afyon Zonu adlandırılması yapılarak

ayırtlanmış ve çalışılmıştır. Bu çalışmada da bu birim Afyon Zonu olarak adlandırılmıştır. Düşük dereceli bölgesel metamorfizma ürünü bu zon Ketin (1966) tarafından Anatolidler içinde değerlendirilmiştir. Zon genellikle yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş platform tipi çökellerden oluşur (Özcan vd., 1988; Candan vd., 2005; Özbüran'dan (2009). Birim alttan üste doğru sıralanırsa en altta kahverengi tonlarındaki renklerin hakim olduğu mikaşistler, metakumtaşları ile başlar üst seviyelere doğru ise şistlerle geçişli halde gözlenebilen grimsi beyaz renklerde mermer blokları ve re-kristalize kireçtaşları ile devam eder.



Şekil 2.3. Çalışma alanının genel jeoloji haritası (Özkul vd., 2015'den değiştirilmiştir).

Çalışma alanında bu zon Aliköy doğusunda, Beşik Tepe güneybatısında, Solçalı Tepe civarında yüzeylemektedir. Tavşanlı Zonu ile Afyon Zonu'nun dokanak halinde olduğu alanlarda genelde mermerler mostra vermektedir. Buna örnek olarak Solçalı Tepe verilebilir (Şekil 2.3).

Birim bölge metamorfiklerini çalışan çeşitli araştırmacılar tarafından göreceli olarak yaşlandırılmıştır. Kalafatçioğlu (1962), bölge metamorfitlerinin genelini Paleozoyik olarak, Akdeniz ve Konak (1979) birime üst ünde bulunan fosilli birimle olan ilişkisinden yararlanarak Permiyen-Alt Triyas yaşını vermiştir. Özbüran (2009), birimi Permiyen olarak yaşlandırmıştır. Bu çalışmada da bu yaşlandırma uygun görülmüş ve birimin yaşı Paleozoyik (Permiyen) olarak belirlenmiştir. Afyon zonu kayaçları olarak belirtilen bu birim arazide genel olarak şistler ve mermerler ile temsil edilmektedir ve bu metamorfikler Sarıcasu ile Arıkaya Formasyonu olarak kendi içerisinde ikiye ayrılmaktadır.

2.2.1.1. Sarıcasu formasyonu

Birim, genel olarak şistlerden oluşmaktadır. Çalışma alanındaki Afyon Zonu kayaçlarının en alt kesimlerini temsil eden birim bu alandaki en yaşlı birim olup, gözlenebilen en alt kesimleri şistlerle başlar (Şekil 2.4). Birim ilk olarak Holzer (1954); Akkuş (1962); Kalafatçioğlu (1962); Norman ve Arpat (1962); Borchert ve Uzkut (1967); Çoğulu (1967); Ildız (1967); Özkoçak, (1969); Lisenbee (1971) tarafından metamorfik temel kayalar olarak çalışılmıştır. Sarıcasu Formasyonu adlanması ilk kez Akdeniz ve Konak (1979) tarafından Simav dolaylarında çalıştıkları kesim üzerinde yapılmıştır. Bu çalışmada da bu adlandırma tercih edilmiştir. Bu birim; Özcan vd., (1989) tarafından İhsaniye Karmaşığı, Arık ve Temur (2003) tarafından ise Şahin formasyonu adı altında çalışılmıştır.

Birimin üst seviyelerinde, değişik ölçeklerde gri, grimsi beyaz renklere re-kristalize kireçtaşı, mermer blokları, düşük dereceli metamorfizma geçirmiş kayaçlar olarak nitelendirilen muskovit şist, muskovit-klorit şist, serizit şist, fillitler gözlenmektedir. Yer yer kahverengi ve yeşilin değişik tonlarının da gözlemediği birimde şistler içerdiği mika sebebiyle parlayan bir görünüm sunmaktadır. Buralarda bazı el örneklerinde biyotit minerali gözle görülebilir boyutlardadır. Çalışma alanının oldukça dar alanlarda yüzeyleyen birim, başlıca Aliköy doğusunda ve Solçalı Tepe güneybatısında çok kısıtlı bir alanda gözlenmektedir. Çalışma alanındaki kayaçların temelini oluşturan bu birimin tabanı gözlenemediğinden birimin taban ilişkisi tespit edilememiştir. Ancak üstte Arıkaya formasyonu ile uyumludur (Özbüran, 2009).

Formasyonun tabanı gözlenemediği için gerçek kalınlığı da tespit edilememektedir. Birimin yaşı, Kalafatçıoğlu, (1962) ve Özkul vd., (2015) tarafından Paleozoyik olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada da birim için bu yaşılandırma uygun görülmüştür.



Şekil 2.4. Çalışma alanında Solçalı Tepe güney kısmında gözlenen Sarıcasu formasyonuna ait mikaşistler.

2.2.1.2. Arıkaya formasyonu

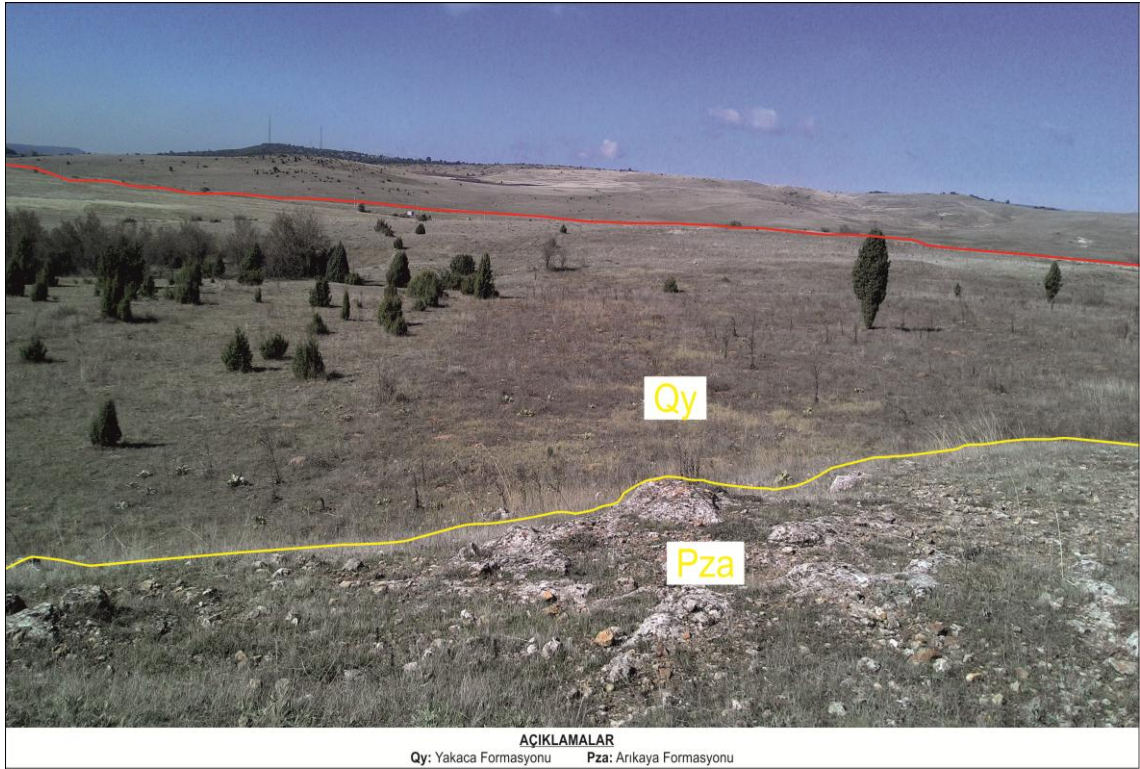
Afyon zonu kayaçları içerisinde yer alan bu formasyon re-kristalize kireçtaşı ve mermerlerden oluşmakta olup, kırıklı çatlaklı ve erime boşluklu yapıya sahiptir (Şekil 2.6). Birim, gri ve beyazımsı renklerde gözlenir (Şekil 2.5). Arıkaya Formasyonu ilk kez Akdeniz ve Konak (1979) tarafından bu isim ile ayırtlanmıştır. Ayrıca bu birim Arık ve Temur (2003), tarafından Karaağaç formasyonu, Akkuş (1962); Kalafatçıoğlu (1964); Vııcıl (1982); Yiğitgüden (1984) tarafından ise Mesozoyik mermerleri olarak adlandırılmıştır.

Birim çalışma alanında, Aliköy doğusunda, Solçalı Tepe'nin kuzeydoğusunda yüzeyler. Tabanında Sarıcasu formasyonu ile geçişlidir. Ancak bazı araştırmacılarca şistler üzerine diskordansla geldiğinden söz edilir (Akkuş, 1962; Arık ve Temur, 2003; Özburan'dan (2009). Arıkaya formasyonu'nun kalınlığı Özburan (2009) tarafında 300-400 m arasında verilmiştir.

Birim bazı araştırmacılar tarafından çeşitli yaş aralıklarında yaşlandırılmıştır. Özkul vd., (2015) tarafından ise birimin yaşı göreceli taban ve tavan ilişkileri dikkate alınarak ilk kez Paleozoyik olarak belirtilmiştir, bu çalışmada da bu yaşlandırma uygun görülmüş ve kullanılmıştır.



Şekil 2.5. Çalışma alanında Solçalı Tepe civarında yüzeyleyen Sarıcasu formasyonu mermerlerinin görüntüsü.



Şekil 2.6. Sarıcasu formasyonu mermerleri ile Yakaca formasyonunun Solçalı Tepe kuzeyindeki dokanağı.

2.2.2. Tavşanlı zonu kayaçları

Birim, çalışma alanında Senozoyik öncesine ait temel kayaların en üst seviyelerini temsil eder. Tavşanlı Zonu, Türkiye'nin tektonik birlikleri içerisinde Anatolid-Torid bloğu üzerinde Batı Anadolu kısmının kuzey kısmında yer alır. Bu zona ait kayaçlar çalışma alanında Afyon Zonu'nun üzerine bindirmiş şekilde gözlenir (Okan ve Tüysüz, 1999). Kahverengi, kırmızımsı ve yeşil renklere serpantin ve ofiyolitik kayaçlar şeklinde gözlenen bu birim çalışma alanında Orta Tepe'nin güneydoğusunda bir fayla volkanitlerden ayrılmış şekilde ve yine Karcıkaya Tepe'nin güneybatısında gözlenmektedir. Melanj karakterindeki bu kayaçlar ofiyolitik kayaç parçalarından oluşan, çoğunlukla düzensiz istif görüntüsü gösteren bir karmaşık şeklindedir (Şekil 2.7). Daha üst seviyelerde birim başlıca peridotit, serpantin, spilitik diyabaz, harzburjit ve serpantinleşmiş harzburjitlerden oluşur. Tavşanlı Zonu kayaçları birçok kişi tarafından çalışılmış ve bunlar tarafından genellikle fosil verilerine göre yaşlandırılmıştır. Servais (1982) Kütahya kuzeyindeki mermerler ve radyolaritlere dayanarak Geç Jura-Erken Kretase, Okay ve Kelley (1994) Orhaneli-Tavşanlı arasında gözlemlendiği ofiyolitik melanj birim içindeki yine radyolaryalara ve kireçtaşlarındaki karakteristik foraminiferlerden yola

çıkarak Geç Kretase, Kalafatçioğlu (1962) ile Gautier (1984) Geç Kretase yaşını vermiştir. Önen ve Hall (1993) ile Harris vd. (1994) ise bu zona ait matamorfizmler üzerinde izotopik yaş yöntemleri uygulamışlardır. Buna göre ise Albiyen-Senomaniyen aralığında yaş verilerine ulaşmışlardır.



Şekil 2.7. Tavşanlı Zonu kayaçlarının Karcıkaya Tepe 2 km güneyindeki bir yol yarmasından görünümü.

2.2.2.1. Kınık ofiyoliti

Serpantinlerden oluşan bu birim koyu yeşil, yeşil ve yeşil-gri tonlarda, bol kırıklı olarak gözlenmektedir (Şekil 2.8). Serpantinler ezilmiş bir şekilde çoğunlukla yumuşak dokusuyla göze çarpar.

Kınık ofiyolitini temsil eden bu kayaçlar inceleme sahasında Meşelik Tepe batısında ve Beşik Tepe'nin batı eteklerinde yaygın şekilde gözlenmektedir.

Birim, Kalafatçioğlu (1962) tarafından Üst Kretase (Maastrichtiyen), Önen ve Hall, (2000) tarafından Üst Kretase, Özbüran (2009) tarafından, ofiyolitler üzerinde yapılmış çalışmaların derlemesi ve kıyaslanması ile Üst Kretase (Maastrichtiyen), Özkul vd. (2015) tarafından göreceli olarak Üst Kretase şeklinde yaşlandırılmıştır. Birimin yaşı bu çalışmada da araştırmacıların ulaştığı sonuçlar ışığında Üst Kretase olarak kabul edilmiştir.



Şekil 2.8. Kınık ofiyolitinde yer alan serpantinlerin yakından görünümü.

2.2.3. Örenköy volkanitleri

Örenköy volkanitleri bu çalışmanın asıl ilgi odağında bulunan birim olup, andezit ve bazaltik andezit bileşimli volkanitlerle temsil edilmektedirler. Birim, Baş (1983) tarafından Karaköy volkanitleri, Arık ve Temur (2003), tarafından Taşlıtepe volkaniti olarak adlandırılmıştır. Yöredeki volkanitlerin siyah, koyu gri renklerde bol gözenekli bazaltlar ve koyu pembe andezitlerle temsil edildiğini belirten Arık ve Temur (2003), Solçalı Tepe kuzeyinden alınan örnekleri olivin bazalt, Balıklı mevki, Beşik Tepe, Meşelik Tepe ve Çal Tepe'den aldığı örnekleri de bazalt bileşiminde tanımlamışlardır. Volkanitlerin Emet formasyonunu kestiğini, hatta Kuvaterner yaşlı birimler arasında sil şeklinde görüldüğünü ve uzanımının KD-GB ve KB-GD doğrultulu faylara paralel olduğunu belirtmişlerdir bu durum tarafımızdan yapılan incelemelerde de gözlenmiştir ve jeoloji haritasında belirtilmiştir (Şekil 2.3). Özkul vd. (2015) tarafından bu birim Örenköy güneyindeki tepelerde yayılım göstermesi sebebiyle Örenköy volkanitleri olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada da bu adlandırma uygun görülmüş ve kullanımı tercih edilmiştir.

Örenköy volkanitleri alttaki temel kayalarının üzerinde andezit yayılımı şeklinde, Örenköy güneyinde Beşik Tepe, Meşelik Tepe, Eşek Tepe ile Balıklı Mevkii ve Solçalı Tepe civarlarında çoğunlukla masif formda, yer yer kırıklı ve boşluklu (veziküler) bir şekilde gözlenmektedir. Tepelerde gözlenen bu birim bazı yüzlek verdiği yerlerde alterasyona uğramış olarak pembemsi ve açık kahverengi, Beşik Tepe, Meşelik Tepe ve Solçalı Tepe'de ise siyah ve

koyu gri renklerde göze çarpmaktadır (Şekil 2.9). Bu birimin kalınlığı yaklaşık 55 m, genişliği ise yaklaşık 350-400 m arasında değişmektedir.

Çalışma alanındaki bu kayalar içerisinde altere olmamış taze yüzeylerden alınabilen örneklerde makroskopik piroksen ve plajiyoklas fenokristalleri gözlenebilmektedir. Bu volkanitlerden alınan örneklerin ince kesitleri polarizan mikroskop altında incelenmiş, Örenköy yöresi volkanitlerinin, hyalo-porfirik, hyalo-mikrolitik porfirik doku gösterdiği ve plajiyoklas, ojit, olivin ve opak minerallerinden oluştuğu belirlenmiştir.

Özburan (2009), bu volkanitlerin çok evreli olarak, Alt-Orta Miyosen'den itibaren bölgeye yerleştiğini belirtmiş ve Emet formasyonuna ait Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı kireçtaşlarını pişirmiş olarak bölgede gözlenmesini buna kanıt olarak göstermiştir. D.S.İ. (1985), hazırladığı “Kütahya-Porsuk Havzası Jeofizik Rezistivite Etüt Raporu”nda, yöredeki bazaltların, Neojen formasyonlarının en üstünde örtü şeklinde bulunduğunu belirtmiştir. Erdoğan (1971) yine Kütahya çevresindeki volkanitlere dahil olan Ilıca yöresindeki bazaltların yaşı için en geç Neojen başı, Özbek ve Ölmez (1985) ise Neojen sonu olduğunu belirtmişlerdir. Özkul vd. (2015), incelenen volkanitlerin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinden yararlanılarak fenokristal içermeyen sadece volkanik hamur içeren örnekler üzerinde K-Ar yaşlandırması yapmış ve yaşı Burdigalian (Erken Miyosen) olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada da bu yaş aralığı kabul edilmiştir.



Şekil 2.9. Örenköy volkanitlerine ait bazaltik andezitlerin Meşelik Tepe zirvesindeki blokları.

2.2.4. Çokköy formasyonu

Çokköy formasyonu, başlıca çakıltaşı, kumtaşı, killi taşı, marn, t f ve kireçtaşından oluşmakta olup, ilk olarak Baş (1983) tarafından Domaniç ilçesine bağlı okk y köyünde geniş yayılım göstermesi sebebiyle bu köyün adıyla adlandırılmıştır. Birim  renk y volkanitleri üzerine uyumsuz olarak gelmiştir. İçerisindeki akıltaşları alt kesimlerde köşeli, üst kesimlerinde iyi yuvarlaklaşmıştır, kireçtaşları ise istifin en üst düzeylerinde yer alır, killi kireçtaşı şeklinde başlayan karbonatlı okeller, kireçtaşı düzeyleriyle üstte Emet formasyonuna dereceli geçiş yapar (şekil 2.10). Üstteki kireçtaşı düzeyleri, dayanımlarının daha yüksek olması sebebiyle çıkıntılar oluşturur yer yer küçük çizgisel süreksizlikler gösterir. Birim içerisinde marn ve killi düzeyleri dayanımsızdır. Birim alışma alanında dar bir alanda Aliköy civarlarında ve Karcıkaya Tepe güneybatısında yüzlek verir. Çokköy formasyonu, Baş (1983; 1986) tarafından 0-200 m kalıklıkta tespit edilmiştir. elik ve Kerey (1999) da yine 200 m kalınlığı olduğunu belirtmişlerdir. Birimin kalınlığının yaklaşık 200 m olduğu tarafımızdan da bunu doğrular şekilde gözlenmiştir.  zburan (2009) tarafından birimin tabanda yer yer Kınık ofiyoliti üzerine doğrudan diskordan olarak geldiği belirtilmiştir ancak çalışma alanında bu ilişki tam olarak gözlenememiştir. Birim, Baş (1983; 1986) tarafından içerdiği gastropod ve ostrakod fosillerine dayandırılarak Alt-Orta Pliyosen olarak yaşlandırılmıştır. Kapan-Yeşilyurt (2000), Domaniç yöresi Hamitabat dolaylarında yaptığı ölçülü stratigrafi kesitinde birimi Dasiyen (Alt Pliyosen) olarak yaşlandırmıştır.  zburan (2009) ve  zkul vd. (2015) tarafından ise birimin yaşı Orta- st Miyosen olarak kabul edilmiştir.

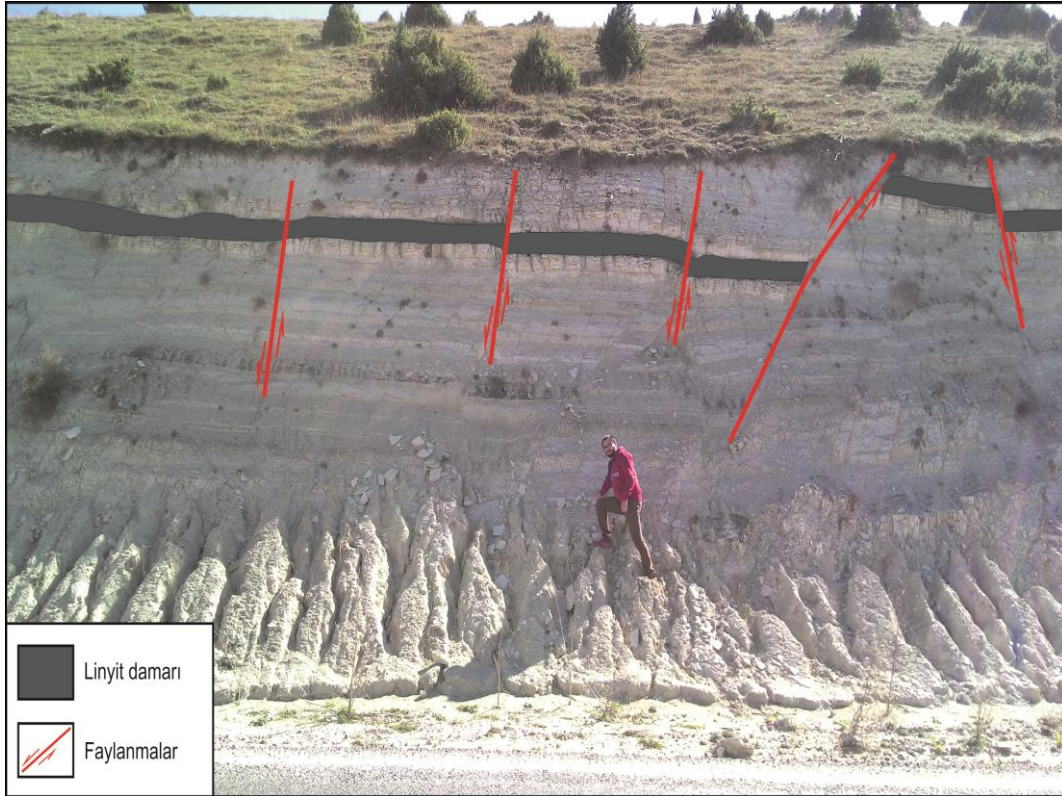


şekil 2.10. Karcıkaya Tepe güneydoğusunda gözlenen okk y formasyonunun altta çakıltaşlarından üstte kireçtaşlarına kadar görünümü.

2.2.5. Emet formasyonu

Birime ismini Akdeniz ve Konak (1979), Emet civarlarında gözlenen yüzlekleri sebebiyle vermiştir. Emet formasyonu, başlıca kireçtaşı ve marndan oluşan gösel karbonatlarla temsil edilir. Emet formasyonu Batı Anadolu'da özellikle Ege Bölgesi'nde geniş alanlarda tanımlanabilen bir birimdir (Özburan, 2009).

Birim tabanda killi, kumlu seviyelerle başlar ve üste doğru çamurtaşı, marn, çörtlü ve silisifiye kireçtaşı, kireçtaşı düzeyleri ile devam eder, ayrıca bazen kömür bantları içerir. İstif içerisinde Aliköy kuzeyi Karcıkaya Tepe batısında kırıklı ve faylanmalı, kalınlığı maksimum 8-10 cm olan birimin içerdiği gösel karbonatlardan yola çıkarak limnik ortamda oluştuğu düşünülen kömür bantına rastlanılmıştır (Şekil 2.11). İstifin altlarda killi ve kumlu seviyeleri oldukça mukavemetsizdir, üst kesimlerde ise silis bakımından zengin kireçtaşı ve kireçtaşı kesimler ise alt kesimlere nazaran oldukça dayanımlıdır (Şekil 2.12). İnceleme alanında bu seviyeler; beyaz, sarımsı, gri renklerde gözlenebilmektedir.



Şekil 2.11. Karcıkaya Tepe batısında gözlenen en üstte Emet formasyonu kireçtaşları ve hemen onun altında bahsi geçen ince linyit damarı.

Birim çalışma alanında oldukça yaygın olarak özellikle batı kesimlerde hemen hemen her yerde gözlenmektedir. Birime ait kayaçlar başlıca; Beşik Tepe güneyinde volkanitler üzerinde, Karcıkaya Tepe batısında Tepe, Örenköy güneyi ve güneybatısında yüzlek vermektedir (Şekil 2.13).



Şekil 2.12. Beşik Tepe güneyinde yüzeyleyen silisli kireçtaşlarının taze yüzey görüntüleri.

Emet formasyonu bölgede yaygın bir şekilde gözlemlendiğinden bir çok araştırmacının incelemelerine konu olmuştur ve yaşlandırmalara tabi tutulmuştur. Akdeniz ve Konak (1979) birimin içerdiği gastropod ve ostracod fosillerinden yola çıkarak, Orta-Üst Pliyosen, Baş (1983; 1986) tespit ettiği gastropod fosillerine dayanarak Orta-Üst Pliyosen, Yalçın vd. (1985), ostracod fosillerine dayanarak Geç Miyosen, Gün (1977) Gediz havzasında tespit ettiği bol miktardaki gastropod ve ostracod fosillerine göre birime Orta-Üst Pliyosen, Arık ve Temur (2003), önceki kurdukları stratigrafik düzenden yola çıkarak Üst Pliyosen yaşlarını vermişlerdir. Koçyiğit ve Bozkurt (1997), birimin stratigrafik konumuna ve yaptıkları literatürel çalışmaya dayanarak Geç Miyosen yaşını vermişlerdir. Özburan (2009) diğer araştırmacıların verilerinden ve birim içerisinde rastladığı fosil verilerinden yola çıkarak birimi Alt Pliyosen olarak

yaşlandırmıştır. Özkul (2015), bu birimi Geç Miyosen olarak yaşlandırmıştır, bu tarafımızdan da kabul edilmiştir.

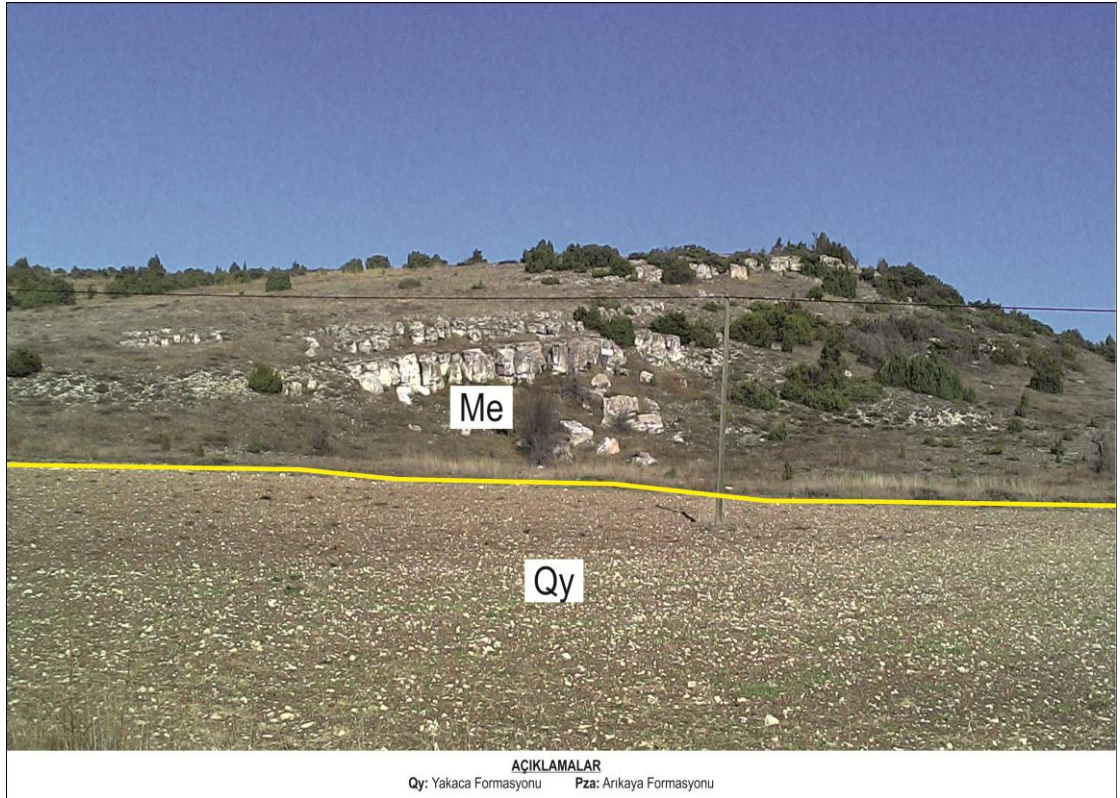


Şekil 2.13. Örenköy güneyinde yer alan kireçtaşlarından bir görünüm.

2.2.6. Yakaca formasyonu

Bu birim; Özburan (2009) tarafından ilk kez formasyon bazında ayırtılarak haritalanmıştır. Baş (1983) bu birimi “eski alüviyon” olarak adlandırmıştır. Birim başlıca kırmızımsı, pembemsi, kahverengi renklere tutturulmamış malzemeden oluşur (Şekil 2.14). Birim içerisinde gözlenen çakıllar köşeli ve açık beyazımsı renkte gözlenmektedir. Bu çakılların Emet formasyonunda gözlenen kireçtaşlarına gösterdiği benzerlik sebebiyle Emet formasyonuna ait olduğu düşünülmektedir.

Çalışma alanında birim çalışma alanı merkezi volkanitleri batısı hariç alt kesimlerinde çepeçevre sarmış şekilde çok geniş alanlarda yüzlek vermektedir. Birimin istifteki konumu dikkate alınarak Pleyistosen’de bir alüvyal ortamı yansıttığı düşünülmektedir (Özburan, 2009). Birim içerisinde herhangi bir fosile rastlanmamıştır.



Şekil 2.14. Örenköy güneyinde gözlenen Yakaca formasyonu ve Emet formasyonunun dokanak sınırı.

2.2.7. Alüvyon

Çalışma alanında bulunan akarsuların dren yollarına uyumsuz olarak yerleşen Kuvaterner yaşlı alüvyon birim; Örenköy-Köprüören bucağı arasındaki vadide gözlenmektedir. Birim güncel akarsu sistemleri tarafından çökeli mi sağlanmış çakıl-kum-silt-kil boyutundaki vadi çökelleridir. Bölgede drenajı sağlayan ve alüvyonun depolanmasını sağlayan bazı önemli suyolları şunlardır: Şahmelek-Örenköy ve Çobanköy civarlarından gelen suyolları geldiği iki koldan Köprüören dolaylarında birleşir, bu vadi alüvyonun çökeldiği başlıca vadidir. D.S.İ. (1985) tarafından yapılmış çalışmalar sonucunda elde edilmiş verilere göre, havzada alüvyon akifer olarak verilen bu çökelin kalınlığı 10-100 m arasında değişmekte olduğu belirtilmiştir.

3. MİNERALojİK VE PETROGRAfİK İNCELEMELER

3.1. Giriş

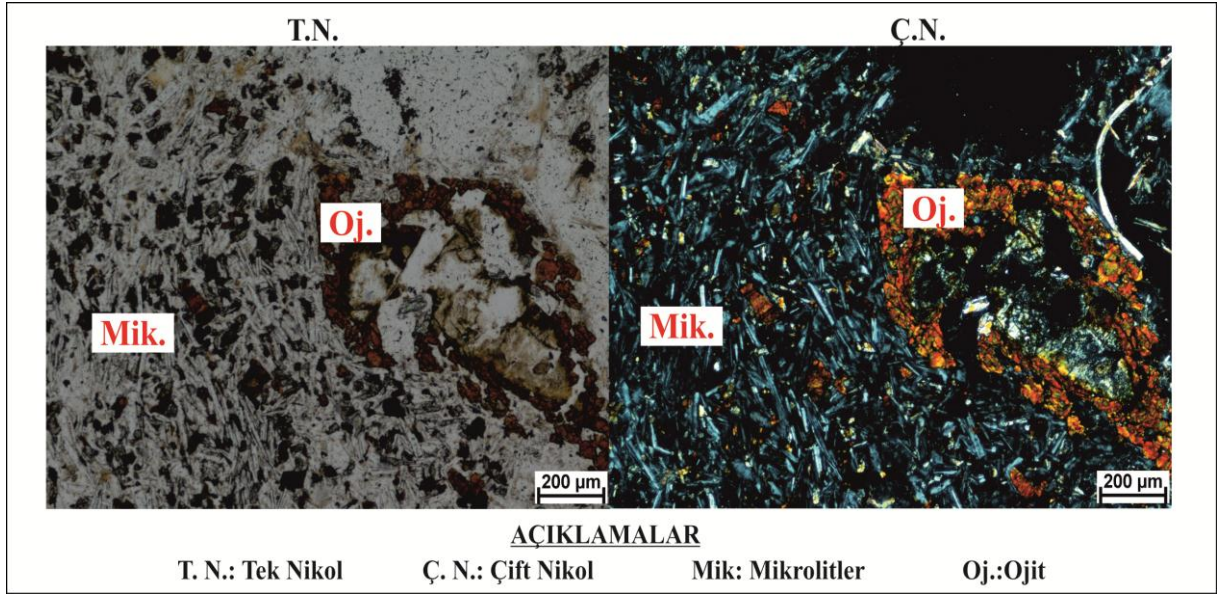
İnceleme alanından arazi çalışmaları sırasında, tamamı çalışmanın ana odak noktası olan volkanitlerden olmak üzere, 12 lokasyondan 27 kayaç örneği alınmış ve bu örneklerin ince kesitleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği ince kesit hazırlama laboratuvarında hazırlanmıştır. Hazırlanan bu ince kesitler çalışmanın amacı doğrultusunda Dumlupınar Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mikroskop Laboratuvarı'nda, örneklerin mineralojik ve petrografik özelliklerinin tayini için incelenmiştir.

Bu incelemeler esnasında kayaçları oluşturan mineraller tanımlanarak bu minerallerin birbirleriyle olan ilişkileri irdelenmiş ve dokusal özellikleri belirlenmiştir.

Toplam 12 adet ince kesit örneğinde yapılan incelemeler sonucu kayaçların dokusu, mikrolitik porfirik doku olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.1).

Çizelge 3.1. Çalışma alanından alınan 12 adet örneğin mineralojik ve petrografik özellikleri.

Örnek No	Enlem ve Boylam		RAKIM (m)	Lokasyon	Mineralojik Bileşim				Doku	Kayaç adı
					Pl	Oj	OI	Op		
TS-1	39.3040	29.4303	1048	Beşik Tepe civarı	+	+		+	Mikrolitik porfirik	Andezit
TS-2	39.3002	29.4329	1099	Beşik Tepe civarı	+	+		+	Mikrolitik porfirik	Andezit
TS-3	39.3002	29.4329	1099	Beşik Tepe civarı	+	+		+	Mikrolitik porfirik	Andezit
TS-4	39.3001	29.4317	1096	Beşik Tepe civarı	+	+		+	Mikrolitik porfirik	Andezit
TS-5	39.2926	29.4331	1085	Yazlık kırnı mevkii	+	+	+	+	Mikrolitik porfirik	Bazaltik Andezit
TS-6	39.3031	29.4242	1120	Orta Tepe etekleri	+	+	+	+	Mikrolitik porfirik	Bazaltik Andezit
TS-7	39.2921	29.4407	1041	Eşek Tepe civarı	+	+	+	+	Mikrolitik porfirik	Bazaltik Andezit
TS-8	39.3000	29.4331	1086	Beşik Tepe civarı	+	+	+	+	Mikrolitik porfirik	Bazaltik Andezit
TS-9	39.3001	29.4317	1105	Beşik Tepe civarı	+	+	+	+	Mikrolitik porfirik	Bazaltik Andezit
TS-10	39.3002	29.4330	1103	Beşik Tepe civarı	+	+	+	+	Mikrolitik porfirik	Andezit
TS-11	39.3020	29.4302	1104	Meşelik Tepe civarı	+	+	+	+	Mikrolitik porfirik	Bazaltik Andezit
TS-12	39.3010	29.4338	1036	Beşik Tepe civarı	+	+	+	+	Mikrolitik porfirik	Andezit



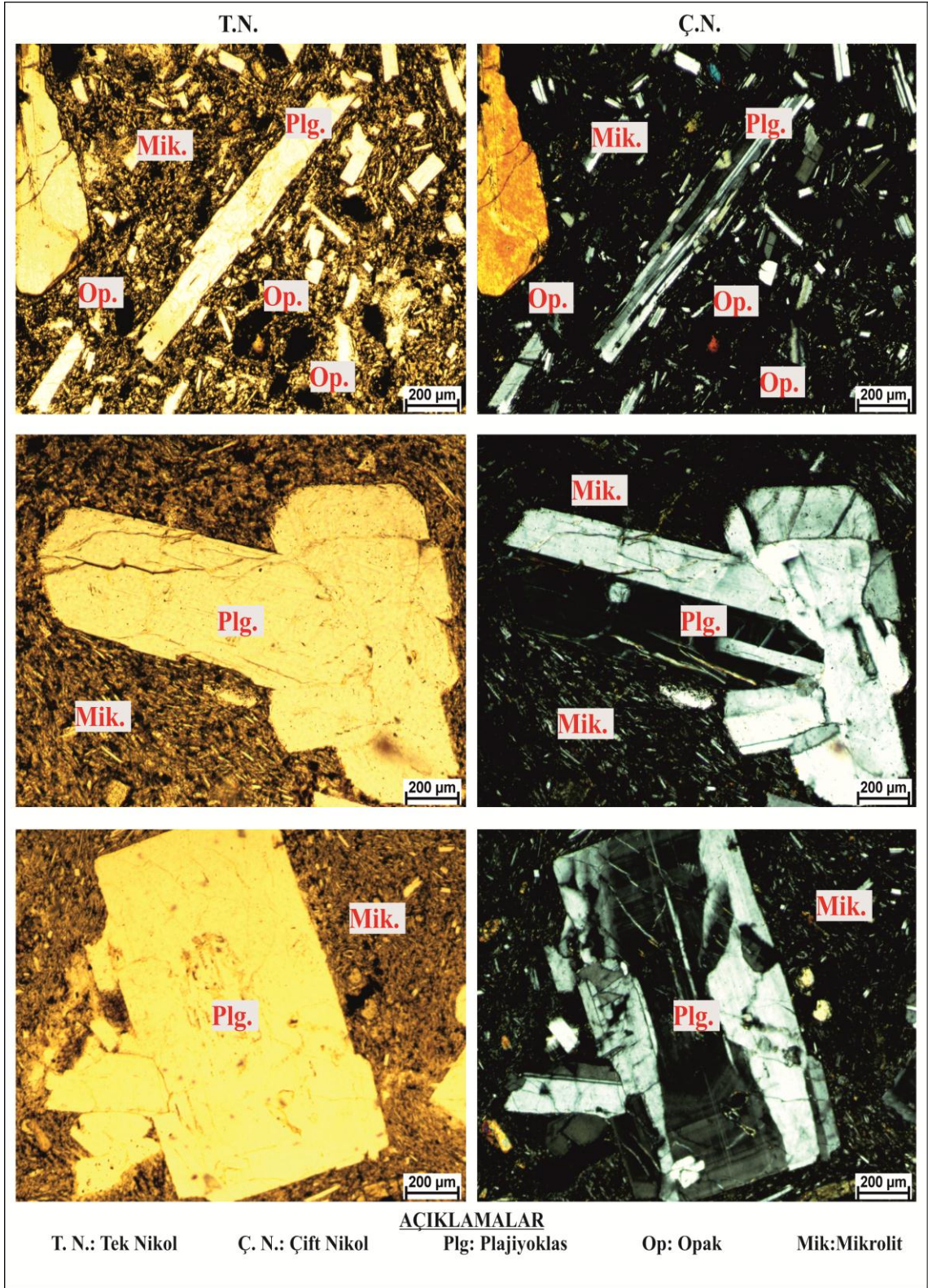
Şekil 3.1. Örenköy volkanitleri andezitlerinin polarizan mikroskop altında mikrolitik porfirik doku görünümü.

3.2. Optik Mikroskop İncelemeleri

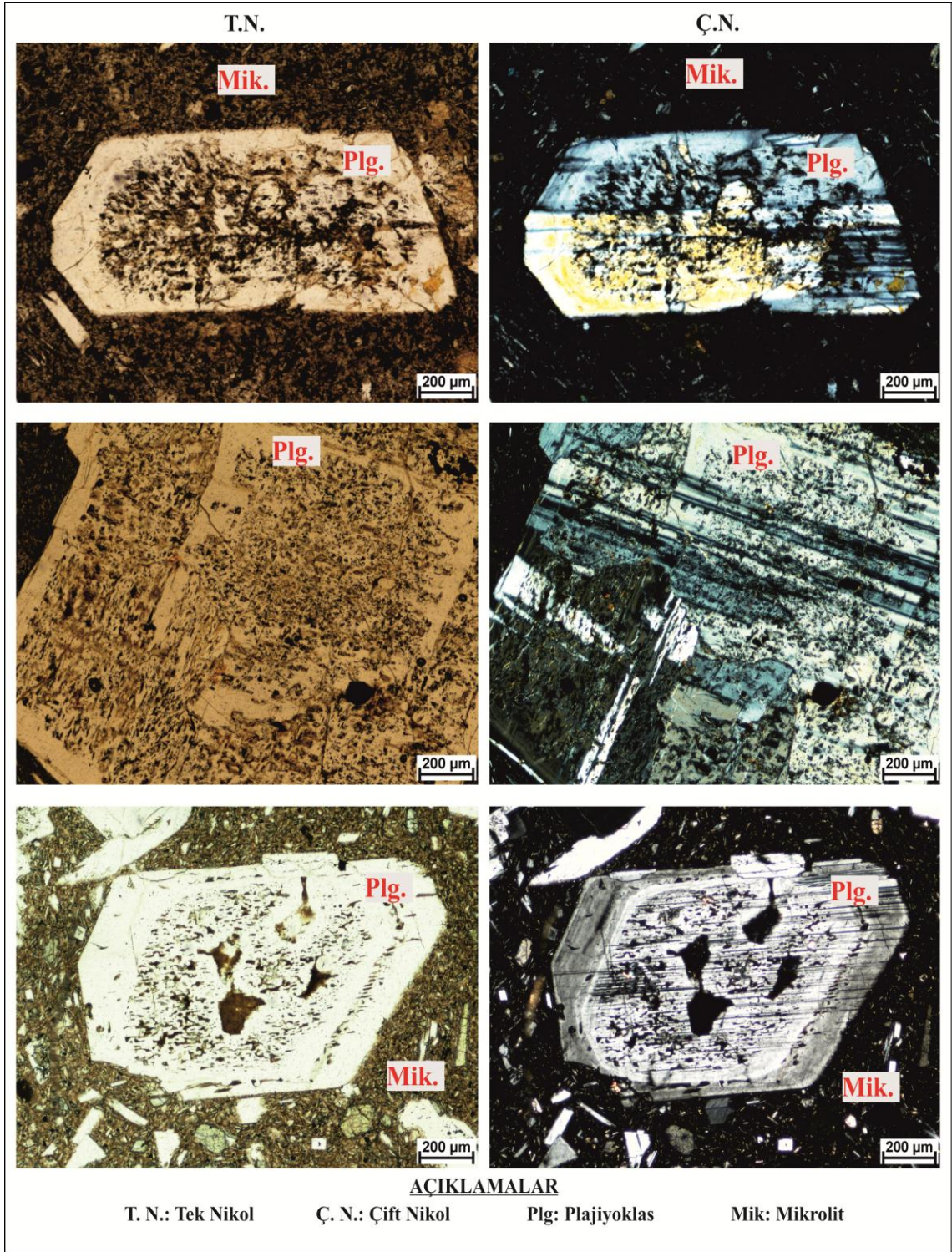
Bazaltik andezit ve andezit bileşimindeki bu kayaç örnekleri arazi çalışmalarında çoğunlukla grimsi, siyah olarak gözlenmektedir.

Kayaçların ince kesitlerinde mikrolitik porfirik doku hakim doku çeşidi olarak gözlenir. İncelemelerde kayaçların ana bileşenleri olarak; plajiyoklas (bitovnit), klinopiroksen, olivin ve opak mineraller (bolluk derecesine göre sıralanmıştır) gözlenmektedir. Gözlenen minerallere ait genel özellikler şöyledir;

Plajiyoklas mineralleri, ince kesitlerde çoğunlukla prizmatik fenokristaller şeklinde, genellikle özşekilli veya yarı öz şekilli olarak gözlenir (Şekil 3.2). Bu minerallerde polisentetik ikizlenme hem fenokristallerinde hem de hamur içerisindeki küçük kristallerinde yaygın olmakla birlikte fraksiyonel kristallenmeyi işaret eden zonlu yapı ve bunun yanında bazı iri plajiyoklas fenokristallerinde bir dengesizlik işareti olan elek dokusu da gözlenmektedir (Şekil 3.3). Bu dokusal özelliğin gözlenmesi, magma karışımı (mixing) ve/veya magma karmaşığı (mingling) olayı olasılığını akla getirmektedir. Büyük olasılıkla eriyik içerisindeki plajiyoklas mineralinin kristallenmesi esnasında ortama dahil olan farklı sıcaklıktaki yabancı bir magma karışımı plajiyoklaslar içerisinde bu tür elek dokusuna sebep olan boşluklara sebep olmuş olmalıdır.



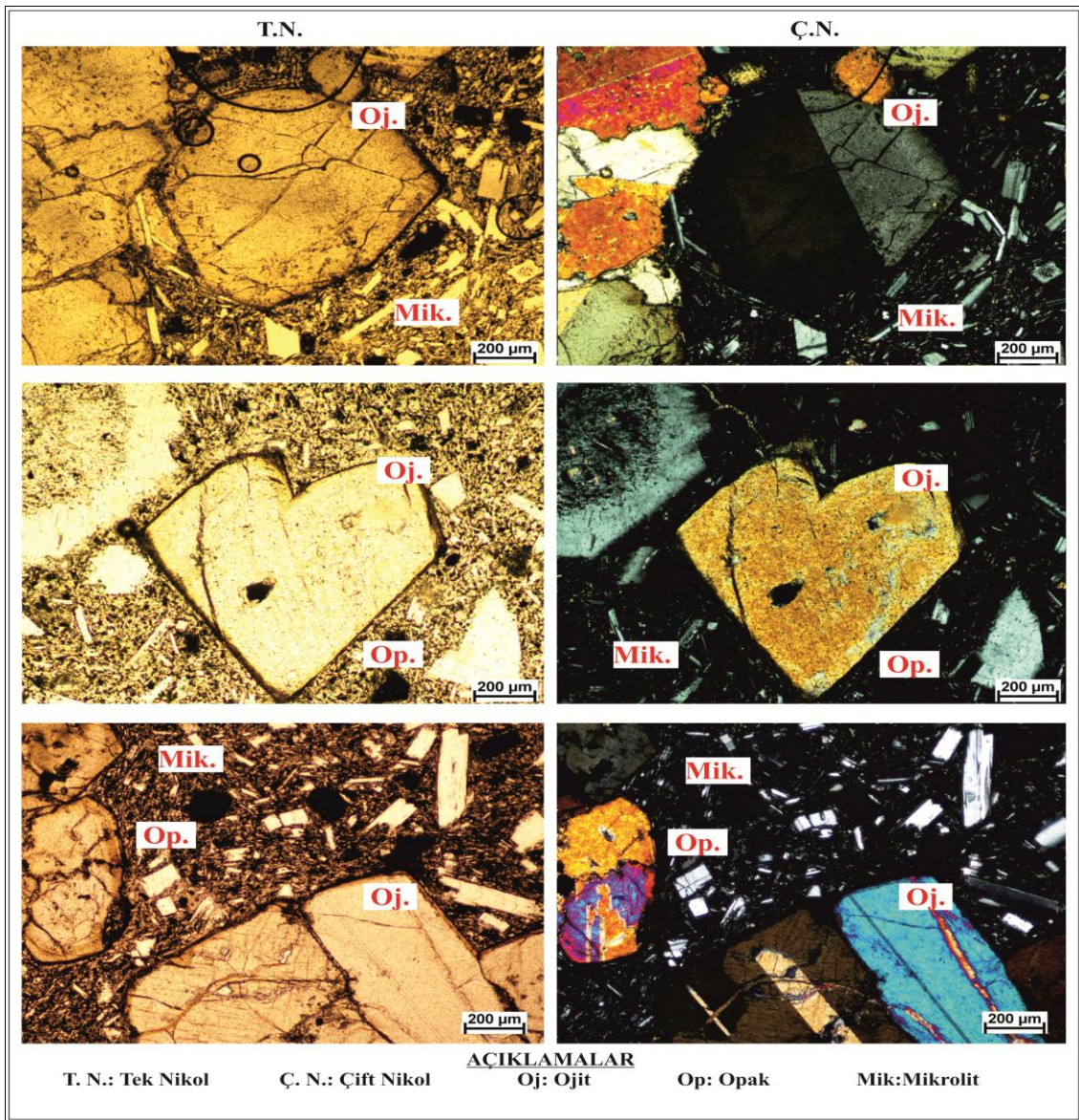
Şekil 3.2. Beşik Tepe civarında yüzeyleyen andezitlerde gözlenen plajiyoklas fenokristallerinin polarizan mikroskop altındaki görünüşleri.



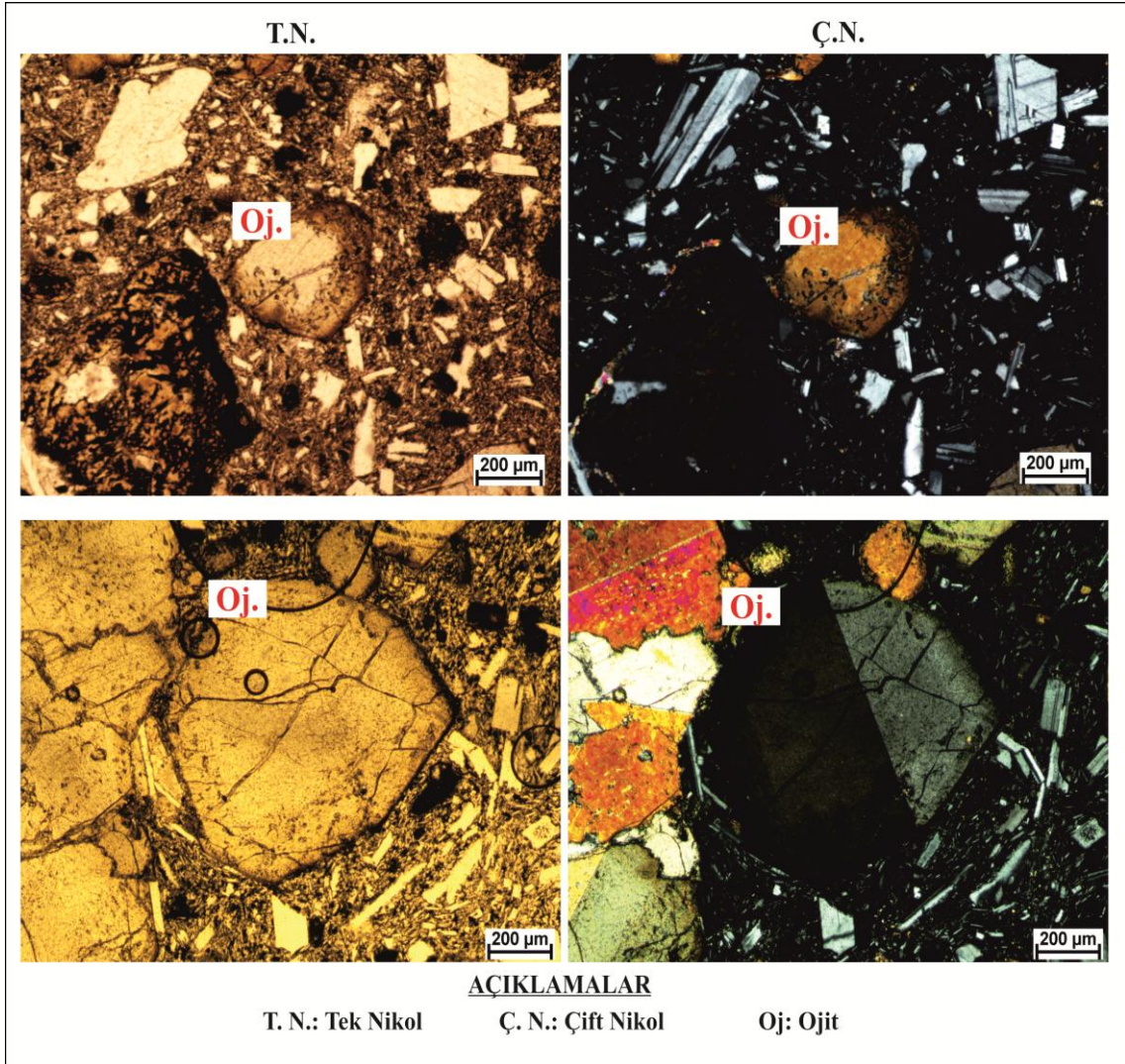
Şekil 3.3. Bazaltik andezit ve andezit örneklerinin plajiyoklas minerallerinde gözlenen elek dokularının polarizan mikroskop altındaki görünüşleri.

Piroksen mineralleri, ince kesitler içerisinde tüm örneklerde klinopiroksenler (ojit) olarak gözlenmektedir. Örneklerde, fenokristal olarak gözlenen bu klinopiroksenler, ojit mineralleri olup, bu mineraller genellikle özşekilli ve yarı özşekilli olarak oldukça yuvarlaklaşmış formda gözlenmektedir (Şekil 3.4).

Ayrıca, plajiyoklaslarda olduğu gibi ojit minerallerinde de zonlanmaya, magma karışımı veya magma karmaşığına işaret eden elek dokusuna rastlanılmış olup bu doku fenokristallerin dış kısımlarında gözlenmektedir (Şekil 3.5).



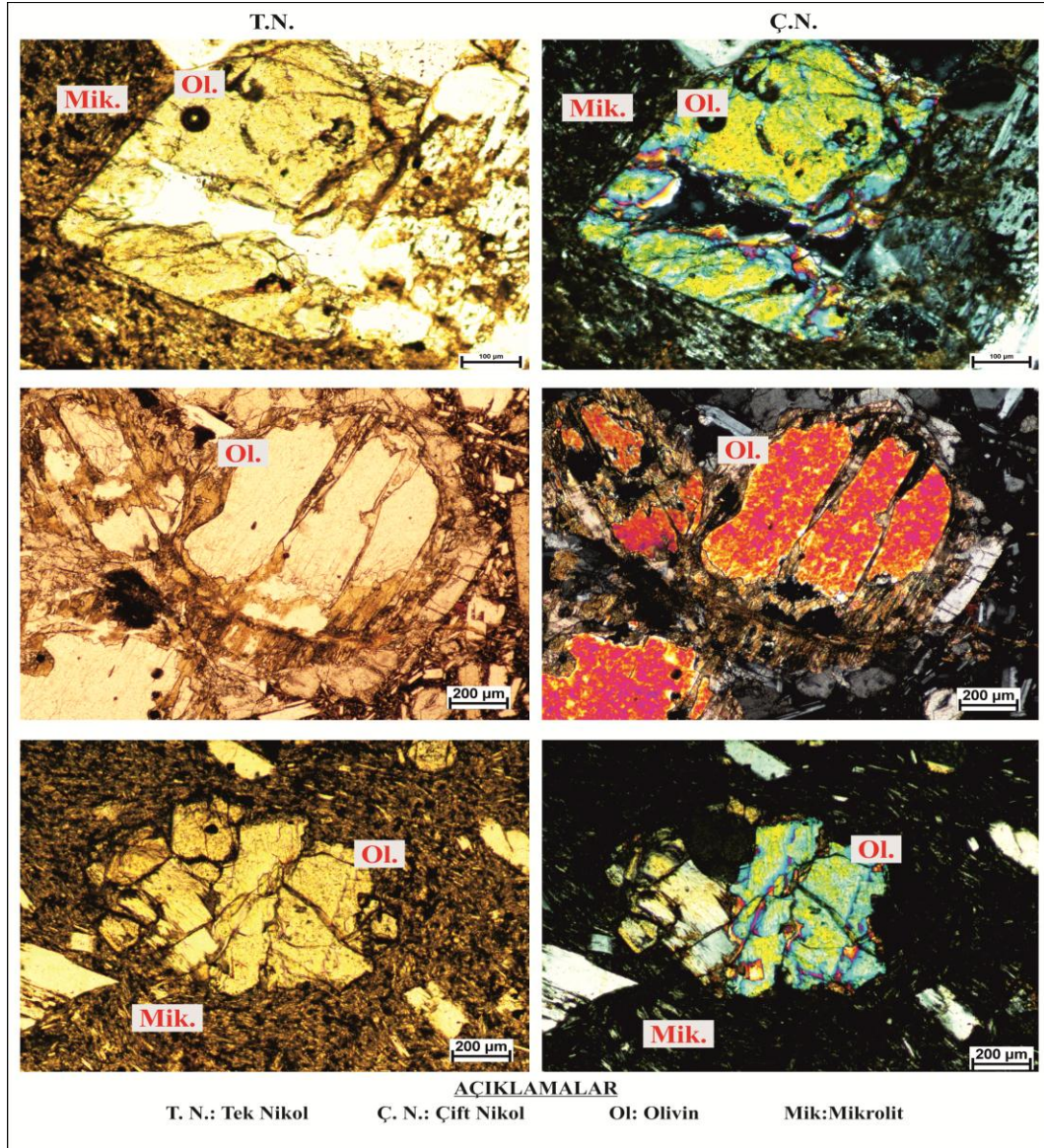
Şekil 3.4. Örenköy volkanitleri andezitlerinde gözlenen klinopiroksen minerallerinin polarizan mikroskop altındaki görünüşleri.



Şekil 3.5. Örenköy volkanitleri bazaltik andezitlerinde gözlenen klinopiroksen minerallerindeki elek dokusu ve zonlanmanın polarizan mikroskop altındaki görünüşleri.

Olivin mineralleri, ince kesitler içerisinde iri fenokristaller ve yer yer mikrofeno-kristaller şeklinde gözlenmektedir. Bu mineral ince kesitlerde genellikle yarı özşekilli, yuvarlağımsı ve kenar kısımlarında kemirilmiş olarak, tek nikolde renksiz ancak çift nikolde canlı girişim renklerine sahip bir görüntü sunmaktadır (Şekil 3.6).

Olivin minerallerinde çoğunlukla çatlaklı bir yapı ve bu çatlaklardan itibaren oluşmuş iddingistleşmeler gözlenmektedir. İddingitleşme, Erkan (1994) tarafından, demir getirimi sonucu kristalin şekline uyan kırmızı kahverenkli bir kenar zon oluşumu olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.6. Örenköy volkanitleri bazaltik andezitlerinde gözlenen olivin minerallerinin polarizan mikroskop altındaki görünüşleri.

İnce kesitlerde gözlenen ve cinsleri mineral kimyası çalışmaları ile çoğunlukta manyetit ve ilmenit olarak belirlenen opak mineraller, ince kesitlerde genellikle hamur içerisinde özşekli ya da mineraller içerisinde kapanımlar şeklinde gözlenmektedir. İnce kesitlerde mineralleri saran hamur materyali, kayaç bileşiminde fenokristal olarak bulunan minerallerin mikrolitlerinden oluşturmaktadır. Bazı örneklerde hamur siyahımsı renkte olup, ince taneli plajiyoklas ve piroksen minerallerinden oluşan hamur intersertal bir doku özelliği göstermektedir.

4. MİNERAL KİMYASI

İnceleme alanından alınan dört adet bazaltik andezit ve andezit bileşimindeki örnekler (TS-5, TS-8, TS-9, TS-11) üzerinde mineral kimyası incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla bu örnekler üzerinde mikroprob analizleri yapılmıştır. Analizler için ince kesitler üzerinde piroksen, plajiyoklas, olivin ve opak mineraller işaretlenmiştir (Şekil 4.1). Örenköy volkanitlerine ait 4 adet ince kesit örneği Georgia Üniversitesi Jeoloji Bölümü Laboratuvarı'na gönderilmiş ve mikroskop altında işaretlenen 68 noktada analizler yaptırılmıştır. Bu analizlerin yapılmasında JEOL 8600 Elektronprob cihazı kullanılmıştır. İnceleme alanından alınan dört örnek üzerinde gerçekleştirilen mikroprob çözümlmelerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmektedir. Yapılan bu incelemeler, araziden toplanan taze örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. İncelemeler sırasında mümkün olduğunca minerallerin merkezleri dışında, kenarlarından da ölçüm alınmıştır. Bu incelemeler kayacı oluşturan fenokristallerin bileşimlerinin saptanması ve oluşumlarında etkili olan süreçlerin yorumlanması amacıyla yapılmıştır.

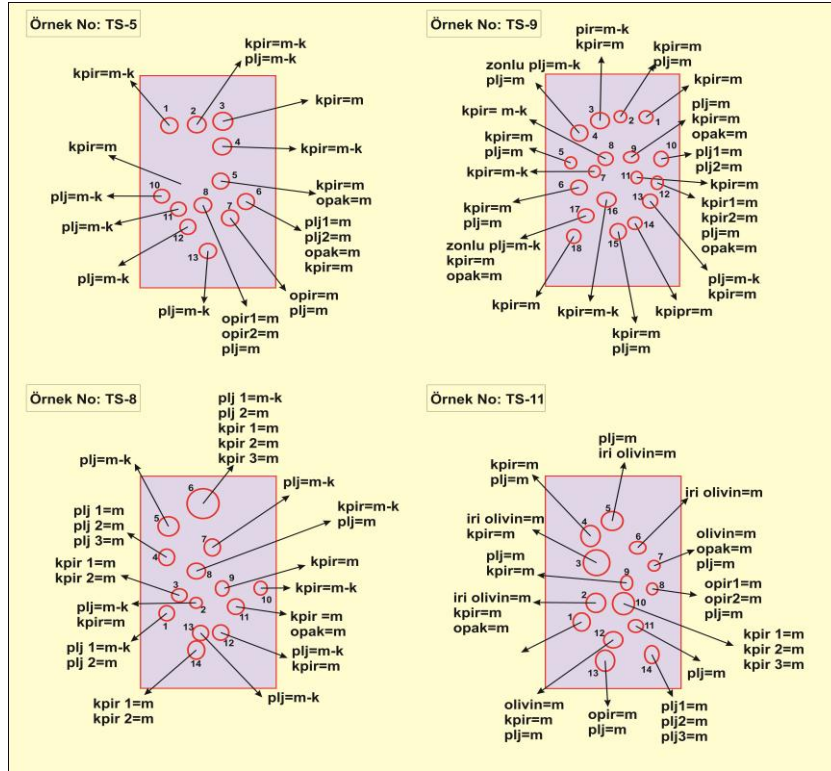
Çizelge 4.1. Mikroprob çözümlmelerinden elde edilen sonuçlar.

Kayaç Türü	Örnek No	MİNERALLER								
		Plajiyoklas	Klinopiroksen			Ortopiroksen			Olivin	Opak Mineral
		$\%An$	$\%En$	$\%Wo$	$\%Fs$	$\%En$	$\%Wo$	$\%Fs$	$\%Fo$	
Bazaltik Andezit	TS-5	75.07	41.09	41.40	8.23	64.03	1.3	26.62		Manyetit
		82.45	50.67	43.25	16.23	70.85	3.46	34.02		
Andezit	TS-8	70.00	43.62	41.86	6.08					Manyetit ve İlmenit
		82.45	51.61	43.76	13.64					
	TS-9	70.07	41.56	40.88	7.07					
	TS-11	73.46	42.92	40.16	8.28	64.15	2.03	27.49	88.13	
		81.81	50.30	43.34	13.74	70.48	4.44	31.91	90.07	

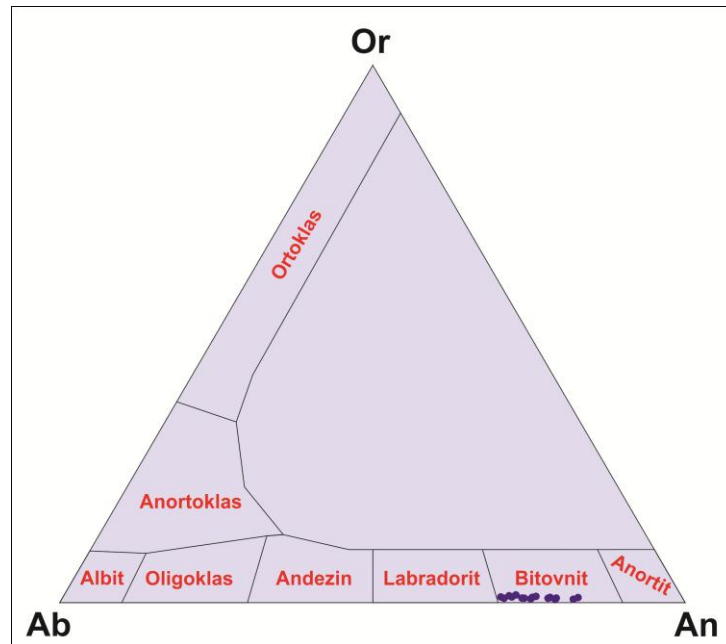
4.1. Plajiyoklas

Plajiyoklasların mikroprob analizinden elde edilen sonuçlar Ab-An-Or diyagramı üzerinde verilmiştir (Şekil 4.2). Örenköy yöresi volkanitleri içerisinde fenokristal olarak bulunan plajiyoklasların elektron mikroprob analiz sonuçlarına göre bileşimleri TS-9 için; labrador-bitovnit, TS-5, 8, 11 için ise bitovnit olarak belirlenmiştir (Şekil 4.2). Plajiyoklas fenokristallerinden bitovnitlerin bileşimleri merkezde $An_{(70-82)}$ $Ab_{(17-29)}$ $Or_{(1-2)}$ arasında

değişmektedir. Plajiyoklaslarda magma karışımı (mixing) ve/veya magma karışığına (mingling) ait dengesiz kristalleşmeye işaret eden elek dokuları gözlenmektedir.



Şekil 4.1. Mikroprob analizi için ince kesit üzerinde yapılan işaretlemeler.



Şekil 4.2. Plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı (Deer vd., 1992).

Çizelge 4.2. Örenköy volkanitlerine ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

Örnek No.	TS-11 PI-1-1 merkez	TS-11 PI-1-2 merkez	TS-11 PI-12-3 merkez	TS-11 PI-7-4 merkez	TS-5 PI-1-1 kenar	TS-5 PI-1-1 merkez	TS-5 PI-8-1 merkez	TS-8 PI-6-1 kenar	TS-8 PI-6-1 merkez	TS-8 PI-6-2 merkez	TS-8 PI-6-3 merkez	TS-8 PI-8-4 merkez	TS-8 PI-7-5 merkez	TS-9 PI-2-1 kenar	TS-9 PI-2-1 merkez	TS-9 PI-3-1 merkez	TS-9 PI-4-2 kenar	TS-9 PI-4-2 orta	TS-9 PI-4-2 merkez	TS-9 PI-12-3 Merkez	TS-9 PI-17-4 merkez	TS-9 PI-17-5 merkez
SiO ₂	47.77	47.89	49.39	49.88	49.79	48.49	47.78	48.73	49.48	50.36	50.28	50.86	49.93	48.29	49.20	49.43	49.07	50.15	47.53	50.92	48.44	49.04
Al ₂ O ₃	32.23	33.00	31.46	30.90	31.98	32.10	33.08	31.35	31.42	30.46	31.05	31.44	30.17	32.66	31.41	31.25	31.68	31.05	33.06	31.34	31.92	32.56
FeO*	0.55	0.37	0.45	0.38	0.57	0.55	0.39	0.67	0.57	0.53	0.59	0.42	0.55	0.54	0.53	0.63	0.50	0.63	0.39	0.47	0.70	0.61
CaO	15.95	17.03	15.33	15.30	15.16	15.76	16.74	15.79	15.48	14.47	14.64	14.65	15.69	16.11	14.53	14.77	15.05	14.32	16.45	14.86	15.24	15.76
Na ₂ O	2.44	2.02	2.61	2.97	2.67	2.36	1.87	3.19	2.78	3.03	3.13	3.36	2.97	2.26	3.24	3.10	2.89	3.26	2.36	2.81	2.59	2.41
K ₂ O	0.14	0.11	0.22	0.13	0.17	0.17	0.15	0.25	0.13	0.21	0.22	0.17	0.18	0.14	0.15	0.19	0.17	0.19	0.10	0.14	0.17	0.14
Toplam	99.08	100.42	99.46	99.56	100.34	99.43	100.01	99.98	99.86	99.06	99.91	100.9	99.49	100	99.06	99.37	99.36	99.6	99.89	100.54	99.06	100.52
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.																						
Si	8.86	8.77	9.09	9.17	9.08	8.95	8.78	8.98	9.08	9.28	9.20	9.21	9.21	8.87	9.09	9.11	9.05	9.21	8.75	9.24	8.97	8.94
Al	7.04	7.12	6.82	6.70	6.87	6.98	7.16	6.81	6.80	6.62	6.70	6.71	6.56	7.07	6.84	6.79	6.88	6.72	7.17	6.70	6.96	7.00
Fe ⁺²	0.09	0.06	0.07	0.06	0.09	0.09	0.06	0.10	0.09	0.08	0.09	0.06	0.09	0.08	0.08	0.10	0.08	0.10	0.06	0.07	0.11	0.09
Ca	3.17	3.34	3.02	3.01	2.96	3.11	3.29	3.12	3.04	2.86	2.87	2.84	3.10	3.17	2.88	2.92	2.97	2.82	3.24	2.89	3.02	3.08
Na	0.88	0.72	0.93	1.06	0.94	0.84	0.67	1.14	0.99	1.08	1.11	1.18	1.06	0.81	1.16	1.11	1.03	1.16	0.84	0.99	0.93	0.85
K	0.03	0.03	0.05	0.03	0.04	0.04	0.04	0.06	0.03	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.05	0.04	0.04	0.02	0.03	0.04	0.03
Toplam	20.07	20.04	19.98	20.03	19.98	20.01	20	20.21	20.03	19.97	20.02	20.04	20.06	20.03	20.08	20.08	20.05	20.05	20.08	19.92	20.03	19.99
An % mol.	77.66	81.81	75.48	73.46	75.07	77.92	82.45	72.22	74.92	71.61	71.21	70.00	73.71	79.07	70.64	71.68	73.43	70.07	78.96	73.86	75.75	77.71
Ab % mol.	21.52	17.54	23.22	25.78	23.92	21.09	16.65	26.43	24.33	27.14	27.52	29.05	25.26	20.11	28.51	27.21	25.56	28.84	20.47	25.32	23.25	21.48
Or % mol.	0.83	0.66	1.30	0.76	1.01	0.99	0.90	1.36	0.74	1.26	1.27	0.95	1.03	0.82	0.85	1.11	1.01	1.09	0.56	0.82	1.00	0.81

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Çizelge 4.3. Örenköy volkanitlerine ait klinopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek No.	TS-11 Kpir-2-1 merkez	TS-11 Kpir-12-2 merkez	TS-11 Kpir-12-2 kenar	TS-11 Kpir-7-2 merkez	TS-11 Kpir-7-2 kenar	TS-5 Kpir-8-1 merkez	TS-5 Kpir-8-2 merkez	TS-5 Kpir-8-2 kenar	TS-5 Kpir-4-1 kenar	TS-5 Kpir-4-1 merkez	TS-8 Kpir-14-1 kenar	TS-8 Kpir-14-1 merkez	TS-8 Kpir-14-2 kenar
SiO ₂	52.85	52.78	50.65	51.19	51.08	50.86	52.11	50.12	51.89	51.47	53.28	51.97	51.22
TiO ₂	0.19	0.21	0.77	0.21	0.72	0.84	0.31	0.66	0.35	0.46	0.18	0.23	0.46
Al ₂ O ₃	2.28	2.26	3.55	2.16	4.56	4.01	2.61	3.52	3.62	2.30	2.42	2.29	4.16
Cr ₂ O ₃	0.42	0.75	0.18	0.44	0.08	0.09	0.35	0.09	0.68	0.35	0.46	0.45	0.12
FeO*	5.96	5.29	8.62	7.19	7.95	9.46	5.69	9.93	5.08	6.57	3.79	4.24	6.75
MnO	0.15	0.04	0.18	0.19	0.29	0.21	0.21	0.20	0.11	0.18	0.06	0.17	0.07
MgO	18.17	17.84	15.11	17.69	14.44	14.13	16.86	14.10	17.53	16.36	18.05	18.82	15.89
CaO	20.33	20.90	21.22	20.29	19.85	20.19	20.80	20.39	19.79	21.26	20.62	21.24	20.33
Na ₂ O	0.31	0.32	0.36	0.31	0.50	0.33	0.36	0.30	0.42	0.19	0.30	0.36	0.34
Toplam	100.66	100.39	100.64	99.67	99.47	100.12	99.3	99.31	99.47	99.14	99.16	99.77	99.34
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.													
Si	1.91	1.91	1.86	1.88	1.90	1.89	1.92	1.88	1.90	1.91	1.95	1.88	1.89
Ti	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Al	0.10	0.10	0.15	0.09	0.20	0.18	0.11	0.16	0.16	0.10	0.10	0.10	0.18
Cr	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00
Fe ⁺²	0.18	0.16	0.26	0.22	0.25	0.29	0.18	0.31	0.16	0.20	0.12	0.14	0.21
Mn	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Mg	0.98	0.96	0.83	0.97	0.80	0.78	0.92	0.79	0.96	0.90	0.98	1.02	0.87
Ca	0.79	0.81	0.84	0.80	0.79	0.80	0.82	0.82	0.77	0.84	0.81	0.82	0.80
Na	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02
Toplam	4	3.99	4.01	4.01	4.01	3.99	4.01	4.01	4.01	3.99	3.99	4.02	3.98
Mg#	0.84	0.86	0.76	0.81	0.76	0.73	0.84	0.72	0.86	0.82	0.89	0.88	0.81
Wo	40.45	41.93	43.34	40.16	43.01	42.76	42.70	42.68	41.10	43.25	42.34	41.86	42.61
En	50.30	49.79	42.92	48.73	43.55	41.62	48.17	41.09	50.67	46.32	51.58	51.61	46.35
Fs	9.25	8.28	13.74	11.11	13.44	15.63	9.13	16.23	8.23	10.43	6.08	6.53	11.04

* Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺²+Fe⁺³)

Çizelge 4.3. Örenköy volkanitlerine ait klinopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları (devam).

Örnek No.	TS-8	TS-8	TS-8	TS-8	TS-8	TS-9	TS-9	TS-9	TS-9	TS-9	TS-9	TS-9	TS-9
	Kpir-6-3 merkez	Kpir-6-4 kenar	Kpir-6-4 merkez	Kpir-8-6 merkez	Kpir-6-5 kenar	Kpir-3-2 merkez	Kpir-3-3 merkez	Kpir-8-4 merkez	Kpir-8-5 merkez	Kpir-12-4 merkez	Kpir-12-4 kenar	Kpir-2-1 merkez	Kpir-3-2 kenar
SiO ₂	51.00	50.13	53.28	51.84	51.41	51.98	51.65	50.40	50.81	52.87	49.77	52.20	50.44
TiO ₂	0.68	0.52	0.25	0.25	0.88	0.23	0.23	0.35	0.54	0.32	0.84	0.30	0.91
Al ₂ O ₃	3.43	4.82	2.38	2.44	3.21	2.33	2.39	3.88	3.95	2.75	5.63	3.30	5.01
Cr ₂ O ₃	0.01	0.18	0.52	0.39	0.10	0.26	0.45	0.18	0.05	0.43	0.13	0.30	0.01
FeO*	8.56	7.43	4.06	4.05	7.97	5.75	4.54	6.25	9.11	4.56	9.33	5.23	9.36
MnO	0.22	0.24	0.04	0.11	0.23	0.16	0.11	0.17	0.19	0.30	0.24	0.19	0.19
MgO	15.35	15.60	17.86	17.90	15.13	17.79	18.21	17.40	15.16	18.20	14.17	17.26	13.97
CaO	20.93	19.87	21.81	21.71	20.33	21.12	21.24	20.11	20.21	20.41	20.42	20.25	20.03
Na ₂ O	0.33	0.46	0.34	0.33	0.37	0.27	0.27	0.43	0.41	0.36	0.43	0.39	0.40
Toplam	100.51	99.25	100.54	99.02	99.63	99.89	99.09	99.17	100.43	100.2	100.96	99.42	100.32
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.													
Si	1.87	1.85	1.92	1.90	1.91	1.90	1.89	1.85	1.87	1.91	1.83	1.91	1.87
Ti	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03
Al	0.15	0.21	0.10	0.11	0.14	0.10	0.10	0.17	0.17	0.12	0.24	0.14	0.22
Cr	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Fe ⁺²	0.26	0.23	0.12	0.12	0.25	0.18	0.14	0.19	0.28	0.14	0.29	0.16	0.29
Mn	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	0.84	0.86	0.96	0.98	0.84	0.97	0.99	0.95	0.83	0.98	0.78	0.94	0.77
Ca	0.82	0.79	0.84	0.85	0.81	0.82	0.83	0.79	0.80	0.79	0.80	0.79	0.79
Na	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Toplam	3.99	4	3.98	4	4.01	4.01	3.99	4.01	4	4	4	4	4.01
Mg#	0.76	0.79	0.89	0.89	0.77	0.85	0.88	0.83	0.75	0.88	0.73	0.85	0.73
Wo	42.74	41.94	43.76	43.61	42.71	41.94	42.37	40.88	41.74	41.41	43.07	41.88	42.82
En	43.62	45.81	49.88	50.04	44.22	49.15	50.55	49.21	43.57	51.38	41.58	49.67	41.56
Fs	13.64	12.25	6.36	6.35	13.07	8.91	7.07	9.91	14.69	7.22	15.36	8.45	15.62

* Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺²+Fe⁺³)

Çizelge 4.4. Örenköy volkanitlerine ait ortopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek No.	TS-11 Opir-13-1 merkez	TS-11 Opir-13-1 merkez	TS-11 Opir-8-2 merkez	TS-11 Opir-8-3 merkez	TS-11 Opir-8-3 kenar	TS-5 Opir-8-1 merkez	TS-5 Opir-8-1 merkez	TS-5 Opir-8-2 kenar	TS-5 Opir-8-3 kenar	TS-5 Opir-7-1 merkez
SiO ₂	51.36	50.71	51.13	51.33	51.81	51.93	50.84	49.92	52.26	52.26
TiO ₂	0.22	0.46	0.09	0.27	0.45	0.29	0.46	0.59	0.27	0.05
Al ₂ O ₃	2.98	0.68	2.18	2.83	0.62	2.85	1.86	2.89	1.90	1.09
Cr ₂ O ₃	0.04	0.09	0.02	0.07	0.00	0.08	0.21	0.01	0.14	0.07
FeO*	17.74	20.77	20.94	19.14	20.79	17.05	20.75	21.27	18.45	22.14
MnO	0.27	0.56	0.42	0.36	0.52	0.34	0.32	0.55	0.43	1.07
MgO	25.51	24.16	24.18	25.33	23.82	25.45	23.28	23.51	24.21	23.61
CaO	1.02	1.92	1.22	1.32	2.30	1.26	1.72	1.77	1.38	0.66
Na ₂ O	0.02	0.05	0.04	0.05	0.09	0.02	0.05	0.01	0.07	0.01
Toplam	99.16	99.4	100.22	100.7	100.4	99.27	99.49	100.52	99.11	100.96
Si	1.88	1.88	1.88	1.86	1.90	1.90	1.89	1.83	1.93	1.92
Ti	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00
Al	0.13	0.03	0.09	0.12	0.03	0.12	0.08	0.12	0.08	0.05
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺²	0.54	0.64	0.64	0.58	0.64	0.52	0.64	0.65	0.57	0.68
Mn	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03
Mg	1.39	1.33	1.32	1.37	1.30	1.39	1.29	1.29	1.33	1.29
Ca	0.04	0.08	0.05	0.05	0.09	0.05	0.07	0.07	0.05	0.03
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Toplam	4	3.99	3.99	4	4	4	4	4	3.99	4
Mg#	0.72	0.67	0.67	0.70	0.67	0.73	0.67	0.66	0.70	0.66
Wo	2.03	3.71	2.39	2.56	4.44	2.53	3.43	3.46	2.78	1.30
En	70.48	64.96	65.69	68.42	64.15	70.85	64.38	64.03	68.10	64.68
Fs	27.49	31.33	31.91	29.01	31.40	26.62	32.20	32.51	29.11	34.02

* Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺²+Fe⁺³).

Çizelge 4.5. Örenköy volkanitlerine ait olivinlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek No.	TS-11	TS-11	TS-11
	OI-2-1 merkez	OI-12-2 merkez	OI-7-3 merkez
SiO ₂	39.69	39.07	38.52
TiO ₂	0.04	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.03	0.01	0.00
Cr ₂ O ₃	0.12	0.01	0.09
FeO*	11.00	13.39	9.74
MnO	0.17	0.23	0.15
MgO	46.54	45.37	50.35
CaO	0.19	0.17	0.20
Toplam	97.78	98.25	99.05
Si	1.00	0.99	0.96
Ti	0.00	0.00	0.00
Al	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺²	0.23	0.28	0.20
Mn	0.00	0.00	0.00
Mg	1.75	1.72	1.87
Ca	0.01	0.00	0.01
Toplam	2.99	2.99	3.04
Fo	88.13	85.59	90.07
Fa	11.69	14.17	9.78
Tp	0.19	0.24	0.16
Mg#	0.88	0.86	0.90

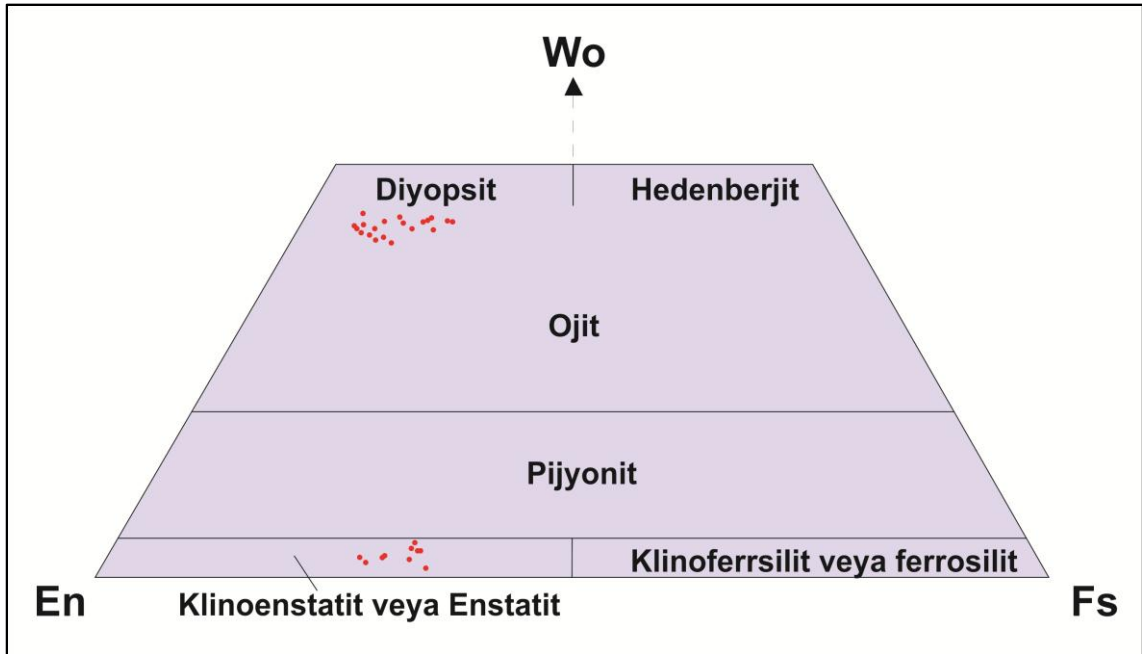
Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺²).

Çizelge 4.6. Örenköy volkanitlerine ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek No.	TS-11 Mag-7-2 merkez	TS-11 Mag-7-3 merkez	TS-8 Mag-6-1 merkez	TS-5 Mag-5-2 merkez	TS-8 Mag-11-1 merkez	TS-8 Mag-11-2 merkez	TS-8 Mag-11-3 merkez
SiO ₂	0.12	0.31	0.09	0.17	0.09	0.02	0.29
TiO ₂	20.16	19.72	7.77	8.32	9.60	9.24	9.91
Al ₂ O ₃	2.28	2.39	1.52	1.22	0.45	0.56	0.47
Fe ₂ O ₃	26.64	26.03	50.51	46.56	44.78	46.29	44.41
FeO	45.62	45.62	36.56	36.02	34.88	34.87	35.45
MnO	0.52	0.46	0.21	0.14	0.06	0.14	0.10
MgO	2.20	1.92	0.67	0.52	1.57	1.60	1.76
CaO	0.06	0.09	0.03	0.08	0.17	0.01	0.11
Toplam	97.6	96.54	97.36	93.03	91.6	92.73	92.5
Si	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Ti	0.57	0.56	0.23	0.25	0.30	0.28	0.30
Al	0.10	0.11	0.07	0.06	0.02	0.03	0.02
Fe ⁺³	0.75	0.74	1.47	1.42	1.38	1.41	1.35
Fe ⁺²	1.43	1.45	1.18	1.22	1.19	1.18	1.20
Mn	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.12	0.11	0.04	0.03	0.10	0.10	0.11
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Toplam	2.99	2.99	3	2.99	3	3	2.99

4.2. Piroksen

Piroksenler üzerinde gerçekleştirilen mikroprob çözümlenmeleri, kayaç içerisindeki bu minerallerin hem klinopiroksen hem de ortopiroksen bileşiminde olduklarını göstermiştir. Örenköy yöresi volkanitleri içerisinde fenokristal olarak bulunan bu klinopiroksenler; Morimoto vd.'nin (1988) yaptığı sınıflamaya göre ojit minerali olarak, Rock'ın (1990) yaptığı sınıflamaya göre de Mg'ca zengin ojit minerali olarak isimlendirilmiş olup, bileşimleri $Wo_{40-44}, En_{41-52}, Fs_{6-16}$ arasında değişmektedir (Şekil 4.3, Şekil 4.4, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4). Yine aynı volkanitler içerisinde fenokristal olarak bulunan ortopiroksenler; Morimoto vd.'nin (1988) yaptığı sınıflamaya göre klinoenstatit, Rock'ın (1990) yaptığı sınıflamaya göre de demirli klinoenstatit olarak isimlendirilmiş olup, bileşimleri $Wo_{1-4}, En_{64-71}, Fs_{27-34}$ arasında değişmektedir (Şekil 4.3, Şekil 4.4, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4).



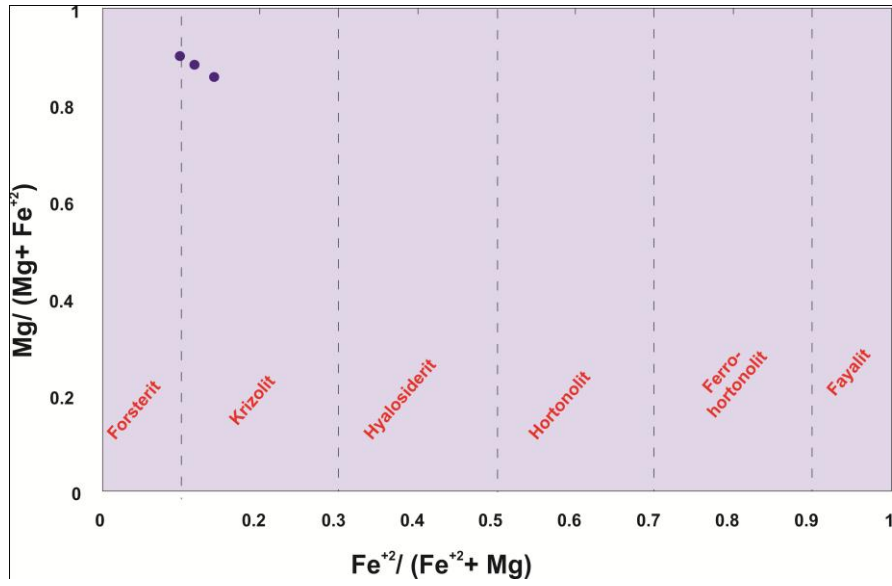
Şekil 4.3. Piroksenlerin Wo-En-Fs ikizkenar dörtgen diyagramı (Morimoto vd., 1988).



Şekil 4.4. Piroksenlerin Wo-En-Fs ikizkenar dörtgen diyagramı (Rock, 1990).

4.3. Olivin

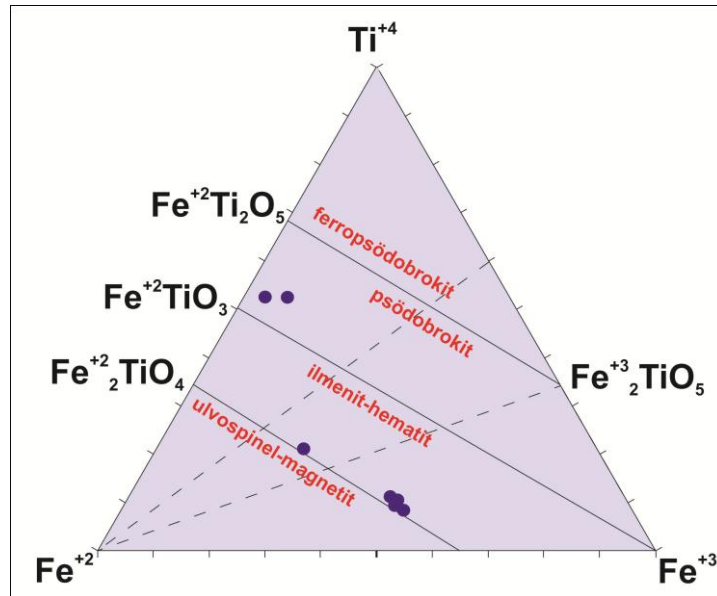
Mikroprob incelemeleri için gönderilen örneklerden Ts-11 üzerinde olivinler için ölçümler alınmıştır. Olivin mineralleri üzerinde gerçekleştirilen mikroprob incelemeleri olivinlerin krizolit bileşiminde olduğunu göstermiştir (Şekil 4.4). Bu minerallerin bileşimleri Fo (Mg_2SiO_4) içeriği %86-90 arasında değişmektedir. İncelemelerde genellikle fenokristal olarak gözlenen olivin mineralleriden ölçüm alınmış olup analiz sonuçları Çizelge 4.5 de verilmektedir.



Şekil 4.5. Olivinlerin $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+}+\text{Mg})$ karşı $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ sınıflama diyagramı.

4.4. Opak Mineraller

Mikroprob incelemeleri ile ince kesitlerde gözlenen opak minerallerin bileşimlerini belirlemek amacıyla ölçümler yapılmış, bu ölçümler sonucu elde edilen veriler diyagrama düşürülerek opak minerallerin bileşimlerinin manyetit ve ilmenit mineralleri olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Opak minerallerin bileşimini gösteren Ti^{4+} - Fe^{+3} - Fe^{+2} üçgen diyagramı (Bacon ve Hirschmann, 1988).

5. JEOKİMYA

Bu bölümde çalışma alanı içerisinde yer alan volkanik kayaçların jeokimyasal özellikleri irdelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda sahada yapılan çalışmalar esnasında volkanitleri en iyi temsil eden taze yüzeylerden alınan 12 adet örnekten; ana element oksit, iz element ve nadir toprak element (Rare Earth Element-REE) jeokimyasal analizleri yapılmıştır.

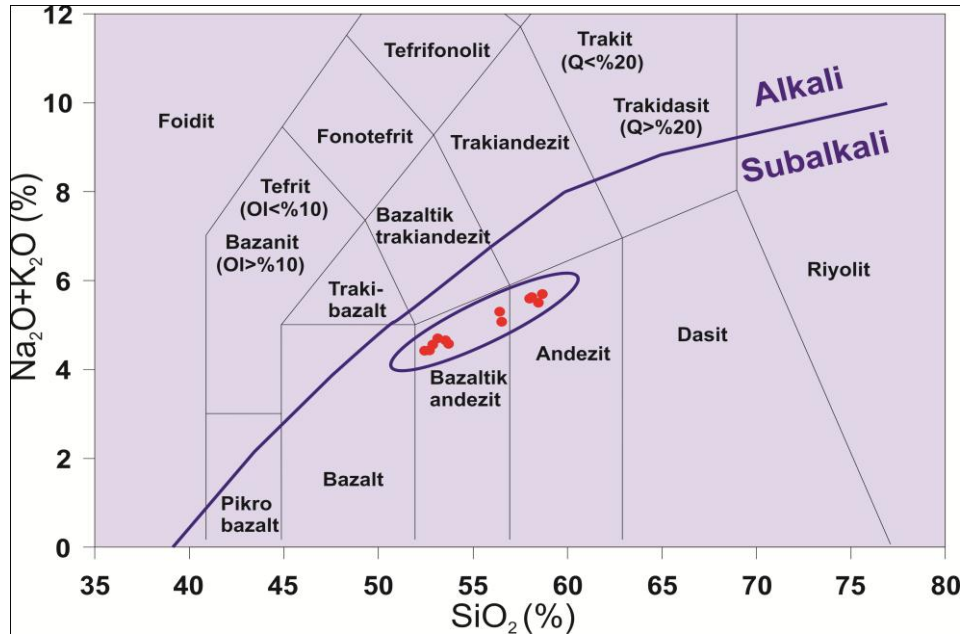
Ana element sonuçları % oksit şeklinde (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5), iz element sonuçları (Zr, Y, Sr, U, Rb, Th, Ta, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Ba, Nb, Hf, W) ve nadir toprak element sonuçları (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) ise ppm cinsinden verilmiştir (Çizelge 5.1).

5.1. Ana ve İz Element Jeokimyası

İnceleme alanındaki volkanitlerin ana ve iz element içerikleri Çizelge 5.1’de verilmiştir. Buradaki toplam 12 kayaç örneğinin ana element sonuçlarına göre, SiO_2 içeriği %52.45 ile 58.65 arasında, ateşte kayıp değerleri (LOI) ise %1.53 ile 2.73 arasında değişmektedir.

Bileşimleri verilen bu kayaçları adlandırmak amacıyla ana element oksit sonuçları kullanılarak, toplam alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)-silis (SiO_2) (TAS) diyagramı çizilmiştir. Ayrıca, Irvine ve Baragar’a (1971) göre çizilen alkali ve subalkali eğrisi de bu diyagram üzerinde gösterilmiştir.

Bu diyagramda, Örenköy volkanitlerinden alınan örnekler, bazaltik andezit ve andezit alanlarında gözlenmektedir, yine bu diyagram üzerinde yapılan alkali-subalkali ayırımına göre örnekler sub-alkali karakterlidir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. İncelenen volkanitlerin SiO_2 (%)’ye karşı $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (%) kimyasal adlama diyagramı (LeMaitre, 2002; Alkali-Subalkali eğrisi Irvine ve Baragar’a (1971) göre).

Çizelge 5.1. Örenköy yöresi volkanitlerin ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) analiz sonuçları.

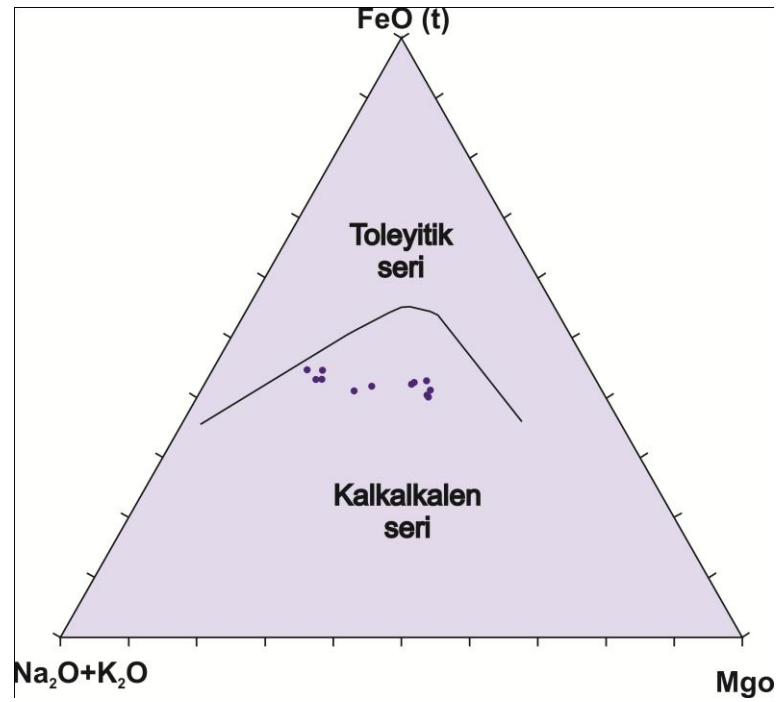
Örenköy Yöresi Volkanik Kayaçları												
Örnek No	TS-1	TS-2	TS-3	TS-4	TS-5	TS-6	TS-7	TS-8	TS-9	TS-10	TS-11	TS-12
SiO_2	58.65	53.70	58.01	53.55	56.41	56.52	52.45	52.71	52.88	58.12	53.14	58.44
TiO_2	0.88	0.86	0.88	0.86	0.88	0.92	0.92	0.84	0.85	0.93	0.87	0.88
Al_2O_3	16.11	15.73	16.27	15.65	15.99	16.08	15.42	15.32	15.36	16.70	15.39	17.05
Fe_2O_3^*	6.79	8.04	7.06	7.97	6.67	7.06	8.43	8.05	7.84	6.70	8.09	6.41
MnO	0.21	0.15	0.10	0.14	0.12	0.13	0.15	0.16	0.15	0.09	0.14	0.10
MgO	1.89	5.21	2.30	5.16	3.28	3.76	5.70	5.89	5.93	2.35	6.05	2.13
CaO	6.43	9.64	6.93	9.82	8.31	8.19	9.67	10.28	9.71	6.93	9.09	6.40
Na_2O	3.19	2.95	3.21	2.99	3.24	2.87	2.79	2.87	2.97	3.17	2.78	3.10
K_2O	2.51	1.63	2.39	1.66	2.07	2.21	1.64	1.56	1.59	2.47	1.92	2.40
P_2O_5	0.23	0.18	0.21	0.18	0.27	0.19	0.16	0.17	0.17	0.21	0.18	0.16
LOI	2.73	1.53	2.29	1.67	2.30	1.57	2.17	1.79	2.21	1.95	1.79	2.56
Toplam	99.62	99.62	99.65	99.65	99.54	99.50	99.50	99.64	99.66	99.62	99.44	99.63

Çizelge 5.1. Örenköy yöresi volkanitlerin ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) analiz sonuçları (devam)

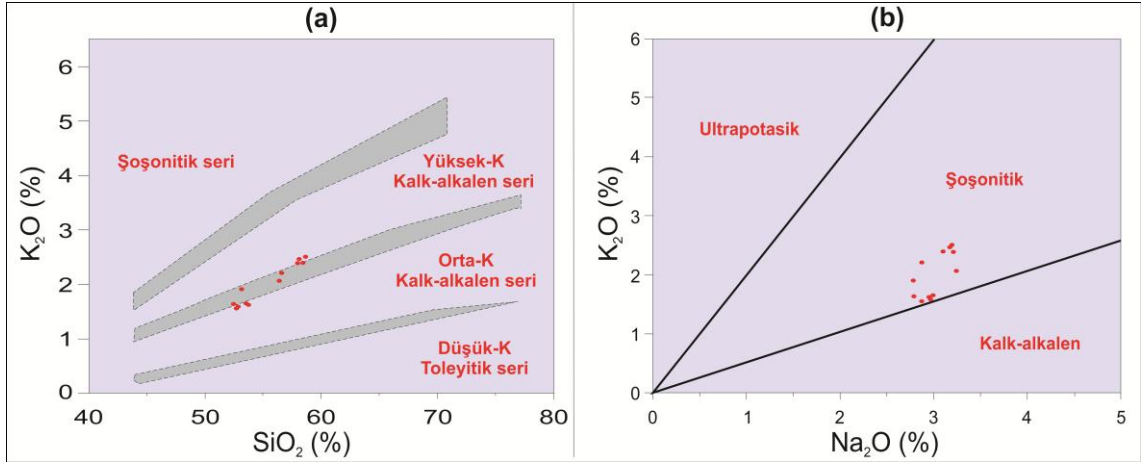
Zr	170.0	138.2	165.4	137.8	155.0	156.6	131.2	124.9	131.1	180.0	135.2	181.5
Y	23.7	22.4	22.2	21.8	24.3	22.5	20.3	20.1	19.9	24.5	19.8	21.2
Sr	594.7	570.0	573.8	574.5	556.1	537.5	550.0	520.6	529.0	577.3	536.8	567.0
U	3.2	2.1	2.8	2.4	2.8	3.4	2.5	2.1	2.1	3.0	2.3	3.4
Rb	76.9	47.2	80.9	48.1	59.2	68.2	60.4	43.3	44.8	80.6	60.2	71.7
Th	9.8	7.5	9.4	7.8	8.5	8.6	7.4	6.8	6.9	9.0	7.1	9.3
Ta	0.9	0.5	0.7	0.6	0.6	0.7	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7
Pb	6.0	3.5	5.0	5.3	7.1	2.1	2.3	5.2	5.5	3.2	5.3	7.7
Zn	50	17	30	14	21	15	28	13	18	26	17	31
Cu	14.1	9.0	9.9	10.6	17.3	20.1	20.0	9.3	13.5	11.0	21.9	10.5
Ni	25.8	48.5	59.4	35.0	34.5	31.2	43.4	37.3	43.0	34.4	67.6	17.0
Co	49.7	83.0	32.8	74.0	67.1	86.4	106.1	49.6	53.4	36.2	80.5	30.4
Ba	1275	732	933	744	1239	828	705	616	654	836	646	1000
Nb	10.3	7.7	9.7	8.2	9.0	8.8	7.6	6.6	7.1	10.2	7.6	10.0
Hf	4.1	3.3	4.1	3.3	4.0	3.8	3.3	3.2	3.3	4.2	3.4	4.4
W	90.3	302.6	86.5	250.4	254.6	362.0	432.7	129.6	176.8	139.3	288.4	87.9
La	28.9	24.4	29.0	23.6	27.2	27.1	22.6	21.3	21.3	29.5	22.6	22.0
Ce	56.5	43.7	54.7	44.1	48.6	51.7	42.4	40.3	40.5	57.4	43.8	37.8
Pr	6.51	5.32	6.34	5.32	5.94	5.96	4.98	4.76	4.86	6.43	5.07	4.42
Nd	24.5	20.1	24.0	20.9	23.0	23.4	18.8	18.5	18.7	25.1	19.4	16.8
Sm	4.99	4.13	4.80	4.26	4.63	4.38	4.09	3.91	3.70	4.83	4.22	3.62
Eu	1.21	1.09	1.18	1.09	1.17	1.14	1.05	0.98	1.04	1.17	1.01	1.18
Gd	4.73	4.10	4.44	4.03	4.55	4.41	3.85	3.72	3.77	4.71	3.89	3.81
Tb	0.72	0.67	0.69	0.65	0.71	0.68	0.62	0.58	0.59	0.71	0.61	0.62
Dy	4.08	3.87	3.98	3.86	4.10	3.98	3.74	3.62	3.57	4.40	3.59	3.69
Ho	0.85	0.79	0.85	0.80	0.88	0.84	0.74	0.73	0.75	0.87	0.74	0.81
Er	2.42	2.27	2.32	2.33	2.43	2.40	2.16	2.09	1.96	2.59	2.07	2.35
Tm	0.35	0.34	0.33	0.33	0.36	0.35	0.33	0.31	0.32	0.38	0.31	0.36
Yb	2.15	2.18	2.07	2.09	2.29	2.23	2.07	1.93	1.95	2.33	2.03	2.18
Lu	0.33	0.32	0.33	0.34	0.37	0.34	0.30	0.31	0.30	0.38	0.31	0.35

Fe₂O₃*, Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. LOI (loss on ignition=ateşte kayıp): Toplam uçucu içeriği

Subalkali karakter gösteren Örenköy yöresi volkanik kayaların afinitelerini belirlemek için Irvine ve Baragar (1971)'in AFM ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, $\text{FeO}(t)$, MgO) üçgen diyagramı kullanılmıştır. Sonuçta genel olarak; incelenen volkanitlerin kalk-alkali karakterli olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.2). Subalkali kayalar, K_2O 'ya karşı SiO_2 içeriklerine göre şoşonitik, yüksek-K kalkalkali, orta-K kalkalkali ve düşük-K toleyitik olarak, K_2O 'ye karşı Na_2O içeriklerine göre ultrapotasik, şoşonitik, kalkalkalen olarak ayrılabilir. Bu ayrıma göre çizilen diyagramlarda; SiO_2 'ye karşı K_2O diyagramına göre; örneklerin orta-yüksek-K'lu kalkalkali geçiş karakterli, Na_2O 'ye karşı K_2O diyagramında ise; örneklerin şoşonitik karakterli olduğu görülmektedir (Şekil 5.3a ve 5.3b).



Şekil 5.2. Volkanitlerin AFM ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, $\text{FeO}(t)$, MgO) diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).



Şekil 5.3. Volkanitlerin (a) SiO_2 (%) karşı K_2O (%) diyagramı ve (b) Na_2O (%) karşı K_2O (%) diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976).

Örenköy volkanitlerine ait 12 örneğin ana ve iz elementlerin SiO_2 'ye karşı olan davranışlarını yorumlamak amacıyla Harker değişim diyagramları çizilmiştir. (Şekil 5.4 ve 5.5). Diyagramlardan görülebileceği gibi, Örenköy yöresinde incelenen volkanitlerde, SiO_2 artışıyla P_2O_5 , TiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O içeriklerinin artarak pozitif ilişki gösterdiği; SiO_2 artışıyla MnO , CaO , Fe_2O_3^* ve MgO içerikleri azalarak negatif bir ilişki gösterdiği açıktır. Buradaki SiO_2 'ye karşı ana oksitler arasındaki değişimler kayalarda gözlenen ana fenokristal fazlarının ayrımlaşmasıyla ilişkilidir.

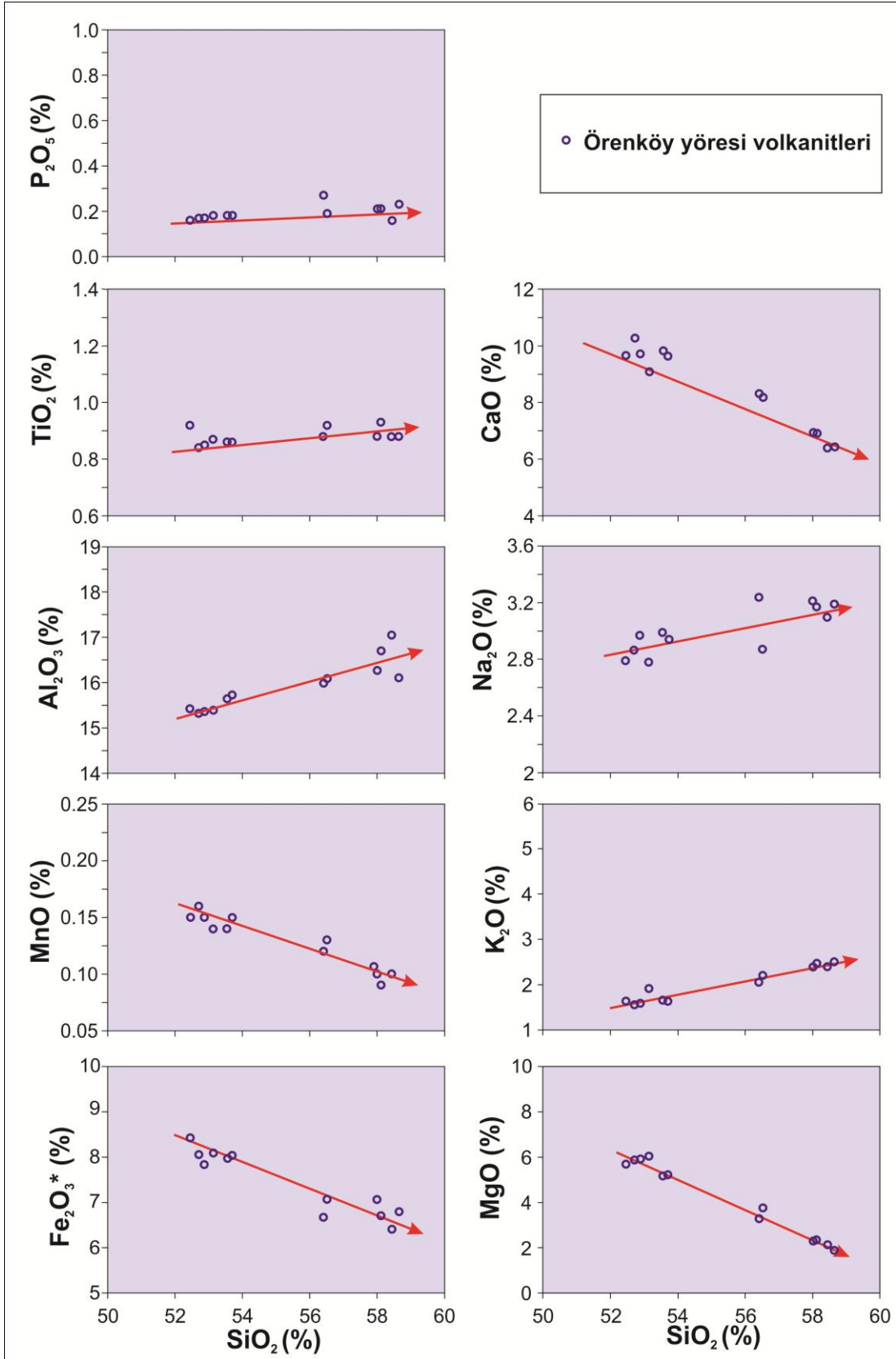
İncelenen volkanitlerde gözlenen, SiO_2 artışına karşın MgO , CaO , Fe_2O_3 ve MnO azalması önemli ölçüde klinopiroksen ve plajiyoklas ayrımlaşmasını yansıtmaktadır. Klinopiroksen ve plajiyoklas, magmanın soğuması esnasında kabuk içerisindeki magma odasında meydana gelen önemli kristalleşmelerdir. Kristallenme basıncı ile klinopiroksen/plajiyoklas oranı azalmakta (Gust ve Perfit, 1987), magmadaki su içeriği artmaktadır.

SiO_2 'ye karşı P_2O_5 değişim diyagramında gözlenen pozitif ilişki apatit zenginleşmesini yansıtmaktadır.

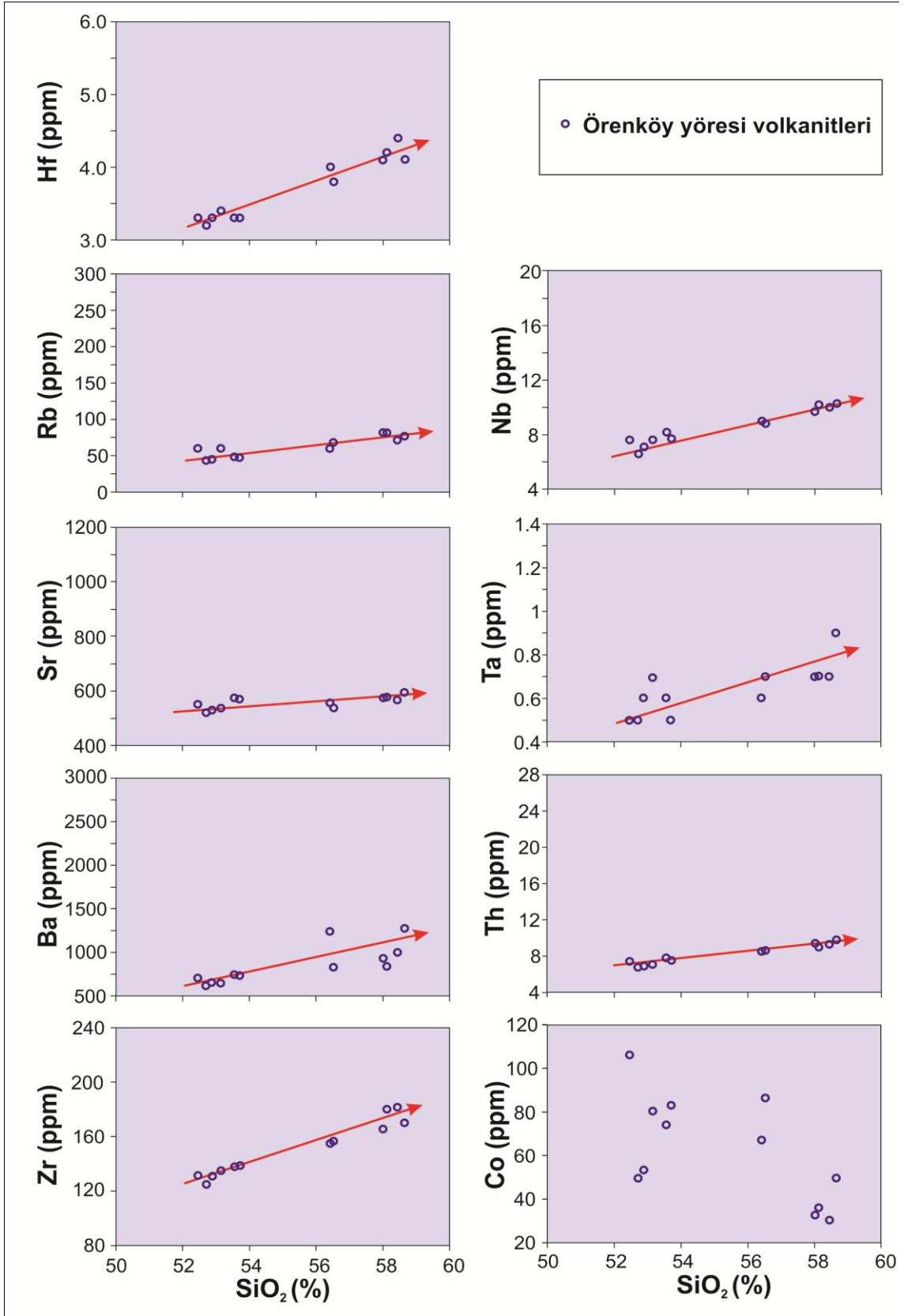
SiO_2 artışıyla; MnO azalması, bazik kayaçların gelişiminde önemli ölçüde klinopiroksen ve Fe-Ti oksit ayrımlaşmasını; Fe_2O_3^* , MgO ve MnO azalması ise orta ç kayaçların gelişiminde biyotit ayrımlaşmasını ifade etmektedir.

SiO₂ artışı ile düzgün olmamakla birlikte artan Na₂O ve K₂O yönelimleri, genellikle kalsik plajiyoklas, ojit, biyotit ve/veya sanidin ayrışmasının etkili olduğu magmatik sistemleri ifade etmektedir.

İncelenen volkanitlerin SiO₂'ye karşı iz elementlerdeki değişimler, ana oksit elementlerde konu edildiği gibi yine kayalarda gözlenen ana fenokristal fazlarının ayrışmasıyla ilişkilidir. SiO₂ artışıyla Hf, Rb, Sr, Ba, Zr, Nb, Ta ve Th içerikleri artarak pozitif ilişki; SiO₂ artışıyla Co içeriği azalarak negatif bir ilişki göstermektedir. İncelenen volkanitlerde gözlenen, SiO₂ artışıyla; Co azalması, bazik kayaların gelişiminde önemli ölçüde klinopiroksen ve oksitlerin ayrışmasını ve ortaç kayaların gelişiminde biyotit ayrışmasını ifade etmektedir.



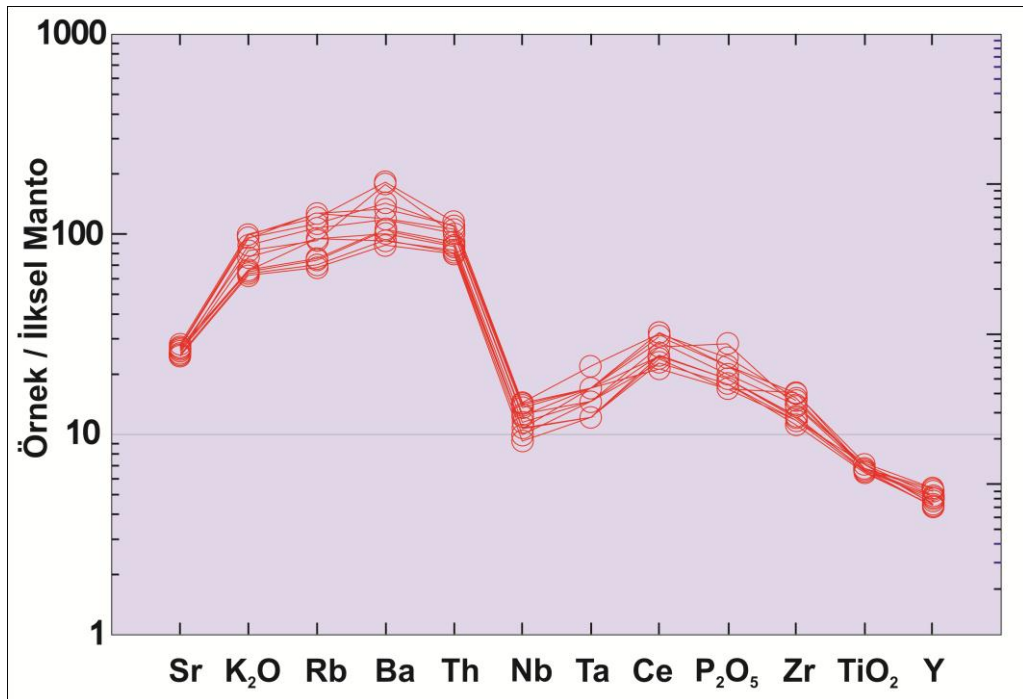
Şekil 5.4. Volkanitlerin % SiO_2 'ye karşı ana oksit (% ağırlık) değişim diyagramları.



Şekil 5.5. Volkanitlerin % SiO_2 'ye karşı iz element (ppm) değişim diyagramları.

Ana oksit ve iz element değişim diyagramlarında gözlenen tüm bu ilişkiler, volkanik kayaların gelişiminde mineral ayrımlaşmasının etkili olduğunu ve ojit, plajiyoklas, biyotit ve apatit ayrımlaşmasının önemli ölçüde rol oynadığını göstermektedir (Şekil 5.5 ve 5.6). Genel olarak, incelenen volkanik kayaların silis içeriği arttıkça, uyumsuz element içeriklerinin artması (Ba, Rb) ve uyumlu element içeriklerinin azalması mineral ayrımlaşmasıyla açıklanmaktadır. Bu özellik, kayaların bir ana magmadan mineral ayrımlaşmasıyla türemiş olabileceklerini, ancak bunun kayaların gelişiminde ana magmatik olay olmadığını ve diğer magmatik olaylarında (kabuk özümlemesi v.b.) bunda rol oynadığına işaret etmektedir.

İncelenen kayaların, iz element içerikleri ilksel mantoya göre oranlanarak oluşturulan dağılım diyagramlarıyla kayaların ana magmaları belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 5.6). Genel olarak incelenen volkanitlerin ilksel mantoya normalize edilmiş iz element dağılımları birbirlerine benzerlik sunarlar. İncelenen volkanik kayaç örneklerinin iz element dağılım diyagramlarına bakıldığında; genel olarak kayaların tümünde büyük iyon yarıçaplı litofil element (Sr, K₂O, Rb ve Ba) konsantrasyonları bakımından zenginleşme, Nb, Ta, Zr, TiO₂ ve Y içerikleri bakımından fakirleşme söz konusudur. Tüm volkanik kayaçlarda karakteristik olarak gözlenen negatif Nb-Ta anomalileri, magmalarının gelişiminde kabuk katkısının varlığına işaret etmektedir.



Şekil 5.6. İlksele mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılımları (Sun ve McDonough, 1989).

5.2. Nadir Toprak Elementleri

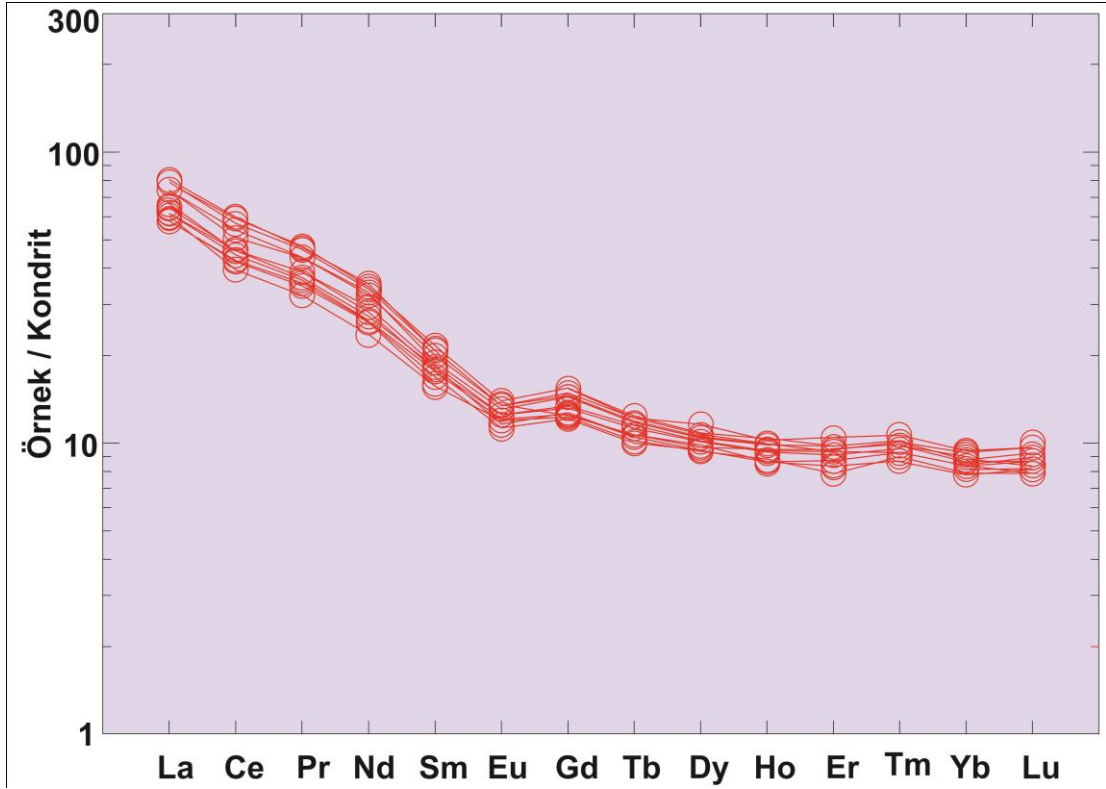
İncelenen kayaçların nadir toprak element içerikleri Çizelge 5.1'in alt kısmında görülmektedir. Örenköy yöresi volkanik kayaçlarının kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) bolluk dağılımları Şekil 5.7'de görülmektedir.

Hafif nadir toprak elementler (HNTE), ağır nadir toprak elementlere göre (ANTE) her zaman daha uyumsuzdurlar. Şekil 5.7'de de görüleceği gibi nadir toprak element diyagramlarında soldan sağa doğru gidildikçe elementlerin uyumsuzluk derecesi ve hareketliliği azalmaktadır (Wilson, 1989). Bundan dolayı bu elementlerin, düşük dereceli kısmi ergime sırasında sıvı faza geçme eğilimleri fazladır (Rollinson, 1993b). İncelenen volkanitlerine ait bu kayaçlarda genel olarak hafif nadir toprak element (HNTE) zenginleşmesinin, orta ve ağır nadir toprak element (ANTE) zenginleşmesine göre daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 5.7). Bu durum, zenginleşmiş manto kaynağını veya magmanın düşük dereceli kısmi ergimeler ile oluştuğunu gösterir (Barragan vd., 1998; Fitton vd., 1991).

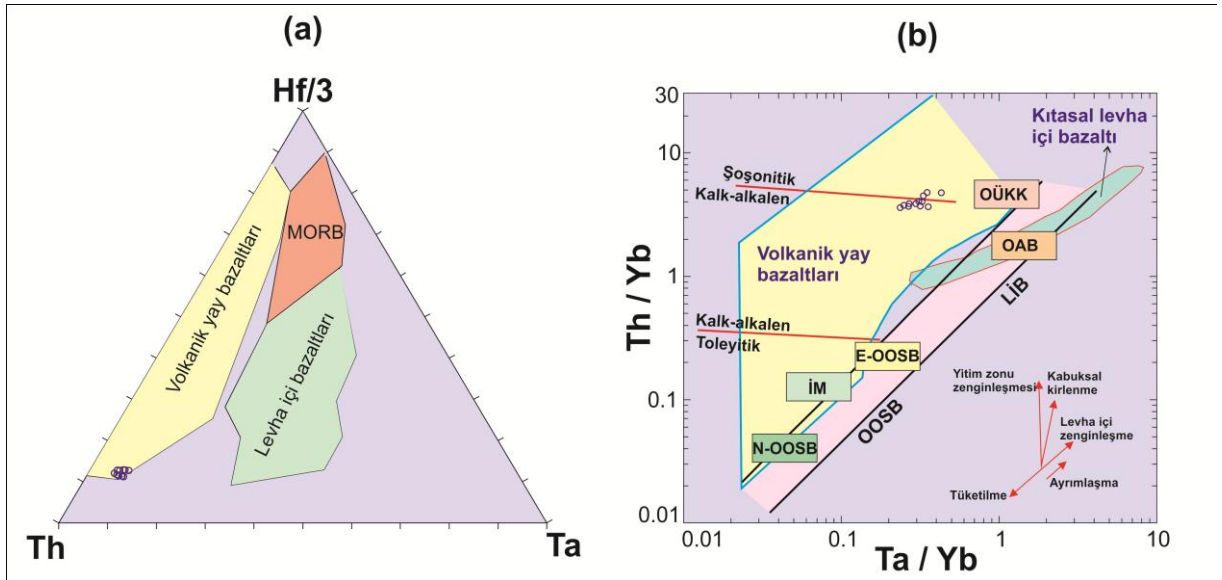
Diyagrama bakıldığında gözlenen diğer bir sonuç; örneklerde hafif bir negatif Eu anomalisinin varlığıdır. Bir kayaçta Eu anomalisinin varlığı Eu/Eu^* oranı ile tanımlanmaktadır. Bu oran eğer 1 değerinden büyükse pozitif, küçükse negatif bir anomaliden söz edilir. Dağılımlara bakıldığında; genel olarak volkanitler hafif negatif Eu anomali göstermektedir. Bu da, incelenen volkanitlerin gelişiminde plajiyoklas ayrımlaşmasının etkili olduğunu veya kısmi ergime sırasında feldispatın kaynaktan alıkonmasını ifade etmektedir.

Ayrıca, incelenen kayaçların kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) dağılımlarına bakıldığında; Örenköy yöresi örneklerinin La_N/Lu_N oranlarının 6.5-9.1 arasında, La_N/Yb_N oranlarının 6.8-9.5 arasında değiştiği gözlenmektedir (Şekil 5.7). Bu değerler tipik kalkalkalen volkanizmaya işaret etmektedir.

Tüm bu sonuçlar dışında Örenköy volkanitlerine ait iz element ve nadir toprak element analiz sonuçlarına göre elde edilen verileri volkanitlerin tektonik ortamını ayırmak açısından değerlendirirsek; Hf/3-Th-Ta elementlerine göre oluşturulan üçgen diyagramda örnekler volkanik yay bazaltları karakterini göstermektedirler. (Ta/Yb)-(Th/Yb) tektonik ortam ayırtman diyagramında da incelenen volkanik kayaçlar, volkanik yay bazaltı karakterinde gözlenmektedirler. Bu sonuçlar ışığında, incelenen volkanitlerin oluşumunda kaynak magmanın, ilksel mantoya göre kabuksal kirlenmeye ve/veya levha içi zenginleşmeye uğradığı ve bu kayaçların gelişiminde ayrımlaşmanın önemli bir rol oynadığı şeklinde yorum yapılabilir.(Şekil 5.8a ve 5.8b).



Şekil 5.7. İncelenen volkanitlerin kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımı (Taylor ve McLennan, 1985).



Şekil 5.8. İncelenen volkanitlerin; a) Ta/Yb'a karşı Th/Yb değişim, b) İncelenen volkanitlerin Th-Ta-Hf/3 tektonik ayırtman diyagramları (Wood vd., 1979; Pearce, 1982, 1983, 1996; Wedepohl, 1995; Sun ve McDonough, 1989).

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada Örenköy yöresi volkanik kayaçları; mineralojik, petrografik ve jeokimyasal olarak incelenmiştir. Yapılan saha ve laboratuvar çalışmalarının ardından elde edilen sonuçlar büro çalışmaları sırasında değerlendirilmiş ve şu sonuçlar elde edilmiştir:

-Bölgedeki volkanik kayaçlar; Örenköy güneyinde, Beşik Tepe, Meşeli Tepe, Karcıkaya Tepe, Balıklı mevkii ve Solçalı Tepe civarlarında andezit ve bazaltik andezit akıntıları şeklinde yüzeylemektedir.

-Bu kayaçlardan örnekler alınmış, ince kesitleri yaptırılmış ve alttan aydınlatmalı fotoğraf üniteli polarizan mikroskop altında incelenmiştir. İncelemelerde kayaç içerisinde plajiyoklas fenokristallerine, iri boyutta olivinlere, ojit ve opak minerallere rastlanmıştır. Hamur malzemesinde ise mikrolitler formunda bu sayılan minerallere özellikle de bolca plajiyoklasa rastlanılmıştır.

-Volkanitler çoğunlukla bazaltik andezit ve andezit bileşimli olup, mikrolitik-porfirik dokulu olarak gözlenmiştir.

-Ayrıca volkanitler; mineral ve ergiyik arasındaki dengesizliği ifade eden, plajiyoklas fenokristallerinde karmaşık zonlanma ve elek dokusu; ojit fenokristallerinin kenarlarında gelişen kemirilme/yenme gibi verilere sahiptirler.

-Bu volkanitler üzerinde laboratuvar çalışmaları kapsamında kimyasal analizler yapılmıştır. Elektron mikroprob yöntemiyle yapılan analizlerde volkanitler için; plajiyoklaslar, bitovnit (An: %70-82); klinopiroksenler, ojit (Wo: %40-44, En: %41-52, Fs: %6-16; $Mg/(Mg^{+}Fe^{+2})$), ortopiroksenler, klinoenstatit (Wo: %1-4, En %64-71, Fs: %27-34; $Mg/(Mg^{+}Fe^{+2})$); olivinler, krizolit (Fo: %86 – Fo: %90); Fe-Ti oksitler, magnetit, titano-magnetit ve yer yer de ilmenit bileşiminde olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak; mikroprob incelemesi yapılan plajiyoklas mineralleri merkezden kenara doğru albit bakımından zenginleşme göstermektedir (Çizelge 4.2). Bu albit zenginleşmesi normal zonlanma sebebi olup, minerallerin oluşumunda fraksiyonel kristalleşme sürecine işaret etmektedir. Fakat tüm bunların dışında, TS-9 numaralı örnek özelinde duruma bakıldığında ise örneğin içerdiği bazı plajiyoklas fenokristallerinin kenar zonlarının merkeze göre anortit bakımından daha zengin olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.2). Bu durum ters zonlanmaya işaret etmekte olup, burada fraksiyonel kristallenme dışında magma karışımı (mixing) veya magma karışığı (mingling) süreci etkili olmuş olabilir. Ayrıca polarizan mikroskop altında yapılan incelemelerde gözlenen iri

plajiyoklas fenokristallerinde gözlenen elek dokuları da aynı şekilde magma karışımı ve/veya magma karışığına (mingling) ait dengesiz bir kristallenmeye işaret etmektedir.

Piroksen minerallerinin mikroprob analiz sonuçları MgO değerleri incelenerek yorumlanmıştır. Bu değerlere bakıldığında ortopiroksenlerin merkez zonları ve kenar zonlarından alınan değerler arasında MgO içeriklerinde bariz bir fark gözlenmemektedir. Ancak; klinopiroksen minerallerinden bazılarında merkez zonları ile kenar zonları MgO açısından kıyaslandığında, kenar zonlarında zenginleşme gözlenmektedir. Buradan bu minerallerde normal zonlamının yanında ters zonlanma da beklenmektedir. Bu durum yukarıda bahsedilen, plajiyoklaslarda olduğu gibi, fraksiyonel kristalleşmenin yanında magma karışımı (mixing), magma karmaşığı (mingling) süreci nedeniyle olabilir.

-Volkanitlerden alınan örnekler üzerinde ana element oksit, iz element, nadir element analizleri yapılmıştır. Bunların sonuçlarından yola çıkarak kimyasal adlandırma, AFM, spider, Harker ve tektonik ayırtman diyagramları çizilmiştir.

-Kimyasal adlandırma diyagramlarında; örneklerin iz düşümlerinin bazaltik andezit ve bazalt bölgelerinde olduğu belirlenmiştir.

-AFM diyagramlarında volkanitlerin kalkalkalen karakterde olduğu belirlenmiştir.

-Harker diyagramlarında SiO_2 artışıyla MnO, CaO, Fe_2O_3 ve MgO içerikleri azalarak negatif bir ilişki gösterdiği görülmektedir. Buradaki SiO_2 'ye karşı ana oksit elementlerdeki değişimler kayaçlarda gözlenen ana fenokristal fazlarının ayrımlaşmasıyla ilişkilidir. SiO_2 artışına karşın MgO, CaO, Fe_2O_3 ve MnO azalması önemli ölçüde klinopiroksen ve plajiyoklas ayrımlaşmasını yansıtmaktadır. İz elementlerdeki değişimlerde ise SiO_2 artışıyla Hf, Rb, Sr, Ba, Zr, Nb, Ta ve Th içerikleri artarak pozitif ilişki; SiO_2 artışıyla Co içeriği azalarak negatif bir ilişki göstermektedir. İncelenen volkanitlerde gözlenen, SiO_2 artışıyla; Co azalması, bazik kayaçların gelişiminde önemli ölçüde klinopiroksen ve Fe-Ti oksit ayrımlaşmasını ve ortaç kayaçların gelişiminde biyotit ayrımlaşmasını ifade etmektedir. Harker diyagramlarında gözlenen tüm bu pozitif ve negatif ilişkiler, Örenköy yöresi örneklerinde plajiyoklas, klinopiroksen, olivin ve Fe-Ti oksit ayrımlaşmasının, önemli ölçüde rol oynadığını göstermektedir. İncelenen kayaçların, iz element içerikleri ilksel mantoya göre oranlanarak oluşturulan dağılım diyagramlarıyla incelenen volkanitlerin örneklerinin iz element dağılım diyagramlarına bakıldığında; genel olarak kayaçların tümünde büyük iyon yarıçaplı litofil element (Sr, K_2O , Rb ve Ba) konsantrasyonları bakımından zenginleşme, Nb, Ta, Zr, TiO_2 ve Y içerikleri bakımından fakirleşmenin söz konusu olduğu belirlenmiştir. Tüm volkanik kayaçlarda

karakteristik olarak gözlenen negatif Nb-Ta anomalileri, magmalarının gelişiminde kabuk katkısının varlığına işaret etmektedir. Aynı şekilde nadir toprak element içerikleri kondrite göre normalleştirilerek bolluk diyagramları çizilmiştir. Diyagramdan zenginleşmiş manto kaynağınının veya magmanın düşük dereceli kısmi ergimeler ile oluştuğu sonucuna ulaşılmıştır.

-Tektonik ortam ayırtman diyagramına göre, yüksek Ta/Yb ve Th/Yb içeriklerine sahip volkanitler, volkanik yay bazaltları alanına düşmektedirler. Bu veri, Kütahya volkanitlerinin oluşumuna kaynaklık eden magmanın, ilksel mantoya göre yitim zonu zenginleşmesine uğradığını ve bu kayaçların gelişiminde ayrımlaşmanın önemli bir rol aldığını ifade etmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Akdeniz, N., Konak, N., (1979), Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci yörelerinin jeolojisi, M.T.A. Raporu, No: 654.

Akkiraz, M. S., Akgün, F., Utescher, T., Wilde, V., Bruch, A. A., Mosbrugger, V., Üçbaş, S. D., (2012), Seyitömer ve Tunçbilek ast-havzalarında linyit içerikli alt-orta miyosen tortullarının paleoflorası ve iklimi, Kütahya Alanı, Kuzeybatı Türkiye, Turkish Journal of Earth Sciences, 21, 213-235.

Akkuş, M., (1962), Kütahya-Gediz arasındaki bölgenin jeolojisi, M.T.A. Dergisi, 58, 21- 30.

Arık, F., Temur, S., (2003), Köprüören-Gümüşköy-Yoncalı civarının stratigrafisi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18/1, 21-36.

Aydar, E., (1998), "Early Miocene to Quaternary evolution of volcanism and the basin formation in Western Anatolia: a review", Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85, 69-82.

Bacon, C. R., Hirschmann, M. M., (1988), Mg/Mn partitioning as a test for equilibrium between coexisting Fe-Ti oxides, American Mineralogist, 73, 57-61.

Barragan, R., Dennis, G., Hall, M., Larson, P., Kurz, M., (1998), Subduction Controls on the Compositions of Lavas from the Ecuadorian Andes, Earth and Planetary Science Letters, 154, 153-166.

Baş, H., (1983), Domaniç-Tavşanlı-Gediz-Kütahya yörelerinin tersiyer jeolojisi ve volkanitlerinin petrolojisi, M.T.A. Raporu, No: 7293.

Baş, H., (1987), Tavşanlı-Domaniç volkanitlerinin özellikleri ve Batı Anadolu tersiyer volkanizmasındaki önemi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 30, 67-80.

Beseme, P., (1969), Seyitömer (Tavşanlı-Kütahya) ve çevresinin jeolojik incelemesi, M.T.A. Raporu, No: 4673.

Borchert, H., Uzkut, İ., (1967), Harmancık (Bursa ili) kuzeybatısındaki krom cevheri yatakları, M.T.A. Dergisi, 68, 49-63.

Borsi, J., Ferrara, G., Innocenti, F., Mazzuoli, R., (1972), Geochronology and petrology of recent volcanics in the eastern Aegean Sea (West Anatolia and Lesvos Iceland), Bulletin of Volcanology, 36/3, 473-496.

Candan, O., Çetinkaplan, M., Oberhänsli, R., Rimmelé, G., Akal, C., (2005), Alpine high-P/low-T metamorphism of the Afyon Zone and implications for the metamorphic evolution of Western Anatolia, Turkey, Lithos, 84, 102-124.

Carvounides, M., (1915), Anadolu Osmanlı demiryolları müdüriyeti Seyitömer linyiti, M.T.A. Raporu, No: 49.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Çelik, Y., Kerey, İ. E., (1999), Domaniç Neojen havzası kömür içerikli çökellerin litofasiyesleri ve depolanma ortamları, 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler kitabı, T.M.M.O.B., Jeoloji Mühendisleri Odası, 318-325, Ankara, 10-12 Mayıs.

Çoğulu, E., (1967). Etude petrographique de la region de Mihaliççık (Turquie), Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 47, 683-824.

Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J., (1992), An Introduction to the Rock-Forming Minerals (2.Basım). Hong Kong: Longman Group Limited.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, (1981), Kütahya ve Köprüören ovaları hidrojeolojik etüt raporu, D.S.İ. Genel Müdürlüğü, 65s.+Ekler,

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, III. Bölge Müdürlüğü, (1985), Kütahya-Porsuk havzası jeofizik etüd raporu, D.S.İ. III. Bölge Müdürlüğü, 5s.+Ekler.

Ercan, T., Dinçel, A., Günay, B., Türkecan, A., (1987), Uşak yöresindeki neojen havzalarının jeolojisi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 21/2, 97-106.

Ercan, T., Satır, M., Sevin, D., Türkecan, A., (1996). Batı Anadolu'daki tersiyer ve kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda yeni yapılan radyometrik yaş ölçümlerinin yorumu, M.T.A. Dergisi, 119, 103-112.

Ercan, T., Satır, M., Türkecan, A., Akyürek, B., Çevikbaş, A., Günay, E., Ateş, M., Can, B., (1985), Batı Anadolu senozoyik volkanitlerine ait yeni kimyasal, izotopik ve radyometrik verilerin yorumu, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 28, 121-136.

Ercan, T., (1981), Batı Anadolu tersiyer volkanitleri ve Bodrum yarımadasındaki volkanizmanın durumu, İstanbul Yerbilimleri Dergisi, 2/3-4, 263-282.

Ercan, T., (1987), Ege bölgesindeki senozoyik volkanitlerinde yapılan radyometrik yaş belirlemeleri, Jeomorfoloji Dergisi, 15, 83-90.

Erdoğan, E., (1971), Ilıca (Kütahya) kaplıcası Etüdü, M.T.A. Raporu, 4681.

Erkan, Y., (1994), Kayaç Oluşturan önemli minerallerin mikroskopta incelenmeleri, J.M.O. Yayınları 42, 391s.

Ersoy, E. Y., Helvacı, C., Palmer, M. R., (2010), Mantle source characteristics and melting models for the early-middle Miocene mafic volcanism in Western Anatolia: implications for enrichment processes of mantle lithosphere and origin of K-rich volcanism in post collisional settings, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 198, 112–128.

Fitton, J. G., James, D., Leeman, W. P., (1991), Basic Magmatism Associated With Late Cenozoic Extension in the Western United States: Compositional Variations in Space and Time, Journal of Geophysical Research, 96(B8), 13693–13711.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Foley, S. F., Venturelli, G., Green, D. H., Toscani, L., (1987), The ultrapotassic rocks: characteristics, classification and constraints for petrogenetic models, *Earth Science Reviews*, 24, 81-134.

Fuhrman, M. L., Lidsley, D. H., (1988), Ternary-feldspar modelling and thermometry, *American Mineralogist*, 73, 201-215.

Gautier, Y., (1984), Déformations et métamorphismes associés à la fermeture téthysienne en Anatolie Centrale (Région de Sivrihisar, Turquie), Ph.D. Thesis, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay, Fransa, 236s.

Gök, S., Çakır, A., DüNDAR, A., (1980), Kırka civarında boratlı neojen'in stratigrafisi, petrografisi ve tektoniği, *Türkiye Jeoloji Kongresi Bülteni*, 2, 53-62.

Green, T. H., Watson, E. B., (1982), Crystallization of apatite in natural magmas under high-pressure, hydrous conditions, with particular reference to "orogenic" rock series, *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 79, 96-105.

Gust, D. A., Perfit, M. R., (1987), Phase Relations of a High-Mg Basalt from the Aleution Island Arc: Implications for Primary Island Arc Basalt and High-Al Basalts, *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 97, 7-18.

Gürboğa, Ş., (2011), Neo- and Seismo-Tectonic Characteristics of the Yenigediz (Kütahya) Area, Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Gürdal, G., (1990), Kütahya kuzeyindeki hidrotermal alterasyon ve etkinlikleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 129.

Harris, N. B. W., Kelley, S. E., Okay, A. I., (1994), Post-collision magmatism and tectonics in northwest Turkey, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 117, 241-252.

Holzer, H. F., (1954), Beyce 54/4 ve Simav 71/2 paftalarının jeolojik löveleri raporu, M.T.A. Raporu, No: 2366.

Ildız, T., (1967), Kütahya-Gümüşköy 568 ve 137 ruhsat nolu kurşun sahalarının ön raporu", M.T.A. Raporu, No: 435 (270).

Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Villari, L., (1982), Anatolia and northwestern Iran, in Thorpe, R.S., ed., *Andesites: Orogenic andesites and related rocks*: New York, John Wiley and Sons, 327-349.

Innocenti, F., Agostini, S., Vincenzo, G., Di Doglioni, C., Manetti, P., Savaşçın, M.Y., Tonarini, S., (2005), Neogene and Quaternary volcanism in Western Anatolia : Magma sources and geodynamic evolution, *Marine Geology, Special Issue-Eastern Mediterranean*, 221, 397-421.

Irvine, T. N., Baragar, W. R. A., (1971), A guide to the chemical classification of common volcanic rocks, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8, 523-548.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

- Kalafatçioğlu, A., (1961), “Karaburun yarımadasının jeolojisi”, M.T.A. Dergisi, 56.
- Kalafatçioğlu, A., (1962). Tavşanlı-Dağardı arasındaki bölgenin jeolojisi ve serpantinlerle kalkerlerin yaşı hakkında malumat, M.T.A. Dergisi, 58, 34-36.
- Kalafatçioğlu, A., (1964), Balıkesir Kütahya arasındaki bölgenin jeolojisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 9/1-2, 46-62.
- Kapan-Yeşilyurt, S., (2000), İzmir-Manisa-Kütahya yöresi Neojen stratigrafisi ve mollusk faunası, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 187s.
- Kapan-Yeşilyurt, S., Taner, G., (2001), Neogene stratigraphy and molluscan fauna of Domaniç Tunçbilek region (Kütahya-Western Anatolia), International Fourth Geology Symposium Work in Progress on the Geology of Turkey and its Surroundings, Abstracts, 24-28.
- Karaoğlu, Ö., Helvacı, C., Ersoy, E. Y., (2010), Petrogenesis and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of the volcanic rocks of the Uşak-Güre basin, western Turkey, Lithos, 119, 193-210.
- Kaya, T., (1993), Türkiye’de (Seyitömer-Kütahya) ilk kez bulunan moropus elatus (Chalicotheriidae-Perissodactyla), Doğa-Türk Yerbilimleri Dergisi, 2, 189-194.
- Keller, J., (1983), Potassic lavas in the orogenic volcanism of the Mediterranean area, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 18, 321-335.
- Ketin, İ., (1966), Anadolu'nun tektonik birlikleri, M.T.A. Dergisi, 66.
- Koçyiğit, A., Bozkurt, E., (1997), Kütahya-Tavşanlı çöküntü alanının neotektonik özellikleri, TÜBİTAK Araştırma Projesi, No: YDABÇAG-126, 78.
- Lebküchner, R.F., (1959), Seyitömer/Kütahya Neojen sahasında jeoloji ve linyit yatakları ile ilgili olarak yapılan etütler hakkında rapor, M.T.A. Raporu, No: 2985.
- Le Maitre, R. W., (2002), Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks, Cambridge University Press, 236.
- Lindsley, D. H., Andersen, D. J., (1983), A two-pyroxene thermometer, Journal of Geophysical Research, 88, A887-A906.
- Lindsley, D. H., (1983), Pyroxene thermometry, American Mineralogist, 68, 477-493.
- Lisenbee, A., (1971), The Orhaneli ultramafic-gabbro thrust sheet and its surroundings, In: Geology and history of Turkey (Editor: Campbell, A.S.), Petroleum Exploration Society of Libya, Tripoli, 349-360.
- Lünel, T., (1974), Eskişehir, Gümele çevresindeki Tersiyer volkanik ve sedimanter kayalarda bir ön çalışma, Türkiye Jeoloji Bülteni, 17/1, 31-50.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Maucher, A., (1936), Seyitömer linyit havzasının petrografik raporu, M.T.A. Raporu, No: 2, 108s.
- McKenzie, D., (1972), Active tectonics of the Mediterranean region, *Geophysical J. R. Astr. Soc.* 30, 109-185.
- Morimoto, M., Fabries, J., Ferguson, A. K., Ginzburg, I. V., Ross, M., Seifert, F. A., Zussman, J., Aoki, K., and Gottardi, G., (1988), Nomenclature of pyroxenes, *Mineralogical Magazine*, 52, 535-550.
- Nakoman, E., (1979), Radyoaktif hammaddeler jeolojisi, M.T.A. Eğitim serisi, No: 20, 575s.
- Nebert, K., (1960), Tavşanlı batı ve kuzeyindeki linyit ihtiva eden Neojen sahasının mukayeseli stratigrafisi ve tektoniği”, M.T.A. Dergisi, 54, 7-35.
- Norman, T., Arpat, E., (1962), Simav paftasının kuzey ve kuzeybatı kısımlarının jeolojik revizyonu, M.T.A. Raporu, No: 3394.
- Okay, A.I., (1981), Kuzeybatı Anadolu'daki ofiyolitlerin jeolojisi ve mavişist metamorfizması (Tavşanlı-Kütahya), *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24, 85-95.
- Okay, A.I., (1984a), Kuzeybatı Anadolu'da yer alan metamorfik kuşaklar, *Ketin Sempozyumu, Türkiye Jeoloji Kurumu, Ankara*, 83-92, 20-21 Şubat.
- Okay, A.I., (1984b), Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists, In: *The geological evolution of the eastern Mediterranean* (Editors: Dixon JE, Robertson AHF), Geological Society of London Special Publication, 17, 455-466.
- Okay, A.I., (1986), High pressure/low temperature metamorphic rocks of Turkey, In: *Blueschists and Eclogites* (Editors B.W. Evans and E.H. Brown), Geological Society of America Memoir, No: 164, 333-348.
- Okay, A. I., Kelley, S., (1994), Jadeite and chloritoid schists from northwest Turkey: tectonic setting, petrology and geochronology, *Journal of Metamorphic Geology*, 12, 455-466.
- Okay, A.I., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R., Akyüz, S., (1996), Paleo- and Neo Tethyan events in northwestern Turkey: geologic and geochronologic constraints, In: *Tectonics of Asia* (Editors: Yin, A., Harrison, M.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 420-441.
- Okay, A. I., Tüzysüz, O., (1999), Tethyan sutures of northern Turkey, In *The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen*, (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne), Geological Society, London, Special Publication 156, 475-515.
- Okay, A. I., Monod, O., Monié, P., (2002), Triassic blueschists and eclogites from northwest Turkey: vestiges of the Paleo-Tethyan subduction, *Lithos*, 64, 155-178.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Önen, A.P., Hall, R., (1993), Ophiolites and related metamorphic rocks from the Kütahya region, north-west Turkey, *Geological Journal*, 28, 399-412.
- Önen, A.P., (2003), Neotethyan ophiolitic rocks of the Anatolides of NW Turkey and comparison with Tauride ophiolites”, *Journal of the Geological Society London*, 160, 947-962.
- Özbek, T., Ölmez, E. (1985), Kütahya Harlek (Ilıca) kaplıcası hidrojeoloji etüdü, M.T.A. Raporu, No: 8113.
- Özburan, M., (2009), Kütahya ve çevresinin neotektonik incelemesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özburan, M., Gürer, Ö. F., (2012), Late Cenozoic polyphase deformation and basin development, Kütahya region, western Turkey”, *International Geology Review*, 54 (12), 1401-1418.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M. C., Turan, N., Uysal, S., Şentürk, K., Işık, A., (1988), Late Paleozoic evolution of the Kütahya-Bolkardağ belt, Middle East Technical University, *Journal of Pure and Applied Sciences*, 21, 211-220. Kütahya region, western Turkey, *International Geology Review*, 54 (12), 1401-1418.
- Özcan, A., Göncüoğlu, C., Turhan, N., (1989), Kütahya-Çifteler-Bayat-İhsaniye yöresinin temel jeolojisi, M.T.A. Raporu, No: 8974.
- Özgül, N., (1976), Torosların bazı temel jeolojisi özellikleri, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 19, 65-78.
- Özkoçak, O., (1969), Etude geologique du Massif Ultrabasique d'Orhaneli et da sa proche bordure (Bursa-Turquie, Ph.D. Thesis, Universite de Paris-Sud, 181.
- Özkul, C. (2008), Emet (Kütahya) neojen havzası bor prospeksiyonu: hedef saptamada jeokimyasal yöntem geliştirme, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Özkul v.d., (2015), Kütahya çevresindeki (Batı Anadolu) miyosen volkanitlerinin petrokimyası, K-Ar jeokronolojisi, Sr-Nd-Pb-O İzotop Jeokimyası ve Jeodinamik Gelişimi, Tübitak Raporları, Proje No:113Y069.
- Pearce, J. A., (1982), Trace element characteristics of lavas from destructive plate margins, In: R. S. Thorpe (ed.), *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*. Wiley, New York, 525-548.
- Pearce, J. A., (1983), Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins, *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, ed. Hawkesworth C. J., Norry M. J., Shiva, Cheshire, 230-249.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Pearce, J. A., (1996), A user's guide to basalt discrimination diagrams, Trace element geochemistry of volcanic rocks: Applications for massive Sulphide Exploration, ed: Wyman DA, Geological Association Canada, Short Course Notes, 12, 79-113.

Peccerillo, A., Taylor, S. R., (1976), Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey, Contributions to Mineralogy and Petrology, 58, 63-81.

Pekmezçiler, S., (1953), Çeltik linyit aramaları raporu, M.T.A. Raporu, No; 2106.

Prelević, D., Akal, C., Romer, R. L., Mertz-Kraus R., Helvacı, C., (2015), Magmatic response to slab tearing: constraints from the Afyon Alkaline Volcanic Complex, Western Turkey, J Petrol, 56-3, 527-562.

Rock, N. M. S., (1990), The international Mineralogical Association (IMA/CNMMN) pyroxene nomenclature scheme: computerization and consequences, Mineralogy and Petrology, 43, 99-119.

Rollinson H. R., (1993b), Using geochemical data, Longmans.

Sarıyıldız, M., 1990, Seyitömer (Kütahya) KB'sindeki kömürlü Neojen kayalarının jeolojisi, Dokuz Eylül Üniversitesi Araştırma Raporları, No: FBE/JEO-89-AR- 104, 28s, İzmir.

Semiz, B., Ersoy, E. Y., Özpınar, Y., Helvacı, C., Palmer, M. R., Billor, M. Z., (2015), $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology, geochemistry and petrology of volcanic rocks from the Simav Graben, western Turkey, Contrib Mineral Petrol 170 (24). Doi: 10.1007/s00410-015-1178-8.

Servais, M., (1982), Collision et suture tethysienne en Anatolia Centrale etude structurale et metamorphique (HP-LT) de la zone nord Kütahya, Ph.D. Thesis, Universite de Paris-Sud, France.

Sülün, S., Duvarcı, E., (1982), Domaniç-Tunçbilek-Tavşanlı-Değirmisaz neojen alanları resistivite etüdü, M.T.A. Raporu, No: 7131.

Stewart, R. B., Price, R. C., Smith, I. E. M., (1996), Evolution of high-K arc magma, Egmont volcano, Taranaki, New Zealand: evidence from mineral chemistry, Journal of Volcanology and Geothermal Research 74, 275-295.

Sun, S., McDonough, W. F., (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: Implications for mantle composition and processes, Magmatism in the Ocean Basins, ed: Saunders A.D., Norry M.J., Geological Society of London, Special Publication, 42, 313-345.

Sunder, M., (1980), Sarıkaya (Kırka-Eskişehir) borat yataklarının jeokimyası, Türkiye Jeoloji Kongresi Bülteni, 2, 19-34.

Şener, M., Gevrek, A. İ., (1986), Simav, Emet, Tavşanlı yörelerinin hidrotermal alterasyon zonları, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 28, 43-51.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y., (1981), Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241.

Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F., (1985), Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, In: *Strike-slip Deformation, Basin Formation and*

Sedimentation (Editors: K. Biddle, N. Christie-Blick), Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, Special Publication, 37, 227-264.

Şengüler, İ., (1994), Bitümlüleşyl, *Türkiye Enerji Bülteni*, 1/1, 21-26, Ankara.

Şengüler, İ., Sonel, N., (1999), Seyitömer (Kütahya) bitümlü marnlarının stratigrafik özellikleri ve ekonomik önemi, *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 10-12 Mayıs, Ankara, 350-357.

Taylor, S. R., McLennan, S. M., (1985), *The Continental Crust, Its Composition and Evolution*, Blackwell, Oxford, 312.

Temel, A., Seyitoğlu, G., Telsiz, S., Esat, K., (2011), Eskişehir yöresindeki volkanik Kayaçların kökeni ve tektonikle ilişkisi, *Tübitak Raporları*, Proje No:108Y211.

Thompson, R. N., (1977), Primary basalts and magma genesis, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 60, 91-108.

Watson, E. B., (1979), Apatite saturation in basic to intermediate magmas, *Geophysical Research Letters*, 6, 937-940.

Wedepohl, K.H., (1995), The composition of the continental crust, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 1217-1239.

Wilson, M. 1989. *Igneous Petrogenesis*. s.466. Oxford: Oxford University Press.

Winchester, J., Floyd, P. A., (1977), Geochemical discrimination of different magma series and their differantation products using immobile elements, *Chemical Geology*, 20, 325-343.

Wood, D. A., Joron, J. L., Treuil, M., (1979), A re-appraisal of the use of trace elements to classify and discriminate between magma series erupted in different tectonic settings, *Earth Planet. Sci. Letts.*, 45, 326-336.

Vıcıl, M., (1982), Gümüşköy (Kütahya) Aktepe Pb-Zn-Sb-Ag cevherleşmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi, İzmir, 258s.

Yalçın, H., Semelin, B., Gündoğdu, M.N., (1985), Emet gölsel neojen baseninin jeolojik incelenmesi (Hisarcık güneyi), *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi*, 12, 39- 52.

Yavuz, N., Ediger, V. Ş., Eler, A., (1995), Palynology, organic petrography and geochemistry of the Lower-Middle Miocene coals of the Tavşanlı basin (Kütahya), *Yerbilimleri*, 17, 87-100.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Yavuz, N., (2001), Palynological Investigations of the Seyitömer Coals, Fourth International Turkish Geology Symposium, (ITGS IV), Çukurova University, 24-28 September, 253, Adana.

Yavuz-Işık, N., (2007), Pollen analysis of coal-bearing Miocene sedimentary rocks from the Seyitömer basin (Kütahya), Western Anatolia”, Geobios, 40, 701-708.

Yılmaz, Y., (1984), Türkiye'nin jeolojik tarihinde magmatik etkinlik ve tektonik evrimle ilişkisi, Ketin Simpozyumu, Türkiye Jeoloji Kurumu, 63-81, Ankara, 20-21 Şubat.

Yıldırım, T., Burçak, M., (1997), Kütahya Harlek ılıcası jeotermal etüt raporu, M.T.A. Raporu, No: 97-25A.

Yiğitgüden, H.Y., (1984), Batı Anadolu-Türkiye Kütahya civarındaki gümüş maden yatağı, Doktora Tezi, Railand Westfalen Teknik Yüksek Okulu, Maden ve Metalurji Fakültesi, Aachen, 192s.

Zeigler, J., (1936), Bericht über die montangeologischen Untersuchungen im Randgebiet des Kütahya Braunkohlenfeldes Seyitömer, M.T.A. Raporu, No:110.

EKLER