



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**KIŞLAKÖY (NARMAN-ERZURUM, TÜRKİYE) ÇEVRESİNDE YÜZEYLENEN
VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİSİ, MİNERAL KİMYASI ve
KRİSTALLENME KOŞULLARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hande GÜNGÖR

**AĞUSTOS 2020
GÜMÜŞHANE**

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KIŞLAKÖY (NARMAN-ERZURUM, TÜRKİYE) ÇEVRESİNDE YÜZEYLENEN
VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİSİ, MİNERAL KİMYASI ve
KRİSTALLENME KOŞULLARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hande GÜNGÖR

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22.07.2020

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 14.08.2020

AĞUSTOS 2020

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum “Kışlaköy (Narman-Erzurum, Türkiye) Çevresinde Yüzeyleyen Volkanik Kayaçların Petrografisi, Mineral Kimyası ve Kristallenme Koşulları” isimli tez çalışmasında; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 22/07/2020

Hande GÜNGÖR

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KIŞLAKÖY (NARMAN-ERZURUM, TÜRKİYE) ÇEVRESİNDE YÜZEYLENEN
VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİSİ, MİNERAL KİMYASI ve
KRİSTALLENME KOŞULLARI**

Hande GÜNGÖR

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Emre AYDINÇAKIR

2020, 63 sayfa

Bu çalışma alanının konusu Kışlaköy (Narman/Erzurum) ve çevresindeki Eosen yaşlı volkanik kayalardan oluşmaktadır. Bu alanda bulunan volkanik kayaların minerolojik, petrografik ve mineral kimyası analizleri incelenmiş ve elde edilen veriler doğrultusunda magmaların kristallenme esnasında etkili olan sıcaklık, basınç gibi fizikokimyasal özellikleri ile fizikokimyasal verileri jeolojik verilerle birleştirilerek bu kayaları oluşturan magmaların kabuktaki gelişimleri irdelenmiştir. Çalışma alanındaki başlıca birimler Eosen yaşlı Kışlaköy Volkaniti, Oligo-Miyosen yaşlı Oltu Formasyonu, Oligo-Miyosen yaşlı Alabalık Formasyonu ve Alüvyonlardan oluşmaktadır.

İnceleme alanındaki volkanik kayalar volkanik fasiyes özelliklerine göre piroklastitler, dayklar ve lavlar olmak üzere üç başlıkta incelenmiş ve bu kayalarda bulunan başlıca mineraller plajiyoklas, klinopiroksen, olivin ve opak minerallerdir. Bu kayalar genel olarak hyalo-mikrolitik porfirik, glomeroporfirik, kümülofirik, mikrolitik porfirik, poikilitik, intersertal dokular sergilerler ve piroksenler $Wo_{40-46} En_{41-50} Fs_{5-18}$ bileşimine sahip olurlar, plajiyoklaslar An_{49-85} bileşimlidir, olivinler Fo_{68-75} arasında değişim göstermektedir ve Fe-Ti oksitler bulunmaktadır.

Termobarometre hesaplamalarına bakıldığında volkaniklerin kristallenme sıcaklığı 489-1247 °C arasında, basınç 0.5-4.7 kbar arasında değişmekte olup bütün bu verilere bakılarak incelenmiş olan volkanik kayaların orta-sığ kıtasal kabuk içerisinde susuz magmalardan itibaren yerleştiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermobarometre, Kışlaköy Volkaniti, Mineral kimyası, Narman, Petrografi

ABSTRACT
MS THESIS

**PETROGRAPHY, MINERAL CHEMISTRY AND CRYSTALLIZATION
CONDITIONS OF VOLCANIC ROCKS LOCATED AROUND OF KIŞLAKÖY
(NARMAN-ERZURUM, TÜRKİYE)**

Hande GÜNGÖR

Gümüşhane University
The Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Geological Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Emre AYDINÇAKIR

2020, 63 pages

The subject of this study area consists of Eocene aged volcanic rocks in Kışlaköy (Narman / Erzurum) and its surrounding. Minerological, petrographic and mineral chemistry analyzes of the volcanic rocks in this area were examined and in line with the data obtained, the physicochemical properties of the magmas such as temperature, pressure, which are effective during crystallization, and physicochemical data were combined with geological data, and the development of the magmas forming these rocks in the crust was examined. The main units in the study area are Eocene aged Kışlaköy Volcanite, Oligo-Miocene aged Oltu Formation, Oligo-Miocene Trout Formation and Alluviums.

Volcanic rocks in the study area have been examined under three headings as pyroclastics, dykes and lavas according to their volcanic facies characteristics and the main minerals found in these rocks are plagioclase, clinopyroxene, olivine and opaque minerals. These minerals generally exhibit hyalomicrolytic porphyritic, glomera porphyritic, cumulative porphyritic, microlitic porphyritic, poikilitic, intersertal textures and Pyroxenes are augite with composition Wo40-46 En41-50 Fs5-18, plagioclases have An49-85 composite, olivines vary between Fo68-75 and Fe-Ti oxides are available.

When looking at the thermobarometer calculations, the crystallization temperature of volcanics varies between 489-1247 °C, the pressure varies between 0.5-4.7 kbar, and it is seen that volcanic rocks, which have been studied by looking at all these data, have settled in the mid-shallow continental crust starting from the dehydrated magmas.

Keywords: Geothermobarometry, Kışlaköy Volcanite, Narman, Mineral chemistry, Petrography

TEŞEKKÜR

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında, Kışlaköy (Narman-Erzurum, Türkiye) Çevresinde Yüzeyleyen Volkanik Kayaçların Petrografisi Mineral Kimyası ve Kristallenme Koşulları adlı tez çalışması yapılmıştır. “Bu çalışma, 118Y258 numaralı TÜBİTAK projesiyle desteklenmiştir.”

Beni yüksek lisans öğrencisi olarak kabul eden, çalışmamın her aşamasında yol gösteren, yardım ve emeği geçen danışman hocam Doç. Dr. Emre AYDINÇAKIR’a canı gönülden teşekkür ederim. Çalışmalarında yardımcı olan çok kıymetli hocalarım, Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ’a, Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ’ye, Prof. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER’e ve Dr. Öğr. Üyesi M. Ali GÜCER’e, çok teşekkür ederim. Ayrıca çalışmalarım başından beri bana her konuda destek olan kardeşim Dr. Öğr. Üyesi Merve KAYACI ÇODUR’a içtenlikle teşekkür ederim. Bölümümüz ince kesit teknisyeni Ferdi DAYANÇ’a ve Gümüşhane Üniversitesi personeli ile yüksek lisans eğitimim boyunca destek veren herkese çok teşekkür ederim.

Ayrıca yüksek lisans çalışmalarım sırasında bana her zaman destek olan canım aileme, değerli eşim Mehmet GÜNGÖR’e ve oğlum Metehan GÜNGÖR’e teşekkür ederim.

Hande GÜNGÖR

Gümüşhane, 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XV
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	XVI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş ve Amaç	1
1.2. Coğrafi Bilgiler	1
1.2.1. Coğrafi Konum	1
1.2.2. Topoğrafya	1
1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü	2
1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim.....	2
1.3. Bölgesel Jeolojisi	4
1.4. Önceki Çalışmalar.....	7
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	12
2.1. Amaç ve Yöntem	12
2.1.1. Arazi Çalışmaları	12
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	12
2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması.....	12
2.1.2.2. Petrografik İncelemeler ve Mikro Fotoğrafların çekimi	13
2.1.2.3. Örneklerin Kimyasal Analiz İçin Hazırlanması.....	13
2.1.2.4. Jeokimyasal Analizler	13
2.1.2.5. Mikroprob Analizleri	14
2.1.2.6. Nem Kaybı ve Ateşte Su Kaybı (LOI).....	14
2.1.3. Büro Çalışmaları	15
3. BULGULAR.....	16
3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petroğrafisi.....	16
3.1.1. Kışlaköy Volkaniti	20
3.1.1.1. Piroklastitler	20

3.1.1.1.1. Bazaltik Volkanik Breşler	20
3.1.1.2. Dayklar.....	22
3.1.1.2.1. Bazaltik Dayklar	22
3.1.1.3. Lavlar	24
3.1.1.3.1. Bazaltik lavlar	24
3.1.2. Oltu Formasyonu	28
3.1.3. Alabalık Formasyonu.....	29
3.1.4. Alüvyon.....	30
3.2. Kışlaköy Volkanitlerinin Mineral Kimyası.....	30
3.2.1. Klinopiroksen.....	30
3.2.1.1. Bazaltik Lav	31
3.2.1.2. Bazaltik Dayk.....	32
3.2.2. Plajiyoklas.....	33
3.2.2.1. Bazaltik Lav	34
3.2.2.2. Bazaltik Dayk.....	34
3.2.3. Olivinler	35
3.2.3.1. Bazaltik Lav	36
3.2.3.2. Bazaltik Dayk.....	36
3.2.4. Fe-Ti oksitler.....	36
3.2.4.1. Bazaltik Lav	37
3.2.4.2. Bazaltik Dayk.....	38
3.3. Kışlaköy Volkanitlerinin Kimyasal Sınıflandırılması	39
4. TARTIŞMA	40
4.1. Volkanitlerin Kristallenme Koşulları (P-T) ve Yerleşimi	40
4.1.1. Jeotermometre Hesaplamaları.....	40
4.1.1.1. Klinopiroksen Jeotermometresi	40
4.1.1.2. Tüm kayaç Zirkon – Apatit Jeotermometresi	42
4.1.2. Jeobarometre Hesaplamaları	43
4.1.2.1. Klinopiroksen Jeobarometresi	43
4.2. Dengesizlik Parametreleri	47
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	50
6. KAYNAKLAR	51
7. EKLER.....	64
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası	3
Şekil 1. 2. a) Türkiye ve çevresinin tektonik haritası (Şengör vd. 2003), b) Doğu Anadolu Bölgesinde çarpışma ile ilişkili volkanik kayaçların ayrımı. I: Rodop-Pontid parçası, II: Kuzeybatı İran parçası, III: Doğu Anadolu Yığılma Karmaşığı, IV: Bitlis-Pötürge Masifi, V: Arabistan burnu.....	6
Şekil 3. 1. İnceleme alanına ait kolon kesit	17
Şekil 3. 2. Çalışma alanına ait jeolojik harita	18
Şekil 3. 3. Çalışma alanına ait yatay jeolojik kesit	19
Şekil 3. 4. Kışlaköy Volkaniti içerisinde yer alan volkanik breşlerin görünümü (Kilimli köyü civarı).....	21
Şekil 3. 5. Bazaltik (a ve b) bileşimli volkanik breş çakıllarının mikroskopik görünümü. (a) Hyalo - mikrolitik porfirik dokulu bazaltik breş içerisindeki klinopiroksen, iddingsitleşmiş olivin ve plajiyoklaslar, (b) albit ikizlenmesi gösteren plajiyoklas mineralleri ve opak mineral içeren klinopiroksen fenokristali (Örnek No: N-22) (Ç.N.; Kpir: Klinopiroksen, Pl:Plajiyoklas, ol: olivin, op: Opak mineral).	22
Şekil 3. 6. Bazaltik daykların arazi görünümleri, a, b) Kilimli mevkiinde Kışlaköy volkanitini KD-GB istikametinde kesen bazaltik dayklar (Örnek No: N-5), c) K-G yönünde uzanan bazaltik dayk (Örnek No: N-7), d) Kışlaköy mevkiinde piroklastik kayaçları kesen bazaltik dayk (Örnek No: N-29).....	23
Şekil 3. 7. Bazaltik dayklar içerisindeki (a, b) kenarları byenmiş, kalıntı merkez içeren klinopiroksen ve öz şekilsiz olivin mineralleri (ÇN), c) zonlanma ve elek dokusu gösteren klinopiroksen minerali (ÇN), d) öz şekilli olivin fenokristalleri ve kümülofirik doku (ÇN), (e, f) öz şekilli ve öz şeliksiz olivin mineralleri ve iddingsitleşmiş klinopiroksen mineralleri içeren mikrolitik doku (ÇN ve TN) (Örnek No: N-5, N-8 ve N-33; kpir: klinopiroksen, ol: olivin, pl: plajiyoklas, op: opak mineral).	24

- Şekil 3. 8. Kışlaköy Volkanitleri içerisindeki (a, b) bazaltik lavların yayılımı ve volkanitlerin arazi görünümü, (c, d) bazaltik lavların içerisindeki iri klinopiroksenlerin makroskopik görünümü (Kışlaköy, Pınaryolu mevki). 25
- Şekil 3. 9. Bazaltik lavlar içerisinde görülen (a) klinopiroksen kapanımları içeren albit ikizli plajiyoklas fenokristalleri ve elek dokusu (Örnek No: N-53), (b) mikrolitik porfirik dokulu kayaçlardaki elek dokusu gösteren klinopiroksen fenokristali (Örnek No: N-50), (c) hamur tarafından yenmiş, olivin ve opak mineral kapanımları içeren öz şekilli klinopiroksen fenokristali (Örnek No: N-3), (d) klinopiroksenlerin oluşturduğu kümülofirik doku (Örnek No: N-14), (e) öz şekilli ve zonlanma gösteren mega klinopiroksen minerali (Örnek No: N-21), (f) kenarında elek dokusu gelişmiş ve kalıntı merkez içeren klinopiroksen fenokristali ve iddingsitleşmiş olivin mineralleri (Örnek No: N-50), (g, h) hyaloporfirik doku içerisindeki öz şekilli olivin ve klinopiroksen fenokristalleri (Örnek No: N-38, ÇN., TN.), (Pl: Plajiyoklas, Kpir:Klinopiroksen, ol:olivin, op: Opak mineral). 27
- Şekil 3. 10. Oltu Formasyonu'nun arazi görünümü, a, b) Kışlaköy ve Alabalık Fm. olan sınır ilişkisi (Topkaynak Köyü ve Alabalık Köyü), c) jips ara katkılı kmt-silttaşı - çamurtaşı ardalanmasından oluşan Oltu Fm. (Bahçecik Mah.), d) Oltu Fm. da gelişen tektonik faylanmalar, e) Oltu - Narman Fm. sınırı oldukça altere olmuş birim sınırı (Toprakkale köyü), e) Oltu Fm. içinde seviye şeklinde bulunan jips ara katkısı (Kireçli Köyü). 28
- Şekil 3. 11. a, b) Alabalık Formasyonu oluşturan değişik boyuttaki andezitik breş parçalarının görünümü (Sarıkaya mevki). 29
- Şekil 3. 12. a) Bazaltik lav örneklerindeki normal zonlanma gösteren iri klinopiroksen, (b) opak mineral ve plajiyoklas minerali içeren kalıntı merkezli, salınımlı (oscillatory) zonlanmaya sahip iri klinopiroksen kristallerine ait 'BSE' görünümleri, (Op: Opak mineral, Kpir: Klinopiroksen, Pl: Plajiyoklas), (Örnek No: N31 ve N26). 31

Şekil 3. 13. Bazaltik lav örneklerine ait klinopiroksen minerallerinin, a) Papike vd. (1974)'ne ait Ti-Na-Al ^(IV) diyagramındaki yerleri, CATS: Ca-çermakit, AK: Akmit, JD: Jadeyit, UR: Kosmoklor, NAT: Na-Ti klinopiroksen, NATAL: Na - Ti - Al klinopiroksen, TAL: Ti - Al klinopiroksen, b) Wo -En-Fs üçgen diyagramındaki (Morimoto vd., 1988) bileşimleri	32
Şekil 3. 14. Bazaltik dayklardaki klinopiroksen minerallerinin, a) Papike vd.(1974) 'ne ait Ti- Na - Al ^(IV) diyagramındaki yerleri, CATS: Ca-çermakit, AK: Akmit, JD: Jadeyit, UR: Kosmoklor, NAT: Na - Ti klinopiroksen, NATAL: Na - Ti - Al klinopiroksen, TAL: Ti - Al klinopiroksen, b) Wo - En - Fs üçgen diyagramındaki (Morimoto vd., 1988) bileşimleri	33
Şekil 3. 15. İncelenen volkanitlerdeki bazı plajiyoklasların “BSE” görünümleri, a) bazaltik kayalardaki zonlu plajiyoklas (Pl) kristalleri , b) klinopiroksen içerisinde yer alan zonlu plajiyoklas minerali (Örnek no: N-33, N-20).....	33
Şekil 3. 16. Bazaltlara ait plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı	34
Şekil 3. 17. Bazaltik dayklara ait plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı.....	35
Şekil 3. 18. Bazaltik lavlara ait olivinlerin $Mg / (Fe^{+2} + Mg) - CaO$ (%) diyagramı.	36
Şekil 3. 19. Bazik kayalardaki Fe - Ti oksitlerin ‘BSE’ görünümleri, a, b) Bazaltlardaki klinopiroksenlerde kapanım halinde olan öz - yarı öz şekilli Fe - Ti oksitler (Op), Klinopiroksen (Kpir), (Örnek no: N-5, N-20).....	37
Şekil 3. 20. Bazaltlara ait Fe-Ti oksit bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).....	38
Şekil 3. 21. Bazaltik Dayklardaki bazaltlara ait Fe - Ti oksit bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).	38
Şekil 3. 22. Kışlaköy volkanik kayalarının SiO_2 'ye karşı Na_2O+K_2O (TAS) sınıflama diyagramındaki konumları (Le Maitre vd., 1989). Alkali-yarıalkali eğrisi (Irvine ve Baragar, 1971).....	39

- Şekil 4. 1. Kışlaköy (Erzurum) yöresi volkanitlerinin içerdiği klinopiroksen bileşimlerine ait Di-Hd-En-Fs piroksen dörtyüzlüsü. İzoterm eğrileri 100 °C aralıklarla ve 1 atm basınç altında oluşturulmuştur (Lindsley, 1983; Lindsley ve Anderson, 1983). 41
- Şekil 4. 2. Kışlaköy (Erzurum) yöresi volkanitlerine ait kayalardaki klinopiroksenlerin (a) Al^T -Si, (b) Ti- Al^T değişimi, (c) $Al^{[6]} / Al^{[4]}$ ilişkisi. Al^T , Si, Ti katyon değerleridir. (c)'deki alanlar Aoki ve Shiba (1973)'dan alınmıştır (semboller Şekil 4.1'deki gibidir). 44
- Şekil 4. 3. Kışlaköy (Erzurum) yöresi volkanik kayalarındaki klinopiroksenlerin (a) Mg-Cr₂O₃ (%) ve (b) Mg#-TiO₂ (%) diyagramları. Semboller Şekil 4.1'deki gibidir. Manto lerzolitlerindeki klinopiroksen alanı Cohen vd. (1984) ve Dawson (1987)'dan, yüksek basınç klinopiroksen alanı Simonetti vd. (1996)'den alınmıştır. A,B,C ve D alanları ise Wass (1979)'dan alınmıştır. A alanı, spinel lerzolitik bir mantoda çok yüksek basınç şartlarındaki; B ve D alanı, üst mantodan ayrılan bazaltik ergiyiklerden itibaren göreceli olarak yüksek basınç şartlarındaki; C alanı, göreceli olarak daha düşük basınç şartlarındaki klinopiroksen bileşimlerinin oluşturduğu alanları göstermektedir (semboller Şekil 4.1'deki gibidir). 45
- Şekil 4. 4. Kışlaköy (Erzurum) yöresi volkanitlerindeki klinopiroksenlerin içerdiği Ti (% atom) karşı Al (% atom) diyagramı (semboller Şekil 4.1'deki gibidir). 46
- Şekil 4. 5. Eosen yaşlı Kışlaköy volkanitleri içerisinde yer alan (a-c) normal ve ters zonlu plajiyoklazların merkez-kenar An değişimi, (d-f) normal ve ters zonlanma gösteren klinopiroksenlerin merkeze-kenar Mg numarası (Mg#) d eğişiimi (semboller Şekil 4.1'deki gibidir, m: merkez, k: kenar) 49

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4. 1. Kışlaköy Volkanitlerine ait kayaçların tüm kayaç ana (%) ve iz (ppm) kimyasal analizleri	42
Tablo 4. 2. Kışlaköy Volkanitlerini oluşturan kayaçlarda Putirka (2008)'e göre hesaplanan klinopiroksen-ergiyik jeotermobarometresi	42
Tablo 4. 3. Kışlaköy Volkanitlerine ait tüm kayaç analiz sonuçları kullanılarak hesaplanmış zirkon ve apatit doygunluğu için hesaplanan sıcaklık değerleri	43

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

An	: Anortit
Atm	: Atmosfer
cm	: Santimetre
Çn	: Çift nikol
Fm	: Formasyon
GPS	: Global positioning system
ICP	: Inductively coupled plasma (indüktif eşleşmiş plazma)
Kbar	: Kilobar
km	: Kilometre
Kpir	: Klinopiroksen
m	: Metre
Mg	: Magnetit
Mg#	: Mağnezyum numarası $[100 * (MgO / (MgO + \Sigma Fe_2O_3))]$
mm	: Milimetre
MS	: Mass Spectrometry (kütle spektrometre)
MTA	: Maden Tetkik Arama
My	: Milyon yıl
N	: Örnek sayısı
OAB	: Orta Anadolu Bloğu
Ol	: Olivin
Op	: Opak mineral
Pl	: Plajiyoklas
ppm	: Milyonda bir
Tn	: Tek nikol

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş ve Amaç

Bu çalışmada, Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan Kışlaköy (Narman) çevresinde yüzeyleme veren ve önceki çalışmalarda Eosen-Miyosen yaş aralığında olduğu kabul edilen Kışlaköy ve çevresindeki volkanik kayaçların mineralojik, petrografik ve mineral kimyası analizleri incelenmiştir. Bu çalışma ile Kışlaköy (Narman) yöresinde gözlenen volkanik kayaçların ilk defa detaylı petrografik ve mineral kimyası verileri irdelenerek; Magmaların kristallenme sırasında etkili olan sıcaklık ve basınç gibi fizikokimyasal özellikleri ile fizikokimyasal verileri jeolojik verilerle birleştirerek bu kayaçları oluşturan magmaların kabuktaki gelişim süreçlerinin araştırılması amaçlanmıştır.

1.2. Coğrafi Bilgiler

1.2.1. Coğrafi Konum

İnceleme alanı, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesinde, Erzurum merkeze bağlı Kışlaköy (Narman) civarını kapsamaktadır. 1/25.000 ölçekli Erzurum-H47-b3 H48-a4 paftası içinde yaklaşık 200 km²'lik bir alanı kapsayan çalışma alanına ulaşım Erzurum-Ardahan transit yolu üzerinden ayrılan tali yollarla sağlanır.

1.2.2. Topoğrafya

Çalışma alanının topoğrafyası genellikle sert rölyefe sahip, doğuya doğru gidildikçe de yükselti artmaktadır. Çalışma alanındaki yükseltiler: Kışlaköy (1900 m.), Taşburun (2200 m.), Tomul dağı (2200 m.) ve Şekerli tepesi (1600 m.). Sahadaki en önemli ana drenaj hattı; Narman Çayı olup ve buna bağlanan Lalalık Deresi, Köyaltı Deresi vb. gibi irili ufaklı çok sayıda dereler mevcuttur. Bu derelerin bir kısmı mevsimseldirler.

1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

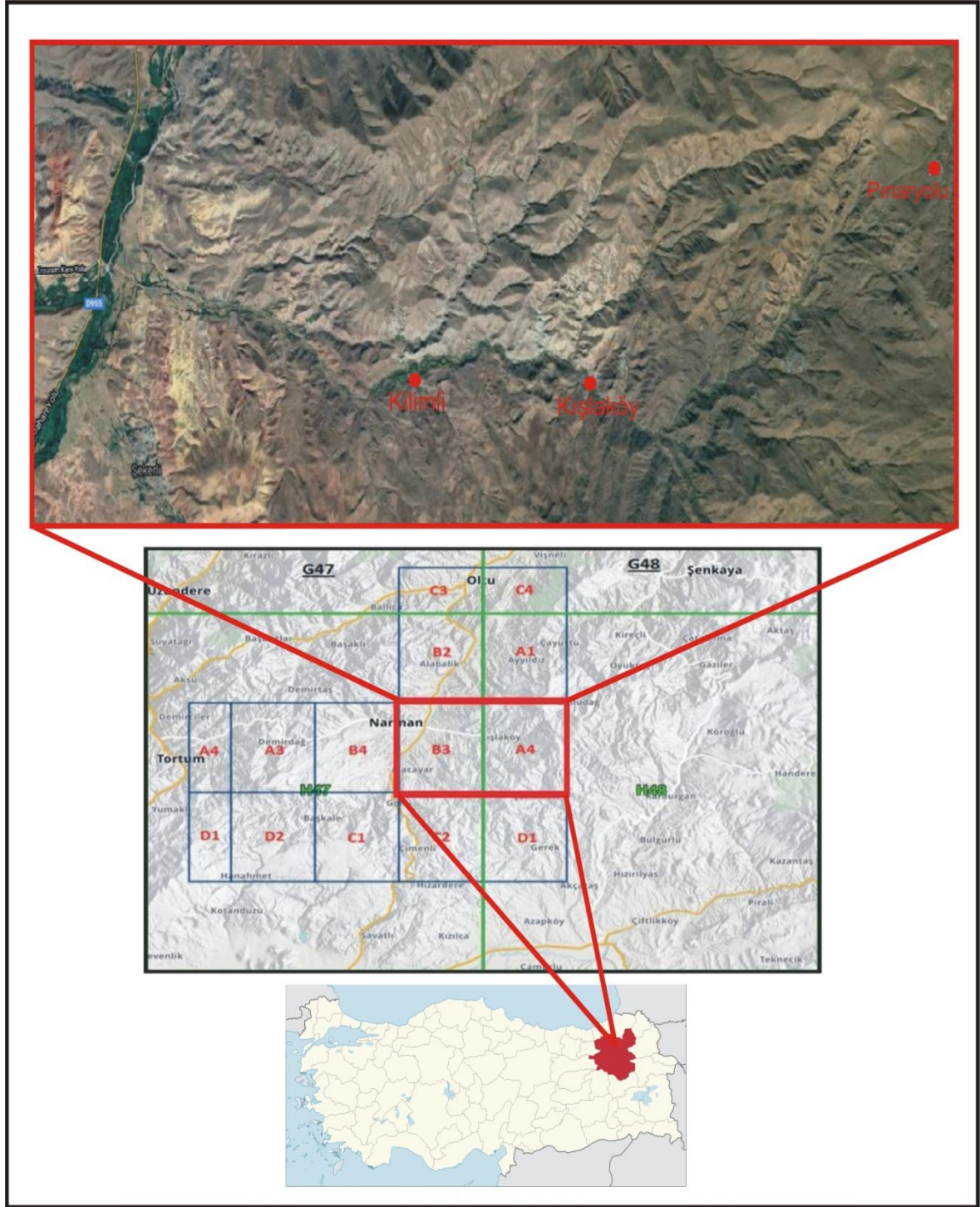
İnceleme alanı, Erzurum iline bağlı ancak Karadeniz Bölgesi sınırları içinde yer alması ve yüksek dağların arasında kalmasından dolayı iklimi ılık geçmektedir. Çalışma alanının yükseltisi doğuya doğru daha da artmasından dolayı iklim bu kesimlerde daha soğuktur.

Yörede yaygın olarak çayır ve meralar görülmektedir. Bölgede bulunan meralar zengin bitki türlerine sahiptir. Topoğrafik olarak daha yüksek alanlarda ve vadi içlerinde çam, kavak gibi ağaç toplulukları gözlenebilmektedir. Hemen her mevsim yeşil kalan iğne yapraklı ağaçlar bozkırlar üzerinde yaygın olarak görülmektedir. Yüksek kesimlerin bitki örtüsü bakımından daha fakir olması jeolojik birimlerin net olarak görülmesini kolaylaştırmaktadır.

Bu bölge tarıma çok fazla elverişli olmadığı için burada büyükbaş hayvan yetiştiriciliği yapılmaktadır. Yörede köy içlerindeki evlerin önünde küçük bahçelere rastlanılmıştır. Zengin bitki örtüsüne sahip meraların olması bu yörede arıcılığın gelişmesine önemli katkı sağlamıştır. Narman ilçesinin 7 km güneydoğusunda Narman Peribacaları bulunmaktadır ve Narman-Pasinler karayolunun hemen üzerinde olması nedeniyle oldukça kolay ulaşılmaktadır.

1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim

İnceleme alanında en büyük yerleşim yerleri köy merkezleri ve mezralardan oluşturmaktadır. Çalışma alanında ana ulaşım Erzurum-Ardahan arası asfalt karayolu ile sağlanmaktadır. Köylere ve mezralara ulaşım stabilize ve patika yollarla yapılmaktadır. Çalışma alanının, Narman İlçesine en yakın yerleşim yerleri Mahmutçavuş Köyü, Şekerli Köyü ve Kilimli Köyü olup, ilçeye uzaklıkları yaklaşık 6 km ila 10 km arasında değişmektedir.



Şekil 1. 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

1.3. Bölgesel Jeolojisi

Doğu Anadolu Bölgesi, çarpışmayla ilişkili volkanizmanın dünyada en iyi görüldüğü alanlardan biri olması ve bölgenin kuzeydoğusunda yer alan Erzurum-Kars platosu çarpışma kökenli volkanik aktivitenin yaygın gözlemlendiği alan olması nedeniyle birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir.

Bölgede genel jeoloji, tektonik ve volkanizma üzerine pek çok çalışma yapılmıştır (Lambert vd., 1974; Gülen, 1980a, b; Şengör, 1980; Şaroğlu ve Güner, 1981; Şengör vd. 2003; Innocenti vd., 1976, 1982; Notsu vd., 1995; Yılmaz vd., 1987; Ercan vd., 1990; Pearce vd., 1990; Keskin, 1994, 2003, 2007; Keskin vd., 1998, 2006, 2008, 2012; Özdemir vd., 2006, 2011, 2014; Oyan, 2011; Oyan vd., 2016). Bu çarpışma Kuzey ve Doğu Anadolu Fayları ile Anadolu bloğunun yanal olarak magmatizma üretmesine sebep olmuştur. Çarpışma sonucu oluşan volkanizma ürünleri bazalttan riolite kadar farklı bileşimde kayaların oluşumuna imkân sağlamıştır. Buna ek olarak bu çarpışma sonucunda doğu ve güneydoğu Türkiye de kalk-alkali ve alkali volkanizma gelişmiştir (Buket ve Temel, 1998; Dewey vd., 1986; Güleç, 1991; Innocenti vd., 1982; Karlı vd., 2008; Kaygusuz, 2009; Keskin vd., 1998, 2006; Kurt vd., 2008; Kürüm vd., 2008; Lebedev vd., 2016a, 2016b; Notsu vd., 1995; Pearce vd., 1990; Şen vd., 2004; Şengör ve Yılmaz, 1981; Yalçın vd., 1998; Yılmaz, 1990; Keskin vd., 2006; 2012, Özdemir ve Güleç, 2014, Yücel vd., 2017, Kaygusuz vd., 2018,).

Bölgedeki volkanikler üzerine yapılan çalışmalarda (Ercan vd., 1990; Pearce vd., 1990; Keskin, 1994, 2007; Notsu vd., 1995; Lebedev vd., 2013; Keskin vd., 2006, 2012; Lustrino vd., 2012; Özdemir ve Güleç, 2014) yaygın volkanizmanın Anadolu ve Arap levhaları arasında meydana gelen bir çarpışma ile oluştuğu düşünülmektedir (Şengör vd., 2003) (Şekil 1.2).

Doğu Anadolu Platosu coğrafik olarak, Orta Anadolu ile Orta İran arasında yerleşmiş ve kuzey de Doğu Pontid Yayı ve güneyde de Arap Platformu arasında uzanmaktadır. Doğu Anadolu da yer alan bölge, dört ana tektonik bloğa ayrılmıştır (Şengör vd. 2003) (Şekil 2b). (1) Doğu Pontid yay magmatik kayaları ve onlarla ilişkili sedimanter kayalar tarafından temsil edilen Pontid temel kayaları (Aslan, 2010; Dilek vd., 2010; Arslan vd., 2013; Aslan vd., 2014; Aydınçakır, 2014; Aydınçakır ve Şen, 2013; Aydın vd., 2008; Kaygusuz vd., 2008, 2011, 2012, 2016; Okay ve Şahintürk, 1997; Şengör ve Yılmaz, 1981; Yücel vd., 2017); (2) Doğu Anadolu Yığılma Karmaşığı (Üst Kretase yada daha genç yaşlı

ofiyolitik melanj ve flišik kayaçlar, Şengör vd., 2003), (3) Anadolu temeli (yüksek-orta dereceli kabuksal metamorfik kayaçlar, Şengör vd., 2003), (4) Doğu Anadolu yığışım kompleksi ve Anadolu temeline ait olan Neojen yaşlı sedimanter ve volkanik kayaçlar (Şekil 2a, b). Arap ve Anadolu kıtaları arasındaki çarpışmanın yaşı hakkında hala bir görüşbirliği yoktur. Çarpışma, bölgede yoğun sisimik aktiviteye, doğrultu atımlı faylara (Doğu ve Kuzey Doğu Anadolu Fay Zonları) ve yaygın bir volkanizmaya sebep olmuştur (Özdemir ve Güleç, 2014).

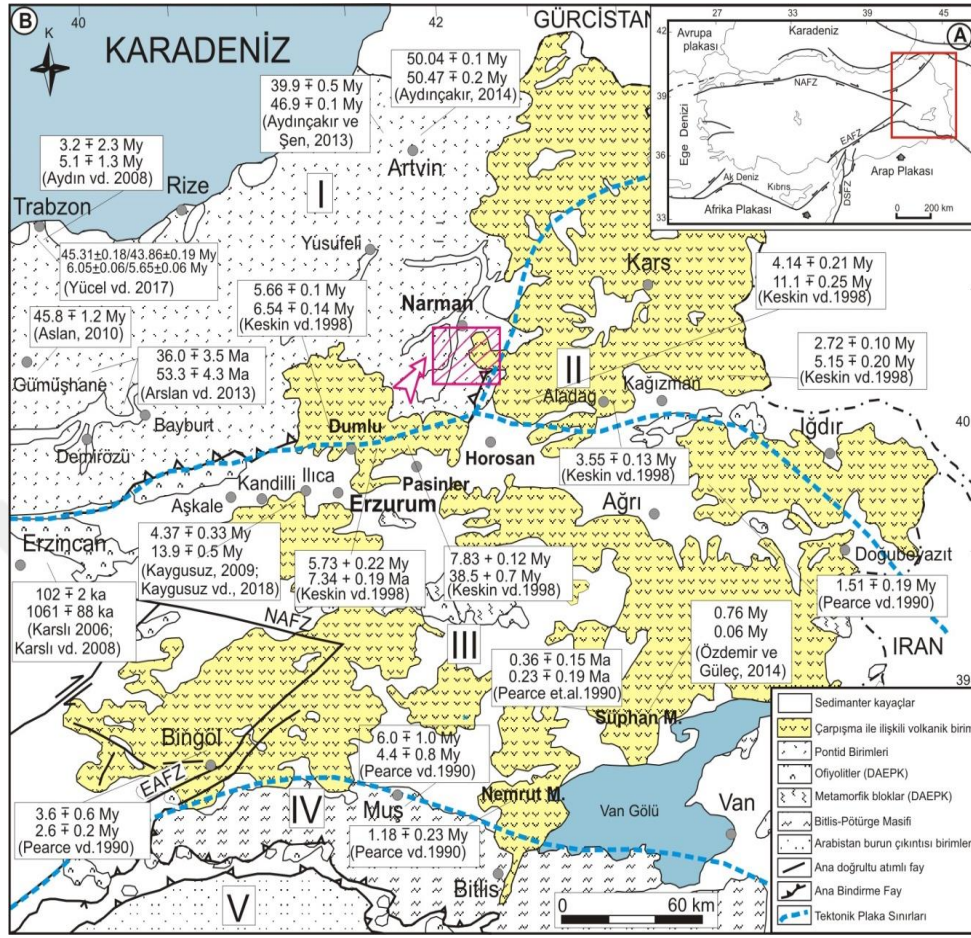
Çarpışmanın yaşı, Geç Kretase den (Hall, 1976; Berberian ve King, 1981; Alavi, 1994), Geç Eosen-Oligosen (35-25 My; Jolivet ve Faccenna, 2000; Agard vd., 2005; Allen ve Armstrong, 2008), ve Miyosen'e kadardır (Şengör vd., 1985, 2008; Dewey vd., 1986; Yılmaz, 1993; Robertson vd., 2007).

Son zamanlarda, Okay vd. (2010), Bitlis-Zagros Sütür Zonu'ndaki Eosen yaşlı kumtaşları ve metamorfik kayaçlardan yapılan apatit fusion track yaşlarına dayanarak Arap ve Avrupa plakalarının arasındaki son okyanusal litosferin Erken Miyosende (~ 20 My) tükendiğini savunmuşlardır.

Doğu Anadolu Platosu, Geç Kretase – Erken Tersiyer döneminde birçok mikro-kıtaların birbirine eklenmesi sonucu oluşmuştur (Şengör, 1990). Bu mikro-kıtalar ofiyolit kuşakları ve yığışım karmaşık komplekleri tarafından ayrılabilirler. Temel kayaçlar, Geç Senozoyik çarpışma ile ilişkili volkanik kayaçlar ve Oligosen-Miyosen yaşlı sığ denizel sedimanlar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedirler.

Çarpışma sonrası volkanizma ürünleri, kuzeyde Erzurum-Kars Platosu, güneyde ise Arap kıtasına büyük kalkan volkanları (Tendürek, Karacadağ) ve strato-volkanlar (Ağrı, Nemrut, Süphan, Etrüks şeklinde yayılır (Yılmaz vd., 1987, 1998; Pearce vd., 1990; Notsu vd., 1995; Keskin vd., 1998; Keskin, 2003, 2007; Karaoğlu vd., 2005; Özdemir vd., 2006, 2011; Özdemir ve Güleç, 2014; Oyan vd., 2016; Lustrino vd., 2012; Lebedev vd., 2016a,b).

Bölgedeki çarpışma ile ilişkili volkanizmanın kökeni ve zamanı hakkındaki tartışmalar hala sürmekte ve bunu için bir kaç tane model öne sürülmektedir. Bu petrojenetik modeller iki ana gruba ayrılmıştır: (1) magmanın litosferik mantonun kısmi ergimesiyle oluşturulduğu (Pearce vd., 1990; Yılmaz vd., 1998; Şen vd., 2004); (2) magmanın kaynak bölgesinin dikleşme ve kopma ile ilişkili yitim bileşenleriyle yada onlarsız bir astenosferik kaynak ile ilişkili olduğu görüşüdür (Keskin, 2003; Şengör vd., 2003, 2008).



1.4. Önceki Çalışmalar

Şengör ve Yılmaz (1981), Küçük Kafkaslar ile Transkafkaslar'ın batı uzanımında yer alan ve güneyden Doğu Anadolu Yığılma Karmaşığı ile sınırlanmış olan çalışma alanı, Ketin (1966) tarafından Pontidler diye adlandırılan kuşağın doğusunda yer almaktadır. Şengör ve Yılmaz (1981) Pontidler'i, kuzeyde Rodop-Pontid Kıtası ve güneyde Sakarya Kıtası olmak üzere ikiye ayırırlar ve bu iki blok arasında İntra-Pontid kenedinin bulunduğunu belirtmişlerdir. Sakarya Kıtası güneyinde bulunan İzmir-Ankara-Yozgat-Erzincan kenedi ise daha doğuda Sevan-Akera Zonu ile birleşmiştir. Buna ek olarak Yılmaz (1989); Adamia vd. (1992), Adjara-Trialeti ve Artvin-Bolnisi zonlarının da ülkemiz sınırları içinde devam ettiği bilinmektedir.

Hamilton (1842), ile Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki ilk jeolojik çalışmalar başlamıştır. Bu çalışmayı Koch (1846), Tchihatceff (1867, 1887), Abich (1878, 1882, 1887) ve Oswald (1910, 1912)'in çalışmaları izlemektedir. (Erentöz ve Ketin, 1962 ve 1974'ten). MTA'nın kurulması ile bölgede yapılan jeolojik çalışmalar hız kazanmış ve farklı aratırmacılar (Chaput, 1936; Arni, 1939; Parejas, 1940; Lahn 1940) genel ve ekonomik jeoloji ile ilgili çalışmalarda bulunmuşlardır. Bu çalışmaları 1\500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası'na [Trabzon ve Kars paftaları; Gattinger vd. (1962), Erentöz ve Ketin (1974)] temel oluşturan 1\100.000 ölçekli jeoloji harita çalışmaları (Baykal, 1949 ve 1950; Ketin, 1949 ve 1950; Erentöz, 1954; Gattinger, 1955) takip etmiştir.

Lahn ve Romber, (1939); Ten Dam, (1951); Wedding, (1956); Nebert, (1963a ve 1963b); Engin ve Engin, (1964); Nebert vd., (1964), çalışma alanında Balkaya, Sütkans ve Demirtaş (Hanege) gibi kıymetli kömür yatakları bulunması nedeni ile belirli bir dönem bu yatakların incelenmesine yönelik farklı çalışmalar yapılmıştır.

Baykal (1950), Oltu-Olur civarındaki çalışmada, kristalen temel üzerinde uyumsuz olarak gelen Mesozoyik yaşlı Akdağ kompleksinin alttan üstte doğru; kara fliş, esmer fliş, kalker serisi, Belemnitesli fliş, koyu renkli greler, İnoceramuslu kalkerler ve petrol renkli flişle temsil edildiğini, bunun üzerinde de uyumsuzlukla gri veya sarı Nummulites veya jips ihtiva eden nummulitik formasyonların geldiğini belirtir.

Nebert vd. (1964), kömür potansiyelini ortaya koymak amacıyla Balkaya-Oltu-Narman Tersiyer havzasının jeolojisini bir bütün olarak inceleyerek ve haritalayarak, Tersiyer istifini Eosen fliş, Oligosen çökelleri ve Pliyosen çökelleri olmak üzere üç bölümde incelemiştir.

Engin ve Engin (1964), Hanege köyü (Demirtaş-Oltu) dolaylarında çalışan ve yörede kömür içeren olası Neojen yaşlı çökellerin temelini Mesozoyik yaşlı kireçtaşı, gabro, bazalt ve serpantinitle Eosen (İpresiyen-erken Lütesiyen) yaşlı flişin oluşturduğunu ve kömür içeren olası Neojen yaşlı Alacalı Horizon'nun ise marn, kumtaşı, tuf ve kireçtaşından meydana geldiğini belirtirler.

Baydar vd. (1969) Yusufeli, Öğdem, Madenköy ve Tortum Gölü dolaylarında gerçekleştirdikleri genel jeoloji amaçlı çalışmalarında, genişçe bir bölgenin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasını yapmışlar, daha sonra bu çalışmadan yararlanılarak 1/50.000 ölçekli Tortum-G47a Jeoloji Haritası'nın basımı gerçekleştirilmiştir (Akyürek vd. 1977).

Koçyiğit ve Rojay (1984), Horasan-Narman dolayında yaptıkları çalışmada Kuzey Anadolu Ofiyolit Karışığı olarak tanımladıkları allohton konumlu ofiyolitli kayaların ilk yerleşiminin Valanjiniyen sonu-Turoniyen öncesi bir yaş konağında gerçekleştiğini ve daha sonraki dönemlerde tekno-sedimenter yolla bir kaç evrede tekrar taşındığını ileri sürerler. Araştırmacılara göre öz konusu yöredeki otokton kaya birimlerinin temelini erken Lütesiyen yaşlı çeşitli volkanitler oluşturur. Üstte açısız uyumsuzlukla Oligosen yaşlı, volkanit ara katkılı karasal çökeller yer alır.

Özken vd. (1984), Karadağ'da (Narman kuzeybatısı) çalışan ve Tersiyer öncesi temelin Geç Kretase yaşlı sedimenter ve volkanik kayalar ile bunlar üzerinde tektonik olarak yer alan ofiyolitik kayalardan meydana geldiğini, volkanik ara katkılı kumtaşı-kiltaşı-marn ardalanması ile temsil edilen Alt-Orta Eosen çökellerinin ise ofiyolitleri uyumsuzlukla örttüğünü belirtirler.

Bayraktutan (1985, 1994)'a göre, Narman havzasındaki volkanitler andezitik ve kalkalkalen bileşimli olup yay magmatizması özelliğindedir. Narman Havzası'nın Paleojen yaşlı temelini oluşturan bu volkanitlerden radyometrik ölçümlerle 23-42 My arasında değişen yaşlar elde eden araştırmacı, 1994 yılındaki çalışmasında yörede Geç Miyosen (6.7 My), Pliyosen (5.6 My) ve Pliyo-Kuvaterner (3.8 My) yaşlı olmak üzere çarpışma sonrası gelişmiş üç farklı volkanizmadan bahseder.

Olur dolayında çalışan Yılmaz (1985), metamorfik bir temel üzerinde uyumsuzlukla gelen Mesozoyik istifini yedi formasyona (Köprübaşı dasitleri, Olurdere formasyonu, Yeşilbağlar kireçtaşları, Karmasor formasyonu, Karagüney formasyonu, Kiliştepe formasyonu, Akbayır kireçtaşları) ayırarak incelemiştir.

İnan (1988), Erzurum-Aşkale-Tortum dolayındaki çalışmasında, Neotetis'in kuzey koluna ilişkin kıta kenarında çökelmiş Lias-Erken Kretase yaşlı istiflerin bulunduğunu,

bunların Neotetis'in ofiyolitleri tarafından tektonik olarak üzerlendiğini ve ofiyolitli karışığın Geç Kretase yaşlı kumtaşı, marn ve kireçtaşları ile uyumsuz olarak örtüldüğünü belirtir.

Yılmaz ve Uysal (1988), harita alanının güneyinde çalışmışlar ve Erzurum-F32 (İ46), Yılmaz vd. (1988), Erzurum-F33 (İ47) 1/100.000 ölçekli açınısama nitelikli jeoloji haritalarını yayınlamışlardır.

Bulut vd. (1989), Tortum-Narman-Oltu-Olur bölgesinin Tersiyer stratigrafisini ve kömür potansiyelini araştıran ve Tersiyer öncesi temel öncesi uyumsuzlukla yer alan Eosen yaşlı çökelleri, fliş ve sığ denizel olarak iki değişik fasiyeste incelemişlerdir. Eosen üzerinde uyumsuzlukla yer alan Oligo-Miyosen'in karasal çökeller ve volkanitlerden oluştuğunu belirtmişlerdir.

Bozkuş (1990 ve 1992), Oltu-Narman havzasının kuzeydoğusunda yaptığı çalışmada, yöredeki Tersiyer istifinin Eosen yaşlı sığ denizel çökellerle başladığını ve üste doğru volkanosedimanter kayalarla devam ettiğini belirtir. Üstte açılal uyumsuzlukla yer alan Oligosen-Miyosen yaşlı karasal çökelleri açılal uyumsuzlukla Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı kayarın örttüğünü belirtmiştir.

Arbas vd. (1991), Horasan dolaylarında çalışmış, Kars-H48 1/100.000 ölçekli paftanın 1/25.000 ölçekli jeoloji haritalarını yapmışlardır.

Tunç (1992), Olur yöresindeki Geç Jura-Erken Kretase yaşlı kireçtaşlarının biyostratigrafisini inceleyen ve Calpionellid türlerine dayanarak, birimin Titoniyen-Hoteriviyen(?) arasında çökeldiğini tespit etmiştir.

Keskin (1994 ve 1998), Erzurum-Kars platosunun çarpışma kökenli volkanizmasının volkanostratigrafisini incelemiş ve çalışma alanının güney kesimini ayrıntılı olarak haritalamıştır.

Konak vd. (2001), Doğu Pontidler'in doğu kesimini kapsayan oldukça geniş bir alanda çalışmışlar ve ayrıntılı bir rapor hazırlamışlardır.

Keskin vd. (1998), Erzurum-Kars platosu üzerindeki çarpışma ile ilişkili volkanizmanın stratigrafisi ve jeokimyası isimli çalışmalarında söz konusu volkanikleri erken (11-6 My), orta (6-5 My) ve geç (5-2.7 My) evre volkanikleri olarak ayırmışlardır. Kışlaköy volkanik üyesi olarak adlandırılan birimin yaşının K/Ar yöntemi ile 38.5 ± 0.7 My yaşı ile geç eosen olarak vermişlerdir.

Adıyaman vd. (2001) ve Aydar vd. (1995), yaptıkları çalışmalarda, Kuzeydoğu ve Orta Anadolu daki volkanizmanın, önceden yiten okyanusal plakadan türeyen akışkanlar

tarafından zenginleştirilmiş yarı kıtasal litosferik bir manto tarafından üretildiğinin önermektedir.

Keskin, (2003) ise, Doğu Anadolu daki volkanizmanın, sınırlı kabuk kirlenmesine sahip Okyanus Adası Bazalt bileşimine sahip bir manto kaynağından türediğini söylemektedirler.

Keskin vd. (2006) yaptıkları çalışmada, Erzurum-Kars volkanitlerinin Neojen de magma-kabuk etkileşimini açıklamıştır.

Varol vd. (2007), Orta Anadolu'nun altındaki alt kabuk bazaltik yamanma tarafından eritildiğini ve Erken Miyosen adakit benzeri volkanitlerin Orta Anadolu'nun altındaki alt kabuğun kısmi ergimesinden türetilmiş olduğunu belirtmişlerdir.

Yılmaz vd. (2007) göre, Doğu Anadolu riyolitik kayalar geç Senozoyik zamanında alt kıtasal kabuk malzemesinin ergimesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Çoban vd. (2007) yaptıkları çalışmada Doğu Anadolu da Erzurum-Kars platosundaki adakitik benzeri magmaların yitimle ilişkili olmadığını, aksine yarı-kıtasal litosferik manto ile etkileşime maruz kalmış olan alt kabuğun kısmi ergimesi sonucu oluştuğunu savunmuşlardır.

Allen vd. (2013), Pliyosen-Kuvaterner volkanizması için delaminasyon ve slab break-off un olması durumunda, litosferik kalınlaşmanın bir sonucu olarak manto kaynağında amfibolce zengin ergiyiklerden bahsetmiştir.

Neill vd. (2013), delaminasyon modelinin Pliyosen-Kuvaterner volkanizması için belirgin astenosferik bileşen eksikliği ve sınırlı kabuk katkısıyla bağdaştırılamayacağını belirtmişlerdir. Ayrıca, Neill vd. (2015) Delaminasyon modelinin Geç Miyosen Volkanizması için ihtimalinin olmadığını tartışmışlardır.

Özdemir ve Güleç (2014), Doğu Anadolu ana magmasının litosferik ve astenosferik ergiyiklerin değişik oranlarda karışması sonucu turediklerini önermiştir. Ayrıca onlar Miyosen-Pliyosen den Kuvaterner'e doğru litosferik manto katkısında ve ergime derecesindeki artıştan bahsetmişlerdir.

Lebedev vd. (2016 a,b) de Doğu Anadolu daki Geç Kuvaterner zamanında magmatik aktiviteden sorumlu manto rezervuarı için OAB benzeri bir manto kaynağından bahsetmişlerdir.

Kaygusuz vd. (2018), Kandilli (Erzurum) çevresindeki Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanik kayaların çarpışma ve çarpışma sonrası açılma ile ilişkili jeodinamik ortamda yiten plakadan türemiş, çoğunluğu akışkanlar tarafından metasomatize edilmiş, spinel ve

garnetçe zengin yarı-litosferik mantonun kısmi ergimesi sonucu oluştuklarını belirtmişlerdir.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Amaç ve Yöntem

Bu çalışmada Kışlaköy (Narman, Erzurum) civarında yüzeyleme veren volkanik kayalardan alınan örneklerin mineralojik, petrografik ve mineral kimyası özelliklerini belirlemek amacıyla arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışması Erzurum İli, Narman İlçesi, Kışlaköy ve civarındaki Kilimli, Serinsu ve Pınaryolu köyleri başta olmak üzere yaklaşık 200 km² lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 3.2).

Tezin saha çalışmaları 2018 yılı eylül ve 2019 yılı mayıs ayında olmak üzere iki ayrı dönemde gerçekleştirilmiştir. Tez sahasını içine alan 1/100.000 ölçekli jeolojik harita Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış olup, saha çalışmaları sırasında bu haritanın büyük ölçüde revizyonu gerçekleştirilmiştir. Saha çalışmaları sırasında, inceleme alanındaki çalışma konusunu oluşturan volkanik kayalardan ve bu kayalarla ilişkili olan çevre kayalar dan GPS aleti kullanılarak tam lokasyon ile kayaç örnekleri alınmış ve önemli görülen yüzlekler fotoğraflanarak belgelenmiştir. Söz konusu örneklerin alınmasında sistematik örnek alımına dikkat edilmiştir. Yapılan tüm bu arazi çalışmalardan elde edilen veriler ışığında bölgenin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası ve jeolojik kesiti hazırlanmıştır (Şekil 3.2 ve 3.3). Çalışma konusu olan volkanik kayalardan ayrılmamış taze kayaç örneklerinden 50 tane alınmıştır.

2.1.2. Labarotuvan Çalışmaları

2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması

Çalışma alanından alınan volkanik kayaç örneklerinin mineralojik ve petrografik özelliklerinin tespit edilmesi için 15 adet örneğin incelenmesi için ince kesitleri hazırlanmıştır. İnceleme için kayalardan alınan 0.5x2x4 cm boyutunda plakacıklar, bir yüzeylerinin pürüzlülüğü giderildikten sonra 1mm kalınlığındaki 2.5x5 cm boyundaki cam

üzerine kanada balzamu kullanılarak yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapışmış olan kayaç, aşındırıcılar yardımıyla 0,025 mm kalınlığına kadar inceltilerek petrografik incelemek için hazır hale getirilmiştir. İnce kesit örnekleri Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit laboratuvarında yapılmıştır.

2.1.2.2. Petrografik İncelemeler ve Mikro Fotoğrafların çekimi

İnce kesitlerin petrografik incelemeleri Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Optik Mineraloji Laboratuvarında Leica Polarizan Marka mikroskop yardımı ile incelenmiştir ve gerekli kesitler için fotoğraflandırmalar yapılmıştır.

2.1.2.3. Örneklerin Kimyasal Analiz İçin Hazırlanması

Çalışma konusu olan volkanik kayaçların petrokimyasal analizleri için 4 adet örnek seçilmiş ve örnekler Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde örnek hazırlama laboratuvarında hazırlanmıştır. Petrokimyasal analizlere uygun bir şekilde örnekler 200-300 gr olacak şekilde çeneli kırıcıda 1-2 cm kırıldıktan sonra diğer bir işlemi olan havanlı öğütücü öğütülükten sonra çeyreklenme yolu ile yaklaşık 20 gr'lık toz olan örnekleri uygun bir şekilde hazırlanmıştır.

2.1.2.4. Jeokimyasal Analizler

Volkanik kayaçlara ait 4 adet örneğin ana ve iz element analizleri yapılmıştır. Tüm kayaç analizleri için ACME Analitik Laboratuvarı (Kanada)'na iletilmiştir. Ana oksit ve iz elementler ICP, nadir toprak elementler ise ICP-MS ile analiz yöntemi ile incelenmiş olup, toz örneklerden 0.2 g alınarak 1.5 g LiBO₂ ile karıştırılmış, %5 HNO₃ içeren bir sıvı içinde çözündürülmüştür. Toz örneklerden 0.250 g dört farklı asit içinde çözündürülmüş ve ppm olarak nadir toprak element analizleri gerçekleştirilmiştir. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ppm olarak ölçülmüş olup veriler uygun bir şekilde düzenlenmiştir.

2.1.2.5. Mikroprob Analizleri

Narman volkanik kayaçlarına ait olan 4 adet kayaç örneğinin mineral kimyası analizleri plajiyoklas, klinopiroksen, olivin ve opak minerallerden yapılmıştır. Mikroprob analizleri, Universite de Bretagne Occidentale (Brest, Fransa) Geoscience Marines (IFREMER) Elektron Mikroprob Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Karbon kaplı parlak kesitler üzerindeki mineral kimyası çalışmaları, CAMECA-SX-100 WDS marka bir elektron mikroprob aleti ile gerçekleştirilmiştir. Aletin çalışma şartları 15 kV voltaj ve 20 nA'dır. Analizler 10 µm'lik bir ışın çapında yapılmış ve Si, Al, Ti, Fe, Mn, Mg, Ca, Na ve K elementleri için sayılma zamanı 10 sn olarak belirlenmiştir. 1 µm'lik bir nokta ışını piroksen, hornblend ve Fe-Ti oksit analizleri için kullanılmıştır. Feldispat ve mika analizlerinde sodyum buharlaşması nedeniyle oluşacak kayıpları önlemek için çok hafif defokuslanmış (10 µm) ışın kullanılmıştır. Analizlerdeki doğal mineral standartları forsterit, diyopsit, ortoklas, albit, anortit, biyotit, apatit, vollastonit ve magnetittir. Analitik hata ana elementler için %1'den ve iz elementler için ise 200 ppm den daha azdır.

2.1.2.6. Nem Kaybı ve Ateşte Su Kaybı (LOI)

Petrokimyasal analizler için öğütülen örneklerden yaklaşık olarak 10 gr alınıp, 105°C'deki etüvde 24 saat bir süre ile bekletilip örnekler tekrardan tartılmıştır. Bu örnekler arasındaki nem kaybını ölçmek için gerçekleştirilmiştir.

Ateşte su kaybı için yine 10 gr halinde hazırlanan örnekler 24 saat, 25°C'de bekletildikten sonra platin kaplara konularak 950°C'deki etüvde 2 saat bekletilmiştir. 2 saat sonra örnekler tek tek alınarak tartılmış ve aradaki yüzde oranla ateşte su kaybı tespit edilmiştir. Örnekler, etüvden çıkarılır çıkarılmaz hemen tartılmış, böylece az nem alması sağlanmıştır.

Diğer bir yöntemde örneklerin ateşte su kaybını belirlemek için nem kaybın da yapılan yöntem 10 gr 24 saat, 25°C'de bekletildikten sonra platin kaplara konulup 950°C'deki etüvde 2 saat bekletildikten sonra örneklerin herbiri ayrı bir şekilde detaylı tartılmıştır. Bunun sonucunda oluşan aradaki yüzde oranla ateşte su kaybı tespit analizleri gerçekleştirilmiştir.

2.1.3. Büro Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen verilerin yorumlanması için büro çalışmaları yapılmıştır. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre bu tez hazırlanmıştır.

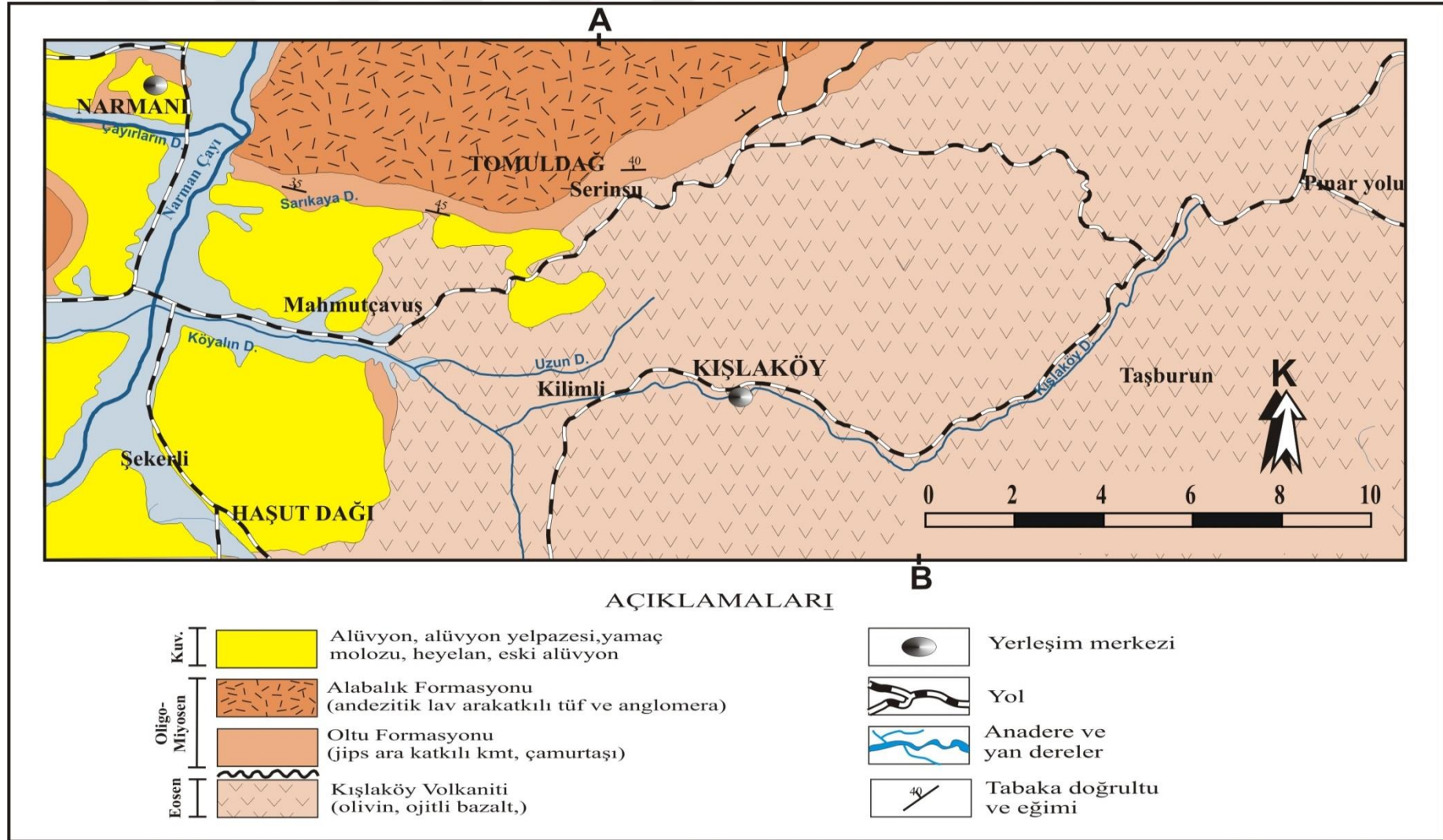


3. BULGULAR

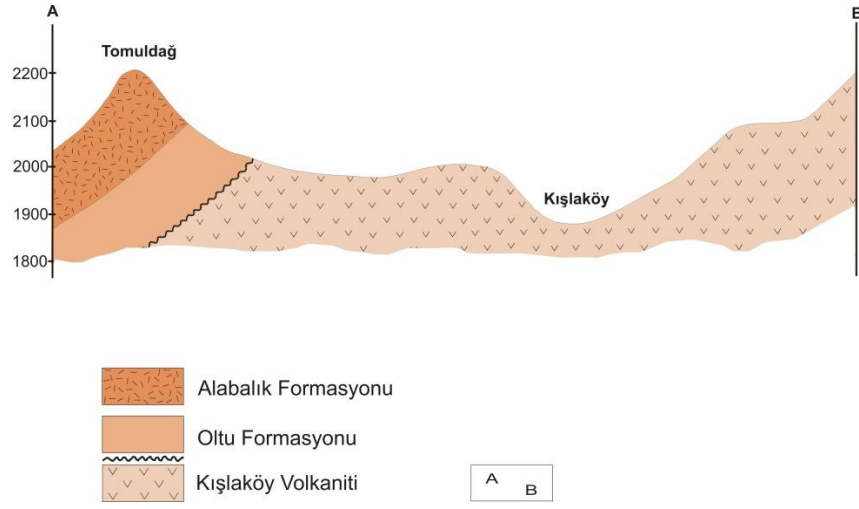
3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi

Doğu Anadolu Bölgesinde Kışlaköy (Narman, Erzurum) yöresinde yer alan çalışma sahasındaki birimler, ilk saha çalışması sonucu arazi gözlemleri ve ince kesit incelemeleri esas alınarak yaşlıdan gence doğru sıralanmaya çalışılmıştır. Ayrıca çalışma alanındaki birimlere ait kolon kesit ve jeoloji haritası hazırlanmıştır (Şekil 3.1 ve 3.2).

- 1- Kışlaköy Volkaniti (Eosen)
- 2- Oltu Formasyonu (Oligo-Miyosen)
- 3- Alabalık Formasyonu (Oligo-Miyosen)



Şekil 3. 2. Çalışma alanına ait jeolojik harita



Şekil 3. 3. Çalışma alanına ait yatay jeolojik kesit

3.1.1. Kışlaköy Volkaniti

İlk kez Konak vd. (2001) tarafından tanımlanan Kışlaköy Volkanitinin inceleme alanı başlıca, Narman ilçesinin doğusunda Kışlaköy ve çevresinde, Zozan dağı ile Pınaryolu köyünün batısında, Mahmutçavuş köyü ile Haşut dağının doğusunda ve Güvenlik köyünün güneyinde, Kilimli ve Taşburun köylerini de kapsayan bir alanda yüzeyleme vermektedir (Şekil 3.2). Keskin vd., 1998 tarafından Kışlaköy volkanik üyesi olarak adlandırılan birimin yaşının K/Ar yöntemi ile Eosen (38.5 ± 0.7 My) olarak verilmiştir.

Kışlaköy Volkaniti olarak tanımlanan birim içerisinde yüzeyleme veren volkanik kayalar volkanik fasiyes özelliklerine göre, 1) Piroklastitler, 2) Dayklar ve 3) Lavlar olmak üzere üç başlıkta incelenmiştir.

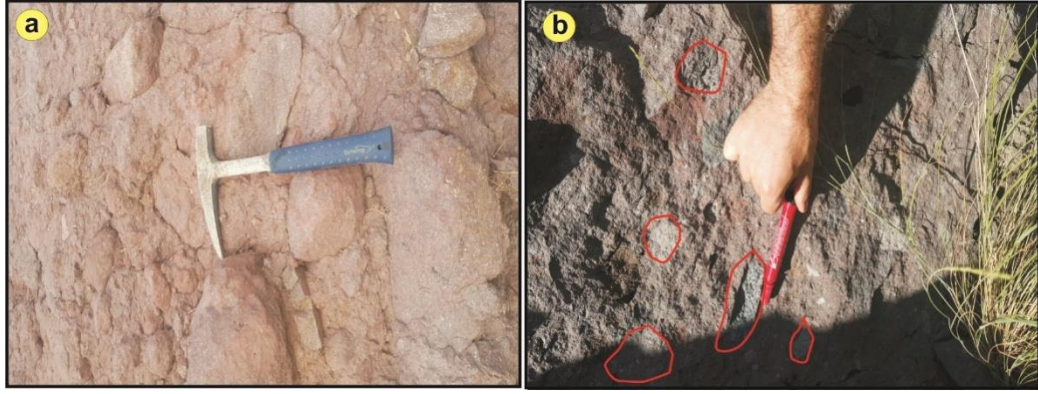
3.1.1.1. Piroklastitler

Oltu Çayı boyunca sadece lavlardan oluşan birim, daha çok kuzey doğu yönünde piroklastik kayalardan oluşmaktadır.

Çalışma alanında yüzeyleme veren piroklastik kayalar SCHMID (1981) tarafından yapılan sınıflamaya göre, tane boyutu 64 mm'den büyük olan piroklastik kayalar, piroklastikbreş ya da aglomera, 2-64 mm arasında olanlara lapilli tuf ve 2 mm'den küçük olanlar tüfler olmak üzere ayrılmışlardır.

3.1.1.1.1. Bazaltik Volkanik Breşler

Piroklastik kayaların büyük çoğunluğu piroklastik breş olmakla beraber yer yer küçük lokasyonlarda aglomeralar da gözlenmektedir. Çapları, 2 cm'den blok boyutuna kadar değişen köşeli kayaç parçalarından oluşmaktadır. Kayaç içerisindeki breş çakıllarının bağlayıcısı genelde tuf olup, breş çakıllarının oranı yaklaşık olarak % 70'e kadar ulaşmaktadır (Şekil 3.4). Taze kırık yüzeyi koyu gri-siyah renktedir. Bol miktarda mafik mineral fenokristalleri içermektedirler.



Şekil 3. 4. Kışlaköy Volkaniti içerisinde yer alan volkanik breşlerin görünümü (Kilimli köyü civarı)

Yapılan arazi çalışmaları sırasında Oligo-Miyosen yaşlı volkanik kayalardan alınan örneklerden hazırlanan ince kesitler üzerinde petrografik incelemeler yapılmıştır.

Bazaltik Volkanik Breşler; genellikle hyalo-mikrolitik porfirik, glomeroporfirik ve kümülofirik doku göstermektedirler. Petrografik bileşimi pl + kpir + ol + opak mineral şeklindedir (Şekil 3.5). Plajiyoklaslar, genellikle özşekilli fenokristaller halinde ve hamurda mikro taneler halinde görülür. Tek nikolde renksiz, çapraz nikolde gri ve albit ikizi yaygındır. Merkez kısımlarda süngerimsi doku gelişmiştir. Nadiren zonlanma gösterirler (Şekil 3.5a, b). Klinopiroksenler, öz ve yarı öz şekilli fenokristaller halinde görülürler. Tek nikolde renksiz ya da çok açık yeşil, çapraz nikolde II. sıranın canlı renklerinde görülürler. Zonlanmalar ve ikizlenmeler görülür. Genellikle opak ve olivin kapanımları içerirler. Bazıları ise kırıkları ve kenarları boyunca kloritleşme gösterirler (Şekil 3.5a, b). Olivinler genellikle iddingsitleşmiş olivine olarak hamurda ve klinoproksenler içerisinde kapanım olarak bulunurlar (Şekil 3.5a). Opak mineraller, genellikle hamurda mikro taneler halinde ve klinopiroksenler içerisinde kapanımlar halinde göze çarpmaktadırlar (Şekil 3.5a, b). İkincil mineral olarak ise ferromagnezyen minerallerden itibaren kloritleşme göze çarpmaktadır (Şekil 3.5b).



Şekil 3. 5. Bazaltik (a ve b) bileşimli volkanik breş çakıllarının mikroskobik görünümü. (a) Hyalo-mikrolitik porfirik dokulu bazaltik breş içerisindeki klinopiroksen, iddingsitleşmiş olivin ve plajiyoklaslar, (b) albit ikizlenmesi gösteren plajiyoklas mineralleri ve opak mineral içeren klinopiroksen fenokristali (Örnek No: N-22) (Ç.N.; Kpir:Klinopiroksen, Pl:Plajiyoklas, ol: olivin, op: Opak mineral).

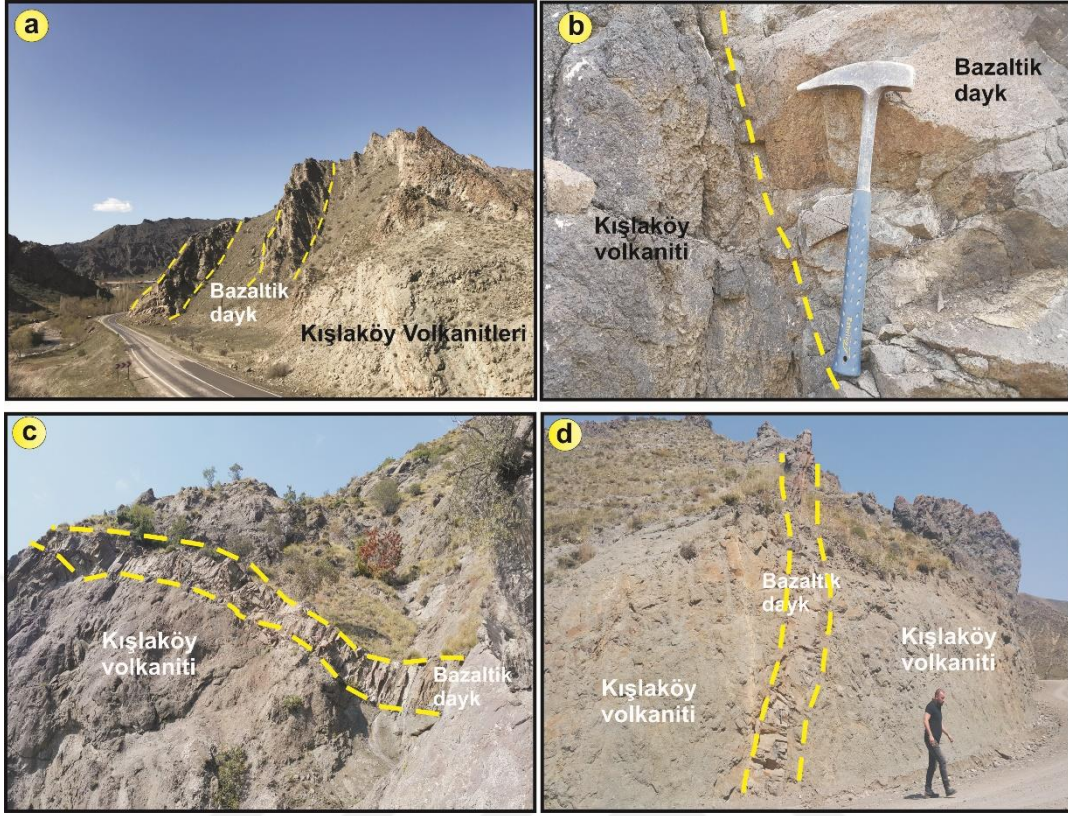
3.1.1.2. Dayklar

3.1.1.2.1. Bazaltik Dayklar

Çalışma alanı içerisinde hemen hemen her yerde yüzeyleme vermektedirler. Bazaltik Dayklar çalışma alanında yüzeyleme veren bazaltik lavları ve piroklastikleri keserek yerleşmişlerdir (Şekil 3.6). Daykların çoğu taze bir görünüme sahip olup, ayrışma yüzeyleri genelde açık kahve-bej, taze kırık yüzeyleri ise koyu gri- siyah renktedir. Dayklar özellikle masif yapı sunarlar ve doğrultuları genellikle KD-GB olarak belirlenmiştir. Daykların genişlikleri 30 cm'den 2-3 m'ye kadar değişmektedir (Şekil 3.6). Baskın mineral olarak piroksen içermekte, plajiyoklas ve olivin mineralleri eşlik etmektedir.

Bazaltik daykları oluşturan kayaçların petrografik bileşimleri, kpir + ol + plj + opak mineral şeklindedir. Bunlar genellikle mikrolitik porfirik, poikilitik, intersertal ve yer yer kümülofrik (Şekil 3.7) dokular sergilerler.

Klinopiroksenler genellikle özşekilli den özşekilsiz kadar değişir. Genelde mega ve fenokristaller halinde gözlenen klinopiroksenler, hamurda ise özşekilsiz mikro taneler halinde bulunur. Bu kristaller hamur tarafından yenme, elek dokusu, kalıntı merkezler gösterirken çoğunlukla opak ve olivin kapanımları içerirler (Şekil 3.7a, b ve c).



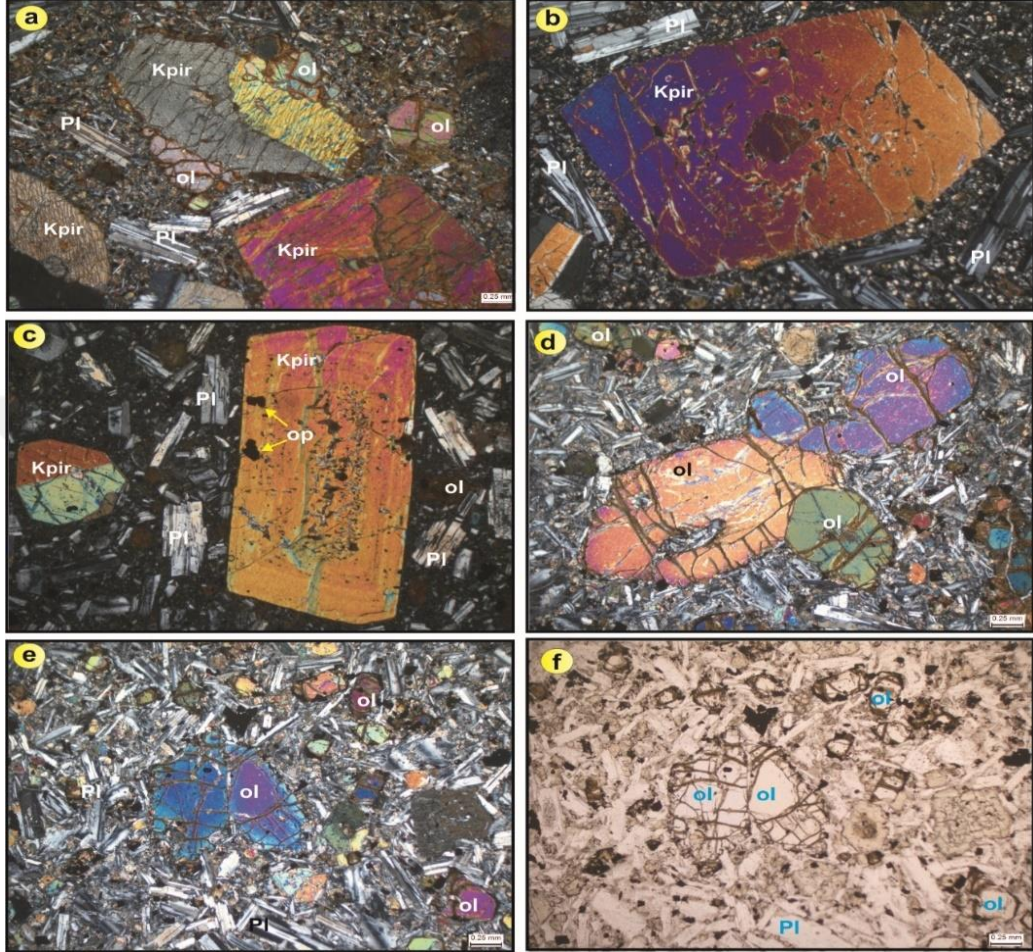
Şekil 3. 6. Bazaltik daykların arazi görünüşleri, a, b) Kilimli mevkiinde Kışlaköy volkanitini KD-GB istikametinde kesen bazaltik dayklar (Örnek No: N-5), c) K-G yönünde uzanan bazaltik dayk (Örnek No: N-7), d) Kışlaköy mevkiinde piroklastik kayaçları kesen bazaltik dayk (Örnek No: N-29).

Olivinler, genellikle özşekli ve yarı özşekli olarak bulunur. Tek nikolde renksiz, çapraz nikolde II. ve III. serinin canlı renklerindedirler (Şekil 3.7e ve f). Kısmen ve tamamen kırık ve kenarları boyunca iddingsitleşmişlerdir (Şekil 3.7c). Bazen klinopiroksenler içerisinde kapanım olarak gözlemlenen olivinler bazen de klinopiroksenlerle beraber kümülofrik dokuyu oluştururlar (Şekil 3.7d).

Plajiyoklaslar, genellikle özşeklili fenokristaller ve mikro fenokristaller halinde bulunur. Tek nikolde renksiz, çapraz nikolde gri ve beyaz renklerde görülür. Tipik olarak albit ikizi gösterirler. Yer yer kırılmalar gözlemlenir. Bazı mikro fenokristallerde hafif zonlanmalar göze çarpar (Şekil 3.7a-e).

Opak mineraller, genellikle yarı özşekli ve özşekilsiz kristaller halinde ferromagnezyen minerallerin çevresinde, klinopiroksenler içerisinde kapanım olarak ve hamurda mikro taneler halinde yer alırlar (Şekil 3.7).

İkincil mineraller, genellikle boşluk dolgusu şeklinde gelişen zeolit mineralleri ve ferromagnezyen minerallerden itibaren gelişen kloritlerdir.



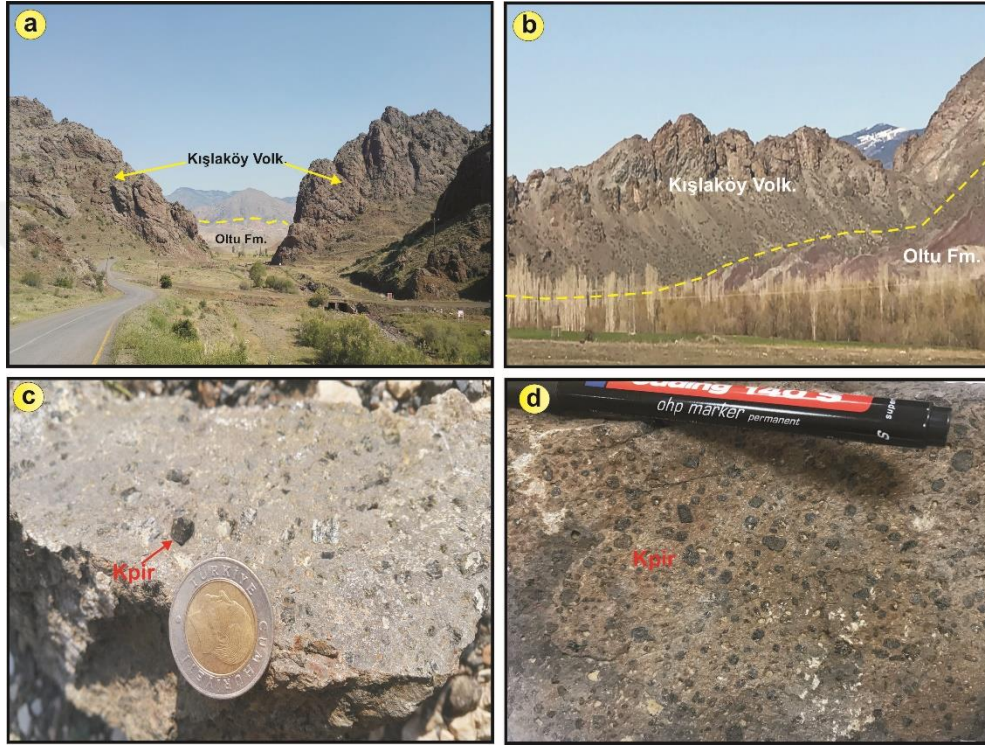
Şekil 3. 7. Bazaltik dayklar içerisindeki (a, b) kenarları yenmiş, kalıntı merkez içeren klinopiroksen ve öz şekilsiz olivin mineralleri (ÇN), c) zonlanma ve elek dokusu gösteren klinopiroksen minerali (ÇN), d) öz şekilli olivin fenokristalleri ve kümülofirik doku (ÇN), (e, f) öz şekilli ve öz şeliksiz olivin mineralleri ve iddingsitleşmiş klinopiroksen mineralleri içeren mikrolitik doku (ÇN ve TN) (Örnek No: N-5, N-8 ve N-33; kpir: klinopiroksen, ol: olivin, pl: plajiyoklas, op: opak mineral).

3.1.1.3. Lavlar

3.1.1.3.1. Bazaltik lavlar

Çalışma konusu olan Kışlaköy Volkanitlerini oluşturan kayalar arasında yayılımı en geniş olan birimdir. Özellikle Narman ile Kışlaköy civarında masif yapıli bazaltlardan

oluşmaktadır (Şekil 3.8a, b). Çalışma alanında özellikle tortul bir istif olan Oltu Formasyonu üzerine gelen arazide oldukça sarp kısımları temsil eder. Masif yapılu bazaltlar makroskobik olarak porfirik dokulu olup, iri ojit ve plajiyoklas fenokristalleri rahatlıkla tanınabilmektedir (Şekil 3.8c, d). Bol gaz boşlukludur ve bu boşluklar karbonat ve silis ile dolmuştur. Bazaltlar, genellikle siyah-mor renkli ve kalın lav düzeylerinden oluşmaktadır.



Şekil 3. 8. Kışlaköy Volkanitleri içerisindeki (a, b) bazaltik lavların yayılımı ve volkanitlerin arazi görünümü, (c, d) bazaltik lavların içerisindeki iri klinopiroksenlerin makroskopik görünümü (Kışlaköy, Pınaryolu mevki).

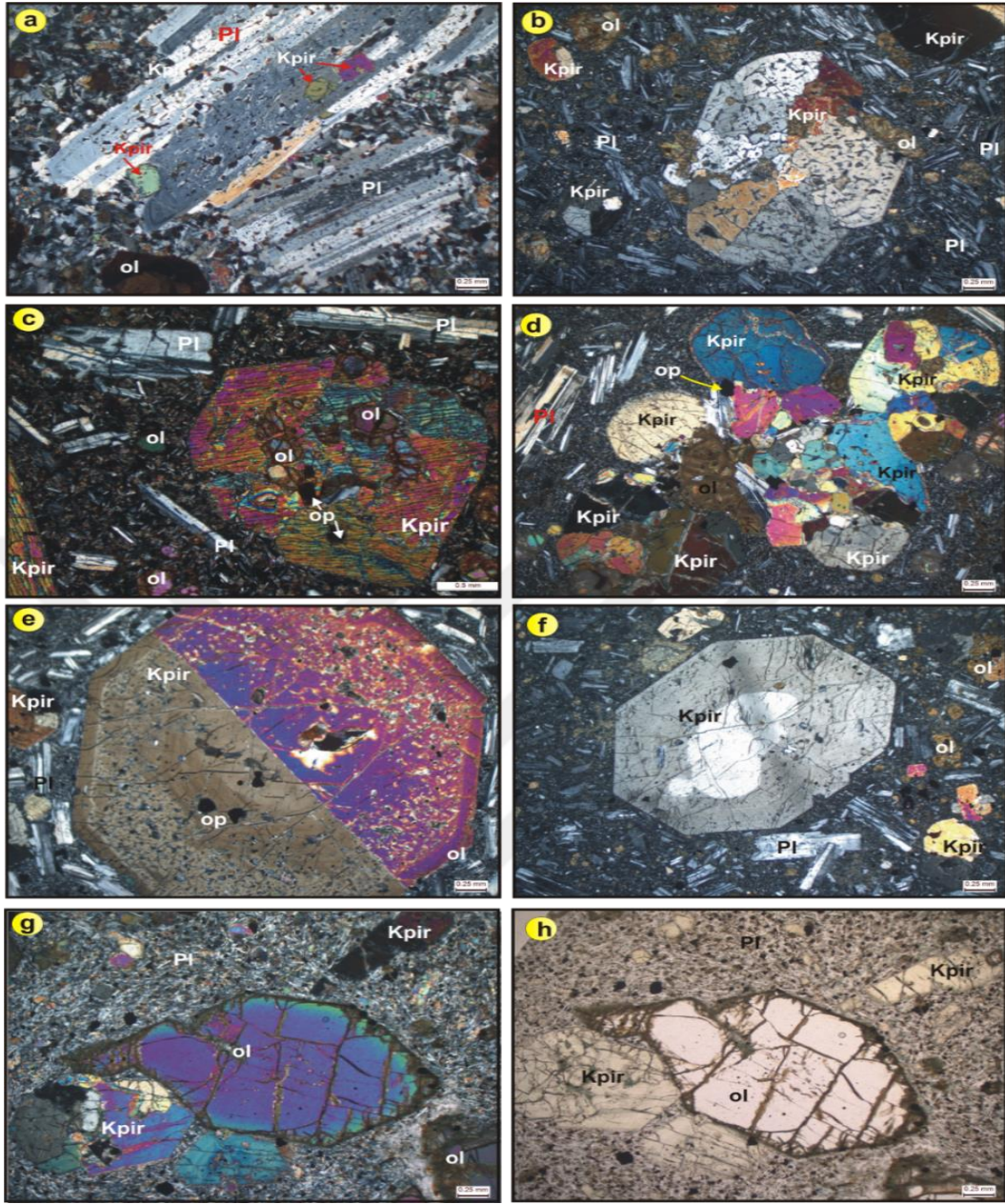
Bazaltik Lavları oluşturan kayaçların petrografik bileşimleri, kpir + plj + ol + opak mineral şeklindedir. Bunlar genellikle mikrolitik porfirik, hyalo- mikrolitik porfirik, elek dokusu ve kümülofirik (Şekil 3.9) dokular sergilerler.

Klinopiroksen mineralleri çoğunlukla megakristal ve fenokristal olarak gözlenmektedir (Şekil 3.9c, e). Hamurda ise mikrolitler halinde bulunmaktadır. Klinopiroksenler özşekilli ve yarı özşekillidir ve dik iki yönlü dilinim sistemine sahiptir. Tek nikolde açık yeşil; çapraz nikolde mavi, sarı, kırmızı renkte gözlenirler. Sönme açıları 35°-39° arasında değişmektedir. Bol olarak plajiyoklas, opak mineral ve olivin kapanımları

içermektedir (Şekil 3.9c, d ve e). Klinopiroksenlerde zonlanma yaygın olarak görülmektedir. (Şekil 3.9c, f). Ayrıca, bazı klinopiroksenler hamur tarafından yenmiş ve kaba elek dokusu gösterirler (Şekil 3.9b, c). Çoğu klinopiroksen ve opak mineralin bir araya gelmesiyle kümülofirik doku oluşturdıkları gözlenmiştir (Şekil 3.9d). Klinopiroksenler, bol çatlaklı ve kırıklı olup, kırıkları boyunca kalsitleşmişlerdir. Alterasyona uğramış olanlarında kloritleşme gözlenmektedir.

Plajiyoklaslar, hem yarı özşekilli fenokristal hemde hamurda mikro-fenokristaller olarak gözlenmektedirler (Şekil 3.9a, b). Tek nikolde renksiz, çapraz nikolde gri ve beyaz renktedirler. Genellikle albit ikizlenmesi gösterirler. Süngerimsi doku ve hamur tarafından yenmeler oldukça yaygındır. Süngerimsi doku içerisindeki boşluklar cam tarafından doldurulmuştur. Bazı kristallerde hem ikizlenme hem de zonlanma görülürken bazı kristallerin en dış kısımlarında yeniden büyüme zarfı bulunmaktadır (Şekil 3.9a).

Olivinler, genellikle özşekilli olup ve fenokristaller halinde bulunurlar (Şekil 3.9g, h). Tek nikolde renksiz, çapraz nikolde II. ve III. sıranın canlı renklerindedirler. Karakteristik olarak içerdikleri kırıklar ve kenarlar boyunca iddingsitleşmeler yaygın olarak gözlenir (Şekil 3.9b, d, f).

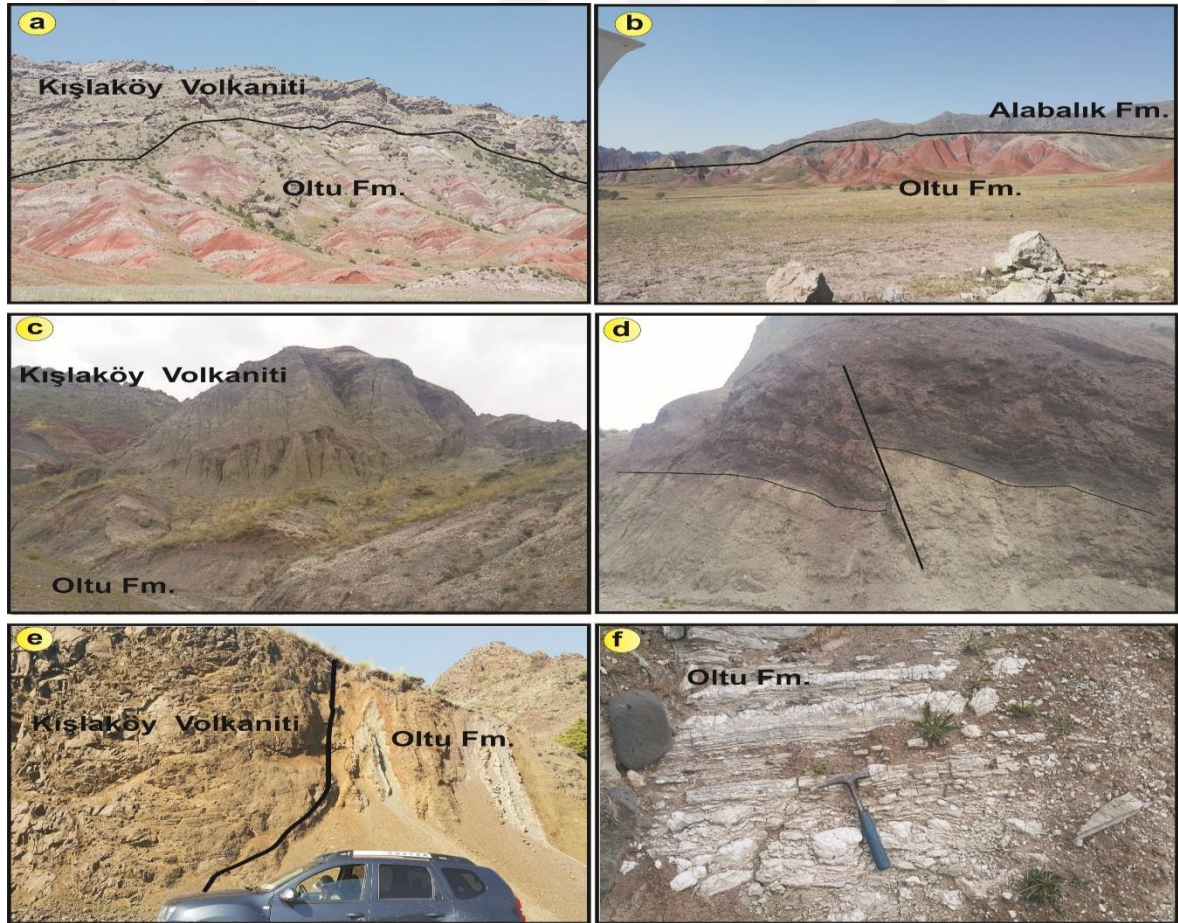


Şekil 3. 9. Bazaltik lavlar içerisinde görülen (a) klinopiroksen kapanımları içeren albit ikizli plajiyoklas fenokristalleri ve elek dokusu (Örnek No: N-53), (b) mikrolitik porfirik dokulu kayaçlardaki elek dokusu gösteren klinopiroksen fenokristali (Örnek No: N-50), (c) hamur tarafından yenmiş, olivin ve opak mineral kapanımları içeren öz şekilli klinopiroksen fenokristali (Örnek No: N-3), (d) klinopiroksenlerin oluşturduğu kümülofirik doku (Örnek No: N-14), (e) öz şekilli ve zonlanma gösteren mega klinopiroksen minerali (Örnek No: N-21), (f) kenarında elek dokusu gelişmiş ve kalıntı merkez içeren klinopiroksen fenokristali ve iddingsitleşmiş olivin mineralleri (Örnek No: N-50), (g, h) hyaloporfirik doku içerisindeki öz şekilli olivin ve klinopiroksen fenokristalleri (Örnek No: N-38, ÇN., TN.), (Pl: Plajiyoklas, Kpir:Klinopiroksen, ol:olivin, op: Opak mineral).

3.1.2. Oltu Formasyonu

Birim, beyaz renkli jips ve kireçtaşı ara katmanları ile kömür damarları içeren, sarı-kırmızı-yeşil renkli, çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşları, Konak vd. (2001) tarafından Oltu Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim, sarı-kırmızı renkli kötü boylanmalı çakıltaları ile başlar. Üstte doğru kırmızı renkli kumtaşı-çamurtaşı-jips-epiklastik ardalanmasına geçer (Şekil 3.10).

Oltu Formasyonu, Kışlaköy Volkanitlerinin hem altında hem de üzerinde yer alması nedeniyle, bu birimle yanal geçişli olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca birim üzerinde uyumlu ve geçişli olarak Alabalık Formasyonu da yer almaktadır (Şekil 3.10).



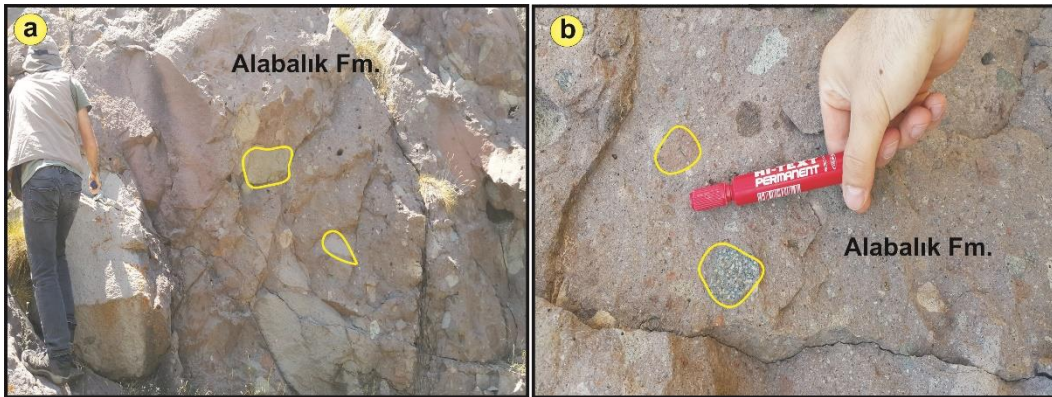
Şekil 3. 10. Oltu Formasyonu'nun arazi görünümü, a, b) Kışlaköy ve Alabalık Fm. olan sınır ilişkisi (Topkaynak Köyü ve Alabalık Köyü), c) jips ara katkılı kmt-silttaşı-çamurtaşı ardalanmasından oluşan Oltu Fm. (Bahçecik Mah.), d) Oltu Fm. da gelişen tektonik faylanmalar, e) Oltu-Narman Fm. sınırı oldukça altere olmuş birim sınırı (Toprakkale köyü), e) Oltu Fm. içinde seviye şeklinde bulunan jips ara katkısı (Kireçli Köyü).

Oltu Formasyonu'nun alt kesiminde yer alan Sütkans kömürleri, Susuz-Balkaya'da Benda (1971) tarafından tanımlanan Kurbanlık polen topluluğu içermektedir. Bu nedenle birimin yaşı Benda (1990) tarafından Geç Oligosen-Erken Miyosen olarak verilmiştir. Birimin litolojik özellikleri, makrofosil kapsamı (*Melanopsis sp.*) ve kömür içermesi, bataklık ve göl ortamlarında depolanmayı göstermektedir.

3.1.3. Alabalık Formasyonu

Başlıca sarı-yeşil renkli tuf ve aglomeradan oluşan birim, Konak vd. (2001) tarafından Alabalık tufu adı altında ayırtlanmış, ancak lav, aglomera, epiklastik vb. farklı litolojiler içermesi nedeniyle adı Alabalık Formasyonu olarak değiştirilmiştir.

Birim sarı-yeşil renkli, genelde kalın katmanlı veya masif tuf ve aglomeralarla temsil edilir. Aglomeralar kalın düzeyler halinde ve kötü boylanmalıdır (Şekil 3.11a, b). Lav ara katkıları ise açık renkli andezitlerdir. Andezitlerin mikroskopik incelemesinde porfirik dokulu olduğu ve plajiyoklas (andezin), hornblend ve az miktarda piroksen fenokristalleri içerdiği gözlenir; hamuru devitrifiye olmuş volkan camıdır (Şekil 3.11).



Şekil 3. 11. a, b) Alabalık Formasyonu oluşturan değişik boyuttaki andezitik breş parçalarının görünümü (Sarıkaya mevki).

Alabalık Formasyonu, Oltu Formasyonu üzerinde uyumlu ve geçişli olarak yer alır. Oltu-Narman Havzası'nda birimin kalınlığı 100-300 m arasında değişmektedir. Birimin içinde herhangi bir fosil saptanamamıştır. Bayraktutan (1985, 1994)'a göre radyometrik yaşı 23 My olup, bu değer yaklaşık Erken Miyosen başlangıcına karşılık gelmektedir. Birimi Nebert vd. (1964), Oligosen yaşı Aglomera kapsamında incelerler.

3.1.4. Alüvyon

Günümüzde akarsuların yatakları etrafında dolgulanmış çakıl, blok, kum, silt, kil gibi çok farklı boyutlardaki tutturulmamış çökellere Alüvyon denir. En sık görülen örnekleri ise Narman Çayı, Oltu Çayı ve Penek Çayı vadileri boyuncadır.

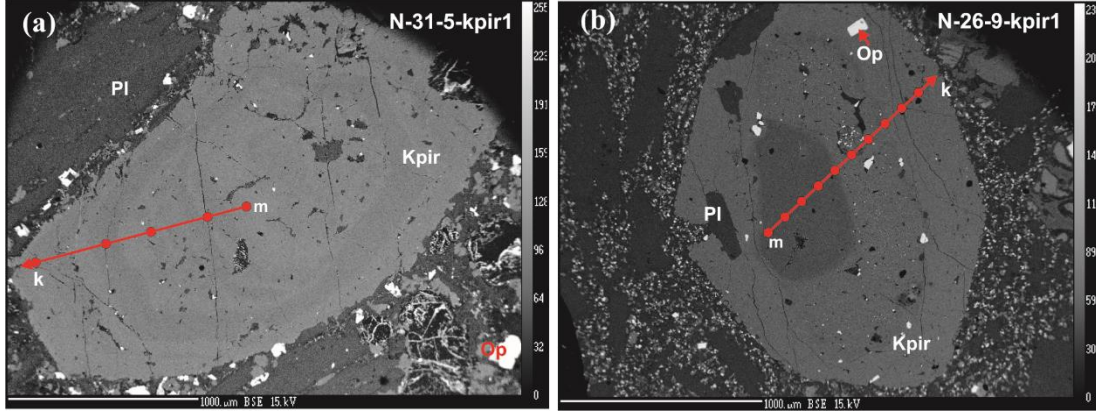
3.2. Kışlaköy Volkanitlerinin Mineral Kimyası

Kışlaköy Volkanitleri'nde gözlenen ana mineraller klinopiroksen, plajiyoklas, olivin ve Fe-Ti oksit mineralleridir. Bu minerallerin, genel mineralojik ve kimyasal özellikleri bu bölümde özetlenecektir.

3.2.1. Klinopiroksen

Klinopiroksen mineralleri inceleme alanında yüzeyleyen volkanik kayaç türlerinden bazaltik lav ve bazaltik dayk örneklerinde mevcuttur. Çoğunlukla öz ve yarı öz şekilli olan bu mineraller iri, orta ve küçük boyutlu kristaller halinde bulunurlar. Bazik kayaçlarda iri kristalli ve öz şekilli klinopiroksenler genellikle zonlanma ve yer yer de elek dokusu gösterirler.

Klinopiroksen mineralleri salınımlı zonlanma, normal ve ters zonlanma göstermektedirler (Şekil 3.12a, b). Bu zonlanma tiplerini hem optiksel hem de kimyasal olarak görmek mümkündür. Salınımlı zonlanmada her zonun kalınlığı genellikle farklıdır (Şekil 3.12a, b). Klinopiroksenlerin yapısal formülleri 6 oksijene göre hesaplanmıştır (Ek Tablo 1). Kimyasal analizlerden elde edilen toplam demirin, Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayrımı Droop (1987)'a göre yapılmıştır.

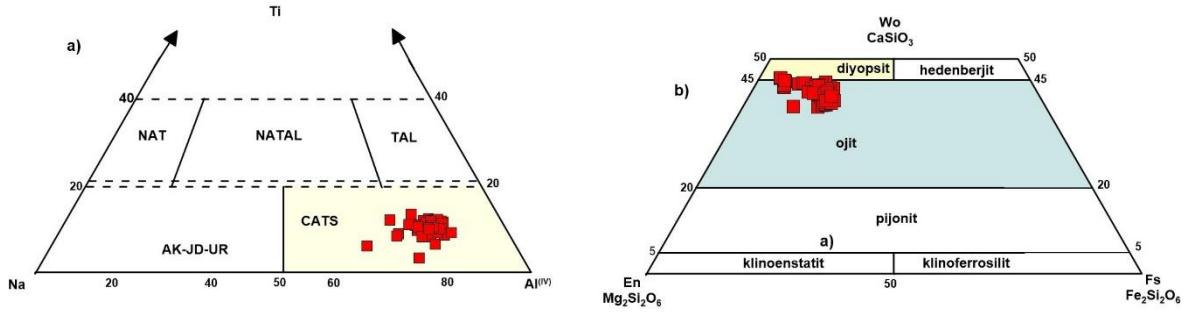


Şekil 3. 12. a) Bazaltik lav örneklerindeki normal zonlanma gösteren iri klinopiroksen, (b) opak mineral ve plajiyoklas minerali içeren kalıntı merkezli, salınımlı (oscillatory) zonlanmaya sahip iri klinopiroksen kristallerine ait ‘BSE’ görüntüleri, (Op: Opak mineral, Kpir: Klinopiroksen, Pl: Plajiyoklas), (Örnek No: N31 ve N26).

3.2.1.1. Bazaltik Lav

Örneklerde normal ve ters zonlanma yaygındır. Papike vd. (1974)’nin Ti-Na-Al^(IV) üçgen diyagramına göre ise Ca-çermakit alanında yer almaktadırlar (Şekil 3.13a). Bazaltlar içerisindeki klinopiroksenlerin kimyasal bileşimleri (Ek Tablo 1) Morimoto vd. (1988)’ne göre ojit olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3.13b).

Ojitler $Wo_{40-45}En_{41-50}Fs_{9-18}$ bileşimindedir ve $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranı 0.70-0.84 arasındadır. Normal zonlanma gösteren örneklerin merkezleri $Wo_{40-45}En_{42-50}Fs_{9-16}$ bileşimli ojit iken, kenarları $Wo_{40-44}En_{41-44}Fs_{15-18}$ bileşimli ojittir. $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranları merkezde 0.73 ile 0.84 arasında iken, kenarda 0.70 ile 0.75 arasında değişmektedir. Ters zonlanma gösteren örneklerde ise merkez bileşimi $Wo_{41-44}En_{41-43}Fs_{14-16}$ ojit iken, kenar $Wo_{42-44}En_{42-44}Fs_{13-15}$ bileşimi ojittir. $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranları merkez kısımlar için 0.73-0.75 arasında iken, kenar kısımlarda bu oran 0.74-0.78 arasında değişmektedir (Ek Tablo 1).

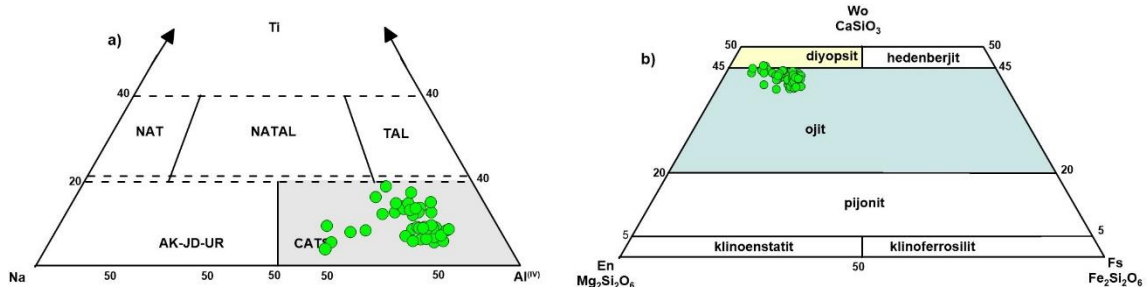


Şekil 3. 13. Bazaltik lav örneklerine ait klinopiroksen minerallerinin, a) Papike vd. (1974)'ne ait Ti-Na-Al^(IV) diyagramındaki yerleri, CATS: Ca-çermakit, AK: Akmit, JD: Jadeyit, UR: Kosmoklor, NAT: Na-Ti klinopiroksen, NATAL: Na-Ti-Al klinopiroksen, TAL: Ti-Al klinopiroksen, b) Wo-En-Fs üçgen diyagramındaki (Morimoto vd., 1988) bileşimleri.

3.2.1.2. Bazaltik Dayk

Papike vd. (1974)'nin Ti-Na-Al^(IV) üçgen diyagramına göre ise Ca-çermakit alanında yer almaktadırlar (Şekil 3.14a). Bazaltik Dayklara ait örnekler içerisindeki klinopiroksenlerin kimyasal bileşimleri (Ek Tablo 1) Morimoto vd. (1988)'ne göre ojit bileşimindedir sadece iki örnek diyopsit olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3.14b). Örneklerden 6 tanesinde ters zonlanma görülürken diğer örneklerde normal zonlanma mevcuttur.

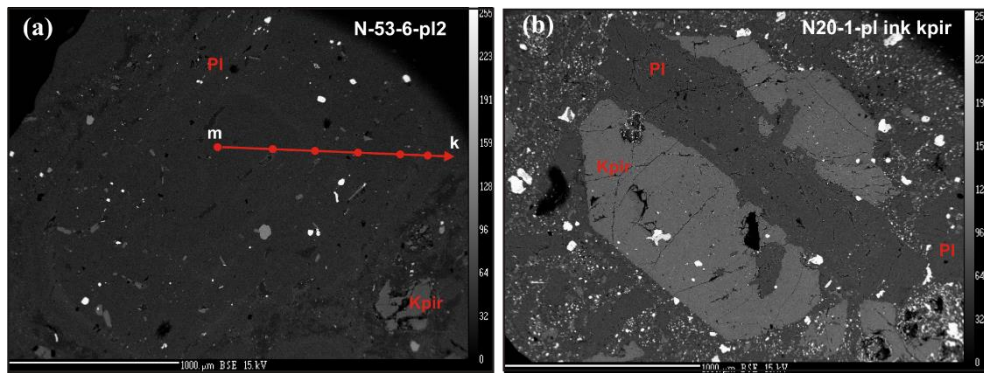
Klinopiroksen minerallerinden ojitler genel olarak Wo₄₀₋₄₅En₄₀₋₅₀Fs₅₋₁₇ bileşimindedir ve Mg/(Mg+Fe⁺²) oranı 0.72-0.91 arasındadır. Diyopsitler Wo₄₆En₄₇Fs₇ bileşiminde olup, Mg/(Mg+Fe⁺²) oranı 0.87 arasındadır. Normal zonlanma gösteren örneklerin merkezleri Wo₄₀₋₄₆En₄₁₋₅₀Fs₅₋₁₆ ojit bileşimindeyken, kenarları Wo₄₁₋₄₅En₄₀₋₄₇Fs₈₋₁₇ ojit bileşimindedir. Örneklerin Mg/(Mg+Fe⁺²) oranları merkezde 0.73-0.91 arasında iken, kenar kısımlarda 0.72-0.86 arasında değişmektedir. Ters zonlanma gösteren örneklerde merkez bileşimi Wo₄₁₋₄₃En₄₁₋₄₄Fs₁₄₋₁₆ ojit iken, kenar bileşimi Wo₄₃₋₄₄En₄₂₋₄₆Fs₁₁₋₁₅ ojittir ve Mg/(Mg+Fe⁺²) oranı merkezde 0.73-0.76 iken, kenar da 0.74-0.81 dir (Ek Tablo 1).



Şekil 3. 14. Bazaltik dayklardaki klinopiroksen minerallerinin, a) Papike vd. (1974)’ne ait Ti-Na-Al^(IV) diyagramındaki yerleri, CATS: Ca-çermakit, AK: Akmit, JD: Jadeyit, UR: Kosmoklor, NAT: Na-Ti klinopiroksen, NATAL: Na-Ti-Al klinopiroksen, TAL: Ti-Al klinopiroksen, b) Wo-En-Fs üçgen diyagramındaki (Morimoto vd., 1988) bileşimleri.

3.2.2. Plajiyoklas

Kışlaköy (Erzurum) volkanik kayaçlarını oluşturan kayaç türlerinin hepsinde plajiyoklas mineraline sıkça rastlanmıştır. Plajiyoklas mineralleri çoğunlukla ince-uzun ve öz şekilli kristalcikler halinde olup (Şekil 3.15), 0,1-1 mm arasında değişmektedir. Plajiyoklas mineralleri hem iri fenokristaller hem de mikrolitler şeklinde bütün kayaçlarda bulunmaktadır (Şekil 3.15). Ayrıca örneklerde hem normal hem de ters zonlu plajiyoklaslar yaygındır. Kapanımlar şeklinde başka minerallerin içinde fenokristal ve mikrolit olarak görülürler. Plajiyoklaslar ayrıca albit ikizlenmesi ve elek dokusu yaygındır.

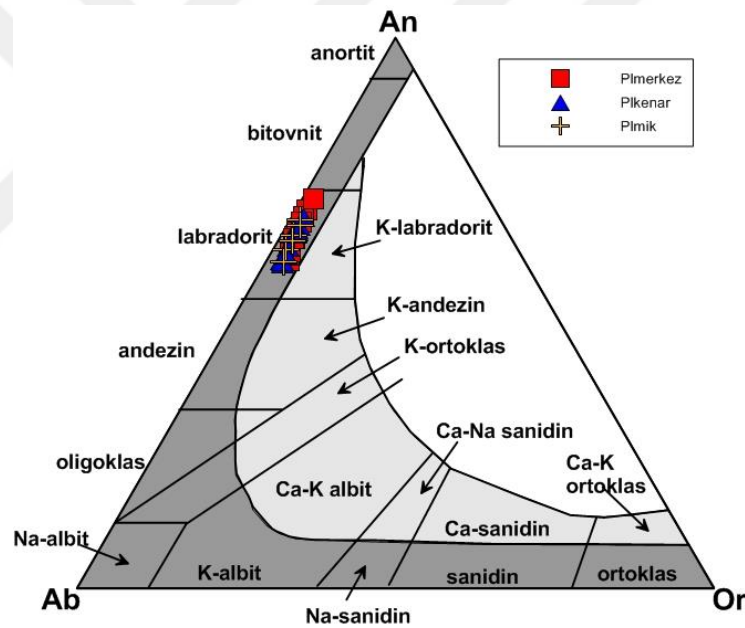


Şekil 3. 15. İncelenen volkanitlerdeki bazı plajiyoklasların “BSE” görünüşleri, a) bazaltik kayaçlardaki zonlu plajiyoklas (Pl) kristalleri, b) klinopiroksen içerisinde yer alan zonlu plajiyoklas minerali (Örnek no: N-33, N-20).

3.2.2.1. Bazaltik Lav

Bazaltlar içerisinde fenokristal olarak bulunan plajiyoklasların analiz sonuçlarına göre zonlanma göstermeyenlerinin bileşimi genelde labradordur. Analiz edilen plajiyoklasların yedi tanesinde normal zonlanma gözlenmektedir. Mikrolitlerin bileşimi labradordur (Ek Tablo 2, Şekil 3.16).

Plajiyoklas fenokristallerinden labrador olanların bileşimi merkezde $An_{59}Ab_{28}Or_2$ ile $An_{71}Ab_{37}Or_4$ arasında kenarda $An_{59}Ab_{31}Or_2$ ile $An_{67}Ab_{38}Or_3$ arasında değişmektedir. Normal zonlanma gösteren plajiyoklas fenokristalinin merkezlerinin bileşimli $An_{64}Ab_{28}Or_2$ ile $An_{71}Ab_{34}Or_2$ arasında ve kenarları ise $An_{59}Ab_{33}Or_2$ ile $An_{65}Ab_{38}Or_3$ arasında olduğu belirlenmiştir. Labrador bileşiminde olan mikrolitler ise $An_{59}Ab_{31}Or_2$ ile $An_{67}Ab_{38}Or_3$ arasındadır.



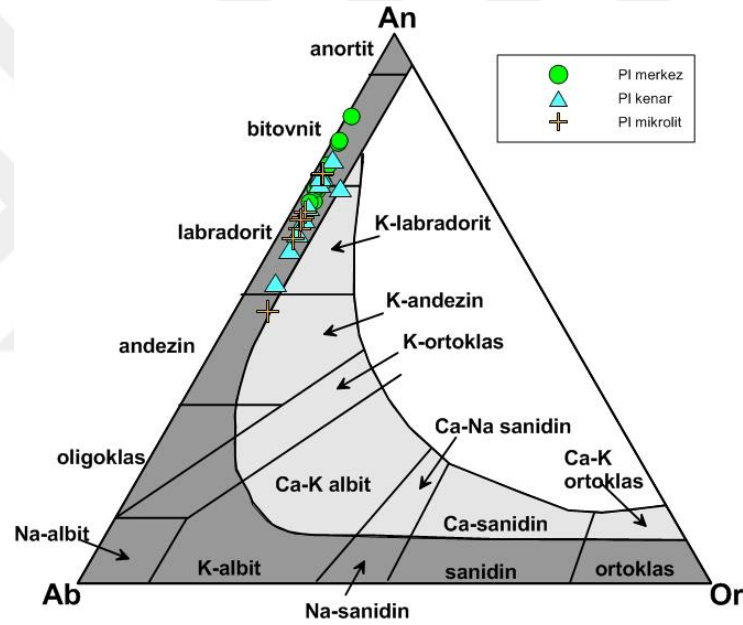
Şekil 3. 16. Bazaltlara ait plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı

3.2.2.2. Bazaltik Dayk

Bazaltik dayk içerisinde fenokristal olarak bulunan plajiyoklasların bileşimleri genellikle labrador ve bitovnitir (Ek Tablo 2, Şekil 3.17). Analiz edilen plajiyoklas minerallerinin bazılarında normal zonlanma görülmektedir. Normal zonlanma gösterenlerin merkez bileşimi çoğunlukla bitovnit, kenar bileşimi ise çoğunlukla

labradordur. Üç örnek ters zonlanma göstermektedir. Analiz edilen mikrolitlerin bileşimi ise andezin, labrador ve bitovnitir (Şekil 3.17).

Labrador olanların bileşimi merkezde $An_{69}Ab_{26}Or_2$ ile $An_{72}Ab_{29}Or_3$ arasında kenarda $An_{55}Ab_{23}Or_2$ ile $An_{72}Ab_{41}Or_6$ arasında değişmektedir. Bitovnit olanların bileşimi ise merkezde $An_{73}Ab_{14}Or_1$ ile $An_{85}Ab_{25}Or_2$ arasında kenarda $An_{73}Ab_{21}Or_1$ ile $An_{77}Ab_{25}Or_2$ arasında değişmektedir Normal zonlanma gösteren plajiyoklas fenokristalinin bitovnit olan merkezlerinin bileşimli $An_{73}Ab_{14}Or_1$ ile $An_{85}Ab_{25}Or_2$ arasında ve labrador olan kenarları ise $An_{55}Ab_{23}Or_2$ ile $An_{72}Ab_{41}Or_6$ arasında değişmektedir. Andezin olan mikrolitin bileşimi $An_{49}Ab_{45}Or_5$, labrador mikrolitlerinin bileşimi $An_{63}Ab_{30}Or_2$ ile $An_{68}Ab_{35}Or_3$ arasında ve bitovnit bileşiminde olanlar ise $An_{74}Ab_{24}Or_1$ ile $An_{75}Ab_{24}Or_2$ arasındadır.



Şekil 3. 17. Bazaltik dayklara ait plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı

3.2.3. Olivinler

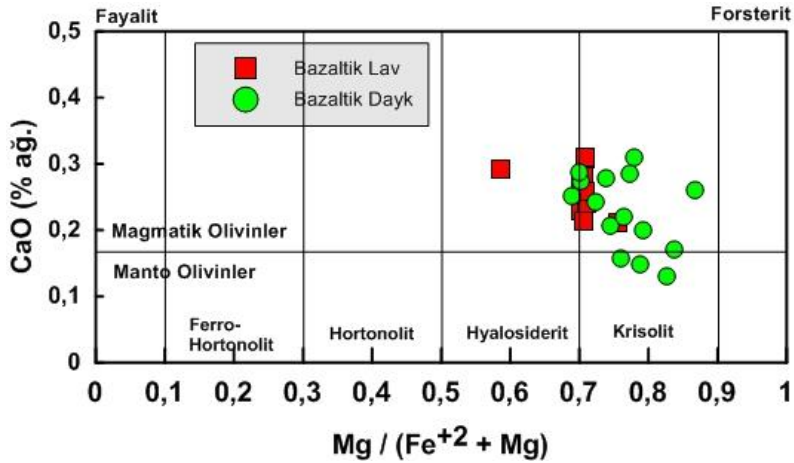
Kışlaköy (Erzurum) volkanik kayaçlarını oluşturan kayaç türlerinden bazaltik lav, bazaltik volkanik breş ve bazaltik dayk örneklerinde rastlanmıştır. Bazaltik dayk ve bazaltik lav örneklerindeki olivin mineralleri özşekilli olup, fenokristaller halinde bulunurlar. Ayrıca, hamurda mikro taneler halinde ve klinopiroksenler içerisinde kapanımlar halinde göze çarpmaktadırlar. Karakteristik olarak içerdikleri kırıklar ve kenarlar boyunca iddingsitleşmeler yaygın olarak gözlenir.

3.2.3.1. Bazaltik Lav

Bazaltik lav örnekleri içerisinde yer alan olivinler üzerinde yapılan elektron mikroprop analiz sonuçlarına göre olivinler hyalosiderit ve krizolit olarak isimlendirilmiştir. Hyalosideritlerin bileşimleri Fe_{58} 'dır, krizolitlerin bileşimleri Fe_{69} ile Fe_{75} arasındadır. Ayrıca olivinler CaO içeriklerine göre yapılan ayrıma göre çoğunlukla magmatik kökenli olivinler alanında yer almaktadır (Thompson ve Gibson, 2000) (Şekil 3.18, Ek Tablo 3).

3.2.3.2. Bazaltik Dayk

Bazaltik dayklar içerisinde yer alan olivinler üzerinde yapılan elektron mikroprop analiz sonuçlarına göre olivinlerin çoğunluğu krizolit bileşiminde olup, sadece iki örnek hyalosiderit olarak isimlendirilmiştir. Hyalosideritlerin bileşimleri Fe_{68} ile Fe_{69} arasında değişim gösterirken, krizolitlerin bileşimleri Fe_{69} ile Fe_{86} arasındadır. Ayrıca olivinler CaO içeriklerine göre yapılan ayrıma göre çoğunlukla magmatik kökenli olivinler alanında yer almaktadır (Thompson ve Gibson, 2000) (Şekil 3.18, Ek Tablo 3).



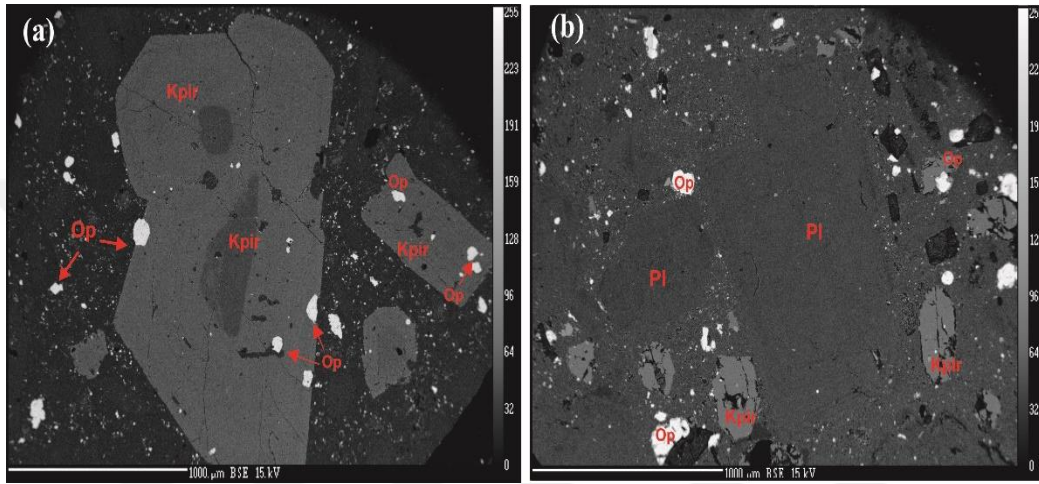
Şekil 3. 18. Bazaltik lavlara ait olivinlerin $Mg/(Fe^{+2} + Mg)$ – CaO (%) diyagramı.

3.2.4. Fe-Ti oksitler

Fe-Ti oksit mineralleri inceleme alanında yüzeyleyen bazaltik lav ve bazaltik dayk örneklerinde mevcuttur. Volkanik kayalarda genellikle ortaç-küçük ve öz-yarı öz şekilli

kristaller halinde bulunurlar. Dokusal olarak Fe-Ti oksit minerallerinin klinopiroksenlerle birlikte bulunması ve yer yer onların içinde özşekilli kapanımlar halinde görülmesi, göreceli olarak daha erken kristallenmeyi işaret eder (Şekil 3.19).

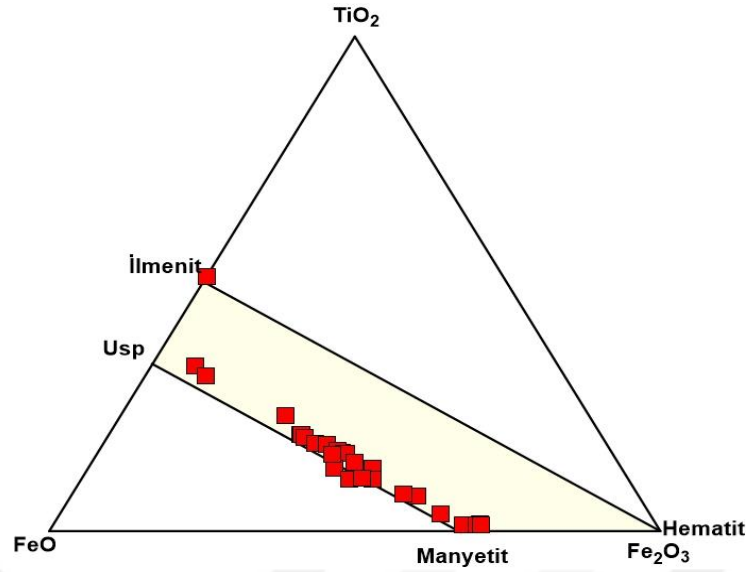
Fe-Ti oksit minerallerinin kimyasal analizlerinden yapısal parametreleri ve formülleri elde etmek için, 32 oksijene göre normleştirilmiş katyonlardan itibaren hesaplamalar yapılmıştır (Ek Tablo 4).



Şekil 3. 19. Bazik kayalardaki Fe-Ti oksitlerin ‘BSE’ görünümüleri, a, b) Bazaltlardaki klinopiroksenlerde kapanım halinde olan öz-yarı öz şekilli Fe-Ti oksitler (Op), Klinopiroksen (Kpir), (Örnek no: N-5, N-20).

3.2.4.1. Bazaltik Lav

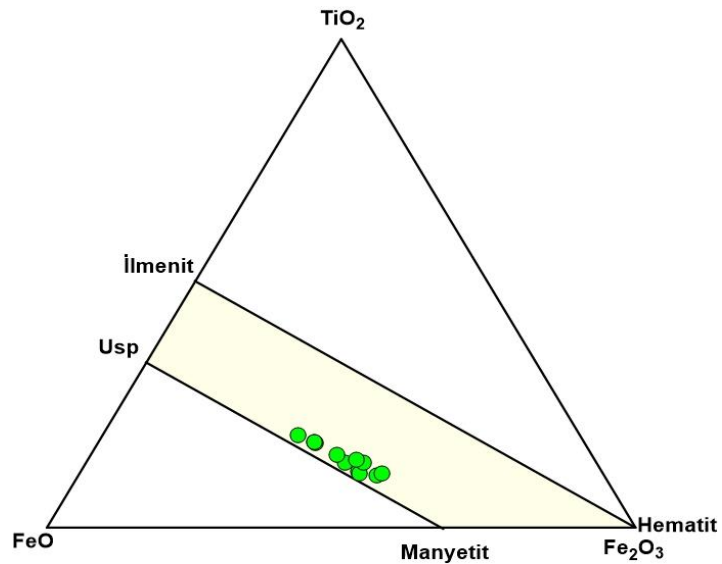
Bazaltik kayalardaki klinopiroksen minerallerinin içerisinde öz-yarı öz şekilli kapanım olarak ve hamur içerisinde de gözlenen opak mineraller genel olarak magnetit ve titano-magnetit ve bir tanesi ilmenittir (Ek Tablo 4, Şekil 3.20).



Şekil 3. 20. Bazaltlara ait Fe-Ti oksit bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

3.2.4.2. Bazaltik Dayk

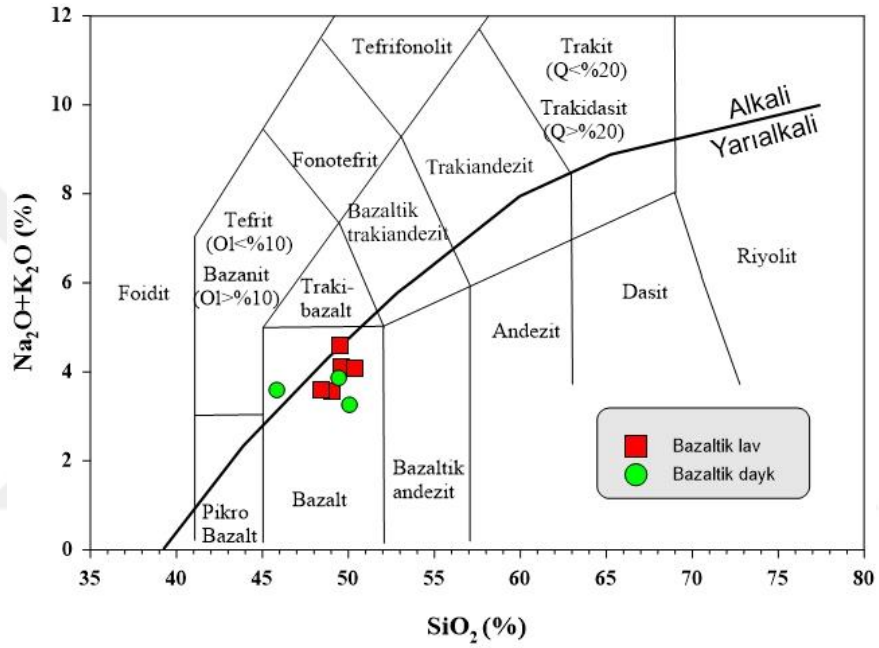
Bazaltik Daykları oluşturan bazaltlarda, klinopiroksen minerallerinin içerisinde kapanım olarak ve hamur içerisinde gözlenen opak mineraller magnetit ve titano-magnetit bileşimindedir (Ek Tablo 4, Şekil 3.21).



Şekil 3. 21. Bazaltik Dayklardaki bazaltlara ait Fe-Ti oksit bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

3.3. Kışlaköy Volkanitlerinin Kimyasal Sınıflandırılması

Le Maitre vd. (1989)'nin SiO_2 'ye karşı $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (TAS) diyagramına göre bazaltik lav ve bazaltik dayk örneklerinin hepsi bazalt alanına düşmektedir (Şekil 3.22). Ayrıca, yine bu diyagram üzerinde Irvine ve Baragar (1971)'in alkali-yarıalkali ayrımına göre incelenen volkanik kayalardan 1 tane bazaltik dayk örneği alkali alana düşerken diğer bütün örnekler yarıalkali alanda yer almaktadır.



Şekil 3. 22. Kışlaköy volkanik kayalarının SiO_2 'ye karşı $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (TAS) sınıflama diyagramındaki konumları (Le Maitre vd., 1989). Alkali- yarıalkali eğrisi (Irvine ve Baragar, 1971).

4. TARTIŞMA

4.1. Volkanitlerin Kristallenme Koşulları (P-T) ve Yerleşimi

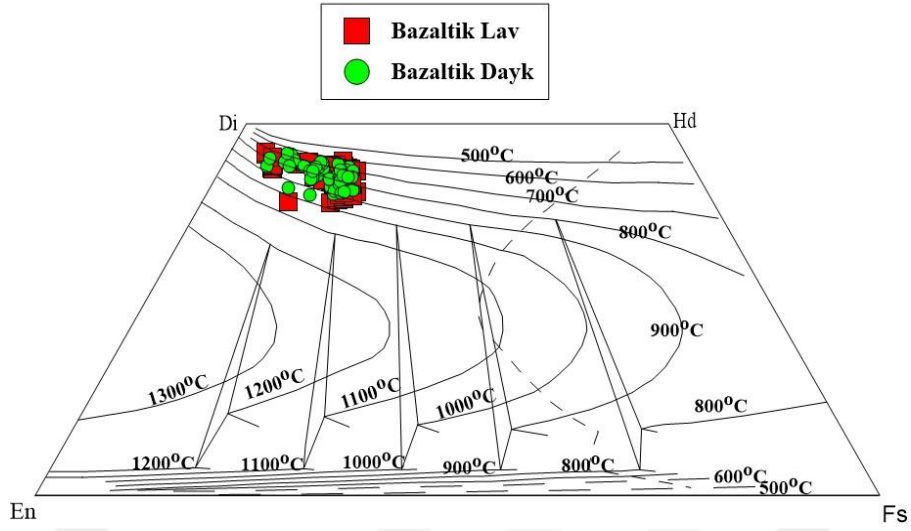
Kışlaköy volkanik kayaç örneklerinin mineral kimyası ile tüm kayaç analiz sonuçları kullanılarak (Tablo 4.1) termobarometre hesaplamaları yapılmıştır. Böylece incelenen volkanitlerin kristallenme şartları (P-T) belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, incelenmiş olan volkanitlerin oluşmasını sağlayan ve gelişimlerindeki magmatik süreçlerin etkisi araştırılarak, bu ortamlar yorumlanmaya çalışılmıştır.

4.1.1. Jeotermometre Hesaplamaları

4.1.1.1. Klinopiroksen Jeotermometresi

Lindsley (1983) ile Lindsley ve Andersen (1983)'in önermiş olduğu, piroksen jeotermometresindeki, Di-Hd-En-Fs piroksen dörtyüzlüsü üzerinde farklı sıcaklık değerlerinin gösterildiği izoterm eğrileri çizilmek koşuluyla bir abak tasarlanmıştır (Şekil 4.1). Buna ek olarak, söz konusu diyagram üzerine düşürülen piroksen bileşimlerinin belirlenebilmesi için $Wo+En+Fs \geq 90$ şartının sağlanması gereklidir.

Klinopiroksen mineral bileşimleri söz konusu diyagrama düşürüldüğü zaman; klinopiroksenlerin katılaşma sıcaklıkları genellikle Kışlaköy Volkanitini temsilen Bazaltik Daykları oluşturan bazaltlar için 600-1000 °C iken, Bazaltik Lavlar için ise 550-1050 °C arasında değişkenlik göstermektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4. 1. Kışlaköy (Erzurum) yöresi volkanitlerinin içerdiği klinopiroksen bileşimlerine ait Di-Hd-En-Fs piroksen dörtyüzlüsü. İzoterm eğrileri 100 °C aralıklarla ve 1 atm basınç altında oluşturulmuştur (Lindsley, 1983; Lindsley ve Anderson, 1983).

Klinopiroksen ve ergiyik arasında oluşan dengeyle ilgili, kayaçlarda kristallenme sırasındaki basınç ve sıcaklığın hesaplanabilmesi için Putirka vd. (1996, 2003) ve Putirka (1999, 2005, 2008) tarafından yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Putirka (2008), yaptığı deneysel gözlemler yardımıyla, klinopiroksen ve ergiyik arasındaki denge halini test edebilmek için, Fe-Mg değişim sabiti $KD(Fe-Mg)_{kpir-erg} = 0.27 \pm 0.03$ hesaplaması yapmıştır. Klinopiroksen kristallenme sıcaklığının hesaplanabilmesi için, klinopiroksen ile denge halindeki ergiyik bileşiminin bilinmesi gereklidir. Klinopiroksen bileşimine yönelik minerallerin elektron mikroprop analiz sonuçlarından yararlanılarak (Ek Tablo 1), ergiyik bileşimi için mikroprop analizi değerlerinden bulunan camın bileşimi veya tüm kayaç analizleri (Tablo 4.1) sonuçlarından hesaplanan değerler kullanılabilir. Yapılan bu tez çalışmasında da, Putirka (2008) tarafınca susuz magmalar için önerilmiş olan, klinopiroksen ve ergiyik bileşimine dayanılarak kalibre edilen termobarometre kullanılmak suretiyle elde edilen sonuçlar Tablo 4.2’de gösterilmiştir. Putirka (2008)’e göre hesaplanmış olan kristallenme sıcaklık değerleri, Kışlaköy volkanitlerini oluşturan bazaltik dayklar için 1174-1247 °C arasında iken, bazaltik lav örnekleri için bu değer 1139-1178 °C arasında değişmektedir (Tablo 4.2).

Tablo 4. 1. Kışlaköy Volkanitlerine ait kayaçların tüm kayaç ana (%) ve iz (ppm) kimyasal analizleri

Örnek No	Bazaltik Dayk				Bazaltik Lav			
	A5	A8	A33	N-20	N-26	N-30	N-36	N-38
SiO ₂ (%)	45.80	50.06	49.46	49.52	49.07	49.62	50.34	48.40
TiO ₂	0.69	0.76	0.86	1.17	1.04	0.89	0.86	0.92
Al ₂ O ₃	13.57	12.96	14.22	15.20	15.40	15.26	14.85	12.67
Fe ₂ O ₃	8.04	8.61	8.31	9.91	9.61	8.67	8.54	8.85
MnO	0.17	0.21	0.16	0.18	0.17	0.15	0.16	0.15
MgO	6.20	8.26	9.84	6.77	5.83	6.98	7.05	11.43
CaO	14.54	11.63	9.65	10.30	10.25	9.49	10.34	9.93
Na ₂ O	2.20	1.97	2.20	2.66	2.46	2.48	2.41	2.22
K ₂ O	1.38	1.30	1.66	1.93	1.10	1.62	1.66	1.38
Cr ₂ O ₃	0.04	0.08	0.09	0.04	0.03	0.03	0.04	0.12
P ₂ O ₅	0.21	0.19	0.19	0.30	0.20	0.19	0.19	0.20
A.K.	6.0	2.6	2.1	0.70	3.50	3.3	2.3	2.3
Toplam	99.75	99.68	99.69	99.8	99.81	99.73	99.73	99.67
Zr (ppm)	51.2	63.4	77.9	108.7	81.8	79.4	76.2	74.8

Tablo 4. 2. Kışlaköy Volkanitlerini oluşturan kayaçlarda Putirka (2008)'e göre hesaplanan klinopiroksen-ergiyik jeotermobarometresi.

		Örnek No	Putirka (2008)						Tulloch ve Callis, 2000
			Sıcaklık T (°C)			P (32a, kbar)			Derinlik (km)
			Min	Mak	Ort	Min	Mak	Ort	
Kışlaköy Volkaniti	Bazaltik Dayk (n=8)	N-5	1174	1195	1183±10	0.5	2.2	1.1±0.8	4.1
		N-33	1201	1247	1217±21	1.0	4.7	3.2±2.1	11.8
	Bazaltik Lav (n=13)	N-20	1139	1197	1173±19	0.1	4.3	2.3±1.7	8.5
		N-26	1161	1178	1168±7	1.0	4.4	2.5±1.1	9.3

* n= analiz sayısı, 1 kbar=3.7 km olarak alınmıştır (Tulloch ve Callis, 2000).

4.1.1.2. Tüm kayaç Zirkon – Apatit Jeotermometresi

Kışlaköy volkanitlerini oluşturan bazaltik dayk ve bazaltik lav örneklerine ait tüm-kayaç analizlerinden (Tablo 4.1) yararlanılarak zirkon (Miller vd., 2003) ve apatit (Harrison ve Watson, 1984) doygunluk sıcaklıkları hesaplanmıştır (Tablo 4.3). Zirkon doygunluk sıcaklıkları, bazaltik dayk örnekleri için 513-611 °C arasında iken, bazaltik lav

örnekleri için 582-628 °C arasındadır (Tablo 4.3). Apatit doygunluk sıcaklıkları ise bazaltik dayk örnekleri için 489-716 °C arasında iken, bazaltik lav örnekleri için 550-721 °C dir.

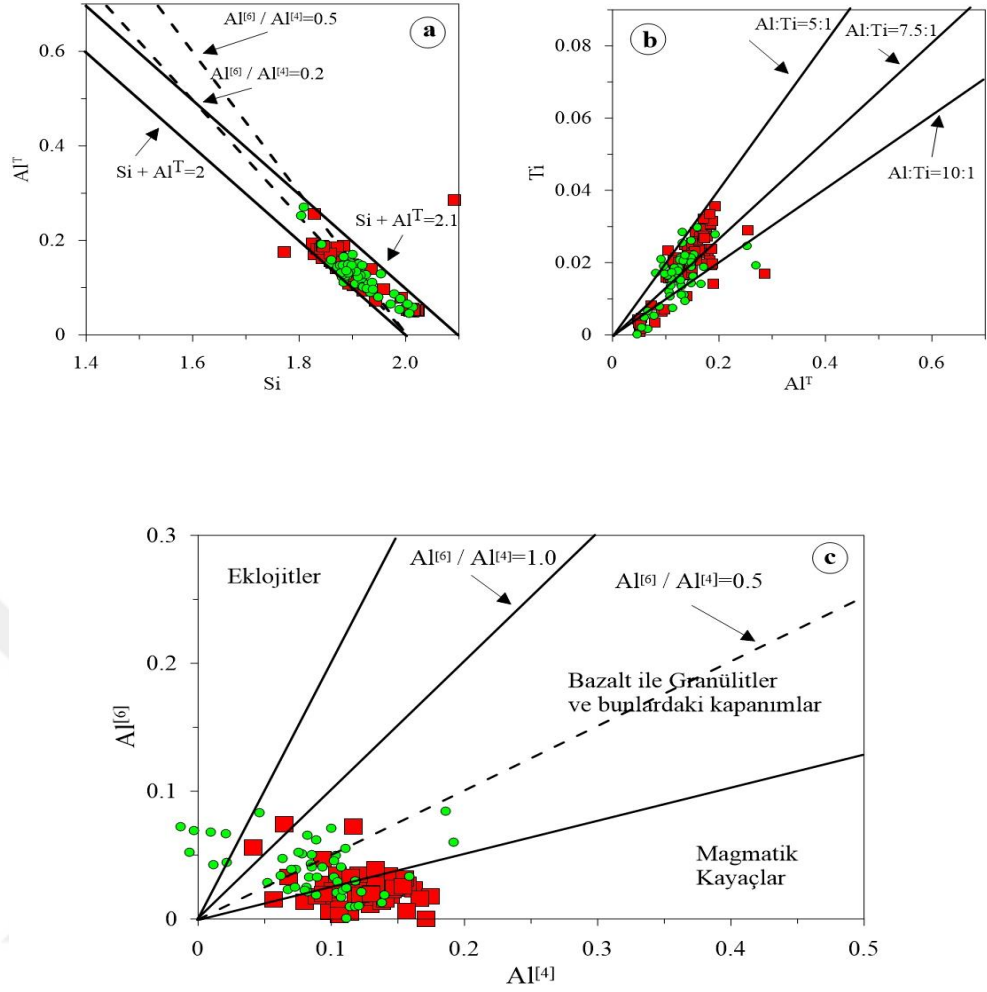
Tablo 4. 3. Kışlaköy Volkanitlerine ait tüm kayaç analiz sonuçları kullanılarak hesaplanmış zirkon ve apatit doygunluğu için hesaplanan sıcaklık değerleri

Kışlaköy Volkanitleri	Zirkon doygunluk sıcaklığı Miller vd. (2003)	Apatit doygunluk sıcaklığı Harrison ve Watson (1984)
Bazaltik dayk (n=3)		
Min.	513	489
Max.	611	716
Ort.	562	621
Bazaltik Lav (n=5)		
Min.	582	550
Max.	627	721
Ort.	604	622

4.1.2. Jeobarometre Hesaplamaları

4.1.2.1. Klinopiroksen Jeobarometresi

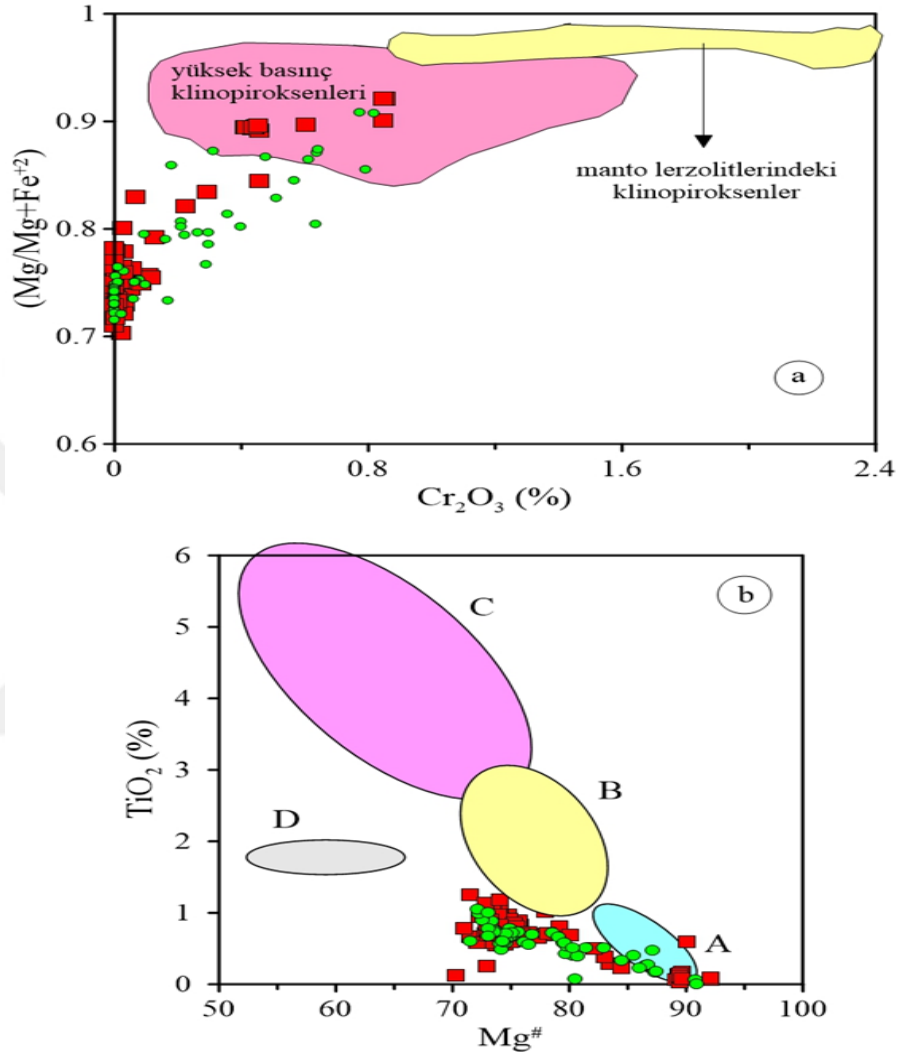
Kışlaköy (Erzurum) yöresindeki volkanik kayaçlara ait klinopiroksen bileşimindeki Si ve Al^T toplamı 2 ile 2.1 arasında ve klinopiroksenlerin çoğunluğu $Al^{[6]} / Al^{[4]} = 0.2$ çizgisi etrafında kümelenmişlerdir (Şekil 4.2a). Klinopiroksenlerdeki Ti ve Al'nin yer değiştirmesi, Al'a karşı Si (Şekil 4.2a) ve Ti'e karşı Al (Şekil 4.2b) ilişkilerinde görüldüğü üzere önemli özelliklerinden bir tanesidir. Şekil 4.2c'den de görüleceği üzere klinopiroksenler basıncın daha düşük olduğu şartları yansıtmış olan magmatik kayaçlar ile bazalt-granülitler ve bunların kapanım alanlarında yer almaktadırlar. Tüm klinopiroksen bileşimlerindeki, $Al^{[6]} / Al^{[4]}$ oranlarının bazılarının 1'in altında ve üstünde, çoğunluğunun ise 0.5'den düşük olmaları Aoki ve Shiba (1973)'ya göre, nispeten daha düşük basınç koşullarında kristallenme ile ilişkilendirilebilir. Esasen piroksenlerde bulunan Al^[6] içeriği basıncın göstergesi olup yaygın bir biçimde kullanılmakta ve (Thompson, 1974; Simonetti vd., 1996) bu içeriğin düşük olduğu hallerde (< 1, katyonik değer) sığ derinliklerde oluşan kristallenmeyi ve dolayısıyla düşük basınç koşullarını göstermektedir.



Şekil 4. 2. Kışlaköy (Erzurum) yöresi volkanitlerine ait kayalardaki klinopiroksenlerin (a) Al^T -Si, (b) Ti- Al^T değişimi, (c) $Al^{[6]}$ / $Al^{[4]}$ ilişkisi. Al^T , Si, Ti kasyon değerleridir. (c)'deki alanlar Aoki ve Shiba (1973)'dan alınmıştır (semboller şekil 4.1'deki gibidir)

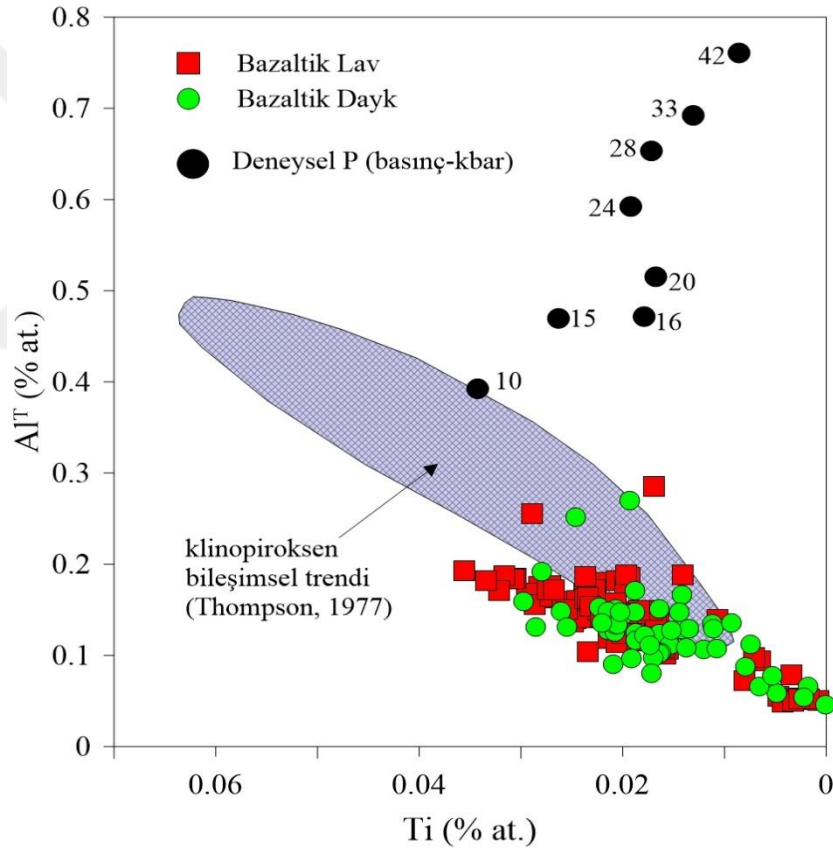
Aynı şekilde $Mg^\#$ - Cr_2O_3 (%) (şekil 4.3a) ve TiO_2 (%) (şekil 4.3b) diyagramlarındaki ojitler dūřuk basınç altında kristallenme koşullarını yansıtmaktadırlar. Fakat bahse konu klinopiroksenler şekil 4.3b'de Wass (1979)'ın tanımlamış olduğu yüksek basınç klinopiroksenleri ile benzerlik gösteren $Mg^\#$ numarasına sahip oldukları için, A ve B alanlarına yakın dūřtükleri görölmektedir. Buradaki yüksek $Mg^\#$ değerlerinin nedeni, ya klinopiroksenlerden daha önce kristallenmiş olan Fe-Ti oksitlerin varlığı veya magma odasına yüksek Mg iğerikli farklı bir magmanın eklenmesi sonucunda olabilir. Fe-Ti oksitlerin kristallenmeleri magmadaki Fe ve Ti'nin nispeten azalmalarına ve böylece

Mg'un artışına sebep olmuştur. Sonuç olarak düşük basınç altında oluşan klinopiroksenlerin Mg içeriği bu şekilde artmıştır.



Şekil 4. 3. Kışlaköy (Erzurum) yöresi volkanik kayalarındaki klinopiroksenlerin (a) Mg-Cr₂O₃ (%) ve (b) Mg#-TiO₂ (%) diyagramları. Semboller Şekil 4.1'deki gibidir. Manto lerzolitlerindeki klinopiroksen alanı Cohen vd. (1984) ve Dawson (1987)'dan, yüksek basınç klinopiroksen alanı Simonetti vd. (1996)'den alınmıştır. A,B,C ve D alanları ise Wass (1979)'dan alınmıştır. A alanı, spinel lerzolitik bir mantoda çok yüksek basınç şartlarındaki; B ve D alanı, üst mantodan ayrılan bazaltik ergiyiklerden itibaren göreceli olarak yüksek basınç şartlarındaki; C alanı, göreceli olarak daha düşük basınç şartlarındaki klinopiroksen bileşimlerinin oluşturduğu alanları göstermektedir (semboller Şekil 4.1'deki gibidir).

Ayrıca, incelenmiş olan kayaçların oluşumlarına neden olan magmanın hangi basınç değerinde yükseldiğini belirleyebilmek amacıyla Thompson (1977)'nin önermiş olduğu piroksen jeobarometresinden faydanılmıştır (Şekil 4.4). Thompson (1977), magmalarda oluşan yüksek kristallenme basıncını, klinopiroksendeki Al içeriğinin yüksek olması ile açıklamaktadır. Böylelikle, klinopiroksende bulunan Al ve Ti içeriklerine bakılarak, klinopiroksenin kristallenme basıncının tahmin edilebilmesine olanak sağlanmıştır. Kayaçlarda bulunan klinopiroksenlerdeki oranı düşük olan Al ve Ti içerikleri, Thompson (1977)'a göre söz konusu minerallerin daha düşük basınç altında kristallendiği ifade edilmiş ve bu değerin yaklaşık 10 kbar'ın altında olduğu görülmüştür (Şekil 4.4).



Şekil 4. 4. Kışlaköy (Erzurum) yöresi volkanitlerindeki klinopiroksenlerin içerdiği Ti (% atom) karşı Al (% atom) diyagramı (semboller Şekil 4.1'deki gibidir).

Klinopiroksenler bazaltik kayalarda yaygın şekilde var olmakta ve basınç koşullarındaki ufak değişikliklerden bile etkilenmeleri nedeniyle, içerisinde bulunmuş oldukları kayaların oluşum koşullarının belirlenmesinde kolaylık sağlamaktadırlar. Putirka (2008)'deki yönteme göre, Kışlaköy (Erzurum) volkanitlerine ait klinopiroksenlerden elde edilen kristallenme basınç (P-kbar) değişimleri; bazaltik dayklarda 0.5-4.7 kbar arasında, bazaltik lav örneklerinde ise 0.1-4.4 kbar arasında değişmektedir. (Tablo 4.2). Elde edilen ortalama klinopiroksen basınç değerlerine (0.5-4.7 kbar arasında) karşılık gelen kristallenme derinliği 4.1-11.8 km'dir (kıtasal kabuk için 1 kbar = 3.7 km, Tulloch ve Challis, 2000). Bu da, volkanik kayaların orta-sığ kıtasal kabuk içerisinde yerleştiğini göstermektedir.

4.2. Dengesizlik Parametreleri

Kayaçların dokusal özellikleri ve mineral bileşimlerinin, magma oluşumu sırasındaki dengesizliklerle bağlantılı oldukları bilinmektedir. Magmanın karışımındaki mineraller, soğuma veya basıncın aniden düşmesi; sıcaklık, basınç ve bileşiminin değişmesindeki tetikleyici faktörler arasındadır. Bahsedilen etkenlerin sonucunda ise denge halindeki magma dengesiz hale gelebilmektedir (Nixon 1988; Rutherford ve Hill 1993; Simonetti vd., 1996; Perugini vd., 2003). Dengesiz kristallenmenin işareti olan dokusal özellikler arasında, salınımlı zonlanma gösteren plajiyoklaz kristallerinde elek dokusunun görülmesi (Dungan ve Rhodes, 1978), ters ve normal plajiyoklazların birlikte aynı kayaçta bulunmaları (Stimac ve Pearce, 1992; Venezky ve Rutherford, 1997) ve kemirilmiş minerallerin görülmesi söylenebilir (Stimac ve Pearce, 1992). Aynı örneğin içerisinde bulunan minerallerdeki normal ve ters zonlanmanın birlikte görülmelerinin bilimsel bir kriter olduğu söylenebilir (Sakuyama, 1981).

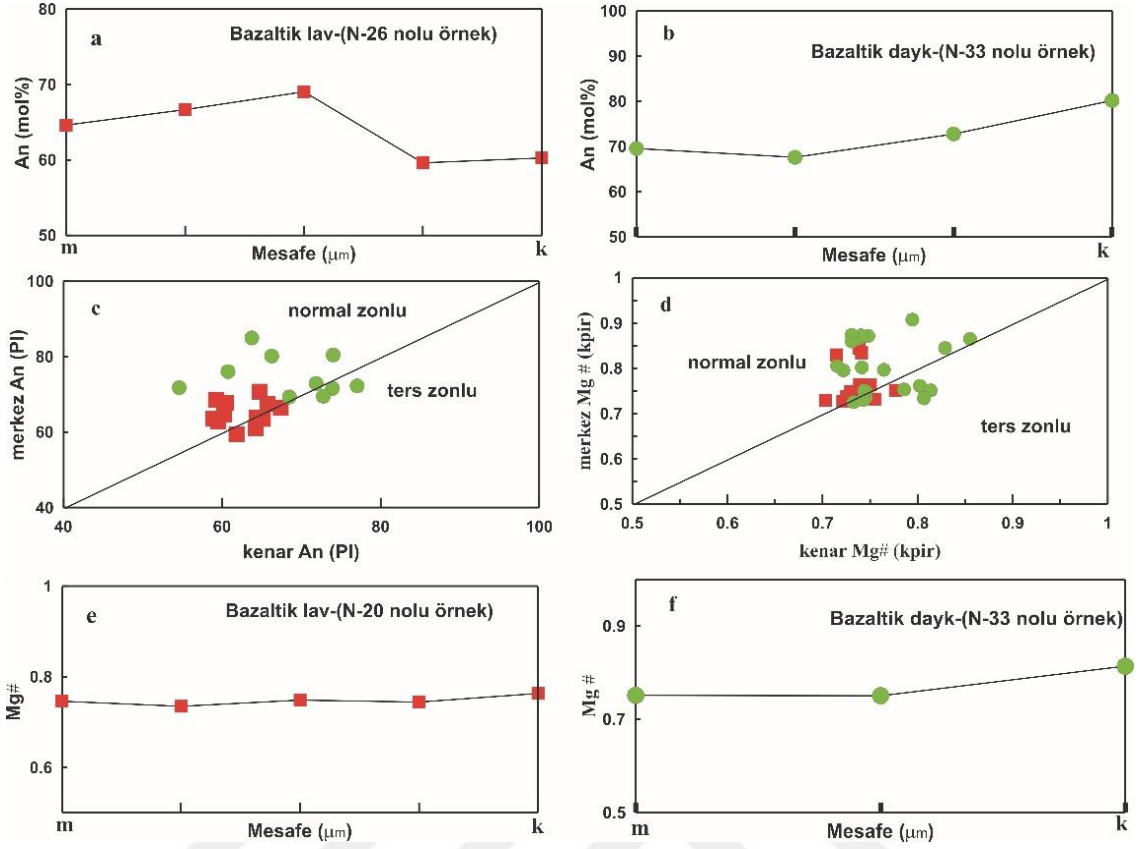
Kışlaköy Volkanitleri'nde gözlenen dokusal, petrografik ve mineral bileşim özellikleri dengesiz kristallenmelerin varlığını göstermiştir. İncelenmiş örneklerde bulunan plajiyoklazlar içerisindeki zonlanma ile birlikte kısım kısım gözlenmiş olan elek dokusunun, dengesizlik olduğunu belirten başkaca dokusal özellikler arasında olduğu söylenebilir.

Ayrıca plajiyoklaz minerallerindeki ters zonlanmalar ile aynı örnekte normal zonlu plajiyoklaz minerallerinin birlikte yer alması kristallenmenin dengesiz olduğunu göstermektedir (Şekil 4.5 a-c). Bunun yanı sıra, plajiyoklazlar poikilitik olarak olivin ve

opak mineralleri içermekte ve gözlemlenen bu dokusal özellik de dengesiz kristallenmenin olduğuna işaret eden başka bir veridir.

Plajiyoklazlardaki normal zonlanmanın açıklanmasında fraksiyonel kristallenme kullanılırken, ters zonlanmada ise farklı görüşler öne sürülmektedir: (i) Basınç ve sıcaklığın, suya doygun koşullarda artmaları (Blundy ve Cashman 2001), (ii) Suya doygun magmaların yükselmesi esnasında sıcaklık artışının olması (Blundy vd., 2006) ve (iii) magma odalarındaki oluşan yeni karışımlar (back mixing) (Couch vd., 2001) ve daha sıcak bir magma ile yenilenme sonucunda, magma odası sıcaklığının artması (Streck, 2008). Kışlaköy kayaçlarındaki plajiyoklazların kenar An bileşim değerleri geniş bir aralıkta değişiklik (An_{55-77}) göstermektedir. Aynı kayaçtaki plajiyoklazların kenarlarında görülen bileşimsel değişimler magma karışımından ötürü kompleks bir kökene işaret etmektedir (Wallace ve Carmichael, 1994).

İncelenen Kışlaköy volkanitlerine ait kayaçlardaki klinopiroksenler tipik olarak normal ve ters zonlanma, hamur tarafından yenme, kemirilme, kalıntı merkezler gösterirken çoğunlukla opak ve olivin kapanımları içermeleri gibi dengesizlik dokuları gösterirler (Şekil 3.7). İncelenen klinopiroksenler aynı örnekte hem normal zonlu hemde ters zonlanma göstermektedir (Şekil 4.5 d-f). Bazaltik lavlardaki klinopiroksenlerde normal zonlanma gösteren örneklerin $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranları merkezde 0.73 ile 0.84 arasında iken, kenarda 0.70 ile 0.75 arasında değişmektedir. Ters zonlanma gösteren örneklerde ise $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranları merkez kısımlar için 0.73-0.75 arasında iken, kenar kısımlarda bu oran 0.74-0.78 arasında değişmektedir. Bazaltik dayklardaki klinopiroksenlerde ise normal zonlanma gösteren örneklerin $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranları merkezde 0.73-0.91 arasında iken, kenar kısımlarda 0.72-0.86 arasında değişmektedir. Ters zonlanma gösteren örneklerde $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranı merkezde 0.73-0.76 iken, kenar da 0.74-0.81 dir (Şekil 4.5 d-f). Anderson (1974)'a göre normal ve ters zonlu klinopiroksenlerin aynı örnekte bulunması magma karışımını açıklamaktadır, bu durum Kışlaköy volkanitlerinde de görülmektedir. Ayrıca magma karışımına bir delilde Şekil 4.5a da An içeriği önce artıyor daha sonra başlangıç değerinden daha fazla azalarak An değeri düşüyor. Bu örnek bize sisteme daha mafik bir magmanın girdiğinin göstergesi olarak yorumlanabilir ve bu da ancak magma karışımı ile açıklanabilir.



Şekil 4. 5. Eosen yaşı Kışlaköy volkanitleri içerisinde yer alan (a-c) normal ve ters zonlu plajiyoklazların merkez-kenar An değişimi, (d-f) normal ve ters zonlanma gösteren klinopiroksenlerin merkez-kenar Mg numarası (Mg#) değişimi (semboller Şekil 4.1'deki gibidir, m: merkez, k: kenar)

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

1-Kışlaköy ve çevresinde bulunan birimlerin jeolojik haritası ve kolon kesiti yapılmış olup, yaşlı birimden genç birime doğru Kışlaköy Volkaniti (Eosen), Oltu Formasyonu (Oligo-Miyosen), Alabalık Formasyonu (Oligo-Miyosen) ve Alüvyon (Kuvaterner) olarak sıralanmıştır.

2-Kışlaköy Volkanik kayaçları piroklastit, lav ve dayk başlıkları altında incelenmiş olup bu kayaçlar başlıca plajiyoklas (An_{49-85}), piroksen ($Wo_{40-46} En_{41-50} Fs_{5-18}$), olivin (Fo_{68-75}) ve opak mineraller içermektedirler.

3-Kışlaköy volkanitlerini oluşturan kayaç örnekleri TAS jeokimyasal sınıflamasına göre bazalt alanına düşmekte olup, yarı alkali özelliğe sahiptirler.

4-Kışlaköy volkanik kayaçları petrografik olarak incelendiğinde genel olarak hyalo-mikrolitik porfirik, glomeroporfirik, kümülofirik, mikrolitik porfirik, poikilitik ve intersertal doku göstermektedirler.

5-İncelenmiş olan volkanik kayaçlarda bulunan salınımlı zonlanma gösteren plajiyoklas kristallerinin elek dokusu göstermesi, normal ve ters zonlanmalı plajiyoklasların ve piroksenlerin aynı kayaçta birlikte bulunması dengesiz kristallenme olduğunu göstermekte ve bu dengesizlik parametrelerinden magma karışımı ile açıklanabilir.

6-İnceleme alanındaki volkanik kayaçların jeotermobarometre hesaplamalarına göre sıcaklık $489-1247^{\circ}C$ arasında, basınç $0.5-4.7$ kbar arasında değişmektedir. Elde edilen tüm veriler göz önüne alındığında incelenmiş olan volkanik kayaçların orta-sığ kıtasal kabuk içerisinde yerleştiği görülmektedir.

7-Bu çalışma için yapılabilecek bir sonraki adım tüm kayaç jeokimya ve izotop analizleri (Sr-Nb-Pb) ile volkanitleri oluşturan magmanın kökeni ve petrojenezi incelenmeli ve volkanitlerin kesin yaş tayininin yapılabileceği zirkon U-Pb yaşlandırmasının yapılması olmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Adiyaman, Ö., Chorowicz, J., Arnaud, O.N., Gündoğdu, M.N. ve Gourgaud, A., 2001. Late Cenozoic Tectonics and Volcanism Along The North Anatolian Fault: New Structural and Geochemical Data, Tectonophysics, 338, 135–165.
- Adamia, S.A., Lordkipanidze, M.B. ve Zakariadze, G.S., 1977. Evolution of An Active Continental Margin As Exemplified By The Alpine History of Caucasus, Tectonophysics, 40, 183-199.
- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L. ve Mouthereau, F., 2005. Convergence History Across Zagros (Iran): Constraints From Collisional and Earlier Deformation, International Journal of Earth Sciences, 94, 401-419.
- Akyürek, B., Bingöl, E., Doyuran, S., Korkmazer, B., Metin S. ve Öztemur, C., 1977. 1/50.000 Ölçekli Tortum-G47-a Paftasının Jeoloji Haritası İzahnamesi: MTA 1/50.000 Ölçekli Jeolojik Haritalar Serisi.
- Alavi, M., 1994. Tectonics of The Zagros Orogenic Belt of Iran: New Data and Interpretations, Tectonophysics, 229, 211–238.
- Allen, M. ve Armstrong, H.A. 2008. Arabia-Eurasia Collision and The Forcing of Mid-Cenozoic Global Cooling, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 265, 52-58.
- Allen, M.B., Kheirkhah, M., Neill, I., Emami, M.H. ve McLeod, C.L., 2013. Generation of Arc and Within-Plate Chemical Signatures In Collision Zone Magmatism: Quaternary Lavaş From Kurdistan Province, Iran, J. Petrol, 54, 887–911.
- Anderson, A.T., 1974. Evidence for apicritic, Volatile-Rich magma beneath Mt. Shasta, California, J Petrol, 15, 243–267.
- Aoki, K. ve Shiba, L., 1973. Pyroxenes From Lherzo Ute Inclusions of Itinomegata, Japan, Lithos, 6, 1, 41-51.
- Arbas, A., Gök, L., Ateş, M., İmik, M., Kılıç, F., Canpolat, M. ve Aydın, A., 1991. Horasan (Erzurum İli) Dolayının Jeolojisi: MTA Rap. No: 9431 (yayımlanmamış).
- Arni, P., 1939. Doğu Anadolu ve Mücavir Mıntıkalarının Tektonik Ana Hatları, M.A.T. Tayini, seri B, No. 4, Ankara.
- Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., Yücel, C., Boztuğ, D. ve Şen, C., 2013. 40Ar-39Ar Dating, Whole-Rock and Sr-Nd-Pb Isotope Geochemistry of Post-Collisional Eocene Volcanic Rocks In The Southern Part of The Eastern Pontides (NE Turkey): İmplications for Magma Evolution In Extension-İnduced Origin, Contributions to Mineralogy and Petrology, 166, 113-142.

- Aslan, Z., 2010. U-Pb Zircon SHRIMP Age, Geochemical and Petrographical Characteristics of Tuffs Within Calcalkaline Eocene Volcanics Around Gümüşhane (NE Turkey), Eastern Pontides, Neues Jahrbuch für Mineralogie, 187, 3, 329-346.
- Aslan, Z., Arslan, M., Temizel, İ. ve Kaygusuz, A., 2014. K–Ar Dating, Whole-Rock and Sr–Nd Isotope Geochemistry of Calc-Alkaline Volcanic Rocks Around The Gümüşhane Area: Implications For Post-Collisional Volcanism In The Eastern Pontides, Northeast Turkey, Mineral. Petrol., 108, 245-267.
- Aydar, E., Gourgaud, A., Deniel, C., Lyberis, N. ve Gündoğdu, N., 1995. Le Volcanisme Quaternaire d'Anatolia Centrale (Turquie): Association De Magmatismes Calcoalcaline Et Alkaline En Domaine De Convergence, Can. J. Earth Sci., 32, 1058–1069.
- Aydin, F., Karsli, O. ve Chen, B., 2008. Petrogenesis of The Neogene Alkaline Volcanics With Implications for Post Collisional Lithospheric Thinning of The Eastern Pontides, NE Turkey, Lithos, 104, 249-266.
- Aydınçakır, E. ve Şen, C., 2013. Petrogenesis of The Post-Collisional Volcanic Rocks From The Borçka (Artvin) Area: Implications for The Evolution of The Eocene Magmatism In The Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos, 172-173, 98-117.
- Aydınçakır, E., 2014. The Petrogenesis of Early Eocene Non-adakitic Volcanism In NE Turkey: Constraints On The Geodynamic Implications, Lithos, 208/209, 361-377.
- Bacon, C.R. ve Hirschmann, M.M., 1988. Mg/Mn Partirioning As A Test for Equilibrium Between Coexisting Fe-Ti Oxides, American Mineralogist, 13, 57-61.
- Baydar, O., Erdoğan, B., Akyürek, B., Topçam, A., Kengil, R., Korkmazer, B., Kaynar, A. ve Selim, M., 1969. Yusufeli-Öğdem-Madenköy-Tortum Gölü ve Ersis Arasındaki Bölgenin Jeolojisi: MTA Rap. No:5202 (yayımlanmamış).
- Baykal, F., 1949. Of-Rize-Pazar Kıyı Dağları Hakkında: MTA Rap. No:2198 (yayımlanmamış).
- Baykal, F., 1950. Oltu-Göle-Ardahan-Çıldır Bölgesinin Jeolojik Ana Çizgisi: MTA Rap. No:1928 (yayımlanmamış).
- Bayraktutan, S., 1985. Geochronology and Geochemistry of Paleogene Volcanic Basement of The Narman Basin, E Turkey, Terra Cognita, 6, 168.
- Bayraktutan, S., 1994. Narman-Gaziler Bölgesinin Tersiyer'deki Volcano-Tektonik Evrimi, 47. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri.
- Barberian, F. ve King, G.C.P., 1981. Towards A Paleogeography and Tectonic Evolution of Iran, Canadian Journal of Earth Science, 5, 101–117.
- Benda, L., 1971. Grundzüge Einer Pollenanalytischen Gliederung des Türkischen Jungtertiars: Beih, Geol. Jb., 113.

- Benda, L., 1990. The Influence of Debris Flows On Channels and Valley Floors In The Oregon Coast Range, U.S.A., Earth Surface Processes and Landforms, 15, 5, 457-466.
- Blundy, J. ve Cashman, K. 2001. Ascent Driven Crystallization of Dacite Magmas At Mount St. Helens, 1980–1986, Contributions to Mineralogy and Petrology, 140, 631–650.
- Blundy, J., Cashman, K. ve Humhreys, M., 2006. Magma Heating By Decompression-Driven Crystallization Beneath Andesite Volcanoes, Nature, 443, 76–80.
- Bozkuş, C., 1990. Oltu-Narman Tersiyer Havzası Kuzeydoğusunun (Kömürlü) Stratigrafisi, Türkiye Jeoloji Bült., 33, 2, 47-56.
- Bozkuş, C., 1992. Olur (Erzurum) Yöresinin Stratigrafisi, Türkiye Jeoloji Bült., 35, 1, 103-120.
- Bulut, Y., Ögün, Y., Dümenci, S., Bozkuş, C., Taka, M. ve Öner, A., 1989. Tortum-Narman-Oltu-Olur Dolayının Jeolojisi ve Kömür Olanakları: MTA Rap. No:888 (yayımlanmamış).
- Buket, E. ve Temel, A., 1998. Major-element, Trace Element, and Sr-Nd Isotopic Geochemistry and Genesis of Varto (Muş) Volcanic Rocks, Eastern Turkey, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85, 405-422.
- Chaput, E., 1936. Türkiye’de Jeolojik ve Jeomorfolojik Tetkik Seyahatleri (Tercüme: Ali Tanoğlu): İ. Ü. Coğr. Enst. Neş., 11, 326s.
- Cohen, R.S., O’Nions, R.K. ve Dawson, J.B., 1984. Isotope Geochemistry of Xenoliths From East Africa: Implications for Development of Mantle Reservoirs and Their Interaction, Earth and Planetary Science Letters, 68, 209-220.
- Couch, S., Sparks, R.S.J. ve Carroll, M.R., 2001. Mineral disequilibrium in lavas Explained By Convective Self-Mixing In Open Magma Chambers, Nature, 411, 1037–1039.
- Çoban, H., Kumral, M., Karsli, O., Baran, A., İmamoğlu, Ş. ve Caran, Ş., 2007. Adakite-Like, A-type and OIB-like Magmas From Anatolia-Arabian Postcollisional Settings. Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 4th Annual General Meeting, Bangkok, Thailand, 253.
- Dawson, J.B., 1987. Metasomatized Harzburgites In Kimberlite and Alkaline Magmas: Enriched Restites and "Flushed" Lherzolites. In: Menzies, M.A., Hawkesworth, C.J., (eds), Mantle Metasomatism, Academic Pres, London, 125-144.
- Dewey, J.F., Hempton, M.R.S., Kidd, W.S.F., Saroğlu, F. ve Şengör, A.M.C., 1986. Shortening of Continental Lithosphere: The Neotectonics of Eastern Anatolia, A Young Collision Zone In: Coward, M.P., Ries, A.C. (Eds.), Collision Zone Tectonics, Geological Society of London Special Publication, 19, 3–36.

- Dilek, Y., Imamverdiyev, N. ve Altunkaynak, Ş., 2010. Gechemistry and Tectonics of Cenozoic Volcanism In The Lesser Caucasus (Azerbaijan) and The Peri-Arabian Region: Collision-Induced Mantle Dynamics and Its Magmatic Fingerprint, International Geology Review, 52, 4-6, 536-578.
- Droop, G.T.R., 1987. A General Equation for Estimating Fe³⁺ Concentrations In Ferromagnesian Silicates and Oxides From Microprobe Analysis, Using Stoichiometric Criteria, Mineralogical Magazine, 51, 431-437.
- Dungan, M.A. ve Rhodes, J.M., 1978. Residual Glasses and Melt Inclusions In Basalts From DSDP Legs 45 and 46: Evidence for Magma Mixing, Contrib Mineral Petrol, 67, 417-431.
- Engin, O. ve Engin, T., 1964. Hanege Köyü (Erzurum-Oltu) ve Civarındaki Linyit İhtiva Eden Sahanın Jeolojisi Hakkında Rapor: MTA Rap. No:3548 (yayımlanmamış).
- Ercan, T., Fujitani, T., Matsuda, J.L, Notsu, K., Tokel, S. ve Di, T., 1990. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen-Kuvaterner Volkanitlerine İlişkin Yeni Jeokimyasal, Radyometrik ve İzotopik Verilerin Yorumu; MTA Derg., 110, 143-164.
- Erentöz, C., 1954. Oltu 31/4 Kars 32/3 ve Hasankale 48/2 1/100.000 Ölçekli Jeolojik Paftalara Ait Memuar: MTA Rap. No:2159 (yayımlanmamış).
- Erentöz, C. ve Ketin İ., 1974. Explanatory Text of The Geological Map of Turkey At 1/500.000 G scale (Kars), Special Publication of Mineral Research and Exploration, 57.
- Gattinger, T.E., 1955. Kuzeydoğu Türkiye’de Çoruh ile Erzurum Arasındaki Bölgede Yapılan Jeolojik Harita Çalışmaları Hakkında Rapor: MTA Rap. No:2379 (yayımlanmamış).
- Gattinger, T.E., Erentöz, C. ve Ketin, İ., 1962. 1/500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası İzahnamesi, Trabzon Paftası, MTA yayını.
- Gülen, L., 1980a. Strontium Isotope Geochemistry of Mount Ararat and Mount Süphan Volcanics, Eastern Turkey, EOS, 61, 17, 412.
- Gülen, L., 1980b. Sr, Nd and Pb Isotope Systematics of Ararat and Süphan Volcanoes, Eastern Turkey, EOS, 63, 45, 1145.
- Güleç, N., 1991. Crust-Mantle İnteraction In Western Turkey: Implications From Sr and Nd Geochemistry of Tertiary and Quaternary Volcanics, Geological Magazine, 128, 417-435.
- Hall, R., 1976. Ophiolite Emplacement and The Evolution of The Taurus Suture Zone, Southeastern Turkey, Geological Society of America Bulletin, 87, 1078-1088.

- Harrison, T.M. ve Watson, E.B., 1984. The Behaviour of Apatite During Crustal Anatexis: Equilibrium and Kinetic Considerations, Geochimica et Cosmochimica Acta, 48, 1467-1477.
- İnan, S., 1988. Erzurum-Aşkale-Tortum Yöresinin Tektonik Gelişimi, Cumhuriyet Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Derg., 5, 1-10.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Redicat di Brozolo, F. ve Villari, L., 1976. Evolution of The Volcanism In The Area of Interaction Between The Arabian, Anatolian and Iranian Plates (Lake Van, Eastern Turkey), J. Volcanol. Geotherm. Res., 1, 103-112.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati Di Brozolo, F. ve Villari, L., 1982. Tertiary and Quaternary Volcanism of The Erzurum-Kars Area (Eastern Turkey), J. Volcanol. Geotherm. Res., 13, 223-240.
- Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A., 1971. A Guide Chemical Classification of The Common Volcanic Rock, Canada, J. Earth Sci., 8, 523-548.
- Jolivet, L. ve Faccenna, C., 2000. Mediterranean Extension and The Africa-Eurasia Collision, Tectonics, 19, 1095-1106.
- Karaoğlu, O., Özdemir, Y., Tolluoğlu, A.U., Karabıyıkoglu, M., Köse, O. ve Froger, J.L., 2005. Stratigraphy of The Volcanic Products Around Nemrut Caldera: Implications for Reconstruction of The Caldera Formation, Turkish Journal of Earth Sciences, 14, 123-143.
- Karslı, O., Chen, B., Uysal, I., Aydın, F., Wijbrans, J.R. ve Kandemir, R., 2008. Elemental and Sr- Nd-Pb Isotopic Geochemistry of The Most Recent Quaternary Volcanism In The Erzincan Basin, Eastern Turkey: Framework For The Evaluation of Basalt-Lower Crustinteraction, Lithos, 106, 55-70.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E., 2009. Minerology, Whole-Rock and Sr-Nd Isotope Geochemistry of Mafic Microgranular Enclaves In Cretaceous Dağbaşı Granitoids, Eastern Pontides, NE Turkey: Evidence of Magma Mixing, Mingling and Chemical Equilibration, Chem. Erde, 69, 247-277.
- Kaygusuz, A., Chen, B., Aslan, Z., Siebel, W. ve Şen, C., 2009. U-Pb Zircon SHRIMP Ages, Geochemical and Sr-Nd Isotopic Compositions of The Early Cretaceous I-Type Sariosman Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey, Turkish J. Earth Sci., 18, 549-581.
- Kaygusuz, A. ve Şen, C., 2011. Calc-Alkaline I-Type Plutons In The Eastern Pontides, NE Turkey: U-Pb Zircon Ages, Geochemical and Sr-Nd Isotopic Compositions, Chem. Erde, 71, 59-75.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W. ve Şen, C., 2011. Geochemical and Sr-Nd Isotopic Characteristics of Post-Collisional Calc-Alkaline Volcanics In The Eastern Pontides (NE Turkey), Turkish Journal of Earth Sciences, 20, 137-159.

- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E., 2011. U-Pb Zircon SHRIMP Ages, Geochemical and Sr-Nd Isotopic Compositions of Cretaceous Plutons In The Eastern Pontides (NE Turkey): The Dağbaşı Pluton, Neues Jahrbuch Für Mineralogie, 188, 211-233.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W. ve Şen, C., 2011a. Geochemical and Sr-Nd Isotopic Characteristics of Post-Collisional Calc-Alkaline Volcanics In The Eastern Pontides (NE Turkey), Turkish Journal of Earth Sciences, 20, 137-159.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Wolfgan, S., Sipahi, F. ve İlbeyli, N., 2012a. Geochronological Evidence and Tectonic Significance of Carboniferous Magmatism In The Southwest Trabzon Area, Eastern Pontides, Turkey, International Geology Rew., 54, 15, 1776-1800.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., İlbeyli, N. ve Sipahi, F., 2012b. Doğu Pontid Kuzey Zonu ve Kuzey-Güney Zon Geçişinde Yüzeylenen Kretase-Paleosen Yaşlı Granitoidik Sokulumların Petrokimyası, Sr-Nd-Pb-O İzotop Jeokimyası, Jeokronolojisi ve Jeodinamik Gelişimi, Tübitak Çaydağ Project No:109Y052 Final Report (Turkish with English Abstract), 175.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Sipahi, F. ve Temizel, İ., 2016. U-Pb Zircon Chronology and Petrogenesis of Carboniferous Plutons In The Northern Part of The Eastern Pontides, NE Turkey: Constraints for Paleozoic Magmatism and Geodynamic Evolution, Gondwana Research, 01581, 20.
- Kaygusuz, A., Yücel, C., Arslan, M., Sipahi, F., Temizel, İ., Çakmak, G. ve Güllüoğlu, Z.S., 2018. Petrography, Mineral Chemistry and Crystallization Conditions of Cenozoic Plutonic Rocks Located To The North of Bayburt (Eastern Pontides, Turkey), The Bulletin of Mineral Research and Exploration, 157, 77-104.
- Keskin, M., 1994. Genesis of Collision-Related Volcanism On The Erzurum-Kars Plateau, Northeastern Turkey. Ph. D. Thesis (Doktora Tezi), University of Durham, U.K., 358s.
- Keskin, M., Pearce, J.A. ve Mitchell, J.G., 1998. Volcano-stratigraphy and Geochemistry of Collision Volcanism On The Erzurum-Kars Plateau, Northeastern Turkey, J. Volcanol., Geotherm. Res., 85, 355-404.
- Keskin, M., 2003. Magma Generation by Slab Steepening and Breakoff Beneath A Subduction-Accretion Complex: An Alternative Model for Collision-Related Volcanism In Eastern Anatolia, Turkey, Geophysical Research Letters, 30, 24, 8046.
- Keskin, M., Pearce, J.A., Kempton, P.D. ve Greenwood, P., 2006. Magma-crust Interactions and Magma Plumbing In A Postcollisional Setting: geochemical Evidence From The Erzurum-Kars Volcanic Plateau, Eastern Turkey In: Dilek, Y., Pavlides, S. (Eds.), Postcollisional Tectonics and Magmatism In The Mediterranean Region and Asia, Geological Society of America, Special Publication, 409, 475-505.

- Keskin, M., 2007. Eastern Anatolia: A Hotspot In A Collision Zone Without A Mantle Plume. In: Foulger, G.R., Jurdy, D.M. (Eds.), *Plates, Plumes, and Planetary Processes*, Geological Society of America, Special Publication, 430, 693–722.
- Keskin, M., Pearce, J.A. ve Mitchell, J.G., 1998. Volcano-stratigraphy and Geochemistry of Collision-Related Volcanism On The Erzurum Kars Plateau, North Eastern Turkey, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85, 355-404.
- Keskin, M., Chugaev, A.V., Lebedev, V.A., et al., 2012. Geochronology and Origin of Mantle Sources for Late Cenozoic Intraplate Volcanism In The Frontal Part of The Arabian Plate In The Karacada Neovolcanic Area, Turkey. Part 2. The Results of Geochemical and Isotope (Sr-Nd-Pb) Studies, J. Volcanol. Seismol., 6, 6, 361–382.
- Keskin, M., Pearce, J.A., Kempton, P.D. ve Greenwood, P., 2006. Magma-crust Interactions and Magma Plumbing İn A Postcollisional Setting: Geochemical Evidence From The Erzurum-Kars Volcanic Plateau, Eastern Turkey, In: Dilek, Y., Pavlides, S. (Eds.), *Postcollisional Tectonics and Magmatism In The Mediterranean Region and Asia*, Geological Society of America, Special Publication, 409, 475-505.
- Keskin, M., Genç, Ş. C. ve Tüysüz, O., 2008. Petrology and Geochemistry of Postcollisional Middle Eocene Volcanic Units In North-Central Turkey: Evidence for Magma Generation By Slab Breakoff Following The Closure of The Northern Neotethys Ocean, Lithos, 104, 267–305.
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, Miner. Res. Expl. Bull., 66, 0-34.
- Ketin, İ., 1949. Artvin Bölgesinin Jeolojik Etüdü Hakkında Memuar: MTA Rap. No:1951 (yayımlanmamış).
- Ketin, İ., 1950. Bayburt Bölgesinin Jeolojisi: MTA Rap. No:1949 (yayımlanmamış).
- Koçyiğit, A. ve Rojay, B., 1984. Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yeni Tektonik Çatısı ve Horasan-Narman Depremi-1983: Kuzey Anadolu 1. Ulusal Deprem Sempozyumu, Bildirileri, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Konak, N. ve Hakyemez, H.Y., 2001. Tectonic Units of The Easternmost Part of The Pontides: Stratigraphical and Structural Implications, *Proceedings of The 2nd Int. Symp. On the Petroleum Geology and Hydrocarbon Potential of The Black Sea Area*, Turkish Association of Petroleum Geologists, Spec. Publ., 4, 93-103.
- Kurt, H., Asan, K. ve Ruffet, G., 2008. The Relationship Between Collision-Related Calcalkaline, and Within-Plate Alkaline Volcanism In The Karacadağ Area (Konya Türkiye, Central Anatolia), Chemie Der-Erde Geochemistry, 68, 155-176.
- Kürüm, S., Önal, A., Boztuğ, D., Spell, T. ve Arslan, M., 2008. 40Ar/39Ar Age and Geochemistry of The Post-Collisional Miocene Yamadağ Volcanics In The Arapkir Area (Malatya Province), Eastern Anatolia, Turkey, J. Asian Earth Sci., 33, 229–251.

- Lahn, E. ve Romber, H., 1939. Balkaya Linyit Zuhuratının Jeolojik Tetkikatı ile Mezkur Havzada Yapılan Araştırma İşleri ve İşletme Teklifleri Hakkında Rapor: MTA Rap. No: 765 (yayımlanmamış).
- Lahn, E., 1940. Les Geologiques De La Region d'Erzurum: MTA Mecm., 2/19, Ankara.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Strekeisen, A., Woolley, A.R. ve Zanettin, B., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms: Recommendations of The International Union of Geological Sciences, Subcommission on The Systematics of Igneous Rocks (No. 552.3 CLA), Blackwell, 193p.
- Lebedev, V.A., Sharkov, E.V., Ünal, E. ve Keskin, M., 2016a. Late Pleistocene Tendürek Volcano (Eastern Anatolia, Turkey). I. Geochronology and Petrographic Characteristics of Igneous Rocks, Petrology, 24, 2, 127–152.
- Lebedev, V.A., Chugaev, A.V., Ünal, E., Sharkov, E.V. ve Keskin, M., 2016b. Late Pleistocene Tendürek Volcano (Eastern Anatolia, Turkey). II. Geochemistry and Petrogenesis of The Rocks, Petrology, 24, 3, 234–270.
- Lebedev, V.A., Chernyshev, I.V., Shatagin, K.N., et al., 2013. Geochronology, Isotope Sr-Nd Characteristics and Origin of Quaternary Volcanic Rocks Within Geghama Highland (Lesser Caucasus, Armenia), J. Volcanol. Seismol., 7, 3, 204–229.
- Lambert, R.J. ve Holland, J.G., 1974. Yttrium Geochemistry Applied to Petrogenesis Utilizing Calcium-Yttrium Relationships In Minerals and Rocks, Geochimica et Cosmochimica Acta, 38, 1393-1414.
- Lindsley, D.H., 1983. Pyroxene Thermometry, American Mineralogist, 68, 477-493.
- Lindsley, D.H. ve Andersen, D.J., 1983. A Two-Pyroxene Thermometer, Journal of Geophysical Research, 88, A887-A906.
- Lustrino, M., Keskin, M., Mattioli, M. ve Kavan, O., 2012. Heterogeneous Mantle Sources Feeding The Volcanic Activity of Mt. Karacadag, J. Asian Earth Sci., 46, 120–139.
- Miller, C.F., McDowell, S.M. ve Mapes, R.W., 2003. Hot and cold granites?: Implications of Zircon Saturation Temperatures and Preservation of Inheritance, Geology, 31, 529-532.
- Morimoto, M., Fabries, J., Ferguson, A.K., Ginzburg, I.V., Ross, M., Seifert, F.A., Zussman, J., Aoki, K. ve Gottardi, G., 1988. Nomenclature of Pyroxenes, Mineralogical Magazine, 52, 535-550.
- Nebert, K., 1963a. Kömür İhtiva Eden Sütkans bölgesinin (Vilayet Erzurum-Kaza Oltu) Jeolojik Yapısı ve Kömür Yataklarının Jeolojisi Hakkında Rapor: MTA Rap. No:3232 (yayımlanmamış).

- Nebert, K., 1963b. Henege Köyü (Kaza Oltu, Vilayet Erzurum) Bölgesinde Yapılan Kömür Prospeksiyonu Sonuçları Hakkında Rapor: MTA Rap. No: 3344 (yayımlanmamış).
- Nebert, K., Engin, T. ve Engin, O., 1964. Oltu (Erzurum) Çevresindeki Oligosen Çökellerinin (Alacalı Horizon) Jeolojisi Hakkında Rapor: MTA Rap. No: 3485 (yayımlanmamış).
- Neill, I., Meliksetian, K., Allen, M.B., Navarsardyan, G. ve Karapetyan, S., 2013. Pliocene–Quaternary Volcanic Rocks of NW Armenia: Magmatism and Lithospheric Dynamics Within An Active Orogenic Plateau, Lithos, 180–181, 200–215.
- Neill, I., Meliksetian, K., Allen, M.B., Navasardyan, G. ve Kuiper, K., 2015. Petrogenesis of Mafic Collision Zonemagmatism: The Armenian Sector of The Turkish–Iranian Plateau, Chem. Geol., 403, 24–41.
- Nixon, G.T., 1988. Petrology of The Younger Andesites and Dacites of Iztaccihuatl Volcano, Mexico: Disequilibrium Phenocryst Assemblages As Indicators of Magma Chamber Processes, J. Petrol., 29, 213–264.
- Notsu, K., Fujitani, T., Ui, T., Matsuda, J. ve Ercan, T., 1995. Geochemical Features of Collisionrelated Volcanic Rocks In Central and Eastern Anatolia, Turkey. J. Volcanol. Geotherm. Res., 64, 171–192.
- Okay, A.I., Zattin, M. ve Cavazza, W., 2010. Apatite Fission-Track Data for The Miocene Arabia^Eurasia Collision, Geology, 38, 35–38.
- Okay, A.I. ve Şahintürk, O., 1997. Geology of The Eastern Pontides, In: A. G. Robinson, (Ed.), Regional and Petroleum Geology of The Black Sea and Surrounding Region, AAPGMem., 68, 291–311.
- Oyan, V., 2011. Etrüsk Volkanı ve Çevresinin (Van Gölü Kuzeyi) Volkanostratigrafisi Petrolojisi ve Magmatik Evrimi. Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 375s.
- Oyan, V., Keskin, M., Lebedev, V.A., Chugaev, A.V. ve Sharkov, E.V., 2016. Magmatic Evolution of The Early Pliocene Etrüsk Stratovolcano, Eastern Anatolian Collision Zone, Turkey, Lithos, 256–257, 88–108.
- Özdemir, Y., Karoğlu, O., Tolluoğlu, A. U. ve Güleç, N., 2006. Volcanostratigraphy and Petrogenesis of The Nemrut Stratovolcano (East Anatolian High Plateau): The Most Recent Post-Collisional Volcanism In Turkey, Chemical Geology, 226, 189–211.
- Özdemir, Y., Blundy, J.D. ve Güleç, N. 2011. The Importance of Fractional Crystallization and Magma Mixing In Controlling Chemical Differentiation At Suphan Stratovolcano, Eastern Anatolia, Turkey, Contributionsto Mineralogyand Petrology, 162, 573–597.

- Özdemir, Y. ve Güleç, N., 2014. Geological and Geochemical Evolution of The Quaternary Süphan stratovolcano, Eastern Anatolia, Turkey: evidence for The Lithosphere–Asthenosphere Interaction In Post-Collision Volcanism, J. Petrol. 55, 37–52.
- Özkan, Y.Z., Çağatay, A., Altun, Y. ve Acar, E., 1984. Karadağ (Erzurum-Narman) Yöresinin Jeolojisi ve Yöredeki Polimetallik Cevherleşmenin Kökenine Bir Yaklaşım, Jeoloji Mühendisliği Derg., 21, 29-34.
- Papike, J.J., Cameron, K.L. ve Baldwin, K., 1974. Amphiboles and Pyroxenes: Characterization of Other Than Quadrilateral Components and Estimates of Ferric Iron From Microprobe Data, Geol. Soc. America, 6, 1053-1054.
- Parejas, E., 1940. La Tectonique Transversale De La Turquie: Publ. Inst. Geol. Univ., İstanbul N.S., 8, 244.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S. ve Mitchell, J.J., 1990. Genesis of Collision Volcanism In Eastern Anatolia Turkey, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 44, 189-229.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S. ve Mitchell, J.J., 1990. Genesis of Collision Volcanism In Eastern Anatolia Turkey, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 44, 189-229.
- Perugini D., Poli G., Christofides G. ve Eleftheriadis G., 2003. Magma Mixing In The Sithonia Plutonic Complex, Greece: Evidence From Mafic Microgranular Enclaves, Mineralogy and Petrology, 78, 173-200.
- Putirka, K.D., Johnson, M., Kinzler, R. ve Walker, D., 1996. Thermobarometry of Mafic Igneous Rocks Based On Clinopyroxene-Liquid Equilibria, 0-30 kbar., Contributions to Mineralogy and Petrology, 123, 92-108.
- Putirka, K.D., 1999. Clinopyroxene+liquid Equilibrium to 100 kbar and 2450 K., Contributions to Mineralogy and Petrology, 135, 151-163.
- Putirka, K.D., Ryerson, F.J. ve Mikaelian, H., 2003. New Igneous Thermobarometers for Mafic and Evolved Lava Compositions, Based On Clinopyroxene+Liquid Equilibria, American Mineralogist, 88, 1542–1554.
- Putirka, K.D., 2005. Igneous Thermometers and barometers Based On Plagioclase+Liquid Equilibria: Tests of Some Existing Models and New Calibrations, American Mineralogist, 90, 336-346.
- Putirka, K.D., 2008. Thermometers and Barometers for Volcanic Systems. In Putirka, K.D., Tepley, F.E., Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 69, 611-20.

- Robertson, A.H.F., Parlak, O., Rızaoğlu, T., Ünlügenç, Ü., Inan, N., Taşlı, K. ve Ustaömer, T., 2007. Tectonic Evolution of The South Tethyan Ocean: Evidence From The Eastern Taurus Mountains (Elazığ Region, SE Turkey). In: Ries, A. C., Butler, R. W. H. & Graham, R. H. (eds) Deformation of Continental Crust. Geological Society, London, Special Publications, 272, 231-270.
- Rutherford, M.J. ve Hill, P.M., 1993. Magma Ascent Rates From Amphibole Breakdown: An Experimental Study applied to the 1980–1986 Mount St. Helens eruptions, J Geophys Res., 98, 19667–19685.
- Sakuyama, M., 1981. Petrological Study of The Myoko and Kurohime Volcanoes, Japan: Crystallization Sequence and Evidence Magma Mixing, J Petrol., 22, 553–583.
- Schmid, R., 1981. Descriptive Nomenclature and Classification of Pyroclastic Deposits and Fragments: Recommendations of The IUGS Subcommittee On The Systematics of Igneous Rocks, Geology, 9, 41-43.
- Simonetti, A., Shore, M. ve Bell, K., 1996. Diopside Phenocrysts From Nephelinite Lavas, Napak Volcano, Eastern Uganda: Evidence for Magma Mixing, Canadian Mineralogist, 34, 411-421.
- Stimac, J.A. ve Pearce, T.H., 1992. Textural Evidence of Mafic–Felsic Magma Interaction In Dacite Lavas, Clear Lake, California, Am Mineral, 77, 795–809.
- Streck, M.J., 2008. Mineral Textures and Zoning As Evidence for Open System Processes. In: Putirka KD, Tepley III FJ (eds) Minerals, Inclusions and Volcanic Processes, Miner Soc Am and Geochem Soc, Rev Mineral, 69, 1, 595–622.
- Şen, P.A., Temel, A. ve Gourgau, A., 2004. Petrogenetic Modelling of Quaternary Postcollisional Volcanism: A Case Study of Central and Eastern Anatolia, Geological Magazine, 141, 81-98.
- Şengör, A.M.C., 1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları: Türkiye Jeoloji Kurumu, Konferans Serisi, 2, 40.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip Faulting and Related Basin Formation In Zones of Tectonic Escape: Turkey As A Case Study. Strike-slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation. In: Biddle, K.T., Christie-Blick, N. (Eds.), Society of Economical Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, 37, 227–264.
- Şengör, A.M.C., 1990. Plate Tectonics and Orogenic Research After 25 Years: A Tethyan Perspective, Earth-Science Reviews, 27, 1-2, 1-201.

- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Genç, T. ve Zor, E., 2003. East Anatolian High Plateau As A Mantlesupported, North–south Shortened Domal Structure, Geophysical Research Letters, 30, 24, 8045.
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Keskin, M., Sakıncı, M., Özbakır, A. D. ve Kayan, I. 2008. Eastern Turkish High Plateau As A Small Turkic-Type Orogen: Implications for Post-Collisional Crust-Forming Processes In Turkic-type Orogens, Earth-Science Reviews, 90, 1-48.
- Şaroğlu, F. ve Güner, Y., 1981. Doğu Anadolu'nun Jeomorfolojik Gelişimine Etki Eden Ögeler, Jeomorfoloji, Tektonik, Volkanizma İlişkileri, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 24, 39-52.
- Ten Dam, A., 1951. Balkaya Linyit Yatağının Jeolojik Haritasının Revizyonu Hakkında Rapor: MTA Rap. No:1887 (yayımlanmamış).
- Thompson, A.B., 1974. Calculation of Muscoviteparagonite-Alkali-Feldspar Phase Relations, Contributions to Mineralogy and Petrology, 44, 173-194.
- Thompson, R.N., 1977. Primary Basalts and Magma Genesis, Contributions to Mineralogy and Petrology, 60, 91-108.
- Thompson, R.N. ve Gibson, S.A., 2000. Transient High Temperatures In Mantle Plume Heads Inferred From Magnesian Olivines İn Phanerozoic Picrites, Nature, 407, 502–506.
- Tunç, M., 1992. Olur (Erzurum) Yöresindeki Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Kireçtaşlarının Biyostratigrafisi, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bült., 35, 1, 121-130.
- Tulloch, A.J. ve Challis, G.A., 2000. Emplacement Depths of Paleozoic–Mesozoic Plutons From Western New Zealand Estimated by Hornblende-Al Geobarometry, New Zealand Journal of Geology and Geophysics, 43, 555-567.
- Varol, E., Temel, A., Gourgau, A. ve Bellon, H., 2007. Early Miocene ‘adakite-like’ Volcanism İn The Balkuyumcu Region, Central Anatolia, Turkey: Petrology and Geochemistry, J. Asian Earth Sci., 30, 613–628.
- Venezky, D.Y. ve Rutherford, M.J., 1997. Preeruption Conditions and Timing of Dacite–Andesite Magma Mixing İn The 2.2 Ka Eruption At Mount Rainier, J Geophys Res., 102, 20069–20086.
- Wallace, P.J. ve Carmichael, I.S.E., 1994. Petrology of Volcan Tequila, Jalisco, Mexico: Disequilibrium Phenocryst Assemblages and Evolution of The Subvolcanic Magma System, Contrib Mineral Petrol, 117, 345– 361.
- Wass, S.Y., 1979. Multiple Origins of Clinopyroxenes İn Alkali Basaltic Rocks, Lithos, 12, 115–132.

- Wedding, H., 1956. Balkaya Linyit Zuhuru, Vilayet Erzurum, Kaza Oltu, Pafta 31/2: MTA Rap. No:2947 (yayımlanmamış).
- Yalçın, H., Gündoğdu, M.N., Gougaud, A., Vidal, P. ve Uçurum, A., 1998. Geochemical Characteristics of Yamadağı Volcanics In Central East Anatolia: An Example From Collision-Zone Volcanism, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85, 303-326.
- Yılmaz, H., 1985. Olur (Erzurum) Yöresinin Jeolojisi, K.T.Ü. Yerbilimleri Derg., 4, 1-2, 23-41.
- Yılmaz, Y., Saroğlu, F. ve Güner, Y., 1987. Initiation of The Neomagmatism In East Anatolia, Tectonophysics 134, 177–199.
- Yılmaz, A. ve Uysal, Ş., 1988. 1/100.000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Erzurum-F32 Paftası Açıklaması, MTA Jeoloji Etütleri Dairesi, 20.
- Yılmaz, A., 1989. Kafkasya'nın Tektonik Kuşakları ve Bu Kuşakların Kuzeydoğu Türkiye'deki Uzantıları: Bir Karşılaştırma, MTA Derg., 109, 89-106.
- Yılmaz, Y., 1990. Comparison of Young Volcanic Associations of Western and Eastern Anatolia Formed Under A Compressional Regime: A Review, J. Volcanol. and Geotherm. Res. 44, 69–87.
- Yılmaz, C., 1993. Doğu Pontid Güney Zonu'nun Stratigrafik Deneştirilmesi ve Paleo Coğrafik Evrimi, Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi, 7, 199-214.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D., 1998. Petrogenesis of The Çiçekdağ Igneous Complex, North of Kırşehir, Central Anatolia, Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 7, 185-199.
- Yılmaz, H., Alpaslan, M. ve Temel, A., 2007. Two-stage Felsic Volcanism in The western Part of The Southeastern Anatolian Orogen: Petrologic and Geodynamic Implications, Int. Geol. Rev., 49, 120–141.
- Yücel, C., Arslan M., Temizel, İ., Abdioğlu, Y. ve Ruffet, G., 2017. Evolution of K-rich Magmas Derived From A Net Veined Lithospheric Mantle In An Ongoing Extensional Setting: Geochronology and Geochemistry of Eocene and Miocene Volcanic Rocks From Eastern Pontides (Turkey), Gondwana Research, 45, 65–86.

7. EKLER

Ek Tablo 1. Kışlaköy (Erzurum-Narman) yöresi Eosen yaşlı volkanik kayalara ait klinopiroksen minerallerinin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek No	N-33 c1 cpx1 c	N-33 c1 cpx1 r	N-33 c2 cpx1 c	N-33 c2 cpx1 r	N-33 c3 cpx1 c	N-33 c3 cpx1 r	N-33 c4 cpx1 c	N-33 c4 cpx1 r	N-33 c4 cpx2 c
SiO ₂	53,50	51,02	51,28	51,33	51,89	51,09	52,11	51,98	50,36
TiO ₂	0,06	0,58	0,59	0,40	0,43	0,56	0,27	0,40	0,75
Al ₂ O ₃	1,52	2,83	2,85	3,10	2,44	2,56	2,57	2,97	3,47
FeO*	3,26	7,26	8,57	7,02	7,49	8,34	4,60	4,93	8,64
MnO	0,14	0,19	0,24	0,19	0,23	0,23	0,12	0,16	0,23
MgO	17,92	15,74	15,33	15,98	16,47	15,18	16,54	16,32	14,79
CaO	21,96	21,09	20,05	20,77	19,66	20,48	22,66	21,94	20,75
Na ₂ O	0,20	0,27	0,28	0,22	0,20	0,32	0,19	0,17	0,30
Toplam	98,56	98,98	99,21	99,00	98,82	98,75	99,06	98,85	99,28
Si	1,97	1,88	1,89	1,89	1,91	1,88	1,92	1,92	1,86
Ti	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
Al	0,07	0,12	0,12	0,13	0,11	0,11	0,11	0,13	0,15
Fe ⁺³	0,14	-0,05	-0,09	-0,01	-0,05	-0,15	0,10	0,07	-0,09
Fe ⁺²	-0,04	0,27	0,35	0,22	0,28	0,40	0,04	0,08	0,36
Mn	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
Mg	0,98	0,87	0,84	0,88	0,90	0,83	0,91	0,90	0,81
Ca	0,87	0,83	0,79	0,82	0,78	0,81	0,89	0,87	0,82
Na	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
Toplam	4,01	3,97	3,96	3,97	3,96	3,94	4,00	3,99	3,95
Al ^(IV)	0,02	0,11	0,10	0,10	0,08	0,11	0,07	0,08	0,14
Al ^(VI)	0,04	0,01	0,02	0,03	0,02	0,00	0,04	0,05	0,01
Mg [#]	0,91	0,79	0,76	0,80	0,80	0,76	0,87	0,86	0,75
Wo	44,33	43,22	41,55	42,73	40,47	42,43	45,91	45,14	43,01
En	50,33	44,89	44,22	45,74	47,16	43,76	46,65	46,72	42,67
Fs	5,3	11,9	14,2	11,5	12,4	13,8	7,4	8,1	14,3
Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir. Fe ⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Mg [#] (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe ⁺² +Fe ⁺³), m: kristal merkezi, k: kristal kenarı,									
kk: küçük kristal, Kpir: Klinopiroksen, Yapısal parametreler 6 oksijene göre hesaplanmıştır.									

Ek Tablo 1. (devamı)

Örnek No	N-33 c4 cpx2 r	N-33 c5 cpx1 c	N-33 c5 cpx1 r	N-33 c7 cpx1 c	N-33 c7 cpx1 m	N-33 c7 cpx1 r	N-33 c10 cpx1 c	N-33 c10 cpx1 m	N-33 c10 cpx1 r
SiO ₂	50,78	51,78	51,09	51,2	50,91	51,80	48,91	49,08	51,69
TiO ₂	0,72	0,34	0,51	0,7	0,68	0,51	0,89	0,70	0,39
Al ₂ O ₃	3,30	3,12	3,82	2,9	3,39	2,94	5,78	6,19	2,47
FeO*	7,37	5,63	5,87	9,1	8,98	6,52	9,32	7,98	6,97
MnO	0,21	0,20	0,13	0,3	0,27	0,18	0,22	0,21	0,21
MgO	15,15	17,21	15,93	15,4	15,14	15,97	14,41	14,77	16,32
CaO	21,22	20,17	21,35	19,6	19,69	21,31	19,66	20,03	21,04
Na ₂ O	0,30	0,15	0,18	0,2	0,30	0,21	0,37	0,39	0,22
Toplam	99,05	98,60	98,89	99,32	99,35	99,43	99,56	99,34	99,31
Si	1,87	1,91	1,88	1,9	1,88	1,91	1,80	1,81	1,91
Ti	0,02	0,01	0,01	0,0	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01
Al	0,14	0,14	0,17	0,1	0,15	0,13	0,25	0,27	0,11
Fe ⁺³	-0,05	0,05	0,02	-0,1	-0,08	0,04	-0,05	0,00	0,02
Fe ⁺²	0,28	0,13	0,16	0,4	0,36	0,16	0,34	0,24	0,20
Mn	0,01	0,01	0,00	0,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	0,83	0,95	0,88	0,8	0,83	0,88	0,79	0,81	0,90
Ca	0,84	0,80	0,84	0,8	0,78	0,84	0,78	0,79	0,83
Na	0,02	0,01	0,01	0,0	0,02	0,01	0,03	0,03	0,02
Toplam	3,96	3,99	3,98	3,96	3,96	3,99	3,97	3,98	3,99
Al ^(IV)	0,12	0,09	0,11	0,1	0,12	0,08	0,19	0,19	0,09
Al ^(VI)	0,02	0,05	0,06	0,0	0,03	0,04	0,06	0,08	0,02
Mg [#]	0,79	0,84	0,83	0,8	0,75	0,81	0,73	0,77	0,81
Wo	44,03	41,46	44,31	40,6	41,05	43,72	41,70	42,65	42,65
En	43,74	49,21	46,00	44,4	43,94	45,59	42,54	43,77	46,02
Fs	12,2	9,3	9,7	15,1	15,0	10,7	15,8	13,6	11,3

Ek Tablo 2. Kışlaköy (Erzurum-Narman) yöresi Eosen yaşlı volkanik kayalara ait plajiyoklas minerallerinin mikroprob analiz sonuçları.

[illegible]

Ek Tablo 2. (devamı)

Örnek No:	N-33 c11 pl1 m	N-33 c11 pl1 r	N-20 c1 pl1 c	N-20 c1 pl1 r	N-20 c4 pl1 mik	N-20 c5 pl1 c	N-20 c5 pl1 r	N-20 c7 pl1 mik2	N-20 c7 pl1 mik3
SiO ₂	50,89	48,97	52,65	52,45	52,78	52,68	51,78	51,54	51,10
Al ₂ O ₃	30,18	31,11	28,65	29,31	29,49	29,00	29,63	29,81	30,31
FeO*	1,06	0,93	0,95	1,02	1,03	0,99	1,07	1,12	1,12
CaO	13,90	14,75	12,26	12,91	12,64	12,63	13,18	13,20	13,96
Na ₂ O	3,40	2,85	4,22	4,15	4,15	4,10	3,87	3,85	3,62
K ₂ O	0,43	0,30	0,61	0,40	0,36	0,53	0,29	0,34	0,29
Toplam	99,86	98,91	99,34	100,23	100,45	99,93	99,82	99,85	100,40
Si	9,33	9,09	9,66	9,55	9,58	9,62	9,47	9,44	9,32
Al(t)	6,52	6,80	6,20	6,29	6,31	6,24	6,39	6,43	6,52
Fe ⁺²	0,16	0,14	0,15	0,16	0,16	0,15	0,16	0,17	0,17
Ca	2,73	2,93	2,41	2,52	2,46	2,47	2,58	2,59	2,73
Na	1,21	1,03	1,50	1,46	1,46	1,45	1,37	1,37	1,28
K	0,10	0,07	0,14	0,09	0,08	0,12	0,07	0,08	0,07
Toplam	20,06	20,06	20,06	20,08	20,04	20,05	20,05	20,07	20,09
% An	67,61	72,76	59,45	61,81	61,45	61,08	64,23	64,19	66,92
% Ab	29,90	25,48	37,01	35,93	36,48	35,87	34,11	33,86	31,41
% Or	2,49	1,76	3,54	2,26	2,07	3,04	1,66	1,95	1,67

Ek Tablo 2. (devamı)

Örnek No:	N-20 c8 pl1 c	N-20 c8 pl1 r	N-5 c1 pl1 c	N-5 c1 pl1 r	N-5 c3 pl mik1	N-5 c3 pl mik2	N-5 c5 pl1 c	N-5 c5 pl1 r	N-5 c5 pl mik
SiO ₂	51,98	52,546	47,9364	50,8989	51,9916	55,6075	47,5796	49,0869	51,7115
Al ₂ O ₃	29,60	28,8619	33,0112	30,3525	29,977	27,8845	33,1865	30,9389	30,5162
FeO*	0,91	1,0651	0,7975	0,7143	0,6362	0,7287	0,7402	1,1345	0,6727
CaO	12,95	12,5169	16,6051	13,6884	13,1714	10,0402	16,8069	14,7375	13,5393
Na ₂ O	3,96	4,4221	2,1454	3,5582	3,6913	5,0814	2,1189	2,7073	3,6024
K ₂ O	0,43	0,4293	0,1912	0,4511	0,4729	0,9269	0,2062	0,2347	0,3682
Toplam	99,83	99,84	100,69	99,66	99,94	100,27	100,64	98,84	100,41
Si	9,50	9,61	8,77	9,34	9,48	10,03	8,72	9,11	9,39
Al(t)	6,38	6,22	7,12	6,56	6,44	5,93	7,17	6,77	6,53
Fe ⁺²	0,14	0,16	0,12	0,11	0,10	0,11	0,11	0,18	0,10
Ca	2,54	2,45	3,26	2,69	2,57	1,94	3,30	2,93	2,63
Na	1,40	1,57	0,76	1,27	1,30	1,78	0,75	0,97	1,27
K	0,10	0,10	0,04	0,11	0,11	0,21	0,05	0,06	0,09
Toplam	20,06	20,11	20,07	20,07	20,01	20,00	20,10	20,02	20,02
% An	62,77	59,52	80,16	66,24	64,52	49,36	80,47	74,00	66,06
% Ab	34,72	38,05	18,74	31,16	32,72	45,21	18,36	24,60	31,80
% Or	2,51	2,43	1,10	2,60	2,76	5,43	1,18	1,40	2,14

Ek Tablo 2. (devamı)

Örnek No:	N-5 c6 pl mik4	N-5 c7 pl1 c	N-5 c7 pl1 r	N-5 c8 pl1 c	N-5 c8 pl1 r	N-5 c8 pl2 c	N-5 c8 pl2 r	N-5 c8 pl3 c	N-5 c8 pl3 r
SiO ₂	52,1912	49,93	54,4473	49,6147	48,6061	46,4705	51,7837	50,4095	50,8979
Al ₂ O ₃	29,628	31,1496	28,3823	31,3667	31,7336	34,0187	30,057	30,973	30,9068
FeO*	0,7707	0,7968	0,703	0,7152	0,8926	0,7816	0,6505	0,7003	0,6912
CaO	13,1817	14,8034	11,289	14,9137	15,6995	17,4708	12,9423	14,3253	13,8223
Na ₂ O	4,036	3,0343	4,7338	2,9484	2,3879	1,6251	3,7417	3,2683	3,2704
K ₂ O	0,4777	0,2751	0,6962	0,3298	0,3008	0,1296	0,4974	0,3559	0,3739
Toplam	100,29	99,99	100,25	99,89	99,62	100,50	99,67	100,03	99,96
Si	9,50	9,15	9,86	9,11	8,97	8,54	9,47	9,22	9,30
Al(t)	6,36	6,73	6,05	6,79	6,90	7,37	6,48	6,68	6,65
Fe ⁺²	0,12	0,12	0,11	0,11	0,14	0,12	0,10	0,11	0,11
Ca	2,57	2,91	2,19	2,93	3,10	3,44	2,53	2,81	2,70
Na	1,42	1,08	1,66	1,05	0,85	0,58	1,33	1,16	1,16
K	0,11	0,06	0,16	0,08	0,07	0,03	0,12	0,08	0,09
Toplam	20,09	20,05	20,03	20,06	20,04	20,08	20,02	20,06	20,00
% An	62,61	71,78	54,58	72,25	77,04	84,95	63,74	69,33	68,48
% Ab	34,69	26,63	41,41	25,85	21,20	14,30	33,35	28,62	29,32
% Or	2,70	1,59	4,01	1,90	1,76	0,75	2,92	2,05	2,21

Ek Tablo 2. (devamı)

Örnek No:	N-5 c10 pl1 c	N-5 c10 pl1 r	N-26 c1 pl1 c	N-26 c1 pl1 r	N-26 c1 pl mik	N-26 c2 pl mik	N-26 c2 pl1 c	N-26 c2 pl1 r	N-26 c3 pl1 c
SiO ₂	48,8578	52,7593	51,7743	52,0724	51,435	52,5023	51,5823	52,5717	51,9924
Al ₂ O ₃	32,3964	29,3421	29,4433	29,3826	29,6107	29,1046	29,0346	28,6705	29,6444
FeO*	0,6832	0,643	0,9647	0,9798	1,0194	0,9589	0,9694	1,0811	0,9227
CaO	15,6417	12,4765	13,2859	13,0831	13,5433	12,9342	13,1392	12,3393	13,232
Na ₂ O	2,5513	4,0999	3,9047	3,7601	3,6498	3,9298	3,8982	4,4462	3,7519
K ₂ O	0,2597	0,5413	0,3844	0,3755	0,357	0,401	0,4095	0,493	0,3828
Toplam	100,39	99,86	99,76	99,65	99,62	99,83	99,03	99,60	99,93
Si	8,94	9,61	9,49	9,53	9,44	9,59	9,52	9,64	9,50
Al(t)	6,98	6,30	6,36	6,34	6,41	6,27	6,31	6,19	6,38
Fe ⁺²	0,10	0,10	0,15	0,15	0,16	0,15	0,15	0,17	0,14
Ca	3,07	2,44	2,61	2,57	2,66	2,53	2,60	2,42	2,59
Na	0,90	1,45	1,39	1,33	1,30	1,39	1,39	1,58	1,33
K	0,06	0,13	0,09	0,09	0,08	0,09	0,10	0,12	0,09
Toplam	20,05	20,02	20,07	20,01	20,05	20,02	20,07	20,11	20,02
% An	76,05	60,74	63,85	64,34	65,83	63,02	63,53	58,84	64,62
% Ab	22,45	36,12	33,96	33,46	32,10	34,65	34,11	38,36	33,16
% Or	1,50	3,14	2,20	2,20	2,07	2,33	2,36	2,80	2,23

Ek Tablo 2. (devamı)

Örnek No:	N-26 c3 pl1 m1	N-26 c3 pl1 m2	N-26 c3 pl1 m3	N-26 c3 pl1 r	N-26 c3 pl2 c	N-26 c3 pl2 r	N-26 c4 pl1 c	N-26 c4 pl1 r	N-26 c4 pl mik
SiO ₂	50,8835	50,5545	53,1659	52,623	50,6669	53,2223	51,1415	51,338	53,1078
Al ₂ O ₃	29,7271	30,1067	28,2069	28,6823	30,3296	28,7713	30,0745	30,0046	28,4655
FeO*	0,9457	0,8803	0,9221	1,1108	0,9378	1,0117	0,9403	0,9578	1,0597
CaO	13,7149	14,402	12,2608	12,2932	14,2201	12,4282	13,9302	13,6704	12,3153
Na ₂ O	3,559	3,3825	4,2809	4,1667	3,3963	4,4187	3,4899	3,7144	4,3448
K ₂ O	0,348	0,285	0,4716	0,4743	0,3003	0,4759	0,3253	0,3437	0,5002
Toplam	99,18	99,61	99,31	99,35	99,85	100,33	99,90	100,03	99,79
Si	9,39	9,30	9,75	9,66	9,29	9,67	9,37	9,39	9,70
Al(t)	6,46	6,53	6,09	6,20	6,56	6,16	6,49	6,47	6,13
Fe ⁺²	0,15	0,14	0,14	0,17	0,14	0,15	0,14	0,15	0,16
Ca	2,71	2,84	2,41	2,42	2,79	2,42	2,73	2,68	2,41
Na	1,27	1,21	1,52	1,48	1,21	1,56	1,24	1,32	1,54
K	0,08	0,07	0,11	0,11	0,07	0,11	0,08	0,08	0,12
Toplam	20,06	20,07	20,02	20,04	20,07	20,08	20,05	20,08	20,06
% An	66,68	69,03	59,61	60,27	68,62	59,21	67,51	65,72	59,28
% Ab	31,31	29,34	37,66	36,96	29,66	38,09	30,61	32,31	37,85
% Or	2,01	1,63	2,73	2,77	1,73	2,70	1,88	1,97	2,87

Ek Tablo 2. (devamı)

Örnek No:	N-26 c5 pl1 c	N-26 c5 pl1 r	N-26 c8 pl1 c	N-26 c8 pl1 r	N-26 c8 pl2 c	N-26 c8 pl2 r	N-26 c9 pl1 c	N-26 c9 pl1 r
SiO ₂	50,9021	52,7352	51,2073	51,6192	50,6407	50,7117	49,842	51,8998
Al ₂ O ₃	30,2896	28,5384	28,882	29,6688	29,8611	29,3705	30,5998	29,1397
FeO*	0,9612	1,0183	0,8877	0,9706	0,9447	0,9553	0,9055	1,0263
CaO	13,87	12,5333	13,2043	13,3864	13,808	13,7599	14,4806	13,6106
Na ₂ O	3,4379	4,2325	3,9401	3,73	3,6134	3,4597	3,1188	3,8432
K ₂ O	0,3371	0,4371	0,3906	0,3429	0,3431	0,3337	0,2947	0,3974
Toplam	99,80	99,49	98,51	99,72	99,21	98,59	99,24	99,92
Si	9,33	9,67	9,50	9,46	9,35	9,41	9,49	9,50
Al(t)	6,54	6,16	6,32	6,41	6,50	6,42	6,87	6,29
Fe ⁺²	0,15	0,16	0,14	0,15	0,15	0,15	0,14	0,16
Ca	2,72	2,46	2,63	2,63	2,73	2,74	2,95	2,67
Na	1,22	1,50	1,42	1,32	1,29	1,24	1,15	1,36
K	0,08	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,09
Toplam	20,05	20,05	20,09	20,04	20,09	20,04	20,68	20,08
% An	67,68	60,51	63,48	65,16	66,53	67,39	70,72	64,69
% Ab	30,36	36,98	34,28	32,85	31,50	30,66	27,56	33,06
% Or	1,96	2,51	2,24	1,99	1,97	1,95	1,71	2,25

Ek Tablo 3. Kışlaköy (Erzurum-Narman) yöresi Eosen yaşlı volkanik kayalara ait olivin minerallerinin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek No	N-33 c1 ol1 c	N-33 c1 ol1 r	N-33 c3 ol1 c	N-33 c3 ol1 r	N-33 c3 ol2 c	N-33 c3 ol2 r	N-33 c4 ol ink cpx	N-33 c4 ol1 c	N-33 c4 ol1 r
SiO ₂	39,00	38,16	40,04	38,61	39,70	38,74	39,23	38,30	37,81
TiO ₂	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	0,04	0,10	0,05	0,05	0,00	0,01	0,04	0,04	0,00
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	20,25	24,98	16,27	23,34	15,24	21,99	19,72	23,74	26,65
MnO	0,42	0,50	0,24	0,45	0,24	0,39	0,32	0,46	0,57
MgO	40,22	36,70	43,41	38,33	44,18	39,06	41,12	37,57	35,06
NiO	0,13	0,12	0,20	0,14	0,27	0,18	0,13	0,07	0,11
CaO	0,31	0,24	0,13	0,21	0,17	0,16	0,15	0,28	0,27
Toplam	100,37	100,80	100,35	101,14	99,82	100,53	100,72	100,47	100,48
Si	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe(ii)	0,43	0,55	0,34	0,50	0,32	0,48	0,42	0,52	0,59
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	1,54	1,43	1,63	1,48	1,66	1,51	1,56	1,46	1,38
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
TOTAL	3,00	3,00	2,99	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Mg #	0,78	0,72	0,83	0,75	0,84	0,76	0,79	0,74	0,70
Fo	77,63	71,97	82,41	74,17	83,57	75,68	78,53	73,46	69,65
Fa	21,92	27,48	17,33	25,34	16,17	23,89	21,12	26,03	29,70

Ek Tablo 3. (devamı)

Örnek No	N-33 c6 ol1 c	N-33 c6 ol1 r	N-33 c6 ol2 c	N-33 c6 ol2 r	N-33 c9 ol1 c	N-33 c9 ol1 r	N-26 c1 ol ink cpx	N-26 c2 ol1	N-26 c3 ol1
SiO ₂	39,12	37,58	38,99	37,27	40,90	38,66	50,52	37,66	37,44
TiO ₂	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,01	0,00
Al ₂ O ₃	0,08	0,03	0,03	0,09	0,03	0,03	3,10	0,04	0,05
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
FeO	19,06	27,61	20,58	26,14	12,64	21,53	8,63	26,55	26,78
MnO	0,35	0,61	0,39	0,58	0,20	0,41	0,24	0,53	0,52
MgO	40,80	34,41	39,52	34,08	46,16	39,04	15,45	35,08	35,45
NiO	0,11	0,12	0,08	0,11	0,26	0,12	0,08	0,00	0,07
CaO	0,20	0,25	0,29	0,29	0,26	0,22	21,02	0,23	0,27
Toplam	99,77	100,61	99,86	98,56	100,44	100,01	99,67	100,10	100,58
Si	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,00	1,26	1,00	0,99
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe(ii)	0,41	0,61	0,44	0,59	0,26	0,47	0,18	0,59	0,59
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	1,56	1,36	1,52	1,37	1,70	1,51	0,57	1,39	1,40
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,56	0,01	0,01
TOTAL	2,99	3,00	2,99	2,99	2,99	3,00	2,68	3,00	3,01
Mg #	0,79	0,69	0,77	0,70	0,87	0,76	0,76	0,70	0,70
Fo	78,93	68,49	77,06	69,45	86,50	76,03	75,62	69,78	69,83
Fa	20,68	30,82	22,51	29,88	13,29	23,52	23,70	29,62	29,59

Ek Tablo 3. (devamı)

Örnek No	N-26 c3 ol2	N-26 c5 ol ink cpx1	N-26 c7 ol1	N-26 c7 ol2	N-26 c8 ol1	N-26 c8 ol2	N-26 c9 ol ink cpx1	N-26 c9 ol1	N-26 c9 ol2	N-26 c9 ol3
SiO ₂	37,29	50,51	37,90	37,74	37,38	37,91	38,75	37,65	50,67	37,75
TiO ₂	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,05	0,04
Al ₂ O ₃	0,01	2,63	0,06	0,03	0,06	0,02	3,07	0,05	0,02	0,05
Cr ₂ O ₃	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	26,39	9,11	26,28	25,78	20,45	26,37	9,66	26,39	19,36	14,74
MnO	0,54	0,28	0,49	0,49	0,53	0,53	0,32	0,54	0,32	0,15
MgO	35,52	15,33	35,75	35,60	35,47	35,82	40,50	36,05	15,31	35,50
NiO	0,05	0,03	0,07	0,05	0,08	0,07	0,03	0,03	0,14	0,22
CaO	0,28	20,00	0,31	0,24	0,21	0,26	20,17	0,31	0,29	0,21
Toplam	100,09	98,47	100,85	99,95	94,17	100,98	113,17	101,01	86,15	88,66
Si	0,99	1,27	1,00	1,00	0,99	1,01	1,03	1,00	1,34	1,00
Ti	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Al	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe(ii)	0,59	0,19	0,58	0,57	0,45	0,58	0,21	0,59	0,43	0,23
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Mg	1,41	0,58	1,40	1,41	1,40	1,42	1,60	1,42	0,61	0,55
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,01	0,54	0,01	0,01	0,01	0,01	0,57	0,01	0,01	0,01
TOTAL	3,01	2,68	3,00	3,00	2,87	3,03	3,53	3,03	2,40	1,80
Mg #	0,71	0,75	0,71	0,71	0,76	0,71	0,88	0,71	0,59	0,71
Fo	70,16	74,43	70,42	70,72	75,09	70,36	87,85	70,47	58,10	70,45
Fa	29,24	24,81	29,03	28,73	24,28	29,06	11,75	28,94	41,20	29,26

Ek Tablo 4. Kışlaköy (Erzurum-Narman) yöresi Eosen yaşlı volkanik kayalara ait Fe-Ti oksit minerallerinin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek No	N-33 c2 opq1	N-33 c2 opq2	N-33 c2 opq3	N-33 c2 opq4	N-5 c1 opq1	N-5 c2 opq ink cpx 1	N-5 c4 opq ink cpx2	N-5 c4 opq 2	N-5 c5 opq ink
	Mag-1								
SiO2	0,060	0,088	0,047	0,069	0,123	0,107	0,063	0,150	0,074
TiO2	11,009	12,688	10,733	14,009	15,991	9,565	9,823	17,406	12,197
Al2O3	2,332	1,727	2,332	2,286	2,736	3,394	2,699	2,174	2,052
Cr2O3	0,034	0,050	0,047	0,021	0,086	0,986	1,903	0,103	0,623
FeO	79,916	78,773	80,736	76,287	72,857	74,787	74,499	71,452	75,205
MnO	0,449	0,547	0,340	0,539	0,583	0,594	0,468	1,306	0,460
MgO	1,083	0,934	0,820	1,851	1,981	3,144	4,029	0,844	3,579
CaO	0,016	0,048	0,083	0,018	0,000	0,167	0,113	0,050	0,062
Toplam	94,900	94,856	95,138	95,080	94,357	92,745	93,597	93,485	94,252
Si	0,018	0,026	0,014	0,020	0,037	0,032	0,019	0,046	0,022
Ti	2,486	2,882	2,421	3,148	3,617	2,159	2,190	4,026	2,724
Al	0,825	0,614	0,824	0,805	0,970	1,200	0,943	0,788	0,718
Cr	0,008	0,012	0,011	0,005	0,020	0,234	0,446	0,025	0,146
V	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe(III)	10,160	9,558	10,294	8,854	7,703	10,184	10,193	7,044	9,644
Fe(II)	9,900	10,332	9,956	10,202	10,617	8,580	8,275	11,328	9,026
Mn	0,114	0,140	0,086	0,136	0,149	0,151	0,117	0,340	0,116
Mg	0,485	0,420	0,367	0,824	0,888	1,406	1,781	0,387	1,584
Ca	0,005	0,016	0,027	0,006	0,000	0,054	0,036	0,016	0,020
Toplam	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000
* Yapısal formüller 32 oksijene göre hesaplandı. Mg-Magnetit									

Ek Tablo 4. (devamı)

Örnek No	N-5 c5 opq3	N-5 c6 opq 4	N-5 c9 opq ink cpx3	N-20 c1 opq1	N-20 c4 opq ink cpx1	N-20 c7 opq2	N-20 c7 opq3	N-20 c7 opq4	N-20 c8 opq5
SiO ₂	0,170	0,086	0,096	0,082	0,142	0,018	0,025	0,100	0,049
TiO ₂	16,178	16,292	12,572	1,223	3,118	1,317	46,533	1,191	1,153
Al ₂ O ₃	2,538	2,488	2,984	2,158	3,343	2,022	0,899	1,857	2,044
Cr ₂ O ₃	0,175	0,109	0,568	0,334	0,928	0,281	0,027	0,087	0,444
FeO	72,523	73,443	73,268	86,363	81,353	84,316	43,758	85,623	85,342
MnO	0,582	0,606	0,519	0,831	0,955	0,701	0,095	0,613	0,692
MgO	2,090	1,893	3,792	1,028	1,141	3,131	3,577	2,596	3,224
CaO	0,016	0,036	0,053	0,070	0,056	0,057	0,043	0,099	0,019
Toplam	94,272	94,952	93,853	92,088	91,036	91,844	94,956	92,166	92,966
Si	0,051	0,026	0,028	0,025	0,044	0,005	0,008	0,030	0,015
Ti	3,662	3,670	2,804	0,282	0,724	0,299	10,748	0,271	0,259
Al	0,900	0,878	1,043	0,779	1,216	0,720	0,325	0,662	0,718
Cr	0,042	0,026	0,133	0,081	0,226	0,067	0,007	0,021	0,105
V	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe(III)	7,631	7,706	9,159	14,526	13,023	14,604	0,000	14,715	14,630
Fe(II)	10,622	10,685	9,008	7,599	7,974	6,697	0,000	6,941	6,658
Mn	0,148	0,154	0,130	0,216	0,250	0,179	0,025	0,157	0,175
Mg	0,938	0,845	1,677	0,470	0,525	1,410	1,637	1,171	1,434
Ca	0,005	0,011	0,017	0,023	0,019	0,018	0,014	0,032	0,006
Toplam	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	12,764	24,000	24,000

Ek Tablo 4. (devamı)

Örnek No	N-26 opq1	N-26 c4 opq2	N-26 c4 opq ink cpx1	N-26 c6 opq3	N-26 c7 opq ink cpx2	N-26 c9 opq ink cpx1	N-26 c9 opq ink ol1
SiO ₂	0,145	0,143	0,180	0,088	0,116	0,409	0,081
TiO ₂	11,407	12,672	9,384	14,199	9,302	6,283	9,360
Al ₂ O ₃	3,952	4,086	5,207	3,118	5,697	8,488	5,398
Cr ₂ O ₃	0,836	0,961	0,741	1,272	0,582	0,787	0,783
FeO	75,464	73,957	75,437	73,933	74,728	72,711	74,289
MnO	0,434	0,404	0,346	0,520	0,380	0,507	0,397
MgO	1,936	2,479	2,520	1,504	3,387	4,146	3,387
CaO	0,020	0,037	0,067	0,083	0,108	0,145	0,021
Toplam	94,193	94,739	93,882	94,717	94,299	93,476	93,714
Si	0,043	0,042	0,053	0,026	0,034	0,118	0,024
Ti	2,560	2,818	2,087	3,202	2,041	1,361	2,070
Al	1,390	1,424	1,815	1,102	1,959	2,881	1,871
Cr	0,197	0,225	0,173	0,302	0,134	0,179	0,182
V	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe(iii)	9,205	8,631	9,731	8,139	9,757	9,982	9,761
Fe(ii)	9,626	9,655	8,922	10,398	8,474	7,530	8,503
Mn	0,110	0,101	0,087	0,132	0,094	0,124	0,099
Mg	0,861	1,093	1,111	0,672	1,473	1,780	1,485
Ca	0,007	0,012	0,021	0,027	0,034	0,045	0,006
Toplam	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000

ÖZGEÇMİŞ

Hande GÜNGÖR; 1985 yılında Erzurum İlinde dünyaya geldi. 1991-2003 yılları arasında ilk, orta ve lise öğrenimini Erzurum'da tamamladı. Üniversite hayatına 2004-2008 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi Gümüşhane Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2008 yılında lisans öğrenimini tamamladıktan sonra, 2019 yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Evli ve 1 erkek çocuğu olup iyi seviyede İngilizce ve başlangıç seviyesinde Rusça ve Almanca bilmektedir.



