

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MELİKLER BAZALTLARININ PETROLOJİSİ: KARS PLATOSU
ÜZERİNDEKİ BAZALTİK VOLKANİZMANIN MAGMATİK EVRİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Elif OYAN
DANIŞMAN: Doç. Dr. Yavuz ÖZDEMİR

VAN-2018

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MELİKLER BAZALTLARININ PETROLOJİSİ: KARS PLATOSU
ÜZERİNDEKİ BAZALTIK VOLKANİZMANIN MAGMATİK EVRİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Elif OYAN

VAN-2018

KABUL VE ONAY SAYFASI

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doç. Dr. Yavuz ÖZDEMİR danışmanlığında, Elif OYAN tarafından sunulan “**Melikler bazaltlarının petrolojisi: Kars Platosu üzerindeki bazaltik volkanizmanın magmatik evrimi**” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 14/05/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Namık AYSAL

İmza:

Üye: Doç. Dr. Yavuz ÖZDEMİR

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Bahattin GÜLLÜ

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 18.05/2018 tarih ve 2018/25-I sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.


Elif OYAN

ÖZET

MELİKLER BAZALTLARININ PETROLOJİSİ: KARS PLATOSU ÜZERİNDEKİ BAZALTİK VOLKANİZMANIN MAGMATİK EVRİMİ

OYAN, Elif

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Yavuz ÖZDEMİR

Mayıs 2018, 95 sayfa

Bu tez çalışmasında, Kars Platosu üzerindeki çarpışmayla ilişkili Melikler bazaltik volkanizmasının petrolojik evrimi detaylı olarak sunulmuştur. Elde edilen K-Ar yaş verileri magmatik aktivitenin 4.1 ile 1.7 My aralığında oluştuğuna işaret eder. Volkanik ürünler bazaltdan andezite kadar değişen kompozisyonlarda, alkali ve subalkali lavlardan meydana gelir. Lav serilerinin tamamı olivin, piroksen, plajiyoklaz ve oksit fenokristalleri ve mikrolitlerinden oluşurlar ve intersertal, hyalopilitik ve vitrofirik dokular sergilerler.

FC (fraksiyonel kristallenme), AFC (asimilasyonla birleşik fraksiyonel kristallenme) ve EC-RAFC (enerjiye bağımlı fraksiyonel kristallenme, asimilasyon ve magma tazelenmesi) model hesaplamaları Melikler bazaltik volkanizmasının evriminde fraksiyonel kristallenme, magma tazelenmesi ve kıtasal kirlenmenin önemli rol oynadıklarına işaret eder.

En az evrimleşmiş bazaltik lavlarda, büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerin (BİYE) ve hafif nadir toprak elementlerin (HNTE) yüksek alan şiddetli elementlere (YAŞE) göre belirgin zenginleşmesi, yüksek $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, Pb ve düşük $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ve $^{177}\text{Hf}/^{176}\text{Hf}$ izotopik oranları, Melikler bazaltik volkanizmasının manto kaynak alanının baskın olarak akışkanlardan ziyade sediman ergimeleri ile zenginleştiğine işaret eder. Kısmi ergime model hesaplamaları platonun bu parçasındaki bazaltik ergiyiklerin kısmi ergime derecesi %0.4 ile %4 arasında değişen ve amfibol ile granat içeren metasomatize olmuş manto kaynağının ergimesi ile üretilebileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: AFC, Kars Platosu, Kısmi ergime, Magma tazelenmesi, Melikler bazaltik volkanizması, Petrojenez



ABSTRACT

PETROLOGY OF MELIKLER BASALTS: MAGMATIC EVOLUTION OF BASALTIC VOLCANISM IN KARS PLATEAU

OYAN, Elif

M. Sc. Thesis, Geological Engineering
Supervisor: Assoc. Prof. Yavuz ÖZDEMİR
May 2018, 95 pages

In this thesis, petrologic evolution of the collision-related Melikler basaltic volcanism on the Kars Plateau (Eastern Anatolia, Turkey) is presented in detail. The obtained K-Ar dating results indicate that this magmatic activity occurred between 4.1 and 1.7 Ma. Volcanic products consist of alkaline to sub-alkaline lavas, ranging in their compositions from basalt to andesite. All of the lava series composed of olivine, pyroxene, plagioclase and oxide phenocrystals and microlites, displaying intersertale, hyalopilitic and vitrophyric textures.

FC (fractional crystallisation), AFC (assimilation combined fractional crystallisation) and EC-RAFC (Energy-constrained assimilation, fractional crystallisation and magma recharge) model calculations suggest that fractional crystallisation, magma replenishment and crustal contamination processes play an important role in the evolution of the Melikler basaltic volcanism.

Enrichment of large ion lithophile elements (LILE) and light rare earth elements (LREE) relative to high strength field elements (HFSE) and higher $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, Pb and lower $^{144}\text{Nd}/^{143}\text{Nd}$ and $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ of the least evolved basaltic samples indicate that the mantle source region of the Melikler basaltic volcanism might be enriched by melts that were derived from subducted sediments rather than from fluids. Partial melting model calculations show that basaltic melts in this part of the region might have been produced by melting of a metasomatised mantle source containing both amphibole and garnet with a partial melting degree between 0.4 and 4%.

Keywords: AFC, Kars Plateau, Partial melting, Magma replenishment, Melikler basaltic volcanism, Petrogenesis



ÖN SÖZ

Bu tez çalışması Doğu Anadolu Çarpışma Zonunun kuzeyinde yer alan Kars Platosu üzerindeki Melikler bazaltik volkanizmasının petrolojik ve magmatik evrimini konu almaktadır. Volkanizmanın magma odası ve manto kaynak alanının evrimleşme süreçleri jeokimyasal, izotopik ve jekronolojik yaşlandırma analizlerinden elde edilen analitik veri setinin bir bütün olarak değerlendirilmesi ile ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Tezin şekillenmesinde her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Doç Dr. Yavuz ÖZDEMİR'e teşekkür ederim. Teze katkılarından dolayı Dr. İsmail AKKAYA'ya ve Dr. Vural OYAN'a teşekkür ederim. Ayrıca tezin şekillenmesinde değerli görüş ve önerilerini aldığım tez jüri üyeleri Doç. Dr. Namık AYSAL ve Dr. Bahattin GÜLLÜ'ye teşekkür ederim. Maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve destekleriyle tezin son aşamasına gelmesinde büyük katkıları olan aileme de sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, 113Y406 nolu TÜBİTAK 1001 projesi tarafından desteklenmiştir.

2018

Elif OYAN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM	13
3.1. Önceki Çalışmaların Derlenmesi.....	13
3.2. Arazi Çalışmaları	13
3.3. Laboratuvar Çalışmaları	14
3.3.1 Örnek hazırlama	14
3.3.2 Petrografik analizler	14
3.3.3 Jeokimyasal analizler	15
3.3.5. Mineral kimyası analizleri.....	17
3.3.6. Jeokronolojik yaşlandırma analizleri	17
4. BULGULAR	19
4.1. Volkanitlerin Altındaki Temel Birimler	19
4.1.1. Kağızman karmaşığı.....	19
4.1.2. Granodiyorit	20
4.1.3. Kötek formasyonu.....	20
4.1.4. Tuzluca formasyonu	22
4.2. Melikler Volkanitlerinin Altındaki Volkanik ve Temel Birimler.....	22
4.2.1. Mescitli formasyonu ve Kura volkanitleri	22
4.2.2. Kalkankale formasyonu.....	22
4.2.3. Dumanlıdağ piroklastik kayaları	24
4.2.4. Taşköprü andeziti	24
4.3. Melikler Volkanitleri	25

	Sayfa
4.4. Mineraloji-Petrografi	30
4.4.1. Bazaltik lavlar	30
4.4.2. Trakibazaltik lavlar	31
4.4.3. Bazaltik-trakiandezit lavları	32
4.4.4. Bazaltik andezit lavları	34
4.4.5. Andezitik lavlar	35
4.4.6. Trakiandezitik lavlar	36
4.5. Mineral Kimyası	36
4.5.1. Olivin	37
4.5.2. Piroksen	38
4.5.3. Plajiyoklaz	40
4.5.4. Fe-Ti oksitler	41
4.6. Jeokimya	41
4.6.1. Ana oksitler	43
4.6.2. İz elementler	50
4.6.3. İzotop jeokimyası	54
5. TARTIŞMA	57
5.1. Minerallerin Kristallenme Sıcaklıkları	57
5.2. Fraksiyonel Kristallenme (FC) ve Magma Karışımı veya Tazelenmesi	58
5.3. Kabuksal kirlenme	66
5.4. Manto Kaynak Alanı ve Zenginleşmeler	71
5.5. Kısmi Ergime	77
6. SONUÇLAR	83
KAYNAKLAR	85
ÖZGEÇMİŞ	95

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Melikler volkanitlerine ait farklı kayaç örneklerinin K-Ar yaşlandırma analiz sonuçları.....	26
Çizelge 4.2. Melikler volkanitlerine ait seçilmiş örneklerdeki olivin kristallerinin mineral kimyası analiz sonuçları.....	37
Çizelge 4.3. Melikler volkanitlerine ait seçilmiş örneklerdeki piroksen kristallerinin mineral kimyası analiz sonuçları.....	38
Çizelge 4.4. Melikler volkanitlerine ait seçilmiş örneklerdeki plajiyoklaz kristallerinin mineral kimyası analiz sonuçları.....	38
Çizelge 4.5. Melikler volkanitlerine ait seçilmiş örneklerdeki Fe-Ti oksitler ve ortopiroksen kristallerinin mineral kimyası analiz sonuçları.....	41
Çizelge 4.6. Melikler volkanitlerine ait kayaç örneklerinin ana oksit, iz ve nadir toprak element ile Sr, Nd, Pb, Hf izotopik analiz sonuçları. Koordinatlar UTM sisteminde verilmiştir. BTRA: Bazaltik trakiandezit.....	44
Çizelge 5.1. Magma odası evrim süreçlerini ortaya koyabilmek için üretilen petrolojik modellemelerde kullanılan ayırılma katsayısı (Kd) değerleri. Kullanılan asidik, ortaç ve bazik magma kompozisyonlarında Th ve Co elementleri için mineral – ergiyik ayırılma katsayıları (Partition coefficients: K_d). Kd değerleri Adam ve Gren (2006); Villemant ve ark. (1981); Fujimaki ve ark. (1984); Bacon ve Drüitt (1988); Villemant (1988); McKenzie ve O’Nions (1991) ve Ewart ve Griffin (1994)’den alınmıştır (Amf-amfibol, Plg-plajiyoklaz, Opx-ortopiroksen, Cpx-klinopiroksen, Ol- olivin, Bi-biyotit, Sn-sanidin, Mg-magnetit).....	61
Çizelge 5.2. Melikler volkanitlerine ait lavların en küçük kareler magma karışım hesaplama sonuçları. BA:bazaltik andezit; BTRA-bazaltik trakiandezit.....	63
Çizelge 5.3. EC-RAFC modellemesinde Melikler bazaltik volkanizmasına ait örnekler için kullanılmış olan termal ve kompozisyonel parametreler. Magma, Recharge magma ve asimilantın izobarik ısıları ve entalpi değerleri Bohrsen ve Spera (2001)’den alınmıştır.	72

Çizelge**Sayfa**

Çizelge 5.4. Nonmodal yığın kısmi ergime modellerinde kullanılan parametreler. Mineral/ergiyik ayrışma katsayıları (K_d) McKenzie ve O'Nions (1991; 1995) ve Adam ve Green (2006)'den alınmıştır. Manto peridotitleri için kaynak ve ergiyik mineral oranları ¹- Thirwall ve ark. (1994); ²- Ianov ve ark. 2002 ve Thirwall ve ark. 1994'den ³-Barry ve ark. (2003)'den alınmıştır. Gr-Granat, Amp-Amfibol, Phl-Flogopit, Sp-Sipinel, PM-Primitif manto_Sun ve McDonough (1989).....

79



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil		Sayfa
Şekil 1.1.	Türkiye-İran yüksek platosunun ve çalışma alanının kabartı rölyef haritası üzerindeki konumları. Haritada SRTM verisi kullanılmıştır (Oyan ve ark., 2017'den değiştirilerek alınmıştır)....	2
Şekil 1.2.	Çalışma alanı yer bulduru haritası.....	4
Şekil 4.1.	Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'deki haritalar üzerinde gösterilmiş olan çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası (MTA 1/500000 ölçekli jeoloji haritasından değiştirilerek alınmıştır). Haritada SRTM verileri kullanılmıştır.....	21
Şekil 4.2.	Kura volkanitleri ve Mescitli formasyonuna ait lav ve piroklastik kayaç seviyeleri. Piroklastik kayaçlar ignimbritlerden oluşmaktadır. Bu birim en üsttü iri volkanik kayaç parçaları içeren debris benzeri birimler ile örtülmüştür.....	23
Şekil 4.3.	Dumanlıdağ piroklastiği ve üzerine akan Melikler volkanitlerine ait lavlar.....	24
Şekil 4.4.	Taşköprü andeziti olarak Aktimur ve ark. (1991) tarafından adlandırılan birimin oluşturduğu lav akıntıları ve dom yapıları.....	25
Şekil 4.5.	Çıldır Gölü çevrelerinde gözlenen Melikler volkanitlerine ait lav akıntıları.....	26
Şekil 4.6.	Dumanlıdağ piroklastiği olarak Aktimur ve ark. (1991) tarafından adlandırılan ve piroklastik ve andezitik-dasitik lav akıntıları ile karakterize olan birimin üzerine akmış Melikler volkanitlerine ait lavlar.....	27
Şekil 4.7.	Melikler volkanitlerinin sütünsal yapılı akma seviyeleri.....	28
Şekil 4.8.	Melikler volkanitlerine ait bazaltik-trakibazaltik lav serileri.....	28
Şekil 4.9.	Melikler volkanitlerine ait bazaltik lavlar içinde gözlenen gaz kaçış bacaları.....	29
Şekil 4.10.	Kars Platosu'nun güneyindeki alanlarda andezitik-bazaltikandezitik lavların oluşturduğu ve platoyu örten lav akıntıları.....	29

Şekil		Sayfa
Şekil 4.11.	Bazaltik kayalara ait incekesit görüntüleri. a, b, c. İddingsitleşmiş olivin (Ol), plajiyoklaz (Plg), klinopiroksen (Kpx) ve opak fenokristalleri, aynı minerallerin mikrolitleri ve volkanik camdan oluşan intersertal hamur içinde dağılmakta, d. Kalsit dolgusu, e. akma dokusu, f. Plg, Ol ve Kpx fenokristallerinin kümelenerek oluşturdukları glomeroporfirik doku. a, c, d, e ve f görüntüleri çift nikol; b tek nikol görüntü.....	31
Şekil 4.12.	Trakibazaltik lavların incekesit görüntüleri. a. çift nikol, b. tek nikol. Hücremsi dokunun geliştiği plajiyoklaz fenokristalleri olivin, klinopiroksen ve plajiyoklaz mikrolitleri ile volkanik camdan ibaret intersertal hamur içinde dağılmakta.....	32
Şekil 4.13.	Bazaltik trakiandezit kayaç serilerine ait incekesit görüntüleri. Olivin, plajiyoklaz ve klinopiroksen mineralleri intersertal hamur içinde dağılmakta. a. çift nikol, b. tek nikol.....	33
Şekil 4.14.	Bazaltik-trakiandezit kayaç gruplarında fenokristal olarak kristallenmiş plajiyoklaz fenokristallerinde gözlenen hücremsi doku. Olivin, plajiyoklaz ve piroksen mikrolitleri hyalopilitik hamur içinde dağılmakta.....	33
Şekil 4.15.	Bazaltik andezit lavlarının çift nikol (a, c, d) ve tek nikol (b) incekesit görüntüleri.....	34
Şekil 4.16.	Melikler volkanitlerine ait andezitik lavların incekesit görüntüleri. a, b. Plajiyoklaz, klinopiroksen ve ortopiroksen fenokristalleri vitrofirik porfirik hamur içinde dağılmakta, c. Hyalopilitik doku, d. İntersertal doku.....	35
Şekil 4.17.	Melikler volkanitlerine ait trakiandezitik lavların incekesit görüntüleri. İntersertal hamur içinde klinopiroksen, ortopiroksen ve plajiyoklaz feno-mikro kristalleri ve mikrolitlerin dağılımı. a, c. Çift nikol, b, d. Tek nikol.....	36
Şekil 4.18.	Melikler volkanitlerine ait lavların % forsterit olivin içeriklerini ve klinopiroksen minerallerinin Mg# değerlerini gösteren histogram grafikleri. Siyah barlar çekirdek, gri barlar ise kenar analizlerini yansıtmaktadır.....	39
Şekil 4.19.	Piroksen kristallerinin mineral kimyası analizlerine göre a. türleri ve b. kristallendikleri sıcaklık aralıkları (Morimoto ve ark. 1988)..	40
Şekil 4.20.	Kayaç örneklerinin % anortit plajiyoklaz içeriklerini gösterir histogram grafiği. Siyah barlar çekirdek, gri barlar ise kenar analizlerini yansıtmaktadır.....	42

Şekil		Sayfa
Şekil 4.21.	Kayaç örneklerinde mineral kimyası analizleri yapılmış olan plajiyoklaz kristallerinin Or-Ab-An üçgen diyagramındaki konumları.....	43
Şekil 4.22.	Melikler volkanitlerine ait lavların sınıflama diyagramları. a. toplam alkali-silis diyagramı. (LeBas ve ark., 1986), b. SiO ₂ -K ₂ O diyagramı (Peccerillo ve Taylor 1976).....	49
Şekil 4.23.	Örneklerin toplam alkali-FeO-MgO üçgen diyagramındaki konumları (Irvine ve Baragar 1971).....	49
Şekil 4.24.	Kayaç örneklerinin SiO ₂ 'ye karşı ana oksit değişim diyagramları..	51
Şekil 4.25.	Kayaç örneklerinin SiO ₂ 'ye karşı iz element değişim diyagramları.....	52
Şekil 4.26.	Kayaç örneklerinin Sun ve McDonough (1989) N-TİPİ MORB değerlerine normalize çoklu element örümcek diyagramları.....	53
Şekil 4.27.	Kayaç örneklerinin Sun ve McDonough (1989) kondrit değerlerine normalize nadir torak element (NTE) örümcek diyagramları.....	54
Şekil 4.28.	Melikler volkanitlerine ait kayaç örneklerinin İzotopik değişim diyagramları. Muş-Nemrut (i.e. Muş-Nem-Tend), Bingöl, Süphan, Tendürek, Etrüsk and Kars-Ararat alanları Pearce ve ark. (1990), Keskin ve ark. (2006), Özdemir ve ark. (2006), Özdemir ve Güleç (2014), Oyan ve ark. (2016); Lebedev ve ark. (2016) dan alınmıştır. GLOSS Plank ve Langmuir (1998)'den, Karacadağ alanı Lustrino ve ark. (2010), Keskin ve ark.(2012)'den Arabistan plakası, Israel, Ürdün ve Afar sorgucu (Afar plume) Volker ve ark. (1993), Lustrino ve Wilson (2007) ve Krienitz ve ark. (2006) dan alınmıştır. Ermenistan ve İran'a ait izotopik veriler sırasıyla Neill ve ark. (2013; 2015) ve Allen ve ark (2013)'den alınmıştır. Gürcistan ve Rusya'a ait izotopik veri Lebedev ve ark. (2007; 2010b)'dan alınmıştır. Kula volkanik alanı Alıcı ve ark. (2002)'den alınmıştır.....	55
Şekil 5.1.	Melikler volkanitlerine ait türeyen örnekler için Dy/Dy* - Dy/Yb (Davidson ve ark., 2013) diyagramı. $Dy/Dy^* = Dy_N / (La_N^{4/13} Yb_N^{9/13})$. Dy _N , La _N ve Yb _N değerleri sırasıyla Dy, La ve Yb elementlerinin kondrite normalize edilmiş değerlerini yansıtmaktadırlar. Kondrit değerleri Sun ve Mc Donough (1989)'dan alınmıştır.....	60

Şekil

Sayfa

- Şekil 5.2. Melikler volkanitlerine ait türeyen lavlar için Co-Th değişim diyagramı. Modellenmiş olan her bir eğri, diyagramda verilen mineral topluluklarının kristallenmesini karakterize edecek şekilde hesaplanmış ve diyagrama iz düşülmüştür (Amp; amfibol, Plg; plajiyoklaz, Ol; olivin, Opx; ortopiroksen, Cpx; klinopiroksen, Bi; biyotit, Sn; sanidin Mg; magnetit, B; bazik, I: ortaç ve A: asitik magma). F değerleri vektörlerin başlangıç noktasında her bir vektör için % 100 dür..... 61
- Şekil 5.3. Melikler volkanitlerine ait lavların SiO_2 'ye karşı $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve ϵNd ile $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 'ye karşı $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve Ta/Zr değişim diyagramları. AFC: Asimilasyonla birleşik fraksiyonel kristallenme, FC: fraksiyonel krsitallenme..... 67
- Şekil 5.4. Melikler volkanitlerine için Depaolo (1981) eşitliklerine göre hazırlanmış AFC model grafikleri. Eğriler üzerinde verilmiş olan yüzde değerleri fraksiyonel kristallenmeden geriye kalan magma kütlelerinin orijinal magmaya oranını yansıtan F değerleridir ve soldan sağa doğru artacak şekilde 0.1 aralıklarla çizilmiştir. Modellemelerde kullanılan M-100 nolu magma bileşiminin değerleri; Rb=2.3, Th=0.6, Sr=37.8, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.703423$. kıtasal kirlenici olarak kullanılan kumtaşı örneğinin değerleri; Rb=34.3, Th=3.8, Sr=210.6, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.708326$. Model hesaplamalarında kullanılan toplam ayrımlanma katasayısı değerleri (D_0); Rb:0.061, Th:0.023 Sr:1.210..... 69
- Şekil 5.5. Melikler volkanitleri için üretilmiş ve Sr ile Nd izotopik oranlarının kullanıldığı EC-RAFC modellemesi. Eğriler üzerinde verilmiş olan siyah italik yüzde değerleri kısmi ergimeye uğramış ve magma odasına giren kabuksal katkıyı (M_a^*), gri ve italik yazılan % değerleri ise ilksel magmanın magma odasını tazelediği (M_r) oranları yansıtmaktadır. EC-RAFC modellemesinde kullanılan termal ve kompozisyonel parametreler Çizelge 5.3'de verilmiştir. LK: lokal kumtaşı; AK: alt kabuk..... 71
- Şekil 5.6. Ta/Yb-Th/Yb diyagramı. PM (primitif manto), EMB (zenginleşmiş okyanus ortası sırt bazaltı), OIB (okyanus adası bazaltı), NMB (normal-okyanus ortası sırt bazaltı) Sun ve McDonough (1989)'dan, GLOSS (dalmış okyanusal sediment) Plank ve Langmuir (1998)'den ve üst kıtasal kabuk (UC) Rudnick ve Gao (2003)'den alınmıştır. Şekilde gösterilen manto alanı Pearce ve ark. (2005), Sun ve McDonough (1989) ve Saunders ve ark. (1991)'den elde edilen değerlere göre çizilmiştir. Karacadağ ve Hatay Lustrino ve ark. (2010), Keskin ve ark. (2012), Parlak ve ark. (2000) ve Bağcı ve ark (2010)'dan, Arabistan plakası Lustrino ve Wilson (2007), Krienitz ve ark. (2006)'den alınmıştır. Batı Anadolu Aldanmaz ve ark. (2006)'dan ve Doğu Anadolu

Şekil		Sayfa
	Oyan ve ark. (2017)'den alınmıştır. Diyagram üzerinde gri olarak verilen alan Melikler bazaltik volkanitlerine ait en primitif bazaltik ve bazaltik andezitik lavlarını yansıtmaktadır.....	74
Şekil 5.7.	Melikler volkanitlerine ait en primitif lavların (MgO > %6) manto kaynak alanındaki yitim bileşeni ile zenginleşmeye neden olan süreci ortaya çıkarmak için üretilen ikili değişim diyagramları. Th/Nd'ye karşı Ba/Nd diyagramında verilmiş olan SM sediment ergilemelerini, SF sedimenten açığa çıkan akışkanları, AF Altereokyanus kabuğu ergimelerini, AF altere okyanus kabuğundan açığa çıkan akışkanları karakterize etmektedir. SM ve SF Plank ve Langmuir (1998)'den, AOC ve AF Staudigel ve ark. (1996)'dan alınmıştır. Üst kabuk bileşimi, lokal kumtaşlarından elde edilmiştir.....	76
Şekil 5.8.	Ba/Rb'a karşı Nb/La diyagramında örneklerin dağılımı. EMORB (zenginleşmiş okyanus ortası sırt bazaltları), OIB (okyanus adası bazaltı), N-MORB (normal okyanus ortası sırt bazaltı) ve PM (primitif manto) bileşimleri Sun ve McDonough (1989)'den, AOC (altere okyanus kabuğu) Staudigel ve ark. (1996)'dan, GLOSS (global dalmış okyanusal sediment) Plank ve Langmuir (1998)'den ve UC (üst kıtasal kabuk) Rudnick ve Gao (2003)'den alınmıştır.....	77
Şekil 5.9.	Melikler volkanitlerine ait en primitif lavların (MgO > %6) manto kaynak alanındaki ergime süreçlerini ortaya koyabilmek amacıyla üretilen Dy/Yb-La/Yb ve La/Yb-Tb/Yb ikili değişim diyagramları ile oluşturulan kısmi ergime modelleri. Modellerde kullanılan parametreler Çizelge 5.4'de verilmiştir.....	80



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
Kd	Ayrılanma katsayısı
D0	Toplam ayrılanma katsayısı
Km	Kilometre cinsinden uzunluk
gr	Gram cinsinden ağırlık
K-Ar	Potasyum argon yaşlandırma analizi
Kısaltmalar	Açıklama
DAÇZ	Doğu Anadolu Çarpışma Zonu
EKP	Erzurum Kars Platosu
DAYK	Doğu Anadolu Yığılım Karmaşığı
My	Milyon yıl
EC-AFC	Enerjiye bağımlı asimilasyonla birleşik fraksiyonel kristallenme
AFC	Asimilasyonla birleşik fraksiyonel kristallenme
FC	Fraksiyonel kristallenme
OIB	Okyanus adası bazaltı
MTA	Maden Tetkik ve Arama
NTE	Nadir torak element
HNTE	Hafif nadir toprak element
ONTE	Orta nadir toprak elementler
ANTE	Ağır nadir toprak element
BİYL	Büyük iyon yarı çaplı litofil
YAŞ	Yüksek alan şiddetli

ICP-ES	İndüktif çiftlenmiş plazma emisyon spektrometresi
ICP-MS	İndüktif çiftlenmiş plazma kütle spektrometresi
MORB	Okyanus adası bazaltı
EMORB	Zenginleşmiş okyanus adası bazaltı
PM	Primitif manto
GLOSS	Dalmış okyanusal sediment
UC	Kıtasal üst kabuk
AOC	Altere olmuş okyanusal kabuk
AF	Altere olmuş okyanusal kabuktan akışkan
SM	Sediment ergimesi
SF	Sedimentten akışkan
AK	Kıtasal alt kabuk
LK	Lokal kıtasal kabuk

1. GİRİŞ

Arap-Afrika ve Avrasya plakaları arasındaki çarpışma zonunda yer alan Türkiye, çarpışmayla eş yaşlı, çarpışma sonrası ve yay tektonik yerleşimlerinden oluşan önemli jeodinamik zonlar üzerinde yerleşmiştir (Oyan, 2018). Torid-Anatolid bloğunun doğu parçası üzerinde yerleşmiş olan Doğu Anadolu Çarpışma Zonu (DAÇZ) Erken-Orta Miyosen'den tarihsel dönemlere kadar devam etmiş magmatik aktiviteler ile karakteristiktir. Bu Geç Senozoyik magmatik aktivite Avrasya ve Arabistan plakalarının Geç Oligosen-Erken Miyosen'deki (Okay ve ark., 2000; Karaoğlan ve ark., 2016; Açlan ve Altun, 2018; Oyan, 2018) kıta-kıta çarpışmasını takiben, Batı Anadolu'dan başlayarak Orta Anadolu ve Doğu Anadolu'ya, oradan da komşu ölkelerden Gürcistan, Ermenistan, İran, Azerbeycan ve Rusya'ya kadar uzanan geniş bir yayılım göstermektedir (Şekil 1.1). Arabistan ve Avrasya arasındaki çarpışma yaklaşık Geç Oligosen-Erken Miyosen zaman aralığında başlamış ve bunun sonucunda deniz seviyesinden 2 km yükseklikte, yaklaşık 150.000 km² genişlikte bir plato ortaya çıkmıştır (Şengör ve Kidd, 1979). DAÇZ bu çarpışmayı takiben blok olarak yükselmiştir ve bu yükselme günümüzde de halen devam etmektedir (Şengör ve Kidd, 1979).

Bölgedeki çarpışmanın başlama zamanı ile ilgili olarak yapılan çalışmalar halen tartışmalı olmakla birlikte, bölgedeki okyanusal litosferin kapanma yaşının ve dolayısıyla çarpışmanın Geç Oligosen – Erken Miyosen zaman aralığında gerçekleştiği ileri sürölmektedir (Okay ve ark., 2010; Karaoğlan ve ark., 2016; Oyan, 2018). DAÇZ'nin yaklaşık 2/3 ünü kaplayan ve lav akışları ile piroklastik ürünler püskürten (Keskin 2007) volkanik aktivite, bölgedeki blok yükselimini takiben yaklaşık 15 My önce Van Gölü'nün kuzeyinde andezitik volkanizma ile başlamış (Lebedev ve ark., 2010a) ve tarihsel dönemlere kadar açılma çatlaklarından, büyük volkanik platolardan veya Nemrut, Süphan, Ağrı, Tendürek, Etrüsk gibi volkanik merkezlerden püskürmüşlerdir (Pearce ve ark., 1990; Keskin ve ark., 1998; Yılmaz ve ark., 1998; Karaoğlu ve ark., 2005; Keskin ve ark., 2006; Özdemir ve ark., 2006; Özdemir ve Güleç, 2014; Lebedev ve ark., 2016; Oyan ve ark., 2016, 2017;).



Şekil 1.1. Türkiye-İran yüksek platosunun ve çalışma alanının kabartı rölyef haritası üzerindeki konumları. Haritada SRTM verisi kullanılmıştır (Oyan ve ark., 2017'den değiştirilerek alınmıştır).

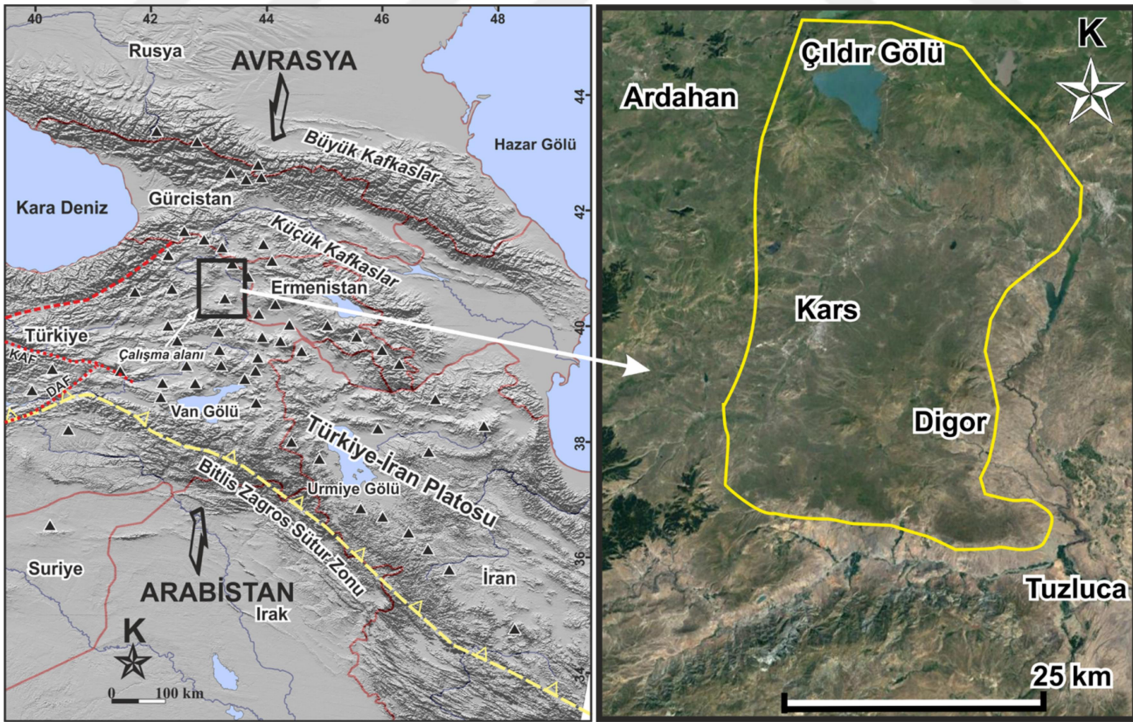
2003 yılında DAÇZ'ın litosferik yapısını ortaya çıkarabilmek amacıyla yapılan jeofiziksel çalışmalar, bölgenin altında litosferik mantonun çok ince olduğunu veya litosferik mantonun olmadığı ve DAÇZ'ın altındaki kabuğun direk astenosferik mantonun üzerinde olduğu şeklinde yorumlanmıştır (Al-Lazki ve ark., 2003; Gök ve ark., 2000; 2003; Sandvoll ve ark., 2003; Angus ve ark., 2006). Bu jeofiziksel veriler, Doğu Anadolu Bölgesi'nde kabuğun ortalama 45 km kalınlığında olduğu, güneyde Bitlis Pötürge Masifine doğru 38 km'den kuzeyde Erzurum Kars Platosunda (EKP) 50

km'ye kadar değiştiğini ortaya koymuştur (Zor ve ark., 2003). Bu jeodinamik modeller ve 2003 yılına kadar bölge çapında yapılmış olan volkanizma çalışmaları temelinde, bölgenin litosferik mantodan yoksun olduğunu ve şengr ve ark. (2003; 2008) bölge çapındaki yoğun magmatik aktivitenin slab dikleşmesi ve kırılması ile astenosferik mantonun yükselmesi şeklinde meydana gelen mekanizma ile Keskin (2003; 2007) oluştuğu belirtilmiştir. Ancak son yapılan jeofiziksel ve jeolojik çalışmalar bölge altında 70-80 km civarında litosferin varlığını ortaya koymakta (Angus ve ark., 2006; zacar ve ark., 2008) ve yoğun magmatizma etkinliğinin astenosferik ve litosferik mantoların farklı derecelerde ergimeleri ve karışmaları ile oluşabileceğine işaret etmektedir (zdemir ve Güleç; 2014).

Doğu Anadolu bölgesinde görülen yoğun volkanizma etkinliği bölgenin büyük bir kısmını kapsamaktadır ve özellikle EKP (Erzurum Kars Paltosu) (Keskin, 2003), Nemrut (zdemir ve ark., 2006), Süphan (zdemir ve ark., 2011; zdemir ve Güleç, 2014) Etrüsk volkanı ve evresi (Oyan ve ark., 2016) ile Van Gölü kuzeyinde mafik alkali volkanizma (Oyan ve ark., 2017) en detaylı çalışılan volkanik merkezlerdir. EKP (Erzurum Kars Paltosu), Süphan, Nemrut ve Etrüsk volkanları ve volkanik sistemeleri üzerine yapılan çalışmalar detaylı olsa da, Kars platosu üzerinde yer alan ve geniş alanlarda gözlenen Melikler volkanitleri üzerine çalışmalar çok sınırlı kalmış ve sadece Innocenti ve ark. (1982)'nin birkaç örnekteki K-Ar yaş verileri ile yaşının Kuvaterner olduğu belirlenmiştir. Melikler volkanitleri Doğu Anadolu Bölgesi için en kalın litosferin ve litosferik mantonun yer aldığı EKP üzerinde yer aldığı ve yoğun bazaltik volkanizma ürettiği için önemli bir volkanik alan olarak görülmektedir. EKP ve özellikle Kars platosu üzerindeki volkanik etkinlik çoğunlukla ortaç ve asidik volkanizma ürünü lavlar ile karakteristik iken Melikler volkanitlerinin bu plato üzerinde çok geniş alanlar kaplamış olması kaynak alanının ne olabileceği konularına açıklık getirilmesi gerekliliğini daha da önemli kılmaktadır. Bu bazaltik volkanizmanın petrolojik ve jeokimyasal evrimi üzerine çok az analitik veri bulunması, bu bazaltların kökeni ve magma odası evrim süreçlerinin açıklanmasını ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde ve kalın EKP üzerinde neden böyle bir bazaltik volkanizma oluştuğunu ve niçin bu kadar geniş alanlar kapladığı sorularına cevap bulmamıza engel teşkil etmektedir.

Tez çalışmasının konusunu oluşturan Melikler volkanitleri Doğu Anadolu Bölgesi'nin kuzeyindeki Kars platosu üzerinde yerleşmiş, Miyosen'den Kuvaterner'in

başlarına kadar etkin olmuş volkanizmayı maskeleymiş ve çok geniş alanlar kaplamış bazaltik plato oluşturmuş lavlar ile temsil edilmektedir. Melikler volkanitleri Kars platosu üzerinde çok geniş alanlar kaplamış olmasına karşın Kars, Ardahan ve Digor çevrelerinde çok net izlenebilmekte ve gözlemlenebilmektedir (Şekil 1.2). Tezin çalışma alanı Kars G50, H49 ve 50, 51 1/100.000 ölçekli topografik pafta sınırları içinde yer almaktadır. Bu pafta sınırları içinde farklı lokasyonlarda gözlenen melikler volkanitleri yaklaşık olarak 1000 km²'lik alanı kaplamaktadırlar. Çalışılan alan için literatürde, hem volkonostatigrafik olarak hem de petrolojik açıdan çok az veri bulunmakta olup, birkaç örneğin K-Ar yaş verileri dışında literatürde analitik veri hemen hemen hiç yoktur (Innocenti ve ark., 1982; Aktimur ve ark., 1991). Çalışılacak alandan elde edilecek jeokronolojik ve petrolojik veriler, hem bu bazaltik volkanizmanın kendi içinde nasıl bir evrim geçirdiğini (kaynak alanın doğası, magma odası evriminde etkili olan süreçlerin tür ve önemlerinin anlaşılması, püskürme dinamiklerinin ortaya konması) hem de bölgesel ölçekte Doğu Anadolu bölgesindeki volkanizma ve jeodinamik arasındaki ilişkinin nasıl gerçekleştiği konusunda önemli bilgiler sağlamıştır.



Şekil 1.2. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Doğu Anadolu Çarpışma Zonu (DAÇZ) içindeki Neojen yaşlı volkanizma Erken Miyosen'den tarihsel dönemlere kadar devam etmiştir. Bu volkanik etkinliğin evrimi ve DAÇZ'nin tektonik ve jeodinamik evrimi, değişik araştırmacılar tarafından yapılmış jeolojik çalışmalar ile ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalar özellikle Nemrut, Süphan, Tendürek ve Etrüsk gibi büyük volkanik merkezler ile Doğu Anadolu Bölgesinin tamamında gözlenen magmatizma etkinliğinin volkanostratigrafisi ve petrolojik evrimi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu volkanizma etkinliğinin püskürtmüş olduğu kayalardan alınan örneklerin jeokimyasal, izotopik ve yaş tayini çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca bazı araştırmacılar Doğu Anadolu bölgesi için çeşitli jeodinamik modeller önermiş ve bu jeodinamik evrim içinde volkanizmanın nasıl etkilendiği üzerine çalışmalar yapmışlardır.

Innocenti ve ark. (1976), Van Gölü ve çevresindeki genç volkanizmanın evrimini araştırmış ve Alt Miyosen'de kalkalkali volkanizmanın bölge çapında başladığını ve volkanizmanın karakterinin Geç Miyosen-Erken Pliyosende alkaliye döndüğünü belirtmişlerdir.

Şaroğlu ve Güner (1981), Orta Miyosen'de sıkışmalı tektonik rejim ile başlayan neotektonik dönemin, DAÇZ içinde D-B gidişli kıvrımlar ile kuzeye ve güneye eğimli yüksek açılı bindirmeler ile karakteristik olduğunu belirtmişlerdir. Sol ve sağ yönlü doğrultu atımlı fayların neotektonik dönemde bölgede geliştiğini ve açılma çatlakları boyunca çıkan volkanik kayaların bölge çapında geniş alanlar kapladığını saptamışlardır.

Innocenti ve ark. (1982), K-Ar jeokronolojik yaşlandırma sonuçları ve kimyasal analiz verilerine göre, Erzurum-Kars platosu üzerindeki Tersiyer-Kuvaterner volkanizması ve Anadolu'daki çarpışma zonu boyunca gözlenen volkanizmanın Pliyosen boyunca kuzeye doğru göç ettiğini vurgulamışlardır. Araştırmacılar, kıtasal çarpışma sonrası, dalan okyanusal litosferin astenosfer içine batarken koptuğunu ve kuzeye doğru hareket ettiğini söylemiş ve volkanizmanın güneyden kuzeye doğru gençleştiğine işaret etmişlerdir.

Dewey ve ark. (1986), Doğu Anadolu'daki litosferik kalınlaşmanın Arabistan ve Avrasya kıtaları arasındaki kıtasal çarpışmanın sonucu olarak oluştuğunu ve çarpışma sonrası volkanik aktivitenin doğrultu atımlı rejimler içindeki çek-ayır (pull-apart) basenlerde ve K-G açılma çatlakları boyunca püskürmüş olduklarına işaret etmişlerdir.

Yılmaz ve ark. (1987), Arap ve Avrasya plakalarının çarpışması ile Tetis okyanusunun kapanmasının, Erken Miyosen'de Doğu Anadolu bölgesinde neotektonik dönemi başlattığını belirtmişlerdir. Avrasya ve Arabistan plakaları arasındaki çarpışmayı takiben, DAÇZ'de oluşan sıkışmanın bölgede devam etmesiyle, tektonik rejimin değiştiğini ve bölge çapında yaygın bir magmatik aktivitenin başladığını belirten araştırmacılar, sıkışmayla birlikte sol ve sağ yönlü doğrultu atımlı faylar ve D-B gidişli kıvrımlar – bindirmeler meydana geldiğini söylemişlerdir.

Pearce ve ark. (1990), Doğu Anadolu'daki Geç Senozoyik volkanizmasının güneyde Arap kıtası üzerindeki Karacadağ'dan kuzeyde Erzurum-Kars Platosu'na kadar uzandığını vurgulamışlardır. Arap kıtası üzerindeki volkanizmanın açılma çatlakları boyunca alkali karakterde olduğunu ve Doğu Anadolu ve Erzurum Kars Platosu üzerindeki volkanizmanın ise belirgin yitim bileşeni içerdiğini ve bu yaygın volkanizmanın litosferik delaminasyon ile geliştiğini öne sürmüşlerdir. Bunun yanı sıra özellikle EKP üzerinde volkanizmanın delaminasyona eşlik eden pull-apart basenlerde doğrultu atımlı rejimlere bağlı olarak, lokal olarak da geliştiğini vurgulamışlardır.

Ercan ve ark. (1990), Doğu ve Güney Anadolu'daki çeşitli lokasyonlardan aldıkları lav örneklerinin major oksit, iz, nadir toprak element (NTE) analizlerini ve Sr izotopik konsantrasyonları ile K-Ar yöntemi ile radyometrik yaş analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Yapmış oldukları K-Ar yaş, Sr-Nd izotop ve ana, iz ve nadir toprak element analizleri temelinde, bölgedeki magmatik etkinliğin Orta Miyosen'de başladığını ve volkanizmanın genellikle kalkalkali ve alkalin ve daha az oranda toleyitik karakterde olduğunu söylemişlerdir.

Notsu ve ark. (1995), Erciyes, Ağrı, Nemrut ve Karacadağ bazaltlarından elde ettikleri $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotopik analiz değerlerinin 0.7035-0.7040 arasında değiştiğini ve bu değerlerin yay volkanik kayalarına uyum gösterdiklerini belirtmişlerdir. Elde ettikleri tüm analitik verilere dayanarak, bu volkanizmanın yitim bileşeni ile zenginleşmiş manto kaynaklarına işaret ettiğini vurgulamışlardır.

Keskin ve ark. (1998), EKP (Erzurum-Kars Platosu) üzerindeki çarpışmayla ilişkili volkanik aktivitenin erken (11 My den 6 My), orta (6-5 My) ve geç olmak (5 My den 2.7 My'ye) üzere 3 evrede geliştiğini belirten araştırmacılar, volkanizmanın bazaltdan riyolite kadar değişen kompozisyonda lavlar ve piroklastik çökeller ürettiğini vurgulamışlardır. Ayrıca araştırmacılar, EKP lavlarının magma odası evrimleri sırasında sulu ve susuz mineral fraksiyonlanmasının ve magmaların evriminde fraksiyonel kristallenme ve kıtasal kirlenme süreçlerinin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar litosferik delaminasyonun bu bölge altında yoğun magma üretiminden sorumlu olabileceğini söylemişlerdir.

Yılmaz ve ark. (1998), Kuvaterner yaşlı Ağrı, Süphan, Nemrut, Tendürek volkanlarından püsküren lavların, volkanostratigrafisi ve petrolojisini çalışmışlardır. Her bir volkana ait ayrıntılı jeolojik haritalama ve volkanostratigrafik çalışma yapan araştırmacılar, Ağrı Volkanı'nın subalkali karakterde, Süphan Volkanı'nın alkal-subalkali geçişinde ve Nemrut ve Tendürek volkanlarının hafifçe alkali ve alkali olduğunu belirtmişlerdir.

Koçyiğit ve ark. (2001), Doğu Anadolu Bölgesi'nin tektoniği üzerine yapmış oldukları çalışmada, bölge çapında tektonik rejimin Miyosen'den Erken Pliyosen'e kadar sıkışma- büzülme şeklinde hüküm sürdüğünü ama Erken Pliyosen'de sıkışma-açılma tektonik rejimine geçtiğini belirtmişlerdir. Sağ yönlü Kuzey Anadolu, sol yönlü Doğu Anadolu transform fayları ve Anadolu Plakacığının Erken-Geç Pliyosen'de oluştuğunu vurgulamışlardır.

Al-Lazki ve ark. (2003), Gök ve ark. (2003), Sandvol ve ark. (2003), ve Angus ve ark. (2006), tarafından Doğu Anadolu Bölgesinin kabuksal yapısı üzerine gerçekleştirilen jeofiziksel çalışmalar (Doğu Anadolu Sismik Projesi), bölgenin altında litosferik mantonun olmadığı veya beklenenin aksine çok ince olduğunu ortaya koymuştur. Elde ettikleri veriler ışığında, kabuksal kalınlığın Bitlis Zagros kenet kuşağının güneydoğu parçası çevresinde 38 km den kuzeyde EKP altında 50 km'ye kadar değiştiğine ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin altındaki kabuğun ortalama 45 km kalınlığında olabileceğine işaret etmişlerdir.

Keskin (2003), çalışmasının yapıldığı döneme kadarki jeokimyasal verileri kullanarak, Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki çarpışma sonrası volkanizmanın kuzeyde 11 My önce başladığını ve güneye doğru göç ettiğini söylemiştir. Araştırmacı,

volkanizmanın karakterinin zaman içinde subalkaliden alkaliye döndüğünü ve karakter olarak da kuzeyden güneye göç ettiğini savunmuştur. Bu geniş çaplı volkanizmanın, jeofiziksel verilere de dayanarak, okyanusal litosferin dikleşmesi ve kırılması mekanizması ile oluşabileceğini ve lavların yitim bileşeni içerdiğini vurgulamıştır.

Şengör ve ark. (2003), Doğu Anadolu sismik projesinden elde edilen verilere dayanarak, Doğu Anadolu Bölgesi'nin altında litosferik mantonun olmadığını ve kabuğun direk sıcak astenosferik manto üzerinde yerleştiğini savunmaktadır. Araştırmacılar, Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki kabuğun bir yığılım prizması olması gerektiğini belirtmiş ve bölgenin kabuğunu Doğu Anadolu Yığılım Karmaşığı (DAYK) olarak tanımlamışlardır. Buna ilaveten, DAYK'ın kuzeye doğru dalan okyanusal litosfer üzerinde şekillenen, Bitlis-Pötürge Masifi ve Pontidler arasında yerleşmiş büyük bir yığılım prizmasının kalıntısı olarak kabul edilebileceğini belirtmişlerdir.

Karaoğlu ve ark. (2005), Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki en büyük volkanik merkezlerden biri olan Nemrut kalderasının volkanostratigrafisini ve piroklastik çökellerini çalışmış araştırmacılar, volkanın 62.6 km^3 hacminde piroklastik malzeme püskürttüğünü ve bunun volkanın ikinci gelişim evresinde gerçekleşmiş olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Keskin ve ark. (2006), Erzurum Kars Paltosu üzerinde yer alan, çarpışma sonrası magmatizma üzerine mineral kimyası ve izotopik analizleri içeren çalışmalarında, magma - kabuk etkileşimi ve magma pompalama sisteminin karakteristiklerini ortaya koymuşlardır. EKP'de, 11-6 My arasındaki volkanizmanın susuz mineral fazları içerdiğini bunun aksine orta evrede (5-6 My) ortaç bileşimde sulu mineral (amfibol) içeren lavların püskürdüğünü söylemişlerdir. Geç evre volkanizmasının ise (5-2.7 My) erken evrede olduğu gibi susuz mineral içeren lavlarla karakteristik olduğunu vurgulamışlardır. Her üç evrede gözlenen bu değişimi, magma odalarının derinliğine bağlamışlardır.

Özdemir ve ark. (2006), Nemrut volkanının petrolojisi üzerine gerçekleştirdikleri çalışmalarında, Nemrut volkanının gelişim evrelerini 3'e ayırmışlardır. (1) Kaldera öncesi evrenin ağırlıklı olarak ignimbirit çökelleri ve piroklastik kayaçlar ile temsil edildiğini ve aynı zamanda bazaltdan riyolite değişen kompozisyonda lavlar püskürttüğünü vurgulamışlardır. (2) kaldera sonrası evrenin vitrofirik riyolitler ve asidik domlar ile karakteristik olduğunu söyleyen araştırmacılar,

(3) geç evrenin ise volkanın kuzeyindeki açılma çatlaklarından püsküren bazaltik lav akışları ile geliştiğini belirtmişlerdir. Volkanın direk astenosferik kaynaklı bir magmadan türediğini ve yaklaşık % 30 oranında spinel lertzolit mineralojisine sahip bir manto kaynak alanının kısmi ergimesiyle nemrut volkanizmasının oluşabileceğini savunmuşlardır.

Keskin (2007), arpışma zonlarında oluşan ve geniş alanlar kaplayabilen magmatizma etkinliğinin sıcak noktalar ile gelişebileceğini ve bu sıcak noktaların manto sorgucu olmadan da oluşabileceğini vurgulamıştır. Bunun için, Doğu Anadolu Bölgesi'ni örnek gösteren araştırmacı, bölgedeki geniş volkanizma etkinliğinin okyanusal litosferin dikleşmesi ve kırılması ile gelişebileceğini belirtmiştir. Bölgede 2007 yılına kadar yapılmış olan jeodinamik-volkanizma-tektonizma ilişkili modellerin, bölge için zıtlıklarında sunan araştırmacı, dalan okyanusal litosferin dikleşmesinin derinde astenosferin güneye doğru akmasına neden olduğunu belirtmiş, bunun da volkanitlerin jeokimyasal karakterlerine yansımış olduğunu savunmuştur.

Lebedev ve ark. (2010a), Van Gölü'nün kuzeyindeki neovolkanik provensin K-Ar jeokronolojik yaş verilerini sundukları çalışmalarında, bölge çapındaki volkanizmanın 15 My önce bölgenin güneyinde andezitik volkanizma ile başladığını ve tarihsel dönemlere kadar devam ettiğini savunmuşlardır.

olakoğlu ve Arehart (2010), Doğu Anadolu'nun doğusundaki monzonitik plüton ve daykların jeokronolojisi ve petrolojisini araştırmışlardır. Araştırmacılar plütonun 11.9 ile 12.9 My aralığında kristallendiğini söylemiş ve bilinenin aksine magmatizmanın bölge çapında kuzeyde değil güneyde başladığına işaret etmişlerdir. Çalıştıkları monzonitik kayaalarının kalk-alkalin ve metalümina karakterli olduğunu ve bölgedeki magmatik etkinliğin Orta Miyosen'de başladığını savunmuşlardır.

Özdemir ve ark. (2011), DAÇZ içindeki en büyük volkanik merkezlerden biri olan Süphan volkanının püskürtmüş olduğu kayaçlar üzerinde mineral kimyası çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Süphan volkanının altındaki magmanın, ilk safhada alt kabukta yerleştiğini ve daha sonra fraksiyonlanma ile üst kabuğa doğru yükselip yaklaşık 3-8 km arasındaki kıtasal derinlikte fraksiyonlanma, kıtasal kirlenme ve magma karışımı süreçlerine maruz kalarak evrimini tamamladığını belirtmişlerdir.

Özdemir (2011), Süphan volkanının petrolojisini ve magmatik evrimini araştıran alışmacı, Süphan volkanının Kuvaterner yaşlı olduğunu ve 0.55 ile 0.040 Milyon yıl

aralığında lavlar püskürttüğünü belirtmiştir. Bazalttan Riyolit-dasit bileşimine kadar lavlar püskürten volkanın, magma karışımı, kıtasal kirlenme ve fraksiyonel kristallenme süreçlerinden etkilendiğini ve 3 evrede püskürdüğünü söylemiştir.

Oyan (2011), Van Gölü'nün kuzeyindeki Etrüsk volkanı ve çevresindeki volkanik kayaların petrolojisini ve volkanostratigrafisini çalışan araştırmacı, bu alandaki volkanizmanın 15 My'den 0.40 My'ye kadar etkili olduğunu ve bazalttan dasite kadar evrimleşmiş lavlar püskürttüğünü belirtmiştir. Bu yaş aralığında, 3 tane magmatik boşluk olduğunu belirten araştırmacı, hacimsel olarak Pliyosen'de volkanizmanın zirve yaptığını ve hacimsel olarak en çok bazaltik volkanizma ürünü lavların püskürdüğünü belirtmiştir.

Duru (2012), Erzurum Kars Platosunun Çıldır Gölü kuzeyindeki alanın volknostratigrafisini ve petrolojisini çalışan araştırmacı, volkanizmanın bütün ürünlerinin kalkalkali karakteristikler taşıdığını ve magma karışımı, fraksiyonel kristallenme ve kıtasal kirlenme evrimleşme süreçlerinin volkanizmanın gelişiminde etkili olduğunu belirtmiştir. Kısmi ergime modelleri ile manto kaynak alanına yaklaşımda bulunan araştırmacı, spinel peridotit türü bir kaynak alanın % 2 oranında ergimesiyle alandaki lavların oluşabileceğini ve belirgin bir yitim bileşeni zenginleşmesi sergilediklerini savunmuştur.

Özdemir ve Güleç (2014), Süphan volkanının petrolojisi üzerine yapmış oldukları çalışmada, volkanın 3 evrede püskürdüğünü ve magma odasında fraksiyonel kristallenme, kıtasal kirlenme ve magma karışımı süreçlerinin etkili olduğunu belirtmişlerdir. Doğu Anadolu Bölgesi'nde gözlenen yoğun magmatik aktivitenin Miyosen'den Kuvaterner'e ve tarihsel dönemlere kadar etkili olduğunu savunan araştırmacılar, bu volkanizmanın kaynak alanında, Miyosen'den Kuvaterner'e doğru spinelce baskın bir mineralojiye sahip olan peridotitlerin kısmi ergimesinin katkısının arttığını belirtmişlerdir.

Mercan (2015), Van-Çatak bölgesindeki Kuvaterner yaşlı bazaltik volkanizmanın evrimini araştıran çalışmacı, bu bazaltik volkanizmanın bazanit türevi lavlar püskürttüğünü ve OIB karakteristikleri sergilediğini belirtmişlerdir. Kıtasal kirlenme için EC-AFC modellemesi üreten araştırmacı, bazanitlerin % 2 oranında kıtasal kirlenmeye maruz kaldığını ve ayrıca MELTS modellemeleri ile bazanitlerin 4-5

kbar basınç, %1 H₂O koşullarında fraksiyonel krsitallenmeye uğramış olabileceklerini vurgulamıştır.

Özdemir (2015), Erzurum Kars Platosunun hemen güneyindeki Cumaçay volkanitlerini araştıran çalışmacı, volkanizmanın bazaltdan dasite kadar lavlar püskürttüğünü, asimilasyon, fraksiyonel kristallenme ve magma karışımı süreçlerinin volkanitlerin evriminde önemli rol oynadığını belirtmişlerdir.

Oyan ve ark. (2016), Van Gölü kuzeyindeki Etrüsk volkanının petrolojisini ve volkanostratigrafisini araştıran çalışmacılar, volkanın Pliyosen zaman aralığında püskürdüğünü ve volkanın altındaki magma odasının fraksiyonel kristallenme, kıtasal kirlenme ve magma karışımı süreçlerinden etkilenecek evrimleştiğini ve bazaltdan riyolite kadar lavlar ürettiğini belirtmişlerdir. Volkanın altındaki magma odasının kökeninde, bölge çapında geniş alanlarda gözlenen bazaltik lavların olduğunu ve bu lavları üreten manto kaynak alanının, granatça ve spinelce zengin peridotitlerin kısmi ergimesi ve belirli oranlarda karışması ile oluşabileceğini savunmuşlardır.

Oyan ve ark. (2017), Van Gölü kuzeyindeki mafik alkali volkanizmanın Kuvaterner aralığında püskürdüğünü ve bazaltdan trakibazaltlara fraksiyonel krsitallenme ile evrimleştiğini belirtmişlerdir. Yaklaşık % 7'lik sediment ergimesi ile manto kaynak alanının zenginleştiğini ve amfibolce zengin granat peridotit manto kaynak alanının yaklaşık % 3 kısmi ergimesi ile bu lavların oluşturulabileceğini savunmuşlardır.

Tez çalışmasının konusunu oluşturan Melikler volkanitleri, Erzurum Kars Platosu üzerinde yer alır ve literatürde en az verinin olduğu yerlerden biridir. Bu tez kapsamında çalışılan alan, özellikle Doğu Anadolu volkanizması konusunda literatürde görülen bu büyük boşluğu doldurmaya yönelik olarak seçilmiştir.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

Doğu Anadolu Bölgesi'nin kuzeyindeki Erzurum-Kars Platosu üzerinde yer alan Melikler bazaltik volkanizmasının (Melikler volkanitleri) petrolojisini konu olan bu yüksek lisans çalışmasını gerçekleştirmek için yapılan çalışmaları 3 ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar aşağıda özetlenmektedir.

3.1. Önceki Çalışmaların Derlenmesi

Yüksek lisans tez çalışması kapsamında, Doğu Anadolu Bölgesi ve Erzurum Kars Platosu ve çalışma alanının kuzeyinde ve doğusundan yer alan Ermenistan ve Gürcistan'da volkanik kayalar ve bunlarla ilişkili tektonik ve jeodinamik süreçleri içerebilecek çalışmalar literatür olarak incelenmiştir. Rapor, makale v.b. önceki çalışmalar, internet ortamında online ulaşılabilen sciencedirect, springer verlag, web of science gibi sitelerden elde edilmiştir. Online olarak internet ortamından ulaşılabilen makale ve raporlara, çeşitli üniversite ve MTA (Maden Tetkik ve Arama) kütüphanelerinden yararlanılarak ulaşılmış ve çalışma alanını ve konusunu kapsayan çalışmalar irdelenmiştir.

3.2. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları, yüksek lisans tez çalışmasının konusu ve kapsamı dahilinde, Kars G50, H49, 50 ve 51 1/100000 ölçekli topografik pafta ile sınırlanan ve Melikler volkanitlerinin gözlemlendiği alanlarda gerçekleştirilmiştir. Melikler volkanitlerinin gözlemlendiği alanlarda gerçekleştirilen arazi çalışmalarında, 1/25000 ve 1/100000 ölçekli topografik haritalar ve önceki çalışmalardan derlenen jeoloji haritaları kullanılmıştır. Örnek alımı bu alanlarda, volkanitleri temsil edecek şekilde en taze örneklerden toplanmıştır.

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

Melikler volkanitlerinin bulunduğu alanlarda gerçekleştirilen arazi çalışmaları sırasında toplanmış olan kayaç örneklerinin en taze ve en temsilci numuneleri, ilk önce örnek hazırlama aşamalarına tabi tutulmuş ve tez kapsamında yapılacak olan petrografik ve jeokimyasal analizler için hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerin petrografik, jeokimyasal, izotopik ve K-Ar yaş analizleri yurtiçi ve yurtdışı laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir.

3.3.1 Örnek hazırlama

Melikler volkanitlerinden toplanan örnekler, petrografik, jeokimyasal, mineral kimyası, izotopik ve jeokronolojik yaşlandırma analizler için hazırlanmıştır. Araziden toplanmış olan örnekler, elmas kesme diski kullanılarak kesilmiş, petrografik ve mineral kimyası analizleri uygun boyutta plakalar halinde hazırlanmıştır. 30 mikron boyutunda inceltilmiş olan incekesitler petrografik tanımlamalar için polarizan mikroskoplarda incelenmiş, parlak kesitler mineral kimyası analizlerine tabi tutulmuştur.

Jeokimyasal ve izotopik analizler, petrografik çalışmalardan sonra her bir kayaç grubunu temsil edecek şekilde seçilmiş ve önce elmas kesme diskiyle dış kısımlarındaki altere kısımlar temizlenmiştir. Daha sonra çeneli kırıcı yardımıyla boyutları küçültülen kayaç numuneleri, agat havan kullanılarak analizler için istenilen boyutlara kadar öğütülmüştür. Bu örnek hazırlama aşamasında her bir numune kırılıp toz boyutuna getirildikten sonra makineler titizlikle temizlenmiş ve sonra diğer numune kırılıp toz haline getirilmiştir. Jeokronolojik analizler için kayaç gruplarını en iyi temsil eden örneklerden yaklaşık 500 gr temizlenerek hazırlanmış ve ilgili laboratuvarlarda K-Ar yaş analizlerine tabi tutulmuşlardır.

3.3.2 Petrografik analizler

Petrografik çalışmalar ile volkanizma ürünü kayaçların hangi mineraller ve dokular içerdikleri tanımlanmış, adlandırma ve sınıflandırmaları yapılmıştır. Bu

çalışmalar sonucunda, kayaç grupları belirlenmiş ve analitik veri setinin üretileceği kayaçlar belirlenerek analizleri yaptırılmıştır.

3.3.3 Jeokimyasal analizler

Jeokimyasal analizler için örnekler, tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen arazi ve petrografik çalışmaların sonuçlarına göre seçilmiştir. Jeokimyasal analizler (ana, iz ve nadir toprak element (NTE)) Kanada'daki Acme Analitik Laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Ana element analizleri lityum mataborat/tetraborat füzyon tekniği kullanılarak ICP-ES (inductively coupled plasma emission spectrometry; indüktif çiftlenmiş plazma emisyon spektrometresi) cihazı ile ölçülerek elde edilmiştir. Majör element dedeksiyon limitleri % 0.001 ile 0.04 arasında değişmektedir. İz elementler ve NTE analizleri için, 0.2 gr örnek grafit krezelerde $\text{LiBO}_2/\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ile karıştırılmıştır. Hazırlanan krezeler fırında kaynatılmıştır. Daha sonra erimiş örnekler % 5 HNO_3 'de çözdürülmüş ve ICP-MS (inductively coupled plasma mass spectrometry; indüktif çiftlenmiş plazma kütle spektrometresi) cihazında iz element ve nadir toprak element analizleri gerçekleştirilmiştir. Majör, iz ve NTE analizlerinden elde edilen verilerin güvenilirliği için analiz yapılan laboratuvarın standardı (referans materyal SO-18) örnekler ile birlikte aynı anda analiz edilmiştir. Standart SO-18 iz ve nadir toprak elementler için %5 veya daha iyi sapma ile elde edilmiştir.

3.3.4 İzotopik analizler

Tez çalışması kapsamında, Sr-Nd izotopik analizleri Orta Doğu Teknik Üniversitesi radyojenik izotop laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Köksal ve Göncüoğlu (2008)'de detayları ve koşulları verilen metodlardan uyarlanmış olan TLM-ARG-RIL-01 (Sr İzotop Oranı Analizi Deney Talimatı) ve TLM-ARG-RIL-02 (Nd İzotop Oranı Analizi Deney Talimatı) talimatları uygulanarak yapılmıştır. Herbir kayaç tozu örneğinden yaklaşık 80 mg tartılarak PFA şişelere aktarılmıştır. Numuneler, 4 mL 52% HF içinde 4 gün süreyle 160°C'lik ısıtıcı tabla üzerinde bekletilerek tamamen çözülmüştür. Isıtıcı tabla üzerinde kurutulmuş örnekler önce 4 mL 6 NHCl içinde bir gün

süreyile çözülmüştür. Numuneler daha sonra tekrar ısıtıcı table üzerinde buharlaştırılıp kurutulurak 1 mL 2,5 N HCl içine alınmış ve kromatografiye hazır duruma getirilmiştir. Stronsiyum elementi, 2,5 N HCl asitle 2 mL hacimde Bio Rad AG50 W-X8, 100-200 mesh reçine kullanılarak teflon kolonlarda ayrılmıştır. Stronsiyumun toplanmasından sonra 6 NHCl ile nadir toprak elementleri fraksiyonu toplanmıştır. Stronsiyum, tek Re-filamentleri üzerine Ta-aktivatör kullanılarak yüklenmiş ve statik modda ölçülmüştür. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ verileri $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0,1194$ 'e oranlanmıştır. Ölçümler sırasında Sr NBS 987 standardı $0,710261 \pm 10$ (n=4) olarak ölçülmüş ve ölçüm sonuçları üzerinde gerekli bias düzeltmesi yapılmıştır. Neodmiyum elementi, diğer nadir toprak elementlerinden 0.22 NHCl asit kullanılarak, teflon kolonlarda, 2 ml hacimde HDEHP (bis-ethyexyl fosfat) kaplı biobeads -Bio Rad- reçineden geçirilerek ayrılmıştır. Ayrılan Neodmiyum, 0,005 N H_3PO_4 ile birlikte Re-filamente yüklenmiş, çift filament tekniği kullanılarak statik modda ölçülmüştür. Analizler sırasında, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ verileri $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$ ile oranlanmış, Nd LaJolla standardı ise $0,511847 \pm 5$ (n=4) olarak ölçülmüştür. Nd izotop oranı ölçüm sonuçları üzerinde herhangi bir bias düzeltmesi yapılmamıştır. Ölçümler, Triton Termal İyonizasyon Kütle Spektrometresi (Thermo-Fisher) kullanılarak çoklu-toplama ile yapılmıştır. Analitik belirsizlikler 2 sigma düzeyindedir.

Pb ve Hf izotopik analizleri Kanada'da British Columbia Üniversitesi izotopik ve jeokimyasal araştırmalar merkezinde gerçekleştirilmiştir. Pb ve Hf izotopik analizleri Nu plazma (Nu cihazı) sistemi üzerinde MC-ICP-MS cihazı ile ölçülmüştür. Analizler boyunca uluslararası standart olan NBS 981 örnekler ile birlikte ölçülmüş ve tekrarlanmıştır. Bu standardın analizlerinde $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 16.9412 \pm 0.0006$ ($2\sigma = n20$), $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.4983 \pm 0.0006$ ($2\sigma = n20$), ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 36.7183 \pm 0.0018$ ($2\sigma = n20$) ölçülmüştür. Elde edilen izotopik verilerin güvenilirliği için USGS standardı olan G2 örneği örnekler ile birlikte analiz edilmiştir. Bu analizin sonucunda G2 nolu örneğe ait izotopik veriler sırasıyla $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranları için, 18.4305 ± 0.0008 , 15.6387 ± 0.0007 ve 38.9094 ± 0.0020 olarak elde edilmiştir. Pb ve Hf İzotopik analizlerinin daha detaylı tanımlamaları Weis ve ark. (2005; 2006 ve 2007)'da verilmiştir.

3.3.5. Mineral kimyası analizleri

Minerallerin mineral kimyası analizleri Bristol Üniversitesi'nde (İngiltere) CAMECA SX-100 five-spectrometer (WDS) ve JEOL JXA8530F Hyperprobe cihazları kullanılarak elektron mikroprob ile ölçülmüştür. Mineraller 20 kV hızlandırıcı voltaj, 10 nA ışın demeti akımı ve 5 lm ışın demeti çapı kullanılarak analiz edilirken, hamur camlarının analizleri alkali göçünü en aza indirmek için 15 kV hızlandırıcı voltaj, 2-4 nA ışın demeti akımı ve 15 lm ışın demeti çapı kullanılarak elde edilmiştir (Humphreys ve ark., 2006). Kalibrasyon çeşitli doğal ve sentetik mineraller ve camlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Veri azaltmada PAP rutini kullanılmıştır.

3.3.6. Jeokronolojik yaşlandırma analizleri

Tez çalışması kapsamında, Melikler volkanitlerine ait kayaç gruplarını en iyi temsil eden örnekler üzerinde K-Ar jeokronolojik yaşlandırma analizleri yapılmıştır. K-Ar jeokronolojik yaşlandırma analizleri, Moskova'daki Rus Bilimler Akademisi'nde (Russian Academy of Science, IGEM, Moscow, Russian Federation) yaptırılmıştır. Örnekteki ^{40}Ar içeriği MI120 IG (SEMI) kütle spektrometresi üzerinde spike olarak mono-izotop ^{38}Ar ile izotop seyreltme yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Spike kalibrasyonu için uluslararası MMhb-1 amfibol, p-207 ve Bern-4 moskovit standartları kullanılmıştır. Analizlerin doğruluğu uluslararası (Bern-4M, Muscovite P-207) ve laboratuvar standartlarının sistematik ^{40}Ar ölçümleri ve hemde atmosferik argonun izotop kompozisyonunun ölçümü ile kontrol edilmiştir. Örneklerin potasyum içeriği FPA-01 spektrometresi kullanılarak flame-fotometri methodu ile elde edilmiştir. K-Ar yaşlandırma analizlerinin daha detaylı prosedürü Chernyshev ve ark. (2006)'da sunulmuştur.



4. BULGULAR

Doğu Anadolu Çarpışma Zonu'nun (DAÇZ) kuzeyindeki Kars Platosu üzerinde yerleşmiş olan Melikler volkanitleri üzerine gerçekleştirilen bu çalışmaların, saha ve laboratuvar çalışmaları ile elde edilen analitik verileriyle, Melikler volkanizmasının alansal, petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik sonuçları ortaya konulmuştur.

Çalışma alanında volkaniklerin temelini Jura yaşlı Kağızman karmaşığı, Kretase yaşlı granitoid kütlesi, Eosen yaşlı Kötek formasyonu ve Miyosen yaşlı Tuzluca formasyonu oluşturmaktadır (Aktimur ve ark., 1991). Bu birimlere verilen yaşlar MTA 1/100000 ölçekli H-50, H-51, G-50 ve G-51 paftalarının raporlarından alınmıştır (Aktimur ve ark., 1992) ve birimlerin fosil içerikleri ve stratigrafik ilişkileri temelinde elde edilmiştir. Çalışma alanındaki volkanik birimler Miyosen'den başlayıp Kuvaterner'e kadar devam eden geniş bir yaş aralığı sunmaktadır. Volkanik birimlerin en yaşlı üyelerini Miyosen-Erken Piyosen yaşlı Kura volkanitleri ile Mescitli Formasyonu oluşturmaktadır. Kars dolaylarında gözlenen ve Ardahan ile Çıldır Gölü'ne kadar uzanan Dumanlıdağ piroklastikleri bu birimleri örtmektedir. Bölgedeki en genç volkanik birimleri ise Geç Pliyosen – Kuvaterner yaşlı Taşkapı andeziti ile Melikler volkanitleri oluşturmaktadır (Şekil 4.1).

Tezin amacı ve kapsamı açısından, Melikler volkanitlerinin altındaki temel birimler ve volkanik birimler literatürü çalışmaları ile birlikte aşağıda stratigrafi bölümünde verilmiş ve tez çalışmasının konusunu oluşturan Melikler volkanitlerinin stratigrafisi ve elde edilen jeokronolojik K-Ar yaş verileri ise detaylı olarak Melikler volkanitleri başlığı altında sunulmuştur.

4.1. Volkanitlerin Altındaki Temel Birimler

4.1.1. Kağızman karmaşığı

Kral ve Çağlayan (1980) tarafından ilk kez adlandırılan birim, sedimanter ve ofiyolit kökenli kaya türlerinin tektonik karışığı olarak tanımlanmıştır. Koçyiğit (1985) tarafından Anadolu ofiyolit karışığı, Yılmaz ve ark. (1986) tarafından ise Ağören

karmaşığı olarak da tanımlanan Kağızman karmaşığı, yaygın olarak gabro, diyabaz, dolerit, diyorit, harzburjit, serpantinit ve spilit gibi ofiyolitik kayalardan oluşmakta ve genellikle birbirleri ile ya da diğer kayalar ile tektonik ilişkilidirler (Kral ve Çağlayan 1980). Birim içinde yastık lav, pelajik kireçtaşı, yeşilist fasiyesindeki metamorfite, mermer ve rekristalize kireçtaşı blokları yaygın olarak yer alır ve Kağızman karmaşığını oluşturan, gabro-diyabaz, gabro, serpantinit-diyabaz, spilit diyabaz ve serpantinit birimleri karmaşık içinde tektonik dilimler şeklinde izlenir (Kral ve Çağlayan 1980). Önceki çalışmalarda, Kağızman karmaşığı içinde yer alan kireçtaşı bloklarından derlenen örneklerde, *Globotruncana* spp. Globogerinidae, rotaliidae, *Globigerina* sp., *Rotalipora* sp., *Globotruncana linneiana* (d'Orbigny), *globotruncana* cf. *lapparenti tricarinata* (Quereau), *Globigerina cretacea* (d'Orbigny), *Gumbelina globulosa* (Reuss) fosilleri saptanmış olup Senomaniyen-Santoniyen yaşı verilmiştir (Rathur, 1965). Kağızman karmaşığının bölgeye ilk yerleşim yaşı Kampaniyen-Maastrichtiyen öncesi olarak kabul edilmiştir (Kral ve Çağlayan, 1980; Yılmaz ve ark., 1986).

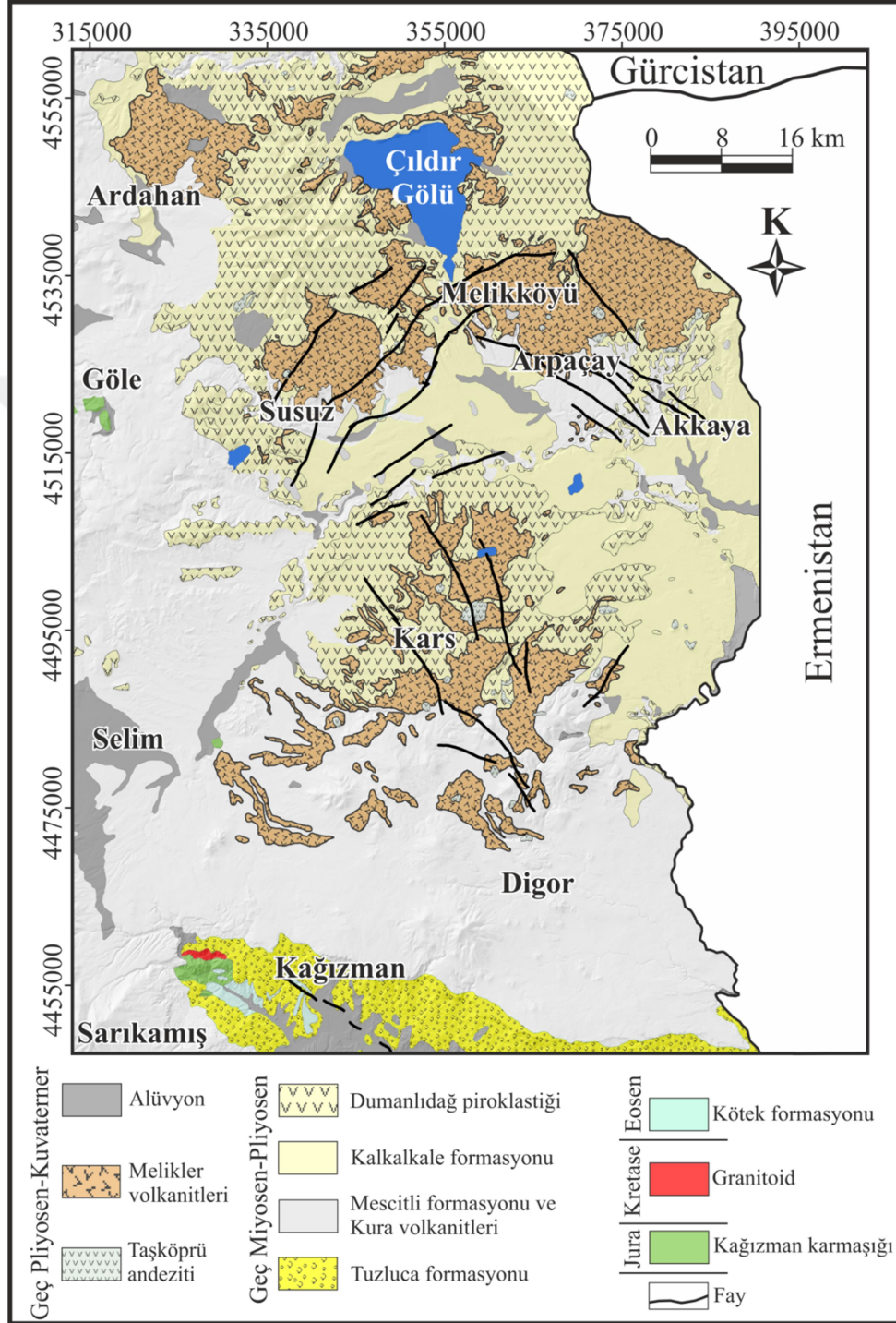
4.1.2. Granodiyorit

Karamanderesi (1970) tarafından ilk kez granodiyorit olarak adlandırılan birimin, genel olarak pembe, gri ve beyaz renkli ve oldukça kristalli olduğu bildirilmiştir.

4.1.3. Kötek formasyonu

Kötek Formasyonu ilk kez Havur (1968) tarafından tanımlanarak adlandırılmış ve Karamanderesi (1970) birimin marn, kumtaşı ve Çakıltaşı ardalanmasından oluştuğunu bildirmiştir. Bu araştırmacılara göre birim, tabanda boz yeşil, iyi yuvarlanmış kireçtaşı ve ofiyolit çakıllı, çimentolu orta ve kalın tabaklı çakıltaşları ile başlayıp, ince-orta kalın tabakalı beyaz, gri, bej ve yer yer kırmızı kumtaşı, çakıltaşı, marn ve şeyl ardalanmasından oluşmuş, genellikle Kağızman karmaşığı üzerinde açısız uyumsuzlukla yerleşmiştir. Havur (1968) ve Karamanderesi (1970) tarafından Kötek Formasyonundan alınan örneklerde *Globigerina* sp., *Cibicides* sp., *Valvulina* cf. *churan* (Cushman ve Stone), *Ampistegina*, Textularidae, *Discocyclina*, Globigerinidae,

Nummulites sp. Fosilleri saptanmıştır. Bu birimlere göre birimin yaşı İpresiyen-Lütésiyen olarak verilmiştir.



Şekil 4.1. Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'deki haritalar üzerinde gösterilmiş olan çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası (MTA 1/500000 ölçekli jeoloji haritasından değiştirilerek alınmıştır). Haritada SRTM verileri kullanılmıştır.

4.1.4. Tuzluca formasyonu

Tuzluca Formasyonu, tuz, jips, kumtaşı, çakıltası ve çamurtaşı litolojilerinden oluşmaktadır ve ilk kez Eşder (1967) tarafından adlandırılmıştır. Birim tabanda çakıltası, kumtaşı ile başlayıp sarımsı, yeşil, ince-orta tabakalı kumtaşı, yeşilimsi marn ve kırmızı çamurtaşı ardalanması ile devam etmektedir. Birimin yaşı Konak ve ark. (2001) tarafından stratigrafik konumu gereği Geç Miyosen olarak verilmiştir. Tuzluca Formasyonu içindeki bazı lokasyonlarda bulunan tuz ve jipsçe zengin seviyeler geçmişte ve günümüzde tuz madenciliği olarak işletilmiş ve işletilmektedir.

4.2. Melikler Volkanitlerinin Altındaki Volkanik ve Temel Birimler

4.2.1. Mescitli formasyonu ve Kura volkanitleri

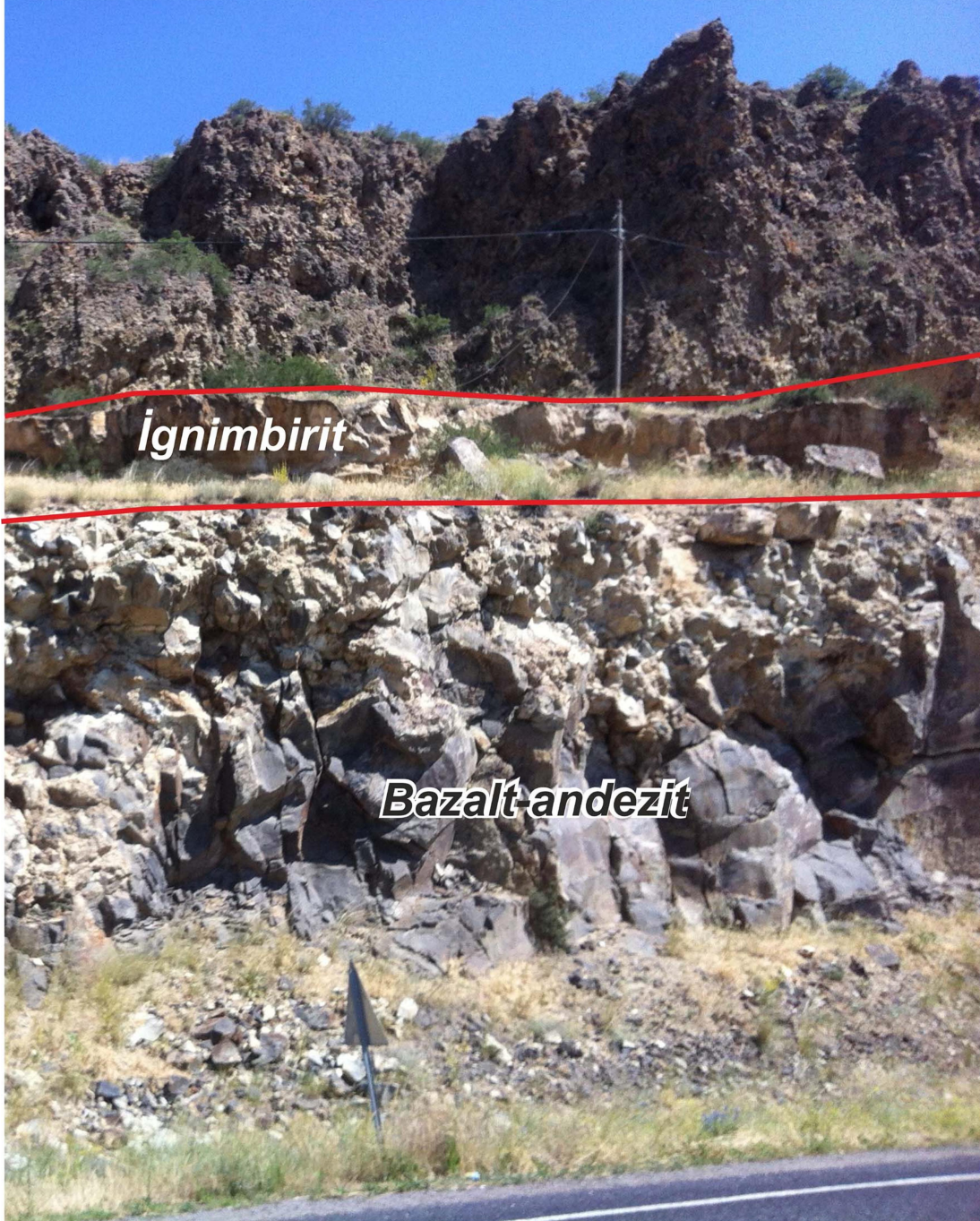
İlk kez Rathur (1965) tarafından tanımlanan Mescitli Formasyonu, Arbas ve ark. (1991) tarafından aynı adla ve Keskin ve ark. (1998) tarafından ise taban tuf düzeyi olarak adlandırılmıştır. Çoğunlukla asidik karakterli lav ve piroklastik kayalardan oluşan birim (Şekil 4.2), bazik lav mercekleride içermektedir. Birim açık renkli riyolitik ve riyodasitik bileşimde, afirik dokulu tuf düzeyleri ve ortalama 2-5 m kalınlıkta bazik-ortaç lav ve aglomera ara katkıları içerir (Keskin ve ark., 1998). Birçok lokasyonda Melikler volkanitleri ile uyumsuz olarak örtülen birim, Geç Miyosen yaşlı Tuzluca Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelir.

Kura volkanitleri, alt seviyelerinde aglomeralar ile başlayıp, üst seviyelerine doğru tuf ve andezitik lavlara geçmektedir ve ilk kez Aktimur ve ark. (1991) tarafından tanımlanmıştır. Innocenti ve ark. (1982) tarafından yapılan K-Ar yaş verilerine göre birim Geç Miyosen-Pliyosen zaman aralığında püskürmüştür ve bölgedeki en yaşlı volkanik serilerden birini oluşturmaktadır (Innocenti ve ark., 1982).

4.2.2. Kalkankale formasyonu

Kalkankale Formasyonu ilk kez Aktimur ve ark. (1991) tarafından tanımlanmıştır ve kumtaşı, çamurtaşı, kiltası ve marn ardalanmasından oluşmaktadır.

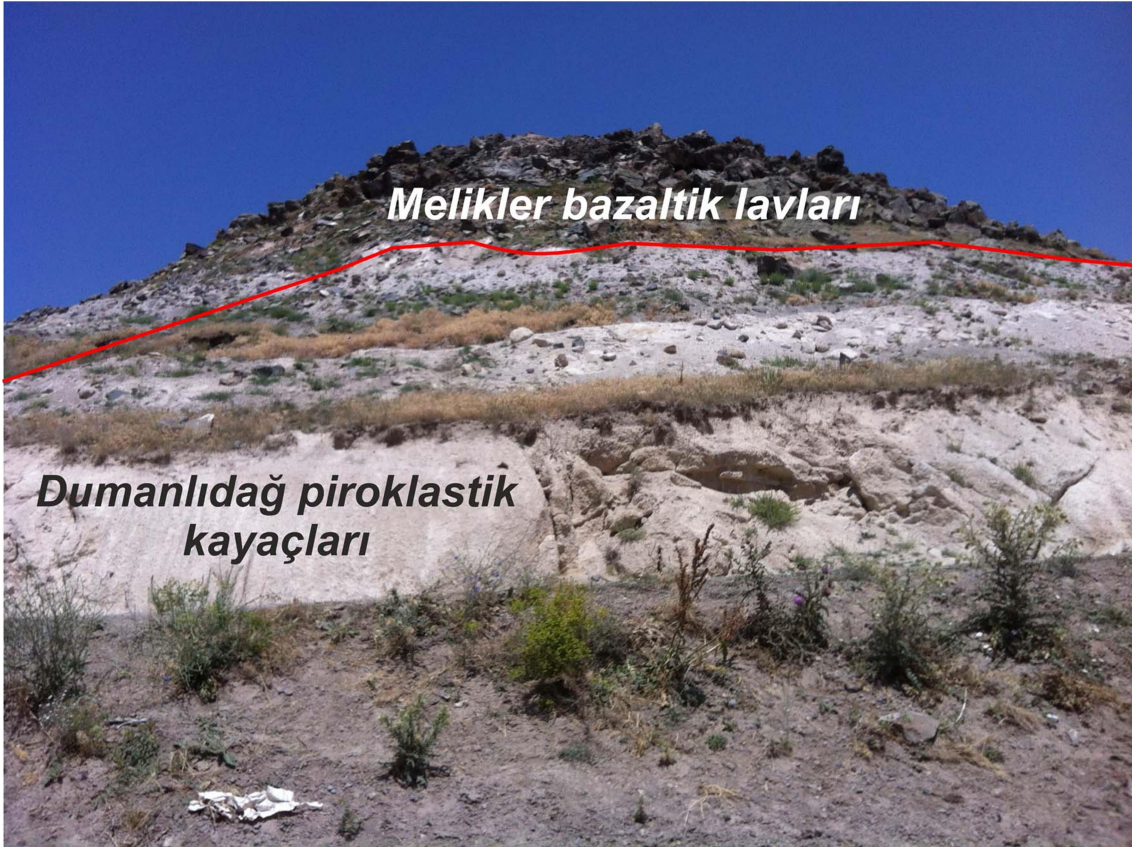
Aktimur ve ark. (1991) tarafından birimin kil seviyelerinden alınan örneklerde *Orientalomys galaticus*, *Mimomys mikro fosilli* ve *Hipparion* sp. Omurgalı fosilleri saptanmış ve buna göre yaşı Pliyosen olarak verilmiştir.



Şekil 4.2. Kura volkanitleri ve Mescitli formasyonuna ait lav ve piroklastik kayaç seviyeleri. Piroklastik kayaçlar ignimbiritlerden oluşmaktadır. Bu birim en üstte iri volkanik kayaç parçaları içeren debris benzeri birimler ile örtülmüştür.

4.2.3. Dumanlıdağ piroklastik kayaçları

Felsik karakterli tuf ve pomza piroklastik kayaçları ile andezit, perlit ve obsidyen volkanik kayaçlarından oluşan birim ilk kez Aktimur ve ark. (1991) tarafından adlandırılmıştır. Birimin içerisindeki piroklastik ve volkanik kayaçlar çoğunlukla birbirleriyle geçişli ve birbiriyle karışmış mostralarda halinde gözlenmektedirler. Innocenti ve ark. (1982) tarafından yapılan K-Ar radyometrik yaş tayinine göre birimin yaşı Geç Pliyosen olarak belirlenmiştir. Bu birim birçok lokasyonda Melikler volkanitleri ile örtülüdür (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Dumanlıdağ piroklastiği ve üzerine akan Melikler volkanitlerine ait lavlar.

4.2.4. Taşköprü andeziti

Taşköprü andeziti Kars platosu üzerinde ve çalışma alanında çok nadir gözlenmektedir. Birim çoğunlukla küçük çıkış merkezlerine sahip andezitik lav akıntıları veya andezitik domlar şeklinde tanımlanmış ve Innocenti ve ark. (1982)

tarafından elde edilen K-Ar yaş tayinlerine göre birim 1.8 milyon yıl yaşındadır. Bu yaş tayinlerine göre Aktimur ve ark. (1991) birimin yaşını Erken Kuvaterner olarak bildirmiştir. Taşköprü andeziti çalışma alanında, bazı lokasyonlarda Melikler volkanitlerinin geç evre lavları ile örtülmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Taşköprü andeziti olarak Aktimur ve ark. (1991) tarafından adlandırılan birimin oluşturduğu lav akıntıları ve dom yapıları.

4.3. Melikler Volkanitleri

Türkiye'nin kuzeydoğusundaki Kars platosu (Erzurum-Kars Platosu'nun doğusu) üzerinde çok geniş alanlarda gözlemlenen Melikler volkanitleri ilk kez Aktimur ve ark. (1991) tarafından Melikler bazaltı olarak adlandırılmıştır. Melikler bazaltı olarak isimlendirilen birimin, bu çalışma kapsamında elde edilen jeokimyasal analizleri temelinde yapılan kayaç sınıflandırma diyagramlarında bazalttan andezit-trakiandezite kadar değişen kayaç kompozisyonlarında olmasından dolayı, sadece bazalt olarak sınıflandırılmaması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Zira daha önceki çalışmalarda üretilmiş olan jeoloji haritalarında (Aktimur ve ark. 1991; 1992) Melikler bazaltı olarak adlandırılan birimin yüzlek verdiği alanlardan toplanan kayaç örneklerinin bir kısmının andezit-trakiandezit bileşiminde oldukları saptanmıştır. Bu nedenlerden dolayı tezin başlığında Melikler bazaltı olarak isimlendirmeye sadık kalınmışsada, bu volkanizmanın üretmiş olduğu lavların çeşitliliği açısından tez içinde Melikler Volkanitleri olarak adlandırılması yapılmıştır. Melikler volkanitlerine ait lav serileri üzerinde gerçekleştirilen K-Ar yaş analizleri volkanizmanın 4.1 ile 1.7 My aralığında püskürdüğüne işaret eder (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Melikler volkanitlerine ait farklı kayaç örneklerinin K-Ar yaşlandırma analiz sonuçları

<i>Birim</i>	<i>Örnek no</i>	<i>Kayaç adı</i>	<i>% K ± σ</i>	<i>⁴⁰Ar_{Rad} (ng/g) ± σ</i>	<i>Yaş (My) ± 2σ</i>
<i>Melikler</i>	15PBS-M60	Bazaltikandezit	1.23 ± 0.02	0.342 ± 0.005	4.01 ± 0.17
<i>Melikler</i>	15PBS-M64	Trakibazalt	1.19 ± 0.02	0.185 ± 0.002	2.24 ± 0.09
<i>Melikler</i>	15PBS-M67	Bazaltikandezit	1.72 ± 0.02	0.319 ± 0.002	2.67 ± 0.07
<i>Melikler</i>	15PBS-M98	Bazalt	0.634 ± 0.015	0.146 ± 0.002	3.32 ± 0.18
<i>Melikler</i>	15PBS-M100	Bazalt	1.316 ± 0.010	0.0394 ± 0.0017	1.8 ± 0.2
<i>Melikler</i>	15PBS-M103	Bazaltikandezit	1.37 ± 0.07	0.240 ± 0.002	2.53 ± 0.09
<i>Melikler</i>	15PBS-M68	Andezit	1.67 ± 0.02	0.385 ± 0.003	3.32 ± 0.09
<i>Melikler</i>	15PBS-M74	Andezit	2.15 ± 0.03	0.253 ± 0.002	1.70 ± 0.06
<i>Melikler</i>	15PBS-M105	Andezit	1.72 ± 0.02	0.457 ± 0.002	3.83 ± 0.01

Melikler volkanitleri Kars platosu üzerinde geniş alanlarda fakat farklı lokasyonlarda gözlenmekte ve en büyüğü yaklaşık 350 km² olmak üzere 1000 km² yakın alan kaplamaktadır. Çıldır Gölü'nün güneybatısında yer alan ve en iyi mostralarının gözlendiği yer Melik Köyü olarak belirlendiğinden dolayı, Aktimur ve ark. (1991) tarafından bu isimle adlandırılmıştır. Melik köyü ve Çıldır Gölü çevrelerinde Dumanlıdağ piroklasitik kayaçları ve andezitik-dasitik lav serilerini örten Melikler volkanitleri geniş alanlara yayılmıştır (Şekil 4.5 ve 4.6).



Şekil 4.5. Çıldır Gölü çevrelerinde gözlenen Melikler volkanitlerine ait lav akıntıları.

Innocenti ve ark. (1982)'nin Melikler volkanitlerinin bazaltik lav seviyelerinden yapmış oldukları K-Ar yaş verileri, bu lavların 1.6 ile 1.3 yaş aralığında püskürdüğüne işaret ederken, bu tez çalışması kapsamında elde edilen yaş verileri bazalttan andezite kadar değişen lavların 4.01 ile 1.7 My yaş aralığında püskürdüklerine ve Pliyosen'den Kuvaterner'e kadar etkin bir volkanizmanın ürünü olduklarına işaret etmektedir.



Şekil 4.6. Dumanlıdağ piroklastiği olarak Aktimur ve ark. (1991) tarafından adlandırılan ve piroklastik ve andezitik-dasitik lav akıntıları ile karakterize olan birimin üzerine akmış Melikler volkanitlerine ait lavlar.

Melikler volkanitleri genel olarak siyah, grimsi, masif ve üst seviyelerine doğru gaz boşluklu lav seviyeleri ile karakteristiktir. Kars platosu üzerinde geniş alanlarda gözlenen bu lav serileri, bazı lokasyonlarda sütunsal yapıları lav akıntılarını oluşturmuşlardır (Şekil 4.7). Melikler volkanitlerine ait bazaltik-trakibazaltik lavlar (3.32 ile 1.8 Milyon yıl), çalışma alanını kuzeyinde geniş platolar oluşturacak şekilde püskürmüşlerdir (Şekil 4.8). Bu lav serileri siyahımsı renkli ve masiftir. Bu kayalar, çoğunlukla afirik ve ince tanelidirler. Gözlenebilen kristalleri max:0.2 mm

boyutlarındadır. Bazaltik kayaç grupları içinde gaz kaçış bacalarıda gözlemlenmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.7. Melikler volkanitlerinin sütünsal yapılı akma seviyeleri.



Şekil 4.8. Melikler volkanitlerine ait bazaltik-trakibazaltik lav serileri.

Yaklaşık 4.01 ile 1.8 My aralığında püskürdüğü K-Ar yaş verileri ile ortaya koyulan bazaltikandezitik-andezitik lav serileri Kars platosu üzerinde geniş alanlarda gözlense de tipik olarak platonun güneyinde geniş lav akıntıları şeklinde platoyu örtmüştür (Şekil 4.10). Bu lav akıntıları çoğunlukla afirik olsa da, bazılarında boyutları max:0.5 cm ulaşan feldispat kristalleride gözlenmiştir.



Şekil 4.9. Melikler volkanitlerine ait bazaltik lavlar içinde gözlenen gaz kaçış bacaları.



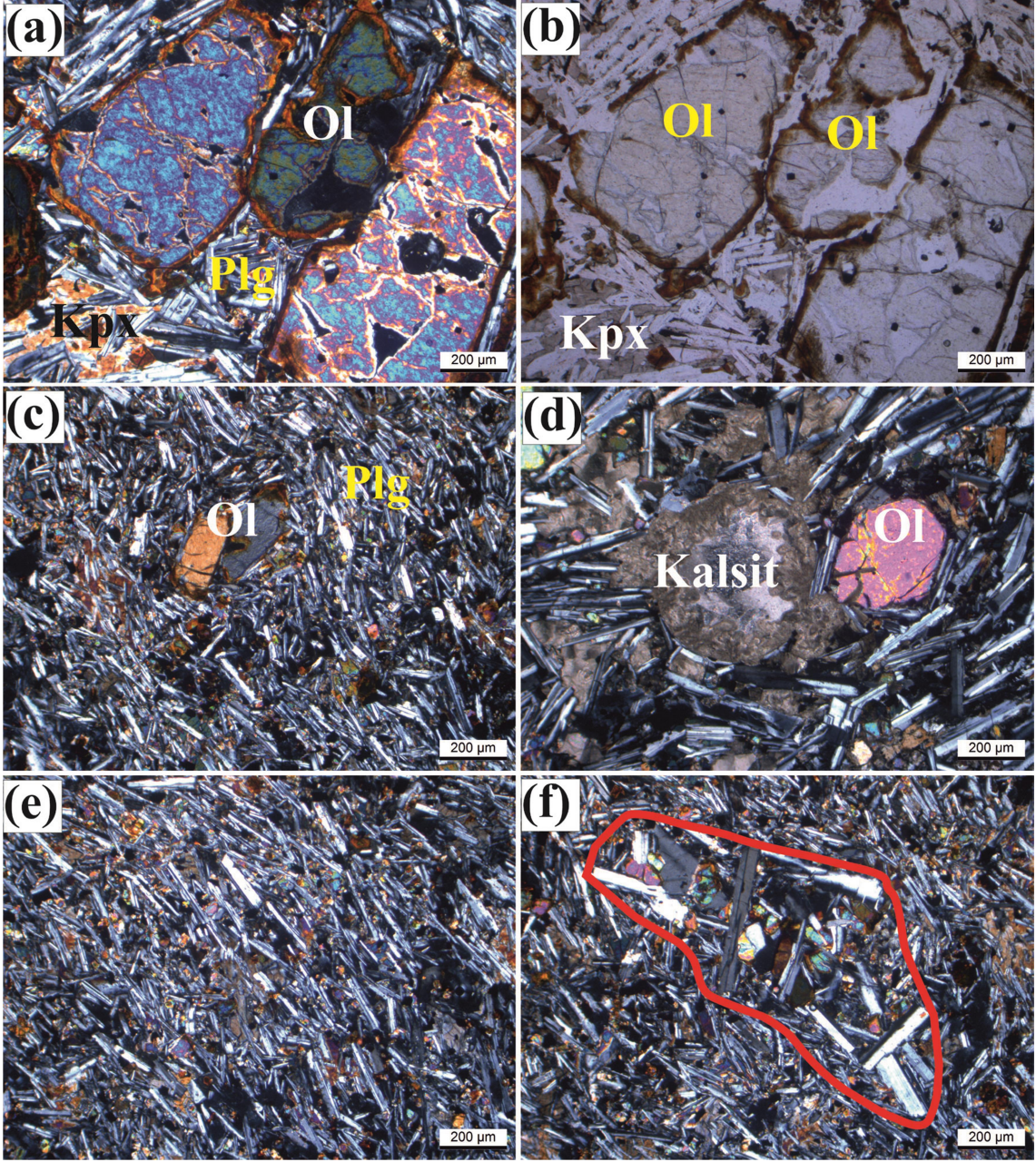
Şekil 4.10. Kars Platosu'nun güneyindeki alanlarda andezitik-bazaltikandezitik lavların oluşturduğu ve platoyu örten lav akıntıları.

4.4. Mineraloji-Petrografi

Melikler volkanitlerine ait kayaç gruplarının tamamında gözlenen ana mineral parajenezini plajiyoklaz + olivin + klinopiroksen \pm ortopiroksen + opak mineralleri oluşturmaktadır. Ortopiroksen kristalleri kayaç gruplarının bazaltik andezit ve andezit türevlerinde gözlenmiş ve diğer lav serilerinde gözlenmemiştir. Melikler volkanitlerine ait kayaç grupları genellikle intersertal, akma, hyalopilitik ve bazı örneklerde glomeroporfirik, ofitik ve vitrofirik porfirik dokular sergilemektedirler. Petrografik olarak bazalt ve andezit bileşimi sunan ve aynı mineralojik bileşimlere sahip olan Melikler volkanitlerine ait lav serileri, jeokimyasal analizler ile elde edilen kayaç sınıflamalarına göre bazalt, trakibazalt, bazaltik trakiandezit, bazaltik andezit, andezit ve trakiandezit başlıkları altında sunulmuştur.

4.4.1. Bazaltik lavlar

Bazaltik lavlar plajiyoklaz, olivin, klinopiroksen ve opak mineralleri ile aynı minerallerin mikrolitleri ve volkanik camdan oluşan volkanik hamur içermektedirler (Şekil 4.11). Bazaltik lavlar aynı mineral parajenezine sahip olmalarına karşın, sahip oldukları dokular açısından farklılıklar sergilerler. Kayaçların içerdiği olivin mineralleri fenokristal ve mikrofenokristal boyutlarında kristallenmiştir. Bazı kristallerinin kenarlarından ve çatlaklarından itibaren iddingsitleştiği gözlenmiştir. Plajiyoklaz fenokristalleri prizmatik formları ve polisentetik ikizleri ile tipiktirler ve bazı kristallerinin zonlu doku gösterdiği de tespit edilmiştir. Plajiyoklaz minerallerin mikrolit boyutundaki kristalleri kayacın hamurunun büyük bir kısmını kaplamaktadır. Bazaltik lavlarda gözlenen piroksen kristalleri yaklaşık 38°-42° derecelik eğik sönmeleri ile klinopiroksen ve soluk pembemsi renk tonları ile titanijit formundadırlar. Bazaltik lavların özellikle gaz boşluğu içeren ve vesiküler dokulu örneklerinde, bu boşlukların ikincil kalsitler ile dolduğu tespit edilmiştir. Bazaltik lavlar dokusal olarak intersertal, akma dokuları ile bazı kayaçların ince kestilerinde glomeroporfirik ve ofitik dokularda sergilemektedirler.

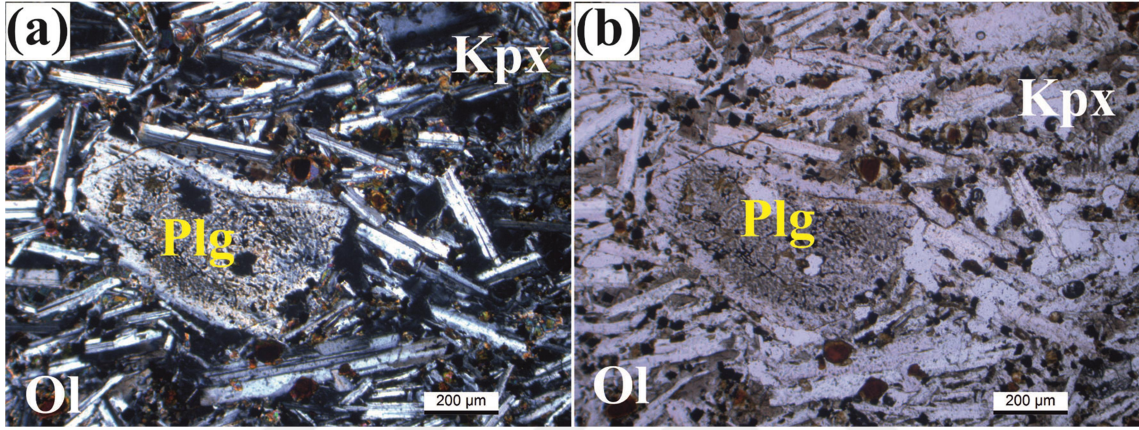


Şekil 4.11. Bazaltik kayalara ait incekesit görüntüleri. a, b, c. İddingsitleşmiş olivin (Ol), plajiyoklaz (Plg), klinopiroksen (Cpx) ve opak mineralleri, aynı minerallerin mikrolitleri ve volkanik camdan oluşan intersertal hamur içinde dağılmakta, d. Kalsit dolgusu, e. akma dokusu, f. Plg, Ol ve Cpx fenokristallerinin kümelenerek oluşturdukları glomeroporfirik doku. a, c, d, e ve f görüntüleri çift nikol; b tek nikol görüntü.

4.4.2. Trakibazaltik lavlar

Bazaltik lavlar ile benzer mineralojik bileşime sahiptirler. Bazaltik lavlara oranla fenokristal miktarının daha az olduğu bu lavlarda plajiyoklaz fenokristalleride hücremsi

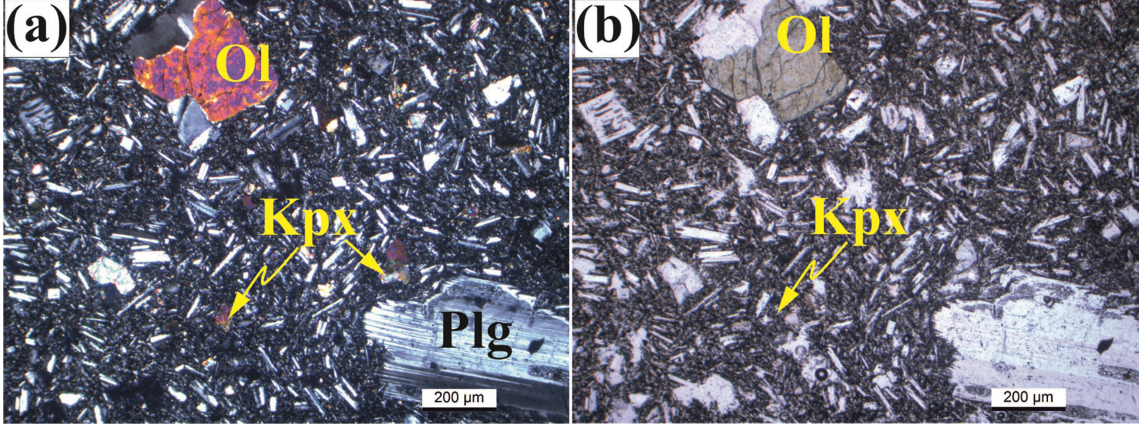
doku ve volkanik cam kapanımları gözlenmektedir (Şekil 4.12). Plajiyoklaz, olivin, klinopiroksen ve opak mineral parajenezine sahip olan bu lavların volkanik hamuru volkanik cam ve aynı minerallerin mikrolitlerinden oluşmaktadır ve intersertal dokusal karakteristiklere sahiptir. Olivin feno ve mikrofenokrsitallerinin tamamen iddingsitleştikleri ve eğik sönmeleri ve leylak renk tonları ile klinopiroksenlerin titanajit formunda oldukları belirlenmiştir.



Şekil 4.12. Trakibazaltik lavların incekesit görüntüleri. a. çift nikol, b. tek nikol. Hücremsi dokunun geliştiği plajiyoklaz fenokristalleri olivin, klinopiroksen ve plajiyoklaz mikrolitleri ile volkanik camdan ibaret intersertal hamur içinde dağılmakta.

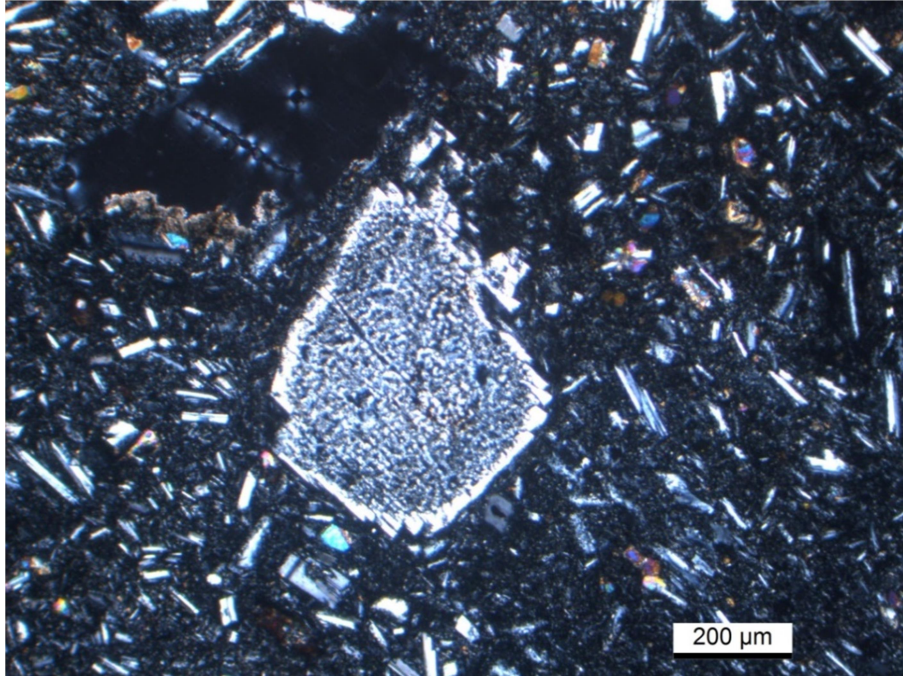
4.4.3. Bazaltik-trakiandezit lavları

Bazaltik trakiandezit lavları başlıca plajiyoklaz + olivin + klinopiroksen + opak mineralleri ve bu minerallerin mikrolitlerinden oluşmaktadır. Kayacın hamurunu aynı minerallerin mikrolitleri ve volkanik cam oluşturmakta, bazı kayaçlarda volkanik cam içinde mikrolitlerin dağılması ile hyalopilitik ve bazılarında da mikrolitlerin arasını volkanik camın doldurması ile tipik olan intersertal dokusal karakteristikler ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.13). Bazaltik trakiandezit kayaçlarının içerdiği olivin mineralleri çoğunlukla mikrolit veya mikro-fenokristal boyutlarında olup, çoğunlukla iddingsitleşmişlerdir.



Şekil 4.13. Bazaltik trakiandezit kayaç serilerine ait incekesit görüntüleri. Olivin, plajiyoklaz ve klinopiroksen mineralleri intersertal hamur içinde dağılmakta. a. çift nikol, b. tek nikol.

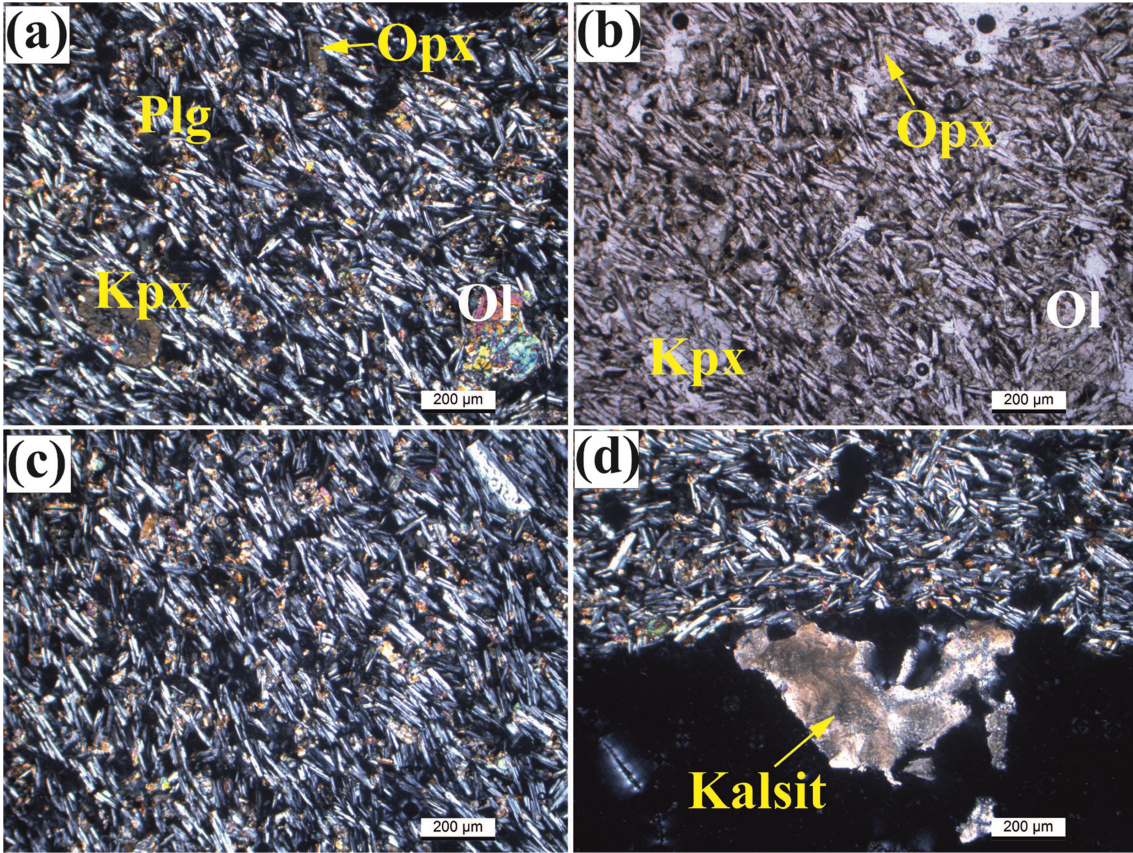
Eğik sönmeleri ile karakterize olan klinopiroksenler renksiz ve basit ikizli olarak ojit formunda kristallenmişlerdir. Plajiyoklaz mineralleri feno-mikro kristaller ve mikrolit boyutlarında olup prizmatik ve polisentetik ikizlenme karakterisitkleri gösterirler. Ayrıca plajiyoklaz fenokristallerinin bazılarında hücremsi dokuda gelişmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Bazaltik-trakiandezit kayaç gruplarında fenokristal olarak kristallenmiş plajiyoklaz fenokristallerinde gözlenen hücremsi doku. Olivin, plajiyoklaz ve piroksen mikrolitleri hyalopilitik hamur içinde dağılmakta.

4.4.4. Bazaltik andezit lavları

Bazaltik andezitler plajiyoklaz + olivin + klinopiroksen + ortopiroksen + opak minerallerinden oluşmakta ve kayacın hamurunu olivin hariç diğer minerallerin mikrolitleri ve volkanik cam oluşturmaktadır. Kayaç genel olarak taze olmakla beraber, içermiş olduğu gaz boşluklarının ikincil kalsit mineralleri ile dolduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.15).

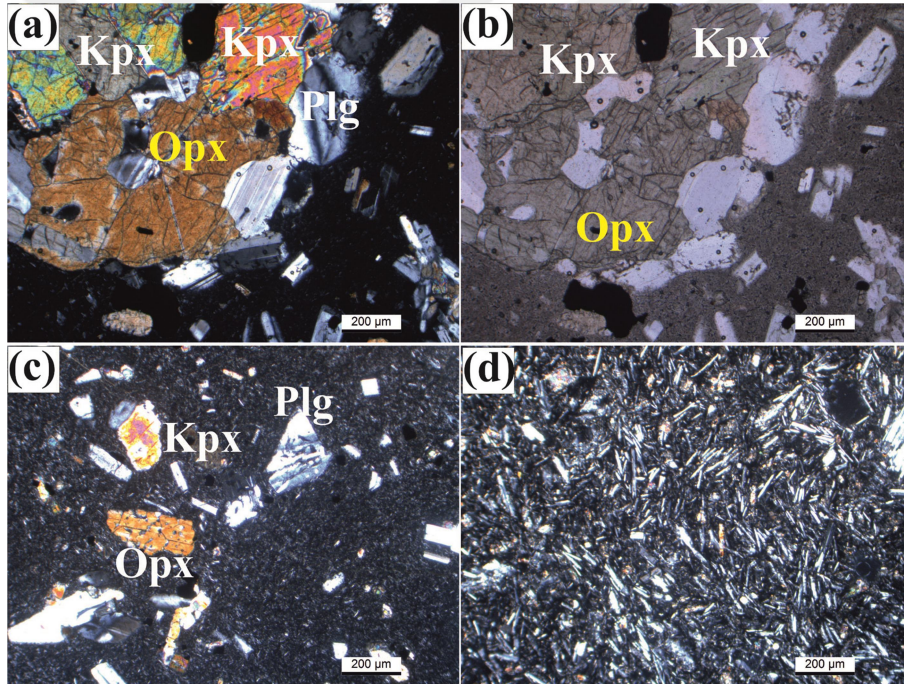


Şekil 4.15. Bazaltik andezit lavlarının çift nikol (a, c, d) ve tek nikol (b) incekesit görüntüleri.

Bazaltik andezit lav akıntıları, bazaltik lavlara göre daha ince tanelidirler ve daha tazedirler. Olivinlerde herhangi bir alterasyon gözlenmezken, yüksek girişim renklerine sahip ve renksiz, yüksek optik engelidirler. Klinopiroksen kristalleri renksiz ve bazı kristallerinde basit ikizlenme sergilerler. Ortopiroksen kristalleri kenar ve dilinim izlerine göre paralel sönen, renksiz formda kristallenmişlerdir. Opak mineraller kayaç içinde çoğunlukla mikro-feno boyutundadırlar.

4.4.5. Andezitik lavlar

Melikler volkanitlerine ait lavların en geniş alanlara yayılan ürünlerinden birini oluşturan andezitler, plajiyoklaz, klinopiroksen, ortopiroksen, opak ve bazı kesitlerinde gözlemlenen olivin mineral topluluğundan oluşmaktadırlar (Şekil 4.16). Bu mineraller kayaç içinde hem fenokristal hemde mikrolit boyutlarında kristallenmişlerdir. Andezitlerin hamurunu plajiyoklaz, piroksen ve opak minerallerinin mikrolitleri ve volkanik cam oluşturmaktadır. Mineral mikrolitlerinin volkanik cam içinde dağıldığı hyalopilitik, mikrolitlerin arasını volkanik camın doldurmasıyla oluşan intersertal ve sadece hamurun volkanik camdan ibaret olduğu vitrofirik porfirik dokular andezit lavlarda gözlenmiştir (Şekil 4.16).

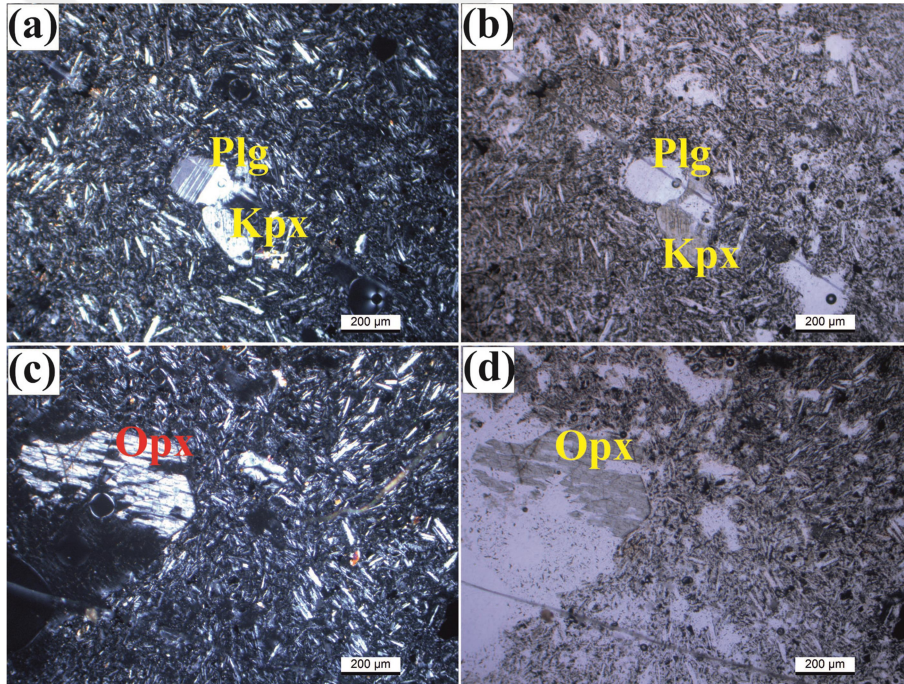


Şekil 4.16. Melikler volkanitlerine ait andezitik lavların incekesit görüntüleri. a, b. Plajiyoklaz, klinopiroksen ve ortopiroksen fenokristalleri vitrofirik porfirik hamur içinde dağılmakta, c. Hyalopilitik doku, d. İntersertal doku.

Andezitik lavlarda gözlenen piroksen mineralleri renksiz, yüksek optik engebeli ve bazı kristallerinde basit ikizlenme ile tipiktirler. Piroksenler orto türleri paralel sönmeye, klino türleri ise yaklaşık 35°-40°'lik eğik sönmeleri ile karakteristiktirler. Plajiyoklaz kristalleri kayaçlar içinde hem fenokristal hemde mikrolit boyutlarında olup, polisentetik ikiz ve prizmatik formdadırlar.

4.4.6. Trakiandezitik lavlar

Plajiyoklaz, klinopiroksen, ortopiroksen ve opak mineralleri ile bu minerallerin mikrolitleri ve volkanik camdan oluşan volkanik hamura sahip olan trakiandezitik lav akıntıları, intersertal ve akma dokusal karakteristikleri sergilemektedirler. Kayaç içindeki fenokristal miktarı az olup çoğunlukla mikrolit ve mikro-fenokristal boyutunda kristallenmiş minerallerden oluşmuşlardır (Şekil 4.17). Ortopiroksenler renksiz ve paralel sönmeleri ile klinopiroksenler ise renksiz, eğik sönmeleri ve renksiz oluşları ile karakteristiktirler. Plajiyoklaz kristalleri prizmatik ve polisentetik ikizlidirler. Kayacın hem fenokristalleri hemde hamuru taze olup, alterasyon izleri gözlenmemektedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Melikler volkanitlerine ait trakiandezitik lavaların incekesit görüntüleri. İntersertal hamur içinde klinopiroksen, ortopiroksen ve plajiyoklaz fenomikro kristalleri ve mikrolitlerin dağılımı. a, c. Çift nikol, b, d. Tek nikol.

4.5. Mineral Kimyası

Tez çalışması kapsamında Melikler volkanitlerinin gözlemlendiği alanlardaki kayaçların içermiş oldukları minerallerin türlerini, aynı minerallerin farklı seviyelerindeki kimyasal değişimleri ve jeotermometre çalışmaları yardımıyla kayaç

örneklerinin kristallendikleri sıcaklık koşulları araştırılmıştır. Mineral kimyası yapılmış olan örneklerin analiz sonuçları Çizelge 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5’de sunulmuştur. Mineral kimyası çalışmaları, kayalar içinde gözlenen minerallerin özellikleri ile birlikte alt başlıklar olarak sunulacaktır.

4.5.1. Olivin

Melikler volkanitlerine ait kayaç örnekleri içinde olivin fenokristalleri ve mikrolitleri bazalt, bazaltik-andezit ve andezit lav serileri içinde gözlenmişlerdir. Olivinlerin forsterit içeriği (çekirdek, kenar, mikrolit) bazaltik lavlar için Fo_{58-84} , bazaltik andezitler için Fo_{64-84} ve andezitler için Fo_{84-78} arasında değişmektedir (Şekil 4.18). Melikler volkanitlerinin içermiş oldukları lav serilerinin forsterit içerikleri evrimleşmiş andezitik ve bazaltikandezit lavlarına doğru herhangi bir değişim sergilememekte ve mikrolitler en az forsterit içeriğine sahip kristaller olarak gözlenmektedir.

Çizelge 4.2. Melikler volkanitlerine ait seçilmiş örneklerdeki olivin kristallerinin mineral kimyası analiz sonuçları

Volkanik merkez	EKP-Melikler	EKP-Melikler	EKP-Melikler	EKP-Melikler	EKP-Melikler	EKP-Melikler	EKP-Melikler	EKP-Melikler
Örnek	15-PBS-M100	15-PBS-M100	15-PBS-M100	15-PBS-M103	15-PBS-M103	15-PBS-M103	15-PBS-M98	15-PBS-M98
Tane	15_100_ol1c	15_100_ol1r	15_100_ol2c	15_103_ol1r	15_103_ol1c	15_103_ol2c	15_98_ol1c	15_98_ol1r
Pozisyon	çekirdek	kenar	çekirdek	kenar	çekirdek	çekirdek	çekirdek	kenar
SiO₂	36.82	38.76	38.03	39.76	38.96	39.45	39.54	38.56
TiO₂	0.01	0.09	0.03	0.00	0.04	0.03	0.01	0.02
Al₂O₃	0.16	3.45	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.06
Cr₂O₃	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.03
FeO	30.12	31.37	23.26	17.81	19.08	19.06	19.16	21.93
MnO	0.54	0.60	0.39	0.36	0.59	0.56	0.30	0.34
MgO	32.35	27.62	38.65	43.32	41.44	41.53	42.27	40.16
CaO	0.44	1.31	0.33	0.19	0.21	0.18	0.26	0.26
Na₂O	0.02	0.22	0.01	0.02	-0.01	0.00	0.01	0.03
K₂O	-0.01	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.01	0.00	-0.02
NiO	0.08	0.03	0.07	0.19	0.05	0.10	0.16	0.13
Total	100.55	103.47	100.81	101.71	100.39	100.96	101.75	101.51
Fo	64.87	59.40	74.11	80.74	78.73	78.85	79.20	76.00
Fa	33.88	37.85	25.02	18.62	20.34	20.30	20.14	23.28

Çizelge 4.3. Melikler volkanitlerine ait seçilmiş örneklerdeki piroksen kristallerinin mineral kimyası analiz sonuçları

<i>Volkanik merkez</i>	<i>EKP-Melikler</i>	<i>EKP-Melikler</i>	<i>EKP-Melikler</i>	<i>EKP-Melikler</i>	<i>EKP-Melikler</i>	<i>EKP-Melikler</i>	<i>EKP-Melikler</i>	<i>EKP-Melikler</i>
<i>Örnek</i>	15-PBS-M100	15-PBS-M100	15-PBS-M100	15-PBS-M103	15-PBS-M103	15-PBS-M98	15-PBS-M98	15-PBS-M98
<i>Tane</i>	15_100_prx1c	15_100_prx1r	15_100_prx2c	15_103_prx2c	15_103_prxr	15_98_prx1c	15_98_prx1r	15_98_prx2c
<i>Pozisyon</i>	çekirdek	kenar	çekirdek	çekirdek	kenar	çekirdek	kenar	çekirdek
<i>SiO₂</i>	4.00	4.21	3.96	1.18	1.08	2.06	2.00	1.94
<i>TiO₂</i>	5.55	5.30	6.05	3.49	3.44	3.57	3.72	3.50
<i>Al₂O₃</i>	0.01	0.02	0.04	0.22	0.41	0.18	0.23	0.36
<i>Cr₂O₃</i>	10.08	10.33	10.30	9.13	8.54	9.90	9.66	9.84
<i>FeO</i>	0.23	0.21	0.18	0.29	0.25	0.24	0.21	0.23
<i>MnO</i>	11.64	11.60	11.61	15.41	15.54	13.68	13.69	13.89
<i>MgO</i>	21.14	21.25	21.35	19.02	19.70	20.38	20.38	21.02
<i>CaO</i>	0.84	0.81	0.77	0.47	0.39	0.54	0.52	0.52
<i>Na₂O</i>	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00
<i>K₂O</i>	0.05	0.03	0.01	0.03	0.03	0.01	0.02	0.04
<i>NiO</i>	99.69	99.35	99.26	99.40	100.58	99.58	99.12	101.43
<i>Total</i>	100.55	103.47	100.81	101.71	100.39	100.96	101.75	101.51
<i>enstatite</i>	40.10	40.83	39.74	43.01	40.38	42.80	37.68	37.87
<i>ferrosillite</i>	15.01	16.12	14.21	16.85	18.45	14.25	17.20	15.14
<i>wollastonite</i>	44.89	43.05	46.05	40.14	41.17	42.95	45.12	46.99

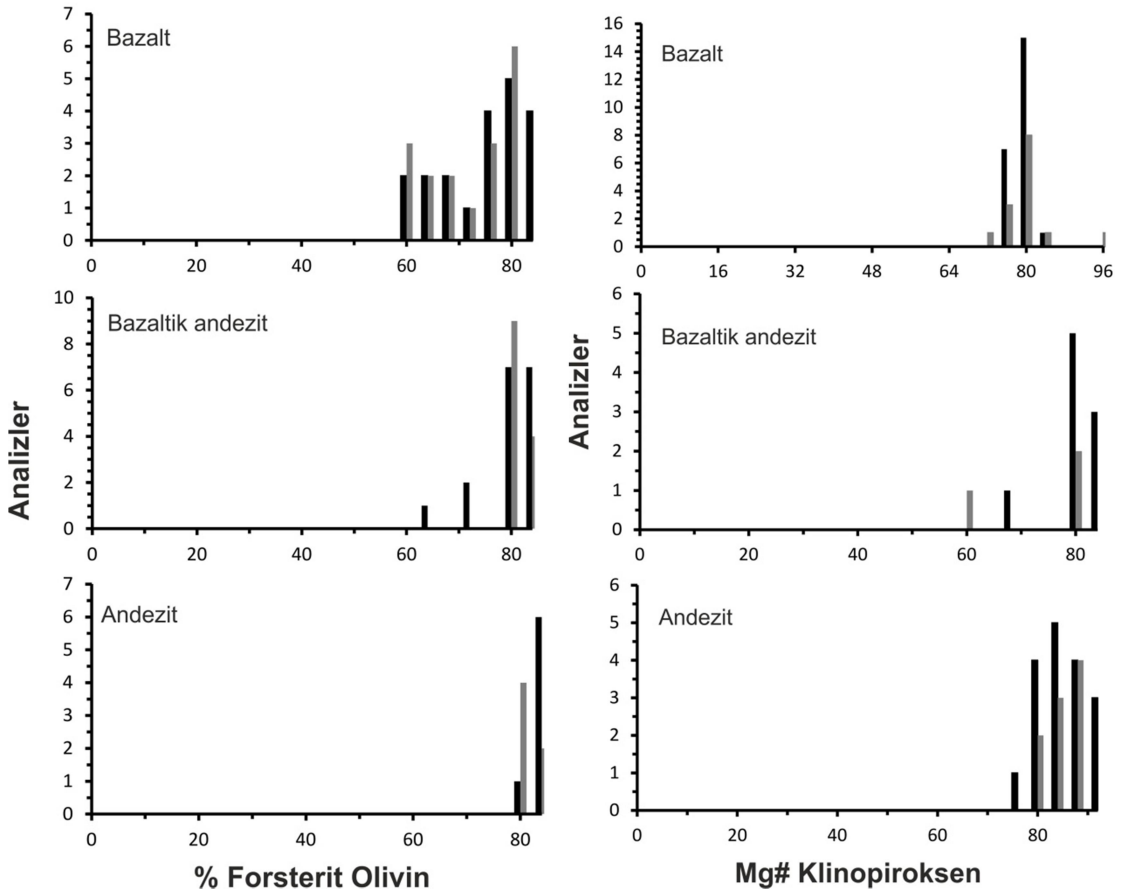
Çizelge 4.4. Melikler volkanitlerine ait seçilmiş örneklerdeki plajiyoklaz kristallerinin mineral kimyası analiz sonuçları

<i>Volkanik merkez</i>	<i>EKP-Melikler</i>	<i>EKP-Melikler</i>	<i>EKP-Melikler</i>	<i>EKP-Melikler</i>	<i>EKP-Melikler</i>	<i>EKP-Melikler</i>	<i>EKP-Melikler</i>	<i>EKP-Melikler</i>
<i>Örnek</i>	15-PBS-M100	15-PBS-M100	15-PBS-M100	15-PBS-M103	15-PBS-M103	15-PBS-M98	15-PBS-M98	15-PBS-M98
<i>Tane</i>	15_100_plg1c	15_100_plg1r	15_100_plg1c	15_103_plg1c	15_103_plg1r	15_98_plg1c	15_98_plg1r	15_98_plg2c
<i>Pozisyon</i>	çekirdek	kenar	çekirdek	çekirdek	kenar	çekirdek	kenar	çekirdek
<i>SiO₂</i>	51.59	51.37	52.02	53.26	53.59	51.58	52.52	52.49
<i>TiO₂</i>	0.13	0.16	0.10	0.05	0.08	0.09	0.09	0.07
<i>Al₂O₃</i>	30.10	29.78	30.15	30.00	29.53	29.68	29.97	30.02
<i>Cr₂O₃</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00
<i>FeO</i>	0.66	0.66	0.61	0.62	0.84	0.59	0.42	0.43
<i>MnO</i>	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
<i>MgO</i>	0.03	0.05	0.03	0.14	0.15	0.23	0.15	0.12
<i>CaO</i>	13.11	13.13	13.06	13.09	12.64	13.11	13.20	13.25
<i>Na₂O</i>	4.23	4.28	4.32	4.09	4.47	4.27	4.53	4.12
<i>K₂O</i>	0.17	0.19	0.17	0.23	0.29	0.12	0.11	0.11
<i>NiO</i>	0.03	0.03	0.00	0.01	0.02	0.00	-0.01	0.01
<i>Total</i>	100.06	99.67	100.45	101.49	101.60	99.64	100.99	100.61
<i>Anortit</i>	62.52	62.21	61.98	63.04	59.97	62.49	61.32	63.61
<i>Albit</i>	36.52	36.71	37.07	35.63	38.38	36.85	38.06	35.77
<i>Ortoklaz</i>	0.96	1.08	0.95	1.33	1.66	0.66	0.62	0.62

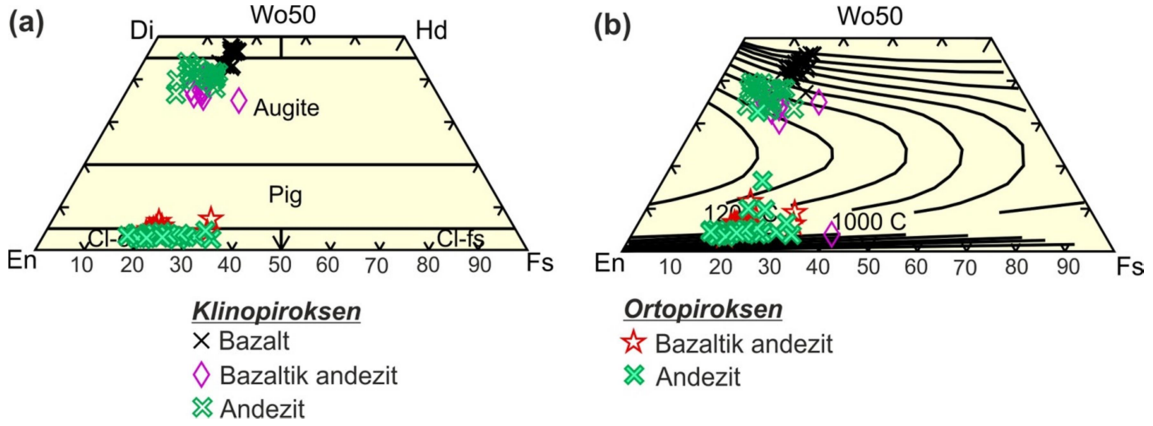
4.5.2. Piroksen

Melikler volkanitlerine ait lav serileri içinde klinopiroksen fenokristalleri ve mikrolitleri tüm lav serileri içinde gözlemlenmiş ve bazalt, bazaltik-andezit ve andezit lav serileri içindeki kristallerinin mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu lavların içerdiği oldukları klinopiroksen kristallerinin Mg# değerleri 96 ile 60 arasında

değişmekte, bazaltlardan bazaltik andezitlere doğru Mg# değerleri düşüş gösterirken, andezitik lavlarda yüksek değerler sunmaktadırlar (Şekil 4.18). Bazaltik lavlar içindeki klinopiroksen kristalleri diyopsit ve ojit bileşimi sunarken (Wo_{44-48} , En_{35-46} , Fs_{14-18} kompozisyonunda), bazaltik andezit ve andezit lavlarındaki klinopiroksen kristallerinin Wo_{36-45} , En_{36-50} ve Fs_{9-18} kompozisyonları ile ojit bileşiminde oldukları tespit edilmiştir (Şekil 4.19a). Bu minerallerin analiz sonuçları, 1000-600 °C arasındaki sıcaklıklarda kristallenmiş olabileceklerine de işaret etmektedir (Şekil 4.19b).



Şekil 4.18. Melikler volkanitlerine ait lavların % forsterit olivin içeriklerini ve klinopiroksen minerallerinin Mg# değerlerini gösteren histogram grafikleri. Siyah barlar çekirdek, gri barlar ise kenar analizlerini yansıtmaktadır.



Şekil 4.19. Piroksen kristallerinin mineral kimyası analizlerine göre a. türleri ve b. kristallendikleri sıcaklık aralıkları (Morimoto ve ark. 1988).

Melikler volkanitlerine ait bazaltik andezit ve andezit lavlarının bir kısmında ortopirosken mineralleri fenokristal ve mikrolit olarak gözlemlenmiştir. Ortopirosken minerallerinin çekirdek, kenar ve mikrolitlerinde yapılan mineral kimyası analizleri, ortopirosken minerallerinin % 1-5 mol wolllostanit içeriği ile enstatit bileşiminde ve kristallenme sıcaklıklarının da 1200-1000 °C arasında değiştiğine işaret etmektedir (Şekil 4.19). Ortopiroskenlerin Mg# içerikleri 80 ile 52 arasında değişmekte ve bazaltik andezitlerden andezitik lavlara doğru tüm kayaç SiO₂ içeriğiyle negatif ilişki sunmaktadır.

4.5.3. Plajiyoklaz

Melikler volkanitlerinin bazalttan andezite kadar değişen lav serilerinin tümünde gözlenen plajiyoklaz fenokristallerinin çekirdek ve kenar zonları ile mikrolitlerinden mineral kimyası analizleri yapılmıştır. Plajiyoklaz fenokristallerinin % An içerikleri % 80 ile 50 arasında değişmektedir. Analiz edilmiş olan plajiyoklaz mikrolitlerinde % An içerikleri %48 ile 32 arasında değişmekte ve bazalttan andezite doğru % An içerikleri azalmakla birlikte, andezitik kayaçların bazı fenokristallerinde yaklaşık % 80 civarında anortit içeriğine sahip plajiyoklaz kristallerinde varlığı belirlenmiştir (Şekil 4.20). Kayaçlarda analiz edilmiş plajiyoklaz fenokristal ve mikrolitlerinin Or-An-Ab üçgen diyagramındaki konumları (Şekil 4.21) geniş bir aralıkta değişmektedir ve bitovnitten andezine kadar değişen kompozisyonlardaki türleri ile kristallendikleri belirlenmiştir.

4.5.4. Fe-Ti oksitler

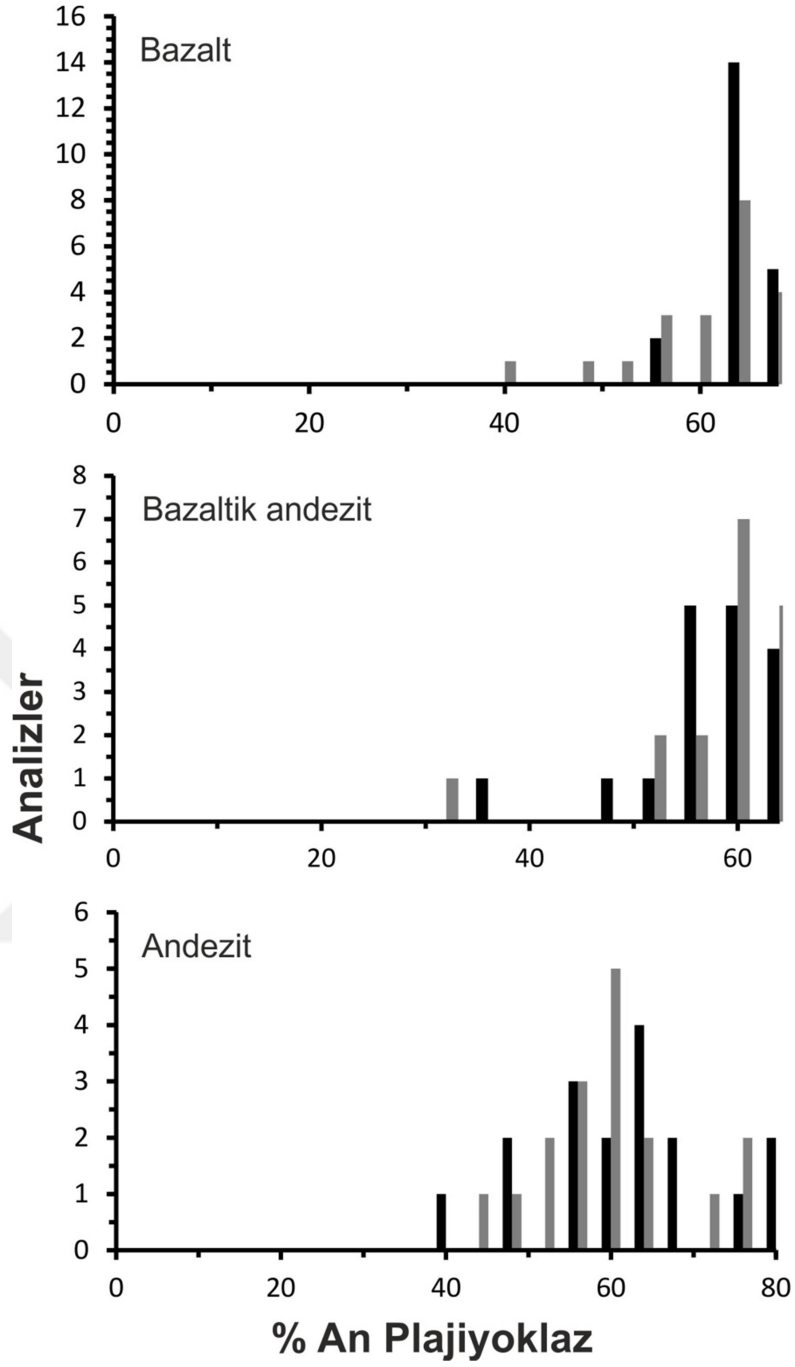
Melikler volkanitlerine ait kayaç örneklerinde yapılan Fe-Ti oksit minerallerinin kimyasal analizleri, bu minerallerin ilmenit ve titanomanyetit olduklarını ortaya koymuştur (Çizelge 4.5). Bu Fe-Ti oksit mineralleri çoğunlukla hamurda beraber gözlenmiş nadirende olsa fenokrsitallerinede rastlanmıştır. Kayaçların içerdiği olduğu Fe-Ti oksit minerallerinin kimyasal analiz sonuçlarına göre, ulvospinel içerikleri % 45 ile % 72 mol arasında değişir ve bazaltik lavlardan evrimleşmiş dasitik lavlara doğru bu % mol içeriği azalmaktadır. İlmenit içerikleri ise % 85 ile % 94 mol arasında değişiklik sergilemektedirler.

Çizelge 4.5. Melikler volkanitlerine ait seçilmiş örneklerdeki Fe-Ti oksitler ve ortopiroksen kristallerinin mineral kimyası analiz sonuçları

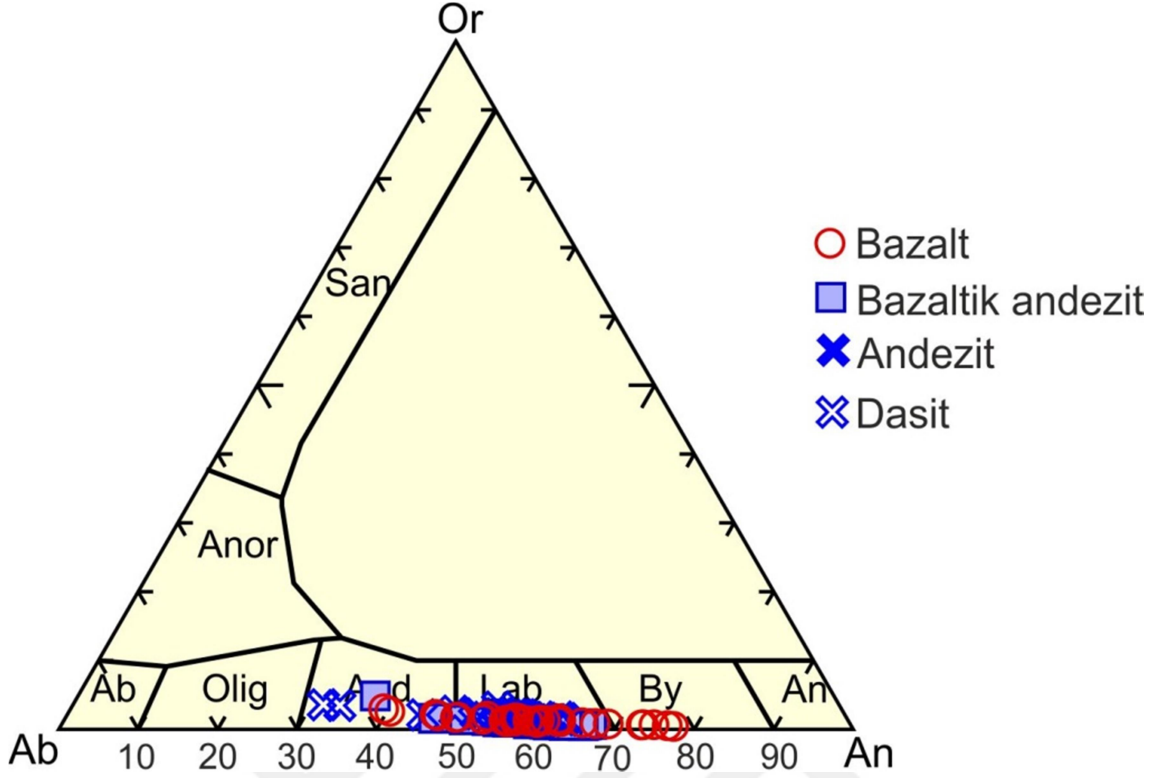
Volkanik merkez	Melikler	Melikler	Melikler	EKP-Melikler	EKP-Melikler	EKP-Melikler	EKP-Melikler
Örnek	15-MPBS-60	15-MPBS-60	15-MPBS-60	15-PBS-M98	15-PBS-M98	15-PBS-M105	15-PBS-M105
Tane	15_60 prx1c	15_60 prx1r	15_60 prx2c	8t	7t	4t	3t
Pozisyon	çekirdek	kenar	çekirdek	çekirdek	çekirdek	çekirdek	çekirdek
SiO ₂	55.44	55.52	55.26	0.19	0.03	2.70	0.20
TiO ₂	0.37	0.26	0.36	21.98	49.11	14.76	43.12
Al ₂ O ₃	1.42	0.80	1.29	1.19	0.02	0.89	0.06
Cr ₂ O ₃	0.11	0.09	0.28				
FeO	14.59	14.18	13.67	69.28	45.37	73.86	50.03
MnO	0.35	0.34	0.33	0.48	0.65	0.39	0.72
MgO	27.59	28.00	28.05	1.38	2.46	0.40	0.90
CaO	2.37	2.27	2.48	0.14	0.05	0.09	0.14
Na ₂ O	0.08	0.09	0.04	0.03	0.04	0.43	-0.05
K ₂ O	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.21	0.08
NiO	0.04	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	102.37	101.59	101.80	94.68	97.75	93.73	95.19
enstatite	53.47	55.47	56.87	ulvospinel	0.65	0.50	
ferrosillite	42.75	42.12	36.59	ilmenit		0.93	0.84
wollastonite	3.78	2.41	6.54				

4.6. Jeokimya

Kars platosu üzerindeki Melikler volkanitlerine ait kayaçların, petrografik tanımlamalarından sonra en taze olan 50 örnek üzerinde ana, iz ve nadir toprak element (NTE) jeokimyasal analizleri yaptırılmıştır. Kayaçların analiz sonuçlarına göre ateşte kayıp (LOI) değerleri -0.6 ile 3.1 arasında değişmektedir. Jeokimyasal sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.20. Kayaç örneklerinin % Anortit plajiyoklaz içeriklerini gösterir histogram grafiği. Siyah barlar çekirdek, gri barlar ise kenar analizlerini yansıtmaktadır.



Şekil 4.21. Kayaç örneklerinde mineral kimyası analizleri yapılmış olan plajiyoklaz kristallerinin Or-Ab-An üçgen diyagramındaki konumları.

4.6.1. Ana oksitler

Melikler volkanitlerine ait örneklerin SiO_2 içerikleri % 46.84 ile 61.38, MgO içerikleri 2.28 ile 7.50 arasında değişmektedir. Ateşte kayıp içerikleri (LOI) -0.6 ile 3.1 arasında değişmekte olup, LOI içeriği yüksek olan lavlarda alterasyonun kısmende olsa etkili olmuş olabileceğine ama LOI içeriği düşük olan analiz edilen örneklerin alterasyondan etkilenmediklerini ve taze olduklarına işaret eder. Volkanik kayaçların jeokimyasal sınıflamaları, analiz edilen örneklerin jeokimyasal sonuçlarının susuz bazda (ateşte su kaybı majör element değerlerine orantılı dağıtılarak) hesaplanmış değerleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Volkanitlerin sınıflamasında Toplam alkali – silis (TAS; Le Bas ve ark., 1986) diyagramı kullanılmıştır. Bu sınıflamaya göre Melikler volkanitlerine ait kayaç örneklerinin bazaltdan andezit-trakiandezite kadar değişen geniş bir jeokimyasal dağılıma sahip oldukları görülmüştür (Şekil 4.22).

Çizelge 4.6. Melikler volkanitlerine ait kayaç örneklerinin ana oksit, iz ve nadir toprak element ile Sr, Nd, Pb, Hf izotopik analiz sonuçları. Koordinatlar UTM sisteminde verilmiştir. BTRA: Bazaltik trakiandezit

<i>Birim</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>
<i>Koordinat</i>	<i>Kuzey: 4527002</i>	<i>Kuzey: 4478774</i>	<i>Kuzey: 4472617</i>	<i>Kuzey: 4520391</i>	<i>Kuzey: 4464882</i>	<i>Kuzey: 4462591</i>	<i>Kuzey: 4487604</i>	<i>Kuzey: 4474509</i>	<i>Kuzey: 4493000</i>	<i>Kuzey: 4461850</i>
	<i>Doğu: 381734</i>	<i>Doğu: 332728</i>	<i>Doğu: 339041</i>	<i>Doğu: 367626</i>	<i>Doğu: 365328</i>	<i>Doğu: 373646</i>	<i>Doğu: 358226</i>	<i>Doğu: 323815</i>	<i>Doğu: 343915</i>	<i>Doğu: 325062</i>
<i>Örnek no</i>	<i>15PBS-M98</i>	<i>15PBS-M100</i>	<i>15PBS-M101</i>	<i>15PBS-M91</i>	<i>15PBS-M109</i>	<i>15PBS-M110</i>	<i>15PBS-M69</i>	<i>15PBS-M63</i>	<i>15PBS-M64</i>	<i>15PBS-M60</i>
<i>Kayaç tipi</i>	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Trakibazalt	Trakibazalt	Trakibazalt	Trakibazalt	Trakibazalt	Bazaltikandezit
<i>% SiO₂</i>	49.07	46.84	46.89	48.77	49.87	49.55	50.11	46.47	47.94	55.01
<i>TiO₂</i>	1.76	2.05	1.98	1.55	1.88	1.93	2.57	2.45	2.63	1.12
<i>Al₂O₃</i>	17.02	17.03	17.12	16.13	17.18	17.64	17.07	16.77	16.85	16.86
<i>Fe₂O₃^{TOT}</i>	11.02	12.20	12.14	9.45	11.42	10.74	12.06	13.90	13.66	7.84
<i>MnO</i>	0.17	0.18	0.18	0.16	0.17	0.17	0.20	0.20	0.19	0.12
<i>MgO</i>	6.83	7.40	7.59	6.48	6.04	6.07	4.33	6.01	6.07	4.99
<i>CaO</i>	9.01	9.69	9.76	8.76	7.70	8.04	6.59	8.19	7.53	8.02
<i>Na₂O</i>	3.84	3.64	3.51	3.87	3.60	4.23	4.96	4.22	4.01	3.55
<i>K₂O</i>	0.59	0.35	0.32	1.02	1.36	0.80	1.38	0.68	0.95	1.37
<i>P₂O₅</i>	0.28	0.32	0.28	0.41	0.56	0.34	0.56	0.55	0.22	0.24
<i>LOI</i>	0.1	0.0	-0.1	3.1	-0.1	0.2	-0.1	0.4	-0.3	0.6
<i>Toplam</i>	99.74	99.73	99.72	99.71	99.69	99.72	99.74	99.72	99.73	99.76
<i>Mg#</i>										
<i>Sc (ppm)</i>	25	25	26	20	16	17	13	16	18	17
<i>V</i>	208	190	193	172	194	204	94	166	204	143
<i>Co</i>	41.5	44.0	43.0	32.9	35.2	38.1	23.7	39.6	37.6	25.3
<i>Ni</i>	92.4	59.6	65.5	96.5	46.6	37.1	0.3	38.7	20.1	17.5
<i>Sr</i>	393.8	372.8	376.6	560.4	628.0	539.3	524.0	487.5	504.3	416.5
<i>Rb</i>	5.0	2.3	2.1	10.1	18.3	7.8	19.4	6.6	12.6	27.1
<i>Ba</i>	162	113	154	263	476	298	405	221	255	345
<i>Ga</i>	17.0	16.1	16.4	15.8	17.6	17.4	17.6	15.8	18.9	16.0
<i>Th</i>	1.3	0.6	0.4	2.5	3.6	1.8	3.1	1.4	2.0	4.7
<i>Ta</i>	0.3	0.3	0.3	0.5	0.8	0.5	1.0	0.7	0.5	0.5
<i>Nb</i>	6.5	4.4	3.8	10.9	17.2	9.0	15.8	9.7	10.4	8.5
<i>Zr</i>	146.5	186.1	177.2	170.1	219.6	180.1	260.0	257.8	207.5	141.2
<i>Y</i>	25.9	27.7	27.5	24.7	30.7	26.7	35.1	31.3	29.3	19.1
<i>Cs</i>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.1	0.2	0.4
<i>Hf</i>	3.3	4.1	4.1	4.0	4.4	3.9	5.8	4.8	4.2	3.5
<i>U</i>	0.2	0.2	0.2	0.8	0.6	0.2	1.2	1.1	0.5	1.2
<i>Pb</i>	1.9	1.0	0.7	2.6	3.1	2.4	2.2	2.8	3.0	0.8
<i>La</i>	14.7	10.5	9.7	22.9	33.3	18.9	26.8	19.4	20.1	20.6
<i>Ce</i>	27.7	25.4	23.2	44.4	59.8	36.2	54.9	43.1	40.0	35.2
<i>Pr</i>	3.95	3.73	3.57	5.62	7.58	5.00	7.19	6.06	5.30	4.39
<i>Nd</i>	18.1	18.0	16.9	22.7	30.4	20.6	30.3	25.1	22.5	17.4
<i>Sm</i>	4.50	4.75	4.30	4.88	6.20	4.62	6.74	5.72	4.98	3.43
<i>Eu</i>	1.46	1.58	1.60	1.54	1.96	1.63	2.21	1.83	1.79	1.14
<i>Gd</i>	4.63	5.11	5.14	4.87	6.30	5.37	7.10	6.13	5.88	3.86
<i>Tb</i>	0.80	0.88	0.84	0.81	0.93	0.84	1.14	1.00	0.96	0.64
<i>Dy</i>	4.88	5.25	5.28	4.77	5.67	5.14	6.54	5.54	5.49	3.98
<i>Ho</i>	1.03	1.09	1.06	0.94	1.10	1.00	1.28	1.15	1.11	0.77
<i>Er</i>	2.89	3.07	2.94	2.68	3.20	2.92	3.87	3.40	3.16	2.14
<i>Tm</i>	0.44	0.46	0.46	0.37	0.43	0.39	0.55	0.52	0.44	0.31
<i>Yb</i>	2.68	3.02	2.85	2.41	3.16	2.71	3.81	3.12	2.98	1.90
<i>Lu</i>	0.40	0.44	0.44	0.37	0.47	0.42	0.58	0.51	0.48	0.29
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(t)	0.703778	0.703423							0.704131	0.704268
¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd _(t)	0.512891	0.512938							0.512895	0.512831
¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf _(t)	0.283071	0.283048							0.283062	0.283051
²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb _(t)	18.9544	19.1307							19.1410	18.9262
²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb _(t)	15.6157	15.6060							15.6200	15.6291
²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb _(t)	38.9112	38.9146							39.0465	38.9450

Çizelge 4.6. Melikler volkanitlerine ait kayaç örneklerinin ana oksit, iz ve nadir toprak element ile Sr, Nd, Pb, Hf izotopik analiz sonuçları. Koordinatlar UTM sisteminde verilmiştir. BTRA: Bazaltik trakiandezit (Devam)

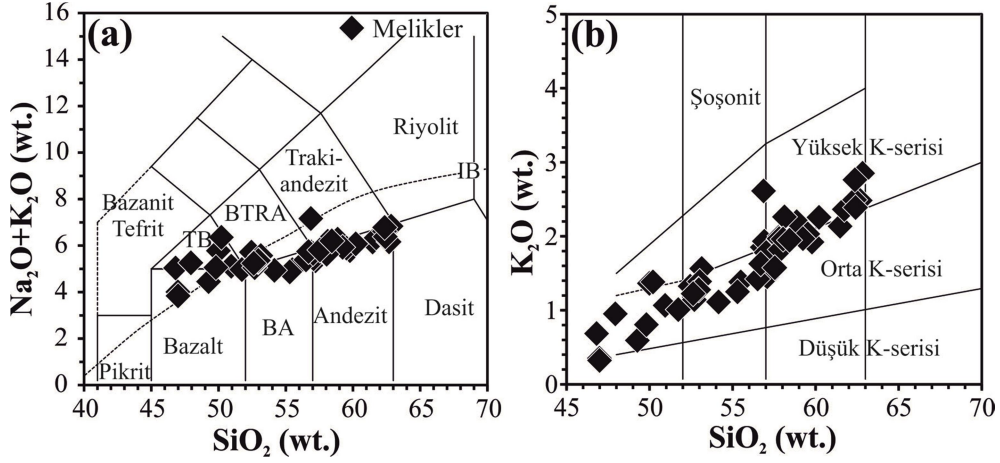
<i>Birim</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>
<i>Koordinat</i>	<i>Kuzey: 4462727</i>	<i>Kuzey: 4469650</i>	<i>Kuzey: 4496133</i>	<i>Kuzey: 4501324</i>	<i>Kuzey: 4520275</i>	<i>Kuzey: 4488179</i>	<i>Kuzey: 4540513</i>	<i>Kuzey: 4543877</i>	<i>Kuzey: 4549782</i>	<i>Kuzey: 4524479</i>
	<i>Doğu: 325096</i>	<i>Doğu: 323605</i>	<i>Doğu: 356059</i>	<i>Doğu: 360231</i>	<i>Doğu: 337689</i>	<i>Doğu: 351388</i>	<i>Doğu: 350844</i>	<i>Doğu: 347439</i>	<i>Doğu: 347148</i>	<i>Doğu: 369285</i>
<i>Örnek no</i>	<i>15PBS-M61</i>	<i>15PBS-M62</i>	<i>15PBS-M71</i>	<i>15PBS-M73</i>	<i>15PBS-M76</i>	<i>15PBS-M67</i>	<i>15PBS-M82</i>	<i>15PBS-M83</i>	<i>15PBS-M85</i>	<i>15PBS-M92</i>
<i>Kayaç tipi</i>	Bazaltikandezit	Bazaltikandezit	Bazaltikandezit	Bazaltikandezit	Bazaltikandezit	Bazaltikandezit	Bazaltikandezit	Bazaltikandezit	Bazaltikandezit	Bazaltikandezit
<i>% SiO₂</i>	54.87	56.52	56.45	56.51	52.58	56.27	56.63	56.01	51.84	51.59
<i>TiO₂</i>	1.12	1.20	1.03	0.97	1.24	0.95	1.07	1.13	1.43	1.38
<i>Al₂O₃</i>	17.05	18.09	16.48	16.06	16.40	16.52	17.04	16.99	17.99	16.77
<i>Fe₂O₃^{TOT}</i>	7.91	5.84	7.54	7.46	8.77	6.94	7.27	7.87	9.28	8.54
<i>MnO</i>	0.12	0.10	0.13	0.13	0.16	0.12	0.12	0.11	0.14	0.14
<i>MgO</i>	4.99	3.76	4.69	4.95	4.90	4.86	4.34	4.35	6.03	6.04
<i>CaO</i>	8.10	7.79	7.13	7.36	8.36	7.28	7.10	7.10	8.43	8.62
<i>Na₂O</i>	3.59	3.80	3.75	3.76	3.71	3.75	3.95	3.93	3.87	3.52
<i>K₂O</i>	1.24	1.48	1.84	1.67	1.08	1.91	1.44	1.41	1.01	1.12
<i>P₂O₅</i>	0.23	0.25	0.38	0.36	0.28	0.30	0.25	0.25	0.21	0.30
<i>LOI</i>	0.5	0.9	0.3	0.5	2.2	0.8	0.5	0.6	-0.5	1.7
<i>Toplam</i>	99.77	99.73	99.73	99.73	99.76	99.73	99.76	99.76	99.74	99.72
<i>Mg#</i>										
<i>Sc (ppm)</i>	17	16	16	17	21	16	17	18	21	20
<i>V</i>	139	132	140	135	166	127	138	148	185	167
<i>Co</i>	26.5	18.5	23.6	24.1	34.1	24.4	24.2	27.1	35.0	29.0
<i>Ni</i>	24.3	7.6	19.0	6.8	51.1	42.3	13.5	36.0	57.3	61.4
<i>Sr</i>	419.9	467.8	502.3	513.6	451.8	476.2	457.7	433.7	528.8	575.6
<i>Rb</i>	26.5	28.8	30.3	30.2	19.2	34.9	31.2	31.5	14.0	16.8
<i>Ba</i>	336	716	493	476	272	469	366	344	264	332
<i>Ga</i>	16.0	16.0	16.1	15.1	16.5	16.4	16.2	17.4	17.1	16.0
<i>Th</i>	4.9	4.9	4.4	4.2	3.3	6.2	4.8	5.0	2.9	3.5
<i>Ta</i>	0.4	0.5	0.8	0.7	0.4	0.7	0.5	0.4	0.4	0.6
<i>Nb</i>	7.9	7.9	14.0	13.9	9.2	15.3	9.9	8.9	8.0	11.4
<i>Zr</i>	140.0	150.7	180.7	178.6	150.8	184.7	161.8	161.4	139.1	168.3
<i>Y</i>	19.7	24.6	22.8	21.5	21.7	22.7	20.7	21.6	22.0	23.7
<i>Cs</i>	0.4	0.6	0.5	0.5	0.3	0.6	0.9	0.6	0.1	0.3
<i>Hf</i>	3.1	3.5	4.0	3.9	3.5	4.1	3.8	3.8	3.5	3.8
<i>U</i>	1.1	1.2	1.3	1.3	0.9	2.0	1.5	1.5	0.5	1.1
<i>Pb</i>	1.0	1.0	0.5	0.6	0.7	0.9	1.4	0.8	1.5	1.0
<i>La</i>	19.8	22.7	31.3	30.7	19.6	30.4	22.6	24.6	19.9	26.7
<i>Ce</i>	33.7	40.5	54.8	53.1	36.8	49.2	40.3	38.5	38.0	48.0
<i>Pr</i>	3.98	5.04	6.25	6.18	4.53	5.81	4.86	5.45	4.56	5.81
<i>Nd</i>	16.8	18.8	23.7	22.5	17.6	21.4	19.2	21.8	18.5	24.0
<i>Sm</i>	3.18	3.97	4.64	4.51	4.05	3.93	4.09	4.30	4.09	4.37
<i>Eu</i>	1.10	1.32	1.19	1.27	1.26	1.21	1.25	1.37	1.36	1.42
<i>Gd</i>	3.53	4.62	4.36	4.44	4.16	4.50	4.07	4.60	4.22	4.66
<i>Tb</i>	0.57	0.72	0.68	0.68	0.65	0.72	0.62	0.76	0.70	0.78
<i>Dy</i>	3.38	4.03	4.49	4.06	4.15	4.31	3.78	4.44	4.20	4.57
<i>Ho</i>	0.66	0.86	0.89	0.88	0.85	0.87	0.83	0.91	0.85	0.87
<i>Er</i>	2.10	2.48	2.37	2.52	2.39	2.41	2.22	2.47	2.43	2.57
<i>Tm</i>	0.28	0.35	0.38	0.34	0.35	0.37	0.34	0.35	0.36	0.36
<i>Yb</i>	1.86	2.21	2.24	2.31	2.16	2.43	2.24	2.25	2.27	2.53
<i>Lu</i>	0.28	0.32	0.38	0.33	0.33	0.36	0.32	0.38	0.34	0.38
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr (t)						0.704445				
¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd (t)						0.512810				
¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf (t)						0.283064				
²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb (t)						19.0842				
²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb (t)						15.6361				
²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb (t)						39.0478				

Çizelge 4.6. Melikler volkanitlerine ait kayaç örneklerinin ana oksit, iz ve nadir toprak element ile Sr, Nd, Pb, Hf izotopik analiz sonuçları. Koordinatlar UTM sisteminde verilmiştir. BTRA: Bazaltik trakiandezit (Devam)

<i>Birim</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>
<i>Koordinat</i>	<i>Kuzey:</i> 4471062	<i>Kuzey:</i> 4468844	<i>Kuzey:</i> 4464215	<i>Kuzey:</i> 4527775	<i>Kuzey:</i> 4528462	<i>Kuzey:</i> 4527304	<i>Kuzey:</i> 4490394	<i>Kuzey:</i> 4489226	<i>Kuzey:</i> 4484403	<i>Kuzey:</i> 4496133
	<i>Doğu:</i> 346390	<i>Doğu:</i> 350561	<i>Doğu:</i> 350362	<i>Doğu:</i> 370854	<i>Doğu:</i> 372953	<i>Doğu:</i> 373008	<i>Doğu:</i> 347310	<i>Doğu:</i> 348423	<i>Doğu:</i> 357649	<i>Doğu:</i> 356059
<i>Örnek no</i>	<i>15PBS-M102</i>	<i>15PBS-M103</i>	<i>15PBS-M104</i>	<i>15PBS-M93</i>	<i>15PBS-M94</i>	<i>15PBS-M95</i>	<i>15PBS-M65</i>	<i>15PBS-M66</i>	<i>15PBS-M68</i>	<i>15PBS-M70</i>
<i>Kayaç tipi</i>	Bazaltikandezit	Bazaltikandezit	BTRA	BTRA	BTRA	BTRA	Trakiandezit	Trakiandezit	Andezit	Andezit
<i>% SiO₂</i>	49.07	46.84	46.89	48.77	49.87	49.55	50.11	46.47	47.94	55.01
<i>TiO₂</i>	1.76	2.05	1.98	1.55	1.88	1.93	2.57	2.45	2.63	1.12
<i>Al₂O₃</i>	17.02	17.03	17.12	16.13	17.18	17.64	17.07	16.77	16.85	16.86
<i>Fe₂O₃^{TOT}</i>	11.02	12.20	12.14	9.45	11.42	10.74	12.06	13.90	13.66	7.84
<i>MnO</i>	0.17	0.18	0.18	0.16	0.17	0.17	0.20	0.20	0.19	0.12
<i>MgO</i>	6.83	7.40	7.59	6.48	6.04	6.07	4.33	6.01	6.07	4.99
<i>CaO</i>	9.01	9.69	9.76	8.76	7.70	8.04	6.59	8.19	7.53	8.02
<i>Na₂O</i>	3.84	3.64	3.51	3.87	3.60	4.23	4.96	4.22	4.01	3.55
<i>K₂O</i>	0.59	0.35	0.32	1.02	1.36	0.80	1.38	0.68	0.95	1.37
<i>P₂O₅</i>	0.28	0.32	0.28	0.41	0.56	0.34	0.56	0.55	0.22	0.24
<i>LOI</i>	0.1	0.0	-0.1	3.1	-0.1	0.2	-0.1	0.4	-0.3	0.6
<i>Toplam</i>	99.74	99.73	99.72	99.71	99.69	99.72	99.74	99.72	99.73	99.76
<i>Mg#</i>										
<i>Sc (ppm)</i>	13	17	18	20	21	21	14	14	13	17
<i>V</i>	158	153	156	178	186	183	168	168	125	139
<i>Co</i>	28.5	27.2	29.3	28.7	26.7	29.7	21.7	21.0	20.1	24.7
<i>Ni</i>	15.2	60.7	59.8	55.1	38.8	56.6	5.2	4.4	15.5	13.7
<i>Sr</i>	490.2	592.1	613.8	566.6	564.2	585.5	387.8	382.1	551.2	514.7
<i>Rb</i>	20.3	25.6	16.7	20.5	14.9	18.7	48.4	46.1	37.6	31.3
<i>Ba</i>	427	457	500	390	408	351	647	633	547	483
<i>Ga</i>	18.4	15.6	17.1	17.2	16.3	16.4	17.8	19.0	15.3	15.0
<i>Th</i>	3.3	3.9	3.9	3.8	3.7	3.7	6.4	6.5	6.9	4.5
<i>Ta</i>	0.9	0.7	0.9	0.7	0.7	0.6	1.1	1.2	0.7	0.7
<i>Nb</i>	14.6	14.5	16.2	11.1	12.7	11.6	20.6	21.1	16.6	13.8
<i>Zr</i>	237.1	178.6	182.0	171.4	184.7	178.2	317.4	322.7	144.3	182.0
<i>Y</i>	33.9	22.8	24.9	24.6	24.4	24.6	35.5	36.4	18.9	23.7
<i>Cs</i>	0.2	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.7	0.7	0.8	0.7
<i>Hf</i>	5.1	3.7	3.6	3.9	4.3	4.0	6.9	7.0	3.1	4.6
<i>U</i>	1.3	1.2	0.9	1.2	0.9	1.1	2.4	2.2	2.2	1.5
<i>Pb</i>	2.7	0.3	2.4	1.2	1.9	0.9	1.2	1.3	0.7	1.6
<i>La</i>	28.3	32.0	33.5	27.0	29.2	28.0	40.6	41.4	28.6	36.4
<i>Ce</i>	49.9	53.3	56.1	48.0	54.8	48.2	74.2	74.9	46.0	53.9
<i>Pr</i>	7.05	6.12	6.56	5.87	6.42	6.05	8.91	8.89	5.19	6.99
<i>Nd</i>	29.0	23.9	24.9	22.8	25.2	24.1	32.9	32.4	18.3	26.8
<i>Sm</i>	6.17	4.76	4.86	4.64	5.15	5.15	6.72	6.62	3.56	5.05
<i>Eu</i>	2.10	1.37	1.52	1.54	1.64	1.52	1.79	1.96	1.01	1.40
<i>Gd</i>	7.13	4.44	5.02	4.80	5.06	4.87	6.97	7.13	3.34	5.10
<i>Tb</i>	1.10	0.73	0.77	0.77	0.83	0.79	1.11	1.16	0.54	0.76
<i>Dy</i>	6.72	4.24	4.38	4.62	4.70	4.58	6.44	6.92	2.97	4.47
<i>Ho</i>	1.41	0.90	0.93	1.00	0.95	0.97	1.34	1.32	0.63	0.88
<i>Er</i>	3.80	2.55	2.74	2.66	2.70	2.57	3.75	3.84	1.84	2.65
<i>Tm</i>	0.57	0.39	0.36	0.36	0.39	0.38	0.56	0.55	0.29	0.38
<i>Yb</i>	3.78	2.54	2.49	2.62	2.54	2.65	3.64	3.58	1.82	2.54
<i>Lu</i>	0.56	0.38	0.39	0.38	0.37	0.38	0.58	0.58	0.28	0.40
<i>⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_(t)</i>		0.704333							0.704572	
<i>¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd_(t)</i>		0.512822							0.512802	
<i>¹⁷⁶Hf/¹⁷⁷Hf_(t)</i>		0.283062							0.283071	
<i>²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb_(t)</i>		19.0954							19.1569	
<i>²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb_(t)</i>		15.6331							15.6409	
<i>²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb_(t)</i>		39.0693							39.1200	

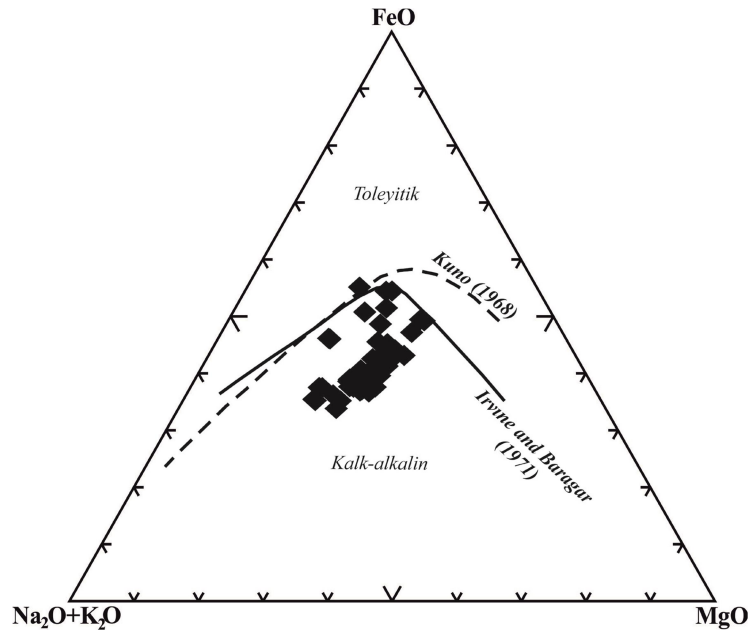
Çizelge 4.6. Melikler volkanitlerine ait kayaç örneklerinin ana oksit, iz ve nadir toprak element ile Sr, Nd, Pb, Hf izotopik analiz sonuçları. Koordinatlar UTM sisteminde verilmiştir. BTRA: Bazaltik trakiandezit (Devam)

<i>Birim</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>	<i>Melikler</i>
<i>Koordinat</i>	<i>Kuzey:</i> 4531422	<i>Kuzey:</i> 4529912	<i>Kuzey:</i> 4528800	<i>Kuzey:</i> 4458490	<i>Kuzey:</i> 4458490	<i>Kuzey:</i> 4457346	<i>Kuzey:</i> 4460553	<i>Kuzey:</i> 4449990	<i>Kuzey:</i> 4447992	<i>Kuzey:</i> 4447992
	<i>Doğu:</i> 361819	<i>Doğu:</i> 381292	<i>Doğu:</i> 381992	<i>Doğu:</i> 353446	<i>Doğu:</i> 353446	<i>Doğu:</i> 354173	<i>Doğu:</i> 361948	<i>Doğu:</i> 384764	<i>Doğu:</i> 386466	<i>Doğu:</i> 386466
<i>Örnek no</i>	<i>15PBS-M90</i>	<i>15PBS-M96</i>	<i>15PBS-M97</i>	<i>15PBS-M105</i>	<i>15PBS-M106</i>	<i>15PBS-M107</i>	<i>15PBS-M108</i>	<i>15PBS-M111</i>	<i>15PBS-M112</i>	<i>15PBS-M113</i>
<i>Kayaç tipi</i>	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit
<i>% SiO₂</i>	61.38	61.32	61.19	57.30	56.82	56.48	61.20	57.03	57.68	58.01
<i>TiO₂</i>	0.69	0.99	0.96	0.82	0.81	0.99	0.78	0.95	0.91	0.92
<i>Al₂O₃</i>	16.20	16.07	16.21	16.88	16.71	17.12	16.51	17.19	16.94	16.97
<i>Fe₂O₃^{TOT}</i>	5.08	5.84	5.69	6.45	6.33	7.41	5.37	6.88	6.57	6.68
<i>MnO</i>	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.09	0.12	0.12	0.12
<i>MgO</i>	3.04	2.36	2.40	4.47	4.16	4.40	2.28	4.17	3.85	3.93
<i>CaO</i>	5.27	4.91	5.02	7.01	7.31	7.11	5.09	6.80	6.33	6.45
<i>Na₂O</i>	3.60	4.06	3.92	3.87	3.59	4.10	3.94	4.20	4.20	4.12
<i>K₂O</i>	2.43	2.45	2.34	1.80	1.92	1.62	2.71	1.56	1.92	1.91
<i>P₂O₅</i>	0.21	0.26	0.26	0.29	0.29	0.27	0.23	0.27	0.26	0.27
<i>LOI</i>	1.8	1.4	1.7	0.7	1.7	0.1	1.6	0.6	1.0	0.4
<i>Toplam</i>	99.75	99.78	99.79	99.74	99.74	99.75	99.80	99.75	99.75	99.77
<i>Mg#</i>										
<i>Sc (ppm)</i>	11	11	12	15	15	16	10	13	13	13
<i>V</i>	97	111	107	133	140	144	110	126	109	124
<i>Co</i>	16.2	13.6	13.2	21.4	19.4	25.0	12.9	22.7	21.1	22.6
<i>Ni</i>	8.1	7.0	6.8	27.0	11.1	29.2	1.8	16.0	3.6	4.6
<i>Sr</i>	422.5	373.2	379.9	505.2	509.4	472.6	395.9	504.8	458.8	453.6
<i>Rb</i>	58.0	62.1	59.1	33.9	35.7	30.9	57.3	34.7	40.6	38.4
<i>Ba</i>	807	501	460	502	549	451	549	460	473	467
<i>Ga</i>	16.4	15.6	14.4	15.9	15.3	16.9	15.2	16.3	15.6	15.2
<i>Th</i>	9.0	9.9	9.6	6.1	6.0	5.5	10.0	6.5	6.8	6.9
<i>Ta</i>	0.7	0.8	0.9	0.7	0.8	0.5	0.8	0.8	0.6	0.8
<i>Nb</i>	12.0	13.2	11.9	15.1	13.4	13.5	13.1	15.0	14.9	14.5
<i>Zr</i>	160.9	205.7	196.6	167.5	160.8	171.6	169.1	177.7	183.4	176.0
<i>Y</i>	15.4	20.5	20.0	20.2	20.3	22.9	19.5	24.3	24.0	23.2
<i>Cs</i>	1.3	1.5	1.7	0.7	0.8	0.6	1.6	0.9	1.3	1.1
<i>Hf</i>	4.1	5.1	4.7	4.0	3.9	3.9	4.4	4.1	4.1	4.2
<i>U</i>	2.8	2.9	2.6	1.7	2.0	1.4	3.1	1.8	2.2	2.2
<i>Pb</i>	0.3	0.3	0.4	1.7	0.6	2.1	0.3	0.6	0.8	0.8
<i>La</i>	27.4	29.8	30.8	33.1	32.3	27.5	28.7	29.3	28.9	31.4
<i>Ce</i>	48.1	53.2	50.5	53.5	52.2	45.7	48.2	46.8	48.3	52.5
<i>Pr</i>	5.27	5.98	5.89	6.28	5.76	5.46	5.19	5.41	5.53	5.69
<i>Nd</i>	18.6	22.3	21.9	21.9	20.7	20.6	18.3	21.1	20.3	20.4
<i>Sm</i>	3.33	4.23	4.19	4.47	3.93	3.88	3.32	3.87	4.04	4.03
<i>Eu</i>	0.92	1.20	1.15	1.21	1.18	1.23	0.93	1.31	1.16	1.16
<i>Gd</i>	3.16	3.93	4.15	4.30	3.62	4.36	3.63	4.40	4.12	4.25
<i>Tb</i>	0.48	0.64	0.64	0.67	0.63	0.70	0.55	0.72	0.72	0.71
<i>Dy</i>	2.80	3.82	3.67	3.94	3.75	4.17	3.29	4.24	4.16	4.34
<i>Ho</i>	0.57	0.73	0.77	0.73	0.71	0.83	0.69	0.89	0.80	0.82
<i>Er</i>	1.57	2.30	2.10	2.19	1.92	2.56	1.76	2.67	2.53	2.46
<i>Tm</i>	0.25	0.32	0.32	0.27	0.29	0.34	0.29	0.35	0.34	0.40
<i>Yb</i>	1.60	2.20	1.91	1.90	1.97	2.38	1.98	2.56	2.55	2.31
<i>Lu</i>	0.22	0.32	0.33	0.32	0.31	0.39	0.32	0.41	0.39	0.38
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr (_t)				0.704623						
¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd (_t)				0.512805						
¹⁷⁶ Hf/ ¹⁷⁷ Hf (_t)				0.283061						
²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb (_t)				18.9903						
²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb (_t)				15.6337						
²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb (_t)				38.9940						



Şekil 4.22. Melikler volkanitlerine ait lavların sınıflama diyagramları. a. toplam alkali-silis diyagramı. (LeBas ve ark., 1986), b. SiO₂-K₂O diyagramı (Peccerillo ve Taylor, 1976).

TAS diyagramı üzerine Irvine ve Baragar (1971)'in alkali-subalkali ayırman çizgisinde iz düşülmüş ve kayaç örneklerinden bazaltların bir kısmının ve trakibazaltların alkali alanlara iz düştüğü, diğer örneklerin ise alkali-subalkali ayırman çizgisi üzerine ve subalkali alanda kümelendikleri belirlenmiştir (Şekil 4.22a). Örnekler Peccerillo ve Taylor (1976) SiO₂ – K₂O diyagramında orta ve yüksek K'lu seri alanlarına iz düşmekte (Şekil 4.22b), Irvine ve Baragar (1971)'in AFM diyagramında ise kalkalkali alanda yer almaktadırlar (Şekil 4.23).



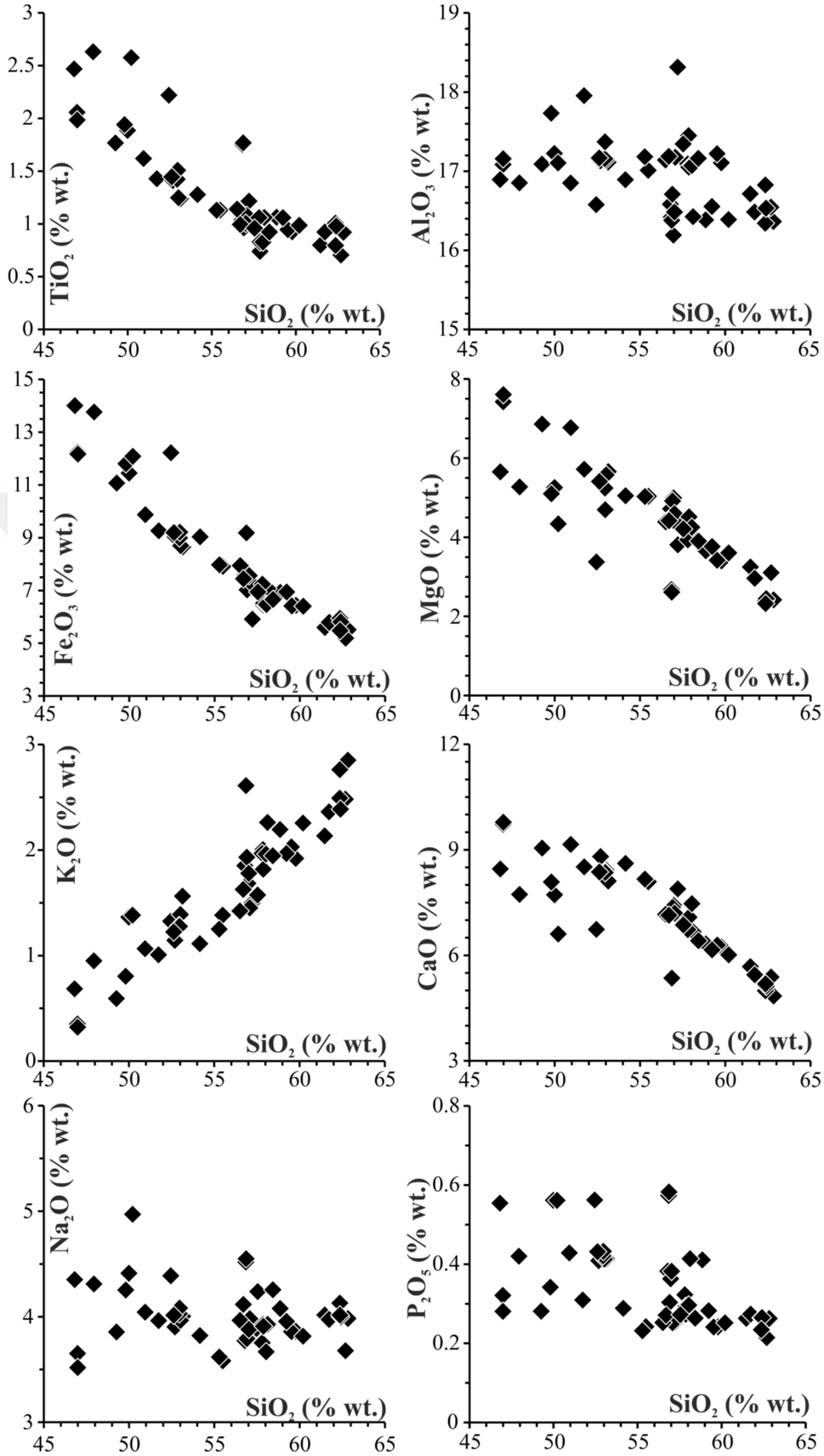
Şekil 4.23. Örneklerin toplam alkali-FeO-MgO üçgen diyagramındaki konumları (Irvine ve Baragar, 1971).

Kayaç gruplarının, ana oksit değişim diyagramlarını görmek amacıyla, katılma indisi olarak kullanılan SiO_2 'ye karşı ana oksit ikili değişim Harker diyagramları üretilmiştir (Şekil 4.24). Artan SiO_2 içeriğiyle birlikte, örnekler TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO ve CaO içeriklerinde zayıf parabolik veya doğrusal negatif eğilimler ve K_2O ile pozitif eğilim sergilemektedirler. Al_2O_3 ana oksit değişimleri ise artan silis miktarıyla önce hafif pozitif veya yatay, yaklaşık % 55 SiO_2 içeriklerinden sonra negatif bir eğilim oluştururlar. Ana oksitlerin silis içeriğine bağlı olarak sergiledikleri bu değişimler tipik olarak fraksiyonel kristallenme süreçlerini yansıtmaktadır. Na_2O silis miktarındaki artış ile düzensiz dağılırken, P_2O_5 silis miktarının artışıyla birlikte andezitik ve trakiandezitik lavlara doğru hafif negatif eğilim sergilemektedir.

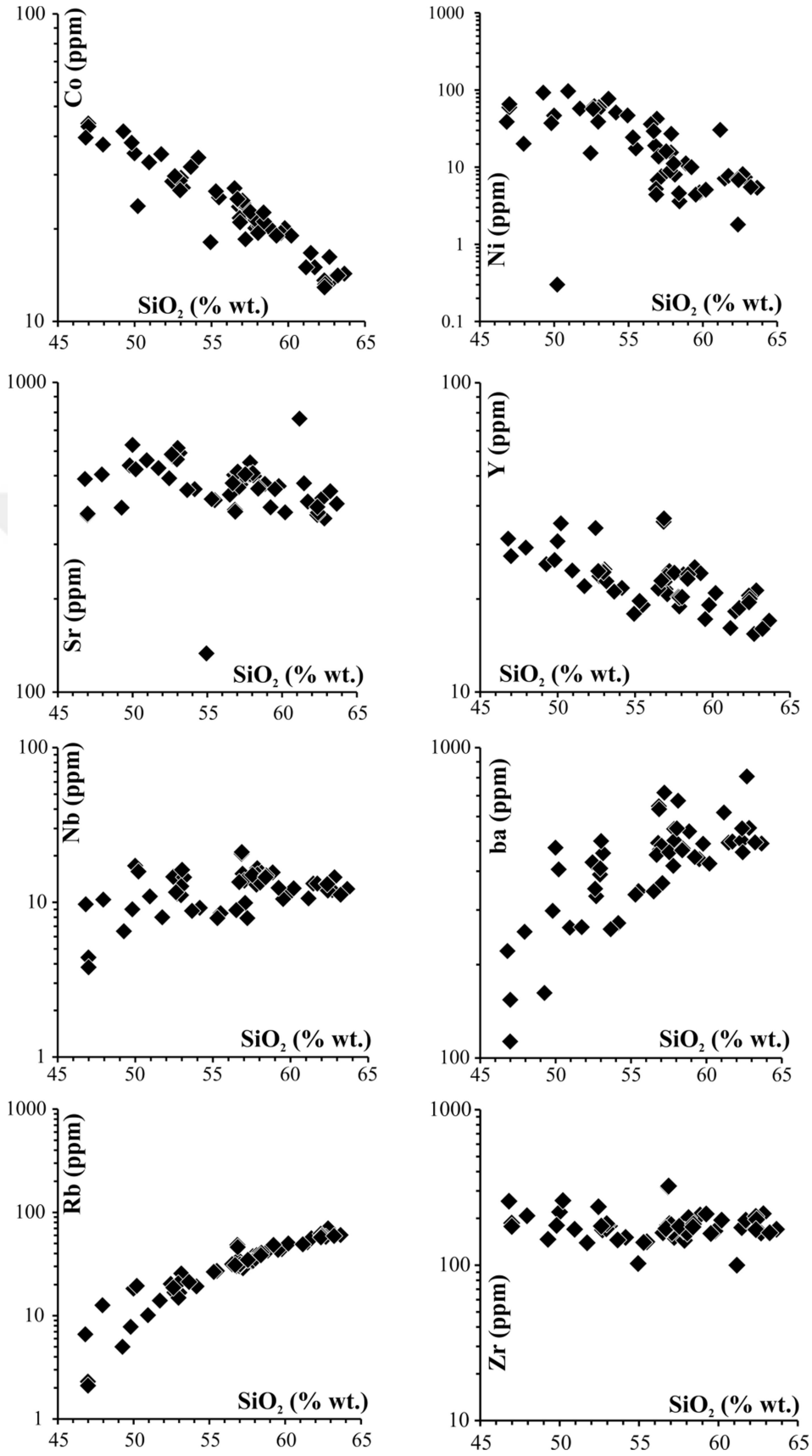
4.6.2. İz elementler

Melikler volkanitlerine ait kayaç gruplarının iz elementlere karşı SiO_2 ayrılaşma eğilimleri Şekil 4.25'de verilmiştir. Geçiş metalleri olan Co ve Ni elementleri yükselen SiO_2 ile birlikte negatif eğilim sunmaktadırlar. Bunun yanı sıra, yüksek derecede uyumsuz olan Rb, Ba ve Nb elementleri bazaltik bileşimli lavlardan, andezitik bileşimli lavlara doğru yükselen SiO_2 miktarı ile birlikte sürekli pozitif eğilim sergilemektedirler. Sr ve Y iz elementleri yükselen silis miktarı ile doğrusal, andezitik lavlara doğru zayıf negatif eğilim sunarken, Zr elementi değişim sergilememektedir.

Çalışma alanından alınan kayaç örneklerinin, iz element değişimlerini görmek amacıyla, Sun ve McDonough (1989) N-tipi MORB değerlerine normalize edilmiş çoklu-element örümcek diyagramları üretilmiştir (Şekil 4.26). Melikler volkanitlerine ait tüm lav serileri büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (BİYL) bakımından yüksek alan şiddetli elementlere (YAŞ) ve hafif nadir toprak elementlere (HNTE) göre zenginleşme sergilerler. Nb ve Ta elementleri komşu HNTE ve BİYL elementlere göre kuvvetli tüketilme sergilerler. P elementi komşu elementlerine göre, bazaltik-trakibazaltik lavlarda herhangi bir eğilim sergilemezken, SiO_2 içeriğinin artışına paralel olarak bazı bazaltik andezit örneklerinde ve andezitlerde tüketilme göstermektedirler. Bazaltik lavlardan bazaltik andezit-bazaltik trakiandezit ve trakiandezit- andezit lavlarına doğru BİYL ve HNT elementlerin YAŞ elementlere göre zenginleşmesinin arttığı gözlenmektedir.

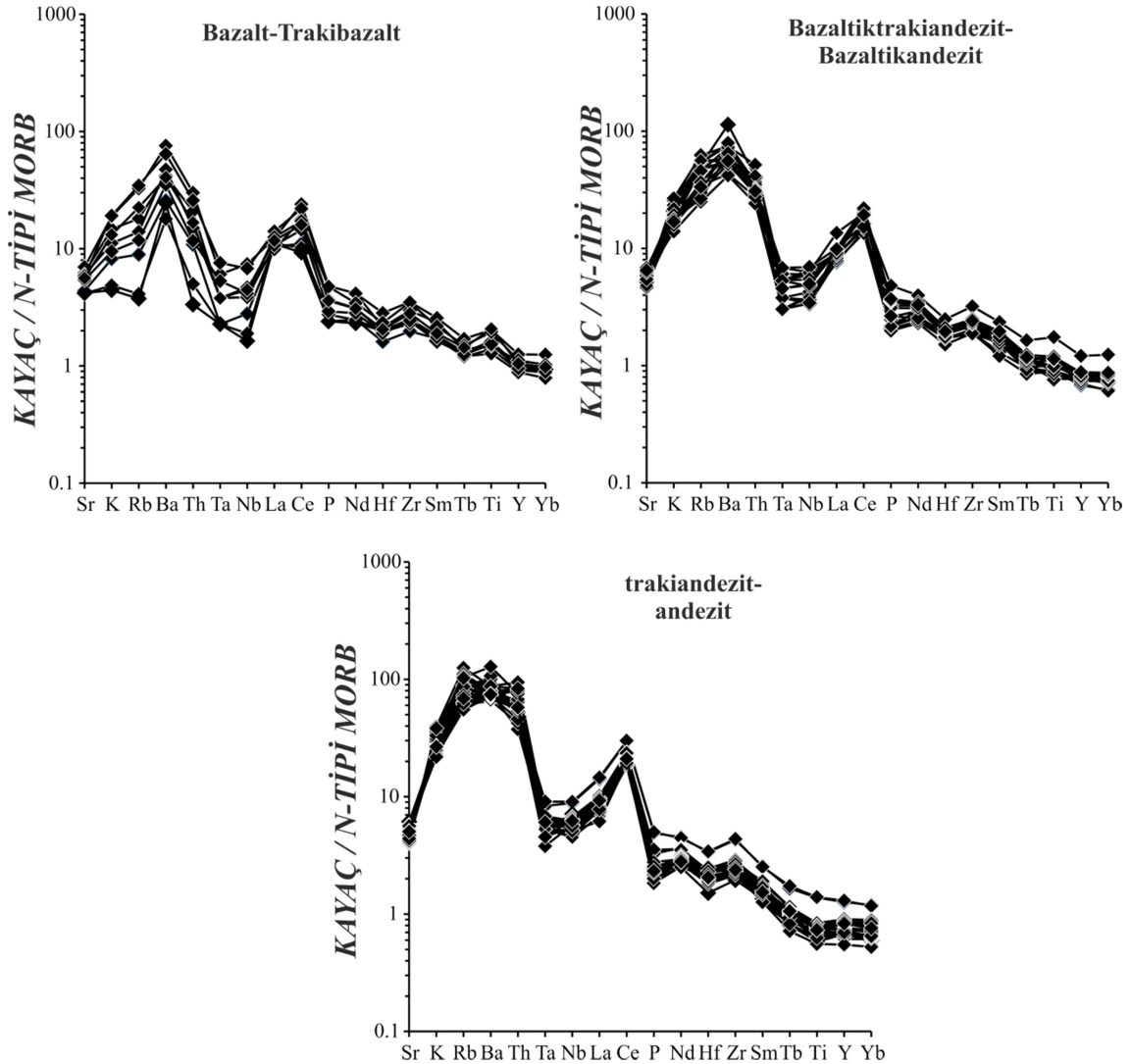


Şekil 4.24. Kayaç örneklerinin SiO_2 'ye karşı ana oksit değişim diyagramları.

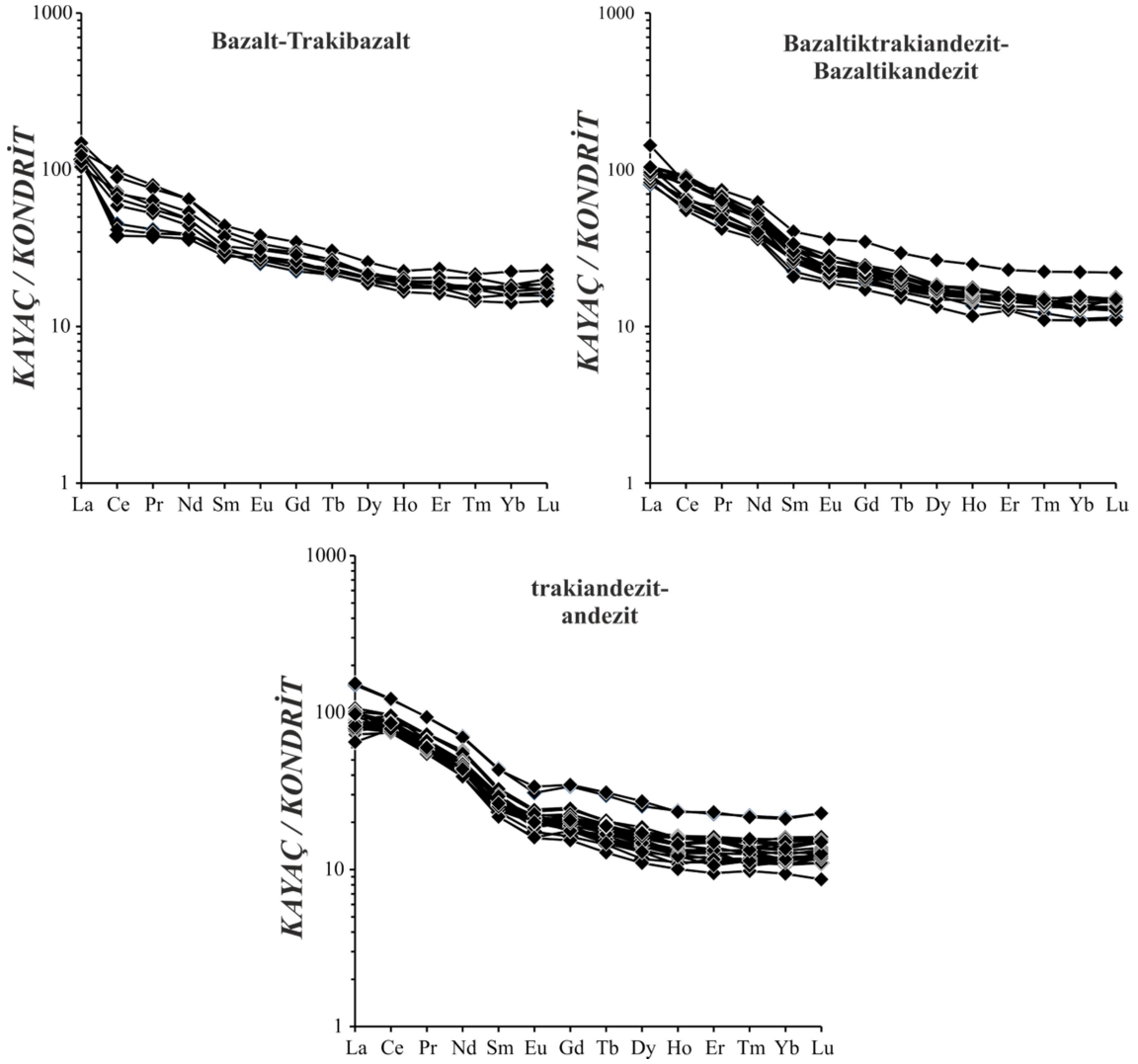


Şekil 4.25. Kayaç örneklerinin SiO₂'ye karşı iz element değişim diyagramları.

Nadir toprak elementlerin Kondrit değerlerine normalize edilmiş örümcek diyagramları Şekil 4.27’de verilmiştir. Melikler volkanitlerinin tüm kayaç örneklerinde HNT elementlerin ağır nadir toprak elementlere (ANTE) göre kısmen zenginleşmesi gözlenmektedir. Bu zenginleşme bazaltik-trakibazaltik örneklerden trakiandezitik-andezitik örneklerle geçtikçe artmaktadır. Tüm örnekler için orta nadir toprak elementler (ONTE) ve ANTE’ler kondrit değerlerine paralel eğilim sunmakta ve ONTE değerlerinden ANTE değerlerine doğru herhangi bir fraksiyonlanma eğilimi göstermemektedirler. Bazı bazaltikandezit-bazaltik trakiandezit ve trakandezit-andezit örneklerinde zayıfta olsa negatif Eu eğilimi gözlenmiştir.



Şekil 4.26. Kayaç örneklerinin Sun ve McDonough (1989) N-MORB değerlerine normalize çoklu element örümcek diyagramları.

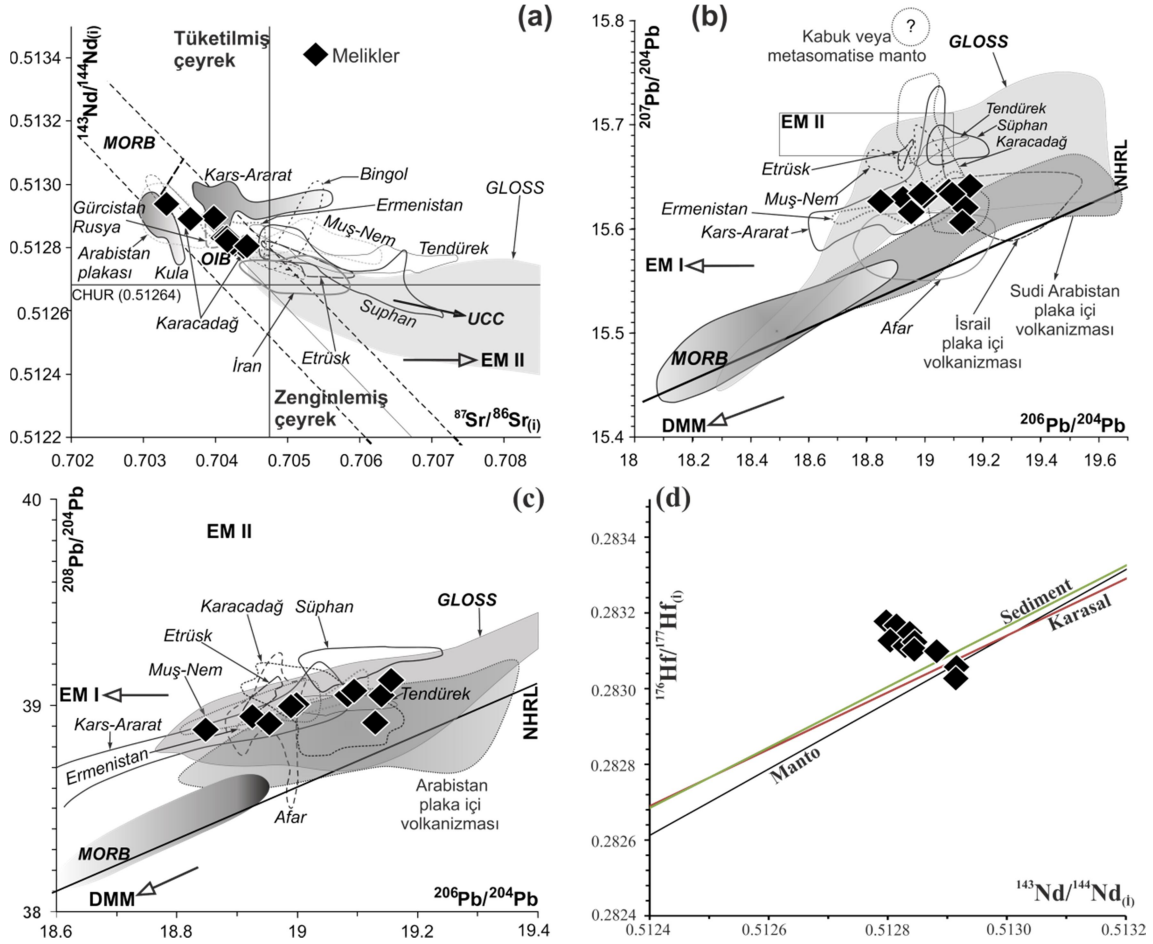


Şekil 4.27. Kayaç örneklerinin Sun ve McDonough (1989) kondrit değerlerine normalize nadir torak element (NTE) örümcek diyagramları.

4.6.3. İzotop jeokimyası

Melikler volkanitlerine ait seçilmiş bir seri örneğin Sr, Nd, Pb ve Hf izotopik analizleri elde edilmiştir (Çizelge 4.6). Bu analizlerin K-Ar yaş analizleri yapılan örnekler ile aynı olmasına özen gösterilmiştir. Zira yaş verilerine göre izotopların değişimi de kayaçların evrimleşme süreçleri için önem arz etmektedir. Örneklerin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$ izotopik bileşimleri sırasıyla 0.703423-0.704623 ve 0.512802 ile 0.512938 arasında değişmektedir. Sr-Nd izotopik değişim diyagramı üzerinde (Şekil 4.28a) tüketilmiş çeyrek dairede yer alan örneklerin, en primitif

üyelerinden en evrimleşmiş üyelerine doğru kıtasal sediment veya GLOSS bileşimine doğru yöneldikleri söylenebilir.



Şekil 4.28. Melikler volkanitlerine ait kayaç örneklerinin İzotopik değişim diyagramları. Muş-Nemrut (Muş-Nem), Bingöl, Süphan, Tendürek, Etrüsk ve Kars-Ararat alanları Pearce ve ark. (1990), Keskin ve ark. (2006), Özdemir ve ark. (2006), Özdemir ve Güleç (2014), Oyan ve ark. (2016) ve Lebedev ve ark. (2016)'dan alınmıştır. GLOSS Plank ve Langmuir (1998)'den, Karacadağ alanı, Lustrino ve ark. (2010) ve Keskin ve ark.(2012)'dan, Arabistan plakası, İsrail, Ürdün ve Afar sorgucu (Afar plume) Volker ve ark. (1993), Krienitz ve ark. (2006) ve Lustrino ve Wilson (2007)'dan alınmıştır. Ermenistan ve İran'a ait izotopik veriler sırasıyla Neill ve ark. (2013; 2015) ve Allen ve ark (2013)'den alınmıştır. Gürcistan ve Rusya'a ait izotopik veri Lebedev ve ark. (2007; 2010b)'dan alınmıştır. Kula volkanik alanı Alıcı ve ark. (2002)'den alınmıştır.

Melikler volkanitlerine ait örnekler 18.9262-19.1569 arasında değişen $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, 15.6060-15.6363 arasında değişen $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ile 38.8801-39.1200 arasında değişen $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotopik değerlerine sahiptirler. Örneklerin kurşun izotopik değişim

diyagramlarında (Şekil 4.28b, c) NHRL referans çizgisi üzerinde, zenginleşmiş manto kaynaklarına ait alanlara iz düşükleri tespit edilmiştir. En az evrimleşmiş örnekler için bu izotopik veriler, yitim bileşeni ile zenginleşmiş kaynaklara işaret edebilecekken, evrimleşmiş lavlar için kıtasal kirlenmenin izlerini yansıtır olabilir. Kayaçlar üzerinde gerçekleştirilen Hf izotopik analizlerinin sonuçları, örneklerin $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_{(i)}$ izotop içeriklerinin 0.283051 ile 0.283071 arasında değiştiğine işaret etmektedir. Şekil 4.28d'de verilen $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$ - $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_{(i)}$ izotopik değişim diyagramı üzerinde örnekler manto, karasal ve sediment alanlarına iz düşmektedirler.



5. TARTIŞMA

Kars platosunu oluşturan volkanitlerine ait lavlar bazalttan andezite kadar değişen kompozizyonlara sahiptirler ve genel olarak subalkali ve alkali-subalkali geçiş karakteristikleri sunarlar. Ana, iz ve nadir toprak element değişimleri, bu volkanizmayı üreten magma odasında evrimleşme süreçlerinin etkili olabileceğine işaret etmektedir. Bu bölümde Melikler volkanitlerini oluşturabilecek magma odası veya odalarının fraksiyonel kristallenme, magma karışımı ve kıtasal kirlenme süreçlerine maruz kalıp kalmadıkları ve manto kaynak alanının doğasının ne olabileceği sorularına, analitik veri setinin kullanımı ve üretilen petrolojik modellemeler ile cevap aranmaya çalışılacaktır.

5.1. Minerallerin Kristallenme Sıcaklıkları

Melikler volkanitlerine ait lav serilerinden mineral kimyası analizi yapılmış olan örnekler içindeki piroksen minerallerinin ve Fe-Ti oksit manyetit-ilmenit çiftlerinin kullanılması ile kayaçların içermiş oldukları bu minerallerin kristallenebilecekleri sıcaklık değerlerine yaklaşımda bulunulmuştur. Kilinopiroksen minerallerinin kristallenmiş olabilecekleri sıcaklıklar için Morimoto ve ark. (1988)'in Wo-En-Fs diyagramları kullanılmış ve bu diyagramlara göre klinopiroksen minerallerinin kristallenme sıcaklıkları 1000-600 °C arasında tespit edilmiş ve bu sıcaklık aralıklarında kristallenmiş olabilecekleri gözlenmiştir (Bkz. Şekil 4.19).

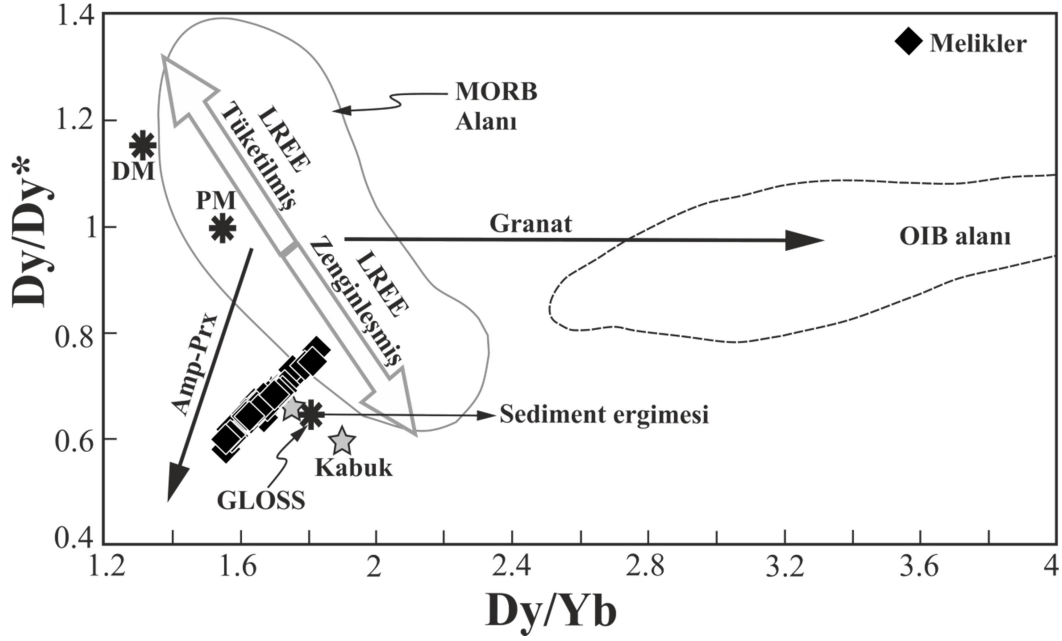
Fe-Ti oksitlere ait sıcaklık değerleri farklı araştırmacılara göre Lepage 2001'in ILMAT excell programında hesaplanmış fakat Andersen ve Lindsley (1985)'nin sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Buna göre Melikler volkanitlerine ait örneklerin titanomanyetit ve ilmenit türünde olan Fe-Ti oksit minerallerinin kristallendikleri sıcaklık değerleri 977 ile 921 °C arasında değişmektedir. Çalışılmış alanlardaki bazaltik ve bazaltik andezitik lav serilerinin bazılarında hesaplanmış sıcaklık değerleri, bu kayaçların kristallenme sıcaklıkları için uygun değildir. Bu sıcaklık değerleri büyük olasılıkla manyetit-ilmenit çiftlerinin dengede olmayışı ya da ani püskürme anında kristallenen mikrokristalleri karakterize etmektedirler.

5.2. Fraksiyonel Kristallenme (FC) ve Magma Karışımı veya Tazelenmesi

Petrografi, jeokimya ve izotop jeokimyası bölümlerinde verilmiş olan petrografik ve jeokimyasal değişimler Melikler volkanitlerinin fraksiyonel kristallenme (FC) ve magma karışımı işlemlerine maruz kaldığına dair ipuçları sunmaktadır. Ana oksit (Bkz. Şekil 4.24), iz element (Bkz, Şekil 4.25) Harker diyagramları ve petrografik bazı bulgular, Melikler volkanitleri için hem fraksiyonel kristallenme hem de magma karışımının etkili birer süreç olabileceğine işaret etmektedir. SiO₂'ye karşı TiO₂, MgO, Fe₂O₃, CaO, Co ve Ni elementlerindeki negatif eğilim ile birlikte K₂O, Rb ve Ba elementlerindeki pozitif eğilim tipik olarak fraksiyonel kristallenmeye işaret etmektedir. Magmanın ilk kristallenme evrelerinde oluşan olivin ve piroksen gibi minerallerin Fe₂O₃, MgO ve CaO gibi ana oksitleri ve Sc, V, Ni, Co gibi uyumlu elementleri tüketmesi ile birlikte, kristallenmenin son evrelerine kadar uyumuz olan Rb, Ba ve K₂O elementlerinin sürekli ergiyikte zenginleşmesi ve ancak magmanın son kristallenme evrelerinde oluşan mineraller tarafından tüketilmesi ile fraksiyonel kristallenme süreçleri Melikler volkanitlerinin evrim süreçleri için açıklanabilir. Bu elementlerdeki değişimler silika miktarının düşük olduğu evrelerde olivin, piroksen ve oksit minerallerinin baskın olduğu bir topluluğun kristallenmesini yansıtırken, silika içeriğinin yükselmesi ile daha çok feldispatça baskın bir topluluğun fraksiyonlanmasını yansıtmaktadır. Na₂O'de gözlenen negatif düzensiz dağılım, ya kayaçlardaki bir miktar bozunmayı, ya da farklı oranlarda plajiyoklazın fraksiyonlanması ile açıklanabilir.

SiO₂'ye karşı Al₂O₃'de gözlenen önce yatay, daha sonra artan silis miktarı ile birlikte andezitik lavlara doğru negatif eğilim feldispatça baskın bir fraksiyonel kristallenmenin izlerini yansıtıyor olabilir. Sr elementinde yükselen silis miktarı ile gözlenen zayıf negatif eğilim ve andezitik lavların kondrite normalize edilmiş örümcek diyagramlarında az da olsa negatif Eu eğilimi ve 0.7 ile 0.9 arasında değişen Eu/Eu* ($Eu/Eu^* = Eu_N / ((Sm_N / Gd_N)^{1/2})$) değerleri plajiyoklazın fraksiyonlanması ile uyumludur. SiO₂'ye karşı Y iz elementinde gözlenen yatay ve negatif eğilim amfibolün kristallenmesi ile ilişkili olabilir. Evrimleşmiş andezitik ve trakiandezitik lavların kondrite normalize edilmiş nadir toprak element örümcek diyagramlarında ONTE'lerin kısmen tüketilmesi de bunu destekler niteliktedir. Amfibolün ve/veya piroksenin fraksiyonlanma süreçlerini ortaya koyabilmek için Davidson ve ark. (2013)'ün

Dy/Yb'ye karşı Dy/Dy* diyagramı üretilmiştir. Bu diyagram ONTE'ler için yüksek ayrırılma katasıyısı değerlerine sahip olan amfibolün ve piroksenin kristallenmesinin varlığını yansıtmak için çok kullanışlıdır. Şekil 5.1'den görüleceği gibi Melikler volkanitlerine ait lavlar düşen Dy/Yb değerleri ile pozitif ilişkideki Dy/Dy* eğilimleri yansıtmaktadır. Bu tipik olarak ONTE'lerin ANTE'lere göre fraksiyonlandığına ve amfibolün magma odasında kristallenme süreçlerine katıldığına işaret eder.

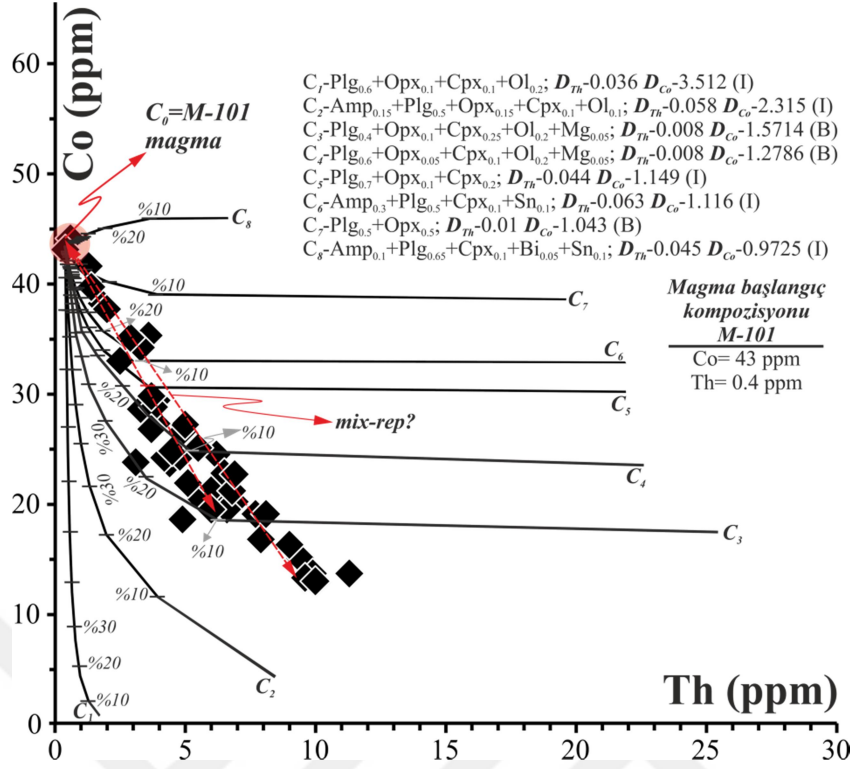


Şekil 5.1. Melikler volkanitlerine ait örnekler için Dy/Dy* - Dy/Yb (Davidson ve ark., 2013) diyagramı. $Dy/Dy^* = Dy_N / (La_N^{4/13} Yb_N^{9/13})$. Dy_N , La_N ve Yb_N değerleri sırasıyla Dy, La ve Yb elementlerinin kondrite normalize edilmiş değerlerini yansıtmaktadırlar. Kondrit değerleri Sun ve Mc Donough (1989)'dan alınmıştır.

Ana oksit, iz ve nadir toprak elementlerde gözlenen bu eğilimler tipik olarak fraksiyonel kristallenmeyi yansıtmaktadır. Fraksiyonel kristallenmenin Melikler volkanitlerinin evrimleşmesinde önemli bir süreç olup olmadığını ortaya koyabilmek amacıyla, magmatik sistemlerde özellikle ilk kristalleşme evrelerinde oluşan minerallerin bünyesine katılan Co elementi ile tüm magmatik sistemlerde oldukça uyumsuz davranan Th elementinin kullanıldığı ikili değişim diyagramı üretilmiştir. İleri derecede uyumlu (Co, Ni v.b.) ve uyumsuz (Th, Rb v.b.) elementlerin kullanıldığı bu diyagramlar magma odalarında fraksiyonel kristallenme ve/veya magma karşımı/tazelenmesi için ipuçları üretir. Ayrıca bu diyagram üzerine farklı mineralojik

toplulukların fraksiyonel kristallemesine işaret eden ve Rayleigh fraksiyonel kristallenme eşitliği kullanılarak elde edilen eğrilerde iz düşülmüştür. Rayleigh fraksiyonlanma eşitliği; $C_L = C_0 F^{(D-1)}$ şeklindedir (C_L = İz elementin magma evriminin herhangi bir evresinde sıvıdaki konsantrasyonu, C_0 = İz elementin primitif başlangıç magma bileşimindeki konsantrasyonu, F = geriye kalan ergiyik % oranı, D = Tüm kayaç ayırılma katsayısı). Verilmiş olan eşitlik, farklı mineralojik bileşimlere ve farklı kompozisyonlara sahip olan magmalar için teorik fraksiyonlanma vektörlerinin modellenmesine olanak sağlar. Bu modellemeler, teorik olarak elde edilen eğriler ile doğal örneklerin oluşturduğu eğilimler arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılmasına olanak sağlar.

İleri derecede uyumlu olan Co elementinin y ekseninde ve ileri derecede uyumsuz olan Th elementinin x ekseninde kullanılan ikili değişim diyagramı Şekil 5.2'de verilmiştir. Bu diyagram üzerine iz düşürülen Rayleigh fraksiyonel kristallenme vektörleri oluşturulurken kullanılan ayırılma katsayısı değerleri (Kd) Çizelge 5.1'de sunulmuştur. Bu modellemelerde, magma bileşimi olarak en ilksel bileşime sahip ve en mafik örneklerden biri olan M-100 nolu örnek kullanılmıştır. Bu diyagram üzerinde, Melikler volkanitlerine ait lavların bir kısmı baskın olarak C_3 ve C_4 eğrileri üzerinde konumlanmakta bir kısmı ise C_5 ve C_6 eğrileri üzerinde gözlenmektedirler. Bu veriler Melikler volkanitlerini oluşturan magma veya magmaların, plajiyoklaz, olivin, piroksen ve bunlara nazaran daha az oranda amfibol ve magnetit minerallerinden oluşan toplulukların fraksiyonlanması ile oluşabileceğine işaret etmektedir. Bu diyagram üzerinde dikkate değer bir diğer eğilim ise, en mafik uç üye ile en asidik uç üye arasında örneklerin parabolik değil doğrusal eğilimler sunmalarıdır. Teorik olarak uyumlu ve uyumsuz elementlerin kullanıldığı ikili değişim diyagramlarında, eğer magma odasında fraksiyonel kristallenme var ise örneklerin ve paralel olarak Rayleigh fraksiyonel kristallenme eğrilerinin parabolik eğilimler sunmaları beklenir. Bunun aksine, örneklerin en mafik ve en asidik uç üyeleri arasında doğrusal eğilimlerin gözlenmesi, fraksiyonel kristallenme süreçleri ile değil magma karışımı ve/veya tazelenmesi süreçleri ile açıklanabilir. Bu nedenle, Co-Th değişim diyagramı üzerinde Melikler volkanitlerine ait lavların bir kısmının doğrusal eğilimler sergiliyor olması magma karışımı/tazelenmesi süreçlerini yansıtır olabilir.



Şekil 5.2. Melikler volkanitlerine ait lavlar için Co-Th değişim diyagramı. Modelenmiş olan her bir eğri, diyagramda verilen mineral topluluklarının kristallenmesini karakterize edecek şekilde hesaplanmış ve diyagrama iz düşülmüştür (Amp; amfibol, Plg; plajiyoklaz, Ol; olivin, Opx; ortopiroksen, Cpx; klinopiroksen, Bi; biyotit, Sn; sanidin Mg; magnetit, B: bazik, I: ortaç ve A: asidik magma). F değerleri vektörlerin başlangıç noktasında her bir vektör için % 100' dür.

Çizelge 5.1. Magma odası evrim süreçlerini ortaya koyabilmek için üretilen petrolojik modellerde kullanılan ayırılma katsayısı (Kd) değerleri. Kullanılan asidik, ortaç ve bazik magma kompozisyonlarında Th ve Co elementleri için mineral – ergiyik ayırılma katsayıları ((Partition coefficients: K_d). Kd değerleri Villemant ve ark. (1981), Fujimaki ve ark. (1984), Bacon ve Drüitt (1988), Villemant (1988), McKenzie ve O'Nions (1991), Ewart ve Griffin (1994) ve Adam ve Gren (2006)'den alınmıştır. (Amf:amfibol, Plg:plajiyoklaz, Opx:ortopiroksen, Cpx:klinopiroksen, Ol:olivin, Bi:biyotit, Sn:sanidin, Mg:magnetit)

Magma kompozisyonu	Element	Amp	Plg	Opx	Cpx	Ol	Bi	Sn	Mg
Asidik	Th	0.16	0.03	0.13	0.15	0.12	0.31	0.02	0.01
	Co	37	0.15		17		28.5	0.09	80
Ortaç	Th	0.14	0.02	0.1	0.1	0.02	0.15	0.01	0.06
	Co	1.77	0.07		5.5	1.81	4		7.4
Bazik	Th	0.05	0.05	0.01	0.01	0.0001	0.12		0.1
	Co	1.88	0.026	2.06	1.3	4.3	23		3.4

Magma karışımı veya tazelenmesinin etkili bir süreç olup olmadığını kontrol etmek amacıyla, istatistiksel olarak en küçük kareler yöntemi magma karışım hesaplama (*Least square mixing calculation*) metoduyla, gözlenen hibrid lavlara en yakın magma ana element kompozisyonları hesaplanmış ve analizi yapılan örnekler ile karşılaştırılmıştır. Bu istatistiksel metod, karışan farklı iki bileşimdeki magmadan veya ilksel en mafik kaynağın magma odasını periyodik olarak tazelenmesi ile oluşabilecek ürünlerin jeokimyasal değerlerinin en az hata payıyla elde edilmesini sağlar (Bryan ve ark., 1969). Bu yöntem magmaların karışım işleminde lav bileşiminin hata paylarını (iki değer arasındaki matematiksel ve istatistiksel fark) en aza indirgeyerek, hata paylarının (artık değer) oranlarının karelerinin toplamını (*sum of square of residuals*) bulmamızı sağlar. Bu değer r^2 simgesiyle ifade edilir ve hata paylarının toplamı Σr^2 olarak bulunur. *Least square mixing calculation* hesaplamalarında Σr^2 değeri > 1 ise elde edilen gözlemlenmiş hibrid lavın bileşimi istatistiksel olarak hata payları dışında kalır ve kullanılan bazik ve asidik magma tiplerinin karışmadığı ama $\Sigma r^2 < 1$ ise istatistiksel hata payları içinde kaldığı ve kullanılan magma tiplerinin karışmasıyla gözlemlenmiş lavın oluşabileceği varsayılır.

Melikler volkanitleri için en küçük kareler magma karışım hesaplaması (*Least square mixing calculation*) değerleri, Bryan ve ark. (1969)'nın önermiş olduğu metod ile ana element oksitleri kullanılarak IGPET 2014 bilgisayar yazılım programı ile elde edilmiştir. Bu hesaplamalarda bazaltik uç üye olarak Melikler volkanitlerine ait en ilksel bileşime sahip olan M-100 nolu örnek (SiO_2 % 46.84; MgO % 7.40) kullanılmıştır. Aynı zamanda M-100 nolu örnek ana oksit ve iz element Harker değişim diyagramlarında da ilksel lav olarak gözlemlenmiştir. Bu bazaltik lav bileşiminden evrimleşerek oluşan andezitik ve bazaltik trakiandezit lavlarında evrimleşmiş son üyeler olarak kabul edilmiştir. Bazaltik lavlar ile andezitik lavların karışımı sonucunda türeyen hibrid magma bazaltik andezit olarak varsayılmıştır. Bunun yanı sıra, bazaltik lavlar ile bazaltik andezit lavlarının birbirleriyle karışımı ile elde edileceği varsayılan lav örnekleri ise bazaltik trakiandezit lavlarıdır. Bu lavların hibrid magma olarak kullanılmasının en önemli sebebi, bu lavlarda petrografik olarak magma karışımına işaret eden dokusal özelliklerin gözlenmesi ve Co-Th diyagramı üzerinde doğrusal olarak eğilim sunan örneklerin bazaltik andezit ve bazaltik trakiandezit bileşiminde olmasıdır.

Yukarıda verilmiş olan lav örneklerinin kullanılması ile elde edilen least square magma karışım hesaplama değerleri Çizelge 5.2’de verilmiştir. Bu hesaplamalarda 9 test yapılmış ve tüm magma tiplerine ait veriler % 100’e normalize edilerek hesaplanmıştır. Magmaların karışımı ile elde edilebilecek yeni magmalar hesaplanarak bunlar “hibrid lav”, analizi yapılmış lavlar ise “analiz edilmiş lav” olarak adlandırılmıştır. Çizelge 5.2’de verilmiş olan en küçük kareler magma karışım hesaplama (*Least square mixing calculation*) sonuçları, tüm karışım testlerinde hata paylarının (artık değer) karelerinin toplamının (*sum of square of residuals; Σr^2*) 1’den küçük sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bu testlerin sonuçları, Melikler volkanitlerine ait bazaltik lavlar ile andezitik lavların karışımı sonucunda bazaltik andezit lavlarının ve bazaltik lavlar ile bazaltik andezit lavlarının karışımı ile de bazaltik trakiandezitik lavların oluşabileceğine işaret eder. Melikler volkanitlerine ait mineral kimyası analiz sonuçları, bazaltik lavlardan bazaltikandezit ve andezit lavlarına doğru plajiyoklaz kristallerinin anortit içeriklerinin azaldığını ve olivinlerin forsterit içeriği ile piroksenlerin Mg# değerlerinin bazaltardan andezitlere doğru hem azaldığını hemde bazı kristallerde tekrar artış eğilimine geçtiğini gösterir. Tüm bu veriler Melikler volkanizmasının altındaki magma odası veya odalarının fraksiyonel kristallenme ve periyodik olarak magma tazelenmesi süreçlerinden etkilenmiş olabileceklerini göstermektedir.

Çizelge 5.2. Melikler volkanitleri ait lavların en küçük kareler magma karışım hesaplama sonuçları. BA:bazaltik andezit; BTRA-bazaltik trakiandezit

<u>TEST-1</u>					
	<i>Bazalt</i>	<i>Andezit</i>	<i>Hibrid lav</i>	<i>Analiz edilmiş lav</i>	<i>Farklılaşma yüzde</i>
	<i>M-100</i>	<i>M-68</i>	<i>(test edilmiş)</i>	<i>(M-60; BA)</i>	<i>değeri</i>
<i>SiO₂</i>	47.56	58.21	55.72	55.94	0.22
<i>TiO₂</i>	2.08	0.74	1.06	1.14	0.08
<i>Al₂O₃</i>	17.29	17.55	17.51	17.15	-0.36
<i>Fe₂O₃</i>	11.15	5.84	7.11	7.17	0.07
<i>MnO</i>	0.18	0.11	0.13	0.12	-0.01
<i>MgO</i>	7.51	4.14	4.95	5.07	0.12
<i>CaO</i>	9.84	7.16	7.80	8.16	0.35
<i>Na₂O</i>	3.70	3.95	3.89	3.61	-0.28
<i>K₂O</i>	0.36	2.02	1.62	1.39	-0.23
<i>P₂O₅</i>	0.32	0.27	0.29	0.24	-0.04
<i>Bazalt</i>	% 23.8 (bazaltik magmanın karışım oranı)				
<i>Andezit</i>	% 76.2 (andezitik magmanın karışım oranı)				
Σr^2	0.463 (artık oranlarının karelerinin toplamı)				

Çizelge 5.2. (Devam ediyor)

TEST-2					
	<i>Bazalt</i> <i>M-100</i>	<i>Andezit</i> <i>M-68</i>	<i>Hibrid lav</i> <i>(test edilmiş)</i>	<i>Analiz edilmiş lav</i> <i>(M-67; BA)</i>	<i>Farklılaşma yüzde</i> <i>değeri</i>
<i>SiO₂</i>	47.56	58.21	57.14	57.30	0.16
<i>TiO₂</i>	2.08	0.74	0.88	0.97	0.09
<i>Al₂O₃</i>	17.29	17.55	17.53	16.82	-0.7
<i>Fe₂O₃</i>	11.15	5.84	6.37	6.36	-0.01
<i>MnO</i>	0.18	0.11	0.12	0.12	0
<i>MgO</i>	7.51	4.14	4.48	4.95	0.47
<i>CaO</i>	9.84	7.16	7.42	7.41	-0.01
<i>Na₂O</i>	3.70	3.95	3.92	3.82	-0.11
<i>K₂O</i>	0.36	2.02	1.85	1.94	0.09
<i>P₂O₅</i>	0.32	0.27	0.28	0.31	0.03
Bazalt % 10 (bazaltik magmanın karışım oranı)					
Andezit % 90 (andezitik magmanın karışım oranı)					
Σr^2 0.769 (artık oranlarının karelerinin toplamı)					

TEST-3					
	<i>Bazalt</i> <i>M-100</i>	<i>Andezit</i> <i>M-68</i>	<i>Hibrid lav</i> <i>(test edilmiş)</i>	<i>Analiz edilmiş lav</i> <i>(M-82; BA)</i>	<i>Farklılaşma yüzde</i> <i>değeri</i>
<i>SiO₂</i>	47.56	58.21	57.31	57.50	0.20
<i>TiO₂</i>	2.08	0.74	0.86	1.09	0.22
<i>Al₂O₃</i>	17.29	17.55	17.54	17.30	-0.24
<i>Fe₂O₃</i>	11.15	5.84	6.31	6.64	0.33
<i>MnO</i>	0.18	0.11	0.12	0.12	0
<i>MgO</i>	7.51	4.14	4.45	4.41	-0.04
<i>CaO</i>	9.84	7.16	7.40	7.21	-0.19
<i>Na₂O</i>	3.70	3.95	3.93	4.01	0.08
<i>K₂O</i>	0.36	2.02	1.87	1.46	-0.41
<i>P₂O₅</i>	0.32	0.27	0.28	0.25	-0.03
Bazalt % 8.9 (bazaltik magmanın karışım oranı)					
Andezit % 91.1 (andezitik magmanın karışım oranı)					
Σr^2 0.467 (artık oranlarının karelerinin toplamı)					

TEST-4					
	<i>Bazalt</i> <i>M-100</i>	<i>Andezit</i> <i>M-68</i>	<i>Hibrid lav</i>	<i>Analiz edilmiş lav</i> <i>(M-83; BA)</i>	<i>Farklılaşma yüzde</i> <i>değeri</i>
<i>SiO₂</i>	47.56	58.21	56.84	56.94	0.10
<i>TiO₂</i>	2.08	0.74	1.01	1.15	0.14
<i>Al₂O₃</i>	17.29	17.55	17.19	17.27	0.08
<i>Fe₂O₃</i>	11.15	5.84	6.62	7.20	0.58
<i>MnO</i>	0.18	0.11	0.11	0.11	0
<i>MgO</i>	7.51	4.14	4.95	4.42	-0.53
<i>CaO</i>	9.84	7.16	7.50	7.22	-0.29
<i>Na₂O</i>	3.70	3.95	3.91	4.00	0.09
<i>K₂O</i>	0.36	2.02	1.63	1.43	-0.20
<i>P₂O₅</i>	0.32	0.27	0.30	0.25	-0.05
Bazalt % 13.7 (bazaltik magmanın karışım oranı)					
Andezit % 86.3 (andezitik magmanın karışım oranı)					
Σr^2 0.783 (artık oranlarının karelerinin toplamı)					

Çizelge 5.2. (Devam ediyor)

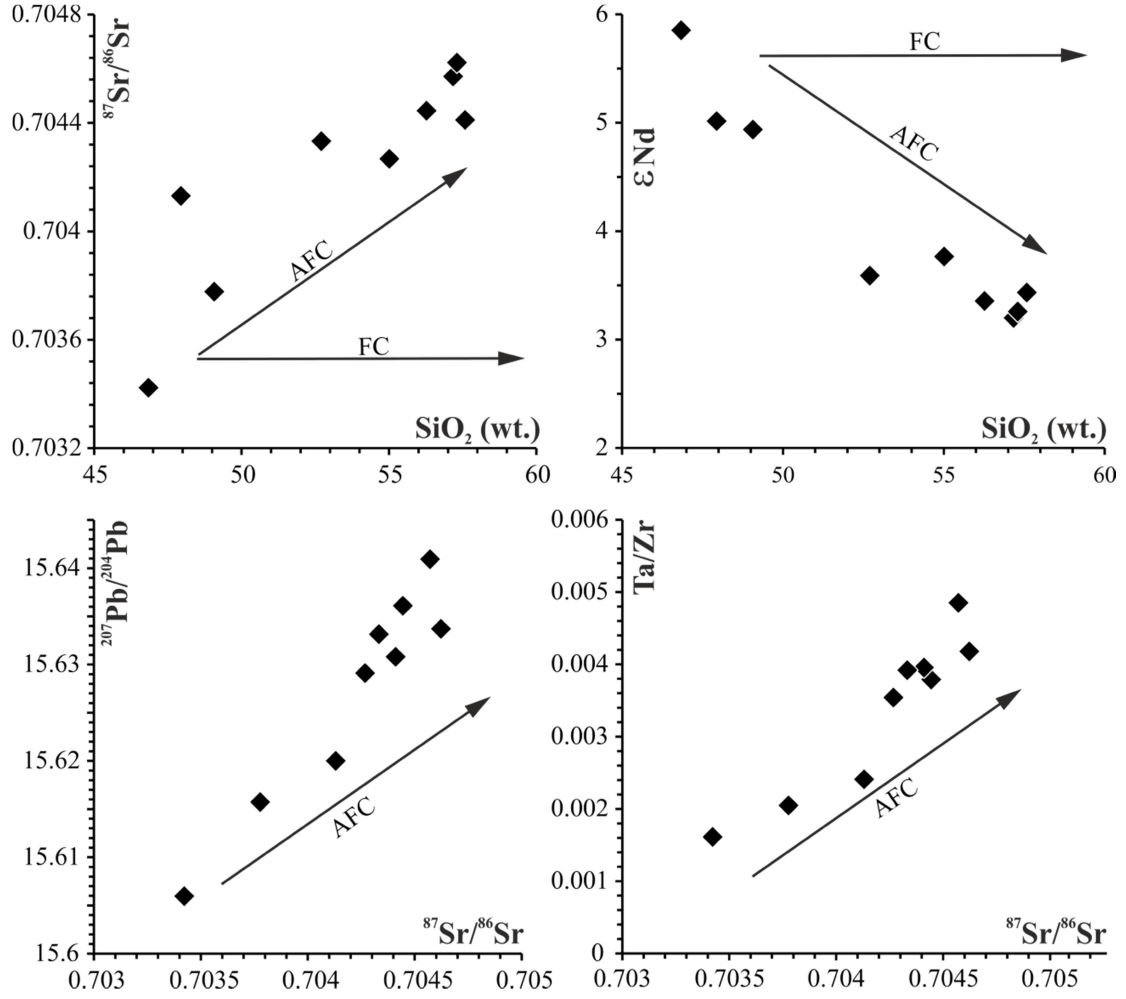
TEST-5					
	<i>Bazalt</i> <i>M-100</i>	<i>Andezit</i> <i>M-105</i>	<i>Hibrid lav</i>	<i>Analiz edilmiş lav</i> <i>(M-61; BA)</i>	<i>Farklılaşma yüzde</i> <i>değeri</i>
<i>SiO₂</i>	47.56	58.27	55.65	55.75	0.09
<i>TiO₂</i>	2.08	0.83	1.14	1.14	0
<i>Al₂O₃</i>	17.29	17.16	17.21	17.32	0.11
<i>Fe₂O₃</i>	11.15	5.90	7.21	7.23	0.02
<i>MnO</i>	0.18	0.10	0.12	0.12	0
<i>MgO</i>	7.51	4.55	5.29	5.07	-0.22
<i>CaO</i>	9.84	7.13	7.81	8.23	0.42
<i>Na₂O</i>	3.70	3.94	3.88	3.65	-0.23
<i>K₂O</i>	0.36	1.83	1.47	1.26	-0.21
<i>P₂O₅</i>	0.32	0.29	0.30	0.23	-0.07
Bazalt % 24.8 (bazaltik magmanın karışım oranı)					
Andezit % 75.2 (andezitik magmanın karışım oranı)					
Σr^2 0.347 (artık oranlarının karelerinin toplamı)					
TEST-6					
	<i>Bazalt</i> <i>M-100</i>	<i>Andezit</i> <i>M-105</i>	<i>Hibrid lav</i>	<i>Analiz edilmiş lav</i> <i>(M-71; BA)</i>	<i>Farklılaşma yüzde</i> <i>değeri</i>
<i>SiO₂</i>	47.56	58.27	57.11	57.21	0.10
<i>TiO₂</i>	2.08	0.83	0.97	1.04	0.08
<i>Al₂O₃</i>	17.29	17.16	17.18	16.70	-0.47
<i>Fe₂O₃</i>	11.15	5.90	6.46	6.88	0.41
<i>MnO</i>	0.18	0.10	0.11	0.13	0.02
<i>MgO</i>	7.51	4.55	4.86	4.75	-0.11
<i>CaO</i>	9.84	7.13	7.42	7.23	-0.19
<i>Na₂O</i>	3.70	3.94	3.91	3.80	-0.11
<i>K₂O</i>	0.36	1.83	1.67	1.86	0.19
<i>P₂O₅</i>	0.32	0.29	0.30	0.39	0.09
Bazalt % 10.7 (bazaltik magmanın karışım oranı)					
Andezit % 89.3 (andezitik magmanın karışım oranı)					
Σr^2 0.517 (artık oranlarının karelerinin toplamı)					
TEST-7					
	<i>Bazalt</i> <i>M-100</i>	<i>BA</i> <i>M-67</i>	<i>Hibrid lav</i>	<i>Analiz edilmiş lav</i> <i>(M-93; BTRA)</i>	<i>Farklılaşma yüzde</i> <i>değeri</i>
<i>SiO₂</i>	47.56	57.30	53.55	53.42	-0.13
<i>TiO₂</i>	2.08	0.97	1.39	1.44	0.04
<i>Al₂O₃</i>	17.29	16.82	17.00	17.31	0.31
<i>Fe₂O₃</i>	11.15	6.36	8.19	8.16	-0.03
<i>MnO</i>	0.18	0.12	0.15	0.14	0
<i>MgO</i>	7.51	4.95	5.93	5.29	-0.64
<i>CaO</i>	9.84	7.41	8.34	8.46	0.13
<i>Na₂O</i>	3.70	3.82	3.77	4.06	0.29
<i>K₂O</i>	0.36	1.94	1.34	1.29	-0.04
<i>P₂O₅</i>	0.32	0.31	0.31	0.42	0.11
Bazalt % 28.3 (bazaltik magmanın karışım oranı)					
BA % 71.7 (andezitik magmanın karışım oranı)					
Σr^2 0.646 (artık oranlarının karelerinin toplamı)					

Çizelge 5.2. (Devam ediyor)

TEST-8					
	<i>Bazalt</i> <i>M-100</i>	<i>BA</i> <i>M-82</i>	<i>Hibrid lav</i>	<i>Analiz edilmiş lav</i> <i>(M-103; BTRA)</i>	<i>Farklılaşma yüzde</i> <i>değeri</i>
<i>SiO₂</i>	47.56	57.50	53.80	53.59	-0.21
<i>TiO₂</i>	2.08	1.09	1.45	1.25	-0.20
<i>Al₂O₃</i>	17.29	17.30	17.28	17.26	-0.02
<i>Fe₂O₃</i>	11.15	6.64	8.27	7.85	-0.42
<i>MnO</i>	0.18	0.12	0.14	0.14	0
<i>MgO</i>	7.51	4.41	5.53	5.70	0.17
<i>CaO</i>	9.84	7.21	8.16	8.18	0.02
<i>Na₂O</i>	3.70	4.01	3.89	4.04	0.15
<i>K₂O</i>	0.36	1.46	1.06	1.58	0.52
<i>P₂O₅</i>	0.32	0.25	0.28	0.42	0.14
Bazalt	%32.5 (bazaltik magmanın karışım oranı)				
BA	% 67.5 (andezitik magmanın karışım oranı)				
Σr^2	0.605 (artık oranlarının karelerinin toplamı)				

5.3. Kabuksal kirlenme

Melikler volkanitlerinin kabuksal evrimleşme süreçlerinde fraksiyonel kristallenme ve magma karışımının etkili birer süreç olduğu bir önceki bölümde analitik veri setinin değerlendirilmesi ve petrolojik modellemeler ile ortaya koyulmuştur. Bunun yanı sıra, Melikler volkanitlerinin bazaltik lavlarından andezitik lav serilerine doğru yükselen Sr, Nd, Hf ve Pb izotopik bileşimleri bu lavların kıtasal kirlenmeyede maruz kalabilecekleri yönünde ipuçları vermektedir. Kıtasal kabuğun $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotopik oranları ilksel magmalara göre kıyasla daha yüksek iken, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ve $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ izotopik oranları daha düşüktür. Melikler volkanitlerine ait evrimleşmiş lavlarının Sr ve Pb izotopik değerleri bazaltik lavlara göre daha yüksek ve Nd ile Hf izotopik oranları daha düşüktür. Bu izotopik veriler magma odalarında AFC süreçlerinin etkili olabileceğine işaret etmektedir. Bunun yanı sıra magmada ve kıtasal kabukta zenginleşen elementlerin birbirlerine oranlarında AFC süreçlerini yansıtabilir. Şekil 5.3'de verilmiş olan SiO_2 'ye karşı $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve ϵNd izotopik konsantrasyonları ile $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 'ya karşı $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve Ta/Zr değerleri arasındaki ilişki asimilasyonla birleşik fraksiyonel kristallenmenin (AFC) magma odası veya odalarının evriminde önemli olabileceğini ve dolayısıyla kıtasal kirlenmenin varlığını ortaya koymaktadır. Zira, Artan SiO_2 miktarı ile birlikte evrimleşmiş lav serilerinde gözlenen yükselen Sr, Pb izotopik bileşimleri ile Ta/Zr iz element oranları ve düşen ϵNd değerleri sadece fraksiyonel kristallenmenin değil, kıtasal kirlenminde izlerini yansıtmaktadır.



Şekil 5.3. Melikler volkanitlerine ait lavların SiO_2 'ye karşı $^{87}Sr/^{86}Sr$ ve ϵNd ile $^{87}Sr/^{86}Sr$ 'ye karşı $^{207}Pb/^{204}Pb$ ve Ta/Zr değişim diyagramları. AFC: Asimilasyonla birleşik fraksiyonel kristallenme, FC: fraksiyonel krsitallenme.

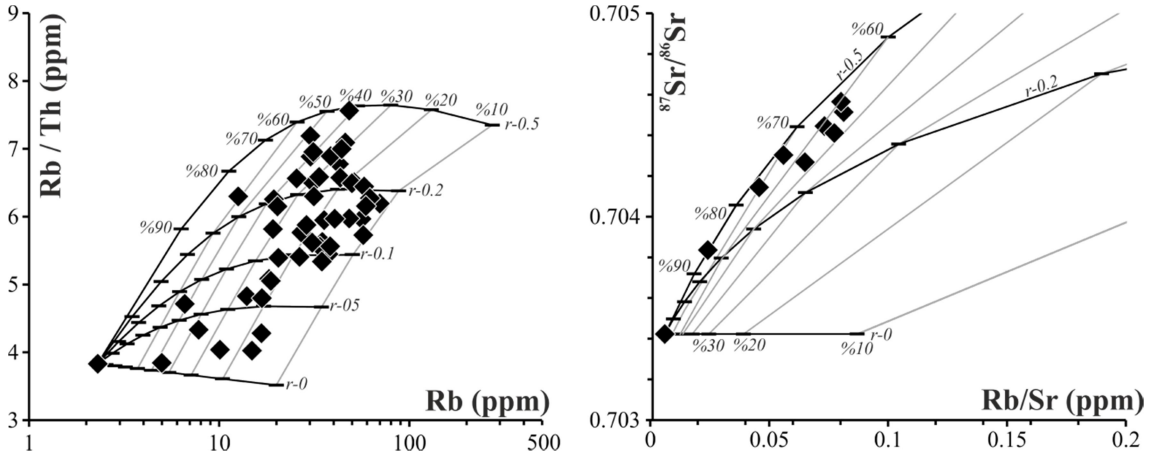
Melikler volkanitlerinin evriminde AFC süreçlerinin etkili olup olmadığını belirlemek amacıyla, DePaolo (1981)' in önermiş olduğu formülasyonlar ve hesaplamalar kullanılarak AFC modelleri üretilmiştir. DePaolo (1981) tarafından magmaların evrimleşmesinde önemli bir süreç olan AFC modellemeleri için önerilen eşitlikler ile kıtasal kirlenmenin oranının (M_a) fraksiyonel kristallenmeye (M_c) oranını ortaya çıkarmak mümkündür. Asimilasyonun fraksiyonel kristallenmeye oranı " r (M_a/M_c)" ile gösterilir ve bu modellemelerde kullanılan F (M_m / M_m^0) değeri fraksiyonel kristallenmeden geriye kalan magma kütesinin (M_m) orijinal magmaya oranını yansıtır. Hem iz element hem de izotopik oranlarının kullanılması ile elde edilen

farklı r değerleri için eğriler modellemek ve lav örnekleri için asimilasyonun fraksiyonel kristallenmeye oranını (r) belirlemek mümkündür.

AFC modelleme sistematüğinde kullanılmak üzere Th iz elementi ve Sr izotopik değerleri ile Rb/Th ve Rb/Sr iz element oranları seçilmiştir. Th, Rb iz elementleri asidik magmalardaki bazı aksesuar mineraller dışında çoğu magmadaki mineraller ile uyumsuz olduklarından ($D \ll 1$) magmanın evrimleşmesi sırasında fraksiyonel kristallenme ile sürekli artış eğilimindedirler. Petrografik çalışmaların sonuçları ve iz element değişimleri bu minerallerin magma evriminde önemli olmadıklarını göstermiştir. Rb/Th ve Rb/Sr iz element oranları ise asimilasyon indisi olarak seçilmiştir. Bu element oranları primitif magmalara nazaran kıtasal kabukta daha yüksek değerler taşırlar çünkü Rb'un kabuk/primitif magma oranları Th ve Sr'un kabuk/primitif magma oranlarından daha yüksektir. Dolayısıyla çalışma alanındaki lav serilerinde bu iz element oranlarındaki artış, kıtasal kirlenmeyi yansıtabilir. Ayrıca, kıtasal kabuğun Sr izotopik oranı primitif magmalarinkine kıyasla daha yüksek (Rudnick ve Gao, 2003) olduğundan, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotopik oranı da asimilasyon belirteci olarak seçilmiştir.

Melikler volkanitlerine ait lav akıntıları çalışma alanındaki çoğu lokasyonda Geç Miyosen-Pliyosen sedimanter litolojileri üzerlemektedir. Bu litolojilerden en tipik olarak gözlenen kumtaşı tabakalarıdır. Bu nedenle, kumtaşlarından alınan bir örneğin jeokimyasal ve izotopik analizleri yapılarak, analitik değerleri elde edilmiş ve Melikler volkanizması için kıtasal kirlenici litoloji olarak varsayılmıştır. DePaolo (1981) hesaplamalarında kullanılan formülasyonlarda en mafik magma olarak FC modellemelerinde de kullanılan M-100 nolu örnek kullanılmıştır. Modellerde kullanılan tam ayırılma katsayısı değerleri, en primitif lavın mineralojik bileşimi ($\text{Plg}_{60} + \text{Ol}_{20} + \text{Cpx}_{20}$) temel alınarak hesaplanmıştır. Mineral-ergiyik ayırılma katsayıları (K_d) her bir element için <http://earthref.org> (GERM Partition Coefficient K_d Database of Earth Reference Data and Models website) internet sitesinde sunulan veri tabanından elde edilmiştir.

Şekil 5.4'de DePaolo (1981)'in eşitlikleri kullanılarak oluşturulan Rb-Rb/Th ve $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 'ye karşı Rb/Sr iz element oranlarının kullanıldığı petrolojik modeller verilmiştir. Bu modellemeler üzerinde verilen eğriler farklı r değerleri için hesaplanmış ve diyagramlar üzerine iz düşülmüştür.



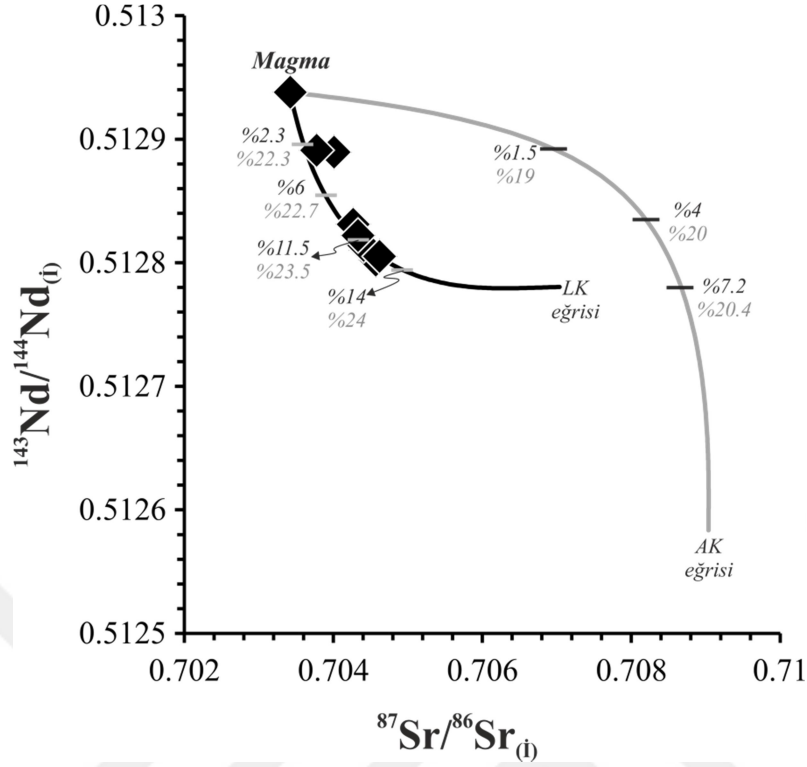
Şekil 5.4. Melikler volkanitleri için DePaolo (1981) eşitliklerine göre hazırlanmış AFC model grafikleri. Eğriler üzerinde verilmiş olan yüzde değerleri fraksiyonel kristallenmeden geriye kalan magma kütlelerinin orijinal magmaya oranını yansıtan F değerleridir ve soldan sağa doğru artacak şekilde 0.1 aralıklarla çizilmiştir. Modellemelerde kullanılan M-100 nolu magma bileşiminin değerleri; Rb=2.3, Th=0.6, Sr=37.8, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.703423$. Kıtasal kirlenici olarak kullanılan kumtaşı örneğinin değerleri; Rb=34.3, Th=3.8, Sr=210.6, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.708326$. Model hesaplamalarında kullanılan toplam ayrımlanma katasayıları değerleri (D_0); Rb:0.061, Th:0.023 Sr:1.210.

Model çalışmalarının sonuçları MgO değerleri yüksek olan bazaltik ve bazaltik andezit-bazaltik trakiandezit lavlarında r değerlerinin 0 ile 0.05 arasında değiştiğini ama evrimleşmiş bazaltik andezit, andezit ve trakiandezit lavlarına doğru r değerlerinin dikkate değer şekilde yükselerek 0.2 ile 0.5 arasında değerler sunduğuna işaret etmektedir. Bu veriler Meliker bazaltik volkanizmasını oluşturan lav serilerinde bazaltik bileşimde ve MgO içerikleri yüksek olan lavların kıtasal kirlenmeden etkilenmediklerini ama evrimleşmiş lav serilerinin dikkate değer r değerleri ile kıtasal kirlenmeye maruz kaldıklarına işaret etmektedir.

DePaolo (1981)'in model hesaplamaları kıtasal kirlenmenin (asimilasyon) fraksiyonel kristallenmeye oranını (r değeri) ortaya koymakta ve kıtasal kirlenmenin izlerinin bir yanmasını sumaktadır. Ancak, bu modelleme çalışmaları magmanın ve kirlenici kabuğun termal koşulları ile enerji parametreleri ve kabuğun kısmi ergimesi ile magma ve kabuk arasındaki ısı transferine bağlı olarak gelişen parametreleri kullanmamaktadır. Sıcak magma kütlelerinin, soğuk kabuk içine yerleşimleri sırasında meydana gelebilecek ısı transferi ve bu ısı transferinden kaynaklı termal parametreler kıtasal kirlenme süreçleri için önemli etkenlerdir. Bohron ve Spera (2001) ve Spera ve Bohron (2001) tarafından önerilen eşitlikler ile tazelenme olan (recharge) veya

olmayan (nonrecharge) magma odalarında yukarıda verilmiş olan birçok enerji ile ilgili süreç ele alınmakta ve asimilasyon hesaplamalarında hesaba katılmaktadır. Bu araştırmacılar tarafından önerilen enerjiye bağımlı asimilasyon-fraksiyonel kristallenme (EC-AFC; Energy - constrained assimilation – fractional crystallization) ve enerjiye bağımlı asimilasyon-fraksiyonel kristallenme ve magma tazelenmesi (EC-RAFC; Energy - constrained assimilation – fractional crystallization-recharge) formülasyonları ile elde edilen hesaplamalar, bize magmanın ve kabuğun enerjiye bağlı termal parametrelerinin neler olabileceği konusunda ipuçları vermektedir. Bölüm 5.1’de sunulmuş olan veriler, Melikler volkanitlerinin magma odası veya odalarındaki evrimleşme süreçlerinde magma tazelenmesinin önemli bir süreç olabileceğini gösterdiğinden dolayı, EC_RAFC formülasyonları kullanılarak modellemeler üretilmiştir. Bu model çalışmalarında, örneklerin Sr ve Nd izotopik bileşimleri kullanılmış ve kıtasal kirlenici materyal olarak kumtaşı ve en mafik magma ile recharge magma olarak M-100 nolu örnek seçilmiş ve bu örneğin iz element ve izotopik bileşimleri kullanılmıştır. Modellemelerde kullanılan ayırılma katsayısı değerleri <http://earthref.org> (GERM Partition Coefficient K_d Database of Earth Reference Data and Models website) internet sitesinden alınmıştır. Model hesaplamalarında kullanılan ve Melikler volkanitlerinin lav serilerine en uygun eğrinin elde edildiği termal ve kompozisyonel parametreler Çizelge 5.3’de sunulmuştur. İlksel ve recharge magmaların başlangıç sıcaklıkları 1100 ile 1300 °C arasında ve kabuğun başlangıç sıcaklığı 300 ile 600 °C arasında, en uygun eğri elde edilinceye kadar değiştirilmiştir. Şekil 5.5’de üretilen EC-RAFC model eğrileri Melikler volkanitlerine ait lavların evrimleşmiş türevlerinin yaklaşık % 14’e kadar kabuksal malzemeyi özümlediğini ve recharge magmanın yaklaşık %22-24 arasında değişen oranlarda magma odasını periyodik olarak tazelediğine işaret etmektedir. Ayrıca EC-RAFC model eğrilerinin Melikler bazaltik volkanizmasının örnekleri için alt kabuk bileşimine yakın değerler ile elde edilemeyeceği ama çalışma alanından alınmış olan kumtaşı örneklerinin bu lavlar için kirlenici materyal olabileceği ortaya koyulmuştur.

Tüm bu veriler, Melikler volkanitlerini oluşturan magma odası veya odalarına ilksel bazaltik magmaların yerleştikten sonra, fraksiyonel kristallenme, kıtasal kirlenme ve magma tazelenmesi süreçlerinin hepsinden etkilendiğine ve evrimleştiğine işaret etmektedir.



Şekil 5.5. Melikler volkanitleri için üretilmiş ve Sr ile Nd izotopik oranlarının kullanıldığı EC-RAFC modellemesi. Eğriler üzerinde verilmiş olan siyah italik yüzde değerleri kısmi ergimeye uğramış ve magma odasına giren kabuksal katkıyı (M_a^*), gri ve italik yazılan % değerleri ise ilksel magmanın magma odasını tazelediği (M_r) oranları yansıtmaktadır. EC-RAFC modellemesinde kullanılan termal ve kompozisyonel parametreler Çizelge 5.3’de verilmiştir. LK: lokal kumtaşı; AK: alt kabuk.

5.4. Manto Kaynak Alanı ve Zenginleşmeler

Melikler volkanitlerinin bazalttan andezite kadar değişen lav serilerinin MORB’a normalize edilmiş çoklu element diyagramlarında BİYL ve HNT elementlerin YAŞ elementlere göre zenginleşme sergilemesi, bu lavların manto kaynak alanında yitim bileşeninin (dalan okyanusal litosferin) etkilerini veya AFC etkilerini yansıtmaktadır. Melikler lavlarının MgO içeriği en yüksek olan ($MgO > \% 6$) ve FC ile EC-RAFC modellemelerinde kıtasal kirlenmenin ve fraksiyonel kristallenmenin gözlenmediği bazaltik ve bazaltik andezitik lavları için bu zenginleşme yitim bileşeni ile zenginleşmeye işaret etmektedir. Bunun yanı sıra MgO içeriği düşük olan ($MgO < \% 6$) ve AFC süreçlerinden etkilendiği FC, AFC ve EC-RAFC modelleriyle ortaya koyulan,

evrimleşmiş andezitik, bazaltik andezitik ve trakiandezitik lavlar için bu zenginleşme AFC süreçlerinin izlerini yansıtmaktadır.

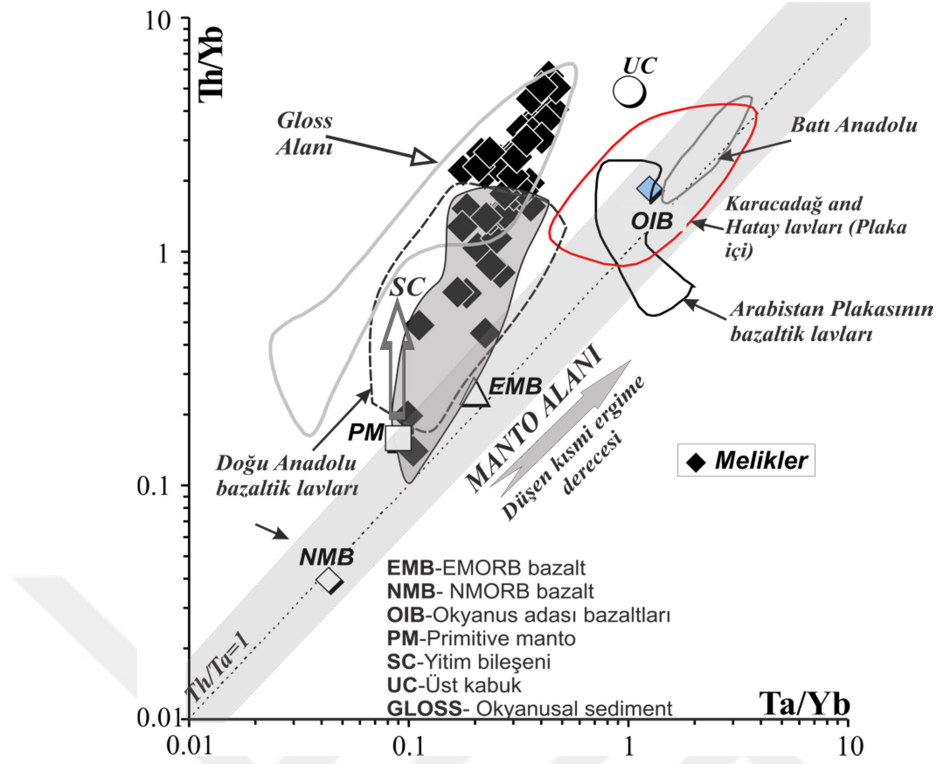
Çizelge 5.3. EC-RAFC modellemesinde Melikler volkanitlerine ait örnekleri için kullanılmış olan termal ve kompozisyonel parametreler. Magma, Recharge magma ve asimilantın izobarik ısıları ve entalpi değerleri Bohrsen ve Spera (2001)'den alınmıştır

Termal Parametreler				
	Kumtaşı (LK)		Alt kabuk	
Magma liquid sıcaklığı (T_{vm})	1280		1320	
Magma başlangıç sıcaklığı (T_m^0)	1280		1320	
Recharge magma liquid sıcaklığı (T_{vr})	1300		1320	
Recharge magma başlangıç sıcaklığı (T_r^0)	1300		1320	
Asimilant Liquid sıcaklığı (T_{va})	1000		1100	
Asimilant başlangıç sıcaklığı (T_a^0)	300		600	
Solidus sıcaklığı (T_s)	900		950	
Denge (Equilibration) sıcaklığı (T_{eq})	980		1000	
Magmanın izobarik spesifik ısısı (C_{pm} ; J/Kg)	1484		1484	
Recharge magmanın izobarik spesifik ısısı (C_{pr} ; J/Kg)	1484		1484	
Asimilantın izobarik spesifik ısısı (C_{pa} ; J/Kg)	1370		1388	
Krystalizasyon entalpisi (Δh_{cry})	396000		396000	
Füzyon entalpisi (Δh_{fus})	270000		354000	
Kompozisyonel parametreler				
	Kumtaşı (LK)		Alt kabuk	
	Sr	Nd	Sr	Nd
Magma ve recharge başlangıç konst. (ppm)(C_m^0)	372.8	18	372.8	18
Magma ve recharge izotop oranı (ϵ_m)	0.70342	0.512938	0.70342	0.512938
Magma ve recharge iz element D (D_m)	1.21	0.151	1.21	0.151
Asimilant başlangıç konst. (ppm)(C_a^0)	210.6	20.4	230	12.7
Asimilant izotop oranı (ϵ_a)	0.70832	0.512573	0.710	0.5122
Asimilant iz element D (D_a)	1.5	0.2	0.05	0.2

Bilindiği üzere, okyanus ortası sırt bazaltları (MORB) ve okyanus adası bazalt (OIB) karakteristikleri sunan bazaltik lavlar, primitif mantoya veya MORB'a normalize çoklu element örümcek diyagramlarında Nb ve Ta elementlerince komşu La, Ce veya Th, Ba elementlerine göre zenginleşme veya paralele yakın bir eğilim sergilerler (Hofmann, 1997). Bunun yanı sıra, ilksel yani AFC süreçlerinden etkilenmemiş olan bazaltik lavlarda Nb ve Ta elementlerinin komşu BİYL ve HNTE'ye göre tüketilme sergilemesi tipik olarak manto kaynak alanının yitim bileşeni ile zenginleştiğine işaret edebilmektedir (Hofmann, 1997; Hawkesworth ve ark., 1993; 1997; Turner ve ark., 2003). Melikler volkanitlerine ait bazaltik ve bir kısım bazaltik andezitik lavlarda gözlenen Nb ve Ta fakirleşmesi, bu lavların MORB veya OIB tipi kaynaklardan direkt

olarak türeyemeyeceğini, yitim bileşeni ile zenginleşmiş manto kaynak alanlarının ergimesi ile oluşabileceğini destekler niteliktedir.

Tez çalışması kapsamında toplanmış olan örneklerin manto kaynak alanındaki zenginleşme süreçlerini ortaya koyabilmek amacıyla, Ta/Yb karşı Th/Yb ikili değişim diyagramı üretilmiştir. Ta (veya Nb), ve Th elementleri, birçok magmatik sistemde benzer uyumsuzluk özelliklerine ve aynı zamanda, manto ergimleri ve fraksiyonel kristallenme süreçlerinde hemen hemen aynı ayırılma katsayısı (K_d) değerlerine sahiptirler. Yb (veya Y) elementi ise fraksiyonel kristallenme, kristal birikimi ve kıtasal kırılmanın etkilerini minimize etmek için normalizasyon faktörü olarak kullanılabilir (Keskin ve ark., 1998; Pearce ve ark., 2005; Aldanmaz ve ark., 2006) ve bu element dalma batma sistemlerinde oldukça uyumsuz davranır. Elementlerin bu özelliklerinden dolayı, Ta/Yb (veya Nb/Y) ve Th/Yb (veya Th/Y) element oranlarının yüksek değerleri mantoda meydana gelen kısmi ergime dereceleri veya metasomatizma süreçleri ile kontrol edilirler. Bu tip değerlere sahip olan lavlar diyagramlarda manto alanı (veya manto metasomatizması) boyunca iz düşerler. Ama yitim bileşeni ile zenginleşmiş kaynaklar ve/veya AFC süreçlerinin etkilerini taşıyan magma odaları Th elementince zenginleşeceklerinden dolayı yükselen Th/Yb veya Th/Y oranlarına bağlı olarak manto alanından saparak ayrılırlar. Bu veriler ışığında, yukarıda verilmiş olan elementler ve bunların birbirlerine oranları manto kaynak alanının doğasını yansıtmakta çok kullanışlıdır ve manto kaynak alanı ve zenginleşme süreçleri hakkında önemli ipuçları verirler. Şekil 5.6'da Melikler volkanitlerine ait lavların Ta/Yb-Th/Yb ikili değişim diyagramı üretilmiş ve bu diyagrama örnekler iz düşürülmüştür. Ayrıca, bu diyagram üzerine lavları karşılaştırmak amacıyla levha içi volkanizma karakteristikleri sunan alanlar ile GLOSS bileşimi ve Doğu Anadolu Bölgesi'ne ait lav serileride iz düşülmüştür. Diyagramdan gözleneceği üzere, Melikler volkanitlerine ait lavlar manto alanından saparak yükselen Th/Yb oranlarına doğru yönelmektedirler. Bu yönelim, primitif ve AFC süreçlerinden etkilenmedikleri belirlenen MgO değerleri % 6'dan büyük olan bazaltik ve bazaltik andezitik lavlar için yitim bileşenine işaret ederken, evrimleşmiş olan lavlar için AFC veya FC süreçlerinin izlerini yansıtmaktadır. Bu veriler, Melikler volkanizmasının manto kaynak alanının yitim bileşenlerince zenginleştiğini göstermektedir.

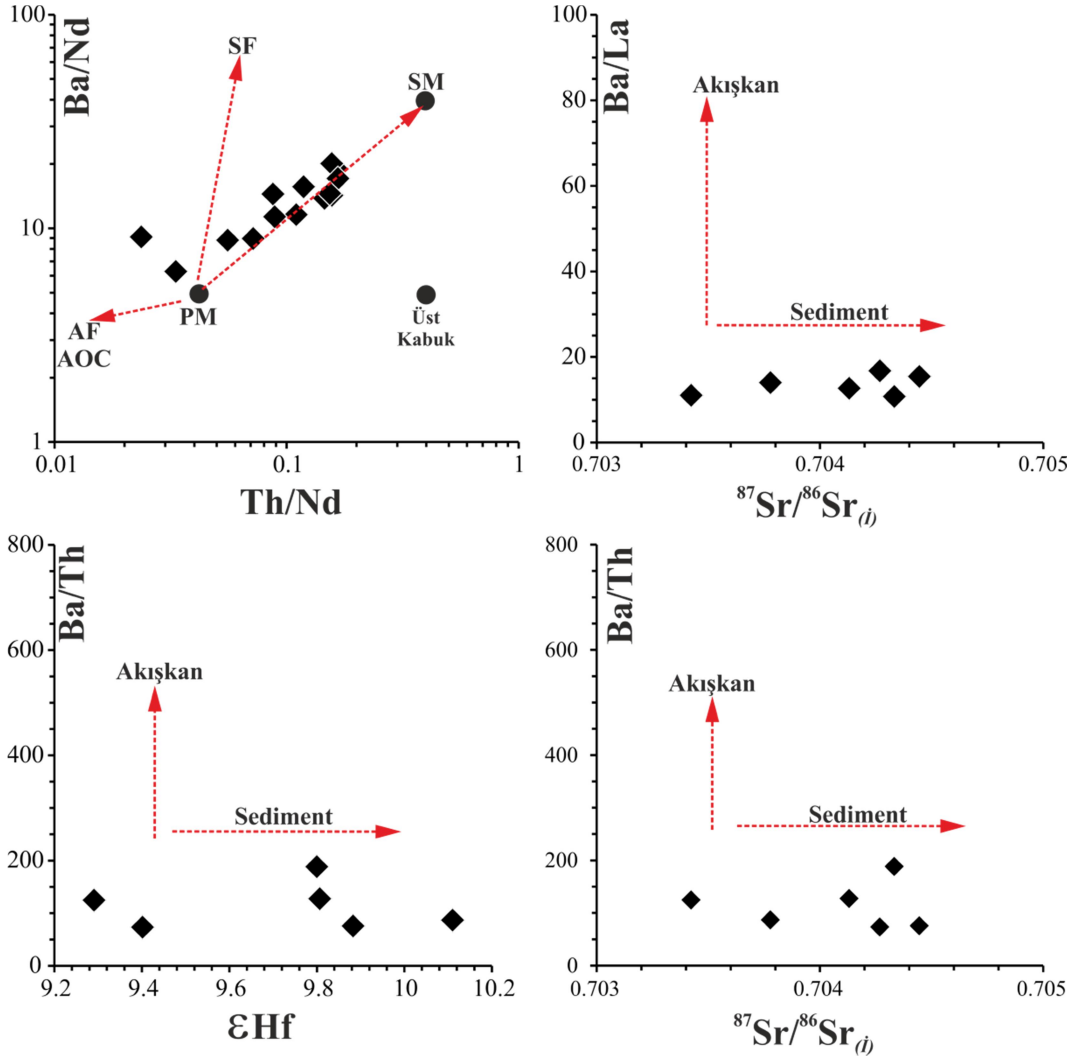


Şekil 5.6. Ta/Yb-Th/Yb diyagramı (Pearce ve ark. 1990). PM (primitif manto), EMB (zenginleşmiş okyanus ortası sırt bazaltı), OIB (okyanus adası bazaltı), NMB (normal-okyanus ortası sırt bazaltı) Sun ve McDonough (1989)'dan, GLOSS (dalmış okyanusal sediment) Plank ve Langmuir (1998)'den ve üst kıtasal kabuk (UC) Rudnick ve Gao (2003)'den alınmıştır. Şekilde gösterilen manto alanı Sun ve McDonough (1989), Saunders ve ark. (1991) ve Pearce ve ark. (2005)'den elde edilen değerlere göre çizilmiştir. Karacadağ ve Hatay, Parlak ve ark. (2000), Bağcı ve ark. (2010) Lustrino ve ark. (2010) ve Keskin ve ark. (2012)'den, Arabistan Plakası Krienitz ve ark. (2006) ve Lustrino ve Wilson (2007)'den alınmıştır. Batı Anadolu, Aldanmaz ve ark. (2006)'dan ve Doğu Anadolu, Oyan ve ark. (2017)'den alınmıştır. Diyagram üzerinde gri olarak verilen alan Melikler bazaltik volkanizmasının en primitif bazaltik ve bazaltik andezitik lavlarını yansıtmaktadır.

Manto kaynak alanının okyanusal litosferin dalma batması ile ortaya çıkan yitim bileşeni ile zenginleşmesi 3 farklı şekilde açıklanabilir. Bunlar; 1) dalmış sedimentin veya altere okyanusal kabuğun kısmi ergimesi (Elliott ve ark., 1997; Hawkesworth ve ark., 1997) 2) dalan sediment veya altere okyanusal kabuğun dehidratasyonu (suyunu kaybetmesi) sonucunda ortaya çıkan akışkanlar (Tatsumi ve ark. 1986; Hawkesworth ve ark., 1997; Turner 2002) veya 3) her ikisinin de zenginleşme süreçlerine belirli oranlarda katkı sağladığı şeklinde sıralanabilir. Dalan sediment veya altere okyanus kabuğunun ergimesi veya bunlardan açığa çıkan akışkanlar ile değişime uğramış manto

kaynak alanlarından türeyen lavlar arasında önemli jeokimyasal farklılıklar iz elementler ve izotopik değerler ile gözlenebilmektedir (Hawkesworth ve ark., 1997; Class ve ark., 2000; Foley ve ark., 2002; Kessel ve ark., 2005). Bazı BİYL elementler (Ba, Sr, Pb ve Rb gibi) suda çözünebildiklerinden dolayı sulu akışkanlarda hareketli davranıp, akışkan fazı tercih ederken, YAŞ elementler (Zr, Nb, Ta), nadir toprak elementler (La, Ce, Nd) ve BİYL elementlerden olan Th elementi akışkan fazlarda hareketsiz davranmakta ve sulu fazlarda çözünmemektedirler (Elburg ve ark., 2002; Foley ve ark., 2002; Kessel ve ark., 2005). Bu nedenle akışkanlar ile zenginleşmiş manto kaynak alanları yüksek BİYL / NTE (Ba/La; Ba/Nd) ve BİYL/Th (Ba/Th) oranları sergilerler. Bunun aksine manto kaynak alanı dahan okyanusal litosferin (sediment + altere okyanusal kabuk) kısmi ergimesi ile zenginleşmiş ise, o zaman akışkanlarla zenginleşmiş mantodan türeyen volkanik kayalara oranla daha düşük BİYL/NTE (Ba/La; Ba/Nd) ve daha yüksek Th/NTE (Th/La; Th/Nd) oranları sergileyeceklerdir. Bu iz element değişimlerinin yanı sıra izotopik Sr, Nd ve Pb değerlerindeki değişimlerde manto kaynak alanının hangi süreçlerle zenginleştiği hakkında değerli veriler sunabilirler çünkü dalmış okyanus kabuğu ve üzerindeki sediment farklı Sr, Nd ve Pb izotopik değerlerine sahip olacaklardır. En primitif veya en az evrimleşmiş bazaltik lavların normal MORB ve astenosferik mantoya göre yüksek $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (> 0.7035 ; Hawkesworth ve ark., 1997; Pearce ve ark., 2005) ve düşük ϵHf (< 13 ; Chauvel ve ark., 2013) izotopik değerleri de dahan okyanusal litosferin veya dalmış sedimentin kısmi ergimesi ile zenginleşmeye işaret edecektir.

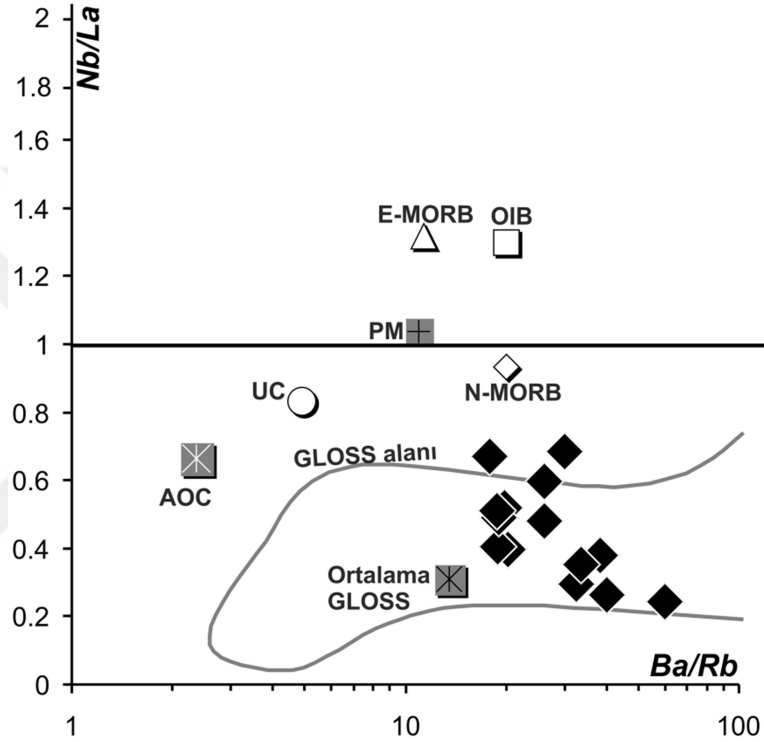
Bu veriler ışığında, Melikler volkanitlerine ait lavların manto kaynak alanındaki yitim bileşeninin türüne yaklaşımda bulanabilmek amacıyla $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 'ya karşı Ba/Th ve Ba/La diyagramları ile Th/Nd-Ba/Nd ve ϵHf -Ba/Th ikili değişim diyagramları üretilmiştir (Şekil 5.7). Bu diyagramlara Melikler volkanizmasının en primitif olan lavları iz düşülmüş ve örneklerin baskın olarak sediment ergimeleri ile zenginleşmiş bir manto kaynak alanına işaret ettikleri tespit edilmiştir.



Şekil 5.7. Melikler volkanitlerine ait en primitif lavların ($\text{MgO} > \%6$) manto kaynak alanındaki yitim bileşeni ile zenginleşmeye neden olan süreci ortaya çıkarmak için üretilen ikili değişim diyagramları. Th/Nd'ye karşı Ba/Nd diyagramında verilmiş olan SM sediment ergilemelerini, SF sedimenten açığa çıkan akışkanları, AF Altere okyanus kabuğu ergimelerini, AF altere okyanus kabuğundan açığa çıkan akışkanları karakterize etmektedir. SM ve SF Plank ve Langmuir (1998)'den, AOC ve AF Staudigel ve ark. (1996)'dan alınmıştır. Üst kabuk bileşimi, lokal kumtaşlarından elde edilmiştir.

Şekil 5.8'de manto kaynak alanındaki süreçlere yorum yapabilmek için Wang ve ark. (2004) tarafından önerilen Ba/Rb'a karşı Nb/La değişim diyagramı üretilmiş ve bu diyagram üzerine önemli manto kaynakları ve metasomatize etkisi yaratabilecek bileşenler iz düşürülmüştür. Bu diyagramda pirimitif ve en az evrimleşmiş bazaltik ve bazaltik andezitik örneklerin tamamı düşük Nb/La oranları ve yükselen Ba/Rb oranlarına doğru yönelmekte ve tipik olarak yitim bileşeni alanına ve GLOSS içine iz düşmektedirler. Diyagram üzerinde çok düşük olan Ba/Rb değerleri akışkanlar ile

metasomatize olmuş manto kaynak alanlarına işaret etmektedir (Wang ve ark., 2004). Fakat tez çalışması kapsamında toplanmış olan en primitif örnekler yüksek Ba/Rb içeriklerine sahiptirler ve sediment ergimleri ile zenginleşmiş manto kaynak alanlarına doğru eğilim sergilemektedirler. Tüm bu veriler Melikler volkanizmasına ait lavların, manto kaynak alanında yitim bileşeninin varlığına ve yitim bileşeninin baskın olarak sediment ergimleri ile geliştiğine işaret etmektedir.



Şekil 5.8. Ba/Rb'a karşı Nb/La diyagramında örneklerin dağılımı. EMORB (zenginleşmiş okyanus ortası sırt bazaltları), OIB (okyanus adası bazaltı), N-MORB (normal okyanus ortası sırt bazaltı) ve PM (primitif manto) bileşimleri Sun ve McDonough (1989)'den, AOC (altere okyanus kabuğu) Staudiger ve ark. (1996)'dan, GLOSS (global dalmış okyanusal sediment) Plank ve Langmuir (1998)'den ve UC (üst kıtasal kabuk) Rudnick ve Gao (2003)'den alınmıştır.

5.5. Kısmi Ergime

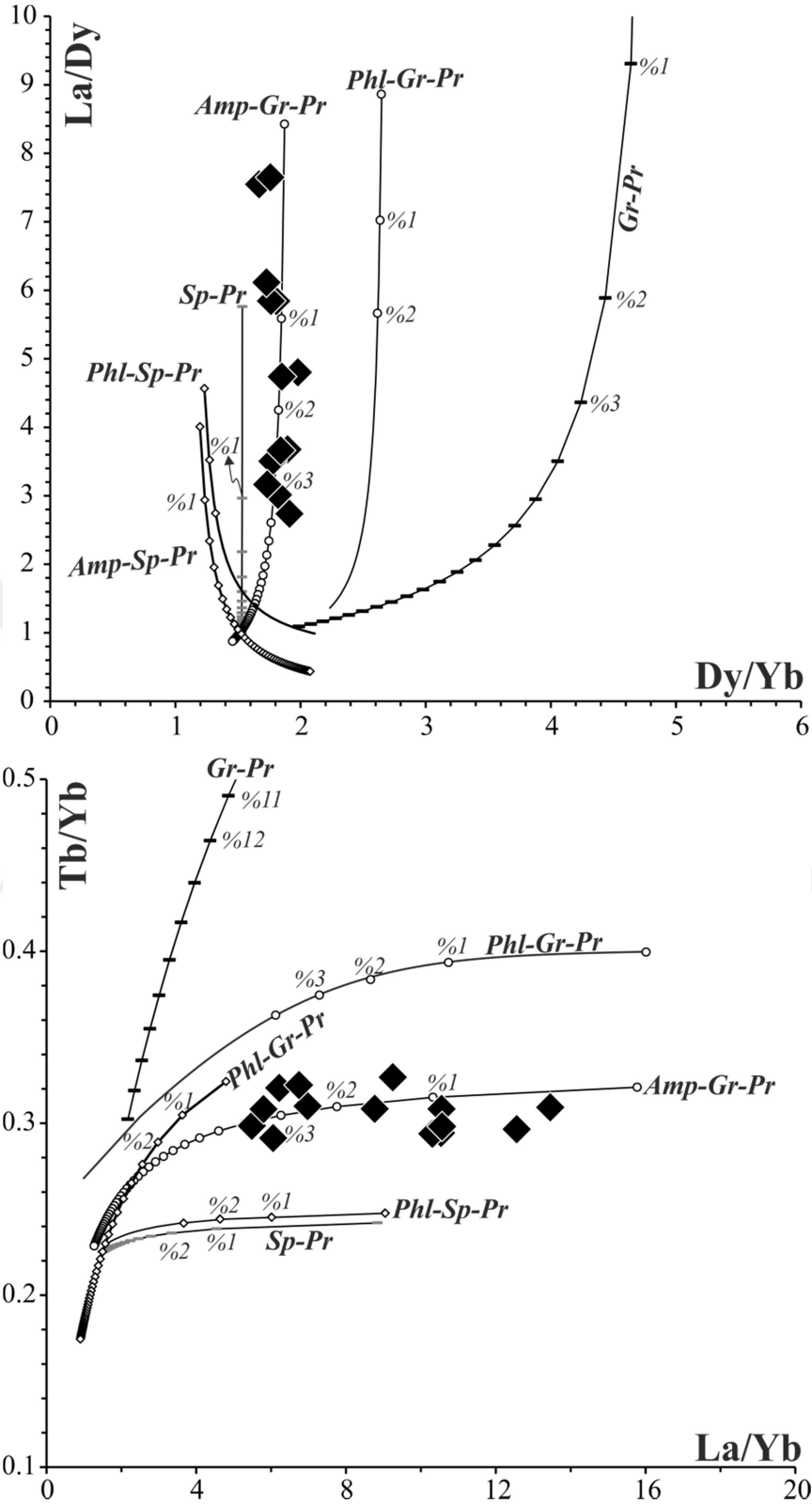
Magmatik kayaçların türemiş oldukları primitif kaynakların kısmi ergime süreçleri ve manto kaynak alanlarının doğası, kısmi ergimenin meydana geldiği derinliği ve alanları kontrol eden kaynak mineralojisi ve kimyası temelinde

şekillendirilebilir ve ortaya koyulabilir (Thirlwall ve ark., 1994; Shaw ve ark., 2003; Peters ve ark., 2008). Spinel veya granatça zengin mineralojiye sahip olan manto kaynaklarının kısmi ergime süreçlerinde nadir toprak elementler çok kullanışlı olabilirler çünkü bu mineraller manto kaynak alanlarına farklı katı-mineral/ergiyik paylaşım katsayısı ile katılırlar (McKenzie ve O’Nions 1991; Shaw ve ark., 2003). Hafif nadir toprak elementler (HNTE) granat veya spinelce zengin kaynakların düşük dereceli kısmi ergimelerinde oldukça uyumsuz davranarak ergiyikte öncelikli olarak zenginleşecek ve spinelce zengin kaynaklara göre granatça zengin kaynaklar daha yüksek HNTE/ANTE (La/Yb v.b.) oranları üreteceklerdir. Bunun en önemli sebebi granatın ANTE’ler için ayrılanma katsayısı değerlerinin spinel’e göre oldukça yüksek olması ve ANTE’lerin kısmi ergimenin düşük derecelerinde, eğer granat kalık faz olarak mantoda var ise granat tarafından yüksek oranda tutulabilecek olmasından kaynaklanmaktadır ($^{Granat-ergiyik}D_{Yb} \sim 4$; McKenzie ve O’Nions 1991). Bu durum, kısmi ergimenin düşük derecelerinde oldukça uyumsuz davranacak olan HNTE’lerin eriyik fazı tercih etmesi ve ANTE’lerin granat fazında kalmasından dolayı yüksek HNTE/ANTE oranları üretecektir. Bunu yanı sıra, oldukça uyumsuz olan HNTE’lerin, göreceli olarak HNTE’lere göre daha az uyumsuz davranan ONTE’lere oranında kısmi ergimenin derecesi ve alanı hakkında ipuçları verebilmektedir. HNTE/ONTE (La/Sm, La/Dy La/Tb v.b.) oranları granat ve spinel minerallerine sahip olan manto kaynak alanlarındaki düşük kısmi ergime derecelerinde yüksek değerlerde gözlenirken, yükselen ergime derecelerinde bu oran ONTE lerinde ergiyiğe geçmesiyle göreceli olarak düşecektir. Eğer kalık faz olarak manto kaynak alanında granat var ise, o zaman ağır nadir toprak elementlere (ANTE, Yb ve Lu) göre orta nadir toprak elementlerin (ONTE, Sm, Tb, Dy, Gd) zenginleşmesi ortaya çıkacaktır ($^{Granat-ergiyik}D_{Yb} \sim 4$; $^{Granat-ergiyik}D_{MREE} \sim 0,21-1$; McKenzie ve O’Nions 1991). Bu durum granatça zengin manto kaynak alanlarındaki kısmi ergimelerde yüksek ONTE/ANTE (Tb/Yb, Sm/Yb, Dy/Yb, Gd/Yb) oranları ve eriyik ile kaynak oranları arasında büyük farklılıklar üretecektir (Shaw ve ark., 2003; Wang ve ark., 2004). Buna ilaveten spinel’ce zengin manto kaynak alanlarının kısmi ergimleri çok az oranda ONTE/ANTE oranları üretecek ve kaynak ile eriyik oranları benzer olacaktır ($^{Spinel-ergiyik}D_{Yb} \sim 0.01$; $^{Spinel-ergiyik}D_{MREE} \sim 0.01$; $^{Klinopiroksen-ergiyik}D_{Yb} \sim 0.28$; $^{Klinopiroksen-ergiyik}D_{MREE} \sim 0.30$; McKenzie ve O’Nions 1991).

Yukarıda verilen bilgiler ışığında Melikler volkanizmasının kısmi ergime dereceleri ve kaynak mineralojisinin ne olabileceğine yorum yapabilmek için, La/Dy – Dy/Yb (HNTE/ONTE – ONTE/ANTE) ve La/Yb – Tb/Yb (HNTE/ANTE – ONTE/ANTE) ikili değişim diyagramları üretilmiş ve diyagramlar Şekil 5.9’da verilmiştir. Diyagramlar üzerinde çizilen ergime eğrileri Shaw (1970) in nonmodal (modal olmayan) yığın (batch) ergime eşitlikleri kullanılarak elde edilmiştir. Modellerde kullanılan kaynak ve ergime mineral oranları ile mineral/ergiyik ayrılma katsayıları (K_d) Çizelge 5.4’de sunulmuştur.

Çizelge 5.4. Nonmodal yığın kısmi ergime modellerinde kullanılan parametreler. Mineral/ergiyik ayrılma katsayıları (K_d) McKenzie ve O’Nions (1991; 1995) ve Adam ve Green (2006)’den alınmıştır. Manto peridotitleri için kaynak ve ergiyik mineral oranları ¹- Thirwall ve ark. (1994); ²- Ivanov ve ark. 2002 ve Thirwall ve ark. 1994’den ³-Barry ve ark. (2003)’den alınmıştır. Gr-Granat, Amp-Amfibol, Phl-Flogopit, Sp-Sipinel, PM-Primitif manto_Sun ve McDonough (1989)

	<i>Olivin</i>	<i>Opx</i>	<i>Cpx</i>	<i>Sp</i>	<i>Gr</i>	<i>Amp</i>	<i>Phl</i>	<i>TOT</i>
<i>Gr-Peridotit (PM kaynağı)¹</i>								
Kaynak modu	0.598	0.211	0.076		0.115			1
Ergiyik modu	0.05	0.2	0.3		0.45			1
<i>Amp-Gr-Peridotit (PM kaynağı)²</i>								
Kaynak modu	0.794	0.123	0.03		0.011	0.042		1
Ergiyik modu	0.15	0.15	0.22		0.15	0.33		1
<i>Phl-Gr-Peridotit (PM kaynağı)³</i>								
Kaynak modu	0.55	0.22	0.15		0.03		0.05	1
Ergiyik modu	0.05	0.05	0.65		0.05		0.20	1
<i>Sp-Peridotit (PM kaynağı)¹</i>								
Kaynak modu	0.578	0.27	0.119	0.033				1
Ergiyik modu	0.10	0.27	0.5	0.13				1
<i>Phl-Sp-Peridotit (PM kaynağı)³</i>								
Kaynak modu	0.48	0.30	0.18	0.02			0.02	1
Ergiyik modu	0.10	0.35	0.47	0.02			0.06	1
<i>Amp-Sp-Peridotit (PM kaynağı)²</i>								
Kaynak modu	0.794	0.123	0.03	0.011		0.042		1
Ergiyik modu	0.15	0.15	0.22	0.06		0.42		1
<i>Mineral / ergiyik ayrılma katsayısı değerleri</i>								
La	0.0004	0.002	0.054	0.01	0.01	0.435	0.007	
Tb	0.0015	0.019	0.31	0.75	0.01	0.83	0.001	
Dy	0.0017	0.022	0.33	1.06	0.01	1.77	0.001	
Yb	0.0015	0.049	0.28	4.03	0.01	1.31	0.05	



Şekil 5.9. Melikler volkanitlerine ait en primitif lavların ($MgO > \%6$) manto kaynak alanındaki ergime süreçlerini ortaya koyabilmek amacıyla üretilen $Dy/Yb-La/Yb$ ve $La/Yb-Tb/Yb$ ikili değişim diyagramları ile oluşturulan kısmi ergime modelleri. Modellerde kullanılan parametreler Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Şekil 5.9'da görüleceği üzere, Melikler volkanitlerine ait primitif lavlar amfibolce zengin granat peridotit kaynağından elde edilen kısmi ergime eğrisi üzerine iz düşmekte ve yaklaşık %0.4 ile % 4 arasındaki kısmi ergime dereceleri ile üretilebilmektedir. Bu primitif lavlar, granat veya spinelce zengin manto kaynak alanlarının ergimesiyle üretilememekte ve kalık fazda amfibol mineralinin bulunduğu metasomatize olmuş kaynaklardan itibaren düşük dereceli kısmi ergimelere işaret etmektedirler. Yitim bileşeni ile metasomatize olmuş manto kaynak alanları amfibol ve/veya flogopit gibi kalık (residual) mineraller içerebilmektedirler. Melikler volkanitlerine ait en primitif lavların yüksek Ba/Rb (>20) ve düşük Rb/Sr (<0.02) oranları (Furman ve Graham, 1999), amfibolün flogopite oranla kalık mineral fazı olarak bulunabileceğine işaret eder ve ergime modellerinden elde edilen sonuçları destekler niteliktedir.

Geç Miyosen sonu ve Erken Pliyosen'e kadar sıkışma büzülme rejimi ile karakterize olan Doğu Anadolu'daki tektonik rejim, Erken-Geç Pliyosen'de yerini sıkışma-açılma tektonik rejimine bırakmıştır (Koçyiğit ve ark., 2001). Bu neotektonik yapı içerisinde çarpışma sonrası volkanizma Miyosen'den Kuvaterner'e kadar Ağrı, Tendürek, Etrüsk, Aladağ, Süphan ve Nemrut gibi büyük volkanik sistemler veya açılma çatlakları boyunca püskürmüştür. Doğu Anadolu Bölgesi için birçok araştırmacı farklı jeodinamik modeller önermişlerdir (Innocenti ve ark., 1982; Pearce ve ark., 1990; Yılmaz ve ark., 1998; Keskin 2003; 2007; Şengör ve ark., 2003). Bu modeller çöğunlukla ya litosferik mantonun kısmi olarak kopması (delaminasyonu) (Pearce ve ark., 1990; Keskin ve ark., 1998; Oyan ve ark., 2016) veya dalan okyanusal litosferin (slabın) dikleşmesi ve kırılmasının (slab steeping and break off) bir sonucu olarak litosferik mantonun yerine yitim bileşeni ile zenginleşmiş astenofirik mantonun yükselmesi (Keskin, 2003; 2008; Şengör ve ark 2003; 2008) ile bölge çapında geniş volkanizmanın oluşabileceği şeklinde özetlenebilir. Bunun yanı sıra, bölge çapında geniş alanlarda gözlenen volkanizma etkinliğinin granat ve spinelce zengin manto kaynak alanlarının farklı oranlarda farklı ergime derecelerinde karışarak oluştuğu ve spinelce zengin manto kaynak alanının katkısının Miyosen'den Kuvaterner'e doğru arttığı belirtilmiştir (Özdemir ve Güleç, 2014). Bu geniş volkanizma etkinliğinin Pliyosen'de zirve yaptığı ve litosferik delaminasyondan dolayı (Oyan ve ark., 2006) açılma doğasıyla ilişkili olarak gelişmiş olabileceği belirtilmiştir (Oyan ve ark., 2016;

Kaygusuz ve ark., 2018). Melikler volkanitlerinin gözlendiği Erzurum-Kars platosu üzerindeki volkanizmanın litosferik delaminasyon sonucunda geniş alanlarda püskürdüğü ve bazalttan dasite kadar geniş bir kompozisyonda lavlar püskürttüğü Keskin ve ark. (1998) tarafından raporlanmıştır.

2003 yılında Doğu Anadolu çarpışma zonunun litosferik yapısını ortaya çıkarabilmek amacıyla yapılan jeofiziksel çalışmalar, litosferik mantonun olmadığı ve DAÇZ'ın altındaki kabuğun direk astenosferik mantonun üzerinde olduğu şeklinde yorumlanmıştır (Al-Lazki ve ark., 2003; Gök ve ark., 2000; 2003; Sandvoll ve ark., 2003; Angus ve ark., 2006). Ancak son yapılan jeofiziksel ve jeolojik çalışmalar bölge altında 70-75 km civarında litosferin varlığını ortaya koymakta (Angus ve ark., 2006; Özacar ve ark., 2008) ve yoğun magmatizma etkinliğinin astenosferik ve litosferik mantoların farklı derecelerde ergimeleri ve karışmaları ile oluşabileceğine işaret etmektedir (Özdemir ve Güleç; 2014). Takahashi ve Kushiro (1983) spinel-granat fasiyes geçiş zonu derinliğinin yaklaşık 80 km ve 20-26 Kbar basınç da olduğunu belirtmişlerdir. Bu veriler, Melikler volkanizmasının manto kaynak alanının bölgedeki litosferik delaminasyonu takiben astenosferik mantonun yükselimi ve Neotetis'in dalma-batmasıyla yitim bileşeni bakımından zenginleşmiş ve metasomatize olmuş litosferik mantonun ergimesiyle oluşabileceğine işaret eder. Deneysel çalışmalar (Wallace ve Green, 1991; Nlida ve Green, 1999) ve litosferik manto ksenolitleri içinde bulunan amfibollerin (Ianov ve ark., 2002; Witt-Eickschen ve ark., 2003) yaklaşık 1030 ile 1200 0C sıcaklıkta ve 2.5-3 Gpa basınç altında stabil olabileceğine işaret etmektedir. Bu veriler Melikler volkanizmasının yaklaşık 75-90 km (1 Gpa yaklaşık 30 km; Guo ve ark., 2006) derinlikteki metasomatize olmuş litosferik mantonun temelindeki ergimeler ve bu derinlikte astenosferik ve litosferik mantodan türeyen ergiyiklerin karışımı ile üretilebileceğine işaret etmektedir.

6. SONUÇLAR

Melikler volkanitlerinin petrolojisi üzerine gerçekleştirilen bu tez çalışması, 1 yaz sezonu boyunca gerçekleştirilen arazi çalışmaları, arazi çalışmaları ile toplanan örneklerin mineralojik-petrografik, mineral kimyası, jeokimyasal, izotopik ve jekronolojik yaş verilerinin elde edilmesi ve yorumlanması ile şekillenmiştir. Melikler volkanizması 4.01 ile 1.7 milyon yıl aralığında bazaltdan andezite kadar lavlar püskürtmüştür. Önceki çalışmalarda Melikler bazaltı olarak adlandırılırsa, bazaltdan andezite kadar değişen lav serilerini içerdiğinden dolayı tez çalışması kapsamında Melikler volkanitleri olarak adlandırılmıştır. Kayaç örnekleri olivin, piroksen, plajiyoklaz ve oksit mineralleri içermektedirler. Petrografik olarak kayaç örnekleri hemen hemen aynı mineral parajenezine sahip ama jeokimyasal olarak farklılıklar sunduklarından dolayı, jeokimyasal kayaç sınıflama adlanması tez içinde kullanılmıştır.

Melikler volkanitlerine ait lavların jeokimyasal ve izotopik analiz sonuçları ile üretilen FC, AFC ve EC-RAFC petrolojik modellemeleri, bu volkanizmanın magma odasında fraksiyonel kristallenme, magma tazelenmesi (veya karışımı) ile kıtasal kirlenmenin farklı oranlarda evrimleşme süreçlerinde etkili olduklarını ortaya koymuştur.

Melikler volkanitlerine ait lavların çoklu element diyagramları, AFC süreçlerinden etkilenmemiş ve en primitif olan örneklerin Nb ve Ta elementlerinin komşu BİYL ve HNTE'lere göre belirgin şekilde tüketilmesi manto kaynak alanının yitim bileşenleri ile zenginleştiğine işaret eder. Yitim bileşeninin türünü ortaya koyabilmek için üretilen diyagramlar, sediment ergimelerinin akışkanlardan daha baskın olarak metasomatizma süreçlerinde etkili olabileceğini ve zenginleşmeyi sağladığını ortaya koymuştur.

Manto kaynak alanının doğasını ve ergime koşullarını ortaya koyabilmek için oluşturulan kısmi ergime modellemeleri, amfibolce zengin granat peridotit kaynağının yaklaşık % 0.4 ile % 4 arasındaki kısmi ergime derecelerinde Melikler volkanitlerinin en primitif lavlarını üretebileceğine işaret eder.

Doğu Anadolu Bölgesi ve çalışma alanı için önerilen litosferik delaminasyonu takiben, astenosferik mantonun daha sığa yerleşmesi ve metasomatize olmuş litosferik

mantoda ergimeler meydana getirmesi ile yaklaşık 70-90 km derinlikte litosferin temelindeki amfibolce zengin granat peridotitn ergimesi ve astenosferik mantodan türeyen ergiyikler ile litosferden türeyen ergiyiklerin karışımının Melikler volkanitlerinin püskürmesinden sorumlu olabileceği söylenebilir.



KAYNAKLAR

- Açlan, M., Altun, Y., 2018. Syn-collisional I-type Esenköy Pluton (Eastern Anatolia-Turkey): An indication for collision between Arabian and Eurasian plates. *Journal of African Earth Sciences*, **142**: 1-11.
- Adam, J., Green, T., 2006. Trace element partitioning between mica- and amphibole-bearing garnet lherzolite and hydrous basanitic melt: 1. Experimental results and the investigation of controls on partitioning behavior. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **152**: 1-17.
- Aktimur, H.T., Tekirli, M.E., Yurdakul, M.E., Ercan, T., Keçer, M., Aktimur, S., Ürgün, B.M., Gürbüz, M., Can, b., Yaşar, T., 1991. *Kars, Arpaçay ve Çıldır dolayının jeolojisi*. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Dairesi. (Yayımlanmamış) Rapor No: 9257, Ankara.
- Aktimur, H.T., Tekirli, M.E., Yurdakul, M.E., Ürgün, B.M., Ercan, T., 1992. *Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi: 1/10000 ölçekli G-50, G-51, H-50 ve H-51 paftaları jeoloji haritaları ve raporları*. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Dairesi. (Yayımlanmamış) Rapor No: 40-43, Ankara.
- Aldanmaz, E., Yalınız, M.K., Güçtekin, A., Göncüoğlu, M.C., 2006. Geochemical characteristics of mafic lavas from the Neotethyan ophiolites in western Turkey: implications for heterogeneous source contribution during variable stages of ocean crust generation. *Geological Magazine*, **145**: 37-54.
- Allen, M.B., Kheirkhah, M., Neill, I., Emami, M.H., McLeod, C.L., 2013. Generation of arc and within-plate chemical signatures in collision zone magmatism: Quaternary lavas from Kurdistan Province, Iran. *Journal of Petrology*, **54**: 887-911.
- Al-Lazki, A., Seber, D., Sandvol, E., Türkelli, N., Mohamad, R., Barazangi, M., 2003. Tomographic Pn velocity and anisotropy structure beneath the Anatolian plateau (eastern Turkey) and the surrounding regions. *Geophysica Research Letter*, **30**: 8043-8046.
- Andersen, D.J., Lindsley, D.H., 1985. New (and final!) models for the Ti-magnetite/ilmenite geothermometer and oxygen barometer. *EOS Trans*, **66**: 416.
- Angus, D.A., Wilson, D.C., Sandvol, E., Ni, J.F., 2006. Lithospheric structure of the Arabian and Eurasian collision zone in Eastern Turkey from S-wave receiver functions. *Geophysical Journal of International*, **166**: 1335-1346.
- Arbas, A., Gök, L., Ateş, M., İmik, M., Kılınç, F., Canpolat, M., Aydın, A., 1991. *Horasan Dolayının Jeolojisi*. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Dairesi. (Yayımlanmamış) Rapor No: 9431, Ankara.
- Bacon, C.R., Druitt, T.H., 1988. Compositional Evolution of the Zoned Calcalkaline Magma Chamber of Mount-Mazama, Crater Lake, Oregon. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **98**: 224-256.
- Bağcı, U., Alpaslan, M., Frei, R., Kurt, M.A., Temel, A., 2011. Different Degrees of Partial Melting of the Enriched Mantle Source for Plio-Quaternary Basic Volcanism, Toprakkale (Osmaniye) region, Southern Turkey. *Turkish Journal of Earth Science*, **20**: 115-135.
- Barry, T.L., Saunders, A.D., Kempton, P.D., Windley, B.F., Pringle, M.S., Dorjnamjaa, D., Saandar, S., 2003. Petrogenesis of Cenozoic basalts from Mongolia:

- evidence for the role of asthenospheric versus metasomatized lithospheric mantle sources. *Journal of Petrology*, **44**: 56–91.
- Bohrson, W. A., Spera, F. J., 2001. Energy-constrained open-system magmatic processes II: application of energy-constrained assimilation–fractional crystallization (EC-AFC) model to magmatic systems. *Journal of Petrology*, **42**: 1019–1041.
- Bryan, W.B., Finger, L.W., Chayes, F., 1969. Estimating proportions in petrographic mixing equations by least square approximation. *Science*, **163**: 926–927.
- Chauvel, C., Lewin, E., Carpentier, M., Arndt, N.T., Marini, J.C., 2008. Role of recycled oceanic basalt and sediment in generating the Hf-Nd mantle array. *Nature Geoscience*, **1**: 64–67.
- Class, C., Miller, D. M., Goldstein, S. L., Langmuir, C. H., 2000. Distinguishing melt and fluid subduction components in Umnak volcanics: Aleutian arc. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems (3G)*, **1**: 1–34.
- Chernyshev, I.V., Lebedev, V.A., Arekelyants, M.M. 2006. K-Ar dating of Quaternary volcanics: methodology and interpretation of results. *Petrology*, **14**: 62–80.
- Çolakoğlu, A.R., Arehart, G.B., 2010. The petrogenesis of Sarıçimen (Çaldıran-Van) quartz monzodiorite: Implication for initiation of magmatism (Late medial Miocene) in the East Anatolian collision zone, Turkey. *Lithos*, **119**: 607–620.
- Davidson, J., Turner, S., Plank, T., 2013. Dy/Dy*: Variations arising from mantle sources and petrogenetic processes. *Journal of Petrology*, **54**: 525–537.
- DePaolo, D., 1981. Trace element and isotopic effects of combined wall rock assimilation and fractional crystallization. *Earth Planet Science Letters*, **53**: 189–202.
- Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F., Şengör, A.M.C., 1986. Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia – a young collision zone in *Collision Tectonics*. *Geological Society Special Publications*, **19**: 3–36.
- Duru, O., 2012. *Kars volkanik platosu'nun Çıldır (Ardahan ili) kuzeyindeki bölümünün volkanostratigrafisi, petrolojisi ve jeokimyası* (yüksek lisans tezi basılmamış). İÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Avcılar, İstanbul.
- Elliott, T., Planck, T., Zindler, A., White, W., Bourdon, B., 1997. Element transport from slab to volcanic front at the Mariana arc. *Journal of Geophysical Research*, **102**: 14991–15019.
- Elburg, M. A., Bergen, M. V., Hoogewerff, J., Foden, J., Vroon, P., Zulkarnain, I., Nasution, A., 2002. Geochemical trends across an arc–continent collision zone: magma sources and slab–wedge transfer processes below the Pantar Strait volcanoes, Indonesia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **66**: 2771–2789.
- Ercan, T., Fujitani, T., Molsuda, J., Notsu, K., Tokel, S., Tadahide, Uİ., 1990. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen-Kuvaterner volkanitlerine ilişkin yeni jeokimyasal, radyometrik ve izotropik verilerin yorumu. *MTA dergisi*, **110**: 143–164.
- Eşder, T., 1967. *Orta Aras Depresyon Bölgesinin 1/25000 Ölçekli Detay Petrol Etüdü Raporu*. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Dairesi. (Yayımlanmamış) Rapor No: 9257, Ankara.
- Ewart, A., Griffin, W.L., 1994. Application of Proton-Microprobe Data to Trace-Element Partitioning in Volcanic-Rocks. *Chemical Geology*, **117**: 251–284.

- Foley, S. F., Tiepolo, M., Vannucci, R., 2002. Growth of early continental crust controlled by melting of amphibolite in subduction zones. *Nature*, **417**: 837–840.
- Fujimaki, H., Tatsumoto, M, Aoki, K.İ., 1984. Partition coefficients of Hf, Zr, and REE between phenocrysts and groundmasses. *Journal of Geophysical Research*, **89**: 662-672.
- Furman, T., Graham, D., 1999. Erosion of lithospheric mantle beneath the East African Rift system: geochemical evidence from the Kivu volcanic province. *Lithos*, **48**: 237–262.
- Gök, R., Sandvol, E., Türkelli, N., Seber, D., Barazangi, M., 2003. Sn attenuation in the Anatolian and Iranian plateau and surrounding regions. *Geophysical Research Letter*, **30**: 8038 -8042.
- Gök, R., Türkelli, N., Sandvol, E., Seber, D., Barazangi, M., 2000. Regional wave propagation in Turkey and surrounding regions, *Geophysical Research Letter*, **27**: 429-432.
- Guo, Z., Wilson, M., Liu, J., Mao, Q., 2006. Post-collisional, Potassic and Ultrapotassic Magmatism of the Northern Tibetan Plateau: Constraints on Characteristics of the Mantle Source, Geodynamic Setting and Uplift Mechanisms. *Journal of Petrology*, **47**: 1177- 1220.
- Hart, S. R., 1984. The DUPAL anomaly: a large-scale isotopic anomaly in the southern hemisphere. *Nature*, (309), 753–756.
- Havur, E., 1968. *Kötek-Kağızman (Kars) Çevresinin 1/25000 Ölçekli Detay Petrol Etüdü*. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Dairesi. (Yayımlanmamış) Rapor No: 4271, Ankara.
- Hawkesworth, C. J., Gallagher, K., Hergt, J. M., McDermott, F., 1993. Mantle and slab contributions in arc magmas. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, **21**: 175–204.
- Hawkesworth, C. J., Turner, S. P., McDermott, F., Peate, D. W., Van Calsteren, P. 1997. U–Th isotopes in arc magmas: implications for element transfer from the subducted crust. *Science*, **276**: 551–555.
- Hofmann, A. W., 1997. Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism. *Nature*, **385**: 219–229.
- Humphreys, M.C.S., Kearns, S.L., Blundy, J.D., 2006. SIMS investigation of electron-beam damage to hydrous, rhyolitic glasses: implications for melt inclusion analysis. *American Mineralogist*, **91**: 667–679.
- Ionov, D.A., Bodinier, J.-L., Mukasa, S.B., Zanetti, A., 2002. Mechanisms and sources of mantle metasomatism: major and trace element compositions of peridotite xenoliths from Spitsbergen in the context of numerical modelling. *Journal of Petrology*, **43**: 2219–2259.
- Innocent, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Redicat de Drozolo Villari, L., 1976. Evolution of the volcanism in the area of interaction between the Arabian, Anatolian and Iranian plates (Lake Van, Eastern Turkey). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **1**:103-112.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquaré, G., Radicati di Brozolo, F., Villari, L., 1982. Tertiary and Quaternary volcanism of the Erzurum-Kars area (Eastern Turkey): Geochronological data and geodynamic evolution. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **13**: 223-240.

- Irvine, N., Baragar, W.R.A., 1971. A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Science*, **8**: 523–548.
- Karamanderesi, İ.H., 1970. *Kars H-49 b3 ve c2 paftalarının 1/25000 ölçekli detay petrol etüdü raporu*. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Dairesi. (Yayımlanmamış) Rapor No: 4285, Ankara.
- Karaoğlan, F., Parlak, O., Thöni, M., Klötzli, U., Koller, F., 2016. The temporal evolution of the active margin along the Southeast Anatolian Orogenic Belt (SE Turkey): Evidence from U–Pb, Ar–Ar and fission track chronology. *Gondwana Research*, **33**, 190-208.
- Karaoğlu, Ö., Özdemir, Y., Tolluoğlu, A.Ü., Karabıyıkoglu, M., Köse, O., Froger, J.L., 2005. Stratigraphy of the Volcanic Products Around Nemrut Caldera: Implications for Reconstruction of the Caldera Formation. *Turkish Journal of Earth Science*, **14**: 123-143.
- 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 Letter*, **30**: 8046-8050.
- Keskin, M., 2007. Eastern Anatolia: A hot spot in a collision zone without a mantle plume. *GSA Special Paper*, **430**: 695-722.
- Keskin, M., Pearce, J.A., 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., Pearce, J.A., Kempton, P.D., Greenwood, P., 2006. Magma – crust interactions and magma plumbing in a postcollisional setting: Geochemical evidence from the Erzurum-kars volcanic plateau, Eastern Turkey. *Geological Society of America Special Paper*, **409**: 475-505.
- Keskin, M., Chugaev, A., Lebedev, A. V., Sharkov, E. V., Oyan, V., Kavak, O., 2012. The Geochronology and Origin of Mantle Sources for Late Cenozoic Intraplate Volcanism in the Frontal Part of the Arabian Plate in the Karacada Neovolcanic Area of Turkey. Part 2. The Results of Geochemical and Isotope (Sr–Nd–Pb) Studies. *Journal of Volcanology and Seismology*, **6**: 43-70.
- Kessel, R., Schmidt, M., Ulmer, P., Pettke, T., 2005. Trace element signature of subduction-zone fluids, melts and supercritical liquids at 120-180 km depth. *Nature*, **437**: 724-727.
- Kloock, W., Palme, H., 1988. Partitioning of siderophile and chalcophile elements between sulfide, olivine, and glass in a naturally reduced basalt from Disko Island, Greenland. *Proceedings of the Lunar and Planetary Science Conference*, Pergamon, New York, 471-483.
- Koçyiğit, A., 1985. Karayazı fayı. *Türkiye Jeoloji kurumu Bülteni*, **28**:1-15.
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S., Kuloshvili, S., 2001. Neotectonics of East Anatolian plateau (Turkey) and lesser caucasus: Implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. *Geodinamica Acta*, **14**: 177-195.
- Konak, N., Hakyemez, Y., Bilgiç, T., Bilgin, Z.R., Hepşen, N., Ercan, T., 2001. Kuzeydoğu Pontidlerin (Oltu-Olur-Şenkaya-Norman-Tortum-Uzundere-Yusufeli) jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Dairesi. (Yayımlanmamış) Rapor No: 10489, Ankara.

- Kral, K., Çağlayan, A., 1980. *Kağızman (Kars)-Ağrı-Taşlıçay (Ağrı) dolayının jeolojisi*. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Dairesi. (Yayımlanmamış) Rapor No: 9040, Ankara.
- Krienitz, M. S., Haase, K.M., Mezger, K., Eckardt, V., Shaikh-Mashail, M. A., 2006. Magma genesis and crustal contamination of continental intraplate lavas in northwestern Syria. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **151**: 698–716.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali–silica diagram. *Journal of Petrology*, **27**: 745–750.
- Lebedev, V.A., Bubnov, S.N., Chernyshev, I.V., Chugaev, A.V., Dudaury, O.Z., Vashakidze, G.T., 2007. Geochronology and genesis of subalkaline basaltic lava rivers at the Dzhavakheti Highland, Lesser Caucasus: K\Ar and Sr\Nd isotopic data. *Geochemistry International*, **45**: 211–225.
- Lebedev, V.A., Chernyshev, I.V., Chugaev, A.V., Gol'tsman, Y.V., Bairova, E.D., 2010a. Geochronology of eruptions and parental magma sources of Elbrus volcano, the Greater Caucasus: K\Ar and Sr\Nd\Pb isotope data. *Geochemistry International*, **48**: 41–67.
- Lebedev, V. A., Sharkov, E.V., Keskin, M., Oyan, V., 2010b. Geochronology of Late Cenezoic Volcanism in the Area of Lake Van, Turkey: An example of developmental Dynamics for magmatic processes. *Doklady Earth Science*, **433**: 1031-1037.
- Lebedev, V.A., Sharkov, E.V., Ünal, E., Keskin, M., 2016. Late Pleistocene Tendürek Volcano (Eastern Anatolia, Turkey): II. Geochemistry and Petrogenesis of the Rocks. *Petrology*, **24**: 234-270.
- Lepage, L. D., 2003. ILMAT: an excel worksheet for ilmenitemagnetite geothermometry and geobarometry. *Composite Geoscines*, **29**: 673–678.
- Lustrino, M., Wilson, M., 2007. The circum-Mediterranean anorogenic Cenozoic igneous province. *Earth Science Reviews*, **81**: 1-65.
- Lustrino, M., Keskin, M., Mattioli, M., Lebedev, A.V., Sharkov, E.V., Chugaev, A., Kavak, O., 2010. Early activity of the largest Cenozoic shield volcano in the circum-Mediterranean area: Mt. Karacadag, SE Turkey. *European Journal of Mineralogy*, **22**: 343-362.
- Mc Kenzie, D. P., O’Nions, R. K., 1991. Partial melt distributions from inversion of rare earth element concentrations. *Journal of Petrology*, **32**: 1021-1091.
- Mc Kenzie, D. P., O’Nions, R. K., 1995. The Source Regions of Ocean Island Basalts. *Journal of Petrology*, **36**: 133-159.
- Mercan, Ç., 2015. *Van-Çatak Bölgesindeki Kuvaterner Yaşlı Bazaltik Volkanizmanın Evrimi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). Van YYÜ, Fen Bilimleri enstitüsü, Van.
- Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A.K., Ginzburg, I.V., Ross, M., Seifert, F.A., Zussman, J., Aoki, K., Gottardi, G., 1988. Nomenclature of Pyroxenes. *Mineralogical Magazine*, **52**: 533-550.
- Neill, I., Meliksetian, Kh., Allen, M.B., Navarsardyan, G., 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, Kh., Allen, M.B., Navarsardyan, G., Kuiper, K., 2015. Petrogenesis of mafic collision zone magmatism: The Armenian sector of the Turkish–Iranian Plateau. *Chemical Geology*, **403**: 24-41.
- Niida, K., Green, D. H., 1999. Stability and chemical composition of pargasitic amphibole in MORB pyrolite under upper mantle conditions. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, **135**: 18-40.
- Notsu, K., Fujitoni, T., Ui, T., Matsuda, J., Ercan, T., 1995. Geochemical feature of collision-related volcanic rocks in central and Eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **64**: 171-192.
- Okay, A.I., Zatin, M., Cavazza, V., 2010. Apatite fission-track data for the Miocene Arabia-Eurasia collision. *Geology*, **38**: 35-38.
- Oyan, V., 2011. *Etrüsk Volkanı ve Çevresinin (Van Gölü Kuzeyi) Volkanostratigrafisi, Petrolojisi ve magmatik evrimi* (Doktora tezi, basılmamış). Van YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Oyan, V., Keskin, M., Lebedev, V.A., Chugaev, A.V., Sharkov, E.V., 2016. Magmatic evolution of the Early Pliocene Etrüsk stratovolcano, Eastern Anatolia collision zone, Turkey. *Lithos*, **256-257**: 88-108.
- Oyan, V., Keskin, M., Lebedev, V.A., Chugaev, A.V., Sharkov, E.V., Ünal, E., 2017. Petrology and Geochemistry of the Quaternary Mafic Volcanism in the northeast of Lake Van, Eastern Anatolian Collision Zone, Turkey. *Journal of Petrology*, **58**: 1701-1728.
- Oyan, V., 2018. Ar-Ar dating and petrogenesis of the Early Miocene Taşkapı-Mecitli (Erciş-Van) granitoid, Eastern Anatolia Collisional Zone, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, **158**: 210-226.
- Özacar, A.A., Gilbert, H., Zandt, G., 2008. Upper mantle discontinuity structure beneath East Anatolian Plateau (Turkey) from receiver functions. *Earth and Planetary Science Letters*, **269**: 426-434.
- Özdemir, A., 2015. *Cumaçay (Ağrı) Volkaniklerinin Mineralojik – Petrografik ve Jeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). Van YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Özdemir, Y., Karaoğlu, Ö., Tolluoğlu, A.Ü., Güleç, N., 2006. Volcanostratigraphy and petrogenesis of the Nemrut stratovolcano (East Anatolia High Plateau): The most recent post-collisional volcanism in Turkey. *Chemical Geology*. (226): 189-211.
- Özdemir, Y., 2011. *Volcanostratigraphy and Petrogenesis of Süphan Stratovolcano* (Doktora tezi, basılmamış). ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özdemir, Y., Blundy, J.D., Güleç, N., 2011. The importance of fractional crystallization and magma mixing in controlling chemical differentiation at Süphan stratovolcano, eastern Anatolia, Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **162**:573-597.
- Özdemir, Y., Güleç, N., 2014. Geological and geochemical evolution of Quaternary Süphan stratovolcano, Eastern Anatolia, Turkey: Evidence for the lithosphere - asthenosphere interaction in post collisional volcanism, *Journal of Petrology*, **55**: 37-62.
- Parlak, O., Delaloye, M., Kozlu, H., Fontignie, D., 2000. Trace element and Sr-Nd isotope geochemistry of the alkali basalts observed along the Yumurtalık Fault (Adana) in southern Turkey. *Yerbilimleri*, **22**: 137-148.

- 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., Mitchell, G.J., 1990. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **44**: 189-229.
- Pearce, J.A., Stern.R.J., Bloomer, H.S., Fryer, P., 2005. Geochemical mapping of the Mariana arc-basin system: Implications for the nature and distribution of subduction components. *Geochemistry, Geophysics, Geosystem (3G)*, **6**: 1-27.
- Peccerillo, A., Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area. Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **58**: 63–81.
- Peters, T.J., Menzies, M., Thirlwall, M., Kyle, P., 2008. Zuni-Bandera volcanism, Rio Grande, USA – melt formation in garnet- and spinelfacies mantle straddling the asthenosphere-lithosphere boundary. *Lithos*, **102**: 295-315.
- Plank, T., Langmuir, C. H., 1998. The chemical composition of subducting sediment and its consequences for the crust and mantle. *Chemical Geology*, **145**: 325–394.
- Rathur, Q., 1965. *Pasinler-Horasan (Erzurum) Sahasına Ait Genel Jeolojik Rapor*. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Dairesi. (Yayımlanmamış) Rapor No: 4168, Ankara.
- Rudnick, R.L., Gao, S., 2003. Composition of the continental crust, Bölüm 3. *Treatise on Geochemistry* (Editör: H.D. Holland ve K.K. Turekian). Elsevier, Pergamon. 203s.
- Sandvol, E., Türkeli, N., Barazangi, M., 2003. The Eastern Turkey Seismic Experiment: The study of a young continent-continent collision. *Geophysical Research Letter*, **30**: 8035-8038.
- Saunders, A.D., Norry, M.J., Tarney, J., 1991. Origin of MORB and chemically depleted mantle reservoirs: trace elements constraints. *Journal of Petrology*, **32**: 415-445.
- Shaw, J.E., Baker, J.A., Menzies, M.A., Thirlwall, M.F., İbrahim, K.M., 2003. Petrogenesis of the largest intraplate volcanic field on the Arabian Plate (Jordan): a mixed lithosphere–asthenosphere source activated by lithospheric extension. *Journal of Petrology*, **44**: 1657– 1679.
- Shaw, D. M., 1970. Trace element fractionation during anatexis. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **34**: 237-243.
- Spera, F. J., Bohron, W. A., 2001. Energy-constrained open-system magmatic processes I: general model and energy-constrained assimilation and fractional crystallization (EC-AFC) formulation. *Journal of Petrology*, **42**: 999–1018.
- Sun, S.S., McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. (Magmatism in Ocean Basins, editor Saunders, A.D., Norry, M.J.) Magmatism in Ocean Basins. *Geological Society of London Special Publication*, **42**: 313–345.
- Staudigel, H., Plank, T., White, B., Schmincke, H.U., 1996. Geochemical fluxes during seafloor alteration of the basaltic upper oceanic crust: DSDP Sites 417 and 418, in Subduction. *Geophysical Monography Series*, **96**: 19–38.
- Şaroğlu, F., Güner, Y., 1981. Doğu Anadolu'nun jeomorfolojik gelişimine etki eden öğeler; jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **24**: 39-50.

- Şen, A.P., Temel, A., Gourgaud, A., 2004. Petrogenetic modelling of Quaternary post-collisional volcanism: a case study of central and eastern Anatolia. *Geological Magazine* **141**: 81-98.
- Şengör, A.M.C., Kidd, W.S.F., 1979. Post – collisional tectonics of the Turkish – Iranian plateau and a comparison with Tibet. *Tectonophysics*, **55**: 361-376.
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Zor, E., Genç, T., 2003. East Anatolian high plateau as a mantle-supported, N-S shortened domal structure. *Geophysical Research Letter*, **30**: 8043-8045.
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Keskin, M., Sakıncı, M., Özbakır, A.D., ve Kayan, I., 2008. Eastern Turkish high-plateau as a small Turkish type orogen: Implications for post-collisional crust-forming processes in Turkic type orogens, *Earth sciences Reviews*, **90**: 1-48.
- Takahashi, E., Kushiro, I., 1983. Melting of a dry peridotite at high pressures and basalt magma genesis. *American Mineralogist*, **68**: 859–879.
- Tatsumi, Y., Hamilton, D.J., Nesbitt, R. W., 1986. Chemical characterization of fluid phase released from a subducted lithosphere and origin of arc magmas: Evidence from high-pressure experiments and natural rocks, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **29**: 293–309.
- Thirlwall, M.F., Upton, B.G.J., Jenkins, C., 1994. Interaction between continental lithosphere and the Iceland plume-Sr–Nd–Pb isotope geochemistry of Tertiary basalts, NE Greenland. *Journal of Petrology*, **35**: 839–879.
- Turner, S. P., 2002. On the time-scales of magmatism at island-arc volcanoes. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, *Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, **360**: 2853–2871.
- Turner, S., Bourdon, B., Gill, J., 2003. Insight into magma genesis at convergent margins from U-series isotopes. In: Bourdon, B., Henderson, G. M., Lundstrom, C. C. & Turner, S. P. (eds) Uranium-Series Geochemistry. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, *Mineralogical Society of America*, **52**: 255–310.
- Villemant, B., 1988. Trace-element evolution in the Phlegrean fields (Central-Italy) - fractional crystallization and selective enrichment. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **2**: 169-183.
- Villemant, B., Jaffrezic, H., Joron, J.L., Treuil, M., 1981. Distribution Coefficients of Major and Trace-Elements - Fractional Crystallization in the Alkali Basalt Series of Chaine-Des-Puys (Massif Central, France). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **11**: 1997-2016.
- Volker, F., McCulloch, M.T., Altherr, R., 1993. Submarine Basalts from the Red Sea: New Pb, Sr, and Nd Isotopic Data. *Geophysical Research Letters*, **20**: 927–930.
- Yılmaz, A., Terlemez, İ., Uysal, Ş., 1986. *Erzurumun Güneydoğusunda Yer Alan Hınıs, Tekman ve Karayazı Arasının Jeolojisi*. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Dairesi. (Yayımlanmamış) Rapor No: 8089, Ankara.
- Yılmaz, Y., Şaroğlu, F., Güner, Y., 1987. Initiation of the neomagmatism in East Anatolia. *Tectonophysics*, **137**: 177-199.
- Yılmaz, Y., Güner, Y., Şaroğlu, F., 1998. Geology of the quaternary volcanic centres of the East Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **137**: 177-199.

- Wallace, M. E., Green, D. H., 1991. The effect of bulk rock composition on the stability of amphibole in the upper mantle: Implications for solidus positions and mantle metasomatism. *Mineralogy and Petrology* **44**: 1-19.
- Wang, K.L., Chung, S., O'Reilly, S.Y., Sun, S., Shinjo, R., Chen, C., 2004. Geochemical Constraints for the Genesis of Post-collisional Magmatism and the Geodynamic Evolution of the Northern Taiwan Region. *Journal of Petrology*, **45**: 975-1011.
- Weis, D., Kieffer, B., Maersschalk, C., Pretorius, W., Barling, J., 2005. High-precision Pb-Sr-Nd-Hf isotopic characterization of USGS BHVO-1 and BHVO-2 reference materials. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **6**: 1-10.
- Weis, D., Kieffer, B., Maerschalk, C., Barling, J., de Jong, J., Williams, G. A., Hanano, D., Pretorius, W., Mattielli, N., Scoates, J. S., Goolaerts, A., Friedman, R. M., 2006. High precision isotopic characterization of USGS reference materials by TIMS and MC-ICP-MS. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **7**: 1-30.
- Weis, D., Kieffer, B., Hanano, D., Silva, I.N., Barling, J., Pretorius, W., 2007. Hf isotope compositions of U.S. Geological Survey reference materials. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **8**: 1-15.
- Witt-Eickschen, G., Seck, H. A., Mezger, K., Eggins, S. M., Altherr, R., 2003. Lithospheric mantle evolution beneath the Eifel (Germany): Constraints from Sr-Nd-Pb isotopes and trace element abundances in spinel peridotite and pyroxenite xenoliths. *Journal of Petrology*, **44**: 1077-1095.
- Zor, E., Gürbüz, C., Türkelli, N., Sandvol, E., Seber, D., Barazangi, M. 2003. The crustal structure of the East Anatolian Plateau from receiver functions. *Geophysical Research Letter*, **30**: 8040-8044.



ÖZGEÇMİŞ

Elif OYAN, 1991 yılında Kovancılar, Elazığ'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Elazığ'da tamamladıktan sonra, 2009 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimine başladı ve 2013 yılında mezun oldu. 2014 yılının Şubat ayında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 08/06/2018

Tez Başlığı / Konusu: **Melikler bazaltlarının petrolojisi: Kars Platosu üzerindeki bazaltik volkanizmanın magmatik evrimi**

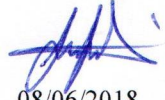
Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 85 sayfalık kısmına ilişkin, 08/06/2018 tarihinde şahsım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinalite raporuna göre, tezim benzerlik oranı **% 4 (dört)** dür.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinalite Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.



08/06/2018

Elif OYAN

Adı Soyadı: Elif OYAN

Öğrenci No: 139101104

Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği

Programı: Jeoloji Mühendisliği

Statüsü: Y. Lisans

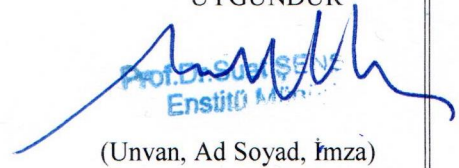
Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR



Doç.Dr. Yavuz ÖZDEMİR

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR



Prof.Dr. Mustafa ÖZDEMİR
Enstitü Müdürü

(Unvan, Ad Soyad, İmza)