



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



SADIKLAR (HATUNSARAY-KONYA)
ÇEVRESİ İGNİMBİRİTLERİNİN İZ
ELEMENT ve Sr-Nd-Pb İZOTOP
JEOKİMYASI

HALIMA IDRİSS ABDALLAH

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

HALIMA IDRİSS ABDALLAH tarafından hazırlanan ‘‘SADIKLAR (HATUN SARAY-KONYA) ÇEVRESİ İGNİMBİRİTLERİNİN İZ ELEMENT ve Sr-Nd-Pb İZOTOP JEOKİMYASI’’ adlı tez çalışması 13/06/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliğı ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğıtim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliğı Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Hüseyin KURT

Danışman

Prof. Dr. Kürşad ASAN

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILDIZ

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

Bu tez alışması KTUN BAP tarafından 211007055 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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

HALIMA IDRİSS ABDALLAH

Tarih: 13.06.2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SADIKLAR (HATUNSARAY-KONYA) ÇEVRESİ İGİNİMBİRİTLERİNİN İZ ELEMENT ve Sr-Nd-Pb İZOTOP JEOKİMYASI

HALIMA IDRİSS ABDALLAH

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Kürşad ASAN

2023, 38 Sayfa

**Jüri
Prof. Dr. Kürşad ASAN
Prof. Dr. Hüseyin KURT
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILDIZ**

Bu çalışmada Sadıklar (Hatunsaray-Konya) çevresinde yüzeyleyen ve Erenlerdağ-Alacadağ Volkanik Kompleksinin (ErAVK) bir parçası olan ignimbiritlerin saha, petrografik ve jeokimyasal (major-iz elementler ve Sr-Nd-Pb izotopları) özellikleri incelenmiştir.

Çalışma alanında, Miyosen yaşlı akarsu-göl çökelleriyle ilişkili olarak üç farklı ignimbirit yüzeylemektedir. Bunlardan Bulumya ignimbiriti birincil piroklastik akıntıların genel özelliklerinden (“kaynaklanma”, “devitrifikasyon”, “perlitik çatlaklar”, “termal oksidasyon”, “sütünsal soğuma çatlakları”, “pişirme zonları”, “buhar-fazı kristalizasyonu”, “gaz kaçış yapıları”) birkaçını yansıtırken, Detse ve Sadıklar ignimbiritleri bu özelliklerden herhangi birini göstermezler.

Bulumya ignimbiriti yayınlanmış yaş verisine göre 9-9.4 Myıl (K-Ar) yaşındadır. Açık renkli (krem-bej-pembemsi) Bulumya ignimbiriti, iki farklı akıntı biriminden ibaret olup, yer yer kaynaklanma ve sütünsal soğuma çatlakları göstermektedir. Baskın litolojisi masif lapilli tüf (mLT) olan birimin, makroskobik ve mikroskobik petrografi incelemelerinde değişen oranlarda pomza, kristal ve litik bileşen içerdiği tespit edilmiştir. Bulumya ignimbiriti üzerine akarsu çökelleriyle beraber Detse ignimbiriti gelmektedir. Detse ignimbiriti arazide sarımsı rengiyle tipik olup, belirgin bir kaynaklanma göstermez. Petrografik olarak, pomza ve litik bileşenlerce zengin, kristal içeriği açısından fakir olup, yoğun alterasyon göstermektedir. Detse ignimbiriti üzerine akarsu çökelleriyle beraber Sadıklar ignimbiriti gelmektedir. Sadıklar ignimbiriti açık renkli, zayıf sertleşmiş ve kaynaklanmamıştır. Sadıklar ignimbiritinin baskın litolojisi masif lapilli tüftür. Petrografik olarak bolca pomza, daha az oranda kristal ve litik bileşen içermektedir. Detse ve Sadıklar ignimbiritlerinin önceki çalışmalarda verilen K-Ar radyometrik yaşları 7.95 Myıl’dır.

İncelenen ignimbiritlerden ayrılan pomzalar, Co-Th sınıflamasına göre jeokimyasal olarak dasitik bileşimde ve Yüksek-K kalkalkalen karakterlidir. Pomzalar, N-MORB’a göre normalleştirilmiş iz element diyagramında, yüksek Th/HFSE oranlarıyla çarpışma zonu orojenik kayalara benzeyen desenler gösterirler. Pomzalar, LREE açısından belirgin zenginleşme ($La_N/Lu_N > 10$), negatif Eu anomalisi ($Eu/Eu^*: 0.5-0.7$) ve kaşık şekilli desenler ($Dy/Dy^*: 0.2-0.6$) sergilerler. Bu özellikler pomzaların gelişiminde plajiyoklas ve amfibol kristallenmesine yorumlanabilir.

Pomzaların, Sr-Nd-Pb izotopik bileşimleri birbirine oldukça benzer olup, aynı kökene işaret etmektedir. Pomzalar, izotop korelasyon diyagramlarında üst kabuk benzeri rezervuara yönseme gösterirken, bunların izotopik değişimleri asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme (AFC) denetimli bir

diferansiyasyona işaret etmektedir. Sr-Nd-Pb izotopik özellikleri, pomzaların gelişimindeki üst kabuk asimilasyonunun etkisine yorumlanmıştır. Yapılan AFC modellemesi, pomzaların, mafik bir ana magmanın üst kabuk benzeri bir litolojiyi asimile etmesiyle (asimilasyon/fraksiyonel kristalleşme oranı, r : 0.4) oluşabileceğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bulumya, Detse ve Sadıklar İgnimbiriti; Erenlerdağ-Alacadağ Volkanik Kompleksi (ErAVK); Pomza; Jeokimya; Sr-Nd-Pb İzotopları



ABSTRACT

MS THESIS

TRACE ELEMENT and Sr-Nd-Pb ISOTOPE GEOCHEMISTRY OF IGNIMBRITES FROM SADIKLAR AREA (HATUNSARAY, KONYA)

HALIMA IDRIS ABDALLAH

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geological Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Kürşad ASAN

2023, 38 Pages

**Jury
Prof. Dr. Kürşad ASAN
Prof. Dr. Hüseyin KURT
Assist. Prof. Dr. Mustafa YILDIZ**

Field, petrographic and geochemical (e.g. major-trace elements and Sr-Nd-Pb isotopes) characteristics of the ignimbrites from the Sadıklar (Hatunsaray-Konya) area, which is a part of the Erenlerdağ-Alacadağ Volcanic Complex (ErAVC) were investigated in this study.

Three distinct ignimbrites that are interbedded with the Miocene fluvio-lacustrine deposits crop out in the study area. Of these, the Bulumya ignimbrite display some characteristics those of primary pyroclastic flow deposits (e.g. welding, thermal oxidation, columnar jointing, baked contacts, vapour-phase crystallisation, degassing structures etc.) whereas the Detse and Sadıklar ignimbrites show none of these features

The Bulumya ignimbrite is age of 9.0 to 9.4 Ma (K-Ar method) according to the published age data. The Bulumya ignimbrite being light coloured (e.g. cream-beige-pinkish) is composed of two distinct flow units, and displays sometimes welding and columnar jointings. Dominant lithology of this unit is massive lapilli tuff, and it has been determined that it includes pumice, crystal and lithic component in varying amounts according to the macroscopic and microscopic petrographic investigations. The Detse ignimbrite and fluvial deposits overlie the Bulumya ignimbrite. The Detse ignimbrite characterized by yellow colour does not display any obvious welding. It is petrographically rich in pumice and lithic component, but poor in crystal content, and shows strong alteration. The Sadıklar ignimbrite and fluvial deposits overlie the Detse ignimbrite. The Sadıklar ignimbrite is light coloured, weakly indurated and not welded. Dominant lithology of the Sadıklar unit is massive lapilli tuff. It petrographically includes abundant pumice, and lesser crystal and lithic component. Based on the published K-Ar age data, the Detse and Sadıklar ignimbrites are age of 7.95 Ma.

Separated pumices from the investigated ignimbrites are geochemically dacitic in composition and high-K calc-alkaline in character according to the Co-Th classification. On the N-MORB-normalized trace element diagram, the pumices with high Th/HFSE ratios display patterns similar to those of orogenic rocks from collision zones. The pumices show enrichments in LREE ($La_N/Lu_N > 10$), negative Eu anomaly ($Eu/Eu^*: 0.5-0.7$) and spoon-shaped REE patterns ($Dy/Dy^*: 0.2-0.6$). These features may be interpreted to plagioclase and amphibole crystallization in their evolution.

Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the pumices resemble each other, which points to a common origin. The pumices show trending to a reservoir similar to upper crust in isotope correlation diagrams, and their isotopic variations suggest an assimilation-fractional crystallization (AFC)-dominated

differentiation. These isotopic features were interpreted to upper crust assimilation in their evolution. AFC modelling suggests that the pumices may have formed by assimilation of an upper crust-like lithology by a mafic parent magma.

Keywords: The Bulumya, Detse and Sadıklar Ignimbrites; Erenlerdağ-Alacadağ Volcanic Complex (ErAVC); Pumice; Geochemistry; Sr-Nd-Pb Isotopes.



ÖNSÖZ

Bu çalışma Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmada Sadıklar (Hatunsaray-Konya) çevresi ignimbiritlerinin volkano-stratigrafik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenerek oluşumları aydınlatılmaya çalışılmıştır.

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

Bu çalışma Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne (KTUN BAP) 211007055 no'lu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı KTÜN B.A.P. Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

Çalışmalarımın çeşitli aşamalarında yardımlarını gördüğüm sayın Prof. Dr. Hüseyin KURT'a, Dr. Gülin GENÇOĞLU KORKMAZ'a ve Jeoloji Yük. Müh. Mesut GÜNDÜZ'e teşekkür ederim.

Bu çalışmanın yürütüldüğü Konya Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanlığına ve tüm bölüm Öğretim Elemanlarına da teşekkür ederim.

Son olarak benden desteklerini hiç esirgemeyen ve hep yanımda olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

HALIMA IDRİSS ABDALLAH
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2. Jeolojik Konum ve Çalışma Alanının Tanıtımı	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
3.1. Arazi Çalışmaları	5
3.2. Laboratuvar Çalışmaları	5
3.3. Büro Çalışmaları	6
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	7
4.1. Volkanostratigrafi	7
4.1.1. Bulumya ignimbiriti.....	9
4.1.2. Detse ignimbiriti	10
4.1.3. Sadıklar ignimbiriti	11
4.1.4. Blok-kül akıntısı ve Lahar çökelleri	13
4.2. Petrografi	13
4.2.1. Bulumya ignimbiriti.....	14
4.2.2. Sadıklar ignimbiriti	15
4.2.3. Detse ignimbiriti	16
4.3. Jeokimya	18
4.3.1. Alterasyon etkisi ve major elementler	18
4.3.2. Adlma ve İz elementler	18
4.3.3. Sr-Nd-Pb izotopları.....	22
5. TARTIŞMA ve YORUMLAR	24
5.1. Arazi gözlemleri ve Petrografik yorumlar	24
5.2. Elemental jeokimyasal yorumlar	25
5.3. İzotop jeokimyası yorumları	27
5.4. AFC modellemesi	28
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	32
KAYNAKLAR	34

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Co: AFC modelinde ana magma bileşimi

CA: AFC modelinde asimilant bileşimi

D: Toplam ayrımlanma katsayısı

$Dy/Dy^* = Dy_N/La_N^{4/13} \times Yb_N^{9/13}$ (Davidson ve ark., 2013)

$Eu/Eu^* = (Eu)_N / [(Sm)_N \times (Gd)_N]^{0.5}$ (McLennan, 1989)

F: AFC modelinde geriye kalan eriyik fraksiyonu

r: Asimilasyon/Fraksiyonel Kristalleşme

Kısaltmalar

AFC: Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalleşme

BSE: toplam silikat yerküre (Bulk Silicate Earth)

DMM: tüketilmiş MORB mantosu (Depleted MORB mantle)

EM: zenginleşmiş manto (Enriched Mantle)

FC: Fraksiyonel Kristalleşme

HFSE: High Field Strength Element, Yüksek çekim alanlı element

HIMU: yüksek μ değerli manto (High μ Mantle)

HREE: Heavy Rare Earth Element, Ağır nadir toprak element

LFSE: Low Field Strength Element, Düşük çekim alanlı element

LILE: Large Ion Lithophile Element, Büyük iyon yarıçaplı element

LREE: Light Rare Earth Element, Hafif nadir toprak element

MREE: Middle Rare Earth Element, Orta nadir toprak element

N-MORB: Normal Mid-Ocean Ridge Basalt, Normal Okyanus Ortası Sırt Bazaltı

Nd_i: ikisel $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranı

PREMA: Yaygın manto (Prevalent Mantle)

Sr_i: ilksel ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr oranı

TE: Transition Element, Geçiş elementi



1. GİRİŞ

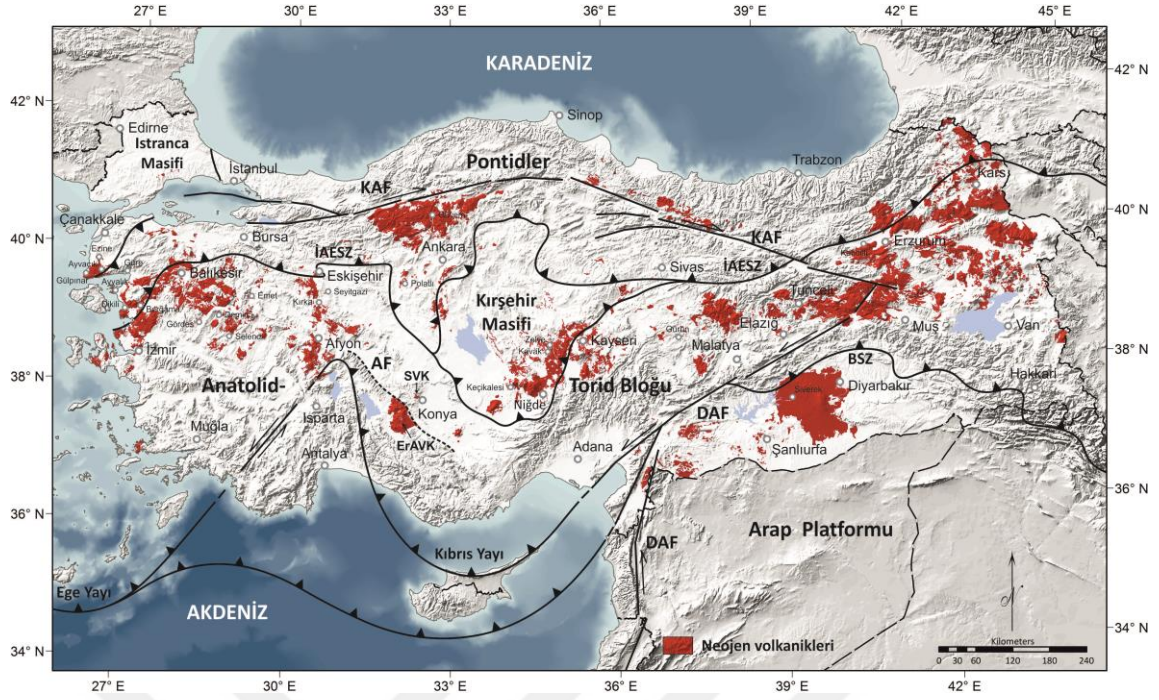
1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, Sadıklar (Hatunsaray, Konya) çevresinde yüzeyleyen ignimbiritlerin volkano-stratigrafisi, petrografisi ve jeokimyası incelenmiştir. Elde edilen bulgular ile bölgedeki stratigrafik problemlere çözüm getirilmesi, ignimbiritlerin kökeni ve Erenlerdağ-Alacadağ Volkanik Kompleksi (ErAVK) içindeki konumunun ortaya konulması amaçlanmıştır.

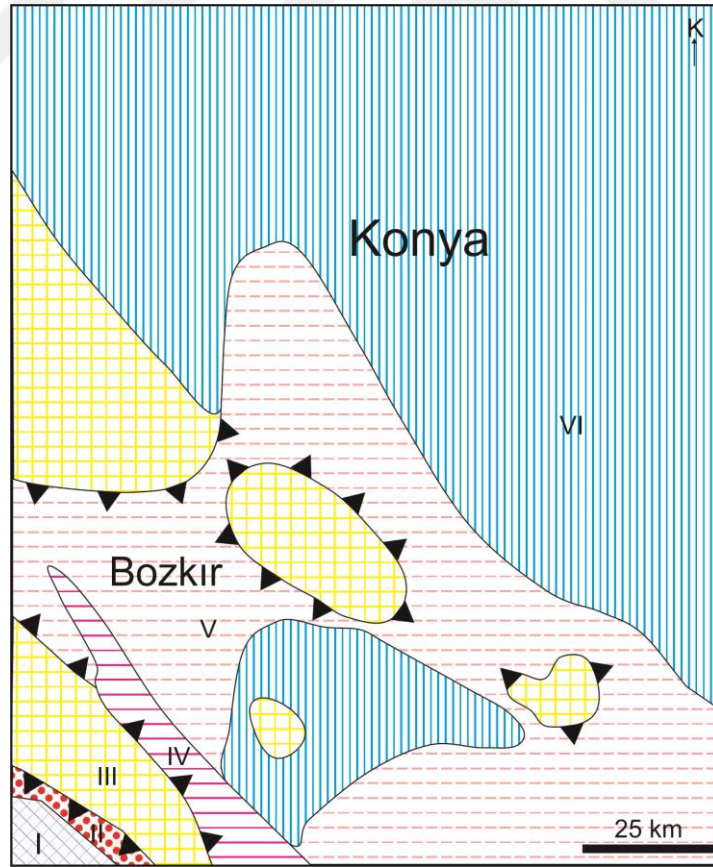
1.2. Jeolojik Konum ve Çalışma Alanının Tanıtımı

Çalışma alanı, Konya GB'sında, KONYA M28-c4 ve KONYA M28-d3 paftaları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı çevresindeki önemli yerleşim yerleri Sadıklar, Yeşildere (önceki ad, Detse, Kuzağıl) ve Kayadibi'dir.

Çalışmanın konusunu oluşturan ignimbiritler, Neojen yaşlı ErAVK ile ilişkili volkanizmanın ürünüdürler. ErAVK, Türkiye jeolojisinde Anatolid-Torid (Okay ve Tüysüz, 1999; Şengör ve Yılmaz, 1981) veya Menderes-Torid (Şengör ve ark., 2019) olarak bilenen tektonik kuşak üzerinde yer alır. Bu kuşak, belirtilen araştırmacılar tarafından, tek bir blok olarak adlandırılmasına rağmen, Ketin (1966) bu kuşağı "Anatolidler" ve "Toridler" olarak iki ayrı blok olarak değerlendirmiştir (Şekil 1.1). Böylece ErAVK ve bununla ilişkili ignimbiritler, farklı tektonik birliklerden (Geyikdağı, Bozkır, Alanya, Antalya, Aladağ Birlikleri) oluşan Toridler üzerinde yer almaktadır (Şekil 1.2) (Özgül, 1976). ErAVK temelinde otokton karakterli Geyikdağı Birliği (GB) ve allokton karakterli Bozkır Birliğine (BB) ait birimler yer almaktadır. GB, Kambriyen'den Eosen'e kadar değişen yaşlardaki metamorfize olmamış, karbonatlı ve kırıntılı sedimanter kayalardan oluşmaktadır. Paleosen'den daha yaşlı birimler şelf-tipi çökeller ile temsil edilirken, Eosen litolojileri Filistin olistostroma kadar değişen fasiyeslerde oluşmuşlardır. GB birimlerini, tektonik olarak üzerleyen BB, ofiyolit ve ofiyolitik melanaj (Jura-Erken Kretase oluşum/Geç Kretase yerleşim yaşı) ile değişik tür ve yaşlardaki sedimanter litolojilerden (türbidit, radyolarit, çörtlü pelajik kireçtaşları, neritik kireçtaşları vs.) oluşmaktadır (Özgül, 1976; Şengör ve ark., 2019; Turan, 2020). Bu temel kayalar üzerine Neo-Otokton karakterli volkanik ve sedimanter kayalar uyumsuz olarak gelmektedir ve genellikle bu iki kaya topluluğu arasındaki sınır normal faylıdır.



Şekil 1.1. ErAVK ve SVK'nın konumunu ve Neojen volkanik kayalarının dağılımını gösteren Türkiye'nin tektonik birlikleri haritası (Okay ve Tüysüz, 1999). KAF: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAF: Doğu Anadolu Fay Zonu, İAESZ: İzmir-Ankara-Erzincan Sütür Zonu, BSZ: Bitlis Sütür Zonu. ErAVK ile SVK'yı ayıran kesikli çizgi Ketin (1966)'ya göre Anatolidleri Toridlerden ayırmaktadır.



Şekil 1.2. Anatolid-Toridlere ait tektonik birliklerin Konya çevresinde yayılımı (Özgül, 1976). I: Alanya Birliği, II: Antalya Birliği, III: Geyikdağı Birliği, IV: Aladağ Birliği, V: Bozkır Birliği, VI: Bolkardağı Birliği. Siyah üçgenler bindirme faylarını temsil etmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Çalışma alanı ve çevresinde bugüne kadar jeolojik amaçlı çok farklı araştırmalar (Tez, Bilimsel Proje, Makale, Rapor vs.) yürütülmüştür. Burada, bu araştırmaların genel sonuçları “Neojen öncesi”, “Neojen birimleri” ve ErAVK olmak üzere üç farklı paragraf olarak özetlenecektir.

Çalışma alanının temelinde, Neojen öncesi yaşlı Geyikdağı, Bolkardağı ve Bozkır Birliklerine ait litolojiler gözlenmektedir (Daşçı ve ark., 2015; Eren, 1993; Eren ve ark., 2004; Göğçer ve Kırıl, 1969; Göncüoğlu, 2011; Özcan ve ark., 1990; Özgül, 1976; Soğucaklı ve Turan, 2007; Şengör ve ark., 2019; Turan, 2020; Turan ve ark., 1997). Bu birliklerden Geyikdağı ve Bolkardağı otokton konumlu iken, Bozkır Birliği allohton konumludur. Anatolid-Torid kuşağı boyunca Geyikdağı ve Bolkardağı Birlikleri geniş bir zaman aralığında oluşmuş farklı litolojik birimlerden oluşmasına rağmen, çalışma alanı çevresinde genel olarak Mesozoyik yaşlı karbonatlı sedimanter kayalar ile temsil edilmektedir. Benzeri durum Bozkır Birliği içinde geçerli olup, bu birlik çalışma alanı çevresinde, Geç Kretase yerleşim yaşlı ofiyolit ve ofiyolitik melanj ile temsil edilmektedir. Söz konusu bu birimler bu çalışmada litostratigrafik olarak ayırtılmamış ve jeolojik haritada “Neojen Öncesi Temel Kayaları” olarak gösterilmiştir.

Yukarıda belirtilen temel kayalar üzerine Neo-Otokton karakterli kayalar uyumsuz olarak gelmektedir. Miyo-Pliyosen yaşlı bu birimler göl ve akarsu (alüvial-flüvial) ortamlarında oluşmuş sedimanter kayalar ile bunlarla ilişkili volkanik kayalardan oluşmaktadır. Göl çökelleri tipik olarak bej-krem renkli kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve çamurtaşı türündeki litolojiler temsil edilmektedir ve bunlar “Ulumuhsine formasyonu” adı altında toplanmaktadır. Diğer taraftan alüvial ve flüvial çökeller tipik olarak kırmızımsı çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşından yapılıdır. Bu birimler akarsu-ilişkili flüvial çökellerden alüvyal yelpaze çökellerine kadar değişen oluşum karakteristiği sergilemektedirler ve “Sille formasyonu” adı altında toplanmaktadır. Son olarak yine karakteristik olarak kırmızımsı renkli çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşından yapılı, yatay konumlu, Pliyo-Kuvaterner yaşlı “Topraklı formasyonu” uyumsuz olarak önceki birimleri örtmektedir.

ErAVK, Konya güneybatısında oldukça geniş alanlar kaplayan Neojen yaşlı volkanik bir komplekstir. ErAVK ürünleri yaygın olarak andezit-dasit, nadiren bazaltik

andezit ve riyolit bileşimleriyle temsil edilmektedir. Volkanik ürünler yaygın olarak lav akıntıları, domlar, düşme ve akma (blok-kül akması, ignimbirit) türü piroklastik çökellerden oluşmaktadır. Yapılan jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalar, ErAVK birimlerinin orojenik-kalk-alkalen eğilimli olduğunu, yaşlarının >10.9-3.35 My. arasında değiştiğini, oluşumlarında fraksiyonel kristalleşme, asimilasyon ve magma karışımı gibi magmatik süreçlerin etkili olduğunu ve Afrika ile Anadolu levhaları arasındaki yakınsamayla ilişkili olduğunu göstermektedir (Besang ve ark., 1977; Keller ve ark., 1977; Kocak ve Zedef, 2016; Temel ve ark., 1998). ErAVK birimlerine yönelik ilk çalışma olan Keller ve ark. (1977)'nin bulguları ve volkanostratigrafisi sonraki çalışmalarda aynen kullanılmıştır. Bu öncü çalışmada Konya çevresindeki Neojen volkanizması sekiz farklı birime ayrılarak incelenmiştir: 1. Sille volkanitleri (11.45-11.9 Myıl), 2. Kızılören ignimbiriti (>10.9 Myıl), 3. Lav domları (10.9-3.35 Myıl), 4. Blok-kül akıntıları (nuee ardentes), 5. Erenkaya (Bulumya) ignimbiriti (9-9.4 Myıl), 6. iki piroksen andezitik lav domları, 7. Kuzağıl (Detse) ignimbiriti (7.6 Myıl), 8. Sadıklar ignimbiriti (7.6 Myıl). ErAVK ignimbiritleri üzerine yukarıdaki çalışmaya ilaveten, Yüksek Lisans düzeyinde iki farklı araştırma daha yapılmıştır. Canbaş (2013) tarafından yürütülen petrografi ve jeokimya temelli çalışmada alandaki ignimbiritler, Keller ve ark. (1977) tarafından verilen volkanostratigrafiye göre çalışılmış ve yorumlanmıştır. Ayrıca bu çalışmada ignimbiritlerden elde edilen jeokimyasal analizler pomza ayrımı yerine tüm kayaç örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Hatunsaray çevresindeki ignimbiritlere yönelik, Dağıstan (1996) tarafından yapılan sedimantoloji ve jeokimya temelli diğer bir çalışmada ise Keller ve ark. (1977)'in sonuçlarına oldukça benzer sonuçlar elde edildiği dikkati çekmektedir. Son olarak, ErAVK ignimbiritleri kaynaklanma karakteristikleri ve fiziko-mekanik dayanımları arasındaki ilişki açısından Bozdağ ve ark. (2016) tarafından bir çalışmaya da konu edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Arazi Çalışmaları

Keller ve ark. (1977) tarafından üretilen jeoloji haritası baz alınarak arazi çalışmaları yürütülmüştür. Arazi çalışmaları esnasında, ignimbritlerden petrografik, jeokronolojik ve kimyasal amaçlı el örnekleri alınmıştır. Bu el örneklerine ilaveten, özellikle ignimbritler içerisindeki pomza ayrımları da örneklenmiştir. Bu aşamada topoğrafik ve jeoloji haritaları, jeolog pusulası, GPS ve çekiç gibi unsurlar kullanılmıştır.

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Araziden derlenen el örneklerinden öncelikle KTUN Jeoloji Mühendisliği bölümünde yaklaşık olarak 15-20 cm³ boyutundaki küçük bloklar hazırlanmıştır. Bu bloklardan Pamukkale Üniversitesinde ince kesitler hazırlanmıştır. Elde edilen ince kesitler polarizan mikroskop altında incelenmiş ve kayaçların petrografik özellikleri (modal mineralojik bileşim, dokusal özellikler, kayaç adlamaları vb.) ortaya konulmuştur.

Mineralojik-petrografik özellikleri incelenmiş, en az veya hiç alterasyon göstermeyen, seçilmiş pomza örneklerinin elemental (ana oksit; % ve iz element, ppm) analizleri ICP-OES/MS cihazıyla Bureau Veritas (Kanada) laboratuvarında yapılmıştır. Elde edilen verinin kesinlik ve doğruluğu laboratuvar-içi standartlar (STD-SO 19) kullanılarak test edilmiştir. Sonuçlar Ek Çizelge 1’de verilmiştir.

Kayaçların kökeni ve gelişim süreçlerinin aydınlatılabilmesi için, pomza ayrımları üzerinde Sr-Nd-Pb izotop jeokimyası analizleri ODTÜ-Merlab (Ankara)’da yapılmıştır. İzotop oranı ölçümleri, Triton Termal iyonizasyon Kütle Spektrometresi (Thermo-Fisher) kullanılarak çoklu-toplama ile yapılmıştır. Sonuçlar Ek Çizelge 2 ve 3’de analitik belirsizliklerle (± 2 sigma) beraber verilmiştir. Stronsiyum ve neodmiyum analizleri için numunelerden yaklaşık 80'er miligram tartılarak PFA şişelere aktarılmıştır. Numuneler, 4 ml 52% HF içinde 4 gün süreyle $>100^{\circ}\text{C}$ 'lik ısıtıcı tabla üzerinde bekletilerek tamamen çözülmüştür. Isıtıcı tabla üzerinde buharlaşmaya yakın kurutulan örnekler 4 ml 6 N HCl içinde yine bir gün süreyle ısıtıcı tabla üzerinde çözülmüştür. Çözülen numuneler tekrar ısıtıcı tabla üzerinde buharlaştırmaya yakın kurutulularak 1ml 2,5 N HCl içine alınmış ve kromatografiye hazır duruma getirilmiştir. Stronsiyum elementi, 2,5 N HCl asitle 2 ml hacimde Bio Rad AGSO W-X8, 100-200

mesh reçine kullanılarak teflon kolonlarda ayrılmıştır. Stronsiyumun toplanmasından sonra 6 N HCl ile nadir toprak elementleri fraksiyonu toplanmıştır. Stronsiyum, tek Re-filamenti üzerine Ta-aktivator ve 0,005 N H₃P₀₄ kullanılarak yüklenmiş ve statik modda ölçülmüştür. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr verileri ⁸⁶Sr/⁸⁸Sr= 0,1194'e normalize edilmiştir. Ölçümler sırasında Sr NBS 987 standardı 0,710265±8 (n=2) olarak ölçülmüştür. Neodmiyum elementi, diğer nadir toprak elementlerinden 0.22 N HCl asit kullanılarak, teflon kolonlarda, 2 ml hacimde HDEHP (bis-ethyexyl fosfat) kaplı biobeads -Bio Rad-reçineden geçirilerek ayrılmıştır. Ayrılan Neodmiyum, 0,005 N H₃P₀₄ ile birlikte Re-filamente yüklenmiş, çift filament tekniği kullanılarak statik modda ölçülmüştür. Analizler sırasında, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd verileri, ¹⁴⁶Nd/¹⁴⁴Nd= 0,7219 ile normalize edilmiştir. Nd LaJolla standardı 0,511853±4 (n=2) olarak ölçülmüştür. Stronsiyum ve neodmiyum izotop oranı ölçüm sonuçları üzerinde herhangi bir bias düzeltmesi yapılmamıştır. Kurşun izotop oranı analizleri için her bir numuneden 80 mg tartılıp sırasıyla 7 M HN₀₃ ve 6 N HCl asitleri kullanılarak ısıtıcı tabla üzerinde çözülmüş ve numuneler 1 mL 2 N HCl eklenerek kromatografiye hazır hale getirilmiştir. Kurşun elementi, teflon kolonlarda Bio-Rad AG1-X8 anyon değişim reçinesi ile HCl ve HBr asitleri kullanılarak ayrılmış, tek filamente silika jel ve 0.005 N H₃P₀₄ eklenerek yüklenmiştir. Ölçümler 1200-1350 °C sıcaklık aralığında statik modda yapılmıştır. Ölçüm sonuçları üzerinde, NIST SRM981 standardında yapılan ölçümler (n=7) ve referans değerler dikkate alınarak gerekli bias düzeltmesi yapılmıştır.

3.3. Büro Çalışmaları

Bu aşamada elde edilen veriler ışında tez yazımı gerçekleştirilmiştir. Öncelikle jeolojik harita, dikme kesitler CoreDRAW'da çizilmiştir. Jeokimyasal veriler ise IgPet, PetroGram, gibi paket programlar kullanılarak değerlendirilmiştir.

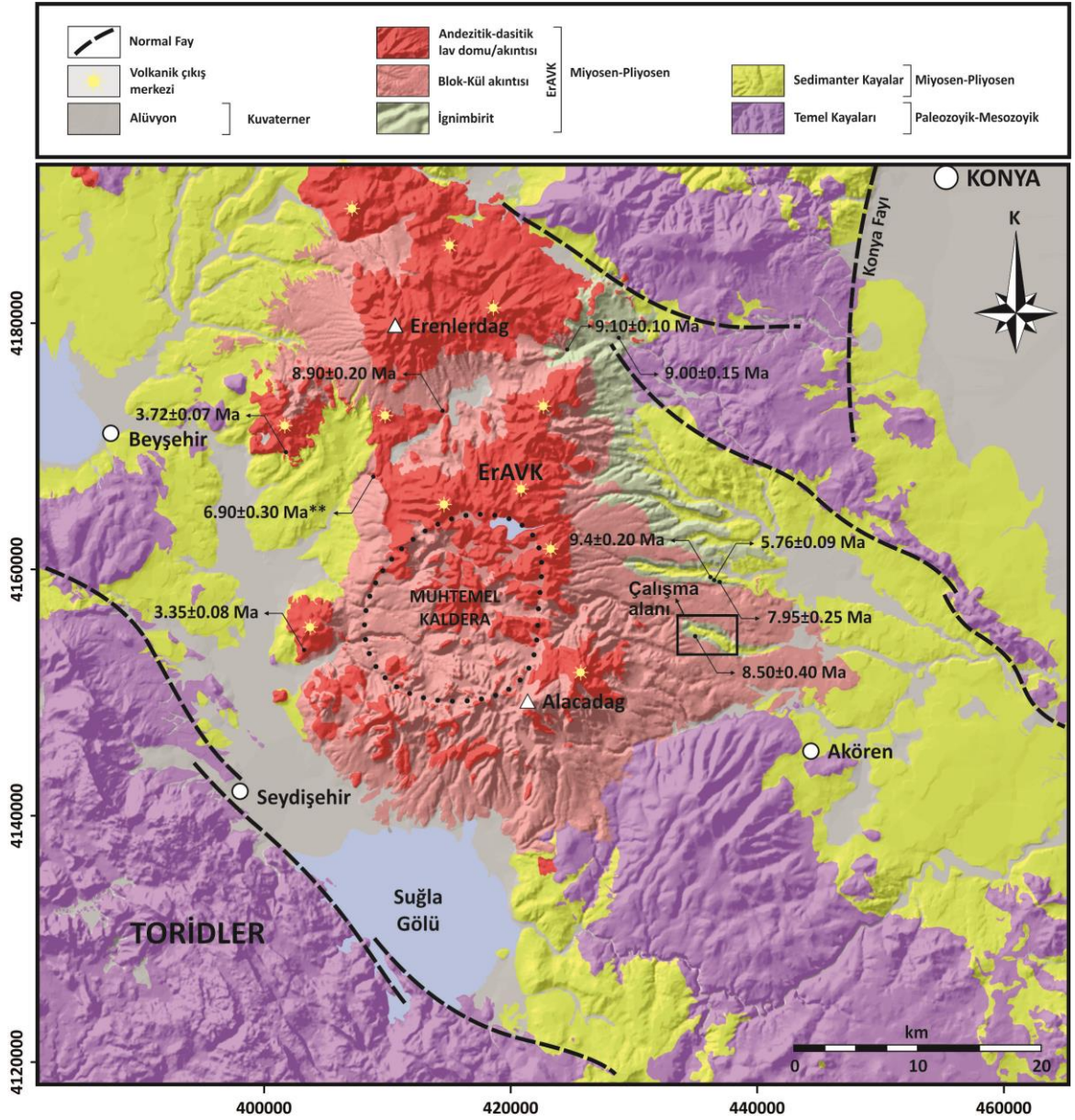
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Volkanostratigrafi

Farklı bileşim (mafik-ortaç-felsik) ve türdeki volkanik birimlerden (lav akıntısı, dom, sığ intrüzyonlar, piroklastik akıntı ve düşme çökelleri) oluşan Erenlerdağ-Alacadağ Volkanik Kompleksi (ErAVK), Konya GB'sında hem zamansal (~12-3.5 Myıl) hem de mekânsal (~1200 km²) olarak geniş bir yayılım sunmaktadır (Keller ve ark., 1977). Bu volkanik birimler için önceki çalışmalarda “Konya volkanitleri”, “Konya volkanizması”, “Konya volkanik kayaçları”, “Erenlerdağ-Alacadağ volkanitleri” gibi genel adlamalar kullanılmasına rağmen (Keller ve ark., 1977; Kocak ve Zedef, 2016; Kurt ve ark., 2003; Temel ve ark., 1998), ilk defa Asan ve ark. (2017) tarafından söz konusu birimler Erenlerdağ-Alacadağ Volkanik Kompleksi (ErAVK) olarak tanımlanmış ve bu çalışmada da bu tanımlama benimsenmiştir.

Çalışma alanı içerisinde Neojen yaşlı ErAVK birimleri ve bunlarla ilişkili olarak sedimanter birimler yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 4.1 ve 4.2). Söz konusu sedimanter birimler, Neojen istifinin tabanından üste doğru volkanik birimler ile girik olarak gözlenmektedir. Karasal havza dolguları şeklinde gözlenen sedimanter birimler, göl ve akarsu çökelleriyle temsil edilmekte ve kırıntılı (çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı vb.) ve karbonatlı (kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn vb.) kayaçlardan oluşmaktadır. Bu çalışmada esasen ErAVK ignimbiritleri konu edilmiş olduğundan, sedimanter birimler formasyon düzeyinde ayırtlanmamış, jeolojik harita ve kesitlerde göl ve akarsu çökellerini kapsamak üzere “Nsed” kısaltmasıyla gösterilmiştir. Çalışma alanı ve çevresinde geniş yayılım sunan Neojen göl ve akarsu çökellerinin jeolojisi, stratigrafisi ve diğer özelliklerine “Kaynak Araştırması” bölümünde verilen referanslardan ulaşmak mümkündür.

Bu çalışmaya konu olan ignimbiritler, ErAVK içinde hacimsel olarak önemli yer tutar ve dört farklı akıntı birimi ile temsil edilirler. Bu birimlerden üçü çalışma alanı içerisinde yüzeyler ve bunlar farklı isimlerle araştırmalara konu edilmiştir (Çizelge 1). Aşağıda bu birimlerin saha özellikleri ve stratigrafisine yönelik bulgular verilecektir. İgnimbiritlerin bu bölümde verilen litofasiyes tanımlamaları Branney ve Kokelaar (2002)'ye dayanmaktadır.



Şekil 4.1. Çalışma alanı ve çevresinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası. Harita ve yaşlar Keller ve ark. (1977)'den alınmıştır.

Çizelge 1. Çalışma alanı içerisinde yüzeyleyen ignimbiritlerin adlaması

Keller ve ark. (1977)	Temel ve ark. (1998)	Dağıstan (1996)	Canbaş (2013)	Bu çalışma
Bulumya İgnimbiriti	Erenkaya İgnimbiriti	Bulumya İgnimbiriti	Bulumya İgnimbiriti	Bulumya İgnimbiriti
Detse İgnimbiriti	Kuzağıl İgnimbiriti	Detse İgnimbiriti	Detse İgnimbiriti	Detse İgnimbiriti
Sadıklar İgnimbiriti	Sadıklar İgnimbiriti	Sadıklar İgnimbiriti	Sadıklar İgnimbiriti	Sadıklar İgnimbiriti






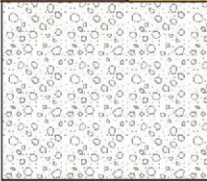

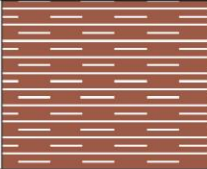
4.1.1. Bulumya ignimbiriti

İlk defa Keller ve ark. (1977) tarafından tanımlanan Bulumya ignimbiriti, ErAVK ignimbiritleri içerisinde hacimsel olarak en yaygın olanıdır. Çalışma alanında Yeşildere (Detse) ve doğusunda yaygın olarak gözlenmektedir. Birimin tipik olarak çalışma alanı dışında, kuzeyde Erenkaya (Bulumya), Kayalı ve Kilistra (Gökyurt) çevrelerinde yüzeyleme sergilemektedir.

Bulumya ignimbiriti, sahada beyaz-krem-pembemsi renkleriyle ve yer yer kaynaklanmış karakteriyle dikkati çekmektedir (Şekil 4.3a,c,e). Birim çalışma alanı içerisinde ayırtlanabilir iki farklı seviyeden oluşmaktadır. Bulumya ignimbiriti, tabanda paralel-laminalı tuf (//sT) ve pomzaca zengin massif lapilli tuf (pmLT) seviyeleriyle başlayıp, orta seviyelere doğru litikçe zengin massif lapilli tuf (lmLT) ile devam eder. Bu fasiyesteki litik bileşenler başlıca andezitik-dasitik volkanik kayaç parçalarından oluşmaktadır. İstifin orta seviyesinde, 15-20 cm'lik ara düzey olarak paralel-laminalı tuf (//sT) bulunmaktadır ve bu fasiyes alt seviyeyi üst seviyeden ayırmaktadır. İstifin üst kısmında ise masif lapilli tuf (mLT) gözlenmektedir, ve bu fasiyes değişen oranlarda pomza, kristal (plajiyoklas, biyotit, amfibol ve opak) ve litik bileşen içermektedir (Şekil 4e).

Bulumya ignimbiritinin kalınlığı çalışma alanı içerisinde 60 m'ye kadar ulaşabilmektedir. Birimin altında akarsu çökelleri (Nsed) ve üstünde ise Detse ignimbiriti yer almaktadır.

Bulumya ignimbiritinin yaşı K-Ar radyometrik yöntemiyle 9-9.4 My olarak verilmiştir (Besang ve ark., 1977; Keller ve ark., 1977).

Birim	Litoloji	Yaş (My)	Açıklama
Lahar çökelleri			Sedimanter breş, kumtaşı
Blok ve kül akıntısı		5.76	Piroklastik breş, tuf
Sadıklar ignimbiriti		7.95	Masif lapilli tuf
Göl-akarsu çökelleri (NSed)			Çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı Kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn
Detse ignimbiriti		7.95	Masif lapilli tuf
Bulumya ignimbiriti (Üst zon)		9.0-9.4	Masif lapilli tuf
Bulumya ignimbiriti (Alt zon)			
Göl-akarsu çökelleri (Nsed)			Çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı Kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn

Şekil 4.2. Çalışma alanının genelleştirilmiş Neojen stratigrafisi. Radyometrik (K-Ar) yaşlar Keller ve ark. (1977)'den alınmıştır.

4.1.2. Detse ignimbiriti

Detse ignimbiriti, bugün ki adı Yeşildere (Kuzagıl) olan yerleşim birimine izafeten ilk defa Keller ve ark. (1977) tarafından kullanılmıştır. Çok geniş yayılım sunmayan bu birim, çalışma alanında Yeşildere ve Sadıklar çevrelerinde gözlenmektedir.

İyi derecede sertleşmiş ve sarımsı rengiyle karakteristik olan Detse ignimbiriti, yaygın olarak masif lapilli tuf (mLT) litofasiyesi ile temsil edilmektedir (Şekil 4.3b,d). Masif lapilli tuf (mLT) fasiyesi tipik olarak kötü boylanmalı ve kaotik yapılıdır. Herhangi bir derecelenmenin gözlenmediği bu fasiyeste, az çok yuvarlaklaşmış pomzalar ile çoğun köşeli litik parçalar kül matriks içerisinde dağılmış durumdadır. Litik parçalar, porfirik dokulu olup (plajiyoklas, amfibol ve biyotit fenokristalli), andezitik-dasitik bileşimlidirler, bunların boyutları nadiren de olsa blok boyutuna

ulaşabilmektedir. Önemli bir özellik olarak, birimin kül matriksinin kristal içeriği, çalışma alanı içerisindeki diğer iki ignimbirite (Bulumya ve Sadıklar) göre oldukça düşüktür. Benzer şekilde pomza lapillilerinin kristal içeriği çok düşük veya hiç kristal içermemektedir. Son olarak, Keller ve ark. (1977) Detse ignimbiritinin belirgin bir şekilde kaynaklanma gösterdiğini iddia etmesine rağmen, yapılan bu çalışmada birimin kaynaklı zonlarına arazi veya makroskobik ölçekte rastlanamamıştır.

Detse ignimbiritinin kalınlığı çalışma alanında yaklaşık olarak 15-20 m'dir. Akarsu çökelleriyle girik olan bu birim, stratigrafik olarak Bulumya ve Sadıklar ignimbiritlerinin arasında yer almaktadır.

Detse ignimbiritinin yaşı K-Ar radyometrik yöntemiyle 7.95 My olarak verilmiştir (Besang ve ark., 1977; Keller ve ark., 1977).

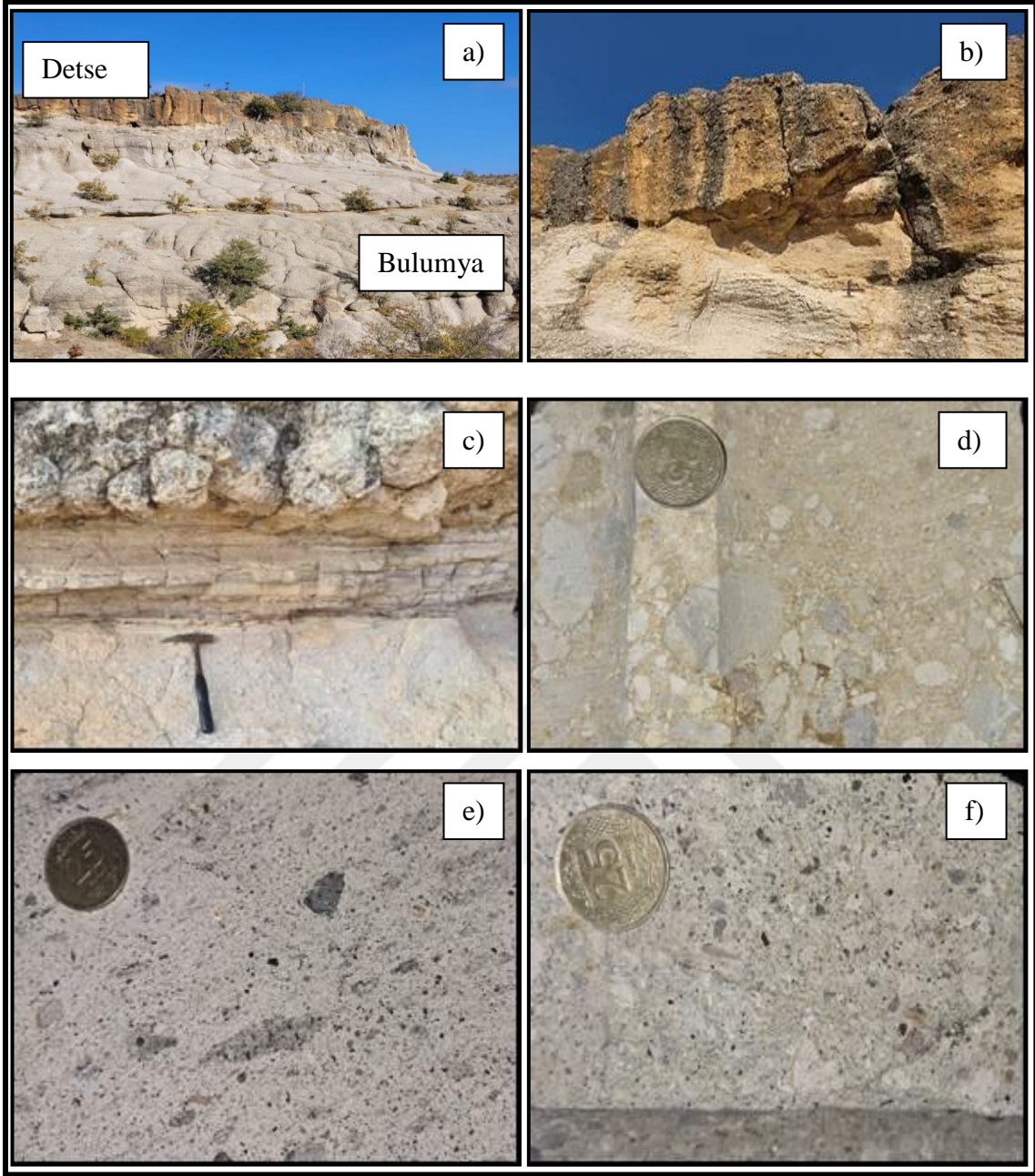
4.1.3. Sadıklar ignimbiriti

Birimin adlanması, Keller ve ark. (1977) tarafından çalışma alanın güneyindeki Sadıklar yerleşim birimine izafeten yapılmıştır. Birimin yayılımı sınırlı olup, sadece adını aldığı Sadıklar çevresinde gözlenmektedir.

Sadıklar ignimbiriti arazide açık renklidir (krem-grimsi) ve zayıf sertleşmiştir (Şekil 4.3f). Kaotik yapılı olan birim, herhangi bir kaynaklanma emaresi göstermez. Sadıklar ignimbiritinin en tipik fasiyesi massif lapilli tuf (mLT)'tür. Pomza lapillilerinin oransal olarak litiklerden daha fazla olduğu bu fasiyesin kül matriksi önemli oranda kristal (amfibol, biyotit ve plajiyoklas) içermektedir. Oransal olarak daha az olmakla birlikte, aynı tür kristaller pomzalar içerisinde de gözlenmektedir. Birim içindeki pomzalar ve yer yer litik bileşenler yuvarlaklaşma gösterir.

15-20 metre kalınlığa ulaşabilen birimin altında karasal sedimanter çökeller yer almakta, üstüne ise blok-kül akıntısı ve/veya lahar türü litolojiler gelmektedir.

Sadıklar ignimbiritinin yaşı, Detse ignimbiriti ile aynı kabul edilerek 7.95 My olarak verilmiştir. Diğer taraftan Sadıklar ignimbiriti üzerine gelen blok-kül akıntılarında alınan örnek 5.76 My (K-Ar) olarak tarihlendirilmiştir (Besang ve ark., 1977; Keller ve ark., 1977). Böylece, Sadıklar ignimbiritinin stratigrafik olarak Detse ignimbiritinin üstünde oluşu ile beraber üzerine gelen blokların yaşı dikkate alındığında, birimin yaşının 7.95-5.76 My arasında olduğu öne sürülebilir.



Şekil 4.3. İncelenen ignimbritlerin arazi ve makroskobik özellikleri: a) Bulumya ve Detse ignimbritleri arasındaki sınır ilişkisi, b) Detse ignimbriti yakın görünüm, c) Bulumya ignimbriti yakın görünüm, d) Detse ignimbriti makroskobik görünüm, e) Bulumya ignimbriti makroskobik görünüm, f) Sadıklar ignimbriti makroskobik görünüm.

4.1.4. Blok-kül akıntısı ve Lahar çökelleri

Çalışma alanı çevresinde ve ErAVK boyunca breşik volkaniklastik çökeller geniş bir alanda yayılım gösterirler. Keller ve ark. (1977) tarafından “ekstrüzyon breşleri, Nuée breşleri ve lahar çökelleri” başlığı altında incelenen bu çökeller, Temel ve ark. (1998) tarafından “kızgın bulut çökelleri (Nuée Ardentes)” olarak tanımlanmıştır. Karmaşık iç-yapılı ve farklı oluşum mekanizmasına sahip bu litolojik topluluk (dom-yıkılması ile ilişkili birincil volkanik süreçler; volkanizmayla eş-yaşlı veya post-volkanik ikincil süreçler) bu çalışmada “Blok-kül akıntısı ve Lahar çökelleri” başlığı altında toplanarak, ayırtlanmadan verilmiştir.

Metre boyutuna ulaşan volkanik kaya parçalarının daha ince taneli bir matriks içinde dağıldığı birim, tipik olarak kötü boylanma gösterir. Kaotik yapılı olan birim herhangi tabakalanma ve derecelenme göstermez. Birimin içerdiği volkanik kaya parçaları andezitik-dasitik bileşimde olup, çoğun bloklu, gözeneksiz ve köşelidir. Birimde kaynaklanma gözlenmemektedir.

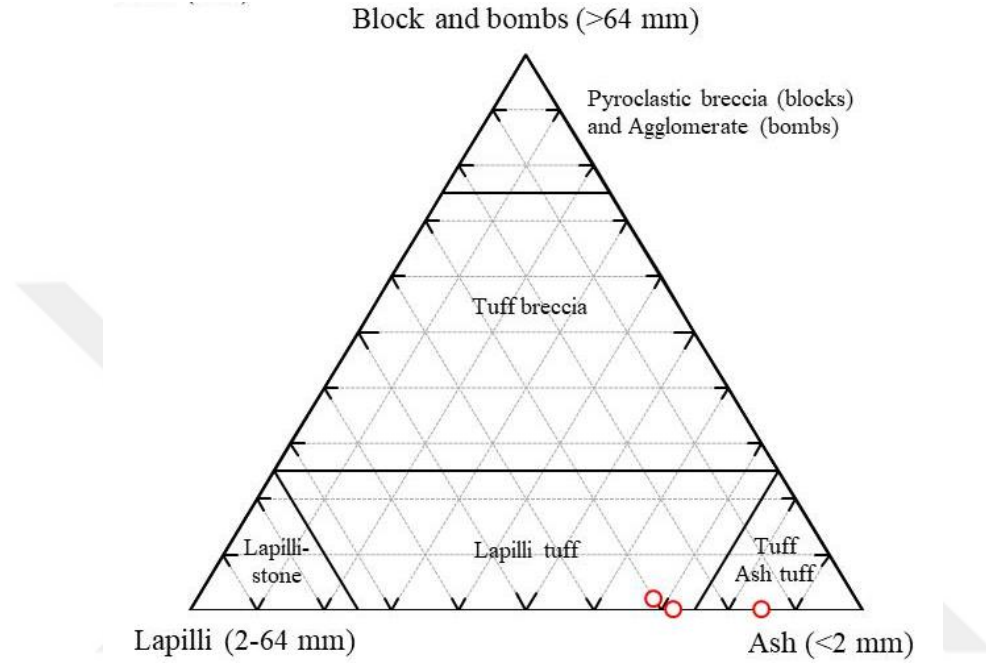
ErAVK boyunca volkanik istifin farklı seviyelerinde gözlenen ve oldukça değişken kalınlıklar sergileyen birim, çalışma alanında Sadıklar ignimbiritinin üzerinde ince bir seviye olarak gözlenmektedir. Sadıklar ignimbiriti üzerine gelen blok-kül akıntılarında alınan örnek 5.76 My (K-Ar) olarak tarihlendirilmiştir (Besang ve ark., 1977; Keller ve ark., 1977). Ancak bu yaş birimin yaşı hakkında genel bir bilgi vermekten ziyade, örneklendiği seviyenin yaşına işaret etmektedir.

4.2. Petrografi

Bu bölümde öncelikle çalışma alanı içerisinde yüzeyleyen ignimbiritlerden derlenen birer temsili örneğin tane boyuna göre sınıflaması yapılacak ve sonrasında ince kesit petrografisine yönelik bulgulara yer verilecektir. Bir tür volkaniklastik kayacık olan ignimbiritler, tane boyutlarına göre kül (< 2mm), lapilli (2-64 mm) ve blok/bomba (> 64 mm) oranları esas alınarak sınıflanırlar. Belirtilen bu tane boyu aralıkları herhangi bir kökene (yani, volkaniklastların oluşum-taşınma-depolanma süreçleri) işaret etmeyip, sadece kayacı “litolojik” olarak sınıflandırmak için kullanılmaktadır. Bu nedenle, böylesi bir sınıflama çoğun ilk aşamada yapılmakta ve volkaniklastik kayacı oluşturan bileşenlerin (kökenlerine bakılmaksızın) tane boyutları ve bunlarının oranlarının bilinmesi yeterli olmaktadır.

Şüphesiz ki, ignimbiritler hem yanal hem de düşey yönde oldukça değişken bileşimsel, yapısal ve dokusal özellikler (litofasiyes) gösterdiklerinden (Branney ve

Kokelaar, 2002) sadece bir kaç temsili örnek üzerinden böylesi karmaşık kayaçları tanımlamak yeterli olmayacaktır, ancak yine de genel bir fikir edinmek için bu sınıflamanın yapılması kaçınılmazdır. Böylece burada verilen bilgiler ışığında, Bulumya ignimbiritinden alınan örneği “Tüf”, Sadıklar ve Detse ignimbiritlerinden alınan örnekleri “Lapilli Tüf” olarak sınıflandırmak mümkündür (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. İnceleme alanındaki ignimbiritlerin tane boyuna göre üçgen diyagram üzerinde sınıflaması (Fisher, 1966; Le Maitre, 2002). Tane boyu oranlarını belirlemek için Terry ve Chilingar (1955) tarafından önerilen “Tahmini % Çizelgesi” kullanılmıştır.

4.2.1. Bulumya ignimbiriti

Birimi temsilen alınan örnek, mikroskobik olarak iri kül boyutundan (2-1/16 mm) lapilli boyutuna (2-64 mm) kadar değişen boyutlardaki kristal, pomza ve litik bileşen içermektedir. Bunların arasını ince kül boyutu (<1/16 mm) camsı bir matriks doldurmaktadır. Örnekte % ~40 kristal, % ~10 litik, % ~5 pomza ve % ~45 ince kül matriks olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 4.5).

Kayacı oluşturan kristaller başlıca plajiyoklas, daha az biyotit, amfibol ve opaklardan oluşmaktadır (Şekil 4.6a). Plajiyoklaslar yaygın olarak kırılmış-özşekilsiz, nadiren özşekilli olarak gözlenirler. Albit-periklin ikizli olan plajiyoklaslar yer yer zonludurlar ve bazen rezorpsiyon nedeniyle elek dokusu/yuvarlaklaşma gösterirler. Biyotit ve amfiboller yeşilimsi kahve renkli, pleokroik ve iyi gelişmiş dilinimleriyle (biyotit tek yönlü, amfibol çift yönlü) tipiktir. Plajiyoklaslara göre daha özşekilli olma eğilimindedirler ve bunlar yer yer okside olmuşlardır. Opak mineraller eş boyutlu,

çoğun diğer mineraller içerisinde kapanım veya yer yer serbest olarak gözlenirler. Burada belirtilen kristaller yer yer glomerokristal (mono/polimineralik) oluşturmaktadırlar.

Litik bileşenler pomzaların aksine köşelidir. Bunlar mikrolitik porfirik dokulu olup, plajiyoklas+amfibol+opak fenokristalleri içermektedir (Şekil 4.6b). Andezit/dasit bileşiminde olan litikler yer yer alterasyon nedeniyle kırmızımsı renkler gösterirler.

Pomzalar belirgin bir yuvarlaklaşma gösterirler ve orijinal gözenekli dokuları devitrifikasyon (kuvars+feldispattan ibaret ince taneli agregat) nedeniyle kaybolmuştur (Şekil 4.6c). Kaynaklanmaya işaret eden belirgin dokusal özelliklerin gözlenmediği pomzalar, düşük oranda plajiyoklas, amfibol ve opak mineral içerebilmektedir.

Kayacı oluşturan bileşenlerin (kristal, pomza ve litik) arasını ince kül boyutundaki mikroskobik (tek nikol) olarak kahverenkli camsı materyal ve buhar-fazı kristalizasyon ürünü mikrolitik mineraller doldurmaktadır. Depolanmayı takiben gelişen buhar-fazı kristalizasyonu önemli bir süreç olup, ignimbitlerin sertleşmesine neden olmaktadır (McPhie ve ark., 1993).

4.2.2. Sadıklar ignimbiriti

Birimi temsilen alınan örnek, mikroskobik olarak iri kül boyutundan (2-1/16 mm) lapilli boyutuna (2-64 mm) kadar değişen boyutlardaki kristal, pomza ve litik bileşen içermektedir. Bunların arasını ince kül boyutu (<1/16 mm) bir matriks doldurmaktadır. Örnekte % ~30 pomza, % ~20 litik, % ~15 kristal ve % ~35 ince kül matriks olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 4.5).

Kristaller, plajiyoklas, biyotit, amfibol, opak ve nadiren kuvarstan oluşmaktadır. Kristaller oldukça farklı morfolojik özellikler (tümüyle özşekilli, köşeli-kırılmış ve yuvarlaklaşmış) ve geniş bir tane boyu aralığı gösterirler. Plajiyoklaslar yer yer serizitleşme, biyotit ve amfibollerde yer yer kloritleşmeler gözlenmektedir. Nadiren gözlenen kuvarslar rezorpsiyon nedeniyle yenmiş-kemirilmiş kenarlar sunarlar.

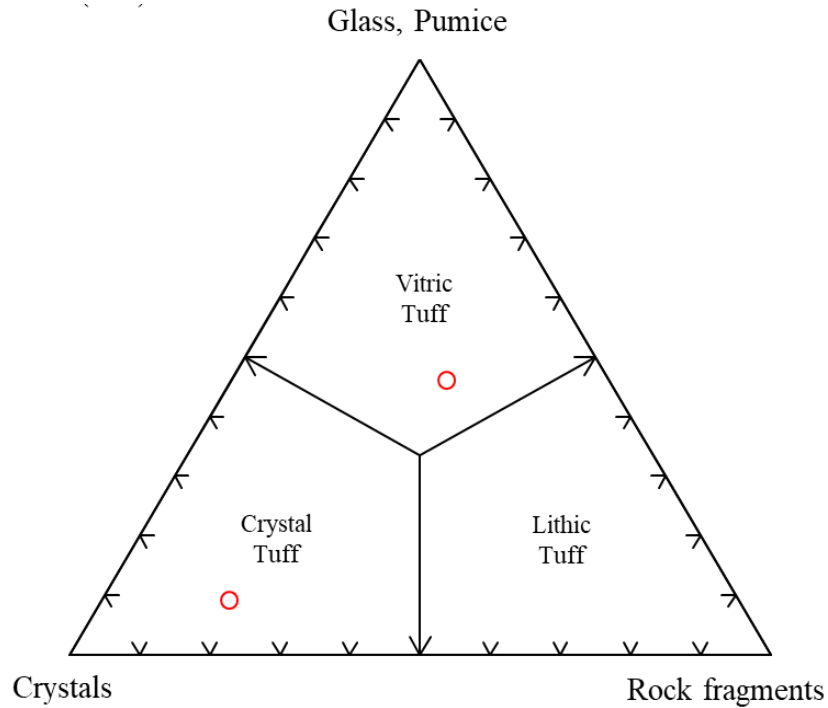
Pomzalarda yuvarlaklaşma belirgindir ve fenokristal içerikleri düşüktür. Pomzalar, tüp (boru) şekilli olup, birbirine (yarı) paralel, bir yönde uzamış silindirik gözeneklerle karakterize, lifsi görünümlüdür (boy kesiti). Pomza tüplerinin enine kesitlerinde ise, yuvarlağımsı-oval şekilli gözenekler belirginleşmektedir (Şekil 4.6d). Farklı pomza taneleri içindeki tüp-şekilli uzamış gözeneklerin kayaç içerisinde rastgele dağılması/yönelim göstermemesi, birimde kaynaklanma olmadığını bir göstergesidir (McPhie ve ark., 1993).

Litikler köşeliden yuvarlaklaşmışa kadar değişen derecede yuvarlaklaşma gösterirler (Şekil 4.6e). Litikler bileşenler ileri derecede alterasyona (silisleşme, serizitleşme, kloritleşme, kil mineralizasyonu ve oksidasyon) maruz kalmışlardır ve çoğun orijinal doku kaybolmuştur, ancak yer yer porfirik volkanik kayaç dokusu gözlenebilmektedir.

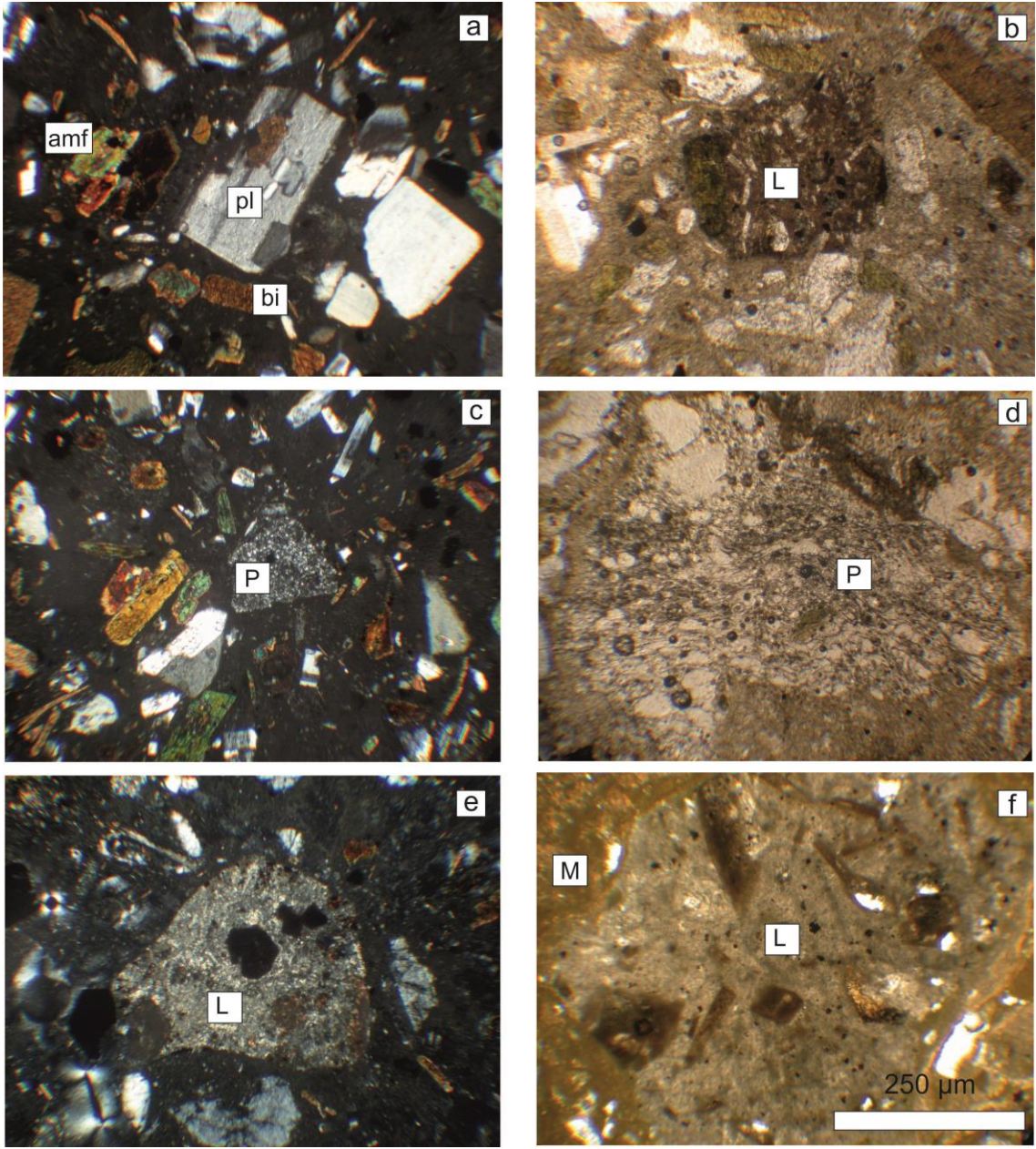
4.2.3. Detse ignimbiriti

Birimi temsilen alınan örnek, mikroskobik olarak iri kül boyutundan (2-1/16 mm) lapilli boyutuna (2-64 mm) kadar değişen boyutlardaki kristal (plajiyoklas, biyotit, opak mineral ve nadiren kuvars), pomza ve litik bileşen içermektedir. Bunların arasını ince kül boyutu (<1/16 mm) bir matriks doldurmaktadır. İncelenen örnekte, mikroskobik incelemeyi ve modal bileşimin belirlenmesini oldukça zorlaştıran ileri derecede alterasyon gözlenmektedir.

Kayacı oluşturan kristaller (kuvars hariç), litikler, pomzalar ve ince kül matrix zeolitleşme, serizitleşme, kil mineralizasyonu, silisleşme ve oksidasyon gibi alterasyon süreçlerinden ileri derecede etkilenmişlerdir. Çoğun kayacı oluşturan bileşenlerin orijinal dokusu alterasyon nedeniyle kaybolmuştur, ancak nadiren de olsa pomzaların gözenekleri, volkanik litiklerin porfirik dokusu ve kristallerin morfolojileri ayırt edilebilmektedir (Şekil 4.6f).



Şekil 4.5. Bulumya (kristal tuf) ve Sadıklar (cam tuf) örneklerin cam-kristal-litik bileşen içeriğine göre sınıflaması (Schmid, 1981). Sınıflamada çatı (framework) oluşturan bileşenler esas alınmış, bunların arasındaki ince kül matriks hariç tutulmuştur. İleri alterasyon nedeniyle Detse örneği sınıflanamamıştır.



Şekil 4.6. İncelenen ignimbritlerin mikroskobik mineralojik ve petrografik özellikleri. (a, b, c) Bulumya ignimbritinde gözlenen kristaller, litik ve pomza, (d, e) Sadıklar ignimbritindeki pomza ve yuvarlaklaşmış litik, (f) Detse ignimbritinde altere matriks içindeki litik bileşen. pl: plajiyoklas, amf: amfibol, bi: biyotit, L: litik, P: Pomza, M: matriks. Sağdaki mikrofotolar tek nikolde, soldakiler ise çift nikolde çekilmiştir. Ölçek tüm mikrofotolar için aynıdır.

4.3. Jeokimya

Bu bölümde incelenen ignimbirit örneklerinden derlenen pomza ayrımları üzerinde gerçekleştirilen Major-iz element ve Sr-Nd-Pb izotop analiz sonuçları verilecektir. Elde edilen bu sonuçlar ile kayaç sınıflama-adlama, jeokimyasal eğilim, jeotektonik ortam, magmatik köken ve süreçlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

4.3.1. Alterasyon etkisi ve major elementler

İncelenen ignimbiritlerin, petrografi bölümünde verilen özellikleri (devitrifikasyon, zeolitleşme, silisleşme, serizitleşme ve kil mineralizasyonu vs.) ve pomza ayrımlarının yüksek “ateşte kayıp (lost on ignition-LOI)” değerleri (% 5-15), bunların alterasyondan oldukça etkilendiklerini ve dolayısıyla birçoğu hareketli (mobil) olan major elementlerin (Al_2O_3 , TiO_2 ve P_2O_5 hariç) jeokimyasal sınıflama ve yorumlamalarda kullanılmayacağını ortaya koymaktadır (Jenner, 1996). Örneğin, Detse ignimbiritinden ayrılan pomza örneklerinin SiO_2 içerikleri susuz bazda yeniden hesaplandığında %80'nin üzerine çıkmakta ve bu örnekler TAS diyagramında tanımlanan kayaç adı alanlarının (max. % 77 SiO_2) dışında kalmaktadır. Böylece, volkanik kayaçlar için geleneksel olarak kullanılan ve major elementlere dayalı TAS ($Na_2O+K_2O-SiO_2$), AFM ($Na_2O+K_2O-FeO^T-MgO$), $FeO^T/MgO-SiO_2$, K_2O-SiO_2 gibi adlama-sınıflama ve jeokimyasal eğilim belirleme diyagramları bu çalışmada kullanılmamış ve major elementlere dayalı yorumlamalardan kaçınılmıştır.

4.3.2. Adlama ve İz elementler

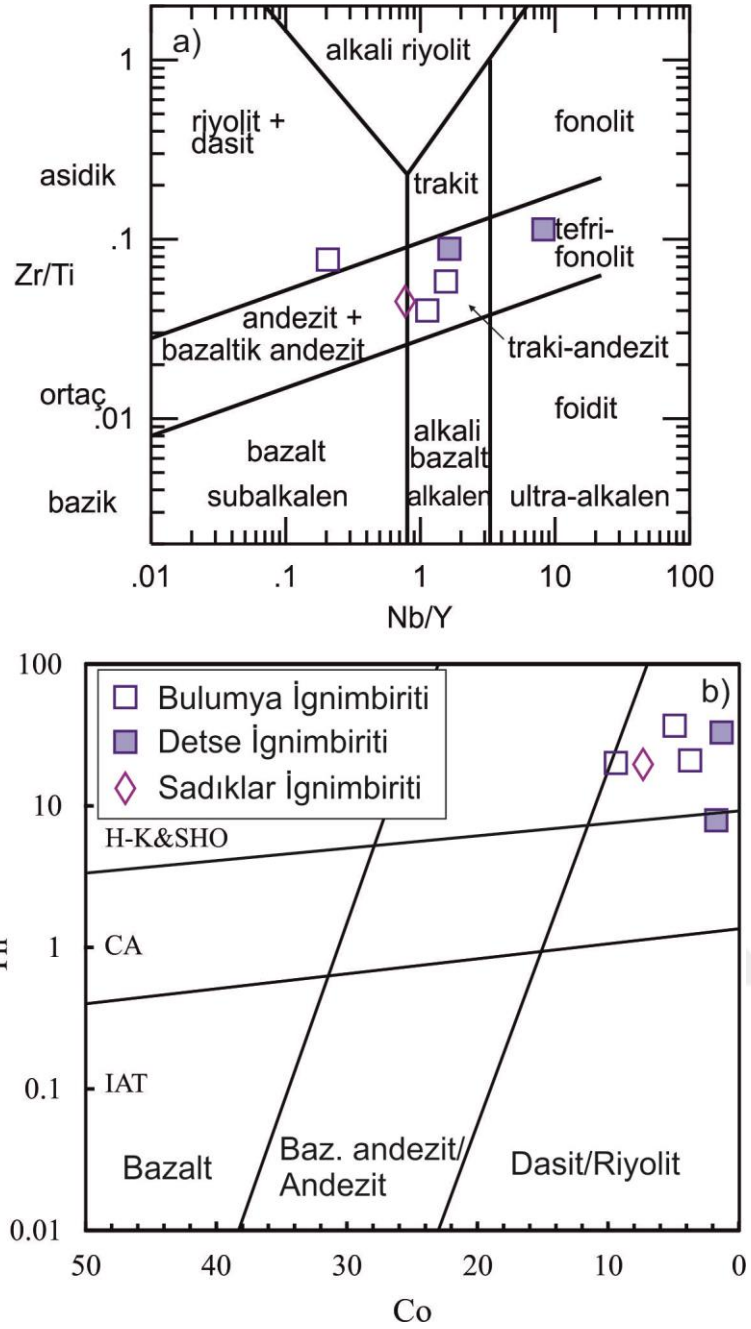
Jeokimyasal çalışmalarda iz elementler farklı kriterler kullanılarak farklı şekilde sınıflandırılmışlardır. Saunders ve ark. (1980) göre iz elementleri aşağıdaki gibi sınıflamak mümkündür;

1. düşük çekim alanlı elementler-LFSE (low field strength elements; Cs, Rb, K, Ba, Sr, Th, U, Pb)
2. yüksek çekim alanlı elementler-HFSE (high field strength elements; Zr, Hf, Nb, Ta, Y, Ti, P)
3. hafif nadir toprak elementler-LREE (light rare earth elements; La, Ce, Pr, Nd),
4. orta nadir toprak elementler-MREE (middle rare earth elements; Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho)
5. ağır nadir toprak elementler-HREE (heavy rare earth elements; Er, Tm, Yb, Lu)

Yukarıda verilen LFSE grubu+La ve Ce, Schilling (1973) tarafından büyük iyon yarıçaplı elementler (LILE; large ion lithophile elements) olarak da adlandırılmaktadır. Bu çalışmada Saunders et al. (1980) ve Schilling (1973) tarafından önerilen iz element tanımlamaları esas alınmış ve kavram karmaşasından kaçınmak için element grupları (LILE, HFSE ve REE gibi) İngilizce orijinal kısaltmalarıyla verilmiştir.

Diğer taraftan yukarıda verilen iz element gruplarının alterasyon esnasındaki davranışları da sınıflama açısından pratikte önem arz etmektedir. Jenner (1996), LFSE grubunun (Th hariç) genel olarak hareketli (mobil) olduğunu, HFSE ve REE gruplarının ise genellikle hareketsiz (immobile) olduğunu, ancak akışkan/kayaç kütlesi oranına bağlı olarak mobilite durumunun değişebileceğini öne sürmüştür. İlaveten, aynı araştırmacı ayrı bir grup olan geçiş elementlerinin-TE (transition elements; Cr, Ni, Sc, V, Co, Cu, Zn) orijinal kayaç kimyasının güvenilir bir göstergesi olduğunu belirtmiştir.

Bu çalışmada kayaç adlama-sınıflama, jeokimyasal eğilim belirleme ve diğer yorumlamalar, alterasyon süreçlerinde göreceli olarak hareketsiz (immobile) olan iz elementlere dayalı olarak yapılmıştır. TAS diyagramına alternatif olarak geliştirilen Zr/Ti (diferansiyasyon indeksi; SiO₂ karşılığı)'ye karşı Nb/Y (alkalinite indeksi; Na₂O+K₂O karşılığı) diyagramı, altere volkanik kayaçlar için sıkça kullanılmaktadır. Bu diyagramda incelenen pomza örnekleri, andezit/bazaltik andezit, trakiandezit, dasit/riyolit ve tefrifonolit gibi hem kayaç adı hem de alkalinite açısından oldukça farklı alanlara düşmektedir (Şekil 4.7a). Hastie ve ark. (2007), yay magmalarında Zr/Ti oranının adlama-sınıflama açısından uygun bir değişken olmadığı ve dolayısıyla orojenik volkanik kayaçlar için bu diyagramın kullanılmasının yanlış sonuçlar üretebileceğini öne sürmektedir. Diğer taraftan, orojenik volkanik kayaçlar için çok yaygın olarak kullanılan K₂O-SiO₂ diyagramına alternatif olarak oluşturulan, hareketsiz iz elementlere dayalı Th-Co diyagramında incelenen pomza örnekleri dasit-riyolit alanına düşmekte ve jeokimyasal eğilim olarak yüksek-K kalkalkalen/şoşonitik karakter sergilemektedir (Şekil 4.7b).

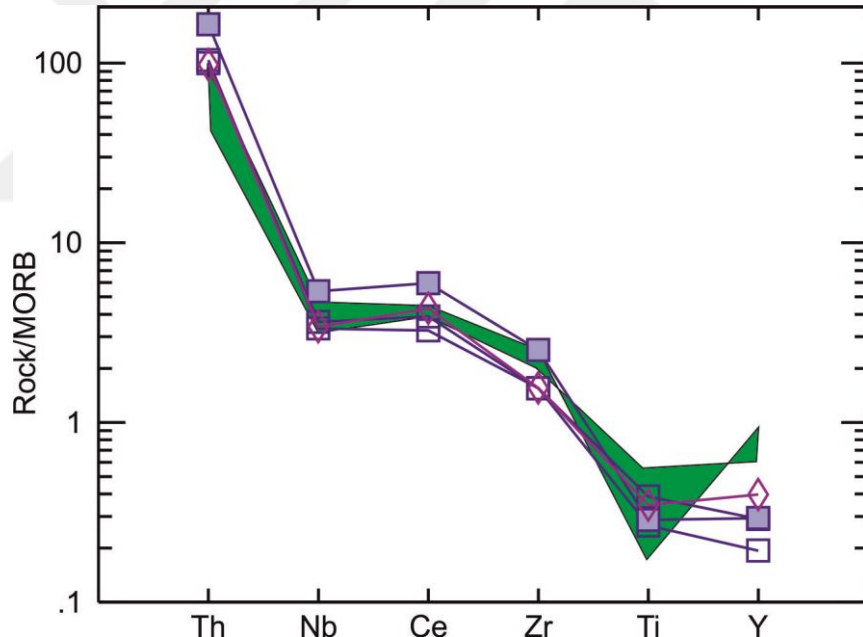


Şekil 4.7. İncelenen pomzaların. (a): Nb/Y-Zr/Ti (Pearce, 1996) ve (b): Co-Th (Hastie ve ark., 2007) sınıflama diyagramları. IAT: Ada yayı toleyiti, CA: Kalk-alkalen, H-K & SHO: Yüksek-K kalk-alkalen ve Şosonitik.

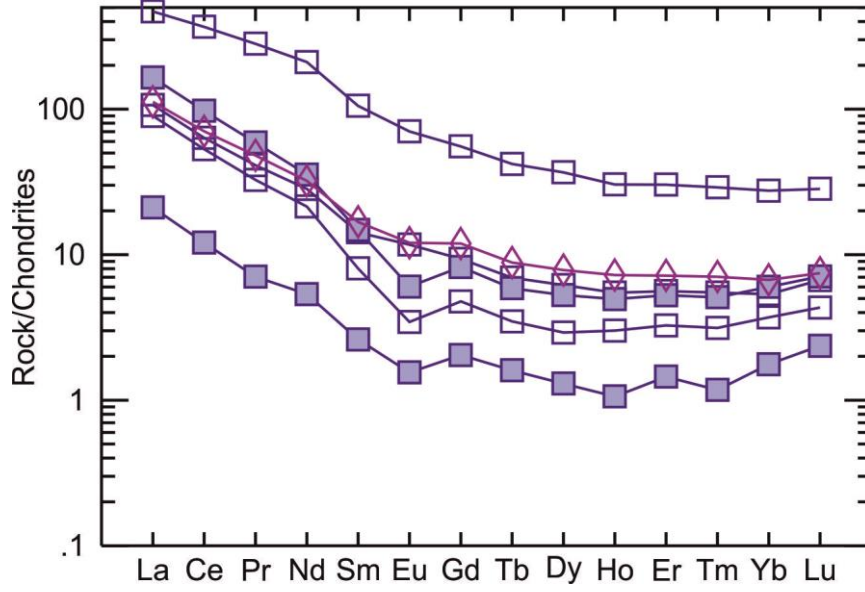
Pomzaların, N-MORB'a göre normalize edilmiş iz element desenleri Şekil 4.8 de verilmiştir. LILE grubu alterasyon esnasında mobil davrandığından ve dolayısıyla bunların desenleri altere kayalarda orijinal kimyayı yansıtmayacağından bu elementler (Th hariç) diyagrama dahil edilmemiştir. Diğer taraftan Pearce (1996) güçlü "jeokimyasal ayırtman" olarak tanımladığı altı farklı hareketsiz iz elemente dayalı alternatif bir normalize iz element diyagramı önermiştir. Yazara göre bu diyagram 20'den fazla iz elementin normalize edilmesiyle oluşturulan, MORB-normalize yaygın

diyagramlarla aynı işlevi görmektedir. Bu tip bir diyagramda, farklı magmatik ortamlarda (volkanik yay, okyanus ortası sırt, levha-içi ve bunlar arasındaki geçişler) oluşmuş bazalt ve bunun farklılaşmış üyelerinin iz element desenleri incelenerek, magmatik köken ve süreçler başarıyla ortaya konulabilmektedir. İncelenen pomza örneklerinin desenleri, böylesi bir iz element diyagramında, yüksek Th/HFSE oranlarıyla orojenik dasitik-riyolitik kayalara benzemektedir.

REE grubu alterasyon esnasında göreceli olarak hareketsiz davrandıklarından, jeokimyasal yorumlamalara bu çalışmada dahil edilmişlerdir (Şekil 4.9). İncelenen pomza örnekleri, LREE açısından HREE'lere göre belirgin zenginleşme sunarlar (La/LuN: >10). Pomza desenlerinde gözlenen diğer iki özellik ise, Detse ve Bulumya örneklerinde gözlenen negatif Eu anomalisi (Eu/Eu*: 0.5-0.7) ve MREE'lerdeki göreceli tüketilmeyi temsil eden, kaşık-şekilli desendir (Dy/Dy*: 0.2-0.6).



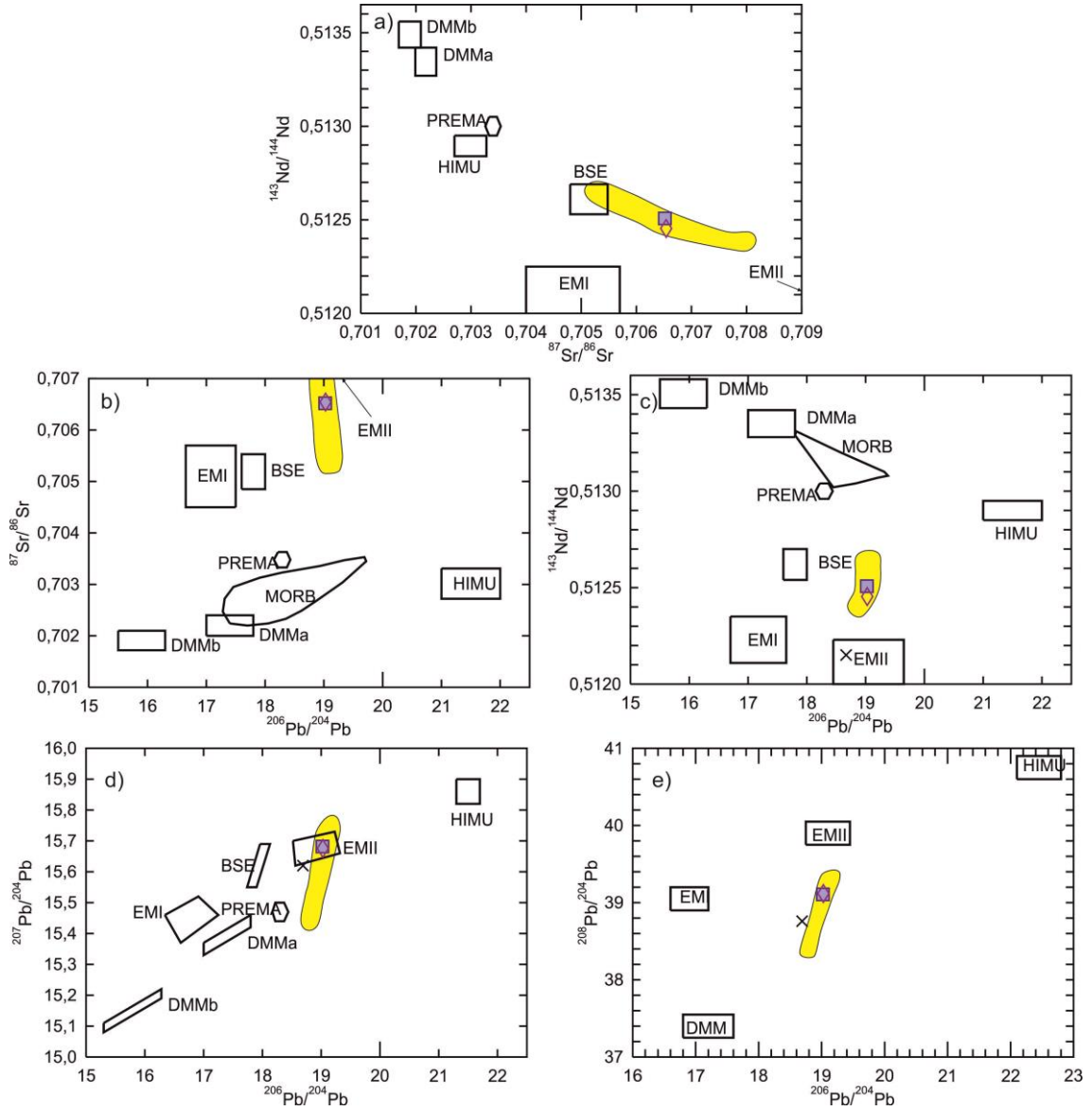
Şekil 4.8. Pomzaların N-MORB'a göre (Pearce, 1996) normalleştirilmiş uyumsuz iz element diyagramı. Yeşil taralı alan çarpışma zonu dasit/riyolitik kayaların desenini temsil etmektedir. Semboller Şekil 4.7 ile aynıdır.



Şekil 4.9. Pomzaların kondrite göre (Sun ve McDonough, 1989) normalleştirilmiş REE diyagramı. Semboller Şekil 4.7 ile aynıdır.

4.3.3. Sr-Nd-Pb izotopları

Bu bölümde iki adet pomza ile ErAVK'dan derlenen örnek (anklav ve lav) setinin izotop jeokimyası özellikleri incelenmiştir (Şekil 4.10). Pomza örneklerinin ilksel (yaş düzeltilmesi yapılmış) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Sr_i) ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (Nd_i) oranları birbirine oldukça yakın olup, sırasıyla 0.706519-0.706542 ve 0.512453-0.512507 olarak ölçülmüştür. Pomzalardan ölçülen bu değerler, ErAVK'dan ölçülen Sr_i ve Nd_i değerlerinin sınırladığı bileşimsel alan içerisinde yer almaktadır. Pomza ve ErAVK örnekleri beraber değerlendirildiğinde, Sr_i ve Nd_i arasında belirgin bir negatif korelasyon gözlenmektedir (Sr_i artarken, Nd_i azalmaktadır). Pomzalardan ölçülen $^{206,207,208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranları standart hata içinde aynı olup, sırasıyla 19.02, 15.68 ve 39.11'dir ve ErAVK'dan ölçülen Pb izotop değerlerinin sınırladığı bileşimsel alan içerisinde yer almaktadır.



Şekil 4.10. Pomza örneklerinin Sr-Nd-Pb izotop korelasyon diyagramı. Sarı taralı alan ErAVK anklav ve lavalarının bileşimini temsil eder. Çarpı sembolü (X) SVK temelinden alınan meta-klastik kayacın bileşimini temsil eder (Asan ve ark., 2021). “a”, “b”, “c” ve “d” diyagramları Zindler ve Hart (1986)’dan, “e” diyagramı Hofmann (2007)’den alınmıştır. DMM: tüketilmiş MORB mantosu (Depleted MORB mantle), HIMU: yüksek μ değerli manto (High μ Mantle), BSE: toplam silikat yerküre (Bulk Silicate Earth), EM: zenginleşmiş manto (Enriched Mantle). PREMA: Yaygın manto (Prevalent Mantle). Semboller Şekil 4.7 ile aynıdır.

5. TARTIŞMA ve YORUMLAR

5.1. Arazi gözlemleri ve Petrografik yorumlar

“Döküntü veya düşme (Fall)”, “akıntı (Flow)” ve “türbülans (Surge)” olmak üzere üç ana başlık altında incelenen piroklastik kayalar, en karmaşık kayalar gruplarından biri olup, bunların sınıflaması çoğun tatmin edici olmamıştır. Geleneksel olarak piroklastik kayalar “litolojik” ve “jenetik (kökensel)” olmak üzere iki şekilde sınıflanırlar. Litolojik sınıflamada, çökel içerisindeki bileşenlerin tane boyu esas alınırken, jenetik sınıflamada magmanın parçalanması, çökelin taşınma ve depolanma mekanizması dikkate alınmaktadır (Branney ve Kokelaar, 2002; Cas ve Wright, 1988; Fisher, 1966; Fisher ve Schmincke, 1984; McPhie ve ark., 1993; Schmid, 1981; White ve Houghton, 2006). Belirtilen bu çalışmalarda, “ignimbiritler” külden blok boyutuna kadar değişen piroklastikler içeren (pomza, litik, cam kıymıkları, kristal), kaotik yapılı, masif, “birincil” bir (yoğunluk) akıntı çökeli olarak tanımlanırlar. Burada vurgulanan “birincil” kavramı doğrudan bir volkanik aktiviteyle ilişkili, nihai depolanmadan önce herhangi bir ara depolanma sürecine maruz kalmamış çökeli ifade etmektedir. Birincil ve sıcak yerleşime işaret eden en önemli deliller; “kaynaklanma”, “devitrifikasyon”, “perlitik çatlaklar”, “termal oksidasyon”, “sütunsal soğuma çatlakları”, “pişirme zonları”, “buhar-fazı kristalizasyonu”, “gaz kaçış yapıları” olarak verilmektedir ve bu türden delillerin yokluğu çoğun piroklastik çökellerin “ikincil” olarak sınıflanmasıyla sonuçlanmaktadır (McPhie ve ark., 1993). İkincil çökeller volkanizmayla eş yaşlı, resedimente piroklastik çökeller olarak tanımlanırlar ve bunların adlandırılması tartışmalıdır. Bazı araştırmacılar resedimente piroklastikleri, birincil piroklastik çökeller gibi adlandırırken (Vincent, 2000), bazıları bunları sedimanter kayalar gibi (McPhie ve ark., 1993) değerlendirir.

Sadıklar (Hatunsaray) çevresinde yüzeyleyen, masif, kaotik yapılı, pomzaca zengin yoğunluk akıntı ürünleri, önceki çalışmalarda (Canbaş, 2013; Dağıstan, 1996; Keller ve ark., 1977; Temel ve ark., 1998) üç farklı ignimbirit olarak tanımlanmış ve “Bulumya”, “Sadıklar” ve “Detse” ignimbiritleri şeklinde isimlendirilmişlerdir. Bulumya ignimbiriti çalışma alanı ve çevresinde, arazi gözlemi (kaynaklanma, termal oksidasyon, sütunsal soğuma çatlakları) ve petrografik incelemelere (devitrifikasyon, buhar-fazı kristalizasyonu) göre sıcak yerleşimi gösteren özellikler sergilemesi nedeniyle tipik bir birincil piroklastik akıntı çökeli olarak değerlendirilmiştir.

Detse ve Sadıklar ignimbiriti arazide, birincil piroklastikler için tipik olan sıcak yerleşime işaret eden yapısal-dokusal özellikler sergilemezler. Bu birimlerin fasiyes özellikleri (genel olarak; piroklastça zenginlik, masif-kaotik yapı, kötü boylanma ve derecelenme yokluğu vs.) karasal piroklastik yoğunluk akıntılarını andırmasına rağmen, benzeri fasiyes özellikleri püskürme ile eş yaşlı resedimente yoğunluk akıntılarına da işaret edebilmektedir. Böylece, birincil-sıcak yerleşime işaret eden verilerin yokluğunda, bu birimleri oluşturan karasal-birincil piroklastik akıntının, bir göl veya akarsu sistemine dahil olarak su-destekli yoğunluk akıntısına dönüşmesi ve sonrasında bu sistem içerisinde depolanması olasıdır. Bu iki ignimbiritin göl/akarsu çökelleriyle iç içe geçmiş (girik) olması bunun bir verisi olabilir. Diğer taraftan, Keller ve ark. (1977) Detse birimi içerisindeki pomzaların alünit ve jarosite dönüştüğünü, ve birimin sarı renginin bu alterasyondan kaynaklandığını öne sürmektedir. Yazarlar, bu alterasyonun kaynağı ve geliştiği ortamın paleocoğrafyası hakkında bilgi vermemekle beraber, Detse ignimbiritinin “hyaloklastit” benzeri oluşumlar içerdiğine vurgu yapmışlardır. Yukarıda belirtilen alterasyonun geliştiği ortama ışık tutan başka bir araştırmada, çalışma alanı içindeki göl çökelleriyle girik olan piroklastik materyalin (ayrılanmamış) hidrotermal alterasyonla alünit, kil, silis ve zeolit minerallerine dönüştüğü öne sürülmüştür (Karakaya ve ark., 2001). Dolayısıyla, yukarıda belirtilen hususlar birimin yoğun bir sulu çözelti etkisine maruz kaldığını ve/veya su ile temas ettiğini göstermektedir. Son olarak, bu iki birimin, petrografik incelemelerinde tespit edilen, litik bileşenlerdeki belirgin şekilde yuvarlaklaşmalar ve ileri derecede alterasyon, bunların püskürme-sonrası (post-eruptive) dönemde yüzeysel sedimanter süreçler (bozunma-ayırışma, erozyon, yeniden işlenme, taşınma ve depolanma) ile ilişkili epiklastik kayaçlar olma ihtimalini de düşündürmektedir.

5.2. Elemental jeokimyasal yorumlar

Önceki çalışmalarda, ErAVK ignimbiritleri “tüm-kaya” jeokimyası olarak analiz edilmiş (Canbaş, 2013; Keller ve ark., 1977; Temel ve ark., 1998) ve alterasyon durumlarına bakılmaksızın elde edilen analitik veri (major ve iz elementler) yorumlarda doğrudan kullanılmıştır. Ateşte kayıp değeri (LOI) kayaçtaki uçucuların (başlıca H₂O ve CO₂) miktarıyla ilişkili olup, jeokimyasal olarak alterasyonun bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Sınırları keskin olmamakla birlikte, LOI değerinin % 2.5’den fazla olması durumunda, analiz edilen örnek altere olarak değerlendirilmektedir. Keller ve ark. (1977) ve Temel ve ark. (1998) tarafından sunulan jeokimyasal analitik veri XRF yöntemine dayalı olup, ignimbirit örneklerinin LOI değerleri düşük (<% ~3) ve taze

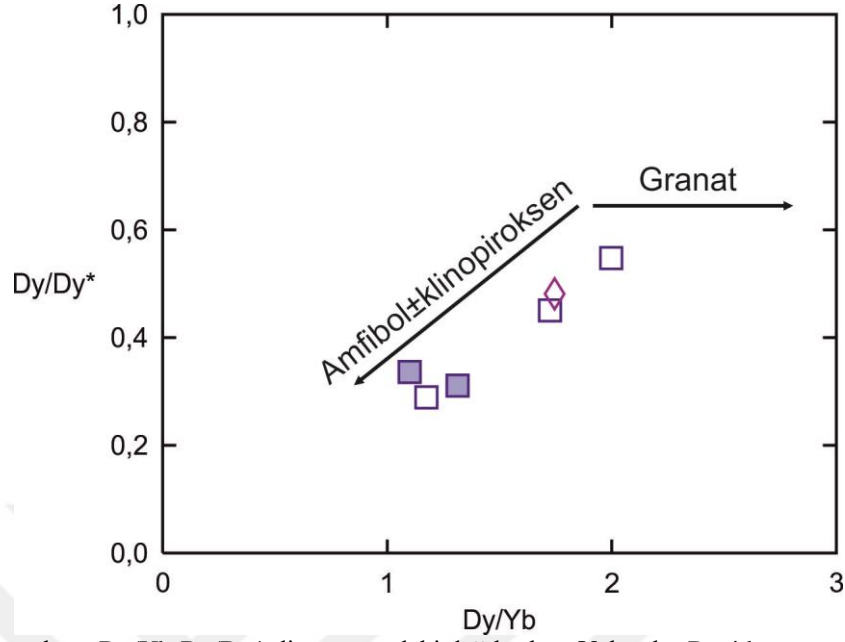
görülmektedir. Ancak, Canbaş (2013) tarafından ve bu çalışmada sunulan jeokimyasal analitik veri ICP-OES/MS'e dayalıdır ve örneklerin LOI değerleri % 5-18 arasında değişmektedir. Buradan ortaya çıkan sonuç, XRF ve ICP verisi arasında önemli derecede LOI ölçüm farkı bulunduğudır. İncelenen ignimbiritlerin petrografik çalışmalarda ortaya konulan alterasyon özellikleri, yüksek LOI değerleriyle daha uyumludur. Önceki çalışmaların aksine, bu çalışmada Bulumya, Detse ve Sadıklar ignimbiritlerinden pomzalar ayrılarak analiz edilmiştir. Elde edilen pomza tüm kayaç elemental verisi önce alterasyon açısından değerlendirilmiş, bunun sonucunda major element ve LILE (Th hariç) verileri kullanılmayarak, HFSE, REE ve TE'ler kullanılmıştır.

Co-Th sınıflama diyagramı, pomza örneklerinin yüksek-K'lu dasitik-riyolitik bileşimde olduğunu göstermektedir. Bu sınıflama, incelenen örneklerin içinde bulunduğu volkanik kompleksin (ErAVK) bazaltik andezitten riyodasite kadar değişen bileşim ve yüksek-K kalkalkalen (Asan ve ark., 2017; Temel ve ark., 1998) jeokimyasal karakteriyle uyumludur.

Pomzaların N-MORB normalize uyumsuz iz element desenlerinde gözlenen orojenik imza ErAVK lavlarının desenleriyle uyum içindedir. Orojenik imza, volkanik yay ve çarpışma/çarpışma sonrası ortamlarda gözlenebilmektedir. Pomzaların oldukça farklılaşmış kimyası, bunları oluşturan kaynağın (manto ise?) özelliklerini tartışmak için uygun değildir. Pomzaların uyumsuz iz element desenlerinden çıkarılabilecek tek yorum, bunların çarpışma/çarpışma sonrası ortamlarda önceki bir yitimin etkilediği litosferik manto kaynağından türemiş bazaltik magmanın diferansiyasyonu ile oluşmuş dasitik-riyolitik kayaçların desenlerine benzer desenler gösterdiği olacaktır.

Pomzaların REE desenleri (negatif Eu anomalisi ve kaşık-şekilli desen), bunların evrimlerinde plajiyoklas ve amfibol kristalizasyonunun önemli rol oynadığına işaret eder. Dy/Yb-Dy/Dy* diyagramında farklı ignimbiritlerden ayrılan pomza örnekleri, aynı trend üzerine düşerler (Şekil 5.1). Bu durum pomzaların kökensel olarak yakından ilişkili (cogenetic) olduğunun bir işaretidir ve aynı zamanda amfibol ilişkili kaşık şekilli REE desenini destekler (Davidson ve ark., 2013). Tali fazların (apatit, sifen, zirkon) yüksek ayırılma katsayıları nedeniyle REE desenlerine etki etmesi muhtemeldir. Sfen ve apatit, amfibole benzer şekilde MREE tüketilmesine neden olan önemli tali fazlardır, ancak mikroskobik olarak bunların varlığı incelenen pomzalarda teyit edilmemiştir. Zirkon, HREE'lerin tüketilip, LREE zenginleşmesine neden olabilmektedir. Bazı Bulumya pomzalarının LREE'ce zenginleşmiş doğası (La_N/Yb_N :

~25), bunların evrimindeki zirkona işaret edebilir. Bu pomzalarda zirkon varlığı petrografik olarak teyit edilmiştir.



Şekil 5.1. Pomzaların Dy/Yb-Dy/Dy* diyagramındaki dağılımları. Vektörler Davidson ve ark. (2013)'den alınmıştır. Semboller Şekil 4.7 ile aynıdır.

5.3. İzotop jeokimyası yorumları

Sr-Nd-Pb izotopları gerek kaynak alan gerekse de magmatik süreçlerin belirlenmesinde iyi birer iz sürücüdürler. Kısmi ergime ve (kapalı sistem) fraksiyonel kristalleşme izotopik oranlarda değişime neden olmaz, ve bu oranlardaki değişim açık-sistem farklılaşma süreçlerine (asimilasyon, magma karışımı vs.) yorumlanırlar. Böylece, bir volkanik topluluktaki en primitif mafik örnekler manto kaynağının belirlenmesinde kullanılırken, ortaç ve felsik birimler maruz kaldıkları diferansiyasyon süreçlerine ışık tutarlar. Bu bölümde incelenen pomza örneklerinin daha mafik bir ana magmadan diferansiye oldukları varsayılarak, bunların gelişimindeki magmatik süreçler ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla ErAVK'dan en mafik örnek ana magma olarak seçilmiş, ikili değişim diyagramları üzerinde magmatik süreçler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu tür diyagramlarda X-eksenine çoğun diferansiyasyon indeksi olarak uyumsuz (incompatible) bir element yerleştirilerek, Y-eksenine değişimi incelenecek diğer elementlerin konsantrasyonları, oranları veya izotopları yerleştirilir.

Rb ve Th magmatik kayaç oluşturan ana minerallerde, bazikten felsiğe kadar değişen bileşimler için oldukça uyumsuz elementlerdir (biyotitlerde Rb felsik magmada uyumlu olabilir). Rb ve Th, LFSE grubu elementler olmakla birlikte, teorik olarak ilki mobil ikincisi ise hareketsiz bir elementtir. Cann (1970), uyumsuz iki elementin

göstermiş olduğu pozitif korelasyon, bu iki elementin oranının alterasyon esnasında değişmediğini ve dolayısıyla alterasyona karşı aynı davrandıklarını öne sürmüştür. Pomza örneklerinden ölçülen Rb ve Th arasındaki orta dereceli pozitif korelasyona dayanarak, diferansiyasyon indeksi olarak burada Th yerine Rb seçilmiştir.

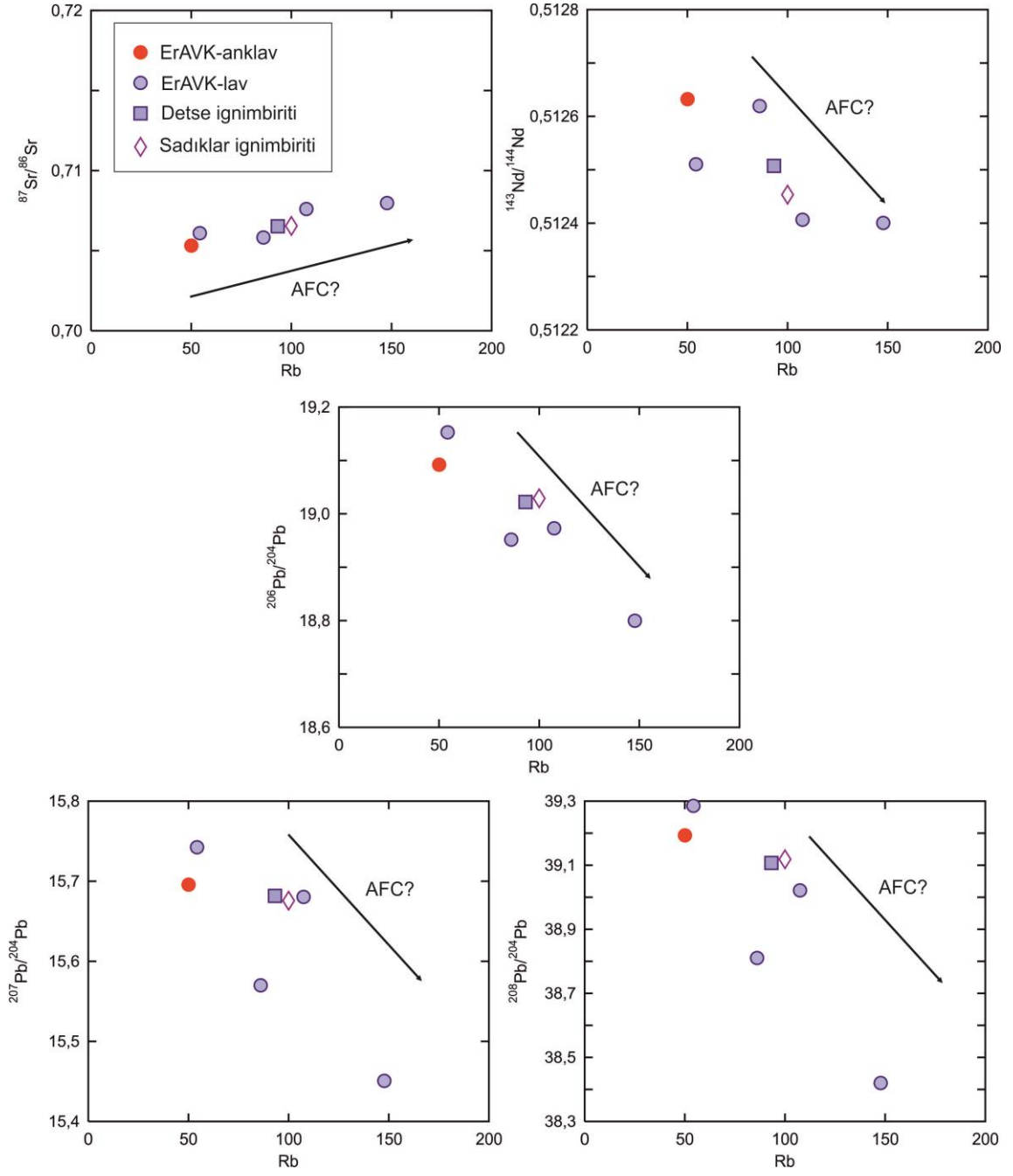
Pomza ve ErAVK örneklerinin Rb'ye karşı Sr_i , Nd_i ve Pb izotop değişimleri incelendiğinde, Sr_i 'de artış, Nd_i ve $^{206,207,208}Pb/^{204}Pb$ de bir azalış görülmektedir (Şekil 5.2). ErAVK lav ve pomzalarının izotopik oranlarındaki değişimler kapalı sistem diferansiyasyon (fraksiyonel kristalleşme) olaylarından ziyade, kontaminasyon gibi açık sistem diferansiyasyon süreçlerine işaret etmektedir. Kontaminasyon, orojenik magmatik ortamlarda kaynak alan kontaminasyonu (yitimle okyanusal kabuğun manto kaynağına ilavesi) ve kabuk kontaminasyonu (magmanın kabuk kayaçlarını asimile etmesi) olmak üzere iki şekilde ortaya çıkmaktadır. Oksijen izotop verisi olmaksızın, bu iki tip süreci birbirinden ayırmak zor olmakla birlikte, çoğun diferansiyasyon indeksine karşı izotopik oranlardaki korelasyonlar kabuk kontaminasyonuna işaret etmektedir (Davidson ve Wilson, 2011; Davidson ve ark., 2005). Böylece, incelenen örnek setinde, ilerleyen diferansiyasyona karşı (Rb'deki artış), izotop oranlarındaki değişimin AFC tipi bir kontaminasyona işaret ettiği söylenebilir. ErAVK'nın üzerinde yer aldığı, Neojen öncesi temel kayalarından izotopik veri olmayışı, kontaminantın doğası hakkında bilgi edinmeyi zorlaştırmaktadır. Ancak, izotop korelasyon diyagramlarında ErAVK lav ve pomzaların EMII tip rezervuara doğru yönsemeleri bir fikir verebilir. EMII, yüksek $^{87}Sr/^{86}Sr$, düşük $^{143}Nd/^{144}Nd$ ve yüksek Pb izotop oranlarıyla üst kabuğa benzer bir rezervuarı temsil eder (Zindler ve Hart, 1986). Böylece, pomza örneklerinin üst kabukta, daha mafik bir ana magmadan AFC denetimli diferansiyasyonla oluştuğu varsayılabilir.

5.4. AFC modellemesi

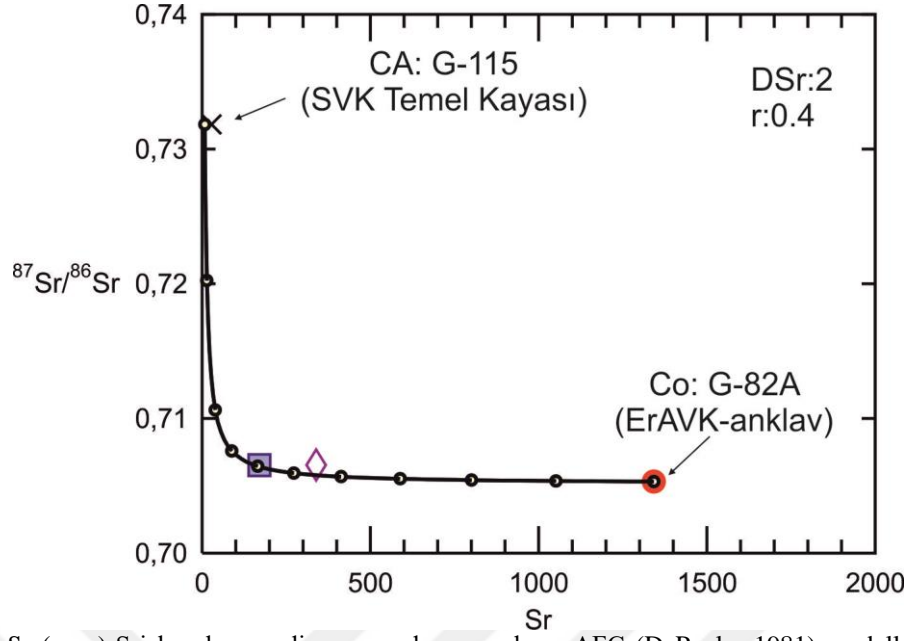
Asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme (AFC) modeli, mafik bir ana magmanın fraksiyonel kristalleşme ile beraber bir kabuk kayasını asimile ettiği varsayımına dayanır ve bu süreç iz element veya izotoplara dayanan matematiksel olarak modellenebilir (DePaolo, 1981). AFC modelinde ana magma bileşimi (Co) olarak çoğun bir volkanik süitteki en mafik kayaç seçilir (G-82A, ErAVK). Modelleme için ikinci önemli değişken, asimilant (CA)'dır. Asimilantın seçimi her zaman kolay değildir ve modelin doğruluğunu direk olarak denetler. Gerçekçi bir model için kabuğu temsil eden ksenolit bileşimine ihtiyaç duyulmaktadır. ErAVK'nın temelini oluşturan yaşlı

kayaçlar litolojik olarak oldukça heterojen olup, bunlara ait ksenolitlerin ErAVK içindeki varlığı Keller ve ark. (1977) tarafından rapor edilmiştir. Ancak bu çalışmada bu türden ksenolitler örneklenememiş ve dolayısıyla jeokimyasal ve izotopik olarak analiz edilememiştir. Bu nedenle ErAVK'ya komşu olan SVK'nın temelinde yer alan bir örnek kontaminant (G-115, Meta-klastik) olarak seçilmiştir. Seçilen bu kontaminant, önceki bölümde verilen izotop korelasyon diyagramlarında EMII alanına düştüğünden, üst kabuk bileşimini temsil etme potansiyeli en yüksek örnek olarak değerlendirilmiştir. AFC modelinin üçüncü parametresi toplam ayrımlanma (D) katsayısıdır. "D" değişkeni magmada kristallenen mineral topluluğu tarafından kontrol edilmektedir. ErAVK kayaçlarının gerek petrografisi ve gerekse de jeokimyası (örneğin, REE karakteristikleri) plajiyoklas ve amfibolün önemli kristalizasyon fazları olduğunu öne sürmektedir. Böylece "D" değerleri %50 plajiyoklas+%50 amfibol kristalizasyon topluluğu için, GERM veri tabanındaki Kd (ayırılma katsayısı)'ler kullanılarak hesaplanmıştır. AFC modelinde Co, CA ve D'nin belirlenmesini takiben, r (asimilasyonun fraksiyonel kristalleşmeye oranı) ve F (fraksiyonel kristalleşme sürecinde, arta kalan eriyik fraksiyonu) hipotetik olarak belirlenerek grafiksel model oluşturulur.

AFC modellemesinde kullanılacak iz element ve izotopik oranların seçimi de önemlidir ve böylece Co ile CA arasında oldukça zıtlık gösteren iz element ve izotop oranları seçilmelidir. Kıtasal kabuğun Sri izotop oranları manto kökenli bazaltik kayalarına göre daha yüksek olduğundan, bu çalışmada Sri asimilasyon indeksi olarak seçilerek Sr-Sri diyagramında AFC modellemesi yapılmıştır (Şekil 5.3). DSr (Sr için toplam ayrımlanma katsayısı), %50pl+%50amp kristallenme topluluğu için, GERM veri tabanından seçilen Kd'lere göre 0.9 ile 2 arasında değişmektedir. DSr'nin 0.9 seçilmesi durumunda, r değeri ne olursa olsun oluşturulan AFC eğrileri veri setini temsil etmediğinden, bu durumun incelenen magmatik sistem için geçerli bir senaryo olduğu düşünülmemiştir. Diğer taraftan DSr'nin 2 seçilmesi durumunda, r: 0.4 senaryosu veri setine uygun eğriler üretmekte ve incelenen pomza örneklerinin seçilen ana magmadan düşük-orta dereceli asimilasyonla beraber gelişen fraksiyonel kristalleşme ile oluşabileceğini öne sürmektedir.



Şekil 5.2. Pomza ve ErAVK örneklerinin Rb (ppm)'ye karşı Sri, Ndi ve $^{206,207,208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop değişimleri. AFC: Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalleşme.



Şekil 5.3. Sr (ppm)-Sri korelasyon diyagramında pomzaların AFC (DePaolo, 1981) modellenmesi. Eğri üzerindeki daireler %10'luk F aralığına karşılık gelmektedir. Diğer açıklamalar metinde verilmiştir.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Sadıklar (Hatunsaray, Konya) çevresinde yüzeyleyen üç farklı piroklastik akıntı biriminden (Bulumya, Detse ve Sadıklar ignimbiritleri) elde edilen arazi, petrografik, tüm-kaya elemental (major ve iz elementler) ve izotop (Sr-Nd-Pb) verileri ışığında aşağıdaki genel sonuçlara ulaşılmıştır. Ayrıca gelecek çalışmalar için bazı önerilerde bulunulmuştur.

1. Yapılan saha çalışmaları ve petrografik incelemeler; Bulumya ignimbiritinin birincil piroklastik akma birimi olduğuna işaret ederken, Detse ve Sadıklar ignimbiritlerinin daha çok residemente piroklastik akıntılar sonucunda oluştuğuna işaret etmektedir.

2. Üç birimden ayrılan pomza örnekleri üzerinde yürütülen jeokimya çalışmaları, alterasyon/bozunma nedeniyle major oksitlerin ve LILE grubu elementlerin sağlıklı sonuçlar üretmeyeceğini, yorumlamalarda HFSE grubu elementlerin kullanılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

3. Jeokimya çalışmaları pomza örneklerinin ErAVK'nın genel jeokimyasıyla uyumlu olan, yüksek-K kalkalkalen karakterde ve dasitik/riyolitik bileşimde olduğunu göstermektedir.

4. Pomzaların uyumsuz iz element karakteristikleri, bunların çarpışma zonu dasitik-riyolitik kayalara benzerliğine ve yitimle zenginleşmiş litosferik manto kaynağından türemiş bazaltik kayaların diferansiye ürünleri olabileceğine işaret etmektedir.

5. Pomzaların, REE özellikleri bunların eş kökenli olduğu ve gelişimlerinde plajiyoklas ve amfibolün önemli kristalizasyon fazları olduğunu göstermektedir.

6. Sr-Nd-Pb izotop oran ve değişimleri, pomzaların, üst kabukta gelişen asimilasyon süreçlerinden etkilendiğini ortaya koymaktadır.

7. Yapılan petrolojik model, pomzaların mafik bir ana magmadan, orta dereceli asimilasyonla beraber gelişen, plajiyoklas+amfibol denetimli fraksiyonel kristalleşme ile oluşabileceğini göstermektedir.

Yüksek lisans düzeyinde gerçekleştirilen bu çalışmada, bütçe yetersizliği nedeniyle sınırlı bir jeokimya verisi üretilmiş, ancak jeokronolojik veri ise üretilmemiştir. Önceki çalışmalarda üretilen yaş verisi K-Ar yöntemine dayandığı, ve bunun ignimbiritler için uygun olmadığı düşünüldüğünden, gelecek çalışmalar için

incelenen ignimbiritlerden farklı yöntemlerle yaş verisi (örneğin, zirkon, U-Pb) elde edilmesi önerilebilir. Ayrıca bu çalışmada, ignimbiritler bazaltik bir ana magmanın diferansiyasyon ürünü olduğu varsayılmıştır. Gelecek çalışmalarda, bu ignimbiritlerin kabuk kökenli olabileceği düşünülerek veya daha gerçekçi AFC modeli yapabilmek için, en azından ErAVK'nın temelinde bulunan ve kabuğu temsil ettiği varsayılan yaşlı kayalardan jeokimyasal ve izotopik veri üretilmesi önerilebilir.



KAYNAKLAR

- Asan, K., Kurt, H., Gündüz, M., Gençoğlu Korkmaz, G. and Morgan, G., 2021. Geology, geochronology and geochemistry of the Miocene Sulutas volcanic complex, Konya-Central Anatolia: genesis of orogenic and anorogenic rock associations in an extensional geodynamic setting. *International Geology Review*, 63(2): 161-192.
- Asan, K., Kurt, H., Gündüz, M. and Korkmaz, G.G., 2017. Çarpışma Sonrası Ortamda Ultra-potasikten Kalk-alkalen Volkanizmaya Geçişin Jeokimyasal ve Sr-Nd-Pb İzotopik Özellikleri, Konya-Türkiye. 113Y415, TÜBİTAK, Ankara.
- Besang, C., Echaradt, F.-J., Harre, W., Kreuzer, H. and Müller, P., 1977. Radiometrische Altersbestimmungen an neogenen Eruptivgesteinen der Türkei. *Geologisches Jahrbuch*, B25: 3-36.
- Bozdağ, A., Bayram, A.F., İnce, İ. and Asan, K., 2016. The relationship between weathering and welding degree of pyroclastic rocks in the Kilistra ancient city, Konya (Central Anatolia, Turkey). *Journal of African Earth Sciences*, 123: 1-9.
- Branney, M. and Kokelaar, P., 2002. Pyroclastic Density Currents and the Sedimentation of Ignimbrites. *Geol. Soc. London Mem.*, 27.
- Canbaş, H., 2013. Hatunsaray (Konya) civarındaki ignimbiritlerin petrolojisi. MSc Thesis, Selçuk Üniversitesi, 57 pp.
- Cann, J.R., 1970. Rb, Sr, Y, Zr and Nb in some ocean floor basaltic rocks. *Earth and Planetary Science Letters*, 10(1): 7-11.
- Cas, R.A.F. and Wright, J.V., 1988. *Volcanic Successions: Modern and Ancient*. Allen & Unwin, London.
- Dağıstan, H., 1996. Kayadibi-Sadıklar (Hatunsaray-Konya) bölgesindeki piroklastiklerin sedimantolojisi. MSc Thesis, Selçuk Üniversitesi, 61 pp.
- Daşçı, H.T., Parlak, O., Nurlu, N. and Billor, Z., 2015. Geochemical characteristics and age of metamorphic sole rocks within a Neotethyan ophiolitic mélangé from Konya region (central southern Turkey). *Geodinamica Acta*, 27(4): 223-243.
- Davidson, J., Turner, S. and Plank, T., 2013. Dy/Dy*: Variations Arising from Mantle Sources and Petrogenetic Processes. *Journal of Petrology*, 54(3): 525-537.
- Davidson, J. and Wilson, M., 2011. Differentiation and Source Processes at Mt Pelée and the Quill; Active Volcanoes in the Lesser Antilles Arc. *Journal of Petrology*, 52(7-8): 1493-1531.
- Davidson, J.P., Hora, J.M., Garrison, J.M. and Dungan, M.A., 2005. Crustal forensics in arc magmas. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 140(1-3): 157-170.
- DePaolo, D.J., 1981. Trace element and isotopic effects of combined wallrock assimilation and fractional crystallization. *Earth and Planetary Science Letters*, 53(2): 189-202.
- Eren, Y., 1993. Eldes-Derbent-Tepeköy-Sögütözü Arasının Jeolojisi. thesis Thesis, Selçuk Üniversitesi, Turkey, 224 pp.
- Eren, Y., Kurt, H., Rosset, F. and Stampfli, G.M., 2004. Palaeozoic deformation and magmatism in the northern area of the Anatolide block (Konya), witness of the Palaeotethys active margin. *Eclogae Geologicae Helveticae*, 97(2): 293-306.
- Fisher, R.V., 1966. Rocks composed of volcanic fragments and their classification. *Earth-Science Reviews*, 1(4): 287-298.
- Fisher, R.V. and Schmincke, H.-U., 1984. *Pyroclastic Rocks*. Springer Verlag, Berlin.
- Göğür, E. and Kırıl, K., 1969. Kızılören Dolayının Jeolojisi, M.T.A., No: 5204.
- Göncüoğlu, M.C., 2011. Geology of the Kütahya-Bolkardağ Belt. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 142: 223-277.

- Hastie, A.R., Kerr, A.C., Pearce, J.A. and Mitchell, S.F., 2007. Classification of Altered Volcanic Island Arc Rocks using Immobile Trace Elements: Development of the Th–Co Discrimination Diagram. *Journal of Petrology*, 48(12): 2341-2357.
- Hofmann, A.W., 2007. 2.03 - Sampling Mantle Heterogeneity through Oceanic Basalts: Isotopes and Trace Elements. In: H.D. Holland and K.K. Turekian (Editors), *Treatise on Geochemistry*. Pergamon, Oxford, pp. 1-44.
- Jenner, G.A., 1996. Trace Element Geochemistry of Igneous Rocks: Geochemical Nomenclature and Analytical Geochemistry. In: D.A. Wyman (Editor), *Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications For Massive Sulphide Exploration Geological Association of Canada, Winnipeg*, pp. 51-77.
- Karakaya, M.C., Karakaya, N. and Temel, A., 2001. Kaolin occurrences in the Erenler Dagi volcanics, southwest Konya Province, Turkey. *International Geology Review*, 43(8): 711-721.
- Keller, J., Jung, D., Burgath, K. and Wolff, F., 1977. Geologie und Petrologie des neogenen Kalkalkali-Vulkanismus von Konya (Erenler Dağ-Alaca Dağ-Massiv, Zentral-Anatolien). *Geologisches Jahrbuch*, B25: 37-117.
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun tektonik birlikleri. *MTA dergisi*, 66: 20-34.
- Kocak, K. and Zedef, V., 2016. Geochemical Characteristics of the Lava Domes in Yatağan Village and Sağlık Town, From Erenlerdağı (Konya, Central Turkey) Volcanites. *Acta Geobalcanica*, 2(1): 7-19.
- Kurt, H., Özkan, A.M. and Koçak, K., 2003. Geology, Petrography and Geochemistry of the Subduction Related Volcanic Rocks, West of Konya, Central Anatolia. *Geological Bulletin of Turkey*, 46(2): 39-51.
- Le Maitre, R.W., 2002. *Igneous Rocks - A Classification and Glossary of Terms*. Cambridge University Press.
- McLennan, S.M., 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks; influence of provenance and sedimentary processes. *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*, 21: 169-200.
- McPhie, J., Doyle, M. and Allen, R., 1993. *Volcanic textures : a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*. Centre for Ore Deposit and Exploration Studies, University of Tasmania, Hobart, Tasmania, 196 pp.
- Okay, A.I. and Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In: B. Durand, L. Jolivet, F. Hovarth and M. Séranne (Editors), *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen*. Geological Society, London, Special Publications, 156, pp. 475-515.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Uysal, Ş., Şentürk, K., Uysal, Ş. and Işık, A., 1990. Konya-Kadınhanı-Ilgın dolayının temel jeolojisi, M.T.A. Rap., Ankara.
- Özgül, N., 1976. Toroslar'ın bazı temel jeoloji özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 19: 65-78.
- Pearce, J.A., 1996. A user's guide to basalt discrimination diagrams. In: D.A. Wyman (Editor), *Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for massive sulphide exploration*. Geological Association of Canada, Winnipeg, pp. 79-113.
- Saunders, A.D., Tarney, J., Marsh, N.G. and Wood, D.A., 1980. Ophiolites as ocean crust or marginal basin crust: a geochemical approach. In: Panayiotou (Editor), *Ophiolites: proceedings of the International Ophiolite Symposium Cyprus 1979*. Ministry of Agriculture and Natural Resources, Geological Survey Department, Cyprus, pp. 193-204.
- Schilling, J.G., 1973. Iceland Mantle Plume: Geochemical Study of Reykjanes Ridge. *Nature*, 242(5400): 565-571.

- Schmid, R., 1981. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: Recommendations of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. *Geology*, 9(1): 41-43.
- Soğucaklı, Ö. and Turan, A., 2007. Hatunsaray-Çatören (Konya Güneybatısı) Çevresindeki Geyikdağı, Bolkardağı Birlikleri ve Neo-Otokton Birimlerin Stratigrafisi ve Yapısal Jeolojisinde Yeni Bulgular. *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, 23(3).
- Sun, S. and McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: Implications for mantle compositions and processes. In: A.D. Saunders and M.J. Norry (Editors), *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society of London, Special Publication 42, pp. 313-345.
- Şengör, A.M.C., Lom, N., Sunal, G., Zabcı, C. and Sancar, T., 2019. The phanerozoic palaeotectonics of Turkey. Part I: an inventory. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 1(1): 91-161.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75: 181-241.
- Temel, A., Gundogdu, M.N. and Gourgaud, A., 1998. Petrological and geochemical characteristics of Cenozoic high-K calc-alkaline volcanism in Konya, Central Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85(1-4): 327-354.
- Terry, R.D. and Chilingar, G.V., 1955. Summary of "Concerning some additional aids in studying sedimentary formations," by M. S. Shvetsov. *Journal of Sedimentary Research*, 25(3): 229-234.
- Turan, A., 2020. Akkise-Yalıhüyük (Konya) Arasının Stratigrafisi. *DEÜ FMD* 22(64): 369-382.
- Turan, A., Küpeli, Ş. and Karakoç, İ., 1997. Loras Dağı-Çaldağı ile Hatunsaray (Konya batısı) arasında kalan bölgenin stratigrafisi ve bazı tektonik özellikleri. *Geosound*, 30(1): 305-318.
- Vincent, P., 2000. *Volcanoes: From Magmas to Tephra and Epivolcaniclastics*. Gordon and Breach Science Publishers, Amsterdam, 270 pp.
- White, J.D.L. and Houghton, B.F., 2006. Primary volcaniclastic rocks. *Geology*, 34(8): 677-680.
- Zindler, A. and Hart, S., 1986. Chemical geodynamics. *Annual Review Earth and Planetary Sciences* 14: 493-571.

EK Çizelge 1. İncelenen ignimbritlerin major ve iz element analiz sonuçları

Major (%)	Bulumya			Detse		Sadıklar
	T-16	T-17	T-25	T-18	T-19	T-26
SiO ₂	60.69	52.7	59.95	86.03	72.7	59.18
Al ₂ O ₃	18.78	22.34	20.08	2.08	12.07	19.7
Fe ₂ O ₃ ^T	4.39	3.23	3.36	2.34	1.46	4.49
MgO	0.75	0.97	0.82	0.1	0.3	1.3
CaO	3.43	1.48	1.74	0.43	0.72	2.98
Na ₂ O	2.27	0.88	1.5	0.25	1	1.88
K ₂ O	3.17	2.4	3.12	0.58	3.02	2.95
TiO ₂	0.58	0.4	0.35	0.39	0.43	0.52
P ₂ O ₅	0.03	0.02	0.23	0.05	0.05	0.03
MnO	0.04	0.03	0.05	0.02	0.04	0.06
LOI	5.6	15.4	8.4	7.7	8	6.7
Toplam	99.87	99.89	99.75	99.95	99.91	99.87
İz elementler (ppm)						
Ba	794	626	1085	366	872	755
Co	9.4	3.7	4.9	1.7	1.3	7.3
Cs	6.7	8.9	14.9	3.8	8.5	5.3
Ga	15.8	12.1	14.5	4.9	9.9	15.3
Hf	3.9	3.5	4.1	6.8	6.1	3.7
Nb	9.8	9	10.1	15.6	14.5	9.2
Rb	104.8	88.2	116.2	15.4	93.2	100
Sr	414.5	256	1018.5	76.9	170.3	339.4
Ta	0.9	0.9	0.9	1.4	1.2	0.8
Th	20	20.8	36.6	7.9	32.9	19.6
U	7.9	7.9	10.2	2.2	8.4	7.2
V	90	78	56	47	46	91
W	3.3	1.7	2	3.3	2.7	2
Zr	139.3	139.4	161.6	265.2	227.5	140
Y	8.7	5.8	49.1	1.9	8.8	11.9
La	25.3	21.3	111.2	5	39.1	26.6
Ce	38.9	32.5	225.1	7.4	59.6	43.1
Pr	3.91	3.1	26.76	0.67	5.6	4.57
Nd	13.2	10	98.3	2.5	16.6	15
Sm	2.18	1.23	16.14	0.4	2.26	2.57
Eu	0.68	0.2	4.08	0.09	0.35	0.7
Gd	1.92	0.98	11.41	0.42	1.69	2.45
Tb	0.26	0.13	1.57	0.06	0.22	0.33
Dy	1.57	0.74	9.35	0.33	1.34	1.99
Ho	0.31	0.17	1.72	0.06	0.28	0.41
Er	0.93	0.54	5.01	0.24	0.87	1.19
Tm	0.14	0.08	0.74	0.03	0.13	0.18
Yb	0.91	0.63	4.68	0.3	1.02	1.14
Lu	0.17	0.11	0.72	0.06	0.18	0.19
Mo	0.1	0.6	0.1	1.2	0.6	0.2
Cu	19.4	4.5	11.2	10.3	7.7	14.3
Pb	2.4	3	8.4	15.1	8.9	3.5
Zn	91	26	35	19	14	34
Ni	5.3	2.2	3.5	5.2	3.9	5.1
Cr	13.7	34.2	13.7	13.7	13.7	20.5
Sc	8	3	17	2	3	10

EK Çizelge 2. ErAVK anklav, lav ve pomzalarının Sr-Nd izotop analiz sonuçları

ErAVK	No	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$			$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$		
		Ölçülen	$\pm 2\text{Sigma}$	İlksel	Ölçülen	$\pm 2\text{Sigma}$	İlksel
Anklav	G-82A	0.705318	0.000014	0.705312	0.512638	0.000002	0.512632
Lav	G-100	0.707688	0.000019	0.707599	0.512422	0.000003	0.512406
Lav	G-95	0.708162	0.000012	0.707967	0.512416	0.000002	0.512400
Lav	G-81	0.705833	0.000018	0.705818	0.512625	0.000002	0.512619
Lav	G-128	0.706109	0.000021	0.706092	0.512518	0.000002	0.512510
Pomza	T-18	0.706688	0.000004	0.706520	0.512516	0.000007	0.512507
Pomza	T-26	0.706615	0.000007	0.706542	0.512462	0.000002	0.512453

EK Çizelge 3. ErAVK anklav, lav ve pomzalarının Pb izotop analiz sonuçları

		$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$		$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	
		Ölçülen	$\pm 2\text{Sigma}$	Ölçülen	$\pm 2\text{Sigma}$	Ölçülen	$\pm 2\text{Sigma}$
Anklav	G-82A	19.09182	0.002197	15.69561	0.001811	39.19298	0.004593
Lav	G-100	18.97274	0.002285	15.68036	0.001894	39.02137	0.004728
Lav	G-95	18.79965	0.002074	15.45062	0.001926	38.41974	0.0051
Lav	G-81	18.95155	0.003876	15.56999	0.003357	38.81013	0.008588
Lav	G-128	19.15256	0.003621	15.74234	0.003027	39.2852	0.007491
Pomza	T-18	19.02201	0.009108	15.68165	0.007601	39.1071	0.018594
Pomza	T-26	19.02895	0.002675	15.67569	0.002211	39.1184	0.005562