

**ELAZIĞ GÜNEYİ YEMİŞLİK-DEREBOYNU
KÖYLERİ ARASINDAKİ MAGMATİK
KAYAÇLARIN PETROGRAFİK VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Özge TANYILDIZI

Yüksek Lisans Tezi

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Sevcan KÜRÜM**

MAYIS -2014

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**Elazığ Güneyi Yemişlik-Dereboynu Köyleri Arasındaki Magmatik Kayaçların
Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özge TANYILDIZI

(121116103)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : Mart 2014

Tezin Savunulduğu Tarih : Mart 2014

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Sevcan KÜRÜM (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : (F.Ü)

(F.Ü)

(F.Ü)

(F.Ü)

MAYIS-2014

ÖNSÖZ

Bu çalışma Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği anabilim dalında ‘Yüksek Lisans Tezi’ olarak hazırlanmıştır. Tez kapsamında Tadım, Dedeyolu, Badempınarı, Kavallı, Alıncık, Yemişlik köylerinin bulunduğu alanda yayılım gösteren magmatik kayaların petrografik ve jeokimyasal özellikleri çalışılmıştır.

Bu çalışma TÜBİTAK 113Y19 nolu projeyle desteklenmiştir. Desteklerinden ötürü TÜBİTAK’a çok teşekkür ederim. Ayrıca Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği ince kesit laboratuvar çalışanları Fuat İstek ve Tuncay Özdemir’e çalışırken gösterdikleri özveri için teşekkür ederim. Arazi çalışmaları sırasında benimle birlikte yorulan kıymetli Babama çok teşekkür ederim. Tez çalışmalarım sırasında her türlü konuda beni aydınlatan ve yardımını esirgemeyen tez danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Sevcan KÜRÜM’e çok teşekkür ederim. Ayrıca arazi çalışmalarım sırasındaki katkılarından dolayı Pınar Özdemir ve babasına çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ	IX
TABLolar LİSTESİ.....	XII
SEMBOLLER LİSTESİ.....	XIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. İnceleme Alanının Coğrafik Konumu	1
1.2. Önceki Çalışmalar	2
1.3. Çalışma Yöntemi Ve Planı	7
1.3.1. Arazi Çalışmaları	7
1.3.2. Laboratuvar Çalışmaları	7
1.3.3. Büro Çalışmaları	7
2. BÖLGESEL JEOLojİ	8
2.1. Keban Metamorfitleri (Permo-Triyas)	11
2.2. Elazığ Magmatitleri (Üst Kretase)	11
2.3. Harami Formasyonu (Maestrihtiyen)	16
2.4. Maden Grubu (Orta Eosen).....	16
2.5. Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen–Oligosen)	18
2.6. Karabakır Formasyonu (Üst Miyosen-Pliyosen)	18
2.7. Alüvyon	19
3. MİNERALojİK VE PETROGRAfİK İNCELEME.....	22
3.1. Elazığ Magmatikleri.....	22
3.1.1. Dasit/Riyolitler.....	22
3.1.2. Spilitik Bazaltlar.....	24
3.1.3. Bazaltlar	24
3.1.4. Andezitler	27
3.1.5. Bazaltik Andezit/Andezitik Bazaltlar.....	27
3.1.6. Trakitler	27
3.2. Maden Grubu Kayaçları	28

3.2.1.	Trakit / Latitler	28
3.2.2.	Dasit / Riyolitler	28
3.2.3.	Litik Tüfler	28
3.3.	Karabakır Formasyonu	31
3.3.1.	Bazaltlar	31
3.3.2.	Tefritler	31
4.	JEOKİMYA.....	33
4.1.	Ana Element Jeokimyası	33
4.2.	Harker Değişim Diyagramları.....	40
4.5.	İzotop Jeokimyası.....	54
5.	PETROJENEZ	60
5.1.	Kısmi Ergime	60
5.2.	Fraksiyonel Kristalleşme (FK).....	64
5.3.	Kaynak Magma	68
5.4.	Zenginleşme ve Kabuksal Kirlenme	74
6.	TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	78
	KAYNAKLAR	82
	ÖZGEÇMİŞ.....	88

ÖZET

Bu tez çalışmasıyla Elazığ ili güneyinde Tadım, Dedeyolu, Badempınarı, Kavallı, Dereboynu, Alıncık, Yemişlik köyleri çevresinde yayılım gösteren Üst Kretase yaşlı Elazığ Magmatitleri, Üst Miyosen-Pliosen yaşlı Karabakır Formasyonu, Orta Eosen yaşlı Maden Grubu volkanik kayaçların mineralojik – petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiş, magmanın kökeni ve oluşumunda etkili olan süreçlere açıklık getirilmeye çalışılmıştır.

Petrografik çalışmalar sonucunda, bölgede Elazığ Magmatitlerine ait kayaçların dasit/riyolit, bazalt, spilitik bazalt, andezit, bazaltik andezit ve trakit, tefrit ve dolerit bileşiminde kayaçlardan oluştuğu, Maden Grubuna ait örneklerin latit, dasit/riyolit, litik tüf bileşiminde, Karabakır Formasyonuna ait örneklerinin ise çoğunlukla bazalt ve az oranda tefrit bileşimli kayaçlardan oluştuğu tespit edilmiştir. Jeokimya verileri tüm birimlerin petrografik verileriyle uyumluluk gösterir. Ayrıca bu jeokimyasal verilere göre Elazığ Magmatitleri ve Maden Grubu kayaçlarının düşük ve orta-K'lu ve genellikle kalkalkali özellik gösterdikleri, Karabakır Formasyonu kayaçlarının ise yüksek-K'lu alkalen özellikli olduğu belirlenmiştir.

Çalışma konusu kayaçların LILE ve HNTe'lerinde gerçekleşen zenginleşmeler; dalma–batma sürecinin etkisi, kabuksal kirlenme veya kaynak bölgesindeki düşük dereceli kısmi ergime olaylarının etkisini belirtmektedir. Bu kayaçların düşük MgO içeriği, aynı zamanda bu kayaçların yitim zonu ortamlarında, yiten litosferin veya metasomatize olmuş üst manto kaynağının belli şartlar altında, kısmi ergimesiyle oluştuklarını desteklemektedir.

Tüm jeokimyasal değerlendirmelerde, Elazığ ve Maden grubu örnekleri, benzer magma kaynağını karakterize eden bir davranış sergilerken, Karabakır Formasyonu örnekleri farklı bir magma ya da farklı petrojenetik olaylardan etkilenmiş magmayı karakterize ettiği söylenebilir. Elazığ ve Maden volkanik kayaçlarının dalma-batma ile zenginleşmiş litosferik kaynaktan, bunun yanında yüksek Nb/Ba ve Nb/La içeriğine sahip Karabakır Formasyonu kayaçlarının ise astenosferik kaynak ve kıta içi zenginleşmelerden etkilendiği söylenebilir.

Örneklerin kimyasal analiz değişimlerine uyumlu olarak izotop analiz verileri de tüm bu kayaçların homojen bir kaynaktan türemediklerini göstermektedir. Buna göre ada yayı volkanitlerini temsil eden Elazığ Magmatitleri örneklerinin düşük ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)i oranları ve pozitif (+) ϵNdi değerlerine sahip olması, bu kayaçların tüketilmiş bir manto kaynağı

ve/veya tüketilmiş bir mantodan türeyen ve yaşlı bir metazomatizmaya işaret etmektedir. Karabakır Formasyonu volkanitlerinin ise tüketilmiş bir mantodan türeyen en son üye olduklarına işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tadımlı-Alıncık, Elazığ Magmatitleri, Maden Grubu, Karabakır Formasyonu, jeokimya, Sr - Nd izotop analizi

SUMMARY

South of the village of Elazığ Yemişlik-Dereboynu Between Petrographic and Geochemical Features of Igneous Rocks

In This thesis, it has examined that mineralogical - petrographic and geochemical characteristics of Middle Eocene Maden Group volcanic rocks, Upper Miocene-Pliocene Karabakır Formation, the Upper Cretaceous magmatics of Elazığ spreading around of Tadımlı, Dedeyolu, Badempinar, the Kavalli, Alıncık, Yemişlik villages in the south of Elazığ province. Furthermore it has tried to clarify magma origin and influential processes in its formation.

in results of Petrographic studies, It has determined that formation of dacite / rhyolite, basalt, spilitic basalt, andesite and basaltic andesite, trachyte, tephrite dolerite in the area belonging to Elazığ magmatics. The samples belong to group of Mine is composition latite, dacite / rhyolite, lithic tuffs. The samples of Karabakır Formation is occur mostly basalt and minor tephrite rocks. Geochemical datais compatible with petrographic data of all units. In addition, it geochemical data has determined that Elazığ magmatics and Mining Group rocks has low-and middle-K calc calc feature and Karabakır Formation rocks has high-K calc alkaline

In this study, LILE and LREE enrichments occurring in rocks were referred that the effect of plunge-sinking process, the effect of crustal contamination or low degree partial melting in the source region. Low MgO content of these rocks were supported that subducted lithosphere or upper mantle source metasomatized under the certain circumstances occurred with partial melting.

In All of the geochemical assessment, Karabakır Formation samples were characterization that affected magma by a different magma or different plutons events, while Elazığ and Maden group samples were showed behavior that the same magma source that will characterize. Elazığ and Maden volcanic rocks were affected enriched lithospheric source with plunge-sinking process, Formation Karabakır rocks with high Nb / Ba and Nb / La content were affected from enriched asthenospheric source and inland.

Chemical analysis results of samples in accordance with isotope analysis data are indicate not descended from a homogeneous source of all of these rocks. Accordingly, Elazığ magmatics samples representing island arc volcanics have low ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) i ratios and positive (+) ϵn values. It suggests that depleted mantle source and / or a depleted

mantle derived, and an old metasomatism of these rocks. Karabakır Formation volcanic rocks indicated the latest members derived from a depleted mantle.

Keys words: Tadim-Alincik, Elazig Magmatics, Mining Group, Karabakır Formation, geochemical, Sr - Nd isotope analysis

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Çalışma bölgesini gösterir yer bulduru haritası.....	2
Şekil 2.1.	Çalışma bölgesindeki ana yapısal unsurlar.....	8
Şekil 2.2.	Bölgenin Jeoloji Haritası.....	9
Şekil 2.3.	Bölgenin tekto stratigrafik kesiti	10
Şekil 2.4.	Alıncık köyü batısında koyu renkli, bol çatlaklı Elazığ Magmatitleri bazaltlarının görünümü.	12
Şekil 2.5.	Alıncık köyü çevresinde Elazığ Magmatitleri bazik kayaların görünümü...13	
Şekil 2.6.	Elazığ Magmatitlerinde dayk şeklinde yerleşmiş bazaltın görünümü. Dedepınarı köyü yaklaşık 1 km.batısı.....	13
Şekil 2.7.	Dedepınarı köyünün güneyindeki Elazığ Magmatitleri bazik kayalarından görünüm.	14
Şekil 2.8.	Dedepınarı köyü çevresindeki amigdaler dokulu bazaltların görünümü.	14
Şekil 2.9.	Badempınarı köyünün kuzeyinde alterasyonlanma gösteren andezitik bileşimli Elazığ Magmatitlerinin görünümü.....	15
Şekil 2.10.	Elazığ Magmatitlerine ait yastık lavlar ve bunları kesen asidik daykların görünümü. Dedeyolu-Alıncık köyü yol yarması.	15
Şekil 2.11.	Alıncık köyü - Sivrice yol yarmasında Maden Grubuna ait kırmızı renkli çamurtaşlarının görünümü.....	17
Şekil 2.12.	Alıncık köyü civarında (Alıncık Köyünün 1km doğusu) Maden Grubu kayalarının görünümü.	17
Şekil 2.13.	Maden Grubu yastık lavların Alıncık köyü kuzeydoğusundaki görünümü.	18
Şekil 2.14.	Yemişlik köyünün kuzeyinde Elazığ Magmatikleri piroklastikleri ile Karabakır Formasyonu lav akıntılarının görünümü.....	19
Şekil 2.15.	Karabakır Formasyonu piroklastik istifi oluşturan skorya depolanmalarının görünümü. Yemişlik köyü yaklaşık 1 km kuzeyi.	20
Şekil 2.16.	Karabakır Formasyonu piroklastik istifi oluşturan skorya depolanmasının yakından görünümü.	20
Şekil 2.17.	Karabakır Formasyonu skorya depolanması ve volkanik bombaların yakından görünümü.	21
Şekil 2.18.	Karabakır Formasyonu piroklastik istifteki gaz boşluklu volkan bombasının yakından görünümü. Altınçevre köyü kuzeyi.	21
Şekil 3.1.	Elazığ magmatitlerine ait porfirik dokulu yoğun altereli bir dasit örneğinden farklı görünüm.....	23
Şekil 3.2.	Elazığ Magmatiklerine ait variyolitik dokulu splitik bazaltlarda plajiyoklas olivin ve piroksen mineralleri.....	25
Şekil. 3.3.	Elazığ Magmatitlerine ait bir bazalt örneğine ait plajiyoklaslar	26
Şekil 3.4.	Maden Grubuna ait dasit örneğinde gözlenen plajiyoklaslardaki killeşme.	29

Şekil 3.5.	Maden Grubuna ait litik tuf örneğinden iki farklı görünüş.	30
Şekil 3.6.	Karabakır Formasyonundan alınan bir bazalt örneği ve fenokristaller etrafında gözlenen akma yapılarının görünümü.	32
Şekil 4.1.	Çalışma bölgesine ait örneklerin Toplam Alkali-SiO ₂ diyagramı.	37
Şekil 4.2.	Çalışma alanı volkanik kayaların yüksek enerjili elementler kullanılarak sınıflandırılması (Zr/TiO ₂ – SiO ₂	37
Şekil 4.3.	SiO ₂ -Na ₂ O+K ₂ O Diyagramı.	38
Şekil.4.5.	Çalışma bölgesine ait birimlerin Shand indeks diyagramına (Maniar ve Picolli, 1989) göre dağılımları.	39
Şekil 4.6.	Çalışma bölgesine ait birimlerin diyagramındaki dağılımları.	40
Şekil 4.7.	İncelenen kayaların Zr (ppm) ve SiO ₂ 'e karşı ana oksit ikili değişim diyagramları.	42
Şekil 4.8.	Örneklerin LILE Harker diyagramındaki dağılımları.	46
Şekil 4.9.	Örneklerin bazı HFSE -Zr değişim diyagramlarındaki dağılımları.	48
Şekil 4.10.	Bazı nadir toprak elementlerin Zr ve SiO ₂ değişim diyagramlarındaki dağılımları.	51
Şekil 4.11.	Çalışma konusu kayaların Kondrit'e normalize nadir toprak element diyagramları normalleştirme değerleri.	53
Şekil 4.12.	Örneklerin (⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr) _i –εNd diyagramında dağılımı	56
Şekil 4.13.	Çalışma konusu kayaların (⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr) _i -(¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd) _i diyagramındaki dağılımları (CHUR-Nd ve CHUR-Sr; Nd ve Sr için kondritik tekdüze rezervuar).	56
Şekil 4.14.	İncelenen kayaların (⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr) _i ve (¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd) _i a karşı SiO ₂ , MgO, Sr, Th ve Nd korelasyon diyagramları. FK; Fraksiyonel Kristalleşme, AFK; Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalleşme, KH; Kaynak Heterojenliği.	57
Şekil 5.1.	Çalışma bölgesine ait örneklerinin Zr (ppm)'a karşı Co (ppm) ve Ni (ppm) değişimleri.	61
Şekil 5.2.	Çalışma bölgesi volkanik kayalarına ait Zr/Nb - Ce/Y değişim diyagram (Görmüş, 2009).	64
Şekil 5.3.	Çalışma bölgesi volkanik kayalarına ait Zr – Zr/Nb ve Ce/Zr değişim diyagramları.	66
Şekil 5.4.	Çalışma bölgesi volkanik kayaları için a) SiO ₂ - ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr b) Rb/Sr- ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr değişim diyagramları.	67
Şekil 5.5.	Zr/Ba-Nb/Ba ikili değişim diyagramı.	69
Şekil 5.6.	İncelenen örneklerin Wood (1980) Hf/3-Th-Nb/16 tektonik ayırım diyagramındaki konumları. A: Normal okyanus ortası sırtı bazaltı (N-OOSB), B: Zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltı (Z-OOSB)-Levha içi toleyitleri (WPT), C: Levha içi alkalileri (WPA), D: Ada yayı toleyitleri (IAT).	70
Şekil 5.7.	Ba-Nb ikili değişim diyagramı (Temizel, 2008).	70

Şekil 5.8.	Çalışma bölgesine ait örneklerin Zr (ppm)'a karşı Ti (ppm) tektonik ortam ayırtman diyagramı. Ada Yay Toleyitleri (AYT), Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı (OOSB) (Temizel, 2008).....	71
Şekil 5.9.	Çalışma bölgesine ait örneklerin Ta/Yb'a karşı Th/Yb değişim diyagramı Merkez Andlar ile kıtasal levha içi bazalt (LİB) alanları	72
Şekil 5.10.	Çalışma bölgesine ait örneklerin K_2O/Th -La/Ta değişim diyagramı	73
Şekil 5.11.	Çalışma bölgesine ait örneklerin Nb/La - La/Yb diyagramındaki dağılımı.....	73
Şekil 5.12.	Nb/Y-Th/Y ikili değişim diyagramı	76
Şekil 5.13.	Çalışma bölgesi volkanik kayalarına ait Zr/Ba - Nb/Zr değişim diyagramı ...	77

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 4.1. Elazığ Magmatitlerine ait örneklerin ana oksit (%Ağırlık) ve iz element (ppm) tablosu.....	35
Tablo 4.2. Maden Grubu ve Karabakır Formasyonuna ait örneklerin ana oksit (%Ağırlık) ve iz element (ppm) tablosu	36
Tablo 4.3. Elazığ Magmatitlerine ait örneklerin nadir toprak element (REE, ppm) tablosu	50
Tablo 4.4. Maden Grubu ve Karabakır Formasyonuna ait örneklerin nadir toprak element (REE, ppm) tablosu	50
Tablo 4.5. Çalışma bölgesine ait örneklerin izotop analiz sonuçları	55
Tablo 5.1. Elazığ Magmatitlerine ait örneklerine bazı element oranları.....	62
Tablo 5.2. Maden Grubu ve Karabakır Formasyonuna ait örneklerin bazı element oranları	63

SEMBOLLER LİSTESİ

AYT	: Ada Yayı Toleyitleri
E- ve N-OOSB	: Zenginleşmiş ve Tüketilmiş Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
IAT	: Ada yayı toleyitleri
İM	: İlkse Manto
N-OOSB	: Normal okyanus ortası sırtı bazaltı
OAB	: Okyanus ada bazaltı (ocean island basalt-OIB)
OOSB	: Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
OÜKK	: Ortalama Üst Kıtasal Kabuk bileşimi
WPA	: Levha içi alkalileri
WPT	: Levha içi toleyitleri
Z-OOSB	: Zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltı

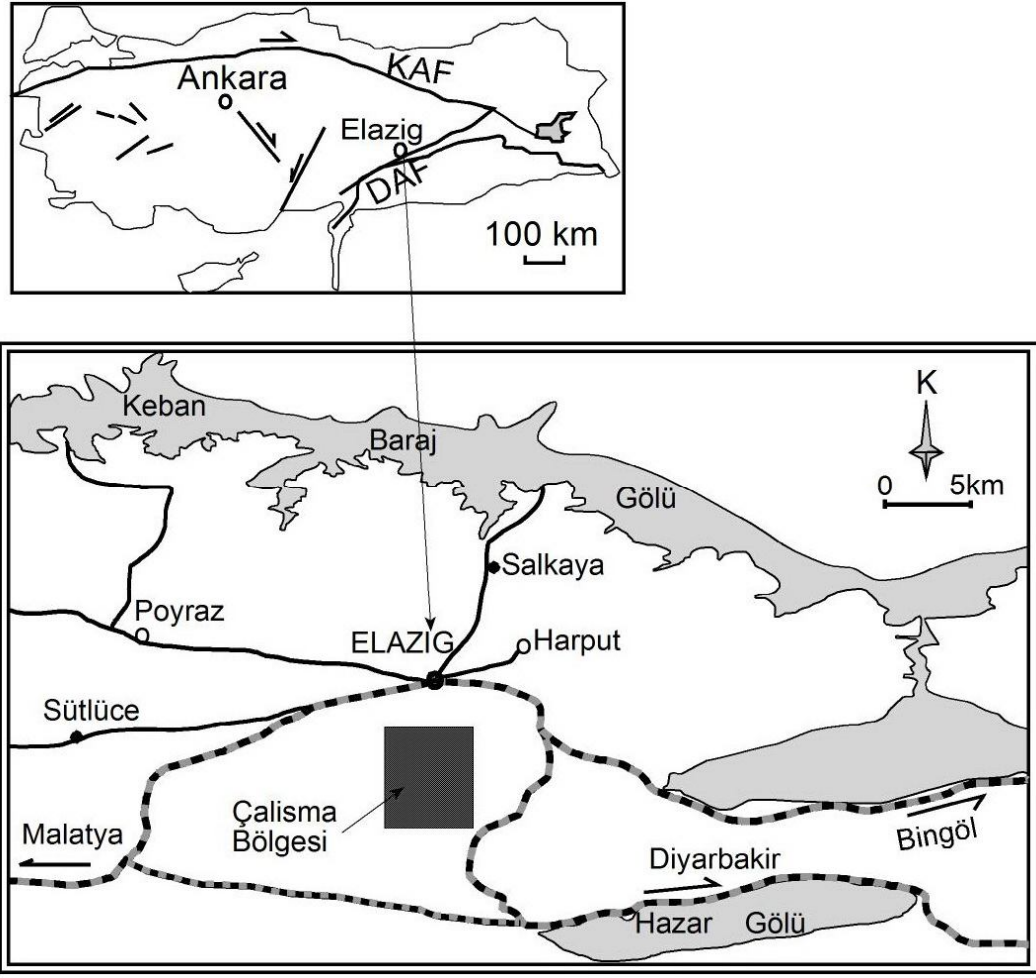
1. GİRİŞ

İnceleme alanında, magmatik (plütonik-vulkanik) kayalar üzerinde detaylı jeokimyasal çalışmalar bulunmamaktadır. Bu nedenle, çalışma alanında yayılım gösteren kayaların petrografik ve jeokimyasal özellikleri belirlenerek, söz konusu bu kayaların oluşum mekanizması ve kökenlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, MTA (2011) ve Baykendi (1998) , tarafından bölgede daha önce yapılmış jeoloji haritaları temel alınarak, gerekli yerlerde haritada revizyon yapılmış ve bölgeyi temsil edecek şekilde örnekleme çalışması yapılmıştır. Toplam 62 adet örnek alınmıştır. Bu örnekler üzerinde petrografik ve jeokimyasal (ana element, iz element, nadir toprak element) analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma inceleme bölgesinde magmatik birimleri (Elazığ Magmatikleri, Maden Grubu, Karabakır Formasyonu) konu almaktadır. Önceki çalışmalarda (Baykendi, 1998) çalışma bölgesinin güneyinde Kömürhan Ofiyolitlerine ait bir yayılımın olduğunu belirtmiştir. Ancak arazi çalışmaları sırasındaki gözlemler, alınan örneklerin petrografik ve jeokimyasal verileri ofiyolitik istife ait bir yayılımın olmadığını göstermektedir.

1.1. İnceleme Alanının Coğrafik Konumu

İnceleme alanı Elazığ ili güneyinde (Şekil 1.1)1/25.000 ölçekli Elazığ K42 d3-d4, Elazığ L42a1-a2 paftalarında yer almaktadır. İnceleme alanındaki en önemli yerleşim merkezleri Tepeköy, Sarıyakup, Kavallı, Tadım, Dereboynu, Badempınarı, Dedeyolu, Alıncık, Dedepınarı, Yemişlik köyleridir. Bütün yerleşim merkezlerine çoğunluğu asfalt olan yollarla ulaşım imkânı bulunmaktadır.

Doğu Anadolu Bölgesinde görülen tipik karasal iklim bölge iklimine de yansımaktadır. Bitki örtüsü bakımından fakir olan bölgede oldukça düzgün ve geniş tarım alanları bulunmaktadır. Çalışma alanının kuzeyinde Meryem dağı, güneyinde ise Sivrice tepe en büyük yükseltileri oluşturmaktadır. Diğer kısımlarda ise çok fazla sarp olmayan küçük yüksekliklere sahip tepeler bulunmaktadır.



Şekil 1.1. Çalışma bölgesini gösterir yer bulduru haritası

1.2.Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı Türkiye'nin dört tektonik birliğinden biri olan Toridler bölgesinin doğu kesiminde yer almaktadır. Bölgenin ekonomik değere sahip cevherleşme açısından zengin oluşu, bölgesel ölçekli yapısal unsurlarından biri olan Doğu Anadolu Fay hattının varlığı ve bölgenin jeotektonik evrimini açıklamaya katkısı olabilecek magmatik kayaların geniş yüzeyleme sunması jeolojik açıdan bölgenin önemini artırmıştır. Bu nedenle bölgede değişik amaçlı birçok çalışmanın yapılmasına temel olmuştur. Çalışma alanı yakın çevresinde ve genel olarak Elazığ civarında yapılmış olan bazı çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Elazığ Magmatitleri ilk defa Perinçek (1979a) tarafından Hakkâri civarında okyanus içi yay birimleri için tanımlanan Yüksekova Karmaşığı yine Perinçek (1979b) tarafından,

Elazığ civarındaki Üst Kretase yaşlı kırmızı-yeşil kireçtaşı, şeyl, kumtaşı, volkanik kumtaşı, tuf, aglomera, bazalt, diyabaz, gabro, serpantinit, granit ve granodiyorit olarak ayırtlanan litolojiler için kullanılmıştır. Daha sonra Elazığ çevresinde yapılan çalışmalarda birçok araştırmacı, aynı ismi benimsemiştir (Perinçek ve Kozlu, 1984; Özkul, 1982).

Buna karşılık Bingöl (1982), Yüksekova Karmaşığı tanımını Kampaniyen-Maastrihtiyen yaşlı volkanosedimanter birimlerle beraberindeki ofiyolitler ve granitik kayalar için kullanmıştır. Bingöl (1984, 1988) ve Turan (1984) bu tanımları, amfibolitler, granitik kayalar, diyabazlar, yastık lavlar, andezitler, andezitik piroklastik kayalar, dasitler ve mikritik kireçtaşları kapsamında kullanmışlardır ve magmatik kompleksin aplitik, mikrogranitik ve dasitik dayklar tarafından kesildiğini ifade etmişlerdir. Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda bazı araştırmacılar (Turan vd., 1993; Turan ve Bingöl, 1991)'in Yüksekova Kompleksi tanımının, Yüksekova civarında tanımlanan birimlerin litolojik ve yapısal özellikleri ile Elazığ çevresindekilerin özelliklerinin farklı olduğunu, Hakkari civarından farklı olarak Elazığ'daki birimlerin tabandan tavana düzenli bir istif olduğunu bu nedenle bir karmaşıklık özelliği göstermediğini vurgulayarak, birime "Elazığ Magmatitleri" ismini vermişlerdir. Bu araştırmacılara göre Elazığ Magmatitleri tabanda gabro-diyorit bileşimli derinlik kayaları, bunların üzerinde bazaltik, andezitik volkanik kayalar, volkanoklastitler ile tüm bunları kesen granodiyorit-tonalit bileşimli derinlik kayaları ve dasit dayklarından oluşmuştur. Araştırmacılardan bazıları, nötr ve felsik dayklarca kesilen yastık yapıları bazik volkanitler ve bunları üzerleyen piroklastik-volkanoklastik sediment stratigrafisine dayanarak hem plütonik hem volkanik kayalardan ibaret birimi ada yayı topluluğu olarak kabul etmişlerdir (Akgül ve Bingöl, 1997).

Özkan (1983), Master dağı doğusundaki Üst Kretase yaşlı volkanik yüzeylemeleri için Caferi (Gedikyolu) köyüne atfen "Caferi Volkanitleri" adını kullanmıştır. Aktaş ve Robertson (1984), Üst Kretase yaşlı kalk alkali intrüzifler ile mafik volkanik-piroklastik kayaları ve sedimentleri "Elazığ-Palu Napı" adıyla tanımlamışlar ve bu volkanosedimanter birimin, Yüksekova ensimatik ada yayı biriminin batıdaki devamı olduğunu belirtmişlerdir. Aktaş ve Robertson (1990), GD Anadolu'da bu birim için, bölgesel olarak "Volkanik Yay Kompleksi" ismini kullanmıştır.

Elazığ Magmatitleri'nin oluşumu hakkında değişik araştırmacılar aynı veya birbirine yakın görüşler ileri sürmüşlerdir. Perçinek ve Özkaya (1981) magmatitlerin hakkında iki olasılıktan bahsetmekte; ilk olarak birimin tümüyle kıtasal bir kabuk ya da kıta kabuğu eklentisi üzerinde gelişmiş ada yayı türünde bir oluşuk olduğu ve bazik volkanitlerin ada

yayı ilksel volkanizması ürünleri olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar ikinci ihtimal olarak birimin bir bölümünün kıtasal kabuk üzerinde gelişmiş ada yayı malzemesinden, diğer bölümünde okyanusal kabuk gelişimini temsil eden malzemelerden oluştuğunu belirtmişlerdir. Bingöl (1982, 1984) magmatitlerin kısmen kıtasal kısmen de okyanusal kabuk üzerinde gelişen ada yayı ürünleri olduğunu belirtmiştir. Yazgan vd.(1987), birimin kalkalkalen özellikte kıta kenarı magmatizması ürünleri olduğunu belirtmiştir. Beyarslan ve Bingöl (1996) ise Elazığ Magmatitleri'nin Üst Kretase oluşan supra-subduction zonu ofiyolit üzerinde gelişen ada yayı ürünleri olduğunu belirtmektedirler.

Maden Grubu ilk kez Ketin (1983) tarafından Çermik (Diyarbakır) çevresinde Maden Serisi olarak adlandırılmış ve Koçali Karmaşığı'ı da bu seriye dâhil edilerek incelenmiştir. Bölgede yapılan ve bölgenin jeotektonik evrimini açıklayan ilk detaylı çalışma Rigo de Righi ve Cortesni (1964) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar Üst Maestrihtiyen-Paleosen yaşlı şeyl kumtaşı ardalanmasından oluşan Hazar birimi üzerinde bulunan Eosen yaşlı magmatik ve bunlarla birlikte buluna çökel kayaçları Maden birimi olarak adlandırmışlardır.

Araştırmacılar, ayrıca bu birim ile aynı ortamda çökeldiğini belirttikleri Paleosen-Alt Eosen yaşlı sedimenter çökelleri de ilk olarak Hazar birimi (Hazar unit) adıyla tanımlayarak ayrı bir birim şeklinde incelemişlerdir.

Maden Grubu, tipik olarak yüzeyleme verdiği Maden İlçesi (Elazığ) ve dolaylarında, aynı zamanda en geniş yüzeylemelerine de sahiptir. Birimin dağılım alanı, doğuda Palu İlçesi'nin doğusu ve Arıcak İlçesi'nin kuzey kesimlerinden başlayarak, Malatya İli güneyi ve Adıyaman İli kuzey kesimlerine kadar uzanan yaklaşık KD-GB doğrultusunda ve Doğu Anadolu Fayı'na paralel bir zonu kapsar. Bu zon içerisinde Palu-Hazar Gölü arasında fayın güney kesimlerinde daha geniş bir dağılım gösterirken, bu geniş yüzeylemeler Hazar Gölü'nün güneybatı kesiminden itibaren Adıyaman ilinin kuzeyine kadar ise, fayın kuzeyinde kalan alanlarda yer alır.

Özkaya (1975) Sason ve Baykan yöresinin stratigrafisini incelerken, konglomera, fliş, marn, spilit ve serpantinitleten oluşan ve içerisinde 1-2 km. boyutuna kadar ulaşan kireçtaşı olistolitleri bulunduran Alt Eosen-Miyosen yaşlı birimi Sason-Baykan Grubu olarak adlandırmıştır.

Sungurlu (1975), Ergani (Diyarbakır) kuzeyindeki çalışmasında birim için Baykan Karmaşığı adını kullanmıştır.

Birim, Maden Karmaşığı adıyla ilk kez, tipik yüzeyleme verdiği Ergani-Maden yöresinde Perinçek (1979b) tarafından adlandırılmıştır. Araştırmacı, yörede yapılan önceki çalışmaları da dikkate alarak birimi Ceffan, Arbo, Melefan, Karadere ve Narlıdere olmak üzere beş ayrı formasyona ayırmış; Hazar Grubu’nu da ayrı bir birim olarak kabul ederek Simaki, Şebgen ve Gehroz adlarıyla üç formasyon şeklinde incelemiştir.

Birim farklı araştırmacılar tarafından Maden Birimi (Rigo de Righi ve Cortesini, 1964); Davudan Formasyonu (Özkaya, 1978), Davudan volkanitleri (Aktaş, 1985); Maden Formasyonu (Özkaya, 1978, Çağlayan vd. 1984); Karadere Formasyonu (Açıkbaş ve Baştuğ 1975); Maden melanjı (Hempton; 1984), Maden volkanosedimanter birimi (Yazgan ve Chessex, 1991); Maden Kompleksi/Karmaşığı (Özçelik, 1985) olarak adlandırılmıştır.

Yazgan (1981), Elazığ-Malatya dolaylarındaki çalışmasında birimi, Maden Otokton Çökelleri, Melefan Oluşumu ve Volkanik Maden Oluşumu olmak üzere üç üyeye ayırarak Maden Karmaşığı adı altında incelemiştir.

Erdoğan (1982), Ergani-Maden yöresinde Maden Grubu olarak adlandırdığı karmaşığı, Alt Volkanik Sediment Birimi ve Üst Volkanik Birimi olarak iki ayrı birim halinde incelemeyi uygun görmüştür. Araştırmacı, önceki çalışmalarda Hazar Grubu olarak adlandırılan birimin aslında Maden Grubu’nun alt seviyelerini oluşturan sedimenter kayalar olduğunu ve ayrı bir formasyon olarak incelenmesine gerek olmadığını ileri sürmüştür. Hempton (1984), Maden Karmaşığı adını aynen kabul ederek birimi, alttan üste doğru taban konglomerası, masif kireçtaşları, pelajik kireçtaşları, kırmızı çamurtaşları, bazalt-bazaltik andezit-andezitik volkanitler ve bazalt-andezitik volkano-klastitler olmak üzere yedi litofasiyese ayırarak incelemiştir.

Sungurlu vd. (1975), birimi Ceffan, Arbo, Melefan, Karadere olmak üzere dört ayrı formasyona ayırarak incelemiş ve Maden Karmaşığı adını kullanmıştır. Araştırmacılar aralarında bazı yerlerde görülen uyumsuzluktan dolayı Gehroz Formasyonu’nu, Hazar Grubu’nun bir formasyonu olarak kabul etmemiş ve bu iki birimi birbirlerinden ayırarak incelemişlerdir.

Araştırmacılar bu bölgedeki Hazar-Maden havzasında çökelen birimlerin hepsini genel anlamda “Maden Karmaşığı” adı altında toplamış; Hazar-Guleman Napı ve Killan Ekay Birimi olarak adlandırdıkları birimlerin bu Karmaşığı oluşturduğunu belirtmişlerdir. Hazar Grubu’nu, Hazar-Guleman Nap alanı içerisinde; diğer çalışmalarda Maden Karmaşığı olarak incelenen birimi ise, “Maden Grubu” adı altında Killan Ekay Birimi içerisinde ele alarak inceleyen araştırmacılar; her iki grubun yaşını da Paleosen-Eosen

olarak kabul etmelerine karşılık, litolojik özelliklerini dikkate alarak Hazar Grubu ve Maden Grubu'nu bir birinden ayırmışlardır. Aynı araştırmacılar Maden İlçesi'nin daha doğu kesimlerinde yüzeyleyen ve diğer araştırmacılar tarafından Maden Grubu'na ait bir formasyon olarak kabul edilen Karadere Formasyonu'nu ise ayrı bir birim olarak incelemişlerdir. Birimin genel görünümünün karmaşığı andırmasına ve ekaylanmasına rağmen gerçekte stratigrafisi izlenebilen düzenli bir volkanosedimanter istif niteliğinde olduğunu düşünen araştırmacılar (Erdoğan, 1982; Aktaş ve Robertson, 1990) tarafından ise Maden Grubu olarak adlandırılmıştır.

Bu çalışmada birimin ilksel olarak düzenli bir istif sunduğı, yapısal karışık özelliğini daha sonraki tektonik olaylarla kazandığı dikkate alınarak, birim Maden Grubu adı ile anılacaktır.

Karabakır Formasyonu İlk kez Naz (1979) tarafından Tunceli ili Pertek ilçesine bağlı Karabakır Köyü çevresindeki yüzeylemeler için Karabakır Formasyonu adı kullanılmıştır. Daha sonra yapılan birçok çalışmada (Bingöl, 1984; Turan ve Bingöl, 1991), Karabakır Formasyonu adı kullanılmıştır. Palu (KD Elazığ) civarında yaptıkları çalışmada gölsel kireçtaşları ve olivinli bazaltlardan oluşan birimi Karadağ Bazaltları olarak adlandırılmıştır (Yazgan, 1987).

Çalışma bölgesinde Karabakır Formasyonu için Baykendi(1998) volkanizmanın ürünlerinin bazı özelliklerinden yararlanılarak bunların stromboli tipi püskürmelerle oluşabileceğini belirtmiştir. Bu tip püskürmeler, çatlak boyunca veya basit bir bacadan oluşabilirler. Birimin yaşı, genel olarak stratigrafik konumu dikkate alınarak belirlenmiş, şuna kadar radyometrik yaş tayini yapılmamıştır. Daha önceki çalışmalarda (Bingöl, 1984; Aksoy;1993, Kürüm, 1994) birimin stratigrafik konumu dikkate alınarak birim için Üst Miyosen- Pliyosen yaşı kullanılmıştır.

Karabakır Formasyonu'nu oluşturan volkanizmanın üç evrede geliştiğini ilk evrede yarık püskürmeleri, ikinci evrede magma içerisindeki gazların etkinliğinin artması ile tüfler ile aglomeraların oluştuğunu son evrede ise bazaltik tuf curuf konilerinin meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Inceöz (1994), Karabakır Formasyonu'nun litolojik özelliklerini dikkate alarak birimin tamamen karasal bir ortamda çökeldiğini ve bazalt üyelerinin ise tamamen kıta içi volkanizma ürünleri olduğunu belirtmiştir.

1.3. Çalışma Yöntemi Ve Planı

Bu tez çalışması inceleme alanında yayılım gösteren magmatik kayaçların petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, çalışma amacına yönelik olarak arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

1.3.1. Arazi Çalışmaları

Yüksek lisans tezi kapsamında yapılan arazi çalışmaları 2013 yaz gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar sırasında önceki çalışmalara ait yersel jeolojik haritalar Baykendi(1998) ile MTA Genel Müdürlüğü'nün 1/50.000 ve 1/100.000 ölçekli jeoloji haritalarından yararlanılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında Brunton tipi jeolog pusulası, GPS (Magellan Sportrak Color), jeolog çekici, lup, şeritmetre ve benzeri araçlardan yararlanılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında tüm yörelerden olabildiğince sistematik ve tüm bölgeyi temsil edebilecek nitelikte örnekleme yapılmaya çalışılmıştır. Ancak özellikle alterasyon ve ayrışmanın yer yer yoğunluğu ve bazı alanlarda istenen kalite ve nitelikte yüzeylemelerin bulunmayışı nedeniyle bazı alanlarda bulunabilinen en iyi yüzeylemelere yoğunlaşılmıştır.

1.3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Bu aşamada öncelikle petrografik determinasyon çalışmalarını yürütmek üzere araziden derlenen magmatik kayaçlara ait el örneklerinden Fırat Üniv. Jeoloji Müh. Böl. İncekesit laboratuvarlarında ince kesitler yaptırılmış, hazırlanan ince kesitler içerisindeki mineral bileşimi, doku tayinleri ve isimlendirme ile alterasyon durumları Leica Polarizan mikroskoplar yardımıyla saptanmıştır. Bu örneklerin gerekli görülenlerden fotoğraflar çekilmiştir. Petrografik incelemeler sonunda uygun görülen toplam 22 adet örnek kırma-öğütme işleminden geçirilerek, Kanada ACME laboratuvarında ana oksit ve eser element analizleri yaptırılmıştır

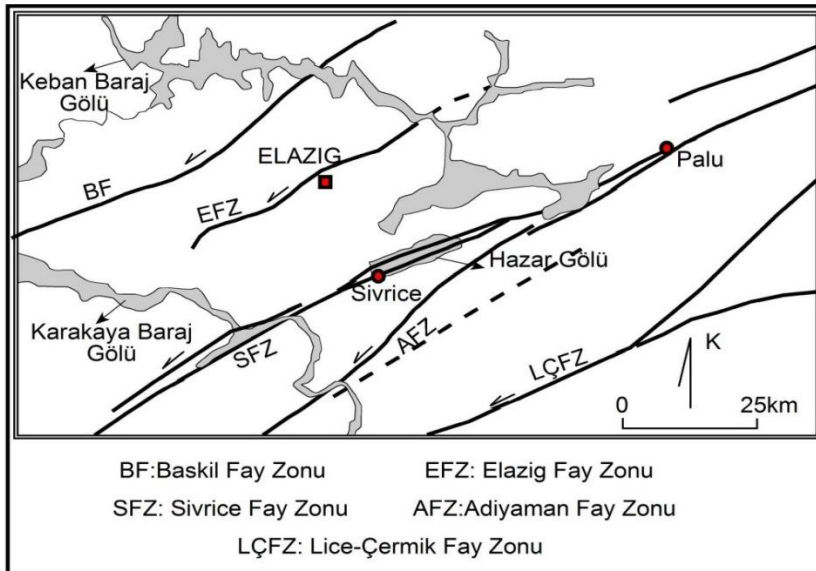
1.3.3. Büro Çalışmaları

Arazi çalışmaları öncesinde literatür derlemesi yapılmıştır. Arazi ve laboratuvarda yapılan çalışmalar neticesinde bölgenin jeolojik haritası tamamlanmış kimyasal analiz sonuçları çeşitli diyagramlarda değerlendirilerek rapor yazımına başlanmıştır.

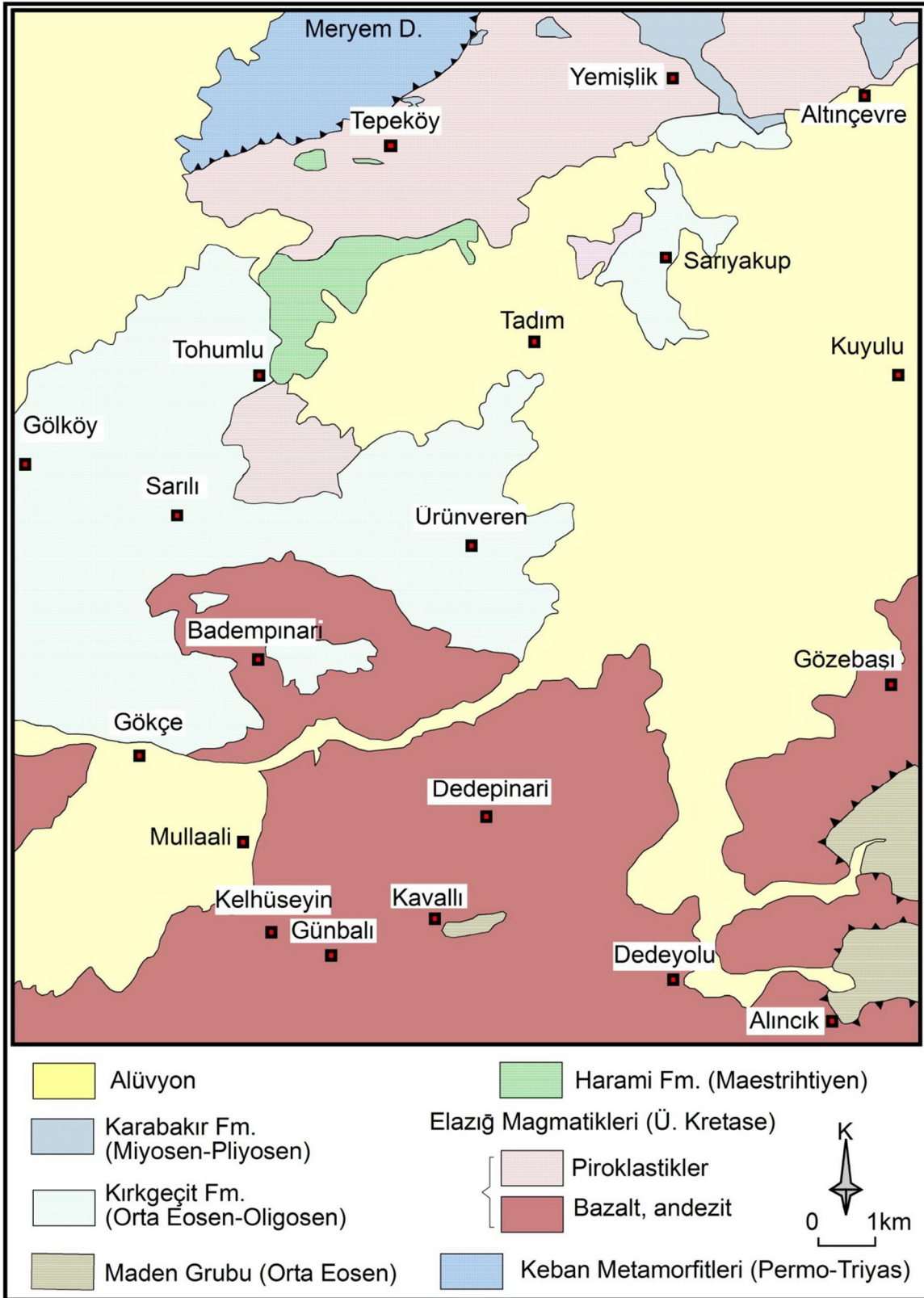
2. BÖLGESEL JEOLojİ

Torid Tektonik Birliğinin (Ketin, 1996) Doğu Toros Orojenik Kuşaağı içerisinde bulunan çalışma alanının ana yapısal unsuru Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) oluşturmaktadır (şekil 2.1). Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) Anadolu ve Arap-Afrika levhaları arasında yer alan 30 km genişlik 700 km uzunlukta ve KD gidişli sol yanal doğrultu atımlı büyük bir makaslama kuşağıdır. Aksoy ve diğ. (2007) DAFS'nin Hazar gölü yakınlarında; Elazığ, Uluova, Sivrice, Adıyaman ve Lice-ermik fay kuşağı şeklinde beş ayrı fay kuşağından oluştuğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar 2, 4 km genişliğinde ve 180 km uzunluğundaki Sivrice fay kuşağının DAFS'in ana faynı oluşturduğunu ve bu fayın birkaç alt fay kuşağı ile çok sayıda tekil faydan oluştuğunu işaret etmişlerdir. İnceleme alanında yüzeyleyen birimler yaşlıdan gence doğru řu şekilde sıralanabilir (şekil 2.2, şekil2.3).

Keban Metamorfitleri	Permo-Triyas
Elazığ Magmatitleri	Üst Kretase
Harami Formasyonu	Maestrihtiyen
Maden Karmaşığı	Orta Eosen
Kırkegeit Formasyonu	Orta Eosen- Oligosen
Karabakır Formasyonu	Üst Miyosen-Pliyosen
Alüvyon	Kuvaretnen



şekil 2.1. Çalışma bölgesindeki ana yapısal unsurlar. Aksoy ve diğ., (2007)'den sadeleştirilmiştir.



Şekil 2.2. Bölgenin Jeoloji Haritası (Baykendi,1998'den değiştirilerek alınmıştır)

Yaş	Birim ler	Litoloji	Tanımlama
Q	Alv.		Alüvyon-yamaç molozu- taraça
Ü.Miy. Pliy	Kara. Fm.		Skorya depolanması, bazaltik lav
O.Eos-U.Olig	Kırkgeçit Fm.	 	Kireçtaşı Marn Kumtaşı Konglomera
Ü.Kretase	Harami Fm.		Kireçtaşı
Permo Triyas	Keban Met.		Mermer
Üst Kretase	Elazığ Magmatikleri	 	Piroklastik kayaçlar Volkanik kayaçlar Asidik dayklar Diyabaz daykı
O.Eosen	Maden Gr.	 	Kireçtaşı Çamurtaşı Bazaltik, andezitik lavlar

Şekil 2.3. Bölgenin tekto stratigrafik kesiti

2.1. Keban Metamorfitleri (Permo-Triyas)

İlk defa Özgül (1976) tarafından batı Toroslarda görülen ve Alanya birliğine dahil edilerek incelenen birim, çalışma alanının kuzeyinde Tepeköy çevresinde yayılım göstermekte olup gri-beyaz renkli, kristalize kireçtaşları ve mermerlerle temsil edilmektedir.

Çalışma alanında mermerlerin dış yüzeyleri kırmızımsı renkli, taze yüzeyleri ise grimsi beyaz renklidir. Sert ve dayanıklı bir yapıya sahip olan kayalar farklı boyutlarda kalsit ve kuvars mineralleri içermektedir.

2.2. Elazığ Magmatitleri (Üst Kretase)

Elazığ çevresinde çok geniş bir yüzeylemeye sahip olan Elazığ Magmatitleri, çalışma alanında bulunan birimlerden en geniş yayılımı oluşturmaktadır. İnceleme alanının kuzeyinde Yemişlik, Tepeköy, Altınçevre ve Sarıyakup köyleri çevresinde piroklastik özellik gösterirken, Badempınarı, köyleri çevresinde ise lav akıntılarıyla temsil edilmektedir. Yayılım Keban Metamorfitleri çalışma alanının kuzeyinde Karabakır Formasyonu ve Harami Formasyonu ile dokanak oluştururken, güneydeki yayılım ise Maden Grubu ile dokanak oluşturmaktadır. Haritadaki görünümü nedeniyle kuzey ve güneyde birbirinden bağımsız yüzeyleme oluşturmuş şekilde olan Elazığ Magmatitleri (Şekil 2.2) ile ortak dokanak oluşturan birim Kırkgeçit Formasyonu ve Alüvyonlardır. Çalışma alanının güneyinde Alıncık köyü civarında Maden Grubu üzerinde tektonik olarak bulunan Elazığ Magmatitleri kuzeyde Meryem dağı çevresinde bulunan Keban metamorfite ile tektonik dokanak oluşturmaktadır. Bunun dışında, diğer tüm birimlerle diskordan ilişkili olarak bulunmaktadır (Şekil 2.3). Çalışma alanının kuzeyinde, Yemişlik Köyü çevresinde Karabakır Formasyonu magmatitleri uyumsuz olarak örtmektedir.

İnceleme alanındaki Elazığ Magmatitleri, tabanda yastık lavlar ile nisbi olarak bazik bileşimli lavların daha yaygın olduğu lav akıntıları ve bunları kesen asidik dayklar ile üst kesimlerdeki tüf ve piroklastiklerden oluşmaktadır. Yapılan petrografik incelemelerde dasit, riyolit, bazalt, andezit, trakit gibi kayalardan oluştuğu belirlenmiştir. Elazığ Magmatitleri'nin bazaltik kayaları oldukça çatlaklı siyah ve koyu yeşil renklidirler (Şekil 2.4) Arazide yer yer sivri küçük kafalar (Şekil 2.5) yer yer de dayklar şeklinde bulunan (Şekil 2.6) bazaltik kayalardan sağlam örnek almak için zorlanılmıştır. Genellikle koyu renkli olan yastık lavlar yer yer daha açık renkli olup yer yer de elipsoidal ve tüp şeklinde

görülmektedir. Dış kısımları hızlı soğuma nedeniyle, camsı malzeme içerirken iç kısımlarda soğumanın yavaş olması nedeniyle, daha iri taneli kristaller gelişmiştir. Yastık lavların dış kısımlarından alınan, örneklerde, hiyalopilitik ve gaz boşluklarının (kalsit, epidot, zeolit) ikincil minerallerle dolması sonucu oluşan amigdaler doku görülmektedir (Şekil 2. 8). Andezitik ve daha asidik bileşimli Elazığ Magmatitleri genellikle toprağımsı görünümlü ve yumuşak topoğrafyalar oluşturmaktadır. İnceleme alanı içerisinde Kavallı, Alıncık, Dedeyolu Köyleri civarında ve Elazığ-Sivrice karayolu üzerindeki yol yarmalarında bazalt ve bazaltik yastık lavları kesen dasit daykları bulunmaktadır (Şekil 2.10).



Şekil 2.4. Alıncık köyü batısında koyu renkli, bol çatlaklı Elazığ Magmatitleri bazaltlarının görünümü.



Şekil 2.5. Alıncık köyü çevresinde Elazığ Magmatitleri bazik kayaçlarının görünümü.



Şekil 2.6. Elazığ Magmatitlerinde dayk şeklinde yerleşmiş bazaltın görünümü. Dedepınarı köyü yaklaşık 1 km.batısı.



Şekil 2.7. Dedepınarı köyünün güneyindeki Elazığ Magmatitleri bazik kayaçlarından görünüm.



Şekil 2.8. Dedepınarı köyü çevresindeki amigdaler dokulu bazaltların görünümü.



Şekil 2.9. Badempınarı köyünün kuzeyinde alterasyonlanma gösteren andezitik bileşimli Elazığ Magmatitlerinin görünümü.



Şekil 2.10. Elazığ Magmatitlerine ait yastık lavlar ve bunları kesen asidik daykların görünümü. Dedeyolu-Alıncık köyü yol yarması.

2.3. Harami Formasyonu (Maestrihtiyen)

İlk defa Adıyaman ili, Gölbaşı ilçesine bağlı Harami Köyü çevresinde Erdoğan (1975) tarafından tanımlanan birim, Elazığ çevresinde Harput, Harabekayış Dağı ve inceleme alanı içerisinde bulunan Tadım köyü'nün batısında Şoş mezrası civarında yüzeylenmektedir. Özgen (1993); Aksoy (1993) ve İnceöz (1994), birimin Yüksekova Karmaşığı (bu çalışmada Elazığ Magmatitleri olarak kullanılmıştır) üzerinde uyumsuz olarak bulunduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, Aksoy (1993), birimin Yüksekova Karmaşığı'nın bir üyesi gibi değerlendirilip değerlendirilemeyeceğinin açıklanması için ayrıntılı sedimantolojik ve paleontolojik çalışmalar yapılması gerektiğini belirtmiştir. Birim inceleme sahasında, Tadım köyü'nün batısında ve Badempınan köyü'nün 2.5 km kuzeydoğusunda dar alanlarda yüzeylemeler sunmaktadır.

2.4. Maden Grubu (Orta Eosen)

Maden Grubu inceleme alanında Alıncık Köyü ve yakın kuzeybatısı ile Kavallı Köyü civarında yüzeyleme vermektedir (Şekil 2.2). Çalışma alanında, yalnızca magmatitlerle ve genç alüvyonlarla dokonak ilişkisi olan birim, Elazığ Magmatitleri tarafından tektonik olarak üzerlenmekte iken, Alıncık Köyü'nün kuzeyinde genç alüvyonlar tarafından örtülmektedir.

İnceleme alanında Maden Grubuna ait kırmızı renkli çamurtaşları (Şekil.2.11), volkano- sedimentler, bazaltik yastık lavlar ve lav akıntıları ile aglomeralar ve pembe- gri kireçtaşları görülürken, çalışma alanının daha güney ve doğusunda bu lav akıntıları ve aglomeralar görülmektedir. Baykendi (1998) bu litolojik tanımlar çerçevesinde, çalışma alanında yüzeyleyen kireçtaşlarını Maden oluşumu, çamurtaşları, volkano- sedimentler, lav akıntıları ve yastık lavlar ile aglomeraları da volkanik Maden oluşumu kapsamında değerlendirmek mümkündür. Dış kısımlarında yoğun olarak gaz boşlukları hakim olan yastık lavlar morumsu renklere sahiptir. Çalışma alanında oldukça az oranda rastlanılan aglomeralar ise kırmızımsı bir renge sahiptir. Alıncık köyü çevresindeki kırmızı renkli çamurtaşları çoğunlukla yoğun altereli ve toprağımsı görünümlü olup zengin bitki anomalisine sahiptir (Şekil 2.12).



Şekil 2.11. Alıncık köyü - Sivrice yol yarmasında Maden Grubuna ait kırmızı renkli çamurtaşlarının görünümü.



Şekil 2.12. Alıncık köyü civarında (Alıncık Köyünün 1km doğusu) Maden Grubu kayaçlarının görünümü.



Şekil 2.13. Maden Grubu yastık lavların Alıncık köyü kuzeydoğusundaki görünümü.

2.5. Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen–Oligosen)

İnceleme alanında geniş yayılıma sahip olan Kırkgeçit Formasyonu Sarıyakup, Ürünveren, Badempınarı, Gölköy ve Sarılı köyleri civarında yüzeylemektedir

Kırkgeçit Formasyonu inceleme alanında Elazığ Magmatitleri'ni uyumsuz olarak örterken, Karabakır Formasyonu, Pliyo-Kuvaterner çökeller ve genç alüvyonlar tarafından uyumsuz olarak üzerlemektedir (Şekil 2.2 ve Şekil 2.3).

2.6. Karabakır Formasyonu (Üst Miyosen-Pliyosen)

Çalışma alanında, Meryem Dağı doğu yamacında, Harabat tepe, Sivri tepe, Yemişlik köyü kuzeyi ve doğu-güneydoğusu ile Altınçevre köyü'nün kuzeyinde yayılım gösteren Karabakır Formasyonu, çalışma alanı içerisinde piroklastik istif ve lav akıntıları şeklinde yüzeylemektedir. Bu bölgede Elazığ Magmatitleri piroklastikleri üzerinde bulunan (Şekil 2.14) Karabakır Formasyonu lav akıntıları koyu siyah renkli, sert, oldukça ince taneli ve gaz boşluksuzdur. Yemişlik köyü daha kuzeyinde lav akıntıları altında kalın bir istif oluşturan piroklastikler ise skorya depolanması şeklinde gelişmiştir (Şekil 2.15). Yaklaşık 100 m. kalınlığa sahip bu depolanmalar, eş boy taneli, iyi boylanmış bazaltik çakıllar (Şekil 2.17) ve yaklaşık 100 cm. boyutuna kadar değişen tekil volkan bombaları ile bazen mercek-tabaka şeklinde bulunan volkan bombalı katmanlar içermektedir (Şekil 2.15,

Şekil 2.16 ve 17). Volkan bombaları genellikle iğ şekilli ve elipsoidal olup, ekmek kabuğu soğuma şekilleri göstermektedir. Bu piroklastik istif içerisinde bulunan bazı volkan bombaları ise çok yoğun gaz boşluklu (Şekil 2.18) ve altereli bir özellik göstermektedir. Baykendi (1998), bu skorya depolanmaları, içerisindeki volkan bombalarının varlığı ve volkan bombalarının geometrik şekillerinden dolayı bu volkanizmanın stromboli tipi olduğunu belirtmektedir. Ve araştırmacı bu volkanizmanın çatlaklar boyunca meydana gelmiş olabileceğini ileri sürmektedir.

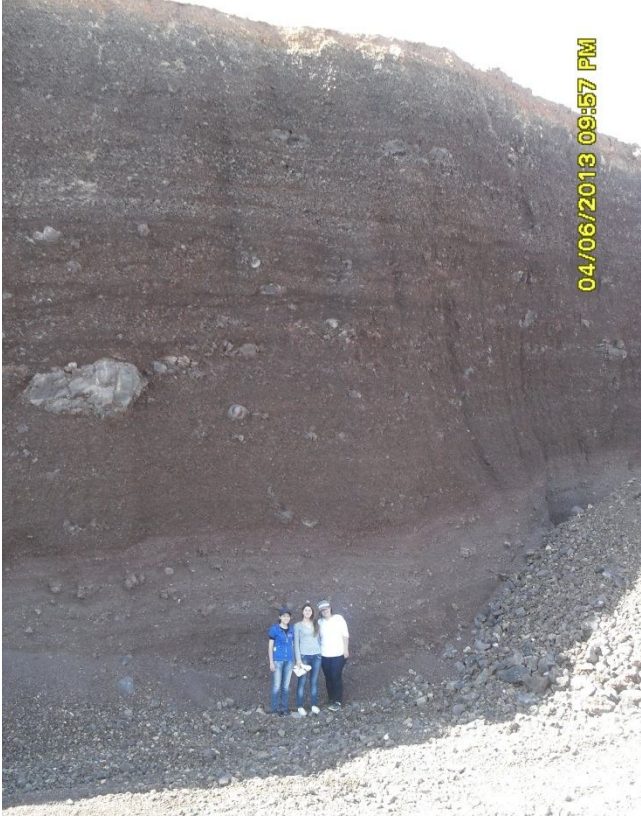
2.7. Alüvyon

Alüvyonlar Uluova ve Tadım Köyü civarındaki verimli tarım arazileri oluşturmaktadır (Şekil 2.2 ve Şekil 2.3).

Birim tam olarak çimentolanmamış kötü boylanmalı yer yer taraça ve nehir konglomeralarından oluşmaktadır.



Şekil 2.14. Yemişlik köyünün kuzeyinde Elazığ Magmatikleri piroklastitleri ile Karabakır Formasyonu lav akıntılarının görünümü.



Şekil 2.15. Karabakır Formasyonu piroklastik istifi oluşturan skorya depolanmalarının görünümü. Yemişlik köyü yaklaşık 1 km kuzeyi.



Şekil 2.16. Karabakır Formasyonu piroklastik istifi oluşturan skorya depolanmasının yakından görünümü.



Şekil 2.17. Karabakır Formasyonu skorya depolanması ve volkanik bombaların yakından görünümü.



Şekil 2.18. Karabakır Formasyonu piroklastik istifteki gaz boşluklu volkan bombasının yakından görünümü. Altınçevre köyü kuzeyi.

3. MİNERALojİK VE PETROGRAfİK İNCELEME

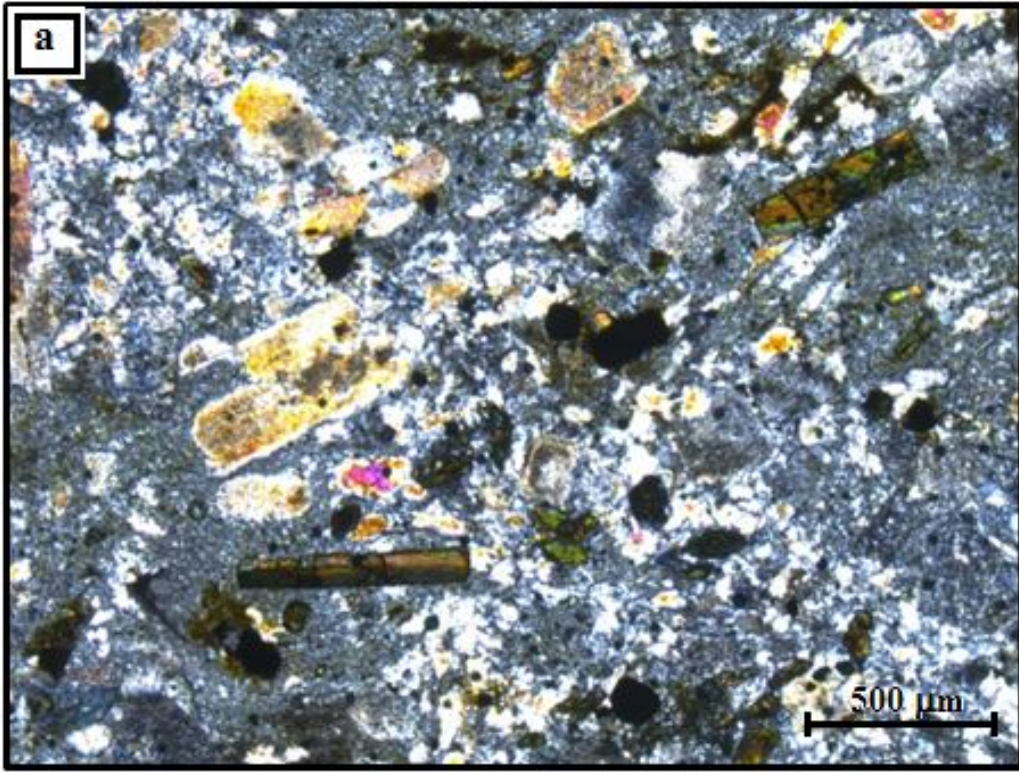
İnceleme alanındaki volkanik kayaçların mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemek amacı ile optik mikroskop incelemeleri yapılmıştır. Mikroskop incelemeleri, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde hazırlanan ince kesitler üzerinde alttan aydınlatmalı polarizan mikroskopta yapılmıştır. Bu incelemeler, bölgede izlenen değişik bileşimlerdeki örnekler üzerinde gerçekleştirilmiş ve kayaçları oluşturan mineraller tanımlanmış, minerallerin birbiriyle olan ilişkileri belirlenerek dokusal özellikleri ortaya konulmuştur ve bu bilgiler sonucunda kayaçların petrografik tanımlamaları yapılmıştır.

3.1. Elazığ Magmatikleri

Çalışma bölgesinin güney kesiminde Alıncık, Dedepınarı, Dedeyolu, Kavallı köyleri ile kuzey kesiminde Altınçevre, Yemişlik ve Tepeköy civarında yayılım göstermektedir. Elazığ Magmatitlerine ait örneklerde yapılan minerolojik-petrografik incelemeler sonucunda birimin inceleme alanında dasit/riyolit, bazalt, spilitik bazalt, andezit, bazaltik andezit, trakit bileşiminde kayaçlardan oluştuğu belirlenmiştir. Bu kayaçlara ait tüm minerolojik-petrografik inceleme aşağıda sunulmuştur.

3.1.1. Dasit/Riyolitler

Mikroporfirik doku gösteren kayaç, kuvars, plajiyoklas, sanidinden oluşmaktadır. Ancak kayaçlarda yer yer serizitleşme, epidotlaşma ve kloritleşme gibi ikincil bozunma ürünleri görülmektedir. Kuvarslar genellikle özşekilsiz küçük kristaller halinde ve çoğunlukla hamur malzemesinde bulunurken, plajiyoklaslar genellikle özşekilli fenokristal ve mikrolitik olarak, yer yer zonlanma ve genellikle zayıf ikizlenme ve yer yer yoğun alterasyon (Şekil 3.1) göstermektedirler. Plajiyoklaslarda yer yer serizitleşmelerle birlikte epidot kapanımları görülmektedir. Kayaçta az oranda bulunan sanidin, yarıözşekilli fenokristaller halindedir. Biyotit ve amfibollerin oluşturduğu mafik mineraller, farklı boyut ve şekillerde ve yer yer çok az miktarda bulunmaktadır. Kloritleşmenin yaygın olarak görüldüğü kayaçta, hamur malzemesi mikrolitik özellikte plajiyoklas+kuvarstan oluşmuştur.



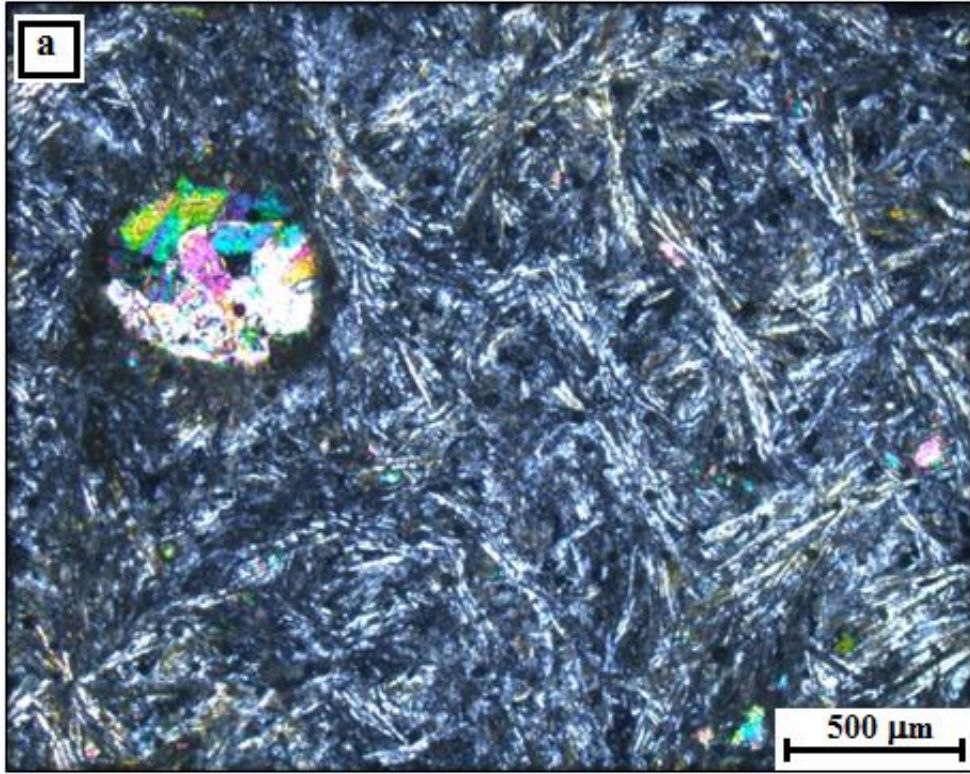
Şekil 3.1. Elazığ magmatitlerine ait porfirik dokulu yoğun altereli bir dasit örneğinden farklı görünüm (Ç.N.x4, Örnek No. O-32)

3.1.2. Spilitik Bazaltlar

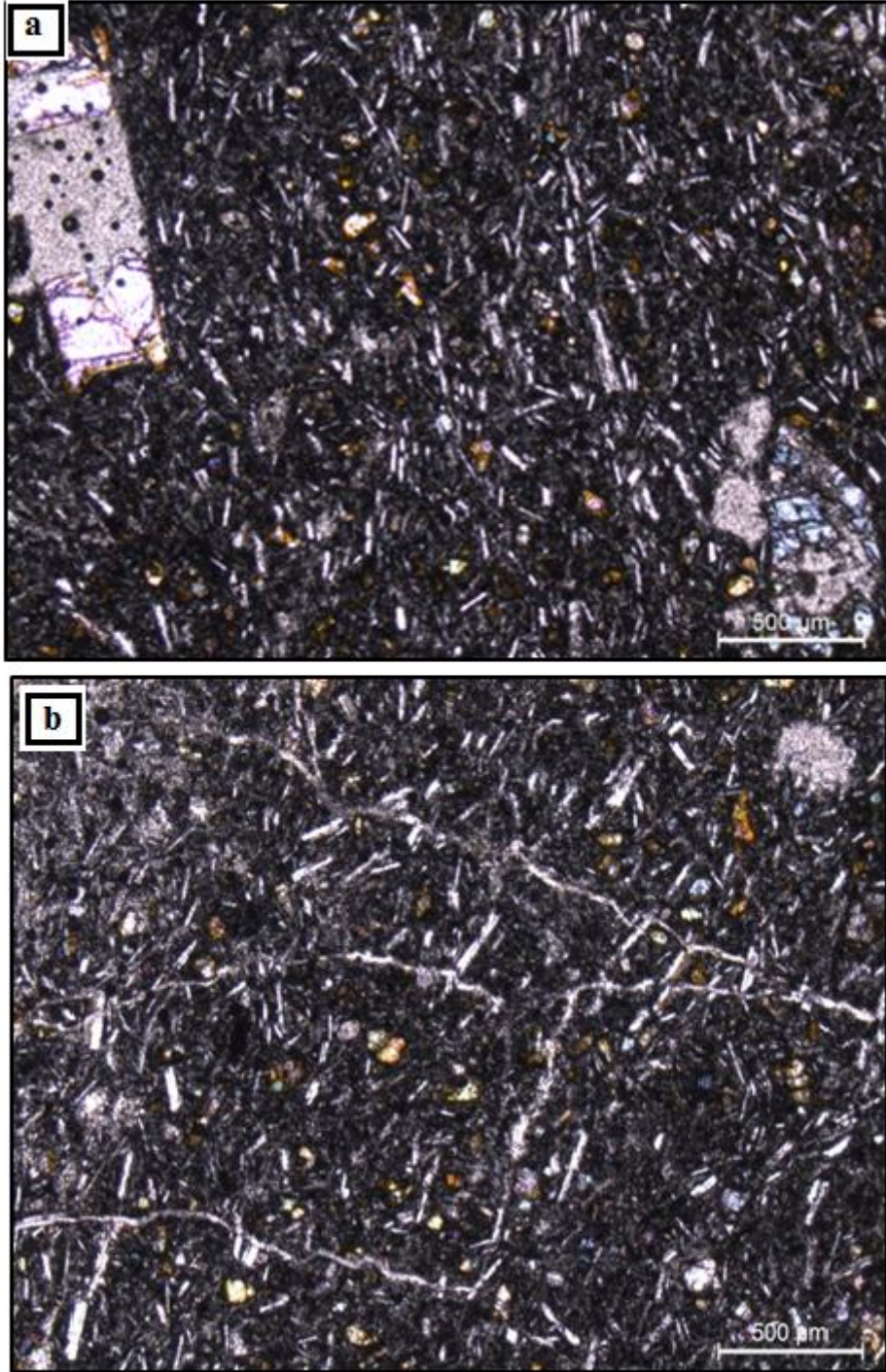
Esas olarak plajiyoklas, piroksen ve olivinden oluşan kayaçta, variyolitik doku gözlenmektedir. İnce uzun mikrolitik şekilde bulunan plajiyoklasların kayaç içinde bulunmaları variyolitik dokunun tipik özelliklerini göstermektedir (Şekil 3.2). Piroksenler genellikle küçük özşekilsiz kristaller halinde ve yoğun çatlaklı ve bu çatlaklar boyunca alterasyonlanma gösterirler. Olivin kristalleri yuvarlaklaşmış ve kenarları boyunca opak minerallerce kuşatılmış şekilde bulunmaktadır (Şekil 3.2). Kayaçta yer yer ikincil silis oluşumları görülmektedir.

3.1.3. Bazaltlar

Bazaltlar, farklı oranlarda plajiyoklas, piroksen, olivin gibi ana minerallerle beraber epidotlaşma karbonatlaşma, killeşme, kloritleşme ve serpantinleşme gibi ikincil oluşumlarla beraber değişik oranlarda da opak minerallerden oluşmaktadır. İntergranüler, intersertal, porfirik, amigdaler ve subofitik gibi farklı dokuların görüldüğü kayaçlarda, minerallerin bolluk ve dağılım şekilleri dokusal özelliklere bağlı olarak değişmektedir. Porfirik doku gösteren örneklerde camsı hamur malzemesi içerisinde mikritik plajiyoklas, piroksen ve olivin kristalleri bulunmaktadır (Şekil 3.3). Bazı bazaltik lav örneklerinin oldukça iri kristalli subofitik, intergranüler/intersertal dokuları göstermeleri (Şekil 3.3) ve camsı hamur malzemesi içermemeleri paleo-topoğrafyaya bağlı olarak bu bölgelerde lav akıntılarının oldukça kalın olduğunu düşündürmekle beraber, örneklerin bu akıntıların alt düzeylerinden alınmış olabileceğini de düşündürmektedir. Ayrıca bütün bu veriler, örneklerin alındığı bölgelerde soğumanın yavaş oluştuğuna işaret eden bir kanıt olarak değerlendirilmiştir.



Şekil3.2. Elazığ Magmatiklerine ait variyolitik dokulu spilitik bazaltlarda plajiyoklas olivin ve piroksen mineralleri (Ç.N.x4, Örnek No. O-9).



Şekil. 3.3. Elazığ Magmatitlerine ait bir bazalt örneğine ait plajiyoklaslar (Ç.N.x4 Örnek No. O-24).

3.1.4. Andezitler

Genellikle porfirik doku gösteren bu kayalar esas olarak plajiyoklas ve amfibollerle beraber farklı oranlarda opak minerallerden oluşmaktadır. Plajiyoklas mineralleri, hem fenokristal hem de mikrolit boyutlarında, fenokristalleri genellikle öz ve yarı özşekilli prizmatik ve iri – orta tane boylarında gözlenmektedir. Çoğunlukla polisentetik ikizlenme ve daha az oranda zonlu dokunun gelişmiş olduğu plajiyoklas fenokristallerinde killeşme türüalterasyonlanma bulunmaktadır. Yeşil hornblend türünde olan amfiboller özşekilli-yarıözşekilli, çatlaklı ve opaklaşmış halde bulunmaktadırlar. Bazen hornblendler tamamen opaklaşmış olduğundan psödomorf olarak bulunmaktadırlar. Kayaç genelinde çok yaygın olan opak mineraller özşekilsiz küçük kristaller halinde bulunmaktadır.

3.1.5. Bazaltik Andezit/Andezitik Bazaltlar

Bu kayada plajiyoklas ve piroksenler baskın ana mineralleri oluşturmaktadır. Porfirik dokunun gözleendiği bu kayalarda, mineraller fenokristal ve mikrolitler halinde bulunmaktadır. Kayaç genelinde tüm mineraller yer yer çatlaklı ve dilinimli olup, kayada gelişmiş boşluklarda karbonatlar gelişmiş ve kalsedon oluşumları gözlenmiştir. Hamur malzemesinin vitrik özellikte olduğu bu kayalarda hamur malzemesinin okside olmasından dolayı kayaç kırmızımsı bir renkte görülmektedir.

3.1.6. Trakitler

Bu kayalarda esas olarak plajiyoklas, sanidin, amfibol, biyotit ve opak mineral birlikteliği gözlenmiştir. Kayada porfirik ve minerallerin zayıf bir yönlenme gösterdiği akıntı dokusu görülmektedir. Plajiyoklaslar fenokristal halde yer yer serizitleşmiş halde bulunmaktadır. Sanidin hamur malzemesi içerisinde plajiyoklaslarla birlikte yönlenme göstermektedir. Hamur malzemesinde opak mineraller ve hemen tamamen opasitleşmiş ferromagnezyen mineraller yaygın olarak bulunmaktadır.

3.2. Maden Grubu Kayaçları

Çalışma bölgesinde Alıncık köyü civarında yüzeyleme vermektedir. Maden grubuna ait örneklerin minerolojik-petrografik incelemeleri sonucunda latit, dasit/riyolit, litik tüf bileşiminde kayaçları tespit edilmiştir. Bu kayaçlara ait minerolojik-petrografik incelemeler aşağıda sunulmuştur.

3.2.1. Trakit / Latitler

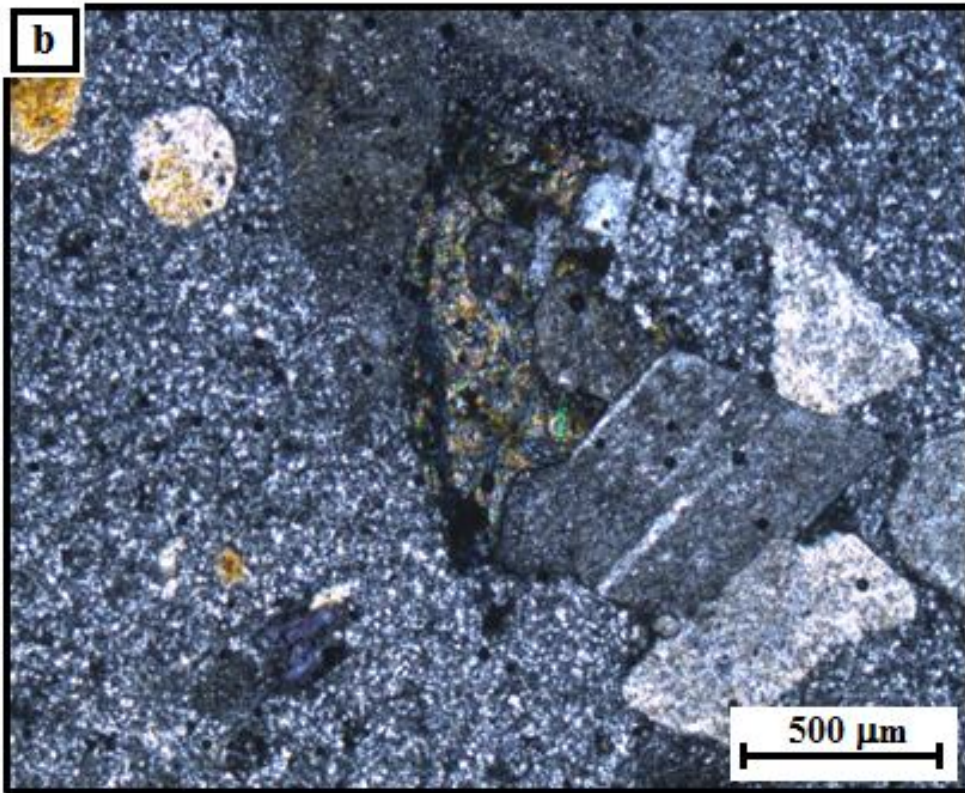
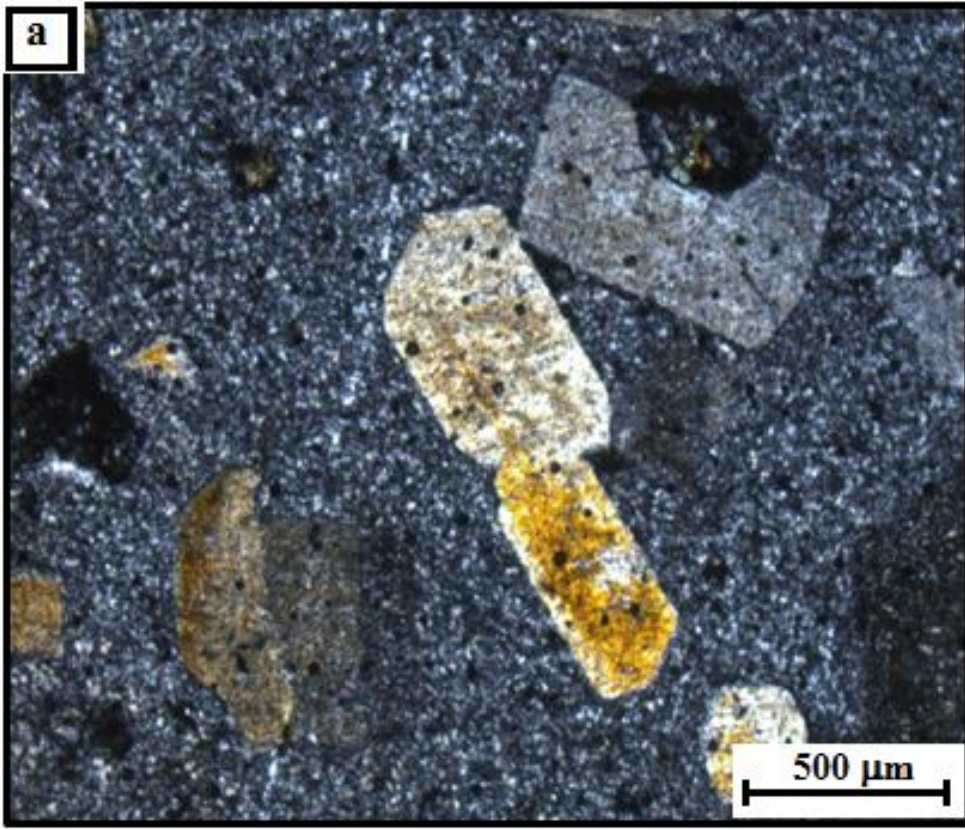
Bu kayaçlarda plajiyoklas ve alkali feldispatlar baskın minerali oluşturmaktadır. Bu minerallere az oranda kalsit ile kuvars ve yaygın olarak opak mineraller eşlik etmektedir. Plajiyoklaslar fenokristal ve mikrolitik olarak bulunmakta ve yer yer altere olmuş, belirgin ikizlenme göstermektedirler. Gaz boşluklarında ve çatlaklarda kalsitler oluşmuştur. Porfirik ve az oranda glomeroporfirik dokunun görüldüğü bu kayaçlarda, hamur malzemesi felsik minerallerden oluşmaktadır.

3.2.2. Dasit / Riyolitler

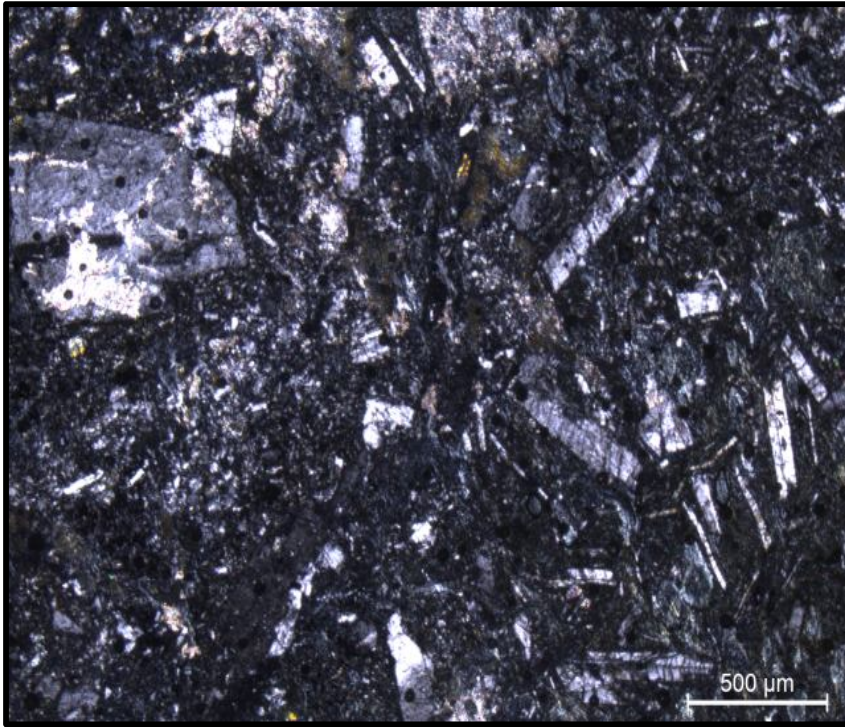
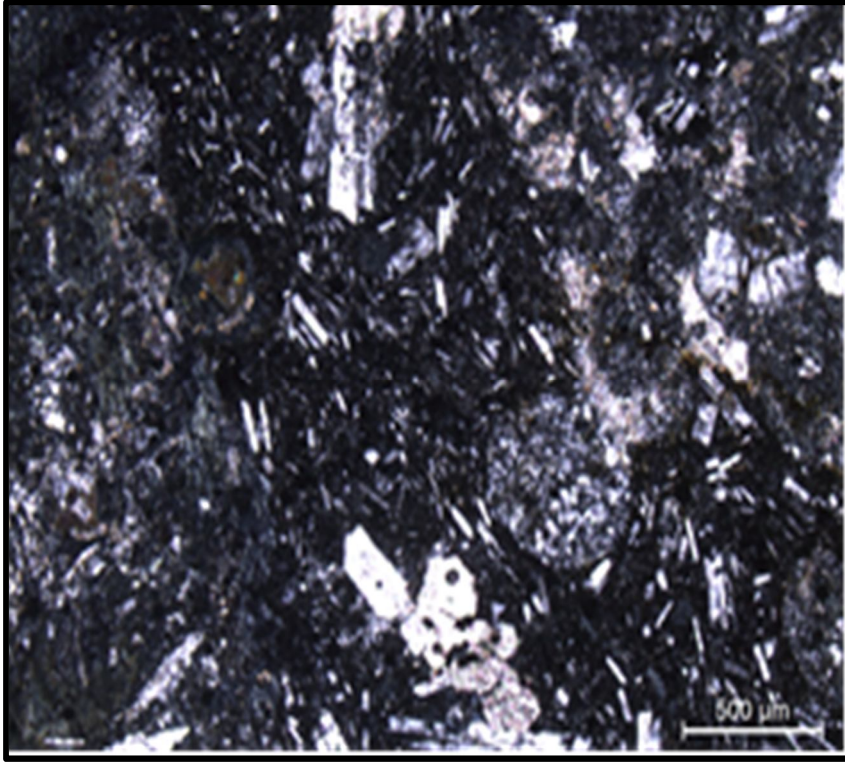
Maden Grubuna ait dasit/riyolit örnekleri plajiyoklas ve kuvars fenokristal ve mikrolitlerinden oluşmuşlardır. Genellikle özşekilli ve değişik boyutlu, ikizlenme ve zayıf zonlanmalı plajiyoklas fenokristalleri yoğun olarak killeşmiş haldedirler (Şekil 3.4). Kayaçta az oranda bulunan mafik mineraller epidotlaşmış ve kenarları boyunca opaklaşmışlardır. Porfirik dokunun görüldüğü bu kayaçlarda hamur malzemesi felsik minerallerden meydana gelmiştir.

3.2.3. Litik Tüfler

Maden grubu içerisinde tanımlanan bu kayaçlar, genellikle ince taneli bazaltik kayaç parçalarından daha az olarak da plajiyoklas kristallerinden oluşmuştur (Şekil 3.5). Kayaç genelinde kloritleşme gözlenmektedir.



Şekil 3.4. Maden Grubuna ait dasit örneğinde gözlenen plajiyoklaslardaki killeşme (Ç.N.x4, Örnek No. O-28).



Şekil 3.5. Maden Grubuna ait litik tüf örneğinden iki farklı görünüş (Ç.N.x4, Örnek No. O-17).

3.3. Karabakır Formasyonu

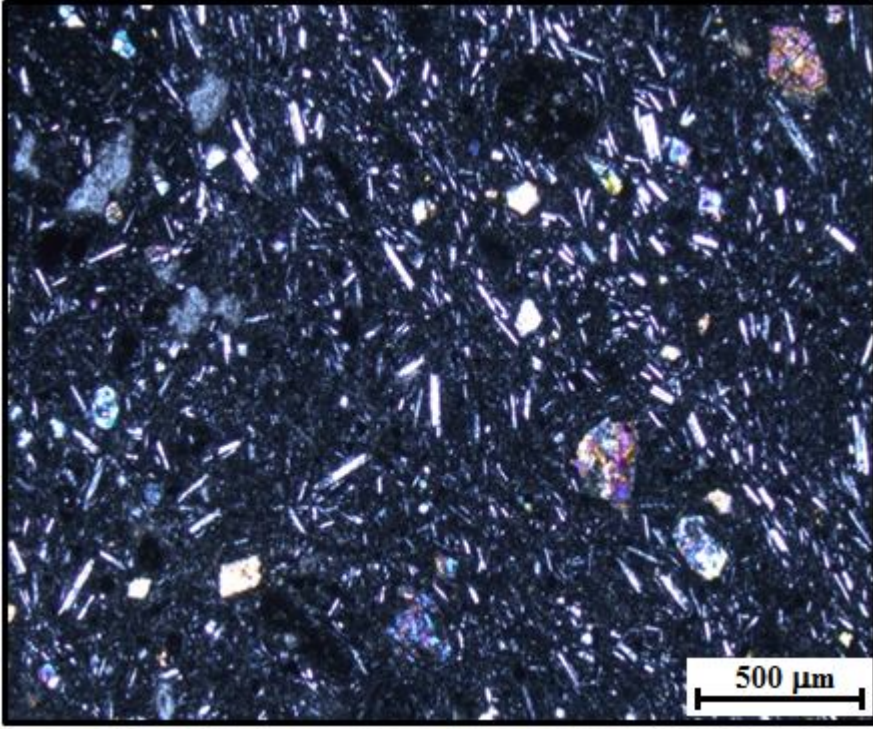
Çalışma bölgesinde Yemişlik ve Altınçevre köylerinin çevresinde yüzeyleme vermektedir. Karabakır Formasyonuna ait örneklerin minerolojik-petrografik incelemeler sonucunda çoğunlukla bazalt ve az oranda tefrit kayaçları tespit edilmiştir. Bu kayaçlara ait minerolojik-petrografik incelemeler aşağıda sunulmuştur.

3.3.1. Bazaltlar

Karabakır formasyonuna ait bazaltlar olivinli bazalt özelliğindedir. Kayaç esas olarak olivin ve az oranda da piroksenden meydana gelmiştir (Şekil.3.6). Kayaç genelinde değişik boyut ve şekillerde bulunan plajiyoklaslar çoğunlukla mikrolitik boyutlardadır. Yarıöz ve öz şekilsiz kristaller halinde bulunan olivinler, yoğun kırık ve çatlaklı ve yer yer kenarları boyunca iddingsitleşmeler gösterirler. Camsı hamur içerisinde genellikle mikritik ve az oranda fenokristallerin bulunduğu porfirik doku ve amigdaler dokuya sahip bu kayaçlarda hamur genelinde opaklaşma görülmektedir. Yer yer plajiyoklasların yoğun altereli olduğu bu kayaçlarda karbonatlaşma ve killeşme bulunmaktadır. Ayrıca yer yer fenokristallerin etrafında zayıf bir şekilde akma yapıları gözlenmektedir.

3.3.2. Tefritler

Karabakır Formasyonu içerisinde tanımlanan tefritler; esas olarak piroksen, plajiyoklas, olivin ve çok az orandada nefelin içerirler. Piroksenler fenokristal ve mikrolitik olarak bulunurken, plajiyoklaslar ise mikrolitik halde gözlenmektedir. Olivinler ise özşekilli kristaller halindedir. Kayaç genelinde çok az miktarda nefelinin bulunduğu bu kayaçlarda yoğun çatlaklı karbonatlar gelişmiştir. Kayaç camsı hamur malzemesinin oluşturduğu porfirik doku özelliğindedir.



Şekil 3.6. Karabakır Formasyonundan alınan bir bazalt örneği ve fenokristaller etrafında gözlenen akma yapılarının görünümü (Ç.N.x4, Örnek No. O-45).

4. JEOKİMYA

Çalışma alanında yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı Elazığ Magmatikleri, Orta Eosen yaşlı Maden Grubu ve Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Karabakır Formasyonuna ait örnekler üzerinde yapılan petrografik incelemeler sonucunda 22 adet örneğin ana oksit, iz ve nadir toprak element analizleri ACME Analytical Laboratories Ltd'de (Kanada) yaptırılmıştır. Ana element içerikleri ICP (Inductively Coupled Plasma) ile iz element içerikleri ise ICP MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) yöntemi ile yapılmıştır. Magmatik kayaçların majör ve iz element içeriklerini belirleyen temel etken magmanın türediği kaynağın bileşimi ve oluşumu sırasında geçirdiği süreçlerdir. Bu amaçla jeokimyasal verilerden yararlanarak çalışma konusu kayaçların türleri, magmanın türü, kimyasal özellikleri ve oluşum ortamı ile bölgenin jeotektoniğinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla Maden Grubu (5 örnek) ve Karabakır Formasyonu'na (3 örnek) ait analiz sayısının az olması ve aynı diyagram üzerinde bulunan farklı birimlerin ilişkilerinin yorumlanmasının daha verimi ve kolay olması nedeniyle, tüm analiz sonuçları aynı diyagramlar üzerinde gösterilmiştir.

4.1. Ana Element Jeokimyası

Elazığ Magmatiklerine ait 14 adet örneğin ana oksit, iz element sonuçları Tablo 4.1'de, Maden Grubuna ait 5 adet örnek ile Karabakır Formasyonuna ait 3 örneğin ana oksit ve iz element sonuçları Tablo 4. 2'de verilmiştir.

Elazığ Magmatitlerine ait örneklerin mikroskobik incelemeleri sonucunda dasit-riyolit, spilitik bazalt, bazalt, andezit ve bazaltik andezit bileşiminde volkanik kayaçlardan oluştuğu saptanmıştır. Bu kayaçların %SiO₂ değerleri %59.28-44.83, %Al₂O₃ değerleri % 18.41-13.47, Fe₂O₃%11.59-5.7, MgO % 9.52-1.82, CaO % 14.36-4.79, Na₂O % 4.74-2.61, K₂O % 2.59-0.04, MnO % 0.12-0.23 arasında değişmektedir. Bütün bu verilerle beraber Elazığ Magmatitlerine ait örneklerin ateşte kayıp (LOI) oranları oldukça yüksek olup %0.5-9.3 arasında değişmektedir (Tablo 4.1). Bu ana oksit değerleriyle mineralojik-petrografik bileşimleri karşılaştırmak bakımından Toplam Alkali-Silis isimlendirme diyagramına (Le Bas ve diğ., 1986) baktığımızda (Şekil 4.1), Elazığ Magmatitleri örneklerinin genel olarak bazaltik andezit bileşiminde olmasına karşın (O-9, O-13, O-22,

O-23, O-27, O-25, O-40), bazı örneklerin andezit (O-31, O-33), alkali bazalt (O-10), trakibazalt(O-35), bazalt (O-24), bazaltik trakiandezit (O-53) ve trakiandezit (O-38) olmak üzere farklı bileşimlerde olduğu görülmektedir. Maden Grubu örneklerinin mikroskobik incelemeleri sonucunda dasit-riyolit, latit ve litik tuf bileşiminde olduğu saptanmıştır. Bu kayaların %SiO₂ değerleri %70.06-48.35, %Al₂O₃ değerleri %16.81-13.97, Fe₂O₃ % 10.19-3.88, MgO %8.95-1.62, CaO % 11.09-3.15, Na₂O % 5.90-1.85, K₂O %0.43-0.12, MnO % 0.11-0.19 arasındadır. Maden Grubuna ait örneklerin ateşte kayıp (LOI) oranları da oldukça yüksek olup % 1.9-10.3 arasında değişmektedir (Tablo 4.2). Yine bu örneklerin de Na₂O+K₂O – SiO₂ isimlendirme diyagramında (Şekil 4.1) bazaltik trakiandezit (O-19), bazalt (O-4, O-19) vedasit (O-28, O-15) alanında dağılım gösterdiği ve bu sonuçların da petrografik incelemelerle uyumlu olduğu görülmektedir. Aynı şekilde Karabakır Formasyonu'na ait örneklerin ana oksit değerleriyle; SiO₂ %46.55-47.69, Al₂O₃ %17.60-16.56, Fe₂O₃ % 10.19-10.49, MgO%7.19-4.88, CaO % 7.71-8.18, Na₂O% 4.22-4.88, K₂O%2.64-1.36, MnO % 0.17 arasındadır. Bu ana oksit değerleriyle mineralojik–petrografik bileşimleri karşılaştırmak bakımından Toplam Alkali-Silis isimlendirme diyagramına (Le Bas ve diğ., 1986) baktığımızda (Şekil 4.1) örneklerin trakibazalt (O-61, O-48) ve tefrit (O-62) alanına düştüğü gözlenmektedir. Bu sonuçların mineralojik–petrografik bileşimleri ile uyumlu oldukları görülmektedir. Çalışma bölgesindeki diğer kayaç gruplarında da olduğu gibi, yüksek ateşte kayıp oranları elementlerin alterasyona karşı duyarlılıklarına işaret etmektedir. Araştırmacılar (Cann, 1971; Wood ve diğ., 1976) ana elementlerin bir çoğunun hidrotermal metamorfizma ile alterasyona uğradıklarını ve hareketli olduklarını bundan dolayı ana elementlerden yola çıkarak kayaların ana magması hakkında yorum yapılmasının sakıncalarını belirtmişlerdir. Bu nedenle alterasyon durumunda daha az hareketli olarak bilinen Zr, Y, Nb, Ti, Ga, Th ve nadir toprak elementler, daha sağlıklı sonuçlar vermesi nedeniyle, petrolojik amaçlı çalışmalarda tercih edilmektedir (Pearce ve Cann, 1973; Floyd ve Winchester, 1975). Benzer şekilde, isimlendirme diyagramları için de eser elementler özellikle de Zr elementi çok yoğun olarak tercih edilmektedir. Yukardaki bilgilerin sonucunda, örneklerin Zr'un kullanıldığı Winchester ve Floyd (1976) isimlendirme diyagramındaki dağılımlarına baktığımızda (Şekil 4.2), Maden Grubu iki örneğin dasit bileşiminde diğer tüm Maden Grubu ile Elazığ Magmatitleri örneklerinin ise andezit ve bazalt alanında bulunmalarına karşın, Karabakır Formasyonu örneklerinin alkali bazik özellik gösterdiği görülür. Bu sonuçlar da yukarda

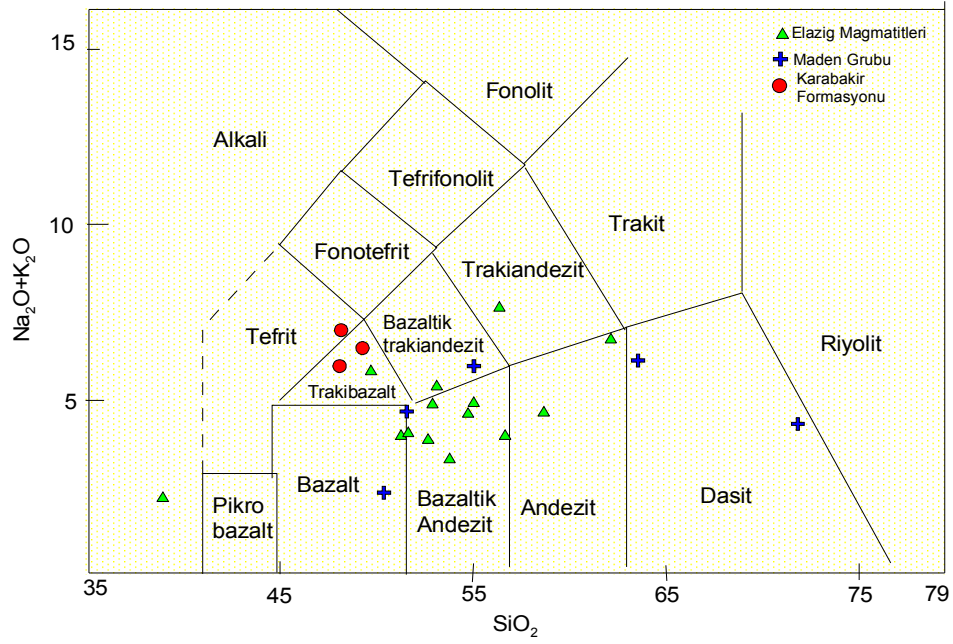
verildiği gibi hem petrografik hem de diğer isimlendirme diyagramı (Şekil 4.1) ile uyumluluk göstermektedir.

Tablo 4.1.Elazığ Magmatitlerine ait örneklerin ana oksit (%Ağırlık) ve iz element (ppm) tablosu

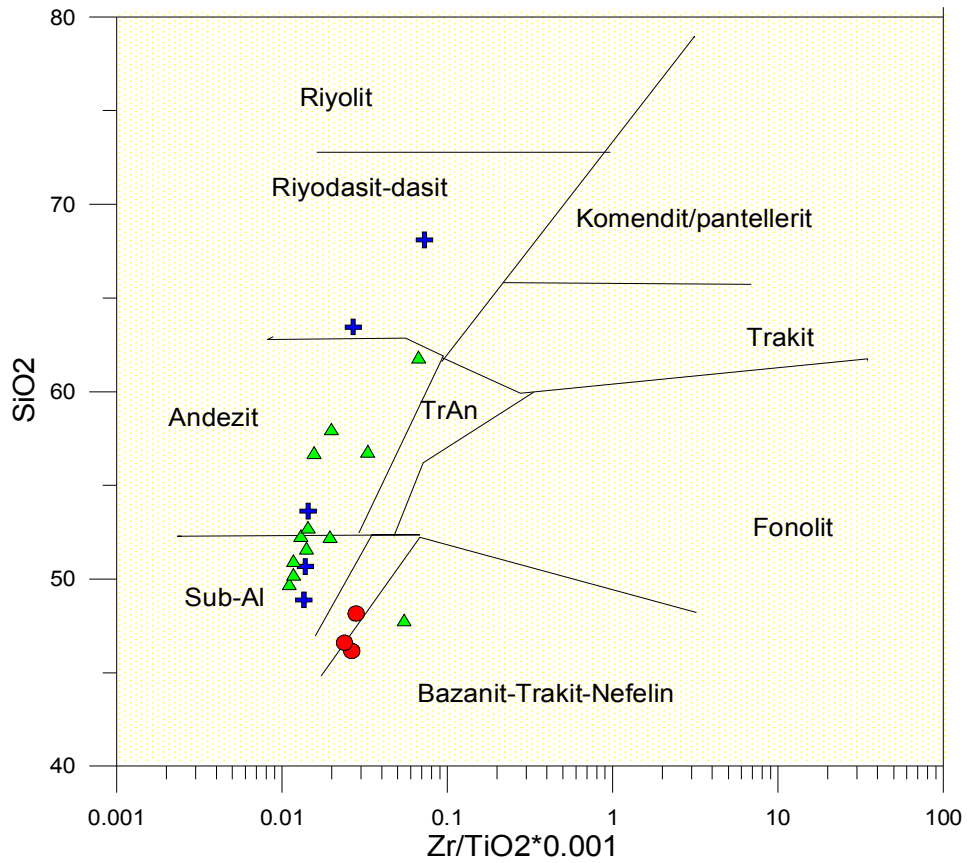
Elazığ Magmatitleri														
Örnek no	O-9	O-10	O-13	O-22	O-23	O-24	O-25	O-27	O-31	O-33	O-35	O-38	O-40	O-53
SiO ₂	52.9	46.4	51.5	50.4	50.7	49.6	49.1	52.3	52.8	59.3	44.8	52.6	52.9	49.6
Al ₂ O ₃	14.51	15.03	15.84	15.29	14.47	15.65	16.41	15.00	13.47	16.79	14.75	17.55	16.38	18.41
Fe ₂ O ₃	7, 64	8.39	8.28	10.72	11.59	11.34	8.21	7.99	10.07	5.7	6.51	9.44	7.80	7.89
MgO	7.11	9.52	6.12	7.9	6.84	5.71	8.92	7.74	1.82	2.47	2.33	2.59	3.82	3.61
CaO	9.24	9.87	10.18	5.84	8.42	9.70	8.41	8.15	7.08	4.79	14.36	3.42	8.59	8.59
Na ₂ O	4.72	2.61	3.19	4.74	3.7	3.82	3.60	4, 46	3.57	4.18	2.8	6.83	2.98	4.66
K ₂ O	0.09	0.02	0.05	0.04	0.15	0.04	0.34	0.04	0.55	2.26	2.59	0.29	0.82	0.44
TiO ₂	0.77	0.81	1.03	1.26	1.44	1.70	0, 85	0.77	0.93	0.44	0.42	1.01	0, 68	0.85
P ₂ O ₅	0.06	0.08	0.11	0.09	0.10	0.14	0, 05	0, 06	0.19	0.08	0.11	0.16	0, 11	0.17
MnO	0.16	0.14	0.14	0, 23	0.21	0.16	0, 15	0, 12	0.35	0.09	0.17	0.13	0, 15	0.17
LOI	2.6	6.8	3.3	3.2	2.2	1.9	3.7	3.1	9.3	3.6	10.9	5.8	5.5	5.4
Ni	152	167	56	54	42	43	81	116	<20	<20	<20	<20	33	21
Ba	17	26	21	23	25	14	38	9	108	1103	1113	78	187	211
Be	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2
Co	35.3	35.4	28.2	37.1	37.7	33.5	34.8	31, 9	15.5	13.0	11.3	17.5	19, 6	27.3
Cs	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	1.5	2.5	<0.1	<0.1	<0.1
Ga	10.0	12.5	13.4	12.3	14.2	16.1	12.1	14.6	13.4	15.0	13.7	15.2	14.3	14.6
Hf	1.8	1.6	1.7	2.5	2, 3	2.6	1.3	1	2.2	3.3	24	2.7	2.0	2.1
Nb	1.6	1.6	2.0	1.1	1.1	1.5	0.8	0.8	5.7	7.7	7.5	5.1	5.2	6.2
Rb	0.5	<0.1	0.1	<0.1	1.4	<0.1	7.8	<0.1	16.6	81.2	87.2	5.0	12.8	5.0
Sn	<1	<1	1	<1	<1	<1	1	<1	1	2	<1	1	<1	<1
Sr	130	297	254	82	109	136	131	92	77	762	521	299	270	437
Ta	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	0.6	0.7	0.4	0.3	0.4
Th	0.2	0.2	0.4	<0.2	<0.2	0.2	<0.2	<0.2	3.0	22.5	10.7	2.9	3.7	2.5
U	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.8	9.7	31.1	1.4	1.5	1.2
V	215	216	249	270	278	313	214	223	238	121	106	189	171	188
W	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Zr	47.5	51.4	64.2	69.1	69.1	103.4	41.7	44.7	78.5	123.4	82.3	85.2	95.6	68.2
Y	14.8	17.2	19.0	25.4	25.4	35.7	17.6	17.3	21.1	13.7	16.1	24.9	19.4	21.3
Cu	60.1	4.6	40.8	38.6	57.1	12.1	59.7	65.2	67.4	26.7	11.3	14.7	32.5	49.1
Pb	1.1	0.5	0.7	0.1	0.2	<0.1	0.4	0.3	2.7	20.3	24.9	3.3	2.9	4.5
Zn	35	49	56	97	43	29	44	42	74	21	35	85	77	79
As	0.9	0.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	4.5	11.3	16.5	2.8	1.3	<0.5
Sb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.3	0.6	<0.1	<0.1	<0.1
Sc	32	32	38	39	38	35	39	31	15	11	10	23	22	19

Tablo 4.2.Maden Grubu ve Karabakır Formasyonuna ait örneklerin ana oksit (%Ağırlık) ve iz element (ppm) tablosu

	Maden Grubu					Karabakır Fm.		
Örnek no	O-4	O-15	O-17	O-19	O-28	O-48	O-61	O-62
SiO ₂	48.35	60.46	50.86	45.84	70.06	47.69	46.55	47.00
Al ₂ O ₃	16.81	16, 31	16.77	14.83	13.97	17.60	16.89	16.56
Fe ₂ O ₃	8.19	6.16	8.56	10.19	3.88	10.49	10.40	10.19
MgO	8.95	2.50	5.60	5.63	1.62	4.88	6.53	7.19
CaO	11.09	3.15	4.64	7.71	3.53	7.71	8.18	8.06
Na ₂ O	1.85	5.90	5.29	3.68	3.97	4.88	4.22	4, 37
K ₂ O	0.43	0.09	0.12	0.39	0.28	1.36	1.57	2.64
TiO ₂	0.82	0, 90	0, 90	0.93	0.47	2.30	2.38	2, 28
P ₂ O ₅	0, 08	0, 21	0, 14	0.12	0.10	0.86	0, 74	0, 67
MnO	0, 13	0, 11	0, 11	0.19	0.14	0.17	0, 17	0, 17
LOI	3.0	4.1	6.8	10.3	1.9	1.7	2.0	0.5
Ni	126	<20	<20	46	<20	29	75	97
Ba	59	26	53	25	54	522	483	19
Be	<1	<1	<1	1	<1	2	<1	2
Co	31.8	6.4	19.5	26	5.8	27.1	30.9	30.9
Cs	<0.1	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	0.5	0.4	0.3
Ga	13	14.6	12.5	13.1	13.5	18	17.9	17.3
Hf	1.9	2.3	1.5	1.7	3.8	4.7	5.2	4.3
Nb	1.4	1, 9	1.7	1.7	2.6	7.9	53.5	53.7
Rb	4.2	0.6	0.8	5.0	2.8	18.1	31.8	57.0
Sn	<1	<1	<1	<1	<1	3	2	2
Sr	166	209	227	61	200	944	754	700
Ta	0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.2	4.2	3.2	3.5
Th	0.3	1.4	0.9	0.6	2.3	5.7	4.2	4.3
U	0.1	0.5	0.3	0.3	0.9	1.7	1.3	1.4
V	212	60	254	292	50	149	171	166
W	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.7	0.5
Zr	48	85.4	55.1	54.2	123.8	262.5	235.4	235.2
Y	15.7	33.1	18.9	16.4	25.9	23.8	22.8	21.0
Cu	54.3	49.7	27.3	2.7	4.4	30.2	37.1	37.0
Pb	0.9	1.9	4.3	1.7	0.3	2.0	1.9	0.6
Zn	54	92	61	84	6.4	67	65	64
As	1.3	<0.5	1.5	<0.5	0.9	<0.5	1.1	<0.5
Sb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sc	35	21	31	30	10	15	18	19

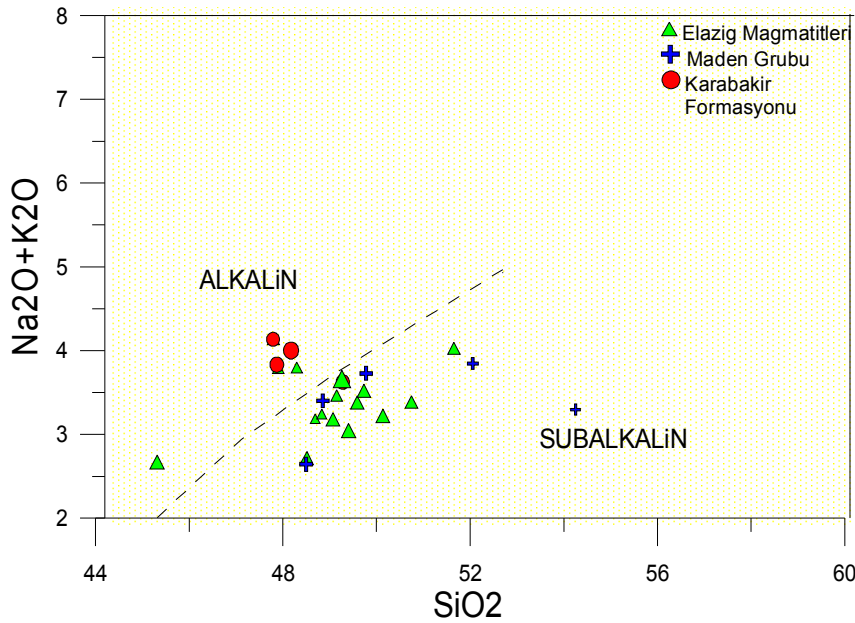


Şekil 4.1. Çalışma bölgesine ait örneklerin Toplam Alkali-SiO₂ diyagramı (Le Bas ve diğ., 1986).

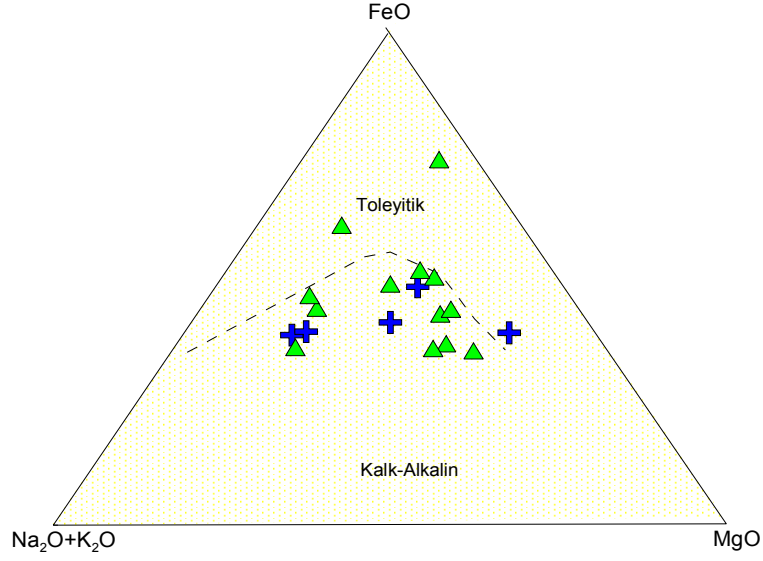


Şekil 4.2. Çalışma alanı volkanik kayaçlarının yüksek enerjili elementler kullanılarak sınıflandırılması (Zr/TiO₂ – SiO₂ (Winchester and Floyd, 1976).

Çalışılan tüm birimlerin magma soy özelliklerini belirlemek için örnekler Rickwood (1989) alkali-subalkali ayırım diyagramında değerlendirilmiştir (Şekil 4.3). Buna göre Elazığ Magmatitleri örneklerinin büyük bir kısmı sub-alkalin alanda bulunurken 2 örnek ise alkalin alanda bulunmaktadır. Bunun dışında SiO₂ içerikleri bakımından Maden Grubu örneklerinden bazıları daha yüksek değerlere sahipken toplam alkali içerik bakımından Elazığ Magmatitleri örnekleri ile Maden Grubu örnekleri benzerlik göstermektedir. Subalkalin özellik sergileyen Elazığ Magmatitleri ve Maden Grubu örnekleri AFM üçgen diyagramında (Irvine ve Baragar, 1971) kalkalkalin özellik sergilemektedirler (Şekil 4.4). AFM üçgen diyagramına bakıldığında tüm birimlere ait örneklerin tamamı toleyitik-kalkalkalin ayırım çizgisine benzer uzaklıkta ve benzer dağılımlar göstermektedir. Bu özellikler petrografik özelliklerle de uyumluluğunu göstermektedir.

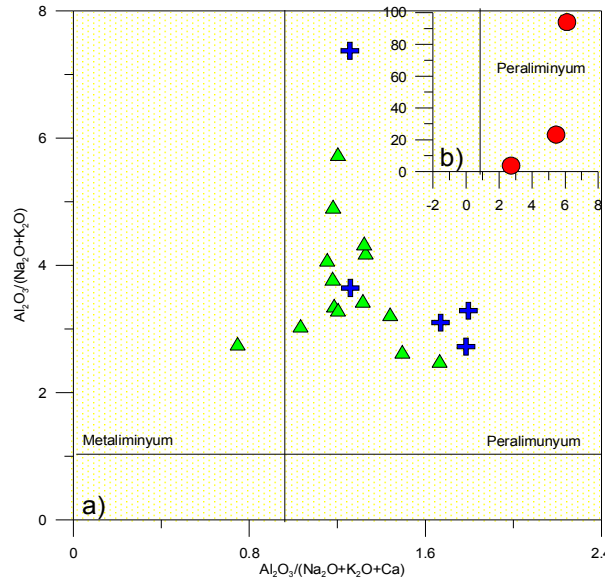


Şekil 4.3. SiO₂-Na₂O+K₂O Diyagramı (Rickwood, 1989).



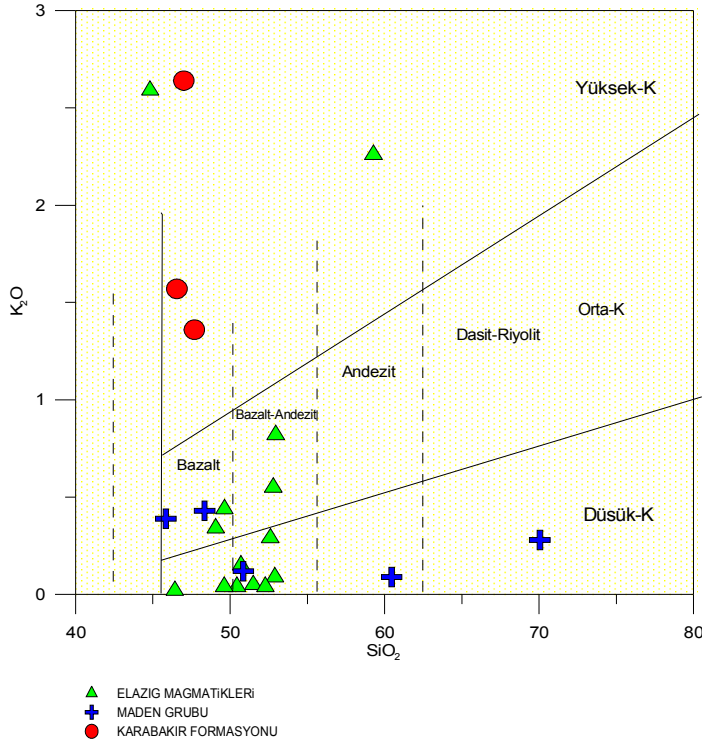
Şekil 4.4. Örneklerin AFM (Irwine ve Baragar, 1971) ($A=Na_2O+K_2O$, $F=FeO$, $M=MgO$) diyagramında dağılımları

İnceleme alanındaki birimlerin Shand indeks (Maniar ve Picolli, 1989) diyagramındaki konumları da, bu birimlerin birbirleriyle uyumlu olduklarını göstermektedir (Şekil 4.5 a). Diyagramda Elazığ Magmatitlerine ait bir örnek metaliminyum bölgesinde diğer örneklerin ise peraliminyum alana düştüğü görülmektedir. Maden örnekleri de Elazığ Magmatitlerine benzer özellik göstermektedir. Oldukça yüksek $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$ içeriğine sahip Karabakır Formasyonu örneklerinin de peraliminyum alana düştüğü görülmektedir (Şekil 4.5, b).



Şekil.4.5. Çalışma bölgesine ait birimlerin Shand indeks diyagramına (Maniar ve Picolli, 1989) göre dağılımları.

Birimlerin SiO₂ içeriklerine karşılık %K₂O içeriklerinin davranışlarının incelendiği Le Maitre ve diğ., (1989) diyagramında ise Elazığ magmatitleri ve Maden Grubu örneklerinin, SiO₂ içerikleri benzer olup dolayı düşük-orta-K'lu özellik gösterdikleri, Karabakır Formasyonu ise yüksek-K'lu oldukları görülmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Çalışma bölgesine ait birimlerin Le Maitre ve diğ. (1989) diyagramındaki dağılımları.

İnceleme alanı magmatik kayaların ana element jeokimyasal verileri yardımıyla Magmanın özelliklerinin incelendiği Şekil 4.3'den 4.6'ya kadar olan tüm diyagramlarda Elazığ magmatitleri ve Maden Grubu örneklerinin tamamen benzer karakteristik özellikler gösterdikleri, Karabakır Formasyonu örneklerinin ise bazı diyagramlarda farklılıkları (Şekil 4.3 ve 4.6) belirgin şekilde görülmektedir.

4.2. Harker Değişim Diyagramları

Ana element jeokimyası verilerine göre, bu kayaçlarda katılaşma sırasında bir diferansiyasyon meydana gelmediği söylenebilir. Diğer taraftan Elazığ ve Maden Grubu Magmatik birimlerin benzer kökensel özellik gösterdikleri gözlenmiştir. Yapılan petrografik incelemeler ve jeokimya analizlerine (Tablo 4.1, 2) göre çalışma konusunu oluşturan örneklerin çoğunlukla bazik bileşimli oldukları belirlenmiştir. Bazik bileşimli

kayaçlarda Si_2O bileşeni sınırlı aralıkta değişim gösterdiğinden SiO_2 'in fraksiyonlaşma indeksi olarak kullanılması yorulmamalarda zorluk çıkarabilmektedir. Bu nedenle kayaçların ana ve iz element kimyasında, fraksiyonel kristallenme ile oluşabilecek değişimleri belirlemek amacıyla yapılacak Harker diyagramlarında, kristallenme sonrasında ikincil olaylardan (alterasyon gibi) etkilenme durumları da göz önünde bulundurularak, SiO_2 ile birlikte hareketsiz olan Zr elementi de kullanılmıştır. Buna göre Harker diyagramlarına yerleştirilen ana element analiz sonuçları yardımı ile bölgede yüzeyleyen tüm birimlere ait örneklerin fraksiyonlanma indeksleri belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 4.7)

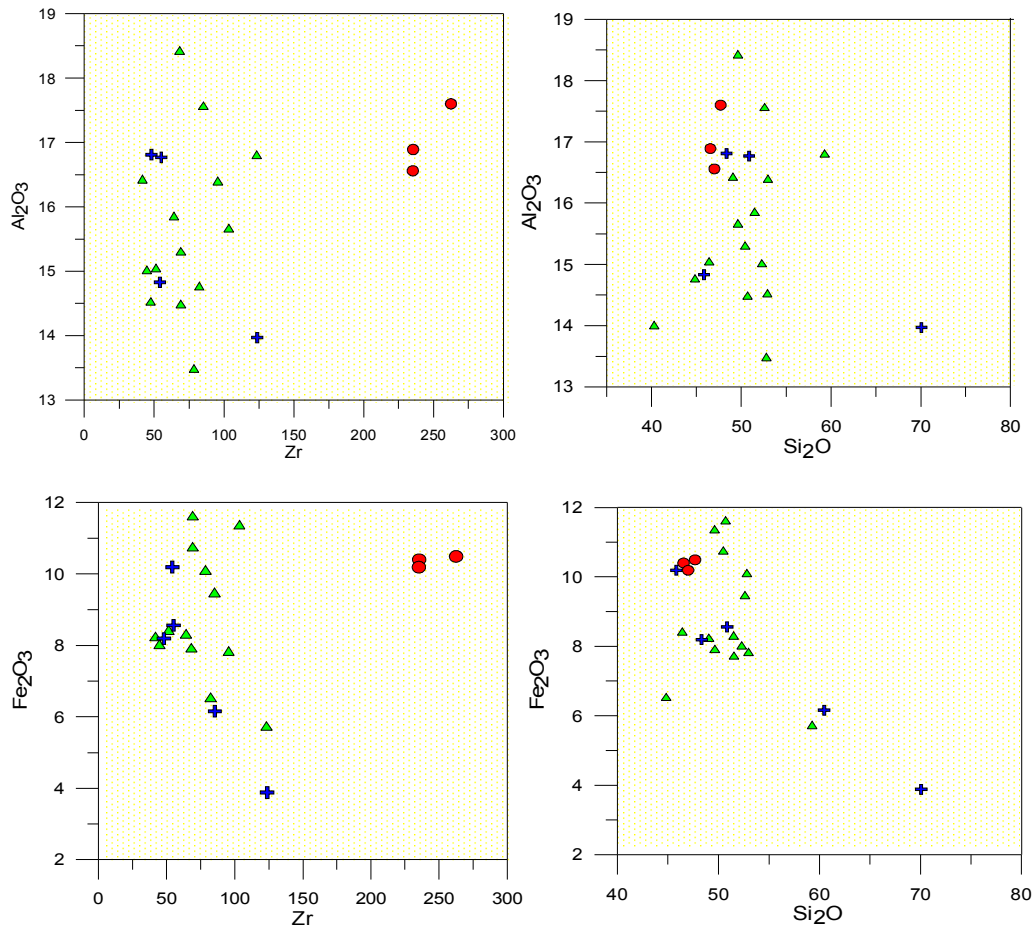
İnceleme konusu birimlerde, ana element oksit bileşenlerinin Zr'a göre değişim diyagramlarına bakıldığında, Karabakır Formasyonu'na ait üç örneğin Zr değeri Elazığ Magmatitleri ve Maden Grubu örneklerine göre oldukça yüksek olduğundan, bu kayaçlardan farklı bir bölgede konumlanmaktadır. Ancak Zr artışına bağlı farklı bir yönseme göstermekle beraber, tüm ana oksit değerleri diğer kayaç örnekleriyle uyumludur (Şekil 4.7). Yani Karabakır Formasyonu örneklerinin ana oksit değerleri, Elazığ Magmatikleri ve Maden Grubuna ait örneklerin ana oksit içerikleri benzer dağılım göstermektedir. Elazığ Magmatikleri ve Maden Grubuna ait örneklerin tamamının Zr ve ana oksit içeriklerinin benzer dağılım göstermelerine karşın Al_2O_3 , FeO, MgO, CaO ve Na_2O içeriklerinin Zr'a karşı değişim diyagramlarında hemen hemen düşük ve yüksek oksit değerlerine sahip iki grup ayrılmaktadır. Bu durum kayaçların mafik mineral bileşimlerine bağlı olarak normal bir diferansiyasyon göstermektedir. Örneğin Na_2O -Zr diyagramında, yüksek Na_2O 'lu toplulukta olan 4 Elazığ Magmatit örneği (O-38, O-33, O-22, O-9) ile 2 Maden Grubu örneğinin (O-17, O-15) % CaO, MgO ve Fe_2O_3 içerikleri de düşüktür. Yani bu diyagramlarda bu örnekler düşük değerli toplulukları oluşturmaktadır. Bu iki grup kayacın % K_2O değerleri de yine benzer içerikli ve belirgin iki farklı grup oluşturmaktadır.

Tüm bu diyagramlarda Karabakır Formasyonu örnekleri yukarda da değinildiği gibi Zr değerlerinin diğer örneklerden oldukça fazla olmasıyla ayrılmaktadır. Dolayısıyla Harker diyagramlarında, Zr açısından, Elazığ Magmatikleri ve Maden Grubu örneklerinden belirgin bir farklılık gösterirler. Ancak diğer örneklere göre SiO_2 değerleri düşük olmasına karşın, CaO ve Na_2O içerikleri orta bolluktaki örneklerle benzer, Fe_2O_3 , MgO, MnO içerikleri bakımından ise yüksek değerlerde dağılım göstermektedirler. Bütün bu

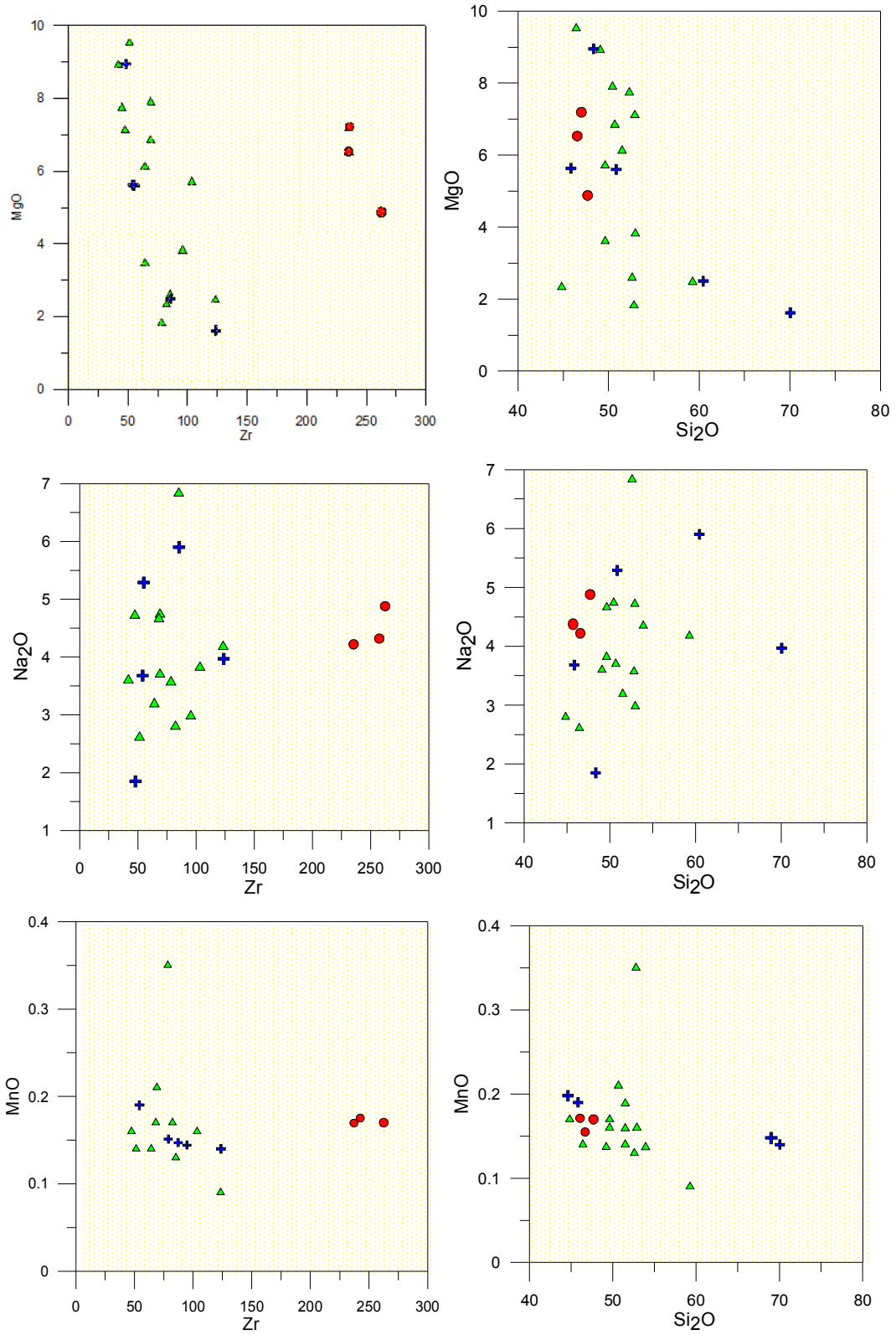
örneklerden farklı olarak K_2O ve TiO_2 içerikleri bakımından ise diğer tüm örneklerden çok daha yüksek değerlere sahiptirler.

Karabakır Formasyonu örneklerinin mineralojik-petrografik olarak diğer birimlerin örnekleri ile benzerlik göstermesine karşın, ana element ve Zr değerlerinin farklı olması, plajiyoklas minerallerinin Na içeriği ve buna bağlı olarak bulunan elementlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

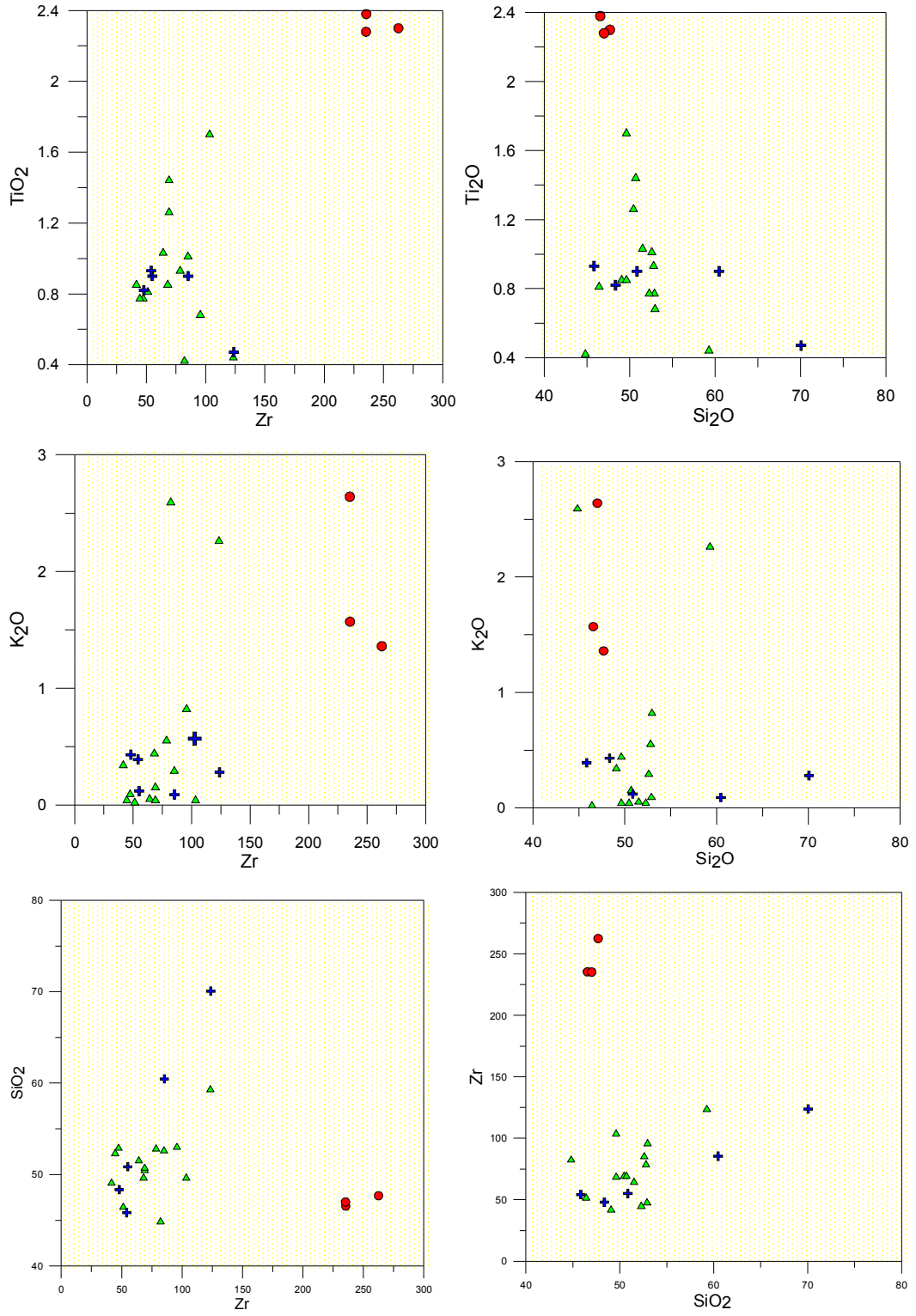
Elazığ Magmatitleri ve Maden Grubu örneklerin Karabakır Formasyonundan farklı olarak, Zr içeriklerine karşın Al_2O_3 , MgO , CaO ve Fe_2O_3 içeriklerinin negatif korelasyon göstermesi, kalsik plajiyoklas ve piroksen fraksiyonlaşmasına, Na_2O ve K_2O içeriklerindeki pozitif korelasyon ise yine fraksiyonel kristalleşme süreçlerinin işareti olarak kabul edilebilir. Birimlerin SiO_2 Harker diyagramlarında, tüm birimlerin SiO_2 değerleri birbirleriyle benzer değerler içerirken ancak K_2O ve TiO_2 diyagramlarında Karabakır Formasyonu örnekleri diğer örneklerden ayrılmaktadır. Bunun dışında tüm birimlerdeki ana oksit değerlerin benzer yönsemeler gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.7).



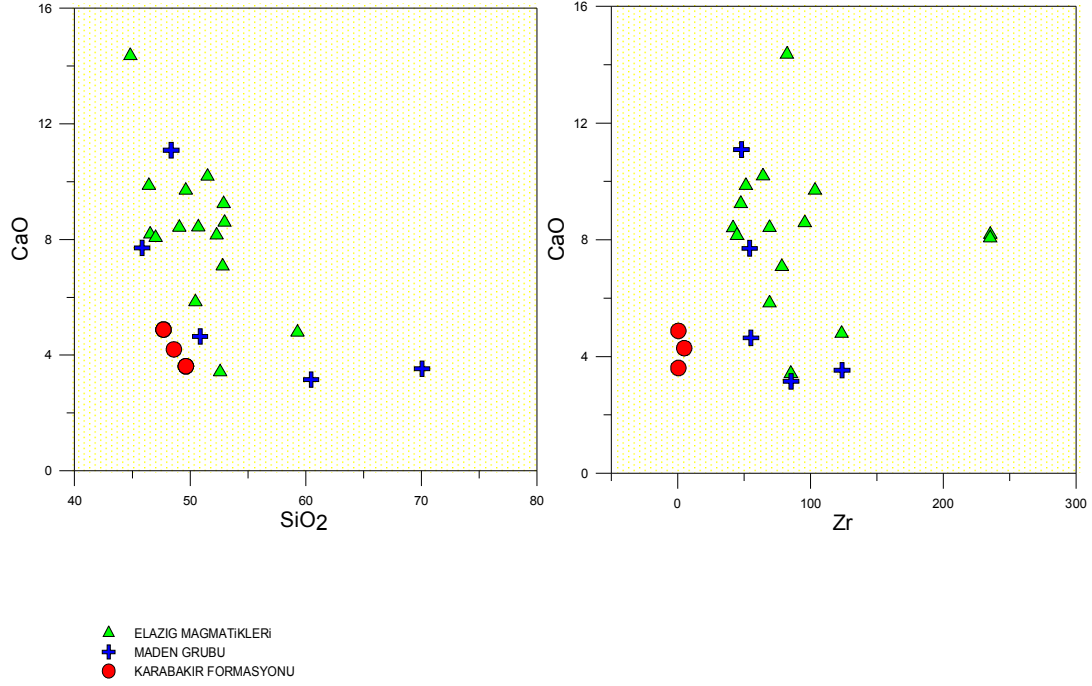
Şekil 4.7. İncelenen kayaçların Zr (ppm) ve SiO_2 'e karşı ana oksit ikili değişim diyagramları



Şekil 4.7. (devam) İncelenen kayaçların Zr (ppm) ve SiO₂'e karşı ana oksit ikili değişim diyagramları



Şekil 4.7. (devam) İncelenen kayaçların Zr (ppm) ve SiO₂'e karşı ana oksit ikili değişim diyagramları

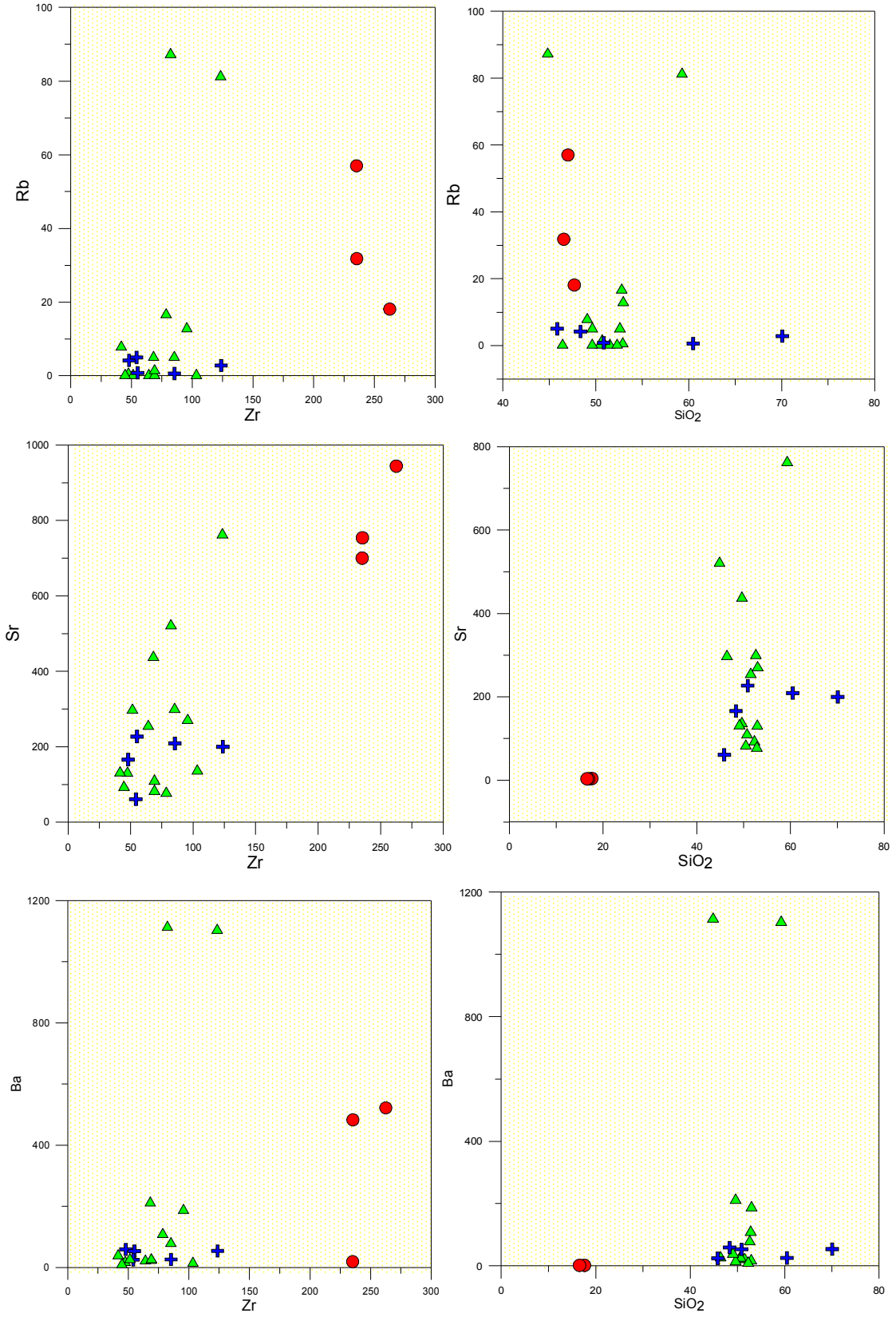


Şekil 4.7. (devam) İncelenen kayaçların Zr (ppm) ve SiO₂’e karşı ana oksit ikili değişim diyagramları

4.3. Eser ve Nadir Toprak Element Jeokimyası

İnceleme konusu magmatik birimlerinin ana element jeokimya verileriyle, kayaçlar jeokimyasal olarak isimlendirilmiş ve kayaçları oluşturan magmanın kökensel özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca Harker (1909) diyagramlarındaki dağılımları saptanmıştır. Aynı örneklerin bazı eser element – Zr ve SiO₂ değişim diyagramları da test edilmiştir (Şekil 4.8, 4.9). Eser element –Zr ve SiO₂ değişim diyagramlarına baktığımızda da, ana element - Harker diyagramlarında (Şekil 4.7) gözlenen gruplanmanın eser element Harker diyagramlarında da ortaya çıktığı görülmektedir.

Örneklerin büyük iyon çaplı (Large Ion Lithophile Element, LILE) elementlerden Rb, Sr ve Ba’un –Zr değişim diyagramlarına bakıldığında (Şekil 4.8), Rb elementinde, Zr değişimine bağlı olarak Karabakır Formasyonu örneklerinde zayıf bir negatif anomali gözlenirken, Elazığ ve Maden Grubu örneklerinde belirgin bir trend gözlenmemektedir. Bilindiği gibi Rb elementi, başlıca K-feldispat ve biyotit minerallerinin bünyesinde yer alan ana elementlerden K ile birlikte davranış göstermektedir (Wilson, 1989; Rollinson, 1993). Ba ve ana elementlerden Ca ile birliktelik sunan ve daha çok plajiyoklas minerallerinin bünyesinde yer alan Sr elementi de tüm birimlerin örneklerinde çok belirgin olmayan, zayıf bir pozitif trend göstermektedir. Bu yönelim Ca ile uyumludur. Bu diyagramlarda Elazığ ile Maden magmatik kayaçları benzer dağılım gösterirken Karabakır

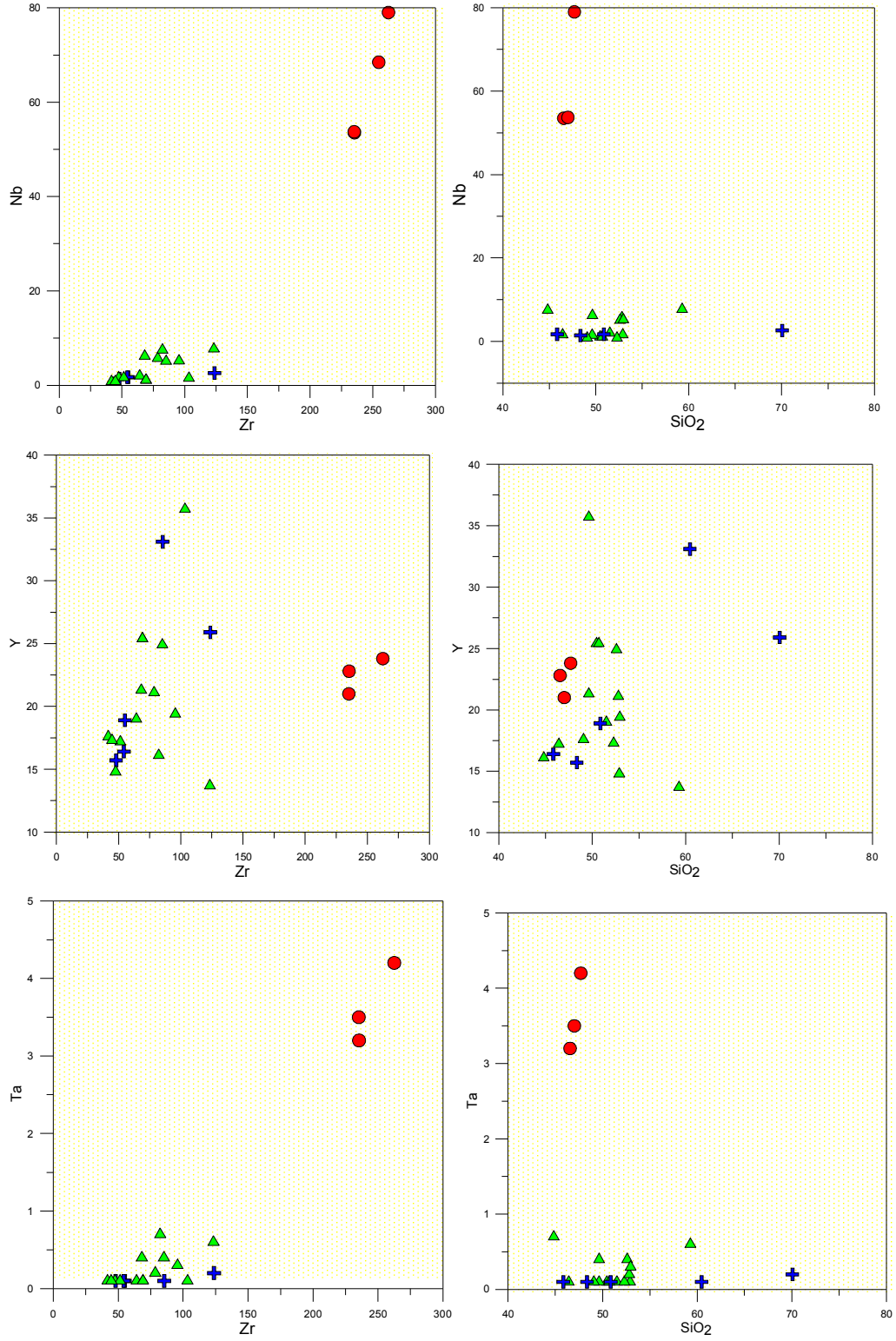


Şekil 4.8. Örneklerin LILE Harker diyagramındaki dağılımları.

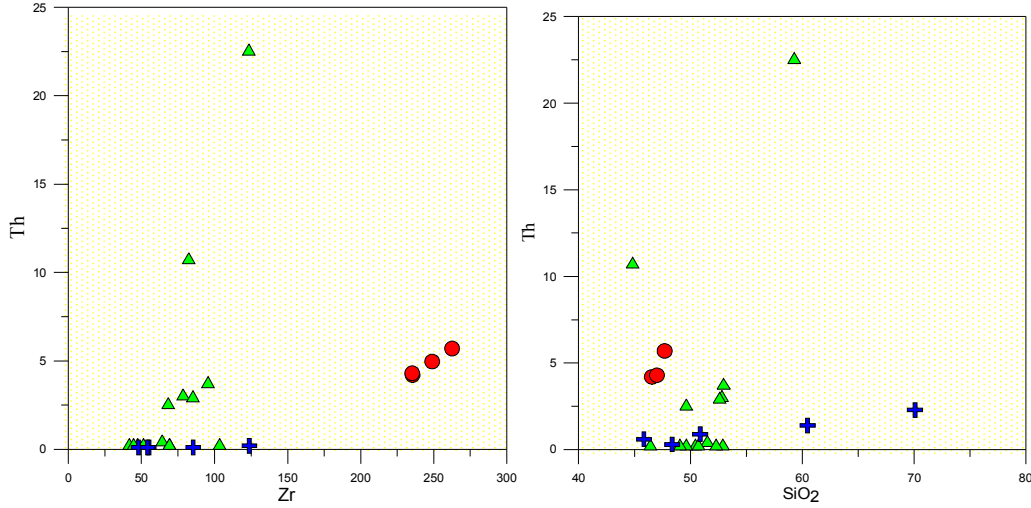
Formasyonu örneklerinin daha yüksek Sr'a sahip olduğu görülmektedir. Kayaçlardaki Sr eksikliğinin, mikroskopik incelemelerle de belirlenen alterasyona bağlı ikincil mobilizasyonla kaydedilmiş olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Zaten büyük iyon çaplı litofil element olarak tanımlanan element grubunun (Rb, Sr, Ba), alterasyon sırasında kolayca hareketlenerek kristal yapıdan uzaklaşabileceği bilinmektedir (Wilson, 1989). Nitekim örneklerin analiz sonuçlarında ateşte kayıp oranlarının özellikle Elazığ ve Maden örneklerinde çok yüksek olması alterasyonun olduğunu, dolayısıyla bu elementlerin de buna bağlı olarak gelişme gösterdiği düşünülmektedir (Tablo 4.1, 4.2). Bu gruptaki Ba elementi de tıpkı Rb ve Sr gibi çoğunlukla feldispat ve biyotitlerle birliktelik oluşturur. Ancak yüksek sıcaklık feldispatlarında daha bol bulunduğu bilinmektedir (Wilson, 1989). İnceleme alanındaki örnekler genellikle düşük Ba içeriklidirler. Ancak Elazığ Magmatitleri örneklerinin Ba içeriklerindeki değişimi daha belirgindir. Bu durum aynı birimin kayaçlarındaki Na değişimiyle uygunluk gösterir. Bu aynı zamanda yüksek sıcaklık ve düşük sıcaklık feldispatlarının birlikteliğine işaret edebildiği gibi yine alterasyonla da bağlantılı gelişmiş olabilir.

Eser elementlerden kalıcılığı yüksek element (High Field Strength Element, HFSE) olarak tanımlanan Nb, Y, Th ve Ta'nın (Rollinson, 1993) yine HFSE elementi olan Zr'a karşı değişimlerine baktığımızda (Şekil 4.9), diğer element dağılımlarında olduğu gibi bazen farklı konum ve trendlerle belirgin, bazen de herhangi bir ayrımlanma sunmazlar. Örneğin Nb elementi için Karabakır Formasyonu örnekleri zenginleşme gösterirken, Y elementi tüm birimlerde benzer dağılım göstermektedir. Bu durum olasılıkla, granat içermeyen bir kaynak malzemeden türeyen magmanın katılaşmasıyla oluşabileceğini (Wilson, 1989) düşündürmektedir. Diğer HFS elementlerini oluşturan Th ve Ta'nın Zr ile değişimleri de Nb ve Y'a benzer dağılım sunmaktadır. HFS element Harker diyagramlarında, özellikle Karabakır Formasyonu örneklerinin daha zenginleşmiş olması bu örneklerin alkalın özellikleriyle de uyumludur. Bu durumun alkalın bileşimli kayaçlarda yaygın ve daha bol olarak bulunan aksesuar minerallerinden (Boztuğ, 2001) kaynaklanmış olabileceğini düşündürmektedir.

Nadir toprak elementleri (NTE) de tıpkı HFS elementler gibi, genellikle kayaç oluşturu ana bileşenlerden çok, granitik magmanın katılaşması sırasında bağıl olarak daha geç evrelerde oluşan, aksesuar minerallerin bünyelerine girmektedir (Mason ve Moore, 1982). Bununla birlikte kayaç oluşturan bazı ana minerallerde nadir toprak elementlerine karşı jeokimyasal bir ilgi duyarak, onları kristal kafeslerine alabilmektedir.



Şekil 4.9. Örneklerin bazı HFSE -Zr değişim diyagramlarındaki dağılımları.



Şekil 4.9. (devam) Örneklerin bazı HFSE -Zr değişim diyagramlarındaki dağılımları.

Örneğin granat ve hornblend gibi mineraller, ağır nadir toprak elementleri (Heavy Rare Earth Elements, HREE; Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, ve Lu), hafif nadir toprak elementleri (Light Rare Earth Elements, LREE; La, Ce, Pr) ve orta ağırlıklı nadir toprak elementlerine (Middle Rare Earth Elements; Nd, Sm ve Eu) göre bünyelerine daha fazla kabul etmekte ve böylece NTE'nin fraksiyonlaşmasına neden olmaktadır (Wilson, 1989). Ayrıca klinopiroksen mineralinin de NTE'lerin fraksiyonlaşmasına neden olduğu ancak bu fraksiyonlaşmanın amfibollerdeki kadar olmadığı ileri sürülmektedir (Wilson, 1989). Yine NTE'lerden Eu elementinin özellikle feldispat minerallerinin bünyesine girme eğilimi gösterdiği ve magmanın katılaşması sırasında plajiyoklas fraksiyonlaşmasının gerçekleşmesi durumunda artık magmanın Eu içeriğinin tüketilmesi nedeniyle geç evrede oluşan kayaların negatif Eu anomali verdikleri kabul edilmektedir (Wilson, 1989).

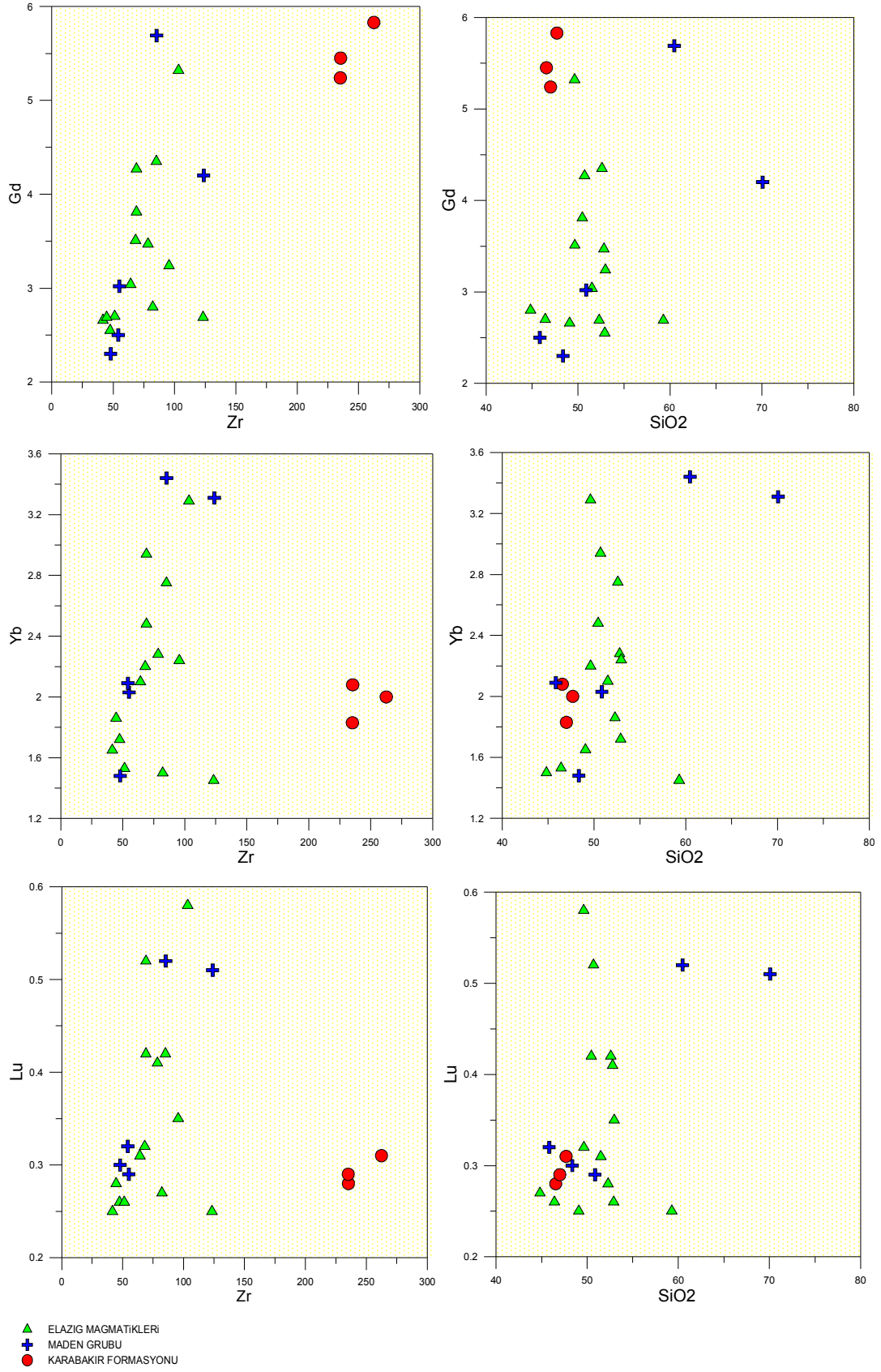
Verilen teorik bilgilerin ışığında çalışma konusu kayaların bazı NTE içeriklerinin (Tablo 4.3 ve 4.4) Zr'a göre olan değişimi incelendiğinde (Şekil 4.10), tüm birimlerin benzer olarak pozitif bir trend gösterdikleri ancak Elazığ Magmatitleri ve Maden Grubu kayaların benzer dağılım göstermesine karşın, Karabakır Formasyonu'nun NTE'ler bakımından daha zengin olduğu görülmektedir. Ayrıca verilen tüm jeokimyasal-değişim diyagramlarda (Şekil 4.3-4.10) çalışma konusu kayalardan Elazığ Magmatitleri ile Maden Grubu'nun Karabakır Formasyonu'ndan farklı olarak birbirlerine benzer karakteristiklere sahip oldukları görülmektedir. Karabakır Formasyonu kayalarının ise farklı olarak en fazla fraksiyonlaşmaya uğradığı görülmektedir.

Tablo 4.3. Elazığ Magmatitlerine ait örneklerin nadir toprak element (REE, ppm) tablosu

Elazığ Magmatitleri														
Örnek No	O-9	O-10	O-13	O-22	O-23	O-24	O-25	O-27	O-31	O-33	O-35	O-38	O-40	O-48
SiO ₂	52.9	46.42	51.5	50.45	50.7	49.62	49.07	52.29	52.8	59.28	44.83	52.60	52.96	47.69
La	2.6	4.8	4.1	2.9	2.6	4.2	1.9	2.6	13.8	23.9	21.7	13.1	1.21	48.1
Ce	7.1	8.6	10.8	9.3	8.0	12.3	4.9	6.6	26.7	39.5	37.1	26.9	24.7	89.5
Pr	1.12	1.36	1.58	1.47	1.54	2.03	0.88	1.11	3.48	4.37	4.11	3.42	2.97	9.71
Nd	6.3	6.5	7.8	7.0	9.7	11.9	4.8	5.7	13.8	15.6	16.0	15.6	12.3	37.7
Sm	2.05	2.08	2.47	2.95	3.11	3.83	1.81	1.76	3.48	2.75	3.01	3.48	2.91	6.79
Eu	0.69	0.71	0.92	1.0	1.15	1.31	0.72	0.79	1.07	0.70	0.77	1.26	0.91	2.02
Gd	2.55	2.70	3.04	3.81	4.27	5.32	2.66	2.69	3.47	2.69	2.80	4.35	3.24	5.83
Tb	0.44	0.48	0.55	0.68	0.79	0.92	0.45	0.47	0.56	0.37	0.41	0.72	0.53	0.81
Dy	2.76	2.98	3.52	4.44	4.78	5.76	2.65	3.19	3.34	2.19	2.63	4.75	3.31	4.62
Ho	0.61	0.67	0.74	0.9	1.15	1.21	0.64	0.73	0.73	0.49	0.50	0.95	0.75	0.90
Er	1.68	1.91	2.28	2.73	3.37	3.53	2.03	1.83	2.32	1.43	1.56	2.80	2.28	2.32
Tm	0.24	0.25	0.31	0.42	0.46	0.53	0.31	0.27	0.36	0.22	0.23	0.42	0.34	0.30
Yb	1.72	1.53	2.1	2.48	2.94	3.29	1.65	1.86	2.28	1.45	1.50	2.75	2.24	2.0
Lu	0.26	0.26	0.31	0.42	0.52	0.58	0.25	0.28	0.41	0.25	0.27	0.42	0.35	0.31

Tablo 4.4. Maden Grubu ve Karabakır Formasyonuna ait örneklerin nadir toprak element (REE, ppm) tablosu

Örnek No	Maden Grubu					Karabakır Formasyonu		
	O-4	O-15	O-17	O-19	O-28	O-53	O-61	O-62
SiO ₂	48.35	60.46	50.86	45.84	70.06	49.63	46.55	47.00
La	4.2	9.4	5.3	4.8	13.5	13.0	33.6	33.7
Ce	8.4	22.7	12.4	10.5	29.4	2.62	63.1	63.3
Pr	1.11	3.56	1.76	1.56	3.91	3.22	7.33	7.25
Nd	5.5	16.7	8.9	7.1	16.6	13.6	30.1	30.9
Sm	1.85	4.74	2.41	2.20	3.90	3.13	6.19	5.65
Eu	0.69	1.64	0.74	0.75	1.11	1.07	2.02	1.78
Gd	2.30	5.69	3.02	2.50	4.20	3.51	5.45	5.24
Tb	0.40	0.86	0.52	0.46	0.67	0.58	0.78	0.75
Dy	3.0	5.97	3.40	3.03	4.52	3.63	4.16	4.05
Ho	0.57	1.36	0.77	0.71	0.98	0.81	0.85	0.76
Er	1.70	3.39	2.12	2.07	3.05	2.28	2.23	2.09
Tm	0.23	0.49	0.30	0.28	0.44	0.32	0.29	0.31
Yb	1.48	3.44	2.03	2.09	3.31	2.20	2.08	1.83
Lu	0.30	0.52	0.29	0.32	0.51	0.32	0.28	0.29



Şekil 4.10. Bazı nadir toprak elementlerin Zr ve SiO₂ değişim diyagramlarındaki dağılımları.

4.4. Çoklu Element Diyagramları

Magmatik kayalarda birkaç ppm'den birkaç on ppm'e kadar değişebilen konsantrasyonlarda bulunan eser elementlerin, magmatik katılaşma sırasında oluşan ana minerallerin bünyelerine pek fazla girmedikleri ve bu nedenle ilerleyen katılaşma ile birlikte bağıl olarak daha geç evrelerde zenginleştikleri bilinmektedir (Boztuğ, 2001). Yani magmatik kayalarda daha çok aksesuar bileşen olarak bilinen apatit, titanit, zirkon, allanit, monazit v.b. gibi minerallerle beraber bulunmalarından dolayı, aksesuar bileşen mineralojisine bağlı olarak davranış sergilemektedirler.

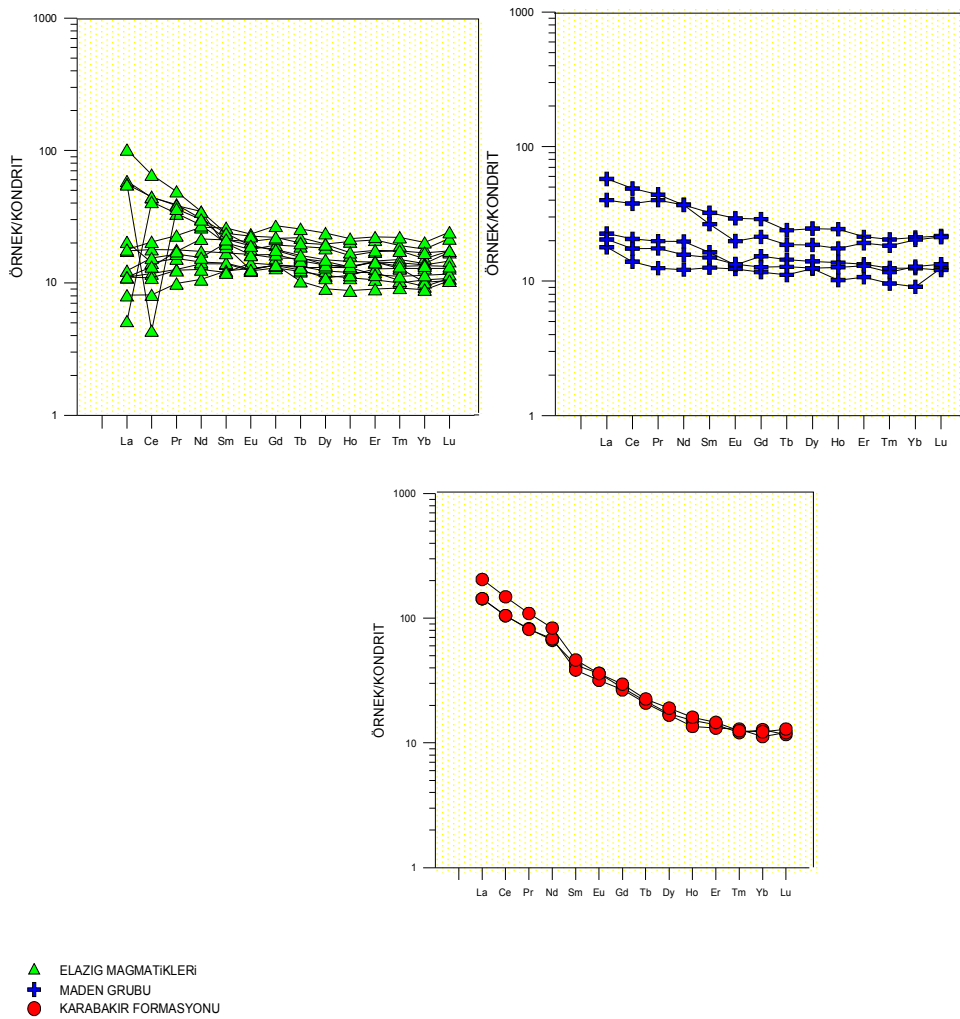
Çoklu element diyagramlarından olan analizi yapılan örneklerin, Kondrit değerlerine göre normalize edilerek elde edilen diyagramlardaki trendlere göre yorumlanan NTE jeokimyası, herhangi bir magmatik kayaç biriminin katılaşması sırasında, hafif nadir toprak element (HNTE) içeriğinden ağır nadir toprak element (ANTE) içeriğine göre gelişen fraksiyonlanma özelliği hakkında bilgi verebildiği gibi, birden fazla magmatik kayaç biriminin yüzeylendiği durumlarda ise ilgili kayaç birimlerinin eş kökenli veya değişik magma kaynaklarından türeyip türemedikleri hakkında bilgi verebilmektedir (Tatar, 2003).

İnceleme konusu kayaçların Sun (1982) tarafından tanımlanan Kondrit değerlerine göre normalleştirilerek elde edilen örümcek diyagramlarına (Şekil 4. 11) bakıldığında, tüm birimlerde benzer bir dağılım trendi ile Eu anomalisinin olmaması ki bu da kayaçların gelişiminde plajiyoklas ayrımlaşmasının etkili olmadığını göstermektedir. Genel olarak tüm birimlerin NTE dağılımlarında, HNTE'lerinden ANTE'lerine doğru azalan bir yönelim görülmektedir. Bu da magmatik farklılaşma süreçleri veya kısmi ergime sırasında HNTE'lerin sıvı fazı tercih etmesinden kaynaklanmaktadır. Örneklerde gözlenen yüksek HNTE/ANTE oranları, magmanın zenginleşmiş bir manto kaynağından veya düşük dereceli ergimelerden oluşmuş eriyiklerden oluştuğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca bu durum birimlerde HNTE'lerinden ANTE'lerine doğru belirgin bir fraksiyonlamanın görüldüğüne işaret etmektedir. Ancak zenginleşme bakımından, Karabakır Formasyonu örneklerinin alkali özellikte olmasından dolayı HNTE'lerdeki zenginleşme katsayıları diğer birimlerden daha fazladır. Elazığ ve Maden grubu örneklerinin ise yine benzer dağılım özelliği göstermelerine karşın, Elazığ Magmatitleri örnekleri kendi içinde özellikle HNTE bakımından iki farklı gruba ayrılmaktadır. Bir grup kayalarındaki HNTE'lerin zenginleşme oranları 7-10 arasında değişirken, diğer grup kayaların zenginleşme katsayısı 50-110 arasında değişmektedir. Bu farklılık kayalar arasındaki kökensel ilişki farklılığını belirleyecek kadar önemsenebilir. Nitekim bu örneklerin diğer jeokimyasal ve

petrografik özelliklerine bakıldığında da bu ayrım gözlenmektedir. Bu her iki grup kayaç da, Nd elementinden sonra birlikte yaklaşık yatay bir davranış özelliği göstermektedir. Karabakır Formasyonu örneklerinden iki örnekteki Ce'un çok belirgin negatif anomali göstermesi Ce'un manto kaynak bölgesinde aşırı uyumsuz davranmasından kaynaklanabilir.

Ayrıca kayaçlarda HNTE'lerin orta ve ağır NTE'lere göre daha fazla zenginleşmiş olması, kayaçların gelişiminde, klinopiroksen ve hornblend ayrışmasının etkili olduğunu göstermektedir (Gill, 1981).

Bu verilerden yararlanarak, Elazığ ve Maden Grubu örneklerinin benzer magma kaynağını karakterize eden bir davranış sergilerken, Karabakır Formasyonu örneklerinin farklı bir magma ya da farklı petrojenetik olaylardan etkilenmiş magmayı karakterize ettiği söylenebilir.



Şekil 4.11. Çalışma konusu kayaçların Kondrit'e normalize nadir toprak element diyagramları normalleştirme değerleri.

4.5. İzotop Jeokimyası

Kayaçların ana magma özelliklerini belirlemek için kullanılan izotop jeokimyası hesaplamalarında, kayaçların radyojenik izotop miktarları radyoaktif bozunmaya uğramayan duraylı bir izotopa (referans izotop) oranlanarak elde edilir (Faure, 2001). İzotop oranları ayrımlaşmayla değişmediğinden her bir kaynak, ilişkili olduğu magma kaynağını yansıtan izotopik oranlara sahiptir (Faure 2001). İncelenen volkanik kayaç örneklerinin ölçülen izotop oranları, güncel izotop oranlarını yansıttığı için kayaçların oluşum zamanındaki izotop oranlarını (ilksel oran) belirlemek için, ölçülen değerler üzerinde yaşı düzeltilmesi yapılmaktadır (Faure ve Mensing, 2005). Bu amaçla, incelenen Elazığ Magmatitleri ve Maden Grubukayaçların yaşları, stratigrafik ve paleontolojik olarak Üst Kretase (Ural, 2012) olarak belirlendiğinden ilksel izotop oranları 90 My (Ural, 2012) üzerinden, Karabakır Formasyonu örnekleri ise 17 My üzerinden hesaplanmıştır ve sonuçlar Tablo 4.5’de toplu olarak verilmiştir.

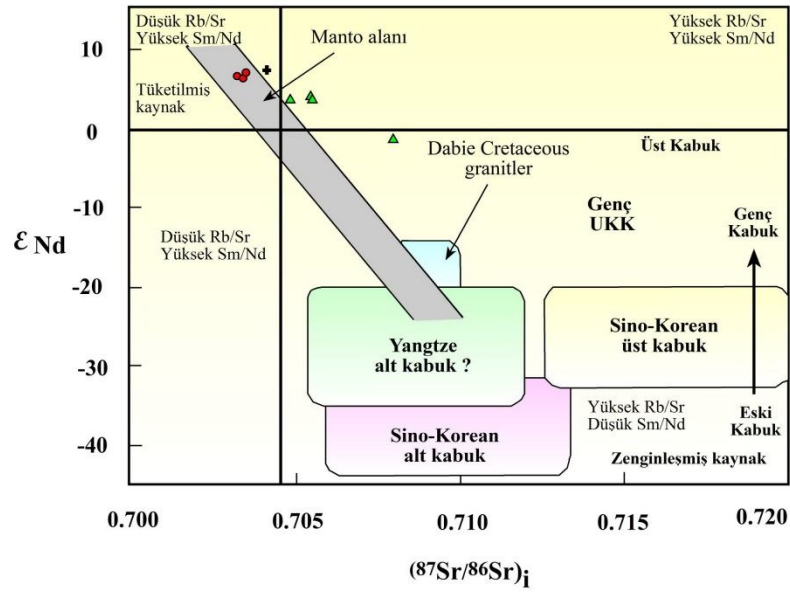
Çalışma bölgesindeki kayaçlar, birbirine benzer dar bir aralıkta değişim gösteren Sr ve Nd izotop bileşimlerine sahiptirler. Elde edilen ilksel izotop oranlarına baktığımızda; tek bir örnekte çalışılan Maden Grubu örneğinde $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i=0.70423$, $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i=0.512858$ iken $\epsilon\text{Nd}_{6.56}$ ile çalışılan örneklerdeki en yüksek değere sahiptir. Elazığ Magmatitleri (4 örnek) örnekleri $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ oranları 0.70487-0.70807 arasında değişirken, ϵNd_i değerleri O-33 nolu örnekte -1.11, diğer 3 örnekte ise 3.35-3.77 arasında olup, Maden Grubu örneğinden oldukça düşüktür. Karabakır örnekleri (3 örnek) $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ değerleri ise 0.70335-0.70347 arasında daha az bir aralıkta değişirken ϵNd_i değerleri yüksek olup, 5.66-6.18 arasındadır.

Petrojenetik olarak yüksek $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ oranları ve negatif (-) ϵNd değerleri, magmanın zenginleşmiş manto veya manto ile yiten kabuk malzemesinin karışmasıyla zenginleşmiş bir manto kaynağından yani hibrid bir kaynaktan türediklerini (Wilson, 1989; Rollinson, 1993), bir başka deyişle manto kaynağındaki kabuk bileşimi katkısını ifade etmektedir (Faure ve Mensing, 2005).

Tablo 4.5. Çalışma bölgesine ait örneklerin izotop analiz sonuçları

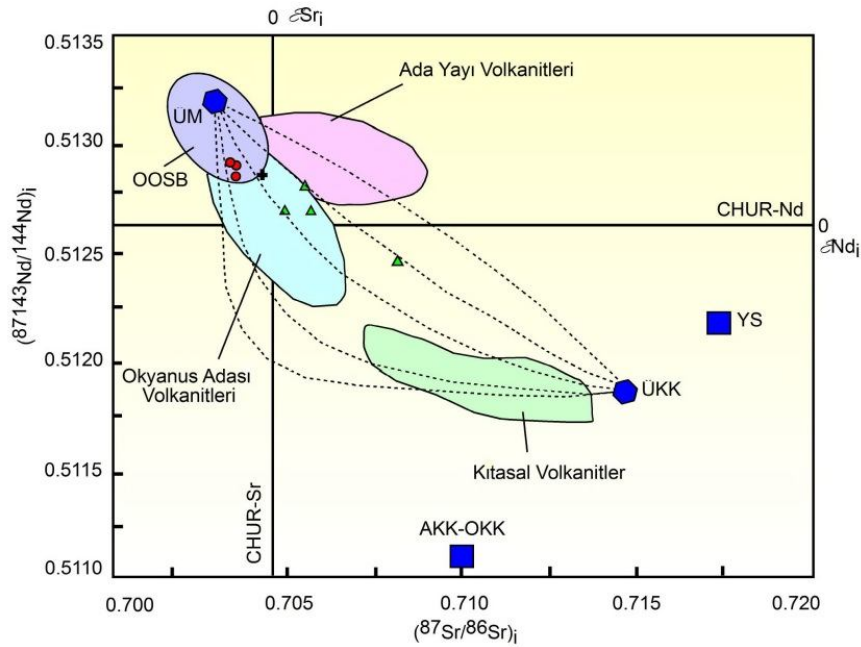
	Örne k No	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$	Nd (ppm)	Sm (ppm)	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_i$	ϵNd
Maden Grubu	O-28	3	200	0.434250	0.704291	0.7042355	16, 6	3, 9	0, 512942	0.512858	6, 56
Elazığ Magmatitleri	O-33	81	762	0.3077362	0.708471	0.7080775	15, 6	2, 75	0, 512528	0.512465	1, 11
	O-38	5	299	0.0484114	0.705681	0.7056191	15, 6	3, 48	0, 512775	0.512696	3, 38
	O-40	13	270	0.1393889	0.705058	0.7048797	12, 3	2, 91	0, 512778	0.512694	3, 35
	O-53	5	437	0.0331236	0.705481	0.7054730	13, 6	3, 13	0, 512825	0, 512810	3, 77
Karabakır Formasyonu	O-48	18	944	0.0552013	0.703547	0.7034764	37, 7	6, 79	0, 512903	0.512839	6, 18
	O-61	32	754	0.1228647	0.703496	0.7034663	30, 1	6, 19	0, 512920	0, 512906	5, 66
	O-62	57	696	0.2370905	0.703410	0.7033528	30, 9	5, 65	0, 512923	0, 512911	5, 75

Volkanitlerin, değişik ortam volkanitleriyle karşılaştırılması ve kökeninin araştırılması amacıyla, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 'ye karşılık $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ diyagramı çizilmiştir (Şekil 4.13). Diyagramda Karabakır örneklerinin sol üst bölgede ancak manto alanı içerisinde, Maden Grubu örneğinin yine sol üst bölgede, Elazığ Magmatitleri örneklerinin ise sağ alt bölgede bulunan O-33 nolu örneğin dışında kalan örnekleri sağ üst bölgede bulunmaktadır. Güleç (2001) Sr-Nd izotop korelasyon diyagramının sağ üst bölgesini altere olmuş okyanus bazaltları ile ada yayı volkanitlerinin temsil ettiğini belirtir. Güleç'e (2001) göre mantonun alt düzeylerinden gelen ergiyiklerin mantonun daha üst düzeyleriyle tepkimesinin bir sonucu olarak, meydana gelen üst mantodaki iz element zenginleşmesini ifade eden ve kayaçların LİLE içeriklerine de yansıyan manto metazomatizması olarak tanımlanan olayda, metazomatizma olayının genç olması halinde kayaçlar Sr-Nd izotop korelasyon diyagramının sol üst bölgesinde, daha yaşlı bir metazomatizma sözkonusu ise sağ alt bölgesinde konumlanırlar. Bu diyagramdaki örneklerin dağılımları bu kayaçların homojen bir kaynaktan türemediklerini göstermektedir. Buna göre ada yayı volkanitlerini temsil eden Elazığ Magmatitleri örneklerinin düşük ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)i oranları ve pozitif (+) ϵNd i değerlerine sahip olması, bu kayaçların tüketilmiş bir manto kaynağından türediğine ve/veya tüketilmiş bir mantodan türeyen ve yaşlı bir metazomatizma sözkonusu olduğuna işaret etmektedir. Benzer şekilde Karabakır Formasyonu volkanitlerinin Elazığ Magmatitlerin'den daha düşük ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)i oranları ve daha yüksek ϵNd i değerlerine sahip olması da bu kayaçların tüketilmiş bir manto kaynağından türediğine ve/veya tüketilmiş bir mantodan türeyen en son üye olduklarına işaret etmektedir.



Şekil 4.12. Örneklerin $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ - ϵNd diyagramında dağılımı (Jahn et al., 1999; Khalaji et al., 2007).

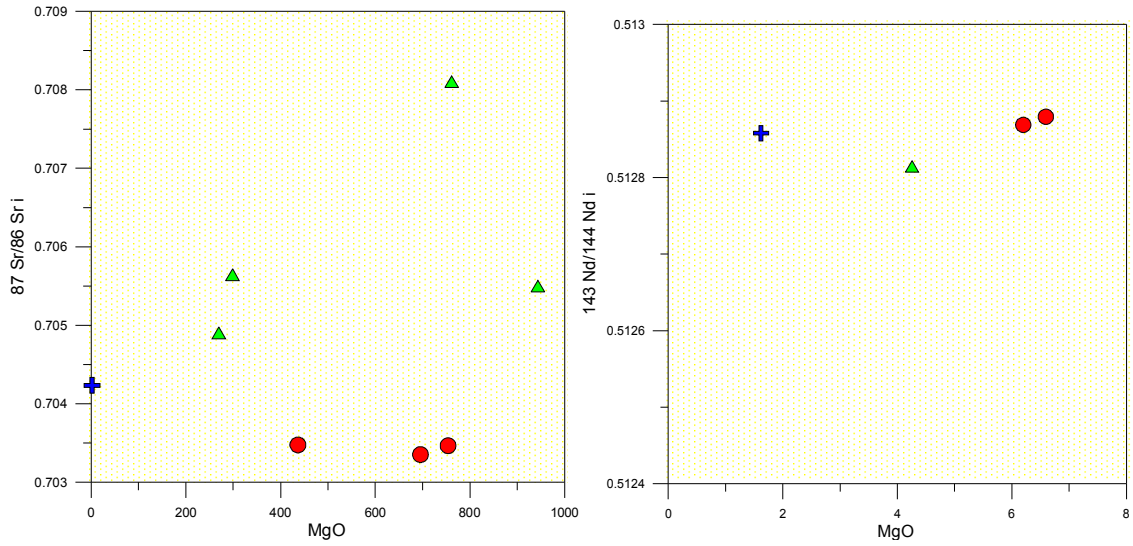
İncelenen volkanitler, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ ve $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i$ oranlarıyla (Şekil 5.15), özellikle OOSB (Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı) ve OAB (Okyanus Adası Bazaltı) gibi manto kökenli kayalara benzerlik gösterirler.



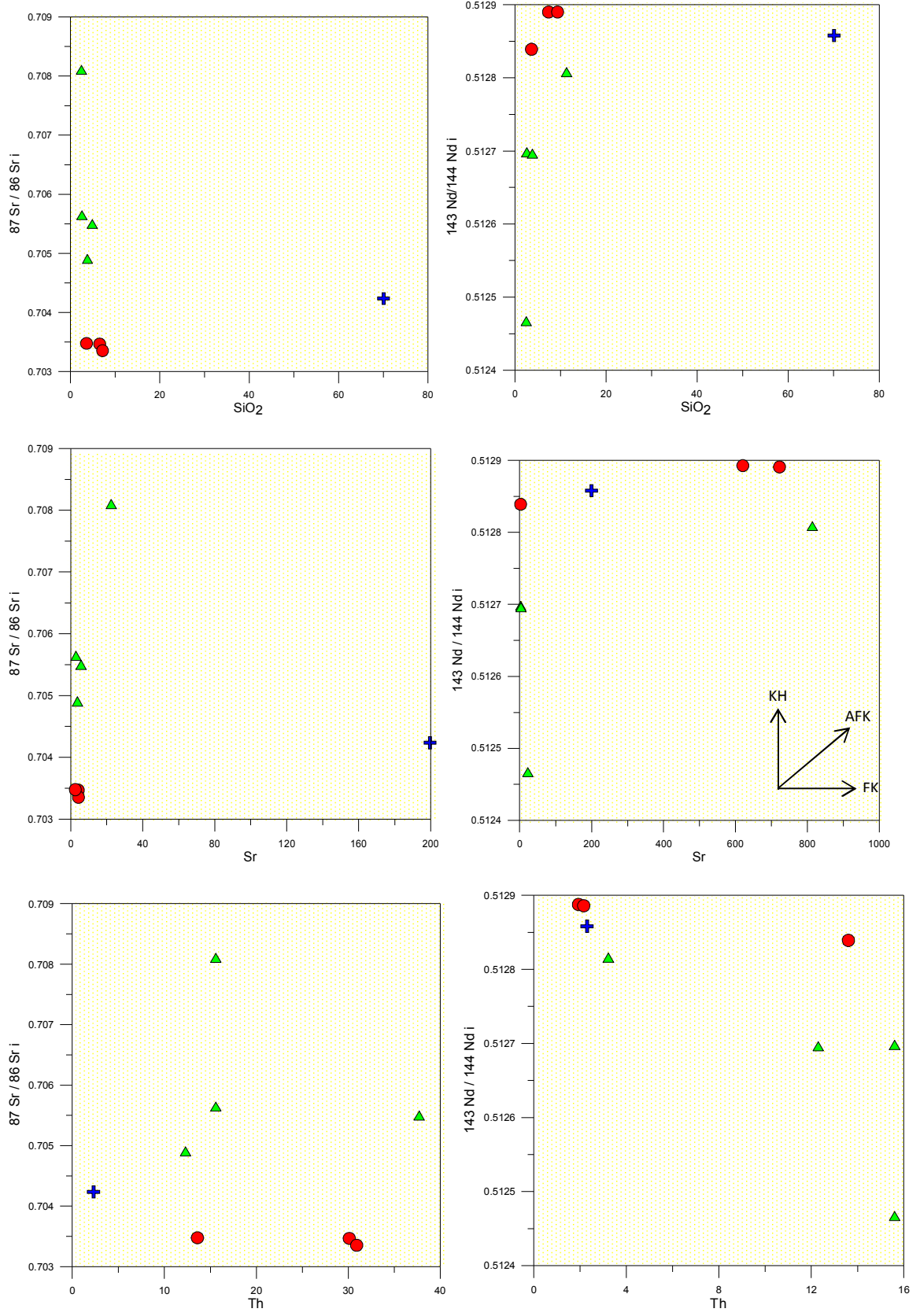
Şekil 4.13. Çalışma konusu kayaların $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ - $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i$ diyagramındaki dağılımları (CHUR-Nd ve CHUR-Sr; Nd ve Sr için kondritik tekdüze rezervuar) (Temizel, 2008).

İncelenen volkanitlerin gelişiminde Fraksiyonel Kristalleşme (FK) ya da Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalleşmenin (AFK) etkisini sorgulamak için $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ ve $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i$

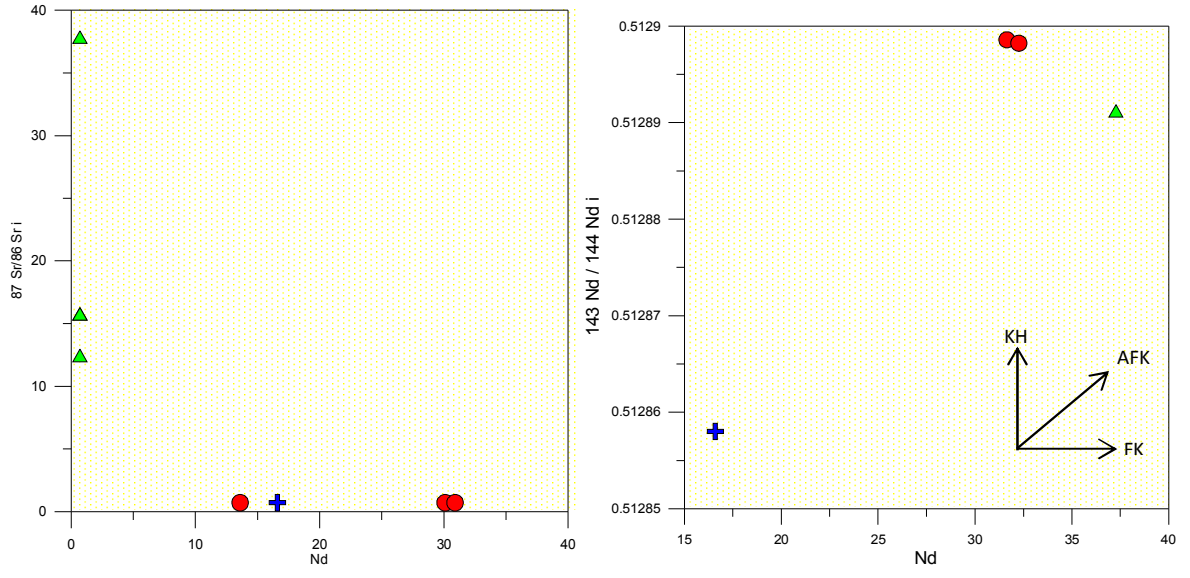
oranları SiO₂, MgO, Rb/Sr, Th, Sr ve Nd'a karşı ilişkilendirilmiştir (Şekil 4.14). Normal bir fraksiyonel kristalleşme sürecinde sistem kapalı olması durumunda (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i ile (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)_i oranları ilerleyen diferansiyasyonla değişmez, (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i ve (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)_i ile diğer element/oksitler ikili diyagramında yatay bir yönseme gözlenir (Taylor, 1980). Faure (2001)'e göre magmadaki Rb/Sr oranı FC ile değişmemektedir. İncelenen kayalardan Elazığ Magmatitleri örneklerinin(⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i oranlarına karşı SiO₂ (%), MgO (%), Th, Sr, değişimlerinde çok belirgin olmasa da magmanın oluşumunda Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalleşmenin (AFK) daha etkili olduğunu Karabakır Formasyonu örneklerinde ise yataya yakın yönseme olduğu ve Fraksiyonel Kristalleşmenin (FK) daha etken olduğu söylenebilir. Örneklerin (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)_i - SiO₂ ve Nd değişimlerinde ise Karabakır formasyonu örnekleri belirgin bir yönseme göstermezken, Elazığ Magmatitleri örnekleri AFK ve Kaynak Heterojenliğine (KH) işaret etmektedir.



Şekil 4.14. İncelenen kayaların (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i ve (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)_i a karşı SiO₂, MgO, Sr, Th ve Nd korelasyon diyagramları. FK; Fraksiyonel Kristalleşme, AFK; Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalleşme, KH; Kaynak Heterojenliği.



Şekil 4.14. (devam)



Şekil 4.14. (devam)

5. PETROJENEZ

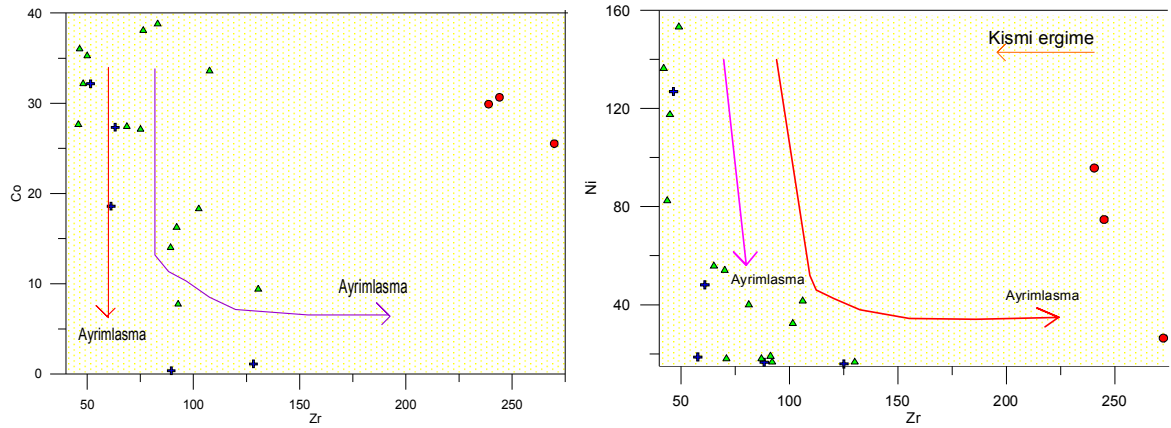
İnceleme alanı magmatik birimlerin mineralojik-petrografik özellikleri, tüm kayaç ve izotop jeokimyası gibi veriler jeolojik konum içerisinde yorumlanarak petrojenez evrimi sunulacaktır. Ayrıca, çalışma bölgesindeki volkanik kayaçların kökenlerine açıklık getirmek ve bunların oluşumunda hangi magmatik süreç ve/veya süreçlerin etkili olduğunu belirlemek amacıyla, çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilmiş modelleme yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla aşağıda verilen alt başlıklarda, volkanitlerin petrojenezleri belirlenmeye çalışılacaktır.

5.1. Kısmi Ergime

Kısmi ergime modellemesi ile bir volkanik sisteme ait ürünlerin hangi tür manto kaynağından ve nasıl bir kısmi ergime türü ve derecesi ile türediği saptanabilir. Bu modelleme ile benzer ve farklı ürünler arasındaki ilişkiler ortaya konulur. Bu modelleme çalışması ile kısmi ergime sürecine kaynak olduğu düşünülen manto bileşenleri (OIB, MORB, vb.) veya bu bileşenlerden herhangi birinin diğer jeokimyasal özellikleriyle belirlenmiş bir uç bileşenden itibaren, kısmi ergime dereceleri değiştirilerek olası iz element bileşimleri hesaplanmaktadır (Görmüş, 2009). Volkanitlerin ana magma bileşimleri üzerindeki ayrışma ve kısmi ergime gibi magmatik süreçlerin etkilerini birbirinden ayırt etmek oldukça zordur. Bunun için, uyumlu–uyumsuz element çiftlerinden oluşturulan diyagramlardan yararlanılmaktadır. Ayrıca olivin ve klinopiroksen gibi ferromagnezyen minerallerin ayrışmasında, sıvı içerisindeki uyumlu elementlerin (Ni, Cr gibi vs.) bolluk oranının azalması ve uyumsuz elementlerin (Th, La ve Nd gibi vs.) bolluk oranının artması beklenir. Çalışma bölgesinde yer alan volkanik kayaçların sahip oldukları majör ve iz element değerleri benzerlik göstermekte olup, yüksek LIL element, düşük HFS element içerikleri ve yüksek LREE ve düşük HREE oranı bu durumu destekler niteliktedir (Wilson, 1989; Pearce et al., 1990). Volkanik kayaçlardaki LILE ve HNTe'lerinde gerçekleşen zenginleşmeler; dalma–batma sürecinin etkisi, kabuksal kirlenme veya kaynak bölgesindeki düşük dereceli kısmi ergime olayları ile açıklanabilir (Pearce et al., 1990).

Yitim zonlarındaki kısmi ergime olaylarını açıklayabilmek için birbirine yakın değerlere sahip dengelenmiş ilksel bazalt bileşimi (Irving, 1978) veya ilksel bileşime yakın bazaltik kayaçlarda (Best, 2006); $\sim 8\text{MgO}$ (/Mg numarası %68-75), Ni (250-300/400 ppm), Cr (500-600/1000 ppm) gibi bazı element değerleri kullanılmaktadır. Bu değerler göz önüne alındığında, çalışma bölgesi volkanik kayaçlarının Elazığ, Maden ve Karabakır örneklerinin sırasıyla; $\% \text{MgO} = 1.82\text{-}9.52$, $1.62\text{-}8.95$, $4.88\text{-}7.19$ ve $\text{Ni} = 20\text{-}167$, $20\text{-}126$, $2\text{-}97$ değerler arasında değişim göstermektedir. Bu sonuçlar da yukarıda verilen ilksel bazalt bileşimi ile uyumluluk sağlamamaktadır. Ancak düşük MgO içeriğine sahip bazaltların, yitim zonu ortamlarında, yitilen litosferin veya metasomatize olmuş üst manto kaynağının belli şartlar altında, kısmi ergimesiyle oluştukları belirtilmektedir (Peacock, 1990).

Çalışma alanı volkanik kayaçlarını oluşturan magmanın kökenine açıklık getirmek amacıyla, farklı araştırmacılar tarafından geliştirilen diyagramlar kullanılmıştır. Bu amaçla Zr (ppm)'a karşı çizilen Co (ppm) ve Ni (ppm) diyagramlarında, volkanik kayaçların gelişiminde kısmi ergimenin (özellikle bazaltik magmanın oluşumunda) ve fraksiyonlaşmanın (andezitik magmaların oluşumunda) etkili olduğunun göstergeleri olabilmektedir. Şekil 5.1'deki bu elementler arasındaki negatif ilişkiler, Elazığ ve Maden volkanitlerinin gelişiminde fraksiyonlaşmanın kısmi ergimeden daha etkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.1. Çalışma bölgesine ait örneklerinin Zr (ppm)'a karşı Co (ppm) ve Ni (ppm) değişimleri.

Tablo 5.1. Elazığ Magmatitlerine ait örneklerine bazı element oranları

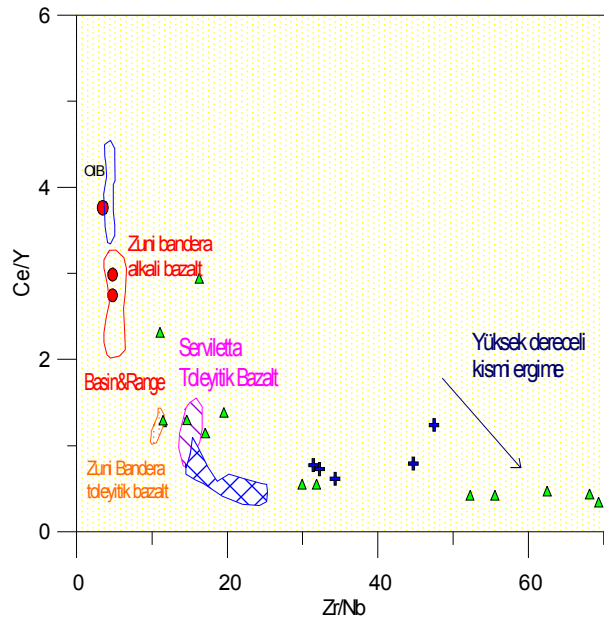
Elazığ Magmatitleri														
Örnek No	O-9	O-10	O-13	O-22	O-23	O-24	O-25	O-27	O-31	O-33	O-35	O-38	O-40	O-53
Zr/Nb	29.69	32.13	32.10	62.82	62.82	68.93	52.13	55.88	13.77	16.03	10.97	16.71	18.38	11.00
Ce/Y	0.48	0.50	0.57	0.37	0.31	0.34	0.28	0.38	1.27	2.88	2.30	1.08	1.27	0.12
Ce/Zr	0.15	0.17	0.17	0.13	0.12	0.12	0.12	0.15	0.34	0.32	0.45	0.32	0.26	0.04
Zr/Ba	2.79	1.98	3.06	3.00	2.76	7.39	1.10	4.97	0.73	0.11	0.07	1.09	0.51	0.32
Nb/Ba	0.09	0.06	0.10	0.05	0.04	0.11	0.02	0.09	0.05	0.01	0.01	0.07	0.03	0.03
La/Nb	1.63	3.00	2.05	2.64	2.36	2.80	2.38	3.25	2.42	3.10	2.89	2.57	0.23	2.10
Ba/Nb	10.63	16.25	10.50	20.91	22.73	9.33	47.50	11.25	18.95	143.25	148.4	15.29	35.96	34.03
Th/Yb	0.12	0.13	0.19	0.08	0.07	0.06	0.12	0.11	1.32	15.52	7.13	1.05	1.65	1.14
Ta/Yb	0.06	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.06	0.05	0.09	0.41	0.47	0.15	0.13	0.18
La/Ta	26	48	41	29	26	42	19	26	69	39.83	31	32.75	4.03	32.50
K ₂ O/Th	0.45	0.10	0.13	0.20	0.75	0.20	1.70	0.20	0.18	0.10	0.24	0.10	0.22	0.18
Zr/Y	3.21	2.99	3.38	2.72	2.72	2.90	2.37	2.58	3.72	9.01	5.11	3.42	4.93	3.20
Ba/La	6.54	5.42	5.12	7.93	9.62	3.33	20	3.46	7.83	46.15	51.29	5.95	154.55	16.23
Sr/Y	8.78	17.27	13.37	3.23	4.29	3.81	7.44	5.32	3.65	55.62	32.36	12.01	13.92	20.52
Sr/Nd	20.63	45.69	32.56	11.71	11.24	11.43	27.29	16.14	5.58	48.85	32.56	19.17	21.95	32.13
Nb/Y	0.11	0.09	0.11	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.27	0.56	0.47	0.20	0.27	0.29
Th/Y	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.14	1.64	0.66	0.12	0.19	0.12

Tablo 5.2. Maden Grubu ve Karabakır Formasyonuna ait örneklerin bazı element oranları

Maden grubu						Karabakır Formasyonu		
Örnek No	O-4	O-15	O-17	O-19	O-28	O-48	O-61	O-62
Zr/Nb	34.29	44, 9	32.41	31.88	47.62	3.32	4.4	4.38
Ce/Y	0.54	0.69	0.66	0.64	1.14	3.76	2.77	3.01
Ce/Zr	0.18	0.27	0.23	0.19	0.24	0.34	0.27	0.27
Zr/Ba	0.81	3.28	1.04	2.17	2.29	0.50	0.49	12.38
Nb/Ba	0.02	0.07	0.03	0.07	0.05	0.15	0.11	2.83
La/Nb	3.00	4.95	3.12	2.82	5.19	0.61	0.63	0.63
Ba/Nb	42.14	13.68	31.18	14.71	20.77	6.61	9.03	0.35
Th/Yb	0.20	0.41	0.44	0.29	0.69	2.85	2.02	2.35
Ta/Yb	0.07	0.03	0.05	0.05	0.06	2.10	1.54	1.91
La/Ta	42	94	53	48	67.5	11.45	10.50	9.63
K ₂ O/Th	1.43	0.06	0.13	0.65	0.12	0.24	0.37	0.61
Zr/Y	3.06	2.58	2.92	3.30	4.78	11.03	10.32	11.2
Ba/La	14	2.8	10	5.2	4	0.603	2.23	2.88
Sr/Y	10.57	6.31	12.01	3.72	7.72	3.32	4.40	4.38
Sr/Nd	30.18	12.51	25.51	8.59	12.05	39.66	33.07	33.33
Nb/Y	0.09	0.06	0.09	0.10	0.10	25.04	25.05	22.65
Th/Y	0.02	0.04	0.05	0.04	0.09	3.32	2.35	2.56

Teorik olarak Ce/Y oranı, LREE zenginleşmelerini gösterirken, Zr/Y, ve Zr/Nb gibi elementler arasındaki oranlar önemlidir ve kısmi ergime derecesindeki değişimleri veya kısmi ergimenin etkisini belirleyebilmek için kullanılmaktadır (Fitton et al., 1988). Ce ve Nb elementleri sırasıyla, normal manto fazlarında Zr ve Y elementlerinden daha uyumsuzdur. Bunun sonucunda, mantoda meydana gelebilecek olan kısmi ergime sürecinde, düşük dereceli kısmi ergime derecesine bağlı olarak, bu elementler arasında yüksek Ce/Y ile düşük Zr/Nb oranları elde edilecek ve bu durum da negatif bir ilişkiyi ortaya koyacaktır (Fitton et al., 1988). Şekil 5.2’de Zr/Nb - Ce/Y diyagramında, zayıf bir negatif ilişki görülmektedir. Alkali karaktere sahip bazaltik kayalar ve Karabakır örnekleri okyanus adası bazaltı (OIB) bölgesine yakın kısımlarda bulunurken, kalkalkali özelliğe sahip kayalar nispeten yüksek Zr/Nb değerlerinin bulunduğu kısımda yer almaktadır. Genel olarak volkanik kayalardaki, yüksek Zr/Y ve düşük Zr/Nb oranları

düşük derecedeki kısmi ergime sonucu, düşük Zr/Y ve yüksek Zr/Nb değerleri (Tablo 5.1 ve Tablo 5.2) ise yüksek derecedeki kısmi ergime sonucu ortaya çıktığı belirtilmektedir (Menzies ve Kyle, 1990). Buna göre, çalışma konusu volkanitlerin düşük-orta Zr/Y (~2.37-11.20) ve yüksek Zr/Nb (~3.32-68.93) oranlarına sahip olması, yüksek ergime derecesi ile oluşmuş bir magma (OOSB, $87\text{Sr}/86\text{Sr} < 0.703$) ile düşük ergime derecesi ile oluşmuş magma (zenginleşmiş manto sorgucu, $87\text{Sr}/86\text{Sr} > 0.703$) arasındaki karışım eğrisi üzerinde ve/veya karışım eğrisine yakın bir yerde bulunması Elazığ ve Maden volkanitlerinin ana magmasının az oranda zenginleşmiş manto kaynağının, orta derecedeki bir kısmi ergimesiyle oluşabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca yine Elazığ ve Maden örneklerinin La/Nb oranlarının genel olarak 1'den büyük olması (Elazığ Magmatikleri 0.2-3.2 aralığında; Maden Grubu 2.8-5.1 aralığında) volkanitlerin litosferik mantodan türediklerini desteklemektedir (De Paulo ve Daley, 2000).



Şekil 5.2. Çalışma bölgesi volkanik kayalarına ait Zr/Nb - Ce/Y değişim diyagramı (Görmüş, 2009).

5.2. Fraksiyonel Kristalleşme (FK)

Fraksiyonel kristalleşme, magmatik kayaların, belirli ve tek bir sıcaklık derecesinde kristalleşmediği, kristalleşmenin bir sıcaklık aralığı boyunca geliştiği ve meydana gelen mineral çeşitlerinin ve kimyasal bileşimlerinin sıcaklığın azalması ile devamlı olarak değiştiği şeklinde kabul edilmektedir (Bowen, 1928). Buna göre kristal fraksiyonlaşması, 3 farklı şekilde gelişmektedir. Dengeli kristalleşmede; kristalleşme sırasında katı faz ile

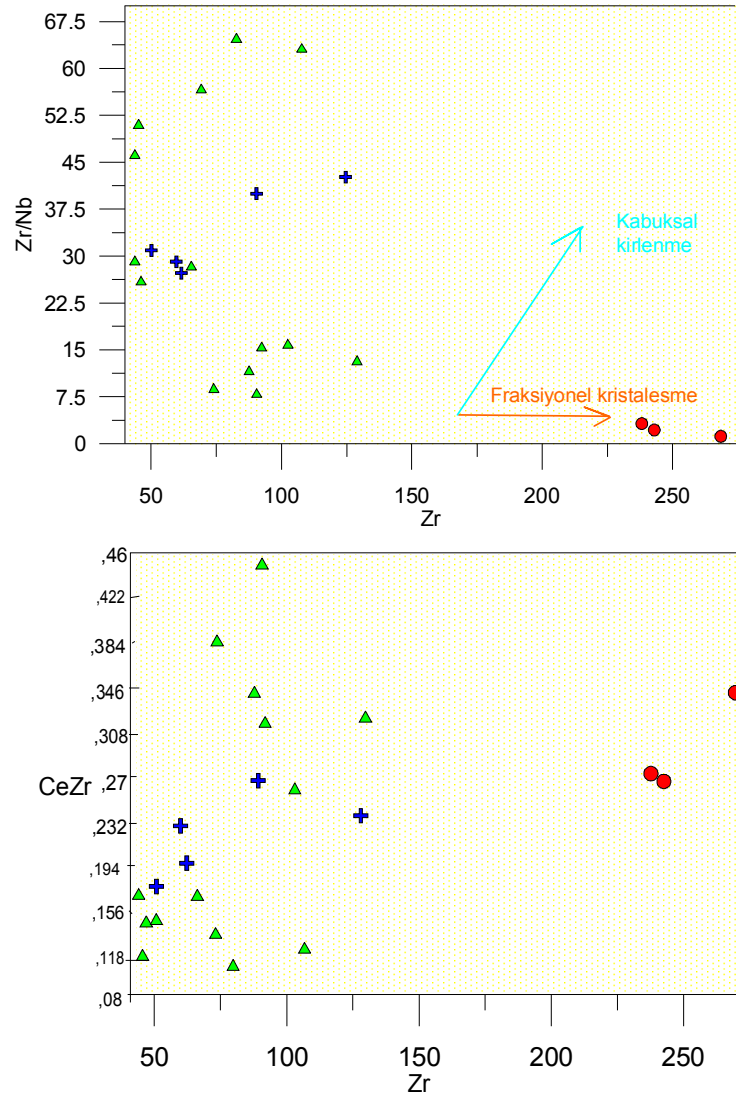
eriyik arasında tam bir denge söz konusudur. Yerinde kristalleşmede; oluşan kristallerin magma eriyiğinden gravitasyonel olarak ayrılması ileri sürülür ancak magmada gravitasyonel ayrımın sadece ultramafik eriyikler için uygulanabilir olduğu düşünülmektedir. Fraksiyonel kristalleşmede ise, kristalleşme sonucunda oluşan kristaller ortamdan ayrılmaktadır. Dengeli bir süreci yansıtmayan bu kristalleşmede, iz element dağılımı veya iz element konsantrasyonlarındaki değişiklikler, belirli bir sürecin sonucu olarak, meydana gelecek değişimin yönünü ve miktarını gösteren ikili vektör diyagramlar kullanılarak modellenmektedir. Belirli bir mineral oluşumunu veya magma ile ilgili mineral topluluklarının kristalizasyonu için teorik olarak hazırlanmış olan fraksiyonlanma yönelimleri, öngörülen yönelimler ile karşılaştırılarak, kayaçların gelişiminde etkili olmuş olan fraksiyonlanma hakkında bilgiler elde edilmektedir.

Volkanik kayaçların oluşumunda, fraksiyonel kristalleşmenin etkili olması durumunda, mevcut olan eriyikten ilk olarak olivin mineralleri kristalleşerek ayrılacak, bu durumu daha sonra klinopiroksen, Ca-Plajiyoklas ve oksit mineralleri izleyecektir. Daha sonraki aşamalarda ise, Na-Plajiyoklas, amfibol, mika, K-feldispat ve kuvars mineralleri kristalleşerek ortamdan ayrılacaklardır. Gerçekleşen bu aşamalar sonucunda eriyikteki SiO_2 miktarında artış meydana gelecek ve bunu izleyen aşamada, ortamda mafik bileşimden ortaç ve asidik bileşime kadar uzanan kayaç grupları gözlenecektir. Buna göre, mafik kayaçlarda gözlenen olivin, ojit, manyetit mineralleri yerlerini asidik kayaçlarda amfibol, biyotit, kuvars gibi fraksiyonel kristalleşmenin ileri safhalarında kristalleşen minerallere bırakacaktır.

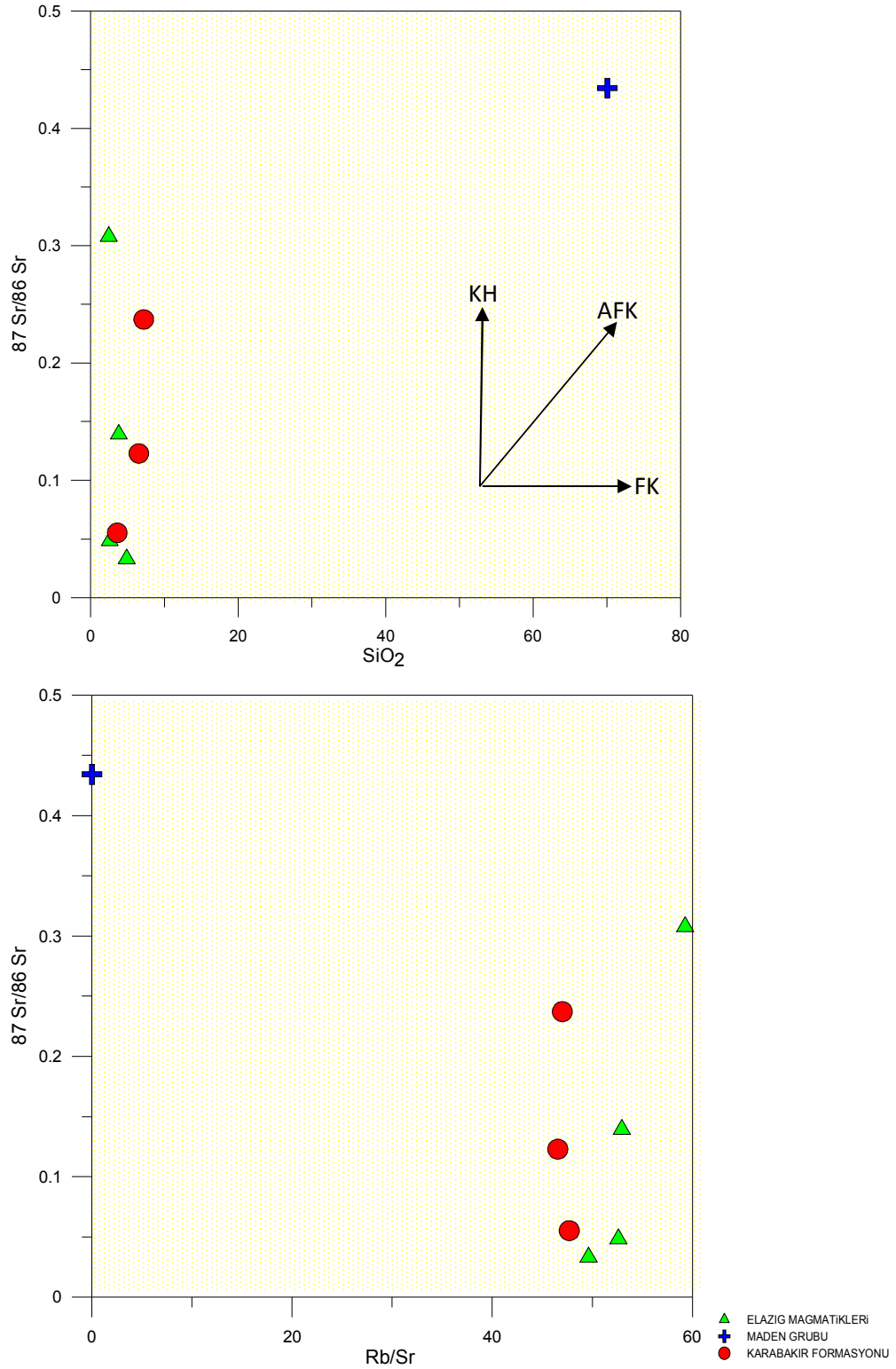
Bu teorik bilgilerin ışığında, çalışma konusunu oluşturan kayaçlarda yapılan petrografik çalışmalar ile majör ve iz element içerikleri kullanılarak yapılmış jeokimyasal çalışmalar, bu volkanik kayaçların oluşumunda, fraksiyonel kristalleşme sürecinin de rol oynadığını düşündürmektedir. Elazığ ve Maden örneklerinin isimlendirme diyagramlarında (Şekil 4.1, 4.2), bazaltik bileşimden riyolit bileşimine kadar devam eden tam bir seri oluşturduğu belirlenmiştir. Bu da çok genel olarak bile olsa kayaçların aynı magma kökeninden sürekli bir kristalleşme ile oluştuğunun işareti olarak kabul edilebilir. Yine bu ve değişim diyagramlarından elde edilen bilgiler ışığında, bölgede yer alan volkanik kayaçların oluşumunda genel olarak fraksiyonel kristalleşme sürecinin etkili olduğu görülmüştür. Ancak değişim diyagramlarında gözlenen düzgün eğimler tek bir ana magmanın varlığını düşündürürken (Peccerillo et al., 2004), kayaç örneklerinin nispeten dağınık halde bulunması, çalışma alanındaki volkanitlerin oluşumunda, fraksiyonel

kristalleşme yanında başka magmatik süreçlerinin de etkili olduğunu göstermektedir. Wilson (1989)'a göre Zr/Nb ve Ce/Zr ve Rb/Zr gibi iz element oranları, kayaçların oluşumunda fraksiyonel kristalleşme sürecinin olduğunu göstermektedir. Bu amaçla örneklerin Zr'a karşı Zr/Nb ve Ce/Zr değişimlerine bakıldığında (Şekil.5.3), bu elementler arasındaki pozitif yönsel fraksiyonel kristalleşme yanında, kabuksal kirlenme sürecinin de etkili olduğunu göstermektedir.

İlksel mantodan kabuk oluşumu, mantoyu Sr'a oranla Rb açısından fakirleştirmektedir (Faure, 1986). Kabuksal malzeme, yüksek SiO₂ içeriği yanında, yüksek Rb/Sr içeriğine sahiptir. Buna göre Şekil 5.4'de görüldüğü gibi artan SiO₂ ve Rb/Sr oranına göre, artan ⁸⁷Sr / ⁸⁶Sr oranı fraksiyonel kristalleşme yanında, çalışma konusu volkanitlerin baskın bir kabuksal kirlenme sürecinin etkisi altında kaldığını ortaya koymaktadır.



Şekil 5.3. Çalışma bölgesi volkanik kayaçlarına ait Zr – Zr/Nb ve Ce/Zr değişim diyagramları.



Şekil 5.4. Çalışma bölgesi volkanik kayalar için a) SiO_2 - $^{87}Sr/^{86}Sr$ b) Rb/Sr - $^{87}Sr/^{86}Sr$ değişim diyagramları.

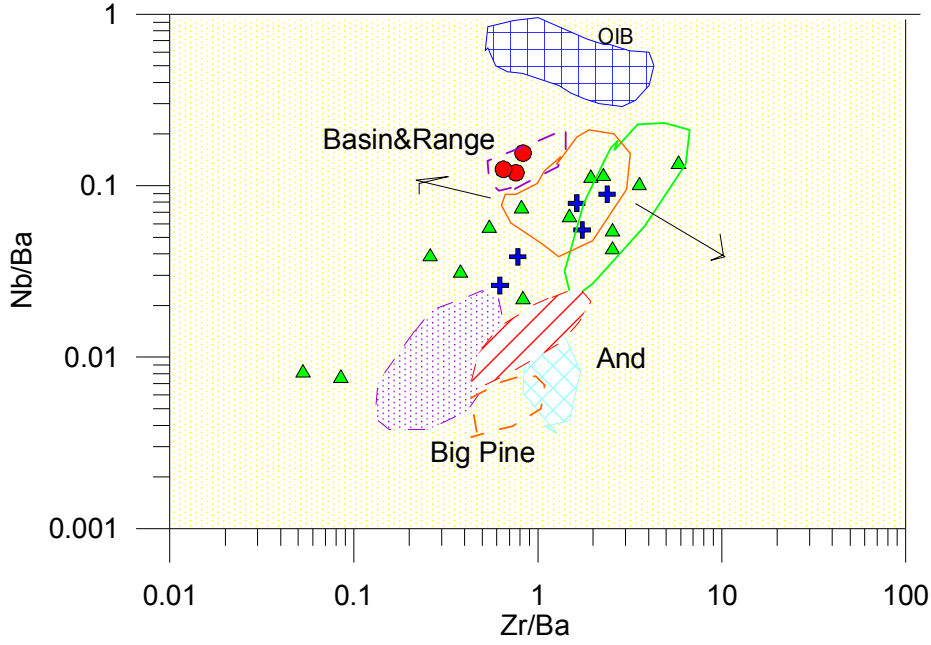
5.3. Kaynak Magma

Çalışma bölgesi kayaçlarından, Elazığ ve Maden Grubu kayaçlarının, Karabakır Formasyonu kayaçlarından farklı olarak, jeokimyasal analizlerin değerlendirildiği hemen tüm diyagramlarda olduğu gibi, çoklu element diyagramlarında da birbirine benzer özellikler sunması, benzer bir kaynaktan oluştuklarını göstermektedir. Bu kayaçlardaki yüksek LIL element ve bunlara nazaran düşük HFS element içeriği, HNTE’ce zenginleşme, dalma-batma süreci ve/veya yükselme sırasındaki kabuksal kirlenme sonucu oluşabilir.

Volkanik kayaçlarda, kaynak bölgesinin saptanmasında diğer petrojenetik çalışmalarda olduğu gibi element ve element oranlarından yararlanılır. Ba, Nb, Ta, La elementlerinin birbirine göre olan oranları, dalma-batma sonucu gelişen yay volkanizmasının göstergesi olabilir. Çalışılan kayaçların düşük Nb (0.8-53.7), Ta (0.1-3.5), Zr (41.7-262.5), P_2O_5 (0.06-0.86) ve TiO_2 (0.77-0.93) içeriklerine sahip olması, Ba/La (2.23-154.55), Ba/Nb (0.35-148.4), Zr/Nb (3.32-68.93) ve Zr/Ba (0.07-12.38) oranlarının tipik adayı bazaltik kayaçlarına benzerlik göstermesi, bu kayaçların yitim ile ilişkili volkanizmanın ürünü olabileceklerini göstermektedir (Pearce, 1982).

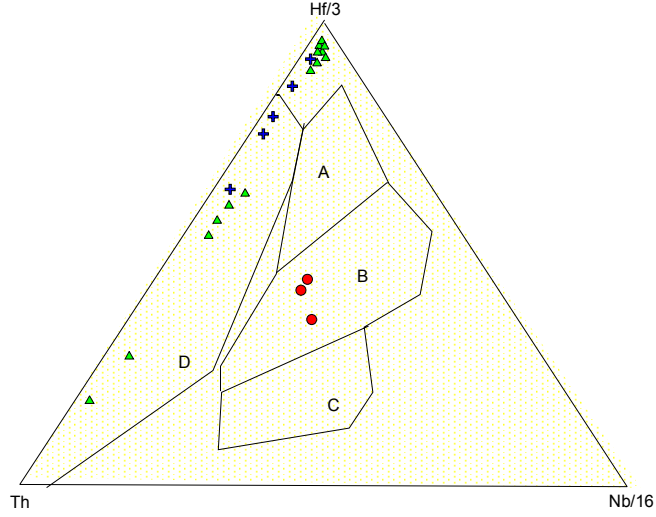
Ayrıca litosferik kaynaklı kayaçların ayırt edilmesinde, kayaçların Zr/Ba oranları önemli rol oynamaktadır. Düşük Zr/Ba oranı, dalma-batma ile zenginleşmiş Ba’ca zengin litosferik kaynağı temsil ederken (Menzies et al., 1991), Nb/Ba oranı ise, dalma-batma sürecinde, Nb, Ta ve Ti elementlerinin fakirleşmesi ve kuvvetli uyumsuz element olan Ba’un eriyik içine geçmesiyle gerçekleşen zenginleşmeye bağlı olarak düşük değerler ortaya koymaktadır. Fitton et al. (1988), tipik yay magmatizmasında Ba/Nb oranının 28’den büyük olduğunu, Gill (1981) ise Ba/Ta oranının 450’den büyük olduğunu belirtmiştir. Huang et al. (2000), La/Nb oranının düşük olmasının kıta içi zenginleşme, yüksek olmasının dalma-batma zenginleşmesi olduğunu ileri sürerken, De Paolo and Daley (2000), bu oranın ~0, 7 değerinde olmasının astenosferik bir kaynağı, yüksek olmasının ise litosferik bir kaynağı gösterdiğini ileri sürmüşlerdir. Bütün bu bilgiler ışığında, çalışma konusu Elazığ ve Maden volkanik kayaçlarının dalma-batma ile zenginleşmiş litosferik kaynaktan, bunun yanında yüksek Zr/Ba ve yüksek Nb/Ba içeriğine sahip Karabakır Formasyonu kayaçlarının ise kıtasal kaynak veya kıta içi zenginleşmeler ile oluştuğu söylenebilir (Şekil 5.5). Elazığ, Maden ve Karabakır örneklerinin La/Nb oranları sırayla

verilmiştir ($La/Nb=0.2-3.3$, $2.8-5.2$, 0.6) Buna göre kıtasal özellik gösteren Karabakır örneklerinin La/Nb oranlarının diğer örneklerle göre daha düşük olduğu görülür (Tablo5.2).



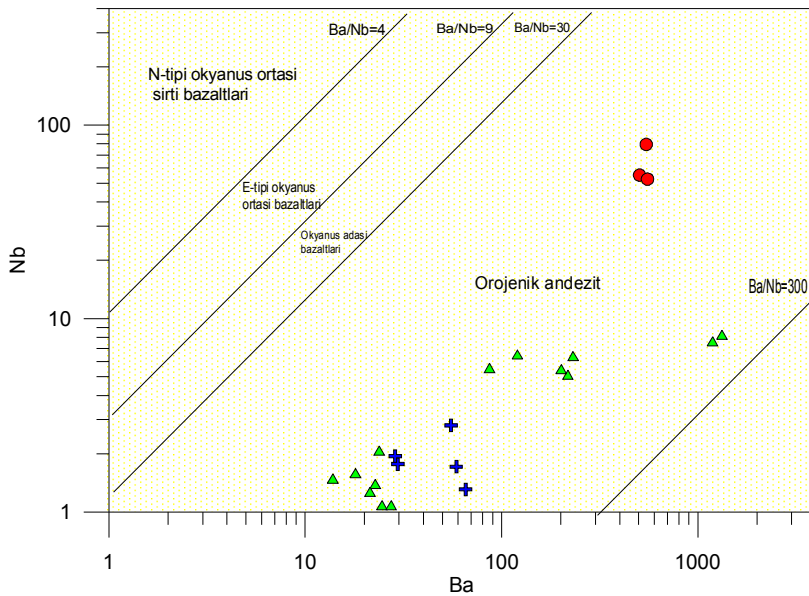
Şekil 5.5. Zr/Ba-Nb/Ba ikili değişim diyagramı (Varol Muratçay, 2006).

Bu durumu daha net ortaya koyabilmek amacıyla bütün örnekler tektonik ortam ayırtman diyagramında değerlendirilmiştir (Şekil 5.6). Hf, Th ve Nb'un kullanıldığı bu üçgen diyagramdaki (Wood, 1980) dağılım, Şekil 5.5'i destekleyecek biçimde, Elazığ ve Maden örneklerinin ada yayı bazaltları bölgesinde bulunmasına karşın, Karabakır örneklerinin levha içi alkaliler bölgesine düştüğü görülmüştür.



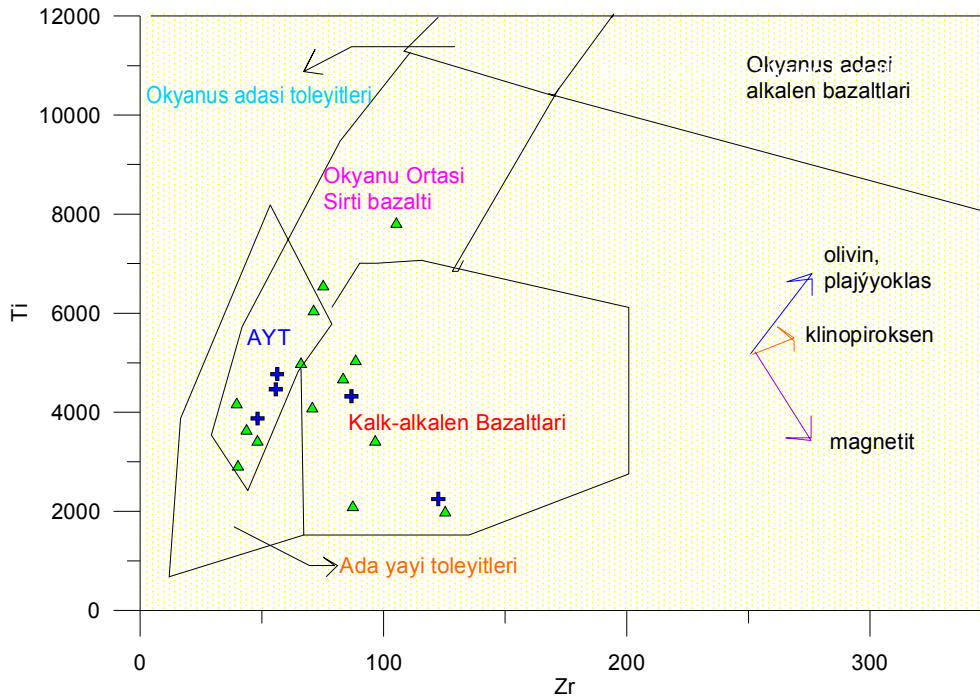
Şekil 5.6. İncelenen örneklerin Wood (1980) Hf/3-Th-Nb/16 tektonik ayırım diyagramındaki konumları. A: Normal okyanus ortası sırtı bazaltı (N-OOSB), B: Zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltı (Z-OOSB)-Levha içi toleyitleri (WPT), C: Levha içi alkalileri (WPA), D: Ada yayı toleyitleri (IAT).

İncelenen volkanitler Ba (ppm)'a karşı Nb (ppm) tektonik ayırtman diyagramında Ba/Nb 30-300 oranlarıyla orojenik andezitler bölgesinde bulunmaktadır (Şekil 5.7). Ancak, bu diyagramda Elazığ magmatitleri ve Maden Grubu bazı örneklerinin daha yüksek Ba içeriğine sahip olduğu, bu da aynı ve/veya benzer kökenli magmadan itibaren farklı ayrımlaşma süreçleri ile oluştuklarına işaret eder. Karabakır Formasyonu örnekleri ise yine aynı bölgede ancak diğer örneklerden farklı olarak daha yüksek element içerikleriyle ayrılmaktadırlar.

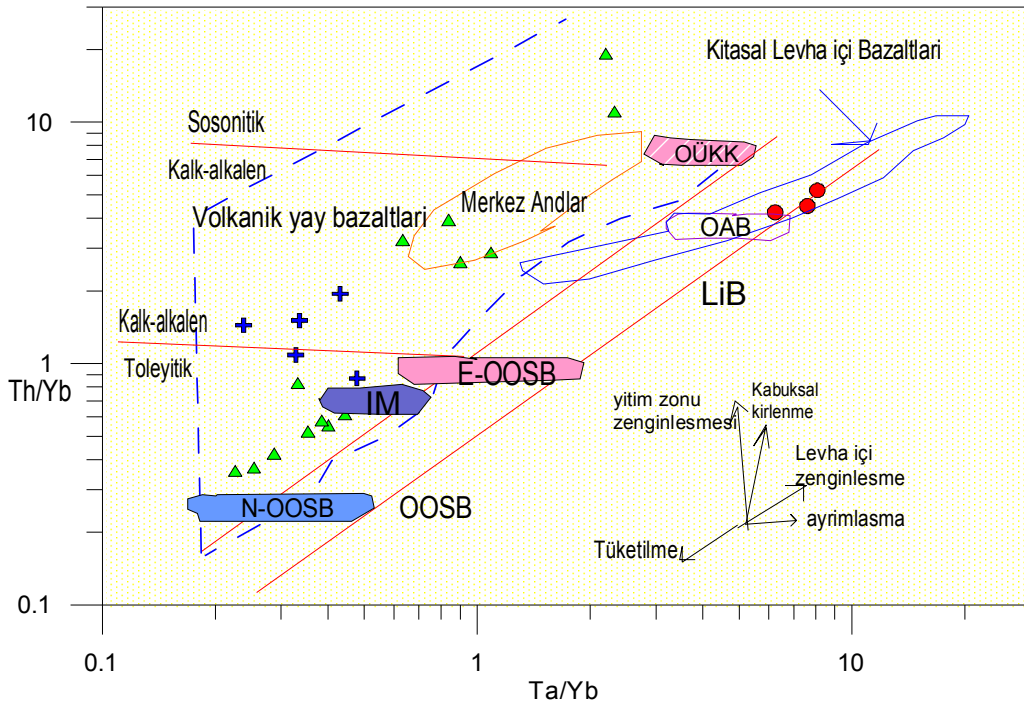


Şekil 5.7. Ba-Nb ikili değişim diyagramı (Temizel, 2008).

Zr (ppm)'a karşı Ti (ppm) tektonik ayırtman diyagramına göre, Elazığ ve Maden Grubu örneklerin bir kısmı kalk-alkalen bazaltlar alanında bir kısmı da ada yayları toleyitleri alanında yer almaktadırlar (Şekil 5.8). Ayrıca, diyagramda yer alan mineral ayrışma vektörleri dikkate alındığında, incelenen volkanitlerin gelişiminde klinopiroksen, plajiyoklas ve magnetit ayrışmasının etkili olduğu anlaşılmaktadır. Volkanik kayaçlar için bir başka tektonik ortam ayırtman diyagramı Ta/Yb'a karşı Th/Yb diyagramıdır. Bu diyagramda incelenen volkanik kayaçlar, volkanik yay bazaltları alanına düşmektedirler. Bu nedenle Elazığ ve Maden grubu volkanitlerinin oluşumuna kaynaklık eden magmanın, ilksel mantoya göre yitim zonu zenginleşmesine uğradığını ve bu kayaçların gelişiminde ayrışmanın da bir rol oynadığı söylenebilir (Şekil 5.9).



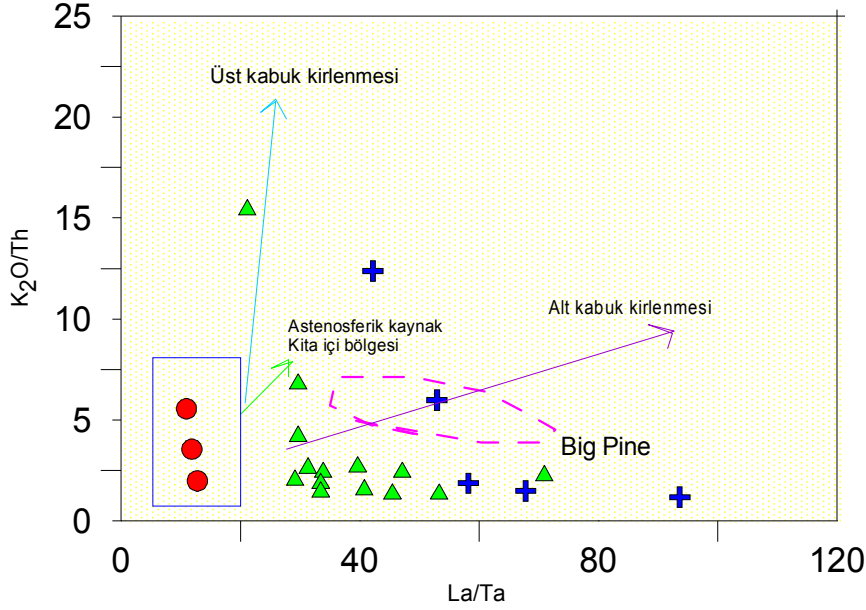
Şekil 5.8. Çalışma bölgesine ait örneklerin Zr (ppm)'a karşı Ti (ppm) tektonik ortam ayırtman diyagramı. Ada Yayı Toleyitleri (AYT), Okyanus Ortası Sirti Bazaltı (OOSB) (Temizel, 2008).



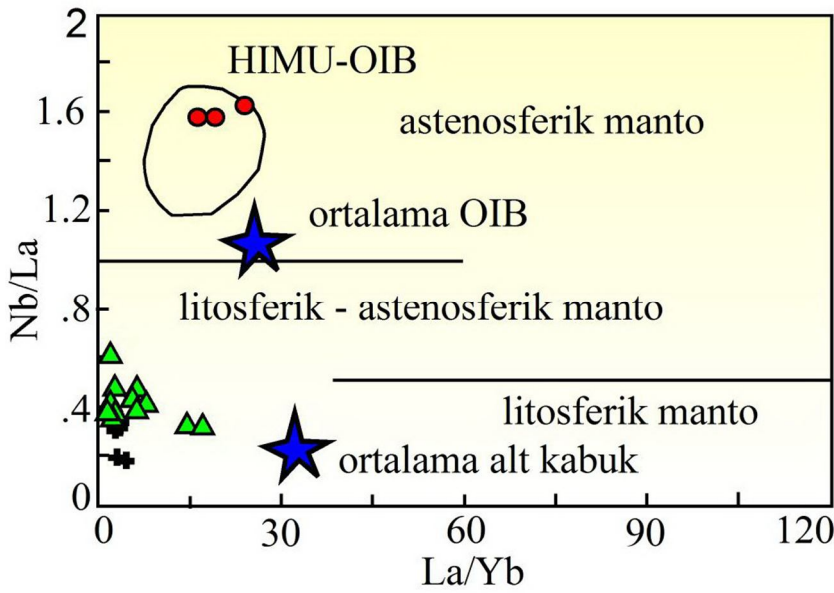
Şekil 5.9. Çalışma bölgesine ait örneklerin Ta/Yb'a karşı Th/Yb değişim diyagramı Merkez Andlar ile kıtasal levha içi bazalt (LiB) alanları, Pearce (1982; 1983)'den; OÜKK: Ortalama Üst Kıtasal Kabuk bileşimi; İM: İlksel Manto, OAB: Okyanus Adası Bazaltı, E- ve N-OOSB: Zenginleşmiş ve Tüketilmiş Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı (Temizel, 2008).

Weaver and Tarney (1981)'e göre alt kıtasal kabuk, üst kıtasal kabuğa göre düşük K, La ve yüksek Ta içeriğine sahiptir. Bu nedenle, etkili dalma-batma süreci ve sığ seviyelerde gelişmiş olduğu düşünülen magma odası içindeki ve/veya magmanın yukarı çıkışı sırasında meydana gelebilecek yan kayaç kirlenmesini belirlemek ve magmanın kaynağını yorumlamak amacıyla K_2O/Th 'a karşı La/Ta diyagramı çizilmiştir (Şekil 5.10). Bu diyagram, kıtasal kabuk tarafından kirlenmemiş astenosfer veya kıta içi kaynaklı kayaçlarla, kabuksal kirlenmeye maruz kalmış litosfer kaynaklı kayaçların ayrılabilmesinde kullanılır (Menzies et al., 1991). Buna göre, düşük La/Ta ve K_2O/Th oranına sahip olan örnekler, kabuksal kirlenmeden çok fazla etkilenmemişlerdir. Weaver and Tarney (1981)'e göre alt kıtasal kabuk, üst kıtasal kabuğa göre düşük K, La ve yüksek Ta içeriğine sahiptir. Astenosferden türeyen magmaların genel olarak La/Ta içeriğinin yaklaşık 10 civarında bulunması (Thompson and Morrison, 1988) ve çalışma konusu kayaçların Elazığ ve Maden örneklerinin 4.03-69.0 (ortalama 34.9) ve 42.0-94.0 arasında yüksek La/Ta içeriğine sahip olması (Tablo 5.1 ve Tablo 5.2) ve yine DePaolo and Daley (2000)'in belirttiği gibi La/Nb oranının >1 olması Elazığ ve Maden birimi volkanik kayaçların oluşumunda litosferik kaynağın varlığına işaret etmektedir. Karabakır

örneklerinin ise hem La/Ta oranı (7.8-8.4 arasında değişim göstermekte) hem de La/Nb oranı ($0.6 < 1$) bakımından litosferik olmayan bir kaynaktan oluştuğu görülmektedir. Bu durum La/Yb-Nb/La diyagramında da (Şekil 5.11) görülmektedir. Diyagramda Elazığ ve Maden grubu volkanitlerinin düşük element oranlarına bağlı olarak litosferik manto özelliği vermesine karşın, Karabakır Formasyonu örneklerinin yüksek Nb/La oranı ile astenosfer kökenli kaynağı işaret etmektedir.



Şekil 5.10. Çalışma bölgesine ait örneklerin K_2O/Th - La/Ta değişim diyagramı



Şekil 5.11. Çalışma bölgesine ait örneklerin Nb/La - La/Yb diyagramındaki dağılımı (Kaygusuz et al., 2011). HIMU: Yüksek U/Pb oranına (yüksek μ değerine) sahip manto OIB: Okyanus ada bazaltları.

5.4. Zenginleşme ve Kabuksal Kirlenme

Volkanitlerde magmatik süreçlerin etkilerini birbirinden ayırt etmek oldukça zordur. Bunun için, uyumlu–uyumsuz element çiftlerinden oluşturulan diyagramlardan yararlanılmaktadır. Olivin ve klinopiroksen gibi ferromagnezyen minerallerin ayrımlaşmasında, sıvı içerisindeki uyumlu elementlerin (Ni, Cr gibi vs.) bolluk oranının azalması ve uyumsuz elementlerin (Th, La ve Nd gibi vs.) bolluk oranının artması beklenir. Ve bu şekildeki dağılımlar ayrımlaşma ile açıklanabilmektedir.

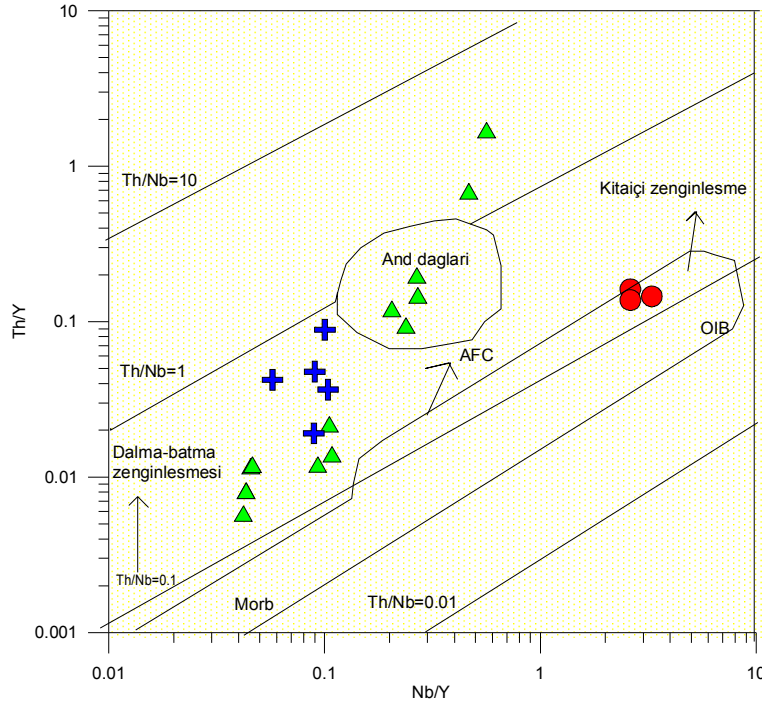
Magma karışması, mafik ve felsik magmaların, fiziksel ve kimyasal özelliklerini koruyarak heterojen bir şekilde karışmaları (magma mingling) veya bu özelliklerini korumayarak homojen bir şekilde karışmaları (magma mixing) olarak tanımlanmaktadır (Yılmaz ve Boztuğ, 1994). Magma karışması ve asimilasyon süreçlerinin belirlenmesinde, iz element değişim diyagramlarında hiperbolik eğilim, karakteristik özellik olarak kabul edilmektedir (Cox et al., 1984; Wilson, 1989).

Çalışılan volkanitlerde SiO_2 (%) içeriğine karşı uyumlu element konsantrasyonlarındaki azalış ve uyumsuz element konsantrasyonlarındaki artışlar (Şekil 4.8 ve 4.9), ayrımlaşma ile açıklanabilmektedir. Bu diyagramlardan da gözleendiği gibi yönsemeler, büyük bir olasılıkla incelenen volkanitlerin tek bir manto kaynağının, farklı kısmi ergime dereceleriyle oluştuğunu ve daha sonra da farklı ayrımlaşma fazları (bazikten asidiğe kadar değişen bileşime sahip kayaçlar için) ile geliştiklerini ifade etmektedir. Yine volkanitlerin SiO_2 'ye karşı ana ve iz elementlerinde kısmen gözlenen düzensiz değişimler veya dağılımlar, incelenen volkanik kayaçların gelişiminde ayrımlaşmanın yanında, kabuksal kirlenme ve magma karışım olaylarının da göz ardı edilmemesi gereken magmatik olaylar olduğunu göstermektedir. Özellikle, bazı iz element oranlarının SiO_2 ile olan ilişkilerini, ilksel bir magmadan itibaren basit bir mineral ayrımlaşmasıyla açıklamak oldukça zordur. Çünkü incelenen volkanik kayaçların, Sr/Y ve Sr/Nd yanında Nb/Th ve Nb/U gibi element oranları da farklılaşmaya bağlı olarak (artan SiO_2 içeriğine göre), düzgün ve doğrusal bir değişim göstermemektedir. Bu tür değişimlerin ya kirlenme süresince birincil magmaya katılan farklı miktarlardaki kabuk bileşeninden (DePaolo, 1981), ya da kaynak bölgesinde veya kısmi ergime şartlarında meydana gelen değişimlerden kaynaklanabileceği belirtilmektedir (Altherr vd., 1995). Ayrıca ilksel mantodan magma oluşumu, mantoyu Sr'a oranla Rb açısından fakirleştirmektedir (Faure, 1986). Kabuksal malzeme, yüksek SiO_2 içeriği yanında, yüksek Rb/Sr içeriğine sahiptir.

Bunun dışında kıtasal kabuk, Th elementi bakımından zengin, Nb elementi bakımından fakirdir. Yüksek Th/Nb oranı bu kayaların kabuksal kirlenmeye maruz kaldığını gösterir. Bu kirlenme dalma-batma etkisiyle olabileceği gibi, oluşan magmanın yükselimi sırasında yan kayacı eriterek bünyesine alması ve bu şekilde bileşimini değiştirmesi şeklinde de gelişebilir.

Burada etkili dalma-batma sürecinin yanında magma odası içindeki ve/veya magmanın yukarı çıkışı sırasında meydana gelebilecek yan kayaç kirlenmesini belirlemek ve magmanın kaynağını yorumlamak amacıyla K_2O/Th 'a karşı La/Ta diyagramından yararlanılmaktadır (Şekil 5.10). Bütün bunların dışında kıtasal kabukta Th elementi zenginken, Nb elementi fakirdir. Yüksek Th/Nb oranı bu kayaların kabuksal kirlenmeden etkilendiğini gösterir. Bu kirlenme dalma-batma etkisiyle olabileceği gibi, kaynaktan oluşan magmanın yeryüzüne yükselimi sırasında yan kayacı asimile etmesi şeklinde de düşünülebilir. Şekil 5.10'da görüldüğü gibi Elazığ Magmatitlerine ait bazı örnekler, yükselen Nb/Y oranıyla doğru orantılı olan Th/Y oranına bağlı olarak kıta içi zenginleşmeyi gösterirken, diğer bazı Elazığ örnekleriyle, Maden Grubu örneklerinde dalma-batma zenginleşmesi görülmemektedir. Diyagramda, bazı Elazığ Magmatitleri örneklerinin dışında hemen tüm örnekler, $Th/Nb=0.1$ değerinin üstünde bir dağılım sunan bu örnekler, MORB'a göre zenginleşmiş içeriklere sahip olup, çoklu element diyagramları da bu veriyi destekler niteliktedir. $Th/Nb=0.1$ 'in altında kalan örnekler OOSB ve okyanus ada bazaltları (OIB) kaynak bölgesi içinde ve az oranda asimilasyon-fraksiyonel kristalleşmenin etkisini göstermektedirler.

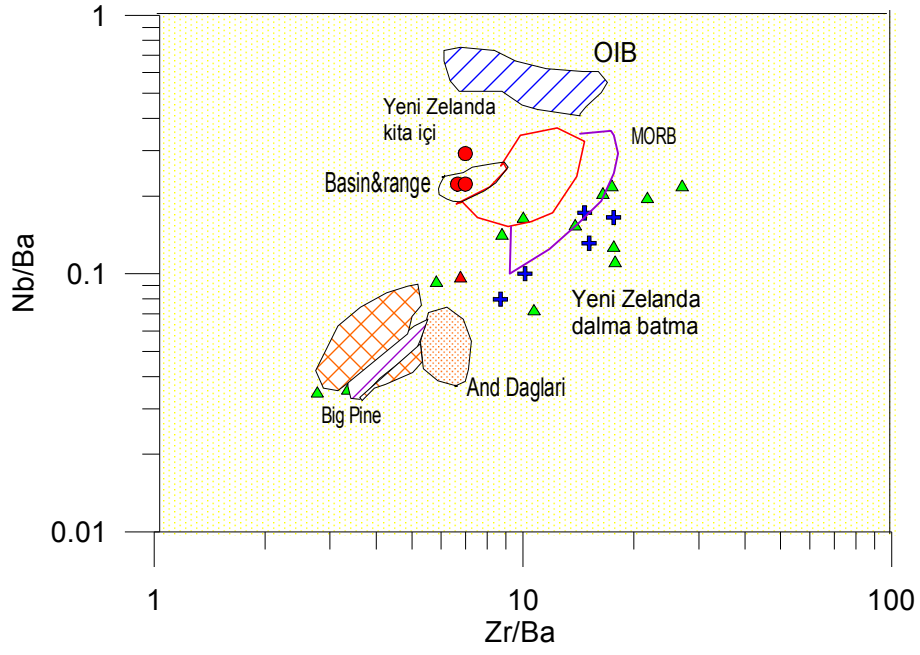
Düşük Y/Nb oranı ($Y/Nb < 1.8$) alkali karakterli okyanus adası bazaltlarının en tipik özelliklerinden birisi (Edwards et al., 1991; Pearce and Cann, 1973) iken, yüksek Y/Nb ve Zr/Nb oranları kabuksal kirlenme ve dalma –batma olayından kaynaklanan zenginleşmeye işaret etmektedir. Ayrıca Zr/Nb oranı kısmi ergime derecesine bağlı olarak da değişim göstermekte ve bu oran ile kısmi ergime derecesi arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Zr elementinin paylaşma katsayısı Nb elementinin paylaşım katsayısından 10 kat daha büyüktür (Altherr et al., 1988). Bunun yanı sıra çalışma konusu örneklerde görüldüğü gibi, düşük Y/Nb oranı, magmanın çok düşük dereceli kısmi ergimesini ya da uyumsuz elementler bakımından zenginleşmiş bir kaynaktan oluştuğuna dair bilgiler vermektedir.



Şekil 5.12.Nb/Y-Th/Y ikili değişim diyagramı

Kıta içi kaynak bölgelerinde oluşmuş volkanik kayaçların, dalma-batmanın etkili olduğu litosferik kaynaklı kayaçlardan ayırt edilmesinde, kayaçların Zr/Ba oranları önemli rol oynamaktadır. Düşük Zr/Ba oranı dalma-batma ile zenginleşmiş Ba'ca zengin litosferik kaynağı temsil etmektedir (Menzies et al., 1991). Nb/Ba oranı ise, dalma – batma süresi içinde, Nb, Ta ve Ti elementlerinin fakirleşmesi ve kuvvetli uyumsuz element olan Ba'un eriyik içine geçmesiyle gerçekleşen zenginleşmeye bağlı olarak düşük değerler ortaya koymaktadır. Yüksek Nb/LILE oranları ise kıta içi zenginleşmesi ile oluşmuş olan volkanik kayaçlar için tipiktir (Edwards et al., 1991).

Şekil 5.13'de görüldüğü gibi yüksek Zr/Ba ve yüksek Nb/Ba içeriğine sahip örneklerin, kıta içi zenginleşmeden itibaren, yukarı çıkışta fraksiyonel kristalleşme, magma karışımı, asimilasyon gibi değişik süreçlerin etkisinde kalarak değişime uğradığı düşünülmektedir.



Şekil 5.13. Çalışma bölgesi volkanik kayalarına ait Zr/Ba - Nb/Zr değişim diyagramı (Görmüş, 2009).

6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

1. Çalışma bölgesinde yüzeyleyen magmatik kayalarda yapılan minerolojik-petrografik incelemeler sonucunda, volkanik kayaç özelliğinde olan tüm birimler ile ilgili olarak aşağıdaki sonuçlar belirlenmiştir. Çalışma bölgesinin güney kesiminde Alıncık, Dedepınarı, Dedeyolu, Kavallı köyleri ile kuzey kesiminde Altınçevre, Yemişlik ve Tepeköy civarında yayılım gösteren Elazığ Magmatitlerine ait örneklerin, dasit/riyolit, bazalt, spilitik bazalt, andezit, bazaltik andezit, trakit bileşiminde kayaçlardan oluştuğu belirlenmiştir. Alıncık köyü civarında yüzeyleme veren Maden grubuna ait örneklerin latit, dasit/riyolit, litik tuf bileşiminde, Yemişlik ve Altınçevre köylerinin çevresinde yüzeyleme veren Karabakır Formasyonuna ait örneklerinin ise çoğunlukla bazalt ve az oranda tefrit bileşimli kayaçlardan oluştuğu tespit edilmiştir.

2. Jeokimyasal analiz sonuçlarına göre Elazığ Magmatitleri ve Maden Grubuna ait tüm birimlerin ateşte kayıp (LOI) oranları oldukça yüksek (%0.5-9.3 ve %1.9-10.3) değerlerdedir. Bu sonuçlar petrografik verilerle uyumluluk göstermektedir. Bu nedenle petrokimyasal ve petrolojik özelliklerin ortaya çıkarılmasında öncelikle hareketsiz iz elementler esas alınmıştır. Buna göre bu kayaçların bazaltik bileşimden asidik bileşime kadar uzanan alandaki kayaç gruplarından oluştukları ve genellikle kalkalkali özellik gösterdikleri belirlenmiştir. Karabakır Formasyonu kayaçlarının ise alkalin özellikli bazalt ve tefrit bileşiminde olduğu belirlenmiştir.

3. Düşük-orta-K'lu özellik gösteren Elazığ magmatitleri ve Maden Grubu örneklerinin benzer jeokimyasal davranış ve özellik gösterdikleri belirlenmiştir. Farklı olarak, Karabakır Formasyonunun ise yüksek-K'lu ve Zr içerikli oldukları belirlenmiştir.

4. İnceleme konusu birimlerde Zr ve SiO₂'e karşı bazı iz element ve ana oksit değişimleri, volkanitlerin gelişiminde mafik mineral fraksiyonlaşmasının etkin olduğuna işaret etmektedir. Yine bu element dağılımlarında, Nb elementi için Karabakır Formasyonu örnekleri zenginleşme gösterirken, Y elementi tüm birimlerde benzer dağılım göstermektedir. Bu durum olasılıkla, granat içermeyen bir kaynak malzemeden türeyen magmanın katılaşmasıyla oluşabileceğini (Wilson, 1989) düşündürmektedir.

5. Volkanik kayalardaki LILE ve HNTE'lerinde gerekleŖen zenginleŖmeler; dalma–batma sürecinin etkisi, kabuksal kirlenme veya kaynak bölgesindeki dŖk dereceli kısmi ergime olayları ile açıklanabilir (Pearce et al., 1990).
6. alıŖma bölgesi volkanik kayalardının %MgO ve Ni değerleri bu kayalardın ilksel bazalt bileŖimi ile uyumluluk göstermediği, ancak dŖk MgO içeriğine sahip bazaltların, yitim zonu ortamlarında, yiten litosferin veya metasomatize olmuŖ st manto kaynağının belli Ŗartlar altında, kısmi ergimesiyle oluŖtuklarını belirtmektedir.
7. alıŖma alanı volkanik kayalardını oluŖturan magmanın kökenine açıklık getirmek amacıyla, Zr (ppm)'a karŖı çizilen Co (ppm) ve Ni (ppm) diyagramları, volkanik kayalardın geliŖiminde kısmi ergimenin (zellikle bazaltik magmanın oluŖumunda) ve fraksiyonlaŖmanın (andezitik magmaların oluŖumunda) etkili olduğunun göstergeleri olabilmektedir. Bu elementler arasındaki negatif iliŖkiler (Ŗekil 5.1) Elazığ ve Maden volkanitlerinin geliŖiminde fraksiyonlaŖmanın kısmi ergimeden daha etkili olduğunu göstermektedir.
8. İnceleme konusu kayalardın Sun (1982) tarafından tanımlanan Chondrite değerlerine göre normalleŖtirilerek elde edilen örümcek diyagramlarına (Ŗekil 4. 11) bakıldığında, tüm birimlerde benzer bir dağılım trendi ile Eu anomalisinin olmaması ki bu da kayalardın geliŖiminde plajiyoklas ayrımlaŖmasının etkili olmadığını göstermektedir. Genel olarak tüm birimlerin NTE dağılımlarında, HNTE'lerinden ANTE'lerine doğru azalan bir yönelim görülmektedir. Bu da magmatik farklılaŖma süreçleri veya kısmi ergime sırasında HNTE'lerin sıvı fazı tercih etmesinden kaynaklanmaktadır. Örneklere gözlenen yüksek HNTE/ANTE oranları, magmanın zenginleŖmiŖ bir manto kaynağından veya dŖk dereceli ergimelerden oluŖmuŖ eriyiklerden oluŖtuęunu ortaya koymaktadır. Ayrıca bu birimlerde HNTE'lerinden ANTE'lerine doğru belirgin bir fraksiyonlamanın grldğine iŖaret etmektedir. Ancak zenginleŖme bakımından, Karabakır Formasyonu rneklerinin alkali özellikte olmasından dolayı HNTE'lerindeki zenginleŖme katsayıları diğer birimlerden daha fazladır. Elazığ ve Maden grubu örneklerinin ise yine benzer dağılım özelliği göstermelerine karŖın, Elazığ Magmatitleri rnekleri kendi içinde özellikle HNTE bakımından iki farklı gruba ayrılmaktadır. Bir grup kayalardaki HNTE'lerin zenginleŖme oranları 7-10 arasında deęiŖirken, diğer grup kayalardın zenginleŖme katsayısı 50-110 arasında deęiŖmektedir. Bu farklılık kayalar arasındaki kökensel iliŖki farklılığını

belirleyecek kadar önemsenebilir. Bu verilerden yararlanarak Elazığ ve Maden grubu örnekleri, aynı magma kaynağını karakterize edecek bir davranış sergilerken, Karabakır Formasyonu örnekleri farklı bir magma ya da farklı petrojenetik olaylardan etkilenmiş magmayı karakterize ettiği söylenebilir.

9. Çalışma konusunu oluşturan kayalardan Elazığ ve Maden Grubu kayalarının aynı magma kökeninden sürekli bir kristalleşme ile oluştuğunu işaret etmektedir. Yine bu ve değişim diyagramlarından elde edilen bilgiler ışığında, bölgede yer alan volkanik kayaların oluşumunda genel olarak kayaç örneklerinin düzgün bir yönseme ve nispeten dağınık halde bulunması, bu volkanitlerin oluşumunda, fraksiyonel kristalleşmeyle beraber başka oluşum süreçlerinin de etkili olduğunu göstermektedir. Bu amaçla örneklerin Zr'a karşın Zr/Nb ve Ce/Zr değişimleri (Şekil 5.3), fraksiyonel kristalleşme yanında, kabuksal kirlenme sürecinin de etkili olduğunu göstermektedir. Buna göre Elazığ ve Maden volkanik kayalarının dalma-batma ile zenginleşmiş litosferik kaynaktan, bunun yanında yüksek Zr/Ba ve yüksek Nb/Ba içeriğine sahip Karabakır Formasyonu kayalarının ise kıtasal kaynak veya kıta içi zenginleşmeler ile oluştuğu söylenebilir (Şekil 5.5).

10. Örneklerin tektonik ortam ayırtman diyagramındakidağılımları (Şekil 5.6) (Wood, 1980), yukardaki verileri destekleyecek biçimde, Elazığ ve Maden örneklerinin ada yayı bazaltları bölgesinde bulunmasına karşın, Karabakır örneklerinin levha içi alkali bazalt bölgesinde olduğu görülmüştür. Bu ve benzeri diyagramlar Elazığ ve Maden grubu volkanitlerinin oluşumuna kaynaklık eden magmanın, ilksel mantoya göre yitim zonu zenginleşmesine uğradığını ve bu kayaların gelişiminde ayrımlaşmanın da bir rol oynadığını göstermektedir (Şekil 5.8).

11. Çalışma bölgesi kayaların izotop analiz verileri, Elazığ Magmatitlerinin ada yayı volkanitlerinin temsil ettiğini ve volkanitlerin, tüketilmiş bir manto kaynağından türediğine ve/veya tüketilmiş bir mantodan türeyen ve yaşlı bir metazomatizmanın sözkonusu olduğuna işaret etmektedir. Karabakır Formasyonu volkanitlerinin ise Elazığ Magmatitlerin'den daha düşük ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)i oranları ve daha yüksek ϵNdi değerlerine sahip olmasından dolayı tüketilmiş bir mantodan türeyen en son üye olduklarına işaret etmektedir.

12. İncelenen volkanitlerin gelişiminde Fraksiyonel Kristalleşme ya da Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalleşmenin etkisini izotop jeokimyası açısından sorgulamak için ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)i ve ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$)i oranları SiO_2 , MgO , Rb/Sr , Th , Sr ve Nd 'a karşı ilişkilendirilmiştir. İncelenen kayalardan Elazığ Magmatitleri örneklerinin ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)i oranlarına karşı SiO_2 (%), MgO (%), Th , Sr , değişimlerinde çok belirgin olmasa da magmanın oluşumunda Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalleşmenin daha etkili olduğunu Karabakır Formasyonu. Örneklerinde ise yataya yakın yönseme olduğu ve Fraksiyonel Kristalleşmenin daha etken olduğu söylenebilir. Örneklerin ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$)i – SiO_2 ve Nd değişimlerinde ise Karabakır Formasyonu örnekleri belirgin bir yönseme göstermezken, Elazığ Magmatitleri örnekleri Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalleşme ve Kaynak Heterojenliğine işaret etmektedir.

13. Bu çalışmanın bir devamı olarak özellikle bölgedeki Elazığ Magmatitleri ile ilgili olarak ayrıntılı harita çalışması yapılarak birimlerin haritalanması yapılabilir. Böylece diğer birimler gibi doleritik bileşimli kayaların yayılımı belirlenerek, bölgede plütonik kayaların varlığı belirlenmelidir. Ayrıca tüm birimlerde izotop çalışmalarıyla elde edilecek yaşların, zirkon izotop analizleri ile de desteklenmesi gerekmektedir.

14. Karabakır Formasyonu piroklastik istifinde yapılacak ayrıntılı çalışmalar ile volkanizmanın türünün belirlenmesinin önemli olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1]. **Açıkbaş, D. ve Baştuğ, C., 1975.** V.Bölge Cacas-Hani yöresi kuzey sahalarının jeoloji raporu ve petrol olanakları: T.P.A.O., Rapor No: 917.
- [2]. **Akgül, B. ve Bingöl, A.F., 1997.** Piran (Keban) köyü çevresindeki magmatik kayaların petrografik ve petrolojik özellikleri, Selçuk Üniv., Müh.-Mim. Fak., 20. Yıl Jeoloji Semp. Bildirileri, 13-25, Mayıs.
- [3]. **Aksoy, E., 1993** Elazığ batı ve güneyinin jeolojik özellikleri
- [4]. **Aktaş G, Robertson AHF 1990.** Late Cretaceous–Early Tertiary fore-arc tectonics and sedimentation: Maden Complex, SE Turkey. In: Savaşçın MY, Eronat AH (eds) Proceedings of the International Earth Sciences Congress on Aegean Regions, İzmir, Turkey, pp. 271-276.
- [5]. **Aktaş G. and Robertson, A.H.F., 1984.** The Maden Complex, SE Turkey: evolution of a neo-tethyan active margin. In: Dixon J.E. and Robertson, A.H.F. (eds) The geological evolution of the Eastern Mediterranean, Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 375-402.
- [6]. **Aktaş, G., 1985.** The Maden Complex, SE Turkey: Sedimentation and volcanism along a Neotethyan active continental margin. *PhD Thesis*, Phil. Edinburgh Univ, 350 s.
- [7]. **Altherr, R., Lugovic, B., Meyer, H.P. ve Majer, V., 1995.** Early Miocene post-Collisional Calc-alkaline Magmatism along the Easternmost Segment of the Periadriatic Fault System (Slovenia and Croatia), *Mineralogy and Petrology*, 54, 225-247.
- [8]. **Atherton, M.P. and Petford, N., 1993.** Generation of sodium-rich magmas from newly underplated basaltic crust. *Nature*, 362, 144-146.
- [9]. **Baykendi, O., 1998.** Tadım, Dedeyolu, Badempınarı (Elazığ) köyleri ve çevresinin jeolojisi ve magmatik kayaların petrografik özellikleri, *Yüksek Lisans Tezi*, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [10]. **Best, M.G., 2003.** Igneous and metamorphic petrology, Newyork, W.H. Freeman, Betton, 2 nd edition, 552p.
- [11]. **Beyarslan, M. ve Bingöl, A.F., 1996.** Kömürhan Ofiyolit Birimi'nin Petrografik ve Petrolojik İncelenmesi, F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8/2, 1-15.
- [12]. **Bingöl, A. F., 1982.** Elazığ- Pertek- Kovancılar arası volkanik kayaların petrografik ve petrolojik incelemesi: F.Ü. Fen Fak. Dergisi, 1, 9-21.
- [13]. **Bingöl, A. F., 1984.** Geology of the Elazığ area in the Eastern Taurus region: Eds: Tekeli, O., and Göncüoğlu, M. C., International Symposium on the Geology of the Taurus Belt, Proceedings, 26-29 September, MTA, Ankara, s.209-216.

- [14]. **Bingöl, A.F., 1988.** Petrographical and petrological features of intrusive rocks of Yüksekova Complex in the Elazığ region (Eastern Taurus, Turkey)., The Journal of Fırat University Science and Technology, 3/2, 1-17.
- [15]. **Bowen, N. L., 1928,** The evolution of the igneous rocks: Princeton, New Jersey, Princeton University Press, 334 p.; second edition, 1956, New York, Dover.
- [16]. **Boztug, D., Wagner, G.A., Erçin, A. Göç, D., Yegingil, Z., 7skenderoglu, A., Kuruçelik, M.K., Kömür, ve Güngör, Y., 2001.** Sphene and zircon fission-track geochronology unravelling subduction- and collision-related magma surges in the composite Kaçkar Batholith, Eastern Black Sea region, Turkey. 1st International Symposium of the Faculty of Mines (,TÜ) on Earth Sciences and Engineering, Istanbul, Turkey, Abstracts, p. 121.
- [17]. **Boztuğ, D., Jonckheere, R.C, Wagner, G.A. ve Yeğingil, Z., 2001.** Slow Senonian and fast Paleocene-early Eocene uplift of the granitoids in the Central Eastern Pontides,Turkey: Apatite fission-track results, Tectonophysics, 382, 3-4, 213-228.
- [18]. **Cann, J. R., 1971.** Major element variations in ocean-floor basalts. Philos. Trans. R.Soc. London, 268A: 495-505.
- [19]. **Cox, K.G., Bell, J.D., and Pankhurst, R.J., 1984.** The Interpretation of Igneous Rocks, London. George Allen and Unwin, 450p.
- [20]. **Çağlayan, M.A., İnal, R.N., Şengün, M. and Yurtsever, A., 1984.** Structural setting of the Bitlis massive, International Symposium on the Geology of the Taurus Belt, 245-254.
- [21]. **DePaolo, D.J. and Daley, E.E., 2000,** Neodymium isotopes in basalts of the southwest basin and range and lithospheric thinning during continental extension. Chemical Geology, 169, 157-185.
- [22]. **DePaolo, D.J., 1981.** Trace element an isotopic effects of combined wallrock assimilation and fractional crystallisation. Earth and Planetary Science Letters, 53, 189 - 2002.
- [23]. **Edwards, C., Menzies, M. and Thirlwall, M. 1991.** Evidence from Muriah, Indonesia, for the interplay of supra-subduction zone and intraplate processes in the genesis of potassic alkaline magmas. Journal of Petrology, 32, 3, 555-592.
- [24]. **Erdoğan, B., 1982.** Ergani-Maden Yöresindeki Güneydoğu Anadolu Ofiyolit kuşağının jeolojisi ve volkanik kayaçları *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 25, 49-50.
- [25]. **Faure, G. ve Mensing, T.M., 2005.** Isotopes: Principles and Applications, 3rd ed. John Wiley and Sons, USA, 897p.
- [26]. **Faure, G., 2001.** Origin of Igneous Rocks: The Isotopic Evidence, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, 496p.
- [27]. **Fitton, J.G., James, D., Kempton, P.D., Ormerod, D.S. ve Leeman, W.P., 1988.** The role of lithospheric mantle in the generation of Late-Cenozoic basic magmas in the Western United States, Journal of Petrology, Special Lithosphere Issue, 331-349.
- [28]. **Gill, J.B., 1981,** Orogenic andesites and plate tectonics, Berlin Springer-Verlag, 390 pp.

- [29]. **Görmüş T. 2009**, Ankara (Gölbaşı Güneydoğusu – Sincan) Volkanitlerinin Petrolojisi Ve Jeokimyası Hacettepe Ün. Jeoloji ABD, Ankara, 2009
- [30]. **Görmüş Y. 2006**. Nihal Boyabat Yöresi (Sinop) Volkanik Kayaçlarının Petrolojisi Ve Jeokimyası Hacettepe Ün. Jeoloji ABD, Ankara, 2006
- [31]. **Gül B. Çubuk 2009**, (Ankara) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Mineralojisi, Petrografisi Ve Jeokimyası Hacettepe Ün. Jeoloji ABD, Ankara, 2006.
- [32]. **Güleç, N., 2001**. Magmatik Kayaçların İzotop Jeokimyası, Boztuğ, D., Otlı, N (ed.), Magmatik Petrojenez, Tübitak Lisansüstü Yaz Okulu, Haziran, Akçakoca-Düzce, 3943-381.
- [33]. **Harker, A., 1909**. The Natural History of Igneous Rocks. Macmillan, New York. Winchester, J.A., Floyd, P.A., 1975. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology, 20: 325–43.
- [34]. **Hempton, M., 1984**. Results of detailed mapping near lake Hazar Eastern Taurus mountains. In: Tekeli, O. And Göncüoğlu, M.C (eds) Geology of the Taurus Belt, Proceedings of International Symposium. Mineral research and Exploration Institute of Turkey (MTA), Ankara, 223-228.
- [35]. **Huang, Y., Hawkesworth, C., Smith, I., Calsteren, P. and Black, P., 2000**, Geochemistry of late Cenozoic basaltic volcanism in Northland and Coromandel, New Zealand: implications for mantle enrichment processes. Chemical Geology, 164, 219-238.
- [36]. **Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971**, A guide of to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can. Jour. Earth Sci., 8, 523-548.
- [37]. **Irving, A., 1978**. A Review of Experimental Studies of Crystal/Liquid Trace Element Partitioning, Geochimica et Cosmochimica Acta, 42, 1201-1221.
- [38]. **İnceöz, M., 1994**, Harput (Elazığ) yakın kuzeyi ve doğusunun jeolojik özellikleri, Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [39]. **Ketin, İ., 1966**, Anadolu'nun tektonik birlikleri, MTA Dergisi, 66, 20-34.
- [40]. **Kürüm, S. ve Bingöl, A.F., 1994** Elazığ kuzeybatısındaki genç volkanitlerin petrolojik özellikleri
- [41]. **Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. And Zanettin, B., 1986**, A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali – Silica Diagram. Journal of Petrology, 27, 745-750.
- [42]. **Maniar P. D., Piccoli P. M., 1989**. Tectonic Discrimination Of Granitoids, Bull. Geol. Soc. America. 101:636-643.
- [43]. **Menzies, M.A., Kyle, P.R., Jones, M. and Ingram, G., 1991**. Enriched and depleted source components for tholeiitic and alkaline lavas from Zuni-Bandera, New Mexico:

Inferences about intraplate processes and stratified lithosphere. *Journal of Geophysical Research*, 96, B8, 13645-13671.

- [44]. **MTA, 2002.** 1/500.000 Türkiye Jeoloji Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [45]. **Naz, H., 1979.** Elazığ-Palu dolayının jeolojisi. TPAO Rap No. 1360, yayımlanamamış.
- [46]. **Özçelik, M., 1985.** Malatya güneydoğusundaki Maden magmatik kayaların jeolojisi ve tektonik ortamına jeokimyasal bir yaklaşım, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 28, 19-36.
- [47]. **Özgül, N., 1976.** Torosların Bazı Temel Jeoloji Özellikleri. Türk. Jeol. Kurumu Bülteni, 19: 65-78.
- [48]. **Özkan, Y.Z., 1983.** Caferi volkanitinin kökeni sorununa jeokimyasal bir yaklaşım. Türkiye Jeol. Kur. Bült., 4, 53-58.
- [49]. **Özkaya, İ., 1975.** Sason yöresinin yapısal jeolojisi, Cumhuriyetin 50.yılı yer bilimleri kongresi, tebliğler, 21-30.
- [50]. **Özkul, M., 1982.** Güneyçayırı (Elazığ) bölgesinin sedimentolojisi. Yüksekö Lisans Tezi, (yayımlanmamış), Ankara Üniv., Ankara.
- [51]. **Peacock, S.M., 1990.** Numerical Simulation of Metamorphic Pressure-Temperature-Time Paths and Fluid Production in Subducting Slabs, *Tectonics*, 9, 1197-1211.
- [52]. **Pearce, J. A., 1983.** Role of sub-continental lithosphere in magma genesis at active margins, in Hawkesworth, C. J., and Norry, M. J., eds., *Continental basalts and mantle xenoliths*: Nantwich, UK, Shiva Publishers, p. 230-249.
- [53]. **Pearce, J.A. ve Cann, J.R., 1973.** Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, *Earth and Planetary Science Letters*, 19, 290-300.
- [54]. **Pearce, J.A., 1982.** Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe, R.S. (Ed.), *Orogenic Andesites*. Wiley, Chichester, U.K., pp. 525-547.
- [55]. **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. and Mitchell, J.G., 1990,** Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 189-229.
- [56]. **Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S. ve Mitchell, J.J., 1990.** Genesis of collisionvolcanism in eastern Anatolia Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 189-229.
- [57]. **Peccerillo, A., Dallai, L., Frezzotti, M.L. and Kempton, P.D., 2004,** Sr-Nd-Pb-O isotopic evidence for decreasing crustal contamination with ongoing magmaevolution at Alicudi volcano (Aeolian arc, Italy): implications for style of magma-crust interaction and for mantle source compositions, *Lithos*, 78, 217-233.

- [58]. **Perinçek, D. ve Özkaya, I., 1981.** Arabistan Levhası Kuzey Kenarının Tektonik Evrimi, *Yerbilimleri*, 8, 91-101.
- [59]. **Perinçek, D., 1979 a,** Güneydoğu Anadolu'da allokon birimler: 33.Türkiye Jeoloji Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Bildiri özetleri, s.115-116.
- [60]. **Perinçek, D., 1979 b,** Palu-Karabegan-Elazığ-Sivrice-Malatya alanının jeooljisi ve petrol imkanları: T.P.A.O., Ankara, Rap. no. 1361.
- [61]. **Perinçek, D., Kozlu, H., 1984.** Stratigraphy and structural relations of the units in the Afşin–Elbistan–Doğanşehir region (Eastern Taurus). *Proc Int Symp, Geology of Taurus Belt*, MTA, Ankara, Turkey, pp. 181–198.
- [62]. **Rigo de Righi M. ve Cortesini, A. 1964.** Gravity tectonics in foothills structure belt of southeast Turkey. *Am Petr Geol Bull* 48(12), 1911–1937.
- [63]. **Ringwood, A.E., 1990,** Slab-Mantle interactions: petrogenesis of intraplate magmas and structure of the upper mantle. *Chemical Geology*, 82, 187- 207.
- [64]. **Rollinson, H., 1993.** Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. New York: John Wiley & Sons, 352 pp.
- [65]. **Sun, S.S., McDonough, W.F., 1989.** Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A. D., Norry, M.J. (Eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*. Geol. Soc. London, Spec. Publ., vol. 42, pp. 313-347.
- [66]. **Sungurlu O., Perinçek, D., Kurt, G., Tuna, E., Dülger, S., Çelikdemir, E., Naz, H., 1975.** Elazığ-Hazar-Palu Alanının Jeolojisi,
- [67]. **Tatar, Y., 1987.** Elazığ bölgesinin genel tektonik yapıları ve landsat fotoğrafları üzerinde yapılan bazı gözlemler, *H.Ü. yerbilimleri*, 14, 295-308.
- [68]. **Taylor, H.P., 1980.** The effect of assimilation of country rocks by magmas on $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ systematics in igneous rocks. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 47, 243-254.
- [69]. **Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1985,** *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*, Blackwell, Oxford.
- [70]. **Thompson, R.N., Morrison, M.A., Dickin, A.P. and Hendry, G.L. 1983.** Continental flood basalts. arachnids rule OK? In: Hawkesworth, C.J. and Norry, M.J. (eds) *Continental Basalts and Mantle xenoliths*. Nantwich: Shiva, 158-185.
- [71]. **Turan, M. ve Bingöl, A.F., 1991.** Kovancılar-Baskil (Elazığ) arası bölgenin tektono-stratigrafik özellikleri., *Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu Bildirileri* (ed. C.Yetiş), Adana, 211-226.
- [72]. **Turan, M., 1984.** Baskil-Aydınlar (Elazığ) yöresinin stratigrafisi ve tektoniği, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

- [73]. **Turan, M., Aksoy, E., Bingöl, A.F., 1993.** Doğu Toroslar'ın jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri. H.Ü. yerbilimleri'nin 25.yılı sempozyumu, 15-18 Kasım, Ankara.
- [74]. **Türkiye Petrolleri A.O. Mart-1975** (yayınlanmamış).
- [75]. **Ural Melek 2012.** Elazığ Ve Malatya Çevresindeki Yüksekova Karmaşığı Bazik Volkanitlerinin Petrokimyası, Petrolojisi Ve Yaşı. Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 2012.
- [76]. **Weaver, B.L. and Tarney, J., 1981.** Lewisian gneiss geochemistry and Archaean crustal development models. Earth and Planetary Science Letters, 55, 171- 180.
- [77]. **Wilson, M., 1989.** Igneous Petrogenesis: a Global Tectonic Approach. Chapman and Hall, London, 1-466.
- [78]. **Winchester, J., Floyd, P. A. 1977.** Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology 20, 325-43.
- [79]. **Wood, D. A., 1980.** The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. Earth and Planetary Science Letters, 56, 11-30.
- [80]. **Wood, D. A., Joron, J. L. and Treuil, M. 1979.** A reappraisal of the use of trace elements to classify and discriminate between magma series erupted in different
- [81]. **Yazgan, E. and Chessex, 1991,** Geology and tectonic evolution of the southeastern taurides in the region of Malatya, TPJD Bulletin, 3/1, 1-42.
- [82]. **Yazgan, E., 1981.** Doğu Toros'larda Etkin Bir Paleo Kıta Kenarı Etüdü (Üst Kretase-Orta Eosen), Malatya-Elazığ, Doğu Anadolu, Yerbilimleri, 7: 83-104.
- [83]. **Yazgan, E., Asutay, J., Gültekin, M.C., Poyraz, N., Sirel, E. ve Yıldırım, H., 1987.** Malatya güneydoğusunun jeolojisi ve Doğu Toroslar'ın jeodinamik evrimi, MTA arşiv raporu.
- [84]. **Yılmaz, S. ve Boztuğ, D., 1994.**Granitoid petrojenezinde magma mingling/mixing kavramı, Jeoloji mühendisliği, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 44-45, 1-20.

ÖZGEÇMİŞ

29.03.1991 yılında Elazığ'da doğdu. İlk, orta, lise eğitimini Elazığ'da tamamladı. 2008 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünü kazandı. 2012 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı.