

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**HAYDARLI BÖLGESİ (AFYONKARAHİSAR GÜNEYİ)
VOLKANİK KAYAÇLARIN MİNERALojİK, PETROGRAfİK
VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERSİN ERCEN

DENİZLİ, TEMMUZ - 2020

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**HAYDARLI BÖLGESİ (AFYONKARAHİSAR GÜNEYİ)
VOLKANİK KAYAÇLARIN MİNERALojİK, PETROGRAfİK
VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERSİN ERCEN

DENİZLİ, TEMMUZ - 2020

Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (PAÜ-BAP) tarafından 2018FEBE055 nolu proje ile desteklenmiştir.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

Ersin ERCEN



ÖZET

HAYDARLI BÖLGESİ (AFYONKARAHİSAR GÜNEYİ) VOLKANİK KAYAÇLARIN MİNERALOGİK PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ERSİN ERCEN

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:DOÇ. DR. BARIŞ SEMİZ)

DENİZLİ, TEMMUZ - 2020

Bu çalışmada, Haydarlı bölgesindeki volkanik kayaçlar jeolojik, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal (ana ve iz element, çoklu element içerikleri ve izotop analizleri) özellikleri bakımından incelenmiştir. İncelemeler sonucunda volkanizmanın kökeni ve evrimine açıklık getirilmeye çalışılmıştır.

Çalışma alanında volkanosedimanter birimler, piroklastik kayaçlar ve volkanitler; trakitler, trakiandezitler, lösitler, fonolitler, lamproitler, bazaltik lav ve dayklar tespit edilmiştir. Volkanosedimanter birimler tektonik aktiviteye bağlı olarak yapısal ve renk farklılıkları sunmaktadır. Piroklastik birimler, lösit bloklu ve fonolitli piroklast kayaçlar olmak üzere ikiye ayrılmakta ve bölgede geniş alan kaplamaktadır. Trakitler, fonolitler, lösitler, lamproit, bazaltik lav ve dayklar bu volkanosedimanter birimleri keserek yerleşmiştir. Bu volkanizma ürünlerinde yaygın olarak plajyoklas, piroksen, amfibol, biyotit ve opak mineraller gözlenmiştir. Haydarlı volkanitlerinin jeokimyasal olarak çoğunluğunun ultrapotasik ve yüksek K'lu alkalin özellikte olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar bölgedeki volkanizmanın, kirlenme-kabuksal katkı-franksiyonel kristallenmeye uğradığına işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Afyon Haydarlı Volkanikleri, Ultrapotasik, Lamproit.

ABSTRACT

MINERALOGIC, PETROGRAPHIC AND GEOCHEMICAL PROPERTIES OF VOLCANIC ROCKS IN THE HAYDARLI REGION (SOUTH OF AFYONKARAHİSAR)

MSC THESIS

ERSİN ERCEN

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
GEOLOGICAL ENGINEERING**

(SUPERVISOR: ASSOC.PROF.DR. BARIŞ SEMİZ)

DENİZLİ, JUNE 2020

In this study, Volcanic rocks in the Haydarlı region have been studied in terms of their geological, mineralogical-petrographic and geochemical properties (main and trace elements, multiple element contents and isotope analyzes). As a result of these investigations, the origin and evolution of volcanism was tried to be explained.

In the study area, volcanosedimenter units-pyroclastic rocks and volcanites, Trachites, trachyandesites, leucites, phonolites, basalts and basaltic dykes have been identified. Volcanosedimenter units exhibit structural and color differences related to tectonic activity. Pyroclastics, leucite block and phonolite pyroclast rocks cover a large area in the region. Trachites, phonolites, leucitites, lamproites, basalt and dykes have been emplaced by cutting these volcanosedimanters. Plagioclase, pyroxene, amphibole, biotite and opaque minerals have been commonly observed in these volcanism products. It is determined that most of the volcanics of Haydarlı region are ultrapotassic and high K alkaline. These results showed that the volcanism in the region underwent pollution-crustal additive-functional crystallization.

Key words: Afyon- Haydarlı volcanics, Ultrapotassic, Lamproite

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Alanın Yeri	1
1.2 Çalışmanın Amacı	2
1.3 Coğrafi Durum	2
1.3.1 Morfoloji	2
1.3.2 Hidrolojik Özellikleri.....	2
1.3.3 İklim ve Bitki Örtüsü	3
1.3.4 Ulaşım, Yerleşim ve Ekonomik gelişim	3
1.4 Önceki Çalışmalar	4
1.5 Materyal ve Metot	10
2. GENEL JEOLJİ	13
2.1 Hoyran Otokton Grubu	16
2.1.1 Ergenli Formasyonu.....	16
2.1.2 Gökhacıdağ Formasyonu	17
2.1.3 Dereköy Formasyonu.....	17
2.2 Çölovası Allohton Grubu	17
2.2.1 Göçen Melanjı.....	17
2.2.2 Bakırdağ Formasyonu	18
2.3 Kumalar Formasyonu	18
2.3.1 Volkanosedimanter Kayaçlar.....	18
2.3.2 Haydarlı volkanitleri	24
2.3.2.1 Piroklastik Kayaçlar	24
2.3.2.2 Volkanik Sokulumlar ve Lavlar	27
2.4 Alüvyon	31
3. PETROGRAFI	32
3.1 Volkano-sedimanter kayaçlar	32
3.2 Haydarlı Volkanitleri	33
3.2.1 Piroklastik Kayaçlar	33
3.2.2 Volkanik sokulum ve lavlar	35
4. JEOKİMYA	43
4.1 Kimyasal Adlandırma ve sınıflandırma.....	43
4.2 Ana ve iz element jeokimyası	59
4.3 Çoklu element içerikleri	63
4.4 Tektonik ortam	65
4.5 İzotop analizleri	66
4.6 Petrojenetik yorum	67
4.7 Tektono-Magmatik Evrim	70
5. SONUÇLAR	73

6. KAYNAKLAR.....	74
7. ÖZGEÇMİŞ.....	82

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

- Şekil 1.1:** Çalışma alanının yer bulduru haritası 1
- Şekil 2.1:** Haydarlı yakın dolayının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Özpinar ve diğ. 2011'den değiştirilerek yapılmıştır). 14
- Şekil 2.2:** Çalışma alanının jeoloji haritası 15
- Şekil 2.3:** Çalışma alanındaki volkanosedimanter kayaçlar ile temel kayaçları görünümü 16
- Şekil 2.4:** Yıprak çevresinden alınan ölçülü stratigrafik kesit (Semiz ve diğ. 2018). 19
- Şekil 2.5:** Volkano sedimanter birimlerin arazide birbiri ile uyumu 21
- Şekil 2.6:** Volkano-sedimanter birimler arazi ve makro görünümleri, a-b) açık sarımsı tüflerin arazi ve makro el örneği görünümü, c-d) krem renkli tüflerin arazi ve el örneği görünümü. e-f) gri renkli tüflerin arazi ve el örneği görünümü, g-h) beyaz renkli tüfler. 23
- Şekil 2.7:** Lössit blokça ve litik bileşenlerce zengin piroklastik kayaçlar, b) lösit ve amfibol minerallerin görünümü, c) volkanik tuf blok çakıl matriksleri, d) temel kaya kireçtaşı çakılları. e) Lössit bloklu piroklastik kayaç, f-g) lösit bloklu, lösit bloklu piroklastik kayaçlar. 25
- Şekil 2.8:** Kınık Kızıltepe batı yamacı- bademlik iri sanidin taneleri içeren fonolitli piroklastik kayaçların genel görünümleri, a-c) arazi görünümleri, b-d) iri sanidin kristallerin görünümü e-f) taze yüzey görünümleri 26
- Şekil 2.9:** Çalışma alanındaki trakitlerin görünümü; a) Erikli tepe arazideki görünümü, b) Karatepe arazi görünümü, c-d) Dışkayası tepe trakit kayacının arazi ve makro görüntüsü. 27
- Şekil 2.10:** Çalışma alanındaki fonolitlerin görünümü, a-b) İri sanidin ve lösit mineralleri, c) Arazide akma yapıları, d) Lav akıntısı şeklinde görünümü. 28
- Şekil 2.11:** Çalışma alanındaki bazaltların görünümü, a) Akma yapıları, b-d) Lav akıntı yapıları, c) Kül birikimi şeklinde görünümü. 29
- Şekil 2.12:** Lössitli piroklastikler arasında, Büyüksarıkaya Tepe önü dayk (bazaltik bileşimli) görünümü. 29
- Şekil 2.13:** Çalışma alanındaki lösitlerin görünümleri a-b) Çiçektepe de gözlenen iri blok şeklinde lösitler, c-d) Yıprak köyü dolaylarında lavlar şeklinde gözlenen lösitler. 30
- Şekil 2.14:** Çalışma alanındaki lamproitlerin görünümü: a-b) Lamproitlerin arazide, lavlar halinde akma yapısı sunmuş görüntüsü, c-d) Eksfoliasyon yapıları şeklinde görünümü. 31
- Şekil 3.1:** Volkano sedimanter kayaçların tek nikol görüntüleri a) Beyaz renkli pomza içerikli, b) Gri renkli, c) Krem renkli, d) Sarımsı renkli 33
- Şekil 3.2:** Litik bileşenlerce zengin piroklastik kayaçlar (a,b), Lössit blokça zengin piroklastik kayaçlar (c,d), fonolitli piroklastik kayaçlar (e,f). a) lösit kristallerinde ikincil kalsit oluşumları, b) fenokristalen piroksen kristalleri ve temel kayaçlara ait mikritik kireçtaşı, c) lösit ve piroksen kristalleri özşekillerini korumuş görünümü, d) lösit minerallerinde

- ikincil kalsit oluşumları, lösit minerallerinin hamur faza geçişleri, e) lösit minerallerinde ikincil mineral fillipsit oluşumları, f) lösit minerallerinde zeolit oluşumları. 34
- Şekil 3.3:** Trakit örneklerinin çift nikol görüntüleri. a) sanidin fenokristalleri hâkim, b) plajiyoklas fenokristallerinin varlığı, c) Plajiyoklas kristallerin sınırlarında kemirilme yapıları, d) orta taneli kristallerin dağınık görünümü 36
- Şekil 3.4:** Trakiandezit kayaçların çift nikol görüntüleri, a-b) Az miktarda bulunan amfibol ve piroksen fenokristalleri, c) Biotit kristallerinde opasitleşme, d) Piroksen plajiyoklas biyotit kristallerinin yığılmalı halde görünümü, d-e) özşekilli piroksen mineralleri, akma yapısı sunan plajiyoklaslar, g) Plajiyoklas kristallerinin hamur inklüzyonları, h) Piroksen minerallerinde mikrolit diğer minerallerin inklüzyonları. 37
- Şekil 3.5:** Fonolit örneklerinin çift nikol görüntüleri. a) piroksen minerallerinde zonlu yapılar, b) Fenokristalen sanidin ve sfen krsitalleri, sfen mineralin de biyotit inklüzyonu, c) Lössitit minerallerinde altresyon ikincil mineral oluşumları, d) İri sanidin kristallerin sınırlarında altresyon sonucu kalsit oluşumları. 38
- Şekil 3.6:** Bazaltik kayaçların çift nikol görüntüleri. a) Mikrolit kristallerinde alterasyon sonucu kalsit oluşumları b) Fenokristalen piroksen minerallerinde zonlu yapı c) fenokristallerde alerasyon sonucu kalsitleşme d) özşekilli amfibol ve piroksen mineralleri e) Piroksen minerallerinde kemirilme yapıları f) Piroksen mineralinde hamur inklüzyonu. 39
- Şekil 3.7:** Bazaltik dayk örneklerinin çift nikol görüntüleri. a) Piroksen fenokristallerin yoğunluğu, b)Yarıözşekilli piroksen mineralleri, c) Piroksen minerlin hamur inklüzyonu, sınırlarında kemirilme yapıları, d) Fenokristallerin özşekilli kesit genelinde nadir görünümü. 40
- Şekil 3.8** Lössitit kayaçların çift nikol görüntüleri. a) Plajiyoklas mineralinde zonlanma, b) İri fenokristalen lösit mineralleri, c) Lössit mineralinde ikincil mineral zeolit oluşumları ve piroksen inklüzyonları, d) Piroksen minerallerinde belli bir yöne yönelimi. 41
- Şekil 4.1:** Haydarlı volkanik kayaçlarının $K_2O+Na_2O - SiO_2$ (TAS) sınıflama diyagramı (Le Bas ve diğ. 1986), ve alkali-subalkali ayırım çizgisi (Irvine ve Barragar, 1971). 53
- Şekil 4.2:** Volkanik kayalarının $K_2O - SiO_2$ diyagramı (Le Maitre, 2002). 54
- Şekil 4.3:** Haydarlı volkanik kayalarının K_2O-Na_2O diyagramı (Middlemost, 1975) 55
- Şekil 4.4:** Haydarlı volkanik kayalarının $K_2O/ Na_2O - MgO$ diyagramı 56
- Şekil 4.5:** Çalışma alanı birinci evre volkanitlerinin sınıflama diyagramları. a. $K_2O - SiO_2$ diyagramı (Le Maitre, 2002), b. $CaO - Al_2O_3$ diyagramı (Foley ve diğ. 1987). 57
- Şekil 4.6:** Haydarlı volkanitlerinin silise doygunluk oranlarını veren MgO -normativ $q-(ne+lc+ol)$ diyagramı 58
- Şekil 4.7:** Haydarlı volkanitlerinin majör element Harker diyagramları 61
- Şekil 4.8:** Haydarlı volkanitlerinin izelement Harker diyagramları (simgeler 4.7’de verilmiştir) 62
- Şekil 4.9:** Volkanik kayalarının N-OOSB’a göre normalize edilmiş çoklu element diyagramları (Sun ve McDonough, 1989). 64

Şekil 4.10: Volkanitlerin Nb-Zr tektonik ortam diyagramı (Pearce, 1982)	66
Şekil 4.11: Haydarlı volkanitlerinin izotop analizleri	67
Şekil 4.12: Th/Nb-La/Sm ve Th/Yb-Ta/Yb diyagramları	68
Şekil 4.13: Nb-Nb/Zr ve La-La/Yb diyagramları	68
Şekil 4.14: Volkanik kayaların Pb'ye karşı Ce/Pb diyagramı. Ortalama OAB değerleri Norman ve Garcia (1999)'dan üst kabuk değerleri ise Taylor ve Mc Lennan (1985)'den alınmıştır. İki bileşen arasındaki karışım eğrisi Langmuir ve diğ. (1978)'e göre çizilmiştir.	69
Şekil 4.15: Afyon volkanik kompleksi jeoloji haritası ve yaşların dağılımı (Bilgiç ve diğ. 2020)	71

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1: Lamproit ve lösitit örneklerin kimyasal analiz sonuçları.....	44
Tablo 4.2: Trakit, dayk ve fonolit örneklerin kimyasal analiz sonuçları	46
Tablo 4.3: Trakiandezitlerin kimyasal analiz sonuçları	48
Tablo 4.4: Bazaltların kimyasal analiz sonuçları	50
Tablo 4.5: Haydarlı volkanitlerinin CIPW normları	58

SEMBOL LİSTESİ

Lct	: Lössit
Bt	: Biyotit
Pl	: Pilajioloklas
Px	: Piroksen
Vtrk Tüf	: Vitrik Tüf
Kçt	: Kireçtaşı
Sa	: Sanidin
Zeol	: Zeolit
Flp	: Fillipsit
Amf	: Amfibol
Ap	: Apatit
Ttm	: Titanit(Sfen)
TN	: Tek Nikol
ÇN	: Çift Nikol
ANTE	: Ağır nadir toprak elementler
BİYE	: Büyük iyon yarıçaplı litofil elementleri
HNTE	: Hafif nadir toprak elementleri
YAEE	: Yüksek alan enerjili elementler
OOBS	: Okyanus ortası sırtı bazaltı
TAS	: Toplam Alkali Silika
DMM	: Tüketilmiş MORB mantosu
HİMU	: Yüksek μ değerli manto
EM₂	: Zenginleşmiş Manto

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmada Sandıklı'nın (Afyonkarahisar) güneyi Haydarlı, Yıprak ve Çiçektepe arasındaki Miyosen- Pliyosen yaşlı Kumalar Formasyonu içerisinde görünen volkanik kayaların petrografisi, mineral kimyası ve jeokimyasal özellikleri incelenerek oluşum mekanizması aydınlatılmaya çalışılmıştır.

Öncelikle çalışmalarım boyunca beni yönlendiren, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım danışman hocam Sayın Doç Dr. Barış SEMİZ' e sonsuz teşekkür ederim.

Bölgenin jeolojisi ve stratigrafisi üzerine yaptığı araştırmalarından yararlandığım ve bilgilerine başvurduğum Sayın Prof.Dr. Yahya ÖZPINAR'a teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarında bana yoldaşlık edip, numunelerin toplanmasında, taşınmasında derlenmesinde yardımcı olan Burak ÖZALTIN ve Ümit ŞENGÜL'e teşekkürlerimi sunarım.

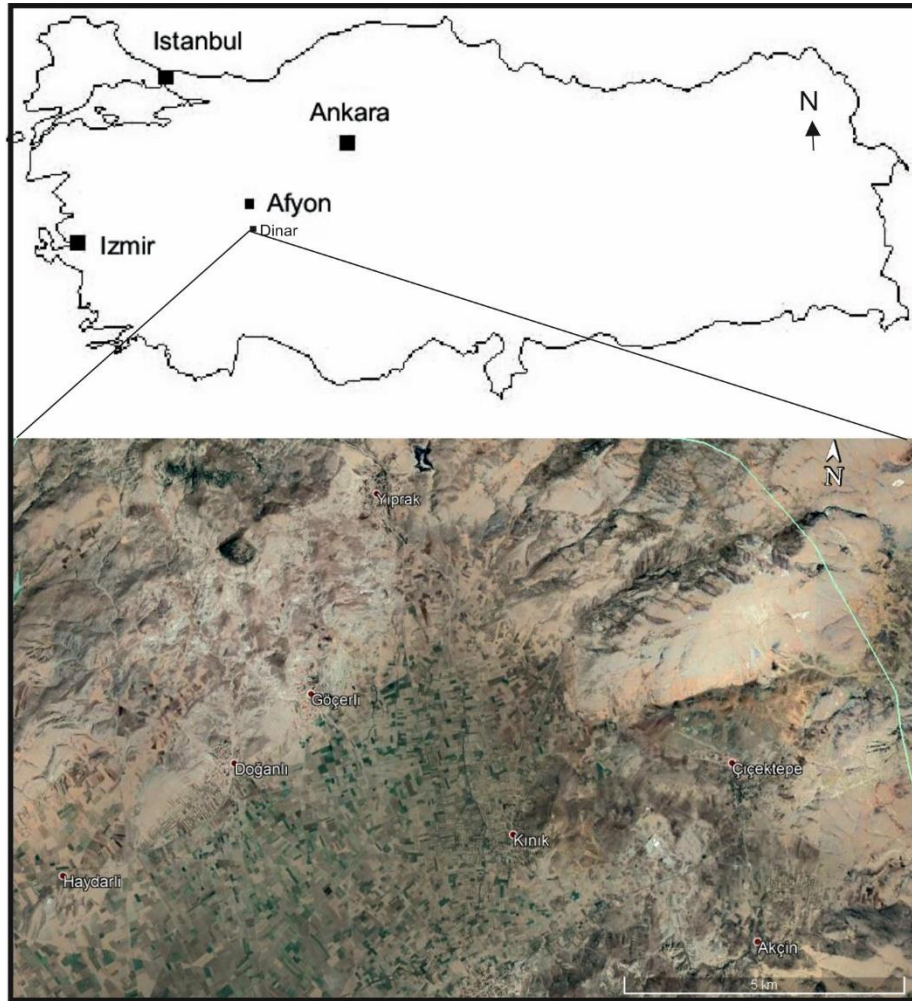
Ayrıca bu çalışmanın yapılması sırasında yardımlarını gördüğüm Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi Ana bilim dalı öğretim üyesi hocalarıma teşekkür ederim.

Son olarak bana öğrenim imkânı sağlayan, çalışmalarımında maddi ve manevi desteğini hiç esirgemeyen ve beni bugünlere getiren sevgili aileme sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanının Yeri

Çalışma alanı Ege bölgesinde Afyonkarahisar ilinin güneyinde bulunan Haydarlı kasabası ve çevresini kapsamaktadır. 1/25000 ölçekli Afyon L24-b3, L-25-a4 paftalarında 70.000–87.000 boylamları ile 36.000–50.000 enlemleri arasında kalıp yaklaşık 238 km² lik bir alandan oluşmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Çalışma alanının yer bulduru haritası.

1.2 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, Batı Anadolu açılma rejimi ile yükselen Doğu Anadolu provansı arasında kritik bir kavşak noktasında bulunan Afyon volkanik kompleksinin en güney ucunda bulunan Haydarlı (Afyon-Dinar) ve çevresindeki volkanik kayaların jeolojik, mineralojik-petrografik, jeokimyasal özelliklerinin ortaya koymaya çalışılmıştır.

1.3 Coğrafi Durum

1.3.1 Morfoloji

İnceleme alanının topografyası kuzeydoğu kesiminde dik ve engebeli olup vadiler ve sırtlar sunmaktadır. Sahadaki yükselimler güneybatıdan kuzeydoğuya doğru artmaktadır. İnceleme alanındaki en önemli yükseltileri, Ayran Tepe (1923 m), Döngel Tepe (1849 m), Büyüksarıkkaya Tepe (1803 m), Küçüksarıkkaya Tepe (1820 m), Dişkayası Tepe (1798 m), Kocagüney Tepe (1722 m), Bakkayası Tepe (1710 m), Tavşan Tepe (1767 m), Beygirkayası Tepe (1771 m), Tüllüce Tepe (1687 m), Kale Tepe (1632 m), Kuztepe Tepe (1587 m), Ortadirek Tepe (1413 m), Dünnük Tepe (1442 m), Zülüm Tepe (1444 m), Dede Tepe (1342 m), Suvermez Tepe (1374 m), Çiçek Tepe (1384 m), Kart Tepe (1377 m), Sarıtepe (1302 m), Kaklık Tepe (1352 m), Ada Tepe (1259 m), Kasım Tepe (1203 m), Höyük Tepe (1102 m) olarak sıralanabilir.

1.3.2 Hidrolojik Özellikleri

Bölgede yer alan dereler genellikle mevsimlere bağlı olarak büyük değişiklikler gösterir. İlkbahar ve sonbaharda canlanırken yazın kururlar. Ayrıca bölgede tamamen kurumuş dereler de bulunmaktadır. Bunun yanında bölgede çok sayıda pınar, kaynak ve çeşme bakımından zengindir. Pınarların debileri ölçülmesi de su miktarları mevsimlere göre azalıp artmaktadır. Yaz mevsiminde bile birçok pınarda suya rastlanılmıştır.

Bölgedeki önemli dereler; Sarnıç Deresi, Payamlı Dere, Akpınar Deresi, Beygir Deresi, Koccunun Deresi, Kuru Dere, Avratöldüren Dere, Allımusa Deresi, Geçlikardı Deresi, Zindan Deresi, Değirmen Dere, Yılanlı Dere, Komrenli Dere, Yayla Dere.

Bölgedeki önemli çeşmeler ve pınarlar; Bahçelik Pınarı, Hocaahmet Pınarı, Acı Çeşme, Çaldan Çeşmesi, Gökçe Çeşmesi, Dikenli Çeşme, Paşa Çeşmesi, Durdu Pınarı, Yeni Pınar, Sırma Pınar, Baş Pınar, Tüllüce Pınarı, Çadıroğlu Pınarı, Sarı Çeşme, Sarı Pınar, Alıçlı Pınar, Kara Pınar.

1.3.3 İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanında İç Anadolu'nun karasal iklimi görülür. Bölgenin büyük bir kesiminde bitki örtüsü otsu veya çalı formundadır. Alüvyon düzlükleri önemli ölçüde tarım alanları olup yer yer meyve ağaçları göze çarpar. Afyon Devlet Meteoroloji İstasyonu' nun ölçümlerine göre yıllık ortalama yağış 538,4 mm yıllık ortalama sıcaklık ise 11 ⁰C' dir.

1.3.4 Ulaşım, Yerleşim ve Ekonomik gelişim

İnceleme alanı Dinar-Karadilli-Şuhut karayolu üzerindedir. Bölgeye Dinar-Şuhut karayolunun Haydarlı yol ayrımından itibaren 10 km'lik yolla ulaşılmaktadır ve inceleme alanındaki bütün köy ve yaylalara stabilize yolla gidilebilmektedir.

İnceleme alanında en önemli yerleşim birimleri Yıprak, Göçerli, Doğanlı, Kınık, Çiçektepe, Haydarlı köyleridir. Ortalama nüfus yoğunluğu düşük olup çoğu mahalleler ekonomik yetersizlikten boşalmıştır. Bölgenin ekonomisi büyük ölçüde hayvancılık ve tarıma bağlıdır. Meyvecilik yeni yeni gelişmektedir. Bölgede henüz endüstriyel bir girişim başlamamıştır.

1.4 Önceki Çalışmalar

Haydarlı bölgesindeki volkanizma konusunda literatürde çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar genellikle volkanizmanın kökeni ve oluşumu üzerine yoğunlaşmaktadır.

Foley ve diğ. 1987, Ultrapotasik ve yüksek potasyum, genellikle kayaçları tanımlamada kullanılmıştır. Uyumsuz elementler birlikte yüksek K_2O/Na_2O oranı, birincil bazaltik magma temsil eden yüksek Ni, Cr, Fe, Mg gibi diğer elementler içerebilen kayaçlardır. Teorik olarak $K_2O/Na_2O > 3$ (bazı çalışmalarda $K_2O/Na_2O > 2,5$), $K_2O > 3$ wt% bu yüksek K_2O/Na_2O oranı kayaçlar $MgO > 3$ wt% salic kayaçları karşıtı olarak mafik değerlerine sahip kayaçlardır. Ultrapotasik kayaçlar, çoğu ana element oksit miktarlarında geniş çeşitlilik ve heterojen bir dağılım göstermesiyle 3 ana grup altında toplanmıştır. Bu üç gruba ek olarak 4. bir grupta grup 1 ile 3 arasındaki bölgeye düşen, geçişken özellik sergileyen kayaçlar olarak nitelendirilmiştir. Grup 1 kayaçları lamproitler, grup 2 kamafujitleri, grup 3 roman tipini ve son olarak grup 4 geçiş serisini ifade etmektedir.

Savaşçın, 1990, Batı Anadolu'da ekstansiyonel ve kompresyonel tektonik rejimin magmatik aktivitelerini incelediği çalışmasında, magmatizmayı, kompresyonla ilişkili kalkalkalin mağmatikler ve ekstansiyonla ilişkili alkalin mağmatikler olarak iki gruba ayırmıştır. Kalkalkalin grubun strato tip volkaniklerle karakterize olup dalma-batma zonuyla ilişkili olduğunu, buna karşın ekstansiyonel volkanizmanın olası bir Neojen yaygerisi baseni temsil edebileceğini belirtmiştir.

Yağmurlu ve diğ. 1997, Isparta büklümünü aktif tektonik ve alkalin volkanizma açısından inceleyerek kuzeyde Afyon'dan güneye doğru gençleşen bir volkanizmanın olduğunu vurgulamışlardır. Volkanizmanın alkalin ve hiperalkalin olarak ayrıldığını ve latitik, trakitik, lösitik ve lamproitik karakterli kayaçların bölgede yüzeylendiğini belirtmişlerdir. Ayrıca Üst Miyosen-Alt Pliyosen'de K-G yönündeki horst-graben yapılarına paralel volkanizmanın geliştiğini, Afyon bölgesindeki volkanizmanın Afrika plakasının Anadolu plakası altına dalımı ile ilgili dalma-batma prosesine ilişkin kompresyonel rejimle geliştiğini, Isparta da ise daha genç volkanizmanın grabenlerin K-G yönelimli faylarla ilişkili olduğunu savunmuşlardır.

Francalanci ve diğ. 2000, Ege ve Batı Anadolu bölgesindeki Tersiyer-Kuvaterner yaşlı alkalın magmatizmanın petrolojisi ile ilgili jeokimyasal ve izotop çalışmalarına dayalı araştırmasında, bölgede Na-alkalin, potasik ve ultrapotasik olarak üç grup volkanik sınıflandırılarak, Afyon bölgesinin orojenik affinite gösterdiğini belirtmiştir. Afyon ultrapotasiklerinin RPT tip olduğunu vurguladığı çalışmada orojenik affiniteli, şoşonitik, potasik ve ultrapotasik mağmaların heterojen üst manto kaynağından türediklerini, metasomatizmanın dalan levhadan gelen akışkanlarla ilgili olduğunu belirtmiştir.

Özgün, 2002, İnceleme alanı Sandıklı-Şuhut (Afyon) güneyi, Haydarlı-Çiçektepe arasında kalan bölgenin jeolojisi ve petrografisine yönelik olup, özellikle ultrapotasik volkanizmanın petrojenezi üzerine çalışılmıştır. Volkanitler mineralojik ve petrokimyasal karakteristiklerine göre sanidin içeren, lösit içeren olmak üzere iki gruba ayrılır. Petrokimyasal olarak kayaçların Al_2O_3 , K_2O içerikleri yüksek, MgO , TiO_2 , Ni, Cr içerikleri düşük olup tipik Romen Provens Tip (RPT-İtalya) ultrapotasik kayaçlara benzerlik gösterirler. Her iki grup kayaç K_2O ve uyumsuz elementlerden Ba, Sr, Rb ve Zr'ca zengindir. Mineralojik olarak sanidin içerenler, sanidin + flogopit + plajiyoklas + diyopsit + rutil + apatit + opak mineral, lösit içerenler ise lösit + sanidin + plajiyoklas + diyopsit + flogopit + rutil + perovskit+apatit + opak minerallerle karakteristiktirler.

Akal, 2003, Potasik- ultrapotasik karakterdeki volkanik aktivitelerin ürünleri Batı Anadolu'nun en doğusunda yer alan Afyon volkanik karmaşığı üç evreye aittir. Bu volkanik aktivitelerin ürünleri stratigrafik çatisına bakıldığında; melilitli lösit, tefrifonolit ve benekli trakiandezit lavları birinci evre volkanizmayı temsil etmektedir. İkinci evre ise volkanik faaliyetin ürünlerinden olan lamproitler, trakiandezitik volkanizmaya ait ürünleri olup ve birinci evre ait volkanikleri kesmekte ve kısmen örtmektedirler. Bu volkanoklastik serisinin özelliği, mekanik olarak üst mantodan taşınan ve manto metasomatizmasını işaret eden mafik minerallerce zengin ksenolitler içermesidir. Ksenolitlerin mineral bileşimleri farklı olup genel olarak mineralojileri; klinopiroksen - flogopit - melanit - melilit - lösit - perovskit - ilmenit - apatit den oluşmaktadır. Son olarak üçüncü evrede fonotefritik, fonolitik, bazaltik trakiandezitik ve nozeyen içeren trakiandezitik kayaçların lav

domları ve daykları şeklinde volkanosedimanter birimleri keserek lav akıntıları ile üstlediklerini belirtmişlerdir.

Gürsu ve diğ. 2005, Orta ve Batı Torosların birleştiği bölgede, Sandıklı ilçesi ile Karadirek, Başağaç, Akharım, Taşoluk kasabaları civarında yer alan çalışma alanında Geç Neoproterozoyik yaşlı Sandıklı temel kompleksi, Erken Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı örtü birimleri ayrılmıştır. Sandıklı temel kompleksi alttan üste doğru Güvercinoluk formasyonu ve Kestel çayı porfiroid birliğinden; Erken Paleozoyik yaşlı örtü birimleri ise Gögebakan, Hüdai, Çaltepe ve Seydişehir formasyonlarından oluşmaktadır. Sandıklı temel kompleksinin meta-sedimenter kayaçları, Güvercinoluk formasyonu olarak, meta-magmatik kayaçları ise Kestel çayı porfiroid birliği olarak tanımlanmıştır. Kestel çayı porfiroid birliği, meta-riyolit/meta-dasitler ile meta-kuvars porfir dayklardan oluşmaktadır. Kestel çayı porfiroid birliğine ait meta-kuvars porfir daykları, Sandıklı temel kompleksinin metasedimenter kayaçlarını (Güvercinoluk formasyonu) ve çekirdeği oluşturan meta-riyolit/meta-dasitleri kesmektedir. Sandıklı temel kompleksini uyumsuz olarak üzerleyen Erken Kambriyen yaşlı Gögebakan formasyonu, üste doğru Hüdai formasyonunun Celiloğlu üyesi ile geçişlidir. Çalışma alanında belirlenen, Sandıklı Temel kompleksi ile Erken Kambriyen yaşlı örtü arasındaki uyumsuzluğun, Menderes masifinde somut olarak kanıtlanamayan Ana Pan-Afrikan uyumsuzluğuna karşılık geldiği, Menderes masifi, Doğu Toroslar ve benzer birimlerin Gondvana kuzey kenarını temsil eden Kadomiyen temele ait parçalar olduğu düşünülmektedir.

Akal, 2008, Afyon volkanik provensi potasik ve ultrapotasik alkali volkanik kayaç serilerinden oluşmaktadır. Lamproitlerin mineralojik içerikleri sanidin, olivin ($77 < Mg_{\#} < 81$), flogopit ($74 < Mg_{\#} < 78$), klinopiroksen ($74 < Mg_{\#} < 78$) ve aksesuar mineraller olarak apatit, kalsit, opak minerallerden oluşur. Akdeniz tipine benzer Afyon lamproitleri Silisce zengin lamproitlerdir. Kondrite göre normalize edildiğinde hafif nadir toprak elementlerce ve büyük iyon çaplı elementlerce zenginleşme sergilemektedir. Jeokimyasal ve izotop analizlerinden lamproitik kayaçlar, yüksek derecede metasomatizmaya uğramış magmadan türemiştir. Lamproitlerde zenginleşmenin kökeni Akdeniz'in aktif orojenik alanlarda dalma-batmayla ilişkili metasomatik olaylar olabildiğinden bahsetmiştir.

Elitok ve diğ. 2008, Potasik-ultrapotasik Gölcük volkanikleri (Isparta), kaldera dışı volkanikler' ve 'kaldera içi volkanikler ve piroklastikler' olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Kaldera dışı volkanikler bölgede genellikle dayk, dom, volkanik boyun veya düzensiz lav çıkışları şeklinde yer almakta ve trakit, trakiandezit, bazaltik trakiandezit, lamprofirik (minet) bileşimli kayalardan oluşmaktadır. Kaldera içi volkanikler piroklastik akma çökelleri, tefrifonolitik ve maar tip volkanik aktiviteye bağlı trakitik lav akıntılarında ve domlardan meydana gelmektedir. Potasik-ultrapotasik Gölcük volkanikleri LIL elementler (Cs, Rb, Ba, U, Th, Sr, K) ve hafif nadir toprak elementler açısından zenginleşmiş olup zenginleşmiş manto kaynağını yansıtmaktadırlar. Sr-Nd-Pb izotopları Gölcük volkaniklerinin DMM-HIMU-EM2 türde kompleks manto rezervuarlarından türediğini göstermektedir. Böylece litosfer-astenosfer sınırında flogopit-amfibol-granat içeren mantonun ergimesi sonucu oluşan potasik eriyikler, gerilme tektoniğine bağlı litosferik ölçekte oluşan kırıklar boyunca hareket ederek yüzeyde potasik-ultrapotasik Gölcük volkaniklerini meydana getirmiştir

Akal ve diğ. 2013, Afyon provensinde volkanik kayalar potasik ve ultrapotasik seri 12-14 My yaş aralığına sahiptir. Erken evre Si-tüketilmiş volkanik kayalar Afyon şehri civarında ve daha ilerisi güneye doğru trakiandezitik volkanik aktivite (14.23 ± 0.09 My)şeklindedir. Geç evre Si-doymuş Afyon volkanik provensinin güneyinden daha fazla kısımlarda yaş ve stratigrafik ilişkili olarak üç aşamada gerçekleşmiştir. Melilitli lösititler (11.50 ± 0.03 My), benekli trakiandezitler, tefrifonolit, lamproitler (11.91 ± 0.13 My) ilk aşamada meydana gelenler, ikinci aşamada trakiandezitler, son aşamada fonotefrit, flogopit, bazaltik trakiandezitik ve nozeanlı trakiandezit içerir. Magmatizmada geç evre 12 My civarında Afyon volkanik provensinin aktif volkanizma sırasınca 14 My sonra Si-saturasyon (özümseme) sunma ani şekilde değişir.

Şahin ve Ünlügenç, 2014, Afyon kuzeybatısında Bayat ve Bolvadin ilçeleri arasında bulunan çalışma alanının temelini Geç Prekambriyen yaşlı İhsaniye formasyonu oluşturmaktadır. İhsaniye formasyonu üzerine taban konglomerası ile başlayan Permian yaşlı Eldeş formasyonu açısız uyumsuzluk ile gelmektedir. Erken-Orta Triyas yaşlı Kıyır formasyonu, tabanda rekristalize kireçtaşı çakıllarının yaygın olarak izlendiği bir seviye ile Eldeş formasyonu üzerine uyumsuz olarak

gelmektedir. Erken-Orta Triyas yaşlı Kıyır formasyonu, tabanda rekristalize kireçtaşı çakıllarının yaygın olarak izlendiği bir seviye ile Eldeş formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Kıyır formasyonu üzerinde ise uyumlu ve geçişli dokanakla Orta Triyas-Kretase yaşlı Gökçeyayla formasyonu bulunmaktadır. Örtü birimleri birbirleri ile uyumsuz dokanaklı Pliyosen yaşlı Yapılıkale Tepe volkanitleri ve Pliyosen yaşlı Erdemir formasyonu ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlarla sonlanmaktadır. Çalışma alanında bu KD-GB ve D-B yönlü sıkışma etkisiyle yaklaşık KB-GD ve K-G uzanımlı kıvrım eksenleri oluşmuş olup, K-G doğrultulu bindirmeler ile 3 tektonik dilim oluşmuştur. Temel birimlerden derlenen örneklerin petrografik analiz sonuçlarına göre edinilen metamorfik mineral parajenezleri bölgede yüzeyleyen temel birimlerin yeşilşist metamorfizmasına maruz kaldığını göstermektedir.

Doğan-Külahcı ve diğ. 2015, Afyon ili güneyi ile Şuhut bölgesinin kuzeyi arasında bulunan volkaniklerin, mineralojik-petrografik özellikleri belirlenmiş ve mineral kimyası analizlerinden elde edilen veriler ile termobarometre hesaplamaları yapılmıştır. Yüksek K_2O , K_2O/Na_2O oranı ve Mg değerlerine sahip olan kayalar ultrapotasik grup (UPG) olarak adlandırılmış ve ilgili grafiklere yerleştirildiğinde bu gruba ait örneklerin lamproit tipi kayalar özelliği taşıdığı saptanmıştır. Lamproitlerdeki plajiyoklas minerallerinin labrador-oligoklaz (An_{3-63}), amfibol minerallerinin çermakit, rihterit ve magnezyumlu-hornblend ($Mg\#54-81$), klinopiroksen minerallerinin diyopsit, ojit (Wo_{43-47}) ve ortopiroksenlerin hipersten (En_{40-70}) kompozisyonunda olduğu belirlenmiştir. Plajiyoklas minerallerinin bazılarında ters zonlanma saptanmıştır. Klinopiroksen-eriyik ikilisinin dengede olduğu koşullar dikkate alınarak yapılan termobarometre hesaplamaları sonucunda, bu minerallerin oluşum sıcaklıklarının en düşük $1087\text{ }^\circ\text{C}$ ve en yüksek $1141\text{ }^\circ\text{C}$ olduğu belirlenmiştir. Basınç değerleri 5 ve 10 kbar aralığında değişirken, bu basınç değerleri kullanılarak elde edilen mineral kristalleşme derinliklerinin ise, 18 km 28 km arasında olduğu belirlenmiştir.

Prelevic ve diğ. 2015, Orta Miyosen Afyon alkali volkanik karmaşığı Si-doymuştan Si-tükenmişliğe ve ultrapotasikten Na-alkali bileşime jeokimyasal olarak yüksek çeşitlik gösteren lavlardan oluşmaktadır. İki gruba ayrılan plajiyoklas-amfibollu lavlar ve sanidinli (veya) lösititli lavlar izotop verilerinde Sr, Nd ve Pb

farklılıklar ve K zenginleşme önemli farklılıklar göstermektedir. Si tükenmiş sanidin ve lösitit lavlardan Si aşırı doymuş sanidin ve lösititli lavlara değişen stratigrafik bulguları oluşturmaktadır. Bu değişiklikler azalan $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (whole-rock and in situ apatite, perovskite, melilite and clinopyroxene), $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, Zr/Nb and Th/Nb ve artan $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ and Ce/Pb, ayırt edici özellikler orojenikden (crust-like) orojenik olmayana (within-plate) sistematik şeklindedir. Litosfer-astenosfer etkileşimin artması nedeniyle oluşmuş orojenikten orojenik olmayana yakınlıkları jeokimyasal geçiş olarak yorumlanmıştır. Manto (astenosfer) peridotit eriyikleri, plajiyoklas-amfibollü lavların kökeni için bu çıkarım uygulanabilir. Yüksek K içerikleri orojenik iz element farklılıkları ve izotop bileşimin belirtileri astenosferden türemiş birinci eriyikler, litosferden türemiş eriyikler tarafından kirletilmiştir. Diğer yandan ultrapotasik sanidinli lösititli lavlar litosferik mantonun metasomatizma geçirmiş tipinden meydana gelmiştir. Bu da ultrapotasik ve şösonitlerde görülen orojenik jeokimyasal ayırtmandır.

Bilgiç ve diğ. 2020, Afyon Emirdağ ve İscehisar volkanik birimlere ait kayaçlar, tüm kayaç ve Sr-Nd izotop oranlarına dayalı petrolojik özelliklerini incelemişlerdir. Emirdağ volkanik birimi trakidasit, İscehisar trakit, bazaltik trakiandezit ve trakidasit bileşimli masif lav akıntularından oluşmuştur. Emirdağ volkanik birimine ait kayaçların izotop oranları $0.706790-0.76284$ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve 0.512463 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ iken, İscehisar volkanik birimlere ait kayaçların izotop oranları $0.707650-0.706527$ ve $0.512464-0.512424$ şeklindedir. Bu verilere dayanarak Emirdağ ve İscehisar volkanik kayaçların oluşumları sırasında kabuksal kirlenme, fraksiyonel kristallenme ve magma karışımı gibi süreçlerden geçtiğini ifade etmişlerdir.

Ayrıca bölgedeki zeolit oluşumları hakkında da literatürde azda olsa çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar zeolitlerin oluşumları üzerine yoğunlaşmaktadır. Özpınar ve diğ. (2002; 2013) ve Özpınar (2008) tarafından Batı Anadolu'daki bazaltik volkanizmayla ilişkili zeolitli piroklastik kayaçlar ilk kez tanımlanmıştır. Bölgede yer alan tüflerde yaygın zeolit oluşumları gözlenmiştir. Haydarlı bölgesindeki zeolitlerle ilgili çalışmalar Özpınar ve diğ. (2011) ve Semiz ve diğ. (2018) tarafından yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada bölgedeki volkano-sedimanter birimi oluşturan kayaçlar, birinci ve ikinci evrede oluşmuş olan

piroklastik kayalar ile yanal ve dūşey geçişli olarak bulunmakta olup, oluşumlarında blok ve litik bileşnelerce zengin kül ve pümis akma çökellerinin önemli katkısı olmuştur. Lösititli pirolitik bileşnelerce zengin tüflerde zeolit minerali olarak; fillipsit, şabazit ve analsim belirlenmiştir. Bu tüflerin zeolit içerikleri maksimum %70'e kadar ulaşmaktadır. Kül döküntü çökellerini temsil eden fonolitik pirolitik bileşnelerce zengin olan tüflerde ise zeolit minerali olarak analsim belirlenmiştir ve bu tüflerin zeolit içerikleri maksimum %50'ye kadar ulaştığı belirtilmiştir.

1.5 Materyal ve Metot

Bu çalışmanın arazi çalışmalarının büyük çoğunluğu 2015 – 2017 yılları arasında gerçekleştirilmiş olup, saha incelemeleri ve laboratuvar araştırmaları şeklinde iki bölümde yürütölmüştür. Saha alışmaları iki temel üzerine oluşturulmuştur. Bunlardan birisi 1/25000 ölçekli harita alımı, diğerisi ise stratigrafik kesitlere dayalı örneklemelelerdir. Sedimanter ve magmatik birimlerin yüzeylendiği bölgede harita alımı 257 km²'lik bir alanda gerçekleştirilmiştir. Volkanitlerin yaygın olarak gözlendiği alanlarda detaylı jeolojik harita yapımları gerçekleştirilmiş ve volkanik, volkanosedimanter birimler ile piroklastik kayalar detaylı olarak ayırtlanmıştır. Tektonik hatların belirlenmesinde hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Harita alanı içerisinde mostra veren magmatik ve sedimanter birimlerden yaklaşık 100 civarında örnek derlenmiş olup bu örneklerin tümünün ince kesitleri Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit laboratuvarında yapılmıştır. Örneklerin petrografik incelemeleri polarizan mikroskop altında gerçekleştirilmiştir. Örnek alınan yerler harita üzerine işaretlenmiş ve örnek haritası hazırlanmıştır.

Volkanik kayaların petrokimyası ve petrojenezinin yorumlanması amacı ile taze yüzeylelerden elde edilen 65 adet kayaç örneğinin ilk önce XRF analizi Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü XRF laboratuvarında Spectro XEPOS marka Polarize Enerji Dağılımlı X-işını Floresans Spektrometresi (PEDXRF) kullanılarak yapılmıştır. XRF analizi için GEOL, GBW-7109 ve GBW-7309 olarak anılan Birleşik Devletler Jeolojik Araştırması (USGS) standartları kullanılmıştır. Kil numuneleri, tungstenli karbid hazneli halkalı değirmende toz haline getirilmiştir.

Daha sonra 6,25 gr toz haline getirilmiş numune ile 1,4 gr wax (M-HWC) ile karıştırılarak preslenmiş bir disk elde etmek için 18 N'de otomatik bir presde preslenmiştir.

Polarizan mikroskop incelemeleri ve XRF analizleri sonucunda seçilen örneklerden 27 tanesinin tüm kaya ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapımına karar verilmiştir. Örnek hazırlama işlemi PAÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü örnek hazırlama laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarda kırılan örnekler halkalı öğütücüde yaklaşık 200 mesh boyutuna kadar öğütülerek ana, iz ve nadir toprak element analizleri için Acme Analytical Lab. (Kanada) gönderilmiştir. Burada ana ve iz elementler ICP, nadir toprak elementleri ise ICP-MS tekniği kullanılarak analiz (4A ve 4B grup) edilmiştir. Öğütülen toz örneklerden 0.2 gr alınarak 1.5 gr LiBO₂ ile karıştırılarak, %5 HNO₃ içeren bir sıvı içinde çözündürülmüştür. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ise ppm olarak ölçülmüştür. Nadir toprak elementler ise toz örneklerden 0.25 gr alınarak dört farklı asit içersinde çözündürülmüş ve ppm olarak tespit edilmiştir.

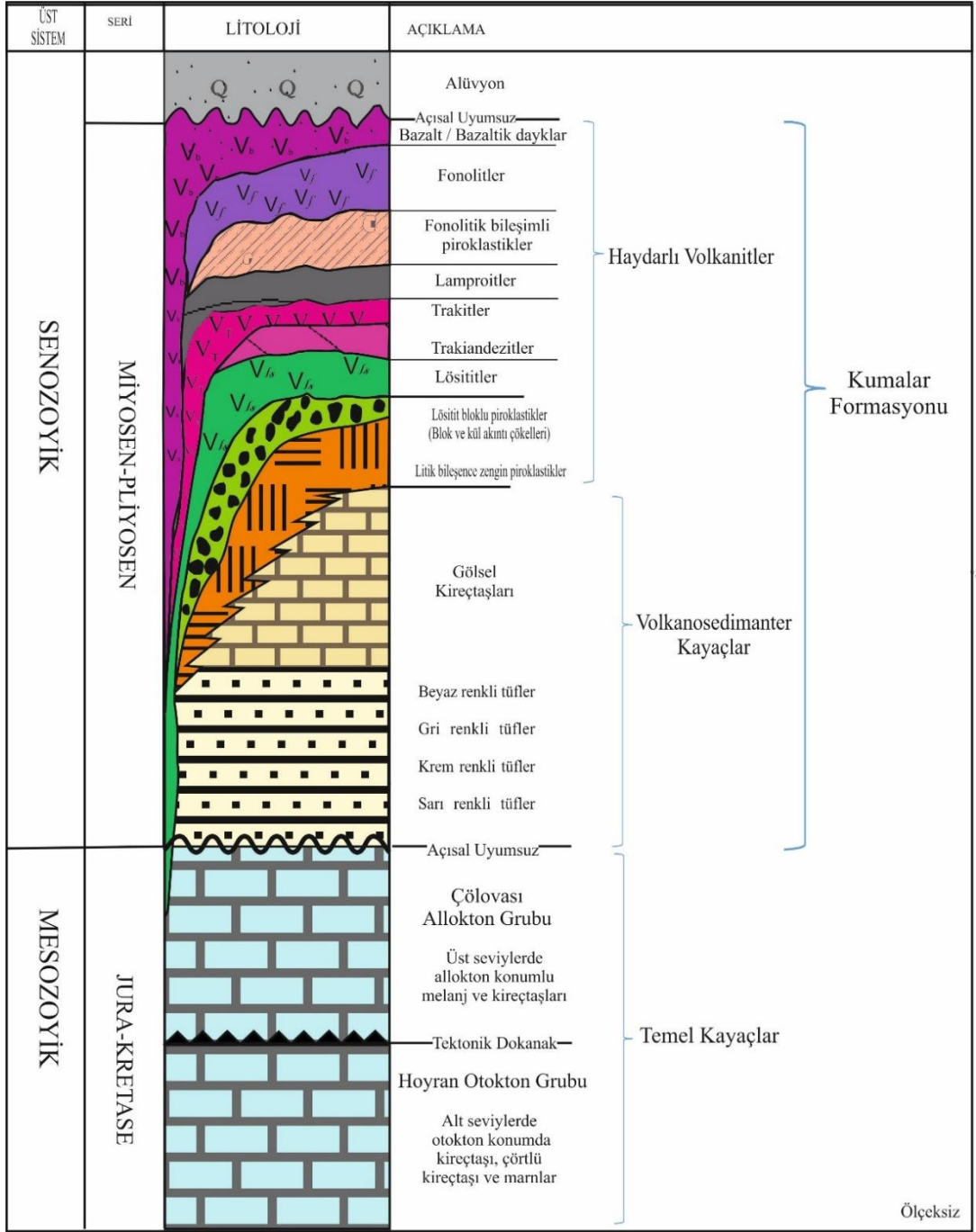
Volkanik birimleri temsilen seçilen 8 adet örneğin stronsiyum ve neodimyum izotop analizleri Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkezi Laboratuvarları'nda (Ar-Ge Eğitim ve Ölçme Merkezi, Radyojenik İzotop Laboratuvarı) gerçekleştirilmiştir. Sr-Nd izotop oranlarının ölçümü sırasında TLM-ARG-RIL-01 (Sr İzotop Oranı Analizi Deney Talimatı) ve TLM-ARG-RIL-02 (Nd İzotop Oranı Analizi Deney Talimatı) talimatları uygulanmıştır. Bu talimatların ayrıntısı Köksal ve Göncüoğlu (2008)'de verilmektedir. Tartım, kimyasal çözme ve kromatografi işlemleri 100 temizlik standardında temiz laboratuvar koşullarında, ultra saf su ve kimyasallar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir kayaç pudrası örneğinden yaklaşık 80 mg tartılarak PFA şişelere aktarılmıştır. Numuneler, 4 mL 52% HF içinde 4 gün süreyle 160 C'lik ısıtıcı tabla üzerinde bekletilerek tamamen çözülmüştür. Isıtıcı tabla üzerinde kurutulmuş örnekler önce 4 mL 6 N HCl içinde bir gün süreyle çözülmüştür. Numuneler daha sonra tekrar ısıtıcı tabla üzerinde buharlaştırılıp kurutulmuş 1mL 2,5 N HCl içine alınmış ve kromatografiye hazır duruma getirilmiştir. Stronsiyum elementi, 2,5 N HCl asitle 2 mL hacimde Bio Rad AG50 WX8, 100-200 mesh reçine kullanılarak teflon kolonlarda ayrılmıştır. Stronsiyumun toplanmasından sonra 6 N HCl ile nadir toprak elementleri fraksiyonu toplanmıştır. Stronsiyum, tek Re

filamentleri üzerine Ta-aktivatör ve 0,005 N H₃PO₄ kullanılarak yüklenmiş ve statik modda ölçülmüştür. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr verileri ⁸⁶Sr/⁸⁸Sr = 0,1194'e normalize edilmiştir. Ölçümler ırasında Sr NBS 987 standardı 0,710251 ± 10 (n=2) olarak ölçülmüştür. Neodmiyum elementi, diğer nadir toprak elementlerinden 0,22 N HCl asit kullanılarak, teflon kolonlarda, 2 mL hacimde HDEHP (bisethyexyl fosfat) kaplı biobeads Bio Rad reçineden geçirilerek ayrılmıştır. Ayrılan Neodimiyum, 0,005 N H₃PO₄ ile birlikte Refilamente yüklenmiş, çift filament tekniği kullanılarak statik modda ölçülmüştür. Analizler sırasında, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd verileri ¹⁴⁶Nd/¹⁴⁴Nd = 0,7219 ile normalize edilmiş, Nd La Jolla standartı ise 0,511851 ± 10 (n=2) olarak ölçülmüştür. Stronsiyum ve Nd izotop oranı ölçüm sonuçları üzerinde herhangi bir bias düzeltmesi yapılmamıştır. Ölçümler, Triton Termal İyonizasyon Kütle Spektrometresi (Thermo-Fisher) kullanılarak çoklu toplama ile yapılmıştır. Analitik belirsizlikler 2 sigma düzeyindedir (Bilgiç ve diğ. 2020).

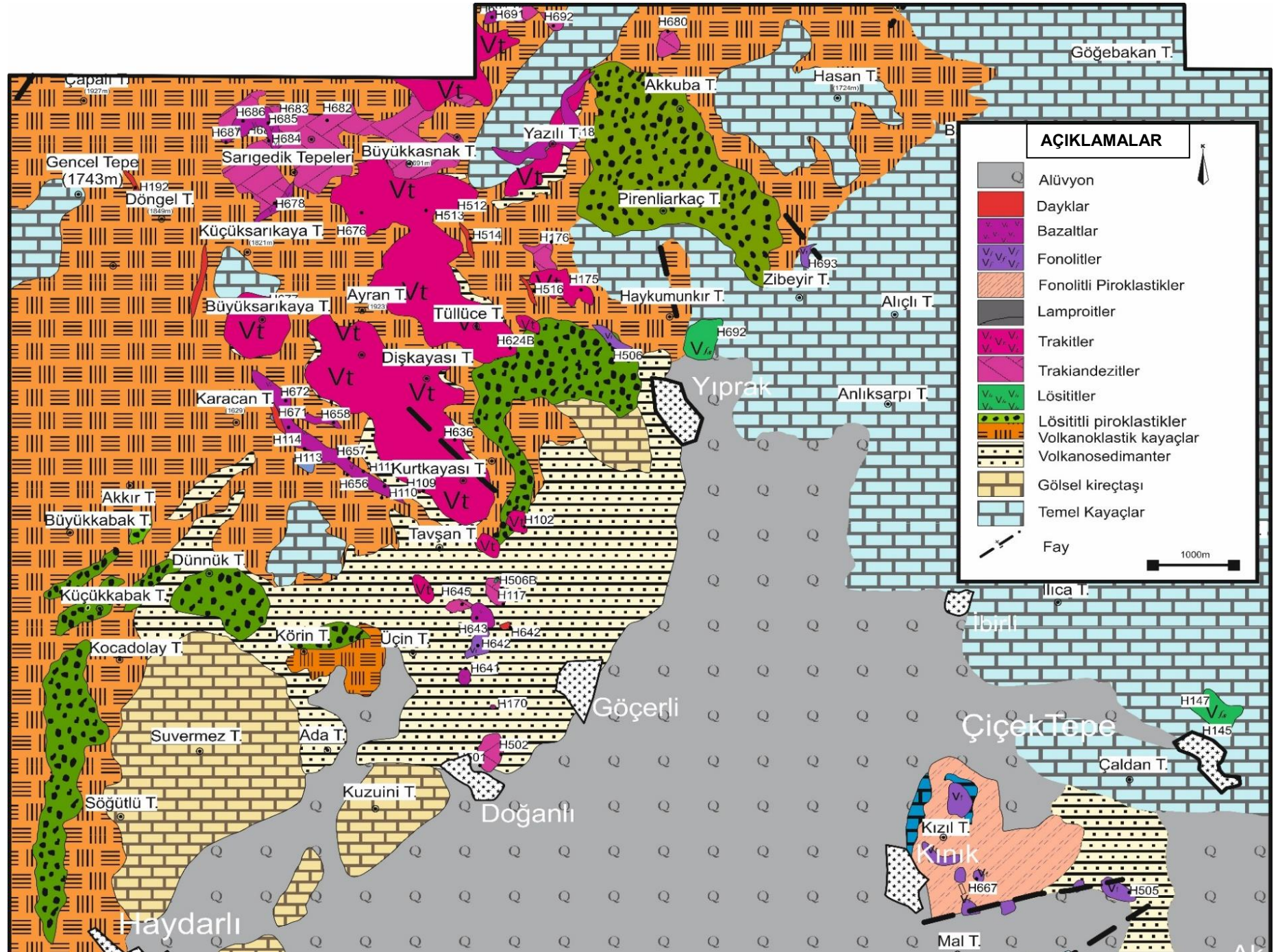
2. GENEL JEOLJİ

Çalışma alanının temel kayaçlarını otokton konumlu Afyon Zonuna ait Mesozoyik yaşlı karbonat kayaçları (Hoyran Grubu) ile allokton konumlu ofiyolitik melanj birimleri ve platform karbonatları (Çölovası Grubu) oluşturmaktadır (Özgün, 2002). Hoyran Grubu'na ait litolojik birimler, Üst Jura'dan Eosen'e kadar kesintisiz olarak devam eder. Hoyran Grubu'nun tabanında Malm yaşlı dolomit ve kireçtaşlarından oluşan "Ergenli Formasyonu" yer alır. Ergenli Formasyonu üzerine ise, Erken ve Geç Kretase yaşlı platform ve pelajik çökellerden oluşan "Gökhacıdağı Formasyonu" gelir. Bunların üzerine de Eosen yaşlı kireçtaşı, şeyl, kıltaşı ve kumtaşları ile temsil edilen "Dereköy Formasyonu" gelmektedir. Hoyran Grubu üzerine tektonik dokanaklı olarak "Çölovası allokton Grupları" gelir. Çölovası allokton Grupları, "Göçen Melanjı" ve "Bakırdağ Formasyonundan" oluşur. Göçen Melanjı, aşırı serpantinize ultramafik kayaçlar, radyolarit, kumtaşı ve kırmızı kireçtaşları ve Triyas yaşlı olistolitlerden oluşur. Göçen Melanjı üzerine tektonik dokanaklı olarak beyaz renkli, masif görünümlü, platform karbonatlarından oluşan Orta ve Geç Triyas yaşlı "Bakırdağ Formasyonu" gelmektedir (Şekil 2.1).

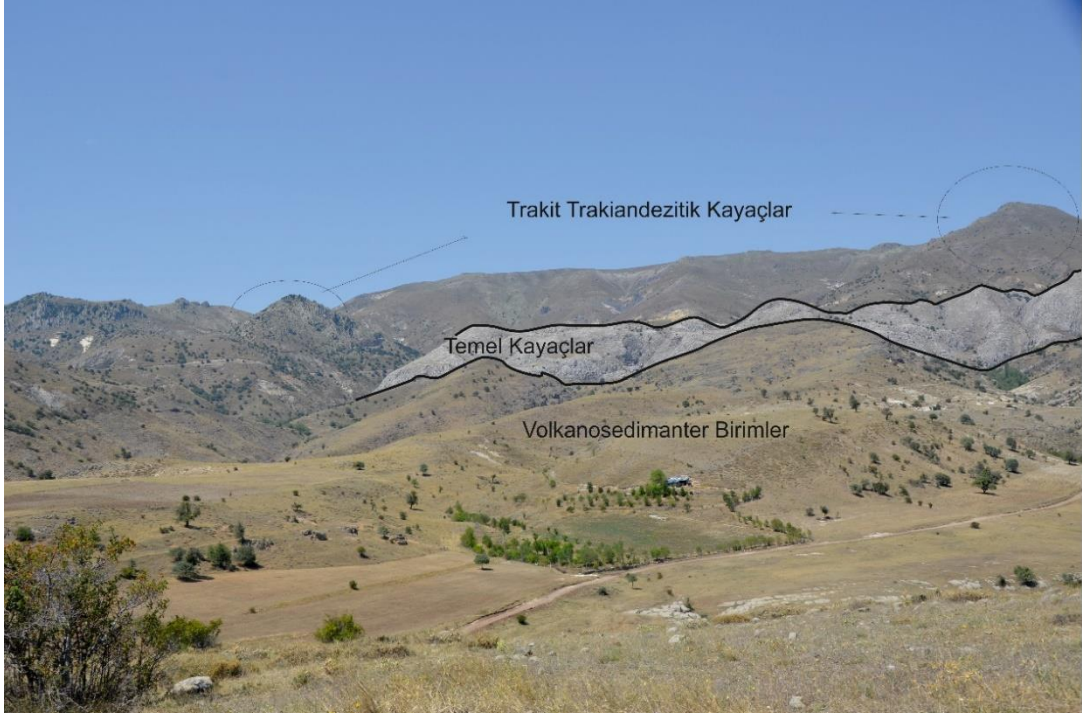
Tersiyer istifi Miyosen yaşlı volkano-sedimanter kayaçlar, volkanik kayaçlar ve karasal (flüviyal) çökellerden oluşan Kumalar formasyonundan oluşmaktadır (Öztürk, 1989). Kumalar formasyonu, temel kayaçlar üzerine açısız uyumsuz olarak gelmektedir. Volkanosedimanter kayaçlar üzerine piroklastik kayaçlar gelmektedir. Volkanik kayaçlar bu çalışmada Haydarlı volkanitleri olarak tanımlanmış olup dört farklı evrede (lav akıntıları ve dayklar) çıktıkları belirlenmiştir (Özpinar ve diğ. 2011). Çalışma sahasındaki en genç birimleri yamaç molozları ve alüvyonlar oluşturmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Haydarlı yakın dolayının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Özpınar ve diğ. 2011'den değiştirilerek yapılmıştır).



Şekil 2.2: Çalışma alanının jeoloji haritası.



Şekil 2.3: Çalışma alanındaki volkanosedimanter kayaçlar ile temel kayaçları görünümü.

2.1 Hoyran Otokton Grubu

Çicektepenin doğusu ile güneydoğusuna uzanan bir yayılım gösteren Hoyran Grubu Üst Jura'dan Eosen'e kadar düzenli bir dizilim göstermektedir. Ergenli Formasyonu dolomit ve kireçtaşıdan oluşur. Değişen ortam şartlarına bağlı olarak platform ve/veya pelajik faunalı kireçtaşıdan oluşan, Alt-Üst Kretase yaşlı Gökhacıdağ Formasyonu, altta Ergenli üstte ise Eosen yaşlı kireçtaşı, şeyl, kil, ve kumtaşıdan meydana gelen Dereköy Formasyonuna geçer. Çölovası Allohton Grupları ile tektonik dokanaklıdır.

2.1.1 Ergenli Formasyonu

Dolomit ve algli kireçtaşlarından meydana gelen birim ilk kez Koçyiğit (1980) tarafından adlandırılmıştır. Formasyon, adını litofasiyes ve faunasının en iyi temsil edildiği yer olan Ergenli köyünden alır. Akçın köyü batısı-güneyi-güneydoğusunda ve Avgan Tepesinde yüzeylemektedir.

Çalışma alanında volkanosedimanter birimler içerisinde Yazılı Tepe ile Yıprak Doğusunda Alıçlı Tepe, Hasan Tepe, Anlıksarpı Tepe ve Haydarlı civarlarına kadar harita da geniş alan kapsamaktadır.

2.1.2 Gökacıdağ Formasyonu

Altta, Malm yaşı Ergenli Formasyonu, üstte Eosen yaşı Dereköy Formasyonu ile sınırlanan, platform karbonatları ile pelajik faunalı çörtlü kireçtaşlarından oluşan birim Gökacıdağ Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Formasyon, adını, litofasiyes ve faunasının en iyi temsil edildiği Gökacıdağ dolayından yer almaktadır. Birim, Zulüm Tepe kuzeyi ve kuzeydoğusu, Çatalarca mevki dolaylarında yüzeylemektedir.

2.1.3 Dereköy Formasyonu

Zengin kıyı ortamı faunası içeren türbiditik kumtaşı ile killi biyomikrit, şeyl, marn ve kil taşı aralanmasından oluşan Dereköy Formasyonu olarak Koçyiğit (1980) tarafından adlandırılmıştır. Dereköy Formasyonu Çiçektepe dolaylarında Göçen melanji ve Bakırdağ formasyonu tarafından tektonik olarak örtölmektedir (Özgün 2002).

2.2 Çölovası Allohton Grubu

Çiçektepe köyü ve Yıprak köyü kuzey kesimlerinde yayılım göstermektedir. Değişik yaşta sedimanter, volkanosedimanter, bazik kayaçlar, bağımsız blok kütleleri ve tektonik dilimler şeklinde allohton kütleler Çölovası allohton grubuna girmektedir. Göçen Melanji ve Bakırdağ Formasyonlarından oluşmaktadır.

2.2.1 Göçen Melanji

Farklı yapı ve boyutta sedimanter ve bazik birimler içeren volkanik arakatlı kumtaşlarından oluşmaktadır. Formasyonu adını en geniş yayılım sunduğu Göçen köyünden alır. İnceleme alanında, Çiçektepe köyü doğu kesiminde ve Yıprak köyü kuzey kesimlerinde yüzeylemektedir.

2.2.2 Bakırdağ Formasyonu

Beyaz renkli, masif karbonatlarından oluşmaktadır. Formasyon, en geniş yayılımını Bakırdağ dolaylarında vermiştir. Tektonik tabanlı Bakırdağ Formasyonu üst düzeylerde, diğer formasyonları ile yer yer, geçişli görülmüştür. Beygirkayası Tepe, Saritepe, Alıçlı Tepe, Tavşanlı Tepe, Kocagüney Tepe, Çamlıkuz Tepe, Kuz Tepe, Kabak Tepe, Kale Tepe, Ortadirsek Tepe, Pirenliarkaç Tepe civarında görünmektedir (Özgün 2002). Bakırdağ Formasyonu'nu beyaz, gri, bej renkli, orta, kalın tabakalı kireçtaşları çoğunlukla masiftir.

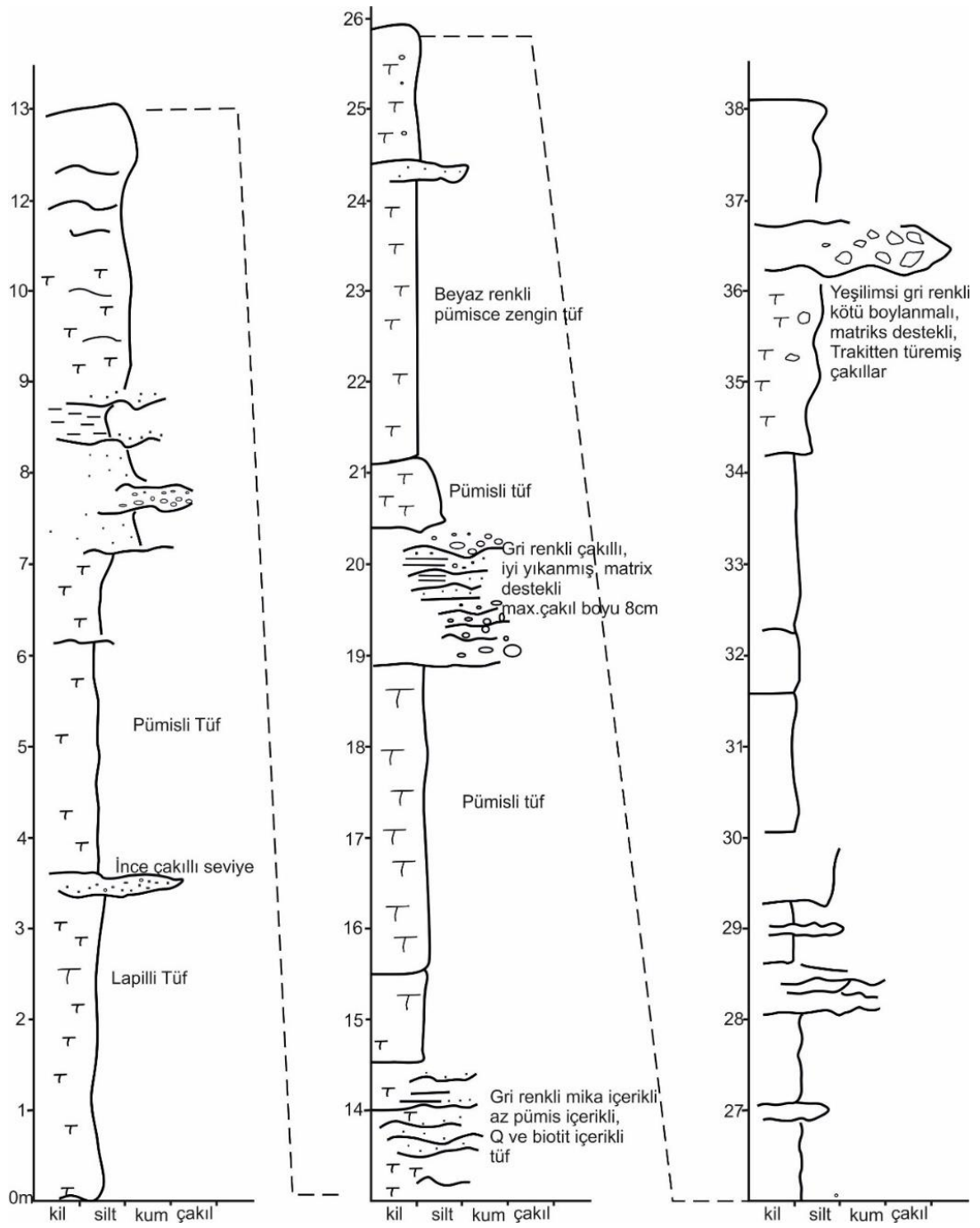
2.3 Kumalar Formasyonu

Çalışma alanında tuf, aglomera, tuf breşi, lav, dayk gibi volkanik kökenli kayalar ve karasal çökellerden oluşmaktadır. Formasyon adını en geniş yayılım sunduğu Kumalar dağından alır ve ilk kez Öztürk (1989) tarafından tanımlanmıştır. İnceleme alanında Yıprak–Doğanlı–Haydarlı köyleri arası, Akçın–Kınık köyleri arasında yüzeyleyen formasyonun görünür kalınlığı jeolojik kesitlerden yaklaşık 200-1200 m olarak belirlenmiştir (Özgün 2002). Kumalar Formasyonunda fosiller yardımıyla elde edilen bir yaşı henüz belirlenmemiştir. Ancak inceleme alanı yakınındaki volkanitlerde, Besang (1977) tarafından K/Ar yöntemi ile 8-10 milyon yıllık yaşlar elde etmiş, son yıllarda yapılan Akal ve diğ. (2013) tarafından Ar/Ar yöntemi ile 11.5 milyon yıllık elde etmiş yaşlar mevcuttur. Bu yaşlar Üst Miyosen-Pliyosen'e karşılık gelir. Kumalar Formasyonu altta yer alan temel kayalar üzerine aşıl uyumsuzlukla gelmiştir.

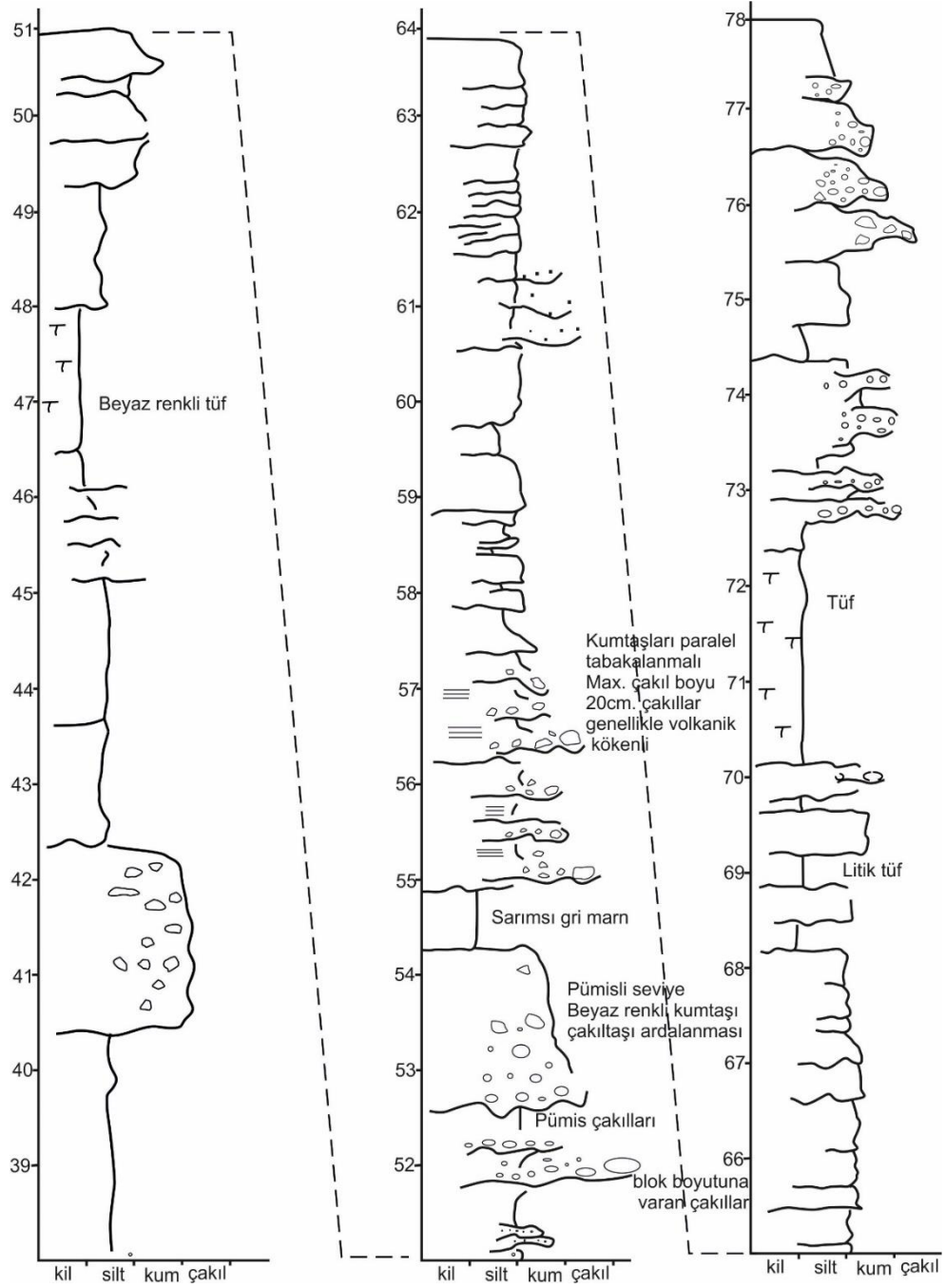
2.3.1 Volkanosedimanter Kayaçlar

Volkano-sedimanter kayaçlar en geniş yayılımı Haydarlı, Doğanlı ve Yıprak yerleşim alanları ve yakın çevresinde yer almaktadır. Ayrıca, çalışılan alan kuzeydoğusunda dar bir alanda yüzeylemeleri bulunmaktadır. Volkano-sedimanter kayaçlar, göl ve akarsu ortamında oluşmuştur. Bunlar lösitit blok ve litik bileşenlerce zengin tüfler ile yanal ve düşey geçişli olarak bulunurlar (Özpınar ve diğ. 2011; Semiz ve diğ. 2018). Yıprak bölgesinde alınan ölçülü stratgrafik kesitlerin

incelenmesi sonucunda sedimanter birimler ile volkanoklastik birimler birbirlerine geçişli şekilde bulunmaktadır (Şekil 2.4).



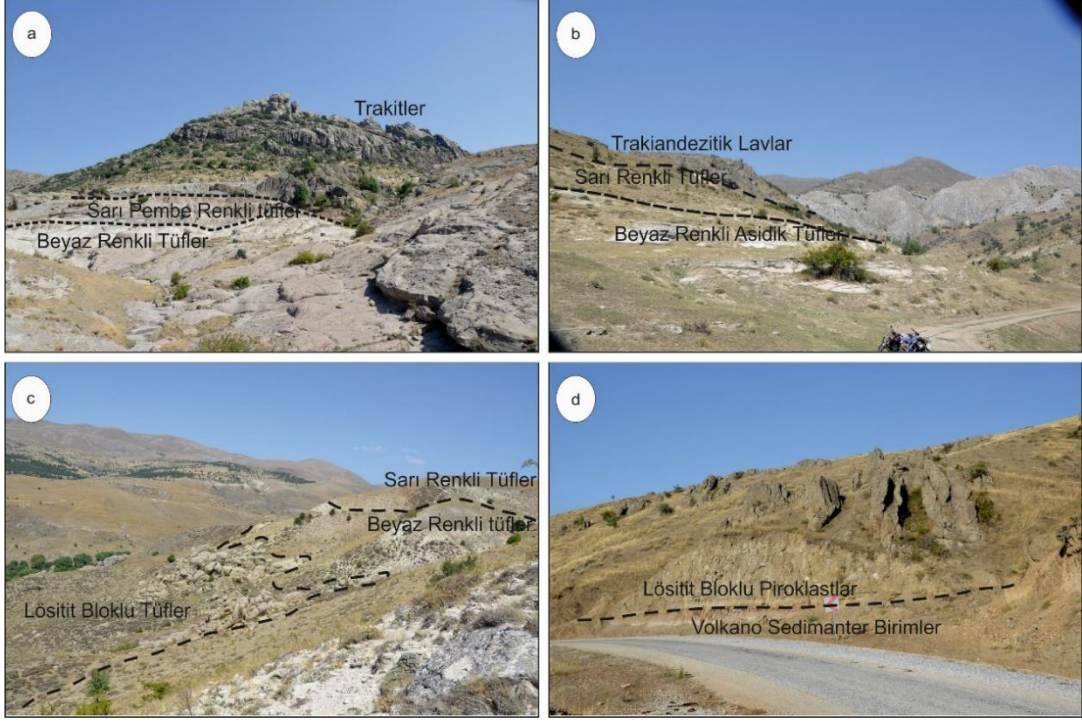
Şekil 2.4: Yıprak çevresinden alınan ölçülü stratigrafik kesit (Semiz ve diğ. 2018).



Şekil 2.4'ün devamı.

Volkano-sedimanter kayaçlar blok ve kül akma çökelleri, pomza akma çökelleri ve en üst seviyeleri ise, kül döküntü çökelleri ile temsil etmektedir. Haydarlı kuzeydoğusunda ise bu birim göl çökelleri kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Volkanitlerin yükseliminden etkilenen bu birimler volkanitlerin yamaçlarında renk ve yapısal değişiklikleri sunmaktadır (Şekil 2.5).

Volkanosedimanter kayaçlar, sedimentleri oluşturan taneleri volkanik malzemeler ve yan kayaçlar oluşturmuş, renkleri ise içerdikleri volkanik malzemelere ve yaşadığı ortam koşullarına bağlı farklılık göstermektedir(Şekil 2.5). Bu farklılıkları tanımlamak için çalışma alanındaki volkanosedimanter birimler 4 farklı grupta incelenmiştir.



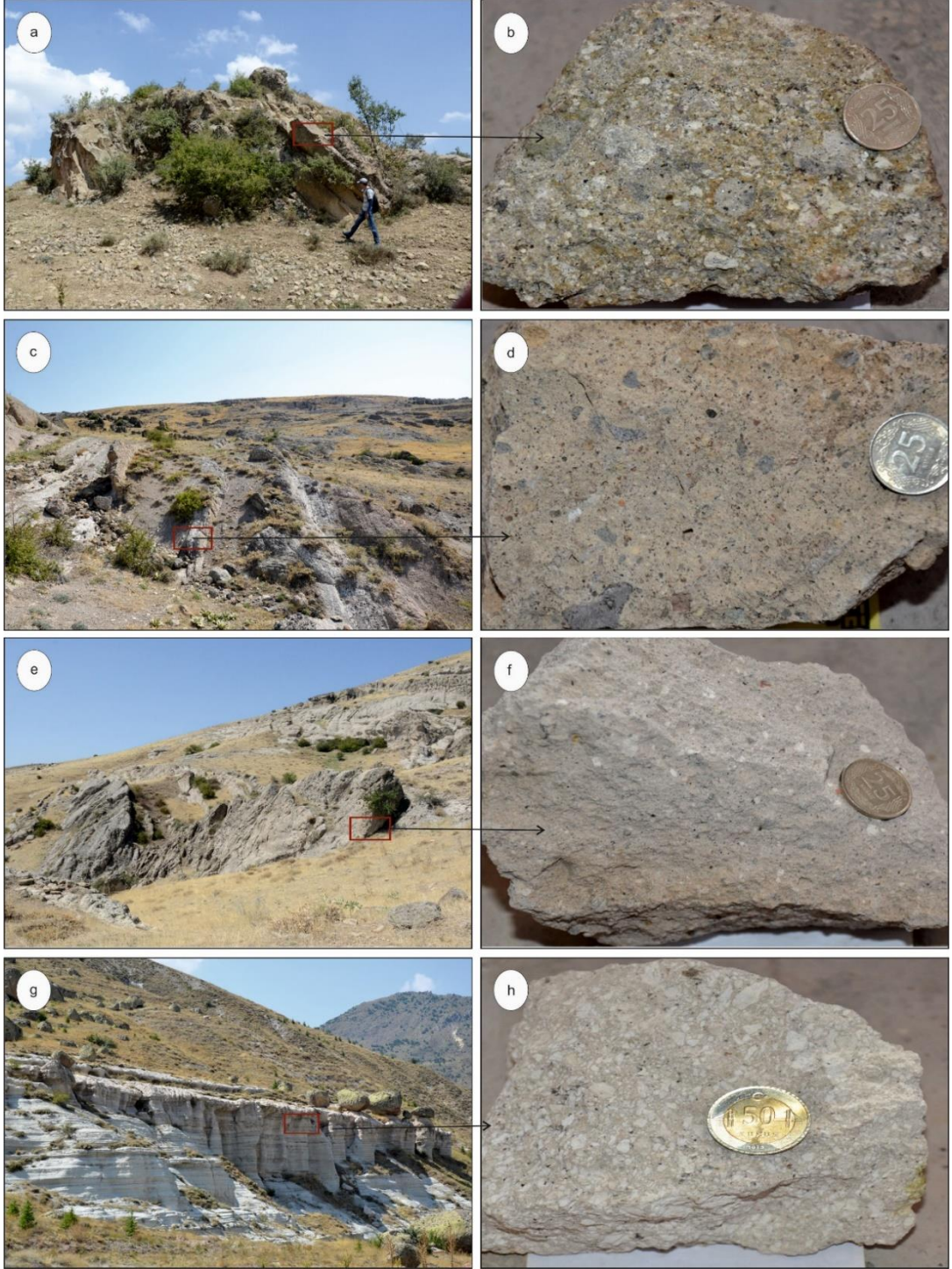
Şekil 2.5: Volkanosedimanter birimlerin arazide birbiri ile uyumu.

Açık sarı-sarımsı renkli tüfler, içerisinde bol volkanik kayaç parçaları ve kireçtaşı parçaları içermektedir. Arazide sarımsı krem renklerinde gözlenmiştir. Temel kayaç kırıntıları ve altere olmuş volkanik tuf parçaları içermektedir. Haydarlı'nın kuzey kesimlerinde eğimli kütleler halinde gözlenmiştir (Şekil 2.6a ve b).

Krem renkli tüfler, pomza ve diğer (volkanik ve sedimanter) kayaç parçaları içermektedir. Arazide krem ve sarımsı renklerde belirlenmiştir. Bu birim Kurtkayası Tepede trakit sokulumun yükselimi sırasında yükselime doğru eğimlenmiş şekilde gözlenmiştir (Şekil 2.6c ve d). Diğer açık gri ve beyaz renkli tüflerle uyumlu şekilde art arda gelmektedir. Bu birimler arasında stratigrafik kalınlık Yıprak tarafına ilerledikçe 30 metreye varan kalınlıklara ulaşmıştır.

Açık-gri volkanik tüfler, beyazımsı renkli, az pomza taneli volkano-sedimanter kayalara ait taneler içerir. Krem renkli tüfler ile açık beyaz pomza tüfler arasında uyumlu şekilde bulunmaktadır. (Şekil 2.6e ve f).

Beyaz renkli tüfler, bol pomza/pümis parçaları (~%90) içeren volkano sedimanter kayalardır (Şekil 4.6g ve h). Volkanosedimanter istifin en üstünde yer alan beyaz renkli tüfler geniş yatay laminalanmaları ve arazideki konumları sebebiyle kül yağış çökelleri olarak tanımlanmıştır. Çalışma alanında Yıprak batısında, Doğanlı ve Göçerli kuzeyinde en geniş yayılım göstermiştir. Bu alanda başta Tavşan tepe olmak üzere birçok tepe ve tepelik bu birimden oluşmuştur. Bu birim kolay aşınabilir özelliği ile yöre halkını yerleşim alanı ve barınak olarak ev sahipliği yapmaktadır.



Şekil 2.6: Volkanosedimanter birimler arazi ve makro görüntüleri, a-b) açık sarımsı tüflerin arazi ve makro el örneği görünümü, c-d) krem renkli tüflerin arazi ve el örneği görünümü. e-f) gri renkli tüflerin arazi ve el örneği görünümü, g-h) beyaz renkli tüfler.

2.3.2 Haydarlı volkanitleri

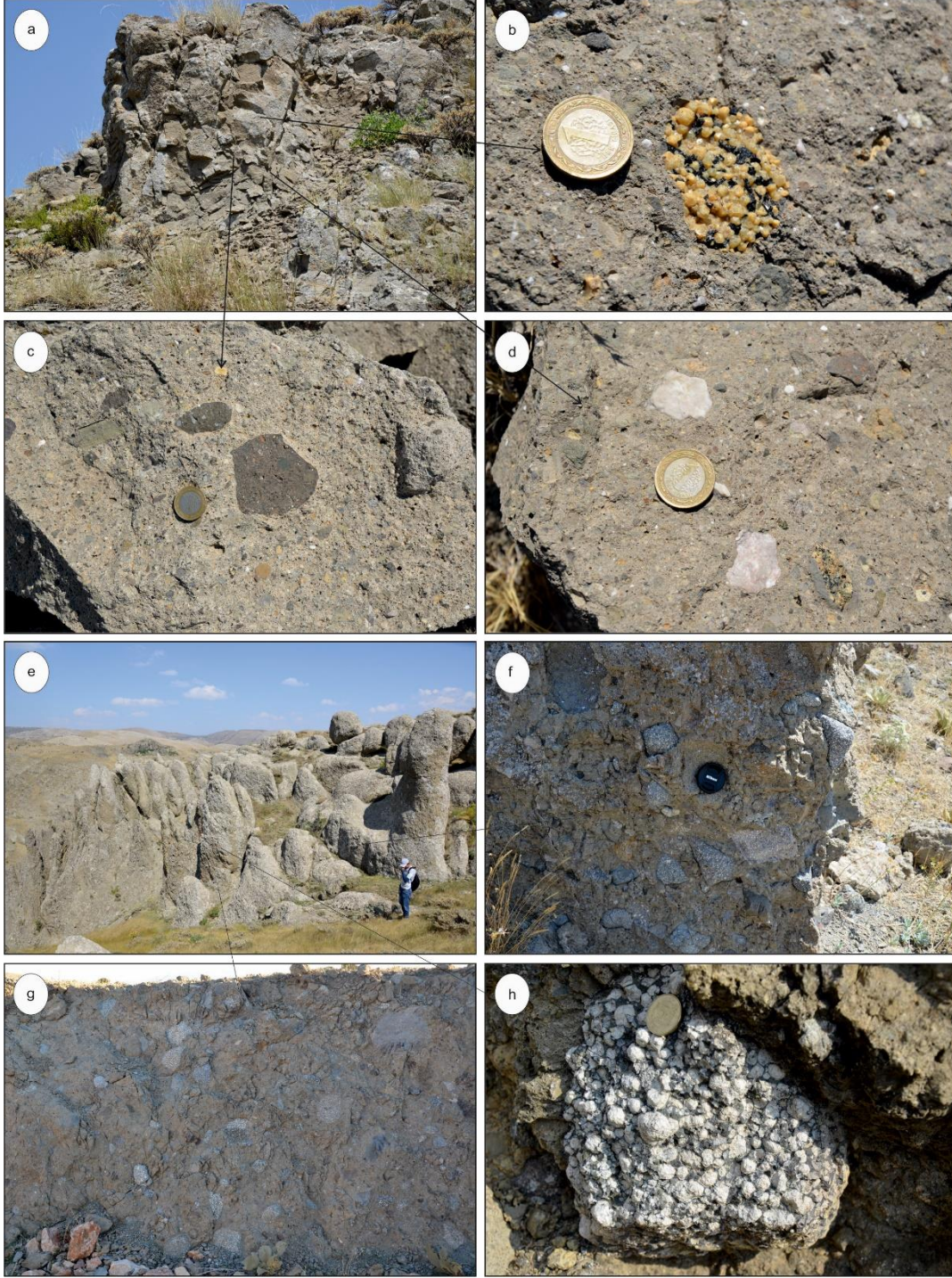
Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanik kül ve kırıntı çökellerden oluşmuş volkanosedimanter birimler, blok kütleler içeren piroklastik kayalar (lösitli, fonolitli) ve bu birimleri keserek yerleşen dayklar ve lav akıntıları olarak tanımlanmış birimler Haydarlı Volkanitleri adı altında incelenmiştir.

2.3.2.1 Piroklastik Kayalar

Piroklastik kayaların arazideki farklılıklarına göre iki farklı türde oluşmuş olabileceği düşünülmektedir. Birinci türde oluşmuş olan piroklastik kayalar, koyu/açık kahve ve kırmızımsı kahve renkli olup lösit blok ve litik bileşenlerce zengin kayalardır (Şekil 2.7a ve b). İkinci türde oluşmuş olan piroklastik kayalar ise fonolitli piroklastik kayalardır.

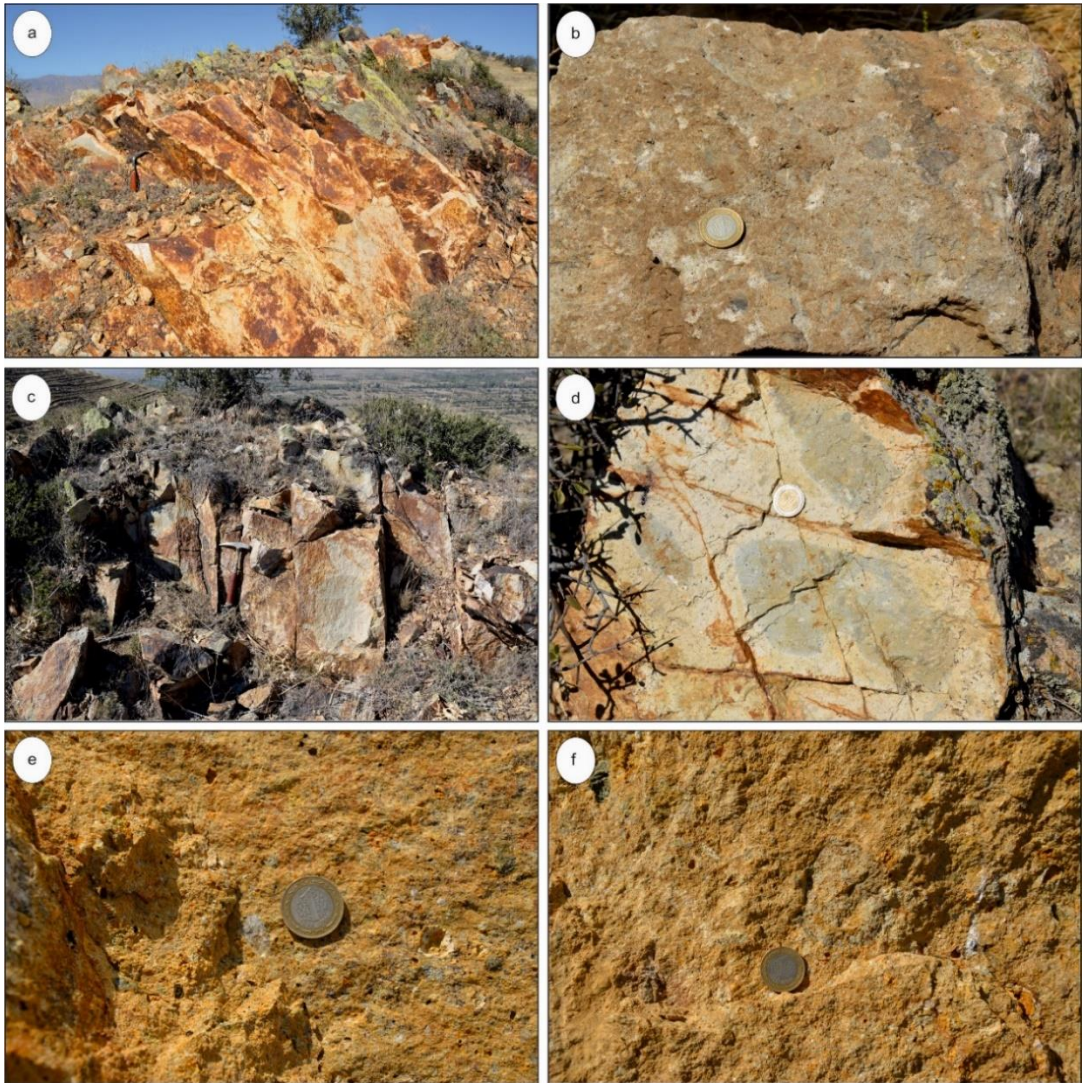
a. Lösit blok ve litik bileşenlerce zengin piroklastik kayalar, genel anlamda blok-kül akıntı çökellerini temsil ederler. Volkanosedimanter akma ve yağış çökelleri ile yatay ve düşey yönde geçişli olarak bulunurlar ve onların üstünde yer alırlar. Ayrıca, temel kayaların üzerine uyumsuz olarak yer alırlar. Kalınlıkları birkaç on metreden yüz metreye kadar olabilir. Genellikle kaynaklaşmış ve/veya çok iyi konsolide olmuş olarak bulunurlar (Özpinar ve diğ. 2011). Kendi içlerinde iki farklı grupta değerlendirilmiştir. Litik bileşenlerce zengin piroklastik kayalar, koyu kahve renklidirler. Volkanik kaya kırıntıları ile kireçtaşı, çört, kıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, şeyl gibi temel kayalara ait sedimanter kaya kırıntı ve sedimanter matris tarafından zayıfta olsa tutturulmuş bir yapıya sahiptirler. Temel kayalara ait olan işlenmiş kireçtaşı parçaları (epiklast) da içermektedirler (Şekil 2.7c ve d). Epiklast içerikleri %10'u geçmemektedir. Bazı kesitlerde tane sınırlar ve taneler arasındaki boşluklarda kalsit de yer alır. Haydarlı kuzey ve Doğanlı taraflarında geniş yayılım göstermektedir. Lösitli piroklastik kayalar, genel olarak lösit blokları santim boyutundan metre boyutuna kadar değişir ve kötü-orta yuvarlaklaşmıştır. Bu birimler kolay aşınabilir özelliği ile yer yer çuval yapısı kazanmış, yuvaraklanmış ve düzensiz lav akıntıları veya dayklar tarafından da kesilmiştir. Daha çok Yıprak kuzeyinde metre boyutunda bloklara rastlanmıştır. Yıprak kuzeyinden Haydarlı'nın kuzeyine kadar yayılım göstermektedir.

Bu piroklastik çökellerin hem Haydarlı volkanik kayaçları hemde temel kayaç parçaları içermesi ve bu çökellerin Haydarlı volkanitleri tarafından üzerlenmesi ve dayklar ile kesilmesi bu çökellerin volkanik patlama öncesi lav çıkışlarının herhangi bir aşamasında oluştuğunu işaret edebilir.



Şekil 2.7: Lössit blokça ve litik bileşenlerce zengin piroklastik kayaçlar, b) lösit ve amfibol minerallerin görünümü, c) volkanik tuf blok çakıl matriksleri, d) temel kaya kireçtaşı çakılları. e) Lössit bloklu piroklastik kayaçlar, f-g) lösit blokları, lösit bloklu piroklastik kayaçlar.

b. Fonolitli piroklastik kayalar, genellikle kırmızımsı, pembemsi ve pembemsi beyazımsı renklerde bulunurlar. Bunlar fonolit blok ve litik bileşenlerce zengindirler. Arazide belirgin özellikleri sarımsı pembemsi, boyutu 3 mm'den 5 cm kadar olan lösit ve sanidin kristalleri içermesidir. Kınıklı doğusundaki Kızıltepe başta olmak üzere diğer tepelik alanlarda ve volkano-sedimanter kayalar üzerinde yüzeylenmiştir. Arazide sarp yükseklikler şeklinde gözlenmiştir (Şekil 2.8a ve c). El örneklerinde 3 cm'den 5 cm'e varan sanidin kristalleri içermektedir (Şekil 2.8b). Löstit mineralleri kristal boyutları sanidinlere göre daha küçüktür ve bazen altere olmuş hamur matriksini gözlenmiştir (Şekil 2.8d, e ve f).

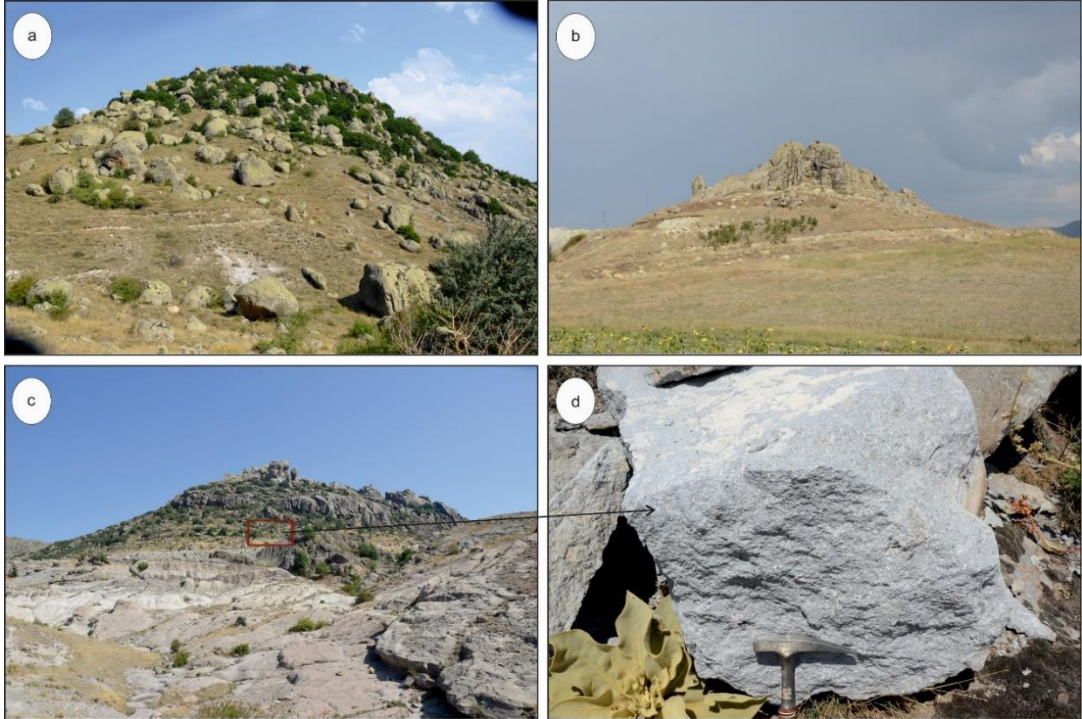


Şekil 2.8: Kınıklı Kızıltepe batı yamacı-bademlik iri sanidin taneleri içeren fonolitli piroklastik kayaların genel görünümüleri, a-c) arazi görünümüleri, b-d) iri sanidin kristallerin görünümü e-f) kayaların taze yüzey görünümüleri.

2.3.2.2 Volkanik Sokulumlar ve Lavlar

Çalışma alanındaki volkanik kayalar lav akıntıları ve sokulum yapmış yükselti olarak gözlenmiştir. Sarp yükselti çıkıntı yapılı trakitler, takiandezitler, akma yapılı trakit, trakiandezit, bazalt, lamproit, fonolitler, lösitit kütlelerinden ve dayklar oluşmuştur.

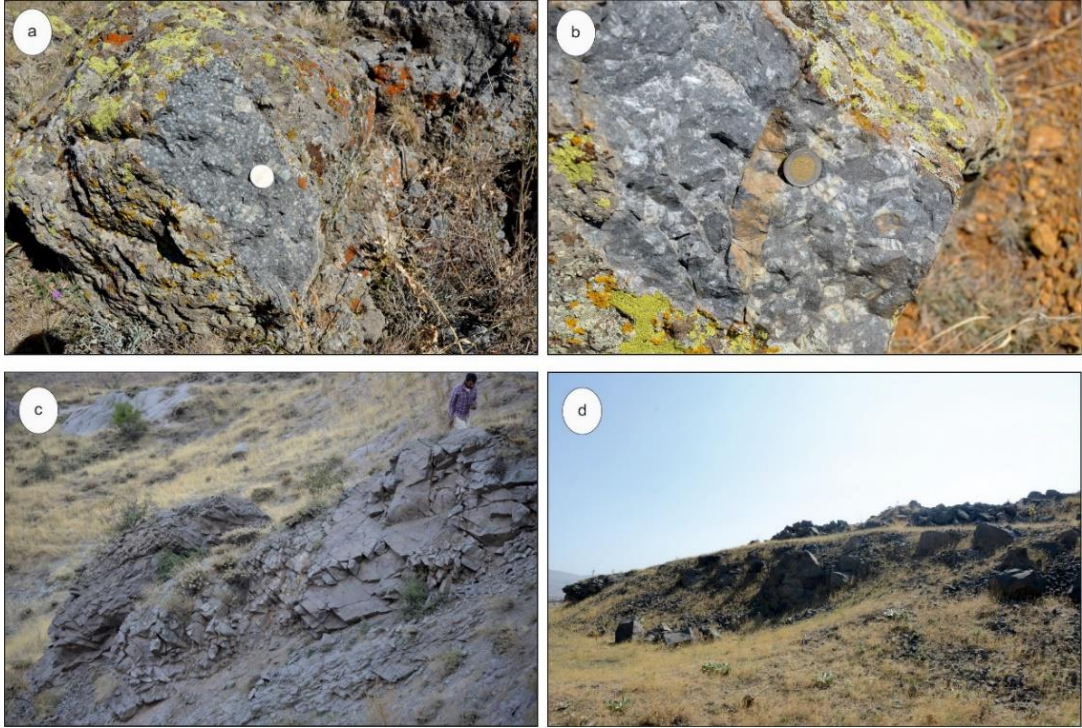
Trakitler, çalışma alanında gri açık gri ince sanidin kristali ve koyu, koyu gri renkli iri sanidin kristalli olarak gözlenmiştir. Porfirik yapıya sahiptir. Bölgede Yıprak batısı, Tüllüce boynu, Erikli tepe(Şekil2.9a), Dişkayası (Şekil2.9c ve d), Kurtkayası ile Kınık güney doğusu Karatepe(Şekil 2.9b) ve çevresindeki küçük tepeliklerde gözlenmiştir. Yıprak tarafındaki trakitlerin sanidin fenokristalleri 3 mm'den 5 mm'ye değişen büyüklükte gözlenmiştir. Kınık bölgesinde trakitler ise 5 cm varan büyüklükte sanidin içermesi ile farklılık göstermektedir. Endüstriyel hammadde olarak da fenokristalli trakitler bölgede büyük önem arz etmektedir. Trakitlerin yaşlarının 9.3-9.8 milyon yıl arasında olabileceği öngörülmektedir (Semiz, 2020 sözlü görüşme).



Şekil 2.9: Çalışma alanındaki trakitlerin görünümü; a) Erikli tepe arazideki görünümü, b) Karatepe arazi görünümü, c-d) Dişkayası tepe trakit kayacının arazi ve makro görüntüsü.

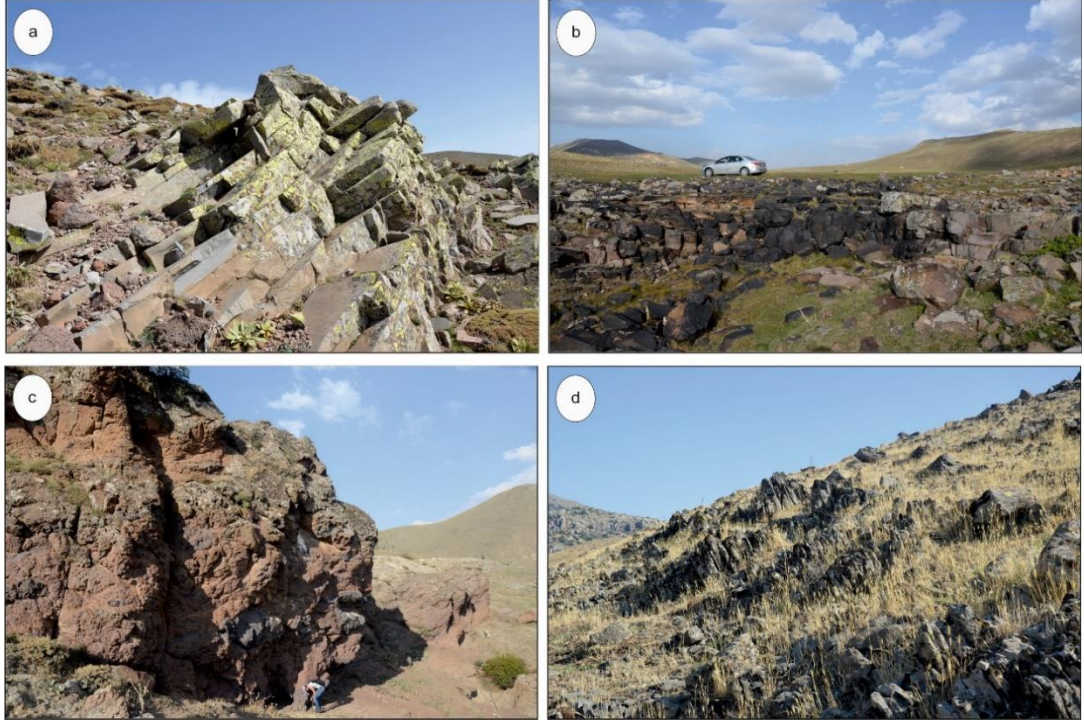
Trakiandezitler, çalışma alanında gri, açık mavi ve pembemsi renklerde ve trakitlere göre sanidin kristalleri daha küçük olarak gözlenmiştir. Yer yer trakitlerle olan benzerliği ile arazide ayırt etmek zorlaşmıştır. Kimyasal analizleri sonucunda trakiandezit olduğu anlaşılmıştır. Doğanlı kuzeyinde Üçin tepe doğusunda lav akıntısı şeklinde, Yıprak batısında Sarıgediktepe, Küçükkaynarca tepe ve Büyük kaynarca tepe olarak sert yüksekliklerle trakitlerle beraber gözlenmiştir.

Fonolitler, çalışma alanında koyu gri, koyu mavi renkler gözlenmiştir. Kınık Kızıltepe zirvelerinde iri sanidin ve lösit kristalleri ile diğer kayalardan kolay ayırt edilmiştir (Şekil 2.10a ve b). Yıprak batısında dere yamaçlarında lav akıntıları şeklinde gözlenmiştir (Şekil 2.10c). Göçerli köyü kuzeyinde, yerleşim yerinin üzerinde de lav kütleleri şeklinde yüzlek vermektedir (Şekil 2.10d).



Şekil 2.10: Çalışma alanındaki fonolitlerin görünümü, a-b) İri sanidin ve lösit mineralleri, c) Arazide akma yapıları, d) Lav kütleleri şeklinde görünümü.

Bazaltlar, çalışma alanında koyu gri, siyah, kırmızı renklerde gözlenmiştir. Bölgede Gölcük tepe üzerindeki düzlüklerde akma yapıları sunmuşlardır (Şekil 2.11a ve b). Haydarlı-Doğanlı kuzeyinde kırmızı renkli kül birikintileri şeklinde trakitlerin hemen kenarında gözlenmişlerdir (Şekil 2.11c). Göçerli köy merkezinin kuzeyindeki tepeliklerde ise lav akıntıları şeklinde volkano-sedimanter birimlerin üzerine yerleşmişlerdir (Şekil 2.11d).



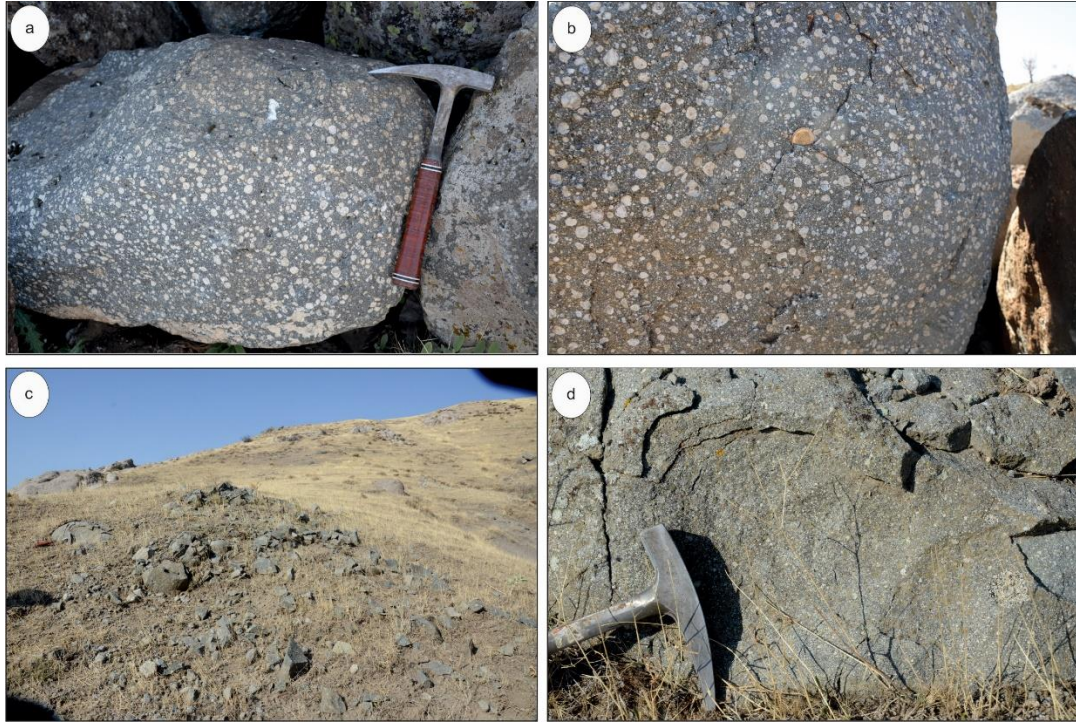
Şekil 2.11: Çalışma alanındaki bazaltların görünümü, a) Akma yapıları, b-d) Lav akıntı yapıları, c) Kül birikimi şeklinde görünümü.

Bazaltik Dayklar, çalışma alanında kızıl koyu gri yer yer sert çıkıntı, yer yer gözenekli yapıya sahiptir. Bölgede genelde kuzey güney doğrultudadır. Haydarlı kuzeyinde Küçüksarıkaya tepe ve Büyüksarıkaya tepe arasında 500 m uzunluğunda, Yıprak batsısında Erikli tepe arkasında yamaçlarda gözlenmiştir (Şekil 2.12). Volcano sedimater birimleri keserek yüzeylenmişlerdir.



Şekil 2.12: Lössitli piroklastikler arasında, Büyüksarıkaya Tepe önü dayk (bazaltik bileşimli) görünümü.

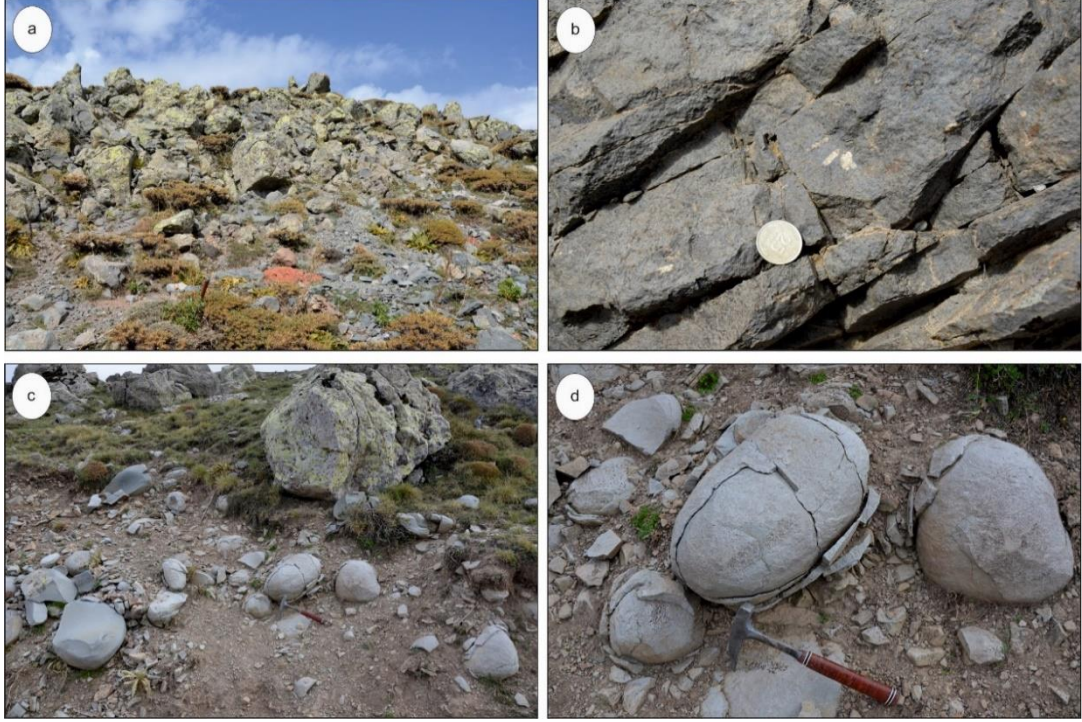
Lösititler, çalışma alanında yeşil ve açık yeşilimsi renklere gözlenmiştir. İri ince bol miktarda lösit mineralleri içermesi ile ayırt edilmiştir. Bölgede Çiçektepe köyünde (Şekil 2.13a ve b) ve Yıprak köyü kuzeyinde gölet yamacında lav akıntı kütleleri şeklinde (Şekil 2.13c ve d) gözlenmiştir. Ayrıca, lösitit blokça zengin piroklastik kayaçların blok kesimleri bu kayaç birimlerinden oluşmaktadır. Bu durum bölgede daha büyük lösitit kütlelerinin olabileceğini işaret etmektedir. Çalışma alanının kuzeyinde yer alan Balçıkhisar bölgesindeki melilitli lösititik kayaçlarda Akal ve diğ. 2013 tarafından yapılan Ar-Ar yaş analizinde $11,50 \pm 0.03$ milyon yıllık yaşlar elde edilmiştir. Çiçektepe bölgesinden alınan örneklerin yaşlarının yaklaşık 11,6 milyon yıl olabileceği öngörülmektedir (Semiz sözlü görüşme).



Şekil 2.13 Çalışma alanındaki lösititlerin görünümleri a-b) Çiçektepe de gözlenen iri blok şeklinde lösititler, c-d) Yıprak köyü dolaylarında lavlar şeklinde gözlenen lösititler.

Lamproitler, koyu gri-koyu mavi renkte gözlenmiştir. Bölgede bazaltlara ve fonolitlere benzerlik gösterdiğinden ayırt etmek oldukça zordur. El örneklerinde, koyu gri siyah bir matriks içinde koyu kahverengimsi flogopit mineralleri ile karakterize olmaktadır. Kınık Kızıltepe doğu yamaçlarında lav akıntıları şeklinde yüzeylenmiştir (Şekil 2.14a ve b). Aynı zamanda bölgede Yıprak köyünün kuzey batısında Gölcüktepeye çıkan yol yarmalarında eksfoliasyon yapıları halinde gözlenmiştir (Şekil 2.14c ve d). Bu lamproitlerin, Afyon (Balçıkhisar-Ilyaslı-

İscehisar) volkanik kompleksinin kuzeyindeki ultrapotasik karakterli volkanik kayalar ile benzer özellikte oldukları düşünülmektedir (Francalanci ve diğ. 2000; Innocenti ve diğ. 2005). Çalışma alanının kuzeyindeki Ilyaslı bölgesi lamproitlerinden tarafından yapılan Ar-Ar yaş tayinine göre $11,91\pm 0,13$ (Akal ve diğ. 2013), $11,9\pm 0,35$ (Prelevic ve diğ. 2012), Karadirek bölgesinde yapılan yaş analizlerinde ise $11,8\pm 0,4$ (Prelevic ve diğ. 2012) milyon yıllık yaşlar elde edilmiştir.



Şekil 2.14: Çalışma alanındaki lamproitlerin görünümü: a-b) Lamproitlerin arazide, lavlar halinde akma yapısı sunmuş görünümü, c-d) Eksfoliasyon yapıları şeklinde görünümü.

2.4 Alüvyon

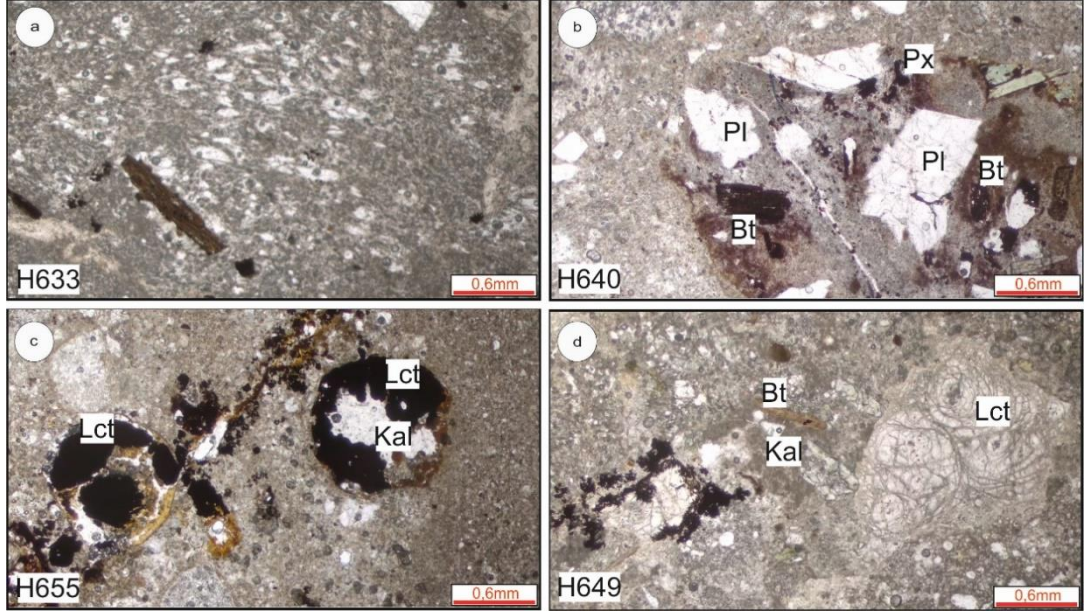
Genellikle az eğimli vadi tabanlarında dar şeritler halinde gözlenen ince, alüvyon birikintileri, Çölovası-Doğanlı-Kınık köyleri dolaylarında geniş bir alana yayılır. Boz, gri, alacalı renklere gözlenen alüvyonlar, tutturulmamış, gevşek ve çok değişken karakterlidir. Köşeli ve az yuvarlak taneler bir arada bulunur. Tane boyu mil, iri blok arasında değişir. Tane türü değişken olup, Kuvaterner öncesi tüm kaya birimlerinin parçalarını içerir.

3. PETROGRAFİ

3.1 Volkano-sedimanter kayaçlar

Volkano-sedimanter kayaçlara ait göl kenarı çökellerinden farklı lokasyonlardan çok sayıda örnek alınmıştır. Bu örneklerin makro ve mikroskop özellikleri incelenmiştir. Katmanlar, tüflü siltaşı, tüflü kumtaşı ince taneli tüflü konglomeralardan oluşmaktadır. Çökellerde taneleri, işlenmiş volkanik kayaç parçaları, işlenmiş iri ve ince taneli küller ve yuvarlanmış pirojen minerallerden oluşmaktadır. Taneleri bağlayan matriks de volkanik camdır. Birime ait katmanlar, açık sarımsı, krem, gri ve beyaz renklerde gözlenmiştir. İnce kesit görüntüleri çift nikol görüntülerinde mineral sınırları belirsiz olduğundan tek nikol görüntüler kullanılmıştır.

Beyaz renkli volkano-sedimater kayaçlar, bol pomza/pümis parçaları (~%90) içeren kayaçlardır. İnce kesit görüntülerinde bol gözenekli yapıya sahiptir (Şekil 3.1a). Biyotit ve kalsit mineralleri gözlenmiştir. Gri renkli ise beyazımsı renkli, az pomza taneli kayaçlardır. İnce kesit görüntülerinde yarı özşekli ve özşekilsiz mikrolit olarak plajyoklaz, biyotit, piroksen mineralleri yığışmalı olarak rastlanmıştır (Şekil 3.1b). Açık sarımsı renkli, içerisinde bol volkanik kayaç parçaları ve lösit taneleri içerir. Lösit kristalleri ileri derece alterasyon gözlenmiştir. Tanelerin merkezlerinde kalsitleşme, kenarlarında opasitleşme gözlenmiştir (Şekil 3.1c). Makro örneklerinde sarılık içerisinde bulunan altere lösitlerden gelmektedir. Krem renkli sedimater kayaçlar da pomza ve diğer kayaç parçaları içeren kayaçlardır. İnce kesit görüntülerinde lösit kristalleri üzerinde ağsal yapılar belirgin şekilde gözlenmektedir (Şekil 3.1d).



Şekil 3.1: Volcano sedimanter kayaçların tek nikol görüntüleri a) Beyaz renkli pomza içerikli, b) Gri renkli, c) Krem renkli, d) Sarımsı renkli

3.2 Haydarlı Volkanitleri

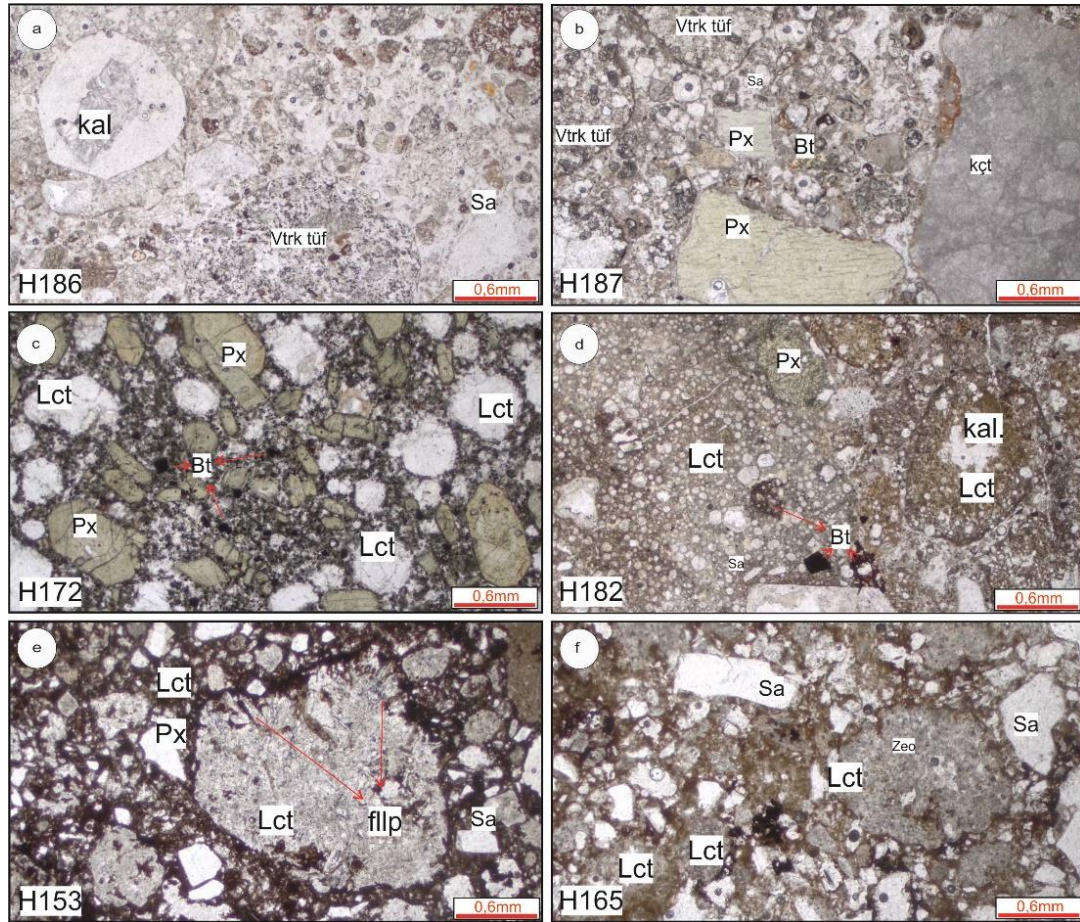
3.2.1 Piroklastik Kayaçlar

Piroklastik kayaçlar, koyu gri ve kahverengimsi renklerde gözlenirler. Lössit blok ve litik bileşence zengin piroklastik kayaçların göl ortamına taşınan kül akma çökellerini temsil ettikleri düşünülmektedir. Çok fazla yuvarlanan ve küresel şekilli taneler, karasal ortamdan göl ortamına taşınan piroklastik kayaçlara ait elemanlarıdır. Mikroskopik incelemelere göre litik vitrik tuf, kristal vitrik tuf ve vitrik tuf olarak adlandırılmışlardır. İşlenmiş tane şeklinde vitrik tuf kayaç parçaları ile lösit, sanidin, klinopiroksen (diyopsit ve/veya ojit) içerirler. Lössitler üzerinde ikincil mineral kalsit oluşumları gözlenmiştir. Piroksenler özşekilli yarı özşekillerinin korumuşturlar. Bu birim sedimanter ve temel kaya parçaları (epiklast) da içerirler(Şekil 3.2b). Epiklastlar genel kütle içerisinde %1-2 oranında mikritik kireçtaşı olarak tanımlanmıştır. Gerek epiklastlar olsun gerek fenokristalen mineraller olsun, kesitlerde sınırları boyunca reaksiyon kuşakları görülmüştür (Şekil 3.2a ve b).

Lössitli blok ve litik bileşence zengin piroklastik kayaçlar, koyu gri ve kahverengimsi (koyu ve açık kahve ve kırmızımsı kahve) renklidir ve fazlaca demirli alterasyona maruz kalmışlardır. Mikroskopik incelemelerde bol piroksen ve lösit mineralleri görülmüştür. Piroksen mineralleri genellikle özşekillerini korumuş, yeşil renkli olarak gözlenmiştir. Lössit mineralleri hamur fazında ve lav (lössit lav)

şeklinde tek nikol görüntülerinde yeşilimsi renkte gözlenmiştir (Şekil 3.2c). Biyotit mineralleri tamamen korezyona uğramış opaklaşmış ve/veya opaklaşma yakın halde gözlenmiştir(Şekil 3.2d).

Fonolitli piroklastik kayalar, kırmızımsı, pembemsi ve pembemsi beyazımsı renklerde bulunurlar. Mikroskobik incelemelere göre litik vitrik kristal tuf, kristal vitrik tuf ve vitrik tuf olarak adlandırılmışlardır. Fenokristaller şeklinde lösit ve sanidin mineralleri gözlenmiştir. Lösit mineralleri alterasyon sonucu ikincil mineral olarak filipsit (Şekil 3.2e) ve zeolit oluşumları (Şekil 3.2f) gözlenmiştir. Biyotitler ile derece alterasyon sonucu opasitleşme görülmüştür. Kayaç genelinde ileri derece demir alterasyonu mevcuttur.

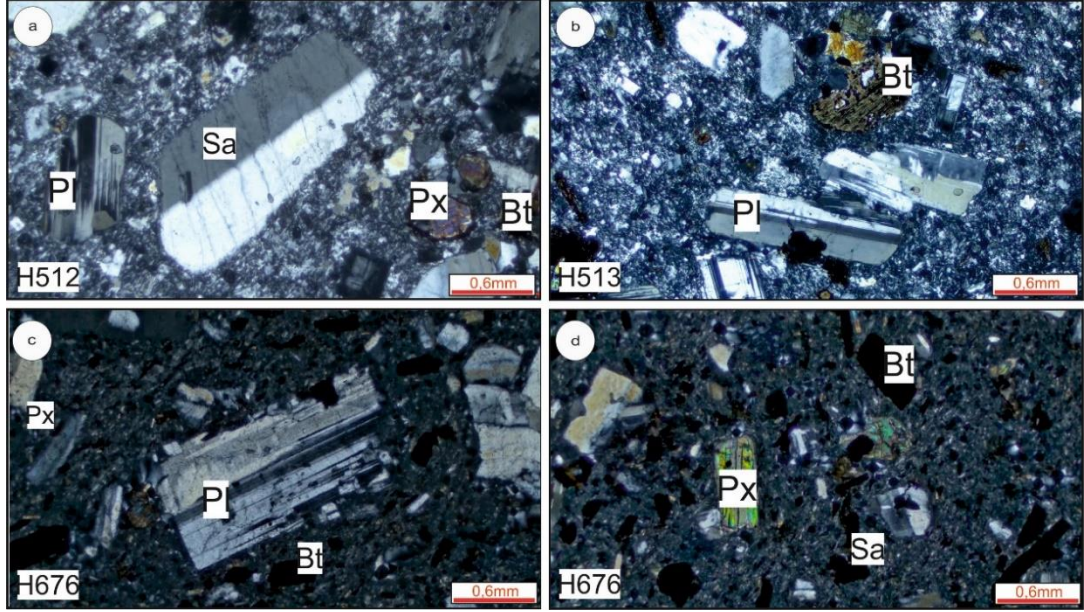


Şekil 3.2: Litik bileşenlerce zengin piroklastik kayalar (a,b), Lösitit blokça zengin piroklastik kayalar (c,d), fonolitli piroklastik kayalar (e,f). a) lösit kristallerinde ikincil kalsit oluşumları, b) fenokristalen piroksen kristalleri ve temel kayalara ait mikritik kireçtaşı, c) lösit ve piroksen kristalleri özsekillerini korumuş görünümü, d) lösit minerallerinde ikincil kalsit oluşumları, lösit minerallerinin hamur faza geçişleri, e) lösit minerallerinde ikincil mineral fillipsit oluşumları, f) lösit minerallerinde zeolit oluşumları.

3.2.2 Volkanik sokulum ve lavlar

Çalışma alanında gözlenen volkanik sokulum ve lavlar petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ince kesitleri hazırlanmış ve mikroskopta detaylı olarak incelenmiştir.

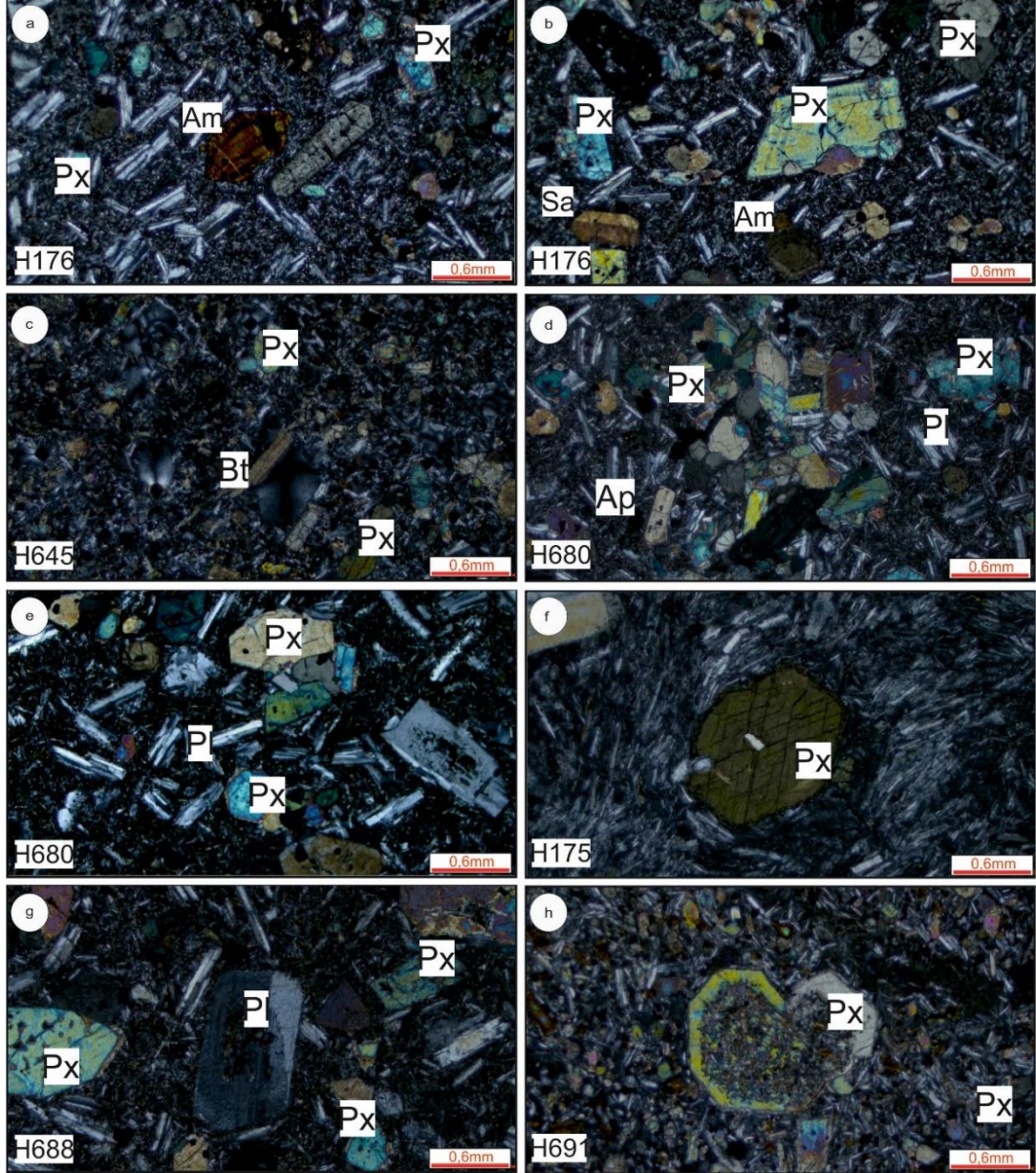
Trakitler, çalışma alanında volkano sedimanter kayaçlar ve temel kayaçlar içerisinde düzensiz volkanik çıkışlar şeklinde yer almıştır. İnce kesitlerde mikrolit, kristalit fazlarında ve henüz kristallenmemiş volkanik cam fazlarından oluşmaktadır. Bu volkanik cam fazı içerisinde iri sanidin, plajiyoklas, klinopiroksen, biyotit/flogopit fenokristalleri gözlenmiştir. Sanidinler yarı özşekilli, özşekilli formlarda gözlenmişlerdir(Şekil 3.3a). Plajiyoklazlar özşekilli ve yarı özşekilli fenokristalen olarak gözlenmiştir ve kenarlardan içe doğru kemirilme yapıları ortaya sunmuştur (Şekil 3.3b). Piroksenler kesitlerde özşekilli ve yarı özşekilli olarak %10 miktarında gözlenmiştir. Tüllüce tepe kuzey yamaçlarından alınan H513 trakit örneğinde piroksenler yeşil renkli taze yüze olarak gözlenmiştir (Şekil 3.2d). 512 nolu örnekte cam fazı içerisinde fenokristaller olarak plajiyoklaz biyotit, sanidin mineralleri gözlenmiştir. Bu bölgedeki trakitlerde plajiyoklaz ve biyotit ferakristallerde kemirilme yapıları gözlenmiştir (Şekil 3.2b ve c). Trakit örneklerinin hepsinde biyotit kristallerin korozyona uğradığını opaklaşma geçirdiği görülmüştür. Bu durum Elitok ve diğ. (2008)'e göre magmanın hareketi sırasında ani basınç azalması biyotitlerde kenarlardan itibaren tekrar ergime ile sonuçlanan korozyon oluşumlarına neden olduğu, kristal kenarlarında oluşan ergiyik içerisinde hidrojenin ortamı daha hızlı terk etmesi ile ortam oksijen açısından zenginleşmekte ve oksidasyon koşulları hakim olduğu, ve bu oksidasyon koşulları da kristal kenarlarında opak mineral oluşumlarına yol açtığı şeklinde açıklanmaktadır.



Şekil 3.3: Trakit örneklerinin çift nikol görüntüleri. a) sanidin fenokristalleri hâkim, b) plajiyoklas fenokristallerinin varlığı, c) Plajiyoklas kristallerin sınırlarında kemirilme yapıları, d) orta taneli kristallerin dağınık görünümü.

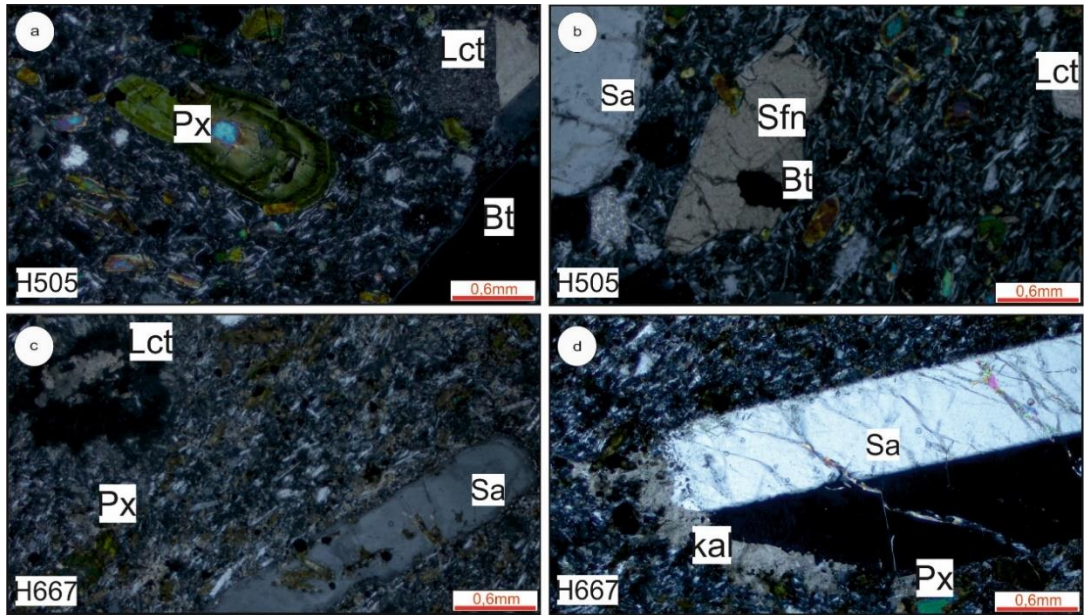
Trakiandezit, birimler trakitler ile birbirine yakın lokasyonlar da yer almaktadır. Örnekler hipokristalin porfirik, pilotaksitik ve hyalopilitik dokuda olup sanidin, plajiyoklas, klinopiroksen, amfibol, biyotit ve opak minerallerden oluşan kristaller içermektedir. Magmanın hareket hızı ve soğuma derecesine bağlı olarak mikrolitik, mikrofenokristal feldspatlar ya da kısmen yönlenme sunan kristalit boyu feldspatlar ile henüz kristallenmemiş volkanik cam karışımı oluşturmuşlardır. Sanidinler yarı özşekilli ve özşekilsiz şeklinde volkanik cam ve mikrolit faz içerisinde gözlenmiştir. Plajiyoklaslar kesitlerin genelinde iğnemsiz çubuksu mikrolitler şeklinde fenokristaller çevresinde düzensiz gelişmişler (Şekil 3.4 a,b,c,d,e,f,g ve h). H688 iri plajiyoklas kristallerinde hamur inklüzyonları gözlenmiştir (Şekil 3.4h). Belli yönlerde akıntı yapıları gözlenmiştir. Akkuba Tepe arkasından alınan trakiandezit lavında piroksen fenokristallerinin hepsi bir noktada yığıldığı gözlenmiştir (Şekil 3.4d). Piroksenler ve amfiboller kesitlerde özşekilli ve yarı özşekilli iri fenokristalen olarak gözlenmiştir (Şekil 3.4a ve b). Haykumkırı tepe arkasındaki trakiandezit lav piroksenler ve amfibol kristalleri özşekillerini korumuş dilinim düzlemleri net bir şekilde gözlenmiştir (Şekil 3.4a ve f). Sarıgedik tepe H688 numunesi piroksenlerde korezyon uğramış merkezden dışa doğru ergime yapıları elek dokuları ve hamur inklüzyonları gözlenmiştir (Şekil3.4h). Opak mineraller hamurda ve bazı minerallerde kapanımlar şeklinde gözlenmektedir (Şekil 3.4b).

Gölcük tepe kuzeyinde karşılaşılan trakiandezit domlar da iri amfibol kristalleri gözlenmiştir ve zonlu yapılar sunmaktadır. Kristal tane içerisinde ergime yapıları gözlenmektedir. Bu ergime yapılarının oluşumunda sıcaklık, basınç ve bileşimdeki değişimler rol oynamakta ve buda magmanın püskürme dinamiği açısından önem taşımaktadır (Stewart ve Pearce 2004).



Şekil 3.4: Trakiandezit kayaların çift nikol görüntüleri, a-b) Az miktarda bulunan amfibol ve piroksen fenokistalleri, c) Biyotit kristallerinde opasitleşme, d) Piroksen plajiyoklas biyotit kristallerinin yığılmalı halde görünümü, d-e) özşekilli piroksen mineralleri, akma yapısı sunan plajiyoklaslar, g) Plajiyoklas kristallerinin hamur inklüzyonları, h) Piroksen minerallerinde mikrolit diğer minerallerin inklüzyonları.

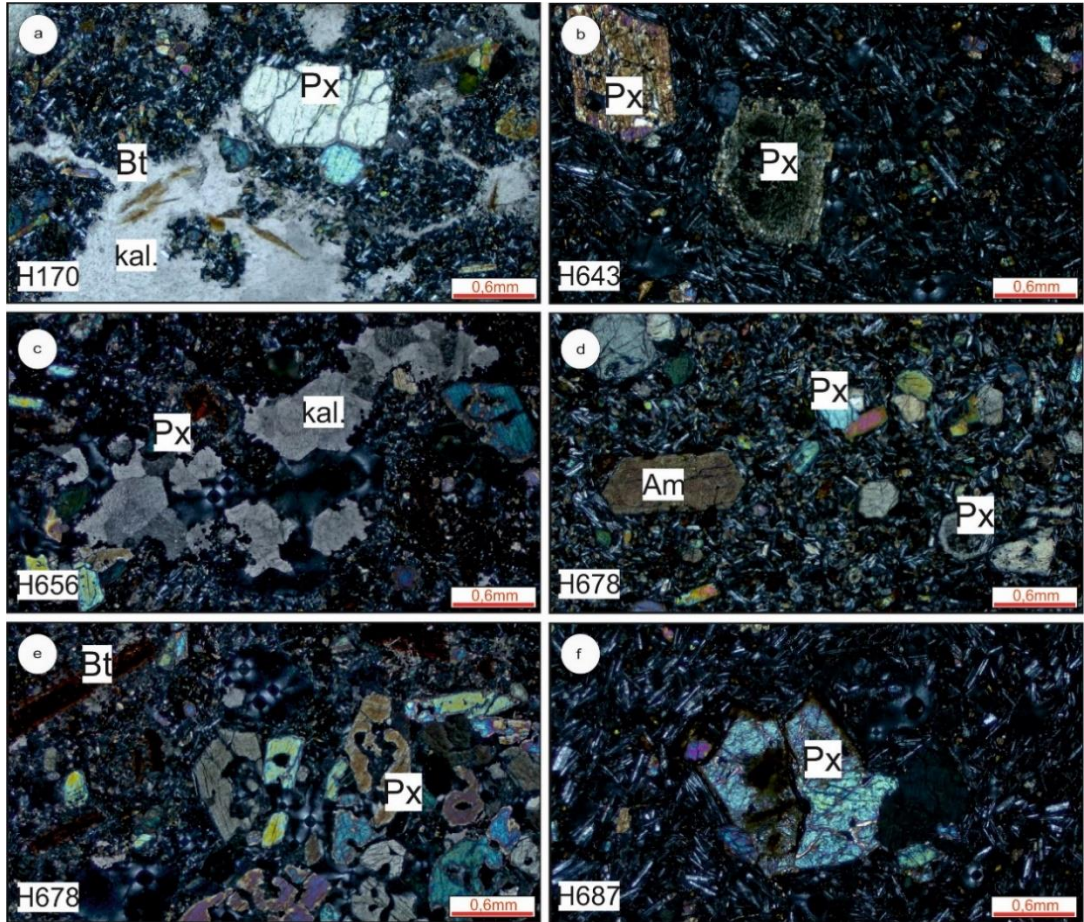
Fonolitler, çalışma alanı içerisinde Kınık köyü Kızıl tepe doğusundaki sokulumlar ve veya lav akıntıları şeklinde tepecikler oluşturmuştur. Bu tepecikler yamaçlarında volkona sedimanter birimler yer almaktadır. Fonolitler genellikle mikrolitik ve mikrokristalen feldspatlar ağırlıklıdır ve mafik mineraller matrisi, lösit, sanidin, plajiyoklas, biyotit gibi fenokristallerden oluşmuştur. Lössitler bütün kesitlerde özşekilli ve yarı özşekilli olarak gözlenmektedir. Kızıl tepe (Kınık) doğusundan alınan H667 numaralı numunede lösit minerallerinde alterasyon geçirdiği, ikincil mineral zeolit oluşumları gözlenmiştir (Şekil 3.5c). Aynı örneğe ait başka bir kesitte de sanidin minerallerinde kristal sınırları boyunca da ikincil kalsit oluşumları gözlenmiştir (Şekil 3.5d). Örneklerin genelinde plajiyoklas mineralleri mikrolitler şeklinde hamur fazında iğnemsî çubuk şeklinde gözlenmiştir. Piroksen mineralleri ise bazı kesitlerde zonlu yapılar sunmuşlardır (Şekil 3.5a). Biyotit mineralleri trakitler de olduğu gibi tamamen opasitleştiği gözlenmiştir.



Şekil 3.5: Fonolit örneklerinin çift nikol görüntüleri. a) piroksen minerallerinde zonlu yapılar, b) Fenokristalen sanidin ve sfen kristalleri, sfen mineralin de biyotit inklüzyonu, c) Lössitit minerallerinde alterasyon ikincil mineral oluşumları, d) İri sanidin kristallerin sınırlarında alterasyon sonucu kalsit oluşumları.

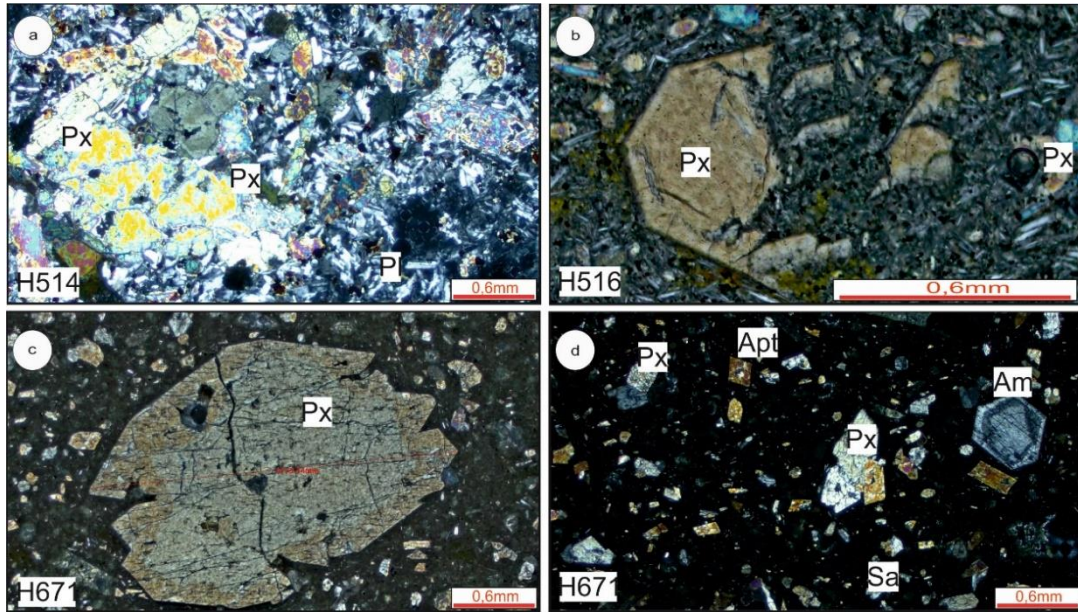
Bazaltlar, çalışma alanında Gölcük tepe dolaylarında sütun yapılar (H687), Kurtkayası tepe önünde lav ve kül yığını halinde, Küçüksarıkaya tepe arkasında dayk şeklinde (H678) ve Doğanlı köyü kuzeyinde (H643) lav akıntıları şeklinde gözlenmiştir. Mikroskobik olarak genellikle hipokristalin porfirik ve hyalopilitik dokulu oldukları ve fenokristal olarak piroksen belirlenmiştir. Kayacın hamuru

çoğunlukla plajiyoklas ve ojit mikrolitleri oluşturmakta olup çok daha az oranda volkanik cam ve opak mineraller içermektedir. Plajiyoklas, biyotit, amfibol mineralleri mikrolit-kristalit ve fenokristal fazında gözlenmiştir. Doğanlı kuzeyinden alınan H170 numaralı örnekte feldispatlar yoğun kalsitleşme gözlenmiştir (Şekil 3.6a). Yine aynı şekilde Kurtkayası tepe önündeki lav ve kül kütesinden alınan örnekte de kalsit mineralleri gözlenmiştir (Şekil 3.6c). Kesitlerde piroksenler fenokristalen halde içten dışa doğru kemirilme yapıları sunmuştur (Şekil 3.6e ve b). Bazı kesitlerde kristalin iç kesimlerinden tükenme ile elek dokuları oluşturmuş ve bu elek dokuları içerisine hamur matriksleri yerleşmiştir (Şekil 3.6e ve f). Biyotitler ise çubuksu yapılar sunmaktadır ve kesitlerin genelinde korozyona uğramış ve yarı opaklaşmıştır. Amfibol mineralleri kesitlerde fenokristalen şekilde özşekilli ve yarı özşekilli olarak gözlenmiştir.



Şekil 3.6: Bazaltik kayaçların çift nikol görüntüleri. a) Mikrolit kristallerinde alterasyon sonucu kalsit oluşumları b) Fenokristalen piroksen minerallerinde zonlu yapı görünümü c) fenokristallerde alterasyon sonucu kalsitleşme d) özşekilli amfibol ve piroksen mineralleri görünümü e) Piroksen minerallerinde kemirilme yapıları f) Piroksen mineralinde hamur inklüzyonu.

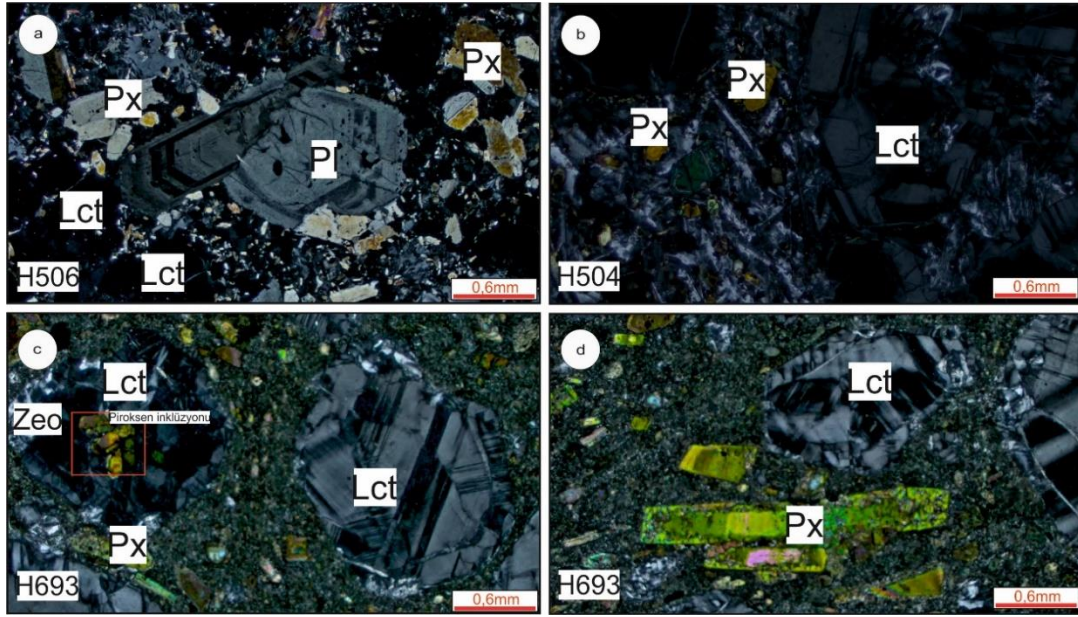
Bazaltik Dayklar, arazi çalışmasında volkano sedimanter birimleri kesmesi ile çıkışı ve diğer volkanit birimlerin yükselişi ile yüzeylenmiş yamaçlarında gözlenmektedir. Petrografik olarak dayk örnekleri bazalt olarak tanımlanmıştır. Araziden alınan makro bazalt örneklerinden farklı olarak volkano sedimanter keserek çıkış yapmış bol gözenekli cürufklar olarak tanımlanmıştır. Döngel tepe ve Gencil tepe arasında lösitit bloklu pirokastik kayaç arasında yüzeylenen bazaltik yapı daykın kesitlerinde mikrolit ve volkanik cam fazında plajyoklas, sanidin biyotit, piroksen ile nadir olarak fenokristalen olarak ta piroksen ve biyotit mineralleri gözlenmiştir. Tüllüce tepe arkası volkanitlerin yükselimi ile yamaçlarında yüzeylenen daykda H514 kesitlerinde piroksen ve amfibol fenokristalleri yığışmalı olarak bir arada gözlenmiştir(Şekil 3.7a ve b). Piroksen mineralleri özşekilli ve yarı özşekilli yapılar sunmaktadır (Şekil 3.7b). Karacan tepe doğusunda yüzeylenen H671 nolu daykın mikrolit ve fenokristal fazında piroksen, amfibol, sanidin ve tali olarak ta apatit mineralleri gözlenmiştir(Şekil 3.7c ve d).



Şekil 3.7: Bazaltik dayk örneklerinin çift nikol görüntüleri. a) Piroksen fenokristallerin yoğunluğu, b)Yarıözşekilli piroksen mineralleri, c) Piroksen fenokristali içerisini hamur inklüzyonu, sınırlarında kemirilme yapıları, d) Amfibol ve piroksen minerallerinde özşekilli yarı özşekilli görünümü.

Lösititler, çalışma alanında Çiçektepe civarında yaygın, Yıprak kuzeyinde ve Göçerli'nin kuzeyinde volkano sedimanterler içerisinde küçük lav akıntıları şeklinde rastlanmıştır. Alınan numunelerin ince kesit görüntülerinde iri lösit taneleri ve sanidin taneleri ile mikrolit ve volkanik cam fazında piroksen ve feldispatlar

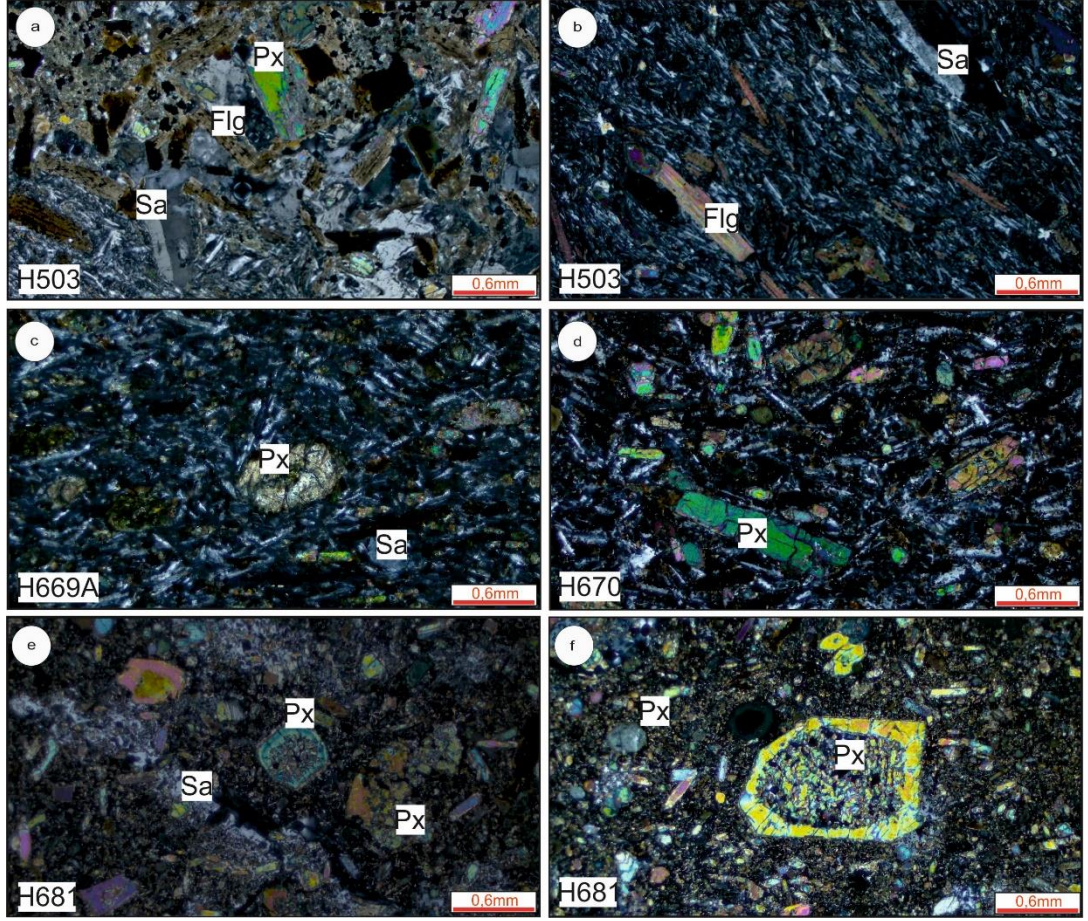
gözlenmektedir. Plajiyoklas fenokristalleri belirgin zonlu yapılar sunmakta ve piroksen mineralleri ile dokunak yaptığı gözlenmiştir(Şekil 3.8a ve b). Piroksen mineralleri yarı öz şekilli ve özşekilsiz olarak yeşil renkli olarak gözlenmiştir. Bazı lösit tanelerinde alterasyon sonucu ikincil mineral zeolit oluşumları gözlenmiştir ve içerisinde piroksen mineralleri yerleştiği gözlenmiştir (Şekil 3.8c). Kesitlerde taze yüzey olarak yeşil renkte ve akma yapısını gösteren belli bir yönelim vardır(Şekil 3.8d).



Şekil 3.8 Lösitit kayaçların çift nikol görüntüleri. a) Plajiyoklas mineralinde zonlanma, b) İri fenokristalen lösit mineralleri, c) Lösit mineralinde ikincil mineral zeolit oluşumları ve piroksen inklüzyonları, d) Piroksen minerallerinde belli bir yöne yönelimi akma yapıları.

Lamproitler, inceleme alanı içerisinde fonolit ve fonolitli piroklastik kayaçların yamaçlarında sokulumlar şeklinde rastlanmıştır. Kınık köyü Kızıl tepe doğusunda yamaçlarda ve Yıprak batısında dayk şeklinde belirlenmiştir. Genel olarak iğnemi, prizmatik flogopit fenokristalleri, feldspat (sanidin) ve çok küçük taneli piroksenlerden oluşan matriks fazdan oluşmaktadır (Şekil 3.9a,b ve c).

Gölcük tepe güneyinde rastlanan lamproit daykı ise matriks fazı genellikle mikrolit ve kristalit boyu sanidin, flogopit, piroksen, feldspatlardan oluşurken, fenokristal faz ise flogopit, klinopiroksenlerden oluşmaktadır (Şekil 3.9b ve c). Piroksen minerali içerisinde mikrolit fazında piroksen minerallerin inklüzyonları(Şekil 3.9c) ve elek dokuları oluşumu gözlenmiştir (Şekil 3.9f). Sanidin minerallerinde hamur fazına karışımı gözlenmiştir (Şekil 3.9e).



Şekil 3.9: Lamproitlerin ince kesit görüntüleri. a) Flogopit mineralleri bol görünümü b) Flogopit sanidin kristallerinde akma yapısını gösteren yönelimler, c) Piroksen minerali içerisine mikrolit fazında piroksen minerallerin inklüzyonu, d) Piroksen minerallerinde toplu halde görülmeleri, e) Sanidin minerallerinde hamur fazına karışımı, f) Piroksen minerallerinde elek dokuları oluşumu.

4. JEOKİMYA

Haydarlı ve yakın çevresi volkanik kayalar ana oksit, iz ve nadir toprak element içerikleri belirlenerek, kayaların sınıflandırılmaları, petrokimyasal özellikleri ve jeotektonik ortamları değerlendirilmiştir. Volkanik kayaların jeokimyasal analizleri ilk önce XRF yöntemi ile belirlenmiş daha sonra nadir toprak elementlerinde belirlenmesi amacıyla ACME laboratuvarında analiz edilmiştir. Diyagramlarda her iki yöntemden elde edilen veriler değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir. İncelenen volkanik kayalar sahadaki gözlemler, petrografik veriler ve çalışma alanının kuzeyindeki Afyon volkanitlerinde önceki çalışmacıların elde ettiği verilere göre de karşılaştırmaları yapılarak beraber değerlendirilmiştir.

4.1 Kimyasal Adlandırma ve sınıflandırma

Afyon volkanitlerinin en güney ucunda yer alan Haydarlı volkanitleri, susuz baza göre yeniden hesaplanan ana ve iz element sonuçlarına göre $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (Le Bas ve diğ. 1986) ve $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ (Le Maitre, 2002) ve $\text{Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$ (Middlemost, 1975) sınıflandırma diyagramlarında değerlendirilmiştir.

Haydarlı volkanitleri, Toplam Alkali ($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$) ve Silis (SiO_2) sınıflama diyagramında (Le Bas ve diğ. 1986), petrografik tanımlamalara göre lösitit olarak tanımlanan örneklerin tefri fonolit oldukları, fonolit grubu örneklerin fonolit alanına düştükleri görülmektedir. Lamproit grubu örneklerin ise trakiandezit ve trakit alanında kaldıkları belirlenmiştir. Bazaltik bileşimli örnekler ise trakibazalt ve bazaltik trakiandezit alanında, trakiandezit karakterli örneklerin bazaltik trakiandezit, trakit olarak tanımlanan örneklerin ise trakit alanında kaldıkları belirlenmiştir. Bazaltik dayk örneklerinin de bazaltik bileşime benzer şekilde bazaltik trakiandezit alanına düştükleri belirlenmiştir. Irvine Baragar (1971) ayırım çizgisine göre tüm örneklerin alkin karakterde oldukları tespit edilmiştir (Şekil 4.1).

Tablo 4.1: Lamproit ve lösitit örneklerin kimyasal analiz sonuçları

	Lamproit									Lösitit				
	H-125	H-503	H-669-A	H-669-C	H-670	H-681	H124B	H652	H669B	504	H506a	H-145	H-506	H-693
SiO ₂	52.9	62.03	54.56	56.35	53.53	47.94	54.57	61.3	53.77	54.53	49.99	51.27	50.72	50.11
Al ₂ O ₃	10.73	13.82	14.9	12.65	13.84	12.45	11.19	13.47	16.43	19.06	18.85	15.75	17.36	16.69
Fe ₂ O ₃	7.53	4.09	5.15	4.78	5.4	6.37	7.42	5.3	4.34	5.57	6.78	6.62	7.11	6.15
MgO	5.1	2.62	4.43	4.96	5.22	8.1	4.14	2.35	4.14	1.64	2.47	3.13	1.46	3.06
CaO	6.75	2.88	5.83	5.73	7.14	9.98	6.35	1.03	5.74	5.07	7.7	7.08	5.15	7
Na ₂ O	1.74	3.02	1.29	1.27	2.4	1.51	1.78	0.38	2.14	2.16	1.16	1.35	1.44	1.06
K ₂ O	7.21	7.95	8.69	9.47	6.57	6.22	6.63	10.42	5.41	9.3	9.09	9.1	10.07	9.71
TiO ₂	1.25	0.8	0.99	0.95	1.19	1.5	1.44	0.86	1.49	0.83	1.08	0.97	1.2	1.03
P ₂ O ₅	1.93	0.63	0.76	1	1	1.26	1.96	0.57	1.21	0.58	1.1	0.64	0.23	0.55
MnO	0.07	0.04	0.1	0.05	0.08	0.11	0.06	0.07	0.05	0.11	0.13	0.12	0.15	0.12
KK	3.9	1.4	2.5	1.4	2.9	3.4	2.56	2.49	3.56	6.4	6	3.1	3.9	3.5
Toplam	99.11	99.28	99.2	98.61	99.27	98.84	98.1	98.23	98.28	105.25	104.35	99.13	98.79	98.98
Cs	26.3	4.8	48.5	1.4	24.6	3.4		28.2	97.4	42.6	13.9	34	52.3	20.4
Rb	1097.8	279.5	327.9	172.6	325.3	306.9	320.6	609.6	125.3	832.8	1178	951.9	1664.4	757.8
Ba	3964	2434	2650	5356	2540	3443	4889	4342	3201	3588	4800	3239	5300	4413
Sr	1175.7	1429.2	1563.7	3782.4	1445.6	2925	1216	2049	1649	1595	2053	1540.2	2849.6	2182.2
Pb	33.2	13.5	6.5	45.7	22.2	6.5	46.5	82.2	73.5	70.1	66.5	52	60.2	58.8
Th	17.7	56.6	50.7	81.6	43	34.9	18.5	39.2	44.8	43.6	39.9	45.2	56.6	45.1
U	4.1	19.9	19.3	18.1	6.8	9.7	2.2	184.2	12.3	10.3	13.3	9.2	5.4	8

Tablo 4.1'in devamı

Zr	405	566.9	738.6	614.3	679.9	838.4	432.7	4522	807.6	663.2	620.9	629.2	752	628.8
Hf	10.1	16.4	19.3	16.9	19.2	21	9.3	45.2	21.6	16	14	16.1	20.1	16.5
Ta	1.1	3.4	2	2.4	1.9	2.9			1.9			3	3.8	2.1
Y	26.4	17.1	17.9	21.9	18.3	31.1	25.1	13.7	24.2	9.1	14.9	24	23.4	25.5
Nb	22.9	29.3	30.6	26.3	25.6	44.2	24	47.7	30.6	28.7	33.4	29.5	42.6	33.6
Sc	20	7	12	9	16	17						13	5	8
Ni	139.5	108.2	67.3	105.8	48.5	87.7	122.3	65.5	98.1	34.6	48	26.9	33.6	21.2
Co	36	68.2	34.7	33.2	36.6	44.7	43.3	13.4	39.3	33.1	36.8	59.1	53.3	28.7
V	148	77	137	74	150	127	196.5	154.2	154.7	182.8	259.3	170	209	175
W	41.5	339.8	119.8	126.7	125.4	139.7	48.1	163.1	86.3	117.9	105.4	302.9	268.1	105.8
Ga	14.5	17.9	18.4	18.6	17.8	17.6	16.5	27	24.3	25.7	24.9	19.4	21.2	17.7
Zn	60	47	38	49	39	52	70.9	113.1	58.2	67.3	72.2	47	50	51
Cu	69.9	60.1	32.4	44.4	26.1	20.3	60.7	55.4	61.4	61.1	109.3	67.5	47.3	43.5
La	46.8	103.8	90.4	239.5	83.9	171.8		53.3	103.3	30.3	3.5	82.4	88.6	95.7
Ce	91.9	183.6	161.9	458	156.8	318.8						153.4	163.7	175.7
Pr	11.8	20.3	18.2	51.9	18.2	37.8						17.1	17.9	19.5
Nd	45.5	70.4	64.3	186.9	69.2	142.6	178.6	182.4	213.8	225	268.6	60.2	61	71.8
Sm	9.4	10.6	10	26.7	10.7	22.7						9.9	10	11
Eu	2.3	2.3	2.4	6.1	2.4	6.1						2.4	2.6	2.7
Gd	7.9	6.4	6.5	14.6	7.2	14.5						7	7.3	7.8
Tb	1	0.7	0.8	1.4	0.8	1.6						0.9	0.9	1
Dy	5.4	3.3	3.7	5.5	3.9	7.1						4.6	4.6	5

Tablo 4.1'in devamı

Ho	1	0.6	0.7	0.7	0.7	1.1							0.8	0.8	0.9
Er	2.5	1.5	1.8	1.8	1.9	2.6							2.1	2.4	2.3
Tm	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3							0.3	0.3	0.3
Yb	2.1	1.3	1.6	1.4	1.7	2.2							2.2	2.2	2.2
Lu	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3							0.3	0.3	0.3
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr			0.706194			0.703924									
¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd			0.512548			0.512722									

Tablo 4.2: Trakit, dayk ve fonolit örneklerin kimyasal analiz sonuçları

	Trakit									dayk					fonolit	
	H-102	H-513	H-676	H-175	H124	H512	H636	H635	H677	H642	H192	H-514	H-516	H-671	H-505	H-667
SiO₂	62.89	67.8	63.28	59.37	63.35	67.84	66.4	60.82	65.61	53.55	51.96	51.6	50.4	48.16	55.03	52.79
Al₂O₃	16.55	16.27	16.8	20.24	15.57	15.91	16.2	16.11	17.54	16.35	16.94	16.23	18.35	15.8	18.38	17.43
Fe₂O₃	4.44	2.59	4.05	2.76	5.15	2.59	3.42	4.32	4.63	6.94	6.29	6.65	7.52	6.93	3.46	5.26
MgO	1.14	0.42	1	0.46	2.13	0.54	0.6	1.35	0.99	3.51	3.4	4.75	3.28	5.16	0.95	0.7
CaO	3.12	1.74	2.67	2.18	4.51	1.78	2.11	3.17	3.03	7.65	7.66	8.53	7.29	11.38	4.84	4.76
Na₂O	4.22	4.45	4.37	3.82	4.1	4.54	4.63	4.14	5.05	2.59	2.16	2.34	2.23	1.37	1.55	1.56
K₂O	5.2	5.17	5.38	7.03	4.92	5.47	5.28	4.65	5.14	4.42	4.36	4.26	3.97	4.09	10.14	10.12
TiO₂	0.67	0.36	0.62	0.37	0.87	0.43	0.55	0.84	0.81	0.99	1.12	1.28	1.21	1.41	0.47	0.64
P₂O₅	0.36	0.11	0.29	0.07	0.62	0.18	0.26	0.59	0.46	0.92	0.88	0.59	0.5	0.74	0.14	0.13
MnO	0.09	0.08	0.1	0.08	0.08	0.05	0.08	0.08	0.07	0.13	0.13	0.1	0.1	0.12	0.07	0.11
KK	0.8	0.7	1	3.2			0.94	1.05		3.74		3	4.4	4.2	4.2	5.7
Toplam	99.48	99.69	99.56	99.58	101.3	99.33	100.47	97.12	103.33	100.77	94.89	99.33	99.25	99.36	99.23	99.2

Tablo 4.2'in devamı

Cs	4.2	8.1	3.5	8.3		< 4.0	21.3					12.9	19.9	3.6	16.5	185.9
Rb	158	198.4	162.4	212.1	175.2	185.2	174.6	156.7	168	48.1	58.5	97.6	58.8	117.1	374.7	353.9
Ba	1418	936	1325	1035	3126	1294	1396	1646	1505	2902	2755	1725	2244	1725	2787	2842
Sr	1183.7	751.9	1014.8	1204.8	1903	904.6	957.6	1149	1156	3157	2677	2197.1	2457.3	1398.6	1787.7	1523.4
Pb	4.4	5.2	8.2	31.5	55.5	21.1	48.4	35.2	33.6	34.5	27.6	4.9	10.7	12	54.2	110.6
Th	39	46.5	46.3	63.9	74.6	41.2	37.5	38.1	38.6	28.3	30.9	22.3	32.5	17.2	69.9	82
U	11	13.8	11.8	7.7	24.6	13.3	16.8	13.9	16.2	19.2	15.8	6	9.3	3.7	15.7	19.1
Zr	398	285.5	382.6	482.2	329.8	399.7	366	418.7	398.7	406.5	425.3	300.2	318.1	299.3	732.1	873.5
Hf	9.7	7.3	10.2	9	8.1	9.4	8	11.6	10.5	10	9.8	7	7	6.2	18.2	22.4
Ta	2.6	2.4	3.1	3.1	1.8				0.9		1.3	2.4	2.3	2.5	3.5	2.1
Y	25.5	20.1	23.8	19.6	23.1	17.6	17.9	24.7	20	29.1	27.2	22.8	27	25.6	16.7	20.9
Nb	35	29.6	35.8	41.9	25.1	34.3	31.1	37.5	37.2	26.4	34	36.4	35.4	36.4	31.2	37.6
Sc	7	3	6	1								16	7	22	4	4
Ni	21.2	13.5	25.3	21.8	65	20.9	44.4	42.9	47	79.1	69.2	40.7	11.6	65.6	47	11.4
Co	31.5	21.6	36.8	40.2	40.1	24.2	17.3	39.7	39.5	32.3	45	27.4	30.9	44.8	75.2	21.6
V	86	36	61	54	117.3	36.2	52.1	87	90.2	167.3	204.9	133	153	181	85	116
W	143.3	124.7	204.4	234.6	163.4	72.3	115	114.6	117.7	58.8	94.4	48.4	60.8	98.5	494.3	99.6
Ga	19.1	19.3	18.4	20.5	21.5	22.7	25.1	22.1	22.7	18.8	19.2	18	19.8	13.9	22.4	24
Zn	39	45	31	51	53.2	22.3	69.3	81.5	60.4	78.8	66.7	63	14	61	50	76
Cu	29.7	7.2	15.1	4.5	45.1	14.5	25.7	40.4	29.6	59.6	50.2	37.6	29.5	47.2	24.6	40.6
La	107.2	89.6	112.7	136.5	123	100	78.4	70.7	95.3	107	230	97.1	124.5	86.4	105.3	116.5
Ce	191	139.9	193.8	225.8	183	117			110	285	282	180.6	227.9	159.9	177.7	192.9
Pr	20.8	14	20.3	20.5								21.4	26.1	17.6	17.7	18.8
Nd	71.2	44.3	66.1	62.6	111.9	108.9	151.1	203.2	81.9	152.5	143.7	77.8	93.3	63.7	57.9	60.7
Sm	10.3	6.4	9.7	7.5								11.6	13.8	9.6	8.1	9.5
Eu	2.5	1.4	2.2	1.8								3.2	3.6	2.6	2	2.2
Gd	7	4.4	6.2	5								7.6	9.1	7.5	5.1	6.1

Tablo 4.2'in devamı

Tb	0.9	0.6	0.8	0.6								0.9	1.1	1	0.6	0.8
Dy	4.8	3.2	4.4	3.2								4.5	5.3	5	3	3.7
Ho	0.9	0.7	0.9	0.6								0.8	1	0.8	0.5	0.7
Er	2.5	1.9	2.4	1.8								2.2	2.7	2.5	1.5	2
Tm	0.4	0.3	0.4	0.3								0.3	0.4	0.4	0.2	0.3
Yb	2.5	2	2.4	2								1.8	2.3	2.2	1.5	1.9
Lu	0.4	0.3	0.4	0.3								0.3	0.3	0.3	0.2	0.3
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr				0.704686								0.703908			0.706148	0.705984
¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd				0.512663								0.512704			0.512549	0.512544

Tablo 4.3: Trakiandezitlerin kimyasal analiz sonuçları

	Trakiandezit																
	H-169	H-645	H-680	H-691-B	H176	H688	H116	H682	H117	H501	H501a	H645-B	H630	H502	H668	H683	H692
SiO₂	49.14	50.43	50.11	49.44	50.49	54.88	54.76	54.67	56.59	50.99	52.43	52.19	53.12	51.4	55.08	52.01	50.68
Al₂O₃	14.13	15.04	17.38	16.31	18.27	17.66	17.28	18.08	17.98	16.07	17.03	16.61	17.59	16.82	15.89	20.28	18.8
Fe₂O₃	6.6	7.12	7.51	7.58	7.66	6.45	6.44	7.19	6.65	7.02	6.99	7.04	7	6.76	5.39	7.76	7.31
MgO	5.49	5.89	3.97	4.78	3.29	3.34	3.23	3.86	3.12	3.46	3.62	3.51	3.57	3.59	3.63	2.68	2.69
CaO	11.28	9.58	9.02	9.36	8.94	7.96	8.42	9.29	8.13	7.87	7.79	8.57	8.96	8.84	6.34	8.25	8.51
Na₂O	2.95	2.85	2.52	3.2	3.58	4.81	4.43	4.82	5.01	4.07	3.4	3.67	4.55	3.47	5.4	5.9	2.79
K₂O	3.43	2.57	3.82	4.54	3.87	3.28	3.78	4.2	4.43	2.75	3.25	3.85	3.18	4.7	4.53	3.68	3.73
TiO₂	0.93	0.96	1.33	1.11	1.292	0.91	0.91	1.08	0.96	0.98	1.06	1.03	1.04	0.99	1.36	1.4	1.36
P₂O₅	0.75	0.79	0.52	0.8	0.63	0.77	1.13	1.08	1.13	0.81	0.88	1.1	1.12	0.97	1.31	0.92	0.68
MnO	0.12	0.13	0.12	0.14	0.13	0.12	0.11	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.12	0.13	0.07	0.14	0.12
KK	4.2	3.7	3	1.8						6.4	6.2	2.65	2.5	4.5			
Toplam	99.02	99.06	99.3	99.06	98.15	100.17	100.47	104.4	104.12	100.54	102.77	100.35	102.74	102.16	99	103.02	96.66

Tablo 4.3'ün devamı

Cs	3.4	10.1	6.9	3.4						5.8		10.2			37.5		
Rb	97	60.3	156.1	350.5	174.8	158	276.1	204	65.8	144.2	66.3	164.5	265	152.5	545.6	111	97.3
Ba	2443	2527	1981	2928	2056	2594	2863	2795	2849	2701	2870	2985	2903	2862	2859	2298	2198
Sr	2829.7	2985	1902.9	3026.5	2657	2726	3137	3067	3111	3076	3235	3310	3257	3164	1451	1674	2200
Pb	1.9	1.2	27	1.8	37.5	33.3	29.9	30.8	35.8	35.8	36.2	34.1	35.6	34	58.8	20.8	36
Th	27.8	30.9	26.1	34.2	26.9	28	27.6	29.6	26.6	29	31.3	29	28.3	29.3	37.2	22.1	26.3
U	7.7	7.5	6	8.3	17.3	18.3	21.9	19.1	19.4	21.5	22.4	20.4	17.7	20.2	7	9.4	10.2
Zr	391.5	400.8	274.2	383.1	321.8	338.4	399.2	383.2	409.8	384.6	404.3	412.5	431	394.1	552.9	310.4	306.9
Hf	9.1	9.7	6.5	9.3	7.2	8.7	8.6	9.4	7.4	10.8	12.4	9.9	9	11.8	14.1	6.4	5.2
Ta	2.6	1.6	2.4	2.9		1.7	1.9			5.8	3.9			2.6			
Y	25.1	27.4	26.7	29.2	26.6	24.6	25.7	28.3	28.3	27	29.9	28.6	27.2	27.3	13.9	24.1	28.3
Nb	26.8	26.6	32	36.8	32.5	26.6	24.6	25.8	27.2	25.2	26.6	28.1	25.4	27.2	19	37.4	32.3
Sc	17	17	12	16													
Ni	40.3	16.6	41.4	27.9	84.2	79.4	72.5	91.8	75.6	60.7	63.6	77.2	75.6	67.8	97.5	57.4	81.2
Co	63.7	31.5	41.9	44.9	54.3	42.8	39.1	74.6	58.4	55.9	52.7	55.5	49.2	66.2	48.2	42.3	58
V	154	136	159	172	172.8	169.3	189.1	215.8	186	200.5	190.7	196.5	204	193.1	200.5	192.8	177.3
W	295.4	55.8	133.8	165.5	146.6	128	129.3	236	179	172.1	81.4	102.2	94.4	186.4	128.2	186.9	123.1
Ga	16.6	17.1	19	17.3	20.6	18.9	18.2	19.7	19.6	17.5	18.4	18.8	20.8	18.5	23	22.1	23.4
Zn	38	45	74	29	79.8	63.8	56.7	66	58.6	65.8	80.4	63	60.4	63.1	59.5	72.4	98.5
Cu	36.7	56	43.5	46.8	44.1	64.4	69.5	67.2	70.8	41.6	67.6	63	68.5	52.9	34.5	33	42
La	142.9	148.5	103.7	177.6	64.6	137	52.8	123	145	77.7	107	122	107	172		103	113
Ce	284.7	291.7	196.8	336.7	77	283	263	261	193	261	181	192	220	257	103	143	241
Pr	33.4	34.5	22.3	38.4											24.4		
Nd	123.4	128.2	82.1	137.9	103.8	131.2	146.1	161.4	160.3	145.1	142.4	156.4	163.7	160	118.6	88.4	107.8
Sm	18.7	19.6	12.5	20.3													
Eu	5.2	5.5	3.2	5.3													
Gd	11.4	12.1	8.8	12.5													

Tablo 4.3'ün devamı

Tb	1.2	1.3	1	1.4																
Dy	5.6	5.5	5.4	6.3																
Ho	0.8	0.9	0.9	1																
Er	2.2	2.4	2.6	2.6																
Tm	0.3	0.3	0.3	0.4																
Yb	1.9	2.1	2.3	2.3																
Lu	0.3	0.3	0.3	0.3																
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0.704009																			
¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	0.512704																			

Tablo 4.4: Bazaltların kimyasal analiz sonuçları

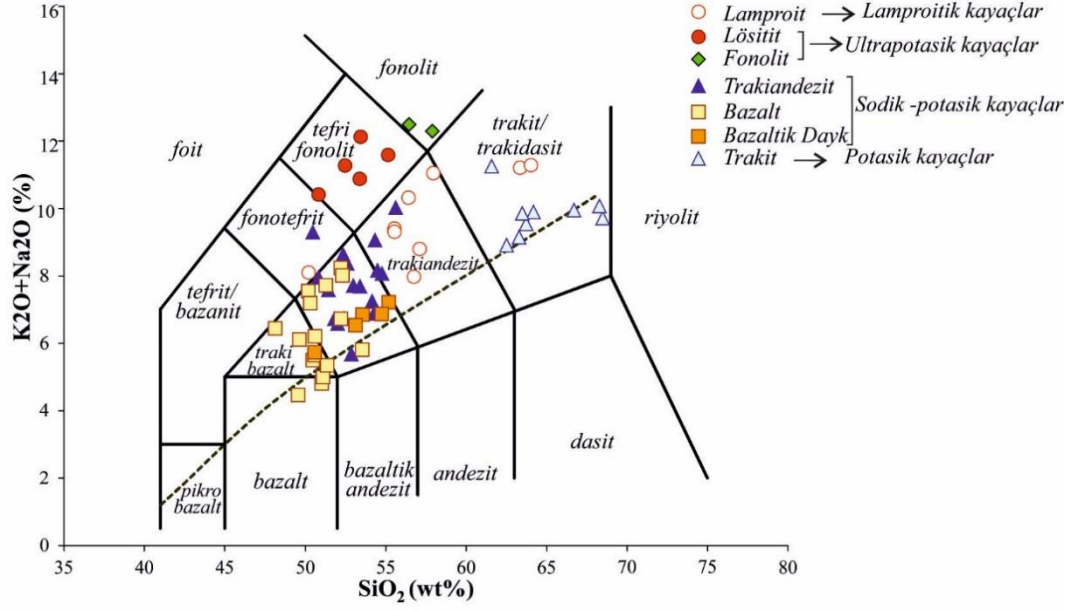
	Bazalt															
	H-641	H-656	H-678	H-685	H-691	H110	H112	H113	H111	H658	H643	H672	H687	H684	H686	H170
SiO₂	50.93	47.99	47.84	48	47.81	48.54	48.78	45.18	51.53	47.34	46.48	50.79	49.76	48.48	50.32	45.74
Al₂O₃	14.08	16.58	15.95	18.01	15.83	17.61	18.32	17.68	19.38	17.57	16.69	17.89	18.37	16.91	17.7	14.13
Fe₂O₃	6.85	7.7	6.12	9.55	8.39	8.31	7.65	8	7.52	8.32	8.41	6.74	9.09	9.56	7.76	6.47
MgO	6.01	4.62	5.07	4.37	6.58	2.97	3	4.91	2.47	3.09	1.18	3.03	3.44	6.4	4.98	3.81
CaO	9.92	10.62	8.89	7.54	11.44	10.3	9.85	9.95	9.57	9.41	6.85	8.93	8.71	8.19	10.87	12.16
Na₂O	3.76	2.19	4.13	2.34	2.34	4.69	5.6	4.3	6.06	3.44	5.85	5.92	5.71	4.43	3.35	2.77
K₂O	1.77	2.33	2.03	2.89	1.97	1.26	1.74	1.76	1.69	1.19	1.48	1.86	1.4	1.54	2.27	2
TiO₂	0.92	1.33	0.91	1.67	1.29	1.449	1.41	1.32	1.4	1.42	1.51	1.043	1.65	1.36	1.1	0.96
P₂O₅	0.75	0.56	0.54	0.54	0.65	0.64	0.69	0.62	0.74	0.67	0.36	0.75	0.61	0.64	0.93	0.85
MnO	0.12	0.12	0.12	0.16	0.14	0.13	0.13	0.14	0.09	0.15	0.17	0.12	0.15	0.16	0.15	0.16
KK	4	5.5	7.8	4.5	3					5.02	6.92					
Toplam	99.11	99.54	99.4	99.57	99.44	95.91	97.17	93.84	100.45	97.63	95.9	97.06	98.89	97.66	99.43	89.03

Tablo 4.4'ün devamı

Cs	155.5	27.8	3.2	17.2	5.3											13.5
Rb	288	147.8	121.8	71.9	536.5	331.3	175	115.4	199.2	222.8	1341	109.7	287.9	1131	18.9	44.7
Ba	2370	1180	2077	1333	1298	1172	1304	1301	1326	1334	10280	2901	1073	1037	3076	2734
Sr	2784.3	1054.4	1069.5	728.8	1227.1	1162	1166	1190	1166	1123	2636	2308	971.6	894.9	2999	2906
Pb	3.2	14.2	17.1	5.1	8.4	16.5	16.8	16.8	15.1	13	131.4	34.3	14.8	22.8	34.5	30.8
Th	28.7	16.1	21.8	11.6	17.6	16.5	17.7	16.9	18.1	17.1	69.9	22.4	11.6	9.7	24.1	25
U	7.6	4.3	6.6	3	3.4	5.4	8.1	6.1	3.7	4.4	14.9	12.5	5.1		15	17.7
Zr	383.7	260.7	272.1	232	230.7	284.7	299.5	291.5	299.8	281.5	1172	323.8	250.5	212.6	321.2	391.4
Hf	9	5.7	6.4	5.2	5	4.3	6.4	3.5	7	4.5	23.3	8.1	4.8	3.5	8.3	8.2
Ta	1.6	1.8	2	2.2	1.8	5.6						1.1				
Y	25.3	25.5	22.2	25.5	24.5	21.6	21.3	21.1	21.5	19.5	26.4	26.2	19.1	7.8	28.2	28.5
Nb	24.9	30.6	30.5	33.9	29.8	32.1	32.8	30.5	34.1	32.4	59.4	34.3	33.8	27.8	23.6	23.6
Sc	17	16	14	16	24											
Ni	12.3	17.9	26.9	49.1	39.2	70.4	84.4	81.9	72	80.3	51.4	85.3	91.6	329	111.3	71.1
Co	29.1	31.1	28.7	35.4	43.1	34.9	44	53.9	45.3	42.7	33.2	44.8	51.4	70.4	44	43.4
V	117	157	151	149	197	181.4	213.9	176.3	200.3	157.1	258.5	143.4	173.1	175	218	148
W	53.4	58	47.4	50.3	91.1	79.5	100.2	73.6	88.3	57.2	43.8	104.8	119.5	127	93	66
Ga	15.7	16.7	14.9	17.8	16.2	17.5	19.9	18.8	19.7	19.3	25.9	18.7	20.3	18.2	18.1	18
Zn	39	57	23	86	58	78.5	74.8	72.5	81	74.5	120.1	66.4	87.5	95.8	72.9	61.6
Cu	33.9	30.3	35.1	36.5	35	27	40.8	42.4	34.1	32.7	101.8	25.1	36	44.7	70.4	54.3
La	138.1	65.1	94.3	47.6	66.5	68.2	8.6	88.1	19.2	14.5	135.2	84.1		22.9	73.3	155
Ce	273.6	117.5	177.4	81.3	131.6	124	68				180	161			198	130
Pr	32.3	13.5	19.4	10.3	15.3											
Nd	123.4	49	69.9	40.2	56.1	51.9	97.3	125.6	160.2		207.6	109.5	98.3	100.8	144.6	138.5
Sm	19.1	8.1	10.5	6.9	9											
Eu	5.1	2.1	2.8	2	2.3											
Gd	11.5	6.2	7.2	6.1	6.9											

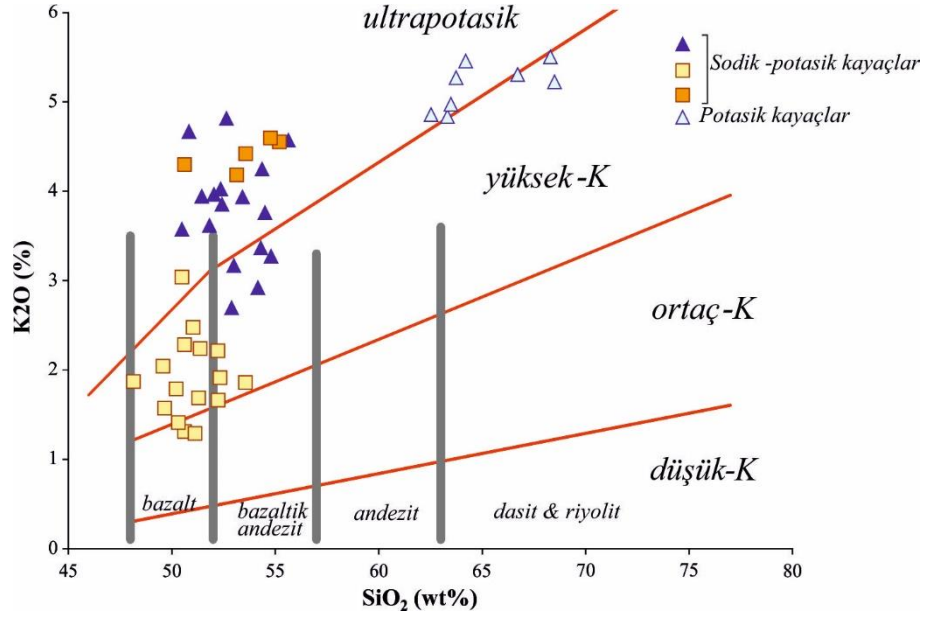
Tablo 4.4'ün devamı

Tb	1.2	0.9	0.9	0.8	0.9												
Dy	5.4	4.5	4.6	4.6	4.8												
Ho	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9												
Er	2.2	2.5	2.4	2.6	2.4												
Tm	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3												
Yb	2	2.2	2	2.2	2.2												
Lu	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3												
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr					0.7048												
¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd					0.512668												



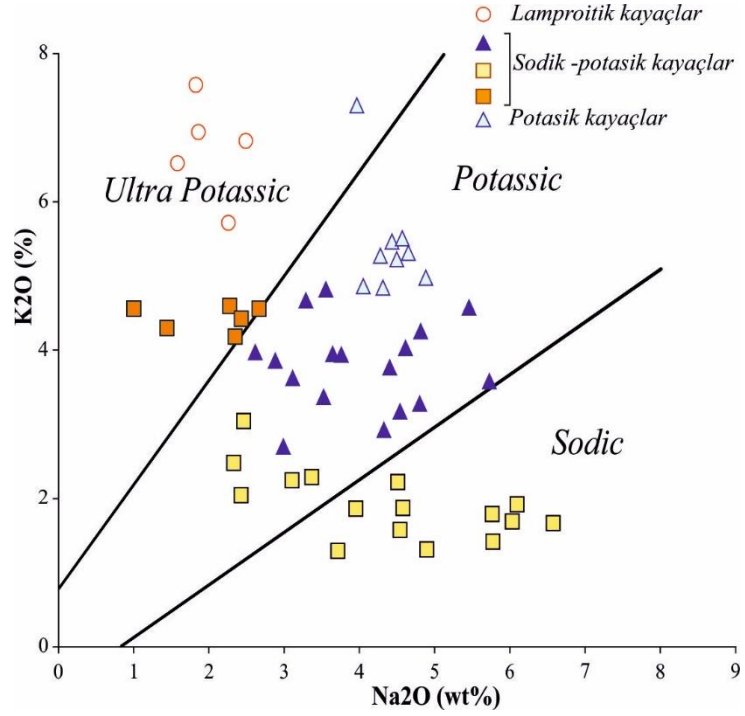
Şekil 4.1: Haydarlı volkanik kayalarının $K_2O+Na_2O - SiO_2$ (TAS) sınıflama diyagramı (Le Bas ve diğ. 1986), ve alkali-subalkali ayırım çizgisi (Irvine ve Barragar, 1971).

Haydarlı volkanitleri, SiO_2 'ye karşı K_2O diyagramında (Le Maitre 2002) örneklerin büyük çoğunluğunun ultrapotasik ve yüksek potasyumlu alkalin özellikte olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2). Bu diyagramda bazaltik örneklerin bazalt alanına düştüğü ve Yüksek potasyum karakterde olduğu diğer tüm örneklerin ise ultrapotasik alanda kaldıkları görülmektedir. Trakiandezit ve dayk örneklerinin ise bazaltik andezit ve trakit örneklerinin ise dasit ve riyolit alanında gözlenmektedir. Tefrifonolit, fonolit ve lamproit örnekleri ise çok yüksek K_2O içeriğinden dolayı bu diyagramda değerlendirilmemiştir.



Şekil 4.2: Volkanik kayalarının K₂O - SiO₂ diyagramı (Le Maitre, 2002).

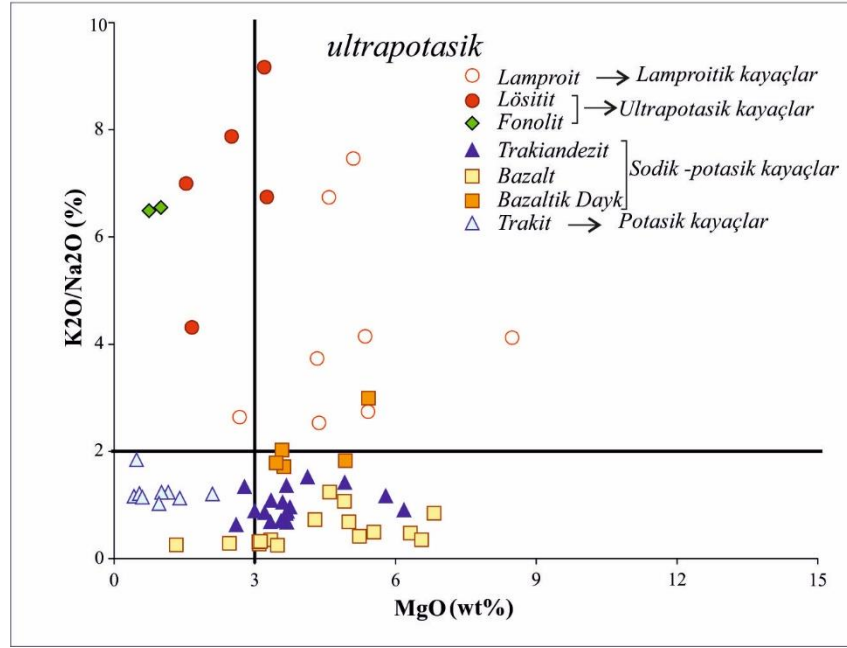
Bilindiği üzere, alkali kayalar kendi aralarında sodik ve potasik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Le Maitre (1989) sodik kayaları $(Na_2O-2) > K_2O$, Potasik kayaları ise $(Na_2O-2) < K_2O$ olarak sınıflandırmaktadır. Middlemost (1975) ise potasik kayaları $0.5 < K_2O/Na_2O < 2$ ise potasik; $K_2O/Na_2O > 2$ ise ultrapotasik olarak sınıflandırmaktadır. Haydarlı volkanitleri de bu sınıflama özelliklerine göre değerlendirilmiştir (Şekil 4.3). Bu diyagrama göre bazaltik örneklerin çoğunlukla “Sodik” alanda kaldıkları fakat bazı örneklerin ise “potasik” karakter gösterdikleri, trakiandezit ve trakit grubu örneklerin ise potasik alanda kaldıkları gözlenmektedir. Tefri fonolit, fonolit örnekleri, bazaltik dayk örnekleri ile lamproit grubu örneklerin ise “ultrapotasik” karakter gösterdikleri gözlenmektedir.



Şekil 4.3: Haydarlı volkanik kayalarının K₂O-Na₂O diyagramı (Middlemost, 1975).

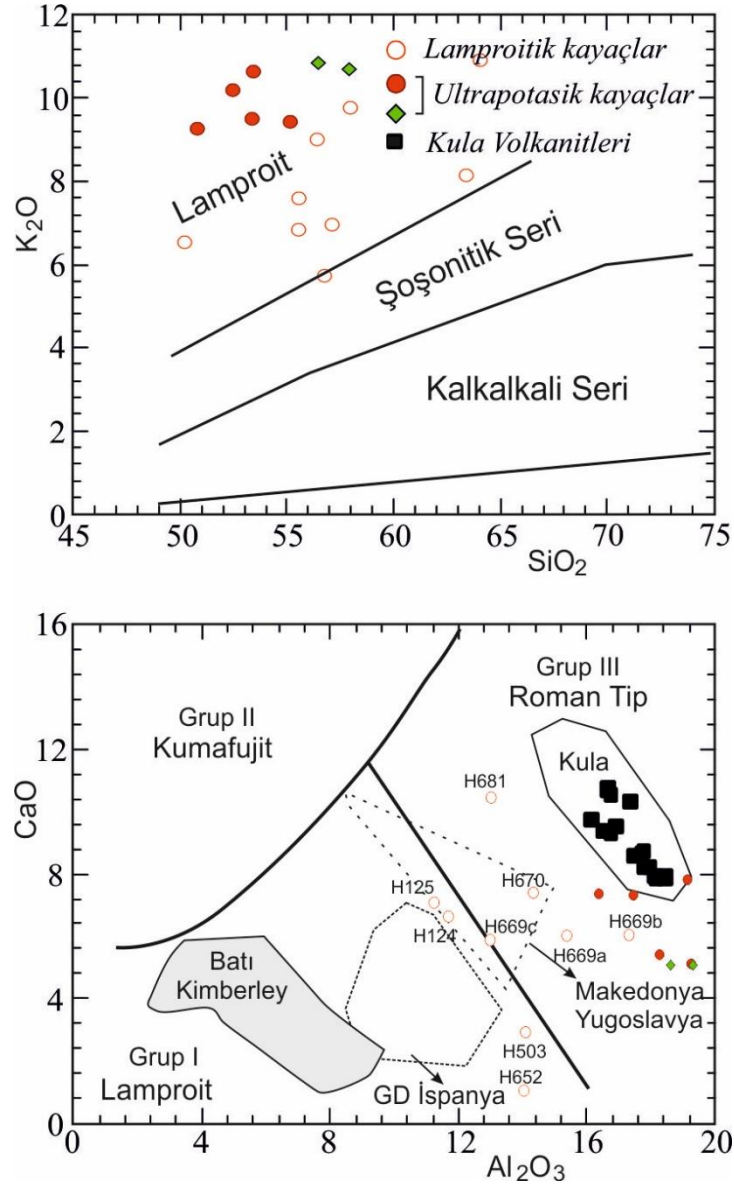
Haydarlı volkanitlerinin ultrapotasik olup olmadıklarını değerlendirmek için K₂O/Na₂O – MgO diyagramı çizilmiş ve K₂O/Na₂O ve MgO içeriklerine göre sınıflandırılmıştır (Şekil 4.4). Örneklerin K₂O/Na₂O içeriklerinin 2 'den büyük - küçük olmasına göre iki gruba ayrıldıkları görülmüştür. K₂O/Na₂O >2 örnekler de kendi aralarında MgO içeriklerine göre iki gruba ayrılmaktadır. Lamproit karakterli olan örneklerin yüksek K₂O/Na₂O >2 ve MgO>3 oranlarından dolayı ultrapotasik/lamproitik karakterde oldukları görülmektedir. Lössitik ve fonolitik kayaçların ise K₂O/Na₂O >2 ve MgO içeriklerinin %3'den küçük olduğu görülmektedir. Bu özelliklerinden dolayı lamproitik olamayacakları fakat ultrapotasik olarak sınıflandırılmıştır. K₂O/Na₂O <2 örneklerde kendi arasında MgO içeriklerine göre iki gruba ayrılmaktadır. Bazaltik kayaçlar, bazaltik dayklar ve trakiandezit bileşimli kayaçlar K₂O/Na₂O <%2 ve MgO>3 içeriklerinden dolayı Sodik-Potasik Kayaçlar, trakit örnekleri ise K₂O/Na₂O <%2 ve MgO<3 içeriklerinden ve silisçe doymun özellik göstermelerinden dolayı diğer gruplardan ayrıldıklarından dolayı potasik kayaçlar olarak sınıflandırılmışlardır (Şekil 4.4).

Lamproitik Kayaçlar	Lamproit	$K_2O/Na_2O > 2$	$MgO > 3$
Ultrapotasik kayaçlar	Lösitit	$K_2O/Na_2O > 2$	$MgO < 3$
	Fonolit	$K_2O/Na_2O > 2$	$MgO < 3$
Sodik-Potasik Kayaçlar	Bazalt	$K_2O/Na_2O < 2$	$MgO > 3$
	Bazaltik Dayk	$K_2O/Na_2O < 2$	$MgO > 3$
	Trakiandezit	$K_2O/Na_2O < 2$	$MgO > 3$
Potasik Kayaçlar	Trakit	$K_2O/Na_2O < 2$	$MgO < 3$



Şekil 4.4: Haydarlı volkanik kayaların K₂O/ Na₂O - MgO diyagramı.

Benzer şekilde ultrapotasik kayaçların sınıflandırmasını yapmak üzere K₂O-SiO₂ ve CaO-Al₂O₃ (Foley ve diğ. 1987) diyagramı üzerindeki değerlendirmeleri yapılmıştır (Şekil 4.5). K₂O-SiO₂ diyagramında örneklerin lamproit alanına düştükleri görülmektedir (Şekil 4.5a). Foley ve diğ. (1987) tarafından yapılan CaO-Al₂O₃ sınıflamasına göre lamproit olan kayaların 4 tanesinin lamproit alanında kaldığı diğer dördünün ise grup III (Roman tip: aktif orojenik zon) olarak sınıflandırılabilir (Şekil 4.5b; Mitchell ve Bergman, 1991). Birinci ve üçüncü evre fonolitik kayaçların incelenmesi sonucunda hepsinin Roman Tip alanında kaldığı gözlenmektedir.

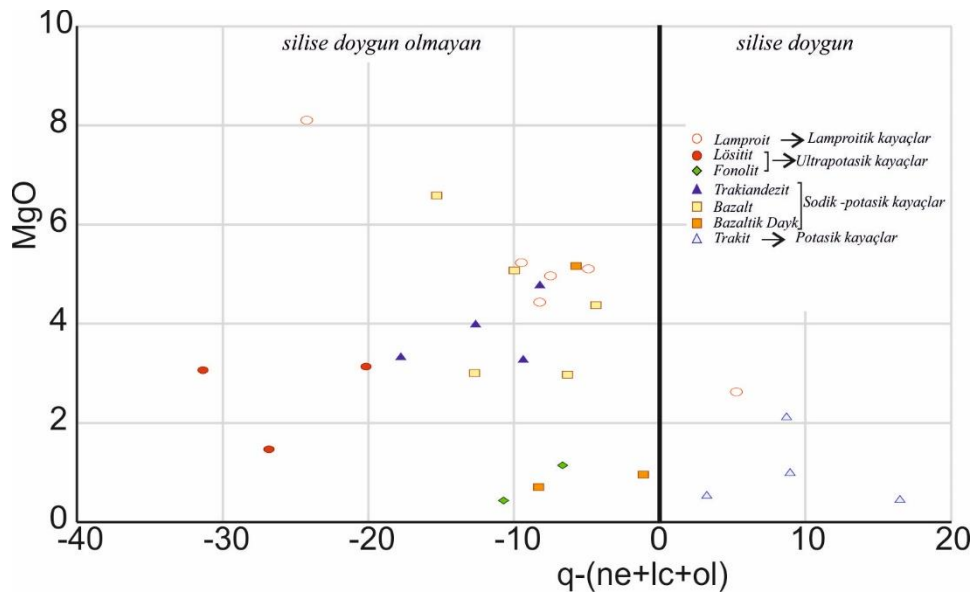


Şekil 4.5: Çalışma alanı birinci evre volkanitlerinin sınıflama diyagramları. a) K₂O - SiO₂ diyagramı (Le Maitre, 2002) b) CaO - Al₂O₃ diyagramı (Foley ve diğ. 1987).

Ayrıca tüm örneklerin CIPW normları hesap edilerek sınıflaması yapılmıştır (Tablo 2). Bu normlara göre örnekler silisçe doygunluklarına göre ayrılmaktadırlar. Bunlar silisçe doygun olanlar (Q-normativ) ve silisçe doygun olmayanlar (feldispatoid normativ) şeklindedir. Q normativ kayaç olarak sadece trakit örnekleri gözlenmektedir. Bu örneklerin Q ($q-(ne+lc+ol)$) >3.24 olarak görülmektedir. Diğer tüm örnekler silise doygun olmayan (nefelin normativ) alanda çıkmaktadır (Şekil 4.6).

Tablo 4.5: Haydarlı volkanitlerinin CIPW normları

	Q	Ab	An	Or	Ne	Lc	C	Di	Hy	Ol	Au	İl	Mt	Ap	Zr
H125	0.00	14.24	0.00	46.51	0.00	0.00	0.00	18.26	6.79	4.88	1.10	2.50	0.83	4.81	0.09
H503	5.27	26.10	0.18	49.00	0.00	0.00	0.00	8.71	6.82	0.00	0.00	1.55	0.73	1.52	0.12
H669A	0.00	10.46	8.96	54.23	0.45	0.00	0.00	13.23	0.00	7.78	0.00	1.94	0.93	1.86	0.15
H669C	0.00	8.38	0.00	59.60	1.18	0.00	0.00	19.07	0.00	6.31	0.41	1.85	0.65	2.43	0.13
H670	0.00	17.23	7.34	41.38	2.09	0.00	0.00	18.64	0.00	7.39	0.00	2.35	0.98	2.46	0.14
H681	0.00	0.00	8.51	31.26	7.25	6.82	0.00	28.57	0.00	10.15	0.00	2.98	1.16	3.13	0.18
H-145	0.00	0.00	9.78	46.22	6.45	8.81	0.00	19.01	0.00	4.89	0.00	1.92	1.20	1.58	0.13
H-506	0.00	0.00	10.63	44.84	6.95	15.77	0.00	13.29	0.00	4.08	0.00	2.40	1.30	0.57	0.16
H-693	0.00	0.00	11.74	34.45	5.09	21.57	0.00	17.80	0.00	4.69	0.00	2.05	1.12	1.36	0.13
H-505	0.00	4.06	13.33	64.17	5.27	0.00	0.00	9.73	0.00	1.37	0.00	0.94	0.63	0.35	0.15
H-667	0.00	0.00	10.80	63.53	7.65	1.33	0.00	12.13	0.00	1.77	0.00	1.30	0.98	0.33	0.19
H-102	8.96	36.24	10.73	31.77	0.00	0.00	0.00	2.51	6.77	0.00	0.00	1.29	0.78	0.87	0.08
H-513	16.50	38.07	8.24	31.27	0.00	0.00	0.30	0.00	4.16	0.00	0.00	0.69	0.46	0.26	0.06
H-676	8.73	37.57	10.23	32.85	0.00	0.00	0.00	1.38	6.56	0.00	0.00	1.20	0.72	0.70	0.08
H-175	3.24	33.55	11.15	43.55	0.00	0.00	2.42	0.00	4.60	0.00	0.00	0.73	0.50	0.17	0.10
H169	0.00	12.39	15.51	22.45	7.57	0.00	0.00	31.97	0.00	5.07	0.00	1.87	1.21	1.88	0.08
H645	0.00	25.33	21.16	17.03	0.00	0.00	0.00	19.78	3.22	8.21	0.00	1.92	1.30	1.97	0.08
H680	0.00	20.48	25.45	24.36	0.94	0.00	0.00	15.02	0.00	8.41	0.00	2.63	1.36	1.28	0.06
H691B	0.00	9.26	16.62	28.86	10.10	0.00	0.00	21.96	0.00	7.65	0.00	2.17	1.36	1.95	0.08
H641	0.00	31.19	16.68	12.03	1.26	0.00	0.00	25.09	0.00	8.71	0.00	1.84	1.26	1.87	0.08
H656	0.00	19.80	30.23	15.23	0.00	0.00	0.00	18.45	6.32	4.37	0.00	2.70	1.43	1.42	0.06
H678	0.00	25.95	20.33	14.06	6.67	0.00	0.00	19.87	0.00	8.61	0.00	1.89	1.17	1.40	0.06
H685	0.00	20.97	31.59	18.66	0.00	0.00	0.00	3.74	12.21	6.31	0.00	3.36	1.76	1.35	0.05
H691	0.00	18.88	27.73	12.68	0.96	0.00	0.00	22.28	0.00	11.74	0.00	2.55	1.52	1.60	0.05
H514	0.00	20.61	21.70	26.93	0.00	0.00	0.00	15.51	4.28	5.72	0.00	2.53	1.20	1.45	0.06
H516	0.00	19.95	29.48	25.77	0.00	0.00	0.00	5.08	13.47	1.11	0.00	2.43	1.38	1.25	0.07
H671	0.00	10.02	25.87	26.22	1.19	0.00	0.00	23.59	0.00	7.11	0.00	2.82	1.27	1.85	0.06



Şekil 4.6: Haydarlı volkanitlerinin silise doygunluk oranlarını veren MgO-normativ q-(ne+lc+ol) diyagramı.

4.2 Ana ve iz element jeokimyası

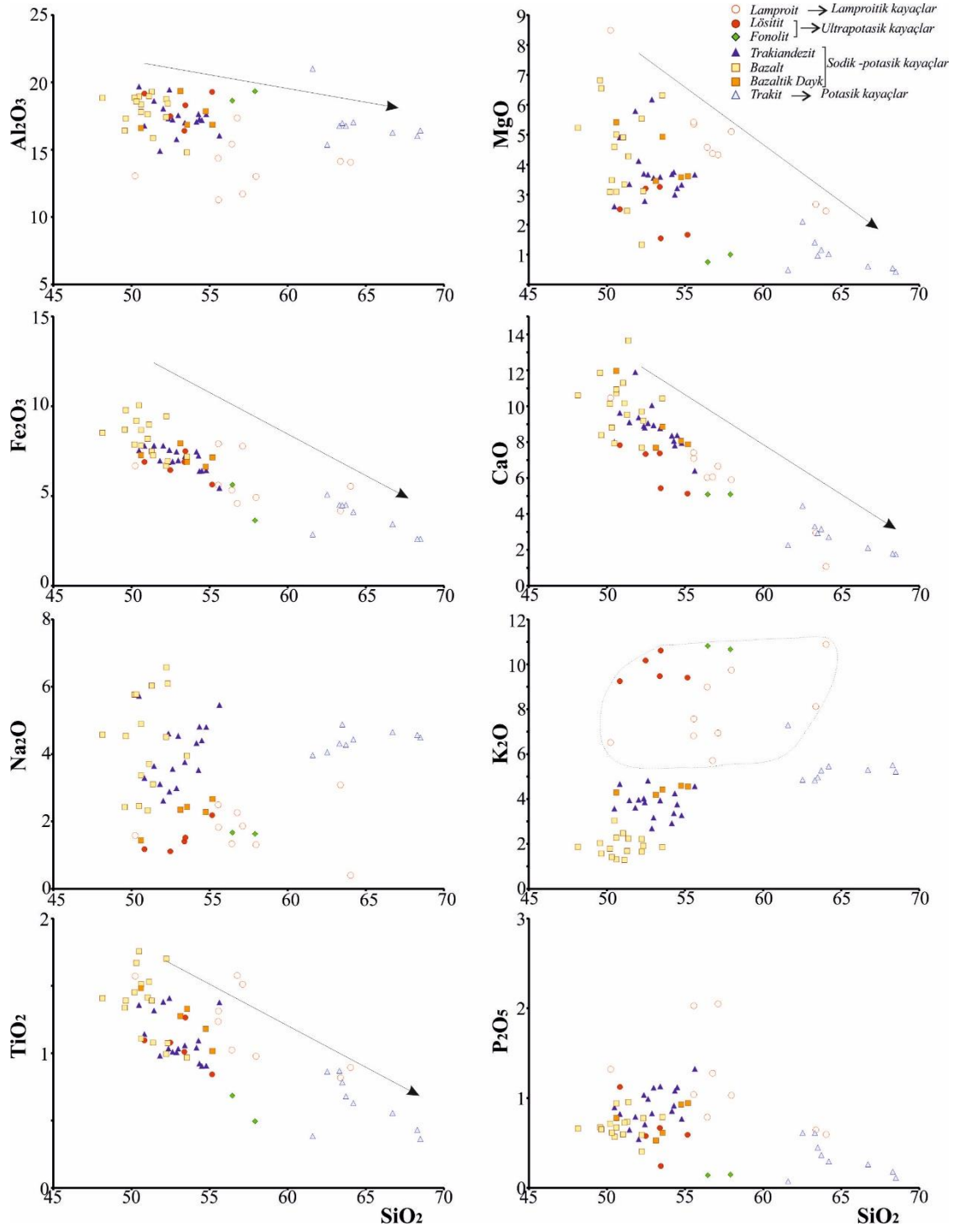
Lösitit bileşimli kayaçların SiO₂ içerikleri (%50-54) arasında değişmekte olup bazik-ortaç bileşimlerindedir. Fonolit içerikli kayaçların ise (%52-55) oranında SiO₂ içerdikleri ve ortaç karakterli olarak sınıflandıkları görülmektedir. Trakitlerin SiO₂ içerikleri bölgedeki diğer volkanik birimlere göre çok yüksek olup %59-67 arasında değişmektedir. Bu değerler örneklerin asidik ve ortaç karakterli olduklarını göstermektedir. Trakiandezit bileşimli örneklerin ise SiO₂ içerikleri %49-56 arasında geniş bir aralıkta değişmektedir. Bu değerler örneklerin büyük oranda ortaç bazı örneklerinde bazik ve asidik karakter gösterdiklerini göstermektedir. Bazalt grubu örneklerin ise SiO₂ değerleri %45-50 arasında değişmekte olup bazik karakterli oldukları görülmektedir. Dayk örneklerinin de SiO₂ içerikleri %48-53 arasında değiştiği bu açıdan örneklerin bazik bileşimli oldukları görülmektedir.

Lamproit bileşimli kayaçlarda kendi aralarında iki farklı dağılım gösterdikleri görülmektedir. Lamproit alanına düşen örneklerin SiO₂ içeriklerinin %52-62 arasında değiştiği ve bazik-ortaç karakterde oldukları, Roman tip olarak sınıflanan örneklerin ise SiO₂ içeriklerinin %48-56 oranında olduğu onlarında bazik-ortaç karakterde oldukları belirlenmiştir. Lamproit örneklerin K₂O ve MgO içerikleri ortalaması sırasıyla %8.05 ve %3.55 arasında olup Mg# ise %53.1 değerlerindedir. Roman tip örneklerin ise K₂O ve MgO içerikleri ortalama sırasıyla %7.27 ve %5.37 arasında olup Mg# ise % 66.6 değerlerindedir. Kayaların K₂O / Na₂O oranları da yüksek olup %2.53–7.46 arasında değişmektedir. Jeokimyasal karakterlerine göre silisçe zengin Akdeniz tipi lamproitleri olarak adlandırılabilirler (Mitchell ve Bergmann, 1991; Prelevic ve diğ. 2005).

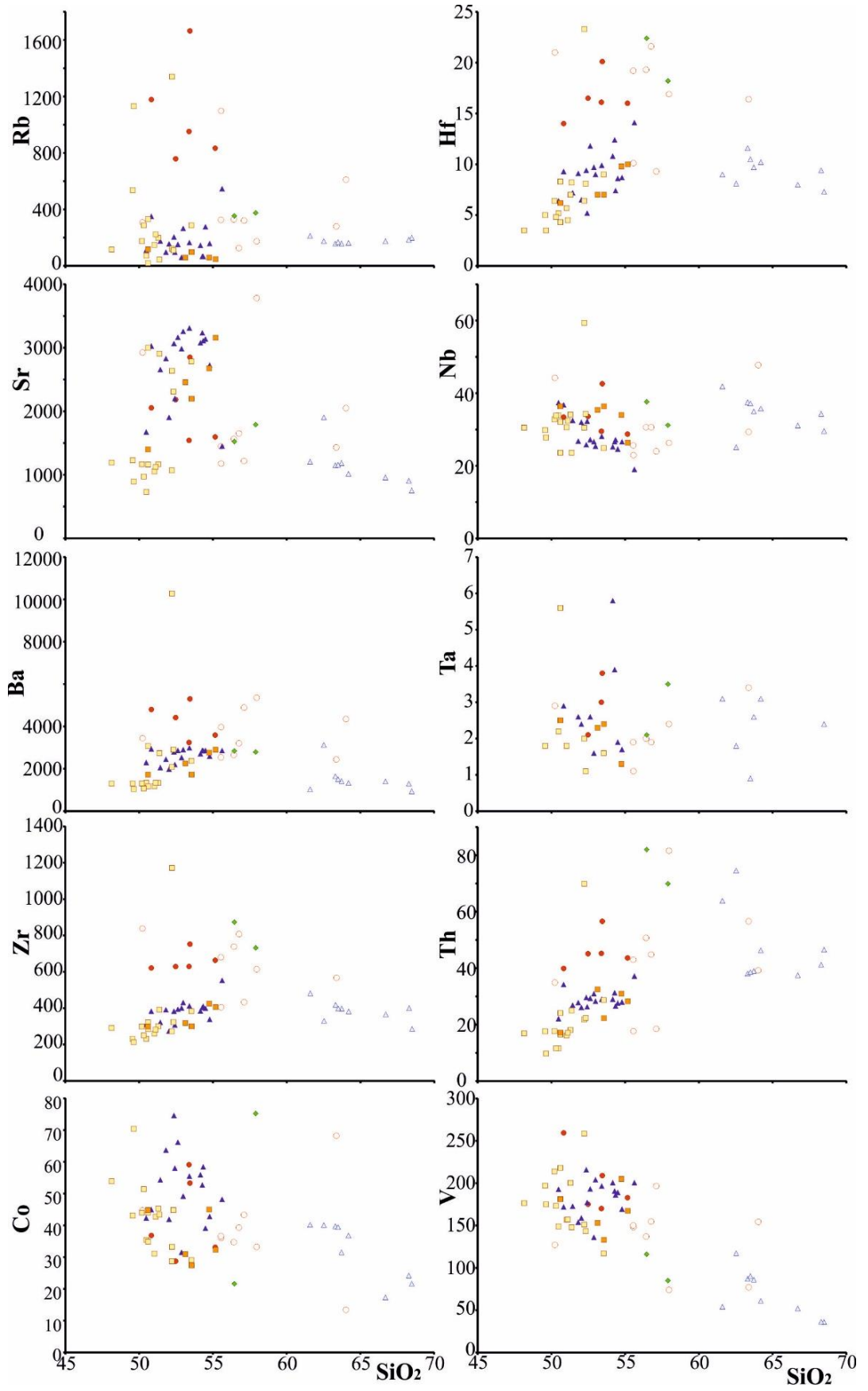
Haydarlı volkanitlerinin SiO₂'ye karşı ana oksit ve iz elementlerindeki değişimler kayaçlarda gözlenen ana fenokristal fazlarının ayrılaşması ile ilişkilidir. Volkanik kayaların kimyasal analizlerini sağlıklı bir şekilde yapabilmek için, ana element oksit içerikleri yanında iz element içeriklerini de iyi bilmek gerekmektedir. Çünkü kayalar, alterasyon, devitrifikasyon vb. gibi olaylarından dolayı bazı element hareketlenmelerine maruz kalabilmektedir. Bilindiği gibi, serizitleşme kuvvetli K, Rb, ve Ba, kloritleşme orta derecede Mg zenginleşmesi ile karakterize olmaktadır (Hart ve Gaetani, 2006). Bazı çalışmacılar, Na ve K'un mobilitesinin alterasyon sebebiyle

artabileceğini ve bu yüzdede SiO₂ zenginleşmesi ortaya çıkabileceğini belirtmişlerdir (Semiz 2011).

Silisce doygun kayalar (bazalt, trakiandezit, trakit), Al₂O₃, MgO, Fe₂O₃, CaO, TiO₂, Sr, Y, V karşı SiO₂ diyagramlarında ise düzenli negatif ilişki göstermektedir. P₂O₅ karşı SiO₂ diyagramlarında önce bazaltik kayalardan trakiandezitlere doğru hafif bir artış ve ardından trakitik kayalara doğru eğimli bir azalış gözlenmektedir. K₂O, Rb, Hf, Th, Zr, Nb, Ta, - SiO₂ diyagramında ise pozitif ilişki göstermektedir. Ayrıca Ba içerikleri açısından ilk önce hafif bir artış sonrasında nispeten negatif bir eğilim gözlenmektedir (Şekil 4.7 ve 4.8). Silisçe fakir (ultrapotasik kayalar) örneklerinin değerlendirilmesi sonucunda Lamproitlerin ve fonolitik kayaların %MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃, ve CaO'a karşı %SiO₂ diyagramlarında ise düzenli negatif ilişki vardır (Şekil 4.7). Çoğu iz element içeriklerinin belirgin şekilde yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.7: Haydarlı volkanitlerinin majör element Harker diyagramları.



Şekil 4.8: Haydarlı volkanitlerinin izelement Harker diyagramları (simgeler 4.7’de verilmiştir).

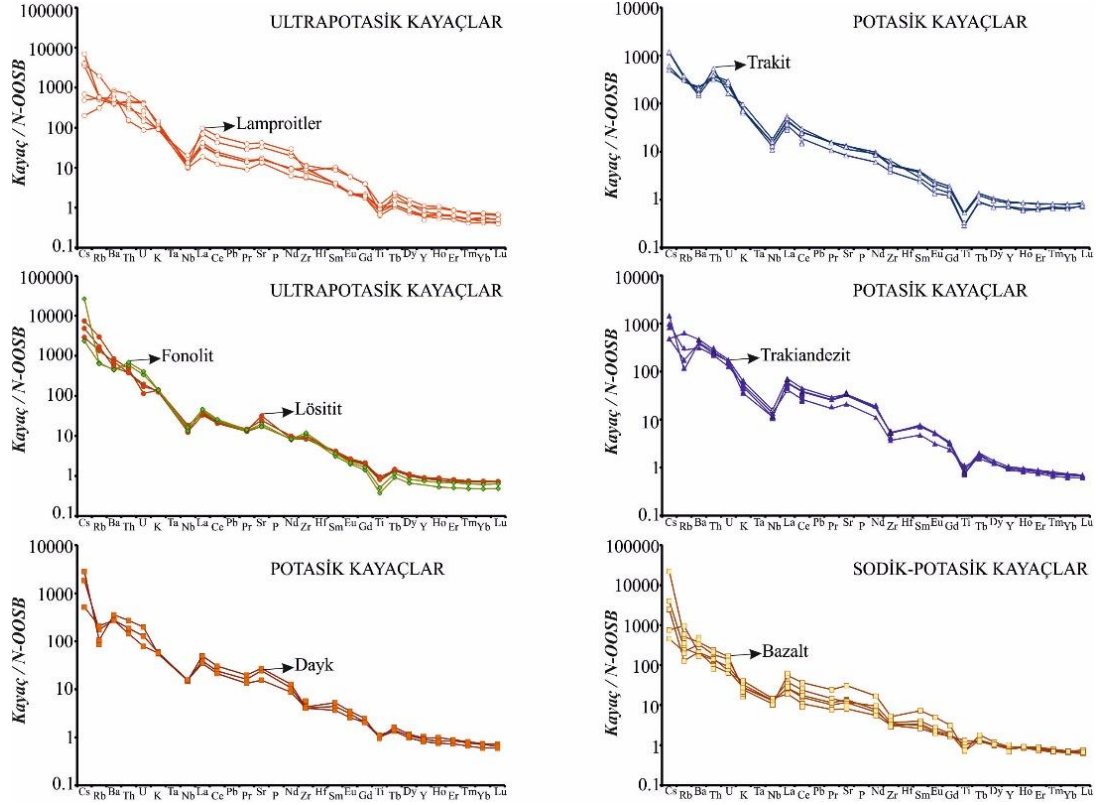
Harker diyagramlarına göre, SiO_2 artmasına karşın MgO , CaO , Al_2O_3 azalması önemli ölçüde piroksen ve plajiyoklas ayrımlaşması ile ilişkilendirilmektedir. Klinopiroksen ve plajiyoklas magmanın soğuması esnasında kabuk içindeki magma odasında meydana gelen önemli kristalleşmedir. SiO_2 artmasına karşın Al_2O_3 azalması aynı zamanda özellikle andezitik kayalarda hornblend ayrımlaşması ile de ilişkilendirilmektedir. Fakat hornblendlerin kalkalkali karakterli volkanik kayaların önemli bir ayrımlaşma fazı olduğu bilinmektedir (Temizel ve diğ. 2005). Bu açıdan Haydarlı volkanitlerinde etkin olmadığı düşünülmektedir. Ayrıca, belirgin SiO_2 artmasına karşın Fe_2O_3 ve TiO_2 azalması da manyetit ayrımlaşmasına işaret etmektedir. SiO_2 ye karşı P_2O_5 içeriğinin pozitif korelasyonu muhtemelen bu elementin kirlenme ve/veya magma karışımı ile zenginleştiklerini, negatif eğilim ise apatit ayrımlaşması ile açıklanabilmektedir.

Ana oksit ve iz element değişim diyagramlarında gözlenen bu ilişkiler volkanik kayaların gelişiminde klinopiroksen, plajiyoklas ve manyetit ayrımlaşmasının önemli ölçüde rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca, tüm incelenen örneklerde gözlenen SiO_2 artışına bağlı olarak uyumsuz element (Ba, Rb, Th) içeriklerinin artması ve uyumlu element (Sr, Zr) içeriklerinin azalması fraksiyonel kristallenme süreçleri ile açıklanabilmektedir. Bu durum kayaların bir ana magmadan fraksiyonel kristalleşmeyle türemiş olabileceklerini, ancak bunun kayaların gelişiminde ana magmatik olay olmadığını ve diğer magmatik olayların (magma karışımı, kabuk kirlenmesi v.b) da rol oynadığına işaret etmektedir.

4.3 Çoklu element içerikleri

Haydarlı volkanit örneklerinin Normal Okyanus Ortası Sırtı Bazaltlar (N-OOSB)'a normalize edilmiş çoklu element motifleri gösterilmektedir. Bu diyagramlarda ultrapotasik kayalar N-OOSB'la ilişkili büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerde ve hafif nadir toprak elementlerde seçici bir zenginleşme göze çarpmaktadır (Şekil 4.9). Örnekler yakınındaki büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerde ve hafif nadir toprak elementlerde ilişkili olarak yüksek alan enerjili

elementlerde (özellikle Nb ve Ti) negatif anomoliler vermektedir. Fonolit örneklerindeki Ti anomalisi Lössitit örneklerine göre daha fazla olup belirgin şekilde farklılık göstermektedir. Ayrıca örnekler az olarak da ağır nadir toprak elementler açısından tüketilme söz konusudur.



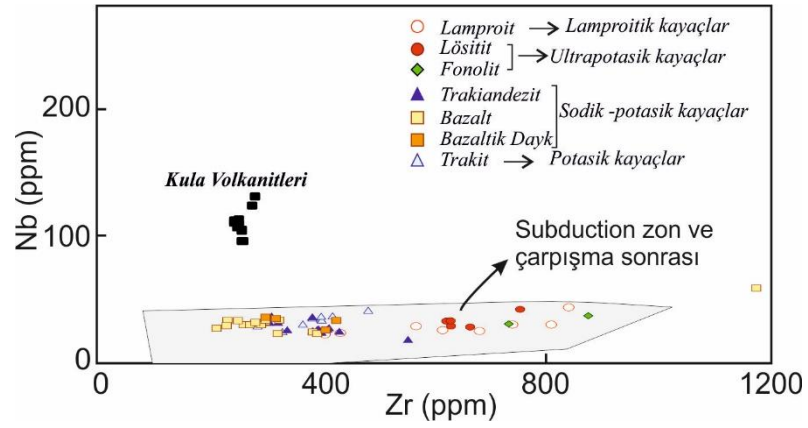
Şekil 4.9: Volkanik kayaların N-OOSB'a göre normalize edilmiş çoklu element diyagramları (Sun ve McDonough, 1989).

Dayk örnekleri, N-OOSB'a göre normalize edilmiş çoklu element diyagramlarında büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerde ve hafif nadir toprak elementlerinde elementlerinde zenginleşme gözlenmektedir (Şekil 4.9e). N-OOSB değerleri ile ilişkili Nb, Ti ve Rb elementinde tüketilme gözlenmekte negatif anomali görünümüne sebep olmaktadır. Trakit örnekleri, N-OOSB'a göre normalize edilmiş çoklu element diyagramlarında büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerde ve hafif nadir toprak elementlerinde elementlerinde zenginleşme gözlenmektedir (Şekil 4.9d). N-OOSB değerleri ile ilişkili Nb ve Ti elementinde belirgin tüketilme gözlenmektedir. Ba ve Rb elementlerinde de tüketilmeler göze çarpmaktadır. Trakiandezit örneklerinde ise belirgin bir Zr tüketilmesi göze çarpmaktadır. Bazalt grubu örneklerde ise Ti ve Nb tüketilmelerinde hafif bir negatiflik görülmektedir.

Sonuç olarak, volkanitlerin büyük iyon yarıçaplı litofil elementler bakımından aşırı derecede zenginleşmesi (Cs, Ba, Rb, Th, K vb.) kabuk kirlenmesi ve/veya magma karışımının varlığına işaret edebilir şekilde yorumlanabilir. Magma karışımının varlığı olarak petrografik gözlemlerdeki kemirilme dokuları, elek dokuları ve kapanımlarda bu görüşü desteklemektedir. Nb bakımından fakirleşmesi ise, kayaların ana magmasının gelişiminde yitim bileşenlerinin etkili olduğu şeklinde yorumlanmaktadır (Pearce, 1983). Ayrıca, Ba, Sr, elementlerince aşırı zenginleşme göstermeleri bu kayaçların kökeninde manto metazomatizmasının etken olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Çünkü bazik bileşimli lösitli kayaçların kıtasal kabuğun karakteristiği olan Ba, Sr gibi elementlerce zengin olmaları, uyumsuz bir olay olup olarak bilinmektedir. (Özgün, 2002). Haydarlı volkanitlerin, tüm ürünlerin iz element çoklu diyagramlarında gösterdikleri benzer desenler kökenlerinin aynı olduğunu düşündürmektedir (Şekil 4.9). Değişikliklerin, kaynağın kısmi ergime derecesindeki değişiklikler, eriyiğin sıcaklık ve viskozitesi, kabukta kalma süresi, asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme oranı, kabuksal kirlenmenin ve yitim etkisi, magma karışımı gibi sebeplerle meydana gelmiş olabileceği düşünülmektedir (Semiz, 2011). Ayrıca, Eu negatif anomalisinin olmaması plajiyoklas mineralinin fraksiyonlanması önemli bir rol oynamadığını göstermektedir.

4.4 Tektonik ortam

Hareketsiz iz elementlerden (Ti, Zr, Y, La, Hf, Nb) oluşturulan ayırtman diyagramları volkanik kayaların olduğu tektonik ortamları belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Pearce ve Cann, 1973; Pearce ve Norry, 1979; Wood, 1980; Meschede, 1986; Cabanis ve Lecolle, 1989). Nb-Zr diyagramında örnekler belirgin bir korelasyon göstermekte (Şekil 4.10) ve bu karakteristiklerine göre yitim zonu veya çarpışma sonrası ortamları ile ilişkili oldukları söylenebilir (Pearce, 1982).



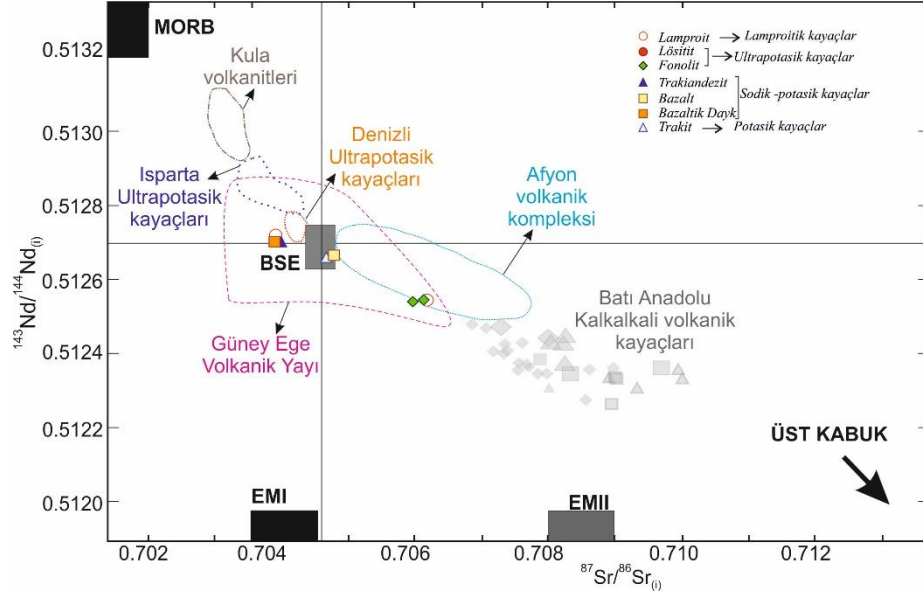
Şekil 4.10: Volkanitlerin Nb-Zr tektonik ortam diyagramı (Pearce, 1982).

Th/Y-Nb/Y ve Ti/Y-Nb /Y (Seyitoğlu ve diğ. 1996) diyagramlarında plaka içi eğilime doğru dalma batma olayının manto zenginleşmesinde etken olduğu gözlenmektedir

4.5 İzotop analizleri

Haydarlı volkanitlerine ait 8 adet örnek üzerinde izotop analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonucunda, lamproitlerin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları 0,703924-0,706194 arasında, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotop oranları ise 0,512722-0,512548 arasında değişmektedir. Fonolitlerin ise $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları 0,706148-0,705984 arasında, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotop oranları ise 0,512549-0,512544 arasında değişmektedir (Tablo 2). Trakit, trakiandezit, bazalt ve bazaltik dayk örneklerinin izotop oranları sırasıyla, 0,704686, 0,704009, 0,704800, 0,703908 ve 0,512663, 0,512704, 0,512668, 0,512704 şeklindedir (Şekil 4.11).

Haydarlı volkanitlerine ait ultrapotasik kayaçların Sr ve Nd izotop oranları, Afyon ve civarındaki yüksek K'lu ve ultrapotasik volkanik kayaçların Sr-Nd izotop oranları ile benzerlik sunmaktadır (Innocenti ve diğ. 2005; Dilek ve Altunkaynak, 2010; Prelevic ve diğ.. 2012, 2015; Bilgiç ve diğ. 2020). Silikaca doymun olan volkanik kayaçlar ise Afyon volkanik kompleksi kayaçları ile karşılaştırıldığında (Prelevic ve diğ. 2015), Bazaltik dayk ve trakiandezit türü olanların Denizli ultrapotasik kayaçları alanına yakın kesimde olabilecekleri trakit ve bazalt türü kayaçların ise Afyon volkanik kompleksinin en uç kesiminde yer alan kayaçlarla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.



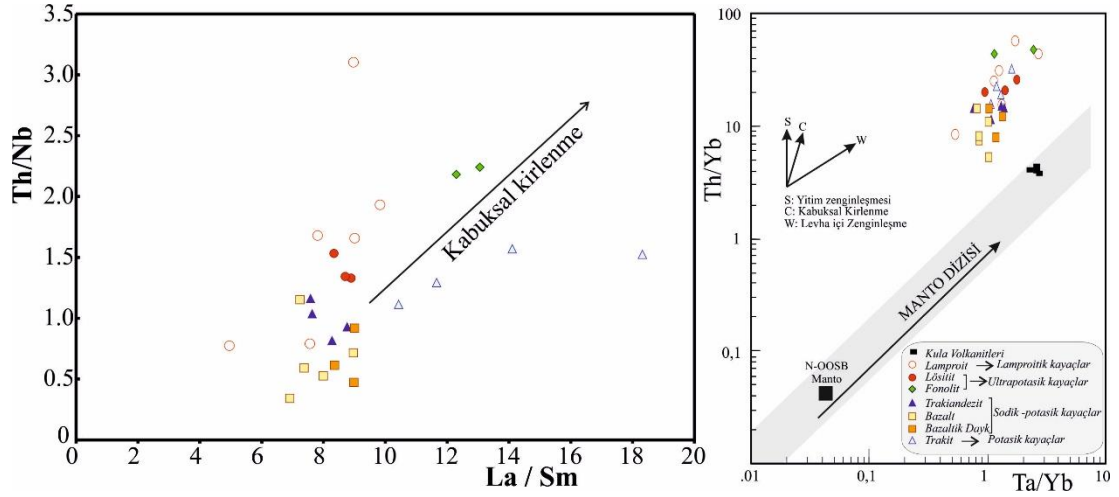
Şekil 4.11: Haydarlı volkanitlerinin izotop analizleri.

4.6 Petrojenetik yorum

Haydarlı volkanitlerine ait kayalar trakit türü silisçe doymuş kayalar ile ultrapotasik bileşimli fonolit, lösit ve lamproit türü ile trakibazalt'tan, bazaltik trakiandezite değişen silisçe fakir kayalardan oluşmaktadır. Kayaların az kısmı sodik (sadece bazaltik kayalar), çoğunluğu potasik ve ultrapotasik karakterlidir ve jeokimyasal olarak farklı yönelimler sergiledikleri belirlenmiştir. Okyanus ortası sırtı bazaltlara normalize edilmiş çoklu element diyagramlarında Haydarlı volkanitleri bazı element içerikleri bakımından farklı derecelerde zenginleşmiş ve/veya tüketilmiştir.

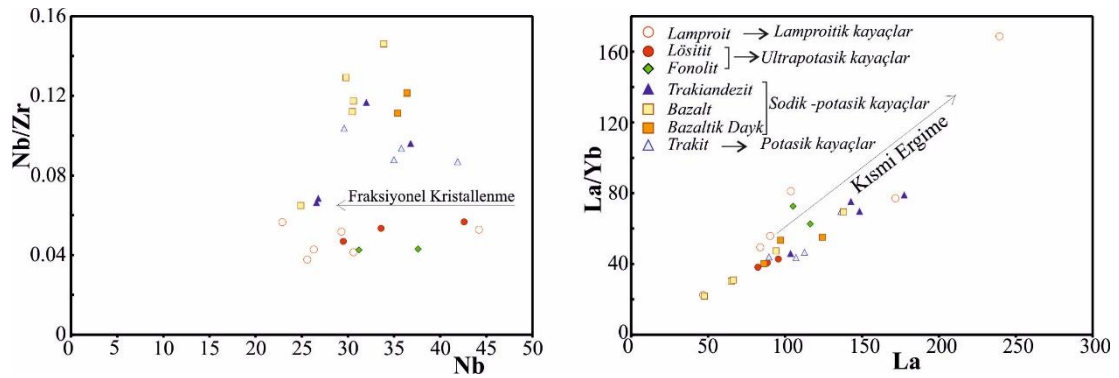
Haydarlı volkanitlerine ait kayaların bazikten asidiğe kadar değişen mineralojik ve jeokimyasal özellikleri, silisçe doymuş ve doymuş olmayan kayaların kendi içerisinde fraksiyonel kristallenme ve kirlenme gibi süreçleri yaşadığına işaret etmektedir (Şekil 4.12a). La/Sm'ye karşı Th/Nb değişim diyagramında artan La/Sm oranına karşı Th/Nb oranı tüm birimlerde yükselmektedir. Bu durum Haydarlı volkanik kayalarındaki Th/Nb artışı kabuksal kirlenme veya magma karışımı olaylarının rolüne işaret etmektedir. Benzer durum Afyon volkanik kompleksinde yer alan Emirdağ ve İşçehisar volkanitleri içinde söz konusudur (Bilgiç ve diğ. 2020). Th/Yb - Ta/Yb diyagramında artan Th/Yb oranları, manto kaynağın yitim ilişkili solüsyonlar tarafından metasomatize edildiğini göstermektedir. Th/Nb oranlarının

ultrapotasik kayalarda daha yüksek olması nedeniyle, yitim ilişkili katkının bu kayaların oluşumu sırasında daha yüksek oranlarda gerçekleştiği düşünülmektedir (Şekil 4.12b)



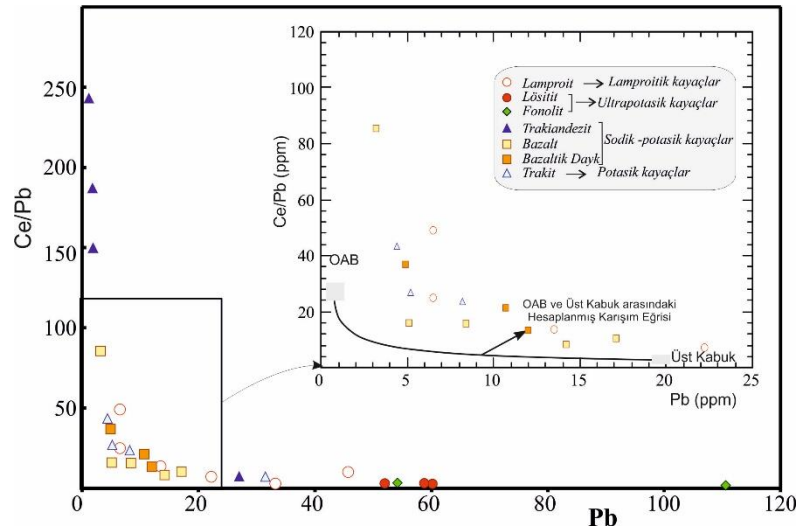
Şekil 4.12: Th/Nb-La/Sm ve Th/Yb-Ta/Yb diyagramları.

Nb-Nb/Zr ve La-La/Yb diyagramları kısmi ergime ile üretilen magmatik sıvının fraksiyonel kristalleşme süreçlerini incelemek açısından sağlıklı veriler verdiği bilinmektedir (Semiz, 2011). Nb-Nb/Zr diyagramında silişe fakir kayaların fraksiyonel kristallenme ile olan ilişkisi net şekilde görülmektedir. Ayrıca, silişe fakir ve silişe zengin olan kayaların ayrımı net şekilde görülmekte olup silişe zengin kayaların kısmi ergime ile kristallenmeleride görülmektedir. La-La/Yb diyagramında ise tüm örneklerin kısmi ergime ile kristallenme yönsemesi de belirgin şekilde görülmektedir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13: Nb-Nb/Zr ve La-La/Yb diyagramları.

Volkanik kayalar üzerindeki asimilasyon fraksiyonel kristallenme ilişkisini ortaya koyan diyagramlardan biriside Ce/Pb-Pb diyagramı olduğu yaygın olarak bilinmektedir (Semiz, 2011). Ce/Pb oranının düşük olması kabuksal kirlenme için önemli bir özelliktir. Pb ise kabuksal kayalarda manto kayalarına göre daha fazla bulunmaktadır. Şekil 4.14’de OAB ile üst kabuk arasındaki karışım eğrisi görülmektedir. Bu diyagramda tüm örnekler karışım eğrisinin üzerinde çıktığı belirgin şekilde görülmektedir. Özellikle trakiandezit bileşimli örneklerin çok yüksek Ce/Pb içerdikleri ve lösit ve fonolit türü kayaların ise çok yüksek Pb içerdikleri görülmektedir. Bu durumda trakiandezit örneklerinde kabuksal katkının yok denecek kadar az olduğu ve fonolit türü kayalarda ise kabuksal katkının olduğu şeklinde yorumlar yapılmıştır.



Şekil 4.14: Volkanik kayaların Pb'ye karşı Ce/Pb diyagramı. Ortalama OAB değerleri Norman ve Garcia (1999)'dan üst kabuk değerleri ise Taylor ve Mc Lennan (1985)'den alınmıştır. İki bileşen arasındaki karışım eğrisi Langmuir ve diğ. (1978)'e göre çizilmiştir.

Tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde, Haydarlı volkanik birimlerinin oluşumu sırasında manto ve kabuk kaynağının farklı oranlardaki katkılarına işaret etmektedir. Ultrapotasik kayalar, düşük-orta $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, düşük Ce/Pb ve nispeten yüksek $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranlarına sahiptir. Yitim ile ilişkili kayalarda büyük iyon yarıçaplı element zenginleşmesinin yanı sıra Pb elementinde bir zenginleşme beklenmektedir. Ancak, çoklu element diyagramlarında silisçe zengin ve silisçe fakir olan volkanik kayalarda yitim zenginleşmesine karşılık gelebilecek bir Pb zenginleşmesi görülmemektedir. Bilindiği üzere, negatif Pb anomalisi her ne kadar astenosferik mantoyu işaret etse de volkanik birimlerdeki elementlerin davranışları,

yitim süreçleriyle oluşan metasomatik solüsyonların eklenmesi ile zenginleşmiş bir manto kaynağının varlığını desteklemektedir (Bilgiç ve diğ. 2020). Ayrıca, De Paolo ve Daley (2000), litosferik manto kaynağı için La/Nb oranını genelde 1'den büyük, astenosferik manto kaynağı için ise (~0,7) olduğunu belirlemişlerdir. Bölgedeki volkanik kayaların tümündeki La/ Nb içeriğinin >1 olması (1,10-6,02) kayaların litosferik bir kaynak ile ilişkili olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

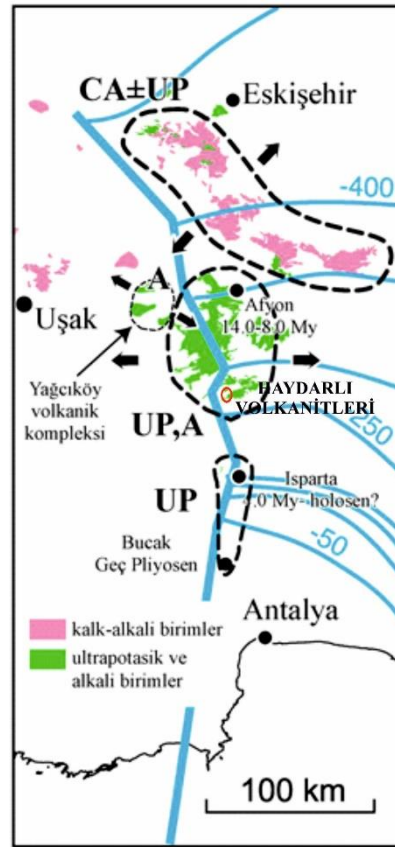
4.7 Tektono-Magmatik Evrim

Bölgedeki jeodinamik evrim devam eden bir tartışma konusu olmakla birlikte, bölgede büyük çaplı bir manto heterojenitesi olduğu kabul edilmiştir. Anadolu'da Geç Oligosen ve sonrası gelişen magmatizmayı kontrol eden jeodinamik ortamla ilgili olarak orojenik çökme ve buna bağlı litosferik delaminasyon (Aldanmaz ve diğ. 2000; Dilek ve Altunkaynak, 2009), dilim gerilemesi sonucu manto yükselimi ve litosferik incelmeye ve dilim yırtılması gibi jeodinamik modeller öne sürülmüştür (Bilgiç ve diğ. 2020 referanslar içinde). Dilim gerilemesi (roll-back) sırasında dalan dilimden gelen solüsyon ve ergiyiklerin etkisiyle ileri derecede metasomatize olan manto kaması kısmi ergimeye maruz kaldığında, K'ca zengin magmaların oluşumuna neden olur (Lustrino ve diğ. 2011). Dilim yırtılması, dilimin altında yer alan juvenil astenosferik mantonun yükselimine yol açar (Gasparon ve diğ. 2009; Miller and Lee, 2008; Russo ve diğ. 2010). Yükselen astenosferik mantonun kendisi kısmi olarak ergiyebileceği gibi, oluşturduğu yüksek ısı akısı nedeniyle litosferik manto ve alt kabukta da kısmi ergimeye neden olabilir. Bu süreçte, yüksek K'lu kalk-alkali magmatizma, dilim yırtılmasının ileri safhalarında Na'ca-zengin alkali magmatizmaya geçiş gösterir (Doglioni ve diğ. 2002; Tokçaeer ve diğ. 2005; Bilgiç ve diğ. 2020).

Batı Anadolu'da Erken-Orta Miyosen yaşlı magmatik kuşaklar, farklı bileşimlere sahip kalk-alkali, şoşonitik ve ultrapotasik karakterli volkanik kayalar ile temsil edilir. Miyosen yaşlı magmatik kayalar bazı yerlerde eş yaşlı kalk-alkali ve hafif alkali birlikteliği ile temsil edilen volkanik topluluklar olarak izlenirler. Bu kayaların yayılımları tipik olarak KD-GB doğrultulu genişleme rejimi altında geliştiği öngörülen Neojen havzaları tarafından sınırlandırılır (Erkül ve diğ. 2005a, b; Altunkaynak ve diğ. 2010; Ersoy ve diğ. 2008). Erken-Orta Miyosen boyunca Batı

Anadolu’da etkin olan volkanizma ise çoğunlukla alt kabuk ve metasomatize olmuş litosferik manto kaynaklı magmaların etkileşimlerinin ürünleridir. Bu sistem içinde gelişen volkanizmanın 12,2 My’a kadar etkin olduğu öngörülmektedir (Erkül ve diğ. 2013). 8,5 My’a kadar devam eden volkanik durgunluğun ardından Denizli, Selendi ve Kula çevresinde astenosferik katkının izlerini taşıyan alkali volkanizma etkin olmaya başlamış ve bu etkinliğini günümüze kadar devam ettirmiştir (Alıcı ve diğ. 2002; Ersoy ve diğ. 2011; Innocenti ve diğ. 2005; Yılmaz, 2010; Semiz ve diğ. 2012).

20 ile 16 My arasında gelişen kalk-alkali, şoşonitik ve ultrapotasik kayaç toplulukları Eskişehir, Afyon ve Isparta çevresinde yayılım sunmaktadır (Şekil 4.15). Kalk-alkali karakterli volkanik kayaçlar, Eskişehir’den Emirdağ’a doğru KB-GD doğrultulu bir kuşak boyunca yüzeylenmektedir (Bilgiç ve diğ. 2020). Bu kuşak boyunca aynı zamanda alkali karakterli trakidasit, trakit, bazaltik trakiandezit, ve lamproit türü kayaçlar kalk-alkali piroklastik çökelere eşlik etmektedir (Bilgiç ve diğ. 2020).



Şekil 4.15: Afyon volkanik kompleksi jeoloji haritası ve yaşların dağılımı (Bilgiç ve diğ. 2020).

Afyon volkanik kompleksi içerisinde 12 My'dan sonra yerleşen lamproitik kayalar astenosferik izler taşımaktadır (Akal ve diğ. 2013; Prelevic ve diğ. 2015) ve bu katkı güneydeki Senirkent, Isparta ve Bucak'a (Çoban ve Flower, 2006) doğru artar (Dilek ve Altunkaynak, 2010; Elitok, 2019; Bilgiç ve diğ. 2020). Bilgiç ve diğ., (2020)'ye göre "Batı Anadolu'da gelişen volkanizmanın Erken Miyosen'den itibaren bölgeyi etkisi altına alan KD-GB doğrultulu bir genişleme rejiminin kontrolünde geliştiği öngörülmektedir. Batı Anadolu'daki bu genişleme rejiminin, yitmekte olan Afrika okyanusal litosferinin güneye doğru çekilmesi (roll-back) sonucu oluştuğu önemli bir kabul görmektedir (Brun ve Sokoutis, 2010; Gessner ve diğ. 2013; Jolivet ve diğ. 2013). Yiten okyanusal dilimin geriye doğru çekilmesi, Emirdağ ve İncehisar çevresindeki litosferik manto ve kabuk katkılı orta Miyosen yaşlı şoşonitik volkanizmayı üretmiştir. Yiten dilimin geriye çekilmesi, astenosfer yükselimi tetiklediği için üzerindeki manto kamasında ısı akısının artmasına, yükselmesine ve kabuktaki genişlemeye sebep olduğu öngörülmektedir. Astenosfer yükselimi dalma-batma süreçleri sırasında metasomatize olmuş manto kamasının kısmi ergimesine yol açmış olmalıdır. Bu yükselimi aynı zamanda alt kabukta da kısmi ergimelere neden olmuş olabilir. Eş zamanlı olarak oluşan litosferik manto ve kabuk kökenli magmalar birbirini ile farklı oranlarda karışmış olabilir".

Doğan-Külahçı ve diğ. (2015) Afyon volkanitlerinin basınç değerlerinden elde edilen verilere göre ise, minerallerin kristallenme derinliği 18 -28 km arasında olduğundan ve örneklerinin mekânsal olarak birbirlerine yakın olması fakat minerallerin kristallenme derinliğinin farklı olması, Afyon volkanik kayalarının oluşumları sırasında farklı derinliklerde bulunan magma odalarından fraksiyonlanma süreciyle oluştuklarını düşündürmektedir.

Haydarlı volkanitlerine ait fonolitik ve tefrifonolitik kayalarda kabuk katkısı potasik kayalara göre daha fazla görülmektedir. Haydarlı volkanitlerine ait kayalarda ise metasomatize olmuş litosferik manto katkısı daha fazla gözlenmekte olup genişleme rejimi ile ilişkilendirilmektedir. Okyanusal dilimin yırtılması ile ilişkili kayalar ise Afyon volkanik kompleksi içinde büyük hacimlere ulaşan alkali volkanik kayalar ile temsil edilmektedir.

5. SONUÇLAR

Çalışma alanında volkanasedimanter birimler geniş alan kaplamakta olup örneklerinde gözlenen yapı, doku, renk ve volkanitler ile ilişki farklılıklarına göre beyaz pomza içerikli, gri renkli, krem renkli ve sarımsı renkte olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır. Piroklastik kayalar ise alttan üste doğru lösitit blokça ve litik bileşenlerce zengin piroklastik kayalar ve fonolitli piroklastik kayalar olmak üzere 2 seviye halinde bulunurlar.

Haydarlı volkanitleri genellikle sokulum, lav akıntıları ve dayklar şeklinde gözlenmiştir. Örneklerin büyük çoğunluğunun ultrapotasik ve yüksek K'lu alkalin özellikte olduğu belirlenmiştir. Volkanitlerin büyük iyon yarıçaplı litofil elementler bakımından aşırı derecede zenginleşmesi (Cs, Ba, Rb, Th, K vb.) kabuk kirlenmesi ve/veya magma karışımının varlığına işaret edebilir şeklinde yorumlanabilir. Nb bakımından fakirleşmesi ise, kayaların ana magmasının gelişiminde yitim bileşenlerinin etkili olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. Ayrıca, Ba, Sr, elementlerince aşırı zenginleşme göstermeleri bu kayaların kökeninde manto metazomatizmasının etken olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

Haydarlı volkanitlerine ait ultrapotasik kayaların Sr ve Nd izotop oranları, Afyon ve civarındaki yüksek K'lu ve ultrapotasik volkanik kayaların Sr-Nd izotop oranları ile benzerlik sunmuştur. Okyanus ortası sırtı bazaltlara normalize edilmiş çoklu element diyagramlarında Haydarlı volkanitleri bazı element içerikleri bakımından farklı derecelerde zenginleşmiş ve/veya tüketilmiştir.

Çalışma alanındaki kayalar üzerinde yapılan analizler sonucunda volkanik kayaların bazikten asidiğe kadar değişen mineralojik ve jeokimyasal özellikleri, silisçe doymuş ve doymuş olmayan kayaların kendi içerisinde fraksiyonel kristallenme ve kirlenme gibi süreçleri geçirdiği anlaşılmaktadır.

6. KAYNAKLAR

Akal, C., “Mineralogy and Geochemistry of Melilite Leucitites Balçıkhisar, Afyon(Turkey)”, Turkish Journal of Earth Science, 12, 215-239, (2003).

Akal, C., “K-richterite-olivine-phlogopite-diopside-sanidine lamproites from the Afyon volcanic province”, Turkey, Geol. Mag., 570-580, (2008).

Akal, C. Helvacı, C. Prelevic, D. and van den Bogaard, P., “High-K volcanism in the Afyon region, western Turkey: from Si-oversaturated to Si-undersaturated volcanism”. Int. J. Earth Science, 102, 435-453, (2013).

Aldanmaz, E. Pearce, J.A. Thirlwall, M.F. and Mitchell. J.G., “Petrogenetic evolution of late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey”, J. Volcanol. Geothermal Res.,102, 1-2, 67-95, (2000).

Alıcı, P. Temel, A. and Gourgaud, A., “Pb-Nd-Sr isotope and trace element geochemistry of Quaternary extension-related alkaline volcanism: a case study of Kula region (western Anatolia, Turkey)”, Journal of volcanology and Geothermal Research, 115, 487-510, (2002).

Besang, C. Eckhardt, F.J. Harre, W. Kreuzer, H. and Müller, P., “Radiometrische Alterbestimmungen and Neogenen Eruptivgesteinen der Türkei”, Geol. Jb., 25, 3-36. (1977)

Bilgiç Gençer, S. Tatar Erkül, S. ve Erkül, F., “Dilim Yırılması ile ilişkili yüksek potasyumlu volkanizmanın gelişimi: Orta miyosen yaşlı Emirdağ ve İncehisar (Orta Anadolu) volkanik birimlere ait petrojenetik bulgular”, MTA Dergisi baskıda, (2020).

Brun J P. and Sokoutis D., “45 m.y. of Aegean crust and mantle flow driven by trench retreat” Geology, 38, 815–8, (2010).

Cabanis, B. and Lecolle, M., “Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8: un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de mélange et/ou de contamination crustale”, Comptes Rendus Academie des Science de Paris Ser., II 309. 2023–2029, (1989).

Çoban, H. and Flower, M.F.J., “Mineral phase compositions in silica-undersaturated 'leucite' lamproites from the Bucak area”, Isparta, SW Turkey. *Lithos*, 89, 275-299, 2006.

Dilek, Y. and Altunkaynak, Ş., “Geochemical and temporal evolution of Cenozoic magmatism in western Turkey: mantle response to collision, slab break-off, and lithospheric tearing in an orogenic belt”, Geological Society, London, Special Publications 311 (1), 213-233, (2009).

Dilek, Y., Imamverdiyev, N. and Altunkaynak, Ş., “Geochemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint”, *International Geology Review*, 52 (4-6), 536-578, (2010).

Doğan-Külahcı, G. Temel, A. Gourgaud, A. ve Demirbağ, H., “Afyon Volkanik Kayaçların (Batı Anadolu, Türkiye) Mineralojik Petrografik Özellikleri ile P-T Hesaplamaları”, *Yerbilimleri*, 36-3, 137-162, (2015).

Doglioni, C., Agostini, S., Crespi, M., Innocenti, F., Manetti, P., Riguzzi, F. And Savasci, Y., “On the extension, in western Anatolia and the Aegean sea”, *J. Virtual Explor*, 8, (2002).

Elitok, Ö., “Gölcük Volkanizmasının (Isparta) Jeolojik Evrimi GB Türkiye”, Tübitak 104Y181 projesi, (2008).

Elitok, Ö. “Geology and petrology of the potassic and ultrapotassic rocks from the northern part of Senirkent (Isparta-SW Turkey): evidence of magma–carbonate wall-rock interactions”. *Arabian Journal of Geosciences*, 12 (9), (2019).

Erkül, F. Helvacı, C. and Sözbilir, H., “Evidence for two episodes of volcanism in the Bigadiç borate basin and tectonic implications for western Turkey”. *Geological Journal* 40 (5), 545–570, (2005^a).

Erkül, F. Helvacı, C. and Sözbilir, H., “Stratigraphy and geochronology of the early miocene volcanic units in the Bigadiç borate basin, Western Turkey”, *Turkish Journal of Earth Sciences* 14 (3), 227–253, (2005^b).

Erkül, F. Erkül, S.T. Ersoy, Y. Uysal, İ. and Klötzli, U., “Petrology, mineral chemistry and Sr–Nd–Pb isotopic compositions of granitoids in the central Menderes metamorphic core complex: Constraints on the evolution of Aegean lithosphere slab”, *Lithos*, 180-181, 74-91. (2013).

Ersoy, Y., Helvacı, C., Sözbilir, H., Erkül, F. and Bozkurt, “A geochemical approach to Neogene-Quaternary volcanic activity of western Anatolia: An example of episodic bimodal volcanism within the Selendi Basin, Turkey”, *Chemical Geology*, 255 (1-2), 265-282, (2008).

Ersoy, Y.E., Helvacı, C. and Palmer, M.R. “Petrogenesis of the Neogene volcanic units in the NE–SW-trending basins in western Anatolia, Turkey”, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 163(3), 379–401, (2011).

Francalanci, L. Innoventi, F. Manetti, P. and Savaşçın, M.Y., “Neogene alkaline volcanism of the Afyon-Isparta area, Turkey: petrogenesis and geodynamic implications”. *Mineralogy and Petrology*, 70, 285-312, (2000).

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

Gasparon, M. Rosenbaum, G. Wibranjs, J.R. Manetti, P., “The transition from subduction arc to slab tearing: Evidence from Capraia Island, northern Tyrrhenian Sea”, *Journal of geodynamics*, 47–1, 30–38, (2009).

Gessner, K., Gallardo, L. A., Markwitz, V., Ring, U., & Thomson, S. N. “What caused the denudation of the Menderes Massif: Review of crustal evolution, lithosphere structure, and dynamic topography in southwest Turkey”, *Gondwana Research*, 24, 243–274, (2013).

Gündoğdu, M.N., Yalcin, H., Temel, A., and Clauer, N., “Geological, mineralogical and geochemical, characteristics of zeolite deposits associated with borates in the Bigadic Emet and Kirka Neogene lacustrine basins, western Turkey”, *Mineralium Deposita*, 31, 492-513, (1996).

Hart, S.R., and Gaetani, G.A., "Mantle Pb paradoxes: the sulphide solution", *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 152, 295-308, (2006).

Helvacı, C., Stamatakis, M.G., Zagouroglu, C. and Kanaris, J., "Borate minerals and related authigenic silicates in northeastern Mediterranean late Miocene continental basins". *Exploration and Mining Geology*, 2, 171-178, (1993).

Innocenti, F., Agostini, S., Di Vincenzo, G., Doglioni, C., Manetti, P., Savaşçın, M.Y. and Tonaini, S. "Neogene and Quaternary volcanism in Western Anatolia: magma sources and geodynamic evolution", *Marine Geology*, 221-1, 397-421, (2005).

Irvine, N., and Baragar, W.R.A., "A guide chemical classification of the common volcanic rocks", *Can. Jour, Earth Sci.*, 8, 523-548, (1971).

Jolivet, L., Faccenna, C., Huet, B., Labrousse, L., Le Pourhiet, L., Lacombe, O. and Driussi, O. "Aegean tectonics: Strain localisation, slab tearing and trench retreat. *Tectonophysics*", 597–598, 1–33, (2013).

Kadir, S. ve Baş, H., "Koyunağlı (Mihalıccık-Eskişehir) neoformasyon minerallerinin dağılımı ve oluşumu", *MTA Dergisi*, 118, 93-109, (1996).

Koçyiğit, A., "Intra-plate neotectonic development in Southwestern Turkey and adjacent areas", *Bull. Geol. Soc. Turkey*, 27, 1-16, (1984).

Le Maitre R. W., (editor), Streckeisen A., Zanettin, B. Le Bas, M. J. Bonin, B. Bateman P., Bellieni G., Dudek A., Efremova S., Keller J., Lamere J., Sabine P. A., Schmid R., Sorensen H., and Woolley A. R., "Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms, Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommittee of the Systematics of Igneous Rocks", Cambridge University Press. (2002).

Lustrino, M., Duggen, S. and Rosenberg, C.L., "The Central-Western Mediterranean: Anomalous igneous activity in an anomalous collisional tectonic setting", *Earth-Science Reviews*, 104, 1-40, (2011).

Meschede, M., “A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram”, *Chem, Geol.*, 56, 207-218, (1986).

Middlemost, E.A.K., “Naming materials in the magma/igneous rock system”, *Earth-Science Reviews*, 37, 215-224, (1994).

Miller, M.S. and Lee, C.-T.A., “Possible chemical modification of oceanic lithosphere by hotspot magmatism seismic evidence from the junction of Ninety east Ridge and the Sumatra-Andamanarc”. *Earth Planetary and Science Letters*, 265, 386–395, (2008).

Mitchell, R.H., and Bergman, S.C., “Petrology of Lamproites”, Plenum Press, Newyork, 447, (1991).

Özgün Ö., “Sandıklı-Şuhut güneyi (Afyon) Haydarlı-Çiçektepe arasının jeolojisi ve petrografisi”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, (2002).

Özpınar, Y., “Petrographical and Petrochemical Investigation of Sandıklı Volcanic and Usability of this rocks as Trass In Afyon Region (Western Anatolia)”, Turkey 9th International Congress of The Geological Society of Greece, Atinai Volume. 3, 959-967, (2001).

Özpınar, Y., “The mineralogic, petrographic and ion exchange capacity features of tuffs containing chabazite and phillipsite in Sandıklı (Afyon) region and their usage in agriculture (southwest Anatolia, Turkey)”, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 137, 29-48, (2008).

Özpınar Y. Çobanoğlu, İ. ve Bozkurt R., “Sandıklı zeolitik tüflerin petrografik ve petrokimyasal ve teknolojik özelliklerinin incelenmesi”, TÜBİTAK -YDABÇAĞ-198Y102, Ankara, 268, (2002).

Özpınar, Y. Kalkan, M. ve Semiz, B., “Neojen yaşlı piroklastik kayalar ve volkanosedimanter birimlerdeki zeolitlerin oluşumu ve kökeni (Haydarlı-Dinar-

Afyonkarahisar-Türkiye)", 64. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 25-29 Nisan 2011, Ankara, 201-202, (2011).

Özpinar, Y. Semiz, B. and Schroeder, P.A., "Zeolites in mafic pyroclastic rocks from the Sandikli-Afyonkarahisar region, Turkey", *Clays and Clay Minerals*, 61-3,177-192, (2013).

Öztürk. E.M., "Balçıkhisar-Karaadilli (Afyon)-Dereköy (Isparta) dolayının jeolojisi", M.T.A. raporu, yayınlanmamış. Ankara, (1989).

Pearce, J.A., "Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries", In *Andesites*, (Ed. R.S.Thorpe), 525-548, (1982).

Pearce, J.A., "Role of the subcontinental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: C.J. Hawkesworth, and M.J. Norry (eds.), *Continental basalts and mantle xenoliths*", Shiva, Nantwich, 230-249, (1983).

Prelevic', D. Foley S.F. Romer R.L. Cvetkovic', V. and Downes H., "Tertiary ultrapotassic volcanism in serbia: constraints on petrogenesis and mantle source characteristics", *Journal of Petrology*, 46 1443-1487, (2005).

Prelević, D. Akal, C. Foley, S.F. Romer, R.L. Stracke, A. and Van Den Bogaard P. "Ultrapotassic mafic rocks as geochemical proxies for postcollisional dynamics of orogenic lithospheric mantle: the case of southwestern Anatolia, Turkey", *Journal of Petrology* 53, 5, 1019-1055, (2012).

Prelevic, D. Akal, C. Romer, R. Mertz-Kraus, R. and Helvacı, C., "Magmatic Response to Slab Tearing: Constraints from the Afyon Alkaline Volcanic Complex, Western Turkey", *Journal of Petrology*, 56-3, 527-562, (2015).

Russo, R.M. Gallego, A. Comte, D. Mocanu, V.I. Murdie, R.E. and Van Decar, J.C. "Source-side shear wave splitting and upper mantle flow in the Chile Ridge subduction region", *Geology*, 38, 707-710, (2010).

Savaşçın, Y., "Magmatic activities of Cenozoic Compressional and extensional tectonic regimes in Western Anatolia", *IIESCA, Inter. Earth Scien, Congress on Aegean Region Proceedings*, V: II, 420-434, (1990).

Semiz, B., “Simav ve Gediz arasındaki (Kütahya-Batı Anadolu) magmatik kayaçların jeolojik, petrografik ve petrokimyasal olarak incelenmesi” Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2011).

Semiz, B., Çoban, H., Roden, M.F., Özpınar, Y., Flower, M., and McGregor, H., “Mineral composition in cognate inclusions in Late Miocene–Early Pliocene potassic lamprophyres with affinities to lamproites from the Denizli region, Western Anatolia, Turkey: Implications for uppermost mantle processes in a back-arc setting” *Lithos*, 134, 253-272, (2012).

Semiz, B., Özpınar, Y., Schroeder, P.A. ve Toker, E., “Haydarlı (Afyonkarahisar) Bölgesindeki Zeolit Oluşumlarının Mineralojik ve Jeokimyasal Özelliklerinin Araştırılması”, BSP Başlangıç seviyesi projesi, Yayınlanmamış, (2018).

Stewart, M.L. and Pearce, T.H., “Sieve-textured plagioclase in dacitic magma: Interference imaging results”, *American Mineralogist*, 89, 348-351, (2004).

Seyitoğlu, G. and Scott, B.C. “The age of the Alaşehir graben (West Turkey) and its tectonic implications”, *Geological Journal*, 31, 1-11, (1996).

Sun, S.S. and McDonough, W.F., “Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A.D., Norry, M.J. (Eds.), *Magmatism in Ocean Basins*”. Geological Society of London, Special Publication, 42, 313–345, (1989).

Şahin, Ş. ve Ünlügenç, U.C., “Bayat-Bolvadin (Afyonkarahisar) Arasındaki bölgenin Stratigrafisi”, *Çukurova Üni. Müh. Mimarlık Fak. Dergisi*, 173-190, (2014).

Taylor, S.R. and McLennan, S.M., “The Continental Crust: Its Composition and Evolution”, Blackwell, Oxford, (1985).

Temizel, İ. ve Arslan, M., “Ulubey (Ordu) yöresi felsik domların petrografik ve jeokimyasal özellikleri”, 58. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, Ankara, Türkiye,,241-242, (2005).

Tokçaer, M. Agostini, S. and Savaşçın, M.Y., “Geotectonic setting and origin of the youngest Kula volcanics (western Anatolia), with a new emplacement model”, Turkish Journal of Earth Sciences, 14, 145–166, (2005).

Wood, D.A., The application of a Th-HfTa diagram to problems of tectono-magmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. Earth and Planetary Science Letters, 50, 11-30, (1980).

Yağmurlu, F. Savaşçın, M.Y. and Ergün, M., “Relation of Alkaline Volcanism and Active Tectonism within the Evolution of İsparta Angle, SW-Turkey” J. Geol, 105, 717-728, (1997).

Yılmaz, K. “Origin of anorogenic ‘lamproite-like’ potassic lavas from the Denizli region in Western Anatolia Extensional Province, Turkey”, Mineralogy and Petrology, 99 (3), 219–239, (2010).

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ersin ERCEN
Doğum Yeri ve Tarihi : DENİZLİ 18.01.1990
Lisans Üniversitesi : Pamukkale Üniversitesi
Elektronik posta : ersinercen@gmail.com
İletişim Adresi : 0554 520 4485

Yayın Listesi :

- Ercen, E., Özpınar, Y. ve Arslan, İ., 2014. Olivin Agregası Kullanılarak Isıya Dayanıklı Beton Üretimi, 67.Türkiye Jeoloji Kurultayı, 14-18 Nisan 2014, Ankara, (Sözlü sunum).
- Arslan, İ., Özpınar, Y. ve Ercen, E., 2014. Çatak Selçuk Bey Ocağı(Nikfer-Tavas-Denizli) Kromitit agregası Kullanılarak Isıya Dayanıklı Beton Üretimi, 14-18 Nisan 2014, Ankara, (Poster sunum).
- Ercen, E., Semiz, B., 2016. Haydarlı Kuzeydoğusu (Afyonkarahisar) Volkanitlerinin Jeokimyasal İncelemesinin İlk Sonuçları: Batı Anadolu, I. Türkiye Volkanoloji Çalıştayı, 3-5 Ekim 2016, Ankara, 17. (Sözlü sunum).