T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KULU (KONYA)-HAYMANA (ANKARA) YÖRESİ VOLKANİK KAYAÇLARININ JEOKİMYASI, PETROLOJİSİ VE PETROJENEZİ

Kürşad ASAN

DOKTORA TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
Konya, 2007

T.C

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KULU (KONYA)-HAYMANA (ANKARA) YÖRESİ VOLKANİK KAYAÇLARININ JEOKİMYASI, PETROLOJİSİ VE PETROJENEZİ

Kürşad ASAN

DOKTORA TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Bu tez 06/07/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hüseyin KURT	Prof. Dr. Halil BAŞ	Prof. Dr. Ali BİLGİN
(Danışman)	(Üye)	(Üye)

Doç. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU	Y. Doç. Dr. Kerim KOÇAK
(Üye)	(Üye)

Özet

Doktora Tezi

KULU (KONYA)-HAYMANA (ANKARA) YÖRESİ VOLKANİK KAYAÇLARININ JEOKİMYASI, PETROLOJİSİ VE PETROJENEZİ

Kürşad ASAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin KURT

2007, 247 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Halil BAŞ
Jüri: Prof. Dr. Ali BİLGİN
Jüri: Doç. Dr. Y. Kağan KADIOĞLU
Jüri: Y.Doç. Dr. Kerim KOÇAK

Bu çalışmada Kulu (Konya)-Haymana (Ankara) arasında yüzeyleyen ve Türkiye jeoloji literatürüne Kulu-Karacadağ volkanitleri olarak giren volkanik kayaçların jeokimyasal ve petrolojik özellikleri incelenmiştir.

Çalışma alanında temelde Üst Kretase yaşlı ofiyolitik melanj yer almaktadır. Bu birim üzerine uyumsuz olarak Maestrihtiyen-Eosen yaşlı kırıntılı ve karbonatlı kayaçlardan oluşan sedimanter bir istif gelmektedir. Bu birimleri Alt Miyosen yaşlı Kulu-Karacadağ volkanitleri keserek üzerlemektedir. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Cihanbeyli Formasyonu ve Kuvarterner yaşlı alüvyonlar önceki tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.

Kulu-Karacadağ volkanitleri kalkalkali ve alkali olmak üzere iki farklı gruba ayrılmaktadır. Geniş yayılıma sahip kalkalkali kayaçlar andezit-dasit türünde lav ve piroklastitlerden oluşmaktadır. Daha dar alanda yayılım sunan alkali kayaçlar ise alkali bazalt, havayit, mujearit, benmorit ve trakidasitten oluşurlar. $^{40}Ar/^{39}Ar$ radyometrik yaş sonuçları Kulu-Karacadağ volkanitlerinin Alt Miyosen'de (21.3-18.0 My) oluştuğunu ortaya koymaktadır. Arazi gözlemleri ve $^{40}Ar/^{39}Ar$ radyometrik yaş verisi önce kalkalkali kayaçların, ve daha sonra alkali kayaçların püskürdüğünü göstermektedir. Ancak alkali volkanitlerin üzerinde diğerlerinden farklı daha genç, kalkalkali nitelikte bir lav birimi de (Kırklar lavı) gözlenmektedir.

İncelenen kalkalkali kayaçlar plajiyoklas (An_{27-60}), klinopiroksen ($Wo_{40-44}En_{41-50}Fs_{8-17}$), ortopiroksen ($Wo_{1-4}En_{64-76}Fs_{20-35}$), amfibol ($Mg^{\#}$ = 0.63-0.77), Fe-Ti oksit (manyetit ve ilmenit), kuvars, apatit ve nadiren biyotit içermektedirler. Kayaçlarda dengesizlik dokuları yaygın olarak gözlenmektedir. Bunlar plajiyoklaslarda elek dokusu, halkalı zonlanma ve rezorpsiyon, amfibollerde reaksiyon çeperleri ve opaklaşmalardır. Bu dokular mağma karışımı ve/veya ani basınç azalması sonucu gelişmiş olabilir. Yapılan jeotermobarometre hesaplamaları kayaçların polibarik kristallenme evrimi geçirdiğini göstermektedir. Andezit ve

dasitlerden oluşan kalkalkali volkanitler Orta-K içeriğine sahiptir. Bunların ana oksit ve iz element değişimleri hornblend, klinopiroksen, plajiyoklas, Fe-Ti oksit ve apatit fraksiyonlaşmasının kayaçların gelişiminde önemli olduğunu göstermektedir. Kalkalkalin kayaçlar jeokimyasal karakteristikleriyle orojenik volkanitlere benzemektedirler. Bunlar yüksek BİYE (Sr, K, Rb, Ba, Th) ve HNTE (La, Ce) düşük YAEE (Nb, Zr, Ti, Y) içeriğine sahiptir. Kayaçlar düşük $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0.704452-0.705264) ve orta $^{143}Nd/^{144}Nd$ (0.512662-0.512801) oranlarına sahiptir. AFC modellemesi kalkalkalin kayaçların gelişiminde kabuk asimilasyonunun önemli olmadığını göstermektedir. Kalkalkali kayaçların ana mağmaları yitimle değiştirilmiş litosferik manto kaynağından türemiş olmalıdır.

Alkali kayaçlar plajiyoklas (An_{41-74}), olivin (Fo_{64-89}), klinopiroksen ($Wo_{41-48}En_{39-50}Fs_{7-16}$), ortopiroksen ($Wo_{2-4}En_{65-74}Fs_{23-33}$), amfibol ($Mg^{\#}$ = 0.59-0.69), Fe-Ti oksit (manyetit ve ilmenit), apatit ve nadiren anortoklas içermektedir. Grubun farklılaşmış kayaçlarında (benmorit ve trakidasit) dengesizlik dokuları gözlenmektedir. Alkali kayaçlar polibarik kristallenme evrimi geçirmişlerdir. Kayaçlar sodik karaktere sahiptir. Bunların ana oksit ve iz element değişimleri olivin, klinopiroksen, Fe-Ti oksit, plajiyoklas, amfibol ve apatit fraksiyonlaşmasının kayaçların gelişiminde önemli olduğunu göstermektedir. Kayaçlar kuvvetli BİYE ve orta derecede YAEE zenginleşmesi sunmaktadır. Bu jeokimyasal özellikler kayaçların zenginleşmiş bir manto kaynağından türediğini göstermektedir. NTE elementlerine dayalı kısmi ergime modellemesi spinel içeren bir lerzolitik kaynağın % 1-5'lik ergimesini önermektedir. Alkali kayaçlar jeokimyasal karakteristikleriyle levha içi volkanitlere benzerlik sunmaktadırlar. Bunların $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranları 0.703809-0.705159, $^{143}Nd/^{144}Nd$ oranları 0.512733-0.512844 arasında değişmektedir.

Anahtar kelimeler: Kulu-Karacadağ volkanitleri, Kalkalkali, Alkali, $^{40}Ar/^{39}Ar$, Sr-Nd izotopları.

ABSTRACT

PhD Thesis

GEOCHEMISTRY, PETROLOGY AND PETROGENESIS OF THE KULU (KONYA)-HAYMANA (ANKARA) AREA VOLCANIC ROCKS

Kürşad ASAN

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Hüseyin KURT

2007, 247 Page

Jury: Prof. Dr. Halil BAŞ
Jury: Prof. Dr. Ali BİLGİN
Jury: Assoc. Prof. Dr. Y. Kağan KADIOĞLU
Jury: Assis. Prof. Dr. Kerim KOÇAK

In this study, geochemical and petrologic characteristics of the volcanic rocks cropping out between Kulu (Konya)-Haymana (Ankara) and known as Kulu-Karacadağ volcanites in the Türkiye geology literature were investigated.

In the study area, the basement is represented by Upper Cretaceous aged ophiolitic melange which is overlain Maastrichtian-Eocene aged sedimentary succession composed of clastic and carbonate rocks. Lower Miocene aged Kulu-Karacadağ volcanites overlie former units by cutting. Upper Miocene-Pliocene aged Cihanbeyli Formation and Quaternary aged alluvium unconformably overlie all former units.

Kulu-Karacadağ volcanites are divided into two groups as calc-alkaline and alkaline. The calc-alkaline rocks covering large areas are composed of andesitic-dacitic lavas and pyroclastites. The alkaline rocks exposed in limited area consist of alkali basalt, hawaiite, mugearite, benmoreite and trachydacite. $^{40}Ar/^{39}Ar$ radiometric age results reveal that Kulu-Karacadağ volcanites are Lower Miocene (21.3-18.0 Ma) in age. Field observations and $^{40}Ar/^{39}Ar$ radiometric age data show that the alkaline rocks erupted after the calc-alkaline rocks. However, a lava unit (Kırklar lava) which is younger and different from other calcalkaline rocks is observed over the alkaline rocks.

The investigated calcalkaline rocks include plagioclase (An_{27-60}), clinopyroxene ($Wo_{40-44}En_{41-50}Fs_{8-17}$), orthopyroxene ($Wo_{1-4}En_{64-76}Fs_{20-35}$), amphibole ($Mg^{\#}$ = 0.63-0.77), Fe-Ti oxide (magnetite ve ilmenite), quartz, apatite and scarce biotite. Disequilibrium textures are commonly seen in the rocks. These are sieve textures, oscillatory zoning, resorption in plagioclase and reaction rims, opacitization in amphiboles which may be developed as a result of magma mixing and/or rapid decompression. Geothermo-barometry studies reveal that the calcalkaline rocks have

a polibaric crystallization evolution. The calcalkaline andesite and dacites have medium-K in composition. Major and trace elements variations of the calcalkaline rocks suggest that hornblende, clinopyroxene, plagioclase, Fe-Ti oxide and apatite fractionation played an important role in their evolution. Geochemical characteristics of the calcalkaline rocks show similarity to the one in orogenic volcanites. The rocks have high LILE (Sr, K, Rb, Ba, Th) and LREE (La, Ce), low HFSE (Nb, Zr, Ti, Y) content. The rocks have low $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0.704452-0.705264) and intermediate $^{143}Nd/^{144}Nd$ (0.512662-0.512801) ratios. AFC modelling shows that crustal assimilation is insignificant in their genesis. Parent magmas of the calcalkaline rocks could have been derived from a subduction-modified lithospheric mantle source.

The alkaline rocks include plagioclase (An_{41-74}), olivine (Fo_{64-89}), clinopyroxene ($Wo_{41-48}En_{39-50}Fs_{7-16}$), orthopyroxene ($Wo_{2-4}En_{65-74}Fs_{23-33}$), amphibole ($Mg^{\#}$ = 0.59-0.69), Fe-Ti oxide (magnetite ve ilmenite), apatite and scarce anorthoclase. Disequilibrium textures are seen in the evolved rocks of the suite. The alkaline rocks have a polibaric crystallization evolution. The rocks are sodic in composition. Major and trace elements variations of the alkaline rocks suggest that olivine, clinopyroxene, Fe-Ti oxide, plagioclase, amphibole and apatite fractionation played an important role in their evolution. The rocks show strong enrichments in LILE and mild enrichments in HFSE. This geochemical features suggest that the rocks were derived from an enriched mantle source. Partial melting modelling based on REE suggest %1-5 melting degree of spinel-bearing lherzolithic source. The alkali rocks resemble within-plate volcanites in respect to geochemical characteristics. $^{87}Sr/^{86}Sr$ and $^{143}Nd/^{144}Nd$ ratios of the rocks are 0.703809-0.705159 and 0.512733-0.512844 respectively.

Key words: Kulu-Karacadağ volcanites, Calc-alkaline, Alkaline, $^{40}Ar/^{39}Ar$, Sr-Nd isotopes.

ÖNSÖZ

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmada Kulu (Konya)-Haymana (Ankara) arasında yer alan Alt Miyosen yaşlı volkanik kayaçların mineralojik, petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özellikleri incelenerek oluşumları aydınlatılmaya çalışılmıştır.

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

Çalışmalarımın çeşitli aşamalarında yardımlarını gördüğüm Tez İzleme Komitesi üyelerinden Sayın Prof. Dr. Mehmet ARSLAN'a (KTÜ) ve Sayın Doç. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU'na (AÜ) teşekkür ederim.

Ayrıca mikroprob analizlerini gerçekleştiren Lang Shi'ye (McGill University, Kanada), tüm kayaç analizlerini yapan ACME (Kanada) personeline, Ar-Ar yaş analizlerini yapan Gilles Ruffet'a (Rennes University, Fransa), Sr-Nd izotop analizlerini yapan Prof. Dr. Jean Jacque PEUCAT (Rennes University, Fransa) ve Prof. Dr. Anton Eisenhauer'a (GEOMAR, Almanya) teşekkür ederim.

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (S.Ü. B.A.P) Koordinatörlüğünce (S.Ü. BAP) 2003/186 ve 05401043 no'lu projelerle desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı S.Ü. B.A.P. Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

Bu çalışmanın yürütüldüğü Selçuk Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Başkanlığına ve tüm bölüm Öğretim Elemanlarına da teşekkür ederim.

Son olarak benden desteklerini hiç esirgemeyen ve hep yanımda olan babam Sami ASAN'a, annem Şahinde ASAN'a, kardeşim Gülşah ASAN'a ve eşim Çiğdem ASAN'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

sayfa

ÖZET i
ABSTRACT iii
ÖNSÖZ v
İÇİNDEKİLER vi
ŞEKİLLER LİSTESİ x
ÇİZELGELER LİSTESİ xvi
EKLER LİSTESİ xviii
SEMBOL ve KISALTMALAR LİSTESİ xix
1. GİRİŞ 1
1.1. Çalışma Alanının Yeri ve Coğrafi Özellikleri 1
1.2. Çalışmanın Amacı 1
1.3. Bölgesel Jeoloji 1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 5
3. MATERYAL ve METOT 11
3.1. Arazi çalışmaları 11
3.2. Laboratuvar çalışmaları 11
3.3. Büro çalışmaları 12
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI 13
4.1. Stratigrafi 13
4.1.1. Giriş 13
4.1.2. Neojen Öncesi Temel Kayaçları 13
4.1.3. Karacadağ Volkanitleri 15
4.1.4. Cihanbeyli Formasyonu 29
4.1.5. Alüvyon 29
4.2. Petrografi ve Mineral Kimyası 30
4.2.1. Giriş 30
4.2.2. Yenice Lavları 31
4.2.2.1. Andezit 31
4.2.2.1.1. Petrografi 31
4.2.2.1.2. Mineral kimyası 33

4.2.2.1.3. Jeotermometre ve jeobarometre 36
4.2.2.2. Dasit 43
4.2.2.2.1. Petrografi 43
4.2.2.2.2. Mineral kimyası 45
4.2.2.2.3. Jeotermometre ve jeobarometre 48
4.2.3. Gölbek Andeziti 55
4.2.3.1. Petrografi 55
4.2.3.2. Mineral kimyası 57
4.2.3.3. Jeotermometre ve jeobarometre 59
4.2.4. Dipdede Dasiti 63
4.2.4.1. Petrografi 63
4.2.4.2. Mineral kimyası 65
4.2.5. Yaraşlı Andeziti 70
4.2.5.1. Petrografi 70
4.2.5.2. Mineral kimyası 72
4.2.5.3. Jeotermometre ve jeobarometre 74
4.2.6. Hamzadağ Dasiti 79
4.2.6.1. Petrografi 79
4.2.6.2. Mineral kimyası 81
4.2.6.3. Jeotermometre ve jeobarometre 83
4.2.7. Karadağ Andeziti 89
4.2.7.1. Petrografi 89
4.2.7.2. Mineral kimyası 91
4.2.7.3. Jeotermometre ve jeobarometre 92
4.2.8. Hacıreşit Lavları 96
4.2.8.1. Alkali bazalt 96
4.2.8.1.1. Petrografi 96
4.2.8.1.2. Mineral kimyası 98
4.2.8.2. Havayit 104
4.2.8.2.1. Petrografi 104
4.2.8.2.2. Mineral kimyası 106
4.2.8.3. Mujearit 112

4.2.8.3.1. Petrografi 112
4.2.8.3.2. Mineral kimyası 114
4.2.8.4. Benmorit 120
4.2.8.4.1. Petrografi 120
4.2.8.4.2. Mineral kimyası 122
4.2.8.5. Trakidasit 129
4.2.8.5.1. Petrografi 129
4.2.8.5.2. Mineral kimyası 131
4.2.8.6. Jeotermometre ve jeobarometre 136
4.2.9. Kırklar Lavı 138
4.2.9.1. Petrografi 138
4.2.9.2. Mineral kimyası 140
4.3. Jeokimya 145
4.3.1. Giriş 145
4.3.2. Volkanik Kayaçların Kimyasal Adlama ve Sınıflaması 146
4.3.3. Kalkalkali Volkanitler 153
4.3.3.1. Andezitler 153
4.3.3.1.1. Ana oksit ve iz elementler 153
4.3.3.1.2. Uyumsuz elementler 156
4.3.3.1.3. Nadir toprak elementler 157
4.3.3.1.1. Andezitlerin kaynak özellikleri 159
4.3.3.2. Dasitler 160
4.3.3.2.1. Ana oksit ve iz elementler 160
4.3.3.2.2. Uyumsuz elementler 164
4.3.3.2.3. Nadir toprak elementler 164
4.3.3.3. Kalkalkali volkanitlerin jeotektonik ortamı 166
4.3.4. Alkali Volkanitler 168
4.3.4.1. Ana oksit ve iz elementler 168
4.3.4.2. Uyumsuz elementler 173
4.3.4.3. Nadir toprak elementler 175
4.3.4.4. Alkali volkanitlerin kaynak özellikleri 178
4.3.4.5. Alkali volkanitlerin jeotektonik ortamı 179

4.3.5. Kırklar Lavı 182
4.3.5.1. Ana oksit ve iz elementler 182
4.3.5.2. Uyumsuz elementler 184
4.3.5.3. Nadir toprak elementler 184
4.4. İzotop Jeokimyası 186
4.4.1. Giriş 186
4.4.2. Volkanik Kayaçların Sr-Nd İzotop Değişimleri 188
4.4.3. Kontaminasyon (Kirlenme) 188
4.4.3.1. Kabuk kontaminasyonu (Asimilasyon) 189
4.4.3.2. Kabuk malzemesiyle karışım 191
4.4.4. Sr-Nd İzotop Korelasyonu 192
4.5. Petrojenez 194
4.5.1. Giriş 194
4.5.2. Alkali Volkanitler 194
4.5.2.1. Kısmi ergime 194
4.5.2.2. Fraksiyonel kristalleşme 197
4.5.2.3. Asimilasyon 202
4.5.2.4. Kaynak kontaminasyonuna karşı asimilasyon 204
4.5.2.5. Mağma karışımı 205
4.5.3. Kalkalkali Volkanitler 205
4.5.3.1. Fraksiyonel kristalleşme 205
4.5.3.2. Asimilasyon 207
4.5.3.3. Mağma karışımı 209
5. TARTIŞMA 210
6. SONUÇ ve ÖNERİLER 213
7. KAYNAKLAR 215

ŞEKİLLER LİSTESİ Sayfa

Şekil 1.1. Türkiye'deki Neojen-Kuvaterner volkanitlerinin yayılımı (Ketin, 1983 ve Koçyiğit'den, 1991) ve çalışma alanının yer bulduru haritası (BAV: Batı Anadolu Vollkanitleri, GV: Galatya Volkanitleri, KV: Konya Volkanitleri, OAV: Orta Anadolu Volkanitleri, DAV: Doğu Anadolu Volkanitleri) 2

Şekil 1.2. Tuzgölü batısının genelleştirilmiş sütun kesiti (Çemen ve ark., 1999).. 4

Şekil 1.3 Tuzgölü havzasının başlıca kayaç birimleri ve yapısal özelliklerini gösteren genelleştirilmiş jeoloji haritası (Çemen ve ark.'dan, 1999 sadeleştirilerek alınmıştır) 5

Şekil 4.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş dikme kesitleri 14

Şekil 4.2. Yenice lavlarına ait andezitlerde gözlenen soğuma çatlaklarının görünüşü (Bumsuzdağının güney yamacı, kuzey batıya bakış)..... 16

Şekil 4.3. Altta tabakalı tüfler ve üstte yenice lavlarına ait andezitlerin arazi ilişkisi (Bumsuzdağının güney yamacı, batıya bakış) 17

Şekil 4.4. Yenice lavlarına ait bir adet amfibol mineral ayrımının $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası 17

Şekil 4.5. Gölbek andezitine ait bir adet tüm kayaç örneğinin $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası 18

Şekil 4.6. Dipdede dasitinin oluşturduğu dom yapısı (Dipdede köyü batısı, kuzeye bakış)..... 19

Şekil 4.7. Dipdede dasitine ait bir adet tüm kayaç örneğinin $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası 19

Şekil 4.8. Dipdede dasitini keserek yüzeyleyen Yaraşlı andezitinin oluşturduğu çivi yapısı (Yaraşlı köyü kuzeyi, doğuya bakış)..... 20

Şekil 4.9. Yaraşlı andezitine ait bir adet tüm kayaç örneğinin $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası 21

Şekil 4.10. Hamzadağ dasitine ait bir adet amfibol mineral ayrımının $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası 21

Şekil 4.11. Karadağ andezitine ait bir adet tüm kayaç örneğinin $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası 22

Şekil 4.12. Piroklastik kayaçları kesen alkali bazalt daykı (Hacıreşit dağının doğu yamacı, Taş ocağı mevki, batıya bakış) 23

Şekil 4.13. Alkali bazaltlarda gözlenen gaz boşlukları (Ortadağın batı yamacı)..... 24

Şekil 4.14. Alkali bazalta ait bir adet tüm kayaç örneğinin $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası..... 24

Şekil 4.15. Cüruf özelliğindeki mujearitlerin el örneğindeki görünümü 25

Şekil 4.16. Benmoritlerde gözlenen akma bandı yapısı (Yassıdağ'ın güney batı yamaçları)..... 26

Şekil 4.17. Benmoritlere ait bir adet tüm kayaç örneğinin $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası 26

Şekil 4.18. Trakidasitler ile alkali bazaltların sınır ilişkisi (Hacıreşit dağının güneybatı yamacı, kuzeye bakış) 27

Şekil 4.19. Kırklar tepe lavında gözlenen mağma karışımı dokusu (Karacadağın güney batı yamacı) 28

Şekil 4.20. Kırklar tepe lavına ait bir adet tüm kayaç örneğinin $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası 28

Şekil 4.21. Andezitlerdeki elek dokusu ve kenarında yeniden büyüme zarfı gösteren plajiyoklas (KA-263, 32X, Ç.N.) 32

Şekil 4.22. Andezitlerdeki iğnemsi piroksen tarafından kuşatılmış amfiboller (KA-264, 32X, Ç.N.). 32

Şekil 4.23. Andezitlerdeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması 34

Şekil 4.24. Andezitlerdeki amfibollerin Leake ve ark.'na (2004) göre sınıflaması..... 34

Şekil 4.25. Andezitlerdeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması 35

Şekil 4.26. Andezitlerdeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988) 35

Şekil 4.27. Andezitlerde yer alan klinopiroksen bileşimlerinin gösterildiği piroksen dörtyüzlüsü. İzoterm eğrileri 100 ^{o}C aralıklarla ve 1 atm basınç şartları altında oluşturulmuştur (Lindsley, 1983; Lindsley ve Andersen, 1983) 37

Şekil 4.28. Dasitlerdeki halkalı zonlanma gösteren plajiyoklas (KA-250, 32X, Ç.N.) 44

Şekil 4.29. Dasitlerdeki kenarlarından itibaren yuvarlaklaşmış ve çatlaklı kuvars (KA-252, 32X, Ç.N.). 44

Şekil 4.30. Dasitlerdeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması 45

Şekil 4.31. Dasitlerdeki amfibollerin Leake ve ark.'na (2004) göre sınıflaması 46

Şekil 4.32. Dasitlerdeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması 46

Şekil 4.33. Biyotitlerin a) Mg-Al^{VI}+Fe^{+3}+Ti-Fe^{+2}+Mn, b) MgO-FeOt-Al_2O_3, c) Fe^{+2}-Fe^{+3}-Mg diyagramı. 47

Şekil 4.34. Dasitlerdeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988) 48

Şekil 4.35. Gölbek andezitindeki rezorbsiyon nedeniyle kenarlarından itibaren kemirilmiş ve yuvarlaklaşmış plajiyoklas (KA-204, 32X, Ç.N.) 56

Şekil 4.36. Gölbek andezitindeki iğnemsi piroksenlerle kuşatılmış kuvars ksenokristali (KA-202-1, 32X, Ç.N.) 56

Şekil 4.37. Gölbek andezitindeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması 57

Şekil 4.38. Gölbek andezitindeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması 58

Şekil 4.39. Gölbek andezitindeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988) 58

Şekil 4.40. Gölbek andezitlerinde yer alan klinopiroksen bileşimlerinin gösterildiği piroksen dörtyüzlüsü. İzoterm eğrileri 100 ^{o}C aralıklarla ve 1 atm basınç şartları altında oluşturulmuştur (Lindsley, 1983; Lindsley ve Andersen, 1983) 59

Şekil 4.41. Dipdede dasitindeki amfibollerde gözlenen dekompozisyon (KA-46, 32X, Ç.N) 64

Şekil 4.42. Dipdede dasitindeki kuvars ve plajiyoklastan oluşan mikrokristalin hamur fazı (KA-53, 100X, Ç.N.) 64

Şekil 4.43. Dipdede dasitindeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması 65

Şekil 4.44. Dipdede dasitindeki amfibollerin Leake ve ark.'na (2004) göre sınıflaması 66

Şekil 4.45. Dipdede dasitindeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988) 66

Şekil 4.46. Yaraşlı andezitindeki plajiyoklasların kenar kısımlarında gözlenen opak mineral dizilimi ve zonlanma (KA-25, 32X, Ç.N.) 71

Şekil 4.47. Yaraşlı andezitinde gözlenen amfibol psödomorfları (KA-25, 32X, T.N.) 71

Şekil 4.48. Yaraşlı andezitindeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması 72

Şekil 4.49. Yaraşlı andezitindeki amfibollerin Leake ve ark.'na (2004) göre sınıflaması 73

Şekil 4.50. Yaraşlı andezitindeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması 73

Şekil 4.51. Yaraşlı andezitindeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988) 74

Şekil 4.52: Hamzadağ dasitindeki özşekilli amfiboller (KA-127, 100X, Ç.N.) 80

Şekil 4.53. Hamzadağ dasitindeki hamurda gelişmiş sferülitik doku (KA-126, 100X, Ç.N.) 80

Şekil 4.54. Hamzadağ dasitindeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması 81

Şekil 4.55. Hamzadağ dasitindeki amfibollerin Leake ve ark.'na (2004) göre sınıflaması 82

Şekil 4.56. Hamzadağ dasitindeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması 82

Şekil 4.57. Hamzadağ dasitindeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988) 83

Şekil 4.58. Karadağ andezitindeki süngerimsi görünümlü plajiyoklas (KA-288, 32X, Ç.N.) 90

Şekil 4.59. Karadağ andezitindeki plajiyoklas ve orto/klinopiroksenden oluşan anklav (KA-287, 32X, Ç.N.) 90

Şekil 4.60. Karadağ andezitindeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması 91

Şekil 4.61. Karadağ andezitindeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması 92

Şekil 4.62. Karadağ andezitindeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988) 92

Şekil 4.63. Alkali bazaltlardaki kenarından itibaren iddingsitleşme gösteren olivinler (KA-345, 32X, Ç.N.) 97

Şekil 4.64. Alkali bazaltlardaki zonlanma gösteren klinopiroksenler (KA-154, 32X, Ç.N.) 97

Şekil 4.65. Alkali bazaltlardaki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması 98

Şekil 4.66. Alkali bazaltlardaki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması 99

Şekil 4.67. Alkali bazaltlardaki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988) 99

Şekil 4.68. Havayitlerdeki glomeroporfirik doku ve sektör zonlu klinopiroksenler (KA-15, 32X, Ç.N.) 105

Şekil 4.69. Havayitlerdeki iddingsitleşmiş ve iskeletsel dokulu olivin (KA-15, 32X, Ç.N.) 105

Şekil 4.70. Havayitlerdeki feldispatların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması 106

Şekil 4.71. Havayitlerdeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması 107

Şekil 4.72. Havayitlerdeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988) 107

Şekil 4.73. Mujearitlerde gözlenen intergranüler doku (KA-233, 32X, Ç.N.) 113

Şekil 4.74. Mujearitlerin hamurunda gözlenen trakitik doku (KA-379, 32X, Ç.N.) 113

Şekil 4.75. Mujearitlerdeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması 114

Şekil 4.76. Mujearitlerdeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması 115

Şekil 4.77. Mujearitlerdeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988) 115

Şekil 4.78. Benmoritlerdeki süngerimsi görünümlü plajiyoklas ve trakitik doku gösteren hamur (KA-2, 32X, Ç.N.) 121

Şekil 4.79. Benmoritlerdeki opak çeperli amfiboller (KA-328, 32X, Ç.N) 121

Şekil 4.80. Benmoritlerdeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması 122

Şekil 4.81. Benmoritlerdeki amfibollerin Leake ve ark.'na (2004) göre sınıflaması 123

Şekil 4.82. Benmoritlerdeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması 123

Şekil 4.83. Benmoritlerdeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988) 124

Şekil 4.84. Trakidasitlerdeki süngerimsi, ikizli ve zonlu plajiyoklas fenokristali ve trakitik dokulu hamur (KA-37, 32X, Ç.N.) 130

Şekil 4.85. Trakidasitlerdeki özşekilli, opak çerçeveli ve ikizli amfibol (KA-37, 32X, Ç.N) 130

Şekil 4.86. Trakidasitlerdeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması 131

Şekil 4.87. Trakidasitlerdeki amfibollerin Leake ve ark.'na (2004) göre sınıflaması 132

Şekil 4.88. Trakidasitlerdeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).....132

Şekil 4.89. Kırklar lavında gözlenen süngerimsi plajiyoklas ve etrafındaki yeniden büyüme (KA-50, 32X, Ç.N.).....139

Şekil 4.90. Kırklar lavındaki kompozit piroksen (KA-50, 32X, Ç.N.).....139

Şekil 4.91. Kırklar lavındaki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması 140

Şekil 4.92. Kırklar lavındaki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması 141

Şekil 4.93. Kırklar lavındaki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).....141

Şekil 4.94. İncelenen volkanik kayaçların Toplam Alkali-Silis (TAS) diyagramı (Le Bas ve ark., 1986). B: Bazalt, BA: Bazaltik andezit, TB: Trakibazalt, BTA: Bazaltik trakiandezit, TA: Trakiandezit, A: Andezit, T: Trakit, TD: Trakidasit, D: Dasit, R: Riyolit. Kesikli çizgiler Irvine ve Baragar (1971) ve Kuno'ya (1966) göre alkali ve subalkali alanları ayırmaktadır 149

Şekil 4.95. İncelenen subalkali volkanik kayaçların K_2O-SiO_2 diyagramı (Le Maitre ve ark., 2002). Semboller Şekil 5.3 ile aynıdır.....150

Şekil 4.96. Subalkali volkanik kayaçların AFM diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971) 150

Şekil 4.97. Alkali (a) ve subalkali (b) volkanik kayaçların sodik ve potasik kayaç tiplerini gösteren An-Ab'-Or üçgen diyagramında sınıflaması (Irvine ve Baragar, 1971).....151

Şekil 4.98. Alkali (a) ve subalkali (b) volkanik kayaçların Normatif Plajiyoklas Bileşimi-Normatif Renk İndisi diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).....152

Şekil 4.99. Andezitlerin SiO_2 (%)'ye karşı seçilmiş ana oksit (%) ve iz element (ppm) değişim diyagramları. Semboller Şekil 4.100 ile aynıdır.....154

Şekil 4.100. İncelenen andezitik kayaçların Zr'ye karşı Cr, Ni ve Nb'nin değişimleri.....155

Şekil 4.101. Andezitik kayaçların CaO'ye karşı Y diyagramı (Lambert ve Holland, 1974). Vektörler yaygın silikatların fraksiyonlaşma yönlerini göstermektedir 156

Şekil 4.102. İncelenen andezitik kayaçların MORB'a (Pearce, 1983) normalize edilmiş uyumsuz element desenleri.....157

Şekil 4.103. İncelenen andezitik kayaçların kondrite (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş NTE desenleri 158

Şekil 4.104. Dasitlerin SiO_2 (%)'ye karşı seçilmiş ana oksit (%) ve iz element (ppm) değişim diyagramları. Semboller Şekil 5.12 ile aynıdır.....161

Şekil 4.105. Dasitik kayaçların CaO'ye karşı Y diyagramı (Lambert ve Holland, 1974). Vektörler yaygın silikatların fraksiyonlaşma yönlerini göstermektedir 162

Şekil 4.106. Dasitlerin Sr/Y'ye karşı Y diyagramı. Karşılaştırma için diyagram üzerinde adakit ve Arkeen high-Al trondjemit-tonalit-dasit (TTD) alanı ve ada yayı andezit-dasit-riyolit alanları gösterilmiştir (Defant ve Drummond, 1990). Semboller Şekil 4.105 ile aynıdır 163

Şekil 4.107. İncelenen dasitik kayaçların adakit ve yay volkanitlerini ayıran $(La/Yb)_N$ karşı $(Yb)_N$ diyagramındaki dağılımları (Martin, 1986).....163

Şekil 4.108. İncelenen dasitik kayaçların MORB'a (Pearce, 1983) normalize edilmiş uyumsuz element desenleri 164

Şekil 4.109. İncelenen dasitik kayaçların kondrite (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş NTE desenleri 165

Şekil 4.110. Kalkalkali volkanitlerin La/10-Y/15-Nb/8 diyagramındaki dağılımları. 1- Orojenik bölge, 2- Kıtasal kabuk etkileri gösteren geç-post orojenik bölge, 3- Orojenik olmayan bölge (Cabanis ve Lecolle, 1989) 166

Şekil 4.111. Andezitlerin Ba-La diyagramındaki dağılımları (Gill, 1981).....167

Şekil 4.112.Dasitlerin granitik kayaçlar için geliştirilen iz elementlere dayalı tektonik ortam ayırtman diyagramlarındaki dağılımları (Pearce ve ark., 1984). VAG: volkanik yay granitleri, syn-COLG: çarpışmayla yaşıt granitler, WPG: levha içi granitler, ORG: okyanus sırtı granitleri 167

Şekil 4.113. Alkali volkanitlerin SiO_2 (%)'ye karşı ana oksit element (%) değişim diyagramları. Semboller Şekil 4.115 ile aynıdır.....169

Şekil 4.114. Alkali volkanitlerin SiO_2 (%)'ye karşı iz element (ppm) değişim diyagramları. Semboller Şekil 4.115 ile aynıdır 170

Şekil 4.115. Alkali volkanitlerdeki rezidüel element çiftleri arasındaki korelasyonlar.....171

Şekil 4.116. Alkali volkanitlerin (a) Fe_2O_3*/MgO karşı CaO/Al_2O_3 ve (b) CaO/Na_2O karşı Al2O3 diyagramı (vektörler minerallerin fraksiyonlaşma yönlerini göstermektedir). Semboller Şekil 4.115 ile aynıdır 172

Şekil 4.117. Alkali volkanitlerin ortalamasının MORB'a (Pearce, 1983) normalize edilmiş uyumsuz element desenleri.....173

Şekil 4.118. Ortalama alkali bazalt örneklerinin N-MORB'a (Pearce, 1996) normalize edilmiş jeokimyasal deseni 174

Şekil 4.119. İncelenen bazaltik kayaçların kondrite (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş NTE desenleri 176

Şekil 4.120. İncelenen trakitik kayaçların kondrite (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş NTE desenleri 177

Şekil 4.121. Ortalama kayaç örneklerinin KA-9 nolu örneğe normalize edilmiş NTE desenleri. Semboller Şekil 5.1 ile aynıdır.....178

Şekil 4.122. Bazaltların jeotektonik ortam sınıflaması (Pearce, 1996) 180

Şekil 4.123. Alkali bazalt ve havayitlerin a) Ti-Zr-Y (Pearce ve Cann, 1973) ve b) Th-Ta-Hf (Wood, 1980) diyagramındaki dağılımları.....181

Şekil 4.124. Kırklar lavının Zr/TiO_2-Nb/Y diyagramı (Pearce (1996) tarafından Winchester ve Floyd'dan (1977) revize edilmiştir) 182

Şekil 4.125. Kırklar lavının SiO_2 (%)'ye karşı seçilmiş ana oksit (%) ve iz element (ppm) değişim diyagramları 183

Şekil 4.126. Kırklar lavına ait örneklerin MORB'a (Pearce, 1983) normalize edilmiş uyumsuz element desenleri 184

Şekil 4.127. Kırklar lavına ait örneklerin kondrite (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş NTE desenleri 185

Şekil 4.128. İncelenen volkanik kayaçlarda $^{87}Sr/^{86}Sr$ ile Rb, Ba, Th, U, La ve SiO2 arasında gözlenen doğrusal korelasyon 190

Şekil 4.129. İncelenen volkanik kayaçların SiO_2'ye karşı $^{87}Sr/^{86}Sr$ diyagramı. AFC: Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalleşme, FC: Fraksiyonel Kristalleşme, MM: Manto Metasomatizması. Semboller Şekil 4.128 ile aynıdır 191

Şekil 4.130. İncelenen volkanik kayaçların $^{87}Sr/^{86}Sr$'ye karşı 1/Sr diyagramı. Semboller Şekil 4.128 ile aynıdır. FC: Fraksiyonel kristalleşme 192

Şekil 4.131. İncelenen volkanik kayaçların Sr-Nd izotop korelasyon diyagramı. Semboller Şekil 4.128 ile aynıdır 193

Şekil 4.132. Bazaltik kayaçların (alkali bazalt ve havayit) Zr/Nb'ye karşı Zr/Y diyagramı. MORB değerleri LeRoex'den (1987) alınmıştır 195

Şekil 4.133. KA-9 ve 154 nolu alkali bazalt örneklerine ait NTE desenlerinin % 1, 5 ve 10 kısmi ergime değerlerini temsil eden NTE desenleriyle kıyaslaması.....197

Şekil 4.134. Alkali volkanitlerin Zr'ye karşı Co, Cr ve Ni değişim diyagramları.....198

Şekil 4.135. Alkali volkanitlerin Nb/Y'ye karşı Rb/Y diyagramı (Ü.K: Üst Kabuk, Taylor ve McLennan, 1981).....202

Şekil 4.136. Alkali kayaçların gelişimindeki kontaminasyonu belirlemek için yapılan AFC modellemesi.....204

Şekil 4.137. Kalkalkali kayaçların gelişiminde etkili olan faz kombinasyonlarının Rayleigh fraksiyonlaşma yönlerini gösteren LogNb-LogZr diyagramı. Vektörler üzerindeki çizgiler % 20 kristallenme aralığını temsil etmektedir.....206

Şekil 4.138. Kalkalkali kayaçların SiO_2'ye karşı $^{87}Sr/^{86}Sr$ diyagramı.....207

Şekil 4.139. Kalkalkali kayaçların gelişimindeki kontaminasyonu belirlemek için yapılan AFC modellemesi.....208

ÇİZELGELER LİSTESİ Sayfa

Çizelge 4.1. Andezitlerdeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları 38
Çizelge 4.2. Andezitlerdeki amfibollerin mikroprob analiz sonuçları..... 39
Çizelge 4.3. Andezitlerdeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları. 40
Çizelge 4.4. Andezitlerdeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları. 41
Çizelge 4.5. Manyetit ve ilmenit çiftleri için hesaplanan sıcaklık ve fO2 değerleri (Xusp ve Xilm değerleri Lindsley ve Spencer'e, 1982 göredir). 42
Çizelge 4.6. Dasitlerdeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları..... 49
Çizelge 4.7. Dasitlerdeki amfibollerin mikroprob analiz sonuçları..... 50
Çizelge 4.8. Dasitlerdeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları. 51
Çizelge 4.9. Dasitlerdeki biyotitlerin mikroprob analiz sonuçları..... 52
Çizelge 4.10. Dasitlerdeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları..... 53
Çizelge 4.11. Manyetit ve ilmenit çiftleri için hesaplanan sıcaklık ve fO2 değerleri (Xusp ve Xilm değerleri Lindsley ve Spencer'e, 1982 göredir). 54
Çizelge 4.12. Gölbek andezitindeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları. 60
Çizelge 4.13. Gölbek andezitindeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları..... 61
Çizelge 4.14. Gölbek andezitindeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları..... 62
Çizelge 4.15. Dipdede dasitindeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları. 67
Çizelge 4.16. Dipdede dasitindeki amfibollerin mikroprob analiz sonuçları. 68
Çizelge 4.17. Dipdede dasitindeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları. 69
Çizelge 4.18. Yaraşlı andezitindeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları. 75
Çizelge 4.19. Yaraşlı andezitlerindeki amfibollerin mikroprob analiz sonuçları. 76
Çizelge 4.20. Yaraşlı andezitindeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları. 77
Çizelge 4.21. Yaraşlı andezitindeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları. 78
Çizelge 4.22. Hamzadağ dasitindeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları..... 84
Çizelge 4.23. Hamzadağ dasitindeki amfibollerin mikroprob analiz sonuçları..... 85
Çizelge 4.24. Hamzadağ dasitindeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları 86
Çizelge 4.25. Hamzadağ dasitindeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları..... 87
Çizelge 4.26. Manyetit ve ilmenit çiftleri için hesaplanan sıcaklık ve fO2 değerleri (Xusp ve Xilm değerleri Lindsley ve Spencer'e, 1982 göredir). 88
Çizelge 4.27. Karadağ andezitindeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları. 93
Çizelge 4.28. Karadağ andezitindeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları..... 94
Çizelge 4.29. Karadağ andezitindeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları. 95
Çizelge 4.30. Alkali bazaltlardaki olivinlerin mikroprob analiz sonuçları.....100
Çizelge 4.31. Alkali bazaltlardaki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.....101
Çizelge 4.32. Alkali bazaltlardaki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları. 102
Çizelge 4.33. Alkali bazaltlardaki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.....103
Çizelge 4.34. Havayitlerdeki olivinlerin mikroprob analiz sonuçları.....108
Çizelge 4.35. Havayitlerdeki feldispatların mikroprob analiz sonuçları. 109

Çizelge 4.36. Havayitlerdeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları. 110
Çizelge 4.37. Havayitlerdeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları. 111
Çizelge 4.38. Mujearitlerdeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları. 116
Çizelge 4.39. Mujearitlerdeki olivinlerin mikroprob analiz sonuçları.....117
Çizelge 4.40. Mujearitlerdeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları. 118
Çizelge 4.41. Mujearitlerdeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları. 119
Çizelge 4.42. Benmoritlerdeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları. 125
Çizelge 4.43. Benmoritlerdeki amfibollerin mikroprob analiz sonuçları. 126
Çizelge 4.44. Benmoritlerdeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları. 127
Çizelge 4.45. Benmoritlerdeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları. 128
Çizelge 4.46. Trakidasitlerdeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları. 133
Çizelge 4.47. Trakidasitlerdeki amfibollerin mikroprob analiz sonuçları. 134
Çizelge 4.48. Trakidasitlerdeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları. 135
Çizelge 4.49. Hacıreşit lavlarında klinopiroksen-eriyik jeotermobarometresine göre hesaplanan sıcaklık ve basınç değerleri. 136
Çizelge 4.50. Manyetit ve ilmenit çiftleri için hesaplanan sıcaklık ve fO2 değerleri (Xusp ve Xilm değerleri Lindsley ve Spencer'e, 1982 göredir). 137
Çizelge 4.51. Kırklar lavındaki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları. 142
Çizelge 4.52. Kırklar lavındaki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.....143
Çizelge 4.53. Kırklar lavındaki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları. 144
Çizelge 4.54. IUGS'ye göre TAS diyagramında TB, BTA ve TA alanlarına düşen kayaçların alt sınıflaması. 146
Çizelge 4.55. İncelenen andezitik kayaçların bazı NTE oranları. 158
Çizelge 4.56. İncelenen dasitik kayaçların bazı NTE oranları. 165
Çizelge 4.57. İncelenen alkali volkanitlerin bazı NTE oranları. 177
Çizelge 4.58. İncelenen volkanik kayaçların Sr ve Nd izotopik bileşimleri.....187
Çizelge 4.59. Kısmi ergime modellemesinde kullanılan ayrımlanma katsayıları ve manto kaynağının NTE ve modal mineralojik bileşimi. 196
Çizelge 4.60. Alkali volkanitlerin gelişiminde etkili olan fraksiyonlaşmanın kütle dengesi karışım hesaplamalarını (Stormer ve Nicholls, 1978) kullanarak test edilmesi. 200

EKLER LİSTESİ Sayfa

EK-1. Karacadağ (Kulu-Konya)-Yenice (Haymana-Ankara) Yöresinin Jeoloji Haritası

EK-2. Analizleri yapılmış örneklerin koordinatları.....228

EK-3. Volkanik kayaçların ana oksit element (%) analizleri ve CIPW normları. 230

EK-4. Volkanik kayaçların iz (ppm) ve nadir toprak (ppm) element analizleri. 239

SEMBOL ve KISALTMALAR LİSTESİ

ε: Nd izotopik bileşiminin bir manto rezervuarına göre ölçümü

fO_2: Oksijen kısmi basıncı

σ: Standart sapma

∑r2: Kalıntıların kareleri toplamı

r: AFC modellemesindeki asimilasyonun fraksiyonel kristalleşmeye oranı

F: Kısmi ergime miktarı veya AFC modellemesindeki artık eriyik fraksiyonu

AFC: Asimilasyonla eş zamanlı gelişen fraksiyonel kristalleşme

BİYE: Büyük iyon yarıçaplı element

FC: Fraksiyonel kristalleşme

kbar: Kilobar cinsinden basınç

Kd: Dağılım katsayısı

MORB: Okyanus ortası sırtı bazaltı

E-MORB: "Zenginleşmiş" MORB

N-MORB: "Normal" MORB

P-MORB: "Plume-tipi" MORB

T-MORB: "Geçiş-tipi" MORB

Mg#: Magnezyum numarası

MM: Manto metasomatizması

My: Milyon yıl

NPC: Normatif plajiyoklas bileşimi

NCI: Normatif renk indisi

NTE: Nadir toprak element

ANTE: Ağır nadir toprak element

HNTE: Hafif nadir toprak element

ONTE: Orta(ç) nadir toprak element

TAS: Toplam alkali-silis

YAEE: Yüksek alan enerjili element

1. GİRİŞ

1.1. Çalışma Alanının Yeri ve Coğrafi özellikleri

Çalışma alanı Ankara J29-a3, b3, b4, c1, c2, c3, c4, d2, d3 paftalarında, Kulu (Konya)-Haymana (Ankara) arasındadır ve 1200 km^2'lik bir alan kaplar (Şekil 1.1).

Çalışma alanının en yüksek noktasını 1738 m. rakımıyla Karacadağ oluşturmaktadır. Çalışma alanındaki önemli diğer tepeler; Kırklar tepe (1738 m.), Hacıreşit dağı (1474 m.), Hisardağı (1440 m.), Bumsuzdağı (1373 m.), Hacıdağ tepe (1328 m.), Çalık dağı (1323 m.), Hamzadağı tepe (1298 m.), Karadağ (1113 m.)'dır. En önemli dereler ise; Büyükdeli çay, Kelahmetin çeşme deresi, Kızılağıl dere, Ağıliç dere, Çoraközü dere, Anaçay dere'dir.

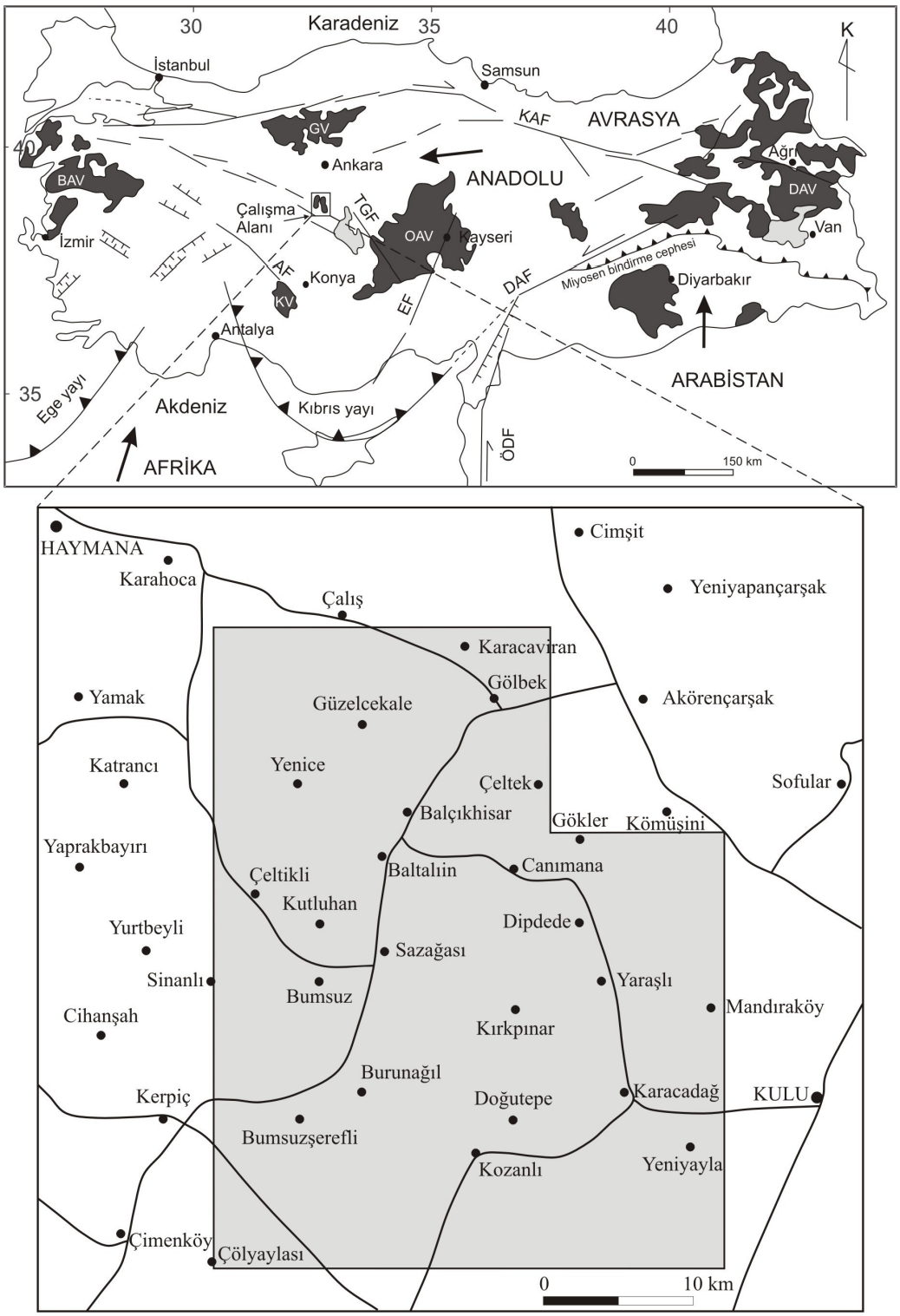
1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Kulu (Konya)-Haymana (Ankara) arasında yer alan Neojen yaşlı volkanik kayaçların mineralojik, petrografik, jeokimyasal ve izotopik özelliklerini belirleyerek volkanik kayaçların petrojenezini ortaya koymak ve bölgeye jeolojik açıdan katkı sağlamaktır.

1.3. Bölgesel Jeoloji

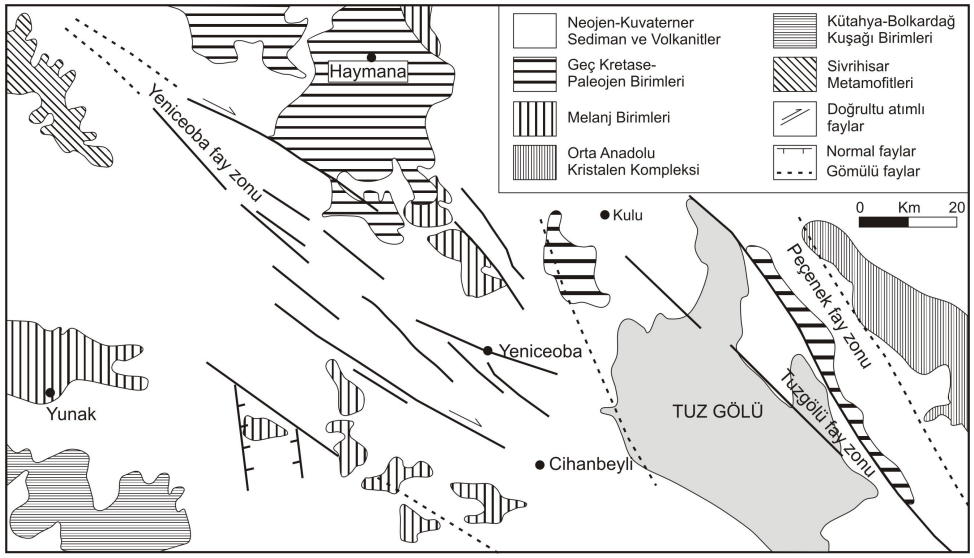
Temel birimleri: Tuzgölünün batı ve güneybatısında Kütahya-Bolkardağı metamorfitleri, kuzey ve kuzeybatısında ise yığışım prizması birimleri havzanın temel kayaçlarını oluşturmaktadır (Görür ve ark., 1984; Dellaloğlu 1997; Çemen ve ark. 1999; Dirik ve Erol 2000)(Şekil 1.2 ve Şekil 1.3).

Havzanın batı ve güneybatısındaki temel kayaçları Özcan ve ark. (1990) tarafından Kütahya-Bolkardağı Metamorfitleri (KBM) olarak tanımlanmıştır. KBM Paleozoyik-Mesozoyik yaş aralığında platformda çökelmiş kayalardan oluşmaktadır (Çemen ve ark. 1999; Dirik ve Erol 2000). Kuzey ve kuzeybatıda havzanın temelini Göncüoğlu ve ark.'na (1996) göre Orta Anadolu Ofiyolitli karmaşığı oluşturmaktadır. Bu birimler İzmir-Ankara-Erzincan Okyanusunun kapanması sürecinde gelişen ve güneye KBM üzerine itilen yığışım prizması niteliğindedir.

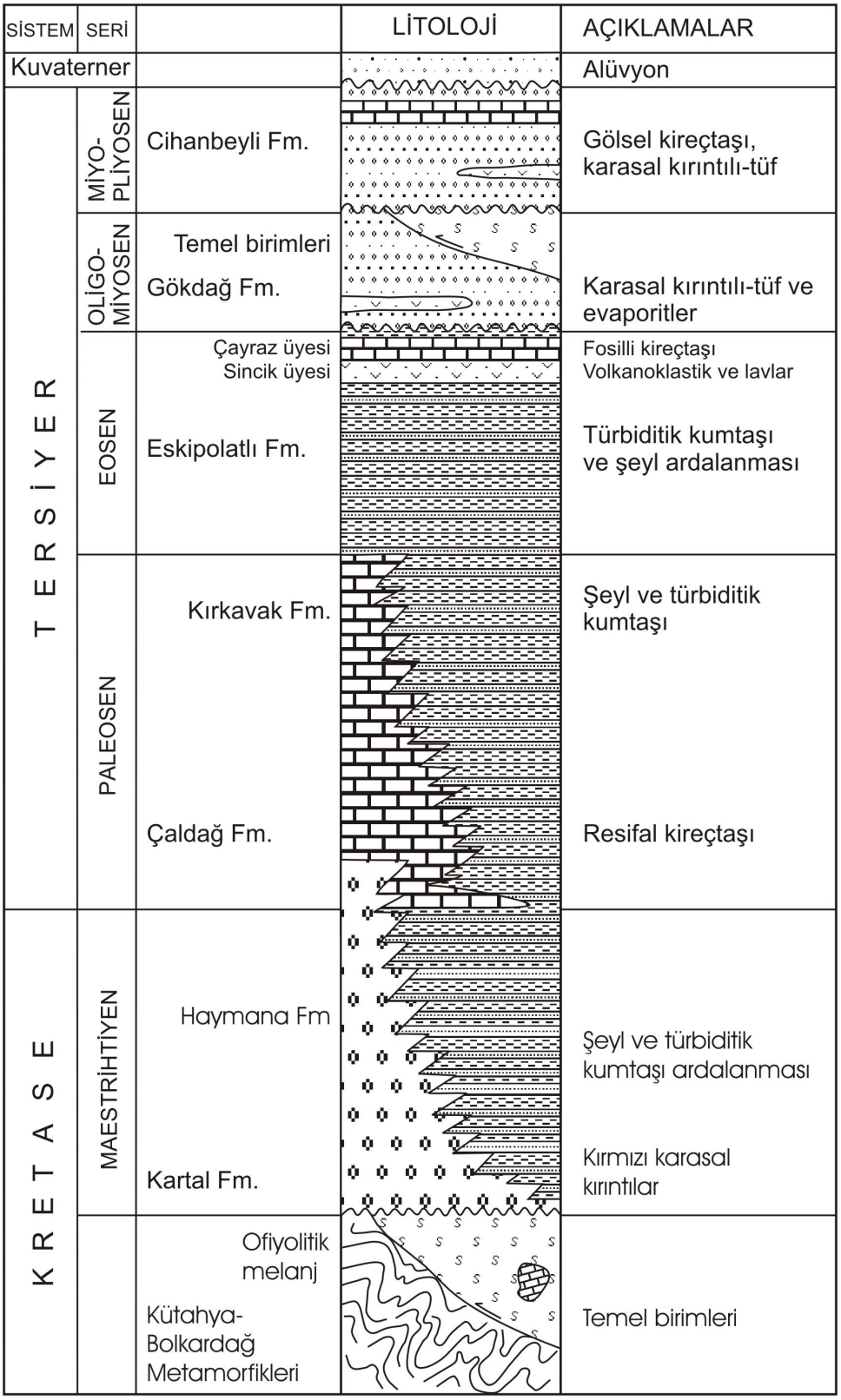


Şekil 1.1. Türkiye'deki Neojen-Kuvaterner volkanitlerinin yayılımı (Ketin, 1983 ve Koçyiğit'den, 1991) ve çalışma alanının yer bulduru haritası (BAV: Batı Anadolu Vollkanitleri, GV: Galatya Volkanitleri, KV: Konya Volkanitleri, OAV: Orta Anadolu Volkanitleri, DAV: Doğu Anadolu Volkanitleri).

Örtü birimleri: Yukarıda bahsedilen temel üzerine, Üst Kretase-Tersiyer yaşlı birimler gelmektedir. Üst Kretase-Orta Eosen dönemine ait birimler denizel ve karasal iken, Orta Eosenden genç birimler sadece karasaldır. Üst Kretase-Tersiyer birimleri, Maestrihtiyen yaşlı şeyl-türbiditik kumtaşı ardalanmasından oluşan fliş türündeki Haymana formasyonu ve Maestrihtiyen-Üst Paleosen yaşlı kırmızı renkli karasal kırıntılılardan ibaret Kartal formasyonuyla başlamaktadır. Bu birim üste doğru yanal ve düşey olarak marn-kumtaşı-fosilli kireçtaşı ardalanmasından oluşan Çaldağ formasyonu ve şeyl-türbiditik kumtaşı ardalanmasından oluşan Kırkavak formasyonuna geçer. Kırkavak formasyonu üzerine uyumlu olarak taban kısmı derin deniz üst kısımları sığ denizel ortam özelliği sunan şeyl-kumtaşı-çakıltaşı ardalanmasından ibaret Eosen yaşlı Eskipolatlı formasyonu gelmektedir. Eskipolatlı formasyonunun üst kısımları Sincik (volkanik kumtaşı, kil taşı, volkanik breş ve lav akıntıları) ve Çayraz (kireçtaşı) üyelerine ayrılmaktadır. Bu birimler üzerine uyumsuzlukla Oligo-Miyosen yaşlı Gökdağ formasyonu gelmektedir. Gökdağ formasyonu konglomera, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşından oluşmaktadır. Miyo-Pliyosen yaşlı Cihanbeyli formasyonu kendinden yaşlı tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir. Cihanbeyli formasyonu konglomera, kumtaşı, silttaşı, kiltaşından oluşmaktadır. Yer yer tüf ve tüfit tabakaları içermektedir (Çemen ve ark. 1999).



Şekil 1.2.Tuzgölü havzasının başlıca kayaç birimleri ve yapısal özelliklerini gösteren genelleştirilmiş jeoloji haritası (Çemen ve ark.'dan, 1999 sadeleştirilerek alınmıştır).



Şekil 1.3. Tuzgölü batısının genelleştirilmiş sütun kesiti (Çemen ve ark., 1999).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tuz Gölü havzası çok uzun yıllardan beri birçok araştırmacının ilgisini çekmiş ve havzada değişik amaçlı birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalar daha çok genel jeoloji ve ekonomik jeolojiye yönelik çalışmalar olup jeokimyasal çalışmalar daha azdır. Bölgede yapılan çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Yapılan ilk çalışmalar Agalede'ye (1954) dayanmaktadır. Çalışmacı Tuz Gölünün batı ve kuzeybatısının 1/100.000 ölçekli jeolojik etüdünü yapmıştır.

Righi ve Cortesini (1959) Tuz Gölü havzasının stratigrafisini ve yapısal konumunu ayrıntılı olarak incelemişlerdir. Araştırmacılar, Asmaboğazı, Kırkavak, Eskipolatlı ve Mezgit birimlerini ilk kez ayırtlamışlar ve bölgede karasal Üst Kretase varlığını ortaya çıkarmışlardır.

Schmidt (1960) Tuz Gölü havzasının jeolojisini petrol olanakları açısından incelemiş ve bölgenin petrol açısından ümitli olmadığını belirtmiştir.

Akarsu (1971) Haymana civarının jeolojisini ve petrol imkanlarını araştırmış ve havzanın petrol açısından elverişsiz olduğunu belirtmiştir.

Keller (1974) Karapınar yöresindeki Kuvaterner yaşlı maar tipi volkanizmayı incelemiştir ve bu volkanitlerin çevresinde "Base Surge" türde depolanmaları gözlemiştir. Araştırmacı tarafından yapılan çalışmada lavların bazalt, bazaltik andezit, trakibazalt, trakiandezit, andezit türde olduğu belirtilmiştir.

Arıkan (1975) Tuz gölünün kuzey ve kuzeybatı bölümlerinin detay jeolojisini araştırarak petrol olanaklarını değerlendirmiştir. Yüzey jeolojisi verilerini jeofizik araştırmalarla birleştirerek havzadaki Üst Kretase-Tersiyer yaşlı sedimanter istifin yer yer 10 km kalınlığa ulaştığını belirtmiştir.

Ünalan ve ark. (1976) Haymana-Polatlı civarının stratigrafisi üzerine çalışma yapmışlardır. Üst Kretase-Tersiyer boyunca yöredeki çökelmenin sürekli ve Haymana-Polatlı havzasının güneydoğudan Tuz Gölü baseni ile bağlantılı olduğunu belirtmişlerdir.

Besang ve ark. (1977) tarafından Konya-Erenler Dağ ve Alacadağ volkanitleri ile Karaman-Karadağ volkanitlerine yönelik radyometrik yaş belirlemesi

yapılmıştır. Konya civarındaki volkanizmanın yaşının 3,35-11,95 My. arasında olduğu ve Üst Miyosen'den başlayıp Alt Pliyosen'e kadar devam ettiğini belirtmişlerdir. Bu araştırmacılar, Karaman volkanitlerinin Konya volkanitlerinin doğuya doğru uzantısı ve Üst Pliyosen yaşlı olduğunu belirtmişlerdir.

Keller ve ark. (1977) Konya (Erenlerdağ-Alacadağ) volkanitlerini jeolojik ve petrolojik açıdan incelemişlerdir. Araştırmacılar, yöredeki volkanitlerin on dört evrede oluştuğunu belirterek, kalkalkali bileşimdeki volkanik serinin ortalama bileşiminin yerkabuğu ortalama bileşimi ile tam uyumluluk gösterdiğini belirtmişlerdir. Volkanizmanın 12 milyon yıl öncesine ait bir fosil yitim zonu ile ilgili olduğunu, bu zonun bir kıta çarpışması meydana geldikten sonra kapandığını ve volkanitlerin oluştuğunu ileri sürmüşlerdir.

Batum (1978) Konya'nın güneybatısından başlayarak Kayseri'nin doğusuna kadar uzanan volkanik kuşak içinde yer alan Nevşehir'in güneybatısındaki volkanitlere yönelik çalışma yapmıştır. Araştırmacı, Üst Miyosen'den başlayarak Kuvaterner'e kadar etkili olan volkanizmanın karakterini ortaya koymaya çalışmıştır. Volkanitlerin jeokimyasal özelliklerini incelemiş ve radyometrik olarak yaşlarını belirlemiştir. Yazar sahada ki hafif alkalen Kuvaterner bazaltlar dışındaki tüm volkanitlerin kalkalkalen seriye dahil olduğunu belirtmiş ve bu volkanitlerin kökenini Arap-Afrika levhasıyla Anadolu levhacığı arasındaki çarpışmaya bağlamıştır.

Batman (1981) Haymana kuzeyindeki ofiyolitik melanjı incelemiş ve Dereköy formasyonu olarak tanımlamıştır. Birimin esas olarak hornblendit, gabro, diyorit, serpantinit, radyolarit, kiltaşı, diyabaz, spilit, grovak, silis ve çeşitli kireçtaşı bloklarından oluştuğunu belirtmiştir. Birimin Alt Kretase-Kampaniyen aralığında bölgeye yerleştiğini ve Üst Kretase-Eosen yaşlı birimler üzerinde tektonik olarak yer aldığını vurgulamıştır.

Görür (1981) Tuz Gölü havzasını, Haymana-Polatlı civarı, Yeniceoba-Haymana arası, Aksaray-Şereflikoçhisar arası ve Bala civarı olmak üzere dört kısma ayırarak stratigrafisini incelemiştir.

Yaşar ve ark. (1982) Tuz Gölü havzasının jeolojisini, tuz potansiyelini ve jeokimyasını incelemişlerdir. Araştırmacılar Karacadağ volkanitlerini Karacadağ tüfiti, Karacadağ aglomerası, andezit ve bazalt olmak üzere dört farklı kaya birimi

olarak incelemişler ve volkanitlerin yaşını Pliyo–Kuvaterner olarak vermişlerdir.

Ercan (1987) Orta Anadolu'daki Senozoyik yaşlı volkanizmayı incelemiştir. 1/500.000 ölçekli Ankara-Konya-Kayseri-Adana paftalarının kapsadığı geniş bir alanda Paleosen'den tarihsel zamanlara kadar etkin olmuş volkanizmayı altı gruba ayırmıştır. Paleosen-Eosen yaşlı volkanitlerin yitim zonlarında dalma-batma olayları sonucu türemiş kalkalkalen nitelikli yay volkanizması olduğunu belirtmiştir. Oligosen, Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı diğer dört grup ise bölgede levhaların yakınsama hareketinin uzun süre devamı sonucunda okyanusal kabuğun tüketilmesi ve kıtasal kabukların çarpışmalarından sonra meydana gelen ve esas olarak kıtasal kabuk kökenli ve kalkalkalen nitelikli volkanitler olduğunu vurgulamıştır. Yer yerde mantodan türemiş alkalen volkanitler ve kabuk-manto kökenli hibridik volkanitlerin varlığını da belirtmiştir.

Ercan ve ark. (1990) Hasandağ ve Karacadağ civarında yaptığı çalışmada inceleme alanında 15 farklı volkanik kaya birimi haritalamışlardır. Bunların petrokimyasal yönden subalkalen (toleyitik +kalkalkalen) ve yer yer hafif alkalen nitelikte olduğunu belirtmişlerdir. Bu volkanitlerin Arap-Afrika levhası ile Anadolu levhası arasında meydana gelen çarpışma zonunda kabuk kalınlaşması ve buna bağlı olarak litosfer incelmesinin yarattığı genleşme kuvvetlerinin etkileriyle basınç düşmesi ve sığ mantoda bölümsel ergimelerin oluşmalarıyla meydana geldiklerini düşünüp bu volkanitlerin yaşını Pliyosen olarak vermişlerdir.

Kurt (1994; 1996) Kadınhanı (Konya) yöresi kayaçlarının petrografik ve jeokimyasal karakteristiklerini araştırmıştır.

Kurt (1996) Kadınhanı (Konya) civarındaki dasitik lav ve aglomeraları incelemiştir. Araştırmacı volkanitlerin Yüksek-K kalkalkali olduğunu belirleyerek, bunların jeokimyasal özelliklerinin orojenik volkanitlere benzediğini vurgulamıştır. Ayrıca, yazar kayaçların andezitik ana mağmadan hornblend denetimli fraksiyonel kristalleşme ile oluştuğunu ortaya koymuştur. Fakat kayaçlarda yer alan plajiyoklasların dengesiz kristallenme özelliklerini de mağma karışımının bir işareti olabileceğine dikkat çekmiştir.

Dellaloğlu (1997) Ankara-Tuz Gölü arasında yaptığı çalışmada Neotetisin kuzey kolunun evrimini incelemiştir. Havzayı, Haymana baseni ve Tuz Gölü baseni

olmak üzere ikiye ayırmıştır. Araştırmacı, çalışma alanının yaklaşık ortasından geçen Samsam ofiyolit kuşağının bu iki baseni ayırdığını, kuşağın kuzeybatısındaki topluluğun (Haymana baseni) Sakarya kıtasına ait temel üzerine ve güneydoğudaki topluluğun (Tuz Gölü baseni) ise Kırşehir metamorfik temeli üzerine oturduğunu belirtmiştir.

Kurt ve ark. (1997) Tuz Gölünün doğu ve batısındaki ofiyolitik birimleri petrografik ve jeokimyasal yönden karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Bu çalışmada gabrolardaki klinopiroksenlerin Cr/Si oranı kullanarak gabroları ofiyolitik ve ofiyolitik olmayan olarak ikiye ayırmışlardır.

Wilson ve ark. (1997) Orta Anadolu'daki önemli volkanik merkezlerden olan Miyosen yaşlı Galatya volkanitlerinin jeokimyası ve petrolojisini araştırmıştır. Bu çalışmada volkanizmanın transtansiyonel bir rejimde gelişen çarpışma sonrası tipte volkanizma olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar Alt Miyosen ve Üst Miyosen olmak üzere iki faklı yaş ve özellikte bazalt belirlemişlerdir. Alt Miyosen bazaltlarının yitimle değişmiş manto kaynağından, Üst Miyosen bazaltlarının ise OIB'ninkine benzeyen bir kaynaktan türediği belirlenmiştir.

Tankut ve ark. (1998) Wilson ve ark.'nın (1997) verilerini kullanarak Galatya volkanitlerinin jeokimyasını ve tektonik ortamını yeniden yorumlamışlardır.

Temel ve ark. (1998) Konya civarındaki Senozoyik yaşlı volkanizmayı incelemişlerdir. Bu çalışmada volkanitlerin bazalttan dasite kadar değişen bileşimde Yüksek-K kalkalkali niteliğinde olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar volkanitlerin aktif kıta kenarı volkanitlerine benzediğini vurgulayarak bunların Afrika plakasının Anadolu plakasının altına dalmasıyla ilişkili olduğunu ve gelişimlerinde AFC'nin etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Çemen ve ark. (1999) Tuz Gölü havzasını yapısal, stratigrafik ve sedimantolojik açıdan incelemişlerdir. Araştırmacılar Tuz Gölü havzasının Orta Anadolu'daki Geç Maestrihtiyen tektonizmasının bir ürünü olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmacılara göre bu dönemde oluşan faylar, Kretasede kuzey Neotetisin kapanmasıyla kalınlaşan Orta Anadolu kıtasal kabuğunu parçalara ayırmıştır. Ayrıca havzanın sedimanter istifinin tabanındaki kıtasal kabuk tipi temel, havzanın hiçbir zaman okyanusal havza olmadığını belirtmişlerdir.

Olanca (1999) tarafından Karapınar-Konya yöresindeki Kuvaterner volkanizması incelenmiştir. Arap ve Afrika levhalarının Anadolu levhacığı altına dalması ve bu hareketi izleyen çarpışmanın bölgedeki volkanizmaya yol açtığını belirtmiştir. Majör ve iz element sonuçlarına dayanarak kayaçların kalk-alkalen seriye benzerlik gösterdiğini ve mağma gelişimi sırasında fraksiyonel kristalleşmenin ve AFC' nin etkili olduğunu ve yine Karapınar volkanitlerinin dünyada yitime bağlı olarak oluşan volkanik kayaçlarla benzerlik sunduğunu belirtmiştir.

Uğuz ve ark. (1999) Kulu (Konya), Haymana (Ankara) ve Kırıkkale'yi kapsayacak şekilde çok geniş bir alanda çalışmışlardır. Karacadağ volkanitlerinin andezit, bazalt türü lavlar ve tüf-aglomera türü piroklastiklerden oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu volkanitlere stratigrafik konuma göre Alt Turoliyen yaşını vermişlerdir.

Kurt ve Arslan (1999) Kadınhanı (Konya) civarındaki metatrakiandezitlerin jeokimyasanı ve petrojenezini incelemiştir. Araştırmacılar metavolkanitlerin, alkali-toleyitik geçiş karakterli, trakiandezit bileşimli ve levha-içi lavlarının kimyasal özelliklerine benzediğini belirlemişlerdir. Ayrıca kayaçları oluşturan ana magmanın, ekstansiyonel bir rejimde oluştuğunu ve az oranda dalma-batma bileşeni içeren kıta-altı litosferden türediğini vurgulamışlardır.

Kurt (2000) Tuz Gölünün güneydoğusunda yer alan ve Orta Anadolu'nun önemli volkanik kütlelerinden biri olan Hasandağ (Aksaray) volkanitlerine yönelik çalışma yapmıştır. Araştırmacı, riyolit akıntıları içindeki obsidyen oluşumlarını incelemiştir. Riyolit ve obsidyenlerin gözeneklilik, kristallenme, renk ve akma bantlaşması bakımından farklılık gösterdiğini, jeokimyasal olarak riyolit ve obsidyenlerin aynı şartlar altında oluştuğunu belirtmiştir.

Asan (2002) Karacadağ (Kulu) volkanitlerinin petrografik ve jeokimyasal özelliklerini incelemiştir. Araştırmacı volkanitlerin hem subalkali hemde alkali kayaçlardan oluştuğunu belirlemiştir. Araştırmacı subalkali volkanitlerin Orta-K içeriğine sahip kalkalkali karakterli olduğuna dikkat çekmiş ve genel olarak kayaçların yakınsayan levha kenarı volkanitlerine benzediğini belirtmiştir.

Asan ve Kurt (2003) yaptıkları çalışmalarında Karacadağ (Kulu) yöresi kalkalkali volkanitlerininin bir çarpışma zonunun ürünü olduğunu belirtmişlerdir.

Ayrıca bu çalışmada volkanitlerin gelişiminde etkili olan fraksiyonel kristalleşme, mağma karışımı, yitim ve kontaminasyon gibi süreçler için bazı petrografik ve jeokimyasal bulgular ortaya koymuşlardır.

Kurt ve ark. (2003) Konya yakın civarındaki Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanik kayaçları inceleyerek, bunların gelişimindeki yitim etkilerini ortaya koymuşlardır.

Eren ve ark. (2004) Konya kuzeyininin Paleozoyik deformasyonu ve mağmatizmasını inceleyerek, Paleotetis aktif kenarına dair ipuçları ortaya koymuşlardır.

Kurt ve ark. (Baskıda) Kulu-Haymana yöresi volkanik kayaçlarını inceleyerek, volkanitlerin yaşını Ar-Ar yöntemiyle Alt Miyosen olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar bölgede kalkalkali ve alkali volkanik kayaçların varlığını belirleyerek, kalkalkali kayaçların andezit, dasit ve bunların piroklastiklerinden, alkali kayaçların ise bazalt, trakibazalt ve trakiandezitlerden oluştuğunu vurgulamışlardır. İlaveten araştırmacılar kalkalkali kayaçların orojenik, alkali kayaçların ise levha-içi karaktere sahip olduğunu belirtmişlerdir.

3. MATERYAL ve METOT

Bu çalışma arazi, laboratuvar ve büro olmak üzere üç temel aşamada gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmaları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.

3.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarında inceleme alanının stratigrafisi belirlenerek, 1:25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Çalışma alanında yüzeyleyen volkanik kayaçlardan farklı incelemelerde bulunmak amacıyla 385 adet örnek alınmıştır.

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Alınan örneklerin taze olanlarından ince kesitler yaptırılmıştır. Bu ince kesitler polarizan mikroskop altında incelenerek, volkanik kayaçların mineral içerikleri, fenokristal/hamur oranları, dokusu ve diğer petrografik özellikleri ortaya konulmuştur. Fenokristal/hamur oranları Swift marka (Model F) otomatik nokta sayıcı kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca önemli mineralojik ve petrografik özellikleri vurgulamak için mikrofotoğraflar çekilmiştir.

Her bir volkanik kayaç birimine ait, taze ve birimi temsil eden bir örnek üzerinde mikroprob analizleri yapılmıştır. Öncelikle seçilen örneklerden ince kesitler elde edilmiştir. Bu ince kesitler polarizan mikroskop altında incelenerek, analizi yapılacak mineraller ince kesit üzerine asetat kalemle daire içine alınarak işaretlenmiştir. İşaretlenen her bir dairenin ayrı ayrı mikrofotografları çekilmiştir. Minerallerin analizi istenen noktaları mikrofotoğraflar üzerinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Elde edilen ince kesitler ve mikrofotoğraflar McGill Üniversitesi elektron mikroprob laboratuvarına (Kanada) gönderilmiştir. Gönderilen ince kesitler karbonla kaplandıktan sonra JEOL 8900 elektron prob cihazıyla mikroprob analizleri yapılmıştır. Analiz sırasında kullanılan ışın şartları 15 kV (olivin için 20 kV) ve 20 nA olup sayma hızı her bir element için 20 sn'dir.

Mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenmiş, çok az veya hiç alterasyon göstermeyen örneklerden ana oksit, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmak üzere S.Ü. Jeoloji Müh. Bölümü laboratuvarları kullanılarak 85 adet jeokimya örneği hazırlanmıştır. Bunun için öncelikle kayaç örneklerinin atmosferik yüzeyleri kesilerek yaklaşık 100-150 cm^3'lük bloklar elde edilmiştir. Bunlar önce çeneli

kırıcıdan geçirilerek birkaç mm'lik çaptaki parçalara kırılmış, daha sonra da bilyalı değirmen kullanılarak yaklaşık 150-200 mesh'lik toz haline getirilmiştir. Kirlenmeyi önlemek amacıyla kullanılan tüm alet ve malzemeler her işlemden sonra asetonla temizlenmiştir. Hazırlanan toz örnekler ACME laboratuvarlarına (Kanada) gönderilmiştir. Ana oksit ve iz elementler ICP-ES (İndüktif Eşlemiş Plazma Kaynaklı Emisyon Spektrofotometresi) ile, nadir toprak elementler ICP/MS (İndüktif Eşlemiş Plazma Kaynaklı Kütle Spektrometresi) ile analiz edilmiştir.

Mineralojik, petrografik özellikleri belirlenmiş ve kimyasal analizleri yapılmış örneklerden 33 tanesi seçilerek $^{87}Sr/^{86}Sr$ ve $^{143}Nd/^{144}Nd$ izotopik oranları ölçülmek üzere iki farklı laboratuvara gönderilmiştir (Geosciences Rennes-Fransa ve GEOMAR-Almanya) . Bu amaç için toz haldeki tüm kayaç örnekleri kullanılmıştır. Sr ve Nd izotop analizleri Finnigan Mat 262-MS ile yapılmıştır.

Mineralojik, petrografik özellikleri belirlenmiş ve kimyasal analizleri yapılmış 10 örneğin $^{40}Ar/^{39}Ar$ metoduyla yaş tayinleri yaptırılmıştır. Bu analizler ^{39}Ar-^{40}Ar lazer prob (CO_2 Synrad®) ve Map215®-MS ile Geosciences Rennes-Fransa'da gerçekleştirilmiştir. Analizler için hornblend mineral ayrımı ve tüm kayaç örnekleri kullanılmıştır.

3.3. Büro Çalışmaları

Bu aşamada arazi, mineral kimyası, kayaç kimyası ve izotop analizlerinden elde edilen bilgiler değerlendirilerek tez yazım işlemi gerçekleştirilmiştir. Jeoloji haritası CorelDRAW (www.corel.com) yardımıyla çizilmiştir. Mineral, kayaç ve izotop analizlerinden elde edilen veriler Minpet (www.minpet.com/ordering.htm), Igpet (www.rockware.com), WinAmphcal (Yavuz, 2007), BIOTERM (Yavuz ve Öztaş, 1997), Petrograph (www.unipg.it/~maurip/SOFTWARE.htm), SINCLAS (Verma ve ark., 2002) paket programları ve bazı mineral kimyası Excel çalışma kitapları (www.abdn.ac.uk/geology/profiles/analysis/software.htm) kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca termometre ve barometre hesaplamaları için Cpx-Plag-Ol Thermobar (www.csufresno.edu/geology/Faculty&Staff/Putirka/Keith_Putirka.html) ve ILMAT (Lepage, 2003) gibi Excel Çalışma Kitaplarından yararlanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Stratigrafi

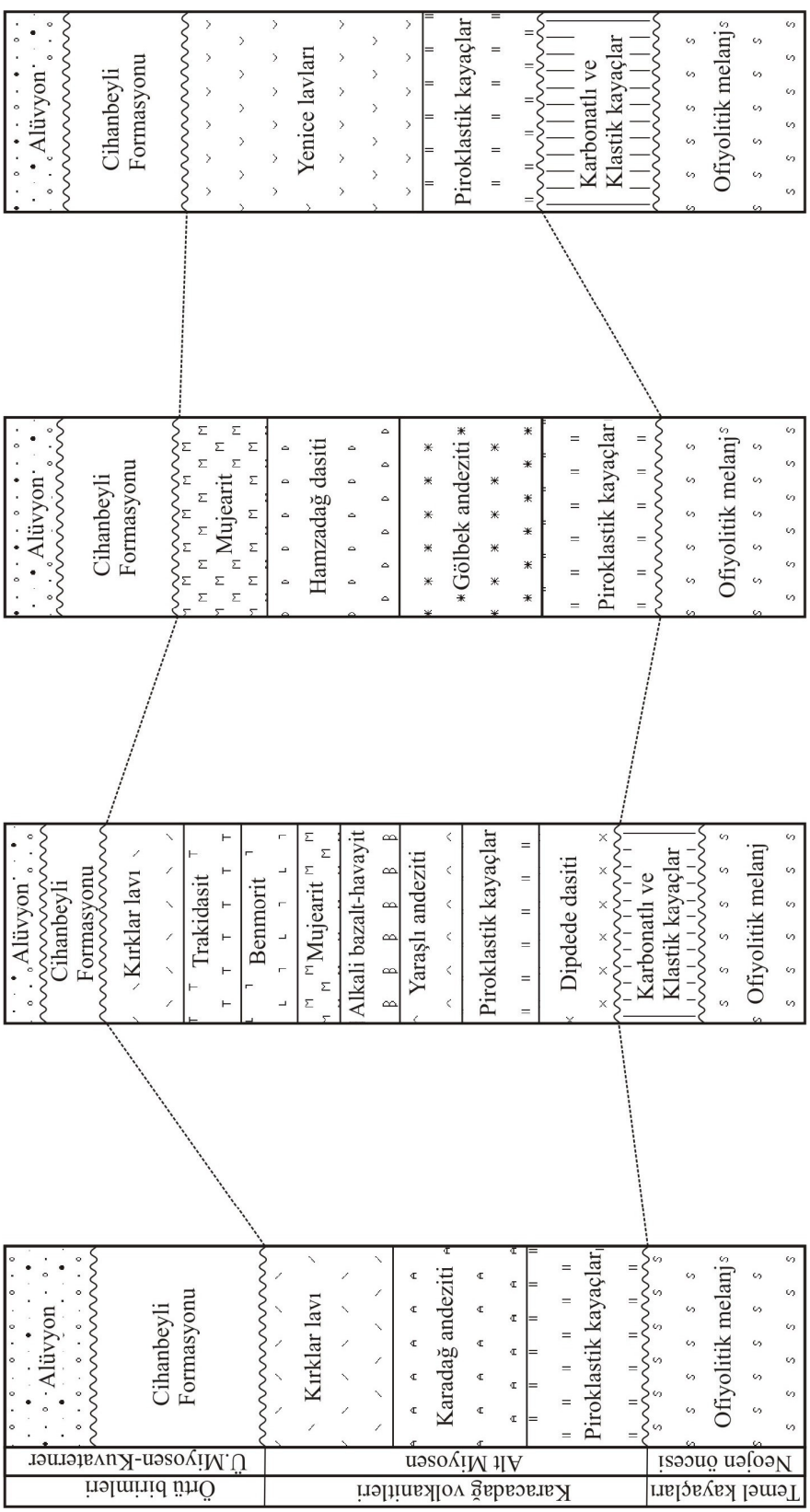
4.1.1. Giriş

Çalışma alanında, Üst Kretase-Kuvaterner yaşlı birimler yüzeylemektedir. Bu birimler ofiyolitik, sedimanter ve volkanik kayaçlarla temsil edilmektedirler. Çalışma alanında yüzeyleyen en yaşlı birim Üst Kretase yaşlı ofiyolitik melanjdır. Bu melanj Neotetisin kuzey kolunun (İzmir-Ankara-Erzincan Okyanusu) kapanması sürecinde gelişen yığışım prizması özelliği taşımaktadır. Bu birim üzerine uyumsuz olarak yay önü havzada gelişen Maestrihtiyen-Eosen yaşlı sedimanter bir istif gelmektedir. Bu istif formasyon mertebesinde ayırtlamaya gidilmemiş, jeoloji haritasında Maestrihtiyen-Eosen karbonatlı ve klastik kayaçlar olarak gösterilmiştir (EK-1). Söz konusu ofiyolitik melanj ile Maestrihtiyen-Eosen yaşlı sedimanter birimler inceleme alanının temelini oluşturmaktadırlar. Bu birimler bu bölümde Neojen Öncesi Temel Kayaçları olarak incelenecektir. Bu temel kayaçları, Neojen yaşlı karasal sedimanlar ve bunlarla ilişkili volkanitler tarafından örtülmektedir. Çalışma alanı ve civarında geniş alanlar kaplayan Neojen sedimanter birimleri Cihanbeyli Formasyonu, volkanitler ise dokuz üyeye ayrılarak Karacadağ volkanitleri adı altında incelenecektir (Şekil 4.1).

4.1.2. Neojen Öncesi Temel Kayaçları

Temel kayaçları ofiyolitik melanj ve sedimanter kayaçlarla temsil edilmektedir. Ofiyolitik melanj, inceleme alanının batı-güneybatısında Bumsuz ve Burunağıl köyü güneyinde, kuzeybatıda da Dipdede köyü kuzeyinde yüzeylemektedir. Sedimanter kayaçlar ise Yenice ve Çeltikli batısından başlayıp kuzeye doğru uzanmaktadır. Ayrıca Karacadağ kasabası ve Altılar köyü civarında yüzeylemektedirler.

Ofiyolitik melanja ait birimleri serpantinit, gabro ve bazalt gibi mağmatik kayaçlar ile bloklar halinde kireçtaşı, radyolarit ve çört türü sedimanter kayaçlar oluşturmaktadır. Maestrihtiyen-Eosen yaşlı sedimanter birimler ağırlıklı olarak şeyl-kumtaşı, konglomera türü kırıntılılar ve daha az marn, kireçtaşı türü karbonat kayaçlarından oluşmaktadırlar.



Şekil 4.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş dikme kesitleri (ölçeksiz)

4.1.3. Karacadağ Volkanitleri

Karacadağ volkanitlerinin yer aldığı jeolojik çalışmalar Agalede'ye (1954) kadar uzanmaktadır. Yapılan ilk çalışmalardan itibaren Karacadağ volkanitlerinin yaşı üzerine farklı görüşler ortaya atılmıştır. Bu çalışmalar daha çok bölgenin genel jeolojisi ve ekonomik potansiyeline yönelik olduğundan volkanitlerin yaşı üzerinde fazla durulmamış, Oligosen'den Kuvaterner'e kadar çok farklı yaşlar kullanılmıştır. Volkanitler adını çevresine göre oldukça sarp ve yüksek olan 1738 m. rakıma sahip Karacadağ'dan almaktadır. Bölgede yapılan tüm çalışmalarda volkanitler bu adla incelenmiştir. Ancak dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan birisi Türkiye jeolojisine bu adla girmiş başka volkanitlerin de varlığıdır. Bu nedenle karışıklığı önlemek amacıyla volkanitleri "Kulu-Karacadağ volkanitleri" olarak adlamak daha uygun olacaktır.

Yukarıda belirtilen farklı yaşların aksine, bu çalışmada gerçekleştirilen $^{40}Ar/^{39}Ar$ yaşlandırma metoduyla Kulu-Karacadağ volkanitlerinin Alt Miyosen (18-21 My.) yaşlı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu dar zaman aralığında volkanizmanın farklı tür ve bileşimde ürünler verdiği gözlenmiştir. Bu volkanik ürünler, ortaç-asidik lav ve piroklastitlerden oluşan kalkalkali kayaçlar ile bazik-asidik lavlardan oluşan alkali kayaçlarla temsil olunmaktadır. Aşağıda bu birimlerin özellikleri arazi gözlemleri ve radyometrik yaş verileri ışığında alttan üste doğru tanıtılmaktadır.

4.1.3.1. Piroklastik kayaçlar

Piroklastik kayaçlar çalışma alanında geniş alanlar kaplamaktadır. Birim tüf ve volkanik breşlerlerden oluşmaktadır. Volkanik breşler içerisinde gözlenen volkanik kayaç çakılları kalkalkali andezit ve dasitlerden oluşmakta ve bazen bunlar metre boyutuna ulaşabilmektedir. Volkanik breşler içerisinde alkali kayaçlara ait çakıllar gözlenmemektedir. Volkanik breşler genellikle masiftir. Tüfler açık renkli, bazen tabakalıdır. Piroklastik kayaçlar temel kayaçlarını uyumsuz olarak örtmektedir. Birim genel olarak Kulu-Karacadağ volkanitlerinin tabanında gözlenmektedir. Birim üzerine arazinin farklı bölümlerinde değişik lavlar gelmektedir. Bu lavlar birimin üst kesimlerinde birkaç metrelik pişme zonu oluşturmaktadırlar.

4.1.3.2. Yenice lavları

Bu lavlar çalışma alanının batısında, Bumsuz, Kutluhan ve Yenice'yi içine alan kuzey-güney yönlü bir hat boyunca uzanmaktadır. Lavlar andezitik, nadiren de dasitik bileşimdedir. Andezitik lavlar tipik olarak soğuma çatlakları sunmaktadırlar (Şekil 4.2). Yenice lavları tabakalanma gösteren piroklastik kayaçlar üzerine gelmektedir (Şekil 4.3).

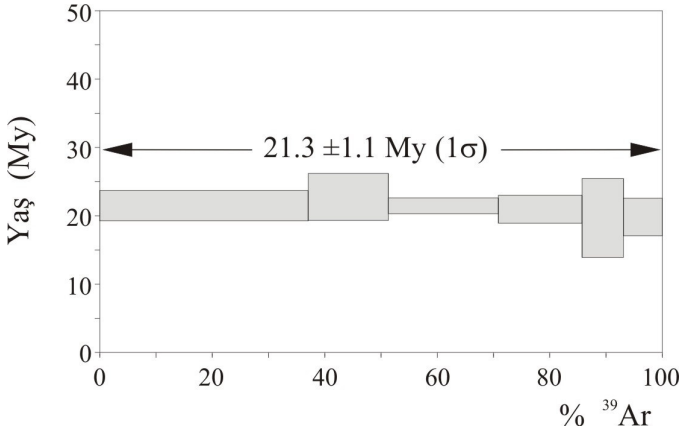
Yenice lavlarına ait bir örnek üzerinde yapılan $^{40}Ar/^{39}Ar$ yaş tayinlerine göre 21.3±1.1 My. yaşı alınmıştır (Şekil 4.4). Elde edilen bu veri Kulu-Karacadağ volkanitlerinden alınan en eski yaş verisini temsil etmektedir.



Şekil 4.2. Yenice lavlarına ait andezitlerde gözlenen soğuma çatlaklarının görünüşü (Bumsuzdağının güney yamacı, kuzey batıya bakış).



Şekil 4.3. Altta tabakalı tüfler ve üstte yenice lavlarına ait andezitlerin arazi ilişkisi (Bumsuzdağının güney yamacı, batıya bakış).

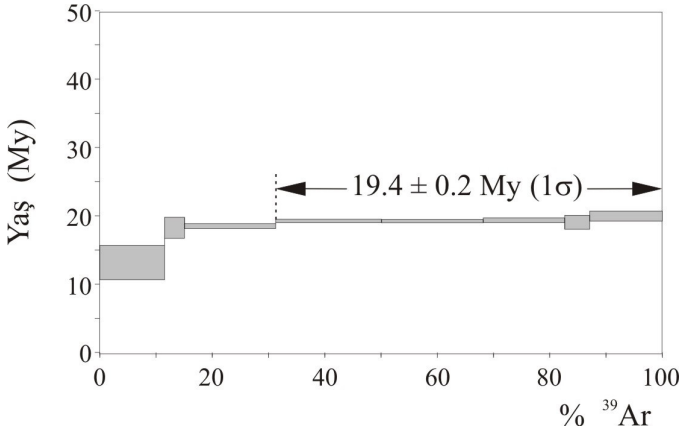


Şekil 4.4. Yenice lavlarına ait bir adet amfibol mineral ayrımının $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası.

4.1.3.3. Gölbek andeziti

İnceleme alanının kuzey-kuzeydoğu kesiminde geniş alanlar kaplamaktadır. En iyi Gölbek ve Çeltek köyleri yakın civarında gözlenmektedir. Siyahımsı renkli, bazen oksidasyon nedeniyle kırmızımsı-pembemsi renklidir. Plajiyoklas ve piroksen fenokristalleri içermektedir ve porfirik dokuludur. Piroklastik kayaçları keserek yüzeylemektedir.

Birim üzerinde gerçekleştirilen $^{40}Ar/^{39}Ar$ yaş tayinlerine göre yaşı 19.4±0.2 My'dir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Gölbek andezitine ait bir adet tüm kayaç örneğinin $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası.

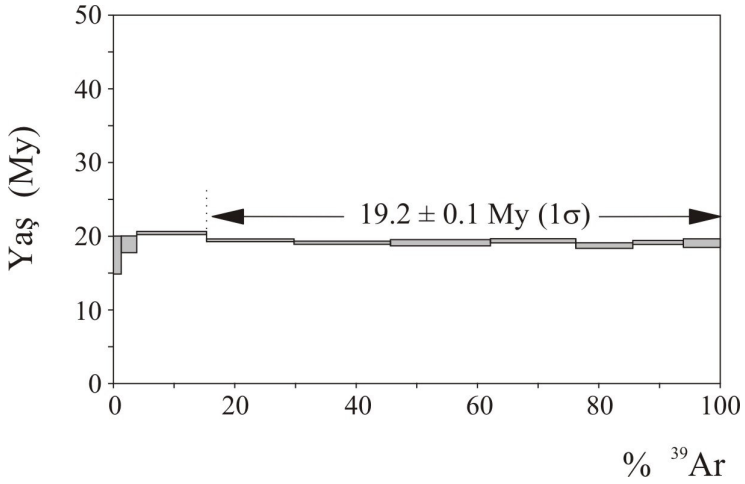
4.1.3.4. Dipdede dasiti

Birim subvolkanik karaktere sahip olup, Dipdede köyü civarında Kale tepe ve Yaraşlı köyü kuzeyinde Kızfatma harabesi civarında gözlenmektedir. Birim tipik olarak grimsi, krem renklerde gözlenmektedir. Kale tepede yüzeylemesi dom şekillidir (Şekil 4.6). Bu birim ayrıca Kızfatma civarındaki küçük derelerde yer yer kolon debili yüzeylemeler sunmaktadır.

Birim üzerinde gerçekleştirilen $^{40}Ar/^{39}Ar$ yaş tayinlerine göre 19.2±0.1 My. yaşı alınmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.6. Dipdede dasitinin oluşturduğu dom yapısı (Dipdede köyü batısı, kuzeye bakış).



Şekil 4.7. Dipdede dasitine ait bir adet tüm kayaç örneğinin $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası.

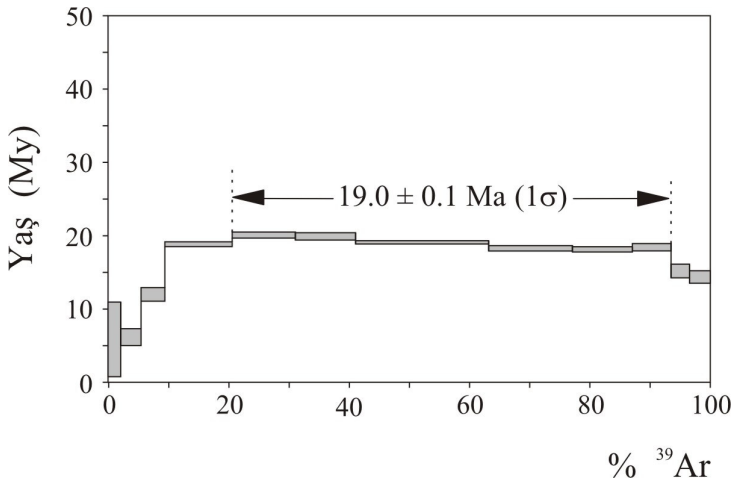
4.1.3.5. Yaraşlı andeziti

Birim Yaraşlı köyü civarında, Karacadağın doğu yamaçlarında, Tatardağı, Hacıdağ tepe, Karaoğlan tepe, Yoncalık tepe ve Çetinkaya tepede yüzeylemektedir. Birim koyu gri, siyahımsı renklerde gözlenmektedir. Birim bol plajiyoklas fenokristalli porfirik dokuludur. Dipdede dasitini ve piroklastikleri keserek yüzeylemektedir. Bu yüzeyleme Yaraşlı köyü kuzeyinde tipik olarak çivi (nek) yapısı sunmaktadır (Şekil 4.8). Kırklar tepe lavı tarafından örtülmektedir.

Birim üzerinde gerçekleştirilen $^{40}Ar/^{39}Ar$ yaş tayinlerine göre yaşı 19.0±0.1 My'dir (Şekil 4.9).



Şekil 4.8. Dipdede dasitini keserek yüzeyleyen Yaraşlı andezitinin oluşturduğu çivi yapısı (Yaraşlı köyü kuzeyi, doğuya bakış).

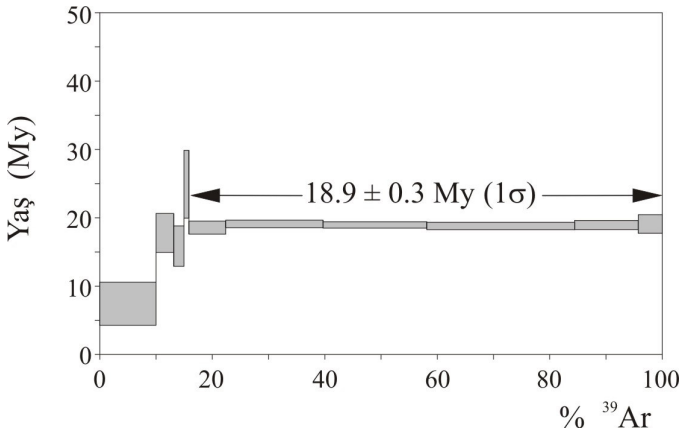


Şekil 4.9. Yaraşlı andezitine ait bir adet tüm kayaç örneğinin $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası.

4.1.3.6. Hamzadağ dasiti

Birim en iyi çalışma alanının orta kesimlerindeki Hamzadağ tepede gözlenmektedir. Ayrıca Ağıl tepe, Haydak tepe, Kale tepe, Zeynep tepe ve Hüseyininağıl tepede yüzeylemektedir. Birim açık gri, krem renklerden grimsi siyaha kadar değişen renkler sunmaktadır.

Birim üzerinde gerçekleştirilen $^{40}Ar/^{39}Ar$ yaş tayinlerine göre yaşı 18.9±0.3 My'dir (Şekil 4.10).

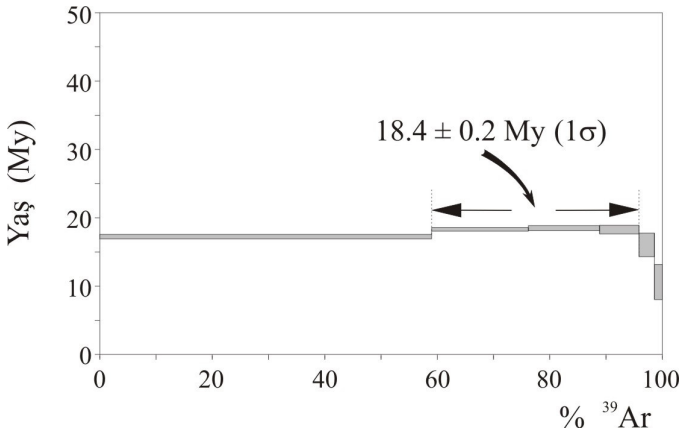


Şekil 4.10. Hamzadağ dasitine ait bir adet amfibol mineral ayrımının $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası.

4.1.3.7. Karadağ andeziti

Birim çalışma alanının güneyinde Karadağ'da ofiyolitik melanjı keserek yüzeylemektedir. Porfirik dokuludur ve cm boyutuna ulaşabilen plajiyoklas megakristalleri içermektedir. Birim masif lav akıntısı olarak gözlenmektedir. Bazen tipik olarak çok bol gaz boşlukları içermektedir.

Birim üzerinde gerçekleştirilen $^{40}Ar/^{39}Ar$ yaş tayinlerine göre yaşı 18.4±0.2 My'dir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Karadağ andezitine ait bir adet tüm kayaç örneğinin $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası.

4.1.3.8. Hacıreşit lavları

Bu lavlar, Karacadağ kasabasının batısında Hacıreşit dağı, Ortadağ, Yassıdağ ve Küçükdağ'da yüzeyleme sunmaktadırlar. Bu lavlar arazide, Küçükdağ-Hacıreşit dağı arasındaki yaklaşık KKD-GGB doğrultulu bir kırık hattı ile ilişkili olarak gözlenmektedirler.

4.1.3.8.1. Alkali bazalt ve Havayit

Bu kayaçlar oldukça benzer özellikler göstermesi ve arazide sınır ilişkilerinin kesin olarak görülememesi nedeniyle birlikte incelenmişlerdir. Bunlar taze yüzeylerinde siyahımsı, koyu grimsi renkli, atmosferik yüzeylerinde ise kırmızımsı kahve renklidir. Afanitik dokuludurlar. Fakat bazen olivin fenokristalli zayıf porfirik dokulu gözlenebilmektedirler. Masif lav akıntıları ve piroklastik kayaçları kesen dayklar şeklinde yüzeyleme sunmaktadırlar (Şekil 4.12). Tipik olarak lav akıntılarının taban kısmından tavana doğru gaz boşluklarının arttığı gözlenmiştir (Şekil 4.13).

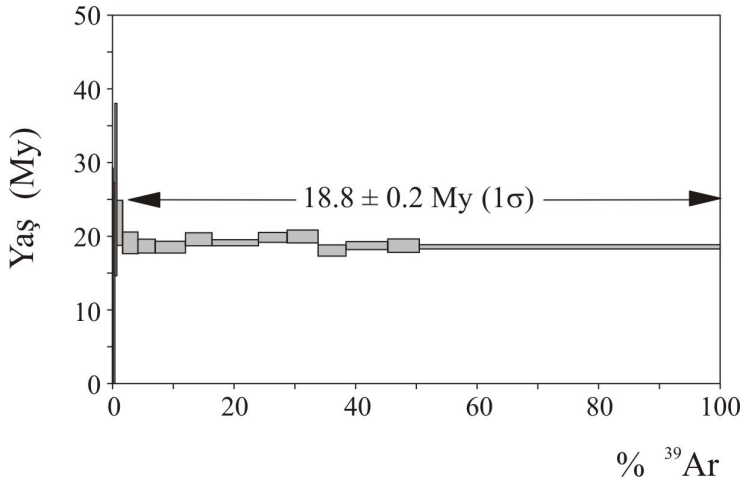
Alkali bazaltlardan yapılan $^{40}Ar/^{39}Ar$ yaş tayinlerine göre 18.8±0.2 Milyon yıl (My) yaş elde edilmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.12. Piroklastik kayaçları kesen alkali bazalt daykı (Hacıreşit dağının doğu yamacı, Taş ocağı mevki, batıya bakış).



Şekil 4.13. Alkali bazaltlarda gözlenen gaz boşlukları (Ortadağın batı yamacı).



Şekil 4.14. Alkali bazalta ait bir adet tüm kayaç örneğinin $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası.

4.1.3.8.2. Mujearit

Mujearitler siyahımsı renklidir. Birime ait mostralara Ortadağ ve Karanlıkarkaç tepede rastlanmaktadır. Birim bazen bol gözenekli, cürufumsu özellik sunmaktadır (Şekil 4.15). Ortadağ'da Alkali bazalt ve havayitler üzerine gelmekte,

benmoritler tarafından örtülmektedir. Karanlıkarkaç tepede Gölbek andezitleri üzerine gelmektedir.

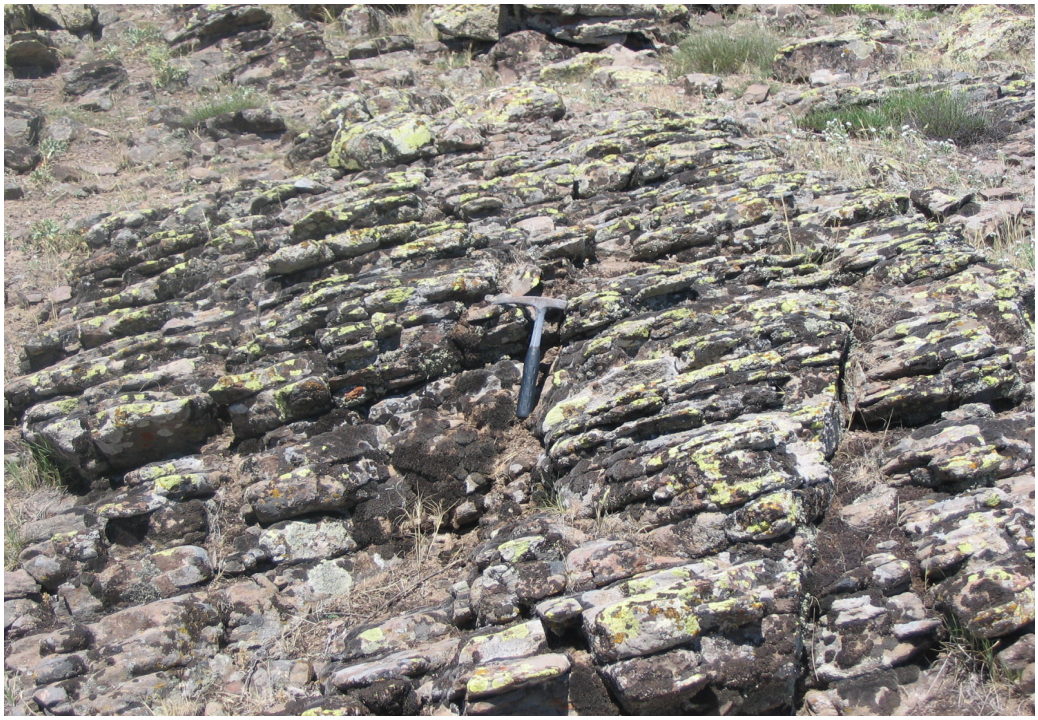


Şekil 4.15. Cüruf özelliğindeki mujearitlerin el örneğindeki görünümü.

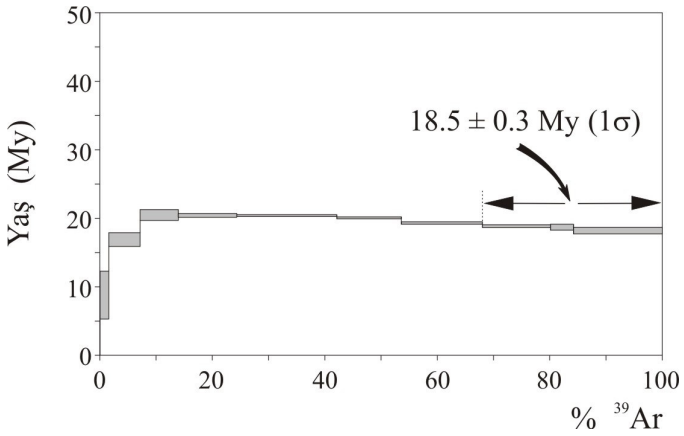
4.1.3.8.3. Benmorit

Birim koyu gri siyahımsı renkli, bol miktarda iri plajiyoklas fenokristalleri içeren belirgin porfirik dokuludur. Birim oldukça sert ve sağlam yapılıdır. Birim arazide akma bandı yapısıyla karakteristiktir (Şekil 4.16). Alkali bazalt ve havayitler üzerine akmıştır.

Benmoritlerden yapılan $^{40}Ar/^{39}Ar$ yaş tayinlerine göre 18.5 ± 0.3 Milyon yıl (My) yaşı elde edilmiştir (Şekil 4.17).



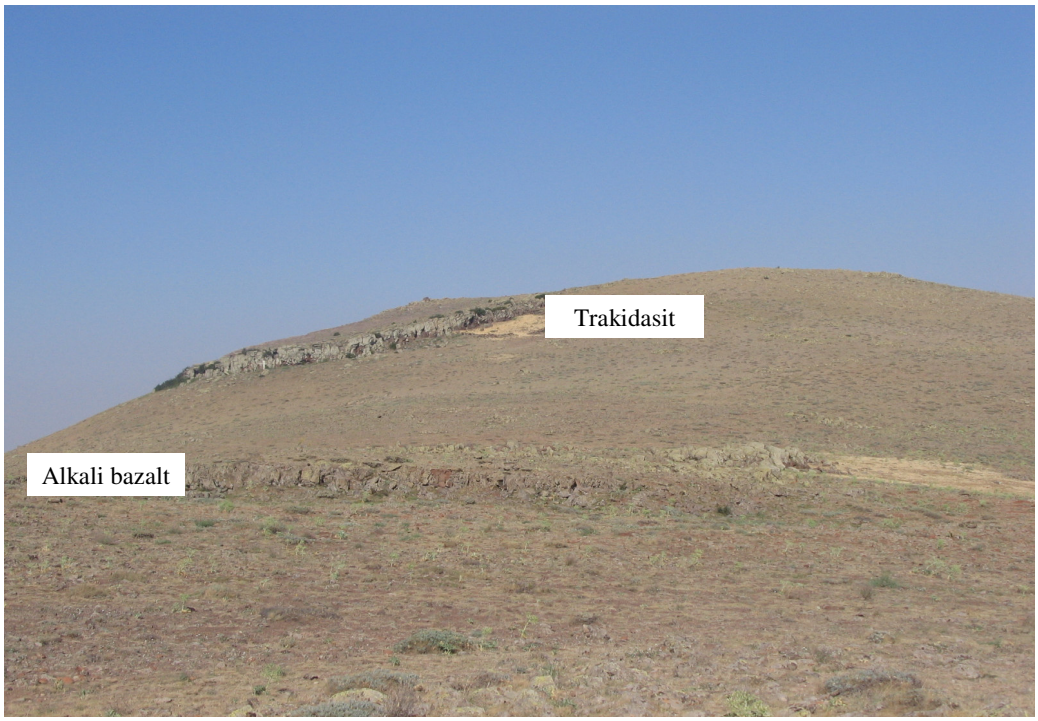
Şekil 4.16. Benmoritlerde gözlenen akma bandı yapısı (Yassıdağ'ın güney batı yamaçları)



Şekil 4.17. Benmoritlere ait bir adet tüm kayaç örneğinin $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası.

4.1.3.8.4. Trakidasit

Birim koyu gri siyahımsı renklidir. Trakidasitler plajiyoklas ve amfibol fenokristalleri içeren porfirik dokuludur. Hacıreşit dağı ve Yassıdağda yüzeylemektedir. Hacıreşit dağında alkali bazaltlar üzerine gelmektedir (Şekil 4.18). Trakidasitlerde akma bandı yapısı gözlenebilmektedir.



Şekil 4.18. Trakidasitler ile alkali bazaltların sınır ilişkisi (Hacıreşit dağının güneybatı yamacı, kuzeye bakış).

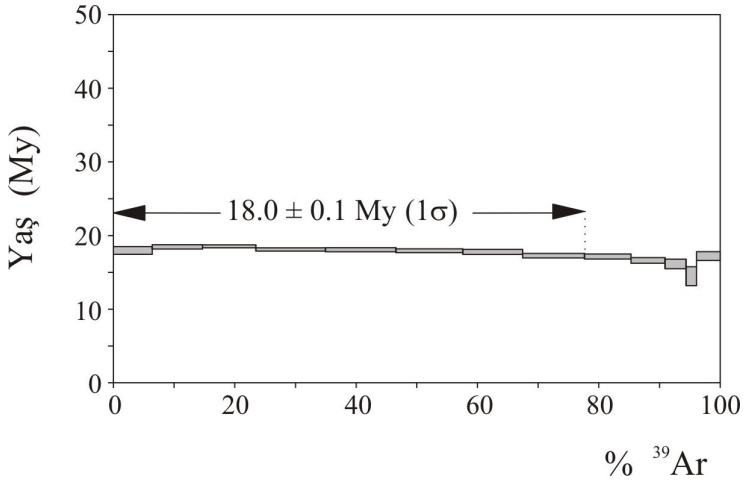
4.1.3.9. Kırklar lavı

Bu lavlar yaygın olarak Kırklar tepeyi de kapsayan Karacadağ'ın batı ve kuzey yamaçlarında, Hacıreşit dağı, Yassıdağ ve Bozdağ'da gözlenmektedir. Birim çalışma alanındaki en genç lav akıntılarını temsil eder ve trakiandezitik bileşime sahiptir. Karacadağ civarında Yaraşlı andeziti üzerine akmıştır. Birim koyu gri, siyahımsı renkli ve oldukça sert yapılıdır. Afanitik dokulu, bazen çok zayıf porfirik dokuludur. Birim arazide fiziksel mağma karışımına (magma mingling) işaret eden dokusal özellikler sunmaktadır (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Kırklar tepe lavında gözlenen mağma karışımı dokusu (Karacadağın güney batı yamacı).

Birim üzerinde yapılan $^{40}Ar/^{39}Ar$ yaş tayinlerine göre 18.0±0.1 Milyon yıl (My) yaşı elde edilmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Kırklar tepe lavına ait bir adet tüm kayaç örneğinin $^{39}Ar/^{40}Ar$ yaş spektrası.

4.1.4. Cihanbeyli Formasyonu

İlk olarak Akarsu (1971) tarafından karasal kırıntılılar, karbonatlar ve bunlarla yanal geçişli volkanitler için bu formasyon ismi kullanılmıştır. Cihanbeyli formasyonu, çalışma alanında alansal olarak geniş bir yayılıma sahip olmasına rağmen birime ait mostra yoğun örtü nedeniyle çok nadirdir.

İnceleme alanında birim çakıltaşı, kumtaşı, marn ve kireçtaşı ardalanması şeklinde gözlenmektedir. Birime ait kırıntılı kayaçlar makroskobik ve mikroskobik olarak incelendiğinde bol miktarda volkanik kayaç parçaları içerdiği gözlenmiştir. Mikroskobik çalışmalarda kırıntılı kayaçlar içerisinde gözlenen volkanik çakılların, mineralojik ve dokusal özellikleri bakımından Kulu-Karacadağ volkanitlerine oldukça benzediği tespit edilmiştir.

Tuzgölünün batı ve doğusunda çok geniş bir alanda yüzeyleyen Neojen yaşlı karasal kırıntılı ve karbonatlı kayaçlar Cihanbeyli formasyonu adı altında incelenmiştir. Bir çok çalışmada farklı yaşlara karşılık gelmek üzere bu formasyon ismi kullanılmıştır. Değişik çalışmalarda formasyonun yaşı Miyosen, Miyo-Pliyosen, Üst Miyosen-Pliyosen, Pliyo-Kuvaterner olarak kullanılmaktadır. İnceleme alanında Kulu-Karacadağ volkanitleriyle Cihanbeyli formasyonunun sınır ilişkisi yoğun örtü nedeniyle kesin olarak gözlenememektedir. Ancak formasyona ait kırıntılı kayaçların Alt Miyosen yaşlı Kulu-Karacadağ volkanitlerinden çakıl aldığı dikkate alınırsa formasyonun Alt Miyosenden daha genç olması gerekmektedir. Ayrıca Dellaloğlu (1997) inceleme alanını da içine alan çalışmasında formasyon için Üst Miyosen-Pliyosen yaşını uygun görmüştür. Tüm bunlar dikkate alınarak bu çalışmada formasyonun yaşı Üst Miyosen-Pliyosen olarak kabul edilmiştir.

Kendinden yaşlı tüm birimleri açısal uyumsuz olarak örtmektedir. Üzerine ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar gelmektedir.

4.1.5. Alüvyon

Çalışma alanında yüzeyleyen kayaçların değişik boyuttaki parçalarından oluşmaktadır. Daha çok dere yatakları ve düzlük alanlarda gözlenirler ve pekişmemiş durumdadırlar.

4.2. Petrografi ve Mineral Kimyası

4.2.1. Giriş

Bu bölümde çalışma alanında yer alan volkanik kayaçların mineralojik, petrografik ve mineral kimyası özellikleri incelenmiştir. Araziden derlenen volkanik kayaç örneklerinden 385 adet ince kesit yaptırılmıştır. Bu kesitler polarizan mikroskop altında ayrıntılı olarak incelenmiştir. Kayaçlarda yer alan hamur ve fenokristal fazların %'lerini belirlemek amacıyla nokta sayımı gerçekleştirilmiştir. Nokta sayımında Okamura ve ark.'nın (2005) belirttiği şekilde mikrofenokristaller fenokristallere dahil edilerek sayılmıştır. Mineral tane boyları için Wilcox (1954) tarafından belirlenen boyutlar esas alınmıştır (fenokristal > 0.3 mm ve mikrofenokristal = 0.03-0.3 mm). Nokta sayımı her bir kayaç türüne ait temsili bir kesit için $\geq$1000 nokta üzerinden yapılmış ve sonuçlar sayma hatası değerleriyle beraber verilmiştir.

Kayaçlarda yer alan ana minerallerin (olivin, piroksen, amfibol, biyotit, feldispat ve opak mineral) kimyasal bileşim ve türlerinin belirlenebilmesi için elektron mikroprob analizleri yapılmıştır. Bu analizler her bir kayaç türüne ait temsili bir örneğin parlatılmış kesitleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca elde edilen mikroprob sonuçlarına dayanarak jeotermobarometre hesapları yapılmış ve minerallerin oluşum şartları belirlenmeye çalışılmıştır.

4.2.2. Yenice Lavları

4.2.2.1. Andezit

4.2.2.1.1. Petrografi

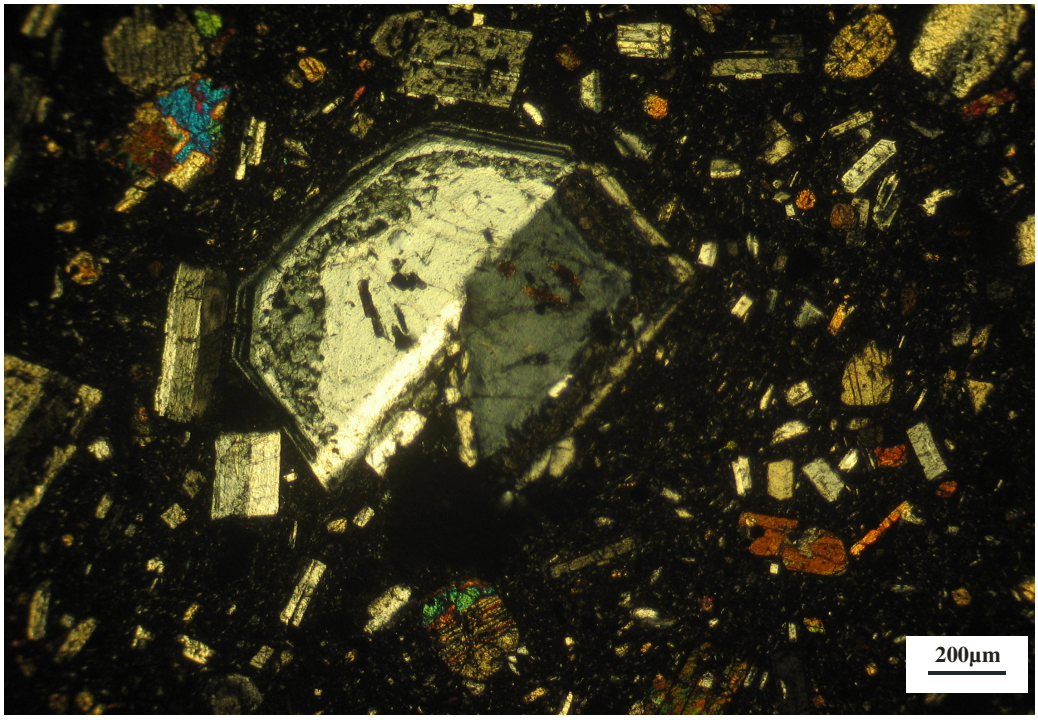
Andezitler hipokristalin porfirik dokuludur. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, amfibol, orto/klinopiroksen ve opak mineraller oluşturmaktadır. Hamur fazı bu minerallere ilaveten biraz volkanik cam içermektedir. Tali olarak apatit gözlenmektedir. Kayaçta modal olarak; plajiyoklas (% 26.3±2.8), amfibol (% 7.0±1.6), ortopiroksen (% 4.0±1.2), klinopiroksen (% 2.7±1.0), opak mineral (% 1.9±0.9) ve hamur (% 58.1±3.1) bulunmaktadır.

Plajiyoklas feno ve mikrofenokristalleri özşekilli-yarı özşekilli, albit ikizli ve zonlu kristaller olarak gözlenirler. Bazen kenarlarından itibaren korozyona uğramış ve yuvarlağımsı şekiller kazanmıştır. Plajiyoklas fenokristalleri yaygın olarak elek dokusu göstermektedir. Bu doku bazen ince bir zon şeklinde kristal kenarında gelişirken, bazen de kristalin merkez kısmında gelişmiştir. Her iki durumda da elek dokulu zonun etrafında yeniden büyüme zonu gelişmiştir (Şekil 4.21). Amfibol, opak mineral ve apatit kapanımları içerebilmektedir.

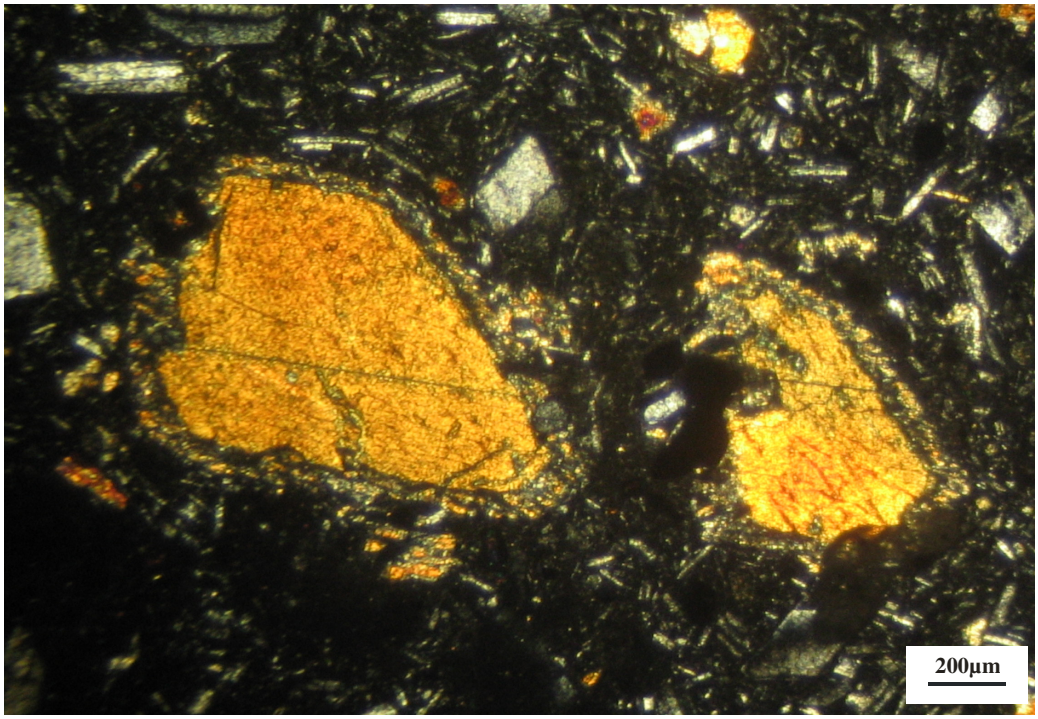
Amfiboller özşekilli, altıgen kısa prizmatik ve dikdörtgen şekilli uzun prizmatik kristaller olarak gözlenirler. Yeşil-yeşilimsi kahve renkli ve kuvvetli pleokroiktir. Amfibollerde ikizlenme, zonlanma ve opak çeperler yaygındır. Bazı amfibollerin kenarlarında klinopiroksenden oluşan bir reaksiyon kuşağı gelişmiştir (Şekil 4.22). Plajiyoklas, piroksen ve opak mineral kapanımları içermektedir.

Orto/klinopiroksenler yarı özşekilli-özşekilli, sekizgen kısa prizmatik ve dikdörtgen uzun prizmatik kristaller olarak gözlenirler. Bazen korozyona uğramış kristaller olarak görülebilmektedir. Bazı ortopiroksenler kenarlarından itibaren klinopiroksen tarafından kuşatılmıştır. Bazen çok tipik olarak ortopiroksenler bol opak mineral kapanımları içermektedir.

Hamur mikrolitiktir. Yaygın olarak hyalopilitik, bazen de trakitik doku izlenebilmektedir. Kayaçta iğnemsi şekilli klinopiroksen tarafından sarılmış kuvars kristalleri gözlenmektedir. Bu doku kuvarsların ksenokrist olduğunun bir göstergesidir ve kuvars ksenokristalinin mağma ile reaksiyonu sonucu gelişmektedir (Shelley, 1993).



Şekil 4.21. Andezitlerdeki elek dokusu ve kenarında yeniden büyüme zarfı gösteren plajiyoklas (KA-263, 32X, Ç.N.).



Şekil 4.22. Andezitlerdeki iğnemsi piroksen tarafından kuşatılmış amfiboller (KA-264, 32X, Ç.N.).

4.2.2.1.2. Mineral kimyası

4.2.2.1.2.1. Plajiyoklas

Plajiyoklas feno ve mikrofenokristallerinin bileşimi andezinden (An_{30}) labradora (An_{60}) kadar değişmektedir (Şekil 4.23; Çizelge 4.1). Plajiyoklaslarda normal ve ters zonlanma gözlenmektedir. Halkalı zonlanma gösteren bir fenokristalin merkezi An_{42} kenarı ise An_{35} bileşimindedir ve zonlar arasındaki An içeriğindeki değişim en fazla % 14'e kadar çıkabilmektedir.

Plajiyoklaslardaki halkalı zonlanma % An içeriğinin kristalin merkezinden kenarına doğru artması ve azalması olarak tanımlanır. Halkalı zonlanmayı iki temel özellik karakterize eder:

1) % An içeriğindeki ani ve keskin değişimler: Zonlar arasındaki % An değişimi düşükten yükseğe kadar (bir kristal için % 33) olabilmektedir. Burada kristalin kenarına doğru % An'ce ani bir artış görülür (ters zonlanma) ve kristalin içteki merkez zonun etrafında korozyon gelişir.

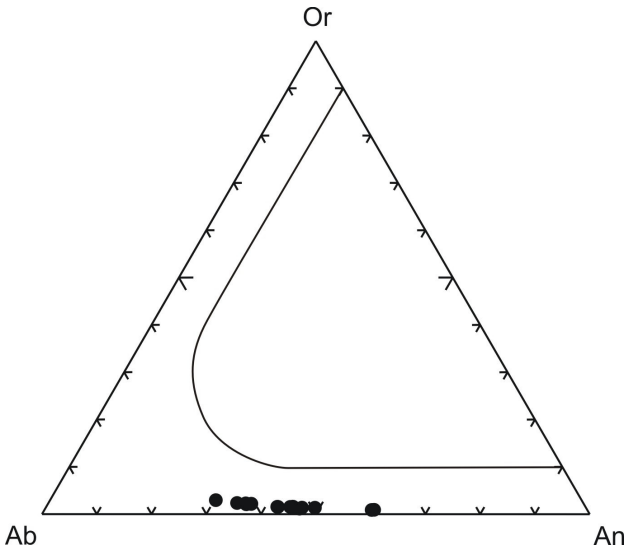
2) Yavaş ve hafif değişimler: genel olarak % An değişimi düşüktür (% 10'dan küçük). Burada hem normal hemde ters zonlanma görülebilmektedir.

% An içeriğindeki ani değişimler kristallenme şartlarındaki ani değişimleri gerektirmektedir. Bu durum için birçok araştırmacı mağma karışımını önermektedir. Nixon ve Pearce'a (1987) göre soğumuş ve diferansiyasyona uğramış mağma odasına sıcak ve bazik mağmanın tekrarlanan enjeksiyonu önceden kristallenmiş plajiyoklasları rezorbe edebilmektedir.

% An içeriğindeki yavaş ve hafif değişimler lokal dengesiz kristallenme sonucunda gelişebilmektedir (Loomis, 1982). Plajiyoklasın likidus-solidus eğrilerinin pozisyonu mağmanın su içeriğine bağlı olarak değişir. Su, likidus-solidus eğrilerinin değerini birkaç yüz ^{o}C düşürebilmektedir. Böylece mağmanın su içeriğindeki alçalıp yükselmeler kristallenme koşullarında değişikliklere neden olmaktadır.

Ayrıca plajiyoklaslarda yukarıda bahsedilen mağma karışımı ve dengesiz kristallenmenin kombinasyonu nedeniyle de halkalı zonlanma gelişebilmektedir (Stamatelopoulou-Seymour ve ark., 1990).

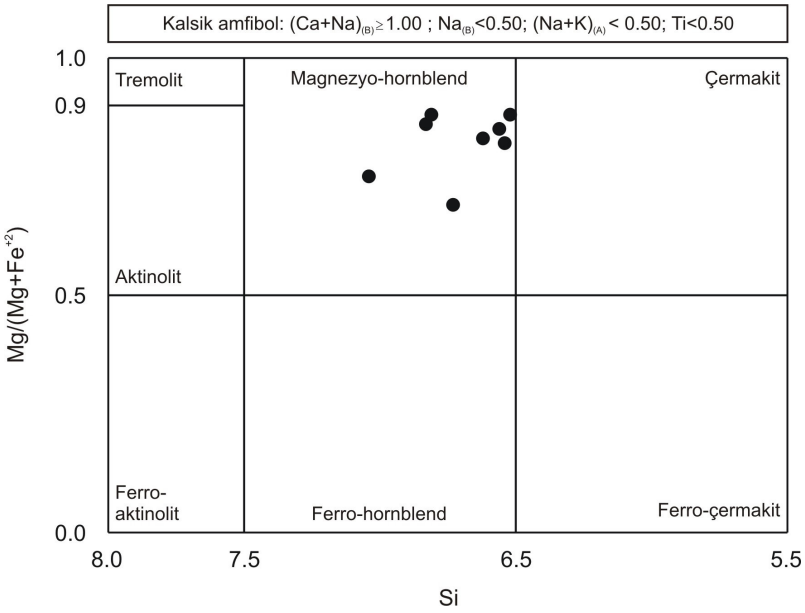
Buna göre andezitlerdeki analizi yapılan bir adet halkalı zonlu plajiyoklasın % An değişimleri dengesiz kristallenme ile açıklanabilir.



Şekil 4.23. Andezitlerdeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması.

4.2.2.1.2.2. Amfibol

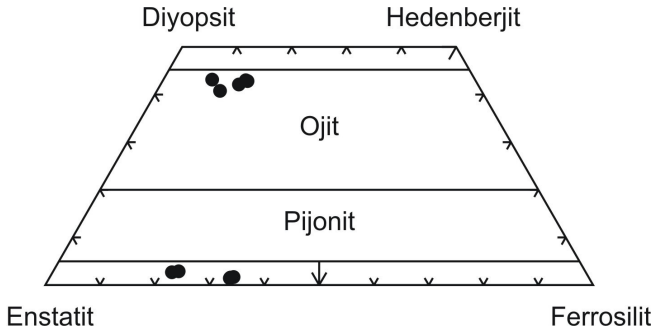
Amfiboller magnezyo-hornblend bileşimindedir (Şekil 4.24; Çizelge 4.2). $Mg^{\#}$ değerleri 0.66-0.74, Ti içerikleri 0.12-0.22 arasında değişmektedir. Bazı fenokristaller hafif zonludur. Bunların kenarları ($Mg^{\#}$= 0.74-0.70) merkeze ($Mg^{\#}$= 0.70-0.68) göre Mg'ca daha zengindir.



Şekil 4.24. Andezitlerdeki amfibollerin Leake ve ark.'na (2004) göre sınıflaması.

4.2.2.1.2.3. Piroksen

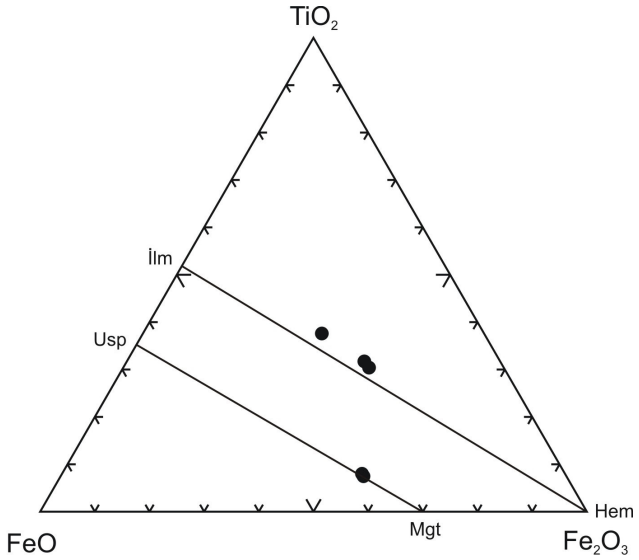
Piroksenler ojit ve enstatit bileşimindedir (Şekil 4.25; Çizelge 4.3). Ojitler $Wo_{41-43}En_{42-48}Fs_{15-19}$ bileşiminde ve $Mg^{\#}$ değerleri 0.74-0.85 arasındadır. Ojitlerde normal ve ters zonlanma gözlenmektedir. Enstatitler $Wo_{1-3}En_{66-75}Fs_{33-22}$ bileşiminde ve $Mg^{\#}$ değerleri 0.67-0.78 arasındadır. Bazı enstatit fenokristalleri ters zonludur.



Şekil 4.25. Andezitlerdeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması.

4.2.2.1.2.4. Fe-Ti oksit

Fe-Ti oksitler manyetit ve ilmenittir (Şekil 4.26; Çizelge 4.4). Manyetitlerin TiO_2 içerikleri % 7.14-7.57, Al_2O_3 % 1.70-2.08, MgO % 2.24-2.31 ve MnO % 0.35-0.38 arasındadır. İlmenitlerin TiO_2 içerikleri % 29-36, MgO içerikleri % 1.69-2.25 ve MnO içerikleri % 0.16-0.38 arasındadır.



Şekil 4.26. Andezitlerdeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

4.2.2.1.3. Jeotermometre ve jeobarometre

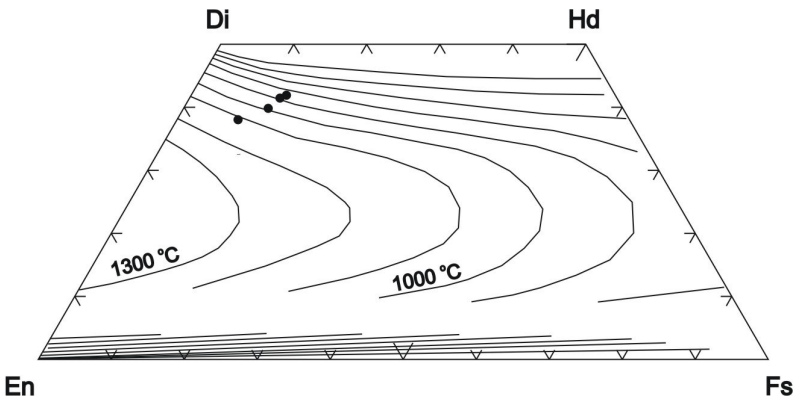
Andezitler üzerinde yapılan jeotermobarometre hesaplamaları Putirka ve ark.'nın (2003) "klinopiroksen-eriyik jeotermobarometresi", Lindsley ve Andersen'in (1983) "piroksen termometresi", Johnson ve Rutherford'un (1989) "hornblend barometresi" ve Andersen ve Lindsley'in (1985) "Fe-Ti oksit termobarometresine" dayanmaktadır.

Klinopiroksen minerallerinden elde edilen mikroprob sonuçları kullanılarak "Cpx-Plag-Ol Thermobar" programı yardımıyla kristallenme sıcaklık ve basınçları hesaplanmıştır (Putirka ve ark., 2003). Klinopiroksen-eriyik termobarometresinin kullanılabilmesi için, klinopiroksenin dengede kristallendiği eriyik bileşiminin bilinmesi gereklidir. Eriyik bileşimi olarak tüm kayaç (whole rock) veya cam (glass) bileşimi kullanılabilir. Eriyik bileşimi olarak kullanılan tüm kayaç analiz değerlerinin denge şartını sağlayıp sağlamadığı ise klinopiroksenin K_D (Fe-Mg) değerleri hesaplanarak test edilebilmektedir. K_D (Fe-Mg)$\cong$0.27 (klinopiroksen-eriyik) olması durumunda kullanılan eriyik bileşiminin klinopiroksen ile dengede olduğu varsayılmaktadır.

Belirtilen şartları sağlayan ($K_D \cong 0.27$) klinopiroksen-eriyik çiftleri kullanılarak 1055-1118 ^oC sıcaklık ve 2.1-3.1 kbar basınç değerleri hesaplanmıştır.

Klinopiroksenlerden elde edilen mikroprob sonuçları kullanılarak Lindsley ve Andersen'e (1983) göre de sıcaklık hesaplaması yapılmıştır. Bu termometrenin kullanılabilmesi için klinopiroksenlerin Wo-En-Fs uç bileşenleri Lindsley ve Andersen'e (1983) göre hesaplanarak, Wo+En+Fs$\geq$%90 şartını sağlayanlarının, üzerine izoterm eğrilerinin işlendiği "piroksen dörtyüzlüsüne" aktarılması gerekmektedir. Bu işlemleri gerçekleştirmek için Igpet programı kullanılmıştır.

Wo+En+Fs$\geq$%90 şartlarını sağlayan klinopiroksenler, piroksen dörtyüzlüsüne aktarıldığında örnek noktalarının 850-1110 ^oC izotermleri üzerine düştüğü görülmektedir (Şekil 4.27). Bu değerler daha geniş bir sıcaklık aralığını yansıtmasına rağmen genel olarak yukarıda bulunan sıcaklık değeriyle uyum içinde olduğu söylenebilir.



Şekil 4.27. Andezitlerde yer alan klinopiroksen bileşimlerinin gösterildiği piroksen dörtyüzlüsü. İzoterm eğrileri 100 ^{o}C aralıklarla ve 1 atm basınç şartları altında oluşturulmuştur (Lindsley, 1983; Lindsley ve Andersen, 1983).

Johnson ve Rutherford'un (1989) hornblendlerdeki toplam Al'yi dikkate alarak ortaya koyduğu eşitliğe (P ($\pm$0.5 kbar) = -3.46+4.23Al^{T}) göre de basınç hesaplanmıştır. WinAmphcal (Yavuz, 2007) programı kullanılarak yapılan hesaplamaya göre 0.3-3.0 kbar arasında değişen basınç değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu değer klinopiroksen-eriyik barometresinden alınan değerle uyum içerisindedir.

Andersen ve Lindsley'e (1985) göre manyetit ve ilmenit çiftleri kullanılarak sıcaklık ve *f*O2 hesaplaması yapılmıştır. Bu hesaplamalar için LePage'in (2003) Ilmat programı kullanılmıştır. İki adet manyetit-ilmenit çifti üzerinde yapılan hesaplamalarda 875-898 ^{o}C sıcaklık ve (-10.39)-(-11.04) fO_2 değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.1. Andezitlerdeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları

örnek	feno		mikro	mikro	feno		feno		
KA264	9-M	9-K	10	11	12-M	12-K	14-M	14-O	14-K
SiO_2	59.05	59.46	60.58	53.07	57.22	56.94	57.48	59.52	53.14
TiO_2	0.03	0.01	0.01	0.04	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03
Al_2O_3	25.70	25.51	24.48	28.92	26.64	26.80	26.47	25.21	28.87
FeO*	0.21	0.23	0.17	0.59	0.29	0.42	0.26	0.28	0.57
MnO	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00
MgO	0.01	0.02	0.01	0.08	0.01	0.03	0.03	0.02	0.09
CaO	7.60	7.58	6.18	12.23	9.24	9.09	8.76	7.43	12.08
Na_2O	6.88	6.87	7.55	4.41	6.07	6.11	6.49	7.04	4.44
K_2O	0.37	0.38	0.51	0.16	0.27	0.27	0.27	0.40	0.15
Cr_2O_3	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Toplam	99.87	100.08	99.51	99.49	99.76	99.69	99.78	99.93	99.38
32 oksijene göre formül									
Si	10.57	10.61	10.84	9.68	10.30	10.26	10.34	10.64	9.70
Ti	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	5.42	5.37	5.16	6.22	5.65	5.69	5.61	5.31	6.21
Fe^{+2}	0.03	0.03	0.02	0.09	0.04	0.06	0.04	0.04	0.09
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03
Ca	1.46	1.45	1.18	2.39	1.78	1.76	1.69	1.42	2.36
Na	2.39	2.38	2.62	1.56	2.12	2.14	2.26	2.44	1.57
K	0.09	0.09	0.12	0.04	0.06	0.06	0.06	0.09	0.04
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	19.96	19.93	19.95	20.00	19.96	19.99	20.01	19.96	20.00
An	37.07	37.04	30.22	59.97	44.97	44.41	42.08	35.98	59.50
Ab	60.76	60.75	66.82	39.12	53.46	54.04	56.36	61.72	39.60
Or	2.17	2.21	2.97	0.91	1.57	1.54	1.56	2.29	0.90

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. M: merkez, K: kenar ve O: orta.

Çizelge 4.2. Andezitlerdeki amfibollerin mikroprob analiz sonuçları.

	Magnezyo-hornblend							
örnek	feno		feno		feno		feno	mikro
KA264	8-M	8-K	9-M	9-K	10-M	10-K	11a	12
SiO_2	47.62	49.59	46.04	47.16	45.53	47.67	45.11	45.16
TiO_2	1.51	1.08	1.98	1.54	2.00	1.49	1.94	1.99
Al_2O_3	6.94	5.30	8.31	7.38	8.39	6.96	8.52	8.99
FeO	12.17	10.88	12.80	12.89	12.67	12.05	13.47	12.03
MnO	0.24	0.34	0.25	0.32	0.25	0.25	0.26	0.24
MgO	15.68	17.15	14.84	15.41	15.04	15.92	14.43	15.14
CaO	11.15	11.01	11.16	10.94	11.11	11.09	11.14	11.03
Na_2O	1.54	1.17	1.81	1.66	1.96	1.60	1.87	1.91
K_2O	0.40	0.22	0.37	0.39	0.39	0.32	0.39	0.40
Cr_2O_3	0.00	0.02	0.00	0.00	0.05	0.06	0.00	0.04
Toplam	97.25	96.76	97.56	97.69	97.39	97.41	97.13	96.93
23 oksijene göre formül								
Si	6.83	7.04	6.62	6.73	6.56	6.81	6.54	6.52
Al^{IV}	1.17	0.89	1.38	1.24	1.42	1.17	1.46	1.48
Al^{VI}	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
Al^{Toplam}	1.17	0.89	1.41	1.24	1.42	1.17	1.46	1.52
Ti	0.16	0.12	0.21	0.16	0.21	0.16	0.21	0.22
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
Fe^{+3}	0.92	0.10	0.90	0.08	0.96	1.00	0.97	0.99
Fe^{+2}	0.53	1.20	0.64	1.46	0.57	0.44	0.66	0.46
Mn	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
Mg	3.35	3.63	3.18	3.28	3.23	3.39	3.12	3.26
FMT	12.99	13.02	12.99	12.99	12.99	13.01	12.99	13.00
Ca	1.71	1.67	1.72	1.67	1.72	1.70	1.73	1.70
Na(B)	0.29	0.32	0.28	0.33	0.28	0.30	0.27	0.30
Na(A)	0.14	0.00	0.22	0.13	0.26	0.14	0.26	0.24
Na^{Toplam}	0.43	0.32	0.50	0.46	0.54	0.44	0.53	0.54
K(A)	0.07	0.04	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07
Toplam A	0.21	0.04	0.29	0.20	0.33	0.20	0.33	0.31
$Mg^{\#}$	0.70	0.74	0.67	0.68	0.68	0.70	0.66	0.69

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Schumacher'e (1997) göre hesaplanmıştır. M: merkez, K: kenar.

$Mg^{\#}= Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+3})$

Çizelge 4.3. Andezitlerdeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	mikro	feno		mikro	feno		epitax	feno		mikro
KA264	Cpx 6	Opx 7-M	Opx 7-K	Opx 8	Cpx 9-M	Cpx 9-K	Opx 10	Cpx 11-M	Cpx 11-K	Opx 12
SiO_2	52.11	53.60	55.30	53.45	51.43	51.51	54.42	52.70	51.91	52.88
TiO_2	0.25	0.12	0.16	0.10	0.48	0.56	0.34	0.18	0.47	0.12
Al_2O_3	1.40	0.62	0.70	0.60	3.39	2.20	1.43	0.97	1.96	0.77
FeO	9.11	20.67	14.20	21.13	5.38	8.57	14.32	9.48	7.17	20.85
MnO	0.35	0.85	0.38	0.78	0.12	0.31	0.78	0.37	0.19	0.76
MgO	14.72	24.03	28.39	23.75	16.65	15.23	27.46	14.86	17.12	24.02
CaO	21.01	0.73	1.40	0.86	20.83	20.46	1.49	21.24	20.35	0.80
Na_2O	0.43	0.02	0.02	0.04	0.42	0.42	0.03	0.37	0.22	0.03
K_2O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr_2O_3	0.08	0.06	0.00	0.01	0.68	0.02	0.08	0.09	0.01	0.02
Toplam	99.45	100.70	100.54	100.71	99.39	99.29	100.34	100.26	99.38	100.26
6 oksijene göre formül										
Si	1.95	1.97	1.97	1.97	1.90	1.93	1.95	1.96	1.93	1.96
Al^{IV}	0.05	0.03	0.03	0.03	0.10	0.07	0.05	0.04	0.07	0.03
Al^{VI}	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00
Ti	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00
Fe^{+3}	0.06	0.04	0.02	0.05	0.06	0.07	0.02	0.07	0.08	0.07
Fe^{+2}	0.22	0.60	0.40	0.60	0.11	0.20	0.41	0.23	0.15	0.57
Mn	0.01	0.03	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
Mg	0.82	1.32	1.51	1.30	0.92	0.85	1.47	0.83	0.95	1.33
Ca	0.84	0.03	0.05	0.03	0.82	0.82	0.06	0.85	0.81	0.03
Na	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.03	0.02	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	4.02	4.01	4.01	4.01	4.02	4.02	4.01	4.02	4.02	4.02
$Mg^{\#}$	0.74	0.68	0.78	0.67	0.85	0.76	0.77	0.74	0.81	0.67
Wo	43.02	1.43	2.67	1.69	43.15	42.14	2.90	42.84	40.79	1.58
En	41.93	65.66	75.60	64.86	47.99	43.65	74.23	41.72	47.76	65.53
Fs	15.05	32.91	21.73	33.45	8.86	14.21	22.88	15.44	11.45	32.90

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir. M: merkez, K: kenar.

$Mg^{\#} = Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+3})$

Çizelge 4.4. Andezitlerdeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	Manyetit		İlmenit		
KA-264	Ox-6	Ox-10	Ox-7	Ox-8	Ox-9
SiO_2	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00
TiO_2	7.14	7.57	30.89	36.56	29.70
Al_2O_3	2.08	1.70	0.58	0.24	0.32
Fe_2O_3	52.84	51.90	42.33	31.81	43.91
FeO	35.41	35.13	24.22	28.85	24.08
MnO	0.38	0.35	0.16	0.38	0.20
MgO	2.24	2.31	2.11	2.25	1.69
CaO	0.00	0.02	0.01	0.05	0.01
Cr_2O_3	0.13	0.24	0.03	0.02	0.04
V_2O_5	0.60	0.46	0.23	0.27	0.37
Toplam	100.81	99.72	100.56	100.42	100.31
Manyetitler için 4 ve ilmenitler için 3 oksijene göre formül					
Si	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.20	0.21	0.58	0.69	0.57
Al	0.09	0.07	0.02	0.01	0.01
Fe^{+3}	1.47	1.46	0.80	0.60	0.84
Fe^{+2}	1.09	1.10	0.51	0.61	0.51
Mn	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
Mg	0.12	0.13	0.08	0.08	0.06
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
V	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
Toplam	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir.

Çizelge 4.5. Manyetit ve ilmenit çiftleri için hesaplanan sıcaklık ve fO_2 değerleri (Xusp ve Xilm değerleri Lindsley ve Spencer'e, 1982 göredir).

	Manyetit	İlmenit	Manyetit	İlmenit
SiO_2	0.01	0.00	0.03	0.00
TiO_2	7.14	30.89	7.57	36.56
Al_2O_3	2.08	0.58	1.70	0.24
Fe_2O_3	53.85	42.74	52.68	32.28
FeO	34.50	23.85	34.43	28.43
MnO	0.38	0.16	0.35	0.38
MgO	2.24	2.11	2.31	2.25
CaO	0.00	0.01	0.02	0.05
Cr_2O_3	0.13	0.03	0.24	0.02
V_2O_5	0.60	0.23	0.46	0.27
Toplam	100.92	100.61	99.80	100.47
Xusp (%)	20.63		22.02	
Xilm (%)		59.32		69.28
T (^oC)	898		875	
fO_2	-10.39		-11.04	

4.2.2.2. Dasit

4.2.2.2.1. Petrografi

Dasitler hipokristalin porfirikten vitrofirik porfiriğe kadar değişen dokudadır. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, amfibol, orto/klinopiroksen, kuvars, opak mineral ve nadiren biyotit oluşturmaktadır. Hamurda bu minerallere ilaveten volkanik cam gözlenmektedir. Ayrıca plajiyoklaslar megakristal olarak da bulunabilmektedir. Kayaçta modal olarak; plajiyoklas (% 36.7±3.0), amfibol (% 12±2.1), orto/klinopiroksen (% 3±1.1), kuvars (% 1.7±0.8) opak mineral (% 2.5±0.99) ve hamur (% 44.1±3.1) bulunmaktadır.

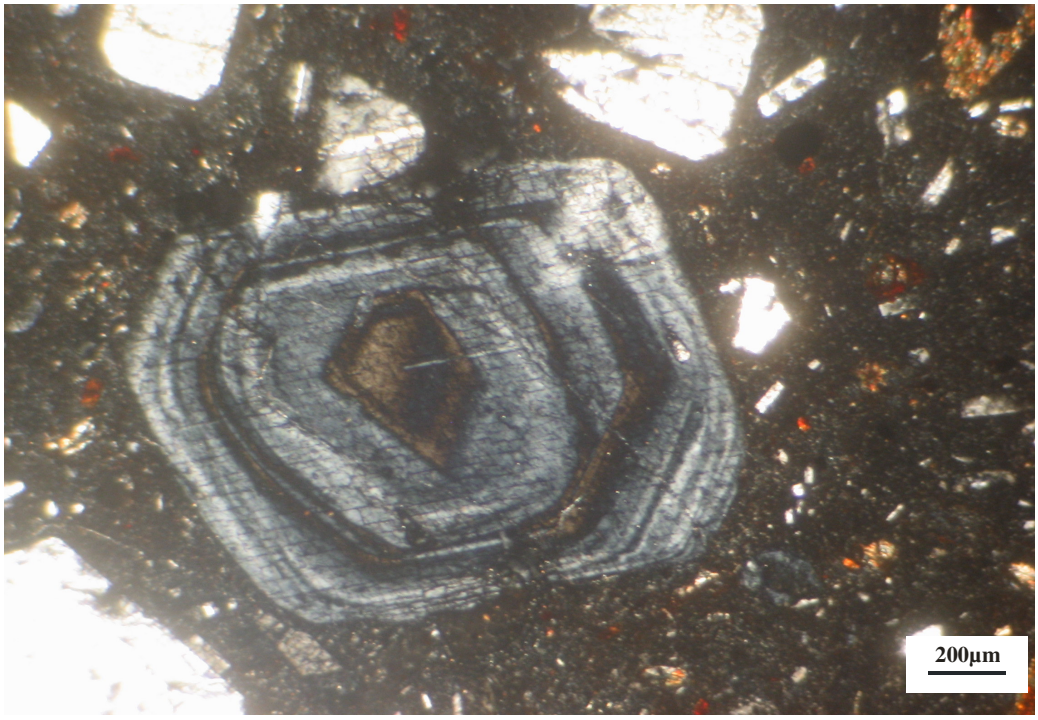
Plajiyoklas feno ve mikrofenokristalleri özşekilli-yarı özşekilli, albit, albit-periklin ikizli ve halkalı zonlu kristaller olarak gözlenirler (Şekil 4.28). Bazen kemirilmiş ve kırılmış kristaller şeklindedir. Plajiyoklaslarda nadiren de olsa elek dokusu gelişmiştir. Amfibol ve apatit kapanımları içermektedir.

Amfiboller çoğunlukla özşekilli, yeşil, kahve renkli ve pleokroiktir. Bazen ikizli ve zonlu olarak görmek mümkündür. Bazılarında opak çerçeve gelişmiştir. Nadiren, ince taneli opak ve silikat minerallerinden ibaret psödomorf kristaller olarak gözlenmektedirler. Plajiyoklas ve opak mineral kapanımları içermektedir.

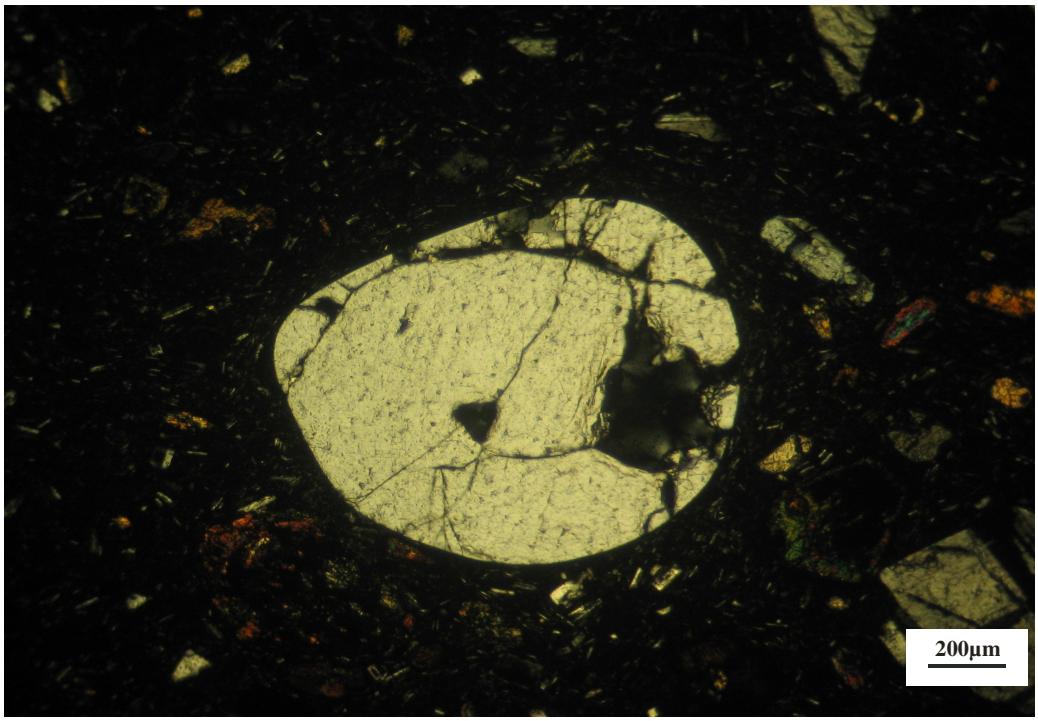
Orto/klinopiroksenler özşekilli-yarıözşekilli uzun dikdörtgen ve kısa sekizgen prizmatik kristaller olarak gözlenmektedir. Bazıları kırılmış kristaller şeklindedir. Yer yer çok miktarda opak mineral kapanımları içermektedirler.

Kuvarslar özşekilsiz, yuvarlağımsı ve çatlaklıdır. Bazıları kenarlarından itibaren yenmiş-kemirilmiş olarak gözlenirler (Şekil 4.29). Yenmiş-kemirilmiş kuvarslar iki şekilde oluşabilmektedir. Mağmanın yüzeye doğru yükselmesi esnasında basınçtaki azalma, sıcaklıktaki artma nedeniyle gelişen korozyon veya dengesiz ilksel büyüme nedeniyle bu tür dokular gelişebilmektedir (Donaldson ve Henderson, 1988).

Dasitlerin hamuru ince taneliden camsıya kadar değişmektedir. İnce taneli türlerde, en yaygın hamur bileşenini plajiyoklas mikrolitleri, amfibol ve opak mineral mikro taneleri oluşturmaktadır.



Şekil 4.28. Dasitlerdeki halkalı zonlanma gösteren plajiyoklas (KA-250, 32X, Ç.N.).

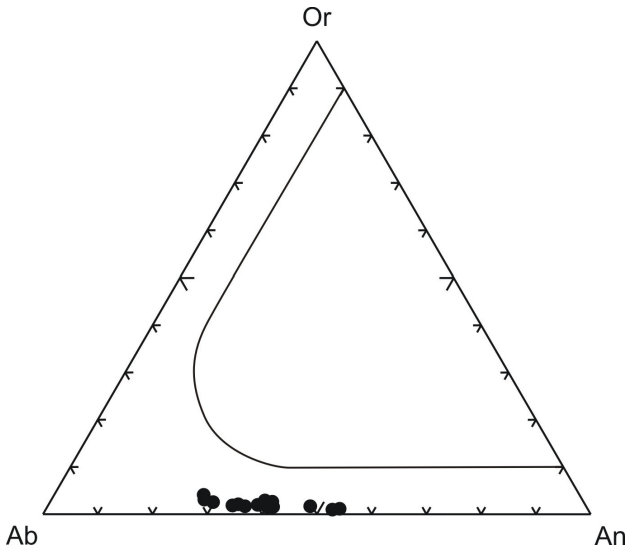


Şekil 4.29. Dasitlerdeki kenarlarından itibaren yuvarlaklaşmış ve çatlaklı kuvars (KA-252, 32X, Ç.N.).

4.2.2.2.2. Mineral kimyası

4.2.2.2.2.1. Plajiyoklas

Plajiyoklas feno ve mikrofenokristallerinin bileşimi oligoklastan (An_{27}) labradora (An_{54}) kadar değişmektedir (Şekil 4.30; Çizelge 4.6). Fakat yaygın plajiyoklas türü andezindir. Fenokristallerde normal ve ters zonlanma gözlenmektedir. Halkalı zonlu bir plajiyoklasın merkezi An_{35} kenarı An_{40} bileşimindedir. Bu plajiyoklasa ait % An değişimleri dengesiz kristallenme ve mağma karışımının kombinasyonunu önermektedir.



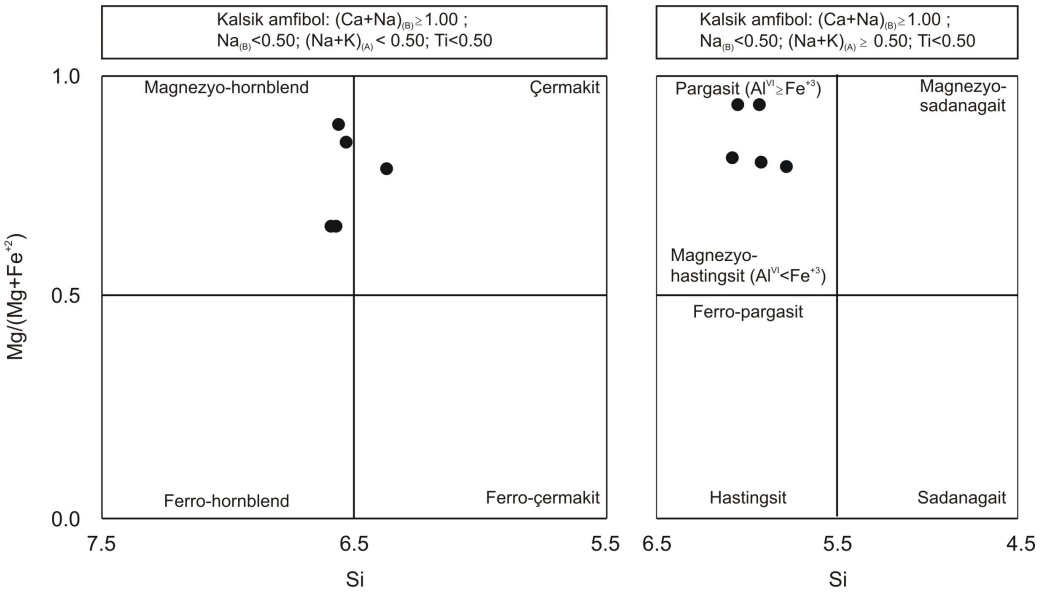
Şekil 4.30. Dasitlerdeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması.

4.2.2.2.2.2. Amfibol

Amfiboller magnezyo-hornblend, magnezyo-hastingsit ($Al^{VI}<Fe^{+3}$) ve nadiren çermakittir (Şekil 4.31; Çizelge 4.7).

Magnezyo-hornblendlerin $Mg^{\#}$ değerleri 0.63-0.65, Ti içerikleri 0.11-0.12 arasında değişmektedir. Genellikle homojen olup, merkezden kenara doğru önemli bir bileşimsel değişiklik göstermezler. Ayrıca Yenice lavlarına ait andezitlerde yer alan magnezyo-hornblendlerle kıyaslandığında, dasitlerde yer alan magnezyo-hornblendlerin Mg ve Ti içerikleri daha düşüktür. Tek bir analizle temsil edilen çermakit 0.63 $Mg^{\#}$ değerine, 0.17 Ti içeriğine sahiptir.

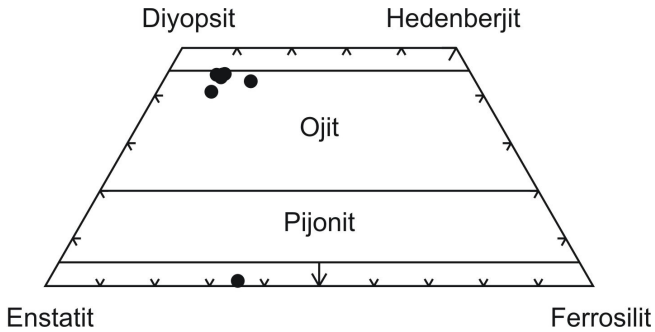
Magnezyo-hastingsitlerin $Mg^{\#}$ değerleri 0.63-0.77, Ti içerikleri 0.25-0.30 arasında değişmektedir. Bazı fenokristallerin kenarları ($Mg^{\#}$= 0.66) merkeze ($Mg^{\#}$= 0.63) göre Mg'ca daha zengindir. Genel olarak magnezyo-hastingsitler, magnezyo-hornblend ve çermakitlere göre Mg ve Ti'ce daha zengindir.



Şekil 4.31. Dasitlerdeki amfibollerin Leake ve ark.'na (2004) göre sınıflaması.

4.2.2.2.2.3. Piroksen

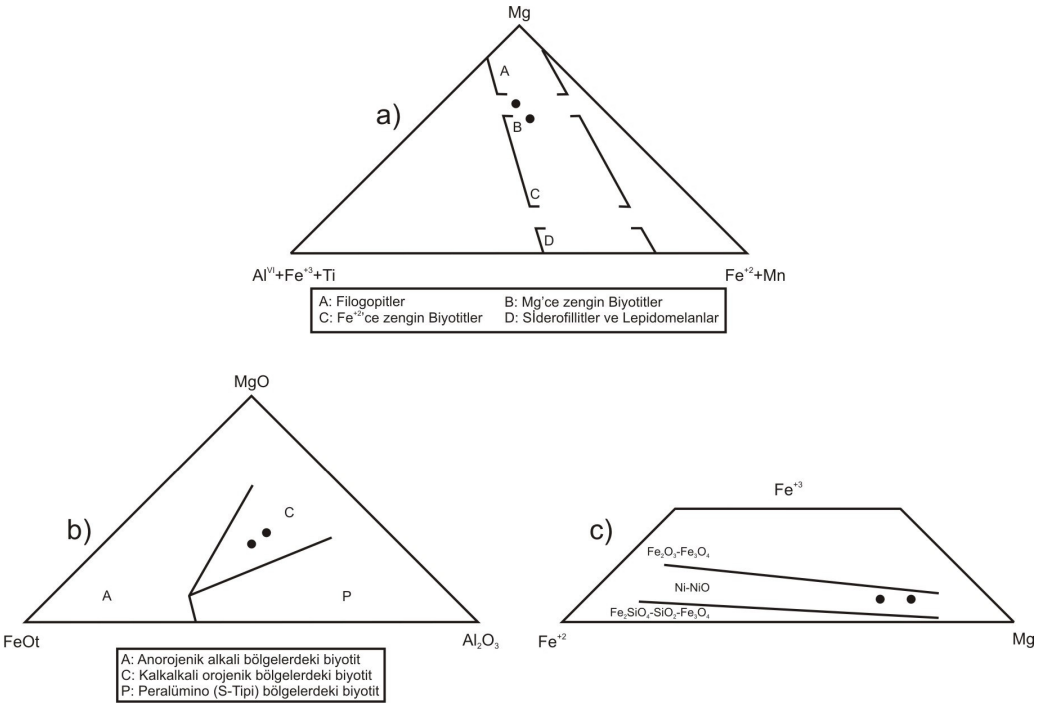
Piroksenler ojit ve enstatit bileşimindedir (Şekil 4.32; Çizelge 4.8). Ojitler $Wo_{41-44}En_{49-41}Fs_{10-15}$ bileşiminde ve $Mg^{\#}$ değerleri 0.73-0.84 arasındadır. Ojitlerde normal zonlanma gözlenmektedir. Tek analiz noktasıyla temsil edilen enstatit $Wo_1En_{64}Fs_{35}$ bileşimine ve 0.66 $Mg^{\#}$ değerine sahiptir.



Şekil 4.32. Dasitlerdeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması.

4.2.2.2.2.4. Biyotit

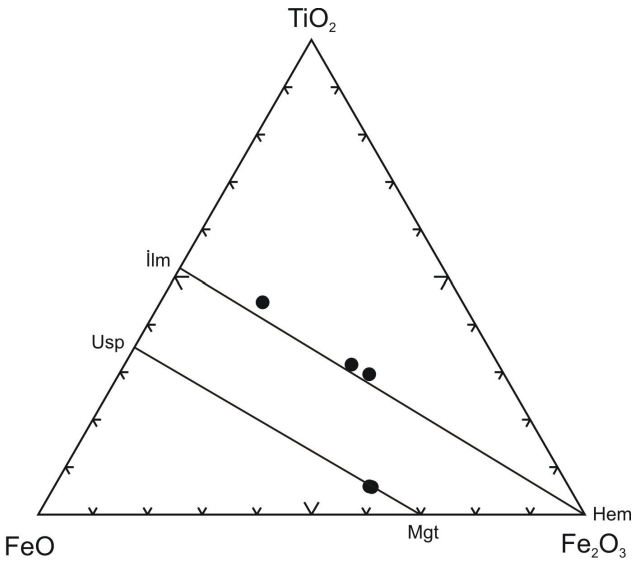
Biyotitler flogopit (% 59-65), annit (% 18-21) ve siderofillit (% 17-20) bileşimindedir. Tek bir fenokristalle temsil edilen biyotitin kenar kısmı ($Mg^{\#}$ = 0.72) merkeze ($Mg^{\#}$ = 0.65) göre Mg'ce daha zengindir (Çizelge 4.9). Biyotitler Mg-Al^{VI}+Fe^{+3}+Ti-Mn+Fe^{+2} üçgen diyagramına göre flogopit ve Mg'ce zengin biyotit sınıfına girerler (Şekil 4.33a). Biyotitler kalkalkali orojenik topluluk biyotitlerine benzemektedirler (Şekil 4.33b). Ayrıca Fe^{+2}-Mg-Fe^{+3} diyagramında Ni-NiO alanına düşerek, orta dereceli oksijen fugasitesine işaret ederler (Şekil 4.33c).



Şekil 4.33. Biyotitlerin a) Mg-Al^{VI}+Fe^{+3}+Ti-Fe^{+2}+Mn (Foster, 1960), b) MgO-FeOt-Al_2O_3 (Abdel-Rahman, 1994), c) Fe^{+2}-Fe^{+3}-Mg (Wones ve Eugster, 1965) diyagramı.

4.2.2.2.2.5. Fe-Ti oksit

Fe-Ti oksitler manyetit ve ilmenittir (Şekil 4.34; Çizelge 4.10). Manyetitlerin TiO_2 içerikleri % 5.4-5.6, Al_2O_3 % 2.28-2.32, MgO % 1.56-1.68 ve MnO % 0.46-0.51 arasındadır. İlmenitlerin TiO_2 içerikleri % 29-43, MgO içerikleri % 1.09-1.88 ve MnO içerikleri % 0.16-0.52 arasındadır.



Şekil 4.34. Dasitlerdeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

4.2.2.2.3. Jeotermometre ve jeobarometre

Dasitler üzerinde yapılan jeotermobarometre hesaplamaları Johnson ve Rutherford'un (1989) "hornblend barometresi", Holland ve Blundy'nin (1994) hornblend-plajiyoklas termometresi ve Andersen ve Lindsley'in (1985) Fe-Ti oksit termobarometresine dayanmaktadır.

Hornblend barometresine (Johnson ve Rutherford, 1989) göre hesaplanan basınç değerleri P ($\pm$0.5) =2.79-7.56 kbar arasında değişmektedir.

Kontak ilişkileri dikkate alınarak seçilen hornblend-plajiyoklas çiftleri üzerinde Holland ve Blundy (1994) tarafından önerilen eşitlik kullanılarak sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Hornblend-plajiyoklas çiftlerinden alınan sıcaklık değerlerinin 778-913 ^{o}C arasında değiştiği gözlenmiştir.

Andersen ve Lindsley'e (1985) göre manyetit ve ilmenit çiftleri kullanılarak sıcaklık ve *f*O2 hesaplaması yapılmıştır. Bu hesaplamalar için LePage'in (2003) Ilmat programı kullanılmıştır. İki adet manyetit-ilmenit çifti üzerinde yapılan hesaplamalarda 800-877 ^{o}C sıcaklık ve (-10.51)-(-12.67) fO_2 değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.11). Bulunan sıcaklık değeri hornblend-plajiyoklas çiftlerinden alınan sonuçlarla uyumludur.

Çizelge 4.6. Dasitlerdeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno		feno		mikro	feno		mkrlt	feno	
KA-252	1-M	1-K	2-M	2-K	4	5-M	5-K	6	7-M	7-K
SiO_2	60.19	61.82	55.64	57.72	55.10	61.10	58.72	55.75	59.70	61.79
TiO_2	0.00	0.01	0.00	0.04	0.02	0.02	0.00	0.03	0.02	0.00
Al_2O_3	25.21	23.92	28.45	26.35	28.65	24.34	26.15	27.29	24.97	23.79
FeO*	0.15	0.17	0.20	0.26	0.40	0.19	0.22	0.41	0.20	0.18
MnO	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
MgO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02	0.04	0.00	0.01
CaO	6.89	5.81	10.80	8.39	10.97	6.09	7.94	9.73	6.91	5.53
Na_2O	7.30	7.93	5.32	6.50	5.14	7.67	6.54	5.68	7.32	7.70
K_2O	0.32	0.54	0.17	0.46	0.20	0.44	0.50	0.29	0.32	0.70
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
Toplam	100.10	100.20	100.58	99.71	100.52	99.86	100.08	99.23	99.48	99.75
32 oksijene göre formül										
Si	10.71	10.97	9.97	10.38	9.90	10.88	10.50	10.12	10.70	11.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	5.29	5.00	6.01	5.59	6.07	5.11	5.51	5.84	5.28	4.99
Fe^{+2}	0.02	0.03	0.03	0.04	0.06	0.03	0.03	0.06	0.03	0.03
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Ca	1.31	1.10	2.07	1.62	2.11	1.16	1.52	1.89	1.33	1.05
Na	2.52	2.73	1.85	2.27	1.79	2.65	2.26	2.00	2.55	2.66
K	0.07	0.12	0.04	0.11	0.05	0.10	0.11	0.07	0.07	0.16
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Toplam	19.94	19.95	19.97	20.00	19.98	19.93	19.94	19.99	19.96	19.91
An	33.63	27.94	52.37	40.55	53.51	29.72	38.99	47.84	33.63	27.22
Ab	64.48	68.98	46.67	56.81	45.35	67.71	58.10	50.48	64.52	68.66
Or	1.88	3.08	0.96	2.64	1.14	2.57	2.91	1.68	1.84	4.12

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. M: merkez, K: kenar.

Çizelge 4.7. Dasitlerdeki amfibollerin mikroprob analiz sonuçları.

	Mg-hast.				Çerm.	Mg-horn.			Mg-horn/hast.	
örnek	feno		mikro	mikro	feno	feno		mikro	feno	
KA-252	1-M	1-K	2	3	4	5-M	5-K	6	7-M	7-K
SiO_2	39.42	40.58	42.08	41.22	43.77	46.43	45.51	46.05	45.70	41.76
TiO_2	2.30	2.70	2.65	2.69	1.51	1.01	1.13	1.08	1.02	2.64
Al_2O_3	15.08	13.73	12.76	13.63	11.03	8.82	9.07	8.96	9.10	12.10
FeO	13.03	12.20	8.47	8.99	13.74	13.86	14.23	14.56	13.76	12.66
MnO	0.15	0.16	0.07	0.09	0.41	0.44	0.46	0.47	0.47	0.19
MgO	12.56	13.40	16.25	15.66	13.16	14.75	14.21	14.20	14.43	13.73
CaO	11.45	11.38	11.53	11.44	10.45	10.33	10.31	10.63	10.15	11.23
Na_2O	2.45	2.56	2.44	2.48	2.84	1.99	2.58	1.81	2.48	2.49
K_2O	0.85	0.78	0.94	0.93	0.29	0.31	0.44	0.42	0.27	0.58
Cr_2O_3	0.00	0.04	0.01	0.07	0.03	0.00	0.05	0.01	0.01	0.00
Toplam	97.29	97.53	97.20	97.20	97.23	97.94	97.99	98.19	97.39	97.38
23 oksijene göre formül										
Si	5.78	5.92	6.05	5.93	6.37	6.59	6.53	6.57	6.56	6.08
Al^{IV}	2.22	2.08	1.95	2.07	1.63	1.41	1.47	1.43	1.44	1.92
Al^{VI}	0.38	0.28	0.21	0.25	0.26	0.07	0.07	0.07	0.09	0.16
Al^{Toplam}	2.60	2.36	2.16	2.32	1.89	1.48	1.54	1.50	1.53	2.08
Ti	0.25	0.30	0.29	0.29	0.17	0.11	0.12	0.12	0.11	0.29
Cr	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Fe^{+3}	0.88	0.78	0.77	0.84	0.93	0.06	1.18	0.15	1.27	0.86
Fe^{+2}	0.72	0.71	0.25	0.25	0.74	1.59	0.53	1.59	0.38	0.69
Mn	0.02	0.02	0.01	0.01	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.02
Mg	2.75	2.91	3.48	3.36	2.85	3.12	3.04	3.02	3.09	2.98
FMT	13.00	13.00	13.01	13.01	13.00	13.00	13.01	13.01	13.00	13.00
Ca	1.80	1.78	1.77	1.76	1.63	1.57	1.59	1.62	1.56	1.75
Na(B)	0.20	0.22	0.23	0.24	0.37	0.43	0.41	0.38	0.44	0.25
Na(A)	0.49	0.50	0.46	0.46	0.43	0.12	0.30	0.13	0.25	0.46
Na^{Toplam}	0.69	0.72	0.69	0.70	0.80	0.55	0.71	0.51	0.69	0.71
K(A)	0.16	0.15	0.17	0.17	0.05	0.06	0.08	0.08	0.05	0.11
Top. A	0.65	0.65	0.63	0.63	0.48	0.18	0.38	0.20	0.30	0.57
$Mg^{\#}$	0.63	0.66	0.77	0.76	0.63	0.65	0.64	0.63	0.65	0.66

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Schumacher'e (1997) göre hesaplanmıştır. M: merkez, K: kenar.

$Mg^{\#} = Mg/(Mg + Fe^{+2} + Fe^{+3})$

Çizelge 4.8. Dasitlerdeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno		feno		mikro	mikro	mikro
KA-252	Cpx 1-M	Cpx 1-K	Cpx 2-M	Cpx 2-K	Cpx 3	Cpx 4	Opx 5
SiO_2	49.88	49.72	49.84	49.73	49.12	51.91	51.71
TiO_2	0.65	0.84	0.73	0.81	0.73	0.42	0.14
Al_2O_3	5.13	5.54	5.32	5.28	5.39	3.07	1.64
FeO	6.10	6.29	5.55	6.16	9.37	6.13	21.59
MnO	0.17	0.14	0.08	0.12	0.35	0.18	0.86
MgO	15.73	15.35	16.02	15.86	13.91	17.50	23.41
CaO	21.23	21.03	21.13	20.89	20.18	20.04	0.46
Na_2O	0.48	0.46	0.48	0.48	0.54	0.34	0.01
K_2O	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
Cr_2O_3	0.07	0.05	0.18	0.14	0.02	0.02	0.03
Toplam	99.45	99.44	99.34	99.46	99.61	99.61	99.85
6 oksijene göre formül							
Si	1.85	1.84	1.84	1.84	1.84	1.91	1.93
Al^{IV}	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.09	0.07
Al^{VI}	0.07	0.09	0.08	0.07	0.08	0.04	0.00
Ti	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00
Fe^{+3}	0.11	0.08	0.10	0.10	0.11	0.07	0.09
Fe^{+2}	0.08	0.11	0.07	0.09	0.18	0.12	0.58
Mn	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03
Mg	0.87	0.85	0.88	0.88	0.78	0.96	1.30
Ca	0.84	0.84	0.84	0.83	0.81	0.79	0.02
Na	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03	4.02	4.02
$Mg^{\#}$	0.82	0.81	0.84	0.82	0.73	0.84	0.66
Wo	44.26	44.38	44.22	43.68	42.88	40.65	0.92
En	45.64	45.09	46.65	46.15	41.13	49.42	64.58
Fs	10.10	10.53	9.14	10.17	15.99	9.93	34.50

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir. M: merkez, K: kenar.
$Mg^{\#} = Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+3})$

Çizelge 4.9. Dasitlerdeki biyotitlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno	
KA-252	1-M	1-K
SiO_2	37.63	37.92
TiO_2	3.41	3.38
Al_2O_3	14.87	14.94
FeO	14.97	12.13
MnO	0.14	0.09
MgO	15.60	17.41
CaO	0.02	0.03
Na_2O	0.90	0.73
K_2O	9.05	9.30
Cr_2O_3	0.02	0.00
Toplam	96.61	95.93
22 oksijene göre formül		
Si	5.54	5.56
Ti	0.38	0.38
Al^{IV}	2.46	2.44
Al^{VI}	0.12	0.14
Fe^{+3}	0.54	0.54
Fe^{+2}	1.30	0.96
Mn	0.02	0.02
Mg	3.42	3.80
Ca	0.00	0.00
Na	0.26	0.20
K	1.70	1.74
Cr	0.00	0.00
Toplam	15.74	15.78
$Mg^{\#}$	0.65	0.72
Flogopit	59.00	65.00
Annit	21.00	18.00
Siderofillit	20.00	17.00

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Dymek'e (1983) göredir. M: merkez, K: kenar.
$Mg^{\#} = Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+3})$

Çizelge 4.10. Dasitlerdeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	İlmenit			Manyetit	
KA-252	Ox-1	Ox-2	Ox-5	Ox-3	Ox-4
SiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
TiO_2	43.13	29.04	30.69	5.61	5.44
Al_2O_3	0.17	0.26	0.20	2.32	2.28
Fe_2O_3	18.04	44.92	40.31	54.40	54.45
FeO	35.31	24.21	26.10	34.41	33.81
MnO	0.52	0.26	0.16	0.46	0.51
MgO	1.88	1.27	1.09	1.56	1.68
CaO	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02
Cr_2O_3	0.08	0.07	0.02	0.11	0.14
V_2O_5	0.27	0.40	0.38	0.50	0.49
Toplam	99.41	100.43	98.96	99.37	98.83
Manyetitler için 4 ve ilmenitler için 3 oksijene göre formül					
Si	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.82	0.56	0.60	0.16	0.15
Al	0.00	0.01	0.01	0.10	0.10
Fe^{+3}	0.34	0.86	0.78	1.54	1.55
Fe^{+2}	0.75	0.52	0.56	1.08	1.07
Mn	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02
Mg	0.07	0.05	0.04	0.09	0.09
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Toplam	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir.

Çizelge 4.11. Manyetit ve ilmenit çiftleri için hesaplanan sıcaklık ve fO_2 değerleri (Xusp ve Xilm değerleri Lindsley ve Spencer'e, 1982 göredir).

	Manyetit	İlmenit	Manyetit	İlmenit
SiO_2	0.00	0.00	0.01	0.00
TiO_2	5.61	43.13	5.44	29.04
Al_2O_3	2.32	0.17	2.28	0.26
Fe_2O_3	55.20	18.50	55.30	45.60
FeO	33.60	34.90	33.10	23.60
MnO	0.46	0.52	0.51	0.26
MgO	1.56	1.88	1.68	1.27
CaO	0.00	0.02	0.02	0.01
Cr_2O_3	0.11	0.08	0.14	0.07
V_2O_5	0.50	0.27	0.49	0.40
Toplam	99.36	99.46	98.97	100.49
Xusp (%)	16.61		16.20	
Xilm (%)		82.20		55.93
T (^oC)	800		877	
fO_2	-12.67		-10.51	

4.2.3. Gölbek Andeziti

4.2.3.1. Petrografi

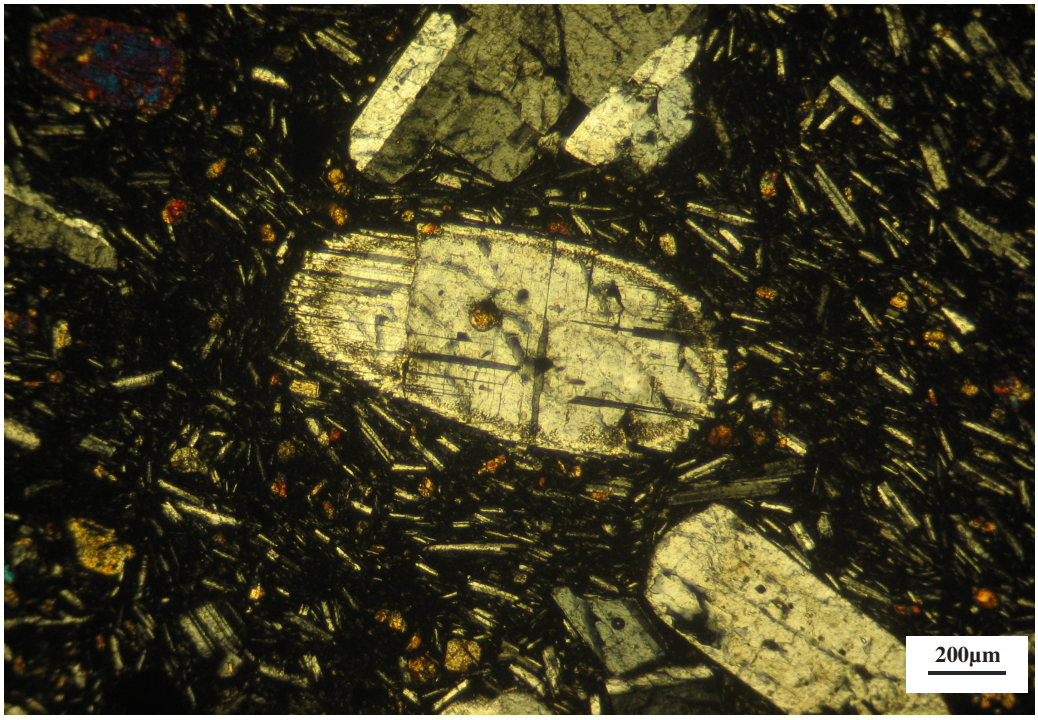
Gölbek andeziti hipokristalin porfirik dokuludur. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, klinopiroksen, ortopiroksen, opak mineraller ve nadiren amfibol oluşturmaktadır. Hamur fazında ise bu minerallere ilaveten volkanik cam da gözlenmektedir. Ayrıca tali mineral olarak apatit içermektedirler. Kayaçta modal olarak; plajiyoklas (% 32.7±3.0), klinopiroksen (% 7.1±1.6), ortopiroksen (% 6.2±1.5), opak mineral (% 2.2±0.9) ve hamur (% 51.4±3.2) bulunmaktadır.

Plajiyoklas feno ve mikrofenokristalleri yaygın olarak albit ve albit-periklin ikizlidir. Çoğunlukla özşekilli-yarı özşekilli kristaller olarak gözlenirler. Fakat bazıları rezorbsiyon nedeniyle yuvarlaklaşmışlardır (Şekil 4.35). Plajiyoklas fenokristallerinde halkalı zonlanma ve elek dokusu gibi dengesizlik dokuları yaygındır. Bazen piroksen ve apatit kapanımları içermektedirler.

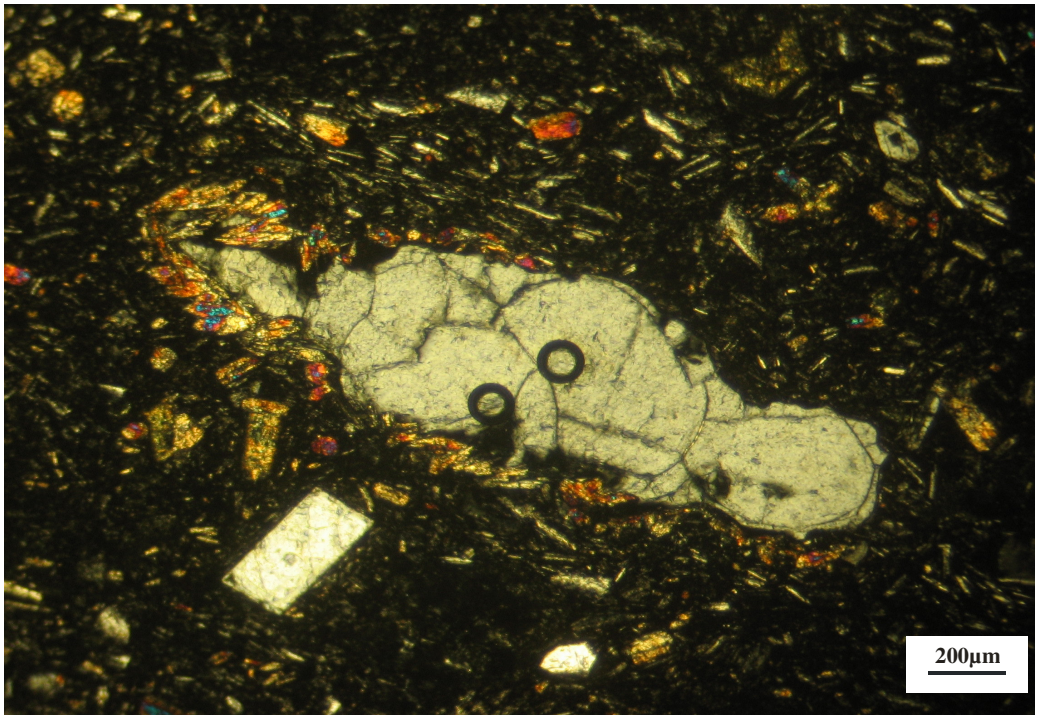
Orto ve klinopiroksen feno ve mikrofenokristalleri çoğunlukla özşekilli ve tipik sekizgen kristal formuna sahiptir. Piroksenler opak mineral ve apatit kapanımları içermektedir. Piroksenlerle ilgili olarak dikkati çeken en önemli özellik ortopiroksenlerin klinopiroksenler tarafından sarılmasıdır.

Gölbek andeziti içinde yaygın miktarda kuvars ksenokristalleri gözlenmiştir. Kuvars ksenokristalleri ince taneli, iğnemsi şekilli piroksenler tarafından kuşatılmış olarak gözlenirler (Şekil 4.36). Bu doku kuvars ksenokristallerinin mağma ile reaksiyonunun bir sonucudur (Shelley, 1993).

Hamurda plajiyoklas, orto/klinopiroksen, opak mineral ve volkanik cam gözlenmektedir ve mikrolitiktir. Genellikle hyalopilitik doku gözlenmektedir. Fakat bazı örneklerde hamurdaki plajiyoklas mikrolitleri yönlenerek trakitik doku oluşturmuştur.



Şekil 4.35. Gölbek andezitindeki rezorbsiyon nedeniyle kenarlarından itibaren kemirilmiş ve yuvarlaklaşmış plajiyoklas (KA-204, 32X, Ç.N.).



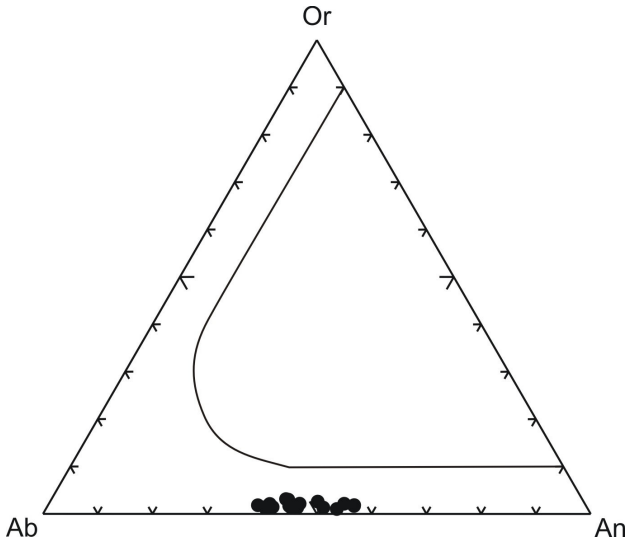
Şekil 4.36. Gölbek andezitindeki iğnemsi piroksenlerle kuşatılmış kuvars ksenokristali (KA-202-1, 32X, Ç.N.).

4.2.3.2. Mineral kimyası

4.2.3.2.1. Plajiyoklas

Plajiyoklas feno ve mikrofenokristallerinin bileşimi andezinden (An_{38}) labradora (An_{56}) kadar değişmektedir (Şekil 4.37; Çizelge 4.12). Plajiyoklas fenokristalleri hem normal (merkez: An_{51}, kenar: An_{46}) hem de ters zonlanma göstermektedir.

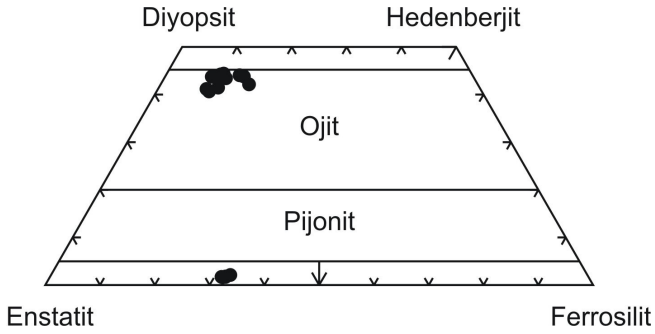
Hamurda yer alan mikrolitler andezinden (An_{48}) labradora (An_{54}) kadar değişen bileşim sunarlar.



Şekil 4.37. Gölbek andezitindeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması.

4.2.3.2.2. Piroksen

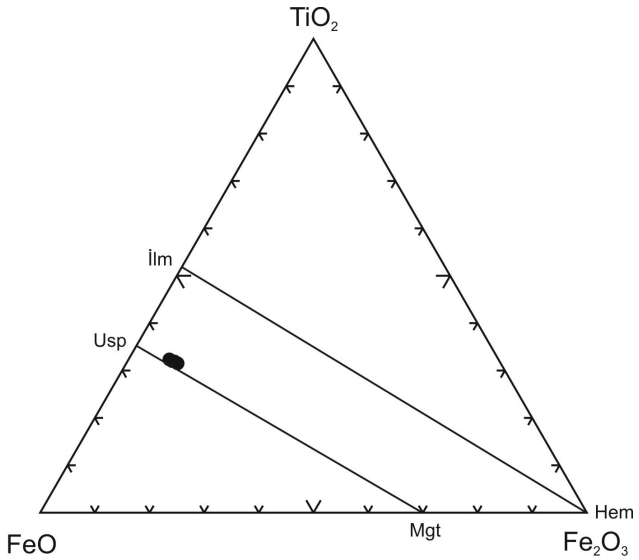
Piroksenler Morimoto ve ark.'na (1988) göre ojit ve enstatitdir (Şekil 4.38; Çizelge 4.13). Ojitler $Wo_{41-44}En_{42-50}Fs_{8-16}$ bileşiminde ve $Mg^{\#}$ = 0.73-0.85'dir. Enstatitler $Wo_2En_{65-67}Fs_{31-33}$ ve $Mg^{\#}$ = 0.67-0.69 bileşiminde ve genellikle homojendir.



Şekil 4.38. Gölbek andezitindeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması.

4.2.3.2.3. Fe-Ti oksit

Gölbek andezitindeki Fe-Ti oksit mineralleri üzerinde yapılan mikroprob analizlerine göre, Fe-Ti oksit mineralleri ulvöspineldir (Şekil 4.39; Çizelge 4.14). Bunların TiO_2 içerikleri % 29-30, Al_2O_3 içerikleri % 0.1-0.2, MgO içerikleri % 1.2-1.4 ve MnO içerikleri % 0.22-0.81 arasında değişmektedir.



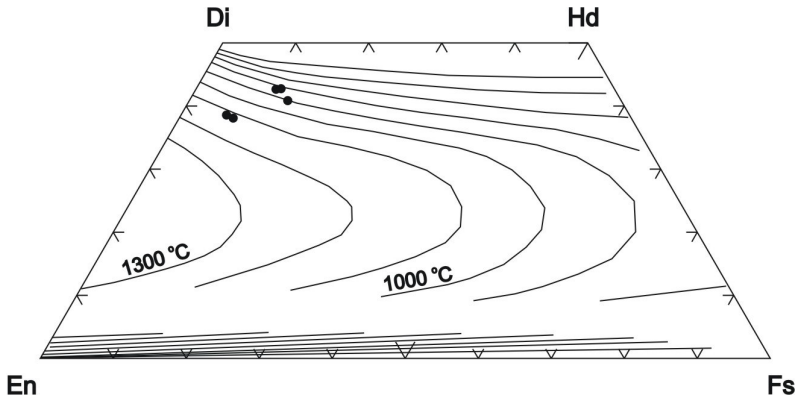
Şekil 4.39. Gölbek andezitindeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

4.2.3.3. Jeotermometre ve jeobarometre

Gölbek andeziti üzerinde yapılan jeotermobarometre hesapları "klinopiroksen-eriyik" termobarometresine (Putirka ve ark., 2003) ve "piroksen" termometresine (Lindsley ve Andersen, 1983) dayanmaktadır.

Klinopiroksen-eriyik termobarometresine göre sıcaklık değerleri 1128-1138 ^{O}C ve basınç değerleri 1.2-2.2 kbar arasında değişmektedir.

Gölbek andezitinde yer alan ve Wo+En+Fs≥%90 şartını sağlayan klinopiroksen bileşimleri piroksen dörtyüzlüsüne düşürüldüğünde örnekler yaklaşık 810-1120 ^{o}C izotermleri arasında yer almaktadır (Şekil 4.40).



Şekil 4.40. Gölbek andezitlerinde yer alan klinopiroksen bileşimlerinin gösterildiği piroksen dörtyüzlüsü. İzoterm eğrileri 100 ^{o}C aralıklarla ve 1 atm basınç şartları altında oluşturulmuştur (Lindsley, 1983; Lindsley ve Andersen, 1983).

Çizelge 4.12. Gölbek andezitindeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno	mkrlt	mkrlt	feno			mikro	mikro
KA-150	40	43	47	48-M	48-O	48-K	49	50
SiO_2	54.66	55.30	56.44	55.81	58.99	57.06	58.02	54.68
TiO_2	0.03	0.02	0.00	0.01	0.04	0.02	0.02	0.00
Al_2O_3	28.66	28.59	27.69	27.75	25.76	26.93	26.65	28.98
FeO*	0.60	0.39	0.26	0.32	0.36	0.40	0.37	0.27
MnO	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01
MgO	0.03	0.00	0.03	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02
CaO	11.37	11.12	10.06	10.41	7.97	9.34	8.84	11.53
Na_2O	4.77	5.01	5.55	5.49	6.89	5.90	6.18	4.84
K_2O	0.32	0.37	0.45	0.23	0.32	0.37	0.54	0.29
Cr_2O_3	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
Toplam	100.42	100.84	100.47	100.03	100.33	100.10	100.63	100.61
32 oksijene göre formül								
Si	9.85	9.91	10.12	10.06	10.53	10.25	10.35	9.83
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	6.09	6.04	5.85	5.89	5.42	5.70	5.61	6.14
Fe^{+2}	0.09	0.06	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.04
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Ca	2.19	2.13	1.93	2.01	1.52	1.80	1.69	2.22
Na	1.67	1.74	1.93	1.92	2.38	2.05	2.14	1.69
K	0.07	0.08	0.10	0.05	0.07	0.09	0.12	0.07
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	19.97	19.98	19.97	19.98	19.99	19.97	19.97	19.98
An	55.80	53.94	48.75	50.49	38.29	45.65	42.79	55.88
Ab	42.35	43.94	48.67	48.16	59.88	52.18	54.09	42.46
Or	1.84	2.11	2.59	1.35	1.83	2.18	3.13	1.66

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. M: merkez, K: kenar ve O: orta.

Çizelge 4.13. Gölbek andezitindeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno			feno	feno		mikro	mikro	feno	
KA-150	Opx 26-M	Cpx 26-O	Cpx 26-K	Cpx 29	Opx 30-M	Opx 30-K	Cpx 33	Cpx 36	Opx 37-M	Opx 37-K
SiO_2	52.91	49.84	51.35	52.47	53.57	53.61	49.84	50.08	53.02	53.70
TiO_2	0.21	1.03	0.68	0.48	0.14	0.14	1.09	0.79	0.22	0.12
Al_2O_3	1.09	4.60	3.01	2.07	0.57	0.59	4.91	4.48	0.89	0.50
FeO	19.79	6.78	6.65	5.90	20.15	20.01	6.19	5.41	20.52	19.56
MnO	0.63	0.16	0.18	0.18	0.66	0.84	0.16	0.14	0.59	0.72
MgO	24.27	15.65	16.90	17.78	24.15	24.18	15.57	16.35	23.59	24.34
CaO	0.83	20.87	20.43	20.21	0.91	0.87	21.26	21.11	1.07	0.86
Na_2O	0.02	0.36	0.22	0.24	0.00	0.00	0.38	0.39	0.00	0.01
K_2O	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
Cr_2O_3	0.00	0.11	0.02	0.12	0.00	0.00	0.22	0.88	0.00	0.02
Toplam	99.75	99.42	99.45	99.47	100.15	100.25	99.63	99.64	99.92	99.85
6 oksijene göre formül										
Si	1.96	1.85	1.90	1.93	1.97	1.97	1.85	1.85	1.96	1.98
Al^{IV}	0.04	0.15	0.10	0.07	0.02	0.03	0.15	0.15	0.04	0.02
Al^{VI}	0.00	0.06	0.03	0.02	0.00	0.00	0.06	0.05	0.00	0.00
Ti	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
Fe^{+3}	0.04	0.08	0.07	0.05	0.03	0.03	0.08	0.09	0.03	0.02
Fe^{+2}	0.57	0.12	0.14	0.13	0.59	0.59	0.11	0.07	0.60	0.58
Mn	0.02	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.00	0.02	0.02
Mg	1.34	0.87	0.93	0.98	1.33	1.33	0.86	0.90	1.30	1.34
Ca	0.03	0.83	0.81	0.80	0.04	0.03	0.84	0.84	0.04	0.03
Na	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00
Toplam	4.01	4.03	4.02	4.02	4.01	4.01	4.03	4.03	4.01	4.01
$Mg^{\#}$	0.69	0.81	0.82	0.84	0.68	0.68	0.82	0.84	0.67	0.69
Wo	1.65	43.46	41.47	40.68	1.79	1.71	44.43	43.83	2.12	1.71
En	66.89	45.34	47.76	49.80	66.24	66.29	45.28	47.24	65.21	67.01
Fs	31.46	11.20	10.77	9.52	31.97	32.00	10.30	8.93	32.67	31.28

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir. M: merkez, K: kenar ve O: orta.

$Mg^{\#} = Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+2})$

Çizelge 4.14. Gölbek andezitindeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	Ulvöspinel			
KA-150	Ox-21	Ox-22	Ox-23	Ox-24
SiO_2	0.00	0.03	0.00	0.00
TiO_2	29.91	29.27	30.24	29.33
Al_2O_3	0.18	0.16	0.11	0.23
Fe_2O_3	7.62	7.96	6.99	8.73
FeO	55.98	54.59	56.30	55.00
MnO	0.22	0.81	0.48	0.45
MgO	1.32	1.47	1.18	1.45
CaO	0.03	0.04	0.05	0.03
Cr_2O_3	0.17	0.15	0.12	0.13
V_2O_5	0.42	0.57	0.47	0.42
Toplam	95.85	95.03	95.93	95.77
4 oksijene göre formül				
Si	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.87	0.85	0.88	0.85
Al	0.01	0.01	0.00	0.01
Fe^{+3}	0.22	0.23	0.20	0.25
Fe^{+2}	1.80	1.77	1.81	1.77
Mn	0.01	0.03	0.02	0.01
Mg	0.08	0.08	0.07	0.08
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.01	0.00	0.00	0.00
V	0.01	0.01	0.01	0.01
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir.

4.2.4. Dipdede Dasiti

4.2.4.1. Petrografi

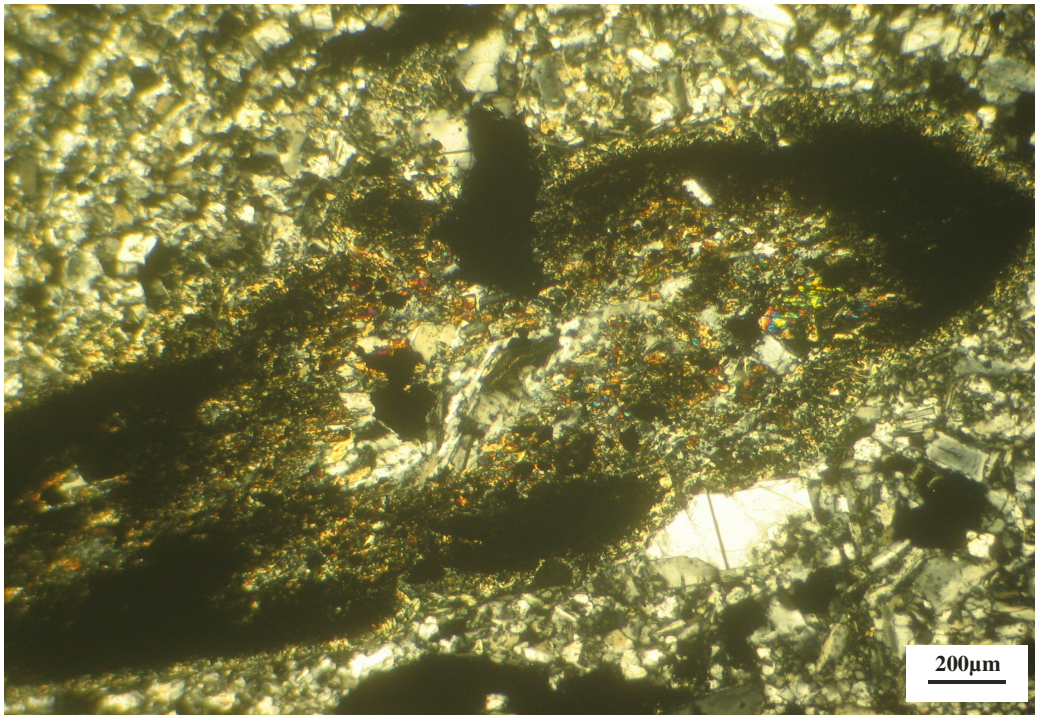
Dipdede dasiti holokristalin porfirik dokuludur. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, amfibol, kuvars ve opak mineraller, nadiren piroksen oluşturmaktadır. Bu mineraller aynı zamanda hamur fazını da oluşturmaktadırlar. Tali mineral olarak apatitler gözlenebilmektedir. Kayaçta yaygın miktarda plajiyoklas megakristalleri de gözlenmektedir. Modal olarak; plajiyoklas (% 72.4±4.0), kuvars (% 18±3.4), amfibol (% 7.1±2.3) ve opak mineral (% 2.5±1.4) bulunmaktadır.

Plajiyoklas mega ve fenokristalleri özşekilli-yarı özşekilli, bazende kırılmış kristaller olarak gözlenirler. Bunlar çoğunlukla albit, albit-periklin ikizli, zonlu ve elek dokuludurlar. Ayrıca, plajiyoklas mikrofenokristalleri albit ikizli latalar şeklinde hamurda da gözlenmektedirler.

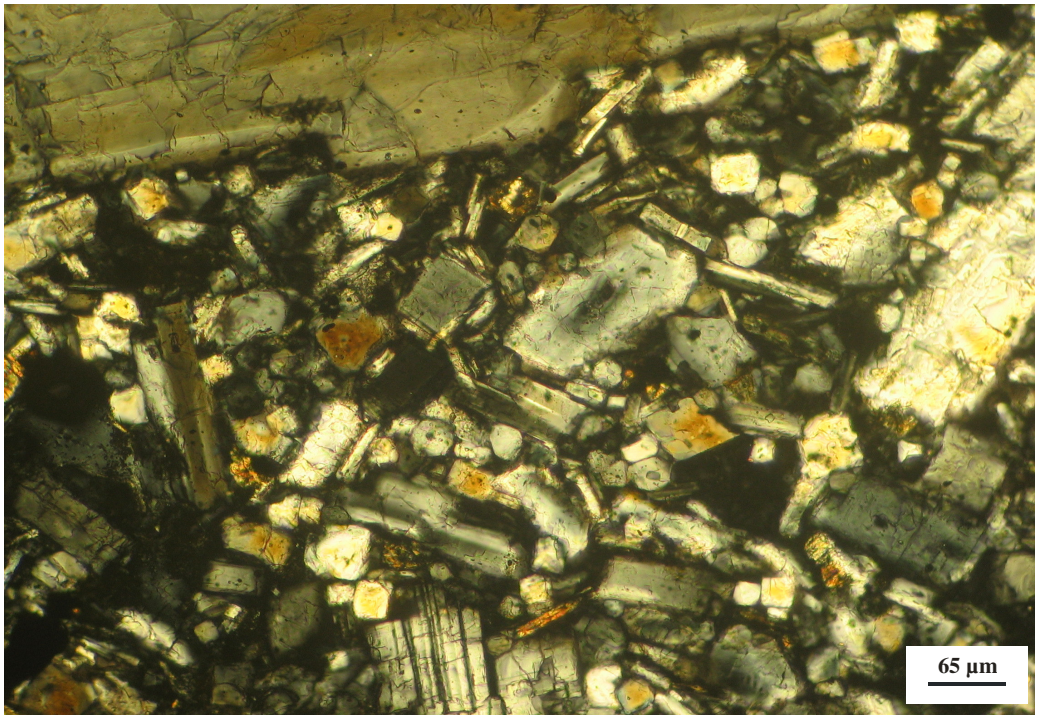
Kuvarslar nadiren fenokristal olarak gözlenirler, daha çok eş boyutlu mikrotaneler olarak hamurda gözlenirler.

Amfiboller ileri derecede opaklaşmıştır. Bazıları ise piroksen, feldispat ve opak minerallerden ibaret psödomorf kristallere dönüşmüştür (Şekil 4.41).

Dasitlerin hamurunda mikrogranüler doku gözlenmektedir (Şekil 4.42). Hamuru eşboyutlu kuvars mikrotaneleri ve lata şekilli plajiyoklaslar oluşturmaktadır. Ayrıca hamurda alterasyon ürünü kloritler gözlenebilmektedir.



Şekil 4.41. Dipdede dasitindeki amfibollerde gözlenen dekompozisyon (KA-46, 32X, Ç.N).

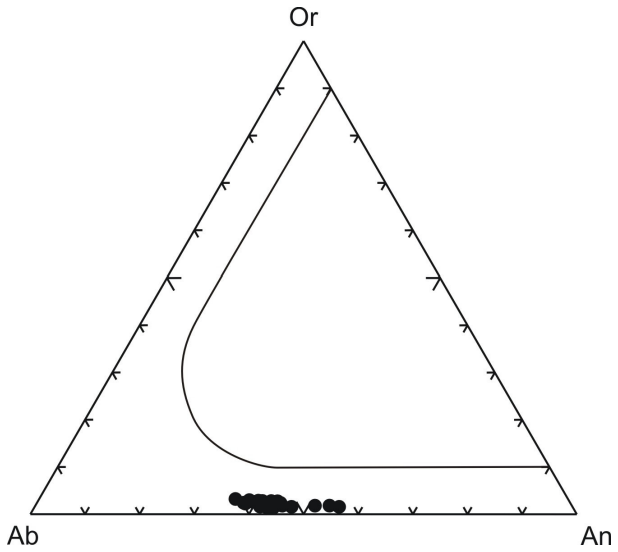


Şekil 4.42. Dipdede dasitindeki kuvars ve plajiyoklastan oluşan mikrokristalin hamur fazı (KA-53, 100X, Ç.N.).

4.2.4.2. Mineral kimyası

4.2.4.2.1. Plajiyoklas

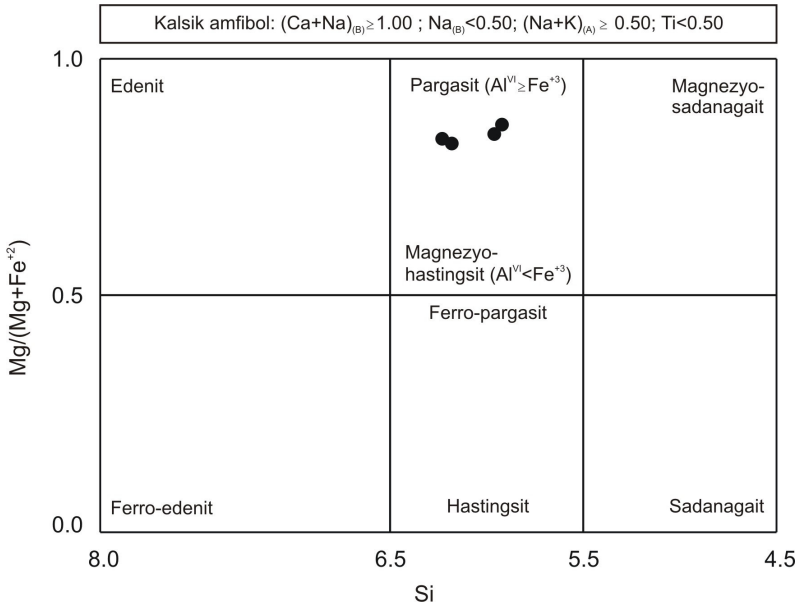
Plajiyoklas feno ve mikrofenokristallerinin bileşimi andezinden (An_{36}) labradora (An_{56}) kadar değişmektedir (Şekil 4.43; Çizelge 4.15). Genel olarak fenokristallerde normal zonlanma gözlenmektedir (merkez: An_{44-56}, kenar An_{39-54}). Halkalı zonlanma gösteren bir plajiyoklas megakristalinin merkez kısmı An_{42} kenar kısmı An_{45} bileşiminde ve zonlar arasında An içeriğindeki değişim % 10-12 olarak görülmektedir.



Şekil 4.43. Dipdede dasitindeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması.

4.2.4.2.2. Amfibol

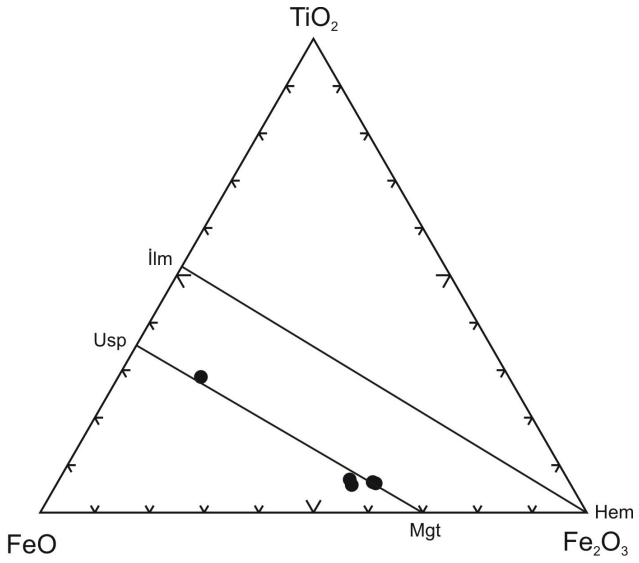
Amfiboller magnezyo-hastingsit bileşimindedir ($Al^{VI}<Fe^{+3}$). Bunların $Mg^{\#}$ değerleri 0.68-0.72, Ti içerikleri 0.25-0.41 arasında değişmektedir. Bazı fenokristallerin merkezi ($Mg^{\#}$ = 0.70) kenara ($Mg^{\#}$ = 0.68) göre Mg'ce daha zengindir (Şekil 4.44; Çizelge 4.16).



Şekil 4.44. Dipdede dasitindeki amfibollerin Leake ve ark.'na (2004) göre sınıflaması.

4.2.4.2.3. Fe-Ti oksit

Fe-Ti oksitler manyetit ve ulvospineldir (Şekil 4.45; Çizelge 4.17). Manyetitlerin TiO_2 içerikleri % 5-6, Al_2O_3 % 0.59-0.94, MgO % 0.23-1.75 ve MnO % 0.19-0.66 arasındadır. Tek analiz noktası ile temsil edilen ulvöspinelin TiO_2 içeriği % 26, Al_2O_3 % 0.18, MgO % 1.42 ve MnO % 0.23 arasındadır.



Şekil 4.45. Dipdede dasitindeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

Çizelge 4.15. Dipdede dasitindeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno		mikro	feno			mikro	mikro	mikro
KA-45	29-M	29-K	33	34-M	34-O	34-K	35	36	39a
SiO_2	54.65	55.29	58.05	57.60	58.47	59.31	58.48	57.47	58.54
TiO_2	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.04	0.02	0.04
Al_2O_3	28.79	28.45	26.84	26.81	26.46	25.99	26.26	27.22	25.92
FeO	0.48	0.47	0.36	0.17	0.18	0.17	0.37	0.34	0.29
MnO	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00
MgO	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02
CaO	11.50	10.98	8.99	9.03	8.45	8.01	8.47	9.11	8.31
Na_2O	4.88	5.00	6.17	6.26	6.48	6.72	6.41	6.22	6.50
K_2O	0.27	0.31	0.45	0.24	0.28	0.52	0.49	0.39	0.50
Cr_2O_3	0.01	0.02	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	100.62	100.51	100.97	100.12	100.34	100.75	100.53	100.81	100.12
32 oksijene göre formül									
Si	9.83	9.93	10.33	10.32	10.43	10.53	10.43	10.25	10.48
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	6.10	6.02	5.63	5.66	5.56	5.44	5.52	5.72	5.47
Fe+2	0.07	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02	0.06	0.05	0.04
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Ca	2.22	2.11	1.71	1.73	1.62	1.52	1.62	1.74	1.59
Na	1.70	1.74	2.13	2.17	2.24	2.31	2.22	2.15	2.26
K	0.06	0.07	0.10	0.05	0.06	0.12	0.11	0.09	0.11
Cr	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	20.00	19.96	19.97	19.97	19.94	19.96	19.97	20.01	19.97
An	55.67	53.84	43.47	43.72	41.20	38.54	41.02	43.74	40.19
Ab	42.75	44.37	53.97	54.90	57.17	58.48	56.14	54.05	56.92
Or	1.57	1.79	2.57	1.38	1.63	2.98	2.84	2.21	2.89

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. M: merkez, K: kenar ve O: orta.

Çizelge 4.16. Dipdede dasitindeki amfibollerin mikroprob analiz sonuçları.

	Magnezyo-hastingsit			
örnek	feno		feno	mikro
KA-45	16-M	16-K	17	18
SiO_2	43.77	42.60	41.09	41.03
TiO_2	2.40	2.33	3.76	3.43
Al_2O_3	11.60	11.68	13.34	13.06
FeO	11.36	12.19	10.18	10.69
MnO	0.20	0.23	0.13	0.12
MgO	15.00	14.14	14.73	14.37
CaO	11.10	10.89	11.03	11.00
Na_2O	3.30	3.09	3.00	3.03
K_2O	0.33	0.33	0.59	0.61
Cr_2O_3	0.02	0.03	0.03	0.01
Toplam	99.08	97.51	97.88	97.35
23 oksijene göre formül				
Si	6.23	6.18	5.92	5.96
Al^{IV}	1.77	1.82	2.08	2.04
Al^{VI}	0.18	0.18	0.18	0.20
Al^{Toplam}	1.95	2.00	2.26	2.24
Ti	0.26	0.25	0.41	0.38
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{+3}	0.72	0.81	0.73	0.70
Fe^{+2}	0.64	0.66	0.50	0.60
Mn	0.02	0.03	0.02	0.01
Mg	3.18	3.06	3.16	3.11
FMT	13.00	12.99	13.00	13.00
Ca	1.69	1.69	1.70	1.71
Na(B)	0.31	0.31	0.30	0.29
Na(A)	0.60	0.56	0.54	0.57
Na^{Toplam}	0.91	0.87	0.84	0.86
K(A)	0.06	0.06	0.11	0.11
Toplam A	0.66	0.62	0.65	0.68
$Mg^{\#}$	0.70	0.68	0.72	0.71

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Schumacher'e (1997) göre hesaplanmıştır. M: merkez, K: kenar.

$Mg^{\#} = Mg/(Mg + Fe^{+2} + Fe^{+3})$

Çizelge 4.17. Dipdede dasitindeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	ulvöspinel	manyetit			
KA-45	Ox-17	Ox-18	Ox-19	Ox-20	Ox-20a
SiO_2	0.05	1.65	0.03	1.15	0.02
TiO_2	26.23	5.21	5.97	6.41	6.16
Al_2O_3	0.18	0.59	0.91	0.94	0.90
Fe_2O_3	13.88	48.32	56.50	48.93	55.08
FeO	51.73	35.82	34.44	36.73	34.39
MnO	0.23	0.19	0.66	0.38	0.61
MgO	1.42	0.23	1.70	0.61	1.75
CaO	0.13	0.29	0.00	0.25	0.00
Cr_2O_3	0.03	0.09	0.16	0.24	0.22
V_2O_5	0.35	0.47	0.44	0.53	0.53
Toplam	94.24	92.86	100.81	96.16	99.65
4 oksijene göre formül					
Si	0.00	0.07	0.00	0.05	0.00
Ti	0.77	0.16	0.17	0.19	0.17
Al	0.01	0.03	0.04	0.04	0.04
Fe^{+3}	0.41	1.48	1.59	1.44	1.56
Fe^{+2}	1.70	1.22	1.07	1.20	1.08
Mn	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02
Mg	0.08	0.01	0.09	0.04	0.10
Ca	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
V	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir.

4.2.5. Yaraşlı Andeziti

4.2.5.1. Petrografi

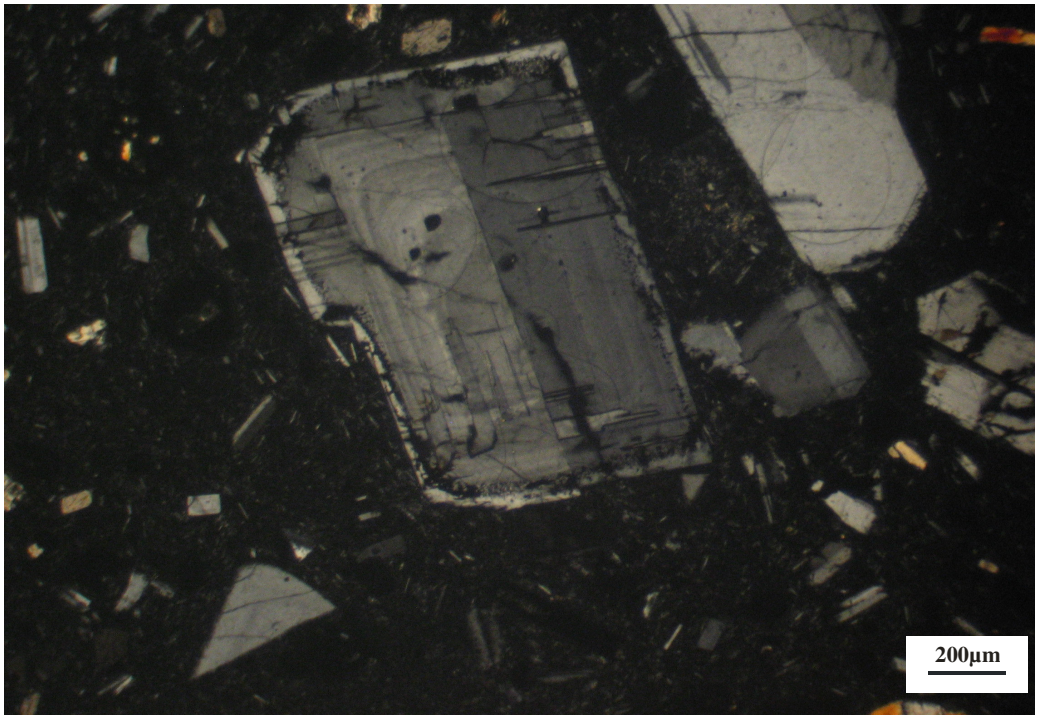
Yaraşlı andeziti hipokristalin porfirik dokuludur. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, amfibol, ortopiroksen, klinopiroksen ve opak mineraller oluşturmaktadır. Hamur fazında ise bu minerallere ilaveten çok az volkanik cam gözlenmektedir. Ayrıca tali mineral olarak apatitler hem hamurda hem de diğer mineraller içinde kapanım olarak bulunmaktadır. Kayaçta modal olarak; plajiyoklas (% 23±2.6), amfibol (% 13.7±2.2), ortopiroksen (% 2.3±0.9), klinopiroksen (% 1.3±0.7), opak mineral (% 1.3±0.7) ve hamur (% 57.9±3.1) bulunmaktadır.

Plajiyoklas feno ve mikrofenokristalleri yaygın olarak albit-periklin ikizli ve yarıözşekilli-özşekilli olarak bulunur. Fenokristallerde zonlanma ve elek dokulu kenarlar yaygındır. Ayrıca bazı plajiyoklaslar rezorbe fenokristaller olarak gözlenmektedir. Plajiyoklas fenokristalleri piroksen ve opak mineral kapanımları içermektedir. Bazı plajiyoklasların kenar kısımlarında bir zon oluşturacak şekilde opak mineral kapanımları gözlenmektedir (Şekil 4.46).

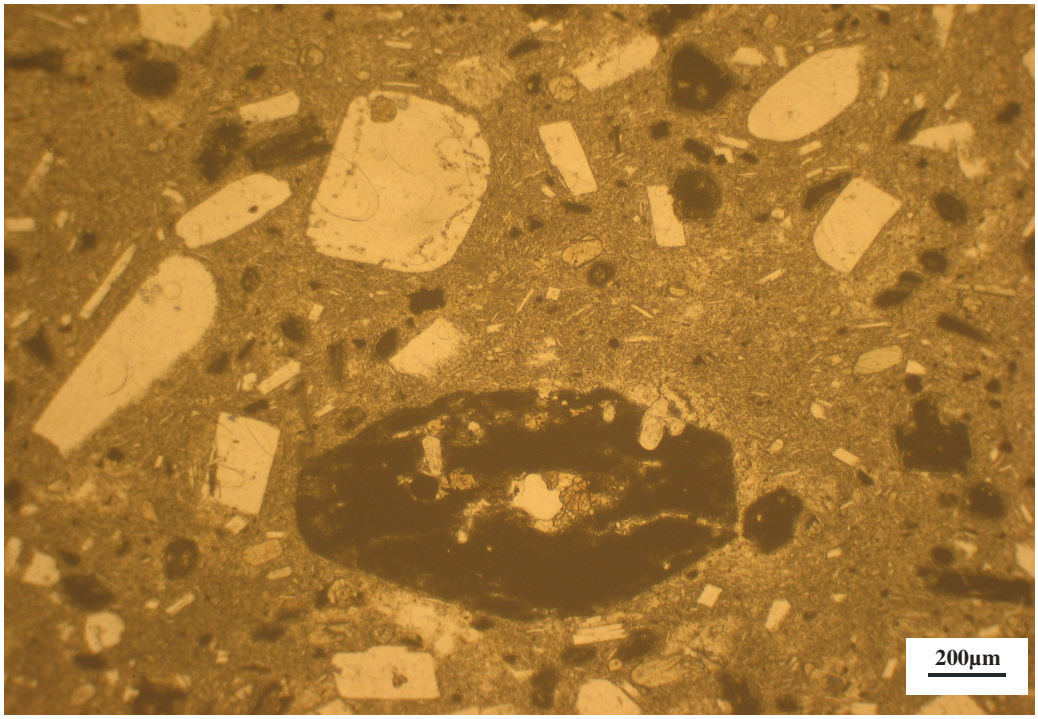
Amfiboller çoğunlukla altıgen forma sahip özşekilli ve yarıözşekilli kristaller olarak gözlenir. Kahverengi ve $56^{0'}$lik çift yönlü dilinimleriyle karakteristiktir. Bazılarında basit ikizler gelişmiştir. Amfibollerde yaygın olarak opak minerallerce zengin bozunma çeperleri (decomposition rim) gözlenmektedir. Bazı amfiboller, dekompozisyon (breakdown) nedeniyle opak mineral, piroksen ve feldispat içeren ince taneli agregattan ibaret psödomorf kristaller olarak gözlenirler (Şekil 4.47). Bu özellikler amfibol ile eriyik arasında bir dengesizlik olduğunu göstermektedir.

Piroksenler çoğunlukla özşekillidir. Sekizgen kristal formu ve birbirini 90^{0}'lik açı ile kesen dilinimleri tipiktir. Bazıları ikizli kristaller olarak gözlenirler. Opak mineral ve apatit kapanımları içermektedir. Bazı kesitlerde piroksenlerin oksidasyon nedeniyle kenarlarından itibaren kırmızımsı renkli hematite dönüştüğü gözlenmiştir.

Hamur, başlıca plajiyoklas mikrolitlerinden ibaret mikrokristalin dokuludur. Daha az piroksen, amfibol ve opak mineral de gözlenebilmektedir. Plajiyoklas mikrolitleri genellikle gelişigüzel yönlenmişlerdir.



Şekil 4.46. Yaraşlı andezitindeki plajiyoklasların kenar kısımlarında gözlenen opak mineral dizilimi ve zonlanma (KA-25, 32X, Ç.N.).



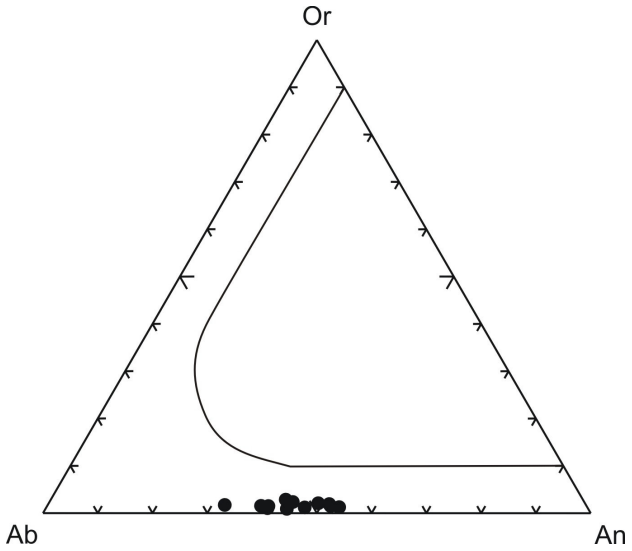
Şekil 4.47. Yaraşlı andezitinde gözlenen amfibol psödomorfları (KA-25, 32X, T.N.).

4.2.5.2. Mineral kimyası

4.2.5.2.1. Plajiyoklas

Feno ve mikrofenokristaller andezin ve labrador türünde plajiyoklas olup bileşimleri An_{32}'den An_{53}'e kadar değişmektedir (Şekil 4.48; Çizelge 4.18). Plajiyoklas fenokristalleri ters zonlanma göstermektedirler. Bu fenokristallerin merkez kısımlarında An_{40}, kenar kısımlarında ise An_{53}'dür.

Hamurda yer alan mikrolitler andezin türü plajiyoklas olup, bunların bileşimleri An_{44}'den An_{49}'a kadar değişmektedir.

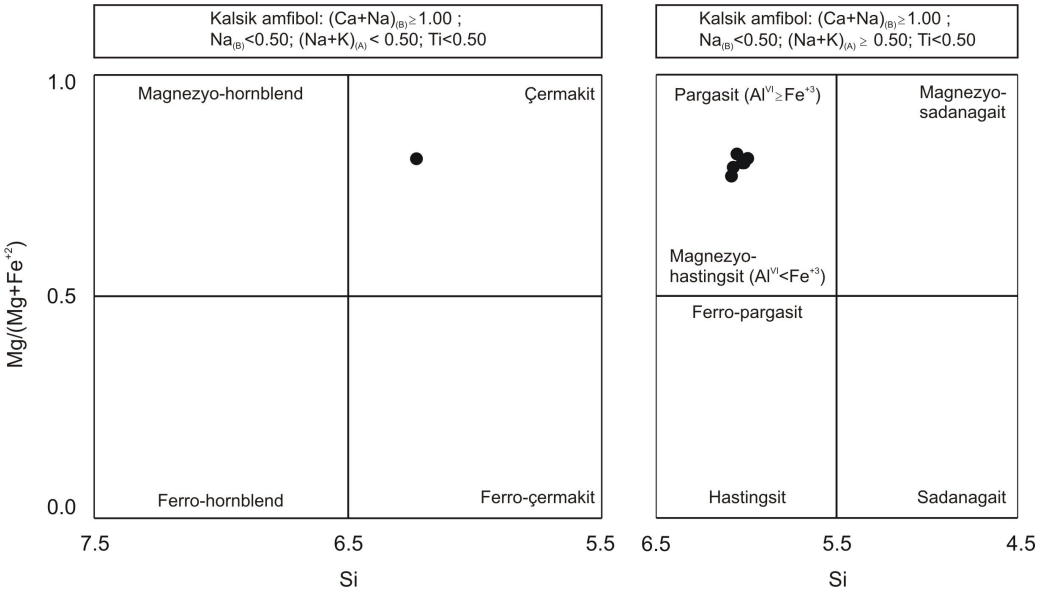


Şekil 4.48. Yaraşlı andezitindeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması.

4.2.5.2.2. Amfibol

Amfiboller başlıca magnezyo-hastingsit ($Al^{VI}<Fe^{+3}$) nadiren çermakittir (Şekil 4.49; Çizelge 4.19).

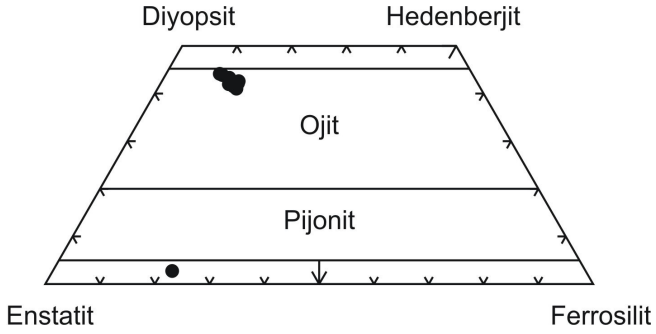
Magnezyo-hastingsitlerin $Mg^{\#}$ değerleri 0.64-0.69, Ti içerikleri 0.38-0.47 arasında değişmektedir. Genel olarak homojen bileşime sahip olup, merkez ile kenar kısım bileşimleri arasında önemli bir değişim gözlenmez. Bir analiz noktasıyla tespit edilen çermakitin ise $Mg^{\#}$ değeri 0.66, Ti içeriği 0.27'dir



Şekil 4.49. Yaraşlı andezitindeki amfibollerin Leake ve ark.'na (2004) göre sınıflaması.

4.2.5.2.3. Piroksen

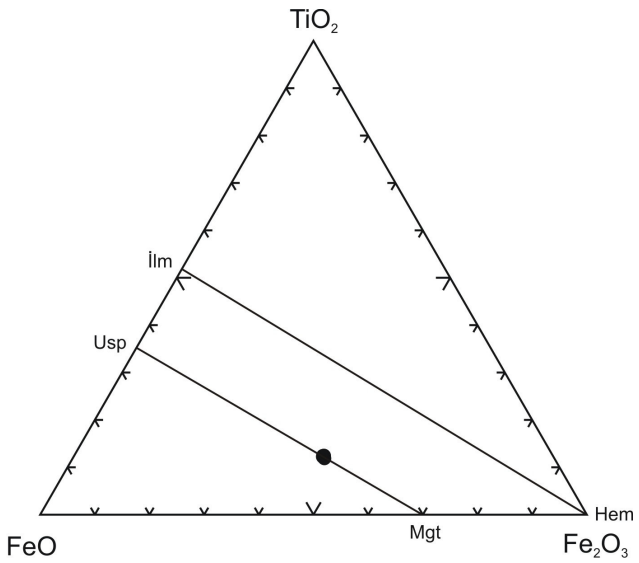
Piroksenler ojit ve enstatit bileşimindedir (Şekil 4.50; Çizelge 4.20). Ojitlerin bileşimleri $Wo_{41-44}En_{44-46}Fs_{15-10}$ ve $Mg^{\#} = 0.76\text{-}0.83$ arasında değişmektedir. Bazı ojit fenokristalleri hafif normal zonlanma gösterir. Bu zonlu fenokristallerin merkez kısımlarının bileşimi $Wo_{44}En_{46}Fs_{10}$ ve $Mg^{\#} = 0.83$, kenarlarının ise $Wo_{42}En_{45}Fs_{13}$ ve $Mg^{\#} = 0.79$'dur. Enstatitlerin bileşimi $Wo_3En_{75}Fs_{22}$ ve $Mg^{\#} = 0.78$'dir.



Şekil 4.50. Yaraşlı andezitindeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması.

4.2.5.2.4. Fe-Ti oksit

Yaraşlı andezitinde gözlenen oksit mineralleri manyetittir (Şekil 4.51; Çizelge 4.21). Manyetitler yüksek TiO_2 (% 10-11) içeriğine sahiptir. Bunların Al_2O_3 içerikleri % 2.9-3.7, MgO içerikleri % 2-2.5 ve MnO içerikleri % 0.37-0.59 arasında değişmektedir.



Şekil 4.51. Yaraşlı andezitindeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

4.2.5.3. Jeotermometre ve jeobarometre

Yaraşlı andeziti üzerinde yapılan jeotermobarometre hesapları "klinopiroksen-eriyik" termobarometresi (Putirka ve ark., 2003), "hornblend-plajiyoklas" termometresi (Holland ve Blundy,1994) ve "hornblend" barometresine (Johnson ve Rutherford, 1989) dayanmaktadır.

Klinopiroksen-eriyik termobarometresine göre sıcaklık değerleri 1057-1067 ^oC ve basınç değerleri 1.0-2.1 kbar arasında değişmektedir.

Holland ve Blundy'nin (1994) hornblend-plajiyoklas çifti termometresine göre hesaplanan sıcaklık değerleri T ($\pm$40)= 867-984 ^oC arasında değişmektedir.

Hornblend barometresi (Johnson ve Rutherford, 1989) kullanılarak yapılan hesaplamalarda P($\pm$0.5)= 4.57-5.35 kbar arasında değişen basınç değerleri bulunmuştur. Bu değerler "klinopiroksen-eriyik" çiftlerinden bulunan basınç değerlerinden oldukça yüksektir.

Çizelge 4.18. Yaraşlı andezitindeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno (halkalı zonlu)						feno		mikro	mikrlt
KA-104	10-M	10-O1	10-O2	10-O3	10-O4	10-K	12-M	12-K	14	15a
SiO_2	58.88	60.81	59.05	57.09	55.56	57.61	58.75	55.43	55.86	55.97
TiO_2	0.03	0.00	0.02	0.03	0.03	0.13	0.03	0.07	0.07	0.08
Al_2O_3	26.26	24.89	26.32	27.58	28.36	26.38	26.18	27.64	27.95	27.71
FeO	0.13	0.14	0.15	0.30	0.51	0.79	0.15	0.60	0.42	0.50
MnO	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
MgO	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.03	0.01	0.05	0.05	0.04
CaO	8.29	6.70	8.09	9.68	10.94	8.74	8.30	10.38	10.47	10.02
Na_2O	6.60	7.57	6.82	5.87	5.15	6.14	6.64	5.27	5.26	5.51
K_2O	0.26	0.30	0.27	0.21	0.22	0.49	0.18	0.33	0.26	0.36
Cr_2O_3	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Toplam	100.47	100.44	100.79	100.81	100.81	100.30	100.23	99.78	100.34	100.17
32 oksijene göre formül										
Si	10.48	10.78	10.48	10.18	9.95	10.33	10.48	10.03	10.03	10.07
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01
Al	5.51	5.20	5.51	5.79	5.99	5.58	5.50	5.89	5.92	5.88
Fe^{2+}	0.02	0.02	0.02	0.04	0.08	0.12	0.02	0.09	0.06	0.07
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Ca	1.58	1.27	1.54	1.85	2.10	1.68	1.59	2.01	2.01	1.93
Na	2.28	2.60	2.35	2.03	1.79	2.13	2.29	1.85	1.83	1.92
K	0.06	0.07	0.06	0.05	0.05	0.11	0.04	0.08	0.06	0.08
Cr	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	19.93	19.95	19.97	19.96	19.97	19.98	19.93	19.98	19.94	19.98
An	40.33	32.29	39.00	47.11	53.32	42.80	40.43	51.11	51.57	49.08
Ab	58.18	65.97	59.47	51.67	45.41	54.36	58.53	46.96	46.90	48.84
Or	1.49	1.74	1.53	1.22	1.27	2.84	1.04	1.92	1.53	2.08

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. M: merkez, K: kenar ve O1,2,.: fenokristallerin ortasındaki birbirini takip eden farklı zonları temsil etmektedir.

Çizelge 4.19. Yaraşlı andezitlerindeki amfibollerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	Mg-hast. feno		Mg-hast. mikro	Mg-hast. feno	Çermkt. feno	Mg-hast. feno	
KA-104	1-M	1-K	1c	2	5	6-M	6-K
SiO_2	41.87	41.33	41.18	41.12	42.80	41.60	41.04
TiO_2	4.02	3.93	3.45	4.22	2.51	4.06	4.18
Al_2O_3	11.90	12.04	11.65	12.14	11.08	11.58	12.11
FeO	12.10	12.29	13.12	11.17	12.97	11.38	11.32
MnO	0.15	0.22	0.20	0.12	0.20	0.11	0.17
MgO	13.77	13.72	13.00	13.88	13.82	14.42	14.05
CaO	11.03	10.94	10.72	11.01	10.97	11.04	11.06
Na_2O	2.74	2.75	2.64	2.70	2.46	2.71	2.69
K_2O	0.56	0.60	0.57	0.59	0.50	0.62	0.62
Cr_2O_3	0.01	0.05	0.00	0.04	0.00	0.04	0.04
Toplam	98.14	97.82	96.53	96.95	97.31	97.52	97.24
23 oksijene göre formül							
Si	6.07	6.01	6.08	6.02	6.23	6.05	5.99
Al^{IV}	1.93	1.99	1.92	1.98	1.77	1.95	2.01
Al^{VI}	0.10	0.07	0.11	0.12	0.13	0.03	0.08
Al^{Toplam}	2.03	2.06	2.03	2.10	1.90	1.98	2.09
Ti	0.44	0.43	0.38	0.47	0.27	0.44	0.46
Cr	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{+3}	0.65	0.77	0.79	0.59	0.89	0.71	0.67
Fe^{+2}	0.81	0.73	0.83	0.78	0.69	0.67	0.71
Mn	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02
Mg	2.98	2.97	2.86	3.03	3.00	3.12	3.06
FMT	13.00	13.01	12.99	13.00	13.01	12.98	13.00
Ca	1.71	1.70	1.70	1.73	1.71	1.72	1.73
Na(B)	0.29	0.30	0.30	0.27	0.29	0.28	0.27
Na(A)	0.48	0.48	0.45	0.50	0.40	0.48	0.49
Na^{Toplam}	0.77	0.78	0.75	0.77	0.69	0.76	0.76
K(A)	0.10	0.11	0.11	0.11	0.09	0.11	0.12
Toplam A	0.58	0.59	0.56	0.61	0.49	0.59	0.61
$Mg^{\#}$	0.67	0.66	0.64	0.69	0.66	0.69	0.69

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Schumacher'e (1997) göre hesaplanmıştır. M: merkez, K: kenar.

$Mg^{\#}= Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+3})$

Çizelge 4.20. Yaraşlı andezitindeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno		mikro	feno	feno		feno		feno
KA-104	Cpx 9-M	Cpx 9-K	Cpx 10	Cpx 11	Cpx 12-M	Cpx 12-K	Cpx 13-M	Cpx 13-K	Opx 13c
SiO_2	50.68	51.08	49.78	50.32	50.71	50.89	49.91	50.75	53.94
TiO_2	0.74	0.64	1.02	0.92	0.77	0.78	0.95	0.69	0.23
Al_2O_3	3.86	2.83	4.38	3.88	4.28	3.43	5.01	3.08	1.30
FeO	7.19	8.22	8.59	8.46	5.89	7.51	6.19	8.48	13.90
MnO	0.18	0.26	0.22	0.20	0.13	0.23	0.15	0.22	0.34
MgO	15.47	15.66	15.34	15.08	15.91	15.79	15.64	15.14	27.67
CaO	20.83	20.16	19.64	20.24	21.20	20.26	20.87	20.67	1.40
Na_2O	0.45	0.43	0.49	0.54	0.44	0.50	0.51	0.53	0.06
K_2O	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
Cr_2O_3	0.06	0.02	0.03	0.01	0.09	0.10	0.08	0.01	0.00
Toplam	99.47	99.30	99.50	99.66	99.44	99.51	99.32	99.58	98.86
6 oksijene göre formül									
Si	1.88	1.91	1.86	1.88	1.88	1.89	1.85	1.90	1.96
Al^{IV}	0.12	0.09	0.14	0.12	0.12	0.11	0.15	0.10	0.04
Al^{VI}	0.05	0.03	0.05	0.05	0.06	0.04	0.07	0.03	0.01
Ti	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01
Fe^{+3}	0.08	0.08	0.10	0.09	0.07	0.08	0.09	0.10	0.03
Fe^{+2}	0.15	0.17	0.17	0.17	0.11	0.15	0.10	0.16	0.39
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
Mg	0.86	0.87	0.85	0.84	0.88	0.88	0.87	0.84	1.50
Ca	0.83	0.81	0.79	0.81	0.84	0.81	0.83	0.83	0.05
Na	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	4.02	4.03	4.03	4.03	4.02	4.03	4.03	4.03	4.01
$Mg^{\#}$	0.79	0.77	0.76	0.76	0.83	0.79	0.82	0.76	0.78
Wo	43.33	41.54	41.07	42.22	44.15	42.00	43.90	42.65	2.74
En	44.78	44.91	44.66	43.79	46.11	45.56	45.77	43.46	75.51
Fs	11.88	13.55	14.28	13.99	9.74	12.44	10.33	13.90	21.74

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir. M: merkez, K: kenar.

$Mg^{\#} = Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+3})$

Çizelge 4.21. Yaraşlı andezitindeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	Manyetit				
KA-104	Ox-5a	Ox-5b	Ox-6	Ox-7	Ox-9
SiO_2	0.07	0.16	0.06	0.02	0.04
TiO_2	11.16	11.05	11.17	11.04	10.61
Al_2O_3	3.40	3.36	3.72	3.53	2.89
Fe_2O_3	40.90	40.52	40.92	41.13	41.09
FeO	37.45	37.44	37.48	38.07	37.54
MnO	0.59	0.43	0.47	0.37	0.46
MgO	2.45	2.50	2.53	2.14	2.04
CaO	0.00	0.01	0.01	0.04	0.02
Cr_2O_3	0.05	0.07	0.07	0.11	0.05
V_2O_5	0.49	0.52	0.42	0.49	0.70
Toplam	96.55	96.06	96.83	96.93	95.44
4 oksijene göre formül					
Si	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Ti	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31
Al	0.15	0.15	0.17	0.16	0.13
Fe^{+3}	1.17	1.16	1.16	1.17	1.19
Fe^{+2}	1.19	1.19	1.18	1.21	1.21
Mn	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
Mg	0.14	0.14	0.14	0.12	0.12
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir.

4.2.6. Hamzadağ Dasiti

4.2.6.1. Petrografi

Hamzadağ dasiti vitrofirik porfirik dokuludur. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, kuvars, amfibol, ortopiroksen ve opak mineral oluşturmaktadır. Hamur fazında ise bu minerallerle beraber bol miktarda volkanik cam gözlenmektedir. Tali olarak apatit gözlenmektedir. Kayaçta modal olarak; plajiyoklas (% 42±3.1), kuvars (% 6±1.5), amfibol (% 5.2±1.4), ortopiroksen (% 2.7±1.0), opak mineral (% 1.6±0.8) ve hamur (% 42.5±3.1) bulunmaktadır.

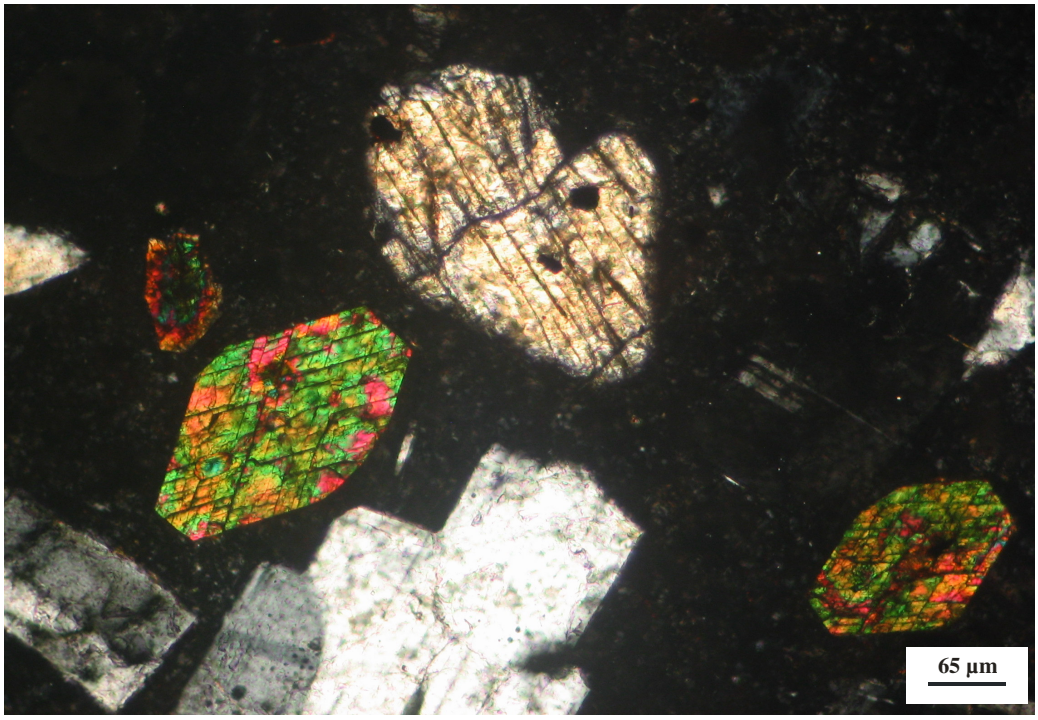
Plajiyoklas feno ve mikrofenokristalleri özşekilli-yarıözşekilli, albit ikizli ve zonlu kristaller olarak gözlenirler. Amfibol, piroksen, apatit ve opak mineral kapanımları içermektedir.

Kuvarslar tipik olarak kenarlarından itibaren yuvarlaklaşmış ve bazen çatlaklı kristaller olarak gözlenirler. Herhangi ikizlenme ve zonlanma göstermemesi ile plajiyoklastan kolayca ayırt edilmektedir.

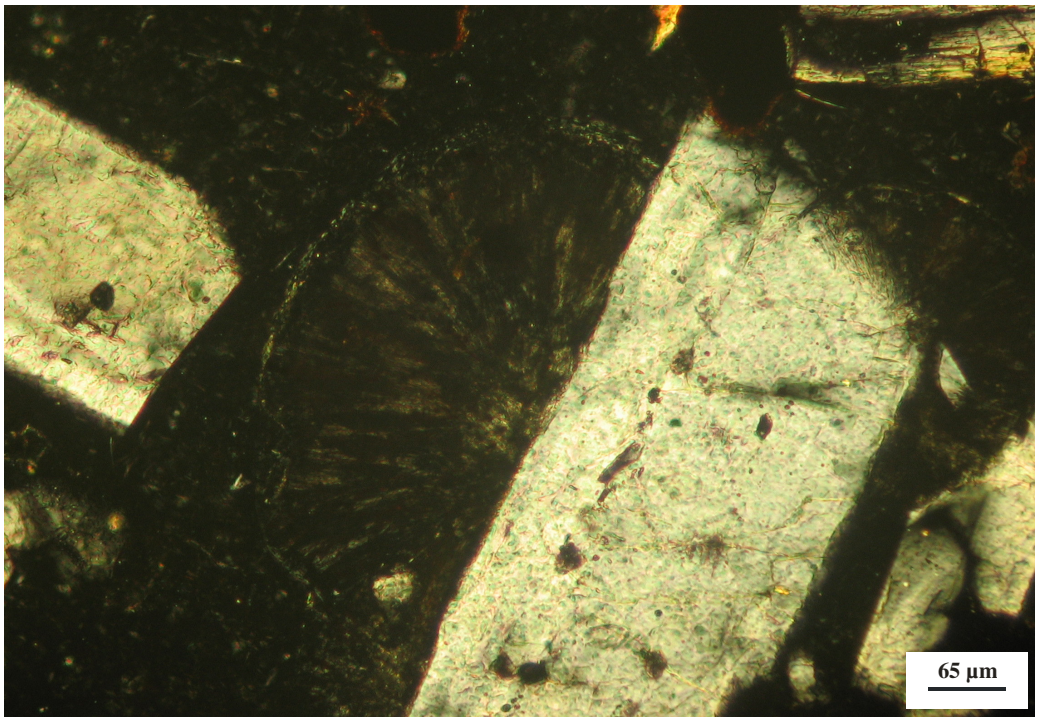
Amfiboller özşekillidir (Şekil 4.52). Tipik olarak kahverenkli ve pleokroiktir. Genel olarak herhangi bir dengesizlik dokusu (reaksiyon çeperi, psödomorfizma vs.) göstermemektedir. Bu özellikleriyle amfibollerin denge şartlarında oluştuğu ve jeotermobarometre hesaplarında kullanılabileceği söylenebilir.

Ortopiroksenler özşekilli ve sekizgen kristal formuyla karakteristiktir. Bol miktarda opak mineral kapanımı içermektedir.

Hamur fazın dokusu camsıdan mikrokristaline kadar değişmektedir. Bazen volkanik camın devitrifikasyonu sonucu sferülitik doku gelişmiştir (Şekil 4.53).



Şekil 4.52: Hamzadağ dasitindeki özşekilli amfiboller (KA-127, 100X, Ç.N.).

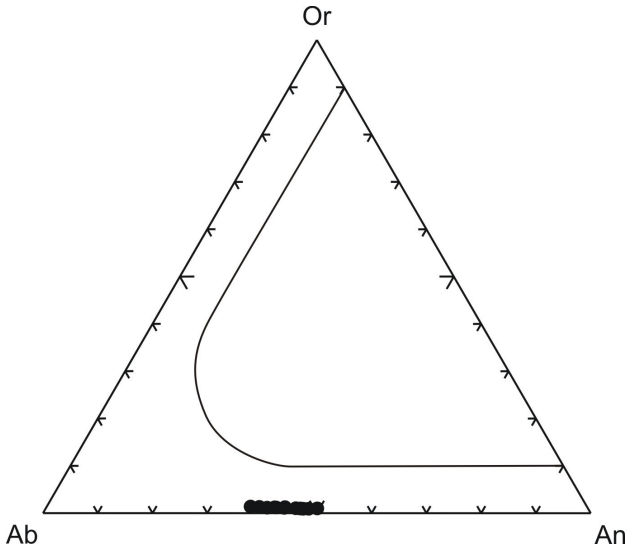


Şekil 4.53. Hamzadağ dasitindeki hamurda gelişmiş sferülitik doku (KA-126, 100X, Ç.N.).

4.2.6.2. Mineral kimyası

4.2.6.2.1. Plajiyoklas

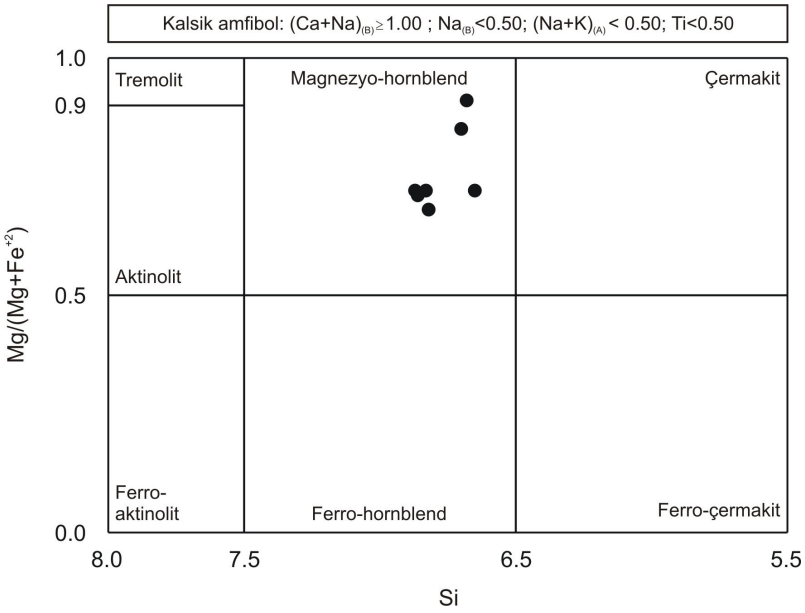
Plajiyoklas feno ve mikrofenokristalleri andezin (An_{37-49}) bileşimindedir (Şekil 4.54; Çizelge 4.22). Fenokristallerde hem normal (merkez: An_{47}, kenar: An_{43}) hem de ters zonlanma görülmektedir. Halkalı, ters zonlanma gösteren bir plajiyoklas feokristalinin merkez kısmı An_{39}, kenar kısmı ise An_{42} bileşimindedir. Bu fenokristalin birbirini takip eden zonları arasındaki % An değişimi en fazla % 12'ye kadar çıkmaktadır.



Şekil 4.54. Hamzadağ dasitindeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması.

4.2.6.2.2. Amfibol

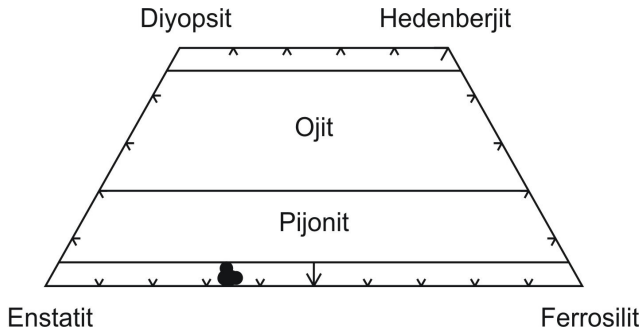
Amfiboller magnezyo-hornblend bileşimindedir (Şekil 4.55; Çizelge 4.23). $Mg^{\#}$ değerleri 0.68-0.72, Ti içerikleri 0.12-0.18 arasında değişmektedir. Bazı fenokristallerin kenarlarının ($Mg^{\#}$= 0.71) Mg içeriği merkeze ($Mg^{\#}$= 0.68) göre daha yüksektir. Fenokristaller ile mikrofenokristaller arasında önemli bir bileşimsel fark gözlenmemektedir.



Şekil 4.55. Hamzadağ dasitindeki amfibollerin Leake ve ark.'na (2004) göre sınıflaması.

4.2.6.2.3. Piroksen

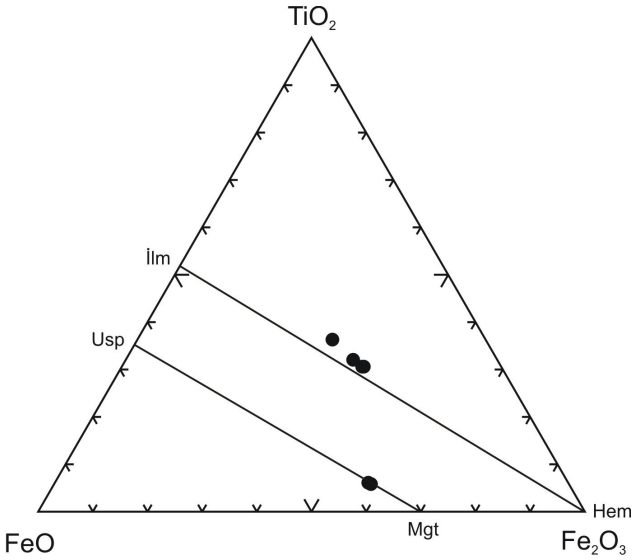
Ortopiroksenler Morimoto ve ark.'na (1988) göre enstatitdir (Şekil 4.56; Çizelge 4.24). Enstatitlerin bileşimi $Wo_{1-2}En_{66-64}Fs_{32-34}$ ve $Mg^{\#}$ = 0.66-0.68'dir. Genellikle homojen bileşim göstermektedirler.



Şekil 4.56. Hamzadağ dasitindeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması.

4.2.6.2.4. Fe-Ti oksit

Fe-Ti oksitler manyetit ve ilmenittir (Şekil 4.57; Çizelge 4.25). Manyetitlerin TiO_2 içerikleri % 5-6, Al_2O_3 % 1.7-2, MgO % 1.5-1.6 ve MnO % 0.4-0.5 arasındadır. İlmenitlerin TiO_2 içerikleri % 29-34, MgO % 1.3-2.5 ve MnO % 0.20-0.45 arasındadır.



Şekil 4.57. Hamzadağ dasitindeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

4.2.6.3. Jeotermometre ve jeobarometre

Hamzadağ dasitleri üzerinde yapılan jeotermobarometre hesapları "hornblend-plajiyoklas" termometresi (Holland ve Blundy,1994), "hornblend" barometresi (Johnson ve Rutherford, 1989) ve "Fe-Ti oksit" termobarometresine (Andersen ve Lindsley, 1985) dayanmaktadır.

Hornblend-plajiyoklas termometresi 766-814 ^{o}C arasında değişen sıcaklık değerleri vermektedir.

Hornblend barometresine göre yapılan hesaplamalar sonucu P ($\pm$ 0.5)= 1.37-2.97 kbar arasında değişen basınçlar bulunmuştur.

İki adet Manyetit-ilmenit çifti üzerinde yapılan termometre hesaplamalarında 847-869 ^{o}C sıcaklık ve (-10.77)-(-11.25) fO_2 değerleri bulunmuştur (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.22. Hamzadağ dasitindeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno (halkalı zonlu)						mikro	feno		mikro
KA-126	16-M	16-O1	16-O2	16-O3	16-O4	16-K	18	22-M	22-K	28
SiO_2	59.42	56.73	59.73	56.36	58.93	58.35	58.35	56.97	57.99	57.24
TiO_2	0.00	0.07	0.03	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.05	0.03
Al_2O_3	25.76	27.62	25.55	27.77	26.11	26.31	26.50	27.24	26.41	27.12
FeO*	0.24	0.23	0.24	0.34	0.32	0.29	0.34	0.35	0.28	0.32
MnO	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
MgO	0.02	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
CaO	7.99	9.78	7.60	10.16	8.22	8.52	8.62	9.69	8.84	9.57
Na_2O	6.83	5.75	6.97	5.62	6.62	6.47	6.48	5.94	6.24	6.00
K_2O	0.23	0.16	0.24	0.17	0.20	0.21	0.21	0.16	0.19	0.17
Cr_2O_3	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.02	0.00
Toplam	100.51	100.36	100.39	100.44	100.47	100.19	100.54	100.42	100.05	100.48
32 oksijene göre formül										
Si	10.57	10.15	10.62	10.10	10.49	10.43	10.40	10.20	10.39	10.23
Ti	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Al	5.40	5.83	5.35	5.86	5.48	5.54	5.57	5.75	5.57	5.72
Fe^{2+}	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca	1.52	1.88	1.45	1.95	1.57	1.63	1.65	1.86	1.70	1.83
Na	2.35	2.00	2.40	1.95	2.29	2.24	2.24	2.06	2.17	2.08
K	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	19.94	19.94	19.93	19.96	19.93	19.94	19.96	19.97	19.92	19.96
An	38.76	48.00	37.07	49.47	40.21	41.60	41.85	46.97	43.44	46.38
Ab	59.89	51.06	61.54	49.55	58.62	57.21	56.95	52.09	55.47	52.62
Or	1.35	0.93	1.39	0.97	1.17	1.19	1.20	0.94	1.09	0.99

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. M: merkez, K: kenar ve O1,2,.: fenokristallerin ortasındaki birbirini takip eden farklı zonları temsil etmektedir.

Çizelge 4.23. Hamzadağ dasitindeki amfibollerin mikroprob analiz sonuçları.

	Magnezyo-hornblend						
örnek	feno		mikro	feno		feno	mikro
KA-126	7-M	7-K	8	10-M	10-K	13	14
SiO_2	46.61	48.22	48.00	48.06	48.14	46.90	46.35
TiO_2	1.70	1.38	1.43	1.13	1.26	1.15	1.20
Al_2O_3	7.98	6.81	6.80	7.34	6.84	8.97	9.00
FeO	12.66	11.87	12.10	12.99	11.97	10.85	11.39
MnO	0.26	0.25	0.27	0.38	0.31	0.17	0.18
MgO	14.95	16.00	15.81	15.28	16.20	15.81	15.33
CaO	11.08	11.20	11.11	10.57	10.73	11.22	11.03
Na_2O	1.65	1.39	1.45	1.43	1.39	1.68	1.65
K_2O	0.29	0.21	0.19	0.27	0.24	0.16	0.19
Cr_2O_3	0.00	0.03	0.00	0.05	0.00	0.15	0.30
Toplam	97.18	97.36	97.16	97.50	97.08	97.06	96.62
23 oksijene göre formül							
Si	6.70	6.87	6.86	6.82	6.83	6.68	6.65
Al^{IV}	1.30	1.13	1.14	1.18	1.14	1.32	1.35
Al^{VI}	0.06	0.01	0.00	0.05	0.00	0.19	0.17
Al^{Toplam}	1.36	1.14	1.14	1.23	1.14	1.51	1.52
Ti	0.18	0.15	0.15	0.12	0.13	0.12	0.13
Cr	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.03
Fe^{+3}	0.95	0.10	0.08	0.02	0.10	0.94	0.07
Fe^{+2}	0.58	1.32	1.37	1.52	1.32	0.35	1.30
Mn	0.03	0.03	0.03	0.05	0.04	0.02	0.02
Mg	3.21	3.40	3.37	3.23	3.43	3.36	3.28
FMT	13.01	13.01	13.00	13.00	12.99	13.00	13.00
Ca	1.71	1.71	1.70	1.61	1.63	1.71	1.70
Na(B)	0.29	0.29	0.30	0.39	0.37	0.29	0.30
Na(A)	0.17	0.09	0.10	0.00	0.02	0.18	0.15
Na^{Toplam}	0.46	0.38	0.40	0.39	0.39	0.47	0.45
K(A)	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.03	0.04
Toplam A	0.22	0.13	0.14	0.05	0.06	0.21	0.19
$Mg^{\#}$	0.68	0.71	0.70	0.68	0.71	0.72	0.71

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Schumacher'e (1997) göre hesaplanmıştır. M: merkez, K: kenar.

$Mg^{\#}= Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+3})$

Çizelge 4.24. Hamzadağ dasitindeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	mikro	feno		mikro	feno		mikro	mikro	feno	
KA-126	Opx 16	Opx 17-M	Opx 17-K	Opx 18	Opx 19-M	Opx 19-K	Opx 21	Opx 22	Opx 25-M	Opx 25-K
SiO_2	52.42	53.16	53.46	53.32	53.39	52.08	53.17	53.50	52.97	53.09
TiO_2	0.10	0.14	0.11	0.08	0.10	0.20	0.11	0.12	0.10	0.11
Al_2O_3	0.39	0.77	0.71	0.46	0.51	1.87	0.76	0.74	0.85	0.74
FeO	19.90	20.73	20.33	20.34	20.61	20.09	20.94	20.32	21.52	20.80
MnO	0.83	0.66	0.70	0.82	0.75	0.76	0.80	0.77	0.76	0.86
MgO	23.56	23.46	23.92	23.85	22.87	23.46	23.36	23.88	22.93	23.39
CaO	1.90	0.95	0.94	0.81	0.79	0.82	0.92	0.86	0.86	0.83
Na_2O	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.03	0.00	0.04
K_2O	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	99.12	99.89	100.19	99.69	99.04	99.30	100.09	100.24	100.01	99.87
6 oksijene göre formül										
Si	1.96	1.97	1.97	1.98	1.99	1.94	1.97	1.97	1.97	1.97
Al^{IV}	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03
Al^{VI}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{+3}	0.08	0.03	0.03	0.03	0.00	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
Fe^{+2}	0.54	0.62	0.60	0.60	0.64	0.58	0.62	0.60	0.64	0.61
Mn	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
Mg	1.32	1.30	1.32	1.32	1.27	1.30	1.29	1.31	1.27	1.30
Ca	0.08	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	4.02	4.01	4.01	4.01	3.99	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01
$Mg^{\#}$	0.68	0.67	0.68	0.68	0.66	0.68	0.67	0.68	0.66	0.67
Wo	3.73	1.88	1.86	1.60	1.60	1.65	1.82	1.70	1.71	1.65
En	64.57	64.95	65.77	65.74	64.52	65.71	64.55	65.77	63.66	64.78
Fs	31.69	33.17	32.37	32.65	33.88	32.65	33.63	32.53	34.63	33.57

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir. M: merkez, K: kenar.

$Mg^{\#} = Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+3})$

Çizelge 4.25. Hamzadağ dasitindeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	manyetit		ilmenit			
KA-126	Ox-12	Ox-16	Ox-10	Ox-13	Ox-14	Ox-15
SiO_2	0.06	0.02	0.05	0.02	0.00	0.00
TiO_2	5.49	5.76	34.05	30.69	29.47	29.53
Al_2O_3	1.73	2.00	0.26	0.31	0.33	0.32
Fe_2O_3	54.55	54.09	33.45	39.80	42.38	42.72
FeO	34.09	34.51	26.29	25.25	24.50	24.27
MnO	0.52	0.44	0.45	0.28	0.23	0.20
MgO	1.60	1.57	2.50	1.44	1.30	1.47
CaO	0.01	0.00	0.01	0.04	0.01	0.03
Cr_2O_3	0.21	0.17	0.05	0.06	0.04	0.08
V_2O_5	0.58	0.56	0.34	0.34	0.35	0.36
Toplam	98.85	99.12	97.44	98.24	98.61	98.98
Manyetitler için 4 ve ilmenitler için 3 oksijene göre formül						
Si	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.16	0.16	0.66	0.60	0.57	0.57
Al	0.08	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe^{+3}	1.56	1.54	0.65	0.78	0.82	0.83
Fe^{+2}	1.08	1.09	0.57	0.55	0.53	0.52
Mn	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Mg	0.09	0.09	0.10	0.06	0.05	0.06
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
V	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Toplam	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir.

Çizelge 4.26. Manyetit ve ilmenit çiftleri için hesaplanan sıcaklık ve fO_2 değerleri (Xusp ve Xilm değerleri Lindsley ve Spencer'e, 1982 göredir).

	Manyetit	İlmenit	Manyetit	İlmenit
SiO_2	0.06	0.05	0.02	0.02
TiO_2	5.49	34.05	5.76	30.69
Al_2O_3	1.73	0.26	2.00	0.31
Fe_2O_3	55.50	34.00	55.00	40.40
FeO	33.20	25.80	33.70	24.70
MnO	0.52	0.45	0.44	0.28
MgO	1.60	2.50	1.57	1.44
CaO	0.01	0.01	0.00	0.04
Cr_2O_3	0.21	0.05	0.17	0.06
V_2O_5	0.58	0.34	0.56	0.34
Toplam	98.91	97.50	99.22	98.28
Xusp (%)	16.30		17.04	
Xilm (%)		66.44		60.27
T (^oC)	847		869	
fO_2	-11.25		-10.77	

4.2.7. Karadağ Andeziti

4.2.7.1. Petrografi

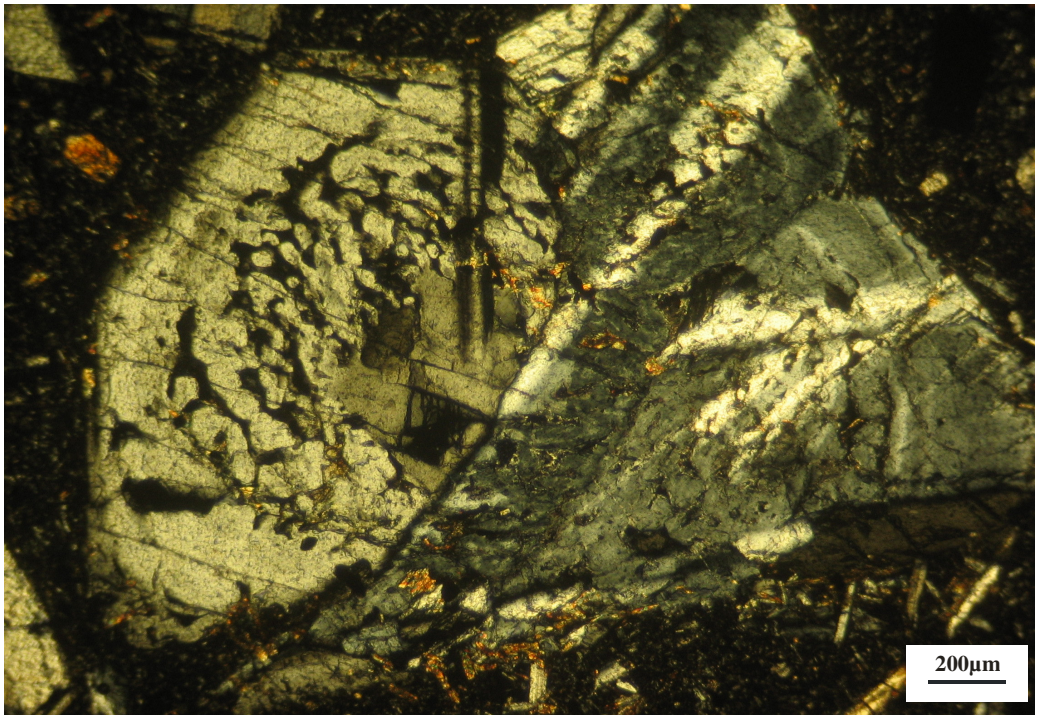
Karadağ andeziti hipokristalin porfirikten vitrofirik porfiriğe kadar değişen dokudadır. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, ortopiroksen, klinopiroksen ve opak mineraller oluşturmaktadır. Bazı örneklerde bol miktarda plajiyoklas megakristalleri gözlenmektedir. Tali olarak apatit bulunabilmektedir. Kayaçta modal olarak; plajiyoklas (% 34.5±3.0), ortopiroksen (% 9.1±1.8), klinopiroksen (% 5.1±1.4), opak mineral (% 1.3±0.7) ve hamur (% 50.0±3.2) bulunmaktadır.

Plajiyoklas feno ve mikrofenokristalleri ikizli ve halkalı zonlu kristaller olarak gözlenirler. Bazı mega ve fenokristaller tipik olarak süngerimsi görünüme sahiptir (Şekil 4.58). Plajiyoklaslar piroksen ve apatit kapanımları içermektedirler.

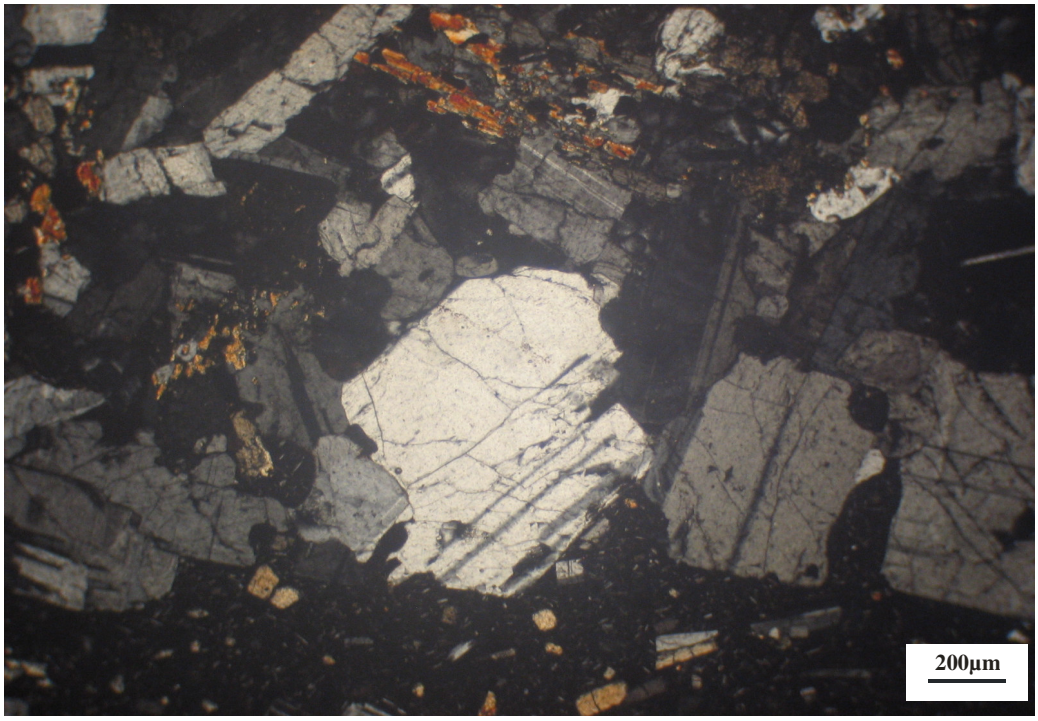
Orto/klinopiroksenler özşekilli, uzun ve sekizgen kısa prizmatik kristaller olarak gözlenirler. Bazen basit ikizlenme göstermektedirler. Bazı örneklerde (KA-289) ileri derecede okside oldukları görülmektedir. Ortopiroksenler hafif kahverengi ve zayıf pleokroizmasıyla klinopiroksenlerden ayrılmaktadır.

Hamur dokusu oldukça değişkendir. Plajiyoklas mikrolitleri ve volkanik cam ilişkisine bağlı olarak, hyalopilitik, hyalo-ofitik, pilotaksitik ve bazen trakitik doku gözlenmektedir.

Kayaçta yer yer anklav yer almaktadır. Anklavlar plajiyoklas, orto/klinopiroksen ve opak mineralden oluşmaktadır. Bunlar tipik olarak orta taneli (> 1mm) ve granüler (tanesel) dokuludur (Şekil 4.59).



Şekil 4.58. Karadağ andezitindeki süngerimsi görünümlü plajiyoklas (KA-288, 32X, Ç.N.).



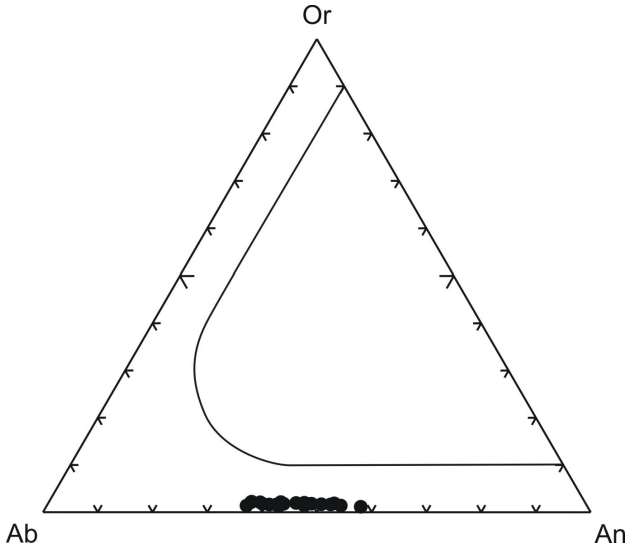
Şekil 4.59. Karadağ andezitindeki plajiyoklas ve orto/klinopiroksenden oluşan anklav (KA-287, 32X, Ç.N.).

4.2.7.2. Mineral kimyası

4.2.7.2.1. Plajiyoklas

Plajiyoklas feno ve mikrofenokristallerinin bileşimi andezinden (An_{36}) labradora (An_{53}) kadar değişmektedir (Şekil 4.60; Çizelge 4.27). Fenokristallerde normal (merkez: An_{52}, kenar: An_{45}) ve ters (merkez: An_{36}, kenar: An_{53}) zonlanmalar oldukça yaygındır.

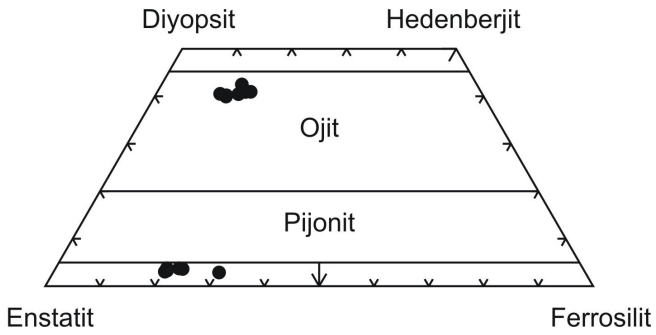
Mikrolitler, feno ve mikrofenokristallere göre An'ce daha zengindir ve bileşimleri andezinden (An_{47}) labradora (An_{57}) kadar değişir.



Şekil 4.60. Karadağ andezitindeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması.

4.2.7.2.2. Piroksen

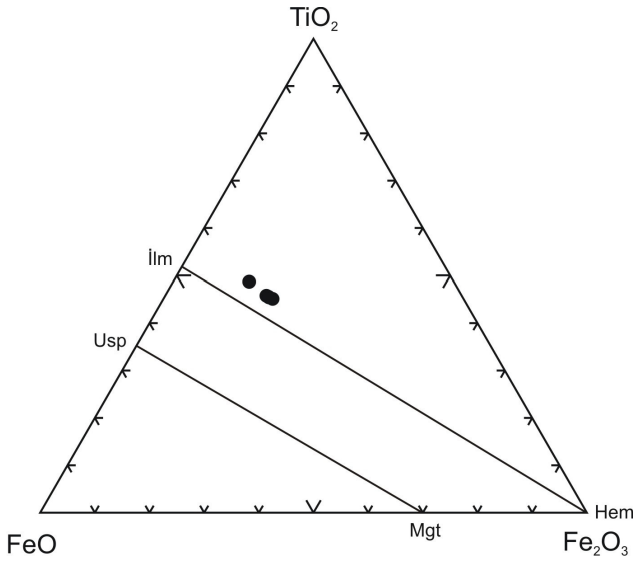
Piroksenler ojit ve enstatit bileşimindedir (Şekil 4.61; Çizelge 4.28). Bazı piroksen fenokristallerinin merkezleri enstatit bileşiminde iken, bunların kenarları ojit bileşimini vermektedir. Ojitler $Wo_{41-42}En_{42-47}Fs_{17-11}$ bileşiminde ve $Mg^{\#}$ değerleri 0.72-0.81 arasındadır. Ojitler genel olarak homojen bileşime sahipitir. Enstatitler $Wo_{3-4}En_{67-76}Fs_{30-20}$ bileşimdedir ve $Mg^{\#}$ değerleri 0.69-0.80 arasında değişmektedir. Bazı enstatit fenokristalleri normal zonlanma göstermektedir. Bunların merkezinin $Mg^{\#}$ değeri 0.77, kenarının ise 0.69'dur.



Şekil 4.61. Karadağ andezitindeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması.

4.2.7.2.3. Fe-Ti oksit

Karadağ andezitindeki Fe-Ti oksitler ilmenit bileşimindedir (Şekil 4.62; Çizelge 4.29). Bunların TiO_2 içerikleri % 43-46, MgO içerikleri % 3-3.5 arasındadır.



Şekil 4.62. Karadağ andezitindeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

4.2.7.3. Jeotermometre ve jeobarometre

Karadağ andeziti üzerinde yapılan jeotermobarometre hesapları "klinopiroksen-eriyik" termobarometresine dayanmaktadır (Putirka ve ark., 2003). Buna göre 1072-1132 ^{o}C sıcaklık ve 1.6-4.6 kbar basınç değerleri bulunmuştur.

Çizelge 4.27. Karadağ andezitindeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno		feno		feno		mkrlt	mikro	mkrlt
KA-287	15-M	15-K	16-M	16-K	17-M	17-K	18	19	23
SiO_2	55.43	57.37	59.55	57.17	58.08	56.10	54.14	58.52	57.00
TiO_2	0.06	0.05	0.00	0.02	0.00	0.08	0.06	0.00	0.06
Al_2O_3	27.96	26.89	25.60	27.29	25.97	27.19	28.91	25.87	27.03
FeO*	0.49	0.51	0.11	0.29	0.19	0.74	0.48	0.35	0.48
MnO	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.07	0.05	0.01	0.02	0.01	0.05	0.04	0.04	0.06
CaO	10.59	9.28	7.49	9.55	8.28	10.24	11.74	8.69	9.56
Na_2O	5.19	6.03	7.07	5.81	6.55	5.51	4.70	6.34	5.85
K_2O	0.32	0.34	0.24	0.24	0.28	0.29	0.20	0.37	0.35
Cr_2O_3	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Toplam	100.09	100.54	100.08	100.40	99.38	100.19	100.27	100.21	100.40
32 oksijene göre formül									
Si	10.00	10.26	10.62	10.23	10.46	10.11	9.78	10.47	10.22
Ti	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
Al	5.94	5.67	5.38	5.75	5.51	5.77	6.15	5.46	5.71
Fe^{+2}	0.07	0.08	0.02	0.04	0.03	0.11	0.07	0.05	0.07
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
Ca	2.04	1.78	1.43	1.83	1.60	1.98	2.27	1.67	1.84
Na	1.81	2.09	2.44	2.02	2.29	1.92	1.65	2.20	2.03
K	0.07	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.05	0.09	0.08
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	19.97	19.98	19.94	19.93	19.96	19.99	19.98	19.94	19.98
An	52.01	45.07	36.41	46.92	40.46	49.84	57.31	42.18	46.49
Ab	46.14	52.98	62.18	51.68	57.93	48.49	41.53	55.66	51.48
Or	1.84	1.94	1.41	1.40	1.62	1.67	1.16	2.16	2.03

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. M: merkez, K: kenar.

Çizelge 4.28. Karadağ andezitindeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	mikro	mikro	feno		feno		feno		feno	
KA287	Opx 14	Cpx 15	Opx 16-M	Cpx 16-K	Cpx 18-M	Cpx 18-K	Cpx 19-M	Cpx 19-K	Opx 21-M	Opx 21-K
SiO_2	52.38	50.94	54.22	51.03	50.02	51.15	51.63	51.04	52.63	52.77
TiO_2	0.44	0.83	0.28	0.64	0.93	0.72	0.63	0.75	0.39	0.29
Al_2O_3	4.02	2.70	2.02	2.57	5.23	3.79	2.29	2.36	3.03	1.09
FeO	13.06	9.71	13.29	10.32	7.68	7.03	9.14	8.93	14.34	19.34
MnO	0.27	0.25	0.32	0.28	0.19	0.20	0.24	0.27	0.32	0.46
MgO	27.93	14.96	28.84	14.70	15.98	16.66	15.57	15.12	26.95	24.53
CaO	1.92	19.79	1.60	19.92	18.88	19.64	19.69	20.85	1.91	1.48
Na_2O	0.04	0.41	0.05	0.45	0.54	0.49	0.56	0.38	0.05	0.04
K_2O	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00
Cr_2O_3	0.08	0.05	0.05	0.04	0.12	0.11	0.02	0.00	0.07	0.00
Toplam	100.14	99.65	100.67	99.95	99.60	99.78	99.78	99.71	99.68	100.01
6 oksijene göre formül										
Si	1.88	1.91	1.93	1.91	1.85	1.89	1.92	1.91	1.90	1.95
Al^{IV}	0.12	0.09	0.07	0.09	0.15	0.11	0.08	0.09	0.10	0.05
Al^{VI}	0.05	0.03	0.01	0.02	0.08	0.05	0.02	0.01	0.03	0.00
Ti	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
Fe^{+3}	0.08	0.07	0.07	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.06	0.07
Fe^{+2}	0.31	0.23	0.33	0.23	0.16	0.14	0.20	0.19	0.37	0.52
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	1.49	0.84	1.53	0.82	0.88	0.92	0.87	0.84	1.45	1.35
Ca	0.07	0.79	0.06	0.80	0.75	0.78	0.79	0.84	0.07	0.06
Na	0.00	0.03	0.00	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	4.02	4.02	4.02	4.03	4.02	4.02	4.03	4.03	4.02	4.02
$Mg^{\#}$	0.79	0.73	0.80	0.72	0.79	0.81	0.75	0.75	0.77	0.69
Wo	3.76	40.94	3.06	40.99	39.98	40.55	40.49	42.53	3.77	2.91
En	76.02	43.06	76.73	42.11	47.09	47.87	44.55	42.92	73.83	66.95
Fs	20.22	16.00	20.21	16.90	12.93	11.58	14.96	14.55	22.41	30.14

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir. M: merkez, K: kenar.

$Mg^{\#} = Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+3})$

Çizelge 4.29. Karadağ andezitindeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	İlmenit				
KA-287	Ox-11	Ox-12	Ox-13	Ox-14	Ox-15
SiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TiO_2	43.60	43.26	43.52	46.04	43.45
Al_2O_3	0.24	0.27	0.26	0.24	0.27
Fe_2O_3	18.38	19.16	17.59	13.14	18.14
FeO	34.02	33.50	34.00	35.39	33.82
MnO	0.40	0.41	0.40	0.47	0.42
MgO	3.05	3.11	3.03	3.46	3.12
CaO	0.02	0.01	0.07	0.02	0.00
Cr_2O_3	0.09	0.06	0.07	0.09	0.07
V_2O_5	0.42	0.36	0.47	0.41	0.46
Toplam	100.22	100.16	99.42	99.26	99.74
3 oksijene göre formül					
Si	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.81	0.81	0.82	0.86	0.81
Al	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe^{+3}	0.34	0.36	0.33	0.25	0.34
Fe^{+2}	0.71	0.70	0.71	0.74	0.70
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	0.11	0.12	0.11	0.13	0.12
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Toplam	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir.

4.2.8. Hacıreşit Lavları

4.2.8.1. Alkali bazalt

4.2.8.1.1. Petrografi

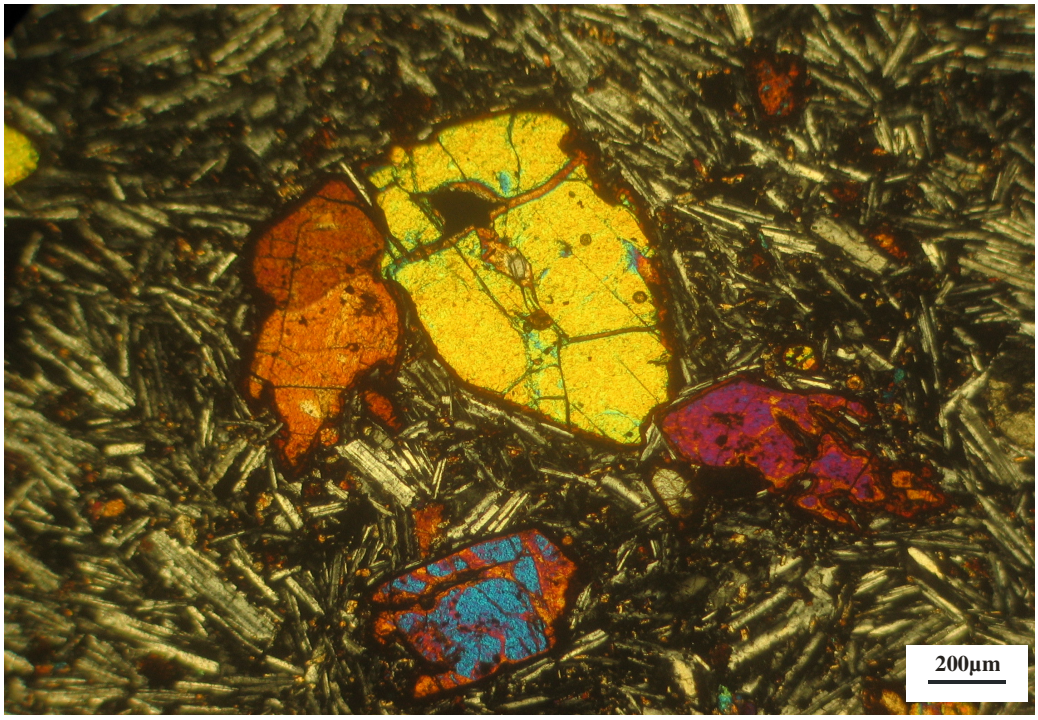
Alkali bazaltlar holokristalin porfirik dokuludur. Fakat bazı dayk örneklerinde hipokristalin porfirik doku gözlenebilmektedir. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri olivin, klinopiroksen, plajiyoklas ve opak mineraller oluşturmaktadır. Kayaçta modal olarak; plajiyoklas (% 69.6±2.9), klinopiroksen (% 13.8±2.2), olivin (% 10.5±1.9) ve opak mineral (% 6.1±1.5) bulunmaktadır.

Plajiyoklas mikrofenokristalleri özşekilli-yarıözşekilli, albit ikizli latalar şeklindedir. Az oranda fenokristal olarak gözlenen plajiyoklasların bazıları zonlanma göstermektedirler.

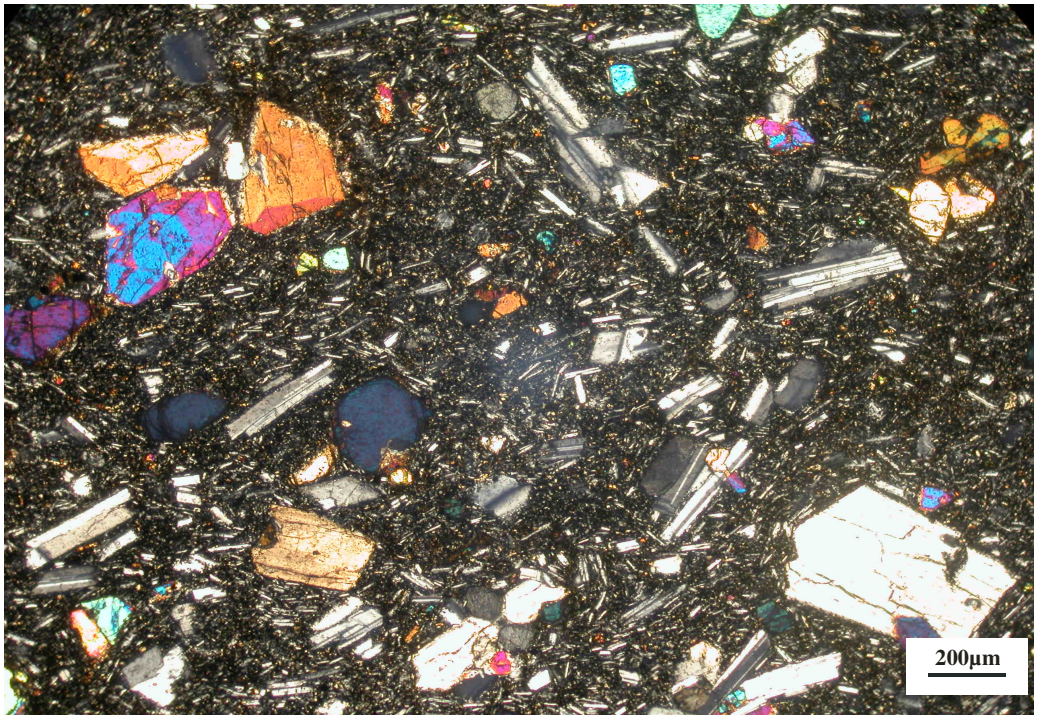
Olivin feno ve mikrofenokristalleri yaygın olarak iskeletsi kristaller olarak gözlenirler. Düzensiz çatlaklarıyla tipiktir. Opak mineral kapanımları içermektedir. Çoğunlukla kristal kenarları ve çatlakları boyunca iddingsitleşmişlerdir (Şekil 4.63). Bazen tümüyle iddingsittleşmiş psödomorf kristaller olarak bulunurlar. Bazı örneklerdeki (KA-63) olivinlerde hem iddingsit hem de bovlinjit oluşumları gözlenmektedir. Olivinler alterasyona karşı en hassas minerallerden biridir. Olivinlerde, oksidasyonun durumuna göre hem iddingsit hem de bovlinjit oluşumları gözlenebilir. Kimyasal olarak, bu alterasyonların oluşumu Fe^{3+} ve suyun ilavesini, Mg, Fe^{2+} ve Si'nin kaybını kapsamaktadır (Deer ve ark., 1989; Shelley, 1993).

Klinopiroksen feno ve mikrofenokristalleri özşekilliden özşekilsize kadar değişmektedir. Bazen ikizli ve zonlu kristaller olarak gözlenmektedirler (Şekil 4.64). Opak mineral ve plajiyoklas kapanımları içermektedirler. Bazı klinopiroksenlerde karbonatlaşma gözlenebilmektedir. Hamurda ise plajiyoklasların arasında eşboyutlu mikrotaneler olarak bulunmaktadırlar.

Hamur intergranüler dokuludur. Bazı örneklerde (KA-63) amigdaloidal doku gözlenmektedir. Bu örneklerde kayaç gözenek ve çatlakları kalsit, klorit ve tridimit gibi düşük sıcaklık mineralleri ile doldurulmuştur.



Şekil 4.63. Alkali bazaltlardaki kenarından itibaren iddingsitleşme gösteren olivinler (KA-345, 32X, Ç.N.).



Şekil 4.64. Alkali bazaltlardaki zonlanma gösteren klinopiroksenler (KA-154, 32X, Ç.N.)

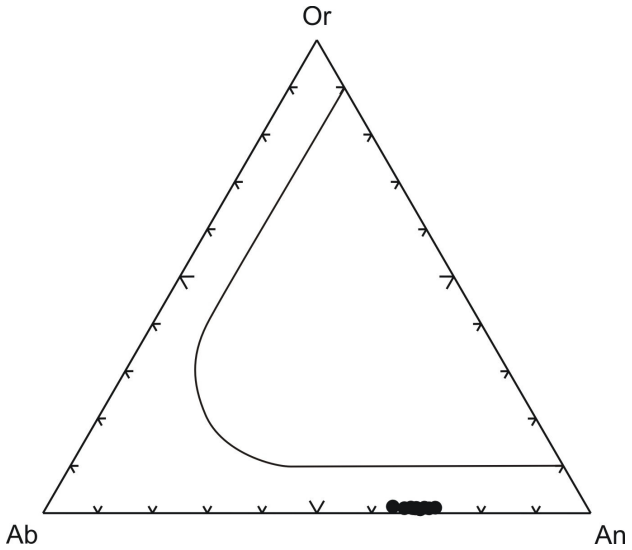
4.2.8.1.2. Mineral kimyası

4.2.8.1.2.1. Olivin

Olivin feno ve mikrofenokristalerinin bileşimi Fo_{89}'dan Fo_{76}'ya kadar değişmektedir (Çizelge 4.30). Fenokristallerin Fo içeriği mikrofenokristallerden yüksektir. Genel olarak olivin fenokristallerinde normal zonlanma gözlenmektedir (merkez: Fo_{81-88}, kenar: Fo_{75-83}).

4.2.8.1.2.2. Plajiyoklas

Plajiyoklas feno ve mikrofenokristallerinin bileşimi labradordan (An_{63}) bitovnite (An_{71}) kadar değişmektedir (Şekil 4.65; Çizelge 4.31). Feno ve mikrofenokristaller hemen hemen birbirine yakın An içeriğine sahip ve labrador bileşimindedir. Fakat piroksen içinde kapanım olarak gözlenen bir plajiyoklasın türü bitovnittir.

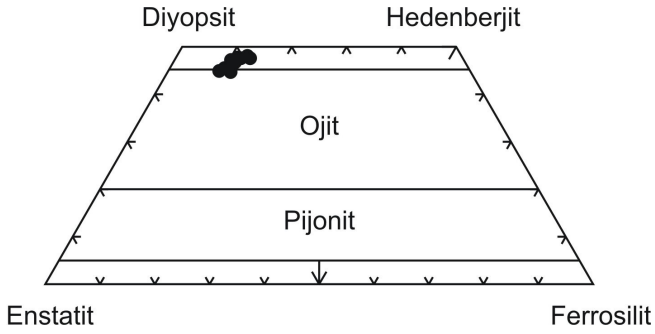


Şekil 4.65. Alkali bazaltlardaki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması.

4.2.8.1.2.3. Piroksen

Klinopiroksenler Morimoto ve ark.'na (1988) göre diyopsittir (Şekil 4.66; Çizelge 4.32). Diyopsitlerin bileşimi $Wo_{45-48}En_{39-46}Fs_{9-13}$ ve $Mg^{\#}$ = 0.75-0.84'dür. Diyopsitlerin yüksek TiO_2 (% 1-2.5) ve Al_2O_3 içerikleri (% 4-7) içinde bulundukları

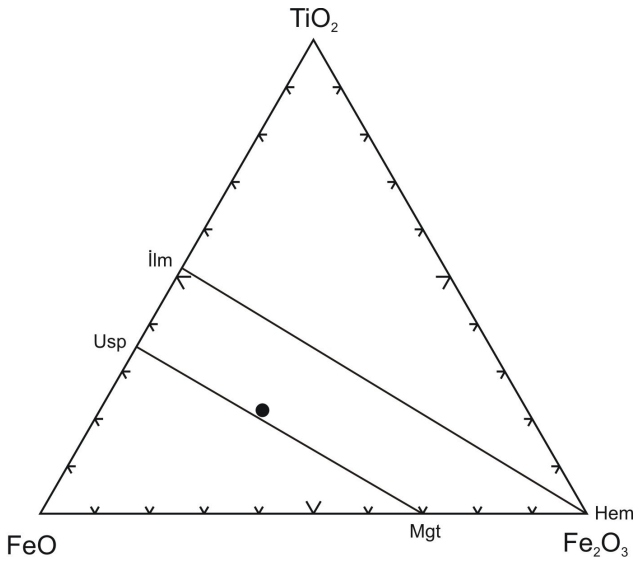
kayacın alkali doğasını yansıtmaktadır (Kushiro, 1960; Le Bas, 1962; Verhoogen, 1962).



Şekil 4.66. Alkali bazaltlardaki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması.

4.2.8.1.2.4. Fe-Ti oksit

Fe-Ti oksitler spinel ve manyetittir. Spinellerin Al_2O_3 içerikleri % 28-35, MgO içerikleri % 10-15, Cr_2O_3 içerikleri % 27-29 arasında değişmektedir. Manyetitler yüksek TiO_2 (% 20) içeriğine sahiptir (Şekil 4.67; Çizelge 4.33).



Şekil 4.67. Alkali bazaltlardaki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

Çizelge 4.30. Alkali bazaltlardaki olivinlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno		mikro	mikro	feno		feno		mikro	mikro
KA-154	1-M	1-K	2a	2	3-M	3-K	4-M	4-K	5a	5b
SiO_2	39.67	38.33	39.32	39.23	40.79	39.77	39.81	38.90	38.98	39.64
TiO_2	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Al_2O_3	0.06	0.16	0.03	0.02	0.05	0.05	0.02	0.03	0.04	0.03
FeO*	13.30	20.51	17.54	17.46	10.77	15.52	17.25	21.77	20.12	16.62
MnO	0.21	0.49	0.30	0.30	0.16	0.29	0.28	0.42	0.39	0.29
MgO	46.43	39.92	42.79	42.39	48.37	44.44	43.15	39.31	40.60	43.28
CaO	0.22	0.28	0.25	0.27	0.22	0.19	0.26	0.28	0.26	0.24
Na_2O	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
K_2O	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
Cr_2O_3	0.01	0.06	0.02	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.05
NiO	0.12	0.06	0.07	0.07	0.24	0.13	0.08	0.04	0.05	0.08
Toplam	100.0	99.89	100.35	99.78	100.66	100.44	100.88	100.77	100.46	100.26
4 oksijene göre formül										
Si	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{+2}	0.28	0.44	0.37	0.37	0.22	0.33	0.36	0.47	0.43	0.35
Mn	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	1.73	1.54	1.62	1.61	1.77	1.66	1.62	1.51	1.55	1.63
Ca	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	3.01	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
$Mg^{\#}$	0.86	0.78	0.81	0.81	0.89	0.84	0.82	0.76	0.78	0.82
Fo	85.96	77.21	81.04	80.97	88.75	83.36	81.43	75.94	77.91	82.02
Fa	13.81	22.25	18.63	18.70	11.08	16.33	18.26	23.60	21.66	17.67

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. M: merkez, K: kenar.

$Mg^{\#} = Mg/(Mg + Fe^{+2})$

Çizelge 4.31. Alkali bazaltlardaki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno		mikro	feno		mikro	kapanm	feno	feno	
KA154	2-M	2-K	3	4-M	4-K	5	6	8	9-M	9-K
SiO_2	51.82	50.57	51.56	51.29	52.32	50.94	50.33	51.68	51.65	51.12
TiO_2	0.07	0.09	0.04	0.03	0.15	0.09	0.11	0.07	0.12	0.06
Al_2O_3	30.06	30.68	29.93	30.52	29.76	30.62	30.63	30.03	30.07	30.63
FeO*	0.51	0.70	0.56	0.55	0.70	0.51	0.62	0.52	0.47	0.49
MnO	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
MgO	0.10	0.04	0.09	0.07	0.05	0.10	0.05	0.11	0.10	0.10
CaO	13.29	14.17	13.56	13.74	12.78	14.04	14.51	13.59	13.55	14.02
Na_2O	3.80	3.26	3.61	3.54	3.98	3.52	3.16	3.68	3.53	3.38
K_2O	0.18	0.17	0.18	0.19	0.24	0.14	0.20	0.21	0.17	0.20
Cr_2O_3	0.00	0.01	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Toplam	99.85	99.69	99.54	99.98	100.01	99.95	99.63	99.92	99.66	99.99
32 oksijene göre formül										
Si	9.45	9.27	9.44	9.35	9.52	9.30	9.24	9.43	9.43	9.32
Ti	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
Al	6.46	6.63	6.46	6.56	6.38	6.59	6.63	6.46	6.47	6.58
Fe^{2+}	0.08	0.11	0.08	0.08	0.11	0.08	0.10	0.08	0.07	0.07
MnO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01	0.03	0.03	0.03
Ca	2.60	2.78	2.66	2.68	2.49	2.75	2.85	2.66	2.65	2.74
Na	1.34	1.16	1.28	1.25	1.41	1.24	1.12	1.30	1.25	1.19
K	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.03	0.05	0.05	0.04	0.05
Cr	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	20.01	20.01	19.99	20.01	20.00	20.03	20.02	20.01	19.96	20.00
An	65.22	69.89	66.76	67.44	63.06	68.24	70.92	66.31	67.27	68.85
Ab	33.71	29.10	32.16	31.43	35.55	30.94	27.91	32.49	31.72	29.99
Or	1.06	1.02	1.08	1.13	1.39	0.82	1.18	1.20	1.01	1.16

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. M: merkez, K: kenar.

Çizelge 4.32. Alkali bazaltlardaki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	feno		feno			feno		feno		mikro
KA-154	Cpx 1-M	Cpx 1-K	Cpx 2-M	Cpx 2-O	Cpx 2-K	Cpx 3-M	Cpx 3-K	Cpx 5-M	Cpx 5-K	Cpx 6
SiO_2	50.36	47.99	49.99	48.03	46.65	46.24	50.17	46.47	50.88	47.97
TiO_2	1.10	1.71	1.38	1.66	2.16	2.50	1.27	2.24	0.95	1.85
Al_2O_3	4.04	6.33	4.33	6.60	7.51	7.53	3.86	7.85	3.95	6.45
FeO	6.03	6.37	6.71	6.12	6.84	7.49	6.77	6.88	5.62	6.67
MnO	0.12	0.12	0.14	0.14	0.14	0.13	0.14	0.13	0.11	0.14
MgO	15.44	14.19	15.14	14.24	13.46	13.00	15.11	13.39	15.87	14.25
CaO	21.95	22.14	21.89	22.04	21.95	22.25	21.89	21.89	21.65	22.05
Na_2O	0.41	0.48	0.39	0.46	0.50	0.54	0.38	0.47	0.39	0.47
K_2O	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00
Cr_2O_3	0.29	0.47	0.12	0.62	0.51	0.15	0.07	0.37	0.41	0.29
Toplam	99.76	99.80	100.09	99.93	99.74	99.85	99.67	99.69	99.83	100.13
6 oksijene göre formül										
Si	1.87	1.79	1.85	1.78	1.75	1.74	1.87	1.74	1.88	1.78
Al^{IV}	0.13	0.21	0.15	0.22	0.25	0.26	0.13	0.26	0.12	0.22
Al^{VI}	0.04	0.07	0.04	0.07	0.08	0.07	0.04	0.08	0.05	0.06
Ti	0.03	0.05	0.04	0.05	0.06	0.07	0.04	0.06	0.03	0.05
Fe^{+3}	0.08	0.11	0.08	0.10	0.12	0.13	0.08	0.11	0.06	0.11
Fe^{+2}	0.11	0.09	0.13	0.09	0.10	0.10	0.13	0.10	0.11	0.09
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.85	0.79	0.84	0.79	0.75	0.73	0.84	0.75	0.87	0.79
Ca	0.87	0.88	0.87	0.88	0.88	0.89	0.87	0.88	0.86	0.88
Na	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Toplam	4.03	4.03	4.03	4.03	4.04	4.04	4.03	4.03	4.02	4.04
$Mg^{\#}$	0.82	0.80	0.80	0.81	0.78	0.76	0.80	0.78	0.84	0.79
Wo	45.53	47.21	45.35	47.19	47.64	48.13	45.35	47.64	44.93	46.77
En	44.57	42.10	43.65	42.44	40.66	39.14	43.55	40.57	45.83	42.06
Fs	9.90	10.69	11.00	10.37	11.70	12.72	11.10	11.79	9.23	11.17

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir. M: merkez, K: kenar. O: orta.

$Mg^{\#} = Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+3})$

Çizelge 4.33. Alkali bazaltlardaki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	manyetit	spinel		
KA-154	Ox-1a	Ox-1b	Ox-2	Ox-4
SiO_2	0.04	0.11	0.05	0.05
TiO_2	20.30	0.82	0.96	0.57
Al_2O_3	1.23	31.05	28.56	35.00
Fe_2O_3	27.65	8.68	9.38	7.04
FeO	45.04	14.58	21.27	14.38
MnO	0.97	0.13	0.29	0.13
MgO	2.68	14.62	10.56	15.50
CaO	0.06	0.02	0.01	0.03
Cr_2O_3	0.10	27.44	29.26	27.30
V_2O_5	0.33	0.12	0.14	0.10
Toplam	98.41	97.57	100.47	100.10
4 oksijene göre formül				
Si	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.57	0.02	0.02	0.01
Al	0.05	1.10	1.03	1.19
Fe^{+3}	0.78	0.20	0.21	0.15
Fe^{+2}	1.41	0.37	0.54	0.35
Mn	0.03	0.00	0.01	0.00
Mg	0.15	0.66	0.48	0.67
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.65	0.70	0.62
V	0.01	0.00	0.00	0.00
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir.

4.2.8.2. Havayit

4.2.8.2.1. Petrografi

Havayitler, alkali bazaltlarla benzer mineralojik ve dokusal özellikler göstermektedir. Fakat fenokristal oranı alkali bazaltlara göre daha yüksektir. Ayrıca önemli fark olarak alkali bazaltlarda plajiyoklas fenokristali çok az veya hiç yokken, havayitler bol miktarda plajiyoklas fenokristali içermektedirler. Kayaçta modal olarak; plajiyoklas (% 57.8±3.1), klinopiroksen (% 23.9±2.7), olivin (% 9.4±1.8) ve opak mineral (% 8.9±1.8) bulunmaktadır.

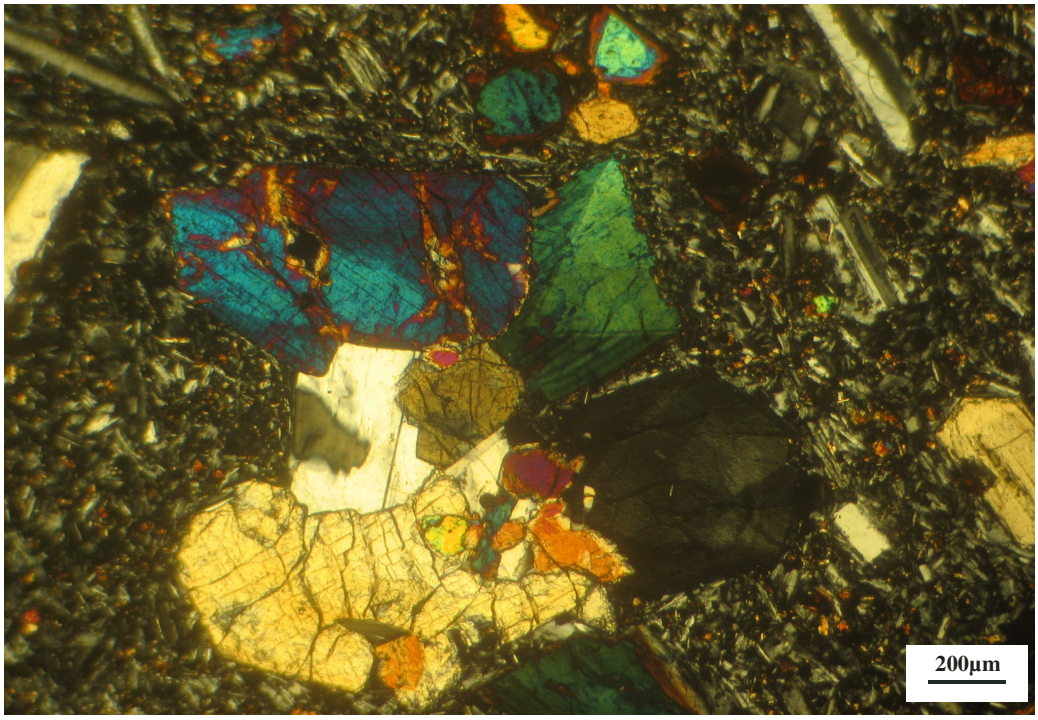
Kayaçta yer alan plajiyoklas, klinopiroksen ve bazen olivin fenokristalleri birlikte kümelenerek glomeroporfirik doku oluşturmaktadırlar (Şekil 4.68). Ayrıca bu mineraller kayaçta geniş bir tane boyu aralığında bulunduğundan seri doku (Seriate Texture, MacKenzie ve ark., 1982) oluşturmaktadırlar.

Plajiyoklas fenokristalleri özşekilli-yarı özşekilli ve albit ikizlidir. Bazen zonlu ve kenarları boyunca rezorbe olmuş kristaller olarak gözlenirler. Klinopiroksen ve bazende olivin kapanımları içermektedir.

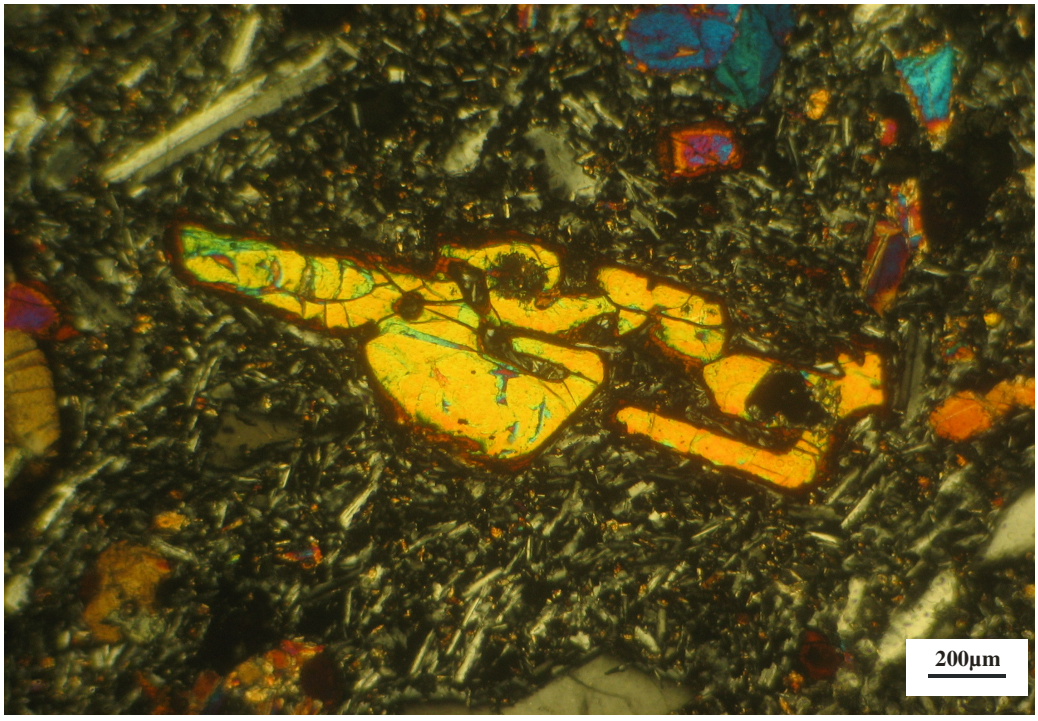
Klinopiroksenler yarıözşekilli-özşekilli ve basit ikizli kristaller olarak gözlenirler. Halkalı zonlanma ve sektör (kum saati) zonlanması yaygındır (Şekil 4.48). Bazen opak minerak kapanımları içermektedir.

Olivinler tipik iskeletsi kristaller olarak gözlenmektedirler (Şekil 4.69). Yaygın olarak kristal kenarları boyunca iddingsitleşmişlerdir. Nadiren de olsa iddingsit psödomorfuna dönüştüğü gözlenmektedir. Yaygın miktarda opak mineral kapanımları içermektedir.

Plajiyoklas, klinopiroksen ve opak mikrotanelerinden oluşan hamur intergranüler dokuludur. Bazı örneklerde kayaç gözenek ve mikroçatlaklarında ikincil klorit oluşumları gözlenmektedir.



Şekil 4.68. Havayitlerdeki glomeroporfirik doku ve sektör zonlu klinopiroksenler (KA-15, 32X, Ç.N.).



Şekil 4.69. Havayitlerdeki iddingsitleşmiş ve iskeletsel dokulu olivin (KA-15, 32X, Ç.N.).

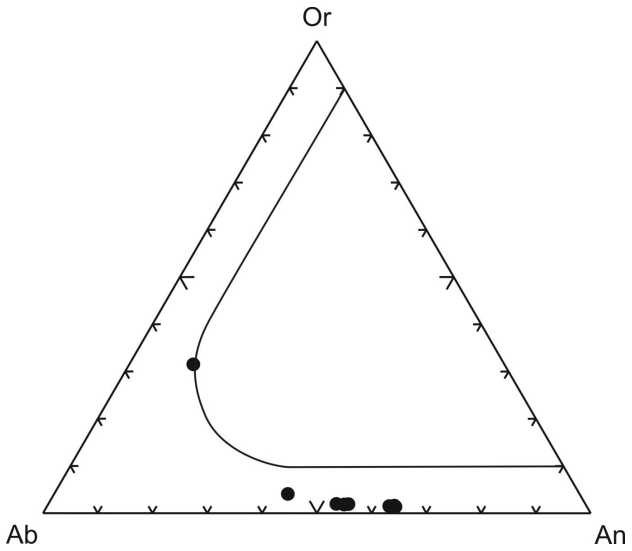
4.2.8.2.2. Mineral kimyası

4.2.8.2.2.1. Olivin

Olivin feno ve mikrofenokristalerinin bileşimi Fo_{85}'den Fo_{73}'e kadar değişmektedir (Çizelge 4.34). Olivin fenokristalleri normal zonlanma göstermektedirler. Bunların merkez kısımları Fo_{77-85}, kenarları ise Fo_{79-73} bileşimindedir. Alkali bazaltlardaki olivinlerle kıyaslandığında, havayitlerde yeralan olivinlerin Fo içerikleri daha düşüktür.

4.2.8.2.2.2. Feldispat

Feldispatlar yaygın olarak plajiyoklas nadiren de anortoklastır (Şekil 4.70; Çizelge 4.35). Plajiyoklas feno ve mikrofenokristallerinin bileşimi andezinden (An_{43}) labradora (An_{64}) kadar değişmektedir . Plajiyoklas fenokristalleri normal zonlanma (merkez: An_{62-63}, kenar: An_{52-54}) göstermektedir. Tek analiz noktasıyla temsil edilen anortoklas $An_{11}Ab_{57}Or_{32}$ bileşimindedir.

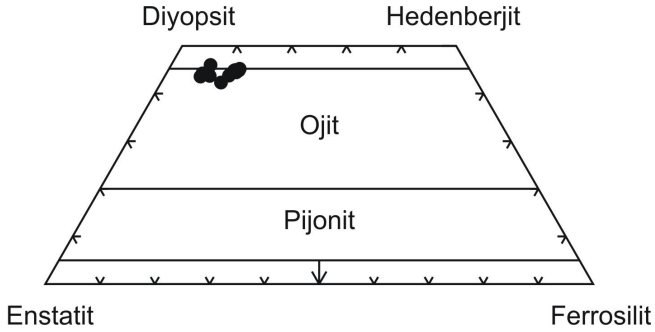


Şekil 4.70. Havayitlerdeki feldispatların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması.

4.2.8.2.2.3. Piroksen

Piroksenler diyopsit ve ojittir (Şekil 4.71; Çizelge 4.36). Diyopsitlerin bileşimi $Wo_{45-46}En_{42-47}Fs_{13-7}$ ve $Mg^{\#}$ değerleri 0.77-0.88 arasındadır. Ojitlerin bileşimi $Wo_{43-45}En_{49-43}Fs_{7-12}$ ve $Mg^{\#}$ değerleri 0.78-0.88 arasındadır. Bazı diyopsit ve

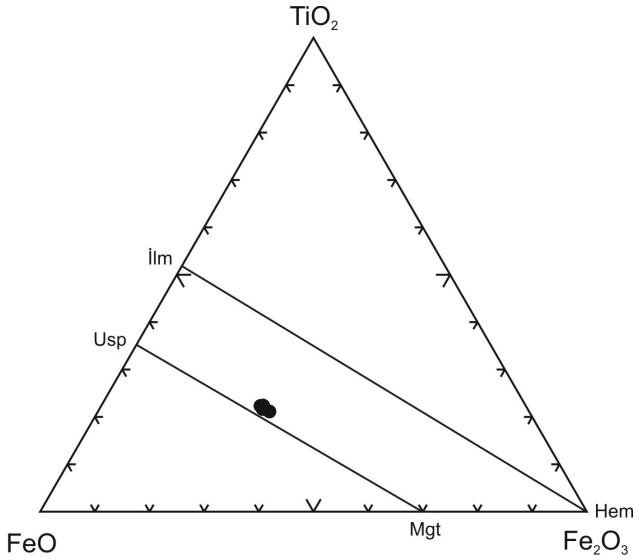
ojit fenokristallerinde normal zonlanma görülebilmektedir. Genel olarak diyopsitlerin TiO_2 (diyopsit: % 0.65-1.77, ojit: % 0.47-1.26) ve Al_2O_3 (diyopsit: % 3.14-5.47, ojit: % 2.16-4.54) içerikleri ojitlere göre daha yüksektir.



Şekil 4.71. Havayitlerdeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması.

4.2.8.2.2.4. Fe-Ti oksit

Fe-Ti oksitler başlıca manyetit nadiren spineldir (Şekil 4.72; Çizelge 4.37). Manyetitler yüksek TiO_2 (% 19-20) içeriğine sahiptirler. Bunların Al_2O_3 içerikleri % 2.38-2.58, MgO % 3.72-4.35 ve MnO % 0.63-0.76 arasındadır. Tek analiz noktasıyla temsil edilen spineller Cr-spineldir.



Şekil 4.72. Havayitlerdeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

Çizelge 4.34. Havayitlerdeki olivinlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno		feno		feno		feno		mikro	mikro
KA333	1-M	1-K	2-M	2-K	3-M	3-K	4-M	4-K	5	6
SiO_2	39.96	39.24	38.82	38.04	39.01	38.90	39.65	37.99	37.88	38.07
TiO_2	0.04	0.01	0.03	0.05	0.00	0.05	0.00	0.02	0.02	0.00
Al_2O_3	0.02	0.02	0.07	0.10	0.05	0.03	0.04	0.02	0.01	0.02
FeO*	13.84	19.38	20.83	23.48	19.53	20.98	15.76	24.14	24.29	23.86
MnO	0.23	0.39	0.43	0.58	0.39	0.46	0.28	0.58	0.59	0.59
MgO	44.99	40.70	39.37	36.76	40.48	38.88	43.75	36.56	36.68	36.77
CaO	0.20	0.21	0.23	0.26	0.20	0.26	0.18	0.29	0.24	0.29
Na_2O	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00
K_2O	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr_2O_3	0.00	0.02	0.04	0.04	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
NiO	0.18	0.15	0.09	0.07	0.14	0.08	0.17	0.07	0.07	0.08
Toplam	99.45	100.14	99.92	99.41	99.84	99.63	99.86	99.69	99.83	99.68
4 oksijene göre formül										
Si	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{+2}	0.29	0.42	0.45	0.52	0.42	0.46	0.33	0.53	0.54	0.53
Mn	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	1.69	1.55	1.52	1.45	1.55	1.50	1.65	1.44	1.44	1.44
Ca	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	3.00	2.99	2.99	2.99	3.00	2.99	3.00	3.00	3.00	3.00
$Mg^{\#}$	0.85	0.79	0.77	0.74	0.79	0.77	0.83	0.73	0.73	0.73
Fo	85.07	78.58	76.75	73.14	78.36	76.37	82.94	72.50	72.43	72.83
Fa	14.68	20.99	22.77	26.20	21.21	23.12	16.76	26.84	26.91	26.51

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. M: merkez, K: kenar.

$Mg^{\#} = Mg/(Mg + Fe^{+2})$

Çizelge 4.35. Havayitlerdeki feldispatların mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno		feno		mikro	mikro	feno	mikro	mkrlt
KA-333	50-M	50-K	51-M	51-K	52	53	54a	54b	55
SiO_2	52.26	54.60	52.36	54.88	57.76	54.64	54.69	64.21	52.21
TiO_2	0.09	0.09	0.08	0.08	0.02	0.13	0.08	0.21	0.08
Al_2O_3	29.37	28.08	29.66	28.05	26.64	28.52	28.18	20.98	29.94
FeO*	0.76	1.07	0.62	0.84	0.29	0.75	0.59	0.35	0.80
MnO	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02
MgO	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01
CaO	12.75	11.12	12.96	10.80	8.80	11.14	11.06	2.42	13.16
Na_2O	4.08	5.04	3.97	5.18	6.10	4.88	5.00	6.54	4.00
K_2O	0.26	0.32	0.28	0.34	0.71	0.33	0.32	5.52	0.24
Cr_2O_3	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	99.60	100.36	99.95	100.19	100.36	100.41	99.95	100.23	100.47
32 oksijene göre formül									
Si	9.55	9.87	9.53	9.92	10.34	9.85	9.90	11.51	9.48
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.03	0.01
Al	6.33	5.98	6.36	5.98	5.62	6.06	6.01	4.43	6.40
Fe^{+2}	0.12	0.16	0.09	0.13	0.04	0.11	0.09	0.05	0.12
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Ca	2.50	2.15	2.53	2.09	1.69	2.15	2.15	0.46	2.56
Na	1.45	1.77	1.40	1.81	2.12	1.71	1.75	2.27	1.41
K	0.06	0.07	0.06	0.08	0.16	0.08	0.07	1.26	0.06
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	20.02	20.04	20.01	20.03	19.99	19.99	20.00	20.02	20.04
An	62.35	53.93	63.29	52.51	42.53	54.69	54.01	11.59	63.63
Ab	36.12	44.20	35.08	45.55	53.36	43.39	44.14	56.85	34.98
Or	1.53	1.87	1.62	1.94	4.10	1.92	1.85	31.56	1.38

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. M: merkez, K: kenar.

Çizelge 4.36. Havayitlerdeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno		feno		mikro	mikro	feno		feno	
KA333	Cpx 27-M	Cpx 27-K	Cpx 28-M	Cpx 28-K	Cpx 29	Cpx 30	Cpx 31-M	Cpx 31-K	Cpx 33-M	Cpx 33-K
SiO_2	50.827	50.14	51.357	49.131	51.83	48.467	51.211	50.23	50.497	50.547
TiO_2	0.64	1.26	0.65	1.56	0.76	1.77	0.47	1.15	0.92	1.15
Al_2O_3	4.54	3.00	3.14	4.39	2.16	5.47	4.26	3.46	3.18	3.43
FeO	4.87	7.65	4.39	7.77	6.71	7.58	3.91	7.38	7.03	7.36
MnO	0.11	0.19	0.12	0.18	0.17	0.18	0.08	0.17	0.23	0.14
MgO	16.51	14.94	16.52	14.60	16.56	14.15	16.73	14.86	15.59	15.04
CaO	20.86	21.53	22.58	21.58	20.84	21.23	20.92	21.69	21.30	21.77
Na_2O	0.54	0.58	0.33	0.52	0.35	0.52	0.55	0.51	0.46	0.49
K_2O	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Cr_2O_3	0.65	0.00	0.50	0.10	0.08	0.14	1.30	0.13	0.28	0.21
Toplam	99.54	99.29	99.59	99.84	99.46	99.50	99.41	99.58	99.51	100.11
6 oksijene göre formül										
Si	1.87	1.88	1.89	1.84	1.92	1.81	1.88	1.88	1.88	1.88
Al^{VI}	0.13	0.12	0.11	0.16	0.08	0.19	0.12	0.12	0.12	0.12
Al^{VI}	0.07	0.01	0.03	0.03	0.02	0.06	0.06	0.03	0.02	0.03
Ti	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	0.05	0.01	0.03	0.03	0.03
Fe^{+3}	0.07	0.11	0.07	0.12	0.06	0.09	0.05	0.10	0.10	0.09
Fe^{+2}	0.08	0.12	0.06	0.12	0.14	0.14	0.07	0.13	0.11	0.14
Mn	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
Mg	0.91	0.84	0.91	0.81	0.92	0.79	0.92	0.83	0.87	0.83
Ca	0.82	0.87	0.89	0.86	0.83	0.85	0.82	0.87	0.85	0.87
Na	0.04	0.04	0.02	0.04	0.02	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.01
Toplam	4.02	4.04	4.02	4.04	4.02	4.03	4.01	4.03	4.03	4.03
$Mg^{\#}$	0.86	0.78	0.87	0.77	0.82	0.77	0.88	0.78	0.80	0.79
Wo	43.73	44.50	46.02	44.92	42.33	45.23	44.23	44.98	43.81	44.88
En	48.17	42.98	46.84	42.29	46.81	41.97	49.21	42.89	44.63	43.15
Fs	8.10	12.52	7.13	12.79	10.85	12.80	6.56	12.12	11.55	11.97

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir. M: merkez, K: kenar.

$Mg^{\#} = Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+3})$

Çizelge 4.37. Havayitlerdeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	manyetit						spinel
KA-333	Ox-29	Ox-30	Ox-31	Ox-33	Ox-34	Ox-35	Ox-36
SiO_2	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
TiO_2	19.34	20.64	20.54	20.55	20.71	20.11	9.39
Al_2O_3	2.53	2.47	2.38	2.38	2.39	2.58	5.08
Fe_2O_3	28.73	26.94	27.18	27.07	27.39	27.72	27.51
FeO	43.46	44.89	44.08	44.24	44.51	44.97	33.73
MnO	0.63	0.69	0.76	0.66	0.64	0.66	0.56
MgO	4.35	4.14	4.30	4.23	4.28	3.72	4.87
CaO	0.01	0.03	0.15	0.10	0.04	0.01	0.04
Cr_2O_3	0.90	0.08	0.07	0.12	0.11	0.08	18.89
V_2O_5	0.70	0.72	0.65	0.60	0.55	0.65	0.45
Toplam	100.66	100.59	100.13	99.97	100.60	100.49	100.53
4 oksijene göre formül							
Si	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.52	0.56	0.56	0.56	0.56	0.55	0.25
Al	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.21
Fe^{+3}	0.77	0.73	0.74	0.74	0.74	0.75	0.73
Fe^{+2}	1.30	1.35	1.33	1.34	1.34	1.36	1.00
Mn	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Mg	0.23	0.22	0.23	0.23	0.23	0.20	0.26
Ca	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53
V	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir.

4.2.8.3. Mujearit

4.2.8.3.1. Petrografi

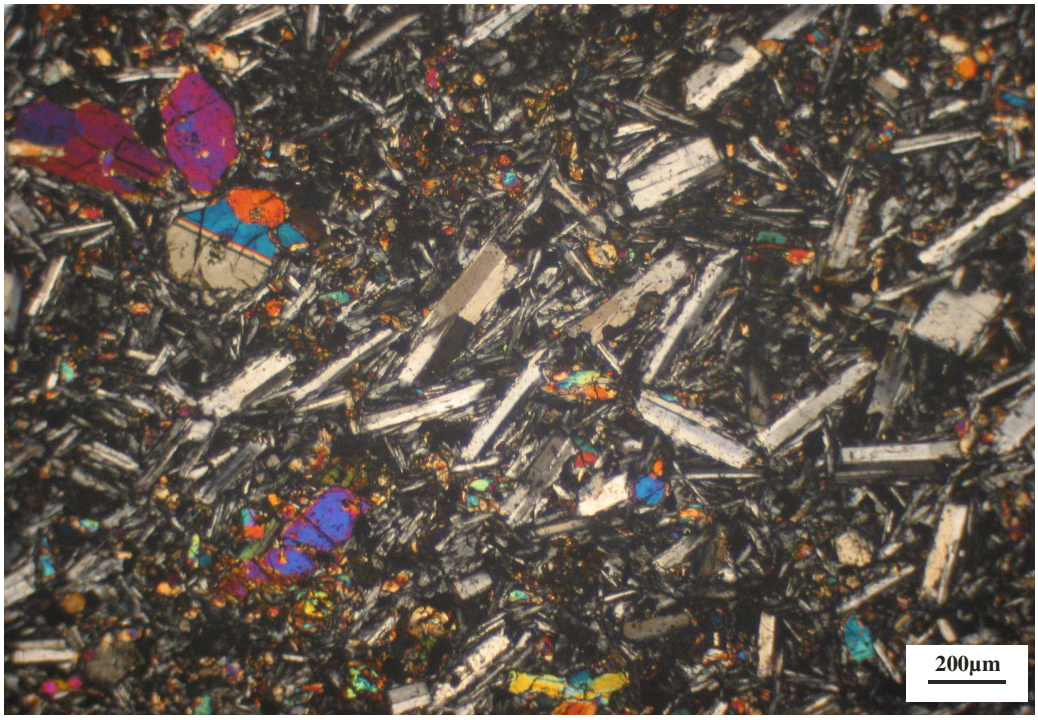
Mujearitlerin dokusu holokristalin porfirikten hipokristalin porfiriğe kadar değişmektedir. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, klinopiroksen, olivin ve opak mineraller oluşturmaktadır. Hipokristalin porfirik doku gösteren bazı örneklerde (KA-379) bol miktarda amfibol fenokristalleri gözlenmektedir. Kayaçta modal olarak; plajiyoklas (% 64.2±3.0), klinopiroksen (% 24.0±2.7), olivin (% 8.7±1.8) ve opak mineral (% 3.1±1.1) bulunmaktadır.

Olivinler yaygın olarak iskeletsel şekillidir, nadiren de özşekillidir. Olivinler kristal kenarları ve çatlakları boyunca iddingsitleşme sunarlar. Bazen bu alterasyonun ilerlemesi sonucu olivinler psödomorf kristaller olarak görülmektedir.

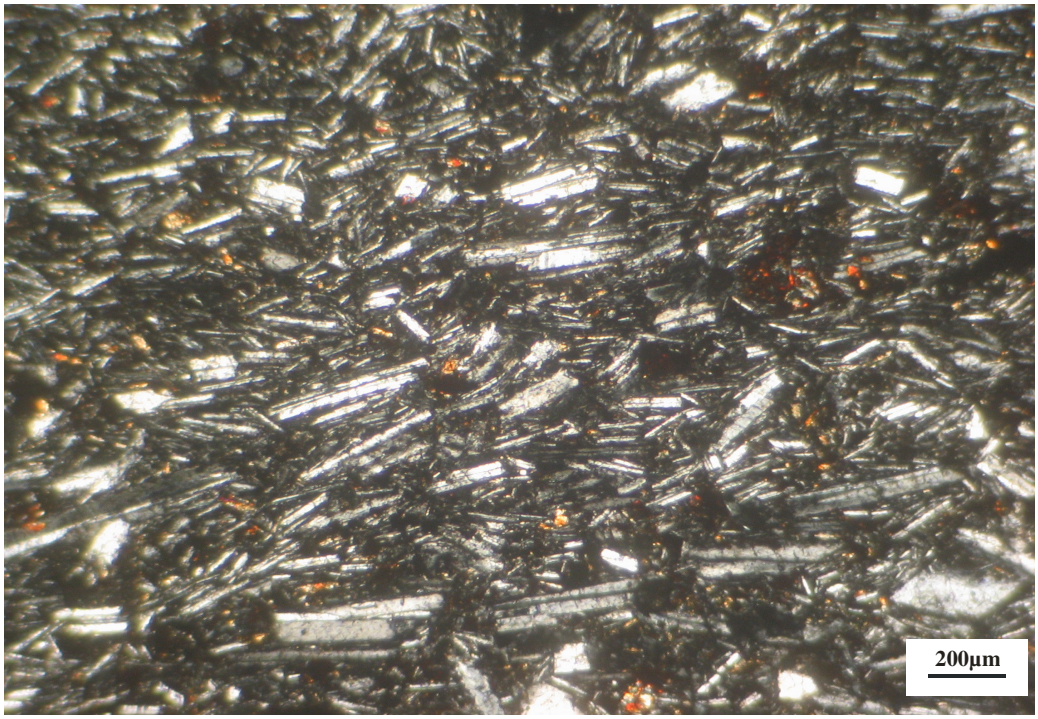
Klinopiroksenler yarıözşekilli-özşekilli uzun prizmatik fenokristal ve eş boyutlu, yuvarlağımsı mikrotaneler olarak hamurda gözlenmektedirler. Klinopiroksenlerde basit ikizlenme ve bazen de sektör zonlanması gözlenebilmektedir. Olivinlerin aksine herhangi bir alterasyon göstermeyen, temiz kristal yüzeyleri sunarlar. Klinopiroksenler opak mineral kapanımları içermektedir.

Plajiyoklas feno ve mikrofenokristalleri özşekili-yarıözşekillidir. Plajiyoklaslar albit ve periklin ikizli, bazende zonludurlar. Plajiyoklaslar klinopiroksen kapanımları içermektedir.

Holokristalin dokulu olanların hamuru intergranüler dokuludur (Şekil 4.73). Albit ikizli plajiyoklas latalarının arasını yaklaşık eşboyutlu klinopiroksen ve opak mikrotaneleri doldurmaktadır. Hipokristalin dokulu olanların hamuru ise mikrolitiktir ve plajiyoklas mikrolitleri yönlenerek trakitik doku oluşturmaktadırlar (Şekil 4.74). Mujearit'ler bazen oldukça gözenekli ve skorya özelliği taşımaktadır. Kayaçtaki bu gözenekler bazen kalsit ve klorit gibi geç-mağmatik mineraller tarafından doldurulmuştur. Ayrıca kayaç gözenek ve mikro çatlaklarında olivinlerin alterasyonuyla ilişkili, izotropik özellik sunan, sarı-kırmızımsı kahverenkli klorofit (chlorophaeite) oluşumları gözlenmektedir (Shelley, 1993).



Şekil 4.73. Mujearitlerde gözlenen intergranüler doku (KA-233, 32X, Ç.N.).

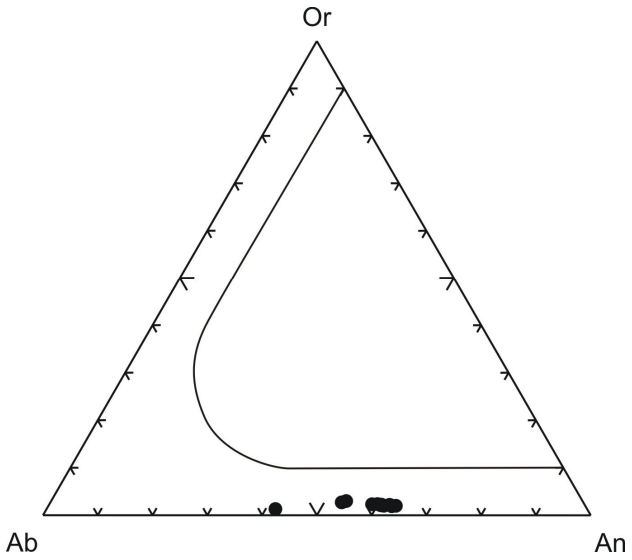


Şekil 4.74. Mujearitlerin hamurunda gözlenen trakitik doku (KA-379, 32X, Ç.N.).

4.2.8.3.2. Mineral kimyası

4.2.8.3.2.1. Plajiyoklas

Plajiyoklas feno ve mikrofenokristallerinin bileşimi andezinden (An_{42}) labradora (An_{63}) kadar değişmektedir (Şekil 4.75; Çizelge 4.38). Fenokristallerde normal (merkez: An_{60}, kenar: An_{53}) ve ters zonlanma (merkez: An_{42}, kenar: An_{54}) gözlenmektedir. Genel olarak mikrofenokristaller fenokristallerden An'ce daha zengindir.



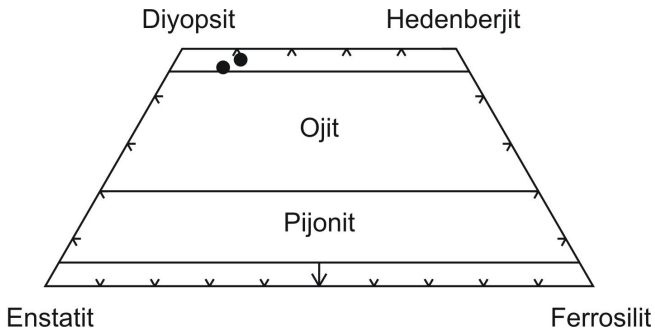
Şekil 4.75. Mujearitlerdeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması.

4.2.8.3.2.2. Olivin

Olivin feno ve mikrofenokristalerinin bileşimi Fo_{87}'den Fo_{64}'e kadar değişmektedir (Çizelge 4.39). Olivin fenokristalleri normal zonludur (merkez: Fo_{87-85}, kenar: Fo_{76-64}). Genel olarak mujearitlerde yer alan olivinlerin Fo içeriği alkali bazalt ve havayitlerdeki olivinlere göre daha düşüktür.

4.2.8.3.2.3. Piroksen

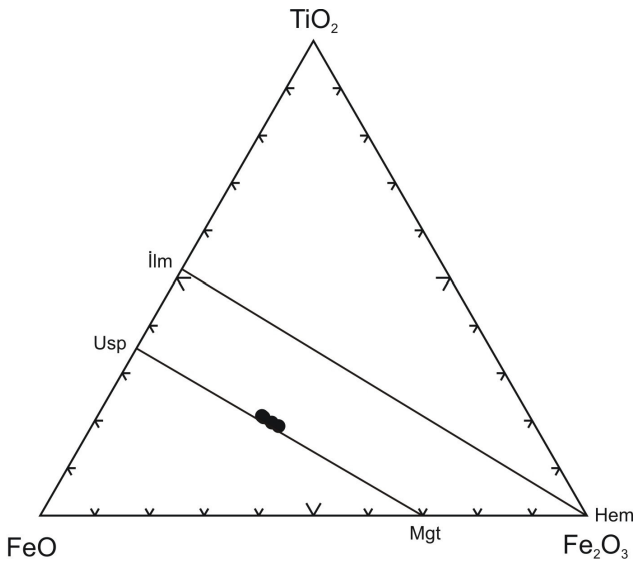
Piroksenler diyopsittir (Şekil 4.76; Çizelge 4.40). Diyopsitlerin bileşimi $Wo_{46-48}En_{45-41}Fs_{9-11}$ ve $Mg^{\#}$ değerleri 0.78-0.83 arasındadır.



Şekil 4.76. Mujearitlerdeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması.

4.2.8.3.2.4. Fe-Ti oksit

Fe-Ti oksitler manyetittir (Şekil 4.77; Çizelge 4.41). Manyetitler yüksek TiO_2 (% 17-19) içeriğine sahiptir. Bunların Al_2O_3 içerikleri % 1.62-2.15, MgO % 2.12-2.37 ve MnO % 0.70-0.84 arasındadır.



Şekil 4.77. Mujearitlerdeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

Çizelge 4.38. Mujearitlerdeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno		feno		mikro	feno		feno	mikro	mikro
KA-233	98-M	98-K	100-M	100-K	102	105-M	105-K	106	107	109
SiO_2	52.79	53.12	57.61	54.48	52.93	52.56	54.33	52.40	51.81	52.37
TiO_2	0.08	0.14	0.00	0.12	0.08	0.11	0.08	0.09	0.07	0.08
Al_2O_3	29.06	29.01	26.21	28.01	28.90	29.11	27.90	29.27	29.77	29.55
FeO*	0.79	0.69	0.28	0.75	0.68	0.66	0.77	0.80	0.65	0.71
MnO	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
MgO	0.12	0.10	0.02	0.10	0.11	0.12	0.07	0.14	0.09	0.11
CaO	12.29	11.96	8.74	11.02	12.37	12.43	10.94	12.53	13.12	12.78
Na_2O	4.34	4.40	6.60	4.94	4.25	4.26	5.06	4.22	3.99	4.03
K_2O	0.41	0.40	0.23	0.52	0.36	0.39	0.47	0.35	0.35	0.33
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Toplam	99.89	99.83	99.69	99.92	99.72	99.63	99.61	99.80	99.85	99.96
32 oksijene göre formül										
Si	9.62	9.67	10.37	9.89	9.65	9.60	9.89	9.57	9.46	9.54
Ti	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	6.24	6.22	5.56	5.99	6.21	6.27	5.99	6.30	6.41	6.34
Fe^{2+}	0.12	0.10	0.04	0.11	0.10	0.10	0.12	0.12	0.10	0.11
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.03	0.03	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.02	0.03
Ca	2.40	2.33	1.69	2.14	2.42	2.43	2.13	2.45	2.57	2.49
Na	1.54	1.55	2.30	1.74	1.50	1.51	1.79	1.49	1.41	1.42
K	0.09	0.09	0.05	0.12	0.08	0.09	0.11	0.08	0.08	0.08
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	20.06	20.02	20.03	20.03	20.02	20.05	20.05	20.06	20.07	20.03
An	59.57	58.66	41.69	53.57	60.36	60.34	52.98	60.91	63.21	62.43
Ab	38.09	39.03	57.01	43.44	37.56	37.41	44.34	37.10	34.80	35.64
Or	2.34	2.31	1.30	2.99	2.08	2.25	2.68	2.00	1.99	1.93

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. M: merkez, K: kenar.

Çizelge 4.39. Mujearitlerdeki olivinlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	feno		feno			mikro
KA-233	14-M	14-K	17-M	17-O	17-K	Ol-21
SiO_2	40,10	36,66	40,17	40,15	38,44	39,80
TiO_2	0,01	0,03	0,01	0,00	0,02	0,01
Al_2O_3	0,03	0,03	0,05	0,04	0,04	0,05
FeO*	14,04	30,63	11,98	12,04	21,75	14,11
MnO	0,23	0,73	0,20	0,18	0,42	0,22
MgO	45,55	31,75	47,39	47,26	39,47	45,42
CaO	0,17	0,28	0,15	0,15	0,26	0,15
Na_2O	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04
K_2O	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Cr_2O_3	0,01	0,00	0,02	0,04	0,00	0,02
NiO	0,23	0,02	0,37	0,35	0,10	0,22
Toplam	100,38	100,15	100,36	100,23	100,52	100,06
4 oksijene göre formül						
Si	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	1.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{+2}	0.29	0.70	0.25	0.25	0.47	0.30
Mn	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00
Mg	1.69	1.29	1.75	1.74	1.52	1.69
Ca	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
Toplam	3.00	3.00	3.01	3.01	3.01	3.00
$Mg^{\#}$	0.85	0.65	0.88	0.87	0.76	0.85
Fo	85.05	64.34	87.40	87.33	76.04	84.96
Fa	14.71	34.82	12.40	12.48	23.50	14.81

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. M: merkez, K: kenar ve O: orta.

$Mg^{\#} = Mg/(Mg+ Fe^{+2})$

Çizelge 4.40. Mujearitlerdeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	mikro	feno
KA-233	Cpx 65	Cpx 72
SiO_2	47.52	49.86
TiO_2	1.79	0.91
Al_2O_3	6.32	4.52
FeO	7.05	5.62
MnO	0.12	0.13
MgO	13.81	15.25
CaO	22.65	21.97
Na_2O	0.40	0.40
K_2O	0.01	0.00
Cr_2O_3	0.23	0.60
Toplam	99.89	99.25
6 oksijene göre formül		
Si	1.78	1.86
Al^{IV}	0.22	0.14
Al^{VI}	0.06	0.05
Ti	0.05	0.03
Fe^{+3}	0.13	0.08
Fe^{+2}	0.09	0.10
Mn	0.00	0.00
Mg	0.77	0.85
Ca	0.91	0.88
Na	0.03	0.03
K	0.00	0.00
Cr	0.01	0.02
Toplam	4.04	4.02
$Mg^{\#}$	0.78	0.83
Wo	47.77	46.11
En	40.54	44.53
Fs	11.69	9.36

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir.

$Mg^{\#} = Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+3})$

Çizelge 4.41. Mujearitlerdeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	manyetit			
KA-233	Ox-40	Ox-41	Ox-42	Ox-43
SiO_2	0.04	0.03	0.04	0.06
TiO_2	18.43	19.67	19.50	17.60
Al_2O_3	2.14	1.83	1.62	2.15
Fe_2O_3	30.60	28.13	28.68	31.90
FeO	44.95	45.83	45.91	43.86
MnO	0.73	0.84	0.82	0.70
MgO	2.37	2.25	2.12	2.30
CaO	0.01	0.03	0.01	0.05
Cr_2O_3	0.03	0.04	0.06	0.02
V_2O_5	0.51	0.47	0.47	0.38
Toplam	99.81	99.12	99.22	99.03
4 oksijene göre formül				
Si	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.51	0.55	0.54	0.49
Al	0.09	0.08	0.07	0.09
Fe^{+3}	0.85	0.78	0.80	0.89
Fe^{+2}	1.38	1.42	1.43	1.36
Mn	0.02	0.03	0.03	0.02
Mg	0.13	0.12	0.12	0.13
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00
V	0.01	0.01	0.01	0.01
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir.

4.2.8.4. Benmorit

4.2.8.4.1. Petrografi

Benmoritler hipokristalin dokuludur. Bazı örnekler bol plajiyoklas mega ve fenokristali içeren kuvvetli porfirik iken, bazı örnekler hemen hemen afiriktir. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, orto/klinopiroksen, amfibol, opak mineraller ve nadiren sanidin oluşturmaktadır. Ayrıca tali apatit mineralleri gözlenmektedir. Kayaçta modal olarak; plajiyoklas (% 14.4±2.2), amfibol (% 3.3±1.1), ortopiroksen (% 2.5±1.0), klinopiroksen (% 0.7±0.5), opak mineral (% 1.7±0.8) ve hamur (% 77.4±2.7) bulunmaktadır.

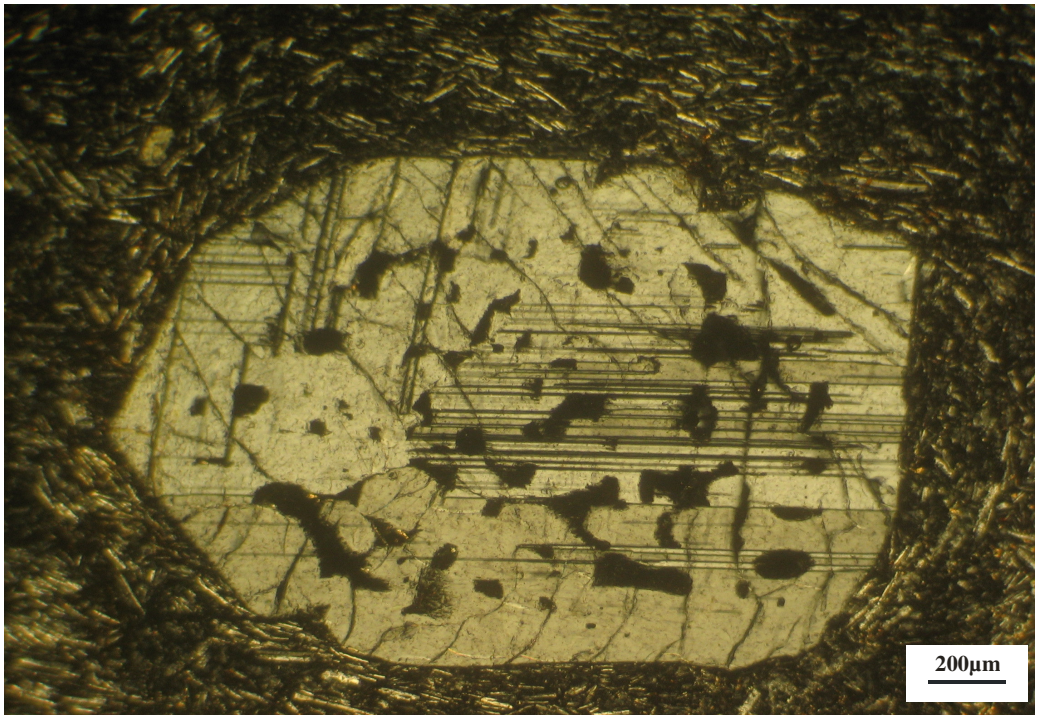
Yaygın olarak, kayaçta yer alan plajiyoklas, orto/klinopiroksen ve bazen opak mineraller kümelenerek glomeroporfirik doku oluşturmaktadır.

Plajiyoklas megakristalleri kenarları yuvarlatılmış, rezorbe, süngerimsi görünümlü ve halkalı zonludurlar. (Şekil 4.78). Süngerimsi zonların etrafında yeniden büyümeler gözlenebilmektedir. Feno ve mikrofenokristaller çoğunlukla özşekilli, albit ve albit-periklin ikizlidir. Piroksen ve apatit kapanımları içermektedir.

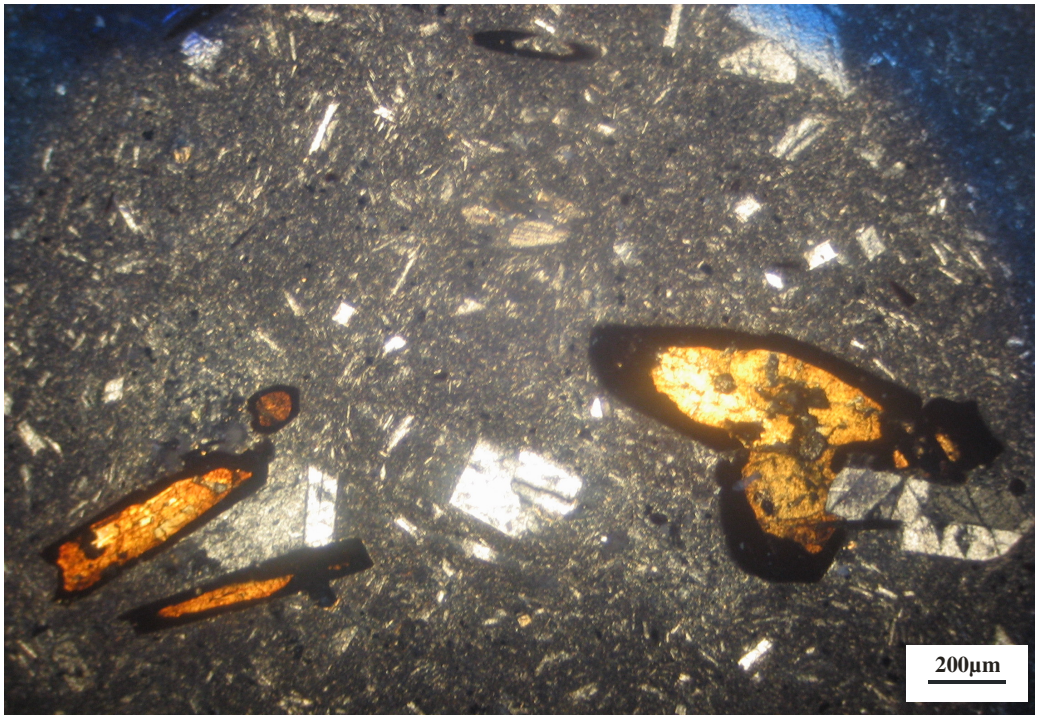
Orto/klinopiroksenler yaygın olarak özşekilli sekizgen forma sahip kristaller olarak görülmektedirler. Basit ikizlenme gözlenebilmektedir. Ortopiroksenler soluk kahverenkli ve hafif bir pleokroizma göstermektedir. Piroksenlerde opak mineral ve apatit kapanımları gözlenmektedir. Piroksenlerle ilgili olarak not edilmesi gereken en önemli özellik ortopiroksenlerin kenarları boyunca klinopiroksenler tarafından kuşatılmasıdır.

Amfibollerin çoğu opak minerallerden ibaret psödomorf kristaller şeklindedir. Bazen de amfibollerin kenarlarında değişen kalınlıkta opak reaksiyon çeperi gözlenmektedir (Şekil 4.79).

Hamur mikrolitiktir. Çok küçük, ince-uzun feldispat (türü ayırt edilemeyen) mikrolitleri belirgin bir şekilde akma doğrultusuna paralel dizilerek trakitik doku oluşturmaktadırlar (Şekil 4.78).



Şekil 4.78. Benmoritlerdeki süngerimsi görünümlü plajiyoklas ve trakitik doku gösteren hamur (KA-2, 32X, Ç.N.).

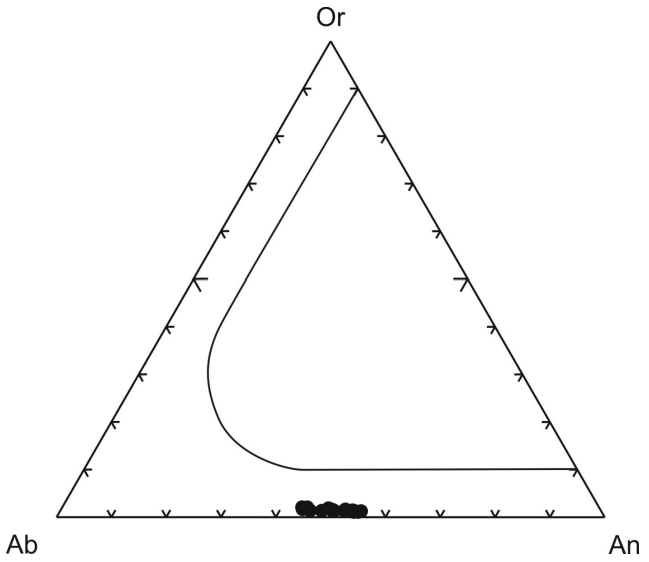


Şekil 4.79. Benmoritlerdeki opak çeperli amfiboller (KA-328, 32X, Ç.N).

4.2.8.4.2. Mineral kimyası

4.2.8.4.2.1. Plajiyoklas

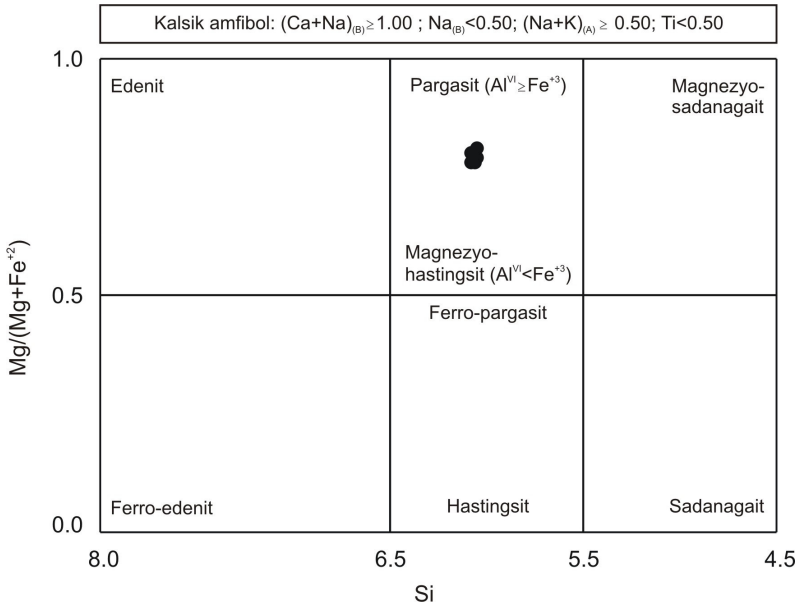
Plajiyoklas feno ve mikrofenokristallerinin bileşimi andezinden (An_{44}) labradora (An_{55}) kadar değişmektedir (Şekil 4.80; Çizelge 4.42). Fenokristallerde normal (merkez: An_{54}, kenar: An_{52}) ve ters zonlanma (merkez: An_{43}, kenar: An_{55}) gözlenmektedir. Mikrolitler andezin bileşimindedir (An_{44-49})



Şekil 4.80. Benmoritlerdeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması.

4.2.8.4.2.2. Amfibol

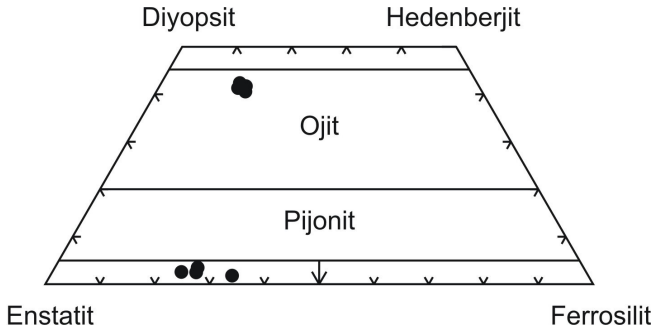
Amfiboller magnezyo-hastingsit ($Al^{VI}<Fe^{+3}$) bileşimindedir (Şekil 4.81; Çizelge 4.43). Fakat bazı fenokristallerin opak kenarları çermakit bileşimini vermektedir. Magnezyo-hastingsitlerin $Mg^{\#}$ değeri 0.67, Ti içerikleri 0.42-0.45 arasındadır ve homojen bileşime sahiptirler.



Şekil 4.81. Benmoritlerdeki amfibollerin Leake ve ark.'na (2004) göre sınıflaması.

4.2.8.4.2.3. Piroksen

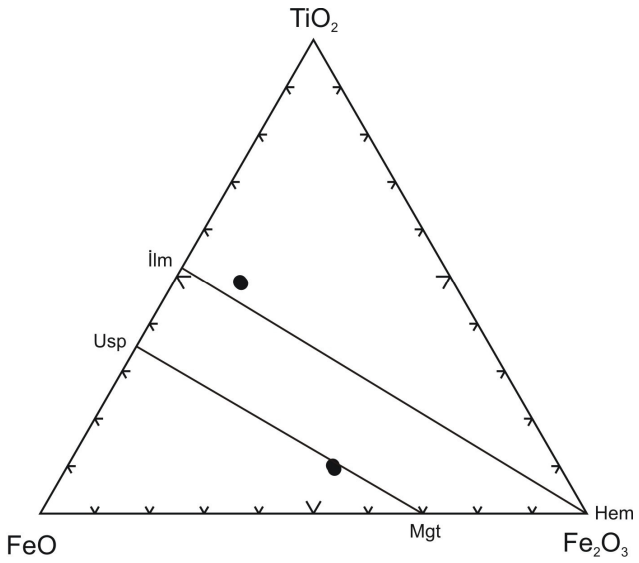
Piroksenler ojit ve enstatit bileşimindedir (Şekil 4.82; Çizelge 4.44). Ojitler $Wo_{41-42}En_{43-44}Fs_{16-14}$ bileşiminde ve $Mg^{\#}$ değerleri 0.73-0.76 arasındadır. Ojitlerde normal ve ters zonlanma gözlenmektedir. Enstatitler $Wo_{2-3}En_{65-74}Fs_{33-23}$ bileşimdedir ve $Mg^{\#}$ değerleri 0.67-0.76 arasında değişmektedir. Bazı esntatit fenokristallerinde ters zonlanma gözlenmektedir.



Şekil 4.82. Benmoritlerdeki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması.

4.2.8.4.2.4. Fe-Ti oksit

Fe-Ti oksitler manyetit ve ilmenittir (Şekil 4.83; Çizelge 4.45). Manyetitler yüksek TiO_2 (% 8.5-9.4) içeriğine sahiptir. Ayrıca bunların Al_2O_3 içerikleri % 3.6-3.7, MgO içerikleri % 1.1-1.4 ve MnO içerikleri % 0.34-0.44 arasında değişmektedir. İlmenitler % 47 TiO_2 içeriğine sahiptir. Bunlar manyetitlere göre yüksek MgO (% 2.3-2.5) ve MnO (% 0.5-0.6), düşük Al_2O_3 (% 0.08-0.17) içeriğine sahiptir.



Şekil 4.83. Benmoritlerdeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

Çizelge 4.42. Benmoritlerdeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

örnek	mikro	feno		feno		feno		mkrlt	mkrlt	mikro
KA-328	25	26-M	26-K	27-M	27-K	28-M	28-K	29	31	33
SiO_2	57.20	54.79	54.49	54.59	55.04	55.75	55.03	56.70	56.18	55.80
TiO_2	0.05	0.03	0.03	0.05	0.05	0.03	0.09	0.06	0.07	0.02
Al_2O_3	26.47	28.01	27.93	28.33	28.22	27.49	27.98	26.66	27.35	27.51
FeO*	0.68	0.48	0.58	0.46	0.47	0.42	0.58	0.47	0.54	0.52
MnO	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02
MgO	0.04	0.06	0.05	0.05	0.06	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04
CaO	8.92	10.98	11.09	11.11	10.87	10.11	10.68	9.22	9.86	10.08
Na_2O	6.14	5.15	4.92	5.03	5.14	5.55	5.19	6.09	5.57	5.53
K_2O	0.36	0.19	0.22	0.19	0.25	0.24	0.23	0.36	0.32	0.27
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.00	0.00	0.03	0.02
Toplam	99.87	99.68	99.32	99.84	100.12	99.67	99.81	99.60	99.95	99.80
32 oksijene göre formül										
Si	10.30	9.93	9.92	9.88	9.93	10.08	9.96	10.25	10.13	10.08
Ti	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
Al	5.62	5.98	5.99	6.04	6.00	5.86	5.97	5.68	5.81	5.86
Fe^{+2}	0.10	0.07	0.09	0.07	0.07	0.06	0.09	0.07	0.08	0.08
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca	1.72	2.13	2.16	2.16	2.10	1.96	2.07	1.78	1.90	1.95
Na	2.15	1.81	1.74	1.77	1.80	1.95	1.82	2.13	1.95	1.94
K	0.08	0.04	0.05	0.04	0.06	0.05	0.05	0.08	0.07	0.06
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	19.99	20.00	19.97	19.99	19.99	19.98	19.98	20.01	19.97	19.98
An	43.59	53.49	54.75	54.34	53.08	49.47	52.50	44.60	48.52	49.40
Ab	54.31	45.42	43.95	44.54	45.44	49.16	46.17	53.30	49.63	49.03
Or	2.10	1.09	1.30	1.12	1.48	1.37	1.33	2.10	1.85	1.57

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. M: merkez, K: kenar.

Çizelge 4.43. Benmoritlerdeki amfibollerin mikroprob analiz sonuçları.

	Mg-hast.	Çerm.	Mg-hast.			Mg-hast.	Çerm.
örnek	feno		mikro	feno		feno	
KA-328	13-M	13-K (opak)	14	15-M	15-K	16-M	16-K (opak)
SiO_2	41.77	40.24	41.88	41.47	41.49	41.55	39.57
TiO_2	3.94	4.67	3.97	4.07	3.80	3.87	4.26
Al_2O_3	11.44	11.95	11.71	11.55	11.29	11.67	11.16
FeO	12.20	10.75	12.27	12.24	12.42	12.23	16.24
MnO	0.17	0.20	0.18	0.13	0.18	0.21	0.26
MgO	13.94	12.14	13.74	13.73	14.03	13.82	12.87
CaO	10.87	9.29	10.98	11.05	10.85	11.00	10.23
Na_2O	2.88	2.47	2.84	2.74	2.98	2.79	2.67
K_2O	0.60	0.42	0.56	0.53	0.56	0.56	0.62
Cr_2O_3	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Toplam	97.83	92.13	98.13	97.53	97.60	97.70	97.88
23 oksijene göre formül							
Si	6.08	6.15	6.08	6.06	6.05	6.05	5.79
Al^{IV}	1.92	1.85	1.92	1.94	1.94	1.95	1.92
Al^{VI}	0.04	0.30	0.08	0.05	0.00	0.06	0.00
Al^{Toplam}	1.96	2.15	2.00	1.99	1.94	2.01	1.92
Ti	0.43	0.54	0.43	0.45	0.42	0.42	0.47
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{+3}	0.71	0.62	0.65	0.66	0.78	0.71	1.49
Fe^{+2}	0.78	0.75	0.83	0.83	0.73	0.78	0.49
Mn	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
Mg	3.02	2.77	2.97	2.99	3.05	3.00	2.81
FMT	13.00	13.01	12.98	13.00	12.99	13.00	13.00
Ca	1.69	1.52	1.71	1.73	1.70	1.72	1.60
Na(B)	0.31	0.48	0.29	0.27	0.30	0.28	0.40
Na(A)	0.51	0.25	0.51	0.50	0.54	0.50	0.36
Na^{Toplam}	0.82	0.73	0.80	0.77	0.84	0.78	0.76
K(A)	0.11	0.08	0.10	0.10	0.10	0.10	0.12
Toplam A	0.62	0.33	0.61	0.60	0.64	0.61	0.47
$Mg^{\#}$	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.59

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Schumacher'e (1997) göre hesaplanmıştır. M: merkez, K: kenar.

$Mg^{\#}= Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+3})$

Çizelge 4.44. Benmoritlerdeki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno	mikro	feno		feno		feno	
KA-328	22	23	24-M	24-K	25-M	25-K	26-M	26-K
SiO_2	51.91	53.41	52.36	52.66	50.11	51.29	50.78	50.28
TiO_2	0.38	0.30	0.08	0.34	0.97	0.67	0.73	0.69
Al_2O_3	2.49	2.69	1.30	2.15	3.56	2.82	3.04	3.25
FeO	16.78	15.21	20.66	16.92	9.42	8.69	8.67	9.75
MnO	0.43	0.33	0.97	0.40	0.25	0.27	0.23	0.27
MgO	26.11	27.34	23.78	26.33	14.62	15.27	15.10	14.97
CaO	1.79	1.33	0.91	1.28	19.95	19.87	20.55	19.56
Na_2O	0.04	0.03	0.02	0.06	0.54	0.49	0.48	0.59
K_2O	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01
Cr_2O_3	0.02	0.06	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00
Toplam	99.94	100.71	100.08	100.15	99.44	99.36	99.62	99.36
6 oksijene göre formül								
Si	1.90	1.92	1.94	1.92	1.88	1.92	1.90	1.89
Al^{IV}	0.10	0.08	0.06	0.08	0.12	0.08	0.10	0.11
Al^{VI}	0.01	0.03	0.00	0.01	0.04	0.04	0.03	0.03
Ti	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02
Fe^{+3}	0.12	0.06	0.08	0.09	0.09	0.06	0.09	0.12
Fe^{+2}	0.39	0.39	0.56	0.42	0.20	0.21	0.18	0.19
Mn	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	1.42	1.46	1.32	1.43	0.82	0.85	0.84	0.84
Ca	0.07	0.05	0.04	0.05	0.80	0.80	0.82	0.79
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.03	0.04
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	4.03	4.02	4.02	4.03	4.03	4.02	4.03	4.04
$Mg^{\#}$	0.74	0.76	0.67	0.74	0.74	0.76	0.76	0.73
Wo	3.48	2.59	1.79	2.50	41.76	41.32	42.41	40.64
En	70.65	73.95	65.17	71.35	42.57	44.20	43.35	43.27
Fs	25.87	23.46	33.04	26.15	15.67	14.47	14.24	16.09

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir. M: merkez, K: kenar.
$Mg^{\#} = Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+3})$

Çizelge 4.45. Benmoritlerdeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	Manyetit		İlmenit		
KA-328	Ox-17	Ox-19	Ox-16	Ox-18	Ox-20
SiO_2	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00
TiO_2	8.45	9.35	47.05	47.04	47.05
Al_2O_3	3.57	3.74	0.17	0.08	0.10
Fe_2O_3	44.10	44.66	12.14	11.78	11.67
FeO	37.21	38.14	37.74	37.66	37.55
MnO	0.34	0.44	0.59	0.52	0.56
MgO	1.08	1.36	2.32	2.49	2.45
CaO	0.03	0.02	0.03	0.04	0.00
Cr_2O_3	0.12	0.02	0.00	0.02	0.06
V_2O_5	0.69	0.51	0.13	0.23	0.11
Toplam	95.60	98.26	100.17	99.85	99.55
Manyetitler için 4 ve ilmenitler için 3 oksijene göre formül					
Si	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.25	0.26	0.88	0.88	0.89
Al	0.16	0.17	0.00	0.00	0.00
Fe^{+3}	1.29	1.26	0.23	0.22	0.22
Fe^{+2}	1.21	1.20	0.79	0.79	0.79
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	0.06	0.08	0.09	0.09	0.09
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
Toplam	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir.

4.2.8.5. Trakidasit

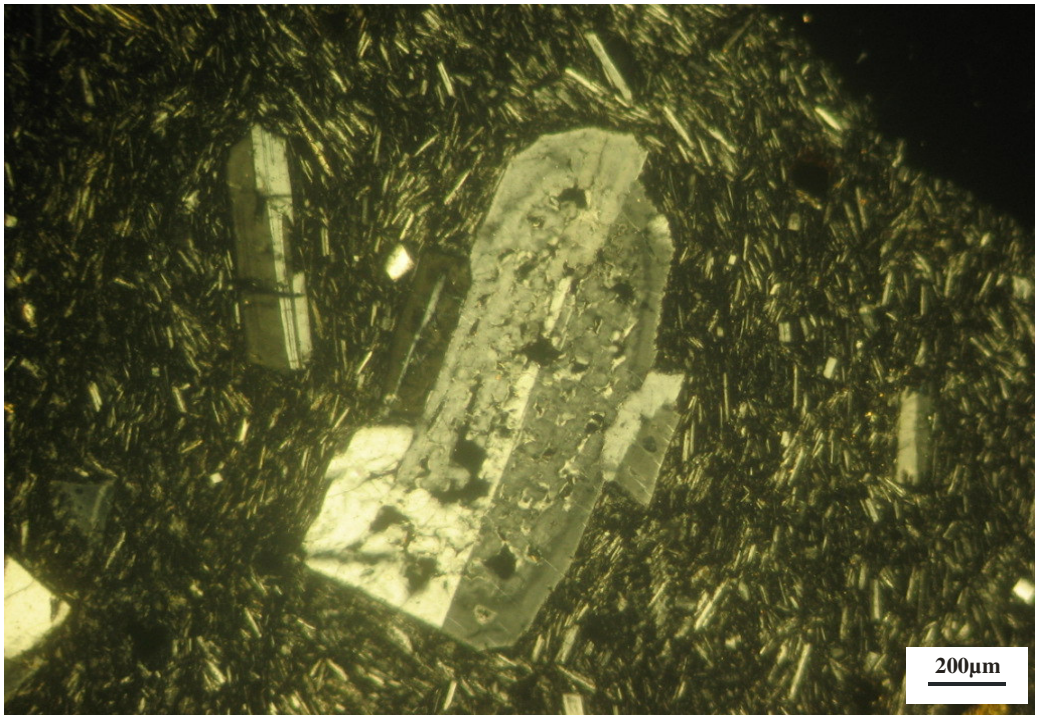
4.2.8.5.1. Petrografi

Trakidasitler holokristalin porfirik dokuludur. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, amfibol ve opak mineraller oluşturmaktadır. Ayrıca tali olarak apatit gözlenmektedir. Bazı örneklerde kuvars ksenokristalleri ve plajiyoklas megakristalleri de bulunabilmektedir. Hamurda plajiyoklas mikrolitleri ve opak mineraller yer almaktadır. Kayaçta modal olarak; plajiyoklas (% 15.2±2.3), amfibol (% 7.8±1.7), opak mineral (% 3.3±1.1) ve hamur (% 73.7±2.8) bulunmaktadır.

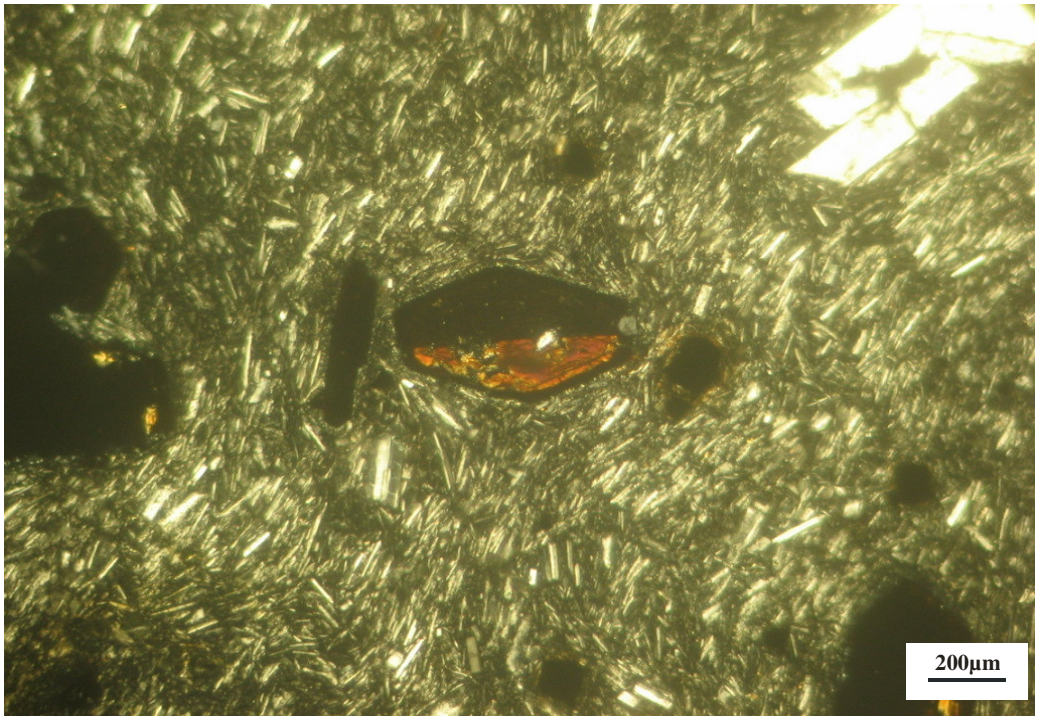
Plajiyoklas feno ve mikrofenokristalleri aynı kesitte hem özşekilli ve taze/temiz yüzeyler sunan kristaller hem de özşekilsiz, kırılmış, rezorbe ve süngerimsi görünümlü kristaller olarak bulunmaktadırlar. Plajiyoklaslrda zonlanma ve albit, albit-periklin ikizlemesi yaygındır (Şekil 4.84). Apatit, amfibol, opak mineral ve bazen bol hamur kapanımları içermektedirler. Ayrıca plajiyoklaslar ince, uzun özşekilli mikrolitler olarak hamur fazın büyük bir kısmını oluşturmaktadır.

Amfiboller kahve renkli, özşekilli ve tipik olarak çift yönlü dilinimlere sahiptir. Çoğunlukla opak çerçeveye sahiptir ve bazen ikizlidir (Şekil 4.85). Bazen de tamamen opaklaşmış psödomorf kristaller olarak gözlenmektedirler. Bazıları mikrolitik hamur kapanımları içermektedir.

Hamur mikrolitikdir. Plajiyoklas mikrolitleri belirgin bir şekilde akma doğrultusuna paralel dizilerek trakitik doku oluşturmaktadırlar.



Şekil 4.84. Trakidasitlerdeki süngerimsi, ikizli ve zonlu plajiyoklas fenokristali ve trakitik dokulu hamur (KA-37, 32X, Ç.N.).

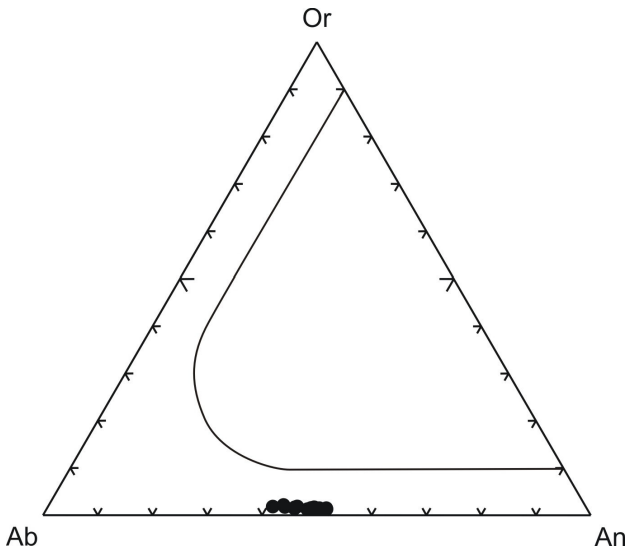


Şekil 4.85. Trakidasitlerdeki özşekilli, opak çerçeveli ve ikizli amfibol (KA-37, 32X, Ç.N).

4.2.8.5.2. Mineral kimyası

4.2.8.5.2.1. Plajiyoklas

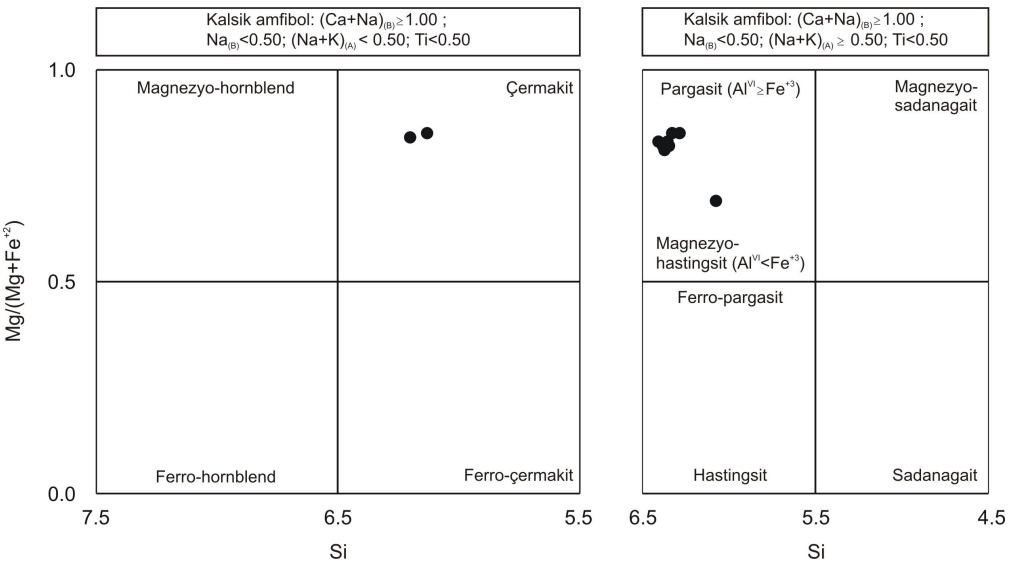
Plajiyoklas feno ve mikrofenokristalleri andezin, nadiren labrador (An_{41-51}) bileşimindedir (Şekil 4.86; Çizelge 4.46). Genel olarak fenokristallerde ters zonlanma gözlenmektedir. Bu tür fenokristallerin merkez kısımlarının An içeriği % 45-47 iken kenar kısımların An içeriği % 48-50'dir. Mikrolitler andezin bileşimine sahiptir (% An: 41-43).



Şekil 4.86. Trakidasitlerdeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması.

4.2.8.5.2.2. Amfibol

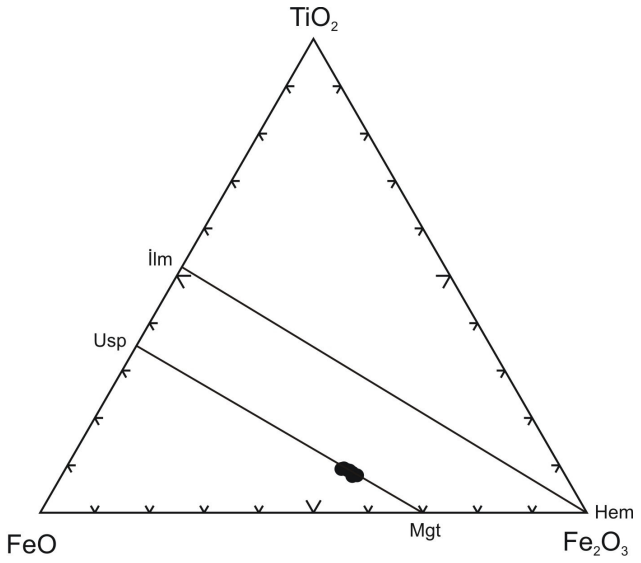
Amfiboller magnezyo-hastingsit ($Al^{VI}<Fe^{+3}$) ve çermakit bileşimindedir (Şekil 4.87; Çizelge 4.47). Magnezyo-hastingsitlerin $Mg^{\#}$ değeri 0.66-0.69 arasındadır. Trakidasitlerdeki magnezyo-hastingsitlerin Ti içerikleri (0.34-0.43) benmoritlerdekine göre daha düşüktür. Genel olarak homojen bileşime sahiptirler. Fakat bazılarında kristal kenarları Mg'ce hafif daha zengindir. Çermakitler 0.66-0.69 arasında değişen $Mg^{\#}$ değerine ve 0.32-0.34 Ti içeriğine sahiptir.



Şekil 4.87. Trakidasitlerdeki amfibollerin Leake ve ark.'na (2004) göre sınıflaması.

4.2.8.5.2.3. Fe-Ti oksit

Fe-Ti oksitler manyetit bileşimindedir (Şekil 4.88; Çizelge 4.48). Manyetitler yüksek TiO_2 (% 7.01-8.85) içeriğine sahiptir. Ayrıca bunların Al_2O_3 içerikleri % 3.1-3.4, MgO içerikleri % 1.35-1.81 ve MnO içerikleri % 0.43-0.54 arasında değişmektedir.



Şekil 4.88. Trakidasitlerdeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

Çizelge 4.46. Trakidasitlerdeki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno		feno		mikro	feno		mikro	mikro	mikro
KA366	38-M	38-K	39-M	39-K	40	42-M	42-K	44	45	46
SiO_2	56.67	55.51	56.49	56.60	57.87	56.71	55.93	57.79	57.60	57.01
TiO_2	0.03	0.02	0.00	0.03	0.05	0.03	0.01	0.03	0.05	0.05
Al_2O_3	26.79	27.51	27.28	27.51	26.62	27.69	28.05	26.21	26.39	27.01
FeO*	0.37	0.44	0.57	0.38	0.33	0.38	0.46	0.41	0.34	0.45
MnO	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
MgO	0.02	0.04	0.13	0.02	0.04	0.04	0.04	0.02	0.03	0.04
CaO	9.32	10.23	9.72	9.95	8.85	9.81	10.42	8.46	8.85	9.19
Na_2O	5.98	5.57	5.75	5.75	6.32	5.75	5.40	6.53	6.24	6.02
K_2O	0.32	0.25	0.22	0.27	0.38	0.23	0.26	0.32	0.30	0.29
Cr_2O_3	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	99.54	99.59	100.17	100.52	100.48	100.65	100.56	99.79	99.79	100.05
32 oksijene göre formül										
Si	10.24	10.06	10.15	10.14	10.34	10.14	10.03	10.39	10.36	10.24
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Al	5.71	5.87	5.78	5.81	5.61	5.83	5.93	5.55	5.59	5.72
Fe^{+2}	0.06	0.07	0.09	0.06	0.05	0.06	0.07	0.06	0.05	0.07
Mn	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca	1.80	1.99	1.87	1.91	1.69	1.88	2.00	1.63	1.70	1.77
Na	2.09	1.96	2.00	2.00	2.19	1.99	1.88	2.28	2.18	2.10
K	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	19.99	20.01	19.98	19.98	19.99	19.97	19.97	20.00	19.96	19.97
An	45.40	49.64	47.67	48.11	42.67	47.86	50.83	40.96	43.17	44.99
Ab	52.73	48.94	51.04	50.33	55.17	50.82	47.66	57.20	55.12	53.35
Or	1.87	1.42	1.29	1.55	2.16	1.32	1.51	1.83	1.71	1.66

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. M: merkez, K: kenar.

Çizelge 4.47. Trakidasitlerdeki amfibollerin mikroprob analiz sonuçları.

	Mg-hast.								Çerm.	
örnek	feno		feno		feno		feno		mikro	mikro
KA-366	17-M	17-K	18-M	18-K	19-M	19-K	22-M	22-K	20	23
SiO_2	41.87	42.46	42.25	40.73	42.59	42.07	42.08	41.66	42.98	42.45
TiO_2	3.32	3.25	3.19	4.02	3.20	3.14	3.43	3.43	2.99	3.10
Al_2O_3	11.24	11.14	11.45	11.73	10.92	11.20	11.21	11.32	11.23	11.03
FeO	12.70	12.39	12.45	12.45	12.31	12.53	12.54	12.87	11.82	12.85
MnO	0.22	0.25	0.23	0.20	0.25	0.23	0.21	0.23	0.18	0.27
MgO	13.89	14.18	14.04	15.56	14.21	13.93	14.06	14.18	14.46	14.27
CaO	10.76	10.85	10.80	5.61	10.82	11.02	10.91	10.77	10.97	10.83
Na_2O	2.70	2.90	2.69	1.45	2.63	2.65	2.66	2.80	2.59	2.61
K_2O	0.53	0.53	0.52	3.95	0.50	0.50	0.48	0.50	0.39	0.50
Cr_2O_3	0.02	0.03	0.00	0.00	0.05	0.04	0.03	0.02	0.00	0.01
Toplam	97.25	97.98	97.62	95.70	97.48	97.31	97.61	97.78	97.61	97.92
23 oksijene göre formül										
Si	6.11	6.15	6.12	5.80	6.18	6.14	6.11	6.04	6.20	6.13
Al^{IV}	1.89	1.85	1.88	1.97	1.82	1.86	1.89	1.93	1.80	1.87
Al^{VI}	0.04	0.05	0.08	0.00	0.05	0.06	0.03	0.00	0.11	0.01
Al^{Toplam}	1.93	1.90	1.96	1.97	1.87	1.92	1.92	1.93	1.91	1.88
Ti	0.36	0.35	0.35	0.43	0.35	0.34	0.37	0.38	0.32	0.34
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{+3}	0.90	0.81	0.89	0.00	0.87	0.81	0.87	1.02	0.84	1.02
Fe^{+2}	0.65	0.69	0.62	1.48	0.62	0.71	0.65	0.54	0.58	0.53
Mn	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03
Mg	3.02	3.06	3.03	3.30	3.07	3.03	3.04	3.06	3.11	3.07
FMT	13.00	12.99	13.00	13.00	13.00	12.98	12.99	13.00	12.98	13.00
Ca	1.68	1.68	1.68	0.86	1.68	1.72	1.70	1.67	1.70	1.68
Na(B)	0.32	0.32	0.32	0.40	0.32	0.28	0.30	0.33	0.30	0.32
Na(A)	0.44	0.50	0.43	0.00	0.42	0.47	0.45	0.46	0.42	0.40
Na^{Toplam}	0.76	0.82	0.75	0.40	0.74	0.75	0.75	0.79	0.72	0.72
K(A)	0.10	0.10	0.10	0.72	0.09	0.09	0.09	0.09	0.07	0.09
Toplam A	0.54	0.59	0.53	0.72	0.51	0.57	0.54	0.55	0.49	0.50
$Mg^{\#}$	0.66	0.67	0.67	0.69	0.67	0.67	0.67	0.66	0.69	0.66

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Schumacher'e (1997) göre hesaplanmıştır. M: merkez, K: kenar.

$Mg^{\#}= Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+3})$

Çizelge 4.48. Trakidasitlerdeki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	Manyetit						
KA-366	Ox-22	Ox-23	Ox-24	Ox-25	Ox-26	Ox-27	Ox-28
SiO_2	0.01	0.69	0.00	0.22	0.00	0.04	0.00
TiO_2	8.85	8.43	7.98	7.01	7.46	8.44	8.58
Al_2O_3	3.08	3.25	3.33	3.17	3.22	3.42	3.10
Fe_2O_3	48.02	46.09	50.02	48.17	51.14	49.60	49.25
FeO	37.53	36.82	36.52	35.32	36.02	37.03	37.44
MnO	0.52	0.52	0.49	0.45	0.43	0.54	0.44
MgO	1.35	1.38	1.67	1.35	1.61	1.81	1.55
CaO	0.01	0.03	0.02	0.09	0.00	0.01	0.00
Cr_2O_3	0.02	0.00	0.04	0.00	0.02	0.01	0.02
V_2O_5	0.28	0.00	0.29	0.45	0.22	0.30	0.31
Toplam	99.67	97.20	100.36	96.23	100.11	101.19	100.68
4 oksijene göre formül							
Si	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Ti	0.25	0.24	0.22	0.20	0.21	0.23	0.24
Al	0.14	0.15	0.14	0.14	0.14	0.15	0.13
Fe^{+3}	1.35	1.32	1.39	1.40	1.43	1.36	1.37
Fe^{+2}	1.17	1.17	1.13	1.14	1.12	1.13	1.15
Mn	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
Mg	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10	0.09
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir.

4.2.8.6. Hacıreşit alkali lavlarında jeotermometre ve jeobarometre hesaplamaları

Jeotermobarometre hesaplamaları klinopiroksen-eriyik jeotermobarometresi (Putirka ve ark., 1996; Putirka ve ark., 2003) ve Fe-Ti oksit jeotermometresine dayanmaktadır.

Klinopiroksen minerallerinden elde edilen mikroprob sonuçları kullanılarak "Cpx-Plag-Ol Thermobar" programı yardımıyla kristallenme sıcaklık ve basınçları hesaplanmış ve bulunan sonuçlar aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.49).

Çizelge 4.49. Hacıreşit lavlarında klinopiroksen-eriyik jeotermobarometresine göre hesaplanan sıcaklık ve basınç değerleri.

Kayaç türü	Sıcaklık (^{o}C)	Basınç (kbar)	Yöntem
Alkali bazalt	1181-1203	6.3-8.6	Putirka ve ark. (1996)
Havayit	1165-1176	4.3-5.9	Putirka ve ark. (1996)
Mujearit	1143-1144	5.2-5.3	Putirka ve ark. (1996)
Benmorit	1055-1064	1.9-2.9	Putirka ve ark. (2003)
Trakidasit	uygun mineral yok		

Benmoritlerde yer alan manyetit-ilmenit çiftleri kullanılarak sıcaklık ve fO_2 değerleri hesaplanmıştır. Buna göre sıcaklık değerleri 800-807 ^{o}C arasında ve fO_2 değeri ise yaklaşık -13.5 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.50). Benmoritlerde manyetit-ilmenit çiftleri kullanılarak bulunan sıcaklık değerleri yukarıda hesaplanan değerlerden oldukça düşüktür.

Çizelge 4.50. Manyetit ve ilmenit çiftleri için hesaplanan sıcaklık ve fO_2 değerleri (Xusp ve Xilm değerleri Lindsley ve Spencer'e, 1982 göredir).

	Manyetit	İlmenit	Manyetit	İlmenit
SiO_2	0.01	0.00	0.03	0.00
TiO_2	8.45	47.05	9.35	47.04
Al_2O_3	3.57	0.17	3.74	0.08
Fe_2O_3	45.30	12.40	45.50	12.20
FeO	36.20	37.50	37.40	37.30
MnO	0.34	0.59	0.44	0.52
MgO	1.08	2.32	1.36	2.49
CaO	0.03	0.03	0.02	0.04
Cr_2O_3	0.12	0.00	0.02	0.02
V_2O_5	0.69	0.13	0.51	0.23
Toplam	95.79	100.19	98.36	99.91
Xusp (%)	26.39		28.29	
Xilm (%)		88.31		88.47
T (^oC)	800		807	
fO_2	-13.52		-13.46	

4.2.9. Kırklar Lavı

4.2.9.1. Petrografi

Kırklar lavı trakiandezitik bileşimdedir. Kayacın dokusu holokristalinden vitrofiriğe kadar değişmektedir. Bazı örnekler afirik iken bazıları porfiriktir. Kayaçtaki feno ve mikrofenokristalleri plajiyoklas, orto/klinopiroksen, opak mineral ve bazen amfibol oluşturmaktadır. Hamur fazı camsıdan mikrolitiğe kadar değişmektedir. Kayaçta modal olarak; plajiyoklas (% 18.4±2.5), orto/klinopiroksen (% 9.6±1.8), opak mineral (% 1.9±0.9) ve hamur (% 70.1±2.9) bulunmaktadır.

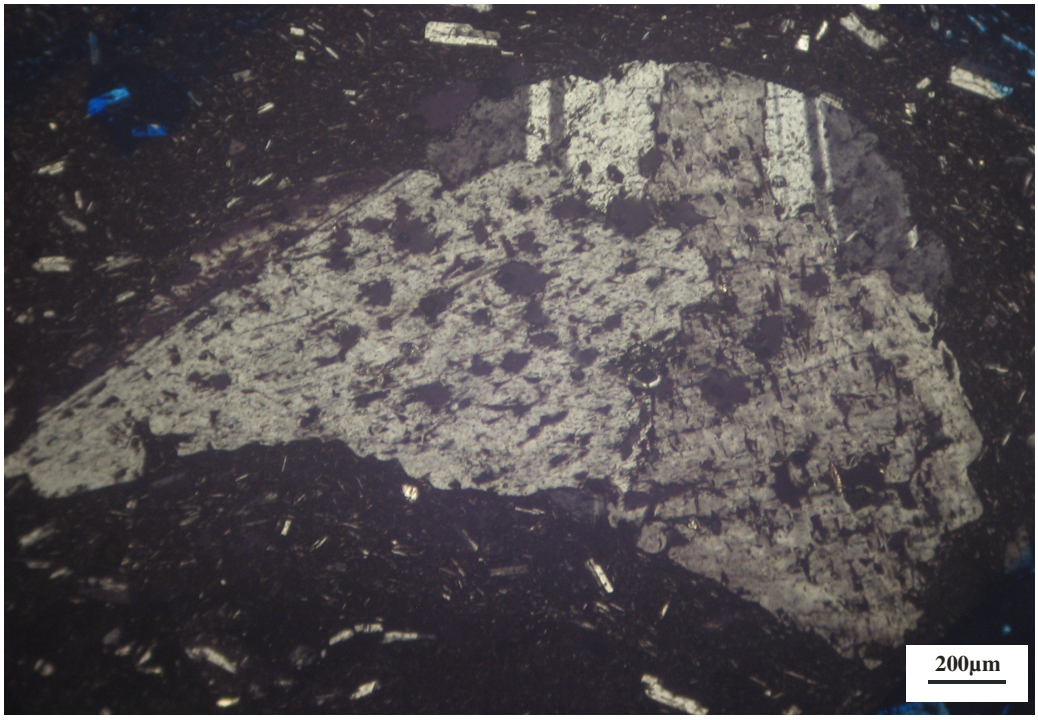
Kayaçta plajiyoklas ve orto/klinopiroksen mineralleri kümelenerek glomeroporfirik doku oluşturmaktadırlar.

Plajiyoklaslar özşekilliden özşekilsize kadar değişen kristal şekillerine sahiptir. Plajiyoklaslar albit, albit-periklin ve karlspat ikizlenmesi sunarlar, bazen zonlu olarak gözlenirler. Bazı plajiyoklaslar süngerimsi görünümlü kristaller şeklindedir. Bu tür kristallerde süngerimsi zonların etrafında yeniden büyüme zonları gelişmiştir (Şekil 4.89).

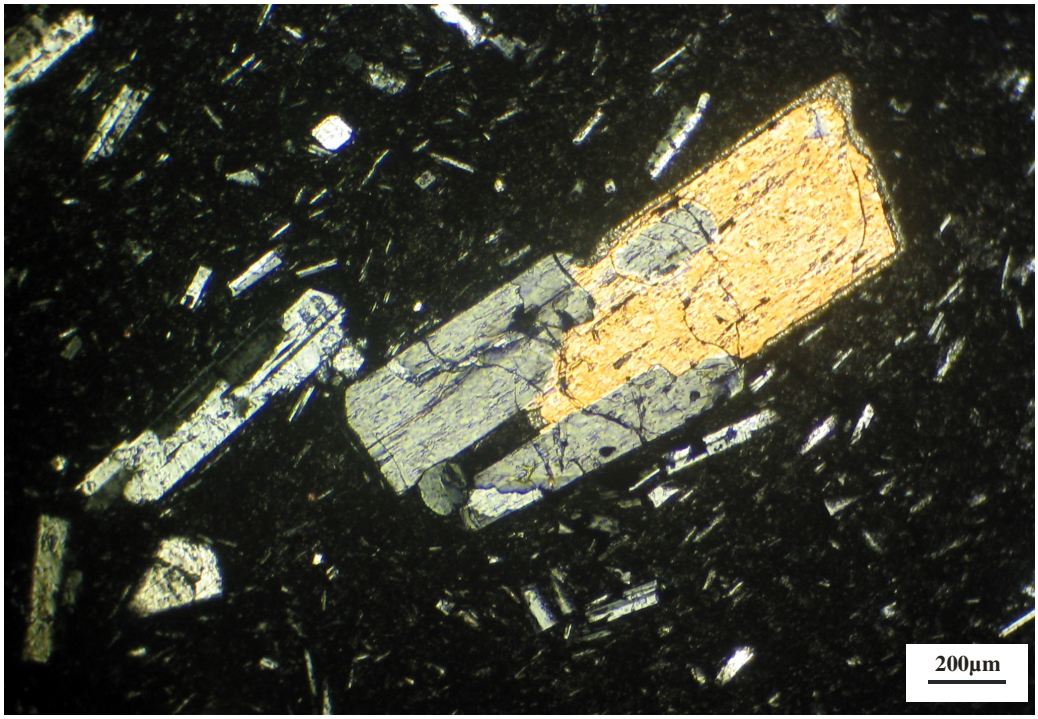
Orto/klinopiroksenler özşekilli, kısa ve uzun prizmatik kristaller olarak gözlenirler. Ortopiroksenler çatlak ve kristal kenarları boyunca kloritleşme gösterirler. Kırklar lavındaki piroksenler kompozit kristaller olarak da görülmektedirler. Bu tür kristallerin merkez kısımları ortopiroksen kenar kısımları ise klinopiroksen bileşimindedir (Şekil 4.90).

Amfibollerin hemen hemen hepsi opak minerallerden ibaret psödomorf kristaller olarak gözlenirler. Bazıları ise opak mineral+piroksen+plajiyoklastan oluşan mineral topluluğuna dönüşmüştür.

Hamur fazı camsıdan mikrolitiğe kadar değişmektedir. Mikrolitik dokulu olanlarda trakitik, hyalopilitik doku gözlenmektedir.



Şekil 4.89. Kırklar lavında gözlenen süngerimsi plajiyoklas ve etrafındaki yeniden büyüme (KA-50, 32X, Ç.N.).



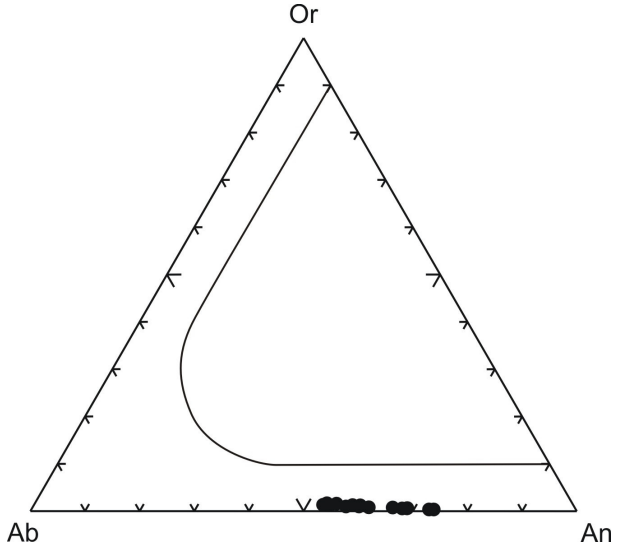
Şekil 4.90. Kırklar lavındaki kompozit piroksen (KA-50, 32X, Ç.N.).

4.2.9.2. Mineral kimyası

4.2.9.2.1. Plajiyoklas

Plajiyoklas feno ve mikrofenokristallerinin bileşimi labradordan (An_{53}) bitovnite (An_{74}) kadar değişmektedir (Şekil 4.91; Çizelge 4.51). Plajiyoklas fenokristallerinde normal ve ters zonlanma gözlenmektedir. Hamurda bulunan plajiyoklas mikrolitleri labrador bileşimindedir (An_{53-55}).

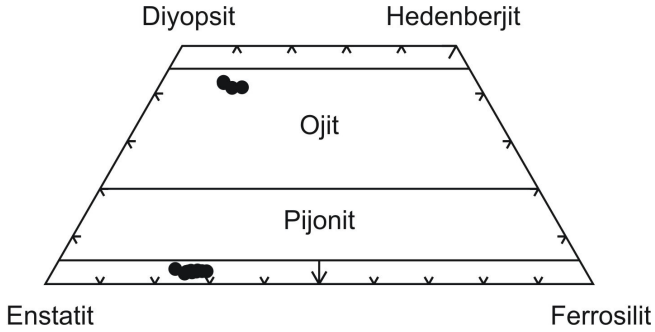
Şekil 4.89'daki plajiyoklasa ait mikroprob sonuçları incelendiğinde süngerimsi zona ait An değerlerinin % 66-74 arasında olduğu, yeniden büyüme zonuna ait An değerlerinin ise % 53 olduğu görülmüştür. Yüksek An içeriği süngerimsi plajiyoklasın bir ksenokristal olduğunu düşündürmektedir. Literatürde bu tür iri ve düzensiz cam kapanımları içeren plajiyoklaslar balpeteği (honeycomb) plajiyoklas olarak tanımlanırlar ve mağma karışımına yorumlanırlar. Bu tür plajiyoklasların kısmi çözünme sonucu süper soğutulmuş eriyiklerden gelişen iskeletsel kristaller olduğu düşünülmektedir. Bazik bir mağmanın asidik bir mağma ile karışımı esnasında süper soğumayla bazik mağmadaki plajiyoklas kısmi çözünmeye uğrayacak ve balpeteği plajiyoklaslar gelişecektir (Kawamoto, 1992). Sonuç olarak Kırklar lavındaki süngerimsi plajiyoklas asidik mağmaya enjekte olan bazik bir mağmaya ait kristal olarak yorumlanabilir.



Şekil 4.91. Kırklar lavındaki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması.

4.2.9.2.2. Piroksen

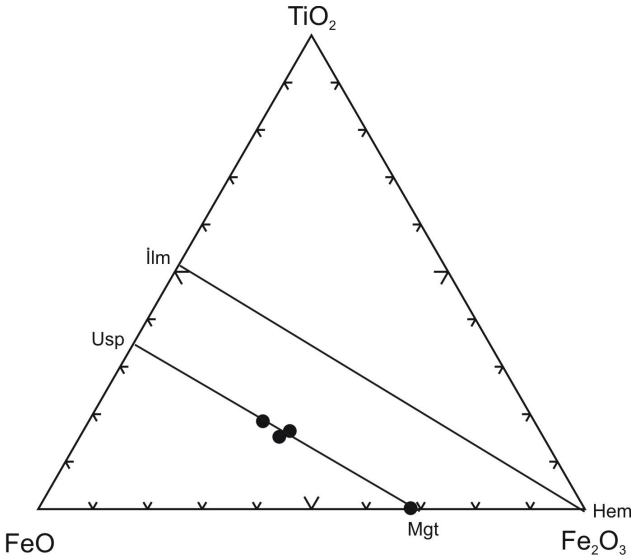
Piroksenler ojit ve enstatit bileşimindedir (Şekil 4.92; Çizelge 4.52). Ojitler $Wo_{41-43}En_{44-46}Fs_{15-11}$ bileşiminde ve $Mg^{\#}$ değerleri 0.75-0.81 arasındadır. Enstatitler $Wo_{2-3}En_{70-75}Fs_{28-22}$ bileşiminde ve $Mg^{\#}$ değerleri 0.72-0.78 arasındadır. Ojit ve enstatitler genel olarak homojen bileşime sahiptirler. Fakat bazılarında zayıf bir normal zonlanma gözlenmektedir.



Şekil 4.92. Kırklar lavındaki piroksenlerin Morimoto ve ark.'na (1988) göre sınıflaması.

4.2.9.2.3. Fe-Ti oksit

Fe-Ti oksitler manyetit bileşimindedir (Şekil 4.93; Çizelge 4.53). Manyetitler yüksek TiO_2 (% 0.2-16.1) içeriğine sahiptir. Ayrıca bunların Al_2O_3 içerikleri % 1.99-2.36, MgO içerikleri % 0.79-2.19 ve MnO içerikleri % 0.11-0.48 arasındadır.



Şekil 4.93. Kırklar lavındaki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

Çizelge 4.51. Kırklar lavındaki plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno		mikro	mikro	feno					mikro
KA-50	51-M	51-K	54	55	56-M	56-O1	56-O2	56-O3	56-K	57
SiO_2	53.83	54.41	55.58	55.16	50.11	51.35	55.56	50.34	52.18	55.31
TiO_2	0.01	0.05	0.02	0.05	0.04	0.05	0.01	0.05	0.03	0.03
Al_2O_3	29.09	28.63	27.82	28.15	31.64	30.52	27.76	31.24	29.81	27.71
FeO*	0.42	0.55	0.72	0.67	0.46	0.51	0.52	0.47	0.48	0.64
MnO	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
MgO	0.04	0.03	0.08	0.07	0.05	0.06	0.04	0.04	0.06	0.07
CaO	12.14	11.94	10.95	11.12	14.94	13.81	10.69	14.84	13.23	10.91
Na_2O	4.45	4.59	5.14	4.85	2.93	3.45	5.14	3.04	3.72	5.02
K_2O	0.17	0.22	0.29	0.27	0.06	0.10	0.23	0.06	0.13	0.21
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.03	0.06	0.00	0.02
Toplam	100.15	100.43	100.62	100.33	100.24	99.87	99.97	100.13	99.64	99.94
32 oksijene göre formül										
Si	9.73	9.81	9.99	9.94	9.13	9.36	10.03	9.19	9.52	10.00
Ti	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
Al	6.20	6.09	5.89	5.98	6.80	6.56	5.90	6.72	6.41	5.90
Fe^{+2}	0.06	0.08	0.11	0.10	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07	0.10
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
Ca	2.35	2.31	2.11	2.15	2.92	2.70	2.07	2.90	2.59	2.11
Na	1.56	1.60	1.79	1.69	1.04	1.22	1.80	1.07	1.32	1.76
K	0.04	0.05	0.07	0.06	0.01	0.02	0.05	0.01	0.03	0.05
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Toplam	19.96	19.96	19.98	19.94	19.99	19.97	19.94	19.99	19.95	19.95
An	59.51	58.21	53.19	55.00	73.54	68.51	52.79	72.71	65.77	53.86
Ab	39.48	40.49	45.15	43.40	26.13	30.93	45.87	26.92	33.47	44.88
Or	1.01	1.30	1.66	1.60	0.33	0.56	1.35	0.37	0.75	1.25

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir. M: merkez, K: kenar ve O1,2,.: fenokristallerin ortasındaki birbirini takip eden farklı zonları temsil etmektedir.

Çizelge 4.52. Kırklar lavındaki piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	feno		feno		mikro	mikro	feno		mikro	mikro
KA-50	Cpx 39-M	Cpx 39-K	Opx 40-M	Opx 40-K	Opx 41	Cpx 43	Cpx 44-M	Opx 44-K	Opx 45	Opx 46
SiO_2	52.28	52.69	53.50	53.29	53.23	50.72	51.54	53.79	53.82	53.45
TiO_2	0.47	0.39	0.27	0.30	0.28	0.64	0.59	0.27	0.25	0.21
Al_2O_3	2.44	1.53	1.64	1.70	1.73	2.66	3.15	1.33	1.36	0.77
FeO	7.01	8.31	15.64	15.91	16.78	9.24	6.85	15.82	16.71	17.72
MnO	0.20	0.24	0.33	0.34	0.40	0.26	0.17	0.40	0.43	0.48
MgO	16.33	16.10	26.68	26.05	25.90	15.19	16.10	26.57	26.00	25.17
CaO	20.69	20.37	1.31	1.41	1.45	20.09	20.57	1.35	1.34	1.36
Na_2O	0.35	0.27	0.02	0.00	0.00	0.40	0.41	0.02	0.00	0.04
K_2O	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01
Cr_2O_3	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.02	0.06	0.00
Toplam	99.82	99.91	99.40	99.03	99.81	99.22	99.59	99.58	99.99	99.21
6 oksijene göre formül										
Si	1.93	1.95	1.95	1.95	1.94	1.91	1.91	1.96	1.96	1.97
Al^{IV}	0.07	0.05	0.05	0.05	0.06	0.09	0.09	0.04	0.04	0.03
Al^{VI}	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.01	0.01	0.00
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Fe^{+3}	0.05	0.04	0.03	0.02	0.04	0.09	0.06	0.03	0.02	0.03
Fe^{+2}	0.17	0.22	0.44	0.47	0.47	0.20	0.15	0.45	0.49	0.52
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	0.90	0.89	1.45	1.42	1.41	0.85	0.89	1.44	1.41	1.38
Ca	0.82	0.81	0.05	0.06	0.06	0.81	0.82	0.05	0.05	0.05
Na	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Toplam	4.02	4.01	4.01	4.00	4.01	4.03	4.02	4.01	4.01	4.01
$Mg^{\#}$	0.81	0.78	0.75	0.75	0.73	0.75	0.81	0.75	0.74	0.72
Wo	42.20	41.21	2.58	2.81	2.85	41.35	42.48	2.65	2.64	2.68
En	46.35	45.32	72.98	72.02	70.87	43.51	46.27	72.55	71.10	69.28
Fs	11.45	13.46	24.44	25.17	26.29	15.14	11.25	24.80	26.26	28.04

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir. M: merkez, K: kenar.

$Mg^{\#} = Mg/(Mg+ Fe^{+2}+Fe^{+3})$

Çizelge 4.53. Kırklar lavındaki Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

örnek	Manyetit			
KA-50	Ox-25	Ox-26	Ox-27	Ox-28
SiO_2	0.15	0.77	1.15	0.26
TiO_2	15.15	16.08	13.03	0.19
Al_2O_3	2.04	2.14	2.36	1.99
Fe_2O_3	34.80	27.64	31.20	61.72
FeO	42.10	43.10	41.30	28.81
MnO	0.48	0.41	0.40	0.11
MgO	2.19	2.03	1.87	0.79
CaO	0.07	0.08	0.12	0.01
Cr_2O_3	0.10	0.07	0.30	0.01
V_2O_5	0.66	0.90	1.14	0.07
Toplam	97.74	93.22	92.87	93.95
4 oksijene göre formül				
Si	0.01	0.03	0.05	0.01
Ti	0.43	0.48	0.39	0.01
Al	0.09	0.10	0.11	0.09
Fe^{+3}	0.99	0.82	0.93	1.87
Fe^{+2}	1.33	1.42	1.36	0.97
Mn	0.02	0.01	0.01	0.00
Mg	0.12	0.12	0.11	0.05
Ca	0.00	0.00	0.01	0.00
Cr	0.00	0.00	0.01	0.00
V	0.02	0.02	0.03	0.00
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00

Fe^{+2} ve Fe^{+3} ayırımı Droop'a (1987) göredir.

4.3. Jeokimya

4.3.1. Giriş

Bu bölümde çalışma alanında yer alan volkanik kayaçların jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla petrografik incelemesi yapılmış ve en az veya hiç alterasyona uğramamış 85 adet volkanik kayaç örneğinin ana, iz ve nadir toprak element analizleri yaptırılmıştır. Analizleri yapılan örneklerin koordinatları EK-2'de verilmiştir.

Bu bölümde incelenen volkanik kayaçların kimyasal bileşimindeki değişiklikler ile oluşumlarında etkili olan mağmatik olaylar arasındaki ilişki ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Analiz laboratuvarından toplam demir olarak gelen Fe_2O_3 değerinde CIPW normlarını hesaplayabilmek için FeO ve Fe_2O_3 ayrımı yapılmıştır. Bu amaçla Middlemost (1989) tarafından volkanik kayaçlar için önerilen Fe_2O_3/FeO oranları kullanılmıştır.

Elde edilen ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) analiz sonuçlarıyla beraber hesaplanan CIPW normları ve bazı jeokimyasal parametreler (DI: Diferansiyasyon indeksi, SI: Katılaşma indeksi, $Mg^{\#}$: Magnezyum numarası vs.) EK-3 ve 4'de verilmiştir.

4.3.2. Volkanik Kayaçların Kimyasal Adlama ve Sınıflaması

İncelenen volkanik kayaçları adlandırmak için IUGS tarafından (Le Maitre ve ark., 2002) önerilen Le Bas ve ark.'nın (1986) toplam alkali-silis (TAS) diyagramı kullanılmıştır. TAS diyagramı taze volkanik kayaçlar için uygundur. Kimyasal analizle elde edilen ateşte kayıp (LOI) değeri alterasyonun bir göstergesi olarak kullanılabilir. Genel olarak LOI değerinin % ~ 2.5 olması durumunda kayaç taze olarak değerlendirilmektedir. LOI değerine bakıldığında, kimyasal analizi yapılan volkanik kayaçların hemen hemen tümünü taze volkanik kayaç olarak değerlendirmek mümkündür. Ayrıca bu diyagramı kullanmadan önce, analiz sonuçlarını susuz bazda % 100'e yeniden hesaplamak ve bazı alanlara düşen kayaçları doğru adlayabilmek için de CIPW normlarını belirlemek gerekmektedir.

TAS diyagramında Hacıreşit lavlarına ait örnekler bazalt (B), trakibazalt (TB), bazaltik trakiandezit (BTA), trakiandezit (TA) ve trakit (T) alanlarına düşmektedir (Şekil 4.94). B, TB, BTA, TA ve T alanlarına düşen kayaçlar için IUGS tarafından bazı kriterler dikkate alınarak alt sınıflamalar yapılmıştır. IUGS'ye göre normatif nefelin (Ne) içeren bazaltlar, alkali bazalt olarak tanımlanmıştır. İncelenen bazalt örnekleri normatif Ne içerdiğinden alkali bazalt (AB) olarak adlandırılmıştır. TB, BTA, TA alanları IUGS tarafından aşağıdaki şekilde bölümlendirilmiştir (Çizelge 4.54).

Çizelge 4.54. IUGS'ye göre TAS diyagramında TB, BTA ve TA alanlarına düşen kayaçların alt sınıflaması.

	Trakibazalt	Bazaltik trakiandezit	Trakiandezit
$Na_2O - 2.0 \geq K_2O$	Havayit	Mujearit	Benmorit
$Na_2O - 2.0 < K_2O$	Potasik trakibazalt	Şoşonit	Latit

Çizelge 4.54'e göre Hacıreşit lavlarına ait TB örnekleri hem havayit, hem de potasik trakibazalt, BTA örnekleri hem mujearit hem de şoşonittir. Ancak Hacıreşit lavlarının genel olarak sodik eğilime sahip olmasına dayanarak TB örnekleri havayit, BTA örnekleri mujearit olarak adlanmıştır. TA örnekleri ise benmorittir. Ayrıca

IUGS'ye göre T alanına düşen kayaçların q (= normatif 100*Q/[Q+or+ab+an]) değeri % 20'den küçük olanları trakit büyük olanları ise trakidasit olarak tanımlanmaktadır. İncelenen kayaçlar buna göre trakidasittir.

TAS diyagramında Yaraşlı andezitine ait örnekler andezit, Gölbek ve Karadağ andezitine ait örnekler andezit ve dasit, Yenice lavlarına ait örnekler andezit ve dasit, Dipdede ve Hamzadağ dasitine ait örnekler dasit alanına düşmektedirler. İlaveten, volkanik breş çakılı ve tüflerden alınan örnekler ise andezit, dasit ve riyolit alanına düşmektedirler (Şekil 4.94). Gölbek ve Karadağ andezitine ait bazı örneklerin dasit alanına düşmesi, kayaçların petrografik adlaması yapılırken sadece fenokristal fazların dikkate alınarak adlama yapılmasından kaynaklanmalıdır. Bu kayaçları oluşturan hamurun fenokristallerden SiO_2'ce daha zengin olduğu dikkate alındığında, tüm kayaç kimyasal analizinde SiO_2'ce daha zengin bileşimler ortaya çıkması doğaldır. Böylece mineralojik ve petrografik özellikleriyle andezit olarak adlanan kayaçlar TAS diyagramında dasit alanına düşebilmektedir. Ayrıca böylesi bir durum için Na_2O, K_2O ve SiO_2'nin alterasyon esnasında hareketli olduğu düşünülürse, alterasyonun da buna neden olduğu söylenebilir.

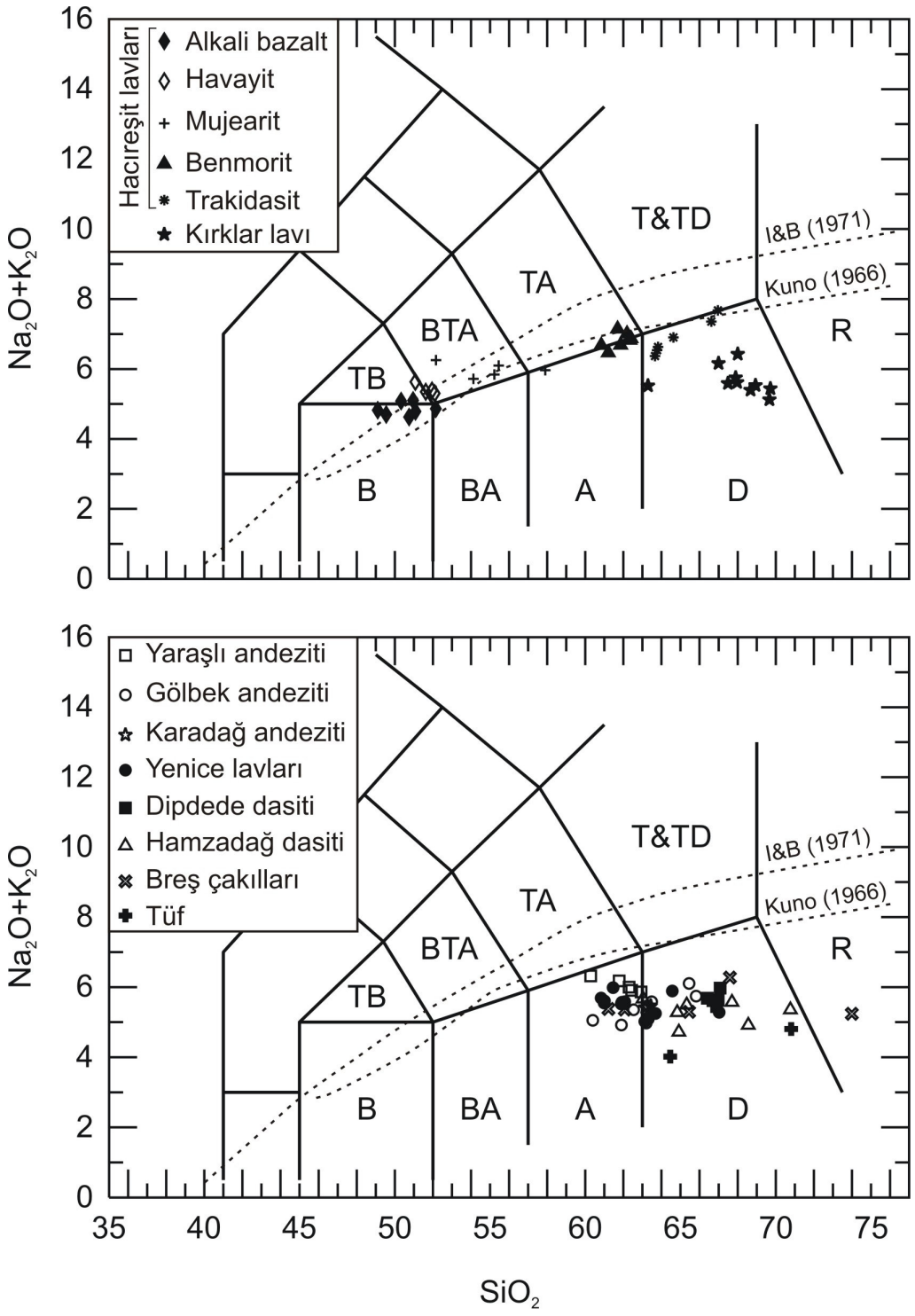
Volkanik kayaçlar alkali ve subalkali olmak üzere iki ana mağma serisine ayrılabilmektedir. Bu nedenle TAS diyagramı üzerine alkali ve subalkali alanları ayırmak için Kuno'ya (1966) ve Irvine ve Baragar'a (1971) ait ayırım eğrileri çizilmiştir (Şekil 4.94). Kuno'nun (1966) alkali-subalkali ayırım eğrisi dikkate alındığında Haçıreşit lavlarına ait örneklerin alkali alanda veya alkali-subalkali ayırım eğrisi üzerinde yer aldığı görülmektedir. Böylece Hacıreşit lavlarına ait örneklerin bazı trakidasit örnekleri hariç hafif alkali diferansiyasyon trendi izlediği söylenebilir. Ancak Irvine ve Baragar'a (1971) göre Hacıreşit lavları bazı bazaltik örnekler hariç subalkali alana düşmektedir. Bu dağılımlar dikkate alındığında, Hacıreşit lavlarının geçişli (transitional) hafif alkali volkanik topluluk oluşturduğu söylenebilir. İncelenen diğer tüm andezitik ve dasitik örnekler ise subalkali alana düşerler. TAS diyagramında subalkali örnekler SiO_2 artışına karşın alkalilerce (Na_2O+K_2O) hemen hemen yataya yakın bir yönseme sunarken, Hacıreşit lavlarına ait hafif alkali örnekler pozitif yönseme sunmaktadırlar.

Hacıreşit lavlarına ait alkali bazalt örnekleri genel olarak Ol, Ne ve Di normatiftir. Fakat bazı bazalt örnekleri Ol, Hy ve Di normatiftir. Havayit örnekleri Ol, Hy ve Di normatiftir. Bir havayit örneği ise Ol, Ne ve Di normatiftir. Mujearit örneklerinden bazıları Ol, Hy ve Di normatifken bazıları ise Q, Hy ve Di normatiftir. Benmorit ve trakidasit örnekleri Q, Hy ve Di normatiftir. Fakat bazı trakidasit örnekleri Q ve Hy normatiftir. Subalkali kayaçlardan Dipdede dasiti ve tüf örnekleri Q ve Hy normatifken, diğerleri Q, Hy ve Di normatiftir.

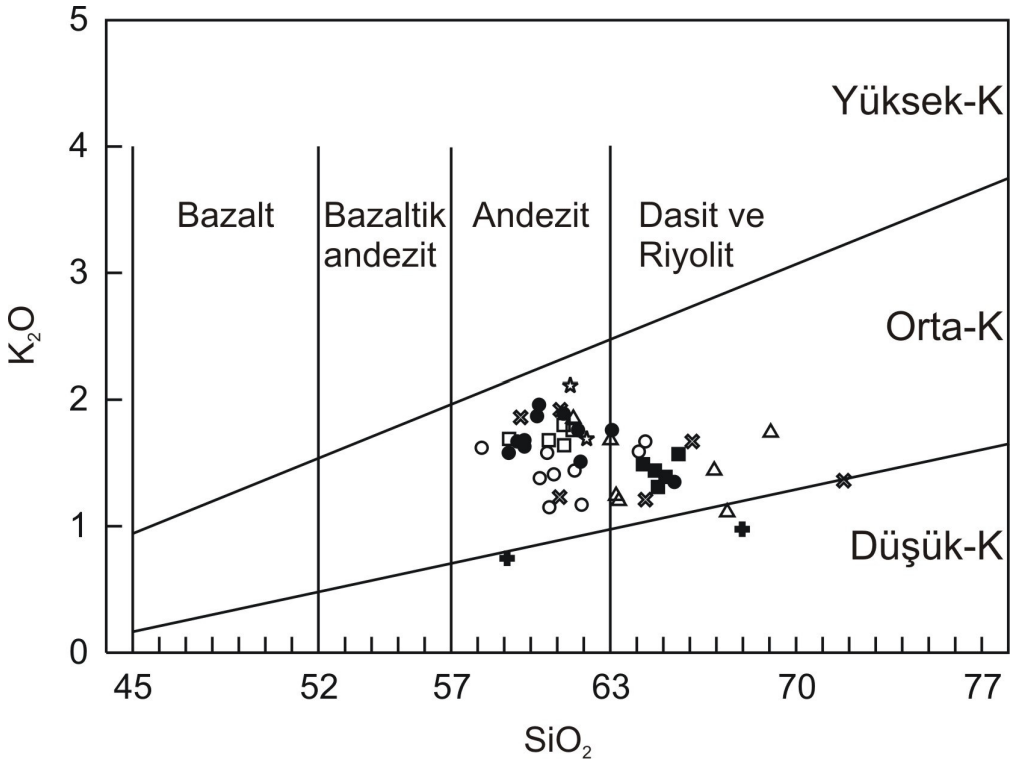
TAS diyagramında B, BA, A, D ve R alanlarına düşen subalkali kayaçlar K_2O içerikleri dikkate alınarak Düşük-K, Orta-K ve Yüksek-K olmak üzere üçe ayrılabilmektedir. İncelenen subalkali andezit ve dasitler bu diyagramda Orta-K alanına düşmektedir (Şekil 4.95).

Subalkali kayaçlar toleyitik ve kalkalkali olmak üzere iki farklı seriye ayrılabilmektedir. İncelenen subalkali volkanitler AFM diyagramı esas alındığında belirgin şekilde kalkalkali alanda yer alırlar (Şekil 4.96).

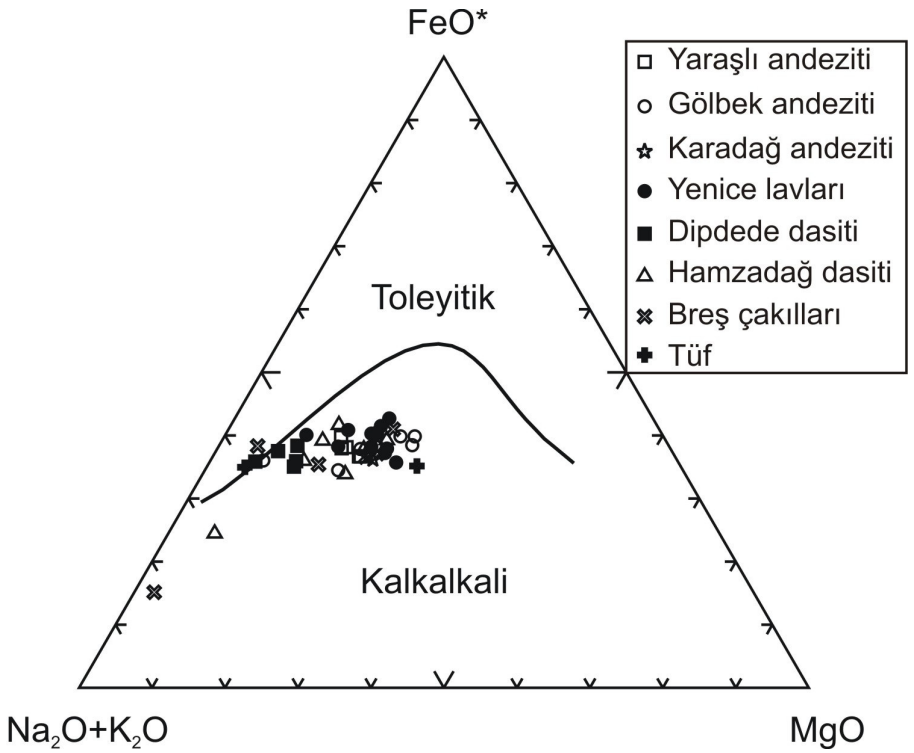
İlaveten incelenen volkanik kayaçların kimyasal özelliklerini belirlemek ve sınıflamak için Irvine ve Baragar'ın (1971) normatif mineralojiyi esas alan diyagramları kullanılmıştır. An-Ab'-Or üçgen diyagramına göre Hacıreşit lavlarına ait hafif alkali örnekler birkaçı hariç sodik bileşime sahiptir (Şekil 4.97a). Diğer taraftan, incelenen subalkali volkanitler An-Ab'-Or üçgen diyagramında normal kayaç tipi alanına düşmektedirler (Şekil 4.97b). Ayrıca normatif plajiyoklas bileşimine (NPC= AnX100/[An+Ab+5/3Ne]) karşı normatif renk indisi (NCI= Ol+Px+Mt+Ilm) diyagramında Hacıreşit lavlarına ait hafif alkali örnekler alkali bazalt, havayit, mujearit ve benmorit alanlarına düşmektedir (Şekil 4.98a). Subalkali örnekler ise andezit ve dasit alanlarına düşerler (Şekil 4.98b).



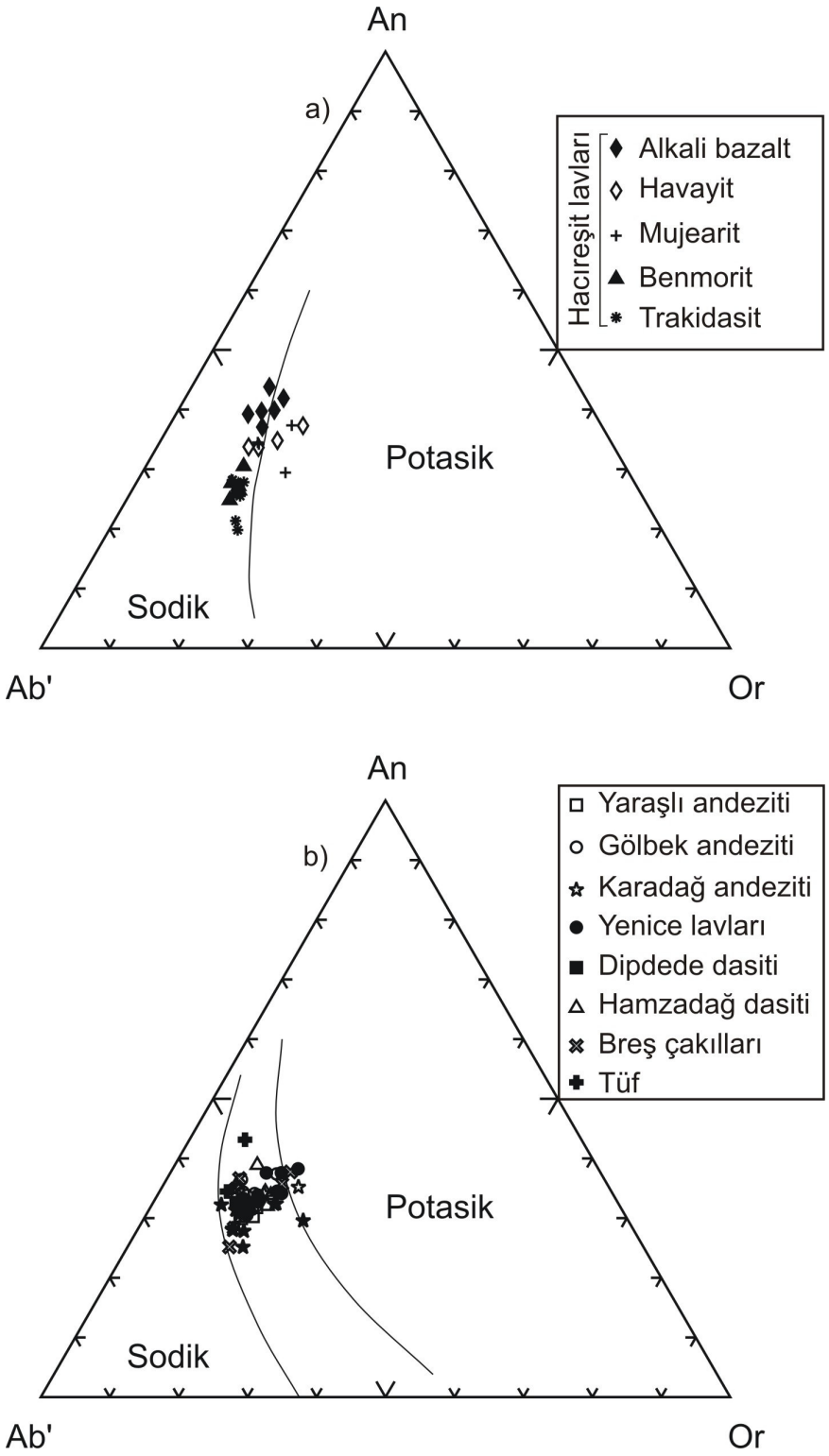
Şekil 4.94. İncelenen volkanik kayaçların toplam alkali-silis (TAS) diyagramı (Le Bas ve ark., 1986). B: Bazalt, BA: Bazaltik andezit, TB: Trakibazalt, BTA: Bazaltik trakiandezit, TA: Trakiandezit, A: Andezit, T: Trakit, TD: Trakidasit, D: Dasit, R: Riyolit. Kesikli çizgiler Irvine ve Baragar (1971) ve Kuno'ya (1966) göre alkali ve subalkali alanları ayırmaktadır.



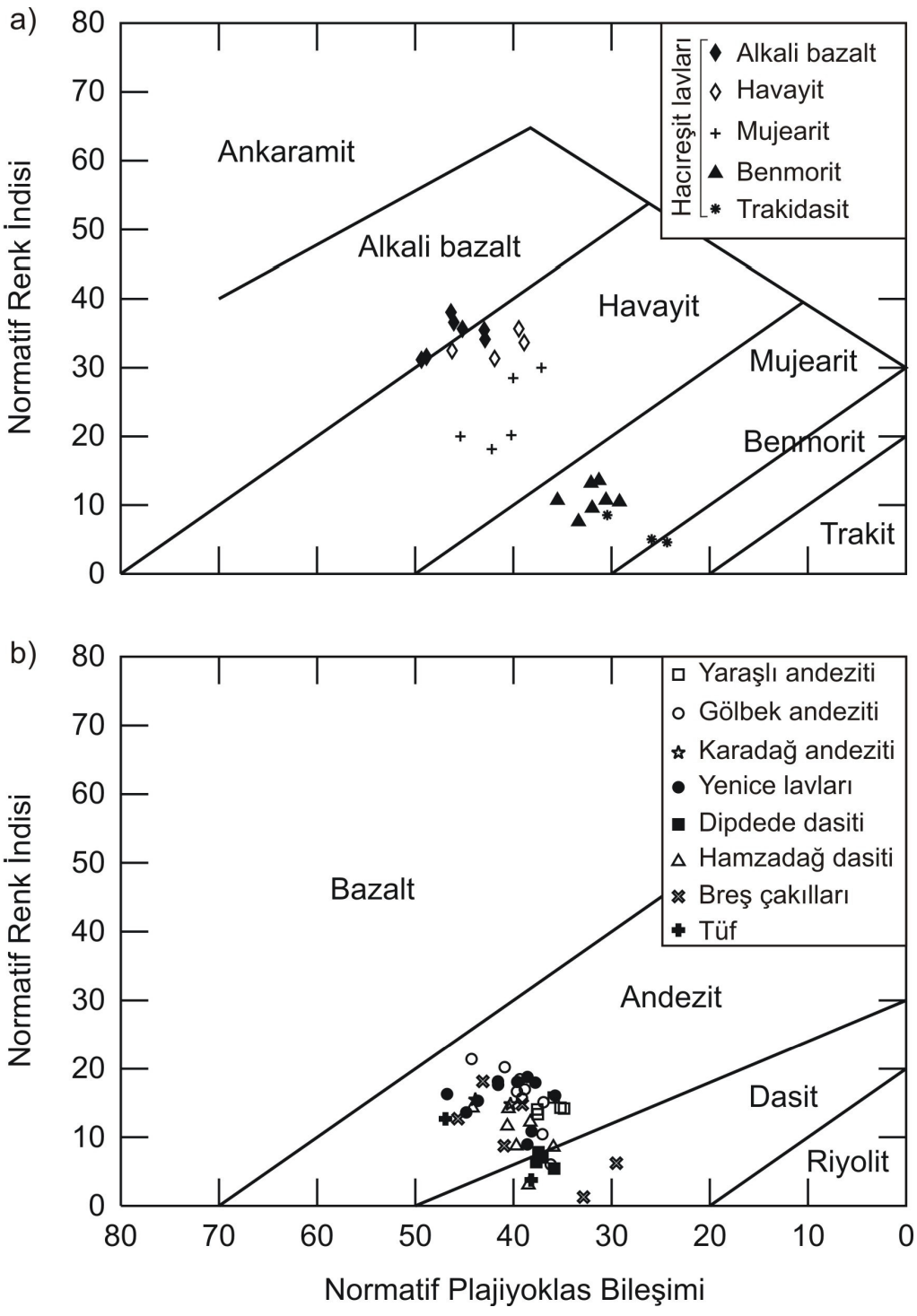
Şekil 4.95. İncelenen subalkali volkanik kayaçların K_2O-SiO_2 diyagramı (Le Maitre ve ark., 2002). Semboller Şekil 4.96 ile aynıdır.



Şekil 4.96. Subalkali volkanik kayaçların AFM diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).



Şekil 4.97. Alkali (a) ve subalkali (b) volkanik kayaçların sodik ve potasik kayaç tiplerini gösteren An-Ab'-Or üçgen diyagramında sınıflaması (Irvine ve Baragar, 1971).



Şekil 4.98. Alkali (a) ve subalkali (b) volkanik kayaçların Normatif Plajiyoklas Bileşimi-Normatif Renk İndisi diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).

4.3.3. Kalkalkali Volkanitler

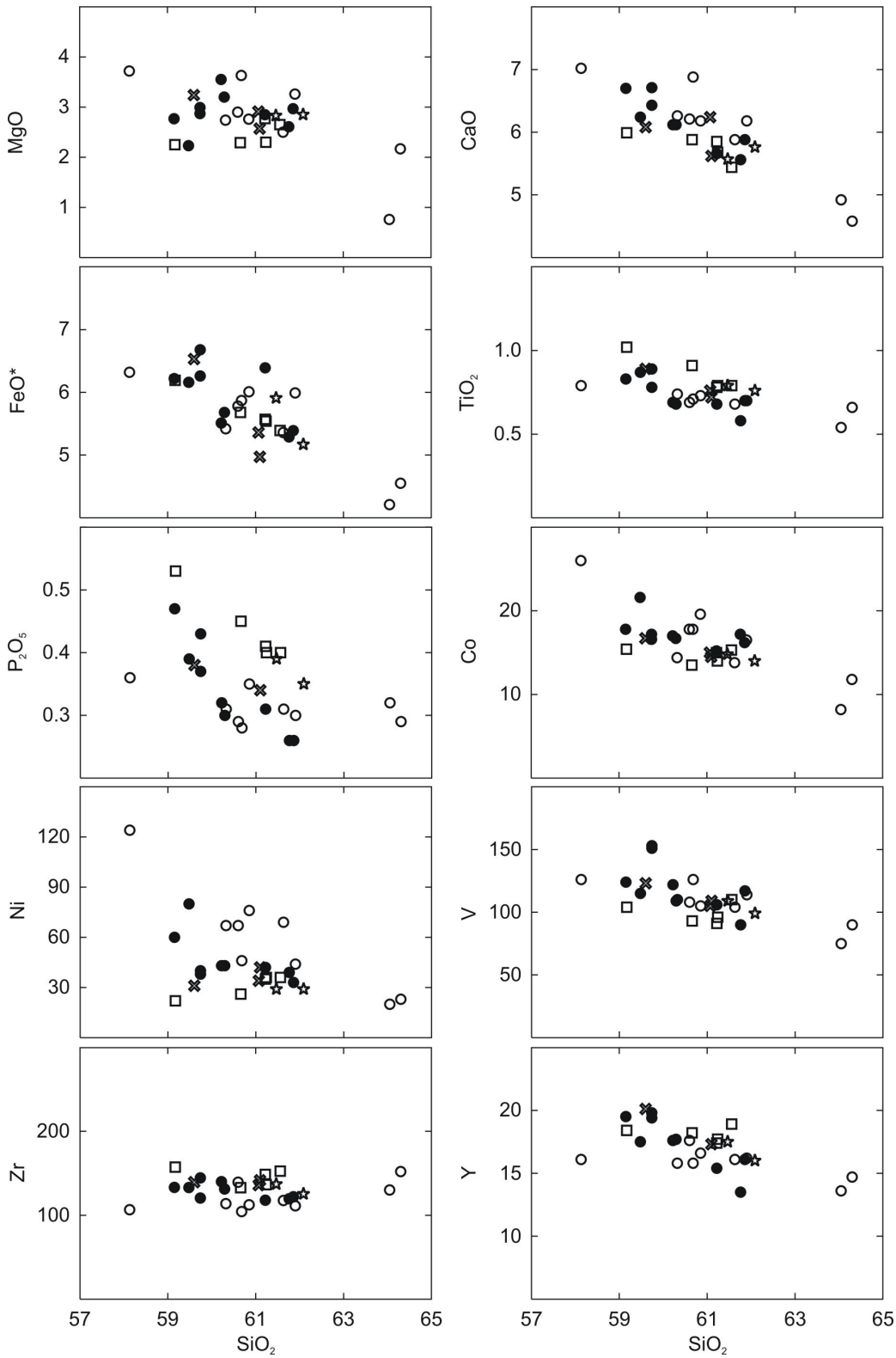
4.3.3.1. Andezitler

4.3.3.1.1. Ana oksit ve iz elementler

İncelenen andezitik kayaçlar Orta-K içeriğine sahip ve kalkalkali bileşimdedir. Andezitler SiO_2 % 58.13-64.30, MgO % 3.72-0.76, Al_2O_3 % 15.25-17.47, CaO % 4.58-7.02, FeO* % 4.21-6.68, TiO_2 % 0.54-1.0, P_2O_5 % 0.26-0.53, Na_2O % 2.98-4.51 ve K_2O % 1.15-2.11 arasında değişen ana oksit içeriğine sahiptir. Andezitlerin büyük iyon yarıçaplı element- BİYE (Sr, Ba ve Rb) ve hafif nadir toprak element-HNTE (La, Ce) içeriği yüksek, yüksek alan enerjili element-YAEE (Nb, Ta, Hf, Zr, Y) ve geçiş grubu element (Co, Cr, Ni) içeriği düşüktür.

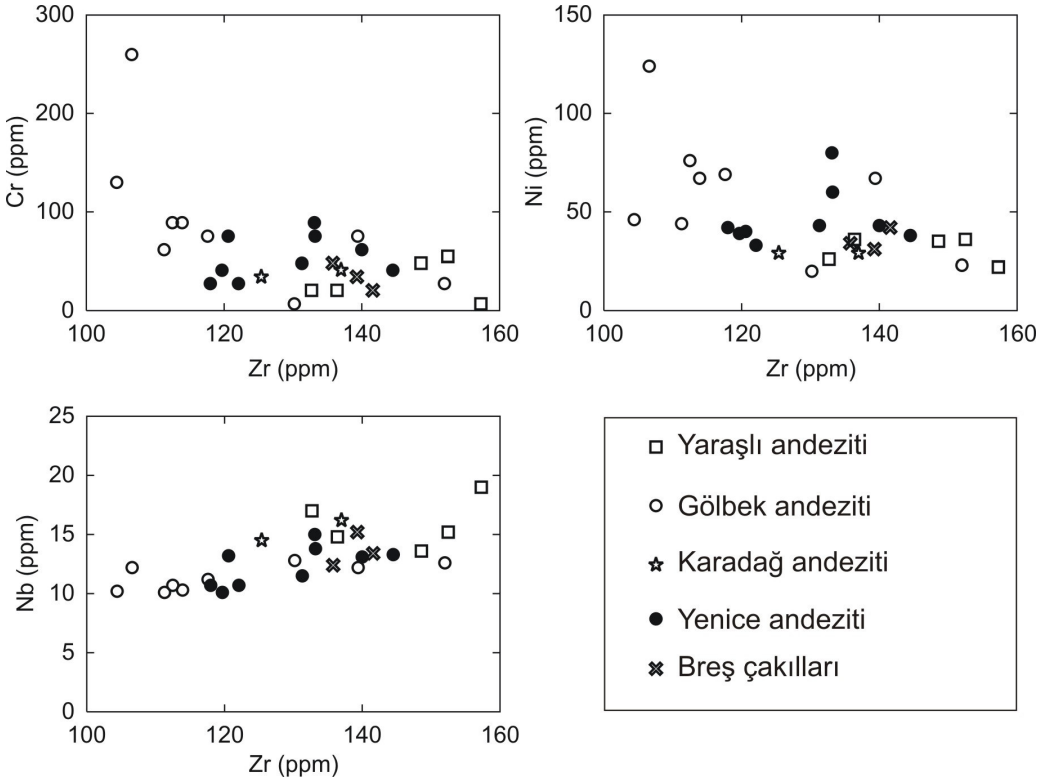
Harker diyagramlarında ana oksit ve iz elementlerin çoğu SiO_2'ye karşı iyi korelasyon vererek düzgün yönsemeler sunmaktadır (Şekil 4.99). SiO_2 artarken MgO, CaO, FeO*, TiO_2, P_2O_5, Co, Ni, V ve Y azalmaktadır. Ayrıca SiO_2 artarken uyumsuz bir iz element olan Zr sabit kalmakta veya hafifçe artmaktadır. Bu durum kayaçların gelişiminde fraksiyonel kristalleşmenin etkili olduğunu göstermektedir.

SiO_2'ye karşı ana oksit ve iz elementlerdeki düzgün yönsemeler kayaçlar içerisinde gözlenen fenokristal fazların fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır. SiO_2 artarken MgO, CaO, Co ve Ni'nin azalması klinopiroksen, FeO*, TiO_2 ve V'nin azalması Fe-Ti oksitlerin, P_2O_5 azalması ise apatit fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır. Y andezitik ergiyiklerde amfibol için uyumludur ($D_Y^{amp/liq}$=2.5: ortaç; Pearce ve Norry, 1979). Bu nedenle Y'de gözlenen negatif yönseme amfibol fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır. Ayrıca kalkalkalin volkanik kayaçların gelişiminde hornblendin önemli bir fraksiyonlaşma fazı olduğu bilinmektedir (Cawthorn ve O'Hara, 1976).



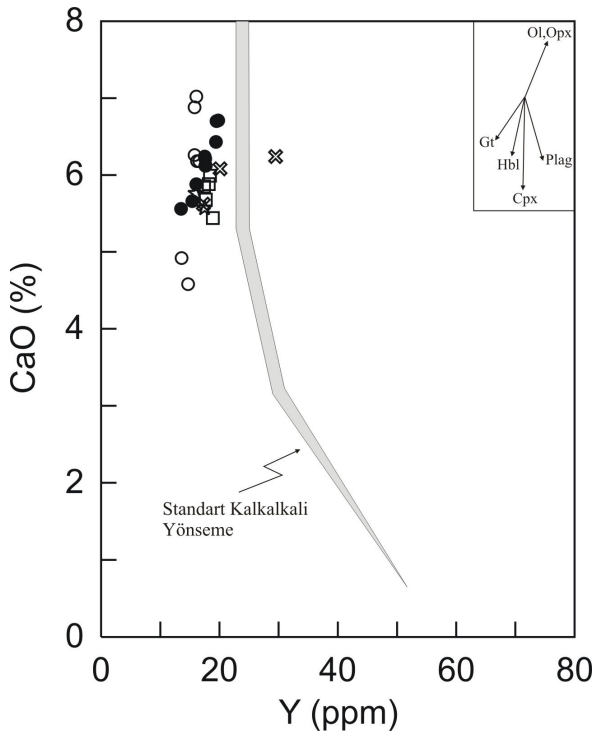
Şekil 4.99. Andezitlerin SiO_2 (%)'ye karşı seçilmiş ana oksit (%) ve iz element (ppm) değişim diyagramları. Semboller Şekil 4.100 ile aynıdır.

Fraksiyonlaşma indeksi olarak Zr'ye karşı Cr ve Ni'nin değişimleri incelendiğinde, Zr artarken Cr ve Ni azalarak negatif korelasyon vermektedir. Bu değişimler klinopiroksen ve manyetit fraksiyonlaşmasının mağmatik gelişimde önemli olduğunu göstermektedir. Zr artarken Nb artarak pozitif korelasyon vermektedir. Bu da Nb'nin fraksiyonel kristalleşme esnasında uyumsuz davranışını yansıtmaktadır (Şekil 4.100).



Şekil 4.100. İncelenen andezitik kayaçların Zr'ye karşı Cr, Ni ve Nb'nin değişimleri.

Lambert ve Holland (1974) kalkalkali kayaç gruplarında standart kalkalkali yönsemesine göre, Y içeriğindeki zenginleşmeyi ve fakirleşmeyi esas alarak L ve J-tipi yönsemeler tanımlamıştır (Şekil 4.101). Buna göre L-tipi yönsemeler plajiyoklas+klinopiroksen kontrollü fraksiyonel kristalleşmeyi, J-tipi yönsemeler ise hornblend+klinopiroksen denetimli fraksiyonel kristalleşmeyi yansıtmaktadır. İncelenen andezitik kayaçlar bu diyagramda Y'ce tüketilerek hornblend+klinopiroksen denetimli fraksiyonlaşma trendi izlemektedir. Bu durum incelenen andezitik kayaçlarda hornblend ve klinopiroksen fenokristallerinin bolca bulunmasıyla uyumludur.

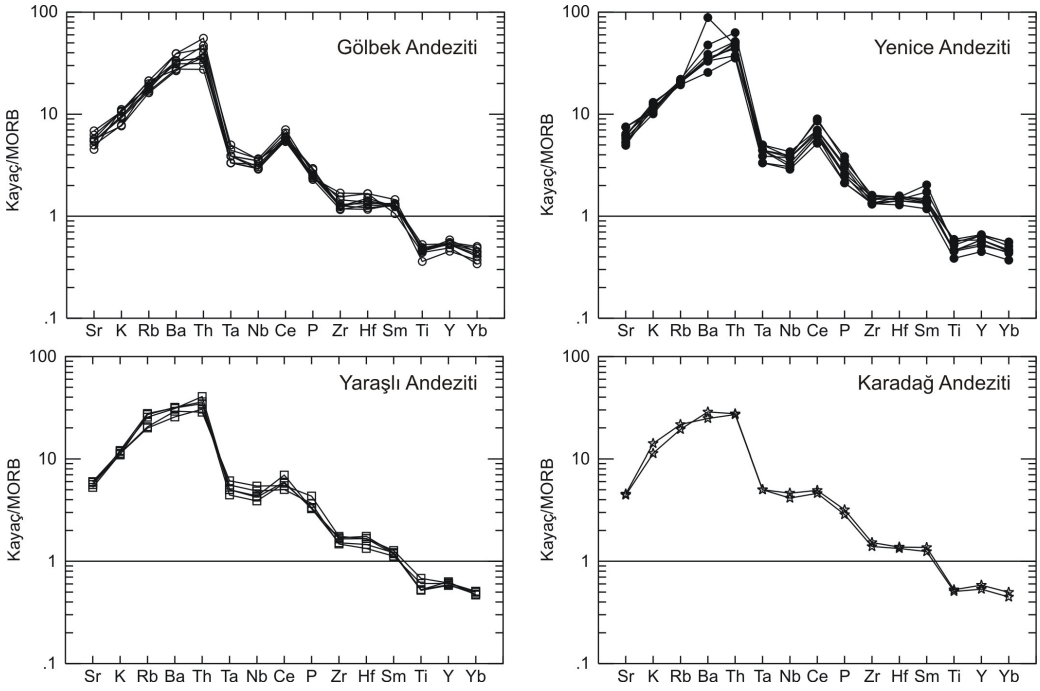


Şekil 4.101. Andezitik kayaçların CaO'ye karşı Y diyagramı (Lambert ve Holland, 1974). Vektörler yaygın silikatların fraksiyonlaşma yönlerini göstermektedir. Semboller Şekil 4.100 ile aynıdır.

4.3.3.1.2. Uyumsuz elementler

Andezitlerin MORB'a göre normalize edilmiş uyumsuz element desenleri Şekil 4.102'de gösterilmiştir. Genel olarak andezitler büyük iyon yarıçaplı elementler-BİYE (K, Rb, Ba ve Th) bakımından yüksek alan enerjili elementlere-YAEE (Hf, Zr, Nb ve Ta) göre zenginleşme sunmaktadırlar. BİYE konsantrasyonları sulu akışkan faz tarafından kontrol edilirken, YAEE'ler kaynak kayacın kimyası ve kristal/eriyik prosesleri tarafından kontrol edilirler (Rollinson, 1993). Yitim zonlarında BİYE'ler dalan dilimden ayrılarak kolayca üstteki manto kamasına transfer olurlar ve manto kamasını metasomatizmaya uğratırlar. Diğer taraftan YAEE'ler dalan dilimde alıkonulurlar (Pearce, 1982; 1983). Böylece incelenen andezitik kayaçların uyumsuz element karakteristikleri yitimle ilişkili proseslerin bir sonucu olabilir. Bunun yanı sıra BİYE'lerin kıtasal kabuktaki bollukları yüksektir. Bu nedenle bu elementlerin zenginleşmesi incelenen andezitik kayaçların kabuk

kontaminasyonundan etkilendiğini gösterebilir. Andezitlerin tümünde görülen negatif Ti anomalisi Fe-Ti oksitlerin fraksiyonlaşmasını göstermektedir. Andezitlerin uyumsuz element desenlerinin birbirlerine benzerlik sunması, bunların benzer veya aynı kökenden türediklerini göstermektedir. Hatta Gölbek ile Yenice andezitinin ve Yaraşlı ile Karadağ andezitinin hemen hemen aynı desene sahip olması bu kayaçların aynı mağmatik olaylar ürünü olduğunu öne sürmektedir (Winter, 2001).



Şekil 4.102. İncelenen andezitik kayaçların MORB'a (Pearce, 1983) normalize edilmiş uyumsuz element desenleri.

4.3.3.1.3. Nadir toprak elementler

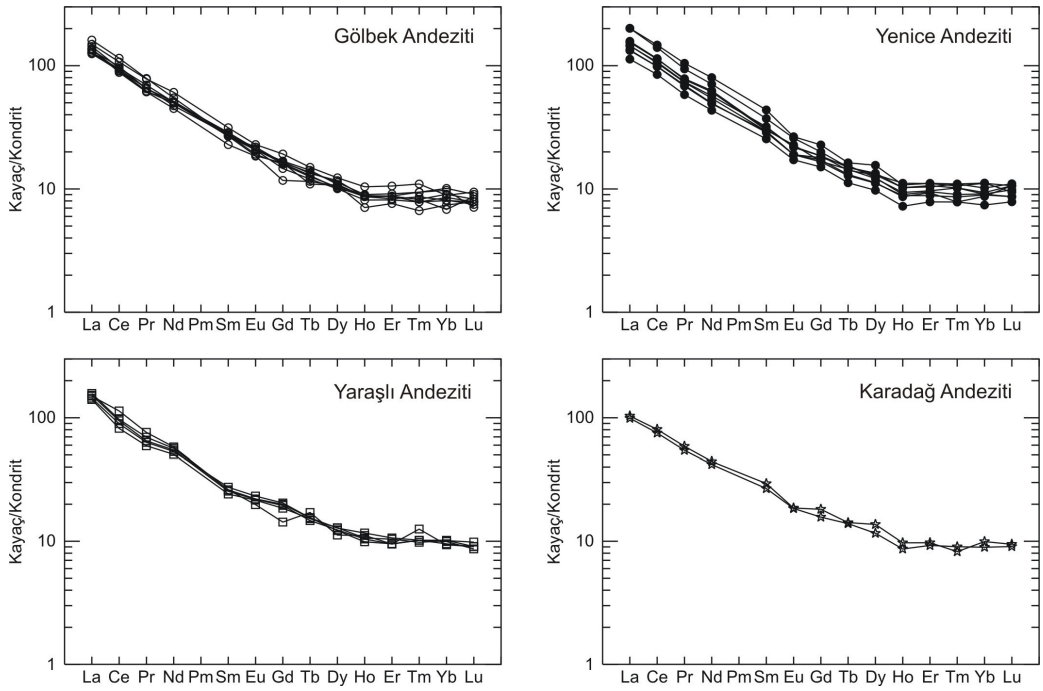
Andezitler, yukarıya doğru konkav, HNTE'ce önemli derecede zenginleşmiş (La/Lu_N= 10.9-21.3) ve yatay ANTE (Ho/Lu_N= 0.8-1.3) desenlerine sahiptir (Çizelge 4.55; Şekil 4.103). Andezitler önemli bir Eu anomalisi göstermezler. Bu durum plajiyoklasın önemli bir fraksiyonlaşma fazı olmadığını göstermektedir. Fakat Yenice ($(Eu/Eu^*)_N$= 0.8)) ve Karadağ ($(Eu/Eu^*)_N$= 0.78)) andezitlerine ait bazı örnekler zayıf da olsa negatif Eu anomalisi göstermektedirler. Yaraşlı ve Yenice andezitlerinin bol miktarda amfibol içerdiği dikkate alındığında, yukarı konkav, HNTE'ce zenginleşmiş ve yatay HNTE desenleri andezitlerin gelişiminde amfibol

fraksiyonlaşmasının önemli rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca HNTE'ce zenginleşme kabuk kayaçlarının asimilasyonu ve/veya silisik kısmi eriyiklerle karışımında bir sonucu olabilir.

Çizelge 4.55. İncelenen andezitik kayaçların bazı NTE oranları.

	La(N)	Yb(N)	Lu(N)	La/Yb(N)	La/Lu(N)	Eu/Eu* (N)	La/Sm(N)	Ho/Lu(N)
Gölbek	125-162	6.8-10.1	7.1-9.5	12.7-21.8	14.2-20.5	0.89-1.13	4.5-6.0	0.9-1.2
Yenice	113-201	7.4-11.2	7.9-11	13.9-19.8	12.5-21.3	0.83-1.01	4.4-5.4	0.8-1.1
Yaraşlı	141-157	9.4-10.2	8.7-9.8	13.9-16.5	14.3-17.6	0.97-1.03	5.3-6.0	1.1-1.3
Karadağ	99-103	8.9-9.9	9.1-9.5	10.4-11.2	10.9-11.0	0.80-0.90	3.5-3.7	0.9-1.0

$Eu/Eu^* = Eu_{(N)} / \sqrt{Sm_{(N)}.Gd_{(N)}}$ (Taylor ve McLennan, 1985).



Şekil 4.103. İncelenen andezitik kayaçların kondrite (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş NTE desenleri.

4.3.3.1.4. Andezitlerin kaynak özellikleri

İncelenen andezitik kayaçların genel jeokimyasal özellikleri yakınsayan levhalarla ilişkili yitim zonu volkanitlerine benzemektedir. Bu jeokimyasal özellikler, düşük YAEE (Nb, Ta, Zr, Ti) içerikleri, yüksek BİYE (Sr, K, Rb, Ba) ve yüksek HNTE (La, Ce) içerikleri şeklindedir (Saunders ve ark., 1980; Gill, 1981; Ewart; 1982; Pearce, 1983). Ayrıca Gill'e (1981) göre orojenik andezitler yüksek Ba/La (>15) ve Ba/Nb (>25) oranlarıyla karakteristiktirler. İncelenen andezitler yüksek Ba/La (15-51) ve Ba/Nb (30-154) oranlarıyla orojenik andezitlere benzerlik sunarlar.

Andezitik mağmalar genel olarak üç bileşenden oluşur. Bunlardan iki tanesini yiten malzemeden kaynaklanan okyanusal kabuk ve sedimanlar, üçüncüsünü ise yiten levhanın üstündeki manto kaması (astenosferik veya litosferik) oluşturmaktadır.

Andezitlerin düşük MgO, Cr ve Ni içerikleri bunların peridotitik bir manto kaynağının doğrudan kısmi ergimesiyle oluşmadığını göstermektedir. Andezitler sık sık bazalttan daha felsik bileşimlere kadar değişen ayrımlaşma serilerinin bir bölümü olarak kabul edilir (Gill, 1981; Grove ve Kinzler, 1986). Ana oksit ve iz element değişimlerinde gözlenen kuvvetli korelasyonlar incelenen andezitlerin daha bazik bir ana mağmadan fraksiyonel kristalleşme (±mağma karışımı ve asimilasyon) yoluyla oluştuğunu göstermektedir.

4.3.3.2. Dasitler

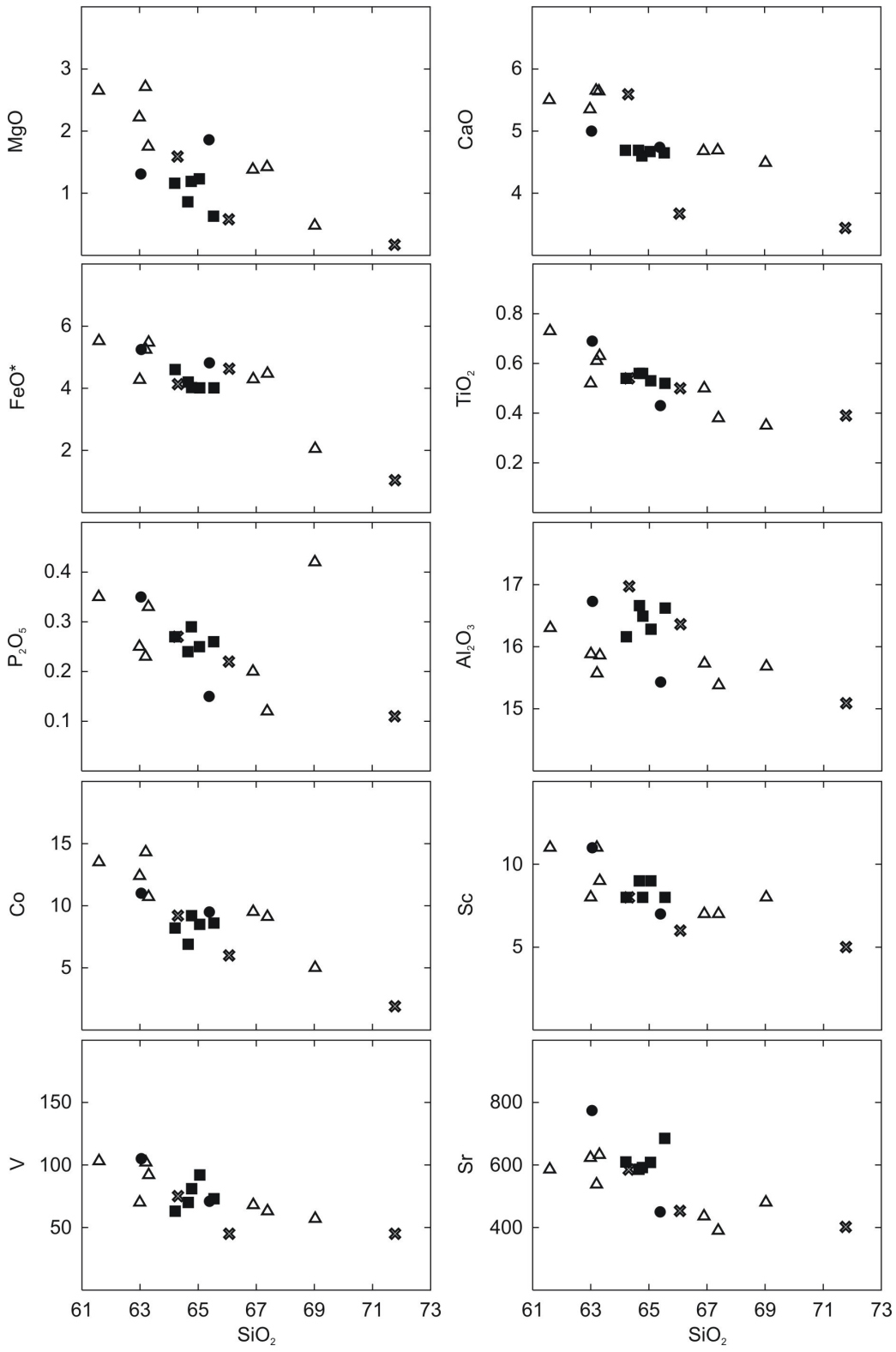
4.3.3.2.1. Ana oksit ve iz elementler

İncelenen dasitik kayaçlar Orta-K içeriğine sahip ve kalkalkali bileşimdedir. Dasitler SiO_2 % 63.00-71.78, MgO % 0.17-2.71, Al_2O_3 % 15.09-16.97, CaO % 3.44-5.65, FeO* % 1.04-5.52, TiO_2 % 0.35-0.73, P_2O_5 % 0.11-0.42, Na_2O % 3.4-4.5 ve K_2O % 1.11-1.85 arasında değişen ana oksit içeriğine sahiptir. Dasitlerin Mg numaraları 20-51 arasında değişmektedir.

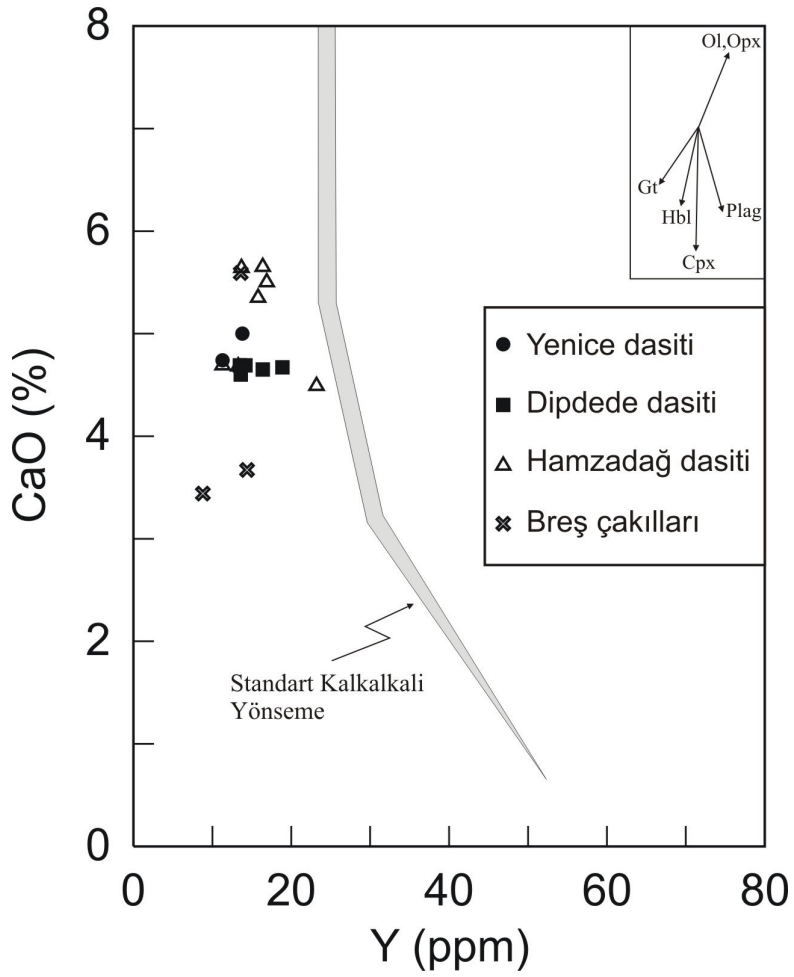
Dasitler yüksek Al_2O_3 (> %15), Sr (390-774 ppm), Cr (7-55 ppm), Ni (5-59 ppm), düşük K_2O/Na_2O (0.3-0.5) oranları ve düşük Y (8.8-18.9 ppm), Yb (0.9-1.8 ppm) içerikleriyle adakitik volkanitlere oldukça benzerlik sunmaktadırlar. Adakitler yüksek Al_2O_3 (> %15), Sr (> 300 ppm), Na_2O (%3.5 $\leq Na_2O \leq$ % 7.5), Cr (36$\pm$34 ppm), Ni (24$\pm$19 ppm), yüksek Mg no (~51), düşük K_2O/Na_2O oranları (~0.42) ve düşük Y ($\leq$18 ppm), Yb ($\leq$1.8 ppm) içerikleriyle karakteristiklerdir (Martin, 1999; Defant ve Drummond, 1990).

Ana oksit ve iz elementlerin bazıları SiO_2'ye karşı iyi korelasyon vermektedir (Şekil 4.104). SiO_2 artarken MgO, CaO, Co ve Sc'nin azalması piroksen ve amfibolün, CaO, Al_2O_3 ve Sr'nin azalması plajiyoklasın, FeO*, TiO_2 ve V'nin azalması Fe-Ti oksitlerin, P_2O_5'nin azalması apatitin fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır. Gözlenen bu değişimler kayaçlarda yer alan fenokristal fazlarla uyum içerisindedir.

Lambert ve Holland (1974) kalkalkali kayaç gruplarında standart kalkalkali yönsemesine göre, Y içeriğindeki zenginleşmeyi ve fakirleşmeyi esas alarak L ve J-tipi yönsemeler tanımlamıştır (Şekil 4.105). Buna göre L-tipi yönsemeler plajiyoklas+klinopiroksen kontrollü fraksiyonel kristalleşmeyi, J-tipi yönsemeler ise hornblend+klinopiroksen denetimli fraksiyonel kristalleşmeyi yansıtmaktadır. İncelenen dasitik kayaçlar bu diyagramda Y'ce tüketilerek hornblend+klinopiroksen denetimli fraksiyonlaşma trendi izlemektedir. Ancak Hamzadağ dasitine ait bazı örnekler Y'ce zenginleşerek plajiyoklas kontrollü fraksiyonlaşma trendi izlemektedir.

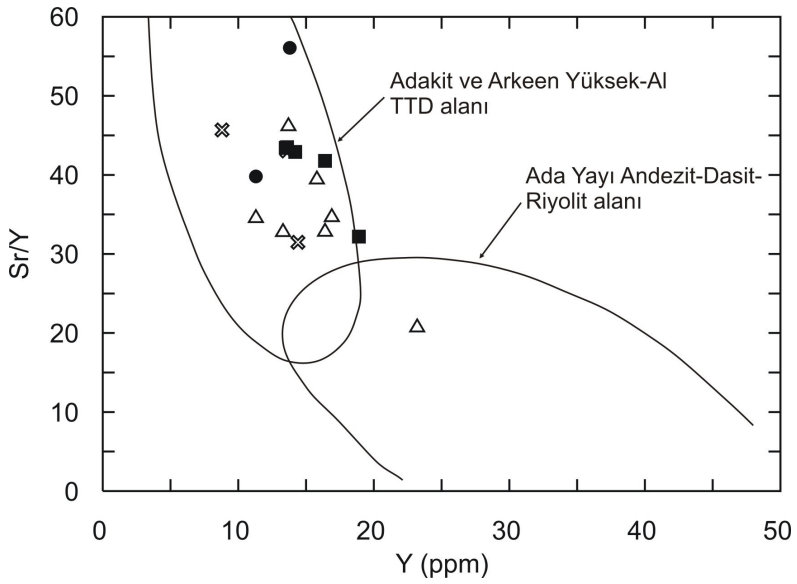


Şekil 4.104. Dasitlerin SiO_2 (%)'ye karşı seçilmiş ana oksit (%) ve iz element (ppm) değişim diyagramları. Semboller Şekil 5.12 ile aynıdır.

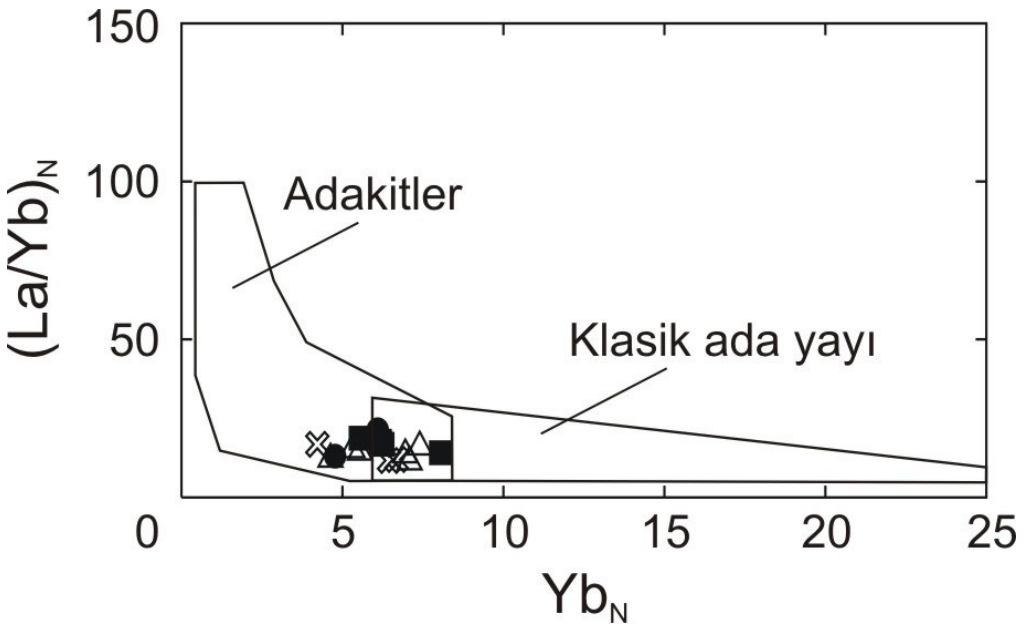


Şekil 4.105. Dasitik kayaçların CaO'ye karşı Y diyagramı (Lambert ve Holland, 1974). Vektörler yaygın silikatların fraksiyonlaşma yönlerini göstermektedir.

Adakitler ile kalkalkali yay dasitleri arasındaki en temel farklar bunların nadir toprak element (NTE), Y ve Sr içeriklerinde gizlidir. Adakitler tipik olarak yüksek Sr/Y ve düşük Y içerikleriyle karakteristiktirler. Defant ve Drummond'a (1990) göre metamorfize bazaltın kısmi ergimesiyle yüksek Sr/Y ve düşük Y içeriğine sahip dasitik eriyik oluşabilmektedir. Buna karşılık ada yaylarında manto kamasının kısmi ergimesi sonucu oluşan bazaltik mağma ve bunun sonraki kapalı-veya açık-sistem diferansiyasyonu ile oluşan andezit, dasit ve riyolitler düşük Sr/Y ve yüksek Y içeriğine sahiptir. İncelenen dasitik kayaçlar yüksek Sr/Y ve düşük Y içerikleriyle adakitlere oldukça benzemektedir (Şekil 4.106). İlaveten incelenen dasitler göreceli olarak yüksek $(La/Yb)_N$ oranları ve düşük $(Yb)_N$ içerikleriyle adakitlere benzemektedirler (Şekil 4.107).



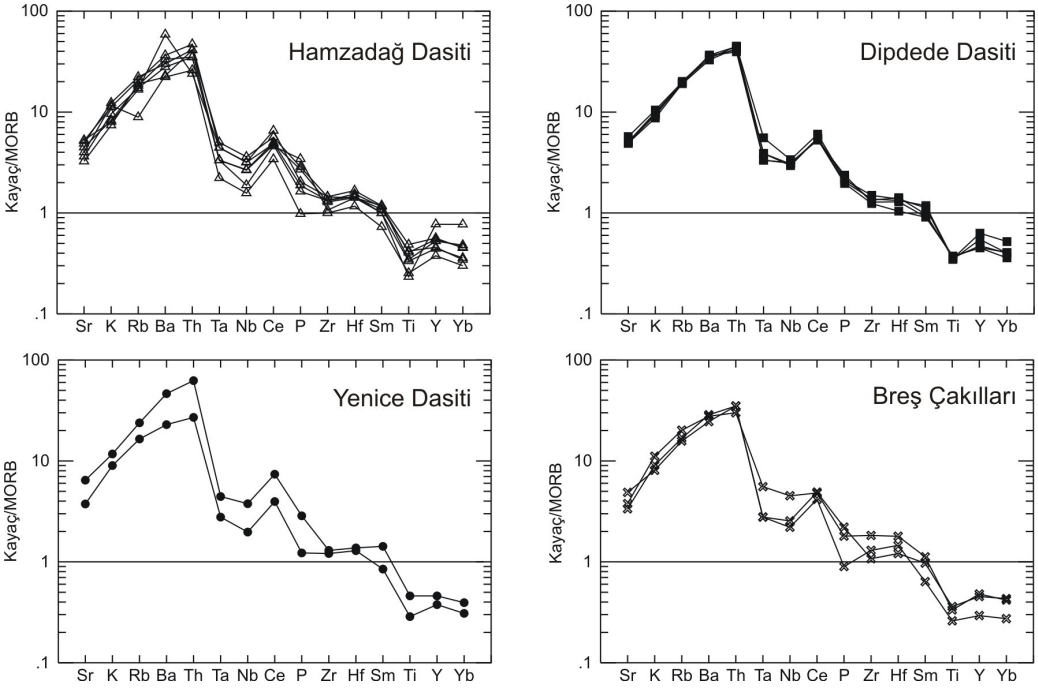
Şekil 4.106. Dasitlerin Sr/Y'ye karşı Y diyagramı. Karşılaştırma için diyagram üzerinde adakit ve Arkeen high-Al trondjemit-tonalit-dasit (TTD) alanı ve ada yayı andezit-dasit-riyolit alanları gösterilmiştir (Defant ve Drummond, 1990). Semboller Şekil 4.105 ile aynıdır.



Şekil 4.107. İncelenen dasitik kayaçların adakit ve yay volkanitlerini ayıran $(La/Yb)_N$ karşı $(Yb)_N$ diyagramındaki dağılımları (Martin, 1986).

4.3.3.2.2. Uyumsuz elementler

Dasitler BİYE (Sr, K, Rb, Ba, Th) ve Ce açısından önemli zenginleşme sunmaktadırlar (Şekil 4.108). Belirgin Ti ve daha az belirgin P anomalileri Fe-Ti oksit ve apatitlerin fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır. Ayrıca dasitler negatif Nb ve Ta anomalileri göstermektedir. Bu anomaliler manto kaynağındaki yitim bileşenine işaret etmektedir. Oldukça uyumsuz elementlerin (Nb ve Ta) MORB'a göre zenginleşme (1-5 X MORB) sunması levha içi bileşene işaret etmektedir (Pearce, 1983).



Şekil 4.108. İncelenen dasitik kayaçların MORB'a (Pearce, 1983) normalize edilmiş uyumsuz element desenleri.

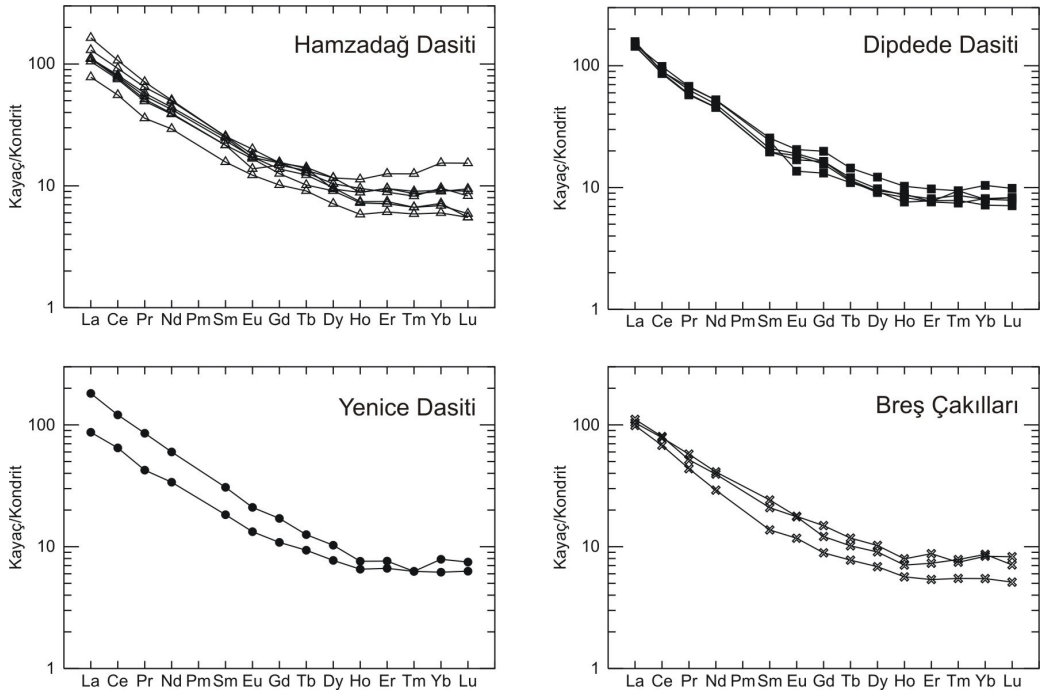
4.3.3.2.3. Nadir toprak elementler

Dasitler $(La/Lu)_N$ oranları 7-23 arasında değişen, yukarı konkav, kaşık şekilli ve HNTE'ce zenginleşmiş NTE desenlerine sahiptir (Çizelge 4.56; Şekil 4.109). Bu dağılım dasitlerde yer alan amfibol dikkate alındığında amfibol fraksiyonlaşmasına işaret etmektedir (Green ve Pearson, 1985; Romick, 1987). Hamzadağ ve Dipdede dasitlerine ait bazı örneklerde plajiyoklas fraksiyonlaşmasını yansıtan zayıf negatif Eu anomalisi gözlenmektedir.

Çizelge 4.56. İncelenen dasitik kayaçların bazı NTE oranları.

	La(N)	Yb(N)	Lu(N)	La/Yb(N)	La/Lu(N)	Eu/Eu*	La/Sm(N)	Ho/Lu(N)
Hamzadağ	78-164	6.0-15.4	5.5-15.4	6.8-17.1	6.8-20.0	0.77-1.01	4.5-6.4	0.7-1.3
Dipdede	144-157	7.2-10.4	7.1-9.8	15.2-20.1	16.0-20.4	0.76-1.05	6.2-7.5	1.0-1.1
Yenice	87-181	6.2-7.9	6.3-7.5	14.1-23.0	13.8-24.3	0.92-0.94	4.8-5.9	1.0
Breş Çakıl	99-111	5.5-8.7	5.1-8.3	12.5-18.1	12.6-19.3	0.94-1.10	4.3-7.2	0.9-1.1

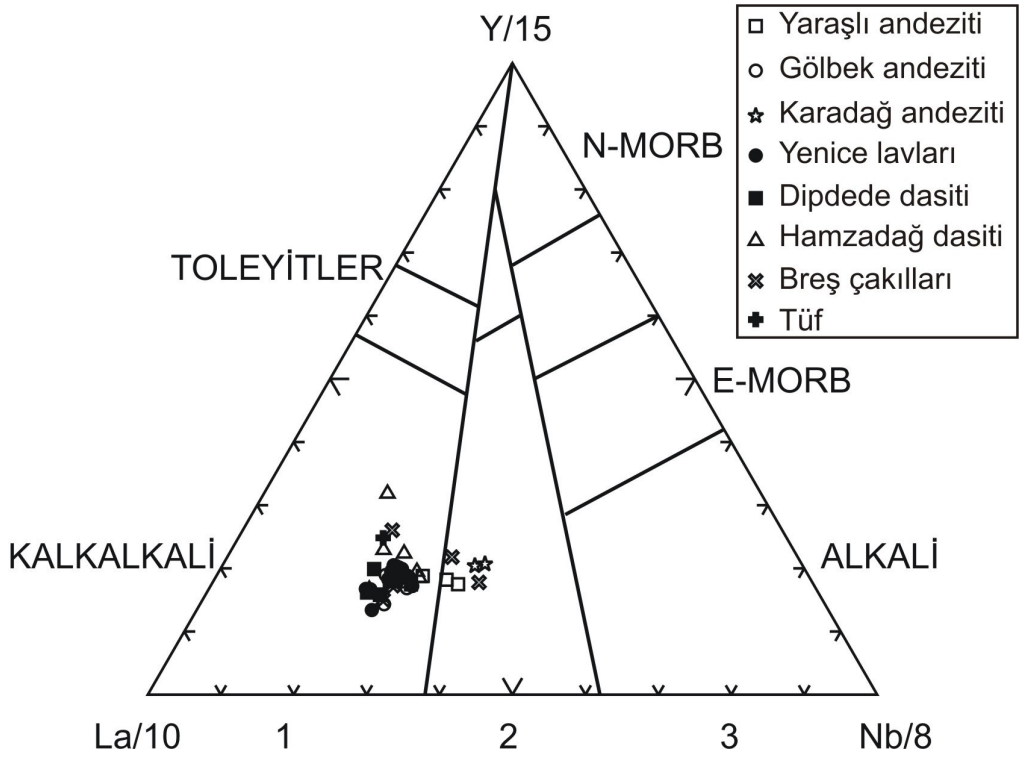
$Eu/Eu^* = Eu_{(N)} / \sqrt{Sm_{(N)}.Gd_{(N)}}$ (Taylor ve McLennan, 1985).



Şekil 4.109. İncelenen dasitik kayaçların kondrite (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş NTE desenleri.

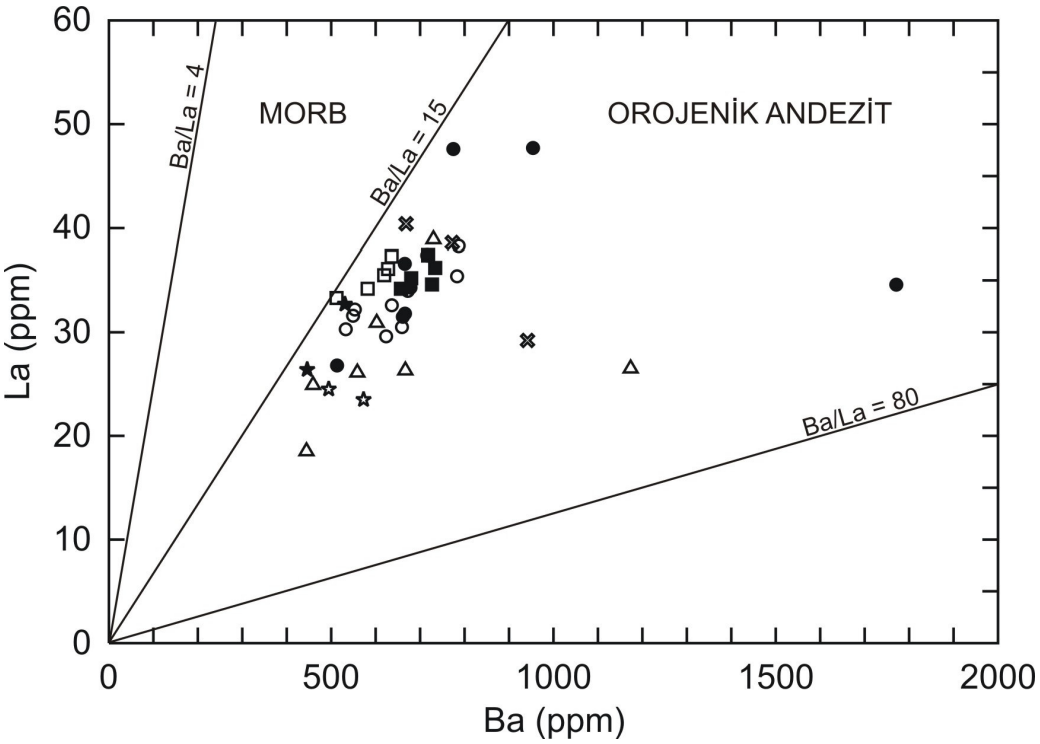
4.3.3.3. Kalkalkali volkanitlerin jeotektonik ortamı

Kalkalkali kayaçların jeotektonik ortamını araştırmak için farklı araştırmacılar tarafından önerilen diyagramlar kullanılmıştır. Cabanis ve Lecolle (1989) tarafından önerilen La/10-Y/15-Nb/8 üçgen diyagramında örnekler orojenik bölge (alan1) ve kıtasal kabuk etkileri gösteren geç-post orojenik bölgeye düşmektedir (alan 2). Bu diyagramda bazı kayaçların alan 2'ye düşmesi kayaçların gelişiminde kabuk kontaminasyonunun etkili olabileceğini göstermektedir (Şekil 4.110).



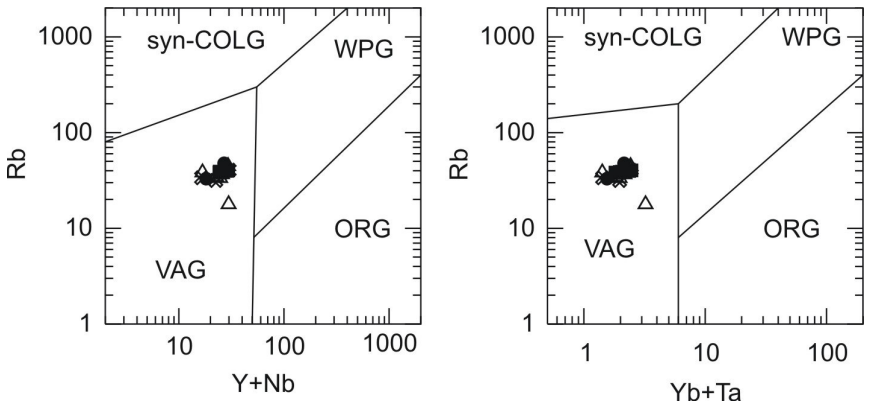
Şekil 4.110. Kalkalkali volkanitlerin La/10-Y/15-Nb/8 diyagramındaki dağılımları. 1- Orojenik bölge, 2- Kıtasal kabuk etkileri gösteren geç-post orojenik bölge, 3- Orojenik olmayan bölge (Cabanis ve Lecolle, 1989).

İncelenen andezitik kayaçlar Gill (1981) tarafından önerilen Ba-La diyagramına aktarıldığında yüksek Ba/La (>15) oranlarıyla karakteristik olan orojenik andezit alanına düşmektedirler (Şekil 4.111).



Şekil 4.111. Andezitlerin Ba-La diyagramındaki dağılımları (Gill, 1981). Semboller Şekil 4.110 ile aynıdır.

Pearce ve ark. (1984) iz elementleri kullanarak granitik kayaçların tektonik ortamını yorumlamaya çalışmışlardır. Bu tektonik ortam ayırtlama diyagramlarında incelenen dasit örnekleri belirgin bir şekilde "Volkanik Yay Granitleri (VAG)" alanına düşmektedirler (Şekil 4.112).



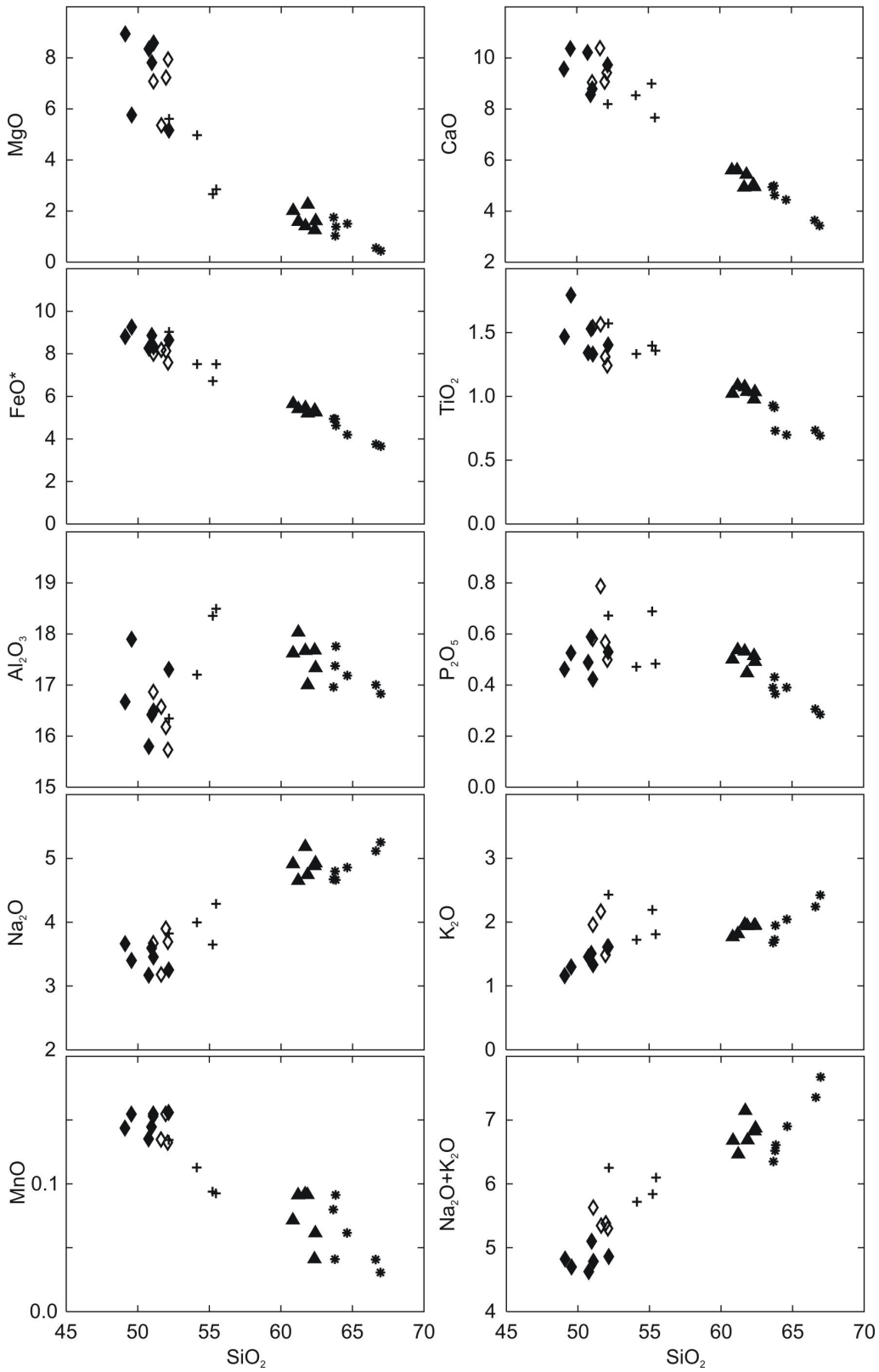
Şekil 4.112.Dasitlerin granitik kayaçlar için geliştirilen iz elementlere dayalı tektonik ortam ayırtman diyagramlarındaki dağılımları (Pearce ve ark., 1984). VAG: volkanik yay granitleri, syn-COLG: çarpışmayla yaşıt granitler, WPG: levha içi granitler, ORG: okyanus sırtı granitleri.

4.3.4. Alkali Volkanitler

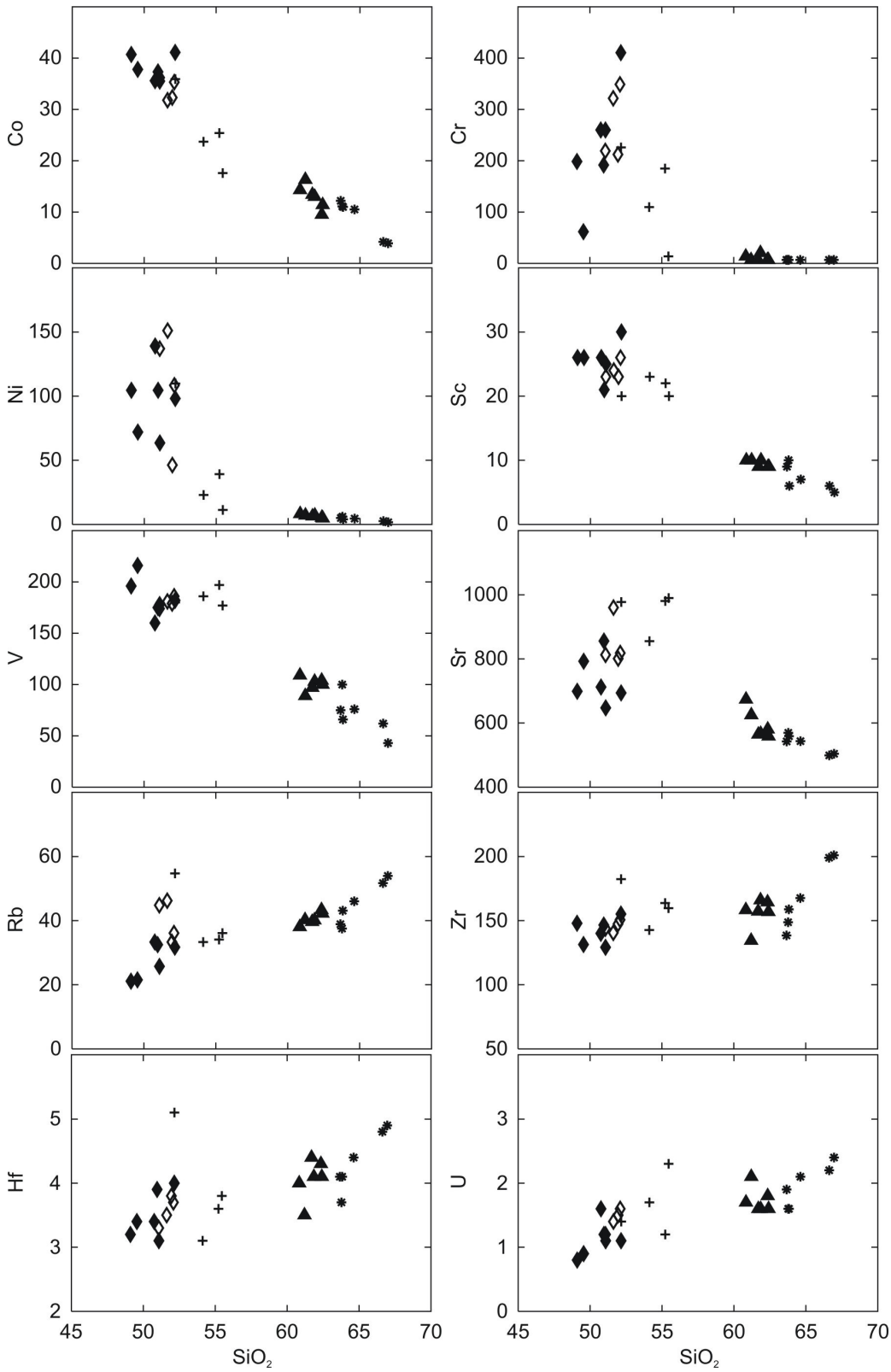
4.3.4.1. Ana oksit ve iz elementler

Alkali volkanitlerin SiO_2 içerikleri % 47.87'den % 68.02'ye kadar değişmektedir. Fakat alkali volkanitlerin SiO_2 içeriklerinde % 55-60 değerleri arasında bileşimsel bir boşluk gözlenmektedir. İncelenen diğer alkali volkanitlerle kıyaslandığında alkali bazaltların MgO, CaO, FeO*, TiO_2 ve MnO içerikleri yüksek, Na_2O ve K_2O içerikleri düşüktür. Serinin en farklılaşmış üyesi olan trakidasitlerde ise durum bunun tam tersidir.

SiO_2'ye karşı ana oksit ve iz element değişim diyagramlarında düzgün yönsemeler gözlenmektedir (Şekil 4.113 ve 4.114). Genel olarak SiO_2 artarken uyumlu elementlerde azalma, uyumsuz elementlerde ise artma gözlenmektedir. Bu sistematik değişimler kayaçlarda gözlenen fenokristallerin fraksiyonel kristalleşmesiyle ilgilidir. MgO, CaO, Co, Cr, Ni ve Sc'nin azalması olivin ve klinopiroksenin, FeO*, TiO_2 ve V azalması Fe-Ti oksitlerin fraksiyonlaşmasıyla ilgilidir. P_2O_5 bazaltik kayaçlarda (alkali bazalt, havayit ve mujearit) pozitif, farklılaşmış kayaçlarda (benmorit ve trakidasit) ise negatif yönsemeye sahiptir. Bu durum bazaltik kayaçlar için apatit birikmesine, farklılaşmış kayaçlar için apatit fraksiyonlaşmasına işaret etmektedir. Benzer şekilde Al_2O_3 ve Sr bazaltik kayaçlarda pozitif, farklılaşmış kayaçlarda negatif ilişki göstermektedir. Bu da bazaltik kayaçlarda plajiyoklas zenginleşmesini, farklılaşmış kayaçlarda ise plajiyoklas fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır. SiO_2'ye karşı Na_2O, K_2O, Rb, Zr, Hf ve U pozitif korelasyon vermektedir. Bu durum fraksiyonel kristalleşme sürecinde bu elementlerin uyumsuz davranmasıyla ilişkilidir.

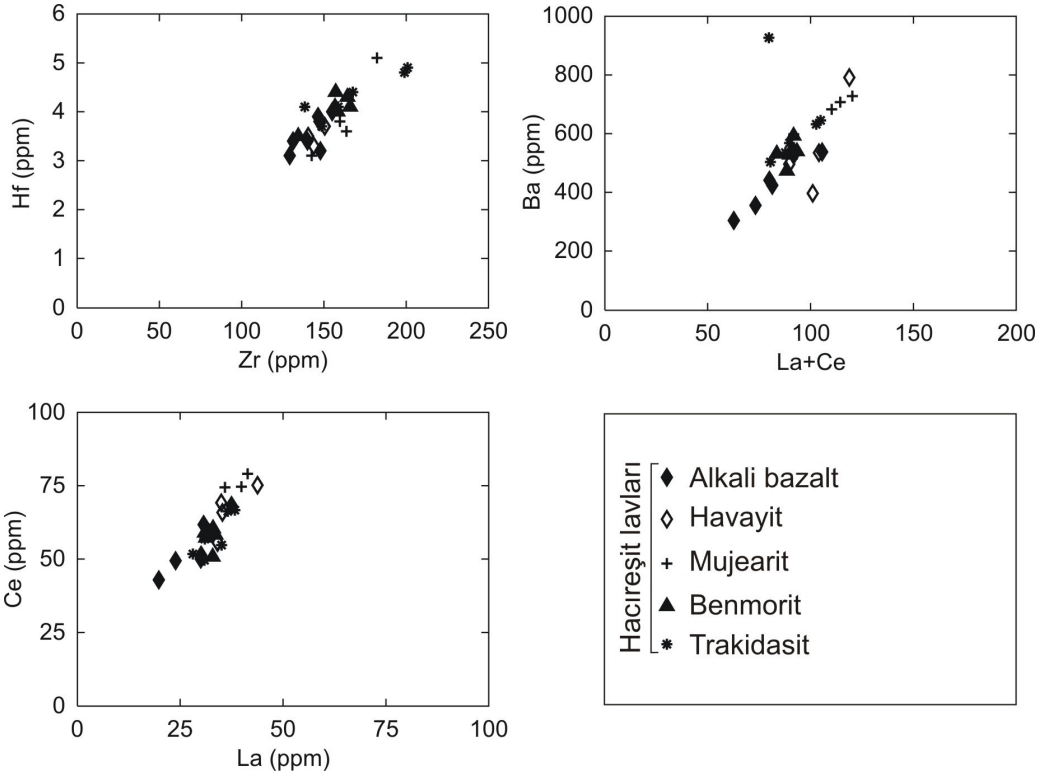


Şekil 4.113. Alkali volkanitlerin SiO_2 (%)'ye karşı ana oksit element (%) değişim diyagramları. Semboller Şekil 4.115 ile aynıdır.



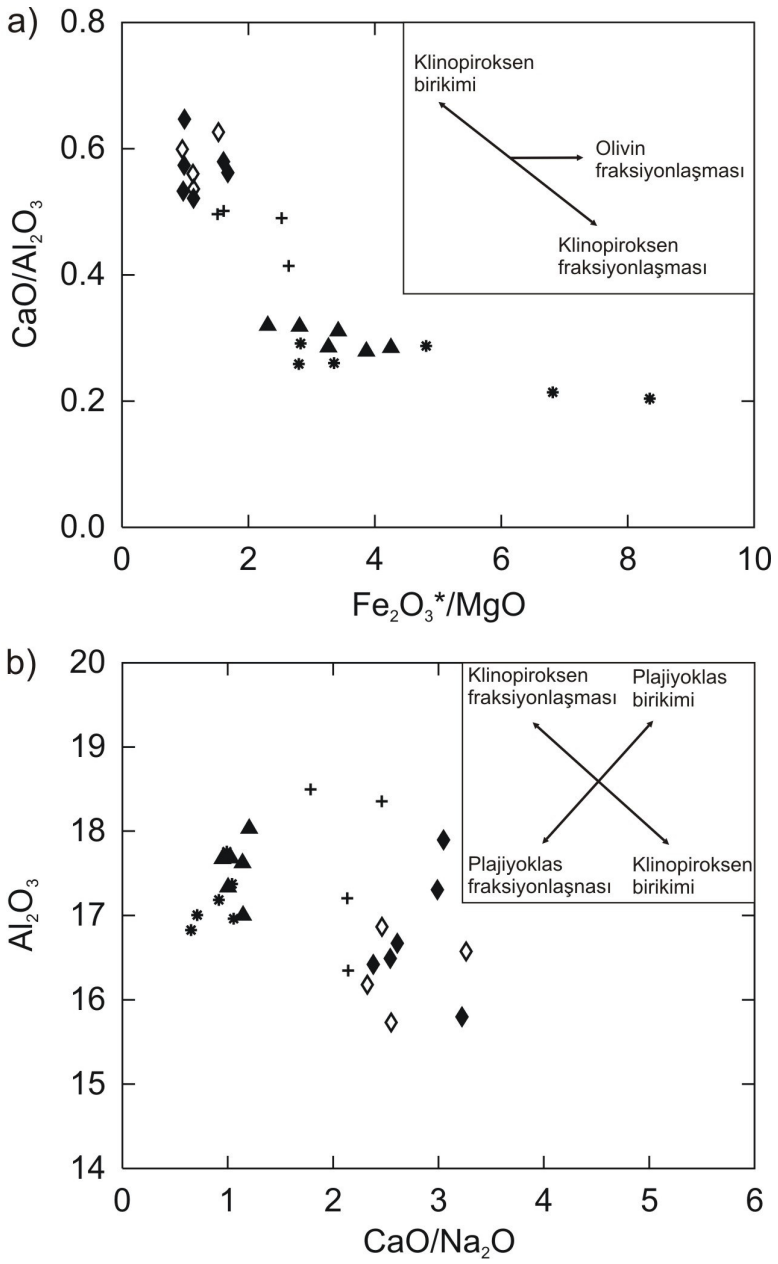
Şekil 4.114. Alkali volkanitlerin SiO_2 (%)'ye karşı iz element (ppm) değişim diyagramları. Semboller Şekil 4.115 ile aynıdır.

Fraksiyonel kristalleşmenin diferansiyasyon sürecindeki etkisi rezidüel element çiftleri arasındaki davranışlar irdelenerek belirlenebilir. Rezidüel elementler aynı kökene işaret eden pozitif korelasyon vermekte ve korelasyon doğrusu orijinden geçmektedir (Şekil 4.115). Rezidüel elementler arasındaki oran sadece fraksiyonel kristalleşme ile korunabilmektedir (Innocenti ve ark., 1980).



Şekil 4.115. Alkali volkanitlerdeki rezidüel element çiftleri arasındaki korelasyonlar.

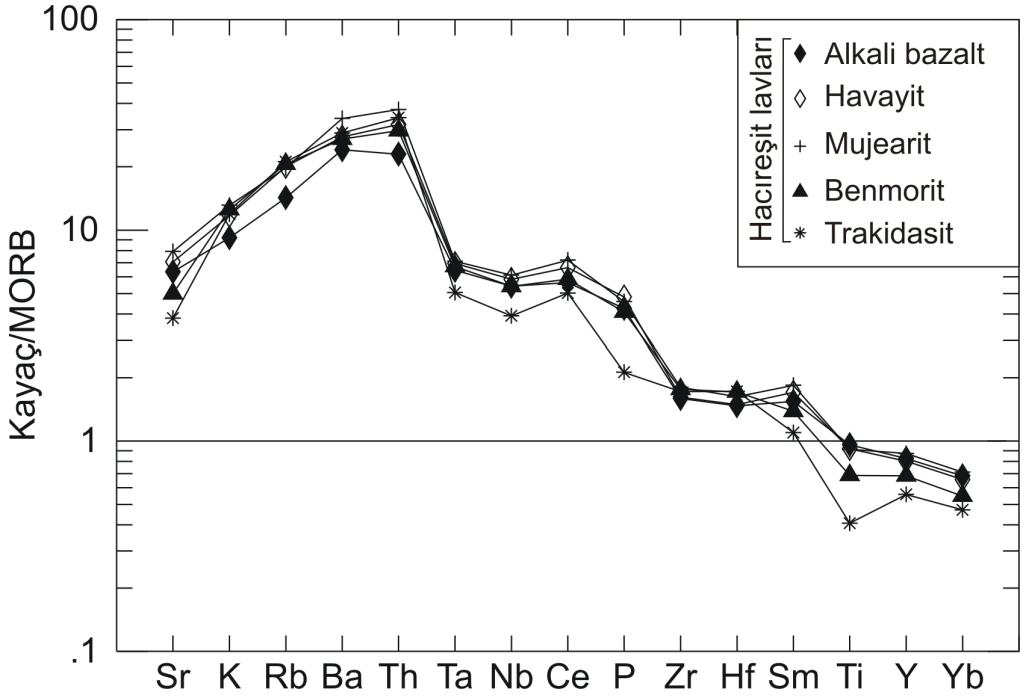
İncelenen alkali volkanik kayaçlar için artan Fe_2O_3*/MgO oranına karşın azalan CaO/Al_2O_3 oranı, bu kayaçların gelişimindeki olivin ve klinopiroksen fraksiyonlaşmasının etkisini göstermektedir (Şekil 4.116a). Al_2O_3'e karşı CaO/Na_2O diyagramında bazaltik kayaçlar klinopiroksen birikimi ve/veya fraksiyonlaşma yönsemesi gösterirler (bazı alkali bazalt örnekleri plajiyoklas birikimi yönsemesi de göstermektedirler). İlaveten benmorit ve trakidasitler ise plajiyoklas fraksiyonlaşması/birikimi yönsemesi göstermektedirler. Bu diyagramda benmorit ve trakidasitler, bazaltik kayaçlardan oldukça farklı yönseme sunmaktadır (Şekil 4.116b).



Şekil 4.116. Alkali volkanitlerin (a) Fe_2O_3*/MgO karşı CaO/Al_2O_3 ve (b) CaO/Na_2O karşı Al_2O_3 diyagramı (vektörler minerallerin fraksiyonlaşma yönlerini göstermektedir). Semboller Şekil 4.115 ile aynıdır.

4.3.4.2. Uyumsuz elementler

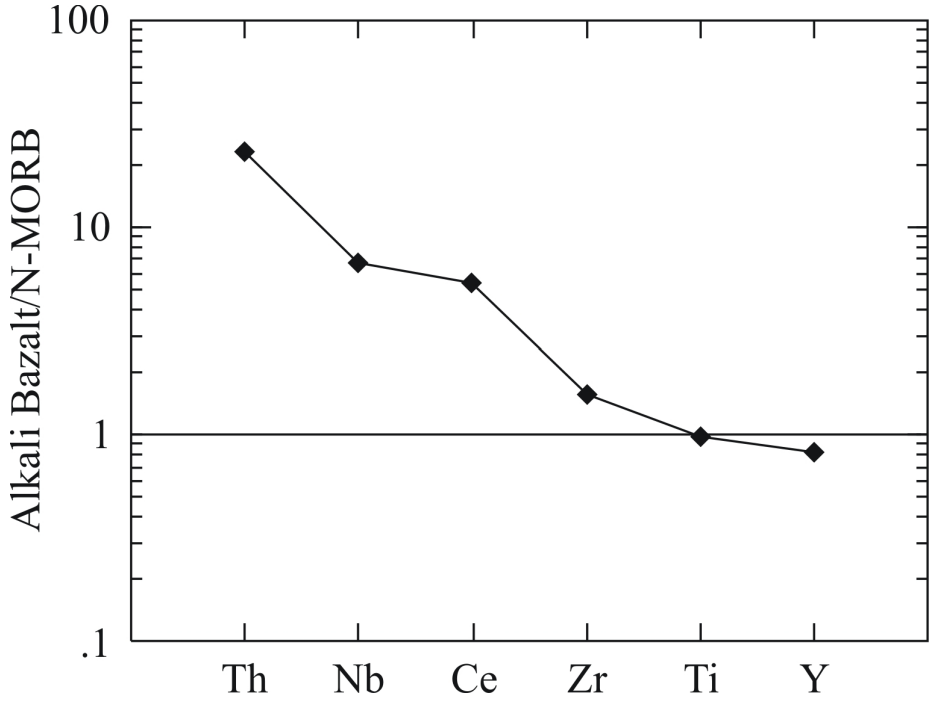
Alkali volkanitlerin MORB'a normalize edilmiş uyumsuz element desenleri Şekil 4.117'de verilmiştir. Bu desenler incelendiğinde Sr'den Sm'ye kadar MORB'a göre zenginleşme gözlenmektedir. Bu zenginleşme K, Rb, Ba ve Th'de daha belirgindir. Kayaçlara ait desenlerin birbirlerine oldukça benzerlik göstermesi, bunların benzer veya aynı kökene sahip olduğunu yansıtmaktadır. Alkali volkanitlerin göreceli uyumsuz element zenginleşmesi; zenginleşmiş bir manto kaynağına, düşük dereceli kısmi ergimeye, fraksiyonel kristalleşme derecesine veya kabuk kontaminasyonuna işaret edebilir. Ayrıca benmorit ve trakidasitlerde gözlenen negatif Ti anomalisi Fe-Ti oksitlerin fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır.



Şekil 4.117. Alkali volkanitlerin ortalamasının MORB'a (Pearce, 1983) normalize edilmiş uyumsuz element desenleri.

Alkali volkanitlerin manto kaynağı özelliklerini belirlemek için ortalama alkali bazalt örnekleri N-MORB'a normalize edilerek, elementlerin Pearce'a (1996) göre sıralandığı uyumsuz element diyagramında incelenmiştir. Bu diyagramda alkali bazalt örneklerinin Th, Nb, Ce'ce belirgin Zr'ce zayıf zenginleşme sunduğu, Ti ve Y'ce hemen hemen N-MORB seviyesinde kaldığı görülmektedir (Şekil 4.118).

Volkanik yay bazaltlarının en tipik özelliği negatif Nb anomalisi göstermeleridir (Pearce, 1996; Pearce, 1983; Pearce, 1982). Negatif Nb anomalisinin yokluğunda incelenen alkali bazaltlar yay bazaltı olamazlar. Alkali bazaltların oldukça uyumsuz elementlerce önemli ölçüde zenginleşmesi bunların levha içi bazalt eğilimlerinin yansıtmaktadır. Ti ve Y spinel lerzolitik bir kaynağın ergimesi esnasında hemen hemen aynı dağılım katsayısına sahipken, granat lerzolit için Y oldukça büyük dağılım katsayısına sahiptir (Pearce ve Parkinson, 1993). Böylece granat içeren bir manto kaynağı kısmi ergimeye uğradığında Y kaynakta alıkonulacağından oluşan ergiyik yüksek Ti/Y oranına sahip olacaktır. Fakat kaynağın spinel içermesi durumunda Ti/Y oranında bir artma olmayacaktır. İncelenen alkali bazalt örneklerinin Ti ve Y'ce N-MORB seviyesinde kalması ve Ti'nin Y'ye göre bir zenginleşme göstermemesi manto kaynağında granat bulunmadığını ve spinelin bulunabileceğini göstermektedir.



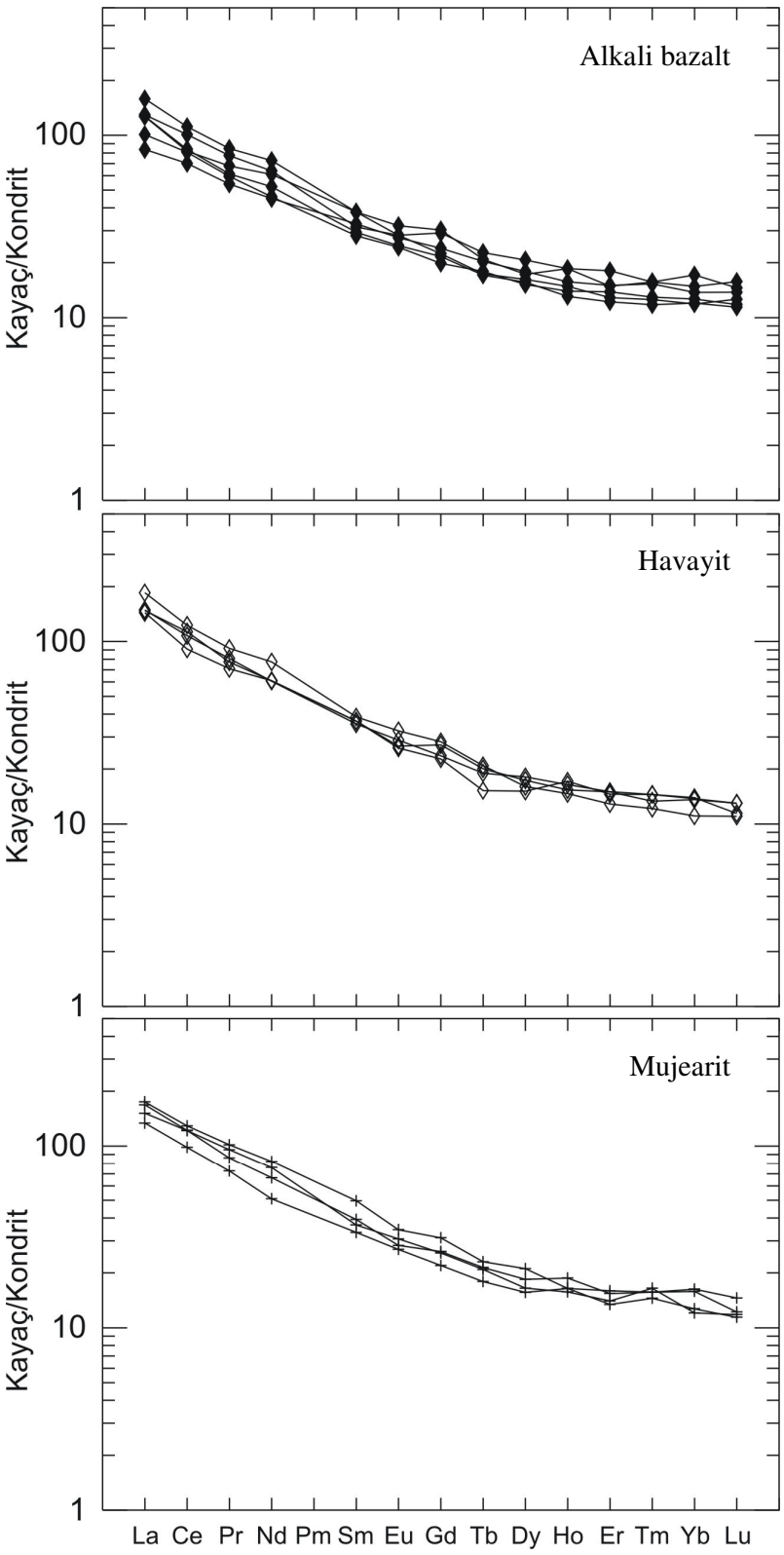
Şekil 4.118. Ortalama alkali bazalt örneklerinin N-MORB'a (Pearce, 1996) normalize edilmiş jeokimyasal deseni.

4.3.4.3. Nadir toprak elementler

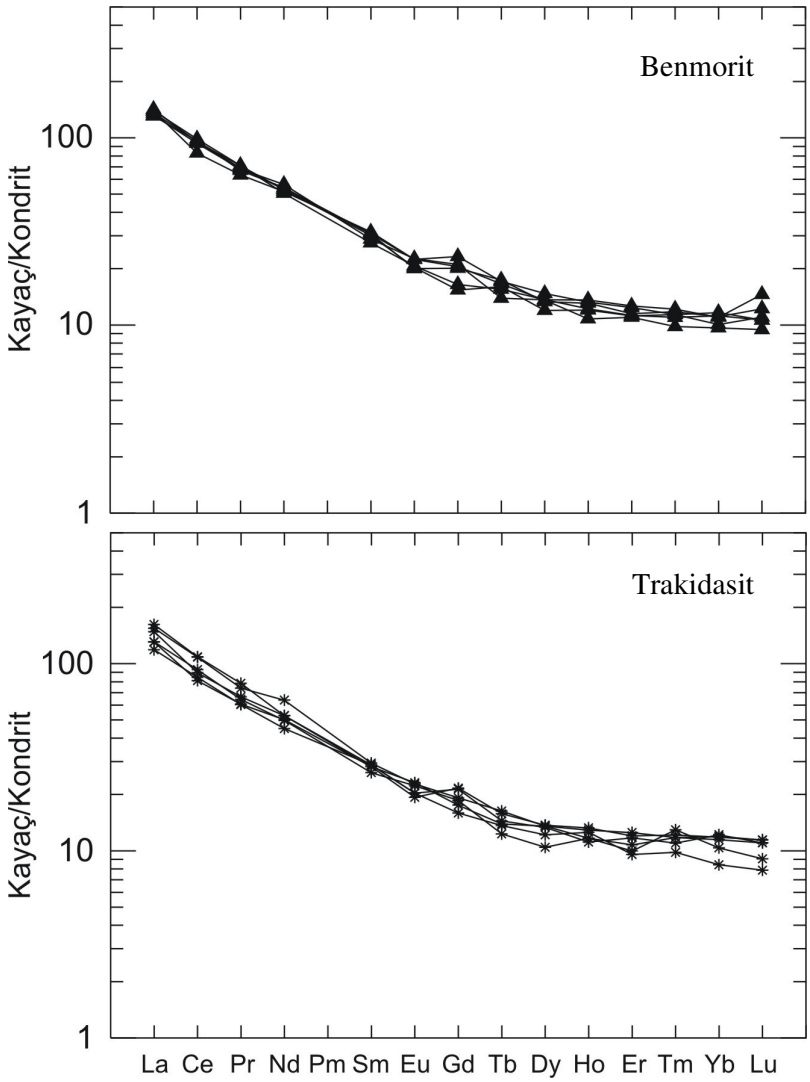
İncelenen alkali volkanitler genel olarak farklılaşmış, hafifçe yukarı konkav NTE deseni sunmaktadırlar (Şekil 4.119 ve 4.120). Bazaltik kayaçlar (alkali bazalt, havayit ve mujearit) 9-17 arasında değişen $(La/Lu)_N$ oranına sahiptirler. Bazaltik kayaçların ANTE içerikleri genel olarak değişim göstermezken (Lu_N= 11-16), HNTE içeriklerinde hafifçe bir değişim gözlenmektedir (La_N= 84-185). Trakitik kayaçlar (benmorit ve trakidasit) genel olarak bazaltik kayaçlara benzer NTE desenine sahiptirler.

Genel olarak incelenen alkali volkanik kayaçlarda çok belirgin bir Eu anomalisi gözlenmez. Bazaltik kayaçlar için $(Eu/Eu^*)_N$ değeri 0.85-1.07 ve trakitik kayaçlar için $(Eu/Eu^*)_N$ değeri 0.78-1.04 arasında değişmektedir (Çizelge 4.57). Bu değerler bazaltik kayaçlar için plajiyoklas kristallenmesinin çok önemli olmadığını göstermektedir. Ancak trakidasitlerde 0.78'e kadar düşen $(Eu/Eu^*)_N$ değeri farklılaşmış kayaçların gelişiminde zayıf da olsa plajiyoklas kristallenmesine işaret eder.

Şekil 4.121'de ortalama kayaç örnekleri NTE içeriği en düşük ve ilksel bileşime en yakın örnek olan KA-9 nolu örneğe normalize edilmiştir. Bu durumda Hanson'a (1980, 1989) göre NTE içeriğinin bir kayaçtan diğerine değişimi daha detaylı olarak incelenebilecektir (Arslan, 1994). Bu diyagramda alkali bazalttan mujearite doğru HNTE'lerde belirgin olmak üzere hafifçe bir zenginleşme gözlenmektedir. Bazaltik eriyiklerde NTE'lerin olivin ve klinopiroksen için uyumsuz (ayrımlanma katsayısı: $D<1$) olduğu dikkate alınırsa, bu minerallerin kristallenmesi NTE'ce bir zenginleşmeye neden olacaktır. Diğer taraftan farklılaşmış kayaçlar (benmorit ve trakidasit) tüm NTE'ce tüketilerek bazaltik kayaçlardan farklı desen sunarlar. Bu tüketilmede ortaç ve asidik bileşimlerde NTE'lerin amfibol için uyumlu (ayrımlanma katsayısı: $D>1$) olduğu dikkate alınırsa amfibol kristallenmesini yansıtmaktadır. Tüm bu değişimler kayaçlarda gözlenen fenokristal fazlarla uyum içerisindedir.



Şekil 4.119. İncelenen bazaltik kayaçların kondrite (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş NTE desenleri.

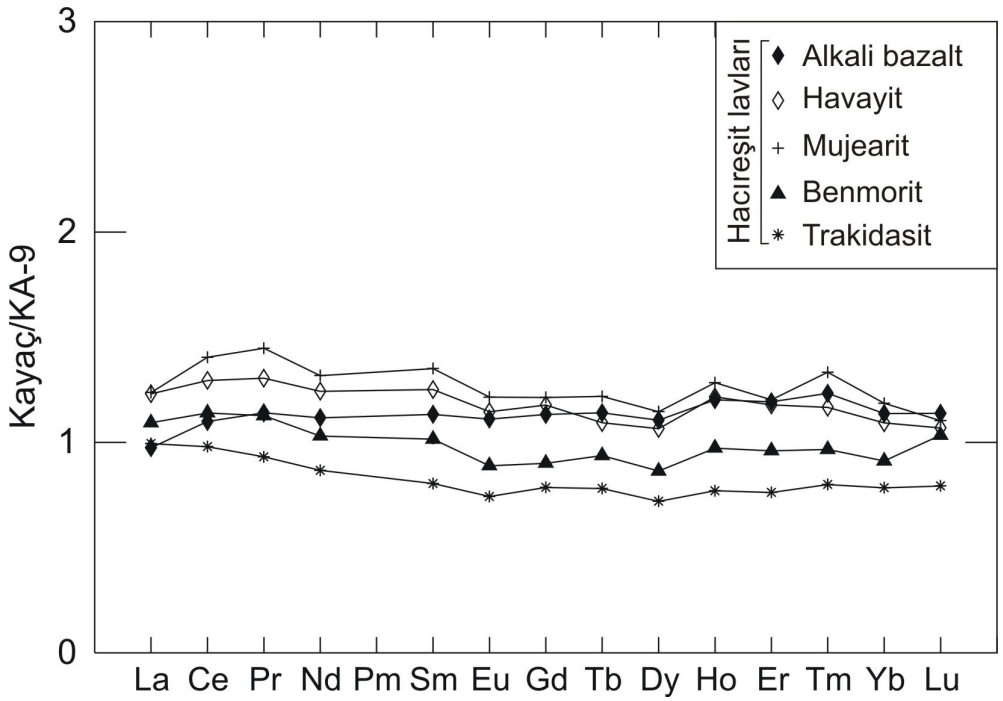


Şekil 4.120. İncelenen trakitik kayaçların kondrite (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş NTE desenleri.

Çizelge 4.57. İncelenen alkali volkanitlerin bazı NTE oranları.

	La(N)	La/Sm(N)	La/Yb(N)	La/Lu(N)	Eu/Eu*	Ho/Lu(N)	Lu(N)
Alkali bazalt	84-158	2.6-4.3	7.4-10.9	8.5-11.1	0.85-1.07	1.1-1.3	11.8-15.8
Havayit	144-185	3.9-4.8	10.6-16.7	11.1-16.8	0.85-1.00	1.2-1.5	11.0-13.0
Mujearit	134-175	3.5-4.3	10.5-12.6	11.7-13.8	0.88-1.00	1.1-1.5	11.4-14.6
Benmorit	131-154	4.3-5.1	12.0-14.1	9.1-13.8	0.80-0.97	0.9-1.3	9.5-13.8
Trakidasit	154-162	5.3-5.8	13.4-13.5	14.0-14.2	0.78-1.04	1.0-1.1	11.0-11.4

$Eu/Eu^* = Eu_{(N)} / \sqrt{Sm_{(N)}.Gd_{(N)}}$ (Taylor ve McLennan, 1985).



Şekil 4.121. Ortalama kayaç örneklerinin KA-9 nolu örneğe normalize edilmiş NTE desenleri. Semboller Şekil 5.1 ile aynıdır.

4.3.4.4. Alkali volkanitlerin kaynak özellikleri

Rb, Ba, La, Ce ve P gibi elementler olivin, piroksen ve plajiyoklas içeren bir kaynağın ergimesi esnasında oldukça uyumsuz davranırlar. Bu nedenle bu elementlerin bazalt örneklerindeki bollukları kaynaktaki değerleri yansıtabilir. İncelenen alkali bazalt örnekleri bu elementlerce belirgin bir zenginleşme sunmaktadırlar. Bu durum manto kaynağının önemli derecede zenginleştiğine işaret etmektedir. Ancak düşük dereceli kısmi ergime sonucu da uyumsuz elementlerce zenginleşmiş ergiyikler oluşabilmektedir.

Yitimle ilişkili bazaltların (volkanik yay bazaltları) en tipik özelliği BİYE ve HNTE zenginleşmesiyle beraber negatif YAEE (Nb, Ta) anomalileri göstermeleridir (Pearce, 1982; 1983). İncelenen alkali bazalt örnekleri negatif Nb ve Ta anomalisi göstermezler. Bu nedenle alkali bazaltlarda gözlenen BİYE ve HNTE zenginleşmesi bir yitimle ilişkili olamaz. Ayrıca genel olarak alkali bazaltların düşük Ba/La (örneklerin çoğu < 15) ve Ba/Nb (örneklerin çoğu < 25) oranları alkali bazaltların yitim zonu zenginleşmesinden etkilenmediğini göstermektedir (Sun, 1980). Halbuki, alkali bazaltlar N-MORB'a göre Nb ve Ta gibi oldukça uyumsuz YAEE'ce 5-10 kat

daha fazla zenginleşme sunmaktadırlar. Bu zenginleşme alkali bazaltların jeotektonik ortamı da dikkate alındığında levha içi proseslere işaret etmektedir.

İlksel bileşime yakınlık sunan göreceli olarak primitif alkali bazalt (KA-9 ve 154, MgO: % 8-9; Cr: 198-260 ppm, Ni: 135-151 ppm) örneklerinin NTE desenleri incelendiğinde ANTE'ce önemli ölçüde zenginleştiği görülmektedir (kondrite göre > 10 kat). Ayrıca ONTE ve ANTE desenleri yatay bir dağılım sunmaktadır. Bu durum granatın rezidüel bir mineral olarak kaynakta yer almadığını göstermektedir. ANTE'ler için uyumlu olan granatın aksine, spinel ANTE'ler için uyumsuzdur. Bu nedenle spinel içeren bir manto kaynağının kısmi ergimesi sonucu oluşan eriyiğin ANTE'ce zenginleşmesi beklenir. Bu özellikler dikkate alındığında alkali bazaltların NTE desenleri spinel içeren bir manto kaynağına işaret etmektedir. Spinel 30-80 km derinlikte duraylı mineral fazıdır (Winter, 2001). Bu nedenle alkali bazaltik mağma <80 km derinliğindeki spinel içeren litosferik bir manto kaynağından türemiş olmalıdır.

4.3.4.5. Alkali volkanitlerin jeotektonik ortamı

Literatürde bazaltik kayaçlar için geliştirilmiş çok sayıda tektonik ortam ayırtman diyagramı bulunmaktadır. Bu diyagramlarda majör, minör, iz element ve bazen mineral kimyası verileri kullanılmaktadır.

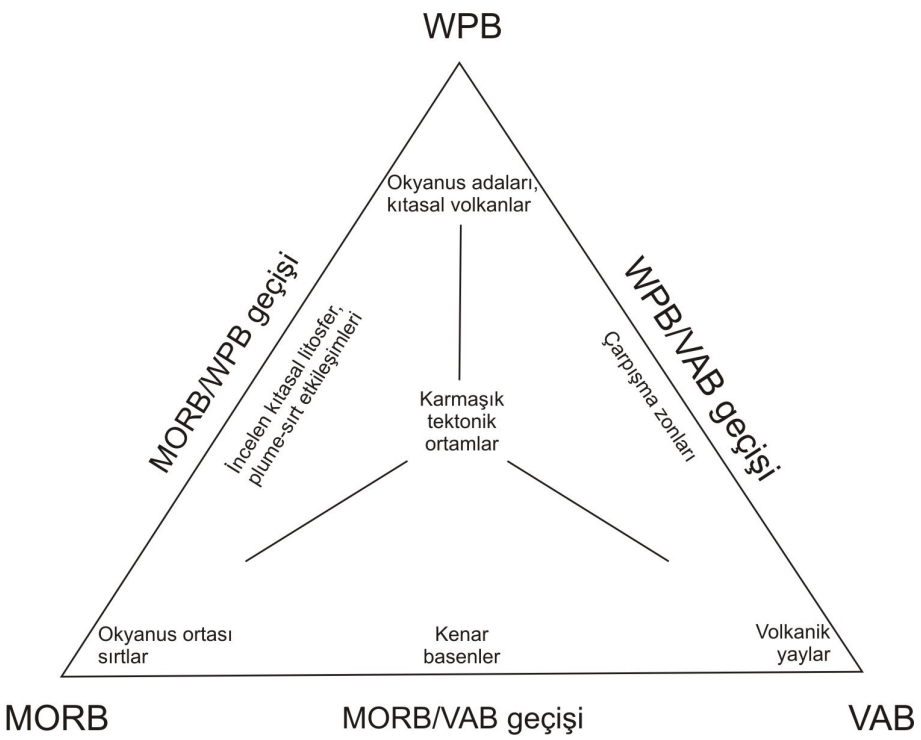
Pearce (1996) literatürdeki bazı diyagramları yeniden değerlendirerek, bazalt tipleri ve tektonik ortam arasındaki ilişkileri belirlemeye çalışmıştır. Araştırmacı bu çalışmada bazaltları üç ana tipe ayırmıştır. Bunlar;

1. okyanus ortası sırtı bazaltı (MORB): uzaklaşan levha sınırları

2. volkanik yay bazaltı (VAB): yaklaşan levha sınırları

3. levha içi bazalt (WPB): herhangi bir levha sınırıyla ilişkisi olmayan

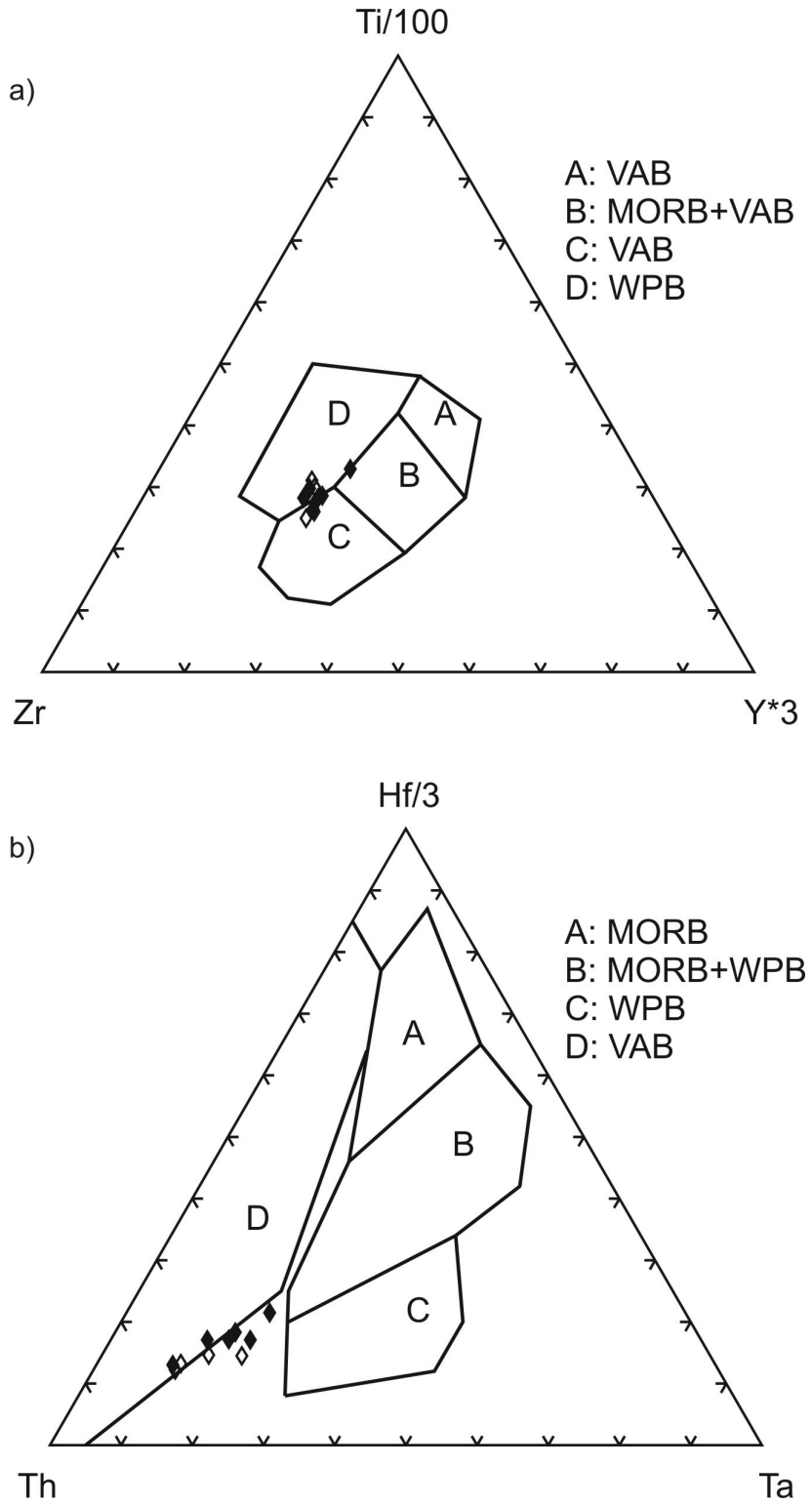
Ayrıca araştırmacı bu ana ortamlar arasındaki geçişlere dikkat çekmiş ve bazaltların tektonik ortamını Şekil 4.122'daki gibi özetlemiştir.



Şekil 4.122. Bazaltların jeotektonik ortam sınıflaması (Pearce, 1996).

Pearce (1996) bazaltların levha içi karakterini belirlemek için Ti-Zr-Y (Pearce ve Cann, 1973) kullanmıştır. Bu diyagram levha içi bazaltları diğer bazalt tiplerinden başarıyla ayırmaktadır. İncelenen bazaltik kayaçlar (alkali bazalt ve havayit) bu diyagrama aktarıldığında levha içi bazalt (D) ve volkanik yay bazaltı (C) alanlarına düşmektedir (Şekil 4.123a). Pearce'a göre (1996) incelenen bazaltik kayaçların bu diyagramdaki dağılımları tipik olarak çarpışma zonlarındaki VAB/WPB geçişine benzerlik sunmaktadır.

Th-Ta-Hf (Wood ve ark., 1979; Wood, 1980) diyagramı volkanik yay bazaltlarını diğer bazaltlardan ayırabilmektedir. İncelenen bazaltik kayaçlar (alkali bazalt ve havayit) bu diyagrama aktarıldığında örneklerin volkanik yay bazaltı (D) alanından levha içi bazalt (C, B) alanına doğru yönseme gösterdiği dikkati çekmektedir (Şekil 4.123b). Bu da Şekil 4.123a'daki dağılımla aynı özellikte olup Pearce'a göre (1996) çarpışma zonlarındaki VAB/WPB geçişine uygundur.

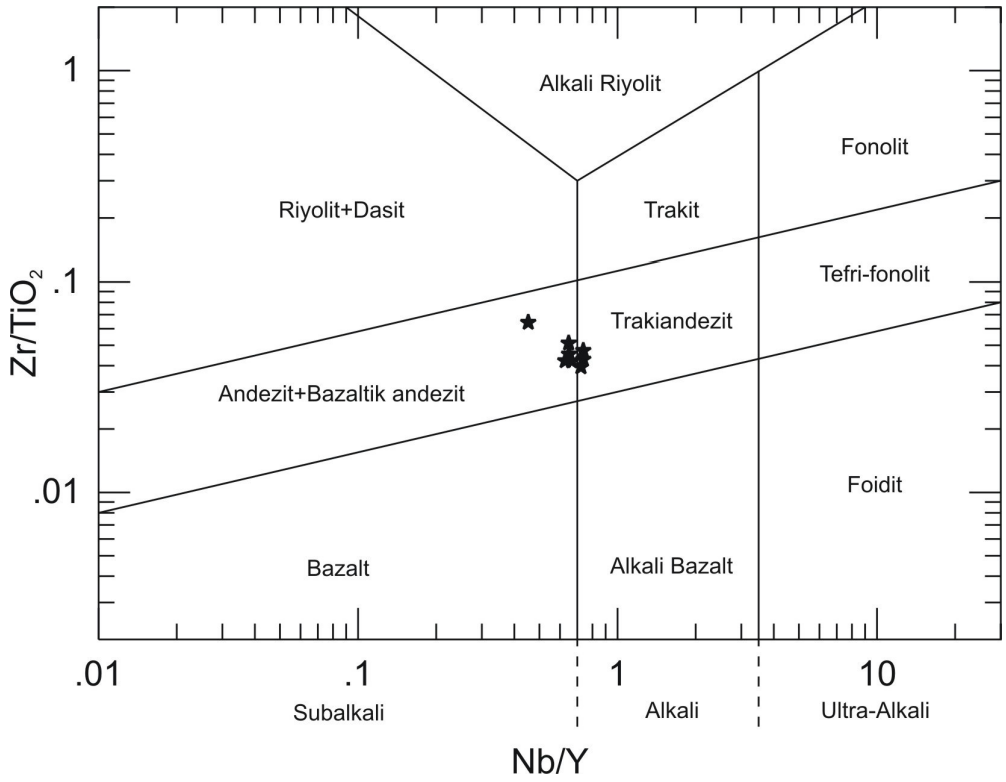


Şekil 4.123. Alkali bazalt ve havayitlerin a) Ti-Zr-Y (Pearce ve Cann, 1973) ve b) Th-Ta-Hf (Wood, 1980) diyagramındaki dağılımları.

4.3.5. Kırklar Lavı

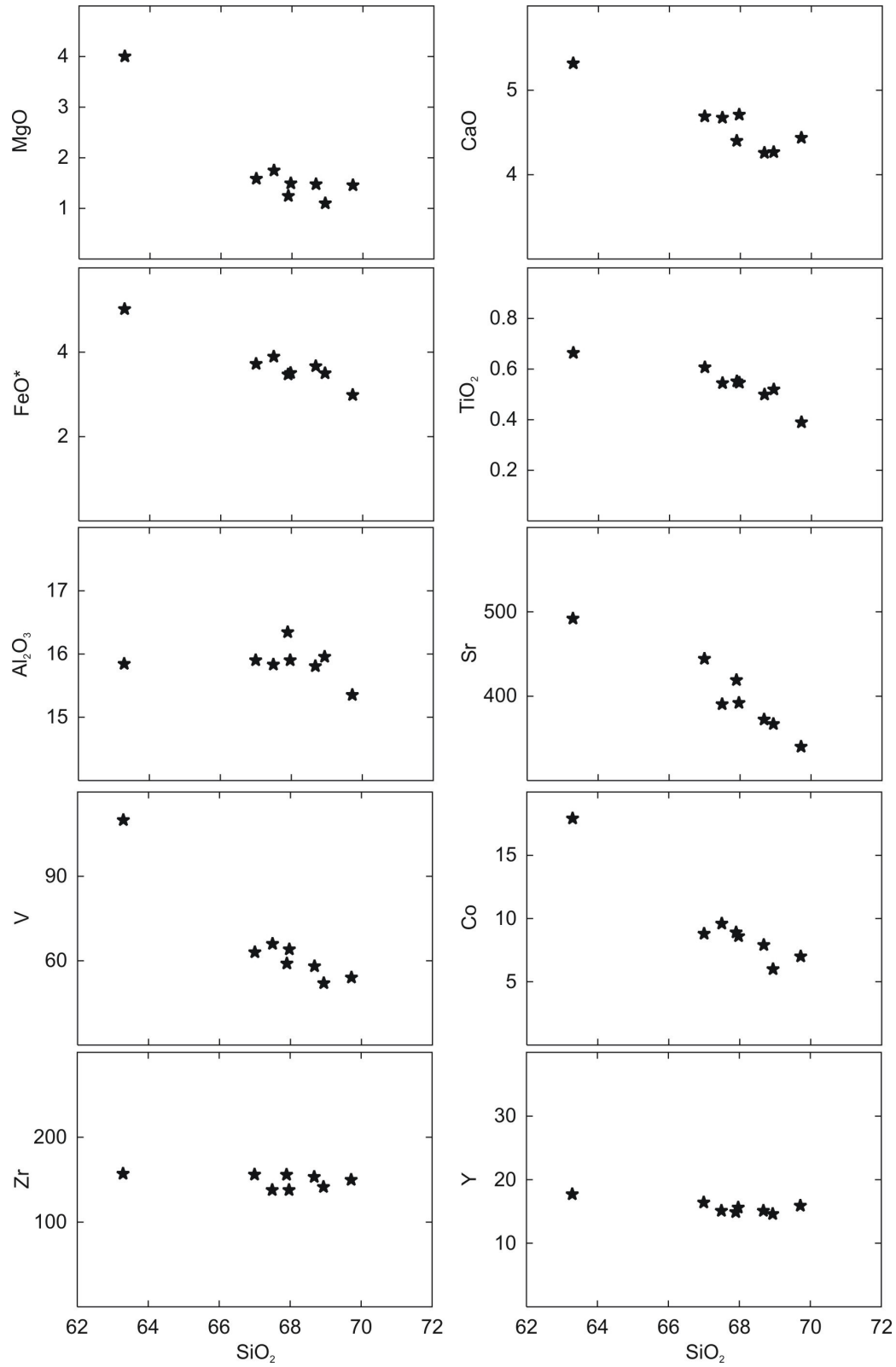
4.3.5.1. Ana oksit ve iz elementler

Kırklar lavına ait örnekler TAS diyagramında dasit alanına düşmektedir. Ancak bunlar Pearce'a (1996) göre adlandığında örneklerin andezit/bazaltik andezit ve trakiandezit alanında yoğunlaştığı gözlenmektedir. Ayrıca bu diyagramda örnekler Nb/Y (0.45-0.74) oranlarıyla alkali-subalkali geçişinde yer almaktadır (Şekil 4.124).



Şekil 4.124. Kırklar lavının Zr/TiO_2-Nb/Y diyagramı (Pearce (1996) tarafından Winchester ve Floyd'dan (1977) revize edilmiştir).

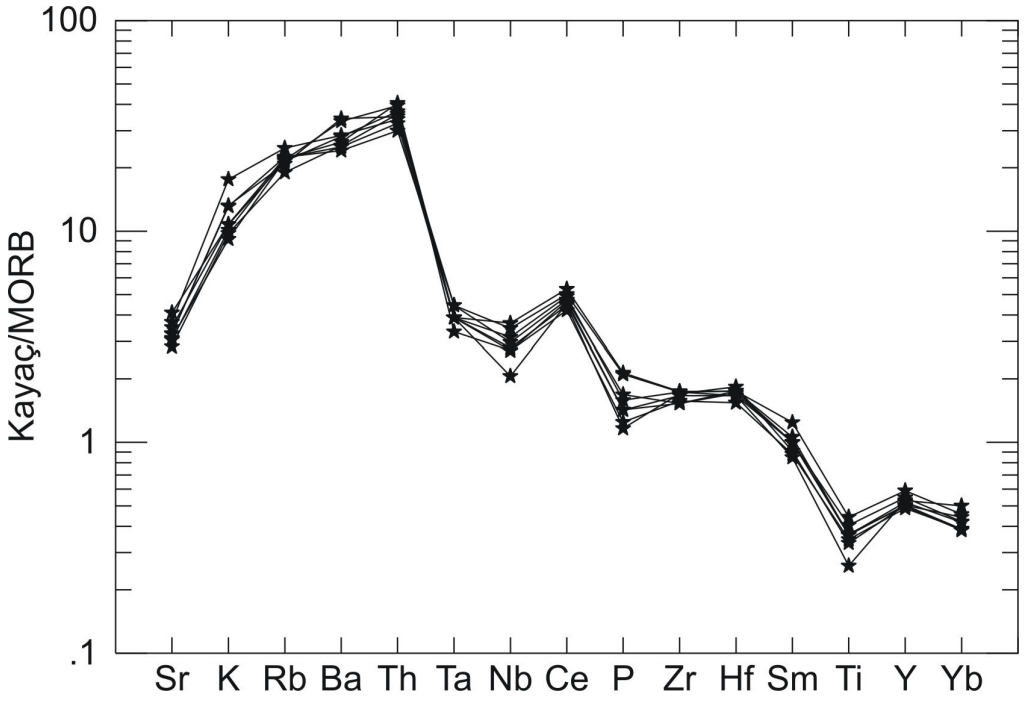
Artan SiO_2'ye karşı bazı ana oksit ve iz elementlerin davranışları kayaçlarda yer alan fenokristal fazların fraksiyonlaşmasını göstermektedir. MgO, CaO ve Co azalması klinopiroksen, Al_2O_3 ve Sr azalması plajiyoklas, FeO*, TiO_2 ve V azalması Fe-Ti oksitlerin fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır. Ayrıca artan SiO_2'ye karşı Zr ve Y sabit kalmaktadır (Şekil 4.125).



Şekil 4.125. Kırklar lavının SiO_2 (%)'ye karşı seçilmiş ana oksit (%) ve iz element (ppm) değişim diyagramları.

4.3.5.2. Uyumsuz elementler

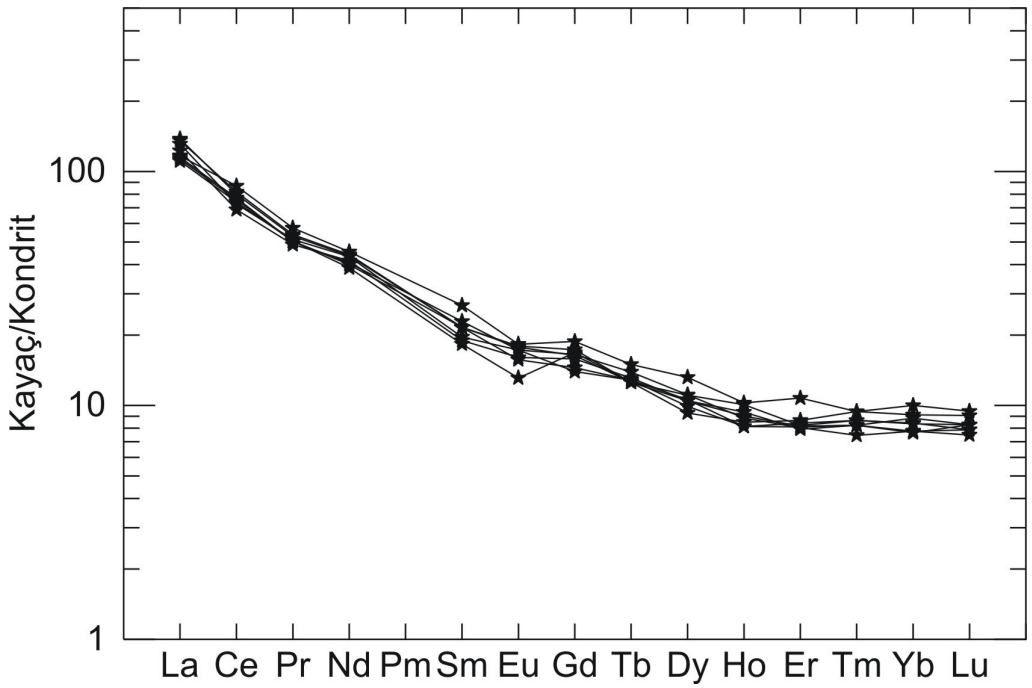
Kırklar lavına ait örneklerin uyumsuz element desenleri incelendiğinde, bunların K, Rb, Ba ve Th'ce önemli ölçüde zenginleştiği görülmektedir. Ayrıca desenlerde negatif Nb, P ve Ti anomalileri gözlenmektedir. Nb anomalisi ana mağmadaki yitim bileşenine işaret etmektedir (Pearce, 1983). P ve Ti anomalileri ise apatit ve Fe-Ti okit fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır (Şekil 4.126).



Şekil 4.126. Kırklar lavına ait örneklerin MORB'a (Pearce, 1983) normalize edilmiş uyumsuz element desenleri.

4.3.5.3. Nadir toprak elementler

Kırklar lavına ait örnekler HNTE'ce zenginleşmiş (La_N/Lu_N= 11.4-17.3) yukarı konkav ve yatay ANTE deseni sunmaktadırlar (Şekil 4.127). Örneklerin bazılarında plajiyoklas fraksiyonlaşmasını yansıtan zayıf Eu anomalisi gözlenmektedir (Eu/Eu*= 0.75).



Şekil 4.127. Kırklar lavına ait örneklerin kondrite (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş NTE desenleri.

4.4. İzotop Jeokimyası

4.4.1. Giriş

Radyojenik izotoplar jeolojik proses ve kaynakları araştırmak için petrojenetik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Radyojenik izotoplar yerkabuğu ve mantonun doğası hakkında önemli ipuçları vermektedir. Mağmatik petrolojide mağma kaynaklarının özelliklerini belirlemede radyojenik izotoplar önemli ipuçları sağlamaktadır. Bir mağmadaki izotop oranları bu mağmanın oluştuğu kaynak bölgenin özelliklerini yansıtmaktadır. Bu izotop oranları sonraki fraksiyonlaşmayla değişmeden kalabilmektedir. Böylece her bir kaynak kendine özgü izotopik bileşime sahip olmakta, buda farklı kaynakların tanınabilmesini sağlamaktadır. Ayrıca bu yaklaşımdan yola çıkılarak izotopik bileşimleri farklı kaynaklar arasındaki karışım ve kontaminasyon gibi süreçlerde belirlenebilmektedir.

Analitik yöntem açısından, bir kayaç veya mineralin izotop konsantrasyonlarının hassas bir şekilde ölçülmesi oldukça zordur. Bu nedenle ölçümler izotop oranları kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla radyoaktif bozunmaya uğramayan (duraylı) izotop referans izotop olarak kullanılmaktadır. Böylece izotop miktarları elementin radyojenik izotopunun duraylı bir izotopuna oranıyla ifade edilirler. Analiz laboratuvarında ölçülen değerler kayaç örneklerinin güncel izotop oranlarını yansıtmaktadır. Bu nedenle kayaçların oluşum zamanındaki izotop oranlarını (ilksel) belirlemek için ölçülen değerler üzerinde yaş düzeltmesi yapılmıştır. Ayrıca $^{143}Nd/^{144}Nd$ oranları için epsilon (ε) değerleri hesaplanmıştır. Bu işlemler Faure (2001), Faure ve Mensing'de (2005) belirtilen kriterler dikkate alınarak yapılmıştır.

Bu bölümde incelenen volkanik kayaçların Sr ($^{87}Sr/^{86}Sr$) ve Nd ($^{143}Nd/^{144}Nd$) radyojenik izotopları açısından özellikleri araştırılacaktır. Volkanik kayaçlara ait Sr ve Nd izotop analiz sonuçları Çizelge 4.58'de verilmiştir.

Çizelge 4.58. İncelenen volkanik kayaçların Sr ve Nd izotopik bileşimleri.

Kayaç tipi	Örnek	$^{143}Nd/^{144}Nd \pm 2\sigma$ (Ölçülen)	$^{143}Nd/^{144}Nd$ (Düzeltilmiş)	$\varepsilon^{t}(Nd)$	$^{87}Sr/^{86}Sr \pm 2\sigma$ (Ölçülen)	$^{87}Sr/^{86}Sr$ (Düzeltilmiş)
Alkali bazalt	KA-13	0.512819 ± 4	0.512804	+3.71	0.704689 ± 9	0.704668
Alkali bazalt	KA-154	0.512862 ± 4	0.512844	+4.50	0.703832 ± 8	0.703809
Alkali bazalt	KA-336	0.512779 ± 3	0.512764	+2.93	0.704628 ± 3	0.704597
Alkali bazalt	KA-345	0.512786 ± 5	0.512774	+3.13	0.704586 ± 3	0.704556
Havayit	KA-8	0.512759 ± 5	0.512747	+2.60	0.705197 ± 9	0.705159
Havayit	KA333-1	0.512764 ± 3	0.512750	+2.65	0.704475 ± 3	0.704441
Havayit	KA-351	0.512767 ± 3	0.512753	+2.72	0.704765 ± 3	0.704733
Mujearit	KA-378	0.512752 ± 3	0.512736	+2.39	0.704971 ± 4	0.704940
Mujearit	KA-344	0.512745 ± 3	0.512733	+2.32	0.704461 ± 5	0.704418
Benmorit	KA-2	0.512804 ± 3	0.512792	+3.47	0.704466 ± 4	0.704424
Benmorit	KA-328	0.512805 ± 3	0.512791	+3.45	0.704472 ± 4	0.704418
Trakidasit	KA-37	0.512799 ± 3	0.512786	+3.35	0.704461 ± 4	0.704397
Trakidasit	KA-366	0.512808 ± 2	0.512796	+3.54	0.704471 ± 3	0.704393
Trakidasit	KA-90	0.512825 ± 4	0.512812	+3.85	0.704526 ± 8	0.704472
Yaraşlı Andeziti	KA-104	0.512804 ± 5	0.512791	+3.47	0.704499 ± 9	0.704452
Yaraşlı Andeziti	KA-25	0.512747 ± 4	0.512736	+2.38	0.704893 ± 9	0.704828
Yaraşlı Andeziti	KA-24	0.512744 ± 4	0.512733	+2.32	0.704892 ± 9	0.704832
Dipdede dasiti	KA-45	0.512822 ± 5	0.512811	+3.86	0.704964 ± 9	0.704913
Dipdede dasiti	KA-343	0.512728 ± 4	0.512716	+2.01	0.704902 ± 3	0.704857
Gölbek Andeziti	KA-198	0.512716 ± 3	0.512702	+1.73	0.704964 ± 4	0.704913
Gölbek Andeziti	KA-150	0.512691 ± 3	0.512678	+1.26	0.705049 ± 4	0.705011
Karadağ Andeziti	KA-287	0.512796 ± 30	0.512780	+3.24	0.704567 ± 4	0.704512
Karadağ Andeziti	KA291-1	0.512793 ± 2	0.512778	+3.18	0.704568 ± 4	0.704508
Hamzadağ dasiti	KA-127	0.512779 ± 3	0.512766	+2.98	0.704852 ± 3	0.704776
Hamzadağ dasiti	KA-223	0.512794 ± 15	0.512781	+3.26	0.705040 ± 4	0.705011
Yenice Andeziti	KA-264	0.512690 ± 3	0.512676	+1.26	0.705311 ± 3	0.705264
Yenice Andeziti	KA-235	0.512705 ± 2	0.512692	+1.58	0.705039 ± 4	0.704988
Yenice Dasiti	KA-252	0.512662 ± 3	0.512648	+0.73	0.705154 ± 3	0.705101
Yenice Dasiti	KA253-1	0.512748 ± 4	0.512734	+2.40	0.704899 ± 1	0.704836
Kırklar lavı	KA-49	0.512780 ± 4	0.512769	+3.00	0.704760 ± 8	0.704677
Kırklar lavı	KA-78	0.512801 ± 4	0.512790	+3.41	0.704639 ± 8	0.704564
Kırklar lavı	KA-77	0.512754 ± 4	0.512744	+2.51	0.704813 ± 9	0.704726

4.4.2. Volkanik Kayaçların Sr-Nd İzotop Değişimleri

İncelenen volkanik kayaçların $^{87}Sr/^{86}Sr_{(i)}$ oranları 0.703809-0.705264 arasında, $^{143}Nd/^{144}Nd_{(i)}$ oranları ise 0.512736-0.512844 arasında değişmektedir. Ayrıca kayaçların $\varepsilon^{t}(Nd)$ değerleri +0.73 ile +4.50 arasındadır. Volkanitlerin $\varepsilon^{t}(Nd)$ değerlerinin (+) olması bunların tüketilmiş bir manto kaynağından türediklerini göstermektedir (Faure ve Mensing, 2005). Genel olarak Sr-Nd izotopları açısından kalkalkali ve alkali volkanik kayaçlar arasında çok önemli bir farklılık görülmemektedir. Bu durum kayaçların benzer kökene sahip olduğunu yansıtmaktadır. Ancak KA-154 nolu alkali bazalt örneği düşük $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0.703809) ve yüksek $^{143}Nd/^{144}Nd$ (0.512844) oranlarıyla diğer volkanitlerden hafif bir farklılık göstermektedir.

4.4.3. Kontaminasyon (Kirlenme)

Kontaminasyon genel olarak iki farklı proses şeklinde ortaya çıkmaktadır. Birincisi kabuk kontaminasyonudur. Bu proses mantodan türeyen mağmaların kaynak bölgesinden ayrıldıktan sonra kıtasal kabuk tarafından kirletilmesidir (Hawkesworth and van Calsteren, 1984). İkincisi kaynak kontaminasyonudur. Bu ise mağmaların türediği kaynak bölgesinin kabuk malzemesi tarafından kirletilmesidir (örneğin yitim zonlarında dalan levha üzerindeki sedimanların mantoya katılması). Sm-Nd ve Rb-Sr'nin kısmi ergime sürecinde zıt davranışlarından ötürü manto ve kabuk kayaçlarının Nd ve Sr izotopik bileşimleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Manto kaynağının kısmi ergimesi esnasında Sm'nin kaynakta alıkonulması rezidüel manto kayaçların kabuk kayaçlarına göre radyojenik ^{143}Nd'ce zenginleşmesine neden olmaktadır. Rb ise tam tersine kısmi ergime sürecinde oluşan eriyik fazı tercih etmektedir. Bu nedenle rezidüel manto kayaçları kabuk kayaçlarına göre daha az radyojenik ^{87}Sr içerirler (Faure, 2001; Faure ve Mensing, 2005). Diğer bir ifadeyle kabuk kayaçları manto kayaçlarına göre ^{87}Sr'ce daha zengindir. Bundan dolayı kontaminasyon süreçlerinin irdelenmesinde Sr izotopları Nd izotoplarına göre daha hassastır.

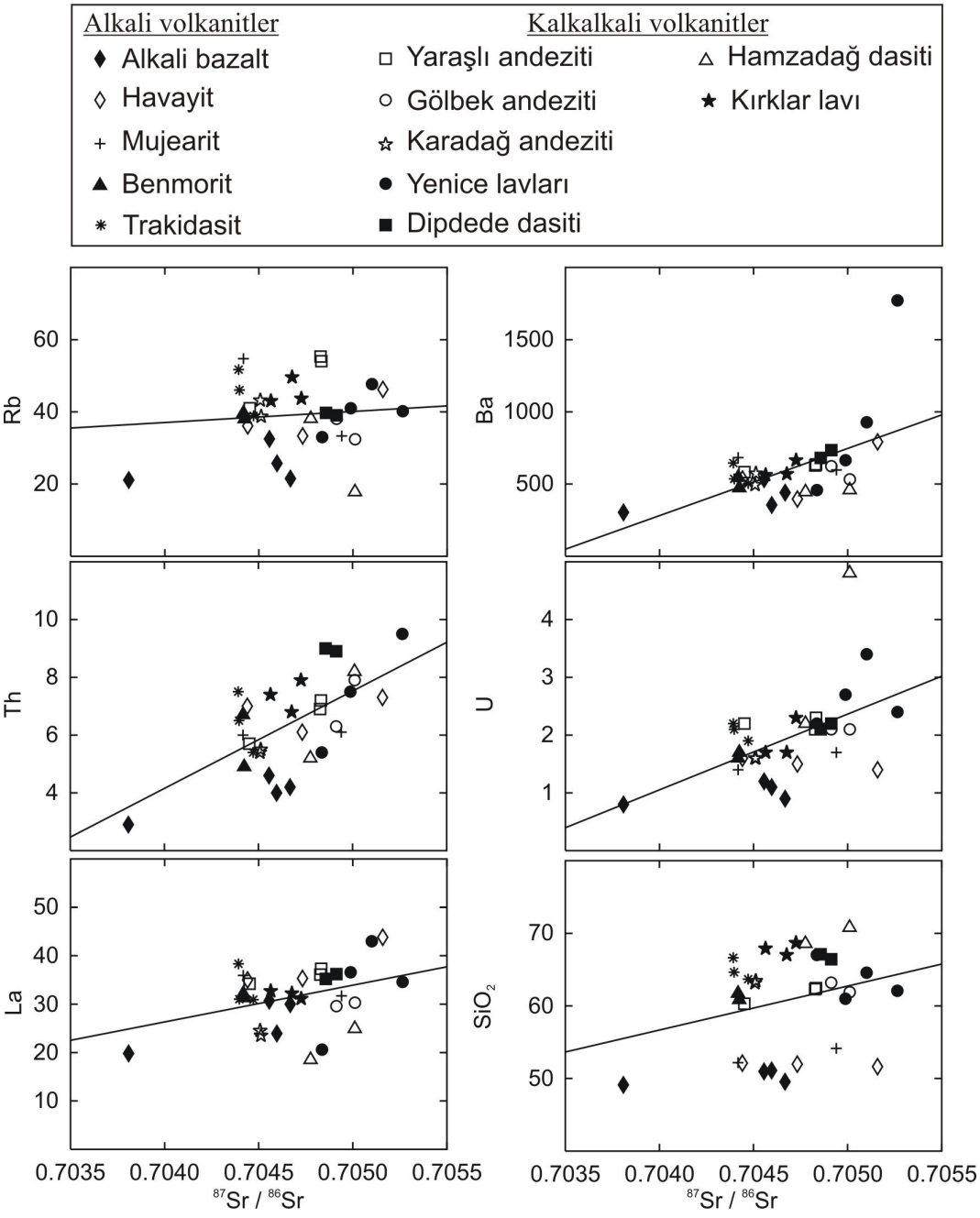
4.4.3.1. Kabuk kontaminasyonu (Asimilasyon)

Kabuk kontaminasyonu birkaç farklı yolla gelişebilmektedir: 1) kabuk malzemesinin tümüyle asimilasyonu, 2) kabuk malzemesinden türeyen kısmi eriyiklerin asimilasyonu, 3) kabuktan eriyiğe akışkan transferiyle element değiş-tokuşudur.

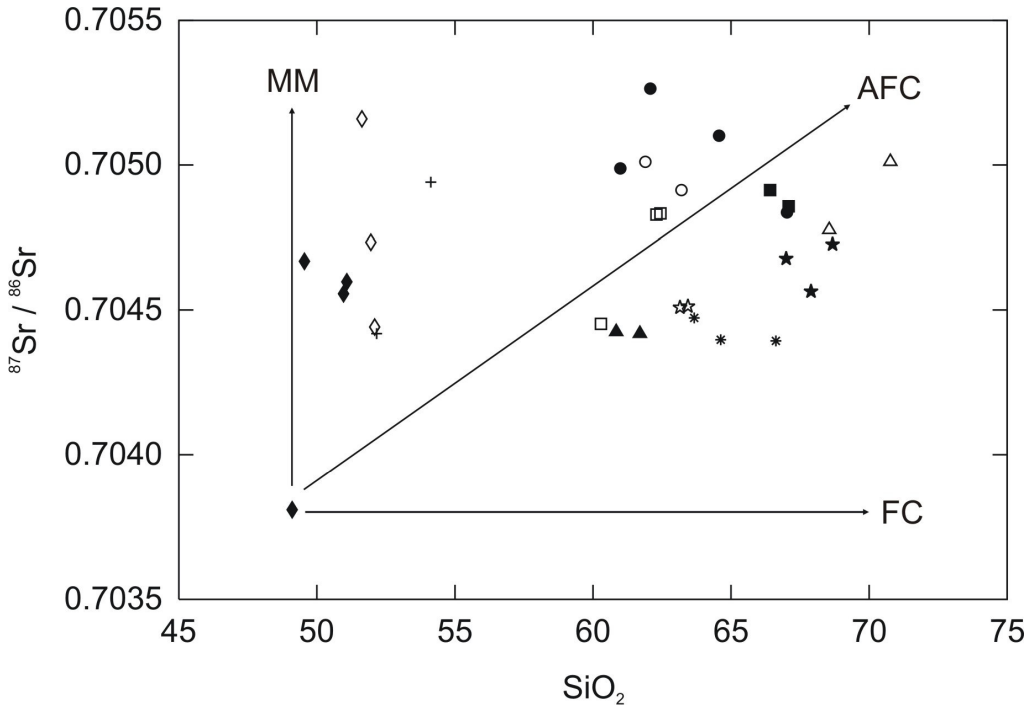
Diferansiyasyon esnasında bir mağma kıtasal kabuk kayaçlarını asimile ederse, $^{87}Sr/^{86}Sr$ (kontaminasyon indeksi) ile kabukta zengin bazı uyumsuz elementler (Rb, Ba, Th, U ve La) arasında pozitif korelasyon gözlenecektir. Şekil 4.128'de $^{87}Sr/^{86}Sr$ artarken Rb, Ba, Th, U, La artmaktadır. Bu değişimler mağmatik gelişim sürecinde kabuk kontaminasyonunun etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Fraksiyonlaşmanın bir göstergesi olan SiO_2'ye karşı $^{87}Sr/^{86}Sr$ değişimleri incelendiğinde, artan SiO_2'ye karşı $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranlarının artığı görülmektedir (Şekil 4.129). Kapalı mağmatik sistemlerde ilerleyen diferansiyasyonla beraber $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranlarının sabit kalması beklenir. Dolayısıyla SiO_2'ye karşı $^{87}Sr/^{86}Sr$ diyagramı incelenen volkanik kayaçların gelişiminde kapalıdan ziyade açık sistem proseslerinin etkili olduğunu göstermektedir.

Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalleşme(AFC) bir tür kontaminasyon sürecidir. AFC mağmada fraksiyonel kristalleşme devam ederken, mağmanın aynı zamanda kabuk kayaçlarını asimile ederek bileşimini değiştirmesidir (Taylor, 1980; DePaolo, 1981). AFC prosesinin mağma bileşimine etkisi SiO_2'ye (diferansiyasyon indeksi) karşı $^{87}Sr/^{86}Sr$ (kontaminasyon indeksi) arasındaki ilişki incelenerek belirlenebilir (Şekil 4.129). Mağmadaki asıl mağmatik olay fraksiyonel kristalleşme (FC) ise $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranları ilerleyen diferansiyasyonla değişmez ve SiO_2-$^{87}Sr/^{86}Sr$ diyagramında yatay bir trend gözlenir. Aksine AFC'nin etkili olduğu durumlarda ise ilerleyen diferansiyasyonla $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranlarında önemli bir artma gözlenir. İncelenen volkanik kayaçların Şekil 4.129'deki dağılımlarına bakıldığında ortaç ve asidik kayaçların AFC trendi izlediği görülmektedir. Ayrıca bu diyagramda dikkati çeken önemli nokta, alkali gruba ait bazaltik kayaçların (alkali bazalt, havayit ve mujearit) düşey bir trend izleyerek manto metasomatizması (MM) trendi izlemesidir.



Şekil 4.128. İncelenen volkanik kayaçlarda $^{87}Sr/^{86}Sr$ ile Rb, Ba, Th, U, La ve SiO_2 arasında gözlenen doğrusal korelasyon.

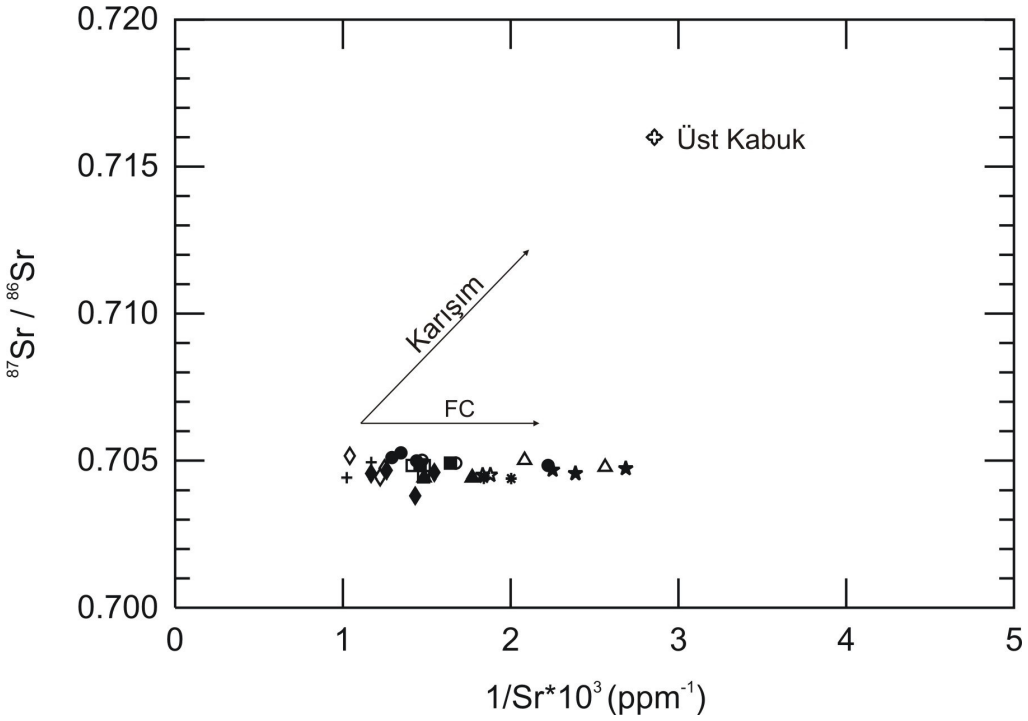


Şekil 4.129. İncelenen volkanik kayaçların SiO_2'ye karşı $^{87}Sr/^{86}Sr$ diyagramı. AFC: Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalleşme, FC: Fraksiyonel Kristalleşme, MM: Manto Metasomatizması. Semboller Şekil 4.128 ile aynıdır.

4.4.3.2. Kabuk malzemesiyle karışım

Kontaminasyon süreçleri karışım prensiplerine dayanarak incelenebilmektedir. Burada kontaminasyon bileşimsel olarak farklı iki uç üyenin çeşitli oranlarda karışımının bir sonucu olarak ortaya çıkabilmektedir. Mantodan türeyen mağmalar kabuksal malzemeden türeyen ergiyikler ile çeşitli oranlarda karışarak kirlenebilmektedir. Böyle bir modelde oluşan karışım ürünleri bileşimsel olarak iki uç üyenin arasında yer almaktadır. Karışım süreçleri izotop-izotop veya izotop-iz element ikili diyagramları kullanılarak modellenebilir. Bu tür korelasyon diyagramlarında karışımla ortaya çıkan ürünler uç üyeler arasındaki hiperbolik bir eğri üzerinde toplanırlar. Ancak seçilen değişkenlerin aynı paydaya sahip olması durumunda karışım ürünleri uç üyeler arasındaki düz bir çizgi üzerinde yer alır (Langmuir ve ark., 1978; Faure, 2001; Faure ve Mensing, 2005). $^{87}Sr/^{86}Sr$'ye karşı 1/Sr diyagramında, eğer iki uç bileşen arasında karışım meydana gelmişse oluşan ürünlerin pozitif düzgün bir trend izlemesi gerekir. Diğer taraftan fraksiyonel kristalleşme etkin mağmatik olay ise $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranları değişmeyeceğinden yatay bir

trend izlenecektir. İncelenen örneklere ait veri noktalarının bu diyagramdaki dağılımlarına bakıldığında örneklerin karışımdan ziyade fraksiyonel kristalleşme trendi izlediği görülmektedir (Şekil 4.130).



Şekil 4.130. İncelenen volkanik kayaçların $^{87}Sr/^{86}Sr$'ye karşı 1/Sr diyagramı. Semboller Şekil 4.128 ile aynıdır. FC: Fraksiyonel kristalleşme.

4.4.4. Sr-Nd izotop korelasyonu

Zindler ve Hart (1986) genç okyanusal bazaltik kayaçların izotopik bileşimlerine dayanarak beş farklı manto kaynağı tanımlamıştır. Bunlar;

1) Tüketilmiş manto (DM: Depleted mantle)

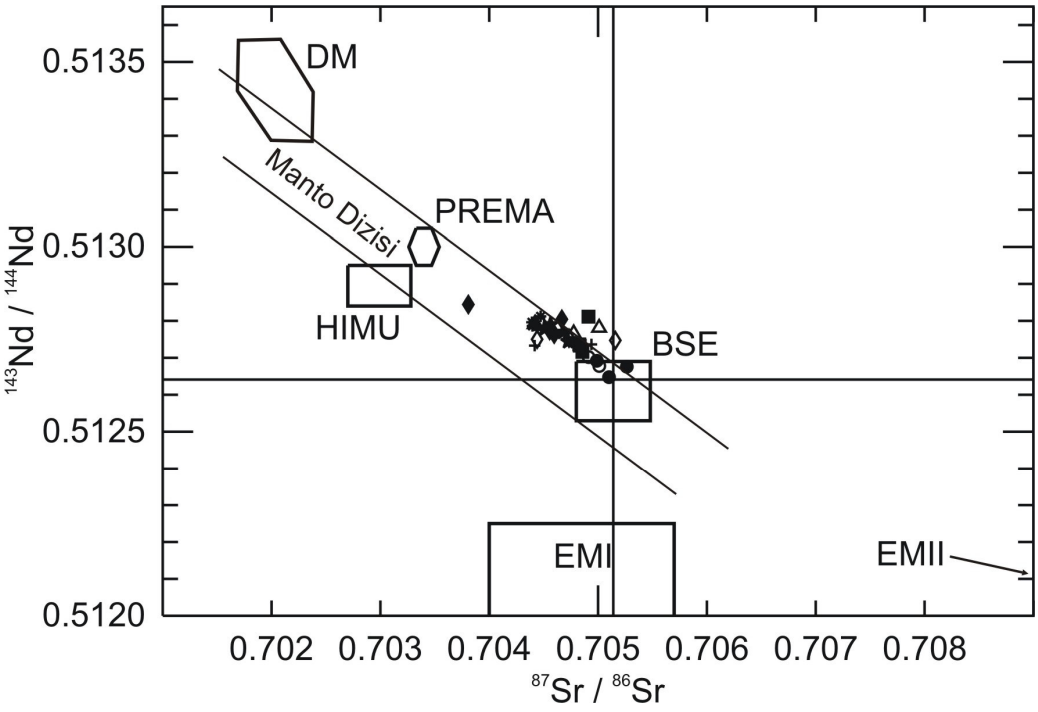
2) HIMU Manto

3) Zenginleşmiş manto (EM: Enriched mantle)

4) Yaygın manto (PREMA-Prevalent mantle)

5) Toplam yerküre (BSE: Bulk silicate earth)

Bu izotopik rezervuarlar Sr-Nd korelasyon diyagramına aktarılarak, incelenen volkanik kayaçların türediği manto kaynağı hakkında bilgi edinilebilir. Yerkürenin rezervuarlarına ayrışmadan önceki ilksel bileşime karşılık gelen BSE, Sr-Nd diyagramını dört farklı alana ayırmaktadır. Diyagramın sol üst bölgesi tüketilmiş kaynak bileşimini, sağ alt bölge ise kökenlerinde kıtasal kabuk bileşeni içeren zenginleşmiş bileşimi temsil etmektedir. İncelenen volkanik kayaçların Sr-Nd diyagramındaki dağılımlarına bakıldığında hemen hemen tüm örnekler sol üst bölgede kalarak izotopik olarak tüketilmiş manto kaynağına işaret etmektedirler (Şekil 4.131). Ayrıca incelenen örneklerin büyük bir çoğunluğu, MORB ve OIB gibi manto kökenli kayaçların üzerinde dizilim sunduğu manto dizisi hattı boyunca uzanırlar. Örneklerin Sr-Nd diyagramında sol üst köşede ve manto dizisi üzerinde yer alması, incelenen volkanik kayaçların gelişiminde kıtasal kabuğun önemli rol oynamadığını göstermektedir.



Şekil 4.131. İncelenen volkanik kayaçların Sr-Nd izotop korelasyon diyagramı. Semboller Şekil 4.128 ile aynıdır.

4.5. Petrojenez

4.5.1. Giriş

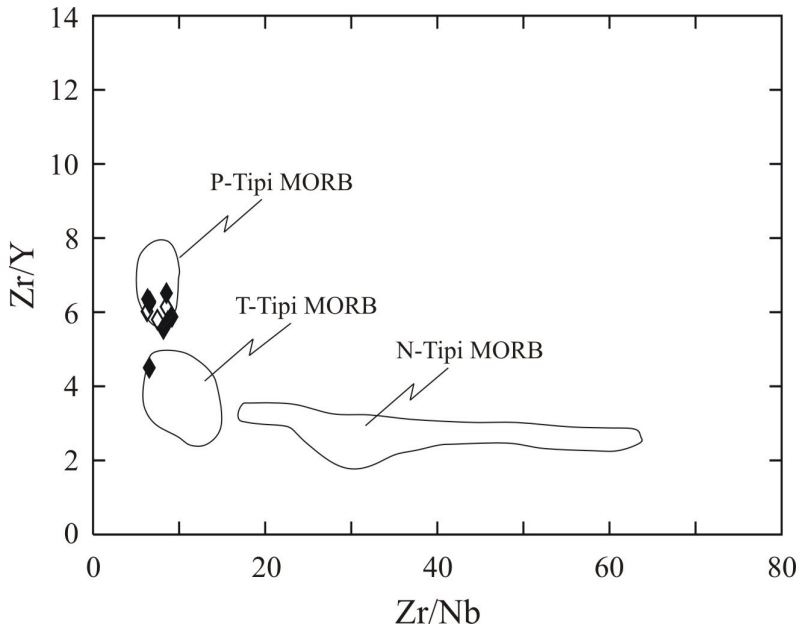
Bu bölüme kadar volkanik kayaçların petrografi, mineral kimyası, ana, iz, nadir toprak element jeokimyası ve izotop jeokimyası açısından özellikleri incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, alkali ve kalkalkali olmak üzere iki tip volkanik kayaç topluluğu ayırt edilmiştir. Bu bölümde volkanik kayaçların gelişiminde etkili olan mağmatik olaylar incelenecektir.

4.5.2. Alkali Volkanitler

4.5.2.1. Kısmi ergime

Manto olivini (~Fo_{90}) ile dengelenmiş ilksel bazalt bileşimi $Mg^{\#}$ = 68-75, ~% 8 MgO, 400 ppm Ni, 1000 ppm Cr içeriğine sahiptir (Best, 2006). Bu bileşimler dikkate alındığında incelenen alkali bazaltlar ilksel mağmayı temsil etmezler. Ancak iki alkali bazalt örneği KA-9 (MgO: % 8.03, $Mg^{\#}$: 66, Cr: 260 ppm, Ni: 139 ppm) ve KA-154 (MgO: % 8.71, $Mg^{\#}$: 66, Cr: 198 ppm, Ni: 104 ppm) ilksel bileşime yakınlık gösterirler.

Bir kısmi ergime diyagramı levha içi prosesleri daha iyi anlamak ve muhtemel kaynak bileşimini belirlemek için kullanılabilir. Böyle bir diyagramda (Şekil 4.132) yüksek Zr/Y ve düşük Zr/Nb değerleri "düşük ergime derecelerini" göstermektedir. Diğer taraftan, yüksek Zr/Nb ve düşük Zr/Y değerleri ise "yüksek ergime derecelerini" gösterir (Menzies ve Kyle, 1990). Ayrıca bu diyagram üzerine kıyaslama amacıyla tüketilmiş manto kaynağının yüksek dereceli ergiyiklerini temsil eden N-MORB, zenginleşmiş manto sorguçlarının düşük dereceli kısmi ergiyiklerini temsil eden P-MORB ve bunlar arasındaki geçişi temsil eden T-MORB alanları da işlenmiştir. İncelenen alkali bazalt ve havayitler bu diyagram üzerinde yüksek Zr/Y ve düşük Zr/Nb değerleriyle karakterize olurlar. Aynı zamanda bunlar P-MORB'a benzerlik sunarlar. Bu bulgulardan yola çıkılarak incelenen bazaltik kayaçlar zenginleşmiş bir manto kaynağının düşük dereceli kısmi ergiyikleri olarak yorumlanabilir.



Şekil 4.132. Bazaltik kayaçların (alkali bazalt ve havayit) Zr/Nb'ye karşı Zr/Y diyagramı. MORB değerleri LeRoex'den (1987) alınmıştır.

4.5.2.1.1. Kısmi ergime modellemesi

Ergime miktarını belirlemek için NTE'lere dayalı kısmi ergime modellemesi yapılmıştır. Böyle bir modelde iki önemli parametrenin bilinmesi gereklidir; 1) ayrımlanma katsayıları (partition coefficients, Kd) ve 2) manto kaynağının kimyasal ve modal mineralojik bileşimi. Bazaltik bileşim için ayrımlanma katsayıları www.earthref.org kaynağındaki veri tabanından derlenmiştir. Alkali bazaltların önceki bölümlerde belirtilen jeokimyasal özelliklerine dayanarak, manto kaynağı bileşimi spinel lerzolit olarak seçilmiş, bu kaynağın NTE ve modal mineralojik bileşimi McDonough'dan (1990) alınmıştır (Çizelge 4.59). Literatürde fraksiyonel ve denge (yığın) ergimesi olmak üzere iki tip ergime modeli mevcuttur. Bunlardan fraksiyonel ergime bazaltik ergiyikler için, denge ergimesi ise daha viskoz, felsik ergiyikler için uygundur. Ayrıca her iki ergime modeli, mineral fazların eriyiğe kaynaktaki bollukları oranda girip girmemeleri dikkate alınarak "modal" ve "modal olmayan" olarak ikiye ayrılmaktadır. Fraksiyonel ergime denkleminin iki versiyonu bulunmaktadır. Bu denklemlerden birincisi sadece tek bir eriyik oluşumunu dikkate alırken, ikincisi ise çok sayıda oluşan küçük eriyiklerin toplamını dikkate almaktadır (Rollinson, 1993).

İncelenen sistemin kısmi ergime miktarını hesaplamak için ikinci tipteki modal fraksiyonel ergime (fractional melting and aggregation) denklemi kullanılmıştır;

$C_L/C_0 = 1/F\ [1-(1-F)^{(1/D_0)}]$

C_L: Elementin karışım ergiyikteki ortalama konsantrasyonu

C_0: Elementin ilksel katı kaynak malzemedeki konsantrasyonu

D_0: Orjinal katı fazların ergime başlamadan önceki toplam ayrımlanma katsayısı

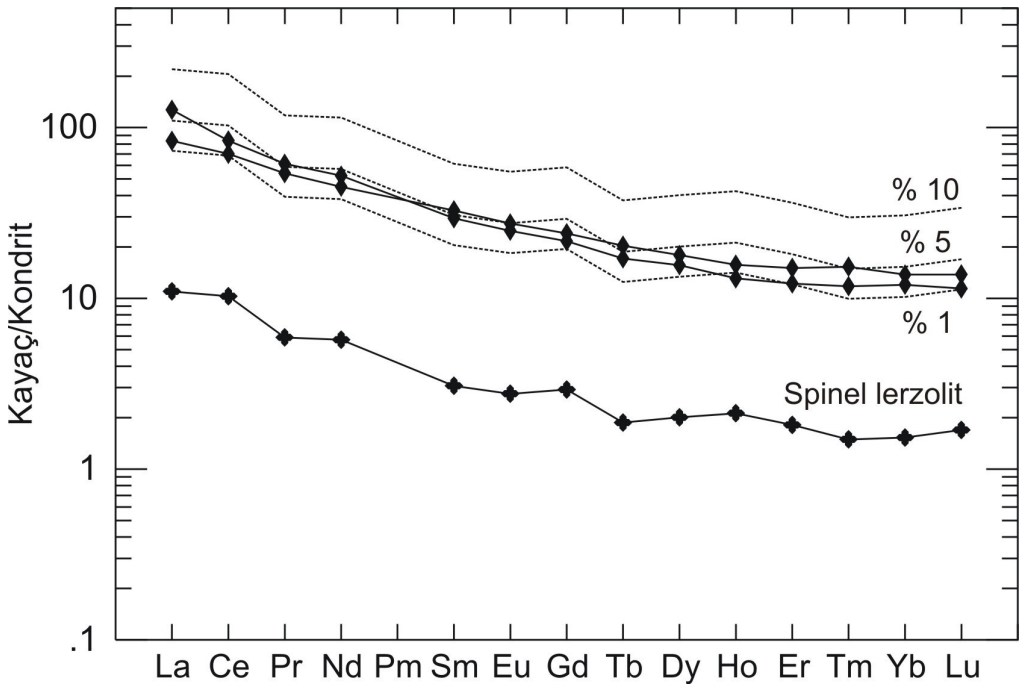
F: Kısmi ergime miktarı (%)

Çizelge 4.59. Kısmi ergime modellemesinde kullanılan ayrımlanma katsayıları ve manto kaynağının NTE ve modal mineralojik bileşimi.

	Spinel lerzolit*	Kondrit değerleri**	Kd***			
			Spinel	Olivin	Cpx	Opx
La	2.6000	0.2370	0.0100	0.0004	0.0540	0.0200
Ce	6.2900	0.6120	0.0100	0.0005	0.0980	0.0300
Pr	0.5600	0.0950	0.0100	0.0008	0.1500	0.0048
Nd	2.6700	0.4670	0.0100	0.0010	0.2100	0.0068
Sm	0.4700	0.1530	0.0100	0.0013	0.2600	0.0100
Eu	0.1600	0.0580	0.0100	0.0016	0.3100	0.0130
Gd	0.6000	0.2055	0.0100	0.0015	0.3000	0.0160
Tb	0.0700	0.0374	0.0100	0.0015	0.3100	0.0190
Dy	0.5100	0.2540	0.0100	0.0017	0.3300	0.0220
Ho	0.1200	0.0566	0.0100	0.0016	0.3100	0.0260
Er	0.3000	0.1655	0.0100	0.0015	0.3000	0.0300
Tm	0.0380	0.0255	0.0100	0.0015	0.2900	0.0400
Yb	0.2600	0.1700	0.0100	0.0015	0.2800	0.0490
Lu	0.0430	0.0254	0.0100	0.0015	0.2800	0.0600

* Olivin: % 62, Ortopiroksen: % 24, Klinopiroksen: % 12, Spinel: %2; McDonough (1990), **Sun ve McDonough (1989), ***McKenzie ve O'Nions (1991).

Yukarıda verilen denklem kullanılarak % 1, 5 ve 10 F değerleri için spinel lerzolitik bir kaynağın ergimesiyle oluşan eriyiğin NTE içerikleri hesaplanmıştır. Hesaplanan F değerleri (% 1, 5 ve 10) ve ilksel bileşime yakın özellik sunan KA-9, 154 nolu alkali bazalt örnekleri NTE diyagramında gösterilmiştir (Şekil 4.133). Diyagramda incelenen örneklerin % 1 ile 5 ergime değerleri arasında kaldığı görülmektedir. Eğer KA-9 ve 154 nolu örneklerin ilksel bileşimi temsil ettiği varsayılırsa, spinel lerzolitik bir kaynağın % 1-5'lik kısmi ergimesiyle, böyle bir bileşimin elde edilmesi mümkün olacaktır.

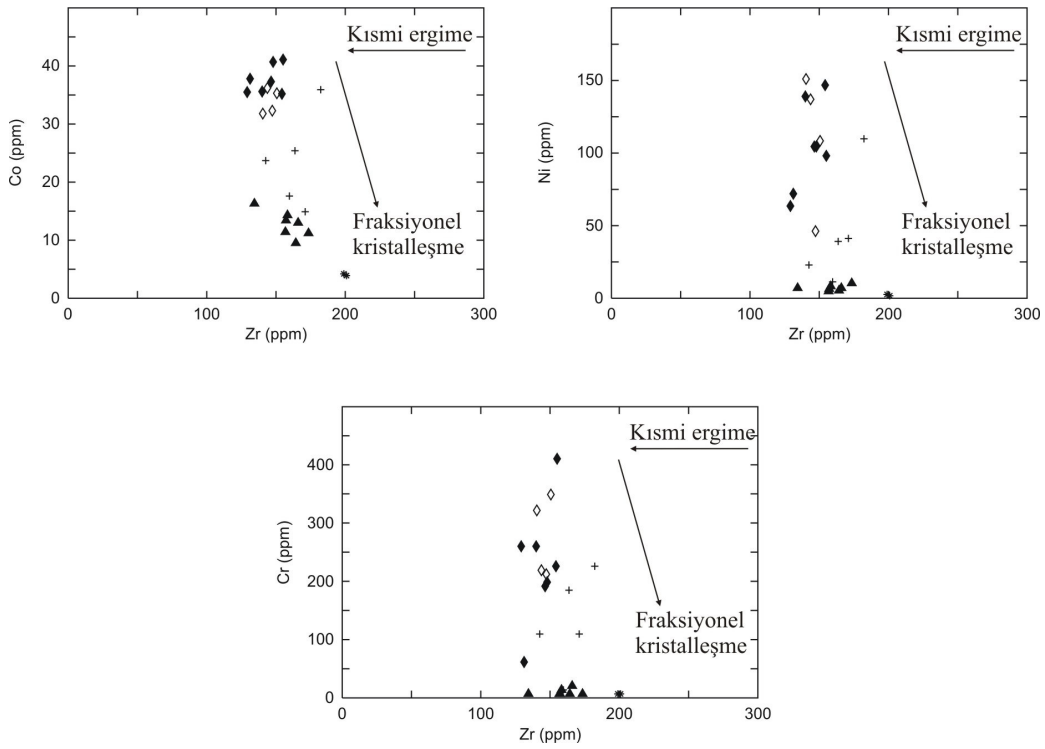


Şekil 4.133. KA-9 ve 154 nolu alkali bazalt örneklerine ait NTE desenlerinin % 1, 5 ve 10 kısmi ergime değerlerini temsil eden NTE desenleriyle kıyaslaması.

4.5.2.2. Fraksiyonel kristalleşme

Alkali volkanitlerin ana oksit ve iz element değişimleri (artan SiO_2'ye karşı uyumlu elementlerin azalması ve uyumsuz elementlerin artması) mağmatik diferansiyasyon sürecinde fraksiyonel kristalleşmenin önemli rol oynadığına işaret etmektedir. Ana oksit ve iz element değişimleri kayaçlarda gözlenen fenokristal fazlarla (olivin, klinopiroksen, plajiyoklas, amfibol ve Fe-Ti oksit) uyum içerisindedir.

Fraksiyonel kristalleşme ve kısmi ergimenin mağma bileşimine etkisi oldukça refrakter elementlere (Co, Cr ve Ni) karşı oldukça uyumsuz elementlerin (Zr) davranışları belirlenerek tespit edilebilir (Maaloe, 1985). Eğer mağma bileşimi üzerine ana kontrol kısmi ergime ise refrakter element içeriği sabit kalacak, uyumsuz elementlerin içeriği değişecektir. Eğer fraksiyonel kristalleşme etkili ise refrakter element içeriği azalacak, uyumsuz element içeriği artacaktır. Alkali volkanitlerin Zr'ye karşı Co, Cr ve Ni içeriğindeki değişimler diferansiyasyon sürecinde fraksiyonel kristalleşmenin etkili rol oynadığını göstermektedir (Şekil 4.134).



Şekil 4.134. Alkali volkanitlerin Zr'ye karşı Co, Cr ve Ni değişim diyagramları.

4.5.2.2.1.Fraksiyonel kristalleşmenin sayısal modellemesi

Alkali volkanitlerin gelişiminde etkili olan fraksiyonel kristalleşme Stormer ve Nicholls'ın (1978) kütle dengesi karışım (mass balance mixing) hesaplamaları yapan XLFRAC programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Stormer ve Nicholls'a (1978) göre XLFRAC, fraksiyonel kristalleşme (kimyasal bileşimleri belirlenmiş fenokristal ve kümülat minerallerin ekleme ve çıkarmasıyla), asimilasyon (kimyasal bileşimi belirlenmiş yan kayaç veya ksenolitlerin eklenmesiyle), fraksiyonel ergime (farazi bir ana materyalden ksenokristallerin veya refrakter rezidüel kayaçların çıkarımıyla) ve mağma karışımı gibi olayları test etmek için kullanılabilir.

Kütle dengesi karışım programları aritmetik olarak birçok model oluşturabilmektedir. En uygun modeli kabul etmeden önce (ki bu kalıntıların kareleri toplamının en düşük olanıdır), modelin petrolojik ve jeokimyasal olarak mantıklı olmasına dikkat etmek gerekmektedir. Metot modellenen sistemin kimyasal

bileşenlerden daha az mineral faza sahip olmasını gerektirmektedir (Middlemost, 1988). En uygun modelin seçimindeki birinci kriter kalıntıların kareleri toplamıdır ($\sum r^2$). Bu değerin 1.25'den (Kempton ve ark, 1987) veya 1.5'den (Luhr ve Carmichael, 1980) küçük olması gerekmektedir.

Kayaçlarda yer alan fenokristal faz bileşimleri kullanılarak alkali bazalttan havayite, havayitten mujearite, mujearitten benmorite, benmoritten trakidasite fraksiyonlaşma test edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda olivin, diyopsit, plajiyoklas, amfibol ve manyetit fazları kullanılarak, $\sum r^2$ değeri 0.1778-0.2798 arasında değişen sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4.60). Bu elde edilen sonuçlara dayanılarak alkali kayaçların gelişiminde fraksiyonel kristalleşmenin asıl mağmatik olay olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.60. Alkali volkanitlerin gelişiminde etkili olan fraksiyonlaşmanın kütle dengesi karışım hesaplamalarını (Stormer ve Nicholls, 1978) kullanarak test edilmesi.

A) Alkali bazalttan havayite plajiyoklas ($An_{71}Ab_{28}Or_1$), olivin ($Fo_{89}Fa_{11}$), diyopsit ($Wo_{48}En_{39}Fs_{13}$) ve manyetit fazlarını kullanarak fraksiyonlaşmanın testi.

	Eklenen veya çıkarılan malzemenin ana bileşimi (%)	Mağmalar arasında gözlenen farklılaşma (%)	Mağmalar arasında hesaplanan farklılaşma (%)	Kalıntılar (gözlenen-hesaplanan)
SiO_2	43.13	2.864	2.698	0.166
TiO_2	2.622	-0.155	-0.426	0.271
Al_2O_3	17.663	-0.475	-0.523	0.049
FeO*	11.354	-0.74	-0.773	0.033
MnO	0.157	0.011	-0.001	0.012
MgO	12.481	-1.685	-1.712	0.027
CaO	10.38	-0.486	-0.449	-0.036
Na_2O	2.097	0.236	0.569	-0.333
K_2O	0.117	0.324	0.436	-0.113
P_2O_5	0	0.105	0.181	-0.076

Kalıntıların kareleri toplamı = 0.2362

Faz isimleri	Ana mağmadan kistallenerek farklılaşan minerallerin miktarı (%)	Ana mağmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin değerleri (%)	Eklenen fazların % miktarı	Çıkarılan fazların % miktarı
Olivin	-6.97	21.65	0	21.65
Diyopsit	-4.08	12.67	0	12.67
Plajiyoklas	-17.74	55.07	0	55.07
Manyetit	-3.42	10.61	0	10.61

Ana mağmadan kistallenerek farklılaşan minerallerin toplam miktarı (%) = 32.2

Arta kalan (fraksiyonlaşmayan) ana mağma miktarı (%) = 67.8

B) Havayitten mujearite plajiyoklas ($An_{63}Ab_{35}Or_2$), olivin ($Fo_{85}Fa_{15}$), diyopsit ($Wo_{46}En_{47}Fs_7$) ve manyetit fazlarını kullanarak fraksiyonlaşmanın testi.

	Eklenen veya çıkarılan malzemenin ana bileşimi (%)	Mağmalar arasında gözlenen farklılaşma (%)	Mağmalar arasında hesaplanan farklılaşma (%)	Kalıntılar (gözlenen-hesaplanan)
SiO_2	46.129	2.003	1.779	0.224
TiO_2	1.45	0.09	-0.03	0.12
Al_2O_3	11.358	1.456	1.343	0.114
FeO*	9.314	-0.086	-0.243	0.157
MnO	0.141	-0.019	-0.007	-0.013
MgO	17.73	-2.945	-3.013	0.068
CaO	12.309	-0.882	-0.905	0.022
Na_2O	1.468	0.299	0.587	-0.288
K_2O	0.1	0.112	0.378	-0.266
P_2O_5	0	-0.027	0.11	-0.137

Kalıntıların kareleri toplamı = 0.2798

Faz isimleri	Ana mağmadan kistallenerek farklılaşan minerallerin miktarı (%)	Ana mağmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin değerleri (%)	Eklenen fazların % miktarı	Çıkarılan fazların % miktarı
Olivin	-6.1	25.92	0	25.92
Diyopsit	-8.09	34.37	0	34.37
Plajiyoklas	-8.03	34.13	0	34.13
Manyetit	-1.31	5.58	0	5.58

Ana mağmadan kistallenerek farklılaşan minerallerin toplam miktarı (%) = 23.54

Arta kalan (fraksiyonlaşmayan) ana mağma miktarı (%) = 76.46

C) Mujearitten benmorite plajiyoklas ($An_{60}Ab_{38}Or_2$), olivin ($Fo_{76}Fa_{24}$), diyopsit ($Wo_{46}En_{45}Fs_9$) ve manyetit fazlarını kullanarak fraksiyonlaşmanın testi.

	Eklenen veya çıkarılan malzemenin ana bileşimi (%)	Mağmalar arasında gözlenen farklılaşma (%)	Mağmalar arasında hesaplanan farklılaşma (%)	Kalıntılar (gözlenen-hesaplanan)
SiO_2	45.7	6.776	6.516	0.259
TiO_2	2.142	-0.307	-0.498	0.191
Al_2O_3	16.857	0.447	0.288	0.159
FeO*	11.295	-2.043	-2.231	0.188
MnO	0.162	-0.041	-0.04	0
MgO	8.895	-2.93	-3.044	0.113
CaO	12.305	-2.896	-2.972	0.077
Na_2O	2.426	0.916	1.083	-0.167
K_2O	0.219	0.048	0.678	-0.63
P_2O_5	0	0.03	0.219	-0.19

Kalıntıların kareleri toplamı = 0.6442

Faz isimleri	Ana mağmadan kistallenerek farklılaşan minerallerin miktarı (%)	Ana mağmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin değerleri (%)	Eklenen fazların % miktarı	Çıkarılan fazların % miktarı
Olivin	-5.24	11.88	0	11.88
Diyopsit	-11.31	25.62	0	25.62
Plajiyoklas	-23.55	53.36	0	53.36
Manyetit	-4.03	9.14	0	9.14

Ana mağmadan kistallenerek farklılaşan minerallerin toplam miktarı (%) = 44.13

Arta kalan (fraksiyonlaşmayan) ana mağma miktarı (%) = 55.87

D) Benmoritten trakidasite plajiyoklas ($An_{55}Ab_{44}Or_1$), amfibol ($Mg^{\#}$=67) ve manyetit fazlarını kullanarak fraksiyonlaşmanın testi.

	Eklenen veya çıkarılan malzemenin ana bileşimi (%)	Mağmalar arasında gözlenen farklılaşma (%)	Mağmalar arasında hesaplanan farklılaşma (%)	Kalıntılar (gözlenen-hesaplanan)
SiO_2	45.7	5.884	5.807	0.077
TiO_2	2.371	-0.284	-0.461	0.177
Al_2O_3	19.467	-0.578	-0.713	0.135
FeO*	11.756	-2.09	-2.139	0.049
MnO	0.116	-0.03	-0.021	-0.009
MgO	6.112	-1.451	-1.565	0.114
CaO	10.326	-1.948	-1.885	-0.062
Na_2O	3.799	0.213	0.364	-0.151
K_2O	0.352	0.477	0.529	-0.052
P_2O_5	0	-0.193	0.086	-0.278

Kalıntıların kareleri toplamı = 0.1778

Faz isimleri	Ana mağmadan kistallenerek farklılaşan minerallerin miktarı (%)	Ana mağmadan kristallenerek farklılaşan minerallerin değerleri (%)	Eklenen fazların % miktarı	Çıkarılan fazların % miktarı
Plajiyoklas	-14.36	51.06	0	51.06
Amfibol	-11.7	41.59	0	41.59
Manyetit	-2.06	7.34	0	7.34

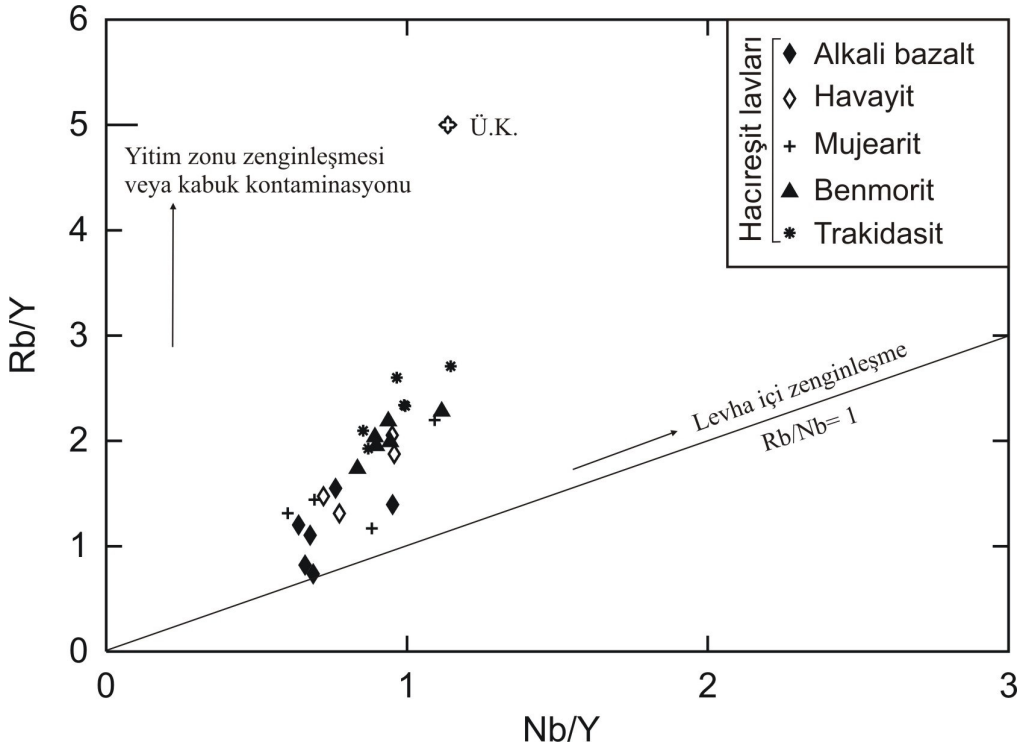
Ana mağmadan kistallenerek farklılaşan minerallerin toplam miktarı (%) = 28.12

Arta kalan (fraksiyonlaşmayan) ana mağma miktarı (%) = 71.88

4.5.2.3. Asimilasyon

Alkali volkanitler BİYE (K, Rb, Ba), Th ve HNTE (La, Ce) açısından özellikle farklılaşmış üyelerde (benmorit ve trakidasit) önemli derecede zenginleşme sunmaktadırlar. Bu zenginleşmeler fraksiyonel kristalleşme sonucunda oluşabilse de, mağmatik diferansiyasyon sürecinde kabuk kontaminasyonunun da etkin olmuş olabileceğini düşündürmektedir.

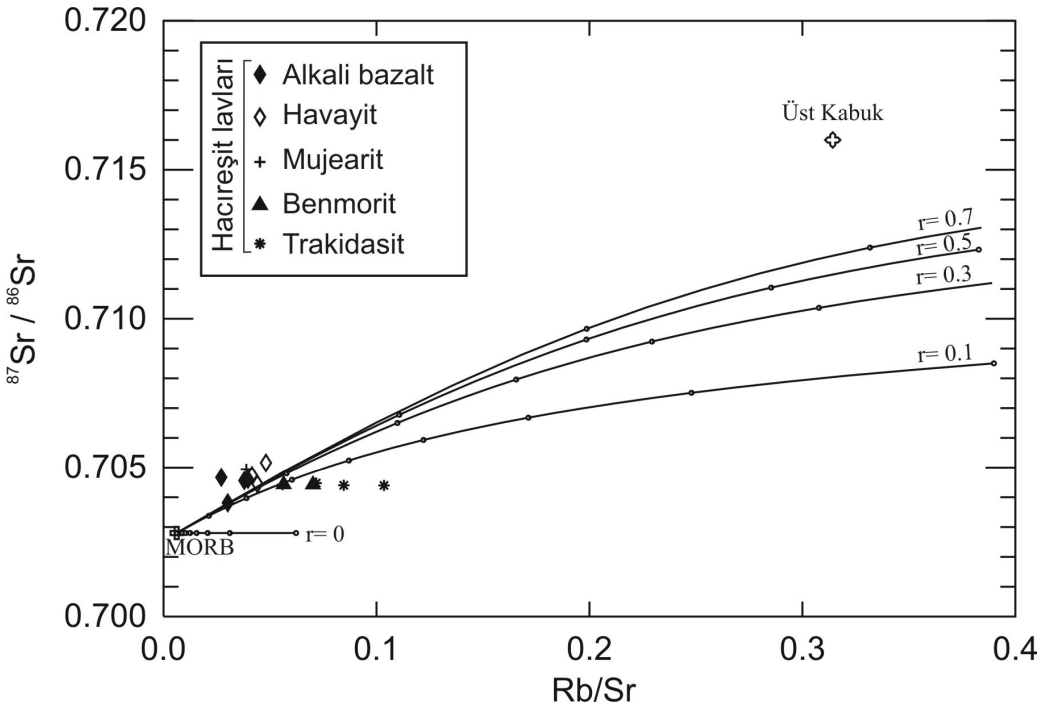
Kontaminasyonun alkali volkanitlerin gelişimindeki etkisini belirlemek için Rb/Y'ye karşı Nb/Y diyagramı kullanılabilir (Şekil 4.135). Bu diyagramda yüksek Rb/Nb karakterize olan yitim zonu zenginleşmesi veya kabuk kontaminasyonu düşey yönseme sunacaktır. Diğer taraftan, levha içi prosesler sonucu zenginleşmeler ise pozitif bir yönseme sunacaktır (Rb/Nb = 1, Edwards ve diğ., 1991). Alkali volkanitlerin bu diyagramdaki dağılımları lineere yakın olup levha içi zenginleşme yönsemesi göstermektedir. Bu da kontaminasyonun alkali volkanitlerin gelişiminde çok önemli olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.135. Alkali volkanitlerin Nb/Y'ye karşı Rb/Y diyagramı (Ü.K: Üst Kabuk, Taylor ve McLennan, 1981).

4.5.2.3.1. AFC modellemesi

Bir tür asimilasyon süreci olan Asimilasyon-Fraksiyonel kristalleşme (AFC) iz element ve izotoplar kullanılarak modellenebilmektedir. Alkali volkanitlerin gelişimindeki kabuk kontaminasyonunun etkilerini belirlemek amacıyla DePaolo'nun (1981) denklemleri kullanılarak AFC modellemesi yapılmıştır. Bazaltik mağmaya veya bunun kaynağına herhangi kabuk malzemesinin ilave edilmesi durumunda $^{87}Sr/^{86}Sr$ ile SiO_2, Rb/Sr ve K_2O/P_2O_5, Ba/Nb, La/Nb (Thompson ve ark., 1984; Carlson ve Hart, 1988; Fitton ve ark., 1988), La/Ta ve Th/Ta (Loubet ve ark., 1988) arasında pozitif ilişki beklenir. AFC'yi test etmek amacıyla $^{87}Sr/^{86}Sr$ ile Rb/Sr arasındaki ilişki incelenmiştir. Modelleme için tüketilmiş bir manto kaynağı (N-MORB) seçilmiştir. Bu kaynaktan oluşan mağmanın üst kıtasal kabuğu asimile ettiği varsayılarak, farklı r ve F değerleri için AFC eğrileri oluşturulmuştur. Hesaplamalarda gerekli olan toplam ayrımlanma katsayısı (D) Rb için 0, Sr için 1 kabul edilmiştir. Şekil 4.136'da iki önemli nokta dikkati çekmektedir. Birincisi farklılaşmış kayaçlar (benmorit ve trakidasit) r = 0.1 eğrisinin altında kalmaktadır. Bu durum farklılaşmış kayaçların kabuksal kirlenmeden etkilenmediğini göstermektedir. İkincisi ise bazaltik kayaçlar r = 0.7 eğrisinin üstünde yer almaktadır. Bu durum AFC prosesi bakımından anlamlı değildir. Kabuk kontaminasyonun gözlendiği mağmatik topluluklarda farklılaşmış kayaçların bazik kayaçlara göre kontaminasyondan daha çok etkilenmesi beklenir. Çünkü farklılaşmış kayaçların kabukta kalma süreleri bazik kayaçlara göre daha uzundur (Rollinson, 1993). İncelenen bazaltik kayaçların (0.703809-0.705159) farklılaşmış kayaçlara göre (0.704393-0.704940) $^{87}Sr/^{86}Sr$ bakımından daha yüksek ve geniş bir aralığa sahip olması bazaltik kayaçların kaynak bölgesinin karakteristikleri ile ilgilidir.



Şekil 4.136. Alkali kayaçların gelişimindeki kontaminasyonu belirlemek için yapılan AFC modellemesi.

4.5.2.4. Kaynak kontaminasyonuna karşı asimilasyon

Manto kaynağının akışkanlar, ergiyikler ve dalan levha üzerindeki sedimanlar tarafından kontaminasyonu (kaynak kontaminasyonu) ile mantodan türeyen mağmaların kabuk kayaçlarını asimile etmeleri (asimilasyon) benzer jeokimyasal karakteristikler oluştururlar. Bu nedenle bu iki prosesin kıtasal volkaniklerin jenezindeki etkisini belirlemek ve bu prosesleri birbirinden ayırmak oldukça zordur (Peccerillo ve ark., 2004; Chesley ve ark., 2002; ve bunlardaki referanslar). Genel olarak, mağmatik topluluklarda gözlenen izotopik değişkenlik kaynak kontaminasyonuna ve/veya mağmaların duvar kayaçlarla etkileşimine yorumlanmaktadır. Volkanik yayların altında heterojen manto kaynakları yaygındır. Buna manto kaynağına değişken miktar ve tipteki akışkan, ergiyik ve dalan kabuktan türeyen sedimanların ilavesi ile çeşitli tipteki manto rezervuarları arasındaki karışımın neden olduğu düşünülmektedir (Gill, 1981).

İncelenen alkali volkanitlerin farklılaşmış üyeleri bazaltik kayaçlara göre daha düşük $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranlarına sahiptir. Buna göre AFC prosesinin kayaçların gelişiminde etkili olmadığı söylenebilir. Bazik kayaçların farklılaşmış kayaçlara göre

daha geniş izotopik bileşim aralığına ve yüksek $^{87}Sr/^{86}Sr$ sahip olması manto kaynağı kontaminasyonunu düşündürmektedir.

4.5.2.5. Mağma karışımı

Benmorit ve trakidasitlerde yer alan plajiyoklas ve amfibol fenokristalleri mağma karışımına işaret eden dengesizlik dokuları gösterirler. Bunlar plajiyoklaslarda halkalı zonlanma, rezorpsiyon, elek dokusu, amfibollerde ise opaklaşmalardır. Ayrıca kütle dengesi karışım (mass balance mixing) hesaplamalarında elde edilen kalıntıların kareleri toplamı ($\sum r^2$) değerinin 0.1'den büyük olması fraksiyonel kristalleşmeye ilaveten mağma karışımının da gelişmiş olabileceğinin göstergesi sayılabilir.

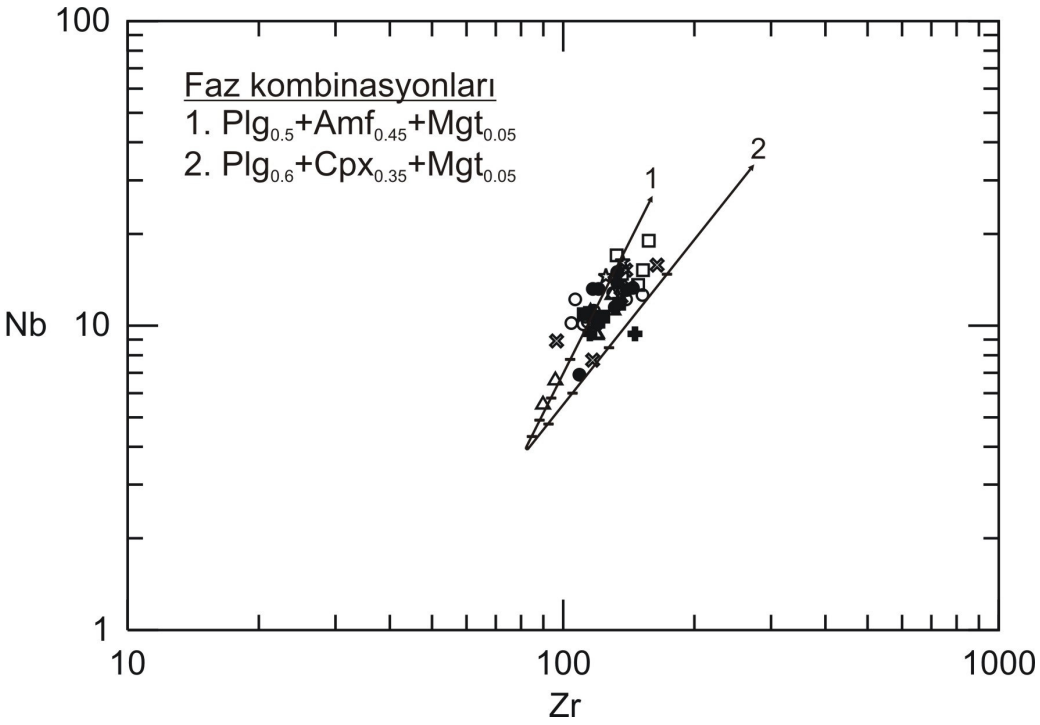
4.5.3. Kalkalkali Volkanitler

Kalkalkali volkanitler andezitik ve dasitik kayaçlarla temsil edilmektedir. Alkali volkanitlerin aksine kalkalkali volkanitler bazaltik kayaç içermemektedir. Kalkalkali volkanitlerin bileşimindeki kimyasal değişimler fraksiyonel kristalleşme, asimilasyon ve mağma karışımı gibi proseslerin bir sonucudur.

4.5.3.1. Fraksiyonel kristalleşme

İlerleyen diferansiyasyonla beraber (artan SiO_2) MgO, CaO, FeO*, TiO_2 ve P_2O_5' gibi ana oksitlerin azalması kayaçların gelişiminde fraksiyonel kristalleşmenin etkin bir rol oynadığına işaret etmektedir. Ayrıca Cr, Co, Ni, Sc, Sr, V, Y gibi iz elementlerin andezitlere oranla dasitlerde düşük miktarlarda bulunması fraksiyonel kristalleşme süreci ile ilgili olmalıdır. Kayaçlarda gözlenen ana oksit ve iz element değişimleri plajiyoklas, amfibol, klinopiroksen, manyetit ve apatit fraksiyonlaşmasıyla uyumludur.

Fraksiyonel kristalleşme sürecinde etkin olan mineral fazları belirlemek için Nb-Zr diyagramında iki farklı faz kombinasyonu kullanılarak Rayleigh fraksiyonlaşma vektörleri oluşturulmuştur. Kalkalkali kayaçlara ait veri noktalarının bu diyagramda yaygın olarak 1 nolu (Plg+Amf+Mgt) daha az 2 nolu (Plg+Cpx+Mgt) vektörleri izlediği görülmektedir (Şekil 4.137).



Şekil 4.137. Kalkalkali kayaçların gelişiminde etkili olan faz kombinasyonlarının Rayleigh fraksiyonlaşma yönlerini gösteren LogNb-LogZr diyagramı. Vektörler üzerindeki çizgiler % 20 kristallenme aralığını temsil etmektedir.

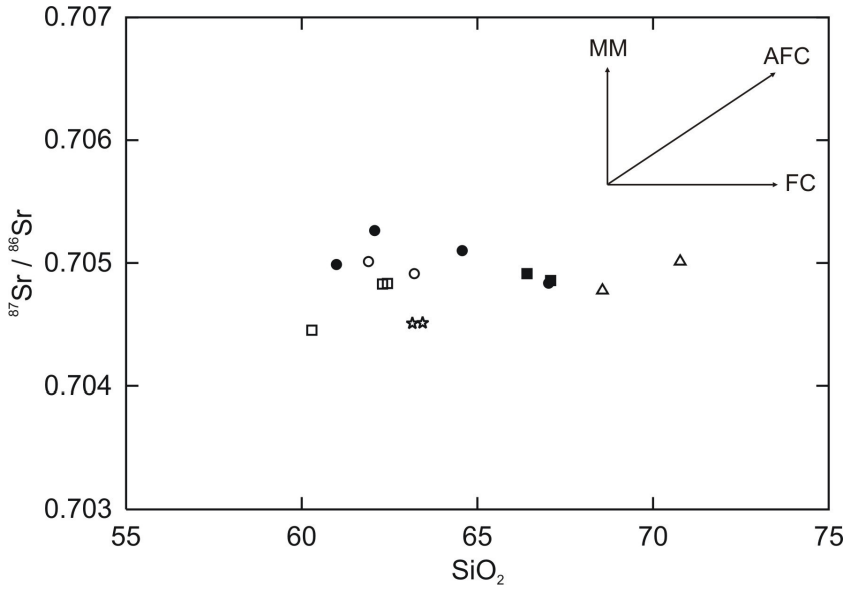
Hornblend fraksiyonlaşmasının ana ve iz element bollukları üzerindeki etkisi yeterince anlaşılamamakla beraber, yüksek basınç ve yüksek su içeriği gerektirdiği bilinmektedir (> 8 kbar ve % 3 H_2O, Eggler ve Burnham, 1973; > % 4-5 H_2O, Merzbacher ve Eggler, 1984). Bu nedenle benzer bileşimlerdeki deneysel verilerle karşılaştırıldığında (Cawthorn ve O'Hara, 1976; Allen ve Boettcher, 1978), ana mağmanın yüksek oranda su içeriğine sahip olduğu (>%2 H_2O) ve bu mağmanın muhtemelen alt-orta kabuktaki bir mağma odasında (3-15 kbar) ayrımlaşmaya uğradığı söylenebilir. İncelenen kayaçlarda yer alan hornblendler yaygın olarak dekompozisyona uğramışlardır. Yapılan jeobarometre hesapları amfibol ve piroksenler için farklı değerler vermektedir. Genel olarak amfiboller için basınç aralığı 1-8 kbar arasında değişirken, klinopiroksenlerde 1-2 kbar arasındadır. Bu sonuçlar mağmanın polibarik kristallenmeye uğradığını göstermektedir. Önce kabuğun derin kesimlerinde amfibol denetimli fraksiyonlaşma gelişmiş olmalıdır. Daha sonra bu mağma kabuğun daha sığ derinliklerine yükselerek

piroksen±plajiyoklas denetimli bir fraksiyonlaşmaya uğramış olmalıdır. Bu sığ derinliklerde artık amfibol duraylı kalamayarak dekompozisyona uğramıştır. Kabuğun derin kısımlarında amfibol oluşturan bir mağma, daha sığ derinliklerde iki piroksen±plajiyoklas verebilmektedir (Pearce ve ark.,1990; Keskin ve ark., 1998).

4.5.3.2. Asimilasyon

Kalkalkali volkanitlerin yüksek BİYE ve HNTE içerikleri ve göreceli olarak yüksek $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranları (0.705264'e kadar) kayaçların gelişimindeki asimilasyon ihtimalini yükseltmektedir. Ayrıca bazı andezitik kayaçlarda (Yenice lavları) kuvars ksenokristalleri gözlenmektedir. Bu da mağmanın kabuk içinde soğumasına devam ederken kuvarsca zengin yan kayaçları asimile ettiğinin bir göstergesi olabilir.

Diferansiyasyon sürecinde etkin proses yalnızca fraksiyonel kristalleşme ise farklılaşmış kayaçlar ile farklılaşmamış kayaçların Sr izotopik bileşimleri aynı kalır. Fakat fraksiyonel kristalleşmeye asimilasyon eşlik ederse Sr izotopik bileşimleri ilerleyen diferansiyasyonla artar. Şekil 4.138'de diferansiyon indeksi olarak SiO_2'ye karşı $^{87}Sr/^{86}Sr$ (asimilasyon indeksi)'nın değişimi incelendiğinde kayaçların AFC trendi izlediği görülmektedir.

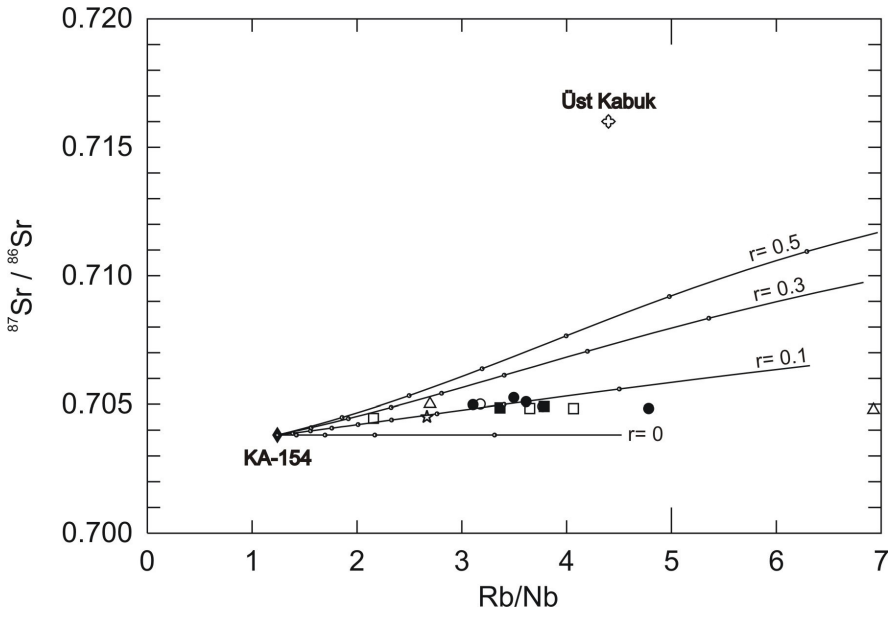


Şekil 4.138. Kalkalkali kayaçların SiO_2'ye karşı $^{87}Sr/^{86}Sr$ diyagramı.

4.5.3.2.1. AFC modellemesi

Kalkalkali kayaçların gelişimindeki kabuk etkisini araştırmak için Rb/Nb'ye karşı $^{87}Sr/^{86}Sr$ diyagramı kullanılarak AFC modellemesi yapılmıştır. Genelde Rb/Nb oranı kapalı mağmatik sistemlerde ilerleyen diferansiyasyonla beraber çok önemli bir değişim göstermez. Rb/Nb oranındaki artışlar mağmanın asimilasyonu da kapsayan açık sistem fraksiyonlaşmasına uğradığına işaret eder (Wilson ve ark., 1997).

AFC modellemesi için alkali gruba ait en primitif bazalt (KA-154) örneği kullanılarak, mağmanın üst kıtasal kabuğu asimile ettiği varsayımından yola çıkılmıştır. Asimilasyona % 50 plajiyoklas ve % 50 amfibol fraksiyonlaşmasının eşlik ettiği kabul edilerek teorik r değerlerini (asimilasyon/fraksiyonel kristalleşme) temsil eden AFC eğrileri oluşturulmuştur. Oluşturulan AFC modelinde kalkalkali kayaçların r= 0.1 eğrisi boyunca yer aldığı görülmektedir (Şekil 4.139). Bu durum kalkalkali kayaçların gelişiminde asimilasyonun önemli olmadığını, kayaçlarda gözlenen kimyasal değişimlerin fraksiyonel kristalleşme tarafından kontrol edildiğini göstermektedir. Ancak böyle bir durum mağmanın benzer Sr izotop bileşimine sahip genç bir kabuğu asimile etmesi sonucu da oluşabilmektedir (Faure ve Mensing, 2005; Faure, 2001; Rollinson, 1993; Pearce ve ark., 1990).



Şekil 4.139. Kalkalkali kayaçların gelişimindeki kontaminasyonu belirlemek için yapılan AFC modellemesi.

4.5.3.3. Mağma karışımı

Mağma karışımı olaylarının kalkalkali kayaçların gelişiminde önemli olduğu bilinmektedir (Eichelberger, 1978; Gerlach ve Grove, 1982). Buna göre kayaç kimyasındaki değişim, mafik ve silisik mağmaların karışımıyla ilgili olabilmektedir. Böyle bir modelde mafik uç üye mantodan gelmektedir, buna karşın silisik uç üye ise kabuk kontaminasyonu ve/veya fraksiyonel kristalleşmeyle türeyebilir (Grove ve Donelly-Nolan, 1986; Grove ve Kinzler, 1986).

İncelenen kalkalkali volkanik kayaçlar mağma karışımına işaret eden bazı dengesizlik dokuları göstermektedirler. Plajiyoklas fenokristallerinde yaygın olarak rezorpsiyon, halkalı zonlanma ve elek dokusu gözlenmektedir. Ayrıca elek dokulu plajiyoklaslarda kristal kenarlarında yeniden büyüme zonları gözlenebilmektedir. Mağma karışımının önemli verileri kayaçlarda bolca bulunan amfibol kristallerinde de gözlenebilmektedir. Amfibollerin dekompozisyonu dengesiz kristallenmeyi göstermektedir. Denge şartları altında kristallenmeye devam eden amfiboller, mağma karışımı sonucu sıcaklık ve basınç şartlarındaki değişim nedeniyle duraylılıklarını kaybederek dekompozisyona uğramış olabilirler.

Yukarıda belirtilen dokusal özellikler mağma karışımıyla ilgili olabilir. Fakat mağma karışımının modellenmesi birincil mafik ve silisik ergiyiklerin bileşimlerinin bilinmemesi durumunda oldukça zordur.

5. TARTIŞMA

Çalışma alanında, literatüre Kulu-Karacadağ volkanitleri olarak geçen volkanik kayaçlar yaygın yüzlekler vermektedir. Yapılan önceki çalışmalarda bu volkanitlerin yaşı ve kökeni üzerinde fazla durulmamış, Miyosen'den Kuvaterner'e kadar değişen yaşlar kullanılmıştır. Ancak bu çalışmada elde edilen $^{40}Ar/^{39}Ar$ radyometrik yaş sonuçları Kulu-Karacadağ volkanitlerinin yaşının Alt Miyosen (21.3-18.0 My) olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Kulu-Karacadağ volkanitleri, geniş yayılımlı kalkalkali ve sınırlı yayılıma sahip alkali olmak üzere iki farklı volkanik grup oluşturmaktadır. Bunlardan kalkalkali grup andezit, dasit türünde lav ve piroklastitlerden oluşurken, alkali grup alkali bazalt, havayit, mujearit, benmorit ve trakidasit lavlarından oluşmaktadır. Arazi gözlemleri ve $^{40}Ar/^{39}Ar$ radyometrik yaş verisi önce kalkalkali kayaçların, ve daha sonra alkali kayaçların püskürdüğünü göstermektedir. Ancak alkali volkanitlerin üzerinde diğerlerinden farklı daha genç, kalkalkali nitelikte bir lav birimi (Kırklar lavı) gözlenmektedir. Kırklar lavı yöredeki volkanizmanın son ürünlerini temsil etmektedir.

İncelenen kalkalkali kayaçlar yüksek fenokristal içerikli (%~60'a kadar) porfirik dokuludur. Bunlardaki fenokristalleri plajiyoklas, amfibol, orto/klinopiroksen, Fe-Ti oksit (manyetit, ilmenit), kuvars ve nadiren biyotit oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, kalkalkali kayaçlar tali apatit ve ikincil kalsit, klorit mineralleri içermektedirler. Kayaçların hamurunda mikrolitik, camsı ve mikrogranüler dokular gözlenebilmektedir. Kalkalkali kayaçlarda dengesizlik dokuları yaygın olarak gözlenmektedir. Bunlar plajiyoklas fenokristallerindeki rezorbsiyon, elek dokusu ve halkalı zonlanma, amfibollerdeki reaksiyon çeperleri ve opaklaşmalardır. Bu türden dengesizlik dokuları volkanik kayaçlarda ani basınç azalması sonucu gelişebilse de (Nelson ve Montana, 1992) çoğu araştırmacı bu dokuları mağma karışımına bağlamaktadır (Dungan ve Rhodes, 1978; Tsuchiyama, 1985; Nixon ve Pearce, 1987; Davidson ve ark., 1998; Tepley ve ark., 2000). Kalkalkali kayaçlarda yer alan klinopiroksen ve amfiboller üzerinde gerçekleştirilen jeobarometre hesaplamaları 0.3-7.8 kbar arasında değişen sonuçlar vermektedir. Bu sonuçlar kalkalkali kayaçların polibarik kristallenmeye uğradığını göstermektedir. Genel olarak amfibollerden alınan basınç değerleri klinopiroksenlere göre daha

yüksektir. Amfibolden alınan en yüksek basınç değeri (7.8 kbar) yaklaşık olarak 28 km derinliğe karşılık gelmektedir. Buradan hareketle birincil mağmaların ilk olarak alt kabukta (~28 km) mağma odaları oluşturduğu ve erken amfibol kristallenmesine uğradığı söylenebilir. Daha sonra bu mağmalar kabuk içerisinde yükselerek sığ mağma odaları oluşturmuş olmalıdır. Bu sığ mağma odalarında amfiboller duraylı kalamayarak dekompozisyona uğramaktadırlar. Sığ mağma odalarından itibaren ise piroksen ve plajiyoklas kristallenmesi meydana gelmektedir (Foden ve Green, 1992). Bu kristallenme evriminin petrografik verileri incelenen kalkalkali kayaçlarda bulunmaktadır.

Alkali volkanik kayaçlar olivin, orto/klinopiroksen, plajiyoklas, amfibol, Fe-Ti oksit (manyetit, ilmenit) ve nadiren anortoklas içermektedir. Bunlarda tali apatit mineralleri de gözlenmektedir. Alkali volkanitler porfirik dokuludurlar (bazen glomeroporfirik), hamurları holokristalinden hipokristaline kadar değişmektedir. Hamur dokusu bazaltik kayaçlarda intergranüler iken, farklılaşmış kayaçlarda trakitiktir. Farklılaşmış kayaçlarda (benmorit ve trakidasit) yer alan plajiyoklas ve amfibollerde dengesizlik dokuları gözlenmektedir. Kayaçlarda yer alan klinopiroksenler üzerinde yapılan jeobarometre hesaplamaları (8.6-1.9 kbar), bunların polibarik kökenli olduklarını göstermektedir.

İncelenen kalkalkali volkanik kayaçlar Orta-K içeriğine sahip andezit ve dasitik kayaçlarla temsil edilmektedirler. Bunların ana ve iz elementleri SiO_2'ye karşı iyi korelasyonlar vermektedir. SiO_2 artarken MgO, CaO, FeO*, TiO_2, P_2O_5, Co, Ni, Sc, V, Sr ve Y azalmaktadır. Bu değişimler klinopiroksen, amfibol, plajiyoklas, Fe-Ti oksit ve apatit fraksiyonlaşmasıyla uyumludur. Kalkalkali kayaçlar uyumsuz element ve NTE desenlerinde BİYE (K, Rb, Ba, Th) ve HNTE (La, Ce) açısından YAEE (Nb, Ta, Hf, Zr, Ti, Y) ve ANTE'lere (Yb, Lu) göre zenginleşme sunmaktadırlar. Ayrıca kayaçlar negatif Nb ve Ta anomalileri gösterirler. Bu özellikler yitimle ilişkili volkanitler için tipiktir (Pearce, 1983). Bu jeokimyasal karakteristikler kıtasal kabuk asimilasyonu sonucu da kazanılabilmektedir. Fakat incelenen kalkalkali kayaçlar düşük $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0.704452-0.705264) ve orta $^{143}Nd/^{144}Nd$ (0.512662-0.512801) oranlarına sahiptir. Ayrıca kabuk kontaminasyonunun etkilerini belirlemek için yapılan AFC modellemesinde r değeri

~0.1 olarak bulunmuştur. Tüm bu veriler kıtasal kabuk asimilasyonunun kalkalkali kayaçların gelişiminde önemli olmadığını göstermektedir.

Alkali volkanik kayaçlar genel olarak sodik karaktere (Na_2O/K_2O: 1.5-3.2) sahiptir. SiO_2'ye karşı ana oksit ve iz element değişimleri (MgO, CaO, FeO*, TiO_2, P_2O_5 Co, Cr, Ni, Sc, Sr ve V azalması, Na_2O, K_2O, Rb, Zr, Hf ve U artması) kayaçların gelişiminde olivin, klinopiroksen, Fe-Ti oksit, plajiyoklas ve apatit fraksiyonlaşmasının etkili rol oynadığını göstermektedir. Kayaçlar uyumsuz element desenlerinde Sr'den Sm'ye kadar K, Rb, Ba ve Th'de kuvvetli olmak üzere zenginleşme sunarlar. Kalkalkali kayaçların aksine bunlar negatif Nb ve Ta anomalisi göstermezler. Gruba alkali bazalt örnekleri, elementlerin Pearce'a (1996) göre sıralandığı uyumsuz element diyagramında incelendiğinde bunların spinel içeren zenginleşmiş manto kaynağından itibaren oluştuğu görülmektedir. İlaveten, alkali bazalt örneklerinin tektonik ortam ayırtman diyagramlarındaki dağılımları, çarpışma zonlarındaki yay bazaltı (VAB)/levha içi bazalt (WPB) geçişine oldukça benzemektedir. İlksel bileşime yakınlık gösteren alkali bazaltlar için kısmi ergime miktarı %1-5 olarak hesaplanmıştır. Ancak bazaltik kayaçlar zenginleşmiş bir manto kaynağından türeyen farklılaşmış ergiyikleri temsil etmektedirler. Grup içindeki kimyasal değişimleri kontrol eden asıl mağmatik olay fraksiyonel kristalleşmedir. Bu durum kütle-denge hesapları yapılarak ispatlanmıştır. Genel olarak kayaçlar kabuk kontaminasyonundan etkilenmemiştir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

1. Kulu (Konya)-Haymana (Ankara) arasında kalan ve yaklaşık 1200 km^2 alan kaplayan çalışma alanının 1.25.000 ölçekli jeoloji haritaları yapılmıştır. Bu haritalar derlenerek 1:50.000 ölçekle sunulmuştur.

2. Çalışma alanında, Neojen öncesi temel kayaçları, Kulu-Karacadağ volkanitleri, Cihanbeyli formasyonu ve alüvyon olmak üzere dört birim ayırt edilmiştir. Kulu-Karacadağ volkanitleri, Piroklastik kayaçlar, Yenice lavları, Gölbek andeziti, Dipdede dasiti, Yaraşlı andeziti, Hamzadağ dasiti, Karadağ andeziti, Hacıreşit lavları, Kırklar lavı olmak üzere dokuz üyeye ayrılmıştır.

3. $^{40}Ar/^{39}Ar$ radyometrik yaş sonuçları Kulu-Karacadağ volkanitlerinin yaşının Alt Miyosen (21.3-18.0 My) olduğunu ortaya koymaktadır.

4. Kulu-Karacadağ volkanitleri kalkalkali ve alkali olmak üzere iki grup oluşturmaktadır. Bunlardan kalkalkali grup andezit, dasit türünde lav ve piroklastitlerden oluşurken, alkali grup alkali bazalt, havayit, mujearit, benmorit ve trakidasit lavlarından oluşmaktadır.

5. İncelenen kalkalkali kayaçlar plajiyoklas (An_{27-60}), klinopiroksen ($Wo_{40-44}En_{41-50}Fs_{8-17}$), ortopiroksen ($Wo_{1-4}En_{64-76}Fs_{20-35}$), amfibol ($Mg^{\#}$ = 0.63-0.77), Fe-Ti oksit (manyetit ve ilmenit), kuvars, apatit ve nadiren biyotit içermektedirler.

6. Alkali kayaçlar plajiyoklas (An_{41-74}), olivin (Fo_{64-89}), klinopiroksen ($Wo_{41-48}En_{39-50}Fs_{7-16}$), ortopiroksen ($Wo_{2-4}En_{65-74}Fs_{23-33}$), amfibol ($Mg^{\#}$ = 0.59-0.69), Fe-Ti oksit (manyetit ve ilmenit), apatit ve nadiren anortoklas içermektedir.

7. Kalkalkali kayaçlarda yaygın, alkali kayaçlarda ise daha az mağma karışımı ve/veya ani basınç azalmasını işaret eden dengesizlik dokuları gözlenmiştir.

8. Kalkalkali ve alkali kayaçlar polibarik kristallenme evrimine sahiptir.

9. Kalkalkali kayaçlar Orta-K içeriğine sahiptir ve orojenik volkanitlere benzerlik sunarlar. Bunların ana oksit ve iz element değişimleri hornblend, klinopiroksen, plajiyoklas, Fe-Ti oksit ve apatit fraksiyonlaşmasının kayaçların gelişiminde önemli olduğunu göstermektedir.

10. Alkali kayaçlar sodik karaktere sahiptir ve levha içi volkanitlere benzerlik

sunarlar. Bunların ana oksit ve iz element değişimleri olivin, klinopiroksen, Fe-Ti oksit, plajiyoklas, amfibol ve apatit fraksiyonlaşmasının kayaçların gelişiminde önemli olduğunu göstermektedir.

11. Kalkalkali volkanitler yüksek BİYE (Sr, K, Rb, Ba, Th) ve HNTE (La, Ce) düşük YAEE (Nb, Zr, Ti, Y) içeriğine sahiptir. Ayrıca negatif Nb ve Ta anomalisi sunarlar.

12. Kalkalkali kayaçlar düşük $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0.704452-0.705264) ve orta $^{143}Nd/^{144}Nd$ (0.512662-0.512801) oranlarına sahiptir. AFC modellemesi kalkalkalin kayaçların gelişiminde kabuk asimilasyonunun önemli olmadığını göstermektedir.

13. Kalkalkali kayaçların ana mağmaları yitimle değiştirilmiş litosferik manto kaynağından türemiş olmalıdır.

14. Alkali volkanitler kuvvetli BİYE ve orta derecede YAEE zenginleşmesi sunmaktadır. Kalkalkali kayaçların aksine negatif Nb ve Ta anomalisi göstermezler.

15. Alkali kayaçların $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranları 0.703809-0.705159, $^{143}Nd/^{144}Nd$ oranları 0.512733-0.512844 arasında değişmektedir.

16. Alkali volkanitlerin jeokimyasal özellikleri kayaçların zenginleşmiş bir manto kaynağından türediğini göstermektedir. NTE elementlerine dayalı kısmi ergime modellemesi spinel içeren bir lerzolitik kaynağın % 1-5'lik ergimesini önermektedir.

KAYNAKLAR

Abdel-Rahman, A. M., 1994. Nature of biotites from alkaline, calk-alkaline, and peraluminous magmas. Journal of Petrology, 35, 525-541.

Agalede, H., 1954. Tuz Gölünün batı ve güneybatı kenarlarının jeolojik etüdü. MTA Der. Rap. No: 2371, Ankara (yayınlanmamış).

Akarsu, İ., 1971. II. Bölge AR/TPO/747 no'lu sahanın terk raporu. Petrol İşl. Gn. Md. (yayınlanmamış).

Allen, J.G., Boetcher, A.L., 1978. Amphiboles in andesites and basalts: II. Stability as a function of P-T-fO2. Am. Min. 63, 1047-1087.

Andersen, D.J., Lindsley, D.H. 1985. New (and final!) models for the Ti-magnetite/ilmenite geothermometer and oxygen barometer. Abstract for the AGU 1985 spring meeting, Eos Transactions, American Geophysical Union, 66 (18), 416.

Arıkan, Y., 1975. Tuz Gölü havzasının jeolojisi ve petrol imkanları. MTA derg., 85, 17-38.

Arslan, M., 1994. Mineralogy, geochemistry, petrology and petrogenesis of the Meydan-Zilan (Erciş-Van, Turkey) area volcanic rocks. University of Glasgow, PhD Thesis, UK, 559 pp.

Asan, K., 2002. Karacadağ (Kulu-Konya) yöresi volkanik kayaçlarının petrografik ve jeokimyasal incelemesi. Selçuk Üniversitesi, Konya, Yüksek Lisans Tezi, 111s.

Asan, K. ve Kurt, H., 2003. Çarpışma zonu volkanitlerine Orta Anadolu'dan bir örnek: Karacadağ (Kulu-Konya) kalkalkali volkanitleri. SDÜ Fen Bil. Enst. Derg., 7/2, 189-199.

Bacon, C.R., Hirschmann, M.M., 1988. Mg/Mn partitioning as a test for equilibrium between coexisting Fe–Ti oxides. Am. Mineral. 73, 57–61.

Batman, B., 1981. Ofiyolitik melanjın (Dereköy formasyonu) Haymana kuzeyindeki yörede (SW Ankara) incelenmesi. Yerbilimleri, 8, 61-7.

Batum, İ., 1978. Nevşehir Güneybatısındaki Göllüdag ve Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeoloji ve petrografisi. Yerbilimleri, 4/1-2, 50-59.

Besang, C., Eckhardt, F.J., Harre, W., Kreuzer, H., Müller P., 1977. Radimetrische altersbestimmungen an Neogenen eruptivgesteinen der Turkei. Geol. Jahrb., B25, 3-36.

Best, M.G., 2006. Igneous and Metamorphic Petrology. 2nd ed., Blackwell, USA, 729pp.

Cabanis, B., Lecolle, M., 1989. Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8; un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de melange et/ou de contamination crustale. Comptes Rendus de l'Academie des Sciences, Serie 2, Mecanique, Physique, Chimie, Sciences de l'Univers, Sciences de la Terre, 309 (20), 2023-2029.

Carlson, R.W., Hart, W.K., 1988. Flood basalt volcanism in the Northern United States. In: Macdougall, J.D. (Ed)., Continental Flood Basalts. Kluwer Academis Publications, 35-61.

Cawthorn, R.G. and O'Hara, M.J., 1976. Amphibole fractionation in calc-alkaline magma genesis. Am. J. Sci. 276, 309-329.

Chesley, J., Ruiz, J., Righter, K., Ferrari, L., Gomez-Tuena, A., 2002. Source contamination versus assimilation: an example from the Trans-Mexican Volcanic Arc. Earth Planet. Sci. Let. 195, 211-221.

Çemen, İ., Göncüoğlu, M.C. and Dirik, K., 1999. Structural evolution of the Tuzgölü basin in Central Anatolia, Turkey. The Journal of Geology, 107, 693-706.

Davidson, J.P., Tepley, F.J., Knesel, K.M., 1998. Crystal isotope stratigraphy: a method for constraining magma differentiation pathways. EOS 79, 185-189.

Deer, W.A., Howie, R.A., and Zussman, J., 1989. An introduction to the rock forming minerals. John Wiley&Sons, New York, 528 pp.

Defant, M.J., Drummond, M.S., 1990. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. Nature, 34, 662–665.

Dellaloğlu A.A., 1997. Ankara ili-Tuzgölü arasında Neotetisin kuzey kolunun evrimi (Haymana-Tuzgölü basenlerinin stratigrafileri ve jeotektonik evrimleri). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Doktora Tezi, 348 s (yayımlanmamış).

DePaolo, D.J., 1981. Trace element and isotopic effect of combined wallrock assimilation and fractional crystallization. Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 53, 189-202.

Dirik, K., Erol, O., 2000. Tuzgölü ve civarının tektonomorfolojik evrimi, Orta Anadolu-Türkiye. Haymana-Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma, TPJD. 5, 27-46.

Donaldson, M.H., Henderson, C.M.B., 1988. A new interpretation of round embayments in quartz crystals. Min. Mag. 52. 27-33.

Droop, G.T.R., 1987. A general equation for estimating Fe3+ concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses using stoichiometric criteria. Mineral. Mag. 51, 431–435.

Dungan, M.A., Rhodes, M.J., 1978. Residual glasses and melt inclusions in basalts from DSDP legs 45 and 46: Evidence for magma mixing. Contrib. Min. Pet. 67, 417-431.

Dymek, R.F., 1983. Titanium, aluminum and interlayer cation substitutions in biotite from high-grade gneisses, west Greenland. Am. Mineral. 68, 880-899.

Edwards, C., Menzies, M., Thirwall, M., 1991. Evidence from Muriah, Indonesia, for the interplay of supra-subduction zone and intraplate processes in the genesis of potassic alkaline magmas. J. Petrol. 32, 555-592.

Eggler, D.H., Burnham, C.W., 1973. Crystallization and fractionation trends in the system andesite-H2O-CO2-O2 at pressures to 10 kb. Geol. Soc. Am. Bull. 84, 2517-2532.

Eichelberger, J.C., 1978. Andesitic volcanism and crustal evolution. Nature, 275, 21-27.

Ercan, T., 1987. Orta Anadoludaki Senozoyik volkanizması. MTA derg., 107, 119-140.

Ercan, T., Fujitanu, T., Matsuda, J.C., Tokel, S., Notsu, K., Ul, T., Can, B., Selvi, Y., Yıldırım, T., Fişekçi, A., Ölmez, M., Akbaşlı, A., 1990. Hasandağı-Karacadağ (Orta Anadolu) dolaylarındaki Senozoyik yaşlı volkanizmanın kökeni ve evrimi. Jeomorfoloji Derg., 18, 39-54.

Eren, Y., Kurt, H., Rosselet, F., Stampfli, G.M., 2004. Paleozoic deformation and magmatism in the northern area of the Anatolide block (Konya), witness of the Palaeotethys active margin. Eclogae Geol. Helv. 97, 293–306.

Ewart, A., 1982. The mineralogy and petrology of Tertiary-Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range. In: Thorpe, R.S. (Ed.), Andesite: Orogenic Andesite and Related Rocks. Wiley, New York, pp. 25–95.

Faure, G., Mensing, T.M., 2005. Isotopes: Principles and Applications. 3rd ed. John Wiley&Sons, USA, 897pp.

Faure, G., 2001. Origin of Igneous Rocks: The Isotopic Evidence. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, 496pp.

Fitton, J.G., James, D., Kempton, P.D., Ormerod, D.S., Leeman, W.P., 1988. The role of lithospheric mantle in the generation of late Cenozoic basic magmas in the western United States. Journal of Petrology, 331–349.

Foden, J.D., Green, D.H., 1992. Possible role of amphibole in the origin of andesite: some experimental and natural evidence. Contributions to Mineralogy and Petrology, 109, 479-493.

Foster, M. D., 1960. Interpretation of the composition of trioctahedral micas. US. Geological Survey Professional Paper 354-B, l-49.

Gerlach, D.C., Grove, T.L., 1982. Petrology of Medicine Lake Highland volcanics: characterization of end members of magma mixing. Cont. Min. Petrol. 80, 147-159.

Gill, J.B., 1981. Orogenic andesites and plate tectonics. Springer Verlag, Berlin, 358pp.

Göncüoğlu, M.C., Dirik, K., Erler, A., Yalınız, K., Özgül, L.I., Çemen, İ., 1996. Tuzgölü havzasının batı kesiminin temel jeolojik sorunları. Unpublished TPAO Report No. 3753.

Görür, N., 1981. Tuz Gölü-Haymana Havzasının Stratigrafik Analizi: İç Anadolunun Jeolojisi Simpozyumu. TJK., 35. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, s 60-65, Ankara.

Görür, N., Oktay, F.Y., Seymen, İ. and Şengör, A.M.C., 1984. Paleotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, Central Turkey: sedimentary record of a Neo-Tethyan closure. The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean, Special Publication of the Geological Society, 17, In J.E. Dixon and A.H.F. Robertson (eds.), 467-482.

Green, T.H., Pearson, N.J., 1985. Experimental determination of REE partition coefficients between amphibole and basaltic to andesitic liquids at high pressure. Geochim. Cosmochim. Acta, 49, 1465-1468.

Grove, T.L., Donnelly-Nolan, J.M., 1986. The evolution of young silisic lavas at Medicine Lake Volcano, California: İmplications for the origin of

compositional gaps in calc-alkaline serie lavas. Cont. Min. Petrol. 92, 281-302.

Grove, T.L. and Kinzler, R.J., 1986. Petrogenesis of andesites. Ann. Rev. Earth Planet. Sci. Lett. 14, 417-454.

Hanson, G.N., 1980. Rare earth elements in petrogenetic studies of igneous systems. Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 8, 371–406.

Hanson, G.N., 1989. An approach to trace elements modelling using a simple igneous system as an example. In: Lipin, B.R., McKay, M.G.A. (Eds), Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements. Min. Soc. Am. Rev. Min. 21, 79-97.

Hawkesworth, C.J., van Calsteren, P.W.C., 1984. Radiogenic isotopes-some geological applications. In: Henderson, P. (Ed), Rare earth element geochemistry. Elsevier, Amsterdam, 375-421.

Holland, T.J.B., and Blundy, J.D., 1994. Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. Contributions to Minerology and Petrology, 116, 443-447.

Innocenti, F., Mazzuoli, C., Pasquare, G., Serri, G. and Villari L., 1980. Geology of the volcanic area North of Lake Van, Turkey: Geol. Runds. 69, 292-322.

Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Science. 8, 523-548.

Johnson, M.C., and Rutherford, M.J., 1989. Experimental calibration of the aluminum in hornblende geobarometer with application to Long Valley Caldera (California) volcanic rocks. Geology, 17, 837-841.

Kawamoto, T., 1992. Dusty and honeycomb plagioclase: Indicators of processes in the Uchino stratified magma chamber, Izu Peninsula, Japan. J. Volcanol. Geotherm. Res. 49, 191-208.

Keller, J., 1974, Quaternary maar volcanism near Karapınar in Central Anatolia. Bull. Volcan., 38/2, 378-396.

Keller, J., Jung, D., Burgath, K. and Wollf, F., 1977. Geologie und Petrologie des neogenen Kalkalkali-Vulkanismus von Konya (Erenler Dag-Alaca Dag-Massiv, Zentral Anatolien). Geol. Jahrb., B 25, 37-117.

Kempton, P.D., Dungan, M.A, Blanchard, D.P., 1987. Petrology and geochemistry of xenolith-bearing alkalic basalts from the Geronimo Volcanic Field, southeast

Arizona: Evidence for polybaric fractionation and implications for mantle heterogeneity. In: Morris, E.M. and Pasteris, J.D. (eds). Mantle Metasomatizm and Alkaline Magmatism. Geol. Soc. Am. Spec. Publ. 215, 347-370.

Keskin, M., Pearce, J.A., Mitchell, J.G., 1998. Volcanostratigraphy and geochemistry of collision-related volcanism on the Erzurum-Kars Plateau, North Eastern Turkey. J. Volcanol. Geotherm. Res. 85, 355–404.

Ketin, İ., 1983. Türkiye genel jeolojisine bir bakış. İTÜ, İstanbul, Türkiye.

Koçyiğit, A., 1991. Changing stress orientation in progressive intercontinental deformation as indicated by the Neotectonics of the Ankara region (NW Central Anatolia). Bull. Turkish Ass. Petr. Geol. 31, 48–55.

Kuno, H., 1966. Lateral variation of basalt magma types across continental margins and island arcs. Bulletin of Volcanology, 29, 195-222.

Kurt, H., Asan., K., Ruffet, G., (baskıda). The relationship between collision-related calcalkaline, and within-plate alkaline volcanism in the Karacadağ Area (Konya-Türkiye, Central Anatolia). Chemie der Erde.

Kurt H., 1994. Petrography and geochemistry of Kadınhanı (Konya) area, Central Turkey, PhD Thesis, Glasgow University (unpublished), UK, 191 pp.

Kurt, H., 1996. Geochemical characteristics of the meta-igneous rocks near Kadınhanı (Konya) Turkey. Geosound, 28, 1 - 22,

Kurt, H., 1996. Evolution of Kadınhanı (Konya) dacite rocks: Petrographical and geochemical evidences for crystal fractionation and possible magma mixing. Geosound, 28, 23-34.

Kurt, H., Kadıoğlu, Y.K. ve Arslan, M., 1997. Tuzgölünün doğu ve batısındaki ofiyolitik birimleri jeolojik ve petrografik yönden karşılaştırılması. Tübitak-Ydabçağ projesi, No: 561.

Kurt, H. ve Arslan, M., 1999. Kadınhanı (Konya) K'ca zengin metatrakiandezitinin jeokimyası ve petrojenezi: Devoniyen (?) volkanizmasının gelişimi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 42, 57 – 67.

Kurt, H., 2000. Geological and geochemical characteristics of obsidian bearing rhyolite-flow, Tahtayayla, Hasandag (Aksaray) volcanic rocks, Central Anatolia, Turkey. S.Ü. Müh-Mim. Fak. Derg., 15/2, 49-57.

Kurt, H., Özkan, A.M., Koçak, K., 2003. Geology, petrography and geochemistry of the subduction related volcanic rocks, West of Konya, Central Anatolia. Geol. Bull. Türkiye, 46, 39–51.

Kushiro, I., 1960. Si-Al relation in clinopyroxenes from igneous rocks. Amer. J. Sci. 258, 548-554.

Lambert, R.S.J., Holland, J.G., 1974. Yttrium geochemistry applied to petrogenesis utilizing calcium-yttrium relationships in minerals and rocks. Geochim. Cosmochim. Acta, 38, 1393–1414.

Langmuir, C.H., Vocke, R.D., Hanson, G.N., Hart, S.R., 1978. A geneneral mixing equation with applications to icelandic basalt. Earth Planet. Sci. Lett. 37, 380-392.

Leake, B.E., Woolley, A.R., Birch, W.D., Burke, E.A.J., Ferraris, G., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Schumacher, J.C., Stephenson, N.C.N., Whittaker, E.J.W., 2004. Nomenclature of amphiboles: additions and revisions to the International Mineralogical Association's amphibole nomenclature. European Journal of Mineralogy, 16, 191-196.

Le Bas, M.J., 1962. The role of aluminium in igneous clinopyroxenes with relation to their parentage. Amer. J. Sci. 260, 267-288.

Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on total alkali-silica diagram. Journal of Petrology, 27, 745-750.

Le Maitre, R.W. (Ed), 2002. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 236 pp.

LePage, L.D., 2003. ILMAT: An Excel worksheet for ilmenite-magnetite geothermometry and geobarometry. Comp.&Geosci. 29, 673-678.

Le Roex, A.P., 1987. Source regions of mid-ocean ridge basalts; evidence for enrichment processes. In: Menzies, A.M., Hawkesworth, C.J. (Eds.), Mantle Metasomatism. Academic Press, London, 389–422 pp.

Lindsley, D.H., 1983. Pyroxene thermometry. Am. Mineral. 68, 477-493.

Lindsley, D.H., Spencer, K J. 1982. Fe-Ti oxide geothermometry: reducing analyses of coexisting Ti-magnetite (Mt) and ilmenite (Ilm). Abstract for the AGU

1982 spring meeting, Eos Transactions, American Geophysical Union, 63 (18), 471.

Lindsley, D.H., and Andersen, D.J., 1983. A two-pyroxene thermometer. J. Geophys. Res. 88, A887-A906.

Loomis, T.P., 1982. Numerical simulations of crystallization processes of plagioclase in complex melts: The origin of major and oscillatory zoning in plagioclase. Cont. Min. Petrol. 81, 219-229.

Loubet, M., Sassi, R., DiDonato, G., 1988. Mantle heterogeneities: a combined isotope and trace element approach and evidence for recycled continental crust materials in some OIB sources. Earth and Planetary Science Letters 89, 299–315.

Luhr, J.F., Carmichael, I.S.E., 1980. The Colima Volcanic Complex, Mexico. Cont. Min. Petrol. 71, 343-372.

Maaloe, S., 1985. Principles of Igneous Petrology. Springer Verlag, Berlin, 374pp.

MacKenzie, W.S., Donaldson, C.H., Guilford, C., 1982. Atlas of Igneous Rocks and their Textures. Longman, Harlow, 148 pp.

Martin, H., 1986. Effect of steeper Archaean geothermal gradient on geochemistry of subduction-zone magmas. Geology, 14, 753–756.

Martin, H., 1999. Adakitic magmas: modern analogues of Archaean granitoids. Lithos, 46, 411-429.

McDonough, W.F., 1990. Constraints on the composition of the continental lithospheric mantle. Earth Planet. Sci. Lett. 101, 1-18.

McKenzie, D.P., O'Nions, R.K., 1991. Partial melt distributions from inversion of rare earth element concentrations. Journal of Petrology, 32, 1021-1091.

Menzies, M., Kyle, P.R., 1990. Continental volcanism: a crust-mantle probe. In: Menzies, A.M. (Ed.), Continental Mantle. Clarendon Press, Oxford, 157–177 pp.

Merzbacher, C. ve Eggler, D.H., 1984. A magmatic geohygrometer: Application to Mount St Helens and other dacitic magmas. Geology, 12, 587-590.

Middlemost, E.A.K., 1988. Magmas and Magmatic Rocks: An Introduction to Igneous Petrology. Longman, USA, 266pp.

Middlemost, E.A.K., 1989. Iron oxidation ratios, norms and the classification of volcanic rocks. Chemical Geology, 77, 19-26.

Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A.K., Ginzburg, I.V., Ross, M., Seifert, F.A., Zussman, J., Aoki, K., Gottardi, G., 1988. Nomenclature of pyroxenes. American Mineralogist, 73, 1123-1133.

Nelson, S.T. and Montana, A., 1992. Sieve-textured plagioclase in volcanic rocks produced by rapid decompression: Am. Min., 77, 1242-1249.

Nixon G.T., Pearce T.H., 1987, Laser-interforemetry study of oscillatory zoning in plagioclase: The record of magma mixing and phenocryst recycling in calkalkaline magma chambers, İztaccihuatl Volcano, Mexico. American Mineralogist, 72, 1144-1162.

Okamura, S., Arculus, R.J. and Martynov, Y.A., 2005. Cenozoic magmatism of the north-eastern Eurasian margin: The role of lithosphere versus asthenosphere. Journal of Petrology, 46, 221-253.

Olanca, K., 1999. Karapınar-Konya yöresi Kuvaterner volkanizması; Jeokimyasal yorum. Yerbilimleri, 21, 115-124.

Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Uysal, S., Şentürk, K., 1990. Late Paleozoic evolution of the Kutahya-Bolkardagi Belt. METU. J. Pure Appl. Sci. 21, 211-220.

Pearce, J.A., 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe, R.S. (Ed), Andesite: Orogenic Andesite and Related Rocks. John Wiley, New York, NY, 525-548.

Pearce, J.A., 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C.J., Norry, M.J (Eds.), Continental Basalts and Mantle Xenoliths. Shiva, Nantwich, pp. 230-249.

Pearce, J.A., 1996. A user's guide to basalt discrimination diagrams. In: Wyman, D.A. (Ed), Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Aplications for massive sulphide exploration. Geological Association of Canada, Winnipeg, pp. 79-113.

Pearce, J.A., and Cann, J.R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. E.P.S.L. 19, 290-300.

Pearce, J.A. and Norry, M.L., 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. Contrib. Mineral. Petrol. 69, 33-47.

Pearce, J.A. and Parkinson, I.J., 1993. Trace element models for mantle melting: applications to volcanic arc petrogenesis. Geol. Soc. London Spec. Publ. 76, 373-403.

Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of Petrology, 25, 956-983.

Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Guner, Y., Saroglu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S. and Mitchell, J.G., 1990. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. J. Volcanol. Geotherm. Res. 44, 189-229.

Peccerillo, A., Dallai, L., Frezzotti, M.L., Kempton, P.D., 2004. Sr–Nd–Pb–O isotopic evidence for decreasing crustal contamination with ongoing magma evolution at Alicudi volcano (Aeolian arc, Italy): implications for style of magma-crust interaction and for mantle source compositions. Lithos, 78, 217-233.

Putirka, K., Johnson, M., Kinzler, R., Longhi, J., and Walker, D. 1996. Thermobarometry of mafic igneous rocks based on clinopyroxene-liquid equilibria, 0-30 kb. Contributions to Mineralogy and Petrology, 123, 92-108.

Putirka, K., Mikaelian, H., Ryerson, F. J., and Shaw, H. 2003. New clinopyroxene-liquid thermobarometers for mafic, evolved and volatile-bearing lava compositions, with applications to lavas from Tibet and the Snake River Plain, ID. American Mineralogist, 88, 1542-1554.

Rigo de Righi, M., Cortesini, A., 1959, Regional studies of the Central Anatolian basin, Progress Report 1, Petrol İşl Gn Md. Arşivi, Ankara (yayınlanmamış).

Rollinson, H.R., 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Johhn Wiley&Sons, New York, 352 pp.

Romick, J.D., 1987. Amphibole fractionation and magma mixing in andesites and dacites from the central Aleutians, Alaska. Trans. Am. Geophy. Un (EOS), 68, 461.

Saunders, A.D., Tarney, J., Weaver, S.D., 1980. Transverse geochemical variations across the Antarctic Peninsula: Implications for the genesis calcalkaline magmas. Earth Planet. Sci. Lett. 46, 344-360.

Schumacher, J.C., 1997. Appendix 2. The estimation of the proportion of ferric iron in the electron-microprobe analysis of amphiboles. Canadian Mineralogist 35, 219-246.

Schmidt, G.C.,1960; AR/MEM 365-366-367 sahalarının nihai terk raporu. Petrol İşl. Gn. Müd. Arşivi (yayınlanmamış).

Shelley, D., 1993. Igneous and metamorphic rocks under the microscobe. Chapman&Hall, London, 445 pp.

Stamatelopoulou-Seymour, K., Vlassopoulos, D., Pearce, T.H., 1990. The record of magma chamber processes in plagioclase phenocrysts at Therea Volcano, Aegean volcanic arc, Greece. Contrib. Min. Pet. 104, 73-84.

Stormer, J.C., Nicholls, J., 1978. XLFRAC: a program for the interactive testing of magmatic differentiation models. Computers & Geosciences, 4, 143-159.

Sun, S.S., 1980. Lead isotopic study of young volcanic rocks from mid-ocean ridges, ocean islands and island arcs. Phil. Trans. R. Soc. London, A297, 409-445.

Sun, S., McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle compositions and processes. In: Saunders, A.D., Norry, M.J (Eds.), Magmatism in the Ocean Basins. Geol. Soc. London Spec. Publ. 42, 313-345.

Tankut, A., Wilson, M., Yihunie, T., 1998. Geochemistry and tectonic setting of tertiary volcanism in the Güvem area, Anatolia, Türkiye. J. Volcanol. Geotherm. Res. 85, 285–301.

Taylor, H.P., 1980. The effect of assimilation of country rocks by magmas on 18O/16O and 87Sr/86Sr systematics in igneous rocks. Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 47, 243-254.

Taylor, S.R., and McLennan, S.M., 1981. The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks. Phil. Trans. R. Soc. A301, 381-399.

Taylor, S.R., and McLennan, S.M., 1985. The Continental Crust: Its Composition and Evolution: Blackwell, Oxford, 312 pp.

Temel, A., Gündoğdu, M.N. and Gourgaud, A., 1998. Petrological and geochemical characteristic of Cenozoic high-K calcalkaline volcanism in Konya, Central Anatolia, Turkey. J. Volcanol. Geotherm. Res. 85, 1-4, 327-354.

Tepley, F.J., Davidson, J.P., Tilling, R.I., Arth, J.G., 2000. Magma mixing, recharge and eruption histories recorded in plagioclase phenocrysts from El Chichon Volcano, Mexico. Contributions to Mineralogy and Petrology, 41, 1397–1411.

Thompson, R.N., 1984. Dispatches from the basalt front. 1. Experiments. Proceedings of the Geologists Association, 95, 249–262.

Tsuchiyama, A., 1985. Dissolution kinetics of plagioclase in the melt of the system diopside-albite-anorthite and origin of dusty plagioclase in andesite. Contrib. Min. Pet., 89, 1-16.

Uğuz, M.F., Turhan, N., Bilgin, A.Z., Umut, M., Şen, A.M., Acarlar, M., 1999. Kulu (Konya), Haymana (Ankara) ve Kırıkkale dolayının jeolojisi. MTA Der. Rap. No: 10399.

Ünalan, G., Yüksel, V., Tekeli, T., Gönenç, O., Seyirt, Z., Hüseyin, S., 1976. Haymana-Polatlı yöresinin (Güneybatı Ankara) Üst Kretase-Alt Tersiyer stratigrafisi ve paleocoğrafik evrimi. TJK Bült., 19/2, 159-176.

Verhoogen, J., 1962. Distribution of titanium between silicates and oxides in igneous rocks. . Amer. J. Sci. 260, 211-220.

Verma, S.P., Torres-Alvarado, I.S., Sotelo-Rodríguez, Z.T., 2002. SINCLAS: standard igneous norm and volcanic rock classification system. Computers & Geosciences, 28, 711-715.

Wilcox, C.A., 1954. Petrology of Paricutin volcano, Mexico. U.S. Geological Survey, 965-C, 281-353.

Wilson, M., Tankut, A., Güleç¸ N., 1997. Tertiary volcanism of the Galatia province, North-west Central Anatolia, Türkiye. Lithos, 42, 105–121.

Winchester, J.A. and Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differantiation products using immobile elements: Chem. Geol. 20, 325-343.

Winter, J.D., 2001. Igneous and Metamorphic Petrology. Prentice Hall, USA, 697pp.

Wones, D. R. and Eugster, H. P., 1965. Stability of biotite: experiment, theory, and application. American Mineralogist, 50, 1228-1272.

Wood, D.A., Joron, J.L., Treuil, M., Norry, M., and Tarney, J., 1979. Elemental and Sr isotope variations in basic lavas from Iceland and the surrounding ocean floor. Contrib. Mineral. Petrol. 70, 319-339.

Wood, D.A., 1980. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to estabilishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province: Earth. Planet. Sci. Lett. 50, 11-30.

www.abdn.ac.uk/geology/profiles/analysis/software.htm

www.corel.com

www.csufresno.edu/geology/Faculty&Staff/Putirka/Keith_Putirka.html

www.earthref.org

www.minpet.com/ordering.htm

www.rockware.com

www.unipg.it/~maurip/SOFTWARE.htm

Yaşar M., Çelik, E., Kayakıran, S., Erkan, M.C., Aygün, M., Ayok, F., Baş, H., Bilgiç, T., Uygun, A., 1982. Tuz Gölü Havzası Projesi. MTA Proje no:11/06.1..01.01, Ankara.

Yavuz, F., Öztaş, T., 1997. Bioterm- a program for calculating and plotting microprobe analyses of biotite from barren and mineralized magmatic suites. Computers & Geosciences, 23, 897-907.

Yavuz, F., 2007. WinAmphcal: A Windows program for the IMA-04 amphibole classification. Geochem. Geophys. Geosyst. 8, 1-12.

Zindler, A., Hart, S.R., 1986. Chemical geodynamics. Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 14, 493-571.

EK-2. Analizleri yapılmış örneklerin koordinatları.

Örnek no	Volkanik birim	Kayaç tipi	Koordinat
KA-2	Hacıreşit lavları	Benmorit	89.750-24.100
KA-4	Hacıreşit lavları	Benmorit	90.200-24.750
KA-8	Hacıreşit lavları	Havayit	91.450-26.350
KA-9	Hacıreşit lavları	Alkali bazalt	91.125-26.550
KA-13	Hacıreşit lavları	Alkali bazalt	91.175-28.000
KA-15	Hacıreşit lavları	Havayit	92.275-28.575
KA-17	Hacıreşit lavları	Trakidasit	91.650-28.850
KA-21	Breş çakılları	Andezit	90.875-30.525
KA-22	Breş çakılları	Dasit	90.450-31.225
KA-24	Yaraşlı andeziti	Andezit	91.600-33.775
KA-25	Yaraşlı andeziti	Andezit	90.900-33.200
KA-37	Hacıreşit lavları	Trakidasit	91.325-36.475
KA-45	Dipdede dasiti	Dasit	91.675-37.475
KA-46	Dipdede dasiti	Dasit	91.550-37.225
KA-49	Kırklar lavı	Trakiandezit	91.350-38.050
KA-55	Dipdede dasiti	Dasit	90.450-38.750
KA-60	Tüf	Dasit	89.350-39.875
KA-73	Hacıreşit lavları	Trakidasit	88.825-34.775
KA-77	Kırklar lavı	Trakiandezit	85.300-36.225
KA-78	Kırklar lavı	Trakiandezit	87.400-36.500
KA-80	Yaraşlı andeziti	Andezit	96.000-37.150
KA-88	Tüf	Dasit	93.050-29.325
KA-90	Hacıreşit lavları	Trakidasit	88.625-24.625
KA-102	Kırklar lavı	Trakiandezit	89.575-36.250
KA-104	Yaraşlı andeziti	Andezit	88.550-35.275
KA-117	Gölbek andeziti	Andezit	85.150-47.400
KA-122	Gölbek andeziti	Andezit	84.200-46.050
KA-127	Hamzadağ dasiti	Dasit	82.475-43.350
KA-132	Gölbek andeziti	Andezit	84.475-48.425
KA-142	Gölbek andeziti	Andezit	83.875-54.000
KA-150	Gölbek andeziti	Andezit	72.175-37.450
KA-154	Hacıreşit lavları	Alkali bazalt	92.225-30.175
KA-156	Breş çakılları	Andezit	92.225-30.175
KA-163	Yenice lavları	Andezit	74.175-42.500
KA-171	Breş çakılları	Andezit	71.775-39.725
KA-194	Gölbek andeziti	Andezit	86.325-55.200
KA-198	Gölbek andeziti	Andezit	87.200-56.950
KA-223	Hamzadağ dasiti	Dasit	84.225-48.300
KA-224	Gölbek andeziti	Andezit	86.100-49.550
KA-233-3	Hacıreşit lavları	Mujearit	85.250-46.650
KA-235	Yenice lavları	Andezit	69.775-39.800

EK-2. devamı

Örnek no	Volkanik birim	Kayaç tipi	Koordinat
KA-241	Yenice lavları	Andezit	71.725-44.325
KA-244	Yenice lavları	Andezit	74.100-37.675
KA-247	Yenice lavları	Andezit	73.775-35.225
KA-252	Yenice lavları	Dasit	76.075-54.500
KA-253-1	Yenice lavları	Dasit	74.750-54.375
KA-259	Yenice lavları	Andezit	75.150-51.250
KA-263	Yenice lavları	Andezit	72.875-48.400
KA-264	Yenice lavları	Andezit	74.600-49.100
KA-270-2	Yenice lavları	Andezit	75.775-47.675
KA-278	Hamzadağ dasiti	Dasit	79.725-44.000
KA-279-2	Hamzadağ dasiti	Dasit	79.750-42.425
KA-281	Hamzadağ dasiti	Dasit	81.250-41.575
KA-287	Karadağ andeziti	Andezit	81.200-22.775
KA-291-1	Karadağ andeziti	Andezit	81.450-21.675
KA-296-2	Kırklar lavı	Trakiandezit	76.000-20.000
KA-297-5	Kırklar lavı	Trakiandezit	74.975-18.700
KA-298-2	Hamzadağ dasiti	Dasit	77.450-34.675
KA-299-2	Kırklar lavı	Trakiandezit	88.875-24.750
KA-302	Hacıreşit lavı	Benmorit	91.000-27.200
KA-303	Breş çakılları	Dasit	91.000-27.225
KA-307-2	Kırklar lavı	Trakiandezit	88.150-36.125
KA-328	Hacıreşit lavı	Benmorit	90.750-27.000
KA-333-1	Hacıreşit lavı	Havayit	90.775-28.975
KA-333-3	Hacıreşit lavı	Alkali bazalt	90.775-28.975
KA-336	Hacıreşit lavı	Alkali bazalt	93.275-29.450
KA-338	Yaraşlı andeziti	Andezit	89.475-33.450
KA-343	Dipdede dasiti	Dasit	90.825-37.350
KA-344	Hacıreşit lavları	Mujearit	90.125-39.150
KA-345	Hacıreşit lavı	Alkali bazalt	88.925-39.200
KA-348	Breş çakılları	Dasit	87.850-40.000
KA-351	Hacıreşit lavı	Havayit	89.400-31.700
KA-353	Hamzadağ dasiti	Dasit	82.675-40.775
KA-360	Gölbek andeziti	Andezit	85.300-45.500
KA-364	Hacıreşit lavları	Trakidasit	88.150-24.525
KA-366	Hacıreşit lavları	Trakidasit	89.200-25.000
KA-378	Hacıreşit lavları	Mujearit	91.350-26.375
KA-379	Hacıreşit lavları	Mujearit	90.900-26.650
KA-380	Hacıreşit lavı	Benmorit	91.350-27.425
KA-384	Hacıreşit lavı	Benmorit	90.000-27.350
KA-SB-3	Dipdede dasiti	Dasit	91.625-36.200

EK-3. Volkanik kayaçların ana oksit element (%) analizleri ve CIPW normları.

Örnek	KA-2	KA-4	KA-8	KA-9	KA-13	KA-15	KA-17	KA-21	KA-22	KA-24
SiO_2	59.60	60.43	49.85	48.84	48.10	50.10	65.79	61.07	64.31	61.24
TiO_2	1.00	1.07	1.51	1.29	1.74	1.51	0.68	0.76	0.54	0.79
Al_2O_3	17.26	17.80	16.00	15.20	17.37	16.54	16.53	16.51	16.97	16.80
FeO*	6.15	5.93	8.78	8.83	9.98	8.73	3.99	5.36	4.13	5.54
MnO	0.07	0.09	0.13	0.13	0.15	0.15	0.03	0.09	0.06	0.09
MgO	1.97	1.56	5.17	8.03	5.59	6.94	0.43	2.91	1.59	2.30
CaO	5.49	5.53	10.02	9.83	10.06	8.87	3.37	6.24	5.59	5.68
Na_2O	4.81	4.59	3.07	3.05	3.30	3.60	5.16	4.04	3.99	4.15
K_2O	1.73	1.79	2.09	1.40	1.26	1.92	2.38	1.23	1.21	1.64
P_2O_5	0.49	0.53	0.76	0.47	0.51	0.57	0.28	0.70	0.27	0.40
LOI	1.30	0.70	2.30	2.70	1.90	1.00	1.20	0.90	1.10	1.20
Toplam	99.87	100.02	99.68	99.77	99.96	99.93	99.84	99.81	99.76	99.83
CIPW normları										
Q	10.19	12.10	-	-	-	-	18.52	15.57	21.67	14.78
Or	10.35	10.63	12.66	8.51	7.58	11.45	14.24	7.34	7.24	9.81
Ab	41.22	39.04	26.62	26.50	26.39	28.73	44.21	34.52	34.18	35.55
An	20.65	22.80	24.29	24.33	29.38	23.50	15.08	23.50	25.13	22.65
Ne	-	-	-	0.02	1.10	1.08	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-
Di	3.06	1.09	17.62	18.39	14.83	13.87	-	2.57	0.96	2.67
Hy	8.81	8.76	4.15	-	-	-	3.97	11.33	7.37	9.92
Ol	-	-	6.84	16.38	13.65	14.13	-	-	-	-
Mt	2.66	2.30	3.08	2.23	2.50	3.02	2.02	2.09	1.78	2.16
Il	1.92	2.04	2.94	2.52	3.36	2.89	1.31	1.46	1.04	1.52
Ap	1.15	1.24	1.81	1.12	1.20	1.33	0.66	1.64	0.63	0.94
$Mg^{\#}$	43.71	38.14	57.14	65.67	54.09	64.28	21.77	56.00	48.28	49.32
DI	61.76	61.77	39.28	35.04	35.07	41.26	76.97	57.42	63.09	60.14
SI	13.27	11.12	26.76	37.42	27.54	32.43	3.55	21.27	14.40	16.69

EK-3. (devamı)

Örnek	KA-25	KA-37	KA-40	KA-45	KA-46	KA-49	KA-55	KA-60	KA-73	KA-77
SiO_2	61.22	62.96	62.19	64.21	64.78	65.14	64.66	59.09	62.98	67.43
TiO_2	0.78	0.68	0.74	0.54	0.56	0.59	0.56	0.52	0.72	0.49
Al_2O_3	16.21	16.74	18.05	16.16	16.49	15.46	16.66	16.77	17.52	15.52
FeO*	5.57	4.54	5.06	4.60	4.02	4.02	4.20	3.96	5.07	4.00
MnO	0.11	0.06	0.07	0.02	0.04	0.08	0.04	0.06	0.09	0.06
MgO	2.77	1.46	0.89	1.16	1.19	1.54	0.86	2.93	1.36	1.45
CaO	5.85	4.33	4.64	4.69	4.60	4.56	4.69	4.90	4.56	4.18
Na_2O	4.09	4.73	4.65	4.00	3.96	3.42	4.00	2.94	4.60	3.95
K_2O	1.80	1.99	1.69	1.49	1.31	2.57	1.44	0.74	1.92	1.35
P_2O_5	0.41	0.38	0.45	0.27	0.29	0.25	0.24	0.15	0.36	0.14
LOI	1.00	2.00	1.60	2.70	2.60	1.70	2.50	7.80	0.70	1.20
Toplam	99.81	99.87	100.03	99.84	99.84	99.33	99.85	99.86	99.88	99.77
CIPW normları										
Toplam	99.81	99.87	100.03	99.84	99.84	99.33	99.85	99.86	99.88	99.77
Q	13.94	16.04	16.86	22.92	24.94	23.30	24.10	25.01	16.11	27.22
Or	10.75	12.00	10.13	9.05	7.95	15.54	8.73	4.75	11.42	8.08
Ab	34.97	40.84	39.91	34.80	34.41	29.61	34.73	26.99	39.19	33.86
An	20.77	18.95	20.37	22.10	21.50	19.68	22.27	25.31	20.41	20.09
Ne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	-	-	1.23	0.09	0.91	-	0.58	2.80	0.45	0.30
Di	4.81	0.36	-	-	-	1.48	-	-	-	-
Hy	10.14	7.63	6.82	7.33	6.74	6.90	6.10	11.86	8.03	7.44
Ol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mt	2.17	1.98	2.19	2.02	1.76	1.75	1.84	1.83	2.18	1.73
Il	1.50	1.32	1.43	1.05	1.09	1.15	1.09	1.07	1.38	0.94
Ap	0.96	0.90	1.06	0.64	0.69	0.59	0.57	0.38	0.84	0.33
$Mg^{\#}$	53.83	43.81	29.90	37.93	41.78	48.14	33.17	64.21	39.40	46.77
DI	59.66	68.87	66.90	66.77	67.31	68.44	67.56	56.75	66.72	69.17
SI	19.27	11.36	7.16	10.18	11.23	13.19	8.09	27.42	10.38	13.34

EK-3. (devamı)

Örnek	KA-78	KA-80	KA-88	KA-90	KA-102	KA-104	KA-117	KA-122	KA-127	KA-132
SiO_2	66.51	60.66	67.95	63.78	67.71	59.17	64.05	58.13	67.39	60.60
TiO_2	0.54	0.91	0.46	0.93	0.51	1.02	0.54	0.79	0.38	0.69
Al_2O_3	16.01	16.73	15.49	16.99	15.67	17.31	17.47	15.55	15.38	16.44
FeO*	3.78	5.68	2.98	5.50	3.82	6.19	4.21	6.32	4.47	5.78
MnO	0.14	0.09	0.05	0.08	0.04	0.10	0.04	0.09	0.06	0.07
MgO	1.22	2.29	0.41	1.75	1.08	2.25	0.76	3.72	1.42	2.90
CaO	4.31	5.88	4.20	4.95	4.19	5.99	4.92	7.02	4.69	6.21
Na_2O	4.05	4.38	3.64	4.68	3.94	4.51	4.38	3.24	3.72	3.87
K_2O	1.58	1.68	0.97	1.68	1.49	1.69	1.59	1.62	1.11	1.58
P_2O_5	0.19	0.45	0.10	0.39	0.15	0.53	0.32	0.36	0.12	0.29
LOI	1.40	1.10	3.50	0.30	1.30	1.10	1.60	2.90	1.20	1.40
Toplam	99.73	99.85	99.75	101.03	99.90	99.86	99.88	99.74	99.94	99.83
CIPW normları										
Q	25.16	12.84	33.78	16.08	27.71	10.17	20.29	13.06	28.08	14.11
Or	9.49	10.04	5.95	9.84	8.92	10.09	9.55	9.87	6.64	9.47
Ab	34.81	37.48	31.97	39.25	33.77	38.58	37.66	28.26	31.83	33.22
An	20.46	21.26	20.95	20.21	20.07	22.24	22.68	23.81	22.24	23.14
Ne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	0.26	-	1.10	-	0.32	-	0.37	-	-	-
Di	-	4.35	-	1.34	-	3.56	-	7.89	0.42	5.08
Hy	6.70	9.03	3.79	8.32	6.23	9.74	5.83	12.18	7.85	10.71
Ol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mt	1.64	2.22	1.32	2.32	1.65	2.42	1.82	2.51	1.93	2.26
Il	1.04	1.75	0.91	1.75	0.98	1.96	1.04	1.55	0.73	1.33
Ap	0.45	1.05	0.24	0.89	0.35	1.24	0.75	0.86	0.28	0.68
$Mg^{\#}$	43.89	48.58	25.03	43.54	40.66	46.00	30.43	57.98	43.51	54.05
DI	69.46	60.35	71.69	65.17	70.40	58.84	67.50	51.19	66.55	56.80
SI	11.36	16.14	5.07	12.70	10.34	15.19	6.87	24.69	13.08	20.30

EK-3. (devamı)

Örnek	KA-142	KA-150	KA-154	KA-156	KA-163	KA-171	KA-194	KA-198	KA-213	KA-223
SiO_2	60.32	60.68	47.87	59.60	61.76	61.10	61.63	61.90	55.53	69.03
TiO_2	0.74	0.71	1.43	0.89	0.58	0.72	0.68	0.70	1.10	0.35
Al_2O_3	16.50	15.64	16.25	15.96	16.28	16.49	15.78	15.25	16.86	15.68
FeO*	5.42	5.87	9.54	6.53	5.29	4.97	5.36	5.99	7.70	2.05
MnO	0.07	0.09	0.14	0.09	0.07	0.07	0.05	0.08	0.06	0.02
MgO	2.74	3.63	8.71	3.24	2.61	2.57	2.50	3.26	2.46	0.48
CaO	6.26	6.88	9.32	6.08	5.56	5.62	5.88	6.18	6.68	4.49
Na_2O	3.99	3.67	3.57	3.37	3.33	3.27	3.98	3.70	3.60	3.48
K_2O	1.38	1.15	1.13	1.86	1.76	1.92	1.44	1.17	2.12	1.74
P_2O_5	0.31	0.28	0.45	0.38	0.26	0.34	0.31	0.30	0.54	0.42
LOI	2.10	1.20	1.30	1.80	2.40	2.80	2.20	1.30	3.10	2.20
Toplam	99.83	99.80	99.71	99.80	99.90	99.87	99.81	99.83	99.75	99.94
CIPW normları										
Q	14.40	15.12	-	14.48	19.09	18.37	17.00	17.67	8.23	32.92
Or	8.33	6.88	6.77	11.19	10.65	11.67	8.71	7.01	12.94	10.51
Ab	34.50	31.44	23.93	29.05	28.86	28.47	34.45	31.72	31.45	30.11
An	23.53	23.09	25.34	23.36	24.86	25.35	21.42	21.83	24.35	19.97
Ne	-	-	3.64	-	-	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.93
Di	5.03	7.85	15.07	3.98	1.35	0.86	5.21	5.94	5.18	-
Hy	9.91	11.30	-	12.77	11.15	11.09	8.82	11.43	11.34	2.99
Ol	-	-	19.06	-	-	-	-	-	-	-
Mt	2.14	2.29	2.38	2.57	2.31	1.97	2.34	2.34	3.07	0.89
Il	1.44	1.37	2.76	1.72	1.13	1.41	1.32	1.35	2.16	0.68
Ap	0.73	0.66	1.06	0.90	0.62	0.81	0.73	0.70	1.29	0.99
$Mg^{\#}$	54.24	59.18	65.76	53.77	54.47	54.80	53.07	56.05	42.82	36.22
DI	57.23	53.45	34.34	54.72	58.59	58.51	60.16	56.40	52.62	73.54
SI	20.04	25.08	37.69	21.35	19.86	19.98	18.60	22.83	15.29	6.15

EK-3. (devamı)

Örnek	KA-224	KA-233-3	KA-235	KA-241	KA-244	KA-247	KA-252	KA-253-1	KA-259	KA-263
SiO_2	60.85	52.96	59.74	61.22	59.15	59.48	63.04	65.39	59.74	61.86
TiO_2	0.73	1.34	0.89	0.68	0.83	0.87	0.69	0.43	0.78	0.70
Al_2O_3	15.72	17.60	16.22	15.56	16.10	16.13	16.73	15.43	15.96	16.14
FeO*	6.01	7.16	6.26	6.39	6.22	6.16	5.25	4.82	6.68	5.39
MnO	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.04	0.06	0.08	0.08
MgO	2.76	2.55	2.87	2.85	2.77	2.23	1.31	1.86	2.99	2.97
CaO	6.18	8.62	6.71	5.66	6.70	6.24	5.00	4.74	6.43	5.88
Na_2O	3.80	3.50	3.80	2.98	3.95	4.12	3.99	3.80	3.81	3.46
K_2O	1.41	2.10	1.63	1.89	1.58	1.67	1.76	1.35	1.68	1.51
P_2O_5	0.35	0.66	0.37	0.31	0.47	0.39	0.35	0.15	0.43	0.26
LOI	1.90	3.10	1.20	2.10	1.90	2.40	1.70	1.70	1.20	1.60
Toplam	99.80	99.68	99.77	99.72	99.75	99.78	99.86	99.73	99.78	99.85
CIPW normları										
Q	15.99	4.04	13.03	19.15	12.30	12.81	19.59	24.22	12.87	18.27
Or	8.50	12.82	9.76	11.42	9.53	10.12	10.58	8.13	10.05	9.07
Ab	32.79	30.61	32.57	25.78	34.10	35.74	34.34	32.76	32.65	29.75
An	22.10	26.98	22.67	24.03	21.97	21.10	22.91	21.45	21.76	24.44
Ne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-
Di	5.63	10.56	7.07	2.16	7.26	6.65	-	1.25	6.35	2.85
Hy	10.39	7.92	9.88	12.89	9.68	8.52	8.15	8.93	11.21	11.54
Ol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mt	2.37	2.86	2.45	2.52	2.45	2.44	2.28	2.09	2.61	2.11
Il	1.41	2.63	1.71	1.32	1.61	1.69	1.33	0.83	1.50	1.35
Ap	0.83	1.58	0.87	0.73	1.11	0.93	0.83	0.35	1.01	0.61
$Mg^{\#}$	51.84	45.50	51.80	51.11	51.07	45.90	37.68	48.34	51.20	56.36
DI	57.28	47.47	55.35	56.35	55.93	58.67	64.50	65.10	55.56	57.09
SI	19.52	16.45	19.49	19.96	18.86	15.55	10.51	15.54	19.50	22.04

EK-3. (devamı)

Örnek	KA-264	KA-270-2	KA-278	KA-279-2	KA-281	KA-287	KA-291-1	KA-296-2	KA-296-3	KA-297-5
SiO_2	60.29	60.22	63.20	62.99	66.90	62.09	61.47	65.70	68.02	68.07
TiO_2	0.68	0.69	0.61	0.52	0.50	0.76	0.79	0.53	0.33	0.38
Al_2O_3	15.91	15.98	15.57	15.88	15.73	15.98	15.61	15.41	14.89	14.99
FeO*	5.68	5.51	5.24	4.27	4.29	5.17	5.91	4.21	2.94	3.24
MnO	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.07	0.08	0.05	0.04	0.05
MgO	3.20	3.55	2.71	2.22	1.38	2.85	2.83	1.70	0.96	1.42
CaO	6.12	6.12	5.65	5.35	4.68	5.76	5.57	4.55	5.65	4.33
Na_2O	3.46	3.50	3.35	3.61	4.06	3.66	3.16	3.51	3.95	3.88
K_2O	1.96	1.87	1.24	1.68	1.44	1.69	2.11	1.93	1.05	1.43
P_2O_5	0.30	0.32	0.23	0.25	0.20	0.35	0.39	0.17	0.10	0.17
LOI	1.90	2.00	2.00	3.00	0.70	1.50	2.00	2.00	2.00	1.80
Toplam	99.58	99.84	99.87	99.84	99.94	99.88	99.92	99.76	99.93	99.76
CIPW normları										
Q	14.71	14.26	22.26	20.90	24.89	17.79	18.30	25.04	28.71	28.52
Or	11.84	11.28	7.48	10.24	8.56	10.14	12.71	11.65	6.33	8.62
Ab	29.93	30.23	28.92	31.50	34.58	31.43	27.26	30.34	34.10	33.48
An	22.58	22.83	24.26	22.86	20.57	22.52	22.61	21.04	20.20	19.64
Ne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Di	5.28	4.91	2.29	2.31	1.23	3.40	2.44	0.73	6.43	0.93
Hy	11.40	12.23	10.79	8.69	6.91	10.21	11.90	7.93	2.08	6.26
Ol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mt	2.24	2.17	2.28	1.88	1.84	2.24	2.33	1.83	1.28	1.41
Il	1.32	1.34	1.18	1.02	0.96	1.46	1.53	1.03	0.64	0.74
Ap	0.71	0.76	0.54	0.60	0.47	0.82	0.92	0.40	0.24	0.40
$Mg^{\#}$	56.91	60.16	55.63	55.75	43.82	57.20	52.88	49.47	44.17	51.51
DI	56.47	55.76	58.66	62.64	68.03	59.35	58.28	67.04	69.14	70.62
SI	22.15	24.36	21.35	18.65	12.22	21.08	19.97	14.82	10.68	14.11

EK-3. (devamı)

Örnek	KA-298-2	KA-299-2	KA-302	KA-303	KA-307-2	KA-328	KA-329	KA-333-1	KA-333-3	KA-335
SiO_2	63.30	62.96	60.66	66.07	65.96	60.37	66.25	51.20	50.22	59.68
TiO_2	0.63	0.66	0.95	0.50	0.53	1.05	0.49	1.22	1.35	1.09
Al_2O_3	15.86	15.76	17.20	16.36	15.43	17.29	16.14	15.46	16.66	17.70
FeO*	5.47	5.55	5.77	4.63	3.78	5.93	3.83	8.29	9.25	4.48
MnO	0.05	0.07	0.04	0.05	0.05	0.09	0.06	0.13	0.15	0.02
MgO	1.75	3.98	1.22	0.58	1.45	1.38	0.81	7.80	4.97	1.23
CaO	5.64	5.29	4.89	3.67	4.57	4.82	3.72	9.26	9.36	4.94
Na_2O	3.95	3.88	4.75	4.46	3.54	5.07	4.35	3.63	3.13	4.67
K_2O	1.20	1.61	1.89	1.67	1.91	1.92	1.91	1.58	1.55	2.05
P_2O_5	0.33	0.26	0.50	0.22	0.20	0.52	0.24	0.49	0.51	0.54
LOI	1.60	0.10	2.10	1.80	2.50	1.40	2.10	0.70	2.60	3.30
Toplam	99.78	100.12	99.97	100.01	99.92	99.84	99.90	99.76	99.75	99.70
CIPW normları										
Q	20.81	15.94	12.97	24.02	25.93	10.87	24.02	-	-	12.76
Or	7.21	9.50	11.39	10.03	11.57	11.51	11.53	9.41	9.41	12.55
Ab	33.99	32.77	41.01	38.37	30.72	43.50	37.60	30.94	27.22	40.94
An	22.37	20.80	20.43	17.05	21.09	19.01	17.25	21.38	27.57	21.73
Ne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	-	-	-	1.09	-	-	0.74	-	-	0.11
Di	3.23	3.01	0.83	-	0.68	1.50	-	17.49	13.79	-
Hy	8.02	14.00	8.08	5.94	6.86	7.80	5.68	0.48	11.52	6.49
Ol	-	-	-	-	-	-	-	13.96	4.30	-
Mt	2.37	2.14	2.27	2.01	1.65	2.57	1.67	2.86	2.34	1.98
Il	1.22	1.25	1.84	0.97	1.03	2.02	0.95	2.33	2.63	2.14
Ap	0.78	0.60	1.18	0.52	0.48	1.22	0.57	1.14	1.21	1.30
$Mg^{\#}$	43.69	62.70	33.13	23.30	48.19	36.06	33.89	68.05	53.06	39.95
DI	62.01	58.21	65.37	72.43	68.22	65.88	73.15	40.35	36.64	66.25
SI	13.97	26.24	8.85	5.06	13.44	9.53	7.35	36.28	26.08	9.79

EK-3. (devamı)

Örnek	KA-336	KA-338	KA-343	KA-344	KA-345	KA-348	KA-349	KA-351	KA-353	KA-360
SiO_2	49.54	61.56	65.55	50.49	49.36	71.78	47.95	50.39	61.59	64.30
TiO_2	1.29	0.79	0.52	1.52	1.48	0.39	1.53	1.27	0.73	0.66
Al_2O_3	15.99	16.30	16.62	15.82	15.90	15.09	15.15	15.69	16.30	15.92
FeO*	8.97	5.39	4.01	9.71	9.53	1.04	9.41	8.76	5.52	4.55
MnO	0.15	0.09	0.04	0.13	0.14	0.01	0.15	0.15	0.08	0.07
MgO	8.32	2.65	0.63	5.43	7.56	0.17	7.52	7.01	2.65	2.17
CaO	8.52	5.44	4.65	7.93	8.29	3.44	8.94	8.79	5.50	4.58
Na_2O	3.35	3.97	4.26	3.70	3.48	3.72	3.26	3.78	3.68	3.94
K_2O	1.29	1.76	1.57	2.35	1.46	1.36	1.58	1.44	1.85	1.67
P_2O_5	0.41	0.40	0.26	0.65	0.57	0.11	0.69	0.55	0.35	0.29
LOI	2.00	1.50	1.60	2.00	2.00	2.80	3.40	2.00	1.60	1.70
Toplam	99.83	99.85	99.71	99.73	99.77	99.91	99.58	99.83	99.85	99.85
CIPW normları										
Q	-	15.75	23.34	-	-	38.55	-	-	16.69	21.27
Or	7.78	10.56	9.44	14.17	8.81	8.27	9.69	8.68	11.11	10.04
Ab	28.93	34.11	36.70	31.95	30.05	32.40	28.34	32.63	31.65	33.92
An	25.29	21.78	21.76	20.02	23.93	16.83	22.86	22.02	22.86	21.18
Ne	-	-	-	-	-	-	0.15	-	-	-
C	-	-	0.08	-	-	1.55	-	-	-	-
Di	12.25	2.43	-	12.91	11.54	-	14.96	15.24	2.09	0.01
Hy	3.51	10.79	5.32	1.34	3.82	0.84	-	1.08	11.20	9.64
Ol	16.52	-	-	11.31	14.31	-	15.99	13.54	-	-
Mt	2.25	2.11	1.74	3.82	3.33	0.54	3.34	3.06	2.16	1.98
Il	2.50	1.52	1.01	2.95	2.87	0.76	3.01	2.46	1.41	1.28
Ap	0.97	0.94	0.61	1.54	1.35	0.26	1.66	1.30	0.83	0.68
Mg#	66.11	53.53	27.57	56.72	64.23	29.71	64.40	64.43	52.95	53.62
DI	36.71	60.42	69.48	46.12	38.85	79.22	38.18	41.31	59.45	65.23
SI	37.68	19.04	5.95	25.31	33.97	2.69	34.19	33.07	19.14	17.41

EK-3. (devamı)

Örnek	KA-364	KA-366	KA-378	KA-379	KA-380	KA-384	KA-SB-3
SiO_2	62.23	65.40	52.83	53.95	60.96	60.92	65.06
TiO_2	0.89	0.72	1.30	1.32	1.01	1.02	0.53
Al_2O_3	16.95	16.69	16.79	17.99	16.93	16.74	16.28
FeO*	5.35	4.09	8.15	8.12	5.70	5.69	4.01
MnO	0.04	0.04	0.11	0.09	0.06	0.09	0.04
MgO	1.00	0.54	4.85	2.77	1.57	2.22	1.23
CaO	4.87	3.57	8.33	7.45	4.83	5.35	4.67
Na_2O	4.68	5.02	3.90	4.17	4.81	4.67	4.07
K_2O	1.68	2.20	1.68	1.76	1.90	1.91	1.39
P_2O_5	0.42	0.30	0.46	0.47	0.48	0.44	0.25
LOI	1.70	1.30	1.40	1.70	1.60	0.80	2.30
Toplam	99.81	99.87	99.80	99.79	99.85	99.85	99.83
CIPW normları							
Q	16.30	18.87	-	2.68	12.81	11.64	23.84
Or	10.11	13.17	10.07	10.58	11.41	11.38	8.41
Ab	40.29	43.05	33.47	35.89	41.35	39.84	35.27
An	20.64	15.96	23.67	25.61	19.30	19.23	22.05
Ne	-	-	-	-	-	-	-
C	-	0.28	-	-	-	-	0.19
Di	0.98	-	12.39	7.36	1.55	3.82	-
Hy	6.65	4.82	12.77	11.03	8.03	8.91	6.86
Ol	-	-	0.87	-	-	-	-
Mt	2.32	1.77	3.19	3.19	2.47	2.21	1.75
Il	1.72	1.39	2.50	2.55	1.95	1.95	1.03
Ap	0.99	0.70	1.08	1.11	1.13	1.03	0.59
$Mg^{\#}$	31.19	24.24	58.24	44.43	40.03	47.77	42.65
DI	66.70	75.08	43.54	49.16	65.57	62.85	67.51
SI	7.77	4.51	25.80	16.26	11.10	15.16	11.37

FeO*, FeO cinsinden toplam demirdir.
LOI (Loss on ignition), ateşte kayıp değeridir.
$Mg^{\#}$ (Mg numarası): 100*Mg/Mg+Fe
DI (Diferansiyasyon indeksi): Q+Or+Ab+Ne+Ks+Lc
SI (Katılaşma indeksi): 100*MgO/(MgO+FeO*+Na_2O+K_2O)

EK-4. Volkanik kayaçların iz (ppm) ve nadir toprak (ppm) element analizleri.

Örnek	KA-2	KA-4	KA-8	KA-9	KA-13	KA-15	KA-17	KA-21	KA-22	KA-24
Zr	158.30	134.40	140.50	140.00	131.30	143.80	200.90	135.80	96.60	136.40
Y	21.90	20.60	22.50	21.50	29.20	23.90	19.90	29.50	13.60	17.70
Sr	673.50	624.50	959.80	712.00	792.40	812.50	504.00	800.30	585.00	707.50
U	1.70	2.10	1.40	1.60	0.90	1.20	2.40	2.60	2.00	2.30
Rb	38.00	40.20	46.20	33.30	21.50	44.80	53.90	25.10	31.50	54.00
Th	4.90	5.20	7.30	4.60	4.20	5.00	8.50	10.00	7.00	7.20
Ta	1.20	1.10	1.10	0.90	1.30	1.50	1.40	0.80	0.50	0.90
Pb	2.20	2.00	2.00	4.00	2.00	2.00	3.60	1.60	1.70	2.00
Ga	18.50	20.20	17.60	15.50	19.70	18.90	17.60	17.60	16.60	18.70
Zn	36.00	20.00	59.00	60.00	53.00	64.00	57.00	14.00	21.00	31.00
Cu	21.20	11.00	41.00	4.10	27.00	34.00	6.30	7.80	9.00	16.00
Mo	1.20	0.60	1.40	0.80	1.30	1.50	1.60	0.40	0.40	0.70
Ni	8.20	7.00	151.00	139.00	72.00	137.00	1.70	14.80	6.90	24.00
Co	14.30	16.30	31.80	35.60	37.80	36.20	3.90	15.00	9.20	14.00
Cr	13.68	6.84	321.48	259.92	61.56	218.88	6.84	47.88	13.68	20.52
V	109.00	89.00	181.00	160.00	216.00	174.00	43.00	105.00	75.00	96.00
Sc	10.00	10.00	24.00	26.00	26.00	23.00	5.00	12.00	8.00	12.00
Cs	1.20	1.00	0.40	0.50	2.30	2.40	1.80	1.80	1.50	0.80
Ba	473.00	531.00	791.00	424.00	441.00	496.00	632.00	668.60	490.30	636.00
Nb	18.30	18.50	21.40	16.40	20.10	22.90	22.80	12.40	8.90	14.80
Hf	4.00	3.50	3.50	3.40	3.40	3.30	4.90	4.00	2.90	3.50
Nadir toprak elementler										
La	31.30	32.90	43.80	30.10	30.00	34.10	36.60	40.40	26.30	37.30
Ce	57.20	50.70	75.10	51.30	50.00	55.60	66.20	70.30	49.10	59.30
Pr	6.48	6.01	8.71	5.83	6.45	6.74	7.02	8.34	4.91	6.61
Nd	26.30	24.10	36.10	24.40	28.50	28.50	29.80	30.80	18.40	26.40
Sm	4.40	4.80	5.90	4.50	5.80	5.60	4.50	4.80	3.20	4.00
Eu	1.31	1.30	1.88	1.44	1.64	1.55	1.32	1.28	1.02	1.28
Gd	4.33	4.77	5.80	4.44	5.98	5.58	3.94	5.00	2.49	4.10
Tb	0.52	0.64	0.78	0.64	0.85	0.75	0.61	0.66	0.38	0.58
Dy	3.46	3.74	4.07	3.97	5.26	4.41	3.44	3.78	2.30	3.10
Ho	0.77	0.75	0.83	0.74	1.05	0.87	0.66	0.91	0.40	0.56
Er	2.09	2.05	2.13	2.02	2.99	2.48	1.78	2.60	1.21	1.58
Tm	0.31	0.29	0.31	0.30	0.40	0.34	0.30	0.43	0.20	0.26
Yb	1.87	1.98	1.88	2.04	2.91	2.31	1.95	2.45	1.47	1.62
Lu	0.37	0.27	0.28	0.29	0.37	0.33	0.28	0.37	0.18	0.23

EK-4. (devamı)

Örnek	KA-25	KA-37	KA-40	KA-45	KA-46	KA-49	KA-55	KA-60	KA-73	KA-77
Zr	148.60	167.60	160.90	120.50	115.20	155.90	111.50	115.20	158.70	153.10
Y	17.40	17.70	16.00	14.20	13.60	16.40	13.50	12.60	18.50	15.10
Sr	673.00	543.20	574.80	609.20	591.50	444.30	586.10	621.00	558.90	372.20
U	2.10	2.10	1.90	2.20	2.50	1.70	2.30	1.70	1.60	2.30
Rb	55.30	46.00	20.00	39.00	38.60	49.60	38.20	26.80	43.10	43.70
Th	6.90	6.50	6.70	8.90	7.90	6.80	8.60	8.00	6.80	7.90
Ta	0.80	1.00	1.20	0.70	0.60	0.80	0.60	0.50	1.10	0.70
Pb	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	6.00	3.00	2.00
Ga	17.70	16.80	20.40	16.40	16.80	18.10	17.60	18.00	20.40	18.10
Zn	34.00	46.00	23.00	51.00	46.00	29.00	46.00	23.00	15.00	35.00
Cu	22.00	12.00	6.00	9.00	14.00	12.00	10.00	13.00	3.00	15.00
Mo	1.00	0.90	0.40	0.40	0.70	0.90	0.40	0.30	0.60	1.80
Ni	27.00	4.50	7.00	12.00	12.00	9.00	12.00	25.00	4.00	16.00
Co	15.00	10.50	9.30	8.20	9.20	8.80	6.90	11.20	11.00	7.90
Cr	47.88	6.84	6.84	6.84	13.68	13.68	20.52	20.52	6.84	41.04
V	91.00	76.00	61.00	63.00	81.00	63.00	70.00	69.00	66.00	58.00
Sc	12.00	7.00	6.00	8.00	8.00	8.00	9.00	8.00	6.00	8.00
Cs	1.10	1.40	0.30	0.60	0.70	1.10	0.50	1.40	2.10	0.60
Ba	628.00	535.40	603.00	734.00	727.00	570.00	657.00	446.00	568.00	665.00
Nb	13.60	17.10	18.50	10.30	11.00	12.10	10.90	9.40	18.40	9.80
Hf	4.00	4.40	4.30	3.40	3.10	4.00	2.50	3.00	4.10	4.40
Nadir toprak elementler										
La	36.10	31.00	34.20	36.20	34.60	32.20	34.20	26.40	35.10	31.10
Ce	57.80	56.80	54.20	55.20	52.70	50.10	53.50	43.10	54.70	44.50
Pr	6.17	6.11	6.17	6.01	5.47	5.11	5.56	3.92	6.31	4.87
Nd	25.60	23.20	23.90	22.60	21.20	20.60	21.30	16.30	24.60	20.20
Sm	3.90	4.00	4.30	3.20	3.00	3.30	3.00	2.40	4.40	3.00
Eu	1.27	1.29	1.25	1.10	1.06	1.04	0.98	0.92	1.18	1.00
Gd	4.01	3.81	4.33	3.37	3.20	3.56	3.36	2.61	4.39	3.40
Tb	0.55	0.46	0.57	0.45	0.42	0.47	0.43	0.33	0.54	0.52
Dy	3.14	2.65	3.18	2.48	2.31	2.81	2.36	1.95	3.39	2.82
Ho	0.59	0.66	0.59	0.49	0.47	0.57	0.43	0.40	0.63	0.50
Er	1.57	1.65	1.60	1.34	1.26	1.36	1.29	1.09	1.94	1.33
Tm	0.26	0.33	0.22	0.22	0.19	0.22	0.20	0.21	0.28	0.19
Yb	1.69	1.76	1.65	1.36	1.38	1.43	1.22	1.37	2.07	1.32
Lu	0.22	0.23	0.23	0.20	0.21	0.20	0.18	0.19	0.28	0.20

EK-4. (devamı)

Örnek	KA-78	KA-80	KA-88	KA-90	KA-102	KA-104	KA-117	KA-122	KA-127	KA-132
Zr	155.80	132.70	146.20	138.40	141.30	157.30	130.20	106.60	89.90	139.40
Y	14.90	18.20	22.00	20.20	14.60	18.40	13.60	16.10	11.30	17.60
Sr	419.10	632.50	403.50	542.60	366.90	675.20	823.40	687.70	390.10	749.00
U	1.70	1.70	1.30	1.90	2.50	2.20	2.50	2.00	2.20	2.20
Rb	43.00	39.90	42.50	38.90	44.40	41.00	37.10	42.50	38.10	42.60
Th	7.40	6.10	7.70	5.40	8.10	5.70	11.10	7.20	5.20	8.80
Ta	0.70	1.00	0.60	1.10	0.60	1.10	0.80	0.70	0.40	0.70
Pb	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00	2.00	1.40	3.00	1.50	8.40
Ga	18.00	18.80	16.10	18.70	17.00	18.30	18.80	15.60	16.40	18.60
Zn	39.00	33.00	22.00	40.00	40.00	45.00	27.00	34.00	11.00	32.00
Cu	13.00	27.00	9.00	5.00	13.00	27.00	7.40	15.50	11.10	19.60
Mo	1.40	0.90	0.40	0.50	1.80	0.90	0.40	0.60	1.30	1.10
Ni	11.00	13.00	15.00	5.00	13.00	15.00	7.80	89.80	13.30	27.80
Co	8.90	13.50	6.40	12.20	6.00	15.40	8.20	26.00	9.10	17.80
Cr	6.84	20.52	13.68	6.84	6.84	6.84	6.84	259.92	20.52	75.24
V	59.00	93.00	46.00	75.00	52.00	104.00	75.00	126.00	63.00	108.00
Sc	7.00	11.00	7.00	9.00	8.00	11.00	6.00	15.00	7.00	12.00
Cs	0.10	0.90	0.40	1.10	0.60	0.30	0.90	2.10	3.00	1.10
Ba	563.00	512.00	531.00	503.00	530.00	582.00	786.70	549.30	444.70	783.10
Nb	11.00	17.00	9.40	17.60	9.50	19.00	12.80	12.20	5.50	12.20
Hf	4.20	3.20	3.50	4.10	3.70	4.00	3.30	2.80	2.80	4.00
Nadir toprak elementler										
La	32.70	33.30	32.70	30.90	29.10	34.20	38.30	31.60	18.50	35.40
Ce	49.00	50.20	47.10	49.60	42.10	54.80	70.40	60.20	34.10	65.70
Pr	5.03	5.63	5.92	5.77	4.63	6.00	7.49	6.17	3.41	7.40
Nd	20.40	23.60	25.30	23.40	19.40	24.90	25.60	24.00	13.70	28.40
Sm	3.30	3.70	4.10	4.30	2.90	4.20	4.10	4.30	2.40	4.80
Eu	1.03	1.25	1.03	1.12	0.93	1.35	1.08	1.21	0.71	1.33
Gd	3.36	3.81	4.14	4.44	3.25	4.20	3.34	3.32	2.09	3.95
Tb	0.47	0.57	0.66	0.59	0.49	0.58	0.41	0.48	0.34	0.56
Dy	2.66	3.27	3.76	3.48	2.66	3.25	2.73	2.58	1.81	3.13
Ho	0.53	0.60	0.73	0.75	0.51	0.66	0.40	0.50	0.33	0.59
Er	1.31	1.72	1.99	1.99	1.35	1.76	1.26	1.44	1.01	1.75
Tm	0.21	0.25	0.33	0.31	0.21	0.26	0.17	0.21	0.15	0.28
Yb	1.30	1.72	2.22	2.01	1.32	1.73	1.26	1.54	1.02	1.51
Lu	0.21	0.25	0.33	0.29	0.19	0.23	0.20	0.21	0.14	0.24

EK-4. (devamı)

Örnek	KA-142	KA-150	KA-154	KA-156	KA-163	KA-171	KA-194	KA-198	KA-213	KA-223
Zr	113.90	104.40	147.90	139.30	119.70	141.60	117.60	111.30	171.10	96.00
Y	15.80	15.80	25.70	20.10	13.50	17.30	16.10	16.20	70.70	23.20
Sr	653.70	679.20	698.70	612.60	593.60	730.80	652.00	597.80	885.50	480.00
U	2.00	2.10	0.80	1.90	1.90	3.00	2.20	2.10	2.30	4.80
Rb	33.60	32.40	21.10	36.90	38.80	52.10	35.00	38.10	61.10	17.80
Th	5.50	7.90	2.90	6.90	7.10	11.30	7.00	6.30	8.30	8.20
Ta	0.60	0.60	1.00	0.80	0.60	0.80	0.60	0.70	1.20	0.60
Pb	4.90	4.20	2.60	0.80	1.50	1.80	2.30	1.20	16.90	2.80
Ga	17.10	15.90	16.90	18.40	17.70	19.80	16.90	16.10	20.60	16.90
Zn	25.00	24.00	63.00	42.00	21.00	24.00	30.00	25.00	66.00	38.00
Cu	16.20	22.80	34.60	8.80	13.00	8.00	13.20	9.90	23.10	8.80
Mo	0.60	0.90	1.40	0.80	0.70	0.20	0.50	0.80	1.20	0.30
Ni	47.50	27.90	104.50	8.10	14.00	9.40	38.00	12.50	41.20	14.00
Co	14.40	17.80	40.70	16.70	17.20	14.50	13.80	16.50	14.90	5.00
Cr	88.92	129.96	198.36	34.20	41.04	20.52	75.24	61.56	109.44	20.52
V	110.00	126.00	196.00	123.00	90.00	109.00	104.00	114.00	158.00	57.00
Sc	12.00	13.00	26.00	13.00	9.00	10.00	12.00	13.00	15.00	8.00
Cs	0.60	1.10	0.70	1.70	2.00	3.10	0.80	2.10	3.30	0.10
Ba	553.10	532.70	303.80	941.80	513.40	772.70	672.50	623.50	1024.20	459.20
Nb	10.30	10.20	17.00	15.20	10.10	13.40	11.20	10.10	20.50	6.60
Hf	2.90	3.10	3.20	3.50	3.10	4.00	3.20	3.40	4.20	3.40
Nadir toprak elementler										
La	32.20	30.30	19.80	29.20	26.80	38.60	34.00	29.60	125.50	24.90
Ce	55.40	55.30	42.90	59.70	51.90	72.90	58.60	56.10	170.30	45.90
Pr	6.30	5.87	5.13	6.31	5.53	7.72	6.62	5.91	27.51	4.70
Nd	22.10	23.30	21.00	25.10	20.30	28.00	23.60	23.20	105.60	18.10
Sm	4.20	4.10	5.00	5.00	3.90	5.00	4.40	4.20	18.80	3.30
Eu	1.20	1.20	1.59	1.26	1.00	1.21	1.23	1.11	4.66	0.80
Gd	3.46	3.01	4.93	4.04	3.10	3.81	3.41	3.25	15.30	3.04
Tb	0.53	0.45	0.76	0.57	0.42	0.53	0.50	0.47	2.00	0.50
Dy	2.77	2.55	4.55	3.60	2.48	3.29	2.97	2.63	11.77	2.95
Ho	0.49	0.46	0.89	0.61	0.41	0.54	0.49	0.49	2.01	0.64
Er	1.38	1.35	2.49	1.99	1.30	1.61	1.45	1.44	5.66	2.08
Tm	0.22	0.20	0.39	0.29	0.20	0.22	0.24	0.20	0.78	0.32
Yb	1.38	1.45	2.34	1.91	1.26	1.55	1.66	1.37	4.98	2.62
Lu	0.19	0.20	0.35	0.28	0.20	0.23	0.18	0.20	0.76	0.39

EK-4. (devamı)

Örnek	KA-224	KA-233-3	KA-235	KA-241	KA-244	KA-247	KA-252	KA-253-1	KA-259	KA-263
Zr	112.50	163.70	120.60	118.00	133.20	133.10	116.90	108.90	144.50	122.10
Y	16.60	29.20	19.80	15.40	19.50	17.50	13.80	11.30	19.40	16.10
Sr	656.90	980.50	694.70	626.00	900.20	766.00	773.90	449.90	896.70	642.40
U	2.20	1.20	2.70	2.60	2.50	2.60	3.40	2.20	3.50	2.70
Rb	39.90	34.10	41.00	42.00	42.60	41.30	47.70	33.00	44.00	41.00
Th	7.20	7.20	7.50	9.90	10.30	8.80	12.50	5.40	12.60	10.20
Ta	0.70	1.30	0.80	0.80	0.80	0.90	0.80	0.50	0.90	0.60
Pb	3.80	5.80	7.50	0.90	6.30	6.50	1.60	1.00	3.90	1.10
Ga	16.30	18.90	17.50	17.80	17.50	17.30	19.50	16.00	19.30	18.40
Zn	31.00	67.00	43.00	24.00	38.00	45.00	43.00	15.00	28.00	22.00
Cu	18.20	30.20	39.80	13.20	22.70	42.80	13.20	7.90	22.20	8.50
Mo	1.00	1.10	1.10	0.80	0.60	1.30	0.60	0.60	1.00	0.40
Ni	71.70	39.10	22.60	13.10	32.20	60.70	9.90	10.40	12.70	7.70
Co	19.60	25.40	16.60	15.20	17.80	21.60	11.00	9.50	17.20	16.20
Cr	88.92	184.68	75.24	27.36	75.24	88.92	13.68	41.04	41.04	27.36
V	105.00	197.00	151.00	106.00	124.00	115.00	105.00	71.00	153.00	117.00
Sc	12.00	22.00	16.00	12.00	12.00	13.00	11.00	7.00	13.00	12.00
Cs	1.20	0.50	1.70	2.50	1.40	1.50	2.20	2.00	1.50	2.40
Ba	659.20	727.80	665.70	666.00	774.70	715.90	927.80	457.90	954.10	661.00
Nb	10.70	25.80	13.20	10.70	13.80	15.00	13.20	6.90	13.30	10.70
Hf	3.60	3.60	3.70	3.40	3.50	3.80	3.30	3.10	3.70	3.40
Nadir toprak elementler										
La	30.50	41.40	36.60	31.80	47.60	37.40	43.00	20.60	47.70	31.50
Ce	57.50	79.00	69.20	60.40	85.90	69.90	73.90	39.60	90.00	60.20
Pr	6.19	9.65	7.45	6.61	8.95	7.32	8.11	4.04	9.95	6.49
Nd	23.70	38.30	29.30	23.20	33.10	28.60	28.00	15.80	37.40	22.90
Sm	4.10	7.60	4.70	4.40	5.70	4.60	4.70	2.80	6.70	4.50
Eu	1.27	2.00	1.28	1.10	1.50	1.32	1.22	0.77	1.54	1.10
Gd	3.36	6.40	3.82	3.41	4.11	3.44	3.51	2.23	4.68	3.53
Tb	0.51	0.86	0.56	0.48	0.56	0.54	0.47	0.35	0.61	0.49
Dy	2.87	5.36	3.33	2.83	3.41	3.09	2.61	1.96	3.96	2.86
Ho	0.51	0.93	0.63	0.50	0.58	0.53	0.43	0.37	0.61	0.49
Er	1.51	2.64	1.83	1.46	1.72	1.60	1.26	1.10	1.84	1.54
Tm	0.24	0.40	0.27	0.22	0.28	0.26	0.16	0.16	0.28	0.20
Yb	1.72	2.77	1.89	1.52	1.90	1.54	1.34	1.05	1.73	1.48
Lu	0.23	0.37	0.27	0.22	0.24	0.22	0.19	0.16	0.28	0.27

EK-4. (devamı)

Örnek	KA-264	KA-270-2	KA-278	KA-279-2	KA-281	KA-287	KA-291-1	KA-296-2	KA-296-3	KA-297-5
Zr	131.30	140.00	119.60	130.40	119.40	125.40	137.00	137.70	109.40	149.80
Y	17.70	17.60	16.40	15.80	13.30	16.00	17.50	15.10	10.10	15.90
Sr	743.20	733.30	537.60	622.70	435.70	532.00	545.30	390.40	313.00	340.00
U	2.40	2.50	1.80	2.50	2.00	1.60	1.60	1.90	1.30	2.00
Rb	40.20	42.70	36.60	41.30	34.60	38.70	43.20	41.80	29.70	38.00
Th	9.50	9.20	7.00	9.40	7.00	5.50	5.40	7.00	6.30	7.20
Ta	0.80	0.70	0.60	0.80	0.60	0.90	0.90	0.70	0.40	0.70
Pb	0.90	0.90	0.60	2.10	1.40	0.50	0.70	0.90	0.70	1.70
Ga	18.40	19.00	18.40	17.80	17.20	17.70	17.30	16.50	16.50	16.10
Zn	24.00	24.00	19.00	13.00	20.00	15.00	15.00	16.00	11.00	8.00
Cu	15.00	15.10	6.60	15.30	10.40	8.80	15.60	6.40	4.70	4.60
Mo	0.90	0.30	0.20	0.30	0.80	0.40	1.10	0.90	0.40	0.70
Ni	20.10	23.80	11.70	12.80	12.50	7.00	12.70	7.00	7.50	6.20
Co	16.70	17.00	14.30	12.40	9.50	14.00	14.80	9.60	6.30	7.00
Cr	47.88	61.56	41.04	41.04	13.68	34.20	41.04	13.68	20.52	27.36
V	109.00	122.00	102.00	70.00	68.00	99.00	109.00	66.00	25.00	54.00
Sc	11.00	12.00	11.00	8.00	7.00	10.00	10.00	7.00	6.00	6.00
Cs	2.30	2.30	1.80	1.80	0.70	1.60	2.00	1.10	0.60	1.60
Ba	1771.10	678.30	666.80	730.30	558.90	573.10	494.70	684.30	425.00	508.90
Nb	11.50	13.10	9.40	11.20	9.30	14.50	16.20	9.50	4.90	7.20
Hf	3.60	3.70	3.70	4.00	3.50	3.20	3.30	4.10	3.10	4.00
Nadir toprak elementler										
La	34.60	34.30	26.30	38.90	26.10	23.50	24.50	26.80	16.20	26.30
Ce	64.30	65.60	49.70	65.50	47.20	46.10	49.30	46.40	28.60	45.40
Pr	6.96	7.03	5.48	6.76	4.88	5.18	5.58	4.79	2.96	4.79
Nd	25.40	26.60	20.60	23.60	18.40	19.60	20.70	18.70	11.60	18.10
Sm	4.50	4.90	3.80	3.90	3.30	4.10	4.50	3.30	2.00	2.80
Eu	1.10	1.26	0.99	1.16	0.97	1.07	1.08	0.91	0.57	0.76
Gd	3.69	3.81	3.17	3.18	2.59	3.23	3.74	2.98	1.91	3.46
Tb	0.58	0.53	0.53	0.48	0.38	0.52	0.53	0.48	0.30	0.47
Dy	3.14	3.30	2.96	2.64	2.31	2.95	3.48	2.69	1.70	2.36
Ho	0.51	0.58	0.50	0.54	0.41	0.49	0.55	0.46	0.32	0.48
Er	1.57	1.76	1.57	1.47	1.18	1.53	1.61	1.34	0.85	1.43
Tm	0.23	0.26	0.23	0.21	0.17	0.23	0.21	0.21	0.14	0.24
Yb	1.55	1.59	1.56	1.63	1.22	1.52	1.69	1.50	1.10	1.70
Lu	0.25	0.27	0.23	0.21	0.14	0.23	0.24	0.21	0.13	0.24

EK-4. (devamı)

Örnek	KA-298-2	KA-299-2	KA-302	KA-303	KA-307-2	KA-328	KA-329	KA-333-1	KA-333-3	KA-335
Zr	115.60	156.90	164.30	164.30	137.70	157.20	155.40	150.60	155.10	173.50
Y	13.70	17.70	19.00	14.40	15.60	19.90	16.50	24.50	26.40	23.20
Sr	632.10	491.90	580.20	453.00	392.00	564.40	474.40	817.90	693.80	620.20
U	1.80	1.70	1.80	1.40	2.00	1.60	1.40	1.60	1.10	2.40
Rb	33.40	44.70	43.30	40.30	45.00	39.60	46.90	36.10	31.70	45.10
Th	4.80	6.50	5.70	6.00	6.00	6.70	4.80	7.00	7.80	6.00
Ta	0.80	0.70	1.30	1.00	0.80	1.20	1.00	1.10	1.10	1.30
Pb	2.30	0.50	1.40	0.30	0.60	2.00	0.70	1.10	2.80	3.20
Ga	16.60	18.80	19.10	18.30	17.60	17.80	15.70	16.10	17.00	18.30
Zn	30.00	9.00	44.00	18.00	23.00	47.00	34.00	54.00	31.00	54.00
Cu	14.60	23.10	11.90	6.60	13.40	16.60	5.50	43.30	22.70	23.00
Mo	0.90	0.90	1.10	0.70	0.50	1.10	0.40	1.20	0.50	0.90
Ni	31.80	7.90	5.30	4.90	5.10	6.40	3.10	108.40	98.10	10.30
Co	10.70	17.90	9.50	6.00	8.60	13.40	5.10	35.30	41.10	11.20
Cr	47.88	95.76	6.84	6.84	13.68	6.84	13.68	348.84	410.40	6.84
V	92.00	110.00	104.00	45.00	64.00	97.00	43.00	186.00	182.00	113.00
Sc	9.00	12.00	9.00	6.00	7.00	9.00	5.00	26.00	30.00	10.00
Cs	1.30	1.90	1.10	2.10	1.40	1.70	2.80	1.60	0.70	1.40
Ba	1173.70	502.80	528.00	555.00	482.50	545.00	492.20	534.30	537.30	581.30
Nb	11.10	12.80	21.20	15.80	10.40	18.80	14.30	17.70	16.90	20.00
Hf	3.40	4.20	4.30	4.30	4.20	4.40	4.20	3.70	4.00	4.40
Nadir toprak elementler										
La	26.50	27.70	31.00	24.70	27.30	32.10	25.20	35.00	37.50	36.50
Ce	48.40	53.10	58.90	48.10	47.20	58.90	48.50	69.10	68.20	65.20
Pr	5.18	5.45	6.53	5.46	4.76	6.36	5.35	7.33	8.03	7.12
Nd	19.80	21.20	24.80	19.20	19.00	25.30	20.10	28.40	33.90	27.20
Sm	3.60	4.10	4.70	3.70	3.50	4.70	3.20	5.60	5.80	4.60
Eu	1.00	1.06	1.30	1.03	1.00	1.16	1.26	1.51	1.85	1.53
Gd	2.83	3.86	4.21	3.06	2.87	4.13	2.96	4.67	6.22	4.03
Tb	0.46	0.56	0.62	0.44	0.48	0.65	0.41	0.57	0.78	0.57
Dy	2.45	3.35	3.45	2.60	2.52	3.38	2.30	3.84	4.39	3.47
Ho	0.42	0.58	0.61	0.45	0.46	0.74	0.57	0.97	1.05	0.82
Er	1.23	1.78	1.82	1.45	1.39	1.90	1.50	2.41	2.46	2.04
Tm	0.17	0.24	0.25	0.19	0.22	0.30	0.27	0.37	0.40	0.33
Yb	1.17	1.55	1.64	1.42	1.42	1.88	1.73	2.37	2.52	2.06
Lu	0.15	0.23	0.24	0.21	0.21	0.31	0.27	0.29	0.40	0.35

EK-4. (devamı)

Örnek	KA-336	KA-338	KA-343	KA-344	KA-345	KA-348	KA-349	KA-351	KA-353	KA-360
Zr	129.20	152.50	134.50	182.30	146.50	116.90	154.30	147.30	129.80	152.00
Y	23.30	18.90	16.40	24.90	23.30	8.80	24.30	25.40	16.90	14.70
Sr	647.00	720.00	684.90	977.10	855.60	402.00	924.30	800.90	585.50	542.10
U	1.10	2.20	2.10	1.40	1.20	2.10	1.00	1.50	2.10	2.10
Rb	25.70	50.90	39.70	54.70	32.50	33.60	34.00	33.30	44.50	36.30
Th	4.00	8.10	9.00	6.00	4.60	7.00	4.00	6.10	8.30	9.40
Ta	1.00	0.90	1.00	1.60	1.20	0.50	1.60	1.30	0.90	0.90
Pb	1.70	1.70	0.80	1.60	1.10	0.80	1.00	1.80	0.70	1.70
Ga	16.20	17.60	18.10	16.50	16.60	15.60	15.40	15.80	16.10	16.20
Zn	60.00	28.00	45.00	34.00	35.00	4.00	71.00	62.00	22.00	22.00
Cu	32.70	21.00	13.00	26.50	31.80	4.30	38.00	28.70	11.70	10.70
Mo	1.00	0.70	0.50	0.90	1.10	0.50	0.90	1.10	0.40	0.40
Ni	63.50	21.60	11.40	109.80	104.50	3.80	146.80	46.20	10.50	9.20
Co	35.50	15.30	8.60	35.90	37.30	1.90	35.20	32.30	13.50	11.80
Cr	259.92	54.72	13.68	225.72	191.52	27.36	225.72	212.04	54.72	27.36
V	178.00	110.00	73.00	180.00	175.00	45.00	171.00	179.00	103.00	90.00
Sc	25.00	12.00	8.00	20.00	21.00	5.00	19.00	23.00	11.00	9.00
Cs	0.90	1.60	1.60	6.70	4.00	1.90	9.50	2.80	2.20	1.60
Ba	355.20	619.30	680.20	682.30	533.00	572.30	778.60	396.20	602.50	636.60
Nb	15.80	15.20	11.80	27.20	22.20	7.70	24.30	19.70	12.60	12.60
Hf	3.10	4.20	3.30	5.10	3.90	3.50	3.70	3.80	3.40	4.00
Nadir toprak elementler										
La	23.90	35.50	35.20	35.90	30.70	23.40	33.40	35.30	30.90	32.60
Ce	49.40	69.50	60.40	74.40	61.70	41.60	71.40	65.80	56.30	53.90
Pr	5.65	7.23	6.43	9.07	7.35	4.15	8.09	7.66	6.13	5.82
Nd	21.50	27.10	24.30	35.40	29.80	13.60	31.70	28.30	23.10	21.00
Sm	4.30	4.00	3.70	5.60	4.80	2.10	5.50	5.40	3.90	3.50
Eu	1.41	1.15	0.79	1.78	1.64	0.68	1.66	1.67	1.05	1.07
Gd	4.08	2.94	2.70	5.28	4.61	1.83	4.94	4.86	3.21	2.41
Tb	0.67	0.64	0.41	0.78	0.65	0.29	0.77	0.71	0.52	0.43
Dy	3.86	2.85	2.39	4.19	4.12	1.74	4.61	4.60	2.39	2.69
Ho	0.79	0.63	0.50	0.89	0.84	0.32	0.86	0.93	0.50	0.50
Er	2.29	1.57	1.27	2.32	2.13	0.89	2.52	2.49	1.58	1.44
Tm	0.33	0.32	0.24	0.42	0.32	0.14	0.43	0.37	0.22	0.21
Yb	2.15	1.59	1.36	2.05	2.02	0.93	2.28	2.34	1.53	1.16
Lu	0.30	0.23	0.21	0.30	0.32	0.13	0.30	0.33	0.24	0.22

EK-4. (devamı)

Örnek	KA-364	KA-366	KA-378	KA-379	KA-380	KA-384	KA-SB-3
Zr	148.70	199.00	142.60	159.70	156.80	166.00	123.60
Y	17.90	22.10	23.10	27.50	19.30	19.70	18.90
Sr	569.30	499.20	855.00	989.70	558.50	566.80	608.20
U	1.60	2.20	1.70	2.30	1.60	1.60	2.80
Rb	37.50	51.70	33.30	36.10	42.20	40.10	40.20
Th	6.90	7.50	6.10	10.60	5.80	7.30	8.30
Ta	1.00	1.50	1.00	1.20	1.30	1.10	0.70
Pb	1.70	2.40	3.60	4.60	1.50	0.70	2.00
Ga	17.10	16.00	17.40	18.50	17.80	15.50	17.50
Zn	38.00	48.00	46.00	33.00	41.00	26.00	46.00
Cu	14.40	4.90	32.00	14.00	16.20	23.10	9.00
Mo	1.10	1.60	1.00	0.50	1.00	1.10	0.60
Ni	6.00	2.60	22.90	11.30	4.80	7.00	12.00
Co	11.10	4.20	23.70	17.60	11.40	13.00	8.50
Cr	6.84	6.84	109.44	13.68	6.84	20.52	13.68
V	100.00	62.00	186.00	177.00	100.00	103.00	92.00
Sc	10.00	6.00	23.00	20.00	9.00	10.00	9.00
Cs	1.20	1.90	0.70	0.90	1.50	0.60	0.60
Ba	926.40	644.80	597.70	707.20	539.00	592.50	718.00
Nb	15.30	21.90	16.00	16.60	18.10	17.60	10.70
Hf	3.70	4.80	3.10	3.80	4.10	4.10	3.20
Nadir toprak elementler							
La	28.10	38.30	31.70	39.90	33.00	33.60	37.40
Ce	51.70	66.60	60.20	74.60	60.40	58.20	54.90
Pr	5.74	7.45	6.89	8.16	6.75	6.74	6.32
Nd	21.00	24.60	23.80	31.10	23.60	24.70	24.50
Sm	4.40	4.30	5.10	6.00	4.20	4.60	3.90
Eu	1.18	1.34	1.56	1.64	1.20	1.18	1.19
Gd	3.27	3.60	4.51	5.38	3.38	3.16	4.08
Tb	0.51	0.52	0.67	0.80	0.58	0.60	0.54
Dy	3.09	3.44	3.97	4.68	3.47	3.04	3.09
Ho	0.71	0.73	0.93	1.06	0.69	0.68	0.58
Er	1.58	2.07	2.22	2.55	1.86	1.85	1.61
Tm	0.25	0.30	0.37	0.40	0.28	0.29	0.24
Yb	1.43	2.03	2.16	2.69	1.90	1.71	1.77
Lu	0.20	0.29	0.29	0.31	0.27	0.28	0.25