

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PASINLER (ERZURUM) KUZEYİNDEKİ VOLKANİK KAYAÇLARIN  
PETROGRAFIK VE JEOKİMYASAL İNCELENMESİ

OKTAY KILIÇ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI  
KONYA, 2006

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PASINLER (ERZURUM) KUZEYİNDEKİ VOLKANİK KAYAÇLARIN  
PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL İNCELENMESİ

OKTAY KILIÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Bu tez .../.../ 2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

.....  
Doç. Dr. Hüseyin KURT  
( Danışman)

.....  
Üye

.....  
Üye

## ÖZET

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

PASİNLER (ERZURUM) KUZEYİNDEKİ VOLKANİK KAYAÇLARIN  
PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL İNCELENMESİ

Oktay KILIÇ

Selçuk Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim DalıDanışman: Doç. Dr. Hüseyin KURT  
2006, 87 sayfaJüri: Prof. Dr. Muazzez ÇELİK KARAKAYA  
Doç. Dr. Hüseyin KURT  
Yrd. Doç. Dr. Kerim KOÇAK

Bu çalışmada Erzurum ilinin doğusunda Pasinler ilçesinin çevresinde yüzeyleyen volkanik kayaçların petrografik ve jeokimyasal özellikleri araştırılmıştır.

İnceleme alanının geniş bir kısmında Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Kargapazarı volkanitleri yer almaktadır. Bu volkanitler kendinden yaşlı kayaçları keserek çıkmıştır. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ise uyumsuz olarak bu birimleri örtmektedir.

Volkanitler piroklastik kayaçlar, bazaltikandezit, andezit, dasit, riyolit ve perlit olmak üzere altı farklı kaya birimine ayırılarak incelenmiştir. Kayaçlar plajiyoklas, olivin, hornblend, klinopiroksen, ortopiroksen, biyotit, kuvars, opak mineral ve sanidin içermektedirler. Plajiyoklaslar elek dokusu ve ters zonlanma gibi dengesizlik dokuları gösterirler. Hornblendlerin büyük bir çoğunluğu kenarlarından itibaren opasitik bir reaksiyon kuşağı ile sarılmış ve bazen tümüyle psödömorf kristallere dönüşmüştür. Olivinlerde ise sık sık iddingsitleşmeler gözlenmiştir. Volkanik kayaçlar yaygın olarak hipokristalin ve porfirik dokular gösterirler.

İncelenen volkanitlerin SiO<sub>2</sub> içerikleri % 56.45-74.18 arasında değişmektedir. İncelenen volkanitlerden tümü subalkali özellik gösterirler. Subalkali kayaçların tümü kalkalkali özellik sunmakta olup gelişimlerinde fraksiyonlaşmanın etkili olduğu düşünölmektedir. Ayrıca kalkalkali volkanitler önemli LIL element zenginleşmesi ve kayaçların gelişimindeki yitim bileşenini yansıtan negatif Nb anomalisi sunarlar. Volkanik kayaçlarda gözlenen yüksek Sr, K, Rb ve Ba (LILE) içeriği bu kayaçlarda kabuk kirlenmesinin, mağma karışımının varlığına işaret etmektedir. Bazaltikandezit ve andezit bileşimli kayaçlarda Eu anomalisi kısmen gözlenirken, diğer kayaçlarda bu anomali oldukça belirgindir. Belirgin Eu anomalisine sahip kayaçların gelişiminde plajiyoklas ayrımlaşmasının önemli rol oynadığı düşünölmektedir.

Anahtar kelimeler: Pasinler-Erzurum, Volkanik kayaçlar, Kalkalkali, Petrografi, Jeokimya

## ABSTRACT

## MASTER THESIS

THE PETROGRAPHICAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATION OF THE  
VOLCANIC ROCKS NORTH OF THE PASINLER (ERZURUM)

Oktay KILIÇ

Selcuk University  
Graduate School of Natural and Applied  
Science Department of Geological EngineeringSupervisor: Assoc. Prof. Dr. Hüseyin KURT  
2006, 87 pageJury: Prof. Dr. Muazzez ÇELİK KARAKAYA  
Assoc. Prof. Dr. Hüseyin KURT  
Asist. Prof. Dr. Kerim KOÇAK

In this study, Petrographical and geochemical properties of the volcanic rocks which are located around of Pasinler (Erzurum), were investigated.

Upper Miocene-Pliocene old Kargapazarı volcanics are covered to the great part of study area. The older rocks were cut by these volcanics. Quaternary aged alluvium overlies all these units by unconformity.

These volcanic rocks were classified into six different unit; namely pyroclastic rocks, basalticandesite, andesite, dacite, rhyolite and perlite. The rocks contain plagioclase, olivine, hornblende, clinopyroxene, orthopyroxene, biotite, quartz, opaque mineral and sanidine. Plagioclase phenocrysts display disequilibrium textures such as sieve texture and inverse zoning. Most of hornblends, from their edge, has been surrounded by opasitik reaction belt and sometimes they have been completely turned into pseudomorf crystal. The olivines often altered to iddingsite. The volcanic rocks display commonly hypocrystalline and porphyritic textures.

The rocks range in SiO<sub>2</sub> from 56.45 to 74.18 wt. %. All the volcanic rocks

exhibit subalkaline characteristics. All subalkaline rocks exhibit calcalkaline characteristics, fractionation was considered to be played an important role in their origin. In addition, the calcalkaline volcanic rocks show significant enrichment in LIL elements and negative Nb anomaly reflecting subduction component in their generation. The high Sr, K and Ba (LILE) content of volcanic rocks, indicates the mixture of magma and crust contamination in these rocks. The Eu anomalies are partly observed in basalticandesite and andesite- composed rocks, while the anomaly is clearly defined in other rocks. It is thought that the plagioclase differentiation played an important role in clear Eu anomaly in these rocks.

Key words: Pasinler-Erzurum, Volcanic Rocks, Calcalkaline, Petrography, Geochemistry

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu tezin hazırlanması sırasında beni yönlendiren ve her konuda yardımcı olan Danışman hocam Doç. Dr. Hüseyin KURT' a çok teşekkür ederim.

Tez ile ilgili her konuda katkılarını esirgemeyen hocam Arş. Gör. Kürşat ASAN'a ve tezin yazımı esnasında yardımlarını gördüğüm bilgisayar mühendisi Okutman Muharrem DÖNMEZ'e teşekkür ederim.

Son olarak, bugüne kadar her türlü desteklerini gördüğüm ve benim için büyük fedakârlıklar gösteren sevgili aileme çok teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	III

<b>ÖNSÖZ</b> .....	V
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	V
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	VII
<b>ÇİZELGELER LİSTESİ</b> .....	XI
<b>EKLER</b> .....	XII
<b>1. GİRİŞ</b> .....	13
1.1. Çalışma Alanının Yeri ve Coğrafi Özellikleri .....	13
1.2. Araştırmanın Amacı .....	13
1.3. Materyal ve Metot .....	13
1.4. Önceki Çalışmalar .....	15
<b>2. GENEL JEOLJİ</b> .....	20
2.1. Kargapazarı Volkanitleri (Tka) .....	20
2.1.1. Piroklastik kayalar (Tkapr) .....	22
2.1.2. Bazaltikandezit (Tka <sub>b</sub> ) .....	27
2.1.3. Andezit (Tka <sub>a</sub> ) .....	31
2.1.4. Dasit (Tka <sub>d</sub> ) .....	34
2.1.5. Riyolit (Tka <sub>r</sub> ) .....	36
2.1.6. Perlit (Tka <sub>p</sub> ) .....	37
2.2. Alüvyon (Qal) .....	39
<b>3. PETROGRAFİ VE MİNERAL KİMYASI</b> .....	40
3.1. Bazaltikandezit .....	40
3.1.1. Mineral kimyası .....	42
3.1.1.1. Olivin .....	42
3.1.1.2. Klinopiroksen .....	43
3.1.1.3. Plajiyoklas .....	43
3.1.1.4. Fe-Ti oksitler .....	44
3.2. Andezit .....	50
3.3. Dasit .....	52
3.3.1. Mineral kimyası .....	56
3.3.1.1. Ortopiroksen .....	56
3.3.1.2. Hornblend .....	57
3.3.1.3. Plajiyoklas .....	58
3.3.1.4. Fe-Ti oksitler .....	59
3.4. Riyolit .....	65
3.4.1. Mineral kimyası .....	68
3.4.1.1. Hornblend .....	68

3.4.1.2. Biyotit.....	70
3.4.1.3. Plajiyoklas.....	74
3.4.1.4. Fe-Ti oksitler.....	74
<b>4. JEOKİMYA.....</b>	<b>80</b>
Ana ve İz Elementler.....	86
Uyumsuz Elementler.....	90
Nadir Toprak Elementler.....	91
Volkanik Kayaçların Tektonik Ortamı.....	92
<b>5. JEOLJİK EVRİM.....</b>	<b>93</b>
<b>6. SONUÇLAR.....</b>	<b>95</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>96</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası (Microsoft, 1999).....	14
--	----

Şekil 2.1: İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz).....	9
Şekil 2.2: Maşatlık mevkiinin güneydoğusunda, piroklastik kayalara ait aglomera, perlit, tuf ardalanmasının görünüşü .....	23
Şekil 2.3: Tımar Çayı kenarındaki piroklastik kayalara ait tüflerdeki tabakalanmanın görünüşü.....	24
Şekil 2.4: Maşatlık mevki güneydoğusunda piroklastik kayalara ait ayrışmış perlit içeren tüflerin görünüşü .....	25
Şekil 2.5: Terekler Tepe kuzeyinde piroklastik kayalara ait iri taneli kayaç parçaları içeren aglomeraların görünüşü.....	25
Şekil 2.6: Terekler Tepe kuzeyindeki piroklastik kayalara ait aglomeraların görünüşü.....	26
Şekil 2.7: Kızılgüney Tepe kuzeyinde piroklastik kayalara ait olan şarabi renkli ignimbiritlerin yakından görünüşü .....	26
Şekil 2.8: Tımar köyü kuzeydoğusunda piroklastik kayalara ait olan pomzanın görünüşü .	27
Şekil 2.9: Aşıklar Tepe'nin yüksek kesimlerinde yer alan bazaltikandezitlerle (Tka <sub>b</sub> ), alçak kesimlerini oluşturan perlitlerin (Tka <sub>p</sub> ) sınır ilişkisinin görünümü .....	28
Şekil 2.10: Terekler Tepe batısındaki bazaltikandezitlerin görünüşü.....	28
Şekil 2.11: Tımar çayı kenarındaki aşınmaya karşı dayanıklı bazaltikandezitlerin görünümü .....	29
Şekil 2.12: Kavuşturan köyü güneyindeki bazaltikandezitlerde ayrışma sonucu oluşmuş büyük çaplı oyukların görünüşü.....	30
Şekil 2.13: Pasinler kuzeyinde, Terekler tepenin güney yamacındaki bazaltikandezitlerde gözlenen eğim atımlı normal fay sınırının görünüşü.....	30
Şekil 2.14: Kalecik Tepe kuzeydoğusunda örtü lavı şeklindeki bazaltikandezitlerin görünüşü.....	31
Şekil 2.15: Hasan Kalesi'ndeki büyük andezit kütlelerinin görünüşü .....	32
Şekil 2.16: Hasan kalesi güney yamacındaki andezitlerde gözlenen çok yönlü çatlak sistemlerinin görünüşü .....	32
Şekil 2.17: Hasan kalesi batı yamacındaki andezitlerde gözlenen çok yönlü çatlak sistemlerinin görünüşü .....	33
Şekil 2.18: Hasan kalesi batı yamacındaki andezitlerde gözlenen çok yönlü çatlak sistemlerinin yakından görünüşü.....	33
Şekil 2.19: Hasan kalesi güney yamacındaki andezitlerde ayrışma sonucu oluşan büyük boyuttaki, dairesel şekilli oyukların görünüşü .....	34
Şekil 2.20: Büyükdağ'daki dasitlerin (Tka <sub>d</sub> ) dom şekilli yüzeylemesi ve bazaltikandezitler (Tka <sub>b</sub> ) ile olan sınır ilişkisi.....	35
Şekil 2.21: Küçükdağ Tepe'deki büyük bloklar halindeki dasitlerin yakından görünüşü.....	35

Şekil 2.22: Yayladağ köyü kuzeydoğusundaki tabuler kayaç parçaları halindeki riyolitlerin görünüşü.....	36
Şekil 2.23: Maşatlık mevki doğusundaki riyolitlerin peri bacasına benzer yapısının görünüşü.....	37
Şekil 2.24: Eşekmeydanı Tepe doğusunda perlit, obsidiyen, tuf araldanmasının görünüşü ..	38
Şekil 2.25: Terekaş Tepe doğusundaki perlitlerin aglomera ve tüflerle araldanmasının görünüşü.....	38
Şekil 2.26: Serçeboğazı köyü kuzeybatısında perlitlerde gözlenen soğansı dokunun görünümü .....	39
Şekil 3.1: Bazaltikandezitlerde yer alan plajiyoklaslarda (pl) gelişmiş karlsbad ikizinin görünümü (Ç.N. X4) .....	41
Şekil 3.2: Bazaltikandezitlerdeki iskeletsel dokulu ve iddingsitleşmiş olivinlerin (ol) görünümü (Ç.N. X4) .....	41
Şekil 3.3: Bazaltikandezitlerde yer alan plajiyoklasların arasını dolduran olivin ve opak minerallerin oluşturduğu intergranüler dokunun görünümü (Ç.N. X4) .....	42
Şekil 3.4: Bazaltikandezitlerdeki olivinlerin $Fe^{+2}/(Fe^{+2}+Mg)$ oranına göre değerlendirilmesi.....	43
Şekil 3.5: Bazaltikandezitlere ait klinopiroksenlerin Wo-En-Fs üçgen diyagramı (Morimoto ve diğ., 1988).....	43
Şekil 3.6: Bazaltikandezitlerdeki plajiyoklaslara ait Ab-An-Or üçgen diyagramı .....	44
Şekil 3.7: Bazaltikandezitlerdeki Fe-Ti oksit minerallerinin bileşimini gösteren üçgen diyagramı (Bacon ve Hirschmann, 1988).....	44
Şekil 3.8: Andezitlerde yer alan düzensiz çatlaklı plajiyoklasların (pl) görünümü (Ç.N. X10).....	51
Şekil 3.9: Andezitlerde yer alan olivinlerin (ol) kenarlarında reaksiyon sonucu gelişmiş iddingsitleşmenin görünümü (T.N. X10) .....	52
Şekil 3.10: Dasitlerde yer alan plajiyoklaslarda (pl) gelişmiş karlsbad ve albit-karlsbad ikizlerinin görünümü (Ç.N. X4).....	53
Şekil 3.11: Dasitlerde yer alan plajiyoklas (pl) fenokristallerinde gelişmiş elek dokularının (sieve texture) görünümü (Ç.N. X4) .....	54
Şekil 3.12: Dasitlerde yer alan plajiyoklaslardaki (pl) hornblend (hb) ve volkanik cam kapanımlarının görünümü (Ç.N. X4) .....	54
Şekil 3.13: Dasitlerde yer alan prizmatik ve çubuksu ortopiroksenlerin (opr) görünümü (Ç.N. X4).....	55
Şekil 3.14: Dasitlerde yer alan plajiyoklas (pl) mikrolitlerinin hamur içerisindeki belirgin yönelimlerinin görünümü (Ç.N. X4).....	55

Şekil 3.15: Dasitlere ait piroksenlerin Wo-En-Fs üçgen diyagramı (Morimoto ve diğ., 1988) .....	56
Şekil 3.16: Dasitlere ait hornblendlerin grup sınıflandırması (Leake, 1997).....	57
Şekil 3.17: Dasitlere ait hornblendlerin sınıflaması (Leake, 1997) .....	58
Şekil 3.18: Dasitlerdeki plajiyoklaslara ait Ab-An-Or üçgen diyagramı .....	59
Şekil 3.19: Dasitlerdeki Fe-Ti oksit minerallerinin bileşimini gösteren üçgen diyagramı (Bacon ve Hirschmann, 1988).....	59
Şekil 3.20: Riyolitlerde yer alan plajiyoklaslardaki (pl) biyotit (bi) kapanımlarının görünümü (Ç.N. X10) .....	67
Şekil 3.21: Riyolitlerde yer alan biyotitlerdeki (bi) tek yönlü dilinimlerin görünümü (Ç.N. X4).....	67
Şekil 3.22: Riyolitlerde yer alan opasitleşmiş biyotitlerin (bi) görünümü (Ç.N. X4).....	68
Şekil 3.23: Riyolitlere ait hornblendlerin grup sınıflandırması (Leake, 1997) .....	69
Şekil 3.24: Riyolitlere ait hornblendlerin sınıflaması (Leake, 1997).....	69
Şekil 3.25: Riyolitlere ait hornblendlerin sınıflaması (Leake, 1997).....	70
Şekil 3.26: Riyolitlerdeki biyotitlerin Al(IV)'e karşı Fe/(Fe+Mg) grafiği (Deer ve diğ., 1992) .....	71
Şekil 3.27: Riyolitlerdeki biyotitlere ait MgO-FeO(t)-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> üçgen diyagramı (Speer, 1987) 72	
Şekil 3.28: Riyolitlerdeki biyotitlere ait MgO-FeO(t)-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> üçgen diyagramı (Speer, 1987) 72	
Şekil 3.29: Riyolitlerdeki biyotitlere ait Mg - [Al (VI) + Fe <sup>+3</sup> + Ti] – [Fe <sup>+2</sup> + Mn] üçgen diyagramı (Speer, 1987) .....	73
Şekil 3.30: Riyolitlerdeki biyotitlere ait MgO-FeO(t)-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> üçgen diyagramı (Speer, 1987)73	
Şekil 3.31: Riyolitlerdeki plajiyoklaslara ait Ab-An-Or üçgen diyagramı.....	74
Şekil 3.32: Riyolitlerdeki Fe-Ti oksit minerallerinin bileşimini gösteren üçgen diyagramı (Bacon ve Hirschmann, 1988).....	75
Şekil 4.1: Örneklerin SiO <sub>2</sub> 'ye karşı Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O (TAS) diyagramı (Le Maitre, 1989) .....	84
Şekil 4.2: Örneklerin SiO <sub>2</sub> 'ye karşı Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O diyagramındaki dağılımları (Irvine ve Baragar, 1971).....	84
Şekil 4.3: Örneklerin SiO <sub>2</sub> 'ye karşı K <sub>2</sub> O diyagramı (Le Maitre, 1989).....	85
Şekil 4.4: Örneklerin AFM (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O, FeO(t), MgO) diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971) .....	85
Şekil 4.5: Kayaçların SiO <sub>2</sub> 'ye karşı ana element değişim diyagramları .....	88
Şekil 4.6: Kayaçların SiO <sub>2</sub> ' ye karşı iz element değişim diyagramları .....	89
Şekil 4.7: Kayaçların N-Tipi okyanus ortası sırtı bazaltına (Pearce, 1983) göre normalize edilmiş iz element dağılımları .....	90
Şekil 4.8: Kayaçların kondritlere göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları (Sun ve McDonough, 1989).....	91

Şekil 4.9: Kayaçların La/10-Y/15-Nb/8 üçgen diyagramı. Alanlar; 1) Orojenik bölge (1A: Kalkalkali bazaltlar, 1C: Volkanik yay toleyitleri, 1B: 1A ve 1C arasında yer alan, kalkalkali bazaltlar ile töleyitlerin çakıştığı bölge), 2) Kıtasal kabuk etkileri gösteren geç orojenik bölge (2A: Kıtasal bazaltlar, 2B: Yay gerisi havza bazaltları), 3) Orojenik olmayan bölge (3A: Alkali bazaltlar, 3B: Zenginleşmiş E-Tipi MORB, 3C: Az zenginleşmiş E-Tipi MORB, 3D: N Tipi MORB) (Cabanis ve Lecolle, 1989)(Ok işaretleri; MT-CC: Okyanus adası bazaltı ve dalma batma bileşenleri arasındaki karışım hattı, CC-UC: Dalma-batma ve üst kabuk bileşenleri arasındaki karışım hattı) ..... 92

## ÇİZELGELER LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1: Bazaltikandezitlere ait olivinlerin mikroprob analiz sonuçları.....	45
Çizelge 3.2: Bazaltikandezitlere ait piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları. ....	46
Çizelge 3.3: Bazaltikandezitlere ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.....	47
Çizelge 3.4: Bazaltikandezitlere ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.....	49
Çizelge 3.5: Dasitlere ait piroksen sonuçlarının mikroprob analiz sonuçları. ....	60

Çizelge 3.6: Dasitlere ait hornblendlerin mikroprob analiz sonuçları. ....	61
Çizelge 3.7: Dasitlere ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları. ....	62
Çizelge 3.8: Dasitlere ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları. ....	64
Çizelge 3.9: Riyolitlere ait hornblendlerin mikroprob analiz sonuçları. ....	75
Çizelge 3.10: Riyolitlere ait biyotitlerin mikroprob analiz sonuçları. ....	76
Çizelge 3.11: Riyolitlere ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları. ....	77
Çizelge 3.12: Riyolitlere ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları. ....	79
Çizelge 4.1: Kargapazarı volkanitlerinin ana (% ağırlık), iz element (ppm) ve nadir toprak element (ppm) analizleri. ....	81

## **EKLER**

EK- 1: PASİNLER (ERZURUM) KUZEYİNİN JEOLJİ HARİTASI

EK- 2: PASİNLER (ERZURUM) KUZEYİNİN JEOLJİ ENİNE KESİTLERİ

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Çalışma Alanının Yeri ve Coğrafi Özellikleri

İnceleme alanı Erzurum İ -47 a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, Tortum H -47 d<sub>3</sub>, d<sub>4</sub> paftalarında Erzurum İli'nin doğusunda Pasinler ilçesi civarında yaklaşık olarak 170 km<sup>2</sup>'lik sahayı kapsamaktadır (Şekil 1.1). İnceleme alanındaki diğer yerleşim birimleri Taşlıgüney, Demirdöven, Tımar, Üğümü, Kavuşturan, Yayladağ, Serçeboğazı, Aşıtlar, Kurbançayırı, Büyükdere ve Kotandüzü köyleridir.

İnceleme alanı batıdan Büyükdere, doğudan Sansor deresi, kuzeyden Güllü dağları, güneyde Pasinler ovası ile çevrili durumdadır. Pasinler ovasının kuzeybatısındaki en önemli yükselimini Kargapazarı dağları oluşturmaktadır. İnceleme alanındaki belli başlı yükseltiler; Çetintaş Tepe (2506 m), Davullu Tepe (2489 m), Külekçi Tepe (2380 m), Toros Tepe (2430 m), Karagüney Tepe (2256 m), Bekiruçan Tepe (2253 m), Sinekli Tepe (2250 m), Kalecik Tepe (2248 m), Eşekmeydanı Tepe (2214 m), Hasanbaba dağı (2213 m), Kızılgüney Tepe (2156 m), Manastır Tepe (2131 m), Terekler Tepe (2130 m), Büyükdağ Tepe (2102 m), Tuztaşı Tepe (2100 m), Terektaş Tepe (2048 m), Kale Tepe (1970 m), Ağıllı Tepe (1930 m), Aşıklar Tepe (1921 m), Büyükserçeboğazı Tepe (1919 m), Pertuzkale Tepe (1875 m), Binbuluz Tepe (1873 m), Küçükdağ Tepe (1820 m), Top Tepe (1789 m)' dir.

### 1.2. Araştırmanın Amacı

Pasinler ovasının kuzey ve kuzeybatısında yer alan Kargapazarı volkanitlerine yönelik jeokimyasal çalışma oldukça azdır. Bu civarda yapılan çalışmalar daha çok genel jeoloji, hidrojeoloji, ekonomik jeoloji ve jeomorfolojiye yönelik çalışmalardır. Bu nedenle bölgedeki volkanitlerin petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin araştırılmasının bölgeye katkı sağlayacağı amaçlanmıştır.

### 1.3. Materyal ve Metot

Proje; saha, laboratuvar ve büro çalışması şeklinde yapılmıştır. Saha çalışmalarında inceleme alanı ve civarında bugüne kadar yapılan tüm çalışmalar ışığında jeolojik çalışmalar yapılarak, petrografik, mineral kimyası ve jeokimyasal çalışmalarda kullanılmak üzere sistematik örnekler alınmıştır.



Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası (Microsoft, 1999).

Bu çalışmada petrografik incelemeler için alınan örneklerden yaklaşık 20 adet ince kesit S.Ü. Jeoloji mühendisliği bölümü ince kesit laboratuvarında yaptırılmıştır. İnce kesitler üzerinde mineralojik-petrografik çalışmalar aynı bölümde polarizan mikroskopta gerçekleştirilmiştir. Petrografik incelemeler sonucu seçilen mağmatik kayaç örneklerinden parlatılmış ince kesitler (3 adet) MTA laboratuvarlarında hazırlanarak mikroprob (EPMA) analizleri yurt dışı imkânları kullanılarak Kanada'da McGill Üniversitesi Mikroprob laboratuvarında JEOL 8900 Electron Microanalyzer aletiyle gerçekleştirilmiştir. Mineral kimyası analizleri (EPMA) yardımıyla mineral isimlendirmeleri, kimyasal formülleri ve uç bileşenler hesaplanmıştır.

Polarizan mikroskop incelemeleri sonucunda kimyasal analizlerde kullanılacak örnekler seçilerek S.Ü. Jeoloji Mühendisliği bölümü öğütme laboratuvarında önce çeneli daha sonra halkalı öğütücüde yaklaşık 200 meshe kadar öğütülerek toz örnek haline getirilmiştir. Bu işlemlerde kullanılan bütün aletler her kademe sonunda asetonla temizlenmiştir. Tüm kayaç örnekleri ana oksit, iz element ve nadir toprak element (REE) analizleri için yurt dışında ACME Analiz Laboratuvarına (Kanada) gönderilmiştir. Bu laboratuvarında ana oksitler ICP (Inductively coupled plasma), iz elementler ve nadir toprak elementleri, ICP-MS (Inductively coupled plasma-mass spectrometer = İndüktif birleşik plazma-kütle spektrometre) aleti kullanılarak yaptırılmıştır.

#### **1.4. Önceki Çalışmalar**

Pasinler ovası ve çevresindeki yükseltiler birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve ovada değişik amaçlara yönelik birtakım çalışmalar yapılmıştır. Fakat bu çalışmalar daha çok genel jeoloji, hidrojeoloji, jeomorfoloji ve ekonomik jeolojiye yönelik çalışmalar olup, petrografik ve jeokimyasal çalışmalar daha azdır. Bölgede yapılan çalışmaları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.

Bölgedeki ilk çalışmalar Baykal ve Pamir'e (1943) aittir. Araştırmacılar Murat nehri ile Erzurum arasındaki bölgeyi inceleyerek kayaçların stratigrafik yapısını ortaya koymuşlardır. Pasinler bölgesindeki volkanik kayaçların Miyosen sonu hareketlerin son safhasına ait olduklarını belirtmişlerdir.

Erentöz (1945) Pasinler havzasındaki petrol imkânlarını belirlemek amacıyla birtakım çalışmalar yapmıştır.

Gattinger (1954) Pasinler ve çevresinin 1/100000 ölçekli detaylı jeolojik etüdünü yapmıştır. Araştırmacı çalışmasında yörenin önemli kayaç türleri ve stratigrafisini genel çizgileriyle belirtmiştir.

Erentöz (1954) Pasinler-Horasan-Hınıs bölgesi detay jeolojisini yapmış ve bu bölgelerin stratigrafisini, yapısal konumunu ayrıntılı olarak inceleyerek daha sonra yapılan çalışmalara ışık tutabilecek bilgiler sunmuştur. Araştırmacı bölgedeki andezit ve bazaltikandezitlerin yaşını Miyosen-Pliyosen olarak belirlemiştir. Obsidiyen, pomza ve volkanik materyallerden kısaca bahsetmiştir.

Akkuş (1961) Pasinler havzasının 1/25000 ölçekli detay petrol etüdünü yapmıştır. Araştırmacı Pasinler havzasının petrol olanaklarını araştırarak, petrolü de kapsayabilecek stratigrafik istifi ortaya çıkarmıştır.

Sür (1961) Pasinler ovasının ilk olarak detaylı jeomorfolojik etüdünü yapmıştır. Araştırmacı ovanın oluşum ve gelişimini açıklamak amacıyla jeomorfolojik yapılarıdaki farklılıkları ortaya koymuştur. Buna göre Pasinler ovası kenarları faylarla sınırlı yüksek dağlar arasında kalan bir graben havzasıdır.

Altınlı (1963) Türkiye Jeoloji Haritası adlı çalışmasında yörenin 1/500000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır. Araştırmacı yöredeki önemli kayaç türlerini ve stratigrafiyi genel çizgileriyle belirlemiştir. Andezit, trakit ve bazalt kayaçlarının Üst Miyosen'e ait olduklarını belirtmiş ve bu kayaçların tektonostratigrafik konumlarını ortaya koymuştur.

Akkuş (1965) Pasinler çevresindeki volkanik kayaçları incelemiştir. Stratigrafik istiflenme detayı ile aydınlatılarak litostratigrafik birimler ayırt edilmiştir. Bölgedeki volkanik kayaçların yaşını Pre-Alt Miyosen ve Pre-Pliyosen olarak belirtmiştir. Araştırmacıya göre; büyük bir plato görünümü sunan bazaltların yaşı Pre-Pliyosen'dir. Araştırmacı daha önceki çalışmalarda Oligosen yaşta olduğu belirtilen havzanın güneyindeki formasyonun Üst Miyosen'e ait olduğunu tespit etmiştir.

Rathur (1965) Pasinler havzasının dolgusunu oluşturan birimi Horasan formasyonu olarak adlandırmıştır. Havza ve civarında yörenin genel jeolojik özellikleri yanı sıra, özellikle petrol ve kömüre yönelik araştırmalar yapmıştır.

Tokel (1965) Pasinler ve çevresinde detaylı bir çalışma yaparak bölgedeki stratigrafik istifi ortaya çıkarmıştır. Araştırmacı havzanın güneyindeki sedimanter kayaçları isimlendirmiş ve bu sedimanter birimlerden daha genç yaşa sahip volkanizmanın kökenini ortaya koymaya çalışmıştır.

Pelin (1969) Pasinler'in güneyinde yapılan petrol sondajı için hazırlanan "MTA Pasinler -1 Kuyusu Raporu" isimli çalışmasında, bölgenin stratigrafik istifini ortaya çıkarmış ve istifin petrografik değerlendirmesini yapmıştır.

Erdoğan ve Soytürk (1974) yörede daha önce yapılmış olan çalışmaları ve 1/25000 ölçekli haritaları derlemiştir.

Kamanlı (1975) Pasinler-Sarıkamış civarı perlit detay etüdünü yapmıştır. Araştırmacı daha önce yapılan petrol sondajlarından yararlanarak bölgenin jeolojik yapısını ana hatlarıyla belirtmiştir. Pasinler civarındaki perlit zuhurlarını inceleyerek, perlitin kalitesi, işletilebilirliği ve muhtemel rezervi hakkında bilgiler elde etmiştir.

Turan (1975) Pasinler civarında yaptığı çalışmada; bölgenin genel jeolojisi yanında perlit yataklarının 1/5000 ölçekli haritasını hazırlamıştır. Araştırmacı bölgedeki perlit yataklarının 116 milyon ton muhtemel-mümkün rezerve sahip olduğunu belirtmiştir. Etüdü yapılan perlit yataklarından alınan numunelerin laboratuvarlarda yapılan testleri sonucunda yüksek oranda genleşebilen, kaliteli perlitler oldukları belirtilmiştir.

Gedik (1978) Doğu Anadolu'da açılan stratigrafik yapı belirleme amaçlı sondajların kuyu kütüklerini ve stratigrafisini açıklamıştır.

Tokel (1979) Erzurum-Kars yöresinde Neojen çöküntüyle ilgili volkanizmanın incelenmesini yapmıştır. Araştırmacı çalışmasında; volkanit numuneleri üzerinde yapılan kimyasal ve petrografik analizler neticesinde Üst Miyosen volkanitleri ile Üst Pliyosen volkanitleri arasındaki mineralojik, kimyasal farklılıkları ortaya koymuştur.

Pelin ve diğ. (1980) Pasinler civarında daha önce yapılmış çalışmalar ve sondajlardan alınan numunelerin yeniden derlenmesi, bunların petrografik ve petrokimyasal incelenmesi sonucunda hazırladıkları raporda Pasinler havzasının petrol olanaklarını açıklığa kavuşturmuşlardır.

Innocenti ve diğ. (1982) Erzurum-Kars bölgesindeki volkanizma gelişiminin; Arap ve Anadolu levhaları arasında gerçekleşmiş olan çarpışmaya bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Bölgedeki volkanik istifin neo-volkanizmasındaki bölgesel jeokimyasal değişimler üzerinde bulgular elde etmişlerdir.

İnan (1987) inceleme alanını da kapsayan ve Neotektonik dönemi ilgilendiren çalışmasında; bölgenin volkanizması ve tektoniğini inceleyerek Erzurum-Tiflis fay hattını isimlendirip, haritalamışlardır.

Koçak (1988) Pasinler kaplıcası ve çevresinin jeotermal etüdünü yaparak kaplıcanın koruma alanlarını belirlemiştir.

Yılmaz ve diğ. (1988) daha önceki çalışmaları irdeleyip arazide de gözden geçirerek yörenin 1/100000 ölçekli jeoloji haritalarını hazırlamışlardır.

Akalın (1989) Erzurum ili ve civarında pomza ve diatomit prospeksiyon çalışmaları yapmıştır. Çalışmacı bölgedeki tuğla-kiremit numunelerinin teknolojik ve kimyasal analizlerini yaptırmış ve bu kayaçların 1100 °C'de piştiğinden imalata uygun olduklarını belirtmiştir.

Taşkın (1989) Erzurum ili çevresinde tuğla ve kiremit hammadde olanaklarının araştırılması üzerine çalışmalar yapmıştır. Araştırmacı çalışmaları sonucunda Pasinler'in kuzeydoğusunda kiremit üretimine uygun nitelikte pomza yataklarının varlığını belirtmiştir.

Ercan ve diğ. (1990) Pasinler çevresindeki volkanik kayaçların oluşum nedenlerini ve kökenini araştırmışlardır. Buna göre bölgedeki volkanik kayaçlar Anadolu ve Arap levhaları arasındaki çarpışma sonucunda gerçekleşen volkanizma ile oluşmuştur.

Uluşahin (1991) Pasinler (Erzurum) kaplıcasındaki sıcak su sondaj kuyusunun açılması, sondajda geçilen birimler ve belirlenen koruma alanları hakkında bilgiler elde etmiştir.

Bozkuş (1993) Pasinler-Horasan havzasında yaptığı çalışmasında; Pasinler havzasının temelini Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı genelde andezit, bazalt, tüf türü kayaçlardan oluştuğunu belirtmiştir. Bu kaya topluluğunu ilk defa Karakurt volkanitleri olarak adlandırmıştır.

Keskin (1994) Erzurum-Kars çevresindeki volkanitler üzerinde yaptığı çalışmada kayalara en karakteristik mostralarının görüldüğü yerlere göre adlandırma yapmıştır. Buna göre Pasinler ovasının kuzeybatısındaki Kargapazarı dağlarında gözlenen kayalar kargapazarı volkaniti olarak adlanmıştır. Bu volkanik kayalar; andezit, bazalt, riyolit, ignimbirit ve pomza'dır.

Bigazzi ve diğ. (1997) Doğu Anadolu'daki obsidiyen içeren volkaniklerin "Fizyon Track" yöntemi ile yaş tayinini yaparak bölgedeki volkanik kayaların birbirleriyle ilişkisini açıklamaya çalışmışlardır.

Keskin (1998) Erzurum-Kars platosunun çarpışma kökenli volkanizmasının volkanostratigrafisini araştırmış ve K/Ar yaş bulguları ışığında bölgedeki volkanizmanın evrimini ortaya koymaya çalışmıştır. Araştırmacı K/Ar yaş bulgularına göre bölgedeki volkanitlerin oluşum yaşını 11-5 milyon yıl öncesine dayandırmıştır.

Kan (1999) Pasinler-Esendere volkanik tüf kumunun harç yapımında kullanılabilirliğinin araştırmasını yapmıştır. Çalışmaları sonucunda bölgedeki tüflerin hafif beton imali için uygun olduğunu tesbit etmiştir.

## 2. GENEL JEOLJİ

Pasinler ovası, kuzey ve güneydeki yükseltiler arasında kalan, D-B gidişli birçok fayla karakterize edilen bir çöküntü ve depolanma ortamıdır. Bilgin'e (1984a,b) göre ovanın etrafındaki volkanik kayalar Orta ve Üst Miyosende Avrasya kıtasının Anadolu-İran bölümü ile Arap kıtasının kıtasal çarpışması sonucu Doğu Anadolu sıkışma zonu boyunca gelişmiş olan Himalaya tipi orojenik yerleşimin temsilcileridirler. Ovanın güneyinde yer alan kayalar Lutesiyen-Alt Miyosen yaşlı denizel birimlerle temsil edilmektedir. Ovanın kuzeyindeki volkanitler ise Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal birimlerdir. Lutesiyen-Alt Miyosen yaşlı çökeller; kalker, konglomera, marn aralanmasından oluşmaktadır. Bu sedimanter istifler ovanın büyük bir kesiminde Kuvaterner yaşlı alüvyonlarla örtülüdürler. Ovanın kuzeyinde ise volkanikler sedimanter birimleri keserek yerleşmiş ve lav akıntıları şeklinde örtmüş durumdadır. Pliyosen döneminde volkanizma faaliyetleri oldukça artmış ve KD-GB yönündeki kırıklar boyunca bazaltik, andezitik, riyolitik volkan konileri oluşmuştur (Tokel, 1965).

İnceleme alanının büyük bir bölümünde Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanik kaya birimleri yüzeylenmektedir. İnceleme alanının diğer bölümlerinde ise Kuvaterner yaşlı alüvyon yer almaktadır. Temelde Üst Miyosen yaşlı tüf ve volkanik materyaller içeren piroklastik kayalar yer almaktadır. Üst Miyosen Pliyosen döneminde artan volkanizma faaliyetleri sonucunda alttaki birimleri keserek bazaltikandezit, andezit, dasit ve riyolitler ortaya çıkmıştır. Volkanizmanın son evresinde tüf, obsidiyen ve aglomeralarla aralanma sunan perlitler oluşmuştur (Şekil 2.1).

### 2.1. Kargapazarı Volkanitleri (Tka)

Doğu Anadolu'da çok geniş bir alanda yüzeyleyen Neojen yaşlı volkanitler birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Araştırmacılar yaptıkları çok sayıdaki Genel Jeoloji çalışmaları sırasında petrografik ve jeokronolojik verilere dayanarak bölgedeki volkanizmanın kökenini, oluşum ve gelişimini ortaya koymaya çalışmışlardır. Akkuş (1965), Rathur (1965) ve Tokel (1965), Kamanlı (1975) ve Turan (1975), Pelin ve ark. (1980), İnan (1987), Keskin (1994) tarafından kullanılan Kargapazarı volkanitleri, Ercan ve diğ. (1990) tarafından Sarıkamış volkanitleri olarak isimlendirilen, Bozkuş (1993) tarafından yeniden adlandırılan Karakurt

volkanitleri, Bilgin (1984a,b) tarafından incelenen Gavurdağı volkanitleri, Yılmaz ve diğ. (1988) tarafından adlandırılan Bingöldağı volkanitleri birbirleri ile deneştirilebilir nitelikteki kayaçlardır. Kargapazarı volkanitlerini ilk olarak Akkuş

(1965) adlandırmıştır. Bu çalışmada da bir bazalt platosu görünümüne sahip olan ve Pasinler' (Erzurum) in kuzey ve kuzeybatısında geniş bir alanı kaplayan Kargapazarı Dağları'nda mostra veren volkanitler için Kargapazarı volkanitleri ismi kullanılmıştır. Kargapazarı volkanitleri dört farklı lav türü, piroklastik kayaç ve perlit olmak üzere altı farklı volkanik kaya birimine ayırılarak incelenmiştir. Birimin yaşı daha önce yapılmış olan Genel Jeoloji amaçlı çalışmalarda Üst Miyosen-Pliyosen olarak verilmiştir (Akkuş, 1965; Rathur, 1965; Tokel, 1965). Akalın (1989) tarafından yapılan çalışmada Kargapazarı volkanitlerinin yaşı Pliyo-Kuvaterner olarak belirtilmiştir. Kargapazarı volkanitleri üzerinde K/Ar analizleri ile yaş tayini yapılmıştır. Keskin (1998) tarafından yapılan bu yaş tayini sonucunda Kargapazarı volkanitlerinin yaşı Üst Miyosen-Pliyosen olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada da Kargapazarı volkanitlerinin yaşı Üst Miyosen-Pliyosen olarak düşünülmüştür. Bölgedeki volkanizma piroklastiklerle başlayıp bazaltikandezit, andezit, dasit, riyolit, perlitlerle devam etmiştir.

### **2.1.1. Piroklastik kayaçlar (Tkapr)**

Birim inceleme alanının az bir bölümünde yüzeylemektedir. Demirdöven köyü kuzeyindeki Demirdöven barajı çevresinde, Tımar Çayı kenarında ve Maşatlık güneyinde tipik yüzeylemelerine rastlanılmaktadır. Kamanlı (1975) tarafından yapılan çalışmada birim tuf olarak isimlendirilmiştir. Fakat bu çalışmada birim içerisinde tuf, obsidiyen, perlit ve aglomeralar ardalı şeklinde gözlendiği için piroklastik kayaçlar adı altında incelenmiştir (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2: Maşatlık mevkiinin güneydoğusunda, piroklastik kayalara ait aglomera, perlit, tüf ardalanmasının görünüşü**

Bölgedeki tüfler; beyaz, pembemsi ve krem renklidir. Tüflerin içindeki malzemenin türü dikkate alındığında riyolitik özellikte oldukları söylenebilir. İçlerinde biyotit kristalleri gözlenebilmektedir. Genellikle masif yapıdadırlar. Fakat bazı kesimlerde tabakalanma sunmaktadırlar (Şekil 2.3). Tabaka kalınlıkları değişkendir ve tabaka konumları yataydır. Tane boyutu olarak ince tanelidirler. Tüfler içerisinde yer yer ayrılmış halde perlit gözlenmektedir (Şekil 2.4). Tüflerle ardalanmalı olarak bulunan aglomeralar koyu renklidirler. Genellikle koyu kahverengi ve siyah renklidedirler. Çoğunlukla çok sert yapılı, masif kayalardır. Aglomeralar içerisinde değişik boyutlarda volkanik kayaç blokları yer almaktadır. Bu kayalardan koyu siyah renkli olanlar andezit ve bazaltikandezitlerdir. Aglomeralar içerisinde bantlar halinde, siyah renkli obsidiyen ve yeşilimsi gri renkli perlit parçaları da bulunmaktadır. Bünyesindeki kayaçların tane boyları değişken olduğundan kötü boylanma göstermektedirler (Şekil 2.5). Aglomeralar içerdiği sert nitelikteki kayaçlar nedeniyle aşınmaya karşı dayanıklıdırlar. Bundan dolayı aglomeralarda farklı şekiller gözlenmektedir (Şekil 2.6). Tüflerle ardalanmalı olarak yer alan obsidiyenler birim içerisinde yer yer döküntü şeklinde, heterojen bir yayılım sunmaktadırlar. Obsidiyenler bloksu küçük parçalar halinde, parlak, saydam, kaygan yüzeyli ve kahverengi, siyah renklidirler. Birim içerisinde kirli pembe, şarabi kırmızı ve siyah renklerde ignimbiritler bulunmaktadır (Şekil 2.7). İgnimbiritler düzenli

çatlak sistemleri içermektedirler. Genellikle masif yapıda olan ignimbritlerde yönlenmiş iri mineral ve kayaç parçaları gözlenmektedir. Birim içerisinde yer yer sarımsı krem renkli pomza parçalarına rastlanılmaktadır. Pomzalar; üstündeki bazaltikandezit kayaçları ile örtülü olup büyük masif kütleler halinde yer almaktadırlar (Şekil 2.8). Oldukça kırılğan ve hafiftirler. Genellikle içlerinde perlit parçaları gözlenmektedir. Piroklastik kayaçların hâkim litolojisini lapilli tuf ve aglomeralar oluşturmaktadır.



**Şekil 2.3: Tımar Çayı kenarındaki piroklastik kayaçlara ait tüflerdeki tabakalanmanın görünüşü**



**Şekil 2.4:** Maşatlık mevkii güneydoğusunda piroklastik kayalara ait ayrılmış perlit içeren tüflerin görünüşü



**Şekil 2.5:** Terekler Tepe kuzeyinde piroklastik kayalara ait iri taneli kayaç parçaları içeren aglomeraların görünüşü



*Şekil 2.6: Terekler Tepe kuzeyindeki piroklastik kayalara ait aglomeraların görünüşü*

*Şekil 2.7: Kızılgüney Tepe kuzeyinde piroklastik kayalara ait olan şarabi renkli*



*ignimbritlerin yakından görünüşü*



**Şekil 2.8: Tımar köyü kuzeydoğusunda piroklastik kayalara ait olan pomzanın görünüşü**

Bölgedeki volkanizma stratigrafik olarak piroklastiklerle başlamaktadır. Bundan dolayı inceleme alanı genelinde piroklastik kayalar üzerini lavlar örtmektedir.

### **2.1.2. Bazaltikandezit (Tka<sub>b</sub>)**

Birim inceleme alanında çok geniş bir alanda yüzeylemektedir. Birim; Terekler Tepe, Büyükdağ Tepe, Aşıklar Tepe, Çermikkarşısı Tepe, Büyükdere ve Tımar çayının kenarlarında tipik mostralara sunmaktadır. Birimin bu bölgelerdeki yüzeylemesi dev boyutta, oldukça dik kayalık kütleleri şeklindedir (Şekil 2.9, 2.10).



*Şekil 2.9: Aşıklar Tepe'nin yüksek kesimlerinde yer alan bazaltikandezitlerle ( $Tka_b$ ), alçak kesimlerini oluşturan perlitlerin ( $Tka_p$ ) sınır ilişkisinin görünümü*



*Şekil 2.10: Terekler Tepe batısındaki bazaltikandezitlerin görünüşü*

Birim mostrada kahverengimsi, siyah renkli, taze yüzeyleri koyu gri, siyah renklidir. Bazaltikandezitler ince taneli, afanitik ve porfirik dokuludur. Bu bazaltikandezitler örtü lavı özelliğindedir. Birim çok sert, bol kırıklı ve dayanıklıdır. Aşınmaya karşı dayanıklı olduklarından vadilerde yüksek yarıları oluştururlar (Şekil 2.11). Bazaltikandezitler çoğunlukla kalın kütleler halindedirler. Bazı bölgelerde bazaltikandezitlerin dere boyunca akmış olduğu gözlenmektedir. Birimde sutunsal soğuma çatlakları ve birkaç metre çapına ulaşabilen oyuklar görmek mümkündür (Şekil 2.12). Birim içerisinde bazaltikandezit kayaçlarının yer yer ani yükselimler sunması ile oluşan süreksizlikler gözlenmektedir (Şekil 2.13). Birim piroklastik kayaçlar üzerine örtü lavı şeklinde yayılmış durumdadır (Şekil 2.14). Bazaltikandezitlerin konumu gözetildiğinde, bunların Üst Miyosen-Pliyosen yaşta olduğu Akkuş (1965) tarafından belirlenmiştir.



*Şekil 2.11: Tımar çayı kenarındaki aşınmaya karşı dayanıklı bazaltikandezitlerin görünümü*



*Şekil 2.12: Kavuşturan köyü güneyindeki bazaltikandezitlerde ayrışma sonucu oluşmuş büyük çaplı oyukların görünüşü*



*Şekil 2.13: Pasinler kuzeyinde, Terekler tepenin güney yamacındaki bazaltikandezitlerde gözlenen eğim atımlı normal fay sınırının görünüşü*



**Şekil 2.14:** *Kalecik Tepe kuzeydoğusunda örtü lavı şeklindeki bazaltikandezitlerin görünüşü*

### 2.1.3. Andezit (Tka<sub>a</sub>)

Birim inceleme alanında Taşlıgüney köyünün doğusunda ve Hasan Kalesi çevresinde yüzeylemektedir. Andezitler Hasan Kalesi'ndeki yüzeylemesinde büyük kütleler halinde gözlenmektedir (Şekil 2.15).

Birim mostrada siyah, taze yüzeylerinde ise koyu gri renklidir. Makro olarak porfirik dokuya sahip olup plajiyoklas fenokristalleri gözlenebilmektedir. Fenokristallerin boyutları genellikle milimetre boyutlarındadır. Birim içerisinde çok yönlü, düzensiz, soğuma çatlakları tipiktir (Şekil 2.16, 2.17, 2.18). İçlerinde yer yer gaz boşlukları gözlenmektedir. Masif yapıdaki andezitlerde ayrışma nedeniyle oluşmuş, büyük boyutta, dairesel şekilli oyuklara rastlanabilmektedir (Şekil 2.19).



*Şekil 2.15: Hasan Kalesi'ndeki büyük andezit kütlelerinin görünüşü*

*Şekil 2.16: Hasan kalesi güney yamacındaki andezitlerde gözlenen çok yönlü çatlak*



*sistemlerinin görünüşü*



*Şekil 2.17: Hasan kalesi batı yamacındaki andezitlerde gözlenen çok yönlü çatlak sistemlerinin görünüşü*

*Şekil 2.18: Hasan kalesi batı yamacındaki andezitlerde gözlenen çok yönlü çatlak*



*sistemlerinin yakından görünüşü*



*Şekil 2.19: Hasan kalesi güney yamacındaki andezitlerde ayrışma sonucu oluşan büyük boyuttaki, dairesel şekilli oyukların görünüşü*

#### **2.1.4. Dasit (Tka<sub>d</sub>)**

Dasitler inceleme alanının güneyinde, Küçükağ Tepe, Büyükdağ Tepe ve Çermikkarşısı Tepe doğusunda küçük bir alanda yüzeylemektedir. Dasitlerin inceleme alanı içerisinde yüzeylediği alanların hepsi tipik dom yapısı sunmaktadır (Şekil 2.20).

Birim mostrada kremi, açık ve koyu pembe renklindedir. Taze yüzeylerinde ise genellikle açık pembe renklidir. Dasitleri diğer kayalardan ayırmak oldukça kolaydır. Sert ve dayanıklıdırlar, çekiçle vurulduğunda tipik olarak çan sesi verirler. Dasitler porfirik dokuludur. Kayaçta makro olarak feldispat fenokristalleri gözlenmektedir. Dasitler genellikle büyük bloklar halindedir (Şekil 2.21). Birim arazinin büyük bir bölümünde bazaltikandezitlerin üzerinde domlar şeklinde gözlenmektedir.



*Şekil 2.20: Büyükdağ'daki dasitlerin ( $Tka_1$ ) dom şekilli yüzeylemesi ve bazaltikandezitler ( $Tka_2$ ) ile olan sınır ilişkisi*



*Şekil 2.21: Küçükdağ Tepe'deki büyük bloklar halindeki dasitlerin yakından görünüşü*

### 2.1.5. Riyolit (Tka<sub>r</sub>)

Birim inceleme alanının kuzeyinde Maşatlık mevki doğusunda, Kornuç komu mevkiinde, Kale Tepede, Malyemez Tepede, Çetintaş Tepede ve Karagüney Tepede yüzeylemektedir.

Birim mostrada pembemsi, koyu mavimsi ve gridir, taze yüzeylerinde ise mavimsi ve gri renklidir ve arazide diğer kayalardan kolaylıkla ayrılmaktadır. Makro olarak porfirik dokuludur. Kayaçta gözlenen fenokristaller feldispatlardır. Riyolitler sert ve dayanıklı yapıdadır. Birim bazı bölgelerde tabuler kayaç parçaları halindedir (Şekil 2.22). Kayaçlar üzerinde akma yapıları ve farklı ayrışma sonucunda oluşmuş peri bacasına benzer yapılar gelişmiştir (Şekil 2.23).



*Şekil 2.22: Yayladağ köyü kuzeydoğusundaki tabuler kayaç parçaları halindeki riyolitlerin görünüşü*



*Şekil 2.23: Maşatlık mevki doğusundaki riyolitlerin peri bacasına benzer yapılarının görünüşü*

#### **2.1.6. Perlit (Tka<sub>p</sub>)**

Birim inceleme alanında Kotandüzü köyünün güneyi ve kuzeyinde, Tereктаş Tepenin doğusunda, Serçeboğazı köyünün kuzeyindeki Büyükserçeboğazı Tepede, Tuztaş Tepede, Kale Tepenin batısında, Eşekmeydanı Tepenin doğusunda, Top Tepede, Büyükdağ Tepenin doğusunda, Çermikkarşısı Tepe ve Aşıklar Tepenin çevresinde yüzelemektedir. Perlitler genellikle tuf ve aglomeralarla arđalanma sunmaktadırlar. Perlitlerin Eşekmeydanı Tepe doğusunda ve Tereктаş Tepe doğusunda yüzelediği yarmada tuf ve aglomeralarla arđalanması açıkça gözlenebilmektedir (Şekil 2.24, 2.25).



*Şekil 2.24: Eşekmeydanı Tepe doğusunda perlit, obsidiyen, tüf ardalanmasının görünüşü*



*Şekil 2.25: Terektaş Tepe doğusundaki perlitlerin aglomera ve tüflerle ardalanmasının görünüşü*

Perlitler yeşilimsi gri, mavimsi gri ve koyu gri renkler sunarlar. Taze yüzeyleri parlak görünümlüdür. Soğansı dokuları tipiktir ve oldukça kırılğan bir yapıya sahiptirler (Şekil 2.26). İçerdikleri su oranına göre parlaklık ve ağırlıkları farklılık göstermektedir. Perlitler yer yer pomzamsı bir yapı arz ederken bazı bölgelerde ayrıışmış halde gözlenmektedirler (Şekil 2.24). İnceleme alanında gözlenen en son volkanik üründür ve genellikle riyolitlerin yoğun olduğu bölgelerde masif halde yüzeylemektedirler.



*Şekil 2.26: Serçeboğazı köyü kuzeybatısında perlitlerde gözlenen soğansı dokunun görünümü*

## **2.2. Alüvyon (Qal)**

İnceleme alanının alçak ve düz kesimlerinde geniş bir alanda yüzeylemektedir. Birim çoğunlukla tutturulmamış kil, kum ve çakıldan oluşmaktadır. İçerisindeki çakıllar genellikle iyi boylanma göstermekte ve çevredeki volkanik ürünlerin parçalarını da bulundurmaktadır.

### 3. PETROGRAFI VE MİNERAL KİMYASI

Bu bölümde çalışma alanında yüzeyleyen dört farklı volkanik kaya biriminin mineralojik ve petrografik özellikleri incelenmiştir. Kayaçlarda gözlenen minerallerin yüzdeleri yaklaşık olarak verilmiştir.

#### 3.1. Bazaltikandezit

Bazaltikandezitler; hipokristalin porfirik dokuludur. Fenokristal olarak plajiyoklas, olivin, klinopiroksen ve çok az opak mineral içermektedir. Hamur fazını ise plajiyoklas, piroksen, opak mineral ve volkanik cam oluşturmaktadır. Bazaltikandezitler yaklaşık olarak % 70-75 plajiyoklas, % 10-12 olivin, % 8-10 klinopiroksen ve % 2-3 opak mineral içermektedir.

Plajiyoklaslar; özşekilli-yarı özşekilli fenokristal olarak ve ince uzun mikrolitler şeklinde hamur fazında gözlenmektedir. Genellikle karlsbad ikizleri sergilemektedir (Şekil 3.1). Plajiyoklas fenokristallerinde zonlu yapılar yaygın olarak gözlenmektedir ve kapanım olarak opak mineral ve volkanik cam içermektedir.

Olivin fenokristalleri yarı özşekilli, bazen iskeletsel kristaller olarak gözlenmektedir. Düzensiz gelişmiş çatlakları tipiktir. Kenarlarından itibaren ve çatlakları boyunca iddingsite dönüşmüş ve demirce zengin çerçeve ile sarılmış durumdadır (Şekil 3.2).

Klinopiroksenler; küçük ve çubuksu kristaller halinde gözlenmektedir. Hamur içerisinde mikrolitler halinde bol olarak bulunmaktadır. Mineraller yarı özşekilli ve özşekilsizdir. Tipik olarak düşük açılı eğik sönme göstermektedirler.

Opak mineraller genelde küçük, düzensiz, bazen de köşeli taneler halinde gözlenmektedir. Özellikle plajiyoklas mineralleri içerisinde inklüzyonlar halinde bulunmaktadır.

Hamur fazında mikrolitler ile cam beraber bulunmaktadır ve hiyalopolitik doku gözlenmektedir. Plajiyoklas ve piroksen mikrolitlerinde bir yönlenme olmayıp gelişigüzel dağılmışlardır ve arada kalan boşluklar volkanik cam tarafından doldurulmuştur. Ancak bazı örneklerde ise hamuru oluşturan mikrolitlerin yarı paralel dizilim sunduğu gözlenmektedir. Hamurda intergranüler doku gözlenmektedir (Şekil 3.3). Plajiyoklasların kesişmesiyle oluşan boşluklar klinopiroksen, olivin, opak minerallerle doldurulmuştur. Volkanik cam yer yer karbonat minerallerine dönüşmüştür.



*Şekil 3.1: Bazaltikandezitlerde yer alan plajiyoklastarda (pl) gelişmiş karlsbad ikizinin görünümü (Ç.N. X4)*



*Şekil 3.2: Bazaltikandezitlerdeki iskeletsel dokulu ve iddingsitleşmiş olivinlerin (ol) görünümü (Ç.N. X4)*

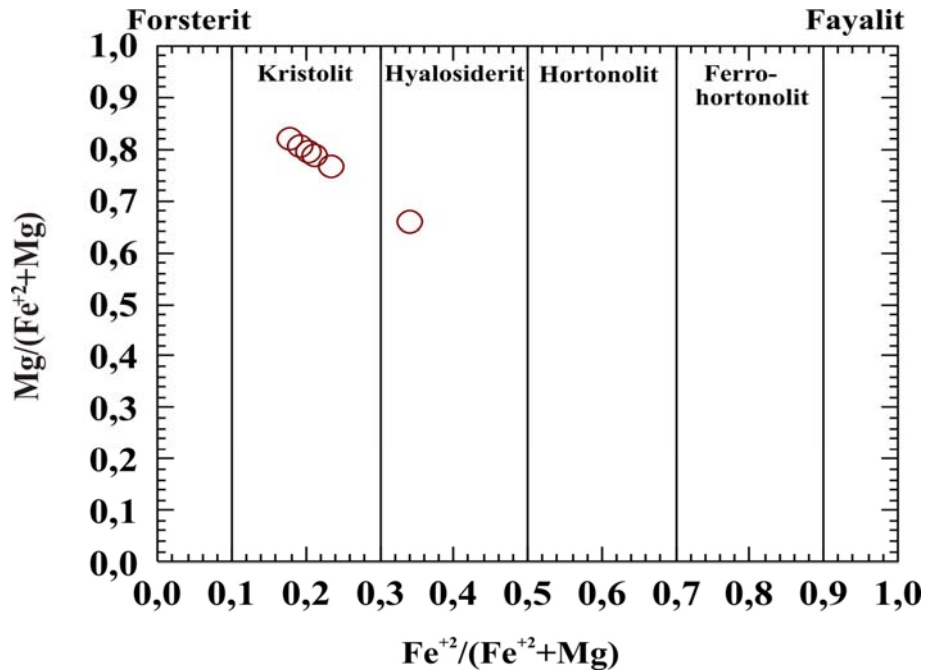


Şekil 3.3: Bazaltikandezitlerde yer alan plajiyoklasların arasını dolduran olivin ve opak minerallerin oluşturduğu intergranüler dokunun görünümü (Ç.N. X4)

### 3.1.1. Mineral kimyası

#### 3.1.1.1. Olivin

Fenokristal ve mikrofenokristal olarak gözlenen olivinlerin bileşimleri  $Fo_{65-80}$  arasında değişmektedir. Genelde aynı bileşime sahip olivinlerde  $Fe^{+2}/(Fe^{+2}+Mg)$  oranı ise 0.14-0.36 arasındadır (Şekil 3.4). Olivinlerin  $Mg/(Mg+Fe^{+2})$  oranı ise 0.66-0.82 arasındadır (Çizelge 3.1).

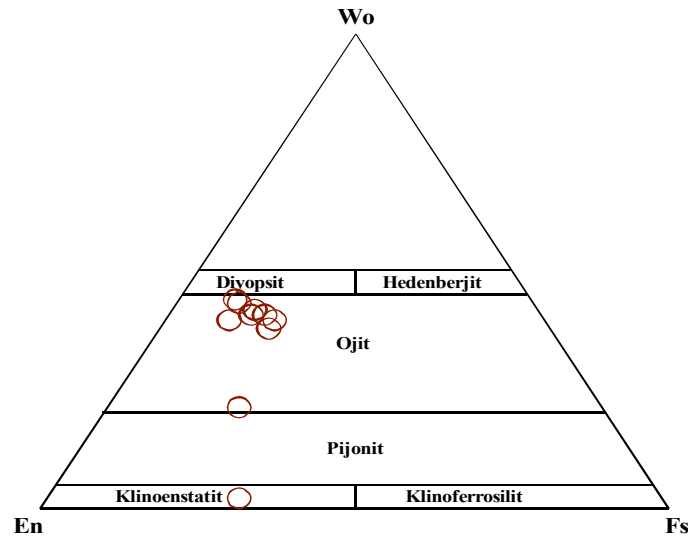


**Şekil 3.4:** Bazaltikandezitlerdeki olivinlerin  $Fe^{+2}/(Fe^{+2}+Mg)$  oranına göre değerlendirilmesi

### 3.1.1.2. Klinopiroksen

Klinopiroksenlerden elde edilen mikroprob analizleri (Çizelge 3.2) dikkate alındığında Morimoto ve diğ. (1988)'ne göre diyopsitik ojit olarak tanımlanabilir (Şekil 3.5).

Klinopiroksenlerin bileşimi  $Wo_{2,84-43}En_{42-57}Fs_{10-31}$  arasında değişmektedir. Bu minerallerde  $Mg/(Mg+Fe^{+2})$  oranı 0.70-0.88 arasındadır.

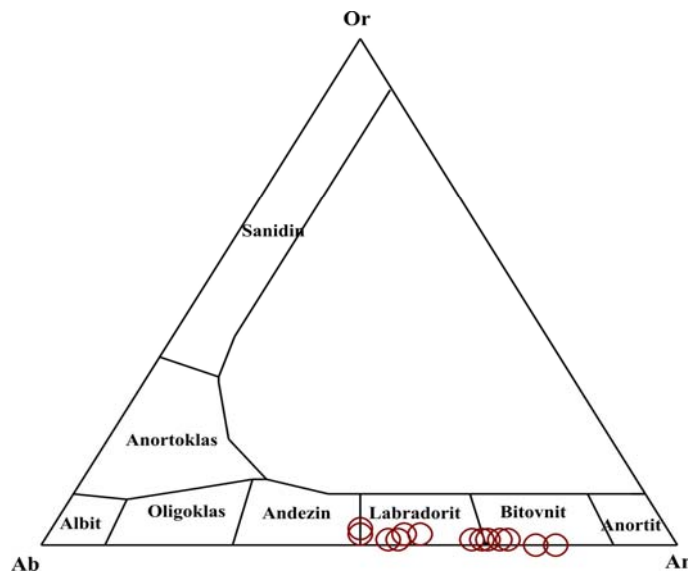


**Şekil 3.5:** Bazaltikandezitlere ait klinopiroksenlerin Wo-En-Fs üçgen diyagramı (Morimoto ve diğ., 1988)

### 3.1.1.3. Plajiyoklas

Bazaltikandezitlerdeki plajiyoklasların cinsi bitovnit ve labradorittir (Şekil 3.6). Daha çok fenokristaller halinde gözlenen plajiyoklaslarda önemli bir bileşimsel değişim söz

değildir.  
genellikle  
kısmımlarda  
merkez  
 $An_{48-80}$



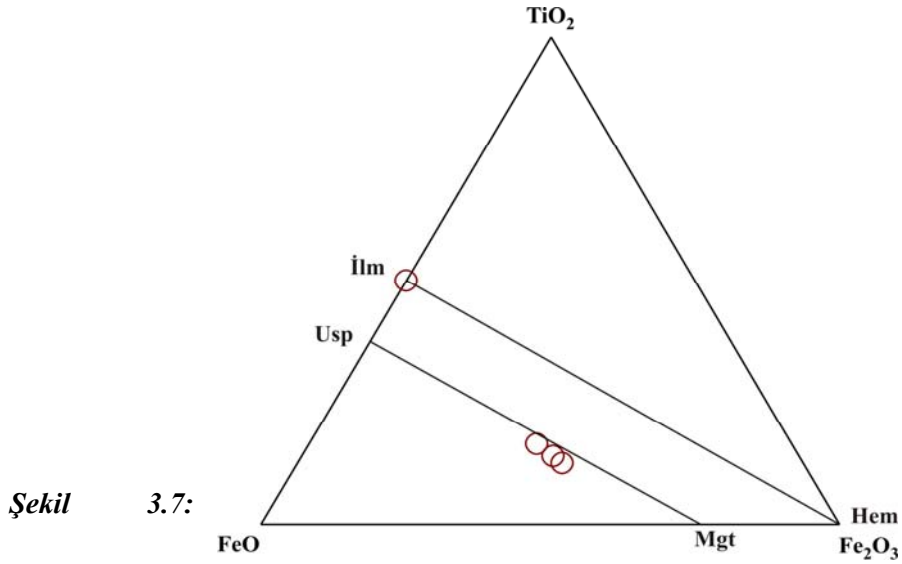
konusu  
Bileşimler  
kenar  
 $An_{48-78}$  iken,  
kısmımlarda  
değerlerine

sahiptir (Çizelge 3.3).

*Şekil 3.6: Bazaltikandezitlerdeki plajiyoklaslara ait Ab-An-Or üçgen diyagramı*

#### 3.1.1.4. Fe-Ti oksitler

Genellikle klinopiroksen megakristalleri ve olivin fenokristalleri içerisinde inklüzyonlar halinde gözlenen oksit minerallerin hepsi titanomagnetittir (Şekil 3.7).



*Bazaltikandezitlerdeki Fe-Ti oksit minerallerinin bileşimini gösteren üçgen diyagramı (Bacon ve Hirschmann, 1988)*

**Çizelge 3.1: Bazaltikandezitlere ait olivinlerin mikroprob analiz sonuçları.**

Örnek	OK-2-1 Merkez	OK-2-2 Merkez	OK-2-3 Merkez	OK-2-1 Kenar	OK-2-4 Merkez	OK-2-2 Kenar
SiO <sub>2</sub>	37,090	38,670	39,279	39,121	38,770	39,312
TiO <sub>2</sub>	0,028	0,025	0,000	0,006	0,000	0,004
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,024	0,012	0,021	0,048	0,058	0,031
FeO	30,220	21,477	16,943	18,913	19,530	18,124
MnO	0,519	0,339	0,260	0,307	0,289	0,264
MgO	32,784	39,632	43,556	41,645	40,986	42,341
CaO	0,161	0,189	0,207	0,202	0,213	0,184
Na <sub>2</sub> O	0,000	0,003	0,000	0,012	0,005	0,012
K <sub>2</sub> O	0,017	0,016	0,020	0,010	0,021	0,012
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,011
NiO	0,023	0,077	0,100	0,046	0,122	0,106
Toplam	100,866	100,440	100,391	100,310	99,994	100,401

Formül 4 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	0,995	0,998	0,993	0,998	0,996	0,998
Ti	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al	0,001	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001
Fe <sup>+2</sup>	0,678	0,463	0,358	0,404	0,420	0,385
Mn	0,012	0,007	0,006	0,007	0,006	0,006
Mg	1,312	1,525	1,641	1,584	1,570	1,603

Ca	0,005	0,005	0,006	0,006	0,006	0,005
Na	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
K	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,000	0,002	0,002	0,001	0,003	0,002
Toplam	3,005	3,003	3,010	3,003	3,007	3,003
Mg <sup>#</sup>	0,659	0,767	0,821	0,797	0,789	0,806
Fo	65,200	76,000	81,400	78,100	78,100	80,000
Fa	33,700	23,100	17,700	20,900	20,900	19,200

Mg<sup>#</sup> = Mg / (Mg + Fe<sup>+2</sup>), Fe<sup>+2</sup> toplam Fe olarak alınmıştır.

**Çizelge 3.2: Bazaltikandezitlere ait piroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.**

Örnek	OK-2-1	OK-2-1	OK-2-2	OK-2-3	OK-2-2	OK-2-3	OK-2-4	OK-2-5	OK-2-4	OK-2-6
	Merkez	Kenar	Kenar	Kenar	Merkez	Merkez	Merkez	Merkez	Kenar	Merkez
SiO <sub>2</sub>	52,52	51,07	49,69	51,63	53,19	53,51	50,76	52,27	51,23	50,63
TiO <sub>2</sub>	0,50	0,75	1,25	0,67	0,40	0,32	1,04	0,54	0,67	1,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,95	3,10	3,66	2,03	1,28	0,89	2,73	1,48	3,30	2,78
FeO	6,78	6,53	10,26	8,40	12,98	18,87	9,42	8,39	5,84	10,45
MnO	0,21	0,17	0,37	0,39	0,58	0,93	0,40	0,40	0,14	0,48
MgO	17,83	16,27	14,85	15,73	20,62	24,21	15,04	16,09	16,53	15,60
CaO	19,56	21,15	19,29	20,71	10,44	1,44	19,78	20,29	21,33	18,26
Na <sub>2</sub> O	0,25	0,36	0,46	0,36	0,19	0,03	0,48	0,37	0,33	0,47
K <sub>2</sub> O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,34	0,01
Toplam	99,69	99,62	99,83	99,94	99,71	100,21	99,69	99,85	99,73	99,71

Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır

Si	1,93	1,89	1,86	1,92	1,96	1,97	1,90	1,94	1,89	1,90
Ti	0,01	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,03
Al	0,07	0,11	0,14	0,08	0,04	0,03	0,10	0,06	0,11	0,10
Fe <sup>+2</sup>	0,15	0,12	0,21	0,17	0,38	0,56	0,21	0,19	0,10	0,23
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,00	0,02

Mg	0,98	0,90	0,83	0,87	1,13	1,33	0,84	0,89	0,91	0,87
Ca	0,77	0,84	0,78	0,83	0,41	0,06	0,79	0,81	0,84	0,73
Na	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,00	0,04	0,03	0,02	0,03
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Toplam	4,02	4,03	4,03	4,03	4,01	4,01	4,03	4,02	4,02	4,03
Mg <sup>#</sup>	0,87	0,88	0,80	0,84	0,75	0,70	0,80	0,82	0,90	0,79
Wo	38,93	42,63	39,36	41,36	20,86	2,84	40,21	40,44	43,04	37,05
En	49,37	45,62	42,16	43,72	57,32	66,56	42,53	44,62	46,40	44,03
Fs	10,81	10,46	16,79	13,61	21,12	30,50	15,49	13,59	9,36	17,20

Mg<sup>#</sup> = Mg / (Mg + Fe<sup>+2</sup>), Fe<sup>+2</sup> toplam Fe olarak alınmıştır.

**Çizelge 3.3: Bazaltikandezitlere ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.**

Örnek	OK-2-1 Merkez	OK-2-2 Merkez	OK-2-1 Kenar	OK-2-3 Merkez	OK-2-4 Merkez	OK-2-5 Merkez	OK-2-2 Kenar
SiO <sub>2</sub>	54,93	56,48	54,76	53,77	51,53	48,53	49,01
TiO <sub>2</sub>	0,06	0,03	0,04	0,08	0,03	0,04	0,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,26	27,10	28,32	28,71	30,57	32,62	31,94
FeO	0,51	0,58	0,61	0,68	0,57	0,58	0,48
MnO	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
MgO	0,06	0,05	0,07	0,09	0,11	0,09	0,10
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	10,97	9,93	11,47	11,93	14,03	16,24	15,69
Na <sub>2</sub> O	5,02	5,47	4,73	4,45	3,33	2,13	2,47
K <sub>2</sub> O	0,32	0,60	0,43	0,35	0,18	0,11	0,11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	100,15	100,24	100,43	100,08	100,40	100,34	99,82

Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	9,92	10,16	9,88	9,75	9,36	8,88	8,90
Ti	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
Al	6,01	5,74	6,02	6,13	6,54	7,03	6,90
Fe <sup>+2</sup>	0,08	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,07

Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Ca	2,12	1,92	2,22	2,32	2,73	3,18	3,09
Na	1,76	1,91	1,65	1,57	1,17	0,76	0,88
K	0,07	0,14	0,10	0,08	0,04	0,03	0,03
P	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
Toplam	19,98	19,98	19,98	19,99	19,97	19,99	19,99
An	53,70	48,30	55,80	58,50	69,20	80,30	77,30
Ab	44,40	48,20	41,70	39,50	29,70	19,10	22,00
Or	1,90	3,50	2,50	2,00	1,10	0,70	0,70

Fe<sup>+2</sup> toplam Fe olarak alınmıştır.

**Çizelge 3.3'ün devamı:**

Örnek	OK-2-3 Kenar	OK-2-6 Merkez	OK-2-4 Kenar	OK-2-7 Merkez	OK-2-8 Merkez	OK-2-5 Kenar
SiO <sub>2</sub>	50,12	54,70	56,28	51,19	52,13	50,62
TiO <sub>2</sub>	0,05	0,02	0,09	0,03	0,04	0,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,34	28,45	27,63	30,67	30,46	31,06
FeO	0,56	0,54	0,60	0,56	0,54	0,68
MnO	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00
MgO	0,11	0,08	0,07	0,08	0,07	0,05
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	14,92	11,29	10,16	14,16	13,61	14,46
Na <sub>2</sub> O	2,98	4,88	5,60	3,43	3,60	3,11
K <sub>2</sub> O	0,17	0,28	0,51	0,18	0,25	0,20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	100,26	100,28	100,95	100,34	100,68	100,24

Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	9,15	9,87	10,07	9,31	9,43	9,23
Ti	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
Al	6,74	6,05	5,82	6,57	6,49	6,67

Fe <sup>+2</sup>	0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,10
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
Ca	2,92	2,18	1,95	2,76	2,64	2,83
Na	1,05	1,71	1,94	1,21	1,26	1,10
K	0,04	0,06	0,12	0,04	0,06	0,05
P	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
Toplam	20,02	19,98	20,02	20,01	19,98	19,99
An	72,70	55,20	48,60	68,80	66,60	71,10
Ab	26,30	43,20	48,50	30,20	31,90	27,70
Or	1,00	1,60	2,90	1,00	1,50	1,20

Fe<sup>+2</sup> toplam Fe olarak alınmıştır.

**Çizelge 3.4: Bazaltikandezitlere ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.**

Örnek	OK-2-1	OK-2-2	OK-2-3	OK-2-4
SiO <sub>2</sub>	0,03	0,02	0,00	0,03
TiO <sub>2</sub>	15,39	11,65	46,76	13,26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,59	3,49	0,19	2,72
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,11	0,09	0,00	0,06
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,66	1,12	0,15	0,47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	74,90	77,59	46,09	76,25
MnO	0,47	0,43	0,44	0,38
MgO	2,59	2,24	3,95	2,31
CaO	0,00	0,00	0,06	0,00
Toplam	96,73	96,62	97,63	95,48

Formül 4 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	0,01	0,01	0,00	0,01
Ti	3,38	2,55	10,50	2,95
Al	0,89	1,20	0,07	0,95
Cr	0,03	0,02	0,00	0,01
V	0,15	0,26	0,04	0,11
Fe <sup>+3</sup>	8,15	9,41	0,00	9,01
Fe <sup>+2</sup>	10,15	9,48	11,51	9,85
Mn	0,12	0,11	0,11	0,10
Mg	1,13	0,97	1,76	1,02

Ca	0,00	0,00	0,02	0,00
Toplam	24,00	24,00	24,00	24,00
Ulvöspinel	78,00	72,00	86,00	77,00
Magnetit	0,00	1,00	0,00	0,00
Qandit	8,00	7,00	13,00	8,00
Kromit	0,00	0,00	0,00	0,00
Jakopsit	0,00	0,00	0,00	0,00
Magnezyoferrit	0,00	0,00	0,00	0,00
Hersinit	10,00	16,00	0,00	12,00
Spinel	1,00	1,00	0,00	1,00

Fe<sup>+3</sup> ve Fe<sup>+2</sup> ayrımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır.

### 3.2. Andezit

Andezitler; hipokristalin porfirik dokuludur. Fenokristal olarak plajiyoklas, olivin, klinopiroksen ve çok az opak mineral içermektedir. Hamur fazını ise plajiyoklas, opak mineral ve volkanik cam oluşturmaktadır. Andezitler yaklaşık olarak % 70-75 plajiyoklas, % 10-12 klinopiroksen, % 5-8 ortopiroksen, % 2-3 olivin, % 1-2 opak mineral içermektedir.

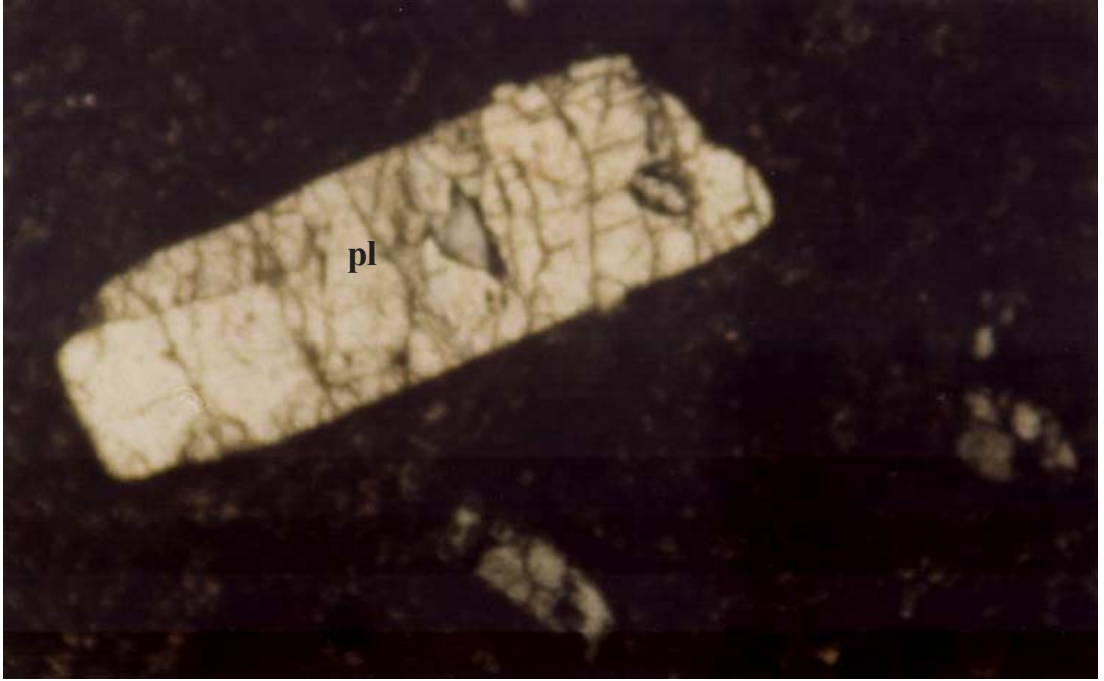
Plajiyoklaslar; öz şekilli ve yarı özşekilli fenokristal olarak ve ince uzun mikrolitler şeklinde hamur fazında gözlenmektedir. Genellikle karlsbad ve albit ikizleri sergilemektedir. Plajiyoklas fenokristallerinde zonlu yapılar yaygın olarak gözlenmektedir. Plajiyoklas fenokristalleri genellikle düzensiz çatlaklı görünüm sunmaktadırlar (Şekil 3.8).

Klinopiroksen kristalleri çoğunlukla yarı özşekilli-özşekillidir. Tek yönde dilinimleri belirgindir. Düşük açıda eğik sönme gösterirler (20°-30°'lik sönme açısı).

Ortopiroksenler çoğunlukla yarı özşekillidir. Çok zayıf pleokroizma göstermektedirler. Bu özelliği ve düz sönme göstermesine dayanarak kolaylıkla ayrılabilirlerdir.

Olivin fenokristalleri yarıözşekilli-özşekilsiz kristaller ve düzensiz çatlaklı olarak gözlenmektedir. Kenarlarından itibaren ve çatlakları boyunca iddingsite dönüşmüşlerdir (Şekil 3.9).

Hamur fazında mikrolitler ile cam beraber bulunmaktadır ve hiyalopolitik doku gözlenmektedir. Plajiyoklas ve piroksen mikrolitlerinde bir yönlenme olmayıp gelişigüzel dağılmışlardır ve arada kalan boşluklar volkanik cam tarafından doldurulmuştur.



*Şekil 3.8: Andezitlerde yer alan düzensiz çatlaklı plajiyoklasların (pl) görünümü (Ç.N. X10)*



*Şekil 3.9: Andezitlerde yer alan olivinlerin (ol) kenarlarında reaksiyon sonucu gelişmiş iddingsitleşmenin görünümü (T.N. X10)*

### **3.3. Dasit**

Dasitler; hipokristalin porfirik dokuludur. Fenokristal olarak plajiyoklas, hornblend, klinopiroksen, ortopiroksen ve opak mineral içermektedir. Hamur fazında ise plajiyoklas, hornblend ve çok miktarda volkanik cam gözlenmektedir. Opak mineraller hem fenokristal hemde hamur fazında gözlenmiştir. Dasitler yaklaşık olarak % 64-66 plajiyoklas, % 18-20 kuvars, % 4-5 hornblend, % 2-4 sanidin, % 2-3 ortopiroksen, % 1-2 opak mineral içermektedir.

Plajiyoklaslar; yarı özşekilli-özşekilli, zonlu ve yaygın olarak karlsbad ikizli daha az ise albit-karlsbad ikizlidir (Şekil 3.10). Plajiyoklas fenokristallerinde belli zonlarda volkanik cam kapanımlarıyla karakterize edilen elek dokusu (sieve texture) gözlenmektedir (Şekil 3.11). Plajiyoklaslar kapanım olarak hornblend, opak mineral ve volkanik cam içermektedirler (Şekil 3.12).

Kuvarslar; küçük kristaller halinde bulunmaktadır. Çoğunlukla yarı özşekilli ve özşekilsizdir. Özşekilsiz kuvarslar kenarlarından itibaren yuvarlatılmış kristaller şeklindedir.

Hornblendler özşekilli-yarı özşekilli kristaller şeklindedir. Özşekilli kristallerinde tipik altıgen kesitleri gözlenmektedir. Kahverengi ve kuvvetli

pleokroizma göstermektedirler. Hornblendelerde yaygın olarak opasitleşme gözlenmektedir. Çoğunlukla opak mineral agregatına dönüşmüşlerdir. Fakat bu dönüşüm tamamlanmadığı durumlarda hornblendler kristalin merkez kısımlarında korunmuşlardır.

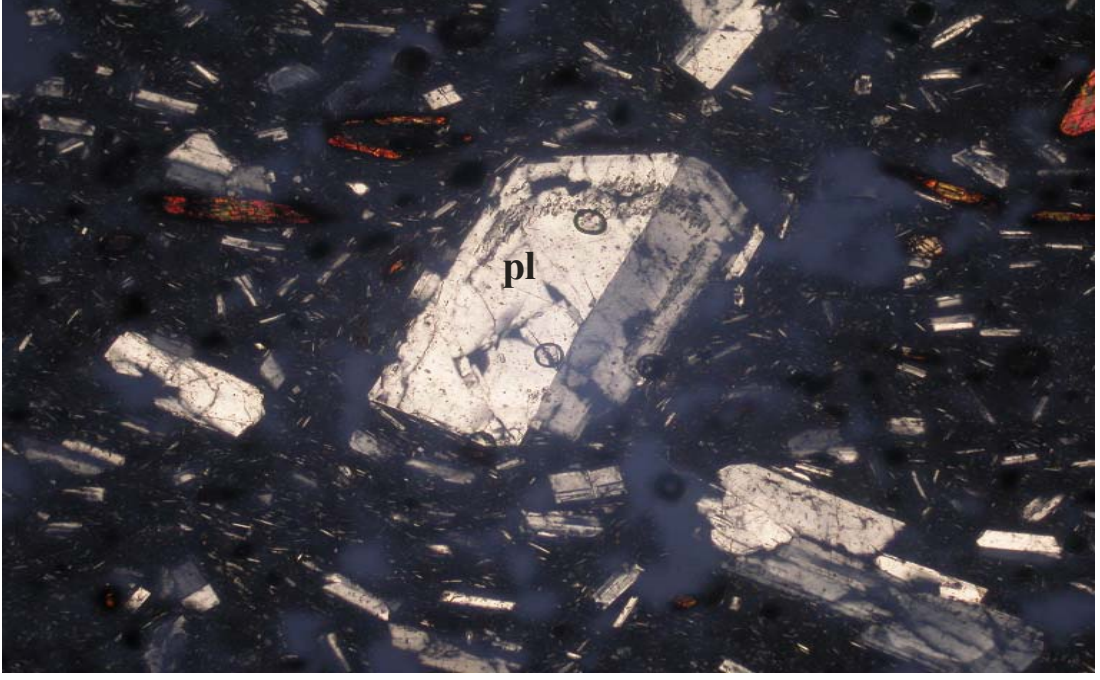
Sanidinler özşekilli ve yarıözşekilli kristaller şeklindedir. Tipik olarak düşük sönme açısı ( $8^{\circ}$ - $10^{\circ}$ 'lik eğik sönme) göstermektedir.

Ortopiroksenler özşekilli uzun prizmatik ve ince çubuksu kristaller şeklinde gözlenmektedir (Şekil 3.13). Ortopiroksenler tipik düz sönme göstermektedir.

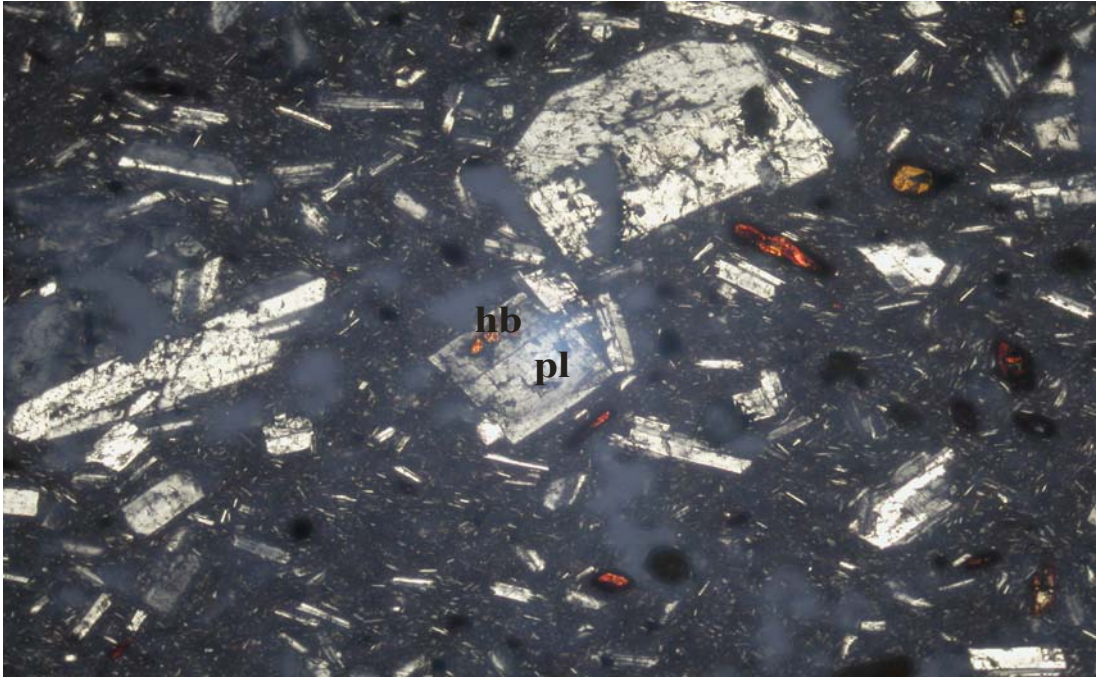
Hamur fazında hiyalopolitik fluidal doku gözlenmektedir. Hamuru oluşturan plajiyoklaslar mikrolitik olup belirgin bir yönlenme sunmaktadır (Şekil 3.14). Volkanik cam mikrolitler arasındaki boşlukları doldurmaktadır.



**Şekil 3.10: Dasitlerde yer alan plajiyoklaslarda (pl) gelişmiş karlsbad ve albit-karlsbad ikizlerinin görünümü (Ç.N. X4)**



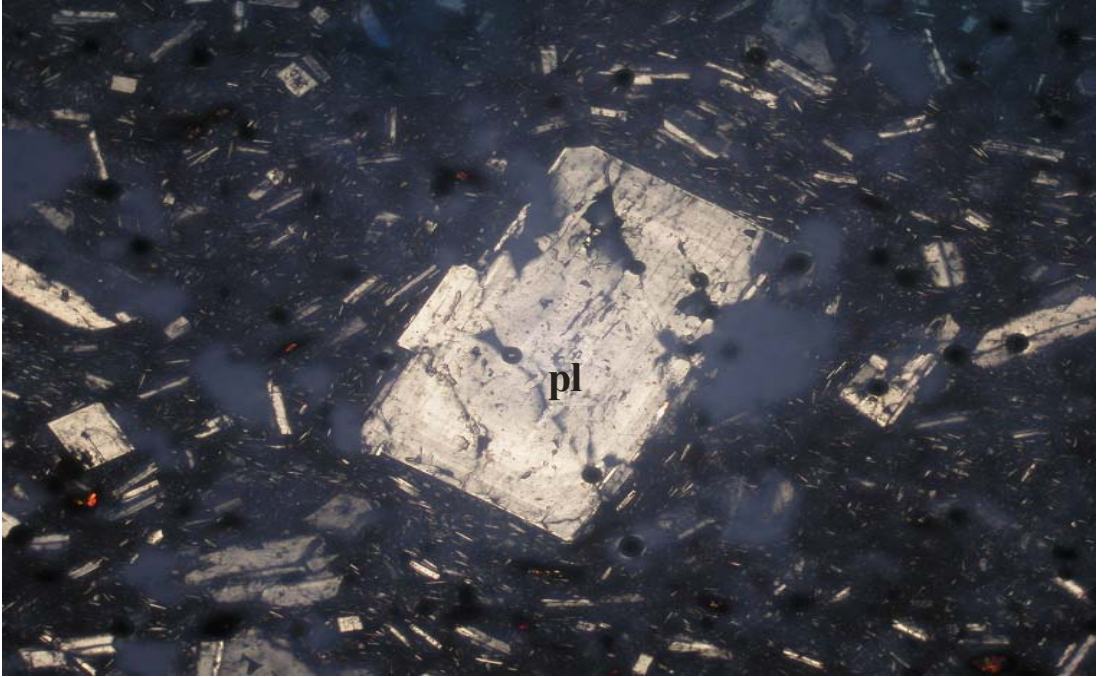
*Şekil 3.11: Dasitlerde yer alan plajiyoklas (pl) fenokristallerinde gelişmiş elek dokularının (sieve texture) görünümü (Ç.N. X4)*



*Şekil 3.12: Dasitlerde yer alan plajiyoklaslardaki (pl) hornblend (hb) ve volkanik cam kapanımlarının görünümü (Ç.N. X4)*



*Şekil 3.13: Dasitlerde yer alan prizmatik ve çubuksu ortopirosenlerin (opr) görünümü (Ç.N. X4)*



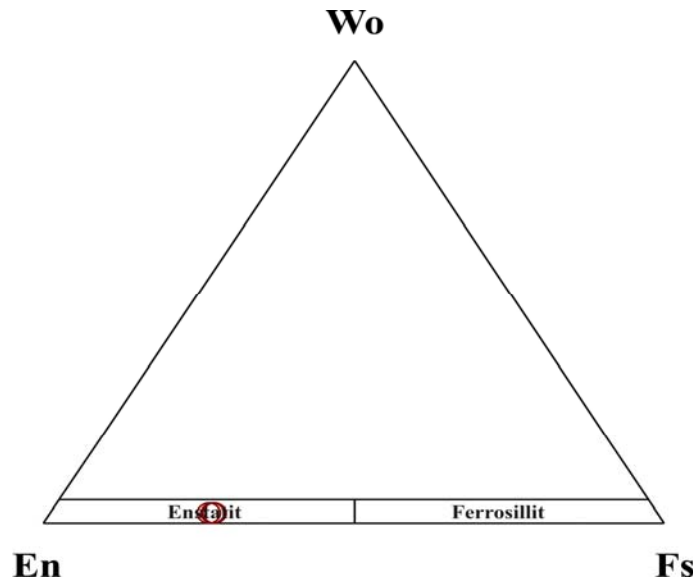
*Şekil 3.14: Dasitlerde yer alan plajiyoklas (pl) mikrolitlerinin hamur içerisindeki belirgin yönelimlerinin görünümü (Ç.N. X4)*

### 3.3.1. Mineral kimyası

#### 3.3.1.1. Ortopiroksen

Ortopiroksenlerin mikroprob analizleri (Çizelge 3.5) dikkate alındığında, Morimoto ve diğ. (1988)'nin sınıflamasına göre enstatittir (Şekil 3.15).

Ortopiroksenlerin bileşimleri  $Wo_{2-2.4}En_{70-72}Fs_{25-27}$  arasında değişmektedir.  $Mg/(Mg+Fe^{+2})$  oranı ise 0.73-0.74 arasında değişmektedir.

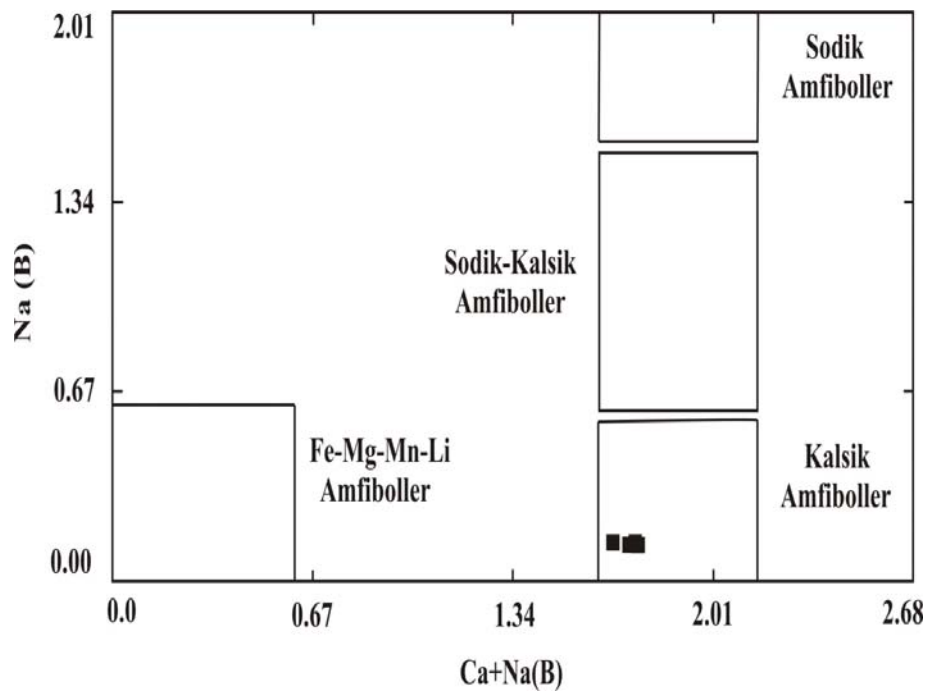


Şekil 3.15: Dasitlere ait piroksenlerin Wo-En-Fs üçgen diyagramı (Morimoto ve diğ., 1988)

### 3.3.1.2. Hornblend

Dasitlere ait kayaç örneklerindeki hornblendlerin tamamı kalsik amfibol grubunda yer almaktadır (Şekil 3.16). Kayaç içerisinde gözlenen hornblendlerin analiz sonuçları (Çizelge 3.6) dikkate alındığında, tümü Leake (1997)'nin yaptığı sınıflamaya göre edenittir (Şekil 3.17).

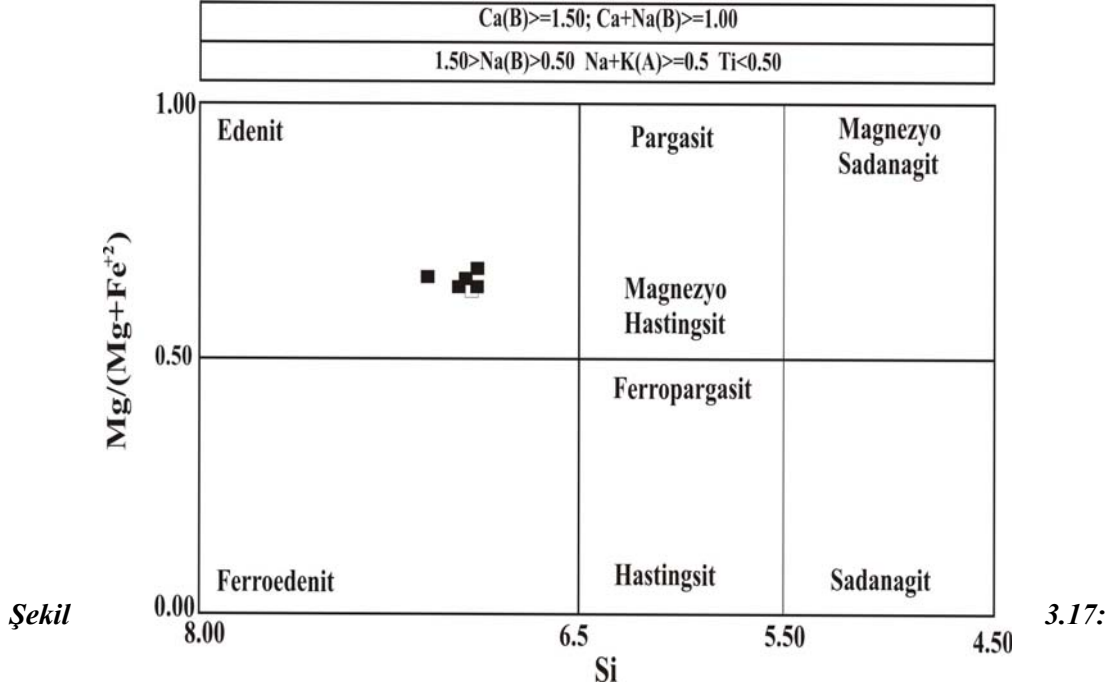
Hornblendlerde  $Mg/(Mg+Fe^{+3}+Fe^{+2})$  oranı 0.66-0.71 arasında değişmektedir. Bu mineraller riyolitlerdeki hornblendlerle karşılaştırıldığında; daha yüksek  $Mg/(Mg+Fe^{+3}+Fe^{+2})$  değerine ve daha düşük FeO içeriğine sahiptir.



Şekil

3.16:

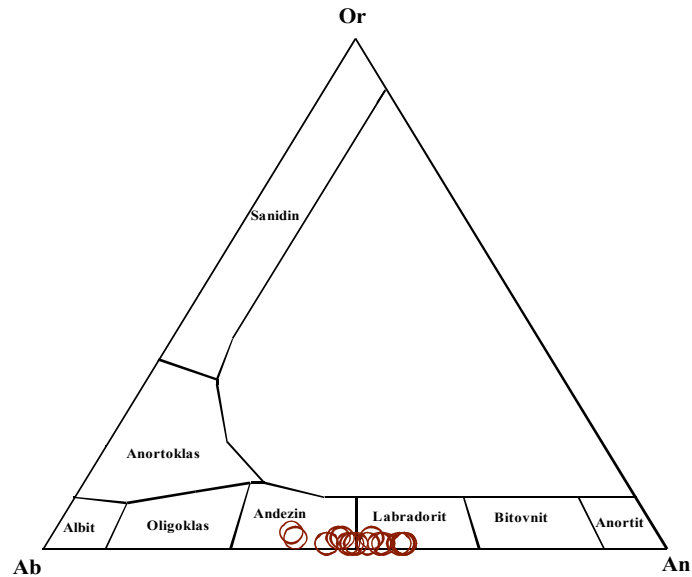
*Dasitlere ait hornblendlerin grup sınıflandırması (Leake, 1997)*



*Dasitlere ait hornblendlerin sınıflaması (Leake, 1997)*

### 3.3.1.3. Plajiyoklas

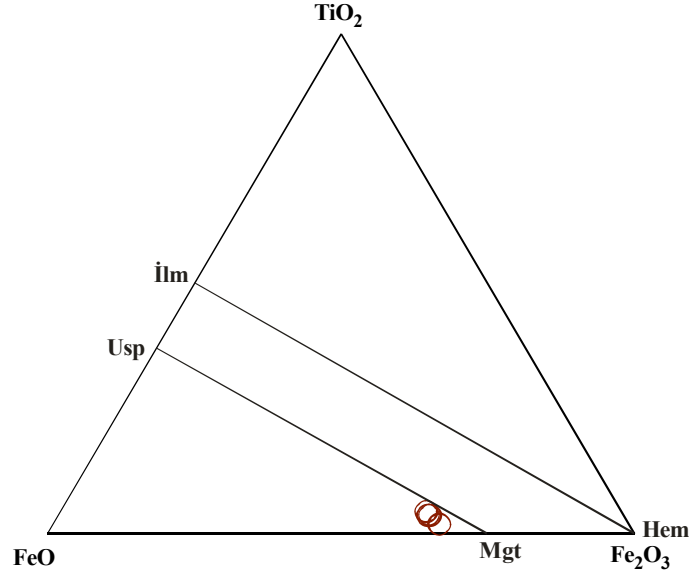
Dasitlerdeki plajiyoklasların analiz sonuçları (Çizelge 3.7)'de verilmiştir ve plajiyoklaslar andezin ve labradorit olup (Şekil 3.18) bileşimleri  $An_{39-58}$ 'dir. Plajiyoklaslar çoğunlukla karmaşık ikiz göstermektedir. Zonlanma gösterenlerde merkezden kenara doğru azda olsa bileşimsel bir değişim söz konusudur. Bu değişim kenarda  $An_{54}Ab_{45}Or_1$  merkezde ise  $An_{39}Ab_{58}Or_3$ 'dir. Dolayısıyla ters zonlanmayı gösterir.



*Şekil 3.18: Dasitlerdeki plajiyoklaslara ait Ab-An-Or üçgen diyagramı*

#### 3.3.1.4. Fe-Ti oksitler

Genellikle mikrofeno-kristaller halinde gözlenen oksit mineralleri titanomagnetittir (Şekil 3.19). Bu oksit mineralleri riyolitlerdeki Fe-Ti oksitlerle karşılaştırıldığında; daha yüksek  $Fe_2O_3$  içeriğine, daha düşük FeO ve  $TiO_2$  içeriğine sahiptir (Çizelge 3.8).



*Şekil 3.19: Dasitlerdeki Fe-Ti oksit minerallerinin bileşimini gösteren üçgen diyagramı (Bacon ve Hirschmann, 1988)*

**Çizelge 3.5: Dasitlere ait piroksen sonuçlarının mikroprob analiz sonuçları.**

Örnek	OK-10-1 Merkez	OK-10-2 Merkez	OK-10-3 Merkez
SiO <sub>2</sub>	54,38	53,87	53,09
TiO <sub>2</sub>	0,09	0,13	0,18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,67	1,47	2,58
FeO	17,04	16,29	16,35
MnO	0,44	0,38	0,36
MgO	25,88	26,09	25,60
CaO	1,22	1,14	1,10
Na <sub>2</sub> O	0,02	0,01	0,03
K <sub>2</sub> O	0,00	0,02	0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,05	0,06
Toplam	99,78	99,45	99,36

Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	1,98	1,96	1,94
Ti	0,00	0,00	0,00
Al	0,02	0,04	0,06
Fe <sup>+2</sup>	0,51	0,49	0,49
Mn	0,01	0,01	0,01
Mg	1,41	1,42	1,39
Ca	0,05	0,04	0,04
Na	0,00	0,00	0,00
K	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00
Toplam	4,00	4,00	4,00
Mg <sup>#</sup>	0,73	0,74	0,74
Wo	2,39	2,25	2,21
En	70,75	71,94	71,50
Fs	26,80	25,78	26,16

Mg<sup>#</sup> = Mg / (Mg + Fe<sup>+2</sup>), Fe<sup>+2</sup> toplam Fe olarak alınmıştır.

**Çizelge 3.6: Dasitlere ait hornblendlerin mikroprob analiz sonuçları.**

Örnek	OK-10-1 Merkez	OK-10-2 Merkez	OK-10-3 Merkez	OK-10-4 Merkez	OK-10-5 Merkez	OK-10-1 Kenar
SiO <sub>2</sub>	44,55	44,11	45,85	44,65	44,56	44,04
TiO <sub>2</sub>	2,03	2,13	1,63	1,85	1,86	1,88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,79	10,63	9,11	9,96	10,17	0,00
FeO	11,11	12,52	12,37	12,22	12,54	13,26
MnO	0,14	0,16	0,29	0,15	0,18	0,21
MgO	15,22	14,22	15,33	14,87	14,23	14,27
CaO	11,20	10,92	10,60	11,18	10,97	10,94
Na <sub>2</sub> O	2,05	2,00	2,19	2,33	2,05	2,52
K <sub>2</sub> O	0,61	0,60	0,42	0,52	0,53	0,52
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	0,08	0,02	0,04	0,03	0,00
Toplam	97,60	97,29	97,79	97,73	97,09	97,43

Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	6,50	6,50	6,70	6,55	6,58	6,52
----	------	------	------	------	------	------

Ti	0,22	0,24	0,18	0,20	0,21	0,21
Al	1,86	1,85	1,57	1,72	1,77	1,71
Fe <sup>+2</sup>	1,35	1,54	1,51	1,48	1,55	1,64
Fe <sup>+3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Mn	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03
Mg	3,29	3,12	3,34	3,25	3,13	3,15
Ca	1,75	1,72	1,66	1,76	1,73	1,74
Na	0,58	0,57	0,62	0,66	0,59	0,72
K	0,11	0,11	0,08	0,10	0,10	0,10
Cr	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	15,69	15,68	15,69	15,76	15,67	15,82
Mg#	0,71	0,67	0,69	0,69	0,67	0,66

Mg<sup>#</sup> = Mg / (Mg + Fe<sup>+2</sup> + Fe<sup>+3</sup>), Fe<sup>+2</sup> ve Fe<sup>+3</sup> ayrımı Leake (1997)'ye göre hesaplanmıştır.

**Çizelge 3.7: Dasitlere ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.**

Örnek	OK-10-1	OK-10-2	OK-10-3	OK-10-1	OK-10-2	OK-10-4	OK-10-5	OK-10-3	OK-10-4
	Merkez	Merkez	Merkez	Kenar	Kenar	Merkez	Merkez	Kenar	Kenar
SiO <sub>2</sub>	54,21	56,83	57,55	57,65	55,62	54,21	56,57	57,11	56,37
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,79	27,40	26,91	26,97	28,19	29,20	27,86	27,30	27,88
FeO	0,43	0,32	0,13	0,22	0,32	0,46	0,25	0,23	0,30
MnO	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02
MgO	0,05	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03
CaO	11,68	9,52	9,22	9,16	10,69	11,58	10,04	9,41	9,93
Na <sub>2</sub> O	4,67	5,70	6,06	6,09	5,33	4,69	5,60	5,77	5,59
K <sub>2</sub> O	0,21	0,34	0,31	0,30	0,36	0,27	0,28	0,49	0,30
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	100,06	100,15	100,22	100,41	100,58	100,48	100,64	100,34	100,42

Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	9,80	10,20	10,30	10,30	9,98	9,77	10,11	10,23	10,10
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	6,13	5,79	5,67	5,67	5,96	6,20	5,87	5,76	5,88
Fe <sub>+2</sub>	0,00	0,05	0,02	0,03	0,05	0,07	0,04	0,03	0,05
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
Ca	2,26	1,83	1,77	1,75	2,06	2,24	1,92	1,81	1,91
Na	1,64	1,98	2,10	2,11	1,86	1,64	1,94	2,00	1,94
K	0,05	0,08	0,07	0,07	0,08	0,06	0,06	0,11	0,07
P	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	19,97	19,93	19,94	19,94	19,99	19,98	19,95	19,94	19,96
An	57,30	47,00	44,90	44,60	51,50	56,80	49,00	46,00	48,70
Ab	41,50	51,00	53,30	53,70	46,50	41,60	49,40	51,10	49,60
Or	1,20	2,00	1,80	1,70	2,10	1,60	1,60	2,90	1,80

Fe<sup>+2</sup> toplam Fe olarak alınmıştır.

**Çizelge 3.7'nin devamı:**

Örnek	OK-10-5 Kenar	OK-10-6 Merkez	OK-10-7 Merkez	OK-10-6 Kenar	OK-10-7 Kenar	OK-10-8 Kenar	OK-10-9 Kenar	OK-10-10 Kenar
SiO <sub>2</sub>	54,19	54,28	58,70	56,56	55,47	59,24	55,30	55,12
TiO <sub>2</sub>	0,04	0,02	0,01	0,01	0,06	0,01	0,02	0,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29,00	28,56	25,83	27,55	27,82	26,08	28,01	28,44
FeO	0,39	0,44	0,12	0,27	0,30	0,14	0,29	0,31
MnO	0,01	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
MgO	0,03	0,04	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,04
CaO	11,72	11,51	8,02	9,90	10,60	8,11	10,86	11,11
Na <sub>2</sub> O	4,62	4,76	6,62	5,68	5,30	6,62	5,15	5,13
K <sub>2</sub> O	0,24	0,30	0,51	0,21	0,18	0,34	0,22	0,23
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	100,25	99,96	99,85	100,23	99,75	100,54	99,87	100,45

Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	9,78	9,81	10,52	10,15	10,02	10,528	9,986	9,913
Ti	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,001	0,003	0,003
Al	6,16	6,22	5,45	5,82	5,92	5,458	5,957	6,024
Fe <sup>+2</sup>	0,06	0,07	0,02	0,04	0,05	0,021	0,044	0,047
Mn	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,005
Mg	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,003	0,005	0,011
Ca	2,27	2,23	1,54	1,90	2,05	1,544	2,101	2,141
Na	1,62	1,67	2,30	1,98	1,86	2,281	1,803	1,789
K	0,06	0,07	0,12	0,05	0,04	0,077	0,051	0,053
P	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	19,96	19,98	19,96	19,95	19,95	19,913	19,95	19,986
An	57,60	56,20	38,90	48,50	51,90	39,50	53,10	53,80
Ab	41,10	42,10	58,10	50,30	47,10	58,50	45,60	44,90
Or	1,40	1,70	3,00	1,20	1,00	2,00	1,30	1,30

Fe<sup>+2</sup> toplam Fe olarak alınmıştır.

**Çizelge 3.8: Dasitlere ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.**

Örnek	OK-10-1	OK-10-2	OK-10-3	OK-10-4
SiO <sub>2</sub>	0,04	0,00	0,00	0,02
TiO <sub>2</sub>	1,48	3,32	3,30	3,93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,63	2,90	2,12	2,14
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,07	0,01	0,03	0,03
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,47	0,15	0,03	0,10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	86,36	81,55	82,68	81,71
MnO	0,50	0,45	0,47	0,56
MgO	1,36	1,68	1,57	1,87
CaO	0,04	0,05	0,00	0,10
Toplam	93,95	90,10	90,20	90,45

Formül 4 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	0,01	0,00	0,00	0,01
Ti	0,33	0,78	0,77	0,92

Al	1,27	1,06	0,78	0,78
Cr	0,02	0,00	0,01	0,01
V	0,11	0,04	0,01	0,03
Fe <sup>+3</sup>	13,91	13,35	13,66	13,34
Fe <sup>+2</sup>	7,60	7,86	7,92	7,88
Mn	0,12	0,12	0,12	0,15
Mg	0,61	0,78	0,73	0,86
Ca	0,01	0,02	0,00	0,03
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	24,00	24,00	24,00	24,00
Ulvöspinel	30,00	53,00	60,00	62,00
Magnetit	1,00	0,00	0,00	0,00
Qandit	2,00	5,00	5,00	6,00
Kromit	0,00	0,00	0,00	0,00
Jakopsit	0,00	0,00	0,00	0,00
Magnezyoferrit	0,00	0,00	0,00	0,00
Hersinit	58,00	36,00	29,00	26,00
Spinel	4,00	3,00	2,00	2,00

Fe<sup>+3</sup> ve Fe<sup>+2</sup> ayrımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır.

### 3.4. Riyolit

Riyolitler; hipokristalin porfirik dokuludur. Fenokristal olarak kuvars, plajiyoklas, hornblend, biyotit ve çok az oranda opak mineral içermektedirler. Hamur fazının tamamını volkanik cam oluşturmaktadır. Riyolitler yaklaşık olarak % 30-35 kuvars, % 25-30 plajiyoklas, % 14-16 hornblend, % 10-12 biyotit, % 5 sanidin % 1-2 opak mineral içermektedir.

Kuvarslar; çoğunlukla özşekilsiz ve kenarlarından itibaren yuvarlatılmış kristaller şeklindedir. Kuvarsların rölyefleri oldukça düşüktür.

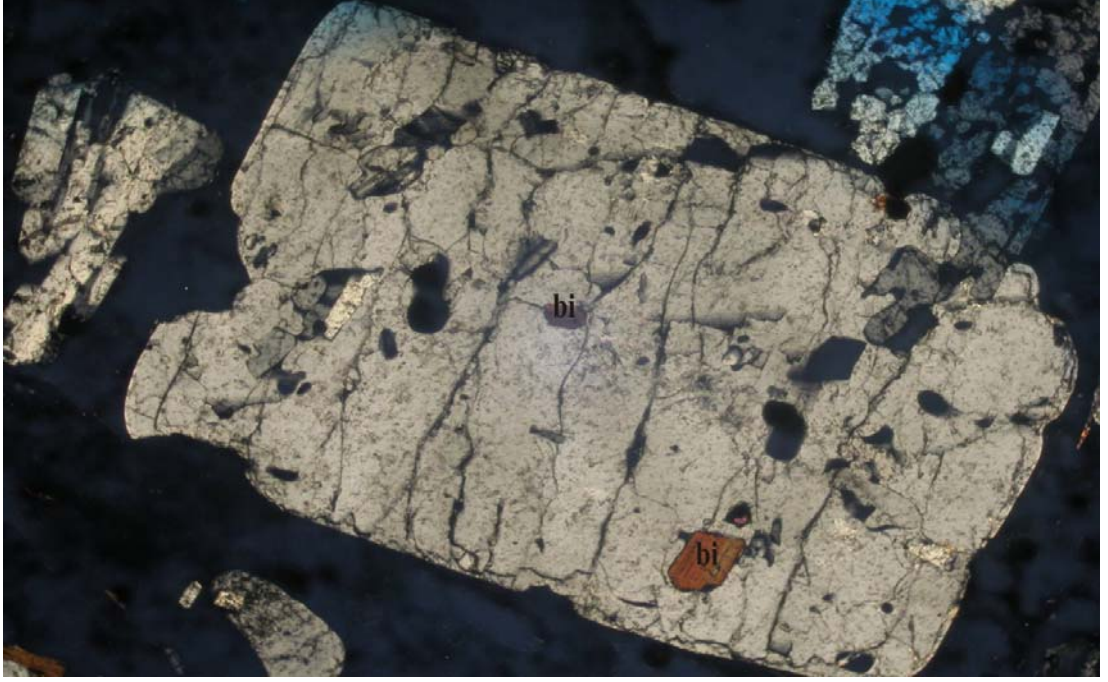
Plajiyoklaslar; öz şekilli-yarı özşekilli fenokristal olarak ve iğnemsiz, ince uzun mikrolitler şeklinde hamur fazında gözlenmektedir. Genellikle karlsbad ve albit ikizleri sergilemektedir. Plajiyoklas fenokristallerinde zonlu yapılar yaygın olarak gözlenmektedir. Plajiyoklaslar kapanım olarak biyotit, opak mineral ve volkanik cam içermektedirler (Şekil 3.20).

Hornblendler özşekillsiz, yarı özşekilli, uzun ve kısa prizmatik kristaller şeklindedir. Soluk yeşilimsi, kahverengi renk tonlarında ve kuvvetli pleokroizma göstermektedir. Kısa prizmatik kristaller altıgen kesitler sunmaktadırlar.  $25^{\circ}$ - $30^{\circ}$  kadar eğik sönme göstermektedirler.

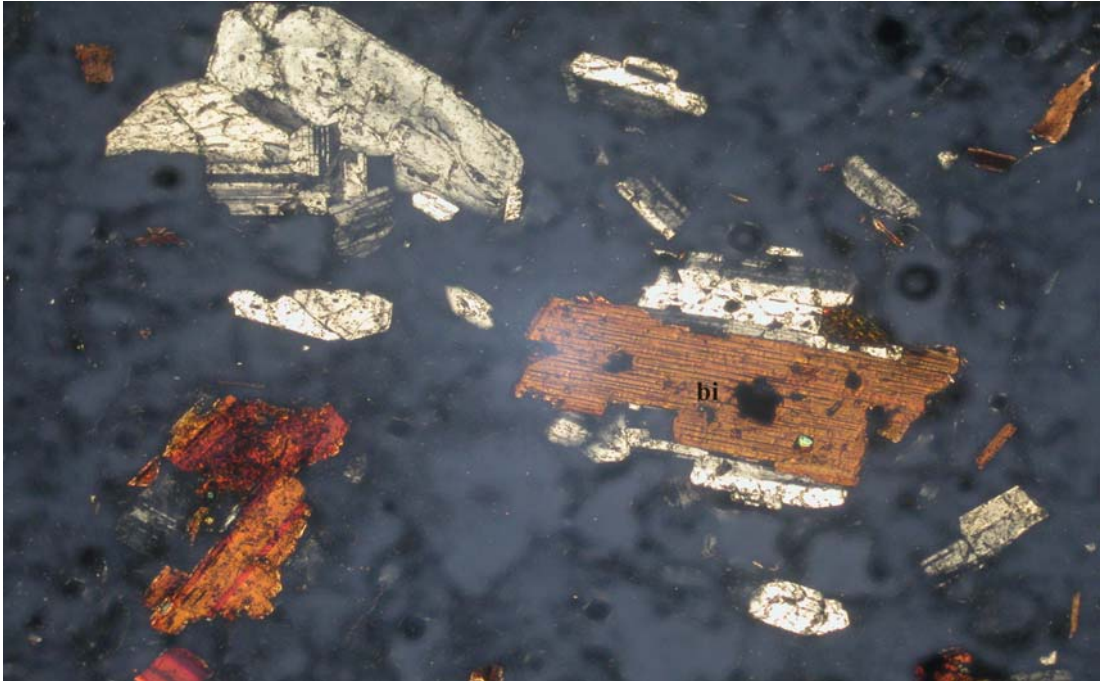
Biyotitler çoğunlukla özşekilli ve yarı özşekilli kristaller şeklindedir. Biyotit kristallerinde tipik olarak tek yönlü dilinimler gözlenmektedir (Şekil 3.21). Biyotitlerde yaygın olarak opasitleşme gözlenmektedir (Şekil 3.22)

Sanidinler özşekilli ve yarıözşekilli kristaller şeklindedir. Tipik olarak düşük sönme açısı ( $8^{\circ}$ - $10^{\circ}$ ’lik eğik sönme) göstermektedir. Çift kırma rengi gri tonlardadır.

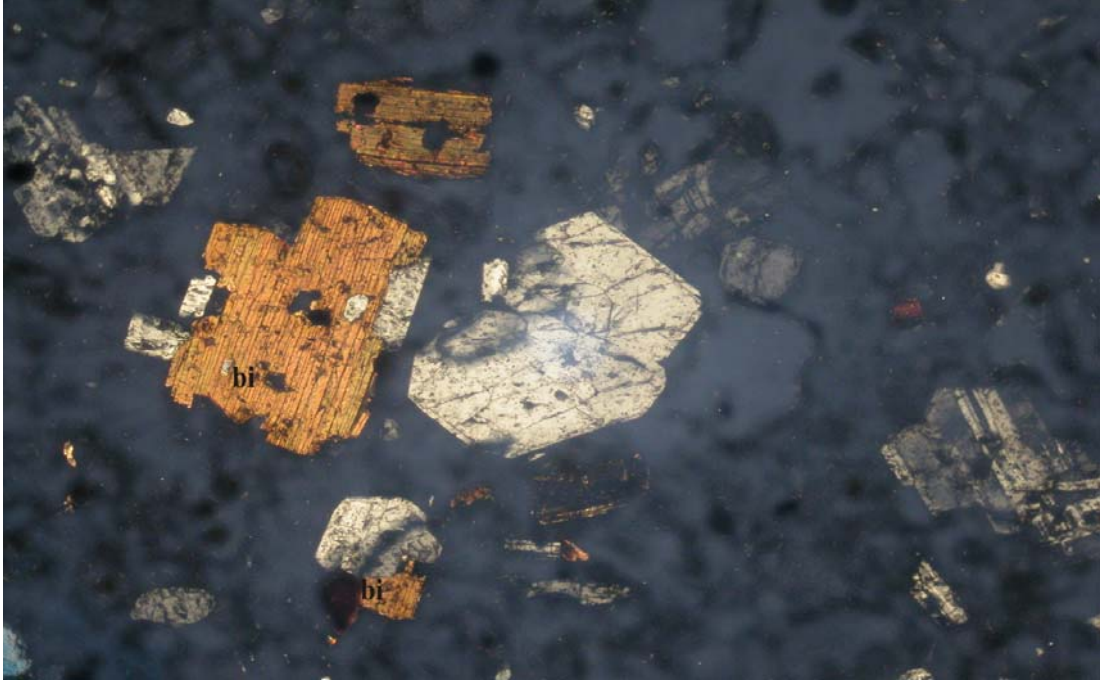
Hamur fazında hipokristalin doku gözlenmektedir. Hamuru oluşturan plajiyoklas ve hornblendler mikrolitik olmayıp fenokristaller halinde düzensiz dağılmışlardır. Volkanik cam fenokristaller arasındaki boşlukları doldurmaktadır.



*Şekil 3.20: Riyolitlerde yer alan plajiyoklastardaki (pl) biyotit (bi) kapanımlarının görünümü (Ç.N. X10)*



*Şekil 3.21: Riyolitlerde yer alan biyotitlerdeki (bi) tek yönlü dilinimlerin görünümü (Ç.N. X4)*



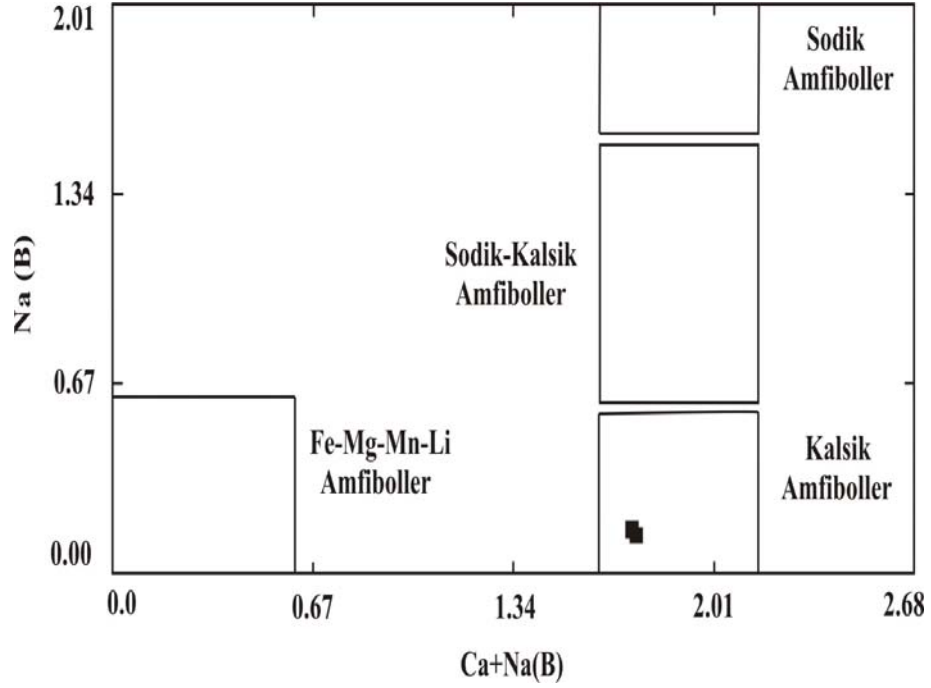
*Şekil 3.22: Riyolitlerde yer alan opasitleşmiş biyotitlerin (bi) görünümü (Ç.N. X4)*

### 3.4.1. Mineral kimyası

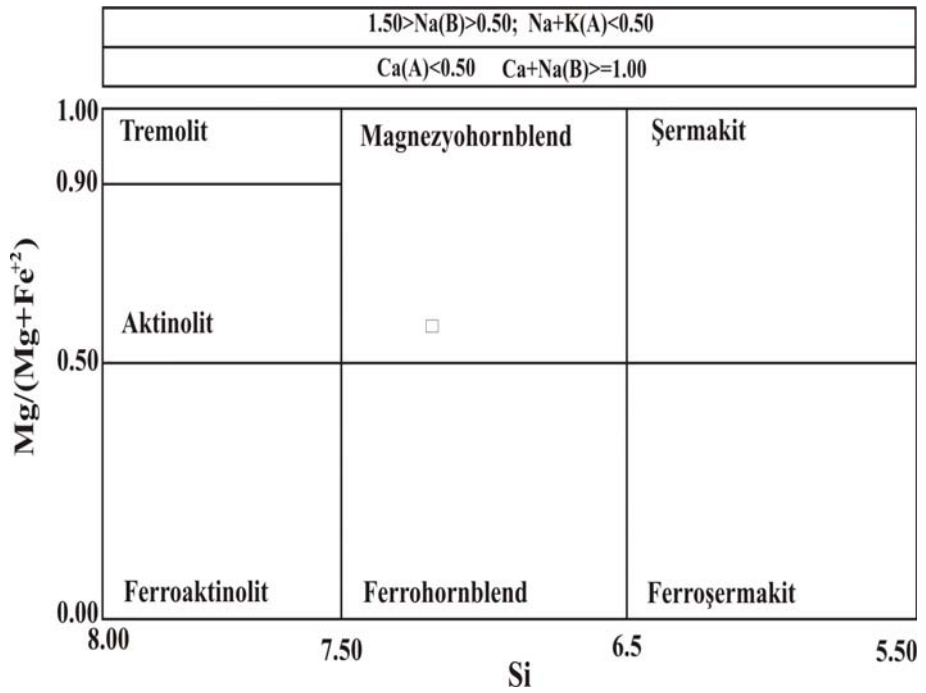
#### 3.4.1.1. Hornblend

Riyolitlere ait kayaç örneklerindeki hornblendlerin tamamı kalsik hornblend grubunda yer almaktadır (Şekil 3.23). Kayaç içerisinde gözlenen hornblendlerin analiz sonuçları (Çizelge 3.9) dikkate alındığında, Leake (1997)'nin yaptığı sınıflamaya göre amfibollerin büyük bir kısmı edenit, sadece biri magnezyo-hornblenddir (Şekil 3.24).

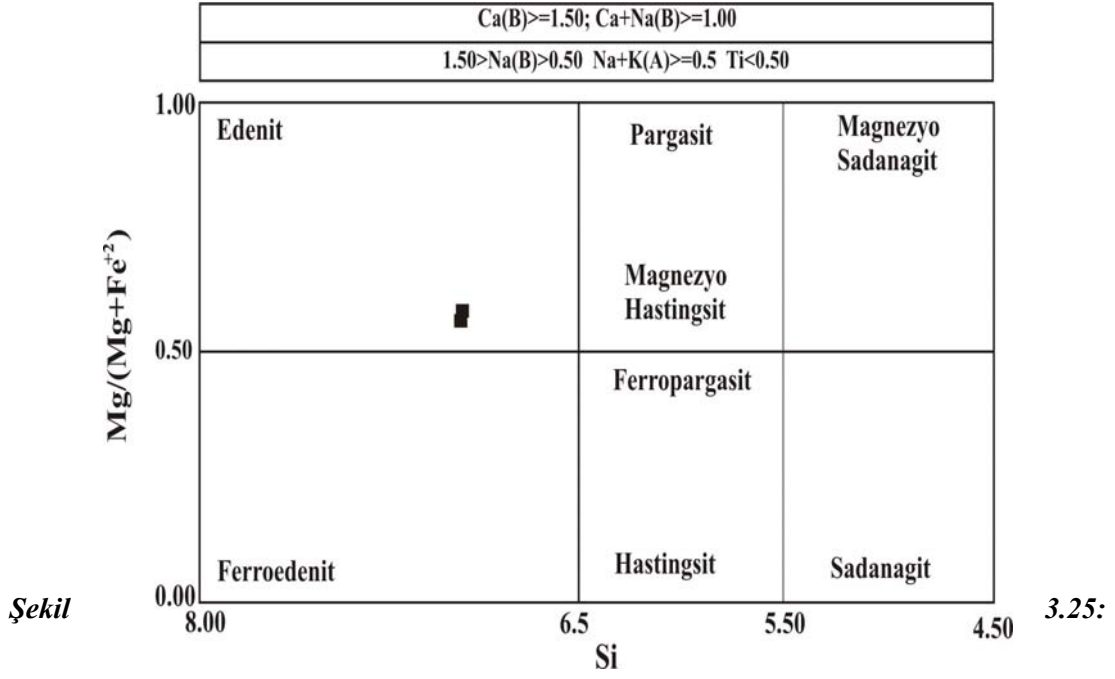
Hornblendlerde  $Mg/(Mg+Fe^{+3}+Fe^{+2})$  oranı 0.57-0.60 arasında değişmektedir. Bu mineraller riyolitlerdeki hornblendlerle karşılaştırıldığında; daha düşük  $Mg/(Mg+Fe^{+3}+Fe^{+2})$  değerine ve daha yüksek FeO içeriğine sahiptir.



Şekil 3.23: Riyolitlere ait hornblendlerin grup sınıflandırması (Leake, 1997)



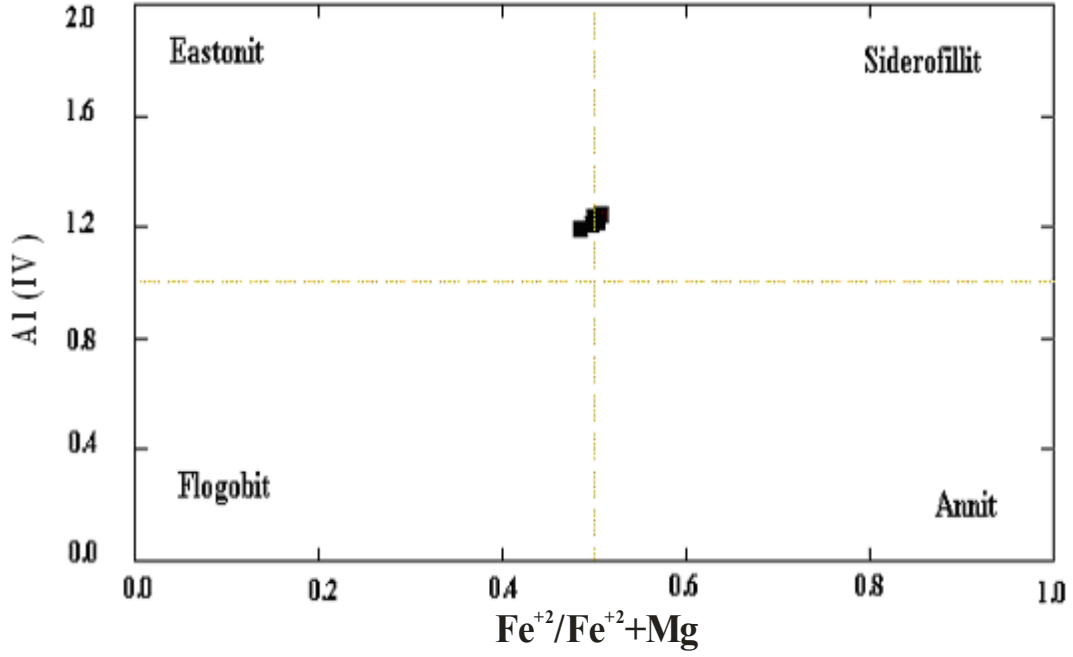
Şekil 3.24: Riyolitlere ait hornblendlerin sınıflaması (Leake, 1997)



*Riyolitlere ait hornblendlerin sınıflaması (Leake, 1997)*

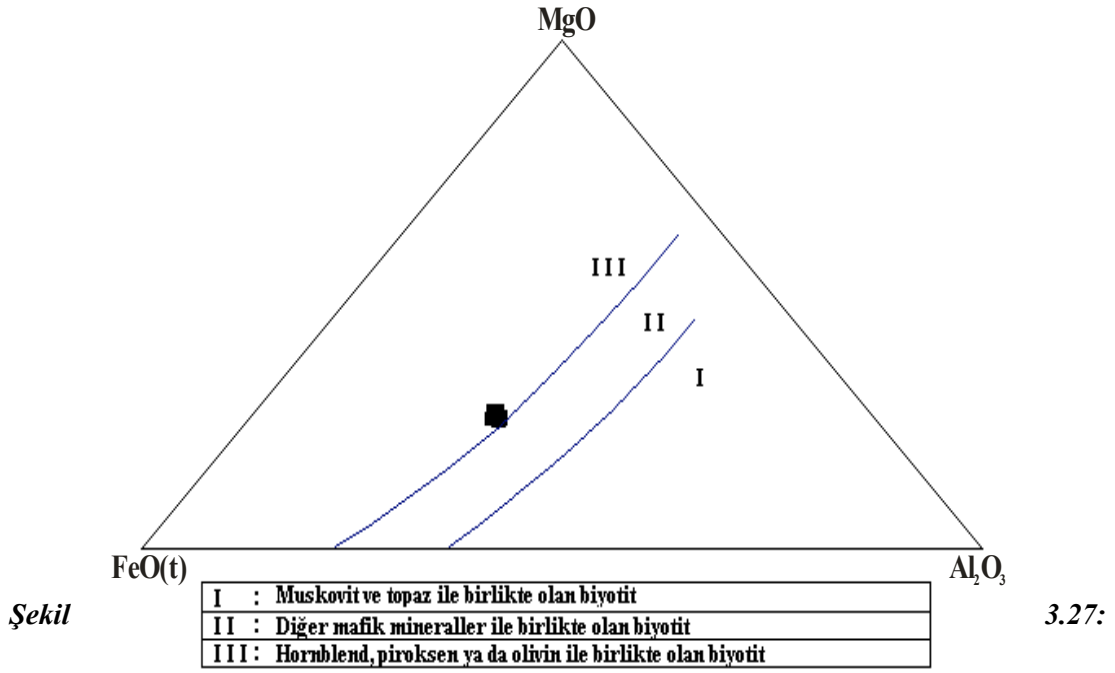
#### 3.4.1.2. Biyotit

Biyotitler, % 50 flogobit ve % 50 annit bileşimlidir (Şekil 3.26). Belirgin bir bileşimsel değişime sahip değildirler. Her mineralde flogobit, annit ve siderofillit oranı yaklaşık aynı değerlere sahiptir. Genelde aynı bileşime sahip biyotitlerde  $Fe^{+2}/(Fe^{+2}+Mg)$  oranı ise 0.48-0.52 arasındadır (Şekil 3.27).  $Mg/(Mg+Fe^{+2})$  oranı yaklaşık 0.50'dir (Çizelge 3.10).

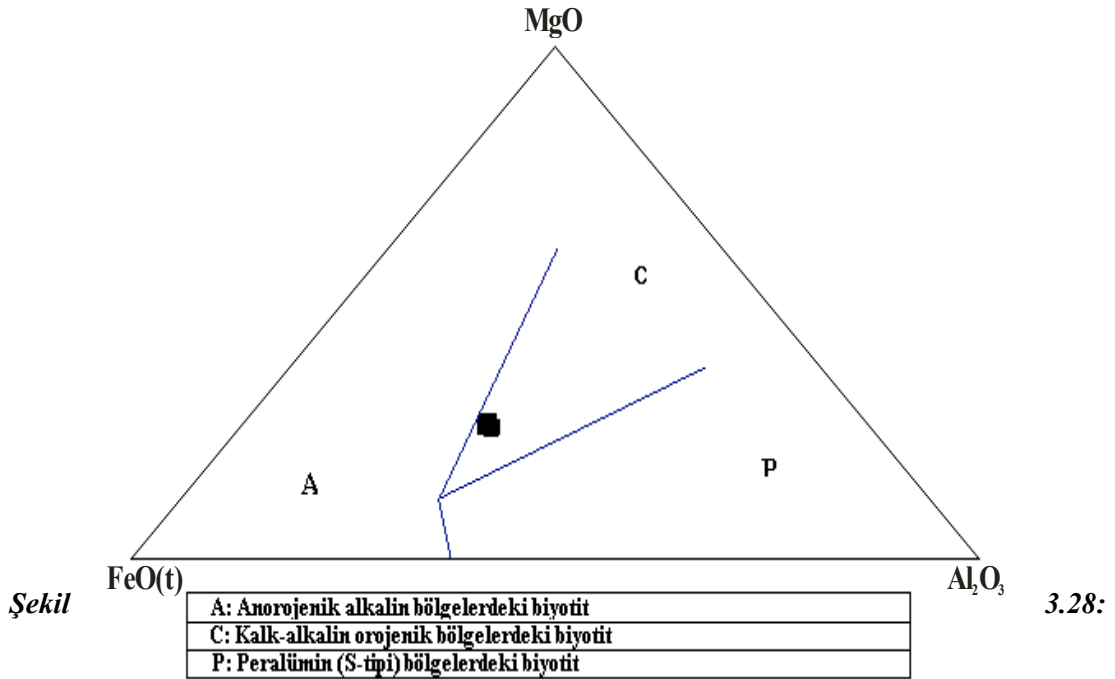


**Şekil 3.26:** Riyolitlerdeki biyotitlerin Al(IV)'e karşı Fe/(Fe+Mg) grafiği (Deer ve diğ., 1992)

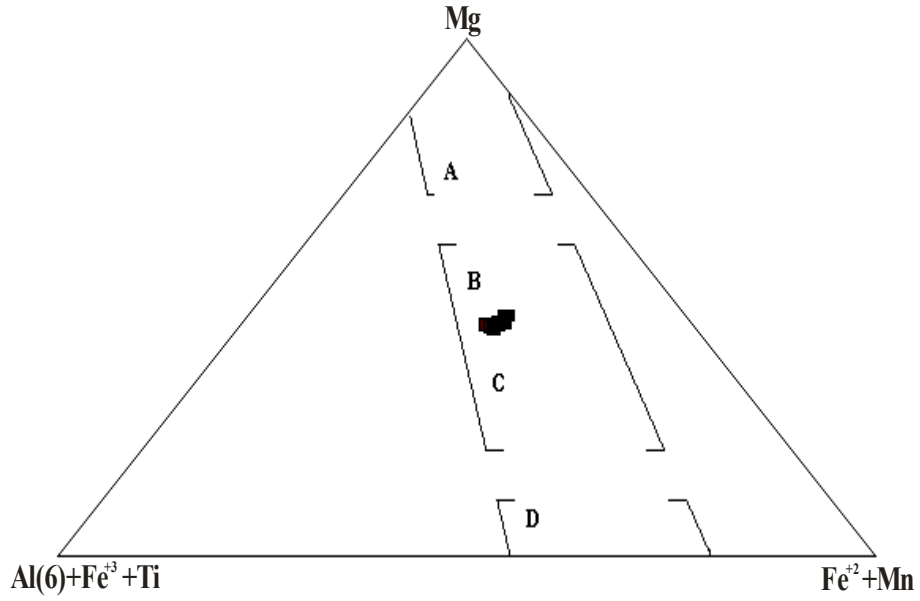
Speer (1987)'e göre değişik parametreler baz alınarak farklı sınıflama grafikleri çizilmiştir. MgO-FeO(t)-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> üçgen diyagramında noktalar mineral birlikteliği bakımından III. Bölgeye düşmekte olup “hornblend, piroksen ya da olivin ile birlikte olan biyotit” sınıfına girmektedir (Şekil 3.27). MgO-FeO(t)-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> üçgen diyagramında noktalar orojenik bölge ayırtman diyagramında C alanına düşmekte olup “kalkalkalin orojenik bölgelerdeki biyotit” sınıfına dâhil edilmektedir (Şekil 3.28). Mg - [Al (VI) + Fe<sup>+3</sup> + Ti] - [Fe<sup>+2</sup> + Mn] üçgen diyagramında ise noktalar B ve C alanında yer almakta olup “Fe<sup>+2</sup> ve Mg'ca zengin biyotitler” sınıfına girmektedir (Şekil 3.29). Ayrıca diğer bir MgO-FeO(t)-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> üçgen diyagramında A alanına düşmekte olup “amfibol ile birlikte olan biyotit” sınıfına girmektedir (Şekil 3.30).



Riyolitlerdeki biyotitlere ait MgO-FeO(t)-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> üçgen diyagramı (Speer,1987)



Riyolitlerdeki biyotitlere ait MgO-FeO(t)-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> üçgen diyagramı (Speer,1987)

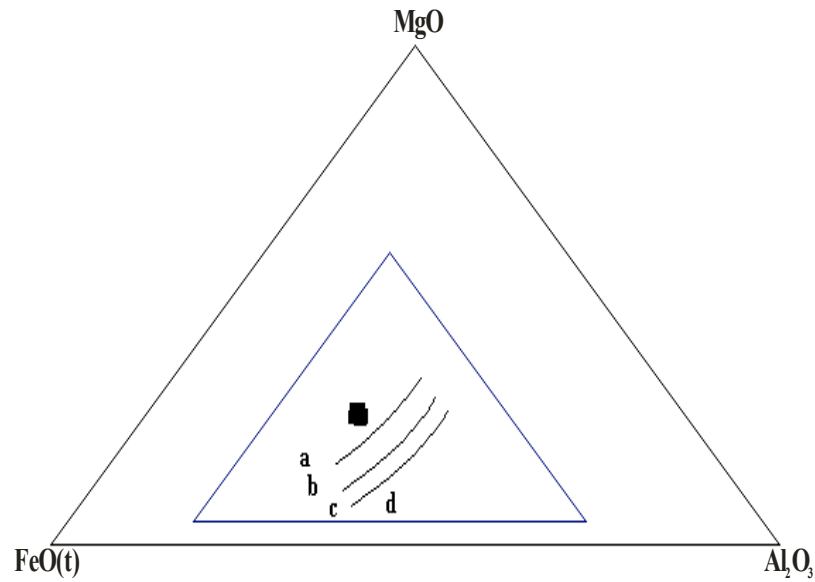


Şekil

A: Flogobitler	C: Fe'ce zengin biyotitler
B: Mg'ce zengin biyotitler	D: Siderofillitler ve Lepidomelanlar

3.29:

Riyolitlerdeki biyotitlere ait  $Mg - [Al(VI) + Fe^{+3} + Ti] - [Fe^{+2} + Mn]$  üçgen diyagramı (Speer, 1987)



Şekil

a: Amfibol ile birlikte olan biyotit	b: Diğer FM mineralleri ile birlikte olan biyotit
c: Muskovit ile birlikte olan biyotit	d: Alimünosilikat ile birlikte olan biyotit

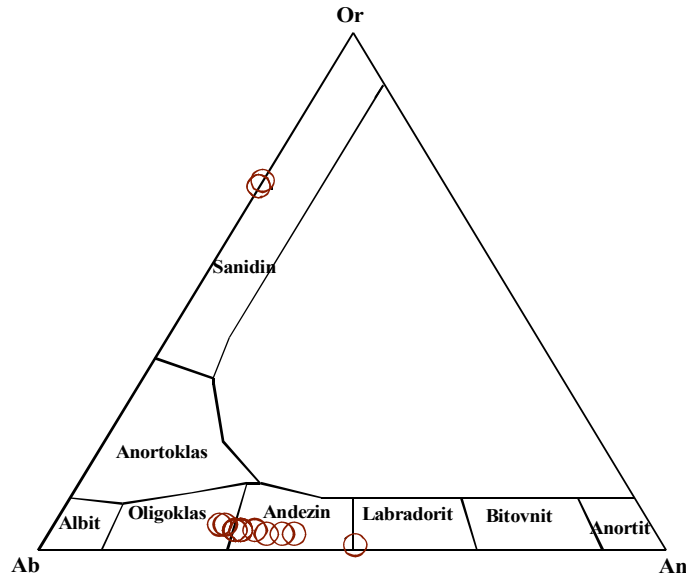
3.30:

Riyolitlerdeki biyotitlere ait  $MgO-FeO(t)-Al_2O_3$  üçgen diyagramı (Speer, 1987)

### 3.4.1.3. Plajiyoklas

Riyolitlerdeki plajiyoklasların analiz sonuçları (Çizelge 3.11) dikkate alındığında oligoklas ve andezindir. Fakat birkaç mineral labradorit türündendir (Şekil 3.31).

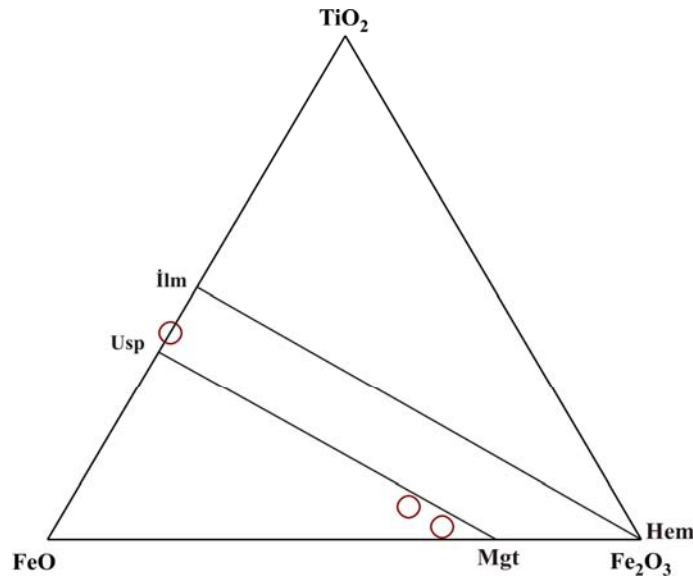
Genellikle kayaç içerisinde fenokristal olarak gözlenen plajiyoklaslar, andezin ve oligoklas olup  $An_{26-50}$  bileşimlerindedir. Plajiyoklaslar çoğunlukla karmaşık ikiz göstermektedir. Zonlanma gösterenlerde merkezden kenara doğru azda olsa bileşimsel bir değişim söz konusudur. Bu değişim kenarda  $An_{29-31}Ab_{65-67}Or_{4-5}$  merkezde ise  $An_{30-50}Ab_{60-65}Or_{2-4}$ 'dir.



Şekil 3.31: Riyolitlerdeki plajiyoklaslara ait Ab-An-Or üçgen diyagramı

### 3.4.1.4. Fe-Ti oksitler

Genellikle mikrofeno-kristaller halinde gözlenen oksit mineralleri titanomagnetittir (Şekil 3.32). Bu oksit mineralleri dasitlerdeki Fe-Ti oksitlerle karşılaştırıldığında; daha düşük  $Fe_2O_3$  içeriğine, daha yüksek FeO ve  $TiO_2$  içeriğine sahiptir (Çizelge 3.12).



*Şekil 3.32: Riyolitlerdeki Fe-Ti oksit minerallerinin bileşimini gösteren üçgen diyagramı (Bacon ve Hirschmann, 1988)*

**Çizelge 3.9: Riyolitlere ait hornblendlerin mikroprob analiz sonuçları**-----

Örnek	OK-18-1 Merkez	OK-18-1 Kenar	OK-18-2 Merkez
SiO <sub>2</sub>	47,87	48,66	47,71

TiO <sub>2</sub>	1,44	1,22	1,37
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,95	5,30	5,79
FeO	15,97	16,46	16,92
MnO	0,74	0,74	0,78
MgO	13,28	13,16	12,71
CaO	10,81	10,78	11,00
Na <sub>2</sub> O	1,44	1,33	1,34
K <sub>2</sub> O	0,60	0,55	0,63
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,03	0,00
Toplam	98,11	98,21	98,31

Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	7,08	7,19	7,08
Ti	0,16	0,14	0,15
Al	1,04	0,92	1,01
Fe <sup>+2</sup>	1,97	2,03	2,08
Fe <sup>+3</sup>	0,00	0,00	0,01
Mn	0,09	0,09	0,10
Mg	2,93	2,90	2,81
Ca	1,71	1,71	1,75
Na	0,41	0,38	0,38
K	0,11	0,10	0,12
Cr	0,00	0,00	0,00
Toplam	15,51	15,46	15,50
Mg <sup>#</sup>	0,60	0,59	0,57

Mg<sup>#</sup> = Mg / (Mg + Fe<sup>+2</sup> + Fe<sup>+3</sup>), Fe<sup>+2</sup> ve Fe<sup>+3</sup> ayrımı Leake (1997)'ye göre hesaplanmıştır.

**Çizelge 3.10: Riyolitlere ait biyotitlerin mikroprob analiz sonuçları.**

Örnek	OK-18-1 Merkez	OK-18-1 Kenar	OK-18-2 Merkez	OK-18-2 Kenar	OK-18-3 Merkez	OK-18-4 Merkez	OK-18-3 Kenar
-------	-------------------	------------------	-------------------	------------------	-------------------	-------------------	------------------

SiO <sub>2</sub>	37.30	36.28	36.23	36.47	36.70	36.62	36.35
TiO <sub>2</sub>	4.74	4.93	4.91	5.01	4.83	4.96	5.11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.84	13.48	13.27	12.95	13.26	13.21	13.53
FeO	20.11	20.50	20.19	20.51	20.19	20.38	20.48
MnO	0.32	0.40	0.33	0.35	0.37	0.34	0.36
MgO	11.99	11.37	11.38	11.36	11.45	11.39	11.20
CaO	0.01	0.00	0.04	0.02	0.04	0.01	0.03
Na <sub>2</sub> O	0.50	0.42	0.54	0.41	0.46	0.50	0.54
K <sub>2</sub> O	9.54	9.32	9.43	9.38	9.32	9.34	9.38
Toplam	97.35	96.70	96.32	96.46	96.62	96.75	96.98

Formül 22 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	5.62	5.52	5.54	5.56	5.58	5.56	5.52
Al <sup>IV</sup>	2.38	2.48	2.46	2.44	2.42	2.42	2.48
Al <sup>VI</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.54	0.56	0.56	0.58	0.56	0.56	0.58
Fe <sup>+3</sup>	0.74	0.92	0.80	0.88	0.78	0.82	0.84
Fe <sup>+2</sup>	1.80	1.70	1.78	1.74	1.78	1.76	1.76
Mn	0.04	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Mg	2.70	2.58	2.60	2.58	2.60	2.58	2.54
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.14	0.12	0.16	0.12	0.14	0.14	0.16
K	1.84	1.80	1.84	1.82	1.80	1.82	1.82
Toplam	15.80	15.74	15.78	15.76	15.70	15.70	15.74
Mg <sup>#</sup>	0.52	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49
Flogobit	0.47	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.44
Sderofillit	0.16	0.23	0.21	0.19	0.20	0.20	0.23
Annit	0.37	0.33	0.33	0.36	0.34	0.35	0.33

Mg<sup>#</sup> = Mg / (Mg + Fe<sup>+2</sup>), Fe<sup>+3</sup> ve Fe<sup>+2</sup> ayrımı Dymek (1983)'e göre hesaplanmıştır.

**Çizelge 3.11: Riyolitlere ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.**

Örnek	OK-18-1 Merkez	OK-18-1 Kenar	OK-18-2 Merkez	OK-18-3 Merkez	OK-18-2 Kenar	OK-18-3 Kenar	OK-18-4 Merkez
-------	-------------------	------------------	-------------------	-------------------	------------------	------------------	-------------------

SiO <sub>2</sub>	59,01	60,98	59,99	56,02	61,16	60,24	61,17
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,87	24,38	25,16	27,74	24,07	24,72	24,26
FeO	0,16	0,18	0,36	0,20	0,22	0,22	0,20
MnO	0,00	0,03	0,01	0,00	0,01	0,02	0,03
MgO	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	7,80	6,33	7,13	10,30	6,06	6,78	6,02
Na <sub>2</sub> O	6,73	7,45	7,09	5,57	7,67	7,24	7,59
K <sub>2</sub> O	0,54	0,72	0,64	0,33	0,77	0,70	0,82
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	100,12	100,08	100,37	100,17	99,97	99,92	100,10

Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	10,54	10,86	10,68	10,08	10,90	10,76	10,89
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	5,44	5,11	5,28	5,88	5,05	5,20	5,09
Fe <sup>+2</sup>	0,02	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
Mn	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Ca	1,49	1,21	1,36	1,99	1,16	1,30	1,15
Na	2,33	2,57	2,45	1,94	2,65	2,51	2,62
K	1,12	0,16	1,45	0,08	0,15	0,16	0,19
P	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
Toplam	19,96	19,95	19,97	19,99	19,98	19,98	19,96
An	37,80	30,60	34,90	49,60	29,00	32,70	29,00
Ab	59,10	65,20	61,90	48,50	66,60	63,20	66,30
Or	3,10	4,20	3,70	1,90	4,40	4,10	4,70

Fe<sup>+2</sup> toplam Fe olarak alınmıştır.

Çizelge 3.11'in devamı:

Örnek	OK-18-5 Merkez	OK-18-6 Merkez	OK-18-4 Kenar	OK-18-7 Merkez	OK-18-8 Merkez
-------	-------------------	-------------------	------------------	-------------------	-------------------

SiO <sub>2</sub>	62,11	60,91	61,28	62,69	58,79
TiO <sub>2</sub>	0,01	0,00	0,02	0,01	0,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,80	24,71	24,46	23,58	25,97
FeO	0,20	0,19	0,20	0,24	0,22
MnO	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02
MgO	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	5,68	6,44	6,27	5,31	8,08
Na <sub>2</sub> O	7,75	7,57	7,43	7,90	6,49
K <sub>2</sub> O	0,94	0,77	0,82	0,93	0,51
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,02	0,03	0,05
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	100,53	100,61	100,50	100,71	100,14

Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	11,00	10,80	10,87	11,07	10,51
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	4,96	5,16	5,11	4,90	5,47
Fe <sup>+2</sup>	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Ca	1,08	1,22	1,19	1,04	1,55
Na	2,66	2,60	2,56	2,70	2,25
K	0,21	0,17	0,19	0,21	0,12
P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	19,95	20,00	19,94	19,96	19,93
An	27,30	30,60	30,30	26,30	39,50
Ab	67,40	65,10	65,00	68,40	57,50
Or	5,40	4,30	4,70	5,30	3,00

-----  
Fe<sup>+2</sup> toplam Fe olarak alınmıştır.

**Çizelge 3.12: Riyolitlere ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.**

Örnek	OK-18-1	OK-18-2	OK-18-3
-------	---------	---------	---------

SiO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,03
TiO <sub>2</sub>	2,02	37,25	5,53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,20	0,09	0,98
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,00	0,03
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,18	0,00	0,18
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	81,45	52,93	77,11
MnO	1,07	4,01	0,98
MgO	0,45	2,27	0,47
CaO	0,11	0,05	0,01
Toplam	86,50	96,60	85,31

Formül 4 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	0,00	0,00	0,01
Ti	0,50	8,49	1,40
Al	0,47	0,03	0,39
Cr	0,01	0,00	0,01
V	0,05	0,00	0,05
Fe <sup>+3</sup>	14,48	0,00	12,75
Fe <sup>+2</sup>	7,94	13,41	8,89
Mn	0,30	1,03	0,28
Mg	0,22	1,02	0,24
Ca	0,04	0,02	0,00
Zn	0,00	0,00	0,00
Toplam	24,00	24,00	24,00

Ulvöspinel	65,00	92,00	84,00
Magnetit	0,00	0,00	0,00
Qandit	1,00	7,00	2,00
Kromit	0,00	0,00	0,00
Jakopsit	0,00	0,00	0,00
Magnezyoferrit	0,00	0,00	0,00
Hersinit	29,00	0,00	11,00
Spinel	0,00	0,00	0,00

Fe<sup>+3</sup> ve Fe<sup>+2</sup> ayrımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır.

#### 4. JEOKİMYA

Bu bölümde inceleme alanında yüzeyleyen volkanik kayaçların ana oksit (%), iz element (ppm) ve nadir toprak elementlerine (ppm) dayalı jeokimyasal özellikleri



SiO <sub>2</sub>	70,6	67,4	67,77	56,65	56,45	57,09	57,02	59,73	58,33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,83	15,38	14,51	16,96	16,91	17,23	18,74	16,92	16,74
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	1,6	3,38	2,06	7,32	7,42	6,29	6,62	6,8	6,33
MgO	0,11	0,32	0,23	3,2	3,59	3,98	2,36	2,43	2,96
CaO	0,47	1,2	0,68	7,05	7,13	7,18	5,1	6,02	6,74
Na <sub>2</sub> O	3,86	4,58	3,58	3,8	3,8	3,64	3,23	3,54	3,64
K <sub>2</sub> O	5,44	4,55	5,67	1,88	1,87	1,84	1,85	2,21	2,11
TiO <sub>2</sub>	0,17	0,39	0,28	1,16	1,15	0,9	0,88	0,78	0,84
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,07	0,04	0,29	0,29	0,27	0,22	0,24	0,3
MnO	0,06	0,07	0,07	0,08	0,11	0,1	0,07	0,08	0,1
Ateşte zayıf	4	2,7	5,2	1,5	1,2	1,3	3,8	1,2	1,8
Toplam	100,2	100	100,1	99,9	99,93	99,83	99,89	99,96	99,9
Ba	95,1	788,3	257,2	421,8	411,4	556	461,4	483	520,6
Be	4	3	4	2	1	2	2	1	2
Co	11,6	1,8	11,8	20,9	22,3	21	20	15,8	21,1
Cs	4,6	3,7	3,5	1,4	1,4	1,2	2,4	2	1,3
Ga	19	18,3	18,8	20,3	19,6	19,2	21,5	18,2	19,3
Hf	8,6	10	10,6	5,7	5,3	5,1	5,4	4,5	4,6
Nb	25,3	23,7	24,4	14,9	13,9	15,2	15,1	13,9	15,4
Rb	159,8	117,8	135,9	56,4	54,1	46	60,8	70,2	65
Sn	3	4	3	2	2	2	2	2	1
Sr	10,1	129,3	24,9	379,6	368,7	425,1	353,1	387,3	445,7
Ta	1,6	1,3	1,4	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8
Th	29,7	21,1	24	8,3	9,4	10,2	11,5	11,2	9,7
U	9	6,5	7,6	2,5	2,6	2,5	3,8	2,8	2,5
V	<5	6	<5	159	153	132	89	117	136
W	2,8	2,2	1,9	0,6	0,9	0,9	1,1	0,8	0,7
Zr	301,5	431,4	433,6	221	214,1	192,2	194,7	184	189,2
Y	31,8	30,9	32,1	30,3	29,2	28,1	20,3	20,2	25,4
Mo	0,3	0,9	0,5	1,2	1,5	0,8	0,3	1,5	1,6
Cu	2,9	2,7	6,5	28	27,7	14,6	10	24,4	25,8
Pb	0,7	0,7	4,9	2,2	3,5	2,1	2,6	2,3	1,7
Zn	8	16	5	37	37	28	29	31	34
Ni	1	4,1	2,2	14,1	17,5	22,8	7,5	14,2	14,6
La	59,5	45,7	54,6	31,3	28,6	42,3	32,8	27,2	33,8
Ce	100	83,6	92,5	57,2	54,8	62,9	56,3	50,2	61,8
Pr	8,95	8,43	8,81	7	6,22	7,48	5,4	5,41	6,62
Nd	33	30,5	32,7	27,1	23,5	29,6	20,4	20	26,7
Sm	5,4	5,6	5,2	6,4	5,6	5,8	3,8	4,5	5,2
Eu	0,31	1,25	0,51	1,62	1,5	1,45	1,06	1,24	1,34
Gd	4,35	4,6	4,57	5,69	5,58	5,2	3,57	3,97	4,54
Tb	0,83	0,86	0,86	0,89	0,78	0,86	0,6	0,6	0,67
Dy	4,85	4,83	5,08	5,32	5,37	4,43	3,31	3,77	4,57
Ho	0,91	0,91	0,92	1,03	0,94	0,87	0,61	0,62	0,81
Er	2,93	3,09	3,11	3,05	2,96	2,48	1,96	1,96	2,58
Tm	0,48	0,52	0,51	0,42	0,38	0,35	0,29	0,29	0,32
Yb	3,88	3,46	3,68	3,06	2,96	2,84	2,16	1,89	2,61
Lu	0,51	0,55	0,55	0,45	0,44	0,36	0,3	0,28	0,37

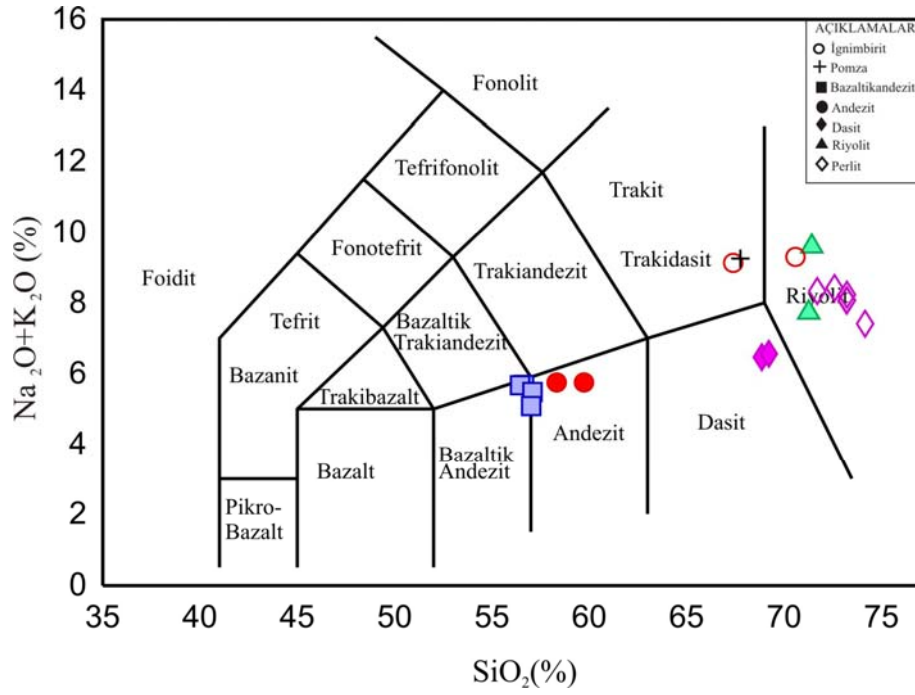
Not: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cinsinden toplam demir olarak verilmiştir.

Çizelge 4.1'in devamı:

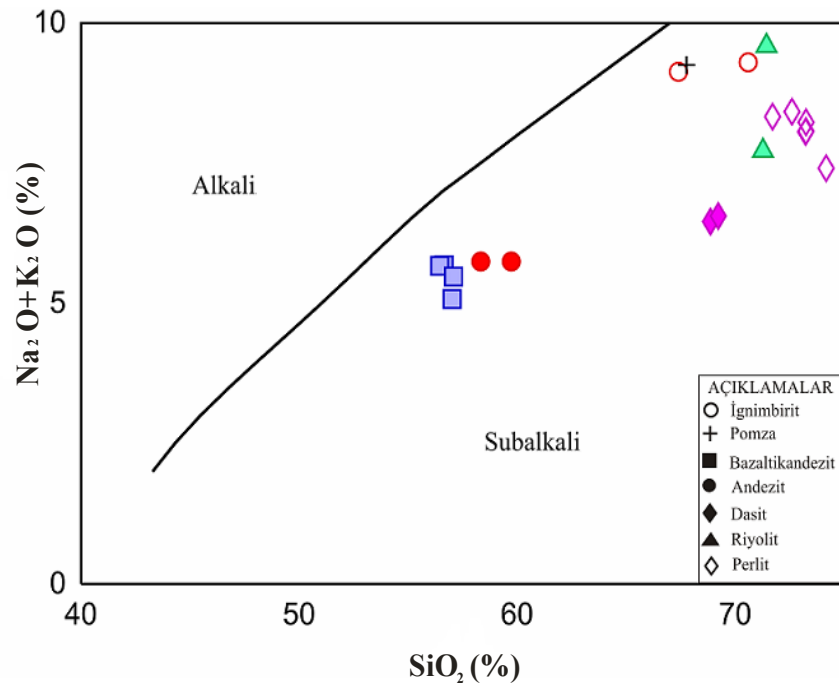
Ör no	Dasit		Riyolit		Perlit						
	OK-8	OK-10	OK-9	OK-18	OK-5	OK-6	OK-7	OK-12	OK-13	OK-14	OK-19

<b>SiO<sub>2</sub></b>	68,87	69,23	71,44	71,28	73,25	74,18	73,23	72,61	73,25	71,72	77,05
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	15,26	15,68	15,06	13,54	12,14	12,31	12,03	13,09	12,49	13,05	12,60
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*</b>	3,07	3,15	1,82	2,32	1,91	1,09	1,95	1,24	1,57	1,31	1,13
<b>MgO</b>	0,74	0,74	0,2	0,39	0,02	0,03	0,04	0,25	0,05	0,21	0,03
<b>CaO</b>	3,81	3,47	0,88	1,66	0,30	0,31	0,32	1,26	1,04	2,05	0,24
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3,77	3,77	4,94	3,28	3,24	2,69	3,26	3,82	3,42	3,06	4,01
<b>K<sub>2</sub>O</b>	2,69	2,79	4,65	4,44	4,83	4,72	4,80	4,60	4,81	5,27	4,64
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,37	0,38	0,39	0,24	0,07	0,07	0,08	0,15	0,05	0,14	0,07
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,14	0,13	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,05	0,01
<b>MnO</b>	0,04	0,04	0,07	0,04	0,05	0,04	0,05	0,10	0,05	0,09	0,03
<b>Ateşte zayıf</b>	1,2	0,6	0,6	2,9	4,20	4,70	4,40	3,20	3,40	3,10	0,50
<b>Toplam</b>	99,96	99,98	100,1	100,1	100,01	100,14	100,17	100,34	100,13	100,05	100,31
<b>Ba</b>	516,8	493,2	686,7	790,9	17,60	15,50	18,40	415,70	93,30	393,30	19,40
<b>Be</b>	1	1	3	3	3,00	4,00	4,00	3,00	6,00	3,00	3,00
<b>Co</b>	6,3	6	0,8	5,5	5,90	17,10	3,10	3,90	5,20	2,20	0,90
<b>Cs</b>	1,9	1,9	2,9	7,7	6,00	6,80	6,20	3,20	5,20	3,20	4,60
<b>Ga</b>	18,7	18,4	19,5	16,3	16,20	17,50	17,70	17,00	18,40	17,40	18,60
<b>Hf</b>	4,3	4	10,2	4,8	5,20	5,90	5,90	5,10	5,30	4,90	6,00
<b>Nb</b>	9,7	9,5	26	18,6	24,30	26,10	25,40	29,10	27,40	30,50	22,50
<b>Rb</b>	83,6	84	138,5	170,7	178,80	195,40	185,80	129,80	163,40	127,90	194,70
<b>Sn</b>	1	<1	2	2	4,00	4,00	3,00	2,00	4,00	3,00	3,00
<b>Sr</b>	378	348,6	98,5	183	3,20	3,40	3,20	69,70	29,00	79,90	3,70
<b>Ta</b>	0,5	0,6	1,6	1,6	1,90	1,90	1,80	1,60	2,10	1,60	2,10
<b>Th</b>	9,3	8,7	24,9	31,3	32,00	37,00	38,40	27,00	28,50	28,90	42,10
<b>U</b>	2,6	2,3	7,3	11,9	10,70	11,60	11,50	6,10	8,80	6,40	9,00
<b>V</b>	36	35	5	19	<5	<5	<5	8,00	<5	8,00	<5
<b>W</b>	0,8	0,9	2,3	2,7	3,00	3,60	3,20	1,80	2,40	1,30	2,00
<b>Zr</b>	148,2	148,8	394	182,1	141,80	140,70	144,50	132,80	127,20	131,90	138,80
<b>Y</b>	12,6	13,1	34,5	19,1	32,40	34,00	33,00	53,10	38,70	55,10	28,90
<b>Mo</b>	1	0,8	1,7	0,9	0,60	0,20	0,60	0,30	0,60	0,40	2,00
<b>Cu</b>	20	11,9	2,7	3,8	3,20	4,10	5,00	2,30	4,00	1,70	1,70
<b>Pb</b>	1,1	1,4	3,5	0,7	0,70	1,40	0,70	0,50	1,00	1,10	4,00
<b>Zn</b>	21	19	34	17	1,00	2,00	1,00	24,00	8,00	27,00	26,00
<b>Ni</b>	8,1	8,9	2,2	4,6	2,80	0,60	3,40	1,70	3,50	3,50	0,70
<b>La</b>	31,4	30,6	52,7	39,7	49,80	51,80	50,80	35,70	15,80	33,00	44,00
<b>Ce</b>	48,7	47,2	92,4	67,8	83,20	88,50	87,60	76,50	35,00	73,80	80,60
<b>Pr</b>	5,45	5,63	9,08	6,68	7,96	8,14	8,07	8,92	4,13	8,49	8,12
<b>Nd</b>	20,4	21,8	34,4	21,9	29,40	29,30	28,40	34,30	16,80	31,40	25,30
<b>Sm</b>	4	3,9	6	3,9	5,00	5,40	5,20	8,10	4,70	8,30	5,20
<b>Eu</b>	0,96	0,89	1,22	0,69	0,12	0,10	0,10	1,21	0,26	1,12	0,10
<b>Gd</b>	2,8	2,86	5,24	3,22	4,71	4,91	4,46	8,34	4,65	7,80	4,39
<b>Tb</b>	0,46	0,42	0,89	0,46	0,81	0,85	0,82	1,41	0,93	1,42	0,70
<b>Dy</b>	2,31	2,37	5,51	2,95	5,03	5,00	5,16	8,84	5,81	8,71	4,71
<b>Ho</b>	0,38	0,38	1,08	0,54	0,91	0,99	0,93	1,59	1,12	1,64	0,85
<b>Er</b>	1,17	1,12	3,3	1,86	2,99	3,21	2,98	4,94	3,87	5,40	2,80
<b>Tm</b>	0,16	0,16	0,55	0,27	0,48	0,52	0,52	0,82	0,61	0,81	0,43
<b>Yb</b>	1,23	1,16	3,67	2,12	3,73	3,73	3,79	5,06	4,14	5,40	3,05
<b>Lu</b>	0,15	0,17	0,51	0,32	0,51	0,55	0,56	0,72	0,66	0,80	0,41

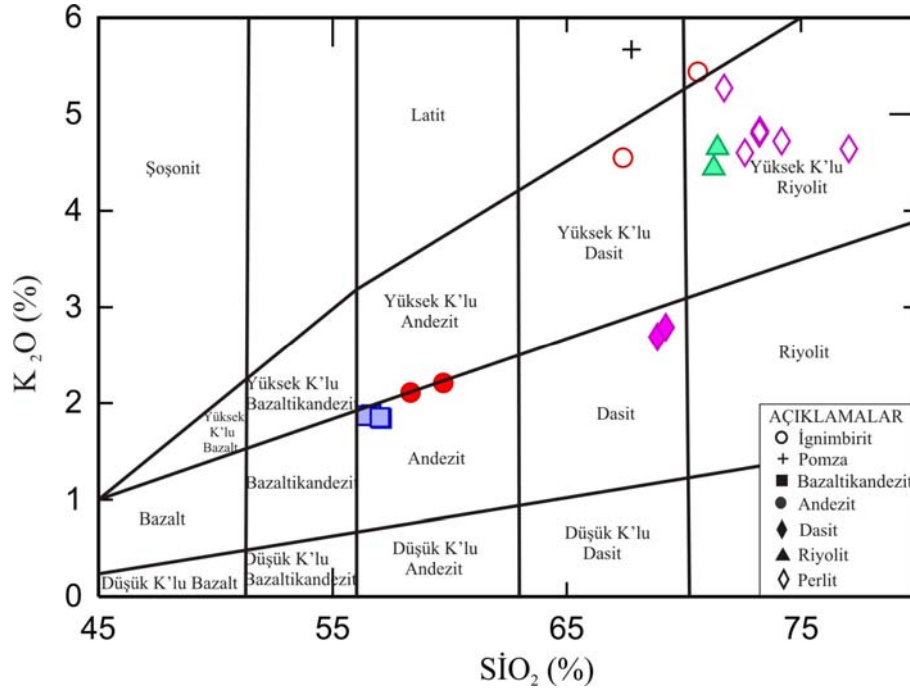
Not: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cinsinden toplam demir olarak verilmiştir.



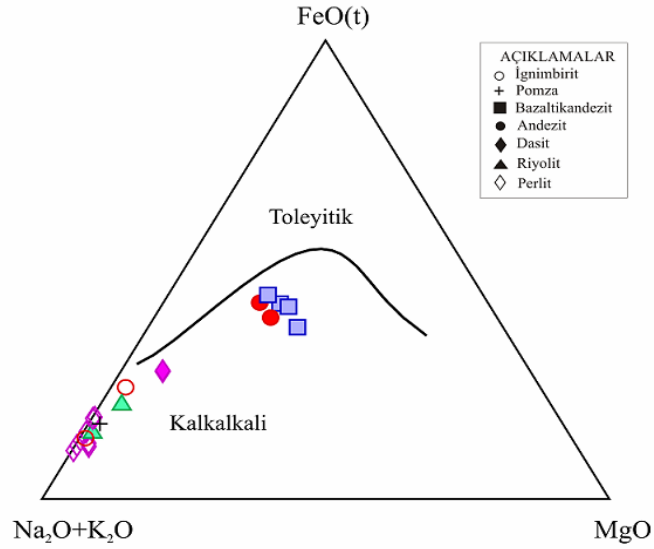
Şekil 4.1: Örneklerin  $SiO_2$ 'ye karşı  $Na_2O+K_2O$  (TAS) diyagramı (Le Maitre, 1989)



Şekil 4.2: Örneklerin  $SiO_2$ 'ye karşı  $Na_2O+K_2O$  diyagramındaki dağılımları (Irvine ve Baragar, 1971).



Şekil 4.3: Örneklerin SiO<sub>2</sub>'ye karşı K<sub>2</sub>O diyagramı (Le Maitre, 1989).



Şekil 4.4: Örneklerin AFM (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O, FeO(t), MgO) diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971).

### **Ana ve İz Elementler**

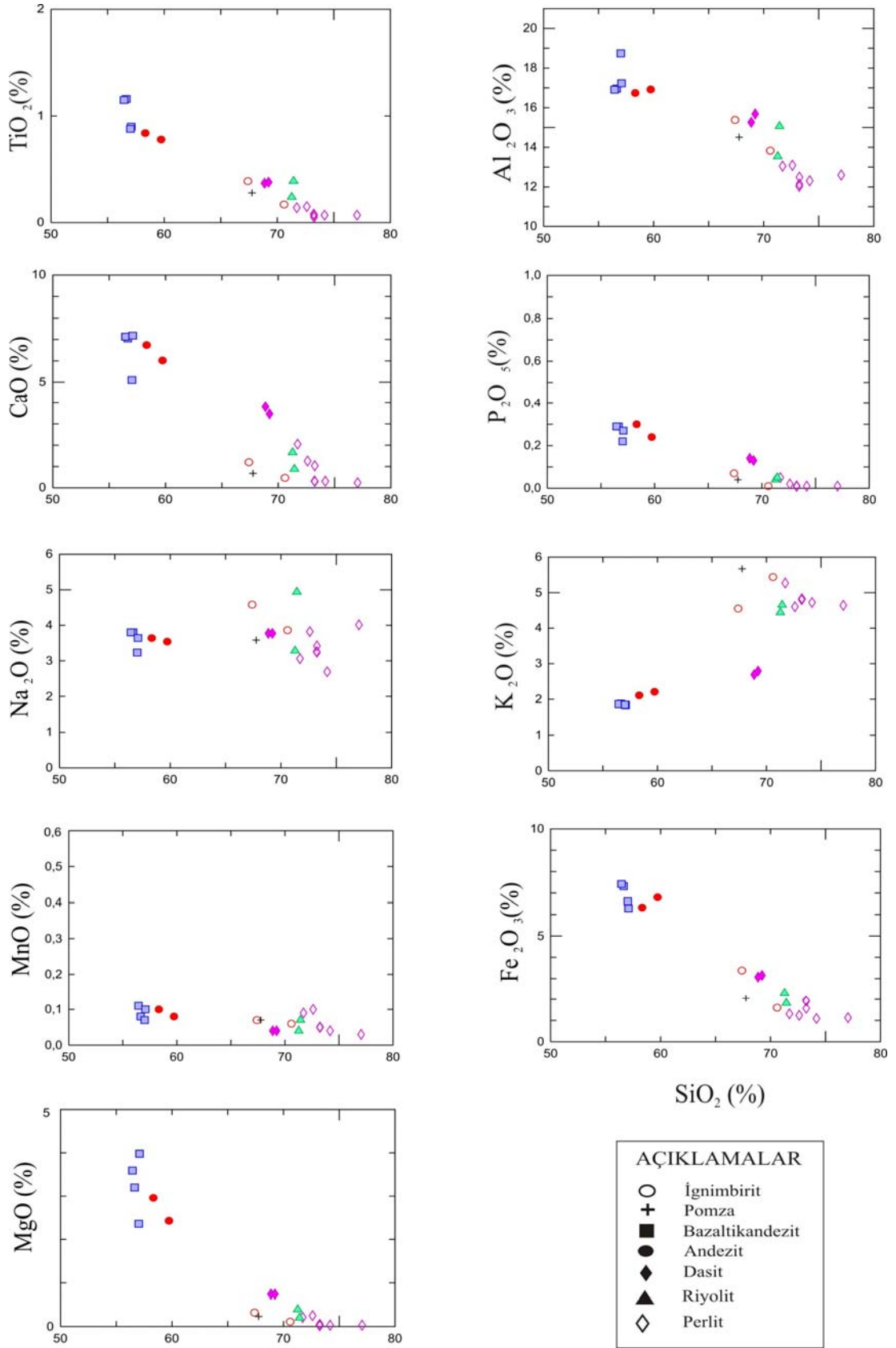
Perlitlerin  $K_2O$  içeriği yüksek olup, riyolitlerle yaklaşık aynıdır ve değeri % 4.6-5.27 arasındadır.  $Fe_2O_3^*$  içeriği % 1.09-1.91,  $MgO$  içeriği % 0.02-0.25,  $CaO$  içeriği % 0.3-2.05 arasında değişmektedir. İz elementlerden Cs, Hf, Nb, Rb, Ta, Th, U ve W içeriği bazaltikandezit, andezit, dasit kayaçlarına göre yüksektir. Perlitlerin V, Cu ve Ni içeriği ise bazaltikandezit, andezit, dasit kayaçlarına göre düşük iken, riyolit, ignimbirit, pomza kayaçları ile yaklaşık aynı değerdedir (Çizelge 4.1). Perlit örneklerindeki ana ve iz elementlerin genellikle riyolitlere yaklaşık değerlerde olması, bu kayaçların riyolit bileşimli olduklarını göstermektedir.

İncelenen volkanitlerin ana ve iz elementlerinin büyük bir kısmı  $SiO_2$ 'ye karşı korelasyon göstermektedir (Şekil 4.5 ve 4.6). Diyagramlara bakıldığında; bazaltikandezitler andezit bileşimli kayaçlara göre yer yer farklı yönsemeler göstermektedir. Diyagramlarda gözlemlendiği gibi bazaltikandezit bileşimli kayaçlarda,  $SiO_2$  artışı ile  $CaO$ , Ba, Sr ve Nb artarak pozitif korelasyon,  $Fe_2O_3^*$ , Cs ve Rb azalarak negatif bir korelasyon gösterirken andezit bileşimli kayaçlarda ise  $SiO_2$  artışı ile birlikte  $CaO$ , Ba, Sr ve Nb azalarak negatif korelasyon,  $Fe_2O_3^*$ , Cs ve Rb artarak pozitif bir korelasyon göstermektedir.  $SiO_2$ 'ye karşı Ba içeriğinin önce artıp, daha sonra azalma göstermesi riyolit kayaçlarında sanidin oluşumunu göstermektedir (Rollinson, 1992).

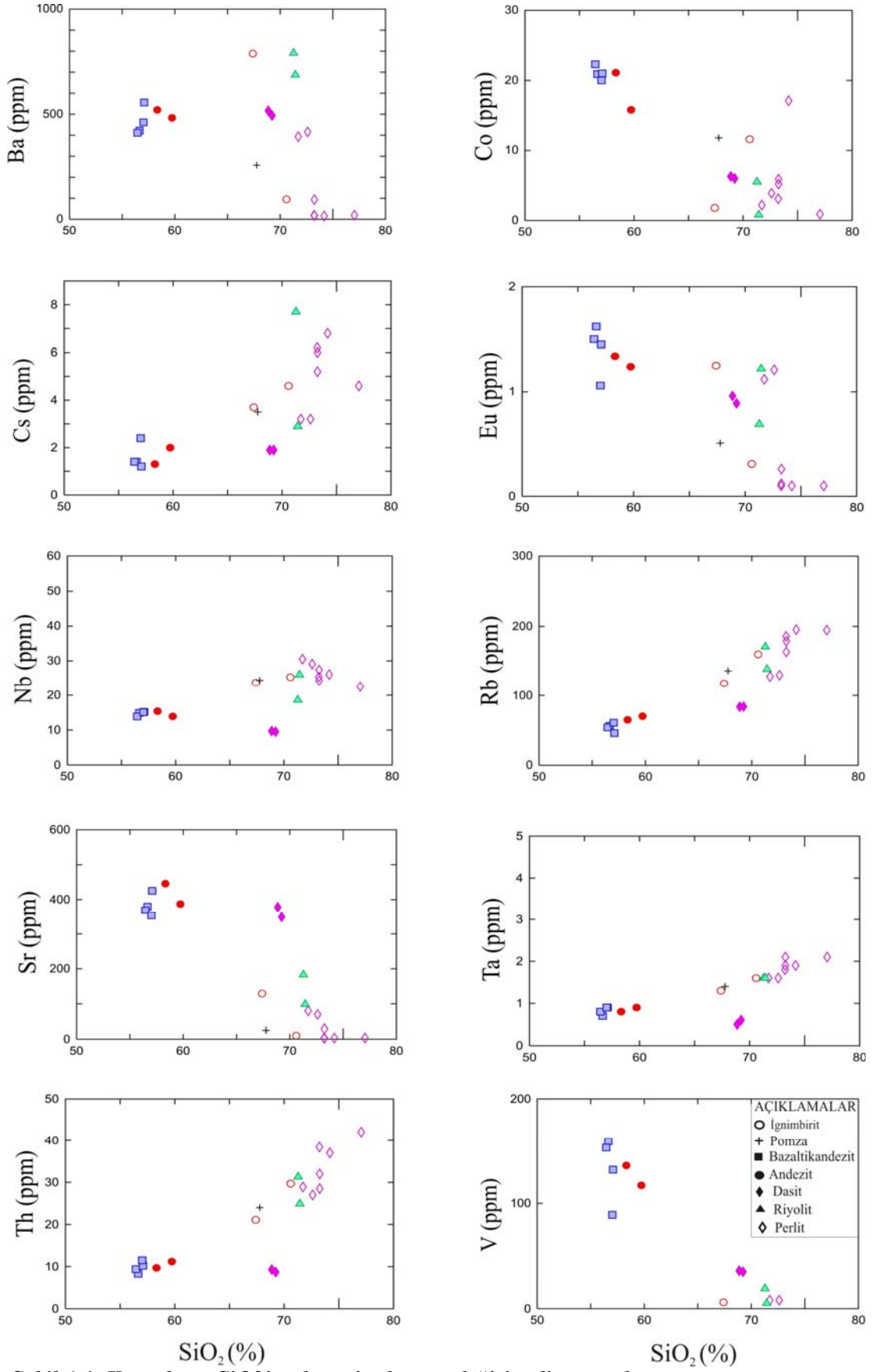
Genel olarak incelenen volkanik kayaçların  $TiO_2$ ,  $CaO$ ,  $Fe_2O_3^*$ ,  $MgO$ , Co ve V içerikleri  $SiO_2$  artışıyla sürekli azalma göstererek negatif korelasyon gösterir iken,  $K_2O$ , Cs, Rb, Nb, Ta ve Th içerikleri  $SiO_2$  artışı ile sürekli artarak pozitif korelasyon göstermektedir.  $K_2O$ ' nun  $SiO_2$  ile olan pozitif ilişkisi uyumsuz bir element olduğunu göstermektedir. İncelenen volkanik kayaçlardaki bu pozitif korelasyon, bu elementlerin muhtemelen kabuk kirlenmesi ve mağma karışımı nedeniyle zenginleştiklerini göstermektedir.  $SiO_2$  artışı ile  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $Al_2O_3$  ve Sr azalması önemli ölçüde klinopiroksen ve plajiyoklas fraksiyonlaşmasını yansıtmakla birlikte bu elementlerin uyumlu olduklarını göstermektedir. Klinopiroksen ve plajiyoklas, mağmanın soğuması esnasında kabuk içerisindeki mağma odasında meydana gelen önemli kristalleşmelerdir.  $SiO_2$  artışına karşın  $Al_2O_3$  azalması, volkanik kayaçların gelişiminde plajiyoklas ve hornblend fraksiyonlaşmasında etkili olabileceğini göstermektedir. Hornblendlerin kalk-alkalin karakterli volkanik kayaçların gelişiminde önemli bir fraksiyonlaşma fazı olduğu da bilinmektedir (Cawthorn ve

O'Hara, 1976).  $\text{SiO}_2$  artışıyla  $\text{Fe}_2\text{O}_3^*$  ve  $\text{TiO}_2$  azalması magnetit fraksiyonlaşmasını ifade etmektedir.  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı  $\text{P}_2\text{O}_5$  değişim diyagramında gözlenen negatif korelasyon apatit fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır (Rollinson, 1992).  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Ba}$  ve  $\text{Sr}$  içerikleri nispeten düzensiz olmakla beraber, negatif eğilimlidir. Ana ve iz element değişimindeki düzgün yönsemeler fraksiyonlaşmadan, düzensiz yönsemeler ise kısmen alterasyondan (özellikle riyolit ve perlitlerde) kaynaklanabilir.

Sonuç olarak incelenen volkanik kayaçların silis içeriği arttıkça, uyumsuz element içeriklerinin artması ve uyumlu element içeriklerinin azalması fraksiyonel kristalleşmeyle açıklanmaktadır. Bu özellik de kayaçların bir ana mağmadan fraksiyonel kristalleşmeyle türemiş olabileceklerini göstermektedir. Ancak bunun kayaçların gelişiminde ana mağmatik olay olmadığını ve diğer mağmatik olayların da (mağma karışımı, kabuk kirlenmesi v.b.) rol oynadığına işaret etmektedir.



Şekil 4.5: Kayaçların  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı ana element değişim diyagramları

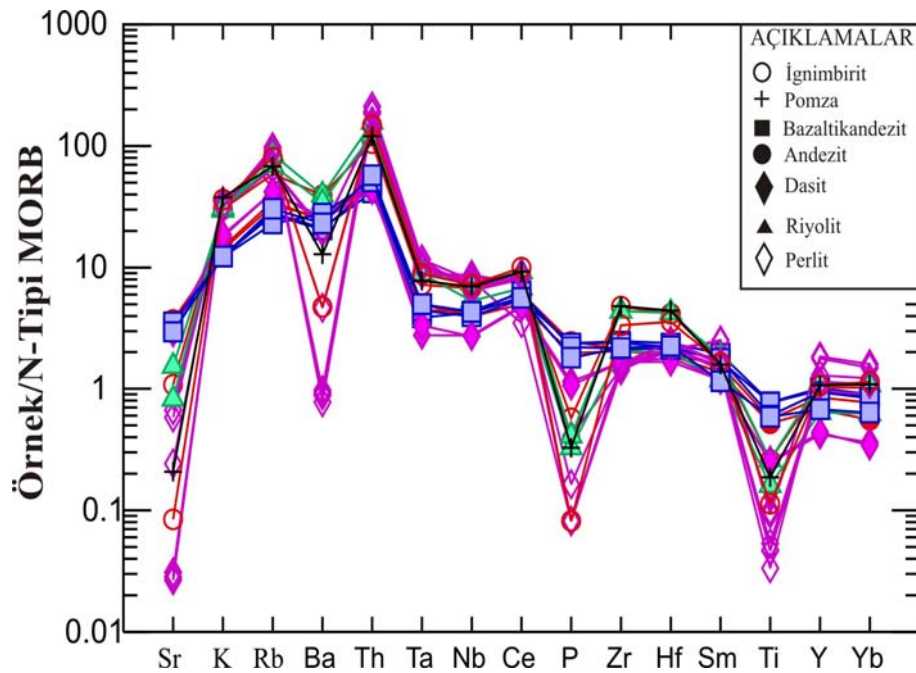


Şekil 4.6: Kayaçların  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı iz element değişim diyagramları

## Uyumsuz Elementler

Kayaçların tüketilmiş okyanus ortası sırtı bazaltına (N tipi MORB) göre normalize edilmiş iz element dağılımları çizilerek ana mağması belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 4.7)

Diyagramdaki iz element dağılımında kayaçların tümü genel olarak büyük iyon yarıçaplı litofil element (Sr, K ve Rb) konsantrasyonları bakımından zenginleşme, negatif anomalilere dikkat edildiğinde Ba, Ta, P ve Ti içerikleri bakımından fakirleşme söz konusudur. Litofil element zenginleşmesi kıtasal kabuk kirlenmesinden kaynaklanabilmektedir (Rollinson, 1992). Negatif Nb ve Ti anomalileri ana mağma gelişiminde yitim bileşeninin varlığına işaret etmektedir (Pearce, 1983). İncelenen volkanik kayaçların tümünün iz element dağılımlarının birbirine benzerlik sunması, bunların benzer kökenden türediklerini ve daha sonra da farklı derecelerde mağmatik olaylardan etkilenerek geliştiklerini göstermektedir.

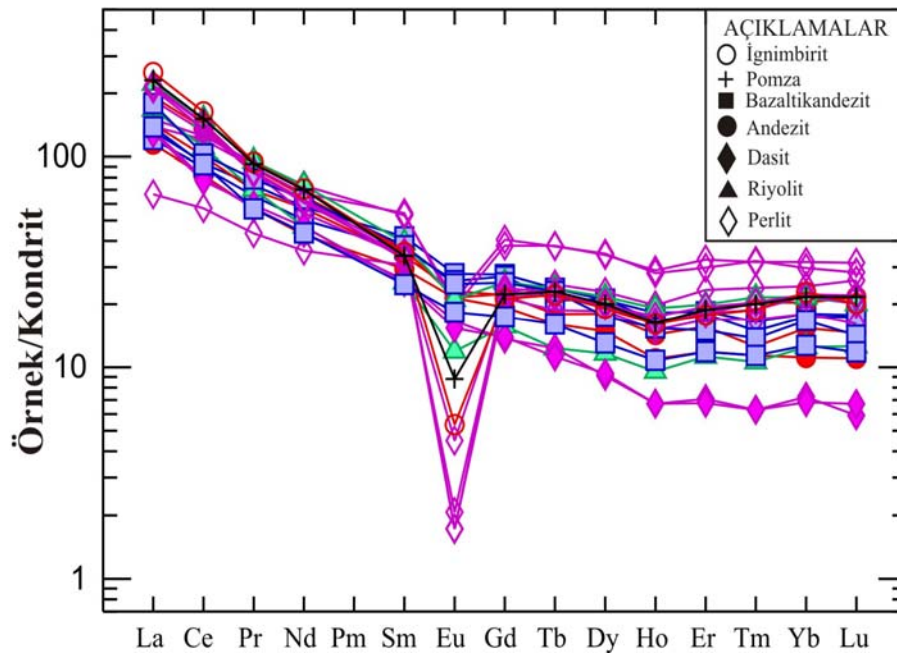


Şekil 4.7: Kayaçların N-Tipi okyanus ortası sırtı bazaltına (Pearce, 1983) göre normalize edilmiş iz element dağılımları

Kayaçların, büyük iyonlu litofil elementler (LILE) bakımından aşırı derecede zenginleşmesi (özellikle Sr, K, Rb ve Th) ve Nb, Ti bakımından fakirleşmesi iz element dağılımlarında gözlenen karakteristik özelliklerdir. Yüksek Sr, K ve Rb (LILE) içeriği volkanik kayaçlarda kabuk kirlenmesi, mağma karışımının varlığına işaret etmektedir.

### **Nadir Toprak Elementler**

İncelenen volkanik kayaçların kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımlarında tüm örnekler birbirlerine çok iyi paralellik göstermektedirler (Şekil 4.8). Bu da incelenen volkanik kayaçların tümünün aynı kökenden türediklerini doğrulamaktadır. Dağılımların orta kısımlarında aşağıya doğru sivri bir çıkıntının varlığı, volkanik kayaçların gelişiminde hornblend fraksiyonlaşmasının etkili bir şekilde rol oynadığını göstermektedir. Dağılımlara dikkat edildiğinde; kayaçlarda hafif nadir toprak element zenginleşmesinin (HNTE) orta ve ağır nadir toprak element (ANTE) zenginleşmesine göre daha fazla olduğu görülmektedir. Kayaçların tümünde negatif Eu anomalisi gözlenmektedir. Bazaltikandezit ve andezit bileşimli kayaçlarda negatif Eu anomalisi kısmen gözlenirken, diğer kayaçlarda bu anomali oldukça belirgindir (Şekil 4.8). Negatif Eu anomalisinin belirgin olması bu kayaçların gelişiminde plajiyoklas ayrımlaşmasının önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Gill, 1981).



Şekil

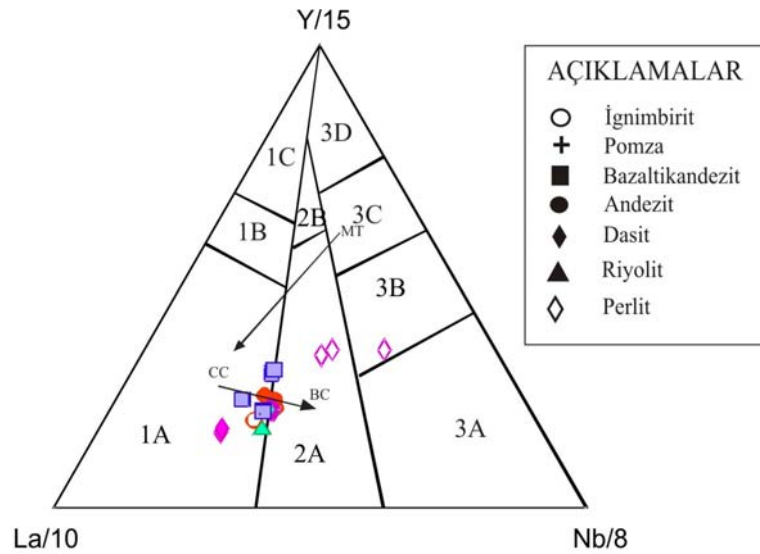
4.8:

*Kayaçların kondritlere göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları (Sun ve McDonough, 1989)*

## Volkanik Kayaçların Tektonik Ortamı

İncelenen volkanik kayaçların genel jeokimyasal özelliklerinden elde edilen sonuçlar kayaçların genellikle orojenik bölgede oluştuğunu göstermektedir.

Cabanis ve Lecolle (1989)'nin La/10-Y/15-Nb/8 üçgen diyagramında kayaç örneklerinin büyük bir kısmı kalkalkali bazaltlar ile kıtasal bazalt sınırında yer almaktadır. Bu kayaçların perlit bileşimli olanlarından birkaçı ise kıtasal kabuk etkileri gösteren geç orojenik bölgede yer alır (Şekil 4.9). Örneklerin diyagram içerisindeki dağılımına dikkat edildiğinde; kalalkalen orojenik bölge içindeki birkaç bazaltikandezit bileşimli kayaçlar ve kalkalkali bazalt-yay gerisi havza bazaltı sınırındaki andezit bileşimli kayaçlar dalma-batma ve üst kıtasal kabuk bileşenleri arasındaki karışım hattı boyunca belirgin bir yönseme göstermektedir (Şekil 4.9). Bu durum kayaçların gelişiminde artan kabuk bileşeninin etkili olduğunu açık bir şekilde yansıtmaktadır.



**Şekil 4.9: Kayaçların La/10-Y/15-Nb/8 üçgen diyagramı. Alanlar; 1) Orojenik bölge (1A: Kalkalkali bazaltlar, 1C: Volkanik yay toleyitleri, 1B: 1A ve 1C arasında yer alan, kalkalkali bazaltlar ile toleyitlerin çakıştığı bölge), 2) Kıtasal kabuk etkileri gösteren geç orojenik bölge (2A: Kıtasal bazaltlar, 2B: Yay gerisi havza bazaltları), 3) Orojenik olmayan bölge (3A: Alkali bazaltlar, 3B: Zenginleşmiş E-Tipi MORB, 3C: Az zenginleşmiş E-Tipi MORB, 3D: N Tipi MORB) (Cabanis ve Lecolle, 1989)(Ok işaretleri; MT-CC: Okyanus adası bazaltı ve dalma batma bileşenleri arasındaki karışım hattı, CC-BC: Dalma-batma ve üst kabuk bileşenleri arasındaki karışım hattı)**

## 5. JEOLJİK EVRİM

İnceleme alanındaki volkanizmanın oluşumu hakkındaki genel görüş şöyledir; Kalkalkalin karakterli volkanizmanın aktif dalma-batma (subduction) zonlarında geliştiği bilinmektedir. Bu dalma-batma süresince okyanusal kabuk kıtasal kabuk altına dalmaktadır. Bu işlemin uzun zaman periyodunda devam etmesi halinde dalan okyanusal kabuk tamamen tüketilir. Dalma-batma evresinden sonra Doğu Anadolu'daki Neojen yaşlı kalkalkalin volkanizmanın Arap-Afrika levhasının Anadolu levhacığı altına dalması, tümüyle tüketilmesi ve bunu takiben Arap-Afrika levhası ile Anadolu levhacığı arasındaki kıta-kıta çarpışmasına bağlı bir dizi kompleks levha hareketleriyle ilişkili olduğu düşünülmektedir (Innocenti ve ark., 1982; Ercan ve ark., 1990).

Miyosen öncesinde denizel birimlerin yer aldığı bölgede Miyosen sonlarında gerçekleşen şiddetli volkanizma faaliyetleri sonucunda karasallaşma meydana gelmiştir. İnceleme alanında yer alan volkanik birimler bölgede Miyosen-Pliyosen döneminde gerçekleşen volkanik olaylar sonucunda oluşmuştur. Geç Miyosen'de volkanik patlamalar sonucunda çevreye piroklastik malzeme dağılımı gerçekleşmiştir. Bu piroklastik malzeme volkanik bacaların üst kesimlerinden itibaren vadiler boyunca yayılımını sürdürmüştür. Miyosen sonları ile Pliyosen başlangıcında volkanik tüfler geniş bir alana yayılmıştır. Bu dönemde tüflerle birlikte aglomera, pomza, ignimbirit ve bazaltik lavlar çökerek volkanik ara katkılı piroklastik kayaçları oluşturmuştur. Pliyosen döneminde bölgenin yükseldiği, volkanik olayların arttığı ve erozyon olaylarının aktif olduğu belirlenmiştir. Volkanik faaliyetlerin yoğun olduğu bu dönemde bölgenin büyük bir kısmı bazaltik lav akıntıları ile örtülmüştür. Bazaltik lav akıntılarının yoğun olduğu dağların yüksek kesimleri ve derin vadilerin kenarlarında bazaltik kayaçlar büyük kütleler halinde yer almıştır. Bazaltik lavlardan sonra andezit, dasit, riyolit kayaçları sahanın büyük bir kısmına yayılmıştır. Volkanik aktivitenin son safhasında tuf ve aglomeralarla birlikte perlitler oluşmuştur.

Miyosen ve Pliyosen'de bir yandan volkanizma olayları gerçekleşirken diğer yandan da bunlara bağlı olarak oluşan tektonik hareketler, volkanik birimler içerisinde bir takım faylanmaları oluşturmuştur. Bu faylanmaların birçoğunun Pasinler Ovası'nın düzlük kesiminde, özellikle de alüvyon örtü altında olduğu yapılan araştırmalar sonucunda tespit edilmiştir. Bu faylar; volkanizma hareketleri

sırasında eskiden var olan ana fayların oynamaları sonucunda oluşan küçük boyutlu kırıklardır.

Kuvaterner döneminde çakıllı, kumlu ve gevşek bir birim olan alüvyon alçak kesimlerde kendisinden yaşlı bütün birimleri uyumsuzlukla örtmüş ve geniş alanlarda yüzelemiştir.

## 6. SONUÇLAR

İnceleme alanının 1: 25000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış, mostra veren birimlerin litostratigrafi esasına göre ayırtılması yapılmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Üst Miyosen-Pliyosen yaş aralığına sahip olan Kargapazarı volkanitleri; piroklastik kayalar, bazaltikandezit, andezit, dasit, riyolit ve perlit olmak üzere altı farklı kaya birimine ayrılmıştır.

2. Volkanizma bölgede piroklastik kayalarla başlamıştır. Bu birim üzerine ortaç ve asidik özellikli lavlar gelmektedir. Perlitlerin bölgedeki en genç birim olduğu düşünülmektedir.

3. Kayaların ince kesitlerinde yaygın olarak plajiyoklas, piroksen, hornblend, olivin, biyotit ve daha az olarak kuvars, sanidin gözlenmektedir. Plajiyoklaslar yaygın olarak zonlanma ve elek dokusu (sieve) gibi dengesizlik dokuları sergilerler. Hornblendlerin büyük bir kısmı opak minerallere dönüşmüştür. Olivinlerin çoğunda idingsitleşmeler tesbit edilmiştir.

4. Kayaların mineral analiz sonuçlarına göre; Fe-Ti oksitler titanomagnetit bileşimine sahiptir. Bazaltikandezit ve dasitlerdeki piroksenler ojit, enstatit bileşimlidir. Dasit ve riyolitlerdeki hornblendlerin bileşimi edenit, magnezyo-hornblend'dir. Bazaltikandezitlerdeki olivinlerin bileşimleri  $FO_{65-80}$  arasında değişmektedir. Riyolitlerde gözlenen biyotitlerin flogobit ve annit oranı eşittir (% 50).

5. İncelenen volkanik kayalar karakterleri bakımından subalkali özellik sunmaktadırlar. Bu kayaların ana, iz ve nadir toprak element verilerine göre kayaların jeokimyasal adlandırması yapılmıştır. Buna göre bölgedeki kayalar; ignimbirit, pomza, bazaltikandezit, andezit, dasit, riyolit ve perlit olarak adlanmıştır.

6. İncelenen volkanitlerin tamamı kalkalkalin karakterlidir. Bu kayaların ana ve iz element değişim diyagramlarında gözlenen iyi derecedeki korelasyonlar, volkanik kayaların gelişiminde fraksiyonel kristalleşmenin etkili olduğunu göstermektedir. İncelenen volkanik kayaların tüketilmiş okyanus ortası sırtı bazaltına (N tipi MORB) göre normalize edilmiş iz element dağılımları çizilmiştir. İlksel mantoya göre normalize edilen bu diyagramlarda volkanik kayaların tamamında LIL element zenginleşmesi ve negatif Nb anomalisi belirlenmiştir. Ayrıca

incelenen kayaçların tümünde negatif Eu anomalisi gözlenmektedir. Bazaltikandezit ve andezit bileşimli kayaçlarda negatif Eu anomalisi kısmen gözlenirken, diğer kayaçlarda bu anomali oldukça belirgindir. Ayrıca incelenen volkanik kayaçların genel jeokimyasal özelliklerinden elde edilen sonuca göre tektonik ortam ayrımında orojenik kayaçlara benzerlik sundukları belirlenmiştir. Çizilen La/10-Y/15-Nb/8 üçgen diyagramında kayaç örneklerinin büyük bir kısmı kalkalkali bazaltlar ile yay gerisi havza bazaltları sınırında yer almaktadır. Bu kayaçların perlit bileşimli olanlarından birkaçı ise kıtasal bazaltlar ve zenginleşmiş E-Tipi MORB bölgesinde yer almaktadırlar.

7. İnceleme alanındaki kalkalkalin volkanizmanın Arap-Afrika levhasının Anadolu levhacığı altına dalması, tümüyle tüketilmesi ve bunu takiben Arap-Afrika levhası ile Anadolu levhacığı arasındaki kıta-kıta çarpışmasına bağlı bir dizi kompleks levha hareketleriyle ilişkili olduğu düşünülmektedir.

#### **KAYNAKLAR**

Akalın, N., 1989, Horasan-Pasinler (Erzurum) civarındaki pomza ve diyatomit prospeksiyon çalışmaları: MTA Rap., 29s.

- Akkuş, M. F., 1965, Pasinler (Hasankale) havzasının 1/25.000 ölçekli detay petrol etüdü raporu: MTA Rap. No: 4037 (yayınlanmamış).
- Altınlı, İ.E., 1963, 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası-Erzurum paftası: MTA Yay., 131.
- Bacon, C.R. ve Hirschmann, M.M., 1988, Mg/Mn partitioning as a test for equilibrium between coexisting Fe-Ti oxides. *Am. Min.*, 73, 57-61.
- Baykal, F., Pamir, H.N., 1943, Bingöl mıntıkasının jeolojik yapısı: İst. Üniv. Müh. Fak., Mec. Seri B, Cilt: 8 No: 14, 311.
- Bigazzi, G., Yeğingil, Z., Ercan, T., Oddone, M. Ve Özdoğan, M., 1997, Doğu Anadolu'daki obsidiyen içeren volkaniklerin "Fizyon Track" yöntemiyle yaş tayini: *Türkiye Jeol. Bült.*, Cilt 40, Sayı: 2, 57-72.
- Bilgin, A., 1984a, Serçeme (Erzurum) deresi ve dolayındaki volkanitlerin jeokimyası: *Türkiye Jeoloji Kongresi Bülteni*, 5, 41-50.
- Bilgin, A., 1984b, Serçeme (Erzurum) deresi ultramafitlerinin mineraloji ve petrografisi: *Jeoloji Müh.*, 19, 81-87.
- Bozkuş, C., 1993, Pasinler-Horasan (Erzurum) havzası doğusunun stratigrafisi: *M.T.A Dergisi*, Sayı: 115, 43-51 s.
- Cabanis, B. and Lecolle, M., 1989, Le diagramme La/10, Y/15, Nb/8: un pour la diserimination des series volcaniques at la mise en evidence des procussus de melanges et/ou de contamination crustale, *C.R. Acad. Sci.*, 309, 2023-2029.
- Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J., 1992, *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*. Longman, London, 696p.
- Dymek, R.F., 1983, Titanium, aluminium and interlayer cation substitutions in biotite from highgrade gneisses, West Greenland. *Am. Mineral.* 68, 880-899.
- Ercan, T., Fujitani, T., Matsuda, J.L, Notsu, K., Tokel, S. ve Di, T., 1990, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen-Kuvaterner volkanitlerine ilişkin yeni jeokimyasal, radyometrik ve izotopik verilerin yorumu: *MTA Derg.*, 110, 143-164.
- Erdoğan, T. ve Soytürk, N., 1974, Tekman baseni jeolojisi ve hidrokarbon imkânları raporu: TPAO, Arama Grubu Başkanlığı Rap., 870, 20.
- Erentöz, C., 1945, Türkiye'nin sedimantasyon havzalarında petrol imkanları: *MTA Mec.*, 10, 2-34.
- Erentöz, C., 1954, Oltu 31/4, Kars 32/3 ve Hasankale 42/2, 1/100 000 ölçekli jeolojik paftaları: *MTA Rap.*, 2159 (yayınlanmamış).
- Gattinger, E.T., 1954, *Über die geologischen Aufnahmen im gebiete zwischen Çoruh und Erzurum Nordost-Turkei.*, MTA Rap.
- Gedik, A., 1978, Doğu Anadolu'da açılan stratigrafik inkişaf (açınsama) sondajları: *Yeryuvarı ve insan*, 31-35.
- Gill, J.B., 1981, *Orogenic Andezites and Plate tectonics*: Springer-Verlag, 390p, Berlin.
- Irvine, T. N. and Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of common volcanic rocks: *Canadian Journal of Earth Science*, 8, 523-548.

- İnan, S., 1987, Erzurum-Tortum arasında Dumlu fay kuşağının sistematik ve yapısal özellikleri: Cum. Üniv. Müh. Fak., Derg., Seri A, Yerbilimleri-C.4, 3-11.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati, F. ve Villari, L., 1982, Tertiary and Quaternary volcanism of the Erzurum-Kars area (Eastern Turkey), Geochronological data and geodynamic evolution: Journal of Volcanology and Geoth.Res., 13, 223-240.
- Kan, A., 1999, Pasinler-Esendere volkanik tüf kumunun harç yapımında kullanılabilirliğinin araştırılması: Yüksek Lisans Tezi, 78s., Erzurum.
- Kamanlı, A., 1975, Sarıkamış-Pasinler civarında perlit imkânları hakkında rapor: MTA Rap., 5369 (yayınlanmamış).
- Keskin, M., 1994, Genesis of collision-related volcanism on the Erzurum-Kars Plateau, Northeastern Turkey: Ph. D. Thesis (Doktora Tezi), University of Durham, U.K. 82, 419-438.
- Keskin, M., 1998, Erzurum-Kars Platosunun Çarpışma Kökenli Volkanizmasının Volkanostratigrafisi ve Yeni K/Ar Yaş Bulguları Işığında Evrimi: Kuzeydoğu Anadolu MTA Derg. 120, 135-157.
- Koçak, A., 1988, Jeotermal enerji: MTA Enerji Dairesi Rap., 31-32.
- Le Maitre, R.W., 1989, A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell, Oxford, 193 pp.
- Leake, B.E., 1997, Nomenclature of Amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Minerals Names, Eur. J. Mineral., 9, 623-651.
- Microsoft, 1999, Encarta Interactive World Atlas.
- Morimoto ve diğ., 1988, Nomenclature of pyroxenes. Subcommittee on pyroxenes, Commission on New Minerals and Mineral Names International Mineralogical Association. Min. Mag., 52, 535-550.
- Pelin, S., 1969, Derin sondajlarda gazlı seviyelerin tespiti: MTA Derg., 215-218.
- Pelin, S., Özsayar, T., Gedik, İ. ve Toker, S., 1980, Artvin yöresi yastık lavlarının yaşına ilişkin veriler: Türkiye Jeoloji Kongresi 34. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri, 50s., Ankara.
- Pearce, J.A., 1983, Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C.J. and Norry, M.J. (eds), Continental Basalts and Mantle Xenoliths. Nantwich: Shiva, Cheshire, 230-249.
- Rathur, A.Q., 1965, Pasinler-Horasan (Erzurum) sahasına ait genel jeolojik rapor (H47-c3, c4; H48-c4, d3, d4; İ47-b1, d2, b3,b4; 148-a1, a2, b1) MTA Rap., 4168 (yayınlanmamış).
- Rollinson, H.R., 1992, Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation: Longman Scientific & Technical, New York, 252p.
- Speer, J. A., 1987, Micas in Igneous Rocks. In: Bailey, S. W. (ed.) Micas. Min. Soc. Am. Rev. Min., 13, 299-356.
- Sun, S. and McDonough, W.F., 1989, Chemical isotopic systematic of oceanic basalts: Implications for mantle compositions and processes. In: A.D. Saunders

- and M.J. Norry (eds) Magmatism in the Ocean Basins: Geological Society of London Special Publication, 42, 313-345.
- Sür, Ö., 1961, Pasinler ovası ve çevresinin jeomorfolojisi: Ankara Üniv. Dil Tarih ve Coğrafya Fak., Yay., 154, 126-128.
- Taşkın, C., 1989, Perlitin tanımı ve oluşumu ile kökeni hakkında genel bilgi ve Türkiye perlit zuhurları: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 34, 2, 129-133.
- Tokel, S., 1965, Erzurum I16-b2 ve Tortum H46-c3 paftalarına ait jeolojik rapor: MTA Rap., 4118 (yayınlanmamış).
- Tokel, S., 1979, Erzurum-Kars yöresinde Neojen çöküntüsüyle ilgili volkanizmanın incelenmesi: Doçentlik tezi, KTÜ, 106s (yayınlanmamış).
- Turan, Ş., 1975, Pasinler civarındaki perlit yatakları ve 1/5000'lik detay etüdü: MTA Rap., 1-24.
- Uluşahin, A., 1991, Pasinler (Erzurum) yöresinin sıcak su incelemesi: MTA Rap., No: 42831/7.
- Yılmaz, A., Terlemez, İ. ve Uysal, Ş., 1988, Hınıs (Erzurum) dolaylarının bazı stratigrafik ve tektonik özellikleri: MTA Derg., 108, 38-56.

