

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜKORHAN-GEYNİK (BURSA) CİVARINDA MOSTRA VEREN
ADAKİTİK PORFİRİ DAYKLARININ PETROLOJİSİ VE JEOKRONOLOJİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve YILDIZ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Uygulamalı Jeoloji Programı

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜKORHAN-GEYNİK (BURSA) CİVARINDA MOSTRA VEREN
ADAKİTİK PORFİRİ DAYKLARININ PETROLOJİSİ VE JEOKRONOLOJİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Merve YILDIZ
(505101307)**

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Uygulamalı Jeoloji Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Şafak ALTUNKAYNAK

HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505101307 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Merve YILDIZ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**BÜYÜKORHAN-GEYNİK (BURSA) CİVARINDA MOSTRA VEREN ADAKİTİK PORFİRİ DAYKLARININ PETROLOJİSİ VE JEOKRONOLOJİSİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr.Şafak ALTUNKAYNAK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Fahri ESENLİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Hüseyin ÖZTÜRK
İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2012**
Savunma Tarihi : **07 Haziran 2012**

Aileme ve tüm sevdiklerime,

ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca beni yönlendiren ve her aşamada rehberlik ederek, bu çalışmanın ortaya çıkmasında en büyük paya sahip olan değerli tez danışmanım Doç. Dr. Şafak Altunkaynak'a en içten dileklerle sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

TÜBİTAK 110Y351 numaralı proje kapsamında yürütülen bu tez çalışmasında sağlamış olduğu imkanlar için TÜBİTAK'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bize sağladığı çalışma ortamı ile çalışmalarımı kolaylaştıran Sayın Prof. Dr. Işık Ece ve Sayın Prof. Dr. Fahri Esenli'ye teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım ve petrografi çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan Jeoloji Mühendisi Gülbin Kibaroglu'na, laboratuvar çalışmalarım sırasında beni yalnız bırakmayan ve bilgilerini eksiksiz aktaran Arş. Gör. Ömer Kamacı'ya ; tez çalışmamın her aşamasında beni destekleyen oda arkadaşım Jeoloji Mühendisi Alp Ünal'a , Gizem Atabek ve Serhat Yazar'a teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olarak bu tez çalışmasının tamamlanması konusunda desteklerini esirgemeyen Uçak Mühendisi Halil İbrahim Ergül'e teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs 2012

Merve Yıldız
(Jeoloji Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

	<u>sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Çalışma Metodu	1
1.2.1 Saha çalışmaları	2
1.2.2 Laboratuvar çalışmaları.....	2
1.2.3 Büro çalışmaları	3
1.2 Çalışma Alanının Tanıtılması.....	4
1.2.1 Çalışma alanının konumu.....	4
1.2.2 Morfoloji	5
1.2.3 İklim	6
1.2.4 Bitki örtüsü.....	6
1.2.5 Yerleşim yerleri.....	6
1.2.6 Ulaşım olanakları	7
2. STRATİGRAFİK JEOLJİ.....	9
2.1 Temel Kayaları	9
2.2 Plütonik Kayalar.....	14
2.2.1 Orhaneli granodiyoriti.....	14
2.2.2 Çakıryenice siyeniti.....	16
2.2.3 Kenar zonu kayaları	18
2.2.4 Damar kayaları	19
2.4 Volkanik Kayalar	21
2.4.1 Piroklastik kayalar.....	23
2.4.2 Riyolitler	28
2.4.3 Bazaltlar	29
2.5 Alüvyon	31
3. MAGMATİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ	33
3.1 Plütonik Kayaçların Petrografik Özellikleri.....	33
3.1.1 Orhaneli granodiyoriti.....	33
3.1.2 Çakıryenice siyeniti.....	35
4.2.3 Kenar zonu kayaları	40
3.1.4 Damar kayaları (Aplit daykları)	42
3.2 Hipabisal Kayalar (Porfiri daykları).....	42
3.2.1 Mafik sin-plütonik dayklar.....	42

3.2.2 Porfirileritler (porfiri daykları)	43
4. JEOKRONOLOJİ (⁴⁰Ar-³⁹Ar Yaş Tayinleri).....	51
5. JEOKİMYA	55
5.1 Ana-iz Element Özellikleri	55
5.2 Sr-Nd İzotop Özellikleri	71
6. PETROJENEZ	73
6.1 “Adakitler” ve “Adakit Benzeri Kayaçlar” : Petrojenetik Modeller	73
6.2 Adakitik Porfirilerin ve İlişkili Magmatik Kayalarının Petrojenezi	75
7. TARTIŞMA.....	81
8. SONUÇLAR.....	85
KAYNAKLAR.....	87
EKLER.....	95
ÖZGEÇMİŞ	97

KISALTMALAR

Bi	: Biyotit
Plj	: Plajiolklas
Hbl	: Hornblend
Snd	: Sanidin
Op	: Opak mineral
Q	: Kuvars
Prx	: Piroksen
Fp	: Feldispat Megakristali
KF	: K-feldispat
Gr	: Granat
Amf	: Amfibol
Ti	: Titanit
Sfe	: Sferulitik doku
Küm	: Kümülofirik doku
Syn-COLG	: Çarpışma ile eş zamanlı granitoyidler
VAG	: Volkanik yay granitoyidler
WPG	: Plaka içi granitoyidler
ORG	: Okyanus sırtı granitoyidler
Ank	: Anklav
MMA	: Mafik magmatik anklav
Mt	: Metamorfik anklav
MSD	: Mafik sinplütonik dayk
MkG	: Mikrogranit

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 : $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayinlerinin kaya gruplarına göre dağılımı	51
Çizelge 5.1 : Ana- iz element analiz sonuçları... ..	56
Çizelge 5.2 : Sr-Nd izotop sonuçları	71

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Çalışma alanı ve jeolojisini gösterir harita	4
Şekil 1.2 : İnceleme alanından bir görünüş.	5
Şekil 2.1 : İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.....	10
Şekil 2.2 : Temel Kayaların konumuna uyumlu olarak yerleşmiş.....	11
porfiri sili.....	11
Şekil 2.3 : Karaçukur Köyü güneyinde yer alan mermer istifi..	12
Şekil 2.4 : Porfir Dayk ve temel kayaları arasındaki intrüzif dokanak.....	13
Şekil 2.5 : Orhaneli granodiyoriti üzerinde “roof pendant” (tavanda asılı kalmış) niteliğindeki Temel Kayaları. Bakış Yönü: Güney Doğu.	13
Şekil 2.6 : İnceleme alanındaki Plütonik Topluluğun	14
en yaşlı üyesi Orhaneli granodiyoriti.	14
Şekil 2.7 : Orhaneli granodiyoritinde arenalaşma ve küresel Ayrışma Bakış Yönü: Batı.	15
Şekil 2.8 : Orhaneli granodiyoriti içerisindeki mafik magmatik anklav (MMA).....	16
Şekil 2.9 : Orhaneli granodiyoriti içinde gözlenen Diyorit bileşimli sinplütonik dayk.	16
Şekil 2.10 : Orhaneli granodiyoriti içerisindeki metamorfik anklav (Mt). Bakış Yönü Kuzey Batı.....	17
Şekil 2.11 : Orhaneli granodiyoriti ile Çakıryenice Siyeniti arasındaki intrüzif dokanak.	18
Şekil 2.12 : İnceleme alanında mostra veren siyenitik kayalar	18
Şekil 2.13 : Mafik sinplütonik dayk (MSD) tarafından kesilen ve Metamorfik Anklav (Mt) İçeren Mikrogranit (Mk).....	19
Şekil 2.14 : Orhaneli granodiyoriti ve birbirini kesen farklı yönlerdeki aplit daykları. Bakış Yönü: Kuzey.....	20
Şekil 2.15 : Siyenit Porfirlerdeki Feldispat Megakristalleri (Fp) gösterilmektedir.....	21
Şekil 2.16 : Temel Kayaları içine sokulan Porfiri Dayk. Bakış Yönü: Doğu.....	22
Şekil 2.17 : Temel kayaları içerisine sokulan, küresel ayrışma gösteren Porfiri Dayk. Bakış Yönü: Batı.	22
Şekil 2.18 : Orhaneli granodiyoriti kesen Porfir Dayk.	23
Şekil 2.19 : Çobantaşı Tepesi'nde gözlenen Piroklastik Yağış Birimi.....	25
Şekil 2.20 : Ondüleli yapı sergileyen Piroklastik Yağış Birimi.....	25
Şekil 2.21 : İgnimbritlerin sahadaki görünümü.	26
Şekil 2.22 : Pumis Akıntısı ve Kül -blok Akıntısı Bakış Yönü: Kuzey.	26
Şekil 2.23 : Belpınar Dağı eteğindeki Pumis Akıntısı Bakış Yönü: Kuzey	27
Şekil 2.24 : İncirtuzlası Tepesi riyolitik lavlarda gözlenen akma bantları.	28
Şekil 2.25 : Ericek Riyolit lav akıntısı.....	29

Şekil 2.26 : Belpınar Dağı eteğinde mostra veren bazaltik lav akıntıları.	30
Şekil 2.27 : Çobantaşı tepesi civarında gözlenen Bazalt lavlarına ait taban akıntısı. Bakış Yönü Güney Batı.	30
Şekil 3.1 : Orhaneli granodiyoritinde gözlenen holokristalen hipidiyomorfik granüler doku (4X, ÇN, Kesit No:10).	34
Şekil 3.2 : Çakıryenice Siyeniti'nde gözlenen holokristalen hipidiyomorfik granüler doku (4X, ÇN, Kesit No: 71).	36
Şekil 3.3 : Çakıryenice Siyenitinde K-feldispatlarda gözlenen pertitik dokular (10X, ÇN, Kesit No: 60a).....	37
Şekil 3.4 : Çakıryenice Kuvars Siyenitindeki mikrografi doku (4X, ÇN,Kesit No: 72).....	37
Şekil 3.5 : Çakıryenice Siyenitinde ikincil mineral olarak Oluşan kalsit minerali (4X, ÇN, Kesit No: 70).	39
Şekil 3.6 : Çakıryenice Siyenitinde özşekilli titanit (Ti) mineralleri ve K- Feldispat (KF) (4X, ÇN, Kesit No: 71).....	39
Şekil 3.7 : Çakıryenice Siyenitindeki granat minerali (4X, ÇN, Kesit No:70).....	40
Şekil 3.8 : Kenar zonu kayalarına ait felsikçe zengin mikrogranit. Kuvars (Qz) K-Feldispat (KF), Biotit (Bi)(10X, ÇN, Kesit No: 52).....	41
Şekil 3.9 : Mafik mineral içermeyen ince taneli tanesel dokulu Granit Aplit Daykı (4X, ÇN, Kesit No:11).....	42
Şekil 3.10 : Mikrodiyorit bileşimine sahip kenar zonu kayası (4X, TN, Kesit No:100b).....	44
Şekil 3.11 : Mikrodiyoritlerin mikroskoptaki görünümü (4X, ÇN, Kesit No:100b).....	44
Şekil 3.12 : Monzonit porfirlerde gözlenen porfirik doku; Kesitte ayrıca Özşekilli amfibol(Amf) zonlu plajioklas(Plj), K-feldispat(KF), çubuksu biyotit (Bi) ve aksesuar mineralleri(Ti) (4X, ÇN, Kesit No: 17).....	45
Şekil 3.13 : Porfir dayklarındaki kriptokristalen matriks ve plajioklas(Plj) çubuksu Biotit(Bi) ve Alkali Feldispat(KF) fenokristalleri ile belirgin porfirik Doku (4X, ÇN, Kesit No: 59).	46
Şekil 3.14 : Siyenit porfir dayklarında gözlenen kümülofirik doku (Küm) (4X, ÇN, Kesit No: 73).....	47
Şekil 3.15 : Monzonit porfir dayklarında yer alan korozyona uğramış plajioklas minerali. Kesit No: 25).	48
Şekil 3.16 : Monzonit porfir dayklarında yer alan plajioklasda plajioklasın zonlanma sına uyumlu olarak dizilim gösteren inklüzyonlar (Schiller inklüzyonu). (4X, ÇN, Kesit No: 63).	48
Şekil 3.17 : Monzonit Porfirde gözlenen kısım (kojenetik) magmatik anklav (4X, ÇN, Kesit No: 5).....	49
Şekil 3.18 : Kuvars-Monzodiyorit Porfirlerde Kuvarslarda gözlenen körfez yapısı (4X, ÇN, Kesit No: 57).....	49
Şekil 3.19 : Feldispatlarda gözlenen serisitleşme (4X, ÇN, Kesit No 59).	50
Şekil 4.1 : Mafik dayklardan (Mikrodiyorit) elde edilen Ar/Ar yaş platoları.	52
Şekil 4.2 : Siyenitik plütonik kayalardan elde edilen Ar/Ar yaş platoları.	53
Şekil 4.3 : Adakitik porfiri dayklarından elde edilen Ar/Ar yaş platoları.	54
Şekil 5.1 : Porfiri dayk ve stoklarına ait örneklerin Nb/Y'a karşı Zr/TiO ₂ (Winchester ve Floyd.,1977) diyagramındaki adlandırılması.	59

Şekil 5.2 : Sr/Y-Y ve b) La/Yn(n)-(Yb)n diyagramında adakitik porfirilerin ve diğer kaya gruplarının konumu.	61
Şekil 5.3 : Adakitik porfiri, mafik dayk ve magmatik anklavlara ait örneklerin Irvine ve Baragar (1971) tarafından önerilen - a) SiO ₂ -Na ₂ O+K ₂ O diyagramı ve b) SiO ₂ - K ₂ O (Peccerillo ve Taylor, 1976) diyagramındaki konumları.	62
Şekil 5.4 : A/CNK'ya karşı A/NK diyagramında (a) (Shand, 1943) ve SiO ₂ ye karşı A/CNK diyagramında (b) porfiri dayk ve stoklarına ait örneklerin sınıflandırılması.	63
Şekil 5.5 : SiO ₂ 'e karşı ana element oksitlerinin davranışlarını gösteren Harker diyagramları.	64
Şekil 5.6 : a, b ve c Kondrite (Boynton, 1984) normalize edilmiş örümcek diyagramında plütonik (Orhaneli granodiyorit ve siyenti), kaya grupları (adakitik porfiriler ve mafik dayklar) ve mafik magmatik anklavların karşılaştırılması.	68
Şekil 5.7 : N-MORB'a normalize edilmiş örümcek diyagramında (a,b ve c.) plütonik (Orhaneli granodiyorit ve siyenti), hipabisal kaya grupları (adakitik porfiriler ve mafik dayklar) ve mafik magmatik anklavların karşılaştırılması.	69
Şekil 5.8 : Adakitik porfirilerin ve inceleme alanındaki diğer magmatik kaya Y/44-Rb/100-Nb/16 üçgen diyagramındaki (Theblemont ve Cabanis, 1990) konumları.	70
Şekil 6.1a : Sr-(K/Rb)-(SiO ₂ /MgO)*100 üçgen diyagramı.	75
Şekil 6.1b : MgO - SiO ₂ diagramı.	76
Şekil 6.2 : SiO ₂ - Mg# diyagramı.	78
Şekil 6.3 : Adakitik porfirilerin εNdi _(54 Ma) karşı ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _{i(54 Ma)} diyagramındaki konumları.	78
Şekil 6.4 : İnceleme alanındaki adakitik porfirilerin ve ilişkili magmatik kayaların Th/Yb-Ta/Yb diyagramındaki konumları.	79

BÜYÜKORHAN-GEYNİK (BURSA) CİVARINDA MOSTRA VEREN ADAKİTİK PORFİRİ DAYKLARININ PETROLOJİSİ VE JEOKRONOLOJİSİ

ÖZET

İnceleme alanında adakitik porfiri daykları ve stokları İzmir-Ankara suture zonuna ait temel kayaları ve Batı Anadolu Senozoyik magmatizmasının farklı magmatik evrelerine ait ürünler ile bir arada bulunmaktadır. İnceleme alanında yeralan ana kaya grupları; a) Temel kayaları b) Plütonik Topluluk c) Hipabisal Topluluk d) Volkanik Topluluk olarak sıralanabilir. Temel kayaları, mavişist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış Tavşanlı zonuna ait fillat, şist, mermer ve metabazitten oluşur. Bunlar, erken Eosende (52-54 My) Plütonik ve Hipabisal topluluk (adakitik porfiriler ve mafik sin-plütonik dayklar) tarafından intrüzif olarak kesilmiştir. Plütonik topluluk, birbiri ile zaman ve mekanda ortaklıklar gösteren Orhaneli Granodiyorit, Çakıryenice siyeniti ve Kenar Zonu Kayalarından oluşmaktadır. Bu çalışmanın ana konusunu oluşturan adakitik porfiriler ise gerek temel kayalarının gerekse Plütonik topluluğun içine dayklar ve stoklar halinde yerleşmiş hipabisal nitelikli kayalarla temsil olunur. Erken Miyosen yaşlı volkanik topluluk inceleme alanındaki en genç birimleri temsil eder ve diğer tüm birimleri (temel kayaları, Plütonik topluluk ve adakitik porfiriler) uyumsuzlukla örter. Hipabisal topluluğu oluşturan adakitik porfiriler ve mafik sin-plütonik dayklardan elde edilen Ar/Ar radyometrik yaş verileri, porfirilerin 53.7-53.84 My, mafik sinplütonik daykların 53.43-54.39 My yaşında olduğunu ortaya koymuştur. Bu veri, adakitik porfirilerin Plütonik topluluk ile (52.4-54 My) ile hem mekan hem de zamanda ortaklıklar sergilediğini belgelemektedir.

İnceleme alanında saptanan adakitik kayalar granodiyorit, granit, kuvars diyorit, monzosiyenit, siyenit bileşimindeki porfiri sokulumları ile temsil edilir ve plütonik toplulukla bileşimsel olarak benzerlik sergilerler. Porfiriler, Plütonik topluluğa ait siyenitik kayalarla jeokimyasal benzerlikler gösterirler. Her iki kaya grubu da yüksek SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, Sr/Y ve La/Ybn, düşük Y, Yb içerikleri ve Eu anomalisi göstermemeleri ile adakit-benzeri jeokimyasal özellikler sunar ve “normal” kalk-alkalin özellikler sergileyen Plütonik topluluktan ve mafik-sinplütonik dayklardan bu özellikleri ile ayrılırlar. Ana-iz element içerikleri ve Sr-Nd izotopik özellikleri, adakitik porfirilerin yiten okyanusal dilimin (slab) ergimesinden ziyade, mafik alt kıtasal kabuğun (kalıntı fazda garnet içeren) kısmi ergimesi sonucunda gelişmiş ergiyiklerin, manto ergiyikleri ile etkileşimi sonucu oluşmuş olabileceğine işaret etmektedir. Orhaneli granodiyorit ve mafik dayklarda ise zenginleşmiş manto ergiyiklerinin katkısı artmaktadır. Adakitik kayaların petrolojik özellikleri ve oluşum yaşları, KB Anadolu’nun jeolojisi ile birlikte değerlendirildiğinde bu kayaların Eosen’de gelişen dilim kopması (Slab break-off) sonucunda manto-alt kabuk ergiyiklerinin etkileşimi sonucu türediklerini ortaya koymaktadır.

PETROLOGY AND GEOCHRONOLOGY OF ADAKITIC PORPHYRY DIKES OUTCROPING AROUND BUYUKORHAN-GEYNİK (BURSA)

SUMMARY

In this study, for the first time, we document the occurrence of adakite like porphyries in NW Anatolia during Early Eocene and report a comprehensive data set (major-trace element geochemistry, Sr-Nd isotope compositions and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ radiometric ages) from them in order to evaluate the timing, causes, melt sources and petrological evolution of Adakitic magmatism in NW Turkey.

In NW Turkey, Adakite-like porphyries crop out in Büyükorhan (Bursa) area situated within the İzmir-Ankara suture zone (and Tavşanlı zone; Okay 1984 and Okay et al., 1998) that marks the collision zone between Sakarya Continent and Anatolide-Tauride Platform (Şengör and Yılmaz 1981).

Adakitic porphyries in the study area are spatially associated with both Eocene granitoids and volcanic rocks of Early Miocene (Altunkaynak, 2007). Eocene Granitoids (SZG; Altunkaynak, 2007) have ages around 52.6-48.5 Ma (Harris et al., 1994; Okay and Satır, 2006), and are composed of granodiorite, granite and monzonite.

Adakitic rocks form stocks, sills and dikes around the Orhaneli pluton. They cut the ophiolitic and blueschist rocks of Tavşanlı zone. In some places, fine grained late-stage differentiation products of the Orhaneli pluton were injected into the adakitic rocks. Early Miocene volcanic and sedimentary rocks cover unconformably ophiolitic and blueschist rocks of Tavşanlı zone, Orhaneli pluton and adakitic porphyries. Our $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages obtained from adakite-like porphyries (53.7 to 54.0 Ma; Early Eocene) indicate that they are slightly older (or partly co-eval) than Orhaneli pluton. This result is consistent with their contact relationships in the field.

Petrographically, adakitic porphyries can be classified as porphyritic microgranite, microgranodiorite and microquartzmonzonite. They display holocrystalline, microgranular porphyritic textures, and composed mainly of plagioclase, K-Feldspar, quartz, hornblende and biotite. Porphyry dikes contain commonly K-Feldspar and plagioclase phenocrysts (up to 40%) in a microgranular groundmass. Alkali-feldspar phenocrysts are generally subhedral or euhedral and they display Carlsbad twin. Plagioclase phenocrysts show polysynthetic or albite-carlsbad compound twins. Quartz crystals commonly have rounded shapes. Some altered porphyries contain biotite crystals that have been altered to chlorite, particularly along cleavages and grain boundaries.

Porphyry intrusions are classified as granite, granodiorite and diorite (Cox et al, 1979). Granite and granodiorite porphyries are sub alkaline in nature (Irvine and Baragar, 1971) and represented by high-K calc-alkaline rocks (Pecerillo & Taylor 1976). The A/CNK values range from 0.9 to 1.1, suggesting metaluminous to

slightly peraluminous, I-type affinity Fig. c. They have high SiO₂ (63.80- 69.43 wt. %), Al₂O₃ (15.44-16.64 wt. %), Na₂O (5.56-3.94 wt. %), Sr (1129.7-1719.4 ppm) contents, high Sr/Y (113.39-214.92) and La/Yb (n) (35.33-80.18) ratios and low Y (6.2-11.5 ppm) and Yb (1.07-0.54 ppm) contents. They display enrichments of LILE and LREE, depletion of HFSE and insignificant or lack of Eu anomaly (Eu*/Eu=0.93-1.11). These geochemical characteristics of porphyry intrusions are similar to adakites, as defined by Defant and Drummond, 1999. Moreover, according to the discrimination diagrams of Martin et al. (2005), adakitic porphyries in this region belong to high silica adakites, because as showed in Fig. 6.1 diagram, microgranite, microgranodiorite and microquartzmonzonite porphyritic intrusions have relatively high SiO₂ (69.43-63.80 wt.%), and low MgO (0.19-1.19 wt.%) and can be classified as HAS. Additionally, As illustrated in triangular diagram which is best discriminate between HSA and LSA (Martin, 2005), microgranite, microgranodiorite and microquartzmonzonite porphyritic intrusions plot in the HAS field.

The mafic porphyritic dikes are dioritic composition (Cox et al, 1979), with SiO₂ of 57.95-54.73%. They are metaluminous with high A/NK [=molar Al₂O₃/(Na₂O+K₂O)] ratio and I type granite (Fig. 1a ; A/CNK [Al/(Ca+Na+K)]= 0.78-0.82 < 1.1). These rocks are characterized by high MgO (5.50-4.93%), Mg# (65–70), similar Na₂O (3.72-3.55), Al₂O₃ (16.19-15.66) and low SiO₂ (57.95-54.73%) relative to of microgranite, microgranodiorite and microquartzmonzonite adakite-like porphyritic intrusions. Furthermore, they have relatively higher concentrations of heavy rare earth elements (HREE), Y (e.g., Yb=1.30–1.78 ppm, Y=6.21-18.23ppm) , and neglectable negative Eu anomaly (Eu*/Eu= 0.90-0.91) than the Adakite-like porphyritic intrusions in this region. Mafic porphyritic dikes are has not adakitic affinities because of the higher concentrations of heavy rare earth elements (HREE). Their geochemical characteristics are classical arc series and I-type granite. These rocks are characterized by strong negative anomalies of Ta, Nb, P and Ti, and enrichment in LILE in primitive mantle-normalized diagram, suggesting a typical arc-like nature .

Initial ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratios and εNd values are calculated at 54 Ma. All samples have similar Nd–Sr isotopic compositions. Initial εNd (54) values range from –2.73 to 0.59 and ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr (54) ratios vary between 0.70620 and 0.70660 . Although, high SiO₂ contents, high Sr/Y and La/Yb ratios and low Y and Yb contents of studied porphyry rocks resemble to those of high silica (but K-poor) adakites, formed by slab melting in modern subduction zones (Defant M.J. and Drummond, M.S.) porphyry rocks have higher K₂O content and ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratios and lower A/NK ratios, Mg# and εNd values , compared to the HSA.

In recent years, variety of adakitic rocks having high K₂O content and ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratios have been described as “continental adakites” or “K-adakites” (Moyen, 2011 and references therein). Therefore, studied adakitic porphyry rocks in NW Anatolia can be classified as “continental” or “K-adakites”. Adakitic signatures such as enrichment in Sr, lack of Eu anomaly, depletion of HREE and Y can be produced by either partial melting of the subducted oceanic slab or AFC and/or partial melting of mafic lithologies of the lower continental crust in the stability field of garnet (e.g., Atherton and Petford, 1993; Castillo et al., 1999; Müntener et al., 2001; Garrison and Davidson, 2003; Macpherson et al., 2006; Davidson et al., 2007; Rodríguez et al., 2007; Alonso-Perez et al., 2009; Chiaradia et al., 2009).

Major and trace element characteristics of studied rocks are similar to those of mafic lower-crust-derived adakitic rocks rather than subduction related adakitic rocks. Pophyry samples plot into the lower-right quadrant of diagram and their isotopic compositions overlap with those of adakitic rocks from central Anatolia and eastern Pontides (Varol et al., 2007, Topuz et al., 2005, Karşlı et al., 2010, 2011 and references therein) in Turkey. Our samples together with adakitic rocks from eastern Pontides display lower $\epsilon\text{Nd}(t)$ and higher Sr/Sr isotopic compositions compared with modern subduction zone adakites (Aguillón-Robles et al., 2001; Defant et al., 1992; Kay et al., 1993; Sajona et al., 2000) and the MORB compositions (Mahoney et al., 1998; Tribuzio et al., 2004; Xu et al., 2003; Xu and Castillo, 2004), also clearly shows that except Cavuşbasi adakites with the age of 68Ma (Yılmaz-Şahin, 2011), all adakitic rocks of different ages in Turkey plot into the field of “Lower crust-derived adakites” (Guan, 2012), as suggested by previous studies (Topuz et al., 2005, 2011; Karşlı et al., 2011). Although the geochemical characteristics of porphyries confirm mafic lower crustal origin, partial melting of an enriched mantle can cause the similar isotopic signatures and relatively high Mg-numbers (Li et al., 2009, Tepper et al., 1993; Roberts and Clemens, 1993; Wolf and Wyllie, 1994; Rapp and Watson, 1995, Parada et al., 1999).

Indeed, the inferred enriched nature of the lithospheric mantle source is also evidenced by the LILE enrichment and negative Nb, Ta, Ti, and P anomalies displayed by the porphyry suggesting a mantle source modified by subduction zone processes, as in subduction-related arc magmas (Pearce 1982; Thorpe et al. 1982; Cox and Hawkesworth 1985; Pearce et al. 1990; Davidson et al. 1991; Walker et al. 1991; Pearce and Peate 1995) and/or post-collisional magmatic suites.

Porphyry rocks and magmatic enclaves from Orhaneli Pluton define an assimilation combined with fractional crystallization (AFC), line starting from SZE (subduction zone enrichment) to average composition of CC (Continental crust). This result and overall evaluation of major-trace element and isotope geochemistry of adakitic porphyries indicate that they most likely to be produced by partial melting of garnet-bearing lower crustal rocks and its interaction with mantle melt. Assimilation combined with fractional crystallization (AFC) was played an important role during the evolution of these melts at shallower crustal levels.

Orhaneli pluton which shows spatial and temporal association with adakitic porphyries is suggested to be produced by partial melting of mafic lower crust by the upwelling of hot asthenosphere, induced by slab break off (for a detailed discussion, please see Altunkaynak 2007). The slab break-off may mainly provide the heat required for the melting of the lower continental crustal rocks and previously metasomatized SCLM. Eocene break-off of Neo-Tethyan slab model could account for the formation of Adakitic porphyries.

Geochronology, geochemistry and geology of Adakite-like porphyries and geology of the region indicate that adakitic magmatism was not formed above an actively dehydrating subducted slab. Instead, our observations are consistent with a magmatism that is more typical of syn-convergent extensional tectonic settings. Formation of adakitic melts require increased heat flow at about 54 Ma that might have occurred by slab break-off.

1. GİRİŞ

1.1 Tezin Amacı

Adakit ve adakitik kayaçların petrojenezinin araştırılması kabuğun evriminin anlaşılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte dünyadaki önemli bakır ve altın yataklarının çoğunluğunun Adakit oluşumları ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, adakitlerin zaman ve mekandaki yayılımlarının belirlenmesi, petrojenezinin araştırılması yeni maden yataklarının saptanmasında da büyük önem taşımaktadır ve dünyada ve ülkemizde yerbilimcilerin ilgisini çeken popüler bir konu olmuştur. Türkiye’de bulunan adakitik kayaçlar üzerinde yapılan çalışmaların sayısı azdır. Az sayıdaki bu çalışmalar da genellikle Orta Anadolu ve Doğu Pontidlerdeki adakitik kayaçları konu almaktadır (Topuz vd., 2005, 2011; Varol vd., 2007; Karşlı vd., 2010, 2011; Kadioğlu ve Dilek, 2010; Eyüpoğlu et al., 2010, 2011). KB Anadolu’da ise Eosen yaşlı adakitik oluşumların jeokimyasal özelliklerini (tüm kaya ana-iz element jeokimyası ve Sr-Nd-Pb izotop bileşimleri) ve yerleşme yaşlarını sunan ayrıntılı bir çalışmaya ise literatürde rastlanmamaktadır. Bu eksikliği gidermek amacıyla Bursa iline bağlı Büyükorhan ilçesi ve Geynik-Ericek köyleri arasındaki alan inceleme alanı olarak seçilmiştir. Bu alanda adakitik porfiriler yaygın olarak mostra vermekte ve KB Anadolu magmatizmasının farklı evrelerine ait plütonik (Eosen) ve volkanik (erken Miyosen) kayalarla birarada bulunmaktadır. Bu çalışma ile daha üzerinde ayrıntılı jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalar yapılmamış olan adakitik porfirilerin kökeni, magmatik evrimi, oluşum zamanı ve bölge jeodinamiğindeki yerine yaklaşımda bulunmaya çalışılacaktır.

1.2 Çalışma Metodu

Bu çalışma saha, laboratuvar ve büro çalışmalarını kapsamaktadır.

1.2.1 Saha çalışmaları

Çalışmanın ilk aşamasında 2011 yaz aylarında 1 ay süre ile saha çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Saha çalışmaları ile yaklaşık 80 km²'lik inceleme alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası üretilmiş ve bu harita üzerinde, Orhaneli Plütunu (48-54 Ma) ve temel kayaların içine küçük stok ve dayklar halinde yerleşmiş olan adakitik porfiri dayklarının (53.7-54 Ma) yer ve konumları ayrıntılı olarak işlenmiştir (Ek A). Arazi çalışmaları ile adakit benzeri porfirilerin ilişkide oldukları kayalarla dokanak ilişkileri belirlenmiştir. Bu ilişkiler Şekil 2.1. sunulan genelleştirilmiş stratigrafi kesitinde ve Ek B'de sunulan jeoloji enine kesitleri ile gösterilmektedir. Saha çalışmaları ile ayrıca sistematik örnekler derlenerek, farklı bileşimdeki plütonik kayalar ve adakitik porfirileri temsil eden 106 örnekten oluşan bir numune seti oluşturulmuştur. Örnek alınan yerler üretilen jeoloji haritası üzerine işaretlenmiş ve örnek haritası oluşturulmuştur. Haritalama çalışmalarında MTA tarafından üretilen Kütahya İ21-b4 ve İ21-c1 pafta no'lu 1/25000 ölçekli topografik haritalar kullanılmıştır. Jeolog çekici, çakı ve lupun yanı sıra İstanbul Teknik Üniversitesinden temin edilen Garmin eTrex H GPS ve Silva tipi jeolog pusulası saha çalışması sırasında kullanılan aletlerdir. Saha çalışmasında alınan notlar TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odasından alınan Saha Defterine kaydedilmiştir.

1.2.2 Laboratuvar çalışmaları

Çalışmanın laboratuvar aşamasında bu numune setinden alterasyondan en az etkilenmiş, temiz örnekler seçilerek 76 örneğin ince kesitleri hazırlanmıştır. İnce kesit yapımı İTÜ Maden Fakültesi ince kesit laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bunu izleyen evrede çalışmanın amacına uygun olarak başlıca Adakitik porfiriler ve ilişkide olduğu bazı plütonik kayalar optik mikroskopta incelenerek kayaçların mineralojik bileşimleri ve dokusal özellikleri tanımlanarak petrografik çalışmalar yapılmıştır. Dedeman Optik Mineraloji laboratuvarında yapılan petrografik analizlerde "Leica DM 750P" model polarizan mikroskoptan faydalanılmıştır.

Petrografik incelemeler tamamlandıktan sonra temiz ve farklı bileşim ve dokudaki örnekleri temsil eden 22 örnek seçilerek jeokimyasal analizler için hazırlanmıştır. Örnekler hazırlanırken İTÜ Avrasya Enstitüsü Örnek Hazırlama Laboratuvarında bulunan hidrolik pres kullanılarak kırılmış, öğütülmüş, Agat havanda pudra kıvamında toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen örneklerden 50 Mg kadarı

tüm kaya ana-iz ve nadir toprak element analizleri için Acme Analytical Lab. (Kanada)'ya gönderilmiştir. Bu laboratuvarda ICP-MS tekniği kullanılarak bu kayacın örneklerindeki ana elementlerden SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃tot, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, L.O.I.; A.Z. [(A.Z, Ateşte Kayıp; 1000 C)] iz elementlerden Rb, Sr, Ba, Zr, Hf, Ta, Th, U, Nb, Y, Cu, Zn, Pb, Cs, Ga, V, Ni, Co, Sc, Nadir Toprak Elementlerinden La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu içerikleri saptanmıştır. Tüm kaya ana- iz element analizleri yapılan örnekler içinden seçilen 9 örnek ise Sr-Nd izotop analizleri için ALS International (İsveç) izotop laboratuvarına gönderilmiştir. Farklı bileşim ve konumdaki adakitik porfirilerden 2 adet , Siyenitlerden 1 adet ve mafik (mikrodiyorit) dayklardan 1 adet olmak üzere toplam 4 örnek ise Ar-Ar Yaş tayinleri için seçilmiştir. Bu 4 adet örnekten 3 tanesi öncelikle boyutunda öğütülmüş ve yıkanarak kurutulduktan sonra binoküler mikroskop altında mineral ayıklama işleme yapılmıştır. Mineral ayıklama işlemi sonucunda 386 adet (50mg) Biyotit, 470 adet (50 mg) ve 436 adet (50 mg) Feldispat seçilmiştir. 1 örnek ise tüm kaya (mercimek boyutunda) kayacın parçacıkları haline getirilerek Ar/Ar yaş tayinleri için hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler, Michigan Üniversitesi (ABD)'ye gönderilmiştir. Adı geçen laboratuvarlarda kullanılan analitik yöntemler ve analiz prosedür ilgili laboratuvarların web sayfasında ayrıntılı olarak sunulmaktadır (Tüm kaya ana-iz element jeokimyasal analizleri için [www. Acmelab.com](http://www.Acmelab.com), Sr-Nd-Pb analizleri için [www. ALSlab.com](http://www.ALSlab.com) adreslerinden yararlanılmıştır.)

Bu tezin amacı; Germav formasyonu içindeki kireçtaşı ve marnlı kireçtaşının baraj gövdesinde dolgu malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılması ve Ilısu Barajı eksen yerinde bulunan birimlerin mühendislik jeolojisi özelliklerinin değerlendirilmesidir.

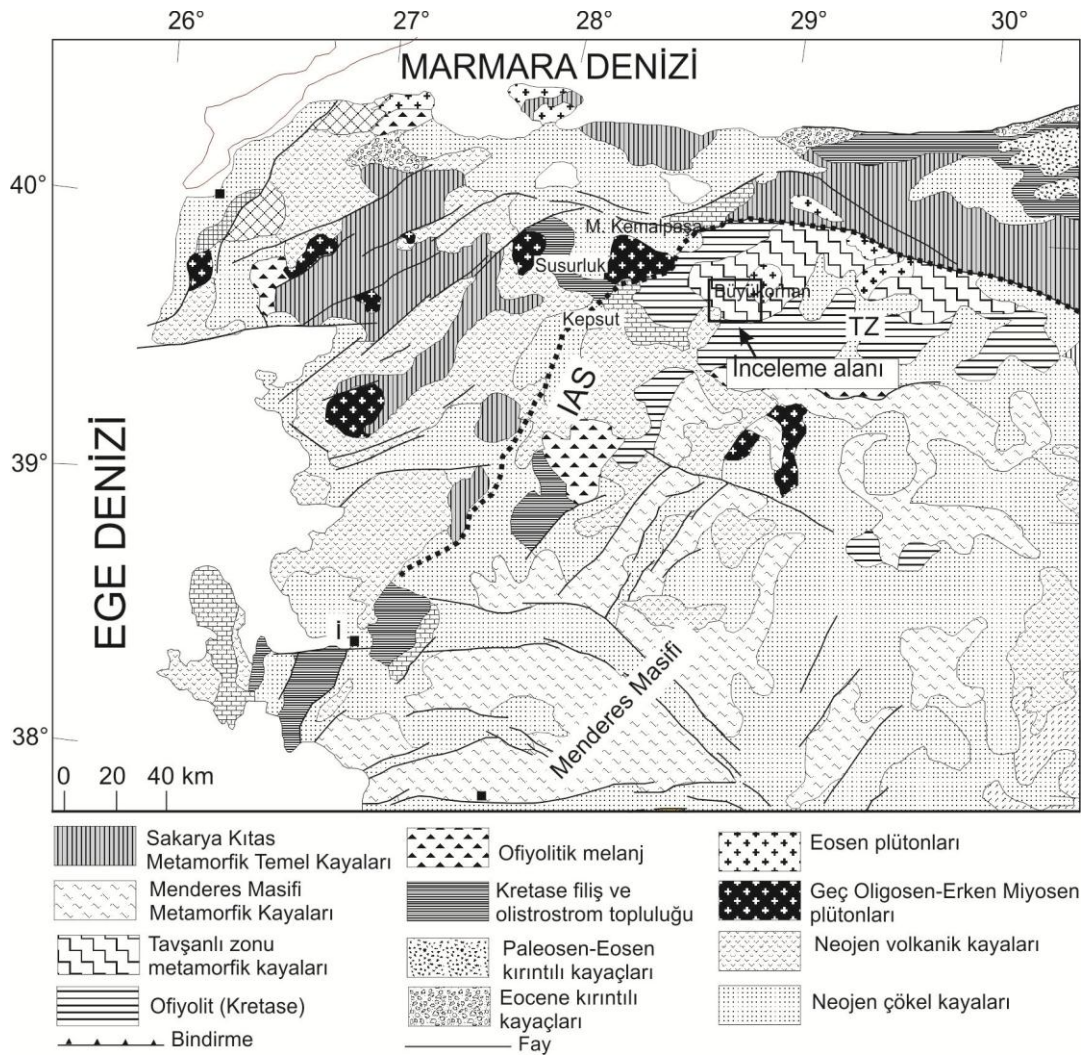
1.2.3 Büro çalışmaları

Büro çalışmaları ile öncelikle saha çalışmaları öncesinde çalışma alanının ve/veya konusunu kapsayan bilimsel çalışmalar ve raporlar derlenmiş ve incelenmiştir. Saha çalışmasının ardından Laboratuvar çalışmaları ile elde edilen analiz sonuçlarının bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Verilerin değerlendirilmesi için Microsoft Excel ve GCDkit 2.3. programlarından yararlanılmış, grafik çizimleri için CorelDRAW X5 bilgisayar programları kullanılarak yapılmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen saha, petrografi, tüm kaya jeokimya ve izotop verileri, Ar/Ar yaş verileri önceki çalışmalardan da yararlanılarak yorumlanmış ve tüm veriler İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tez yazım klavuzundan faydalanılarak Microsoft Word programı kullanılarak yazılmıştır

1.2 Çalışma Alanının Tanıtılması

1.2.1 Çalışma alanının konumu



Şekil 1.1 : Çalışma alanı ve jeolojisini gösterir harita (Yılmaz vd., 2001'den değiştirilmiştir) .

İnceleme alanı, Anadolu'nun kuzeybatı' sında 40° enlem ve 28°-30° boylamları arasında bulunmaktadır. Marmara Bölgesinin, Bursa ili sınırları içinde yer alır, Büyükorhan ve civarında yer almaktadır ve 1/25 000 ölçekli Kütahya paftasının İ21 c1 ve b4 paftasının sınırları içerisinde yaklaşık 80 km²'lik bir alanı kapsamaktadır

(Sekil 1.1). İnceleme alanı içerisinde Büyükorhan ilçesine bağlı Aktaş, Bayındır , Çakıryenice , Çeribaşı , Danacılar , Danaçalı, Ericek , Gedikler , Geynik , Karaağız, Karaçukur , Karalar, Zaferiye yerel yerleşim bölgeleri bulunmaktadır.

1.2.2 Morfoloji

Bursa ilinin yeryüzü şekillerini, birbirinden eşiklerle ayrılmış çöküntü alanları, Yüksek olmayan dağlar, yükseklikleri kimi yerde 1000 m'ye ulaşan ovalar oluşturur. Toprakların % 48'e yakını platolardan oluşmaktadır. %35' ini dağların kapladığı Bursa ili topraklarında, ovaların payı % 17 dolayındadır. Dağlar genellikle doğu-batı yönünde uzanan sıradağlar şeklindedir. Bunlar; Samanlı Dağları, Mudanya Dağları, Karadağ ve Marmara Bölgesinin en yüksek dağı olan Uludağ'dır. İlde en büyük yükselti 2543m ile Uludağ'dır. Bursa sınırları içinde iki önemli göl bulunmaktadır. Bunlardan biri Marmara Bölgesi'nin en büyük gölü olan İznik Gölü ve bir diğeri de Uluabat Gölü'dür. İlin en önemli akarsuyu Bursa Ovası'nı sulayan Nilüfer Çayı'dır. Bursa ili sınırları içinde birçok büyük ve verimli ova vardır. Bunlardan en önemlisi Bursa Ovası'dır. Ayrıca Yenişehir, İnegöl, Karacabey, Orhangazi ve İznik ovaları da önemli çöküntü alanlarındandır.



Şekil 1.2 : İnceleme alanından bir görünüş.

1.2.3 İklim

Bursa ilinin iklimi Akdeniz ile Karadeniz arasında bir geçiş niteliği göstermektedir. Kışların çok sert geçmediği ilde yaz dönemlerinde şiddetli bir kuraklık görülmemektedir. Ancak, iklim bölgelere göre de değişiklik göstermektedir. Kuzeyde Marmara Denizinin yumuşak ve ılık iklimine karşılık güneyde Uludağ'ın sert iklimi ile karşılaşmaktadır. İlin en sıcak ayları Temmuz - Eylül, en soğuk ayları ise Şubat - Mart'tır. 52 yıllık gözlem süresi itibarı ile yıllık ortalama yağış miktarı 70,6 cm.dir. İlde ortalama nispi nem % 69 civarındadır.

Büyükorhan ilçesinde de iklim Bursa'ya benzemektedir. Marmara Bölgesinin iklim özellikleri hüküm sürmekte olan ilçede, yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı geçer. Yazın en yüksek sıcaklık 30 – 35 °C, kışın ise ısı ortalama 4 – 6 °C'ye düşmektedir.

1.2.4 Bitki örtüsü

Bursa'nın bitki örtüsü iklim özelliklerine, arazinin yapısına göre değişiklikler gösterir. Dağların alt eteklerinde genellikle maki türü yeşillikler kaplı olup biraz daha yamaçlara çıkıldıkça kestane, ıhlamur, meşeliklerle kaplıdır. Uludağ'ın 1200 m'den yukarılarında köknar, karaçam ve ardıç ağaçları yer alır. İlimizin kıyıda uzak alanlık kesimlerinde otsu bitkiler de yer almaktadır. Genel olarak Bursa ilinin ormanlarında karaçam, kızılçam, sarıçam, köknar, ardıç, meşe, kayın, gürge, kestane ve çınar ağaçları bulunur. Fundalıklarında ise yabani zeytin, incir, kızılçık, böğürtlen, üvez, defne ve benzeri bitkiler yer almaktadır. İlçede alçak kesimlerde meşeler görülür iken yukarı kesimlerde karaçam ormanları bulunmaktadır. Aynı zamanda akdeniz bitki formasyonuna yakınlık teşkil eden halk adı ile "Yıvan" ormanaltı formasyonunu oluşturmaktadır. Kalıntı halinde kızılçam toplulukları gözlenmektedir. Aynı zamanda bozuk karaçalı ve orman gülleri orman altı formasyonunun diğer üyeleridir. Akarsu boyu formasyonu ise söğüt, karaağaç ve cevizler oluşturur.

1.2.5 Yerleşim yerleri

Bursa'da merkez ilçelerle beraber 17 ilçe ve 659 köy bulunmaktadır. İdari birimlerin birçoğu Osmangazi sınırları içerisinde kalmasına karşın sanayi kuruluşlarının birçoğu ve Uludağ Üniversitesi Nilüfer ilçesinde yer alır. Büyükorhan; ilçe merkezine bağlı; 1 belde, 37 köy ve 44 mahalleden oluşmaktadır. TÜİK 2008 Yılı Nüfus

Sonuçlarına göre; İlçe Merkezi Nüfusu 3423, Kınık Beldesi Nüfusu 1513, 37 Köyün toplam nüfusu 8606 olup ilçenin genel toplamı 13542'dir.

1.2.6 Ulaşım olanakları

İnceleme alanı Bursa ilinin Büyükorhan ilçesinde bulunup, Karaçukur köyü civarında bulunmaktadır. Büyükorhan ilçesi Bursa şehir merkezine 25 km uzaklıktadır. Bursa'ya en yakın havalimanı İstanbul havalimanıdır. Asfalt karayolları ve stabilize köy yolları sayesinde her mevsim bölgeye ulaşılır. İstanbul yönünden Yalova üzerinden, Bilecik-Eskişehir yönünden Yenişehir üzerinden ve güneybatıdan Balıkesir karayolu ile Bursa'ya ulaşılır.

2. STRATİGRAFİK JEOLJİ

“Stratigrafik Jeoloji” başlığı altında inceleme alanında mostra veren kaya birimlerinin özellikleri ile stratigrafik ilişkileri yaşlıdan gence doğru anlatılacaktır.

İnceleme alanında yer alan kaya stratigrafi birimleri yaşlıdan gence doğru aşağıda sıralanmıştır. Bunlar;

1- Temel Kayaları

2- Plütonik Kayalar

- Orhaneli granodiyoriti
- Çakıryenice Siyeniti
- Kenar Zonu Kayaları
- Damar Kayaları, (Aplit, Pegmatitler)

3-Hipabisal Kayalar (Adakitik Porfiri Daykları ve mafik sin-plütonik dayklar)

4- Volkanik Kayalar

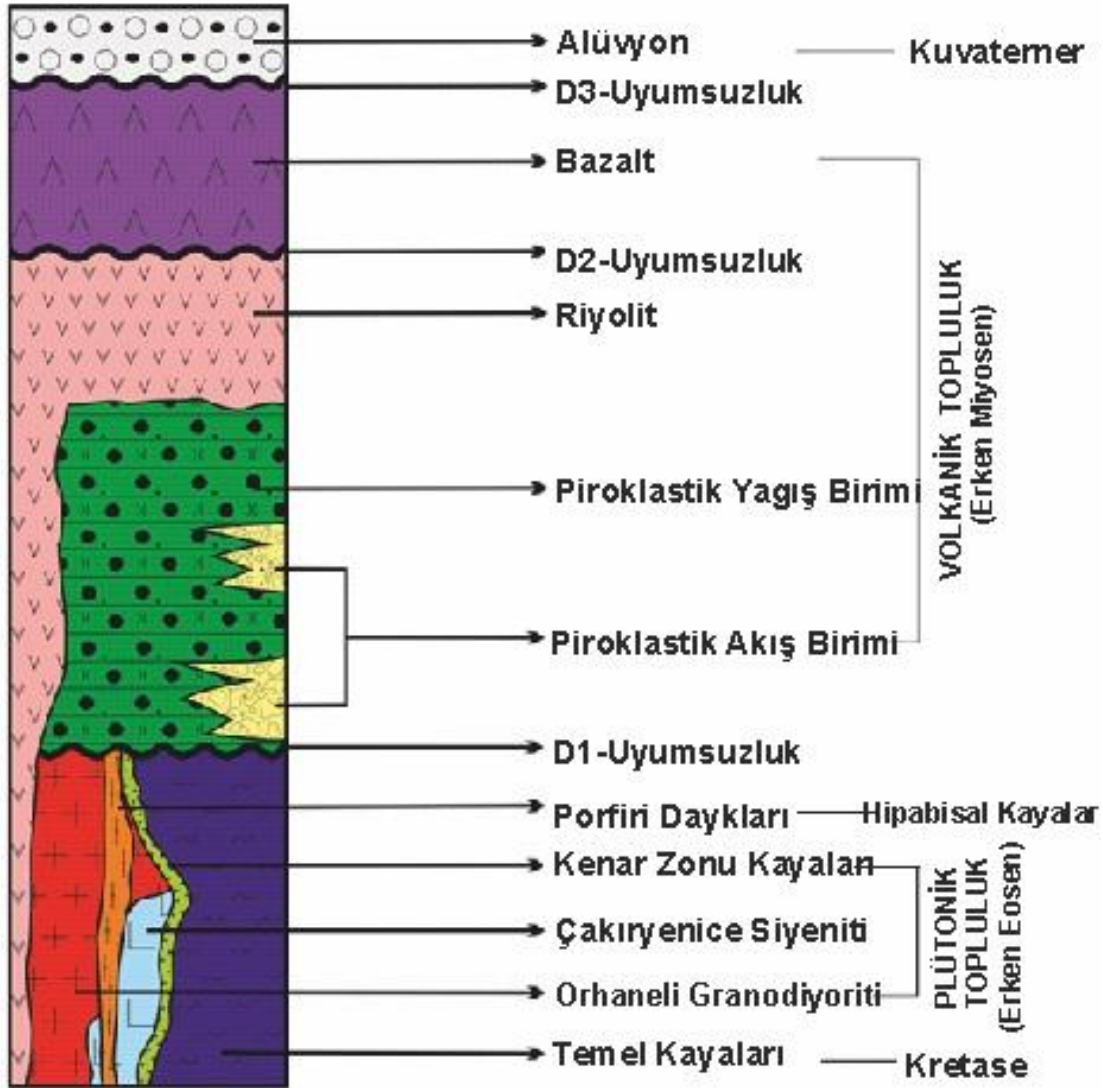
- Piroklastik Kayalar
- Riyolitler
- Bazaltlar

5-Alüvyon

İnceleme alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik kesit Şekil 2.1’de verilmiştir. Ayrıca birimler arasındaki stratigrafik ilişkilerin gösterildiği 2 adet enine kesit Ek B’de verilmektedir.

2.1 Temel Kayaları

Bu tez çalışmasında, bölgenin yaşlı temelini oluşturan ve Eosen yaşlı plütonik kayaları tarafından kesilen kaya topluluğu “Temel Kayaları” başlığı altında tanıtılacaktır. Özellikle inceleme alanın batısında ve güneyinde yüzlek veren Temel Kayaları geniş alanlar arasında izlenir.



Şekil 2.1 : İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.

İnceleme alanında yaygın mostra veren birimin egemen litolojisini mikaşist ve mermerler oluşturur. Mikaşistler olasılıkla istifin alt kesimlerinde yer alır. Tipik mostraları inceleme alanının güneyde Karalar köyü batıda ise harita alanı dışında Geynik köyü civarında yer alır. Birim açık yeşil, grimsi renklidir, çok iyi yapraklanmalıdır. Mikaşistler, özellikle haritalanan alanının doğusunda bulunan Gedikler köyünün kuzey ve doğusunda izoklinal kapalı ve devrik kıvrımlar sergiler. El örneğinde muskovit, kuvars, klorit $\pm$ biyotit mineralleri gözle tanınır. Gedikler civarında mikaşistler ince kalkşist düzeyleri ile ardalıdır. Karbonat içeriğinin arttığı düzeylerde istif yerini önce kalkşist, daha sonra yapraklanmalı, orta kalın

katmanlı beyaz renkli iri kristalli mermerlere bırakır. Özellikle porfiri sil ve daykları ile kesilmektedirler (Şekil 2.2).

Mikaşist serisinin üzerine gelen ve oldukça kalın olan mermer serisi beyaz ve açık gri renklerde olup iri bloklar halinde gözlenmektedir (Şekil 2.3). Kalın katmanlı mermerlerin üst düzeylerinde çört bantları ve nodülleri görülmeye başlar. Bu düzeylerden sonra mermerler alttakilere göre daha ince katmanlı ve ince taneli olmaya başlar. İlişkileri net olarak görülemese de, çörtlü mermerlerin yanıl eşdeğerleri, inceleme alanının güney doğusundaki Gedikler köyü civarında mostra veren pembe-kırmızımsı renkli, orta katmanlı plastik deformasyon yapıları sergileyen ve ince çört bantları içeren mermer ve kalkıştlerdir. Bu pembe mermerlerin arasında gri-mavimsi renkli, parlak yüzeyli, sık aralı yapraklanmaya sahip, yumuşak, elle ufalanır nitelikte klorit-mika şistler yer almaktadır. Bu istifin mikaşist ve kalın katmanlı mermer düzeyleri muhtemelen kıtasal ve platform tipi karbonatlarla deneştirilebilir.



Şekil 2.2 : Temel Kayaların konumuna uyumlu olarak yerleşmiş porfiri sili.



Şekil 2.3 : Karaçukur Köyü güneyinde yer alan mermer istifi.

Daha üstte yer alan çörtlü ve daha ince katmanlı seviyeler ise, platform ortamının giderek derinleştiğine işaret eder. İstifin yanal devamındaki pembe renkli kireçtaşları ve ince taneli şist arakatkıları olasılıkla bu platformun okyanus tarafındaki kıta yamacı birimlerine karşılık gelir.

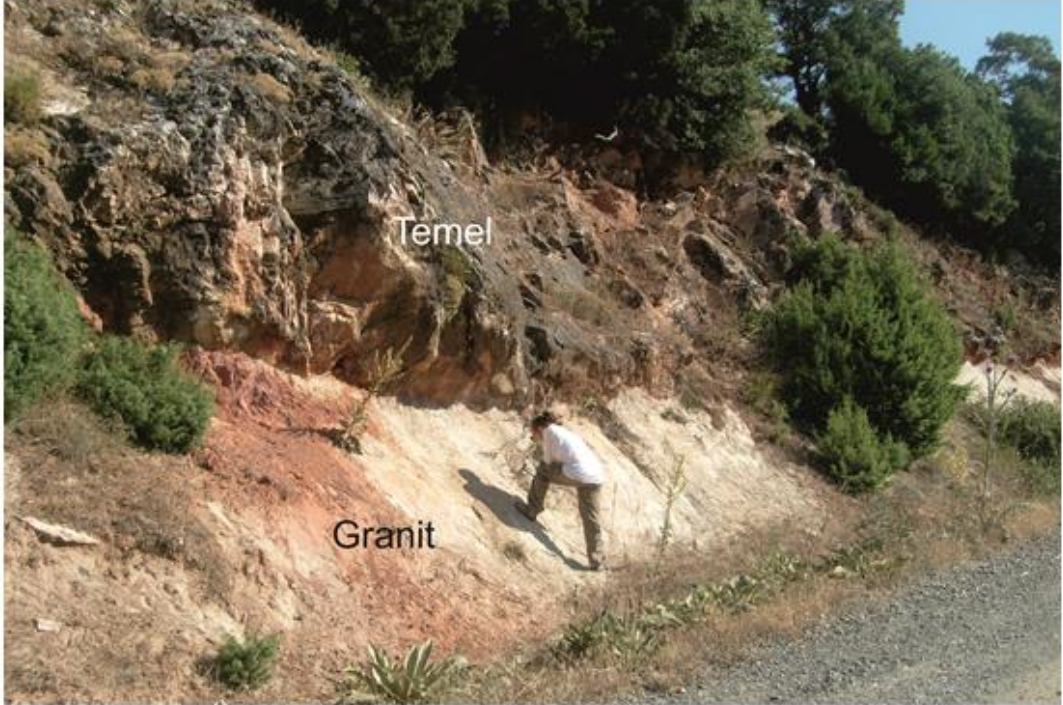
Mavişist istifi Okay (1984)'ın Tavşanlı zonu mavişist kuşağı kayalarının eşdeğeridir. Okay (1984) birimin oluşum yaşını Jura-Alt Kretase olarak vermekte olup, birimi Toros karbonat platformunun, kuzeye Neo-Tetis okyanusuna bakan pasif kıta kenarı birimleri olarak yorumlamıştır. Birimin metamorfizma yaşı için olasılıkla Turoniyen sonrası-Orta Eosen aralığı verilmektedir (Okay, 1989).

Formasyonun tümü rekristalize olduğundan ilksel özellikleri tamamen kaybolmuştur ancak Okay (2009)'de sözü geçen formasyonun (Kocasu Formasyonu) litolojik özelliklerinden metamorfizma öncesi kumtaşı-şeyl araldanmasından oluştuğundan bahsedilmektedir. Mikaşistlerin çökelme yaşı Ordovisyan ve Permo-Karbonifer, ayrıca formasyonun yaşı da Erken-Orta Triyas olarak tespit edilmiştir (Okay ve diğerleri, 2008). Temel kayaları Eosen yaşlı plütonik topluluk ve porfiri daykları ile intrüzif olarak kesilir ve Alt Miyosen yaşlı volkanik kayalar tarafından uyumsuzlukla örtülür (Şekil 2.3,2.4, 2.5). Erken-Orta Eosen'de Orhaneli granodiyoriti ve

Çakıryenice siyeniti Temel kayalarının içine sokulmuş ve onları kontak metamorfizmaya uğratmıştır.



Şekil 2.4 : Porfir Daykı ve temel kayaları arasındaki intrüzif dokanak.



Şekil 2.5 : Orhaneli granodiyoriti üzerinde “roof pendant” (tavanda asılı kalmış) niteliğindeki Temel Kayaları.

2.2 Plütonik Kayalar

Plütonik kayalar, inceleme alanında Kuşlar ve Ericek köyleri civarında geniş alanlar kaplar ve inceleme alanında mostra veren en yaygın kaya grubudur. Bu grup Orhaneli Plütunu'nun bir parçası olan Orhaneli granodiyoriti, Çakıryenice Siyeniti, Kenar Zonu Kayaları ve Damar Kayalarından oluşur. İnceleme alanında geniş bir alan kaplayan Plütonik Kayaların, Temel Kayalarını kesmekte ve volkanik birimler tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir.

2.2.1 Orhaneli granodiyoriti

Genellikle granit, tümler miktarda granit-granodiyorit bileşimli olan plütonik kayalar Orhaneli granodiyoriti olarak adlandırılmıştır. Birimin tipik mostraları özellikle Kuşlar köyü ve çevresinde yaygın olarak izlenir. Orhaneli granodiyoriti ince-orta taneli, gri renkli, çoğunlukla lökokrattır (Şekil 2.6). Genellikle holokristalen porfirik dokuludur, yer yer mikrogranüler doku da sergilemektedir. İnceleme alanında bulunan granitlerde arenalaşma ve küresel ayrışma yaygındır (Şekil 2.7). Kenar zonunda aplogranit bileşimli kayalara geçer.



Şekil 2.6 : İnceleme alanındaki Plütonik Topluluğun en yaşlı üyesi Orhaneli granodiyoriti.



Şekil 2.7 : Orhaneli granodiyoritinde arenalaşma ve küresel Ayırışma Bakış Yönü: Batı.

Birim güney kesimlerde bolca magmatik ve metamorfik anklav içerir. Büyüklükleri değişken olan magmatik anklavlar özellikle inceleme alanın güneydoğusunda daha yaygındır. Genellikle mikrogranüler dokulu, mafik magmatik anklavlardır. Monzodiyorit ve diyorit bileşimlidirler ve Didier ve Barbarin (1991)'in “mafik mikrogranüler magmatik anklav” tanımına uyar (Şekil 2.6, 2.8). Magmatik anklavlar genellikle yuvarlak ya da lensoidal (uzamış) şekilde görülürler. Mafik magmatik magma anklavların boyutları birkaç santimden birkaç metreye değişir. Aynı bileşimdeki sinplütonik dayklara da sıkça rastlanır. (Şekil 2.9). İnceleme alanında metamorfik anklavlara da, mafik magmatik anklavlar gibi çeşitli boylarda ve şekillerde rastlamak mümkündür. (Şekil 2.10). Orhaneli granodiyoriti aplit ve pegmatit daykları ile sıkça kesilir. (Şekil 2.7). Orhaneli granodiyoriti Temel kayalarını intrüzif dokanakla kesmekte, aplit daykları ve hipabisal porfiri daykları ile kesilmektedir. Ayrıca inceleme alanının kuzeyinde Belpınar dağı civarında volkanik birimler tarafından uyumsuzlukla örtülür.

Orhaneli granodiyoritinin bir üyesi olduğu Orhaneli Plütону'nun yaşı Harris vd. (1994) tarafından yapılan Ar-Ar yaş tayinine göre 48-53 my (Alt-Orta Eosen)'dir.



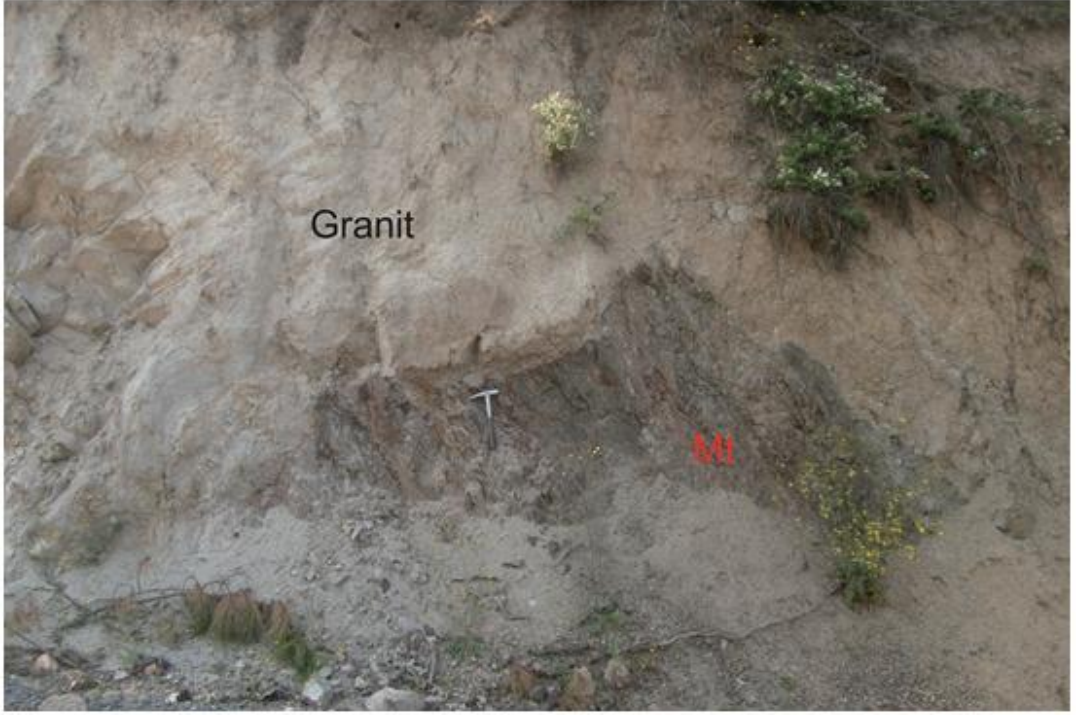
Şekil 2.8 : Orhaneli granodiyoriti içerisindeki mafik magmatik anklav (MMA).



Şekil 2.9 : Orhaneli granodiyoriti içinde gözlenen Diyorit bileşimli sinplütonik dayk.

2.2.2 Çakıryenice siyeniti

Yaygın olarak inceleme alanının güneyinde bulunan ve tipik mostraları Çakıryenice köyü civarında gözlenen siyenitik kayalar Çakıryenice siyeniti olarak adlandırılmıştır.



Şekil 2.10 : Orhaneli granodioriti içerisindeki metamorfik anklav (Mt). Bakış Yönü Kuzey Batı.

Çakıryenice Siyeniti'nin yaygın mostra verdiği alanlar Çakıryenice köyü doğusu ve Karalar Köyü Kuzeyidir. Bununla birlikte Kuşlar Köyü civarında da siyenit mostralalarına rastlanmıştır.

Birim genel olarak siyenit bileşimli olmakla birlikte kuvars-siyenit, alkali feldispat-siyenit ve monzosiyenit bileşimli kayalara da bu grup içinde rastlanmaktadır. Faneritik olan kayalar, özellikle pembemsi, grimsi renkleri ile diğer birimlerden ayrılırlar (Şekil 2.11, 2.12). Orta- iri taneli olan siyenitler genellikle granüler ya da holokristalen porfirik doku sergiler. Özellikle porfirik dokulu örneklerde feldispat megakristalleri Çakıryenice siyeniti için tipiktir.

Çakıryenice Siyeniti , Orhaneli granodioriti ile girik ilişkiler sergilemektedir (Şekil 2.12). Bazı alanlarda siyenitik kayalar, Orhaneli granodioriti, bazı alanlarda ise Orhaneli granodioriti ait apofizler ve dayklar Çakıryenice siyenitini kesmektedir. Her iki birim de aplit daykları ve hipabisal kayalarla kesilir, volkanik kayalar tarafından uyumsuzlukla örtülür. Bu veri Çakıryenice Siyeniti'nin Orhaneli granodioriti ile eş yaşlı (Erken-orta Eosen) olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.11 : Orhaneli granodiyoriti ile Çakıryenice Siyeniti arasındaki intrüzif dokanak.



Şekil 2.12 : İnceleme alanında mostra veren siyenitik kayaların uzaktan görünümü.

2.2.3 Kenar zonu kayaları

Kenar zonu kayaları aplogranit ve mikrogranitler ile temsil edilir. Bu kayalar Orhaneli granodiyoriti ile metamorfik temel kayaları arasındaki dokanak zonu

boyunca yanal yönde uzun mesafelerde izlenebilen, kalınlığı değişken bir kuşak oluşturur (Ek A). Mikrogranitler ince taneli dokusu ve aplogranitler ise mafik mineral içermemesi, açık rengi ile Orhaneli granodiyoritinden ve Çakıryenice siyenitinden kolaylıkla ayırt edilir. Mikrogranitler gri-açık gri renkli, homojen ve mikrogranüler dokuludur. Dokanak zonunda mikrogranit ile ana granit gövdesi girik ilişkiler sergiler. Dokanaęa doğru, ana granitten tane boyunun incelmesi ile tedricen mikrogranite geçilir. Bu zon boyunca mikrogranitler ince aplogranit sokulumları ile sıkça kesilmektedir. Aplogranitler haritalanamayacak ölçekte olmaları nedeniyle mikrogranitlerle birlikte kenar zonu kayaları olarak haritalanmıştır. Kenar zonu kayaları özellikle inceleme alanının batısında bulunan Geynik köyü öncesinde güzel mostralar vermektedir (Şekil 2.13). Kalınlıkları birkaç metre olan bu zonun uzunluğu yaklaşık 3 km'dir. Orhaneli granodiyoriti ile girik ilişki sergileyen kenar zonu kayaları Temel kayaları ile dokanağı keskindir. Kenar zonu kayalarının içerisinde birkaç santimden birkaç metreye değişen metamorfik anklavlar mevcuttur (Şekil 2.13). Diyorit/gabro bileşimli mafik sinplütonik dayklarla sıkça kesilir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 : Mafik sinplütonik dayk (MSD) tarafından kesilen ve Metamorfik Anklav (Mt) İçeren Mikrogranit (MkG). Bakış Yönü: Batı.

2.2.4 Damar kayaları

İnceleme alanında yaygın şekilde bulunan damar kayaları özellikle plütonik kayalar ve temel kayalarını bolca kesmektedir. Mostra kalınlıkları ve genişlikleri birkaç

metreyi geçmeyen damar kayaları pegmatitler ve aplitler şeklinde iki gruba ayrılmıştır. Plütonik kayalar ve Temel kayalarını dayk ve dayk kümeleri halinde kesen damar kayaları plütonik kayalarla eş yaşıdır (Altunkaynak, 2007).

İnceleme alanında çok yaygın olarak gözlenen aplit dayklarının en önemli özellikleri beyazdan beje değişen renkler sergilemesi ve ince taneli olmasıdır. Plütonik birimleri kesen aplit dayklarının genişlikleri 10 ile 50 cm arasında değişmektedir (Şekil 2.14). İnceleme alanında bulunan hipabisal nitelikli kayalar dayklar ve silller halinde metamorfik ve plütonik kayaların içine yerleşmişlerdir. Bunlar plütonik kayalara benzer şekilde diyoritten granodiyorite ve siyenite kadar değişen farklı bileşimler sergilemektedir. Ancak farklı bileşimdeki bu kayalar ortak dokusal özellikler sunar. Bunlar holokristalen porfirik dokuludur, bu nedenle arazide porfiri daykları olarak adlandırılmıştır. Mikrogranüler ince taneli matriks içerisindeki fenokristaller saha çalışmalarında rahatlıkla gözle görülebilmektedir (Şekil 2.15).



Şekil 2.14 : Orhaneli granodiyoriti ve birbirini kesen farklı yönlerdeki aplit daykları. Bakış Yönü: Kuzey.

Matriks yer yer kriptokristalen dokudadır. Bazı örneklerde bu mineraller mikroskop altında incelenebilecek boyuttadırlar. Fenokristaller genellikle alkali feldispat (sanidin) ya da plajyoklastır. Porfir dayklarının siyenit, kuvars-siyenit, monzonit, kuvars-monzonit ve granodiyorit bileşimindedir. İnceleme alanında ki mostra

kalınlıkları yaklaşık olarak 1 ile 3 metre arasında, genişlikleri ise 2-10 metre arasında değişmektedir. Porfiri daykları özellikle düzenli kırık ve çatlak sistemleriyle kolayca fark edilmektedir. Genellikle lökokrat olan ve bej, yeşil ve gri renklerde gözlenen porfir daykları (Şekil 2.16); biyotit, amfibol gibi mafik minerallerin arttığı örneklerde mezokrat hatta yer yer melanokrat olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.17). Porfiri daykları granit, siyenit ve metamorfik temel kayalarını intrüzif olarak keser (Şekil 2.16, 2.17, 2.18).

2.4 Volkanik Kayalar

İnceleme alanında yaygın mostra veren diğer bir magmatik kaya grubu volkanik kayalardır. Volkanik kayalar özellikle inceleme alanının kuzeyinde yaklaşık 6 km²'lik bir alan kaplar. Plütonik Kayaları ve Temel Kayalarını uyumsuzlukla örter ve bölgedeki en genç magmatik aktiviteyi temsil eder. Bileşimleri ve yaşları farklılık gösteren bu kayalar bu çalışma kapsamında Piroklastik Kayalar, Riyolitler ve Bazaltlar olarak tanıtılacaktır.



Şekil 2.15 : Siyenit Porfirilerdeki Feldispat Megakristalleri (Fp).



Şekil 2.16 : Temel Kayaları içine sokulan Porfiri Daykı. Bakış Yönü: Doğu.



Şekil 2.17 : Temel kayaları içerisine sokulan, küresel ayrışma gösteren Porfiri Daykı. Bakış Yönü: Batı.



Şekil 2.18 : Orhaneli granodiyoriti kesen Porfir Daykısı. Bakış Yönü: Kuzey Batı.

2.4.1 Piroklastik kayalar

Erken Miyosen volkanizması ilk evrede felsik piroklastik kayalar üretmiştir. Bunlar inceleme alanında piroklastik yağış ve akma birimleri ile temsil edilir. Başlıca kum, çakıl ve bloklardan oluşan alüvyon depozitleri, baraj yerinde nehrin her iki tarafında görülmektedir

2.4.1.1 Piroklastik yağış birimleri

İnceleme alanındaki piroklastik yağış ürünleri riolitik lavların tabanlarında genel olarak yataya yakın konumlu, katmanlanma gösteren patlamalı volkanizmanın ürünleridir. İçindeki bileşenlerin (litik eleman, pumıs, kristal ve cam) yoğunluğuna göre adlandırılan tüfler yer yer farklı lav akıntıları ve piroklastik akma birimlerinin arasında ince ara düzeyler şeklinde de izlenmektedir. Patlamalı volkanizmanın ilk ürünleri olarak gelişen tüfler riolitlerin taban seviyelerinde kalın düzeyler şeklinde izlenmektedir. Birim genel olarak beyaz-krem renkli, kül yağmuru birikimi, pumıs- kül yağmuru birikimi, vitrik tuf ve litik tuf litolojilerinden oluşur.

Piroklastik yağış birimleri katmanlanmanın yanı sıra, ters derecelenme ve ondülasyonlar sergilerler (Şekil 2.18, 2.19). Yağış birikimleri genellikle homojen değildir. Bunlar egemen olarak pumıs, daha az oranda da cam parçaları ve kristal

içerir. Kül yağmuru birikimleri genellikle ince seviyeler halindedir. Kül yağmuru birikimleri beyaz-pembemsi renklidir. Kaya egemen olarak volkanik kül ve kristalden, az oranda da pumisten oluşur. Volkanik kül matriks içindeki kuvars, feldispat ve biyotit kristalleri gözle seçilebilmektedir. Bunlar diğer piroklastik yağış birimlerine göre daha iyi ve ince katmanlıdır. Kaya iyi boylanmıştır ve pek çok alanda derecelenmiştir.

Birimde pumis miktarının artması ile pumis-kül yağmuru birikimlerine geçilmektedir. Pumis kül yağmuru birikimleri, beyaz-grimsi renkli, kötü ancak belirgin katmanlı olup, katman kalınlıkları 40-50 cm arasında değişmektedir. Pumis grupları ve daha az orandaki lav parçaları volkanik kül, kristal ve volkanik camdan oluşan matriks içinde serpilmiş olarak bulunmaktadır. Pumis gruplarının çapları 1-5 cm arasında değişmekte olup, küresel-elipsoidal biçimdedir. Pumis gruplarının arasındaki kül gereci ile iç içe bulunan kristaller feldispat, kuvars, biyotit ve hornblenddir. Lav parçaları genellikle riyolit ve perlitlerden derlenmiştir. Pumis kül yağmuru birikimleri iyi boylanmış ve pumis grupları ters derecelenmiştir. Böyle kesimlerde pumislerin boyutu tabandan tavana dereceli olarak irileşir.

Kül yağmuru birikimlerindeki litik elemanların artması; volkanik kül matriks içinde riyolit bloklarının artması ile tedricen kül-blok yağmuru birikimlerine geçilir. Kaya parçaları genellikle yarı yuvarlak, köşelidir. Katmanlanma belirgin olup, orta-kalın tabakalıdır. Katman kalınlıkları yer yer 1-1.5 m'ye ulaşmaktadır. Litik elemanların azaldığı alanlarda pumis tüfler izlenmektedir. Beyaz renkli kristaller, pumisler ve kül matriksden oluşan pumis tüfler dayanımsız dağınık düzeyler oluşturmaktadır.

2.4.1.2 Piroklastik akma birimleri

Çalışma alanında sınırlı alanlarda izlenen piroklastik akıntı ürünleri kaynaklı (ignimbrit) ve kaynaklı akıntılar olmak üzere iki grupta toplanmıştır. Kaynaklı akıntılar; inceleme alanının kuzeyinde ve güneydoğusunda yaygın olarak izlenir. İnceleme alanında izlenen akıntılar pumisli 5-20 cm. çaplı lav blokları içeren pumis-kül matriksli bir akıntıdır. Bunlar köşeli, az yuvarlanmış, riyolit, perlit, obsidiyen çakıllı (max. 15cm. Ortalama 3-5cm) bol beyaz renkli yuvarlak pumisli tüf matrikslidir.(Şekil 2.22, 2.23). İgnimbritleri oluşturan kaynaklı akıntılar genellikle domların yamaçlarında; kuzeyde Belpınar Dağının yamaçlarında ve güneyde Karalar Köyünün doğusunda, tipik mostraları izlenir (Şekil 2.21).



Şekil 2.19 : Çobantaşı Tepesi de gözlenen yatay tabakalı Piroklastik Yağış Birimi.



Şekil 2.20 : Ondüleli yapı sergileyen Piroklastik Yağış Birimi.

Bu alanlarda Piroklastik akma birimlerinin bir kesimini oluşturan sıcak akıntılar (ignimbritler) volkanik istifin üst kesimlerinde egemen olmaktadır. İnceleme alanının güneydoğusunda ignimbritler sütlü kahve renkli cam matriksli, beyaz basılmış pumisli, az litik elemanlı yer yer siyah fiammelidir. Bengi Dağı civarında ise beyaz renkli, az basılmış pumisli köpük akıntıları niteliğindedir.



Şekil 2.21: İgnimbritlerin sahadaki görünümü.



Şekil 2.22 : Pumis Akıntısı ve Kül -blok Akıntısı Bakış Yönü: Kuzey.



Şekil 2.23 : Belpınar Dağı eteğindeki Pumis Akıntısı Bakış Yönü: Kuzey Doğu.

2.4.2 Riyolitler

Riyolitler belirgin lav akıntıları halindedir. Genellikle pembemsi renklerde olup camsı özelliktedir. Hamur genelde felsitik-camsıdır. Riyolitler volkanik istifin tabana yakın farklı seviyelerini kesen dayklar ve bunlarla bağlantılı lav akıntıları halindedir. Camsı ve yer yer perlitik özelliktedir. Riyolitler morfolojide küçük tepecikler oluştururlar ve yayvan bir görünüm sunarlar.

Çalışma alanında yaygın olarak gözlenen diğer bir birim ise perlitik akıntılardır. Perlitler gri-koyu gri renkli, camsı, çok bol konkoidal perlitik kırıklıdır. Kırıkların yoğunluğu nedeniyle kaya aşırı kırılmalı-dışılmalıdır.

Riyolitler yer yer domlar oluşturur. Dom şeklinde bulunan kesimlerde mostra kalınlıkları da oldukça fazladır. İnceleme alanının batısında bulunan Karaçukur ve Ericek Köylerinde dom yapısı sunan riyolitler, kuzeyde Belpınar Dağı ve güneyde İncirtuzlası Tepesinde lav akıntısı şeklindedir (Şekil 2.24, 2.25). Riyolitler tabanda yer alan piroklastik kayaçların üzerinde lav akıntıları halinde gözlenmektedir ve bazaltlar tarafından da diskordansla örtülmüşlerdir. Riyolitlerden elde edilen K-Ar yaşları 19.4 ± 0.5 My 'dır (Altunkaynak 2007). Bu da riyolitik lavların Alt Miyosen yaşında olduklarını göstermektedir.



Şekil 2.24 : İncirtuzlası Tepesi riyolitik lavlarda gözlenen akma bantları.

2.4.3 Bazaltlar

İnceleme alanında mostra veren mafik lavlar, felsik volkanik kayaların üzerinde yer alır ve nispeten daha genç volkanik aktiviteyi temsil eden mafik, afanitik ve



Şekil 2.25 : Ericek Riyolit lav akıntısı

cürufumsu bazalt lavları ile temsil edilir. Mafik lavlar genel olarak dayklar şeklinde, seyrek olarak da Belpınar civarında ve inceleme alanının kuzeybatısında olduğu gibi lav akıntıları halinde görülürler (Şekil 2.26). Koyu gri, siyahımsı, koyu mor renkli, yaygın olarak vesiküler ve amigdaloidal dokular sergilemektedirler. Koyu renkleri, cürufumsu görünüşleri ve stratigrafik konumları ile diğer lavlardan kolaylıkla ayrılırlar. Bazaltik lavlar, temel kayaların, plütonik kayaların ve felsik piroklastik kayaların üzerine genellikle bir taban akıntısı seviyesi ile gelmektedirler (Şekil 2.27). Bazı alanlarda dike yakın kolonsu soğuma çatlakları sergilerler. Koyu gri ve siyahımsı renklere sahip bu lavlar arazi çalışması sırasında melanokrat olarak tanımlanmıştır. Bu özellikleri saha çalışmasında kolayca tanınmasını sağlamıştır. Akma yapılarına sahip lavların akma düzlemleri ölçülerek akma yönünün kuzeybatı olduğu saptanmıştır.

Kuzeyde riyolit ve piroklastik akma birimlerini örten bazaltlar batıda Orhaneli granodiyoriti ve Piroklastik Yağış Birimini örtmektedir. İnceleme alanında yer alan

bazaltlardan elde edilen K-Ar yaşları 18.8 ± 0.6 ve 17.5 ± 0.6 My'a (Alt Miyosen) karşılık gelmektedir (Altunkaynak 2007).



Şekil 2.26 : Belpınar Dağı eteğinde mostra veren bazaltik lav akıntıları.



Şekil 2.27 : Çobantaşı tepesi civarında gözlenen Bazalt lavlarına ait taban akıntısı. Bakış Yönü Güney Batı.

2.5 Alüvyon

Gevşek, birbiriyle tutturulmamış, kil-silt-kum, çakıl ve bloklu seviyelerinden oluşur. Birim Kuvaterner yaşlı olup inceleme alanının güney batısında konumlanan Ericek Deresi boyunca gözlenir.

3. MAGMATİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

Magmatik kayaçlar önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi plütonik, hipabisal ve volkanik kayaçlardan oluşur. Bu çalışmanı konusu adakitik porfiriler olduğu için petrografi bölümünde porfiri nitelikli Hipabisal kayalar ve yine Eosen yaşlı ve porfirilerin ilişkili olduğu Plütonik kayaların ve damar kayalarının petrografik özelliklerinden bahsedilecektir. Bu gruplara ait kayaçların petrografik özellikleri aşağıda ayrı başlıklar halinde tanıtılmaktadır.

3.1 Plütonik Kayaçların Petrografik Özellikleri

Plütonik kayaçlar mineral bileşimleri ve dokusal özellikleri göz önüne alınarak 4 ayrı başlık altında incelenmiş ve tanıtılmıştır. Bunlar: Orhaneli granodiyoriti ,Çakıryenice Siyeniti, Kenar Zonu Kayaları, Damar Kayaları'dır.

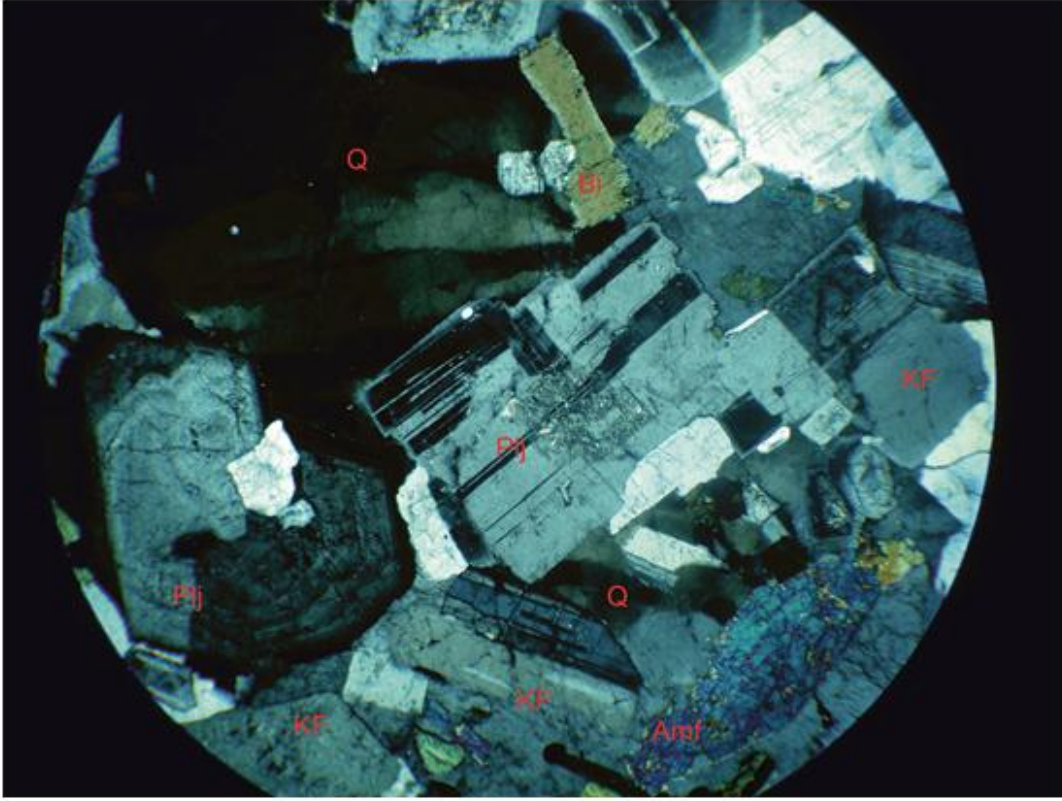
3.1.1 Orhaneli granodiyoriti

Orhaneli granodiyoriti üzerinde yapılan petrografik incelemeler egemen olarak granit bileşimli olan birimin yer yer tümler miktarda alkali granit bileşimi sergilediğini de ortaya koymuştur. Orhaneli granodiyoritinin ana mineral yüzdelerinin ortalama değeri;

Granit: % 35-45 Kuvars, %30-40 K-feldispat, %20-35 Plajioklas, %10-20 biyotit-amfibol'dür. Bu ana minerallere aksesuar mineralleri olarak titanit, zirkon ve opak mineraller eşlik eder.

Alkali granit; % 35-50 Kuvars, % 85-90 K-feldispat, %7-10 Plajioklas (oligoklas), %1-5 Biyotit, Amfibol'dür. Aksesuar mineralleri apatit, titanit ve opak minerallerdir.

Genel olarak holokristalen granüler (Şekil 3.1) ve yer yer porfirik dokuludurlar. Bu grupta yer alan kayaçlarda ayrıca poiklitik, pertitik, kümülofirik, mirmekitik, mikrografik dokular da gözlenmiştir. Orhaneli granodiyoriti ait minerallerin özellikleri aşağıda tanıtılmaktadır.



Şekil 3.1 : Orhaneli granodiyoritinde gözlenen holokristalen hipidiyomorfik granüler doku (4X, ÇN, Kesit No:10).

Kuvars: Kuvars kristalleri incelenen birim içerisinde fenokristalen şekilde bulunabildiği gibi ksenomorfik, küçük kristallere de rastlanmıştır. İnce kesitte daima renksiz olan kuvars dilinim göstermez. Pleokrizması yoktur ve röliyefi düşüktür. Paralel sönme gösteren kuvarslar özellikle deforme örneklerde dalgalı sönme gösterir. Grafik dokulu örneklerde K-feldispatlarla aynı optik yönelime sahip kristaller şeklinde iç içe gelişir. Mirmekitik dokulu kayalarda ise K- feldispat ile plajiolklas sınırında gelişen, küçük solucan, kurtçuk şekilli kuvars oluşumları plajiolklas ile alkali feldispat dokanağında gelişir ve yer yer K-feldispatın içine körfezimsi biçimde girerler.

K-Feldispat: K- feldispatlar ince kesitte renksizdir. Kuvarslarla birlikte daha önce oluşmuş olan minerallerin arasını doldururlar. Alterasyondan etkilenen K-feldispat örnekleri serisitleşme ve killeşme nedeni ile toprağımsı bir görünüm sergilerler ve bu yönüyle kuvarstan kolayca ayrılırlar. Genellikle ortoklazla temsil edilir.

Özellikle iri kristalleri pertitik doku ve bol kapantılı poiklitik doku sergilerler. K-Feldispatlar kendisinden önce oluşan mineralleri inklüzyon olarak içine alır.

Plajiolklas: Farklı oranlarda bölgede bulunan tüm plütonik kayalarda bulunurlar. Yaygın olarak polisentetik ikiz ve zonlanma sergilerler. Albit kanununa göre olan ikizlerden ölçülen sönme açılarının yardımı ile anortit yüzdesi An₂₆₋₂₈ (oligoklas) olarak adlandırılmıştır.

Biyotit: Biyotit kahverengi ve sarı pleokrizma renkleri gösterir. Genellikle idiomorfik ve hipidiyomorfik kristaller halindedir. Opak mineral inklüzyonları, içerir. Altere örneklerde kloritleşme görülürken bunun yanı sıra deformasyona bağlı bükülmelerde mevcuttur.

Amfibol: Biyotite göre daha az oranda bulunan amfiboller yaklaşık yeşil - yeşilimsi kahverengi – sarımsı kahverengi renklerde kuvvetli pleokrizma gösterir. Altıgen özşekilli ve ~120°'lik dilinim açısıyla kolaylıkla tanınır. Kloritleşme yaygındır.

Aksesuar mineralleri titanit ve opak mineraller, ikincil mineraller ise serisit, klorit, kalsit ve ikincil kuvarstan oluşur.

3.1.2 Çakıryenice siyeniti

Çakıryenice Siyeniti başlığı altında toplanan plütonik kayalar genellikle siyenit bileşimlidir. Ayrıca kuvars-siyenit, alkali feldispat-siyenit ve monzosiyenit bileşimlere sahip kayalarda saptanmıştır. Farklı modal bileşimleri aşağıda verilen bu kayaların petrografik özellikleri beraber tanıtılmaktadır.

Siyenit: % 65-75 K-feldispat, % 20-30 Plajiolklas, % 0,1-5 Kuvars, %5-20 Biyotit, Amfibol, ±Piroksen, %2-5 Aksesuar Mineralleri (titanit, granat, ± opak mineraller)

Kuvars-Siyenit: % 65-80 K-feldispat, % 15-30 Plajiolklas, % 12-18 Kuvars, %5-20 Biyotit, Amfibol, Piroksen, % 1-3 Aksesuar Mineraller (titanit, zirkon, granat, opak mineraller).

Alkali Feldispat Siyenit: % 88-95 K-feldispat, % 5-8 Plajiolklas, % 5-8 Kuvars, % 5-10 Biyotit, Amfibol, Piroksen ve %0-3 Aksesuar Mineralleri (titanit, granat, ± opak mineraller).

Monzosiyenit: % 70-80 K-feldispat, % 20-30 Plajiolklas, %0,1-2 Kuvars, % 5-15 Biyotit, Amfibol, Piroksen ve % 3 Aksesuar Mineralleri (titanit, granat, ± opak mineraller).

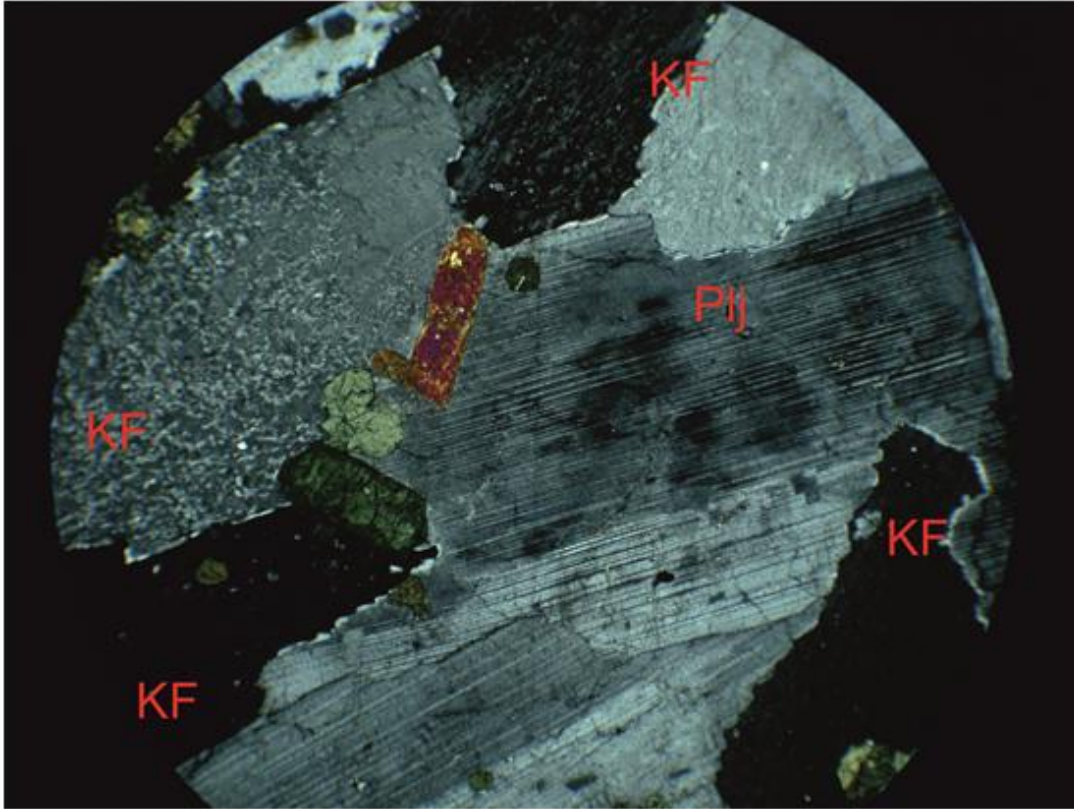
Ayrıca siyenitik bileşimli bu grupta kalsit, epidot, serisit gibi ikincil mineraller de yaygın şekilde gözlenmektedir.

Siyenitik kayalar genellikle hipidiyomorf holokristalen granüler (Şekil 3.2) ve yer yer porfirik dokudadır. Bu kayalarda gözlenen en yaygın mineral dokusu K-feldispatlarda gelişen pertitik (Şekil 3.3) dokudur.

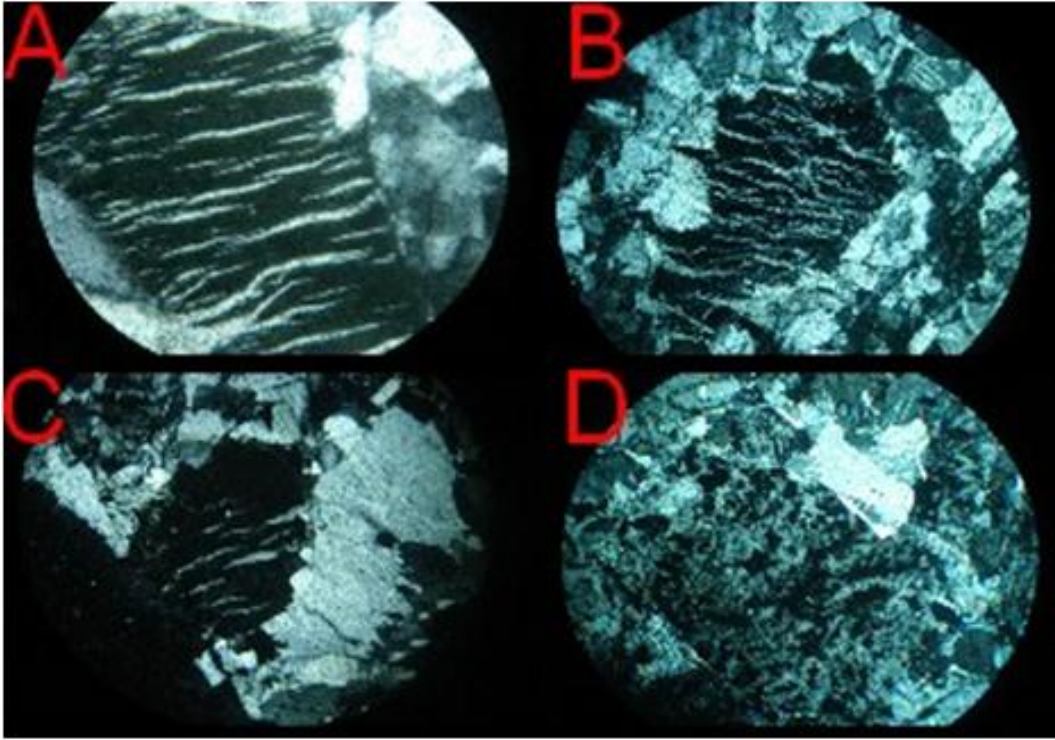
Çakıryenice Siyeniti grubunda yer alan kayalarda yer alan minerallerin özellikleri:

K-Feldispat: Ortoklaz ile temsil edilir. Genellikle iri kristaller halindedir. Ortoklaz içinde albit lamelleri oluşturan pertit dokusunun; ipliksi, şerit, çubuksu ve yama (Şekil 3.3) şeklinde türleri mevcuttur.

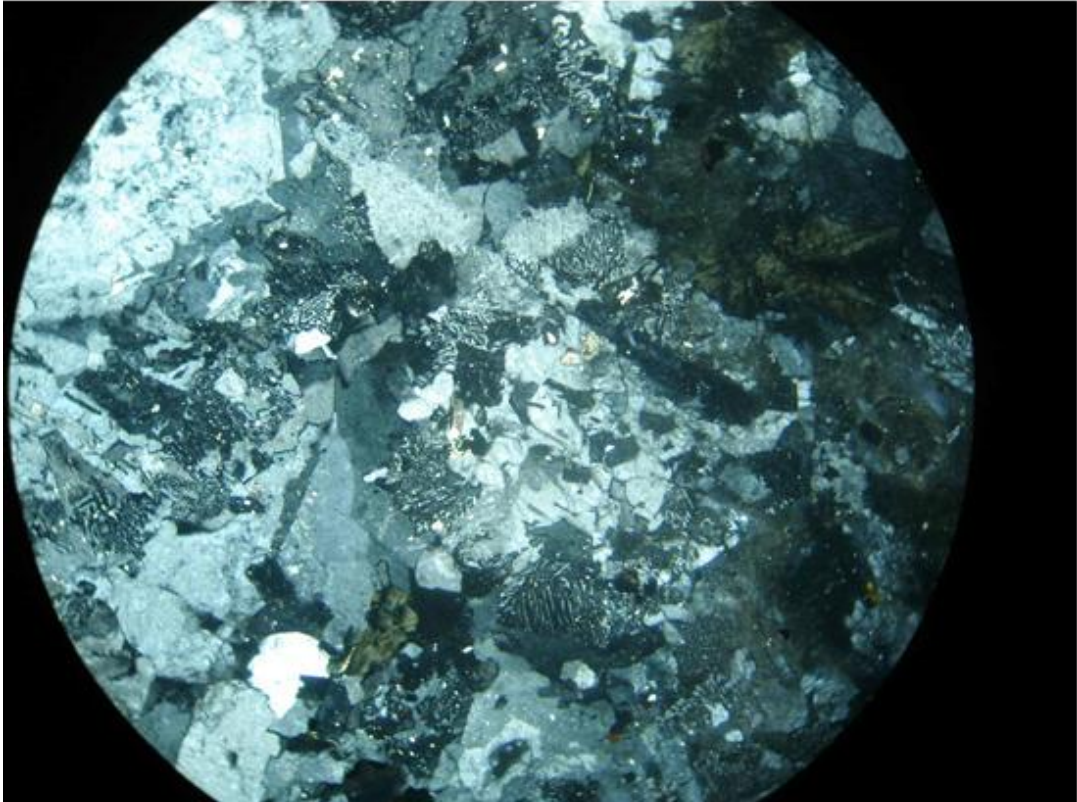
İri ortoklaz kristalleri plajioklas, piroksen gibi kendinden daha önce oluşmuş olan tüm mineralleri içine alarak poiklitik dokuyu oluşturur. Serisitleşme bu örneklerde de sıkça görülen alterasyondur.



Şekil 3.2 : Çakıryenice Siyeniti'nde gözlenen holokristalen hipidiyomorfik granüler doku (4X, ÇN, Kesit No: 71).



Şekil 3.3 : Çakıryenice Siyenitinde K-feldispatlarda gözlenen pertitik dokular (10X, ÇN, Kesit No: 60a).



Şekil 3.4 : Çakıryenice Kuvars Siyenitindeki mikrografik doku (4X, ÇN, Kesit No: 72).

Plajioklas: Kesitlerde renksiz, düşük rölyefli ve pleokrizması yoktur. Polisentetik ikizlenme çok yaygın olup zonlu örneklerle rastlamak mümkündür. Kayaçlardaki mevcut plajioklasların bileşimleri sönme açıları tayini ile oligoklaz olarak saptanmıştır.

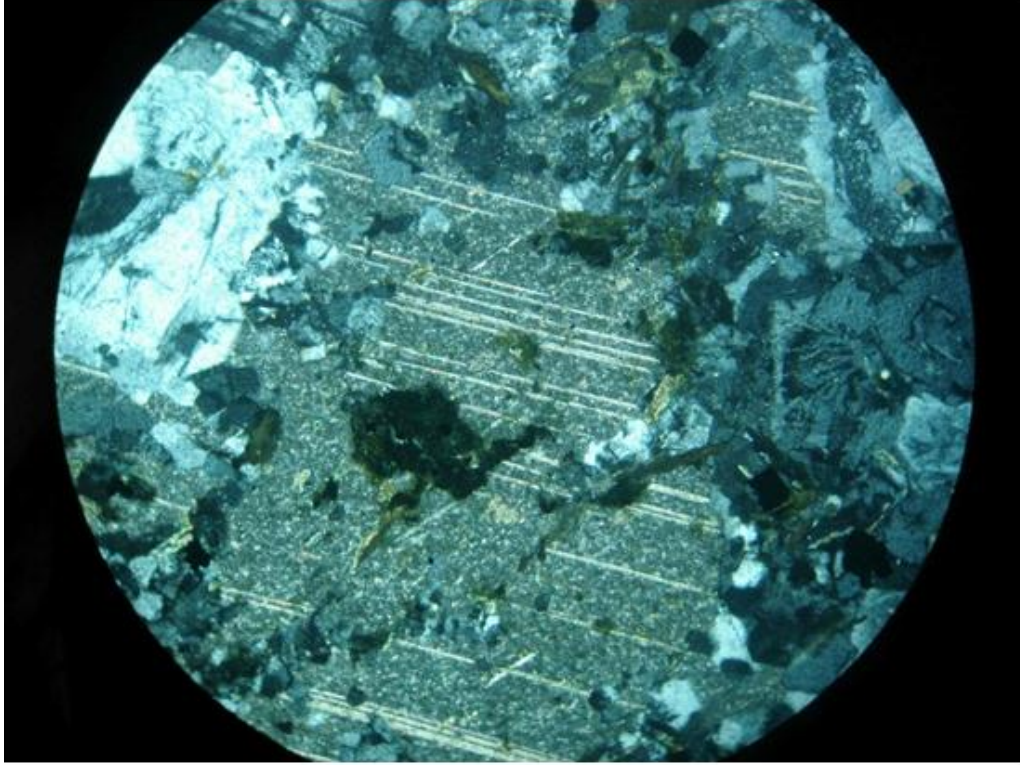
Kuvars: Kuvars siyenitlerde gözlenir, siyenitlerde ise eser miktarda bulunur. Kataklastik deformasyondan etkilenmiş örneklerde dalgalı sönme göstermektedirler.

Amfibol: Amfiboller genellikle tek nikolde yeşil-yeşilimsi kahverengi – sarımsı kahverengi renklerde kuvvetli pleokrizma gösterirler. Özellikle alterasyonu az olan kristallerde altıgen formu ve $\sim 120^\circ$ 'lık dilinim açısıyla karakteristik özellikleri rahatça tanınmakta ve biyotit ve piroksen minerallerinden kolayca ayrılmaktadır. Basit ikizlenme gösteren kristallerine de nadiren rastlanır. Zirkon, granat ve özellikle titanit ile opak mineralleri kapantı şeklinde içerdikleri gözlenmiştir. En çok izlenen alterasyon mineralleri ise kloritleşme, epidotlaşma ve opasitleşmedir.

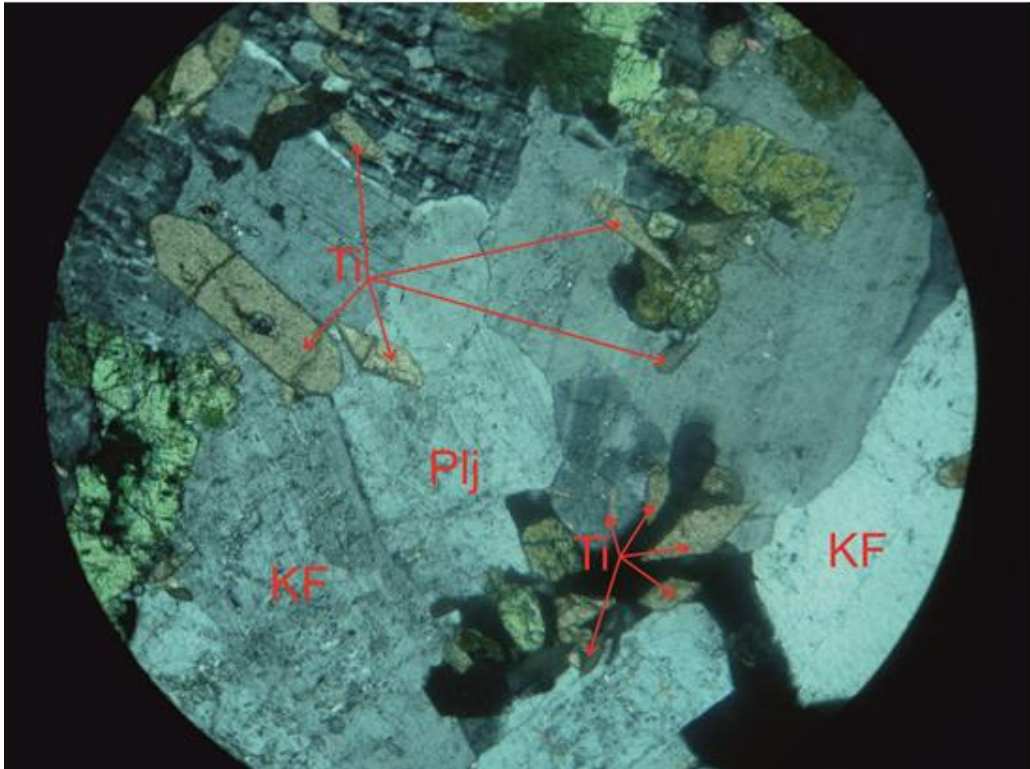
Biyotit: Biyotitler amfibollere göre daha az oranda siyenitlerde bulunur. Genellikle idiomorfik ve/veya hipidiyomorf kristaller halindedirler. Levhamsı şekle sahip olup tek yönde mükemmel dilinim sergilemektedir. Altere örneklerde yaygın şekilde kloritleşme ve opasitleşme gözlenmektedir. Ayrıca kesitlerde biyotitler amfibol mineralleriyle beraber özellikle de plajioklas ve K-feldispat mineralleri içerisinde kapantı şeklinde de bulunmakta ve poiklitik dokuyu oluşturmaktadır.

Piroksen: Amfibol ve biyotite göre daha az bulunurlar. Piroksenler ince kesitlerde soluk yeşil ve kahverengi tonlarındadır. Genellikle idiomorfik ve hipidiyomorfik kristaller halinde gözlenirler. Öz şekilli kristalleri sekizgen formu ile kolaylıkla tanınır. Zayıf pleokrizma gösteren piroksenler birbirine neredeyse dik, orta iyi gelişmiş dilinim izleri göstermektedirler. Piroksenlerin çok olduğu kesitlerde yüksek girişim renkleri, dilinim izleri ve bazı örneklerde sekiz köşeli oluşu ile amfibollerden ayırt edilir niteliktedirler.

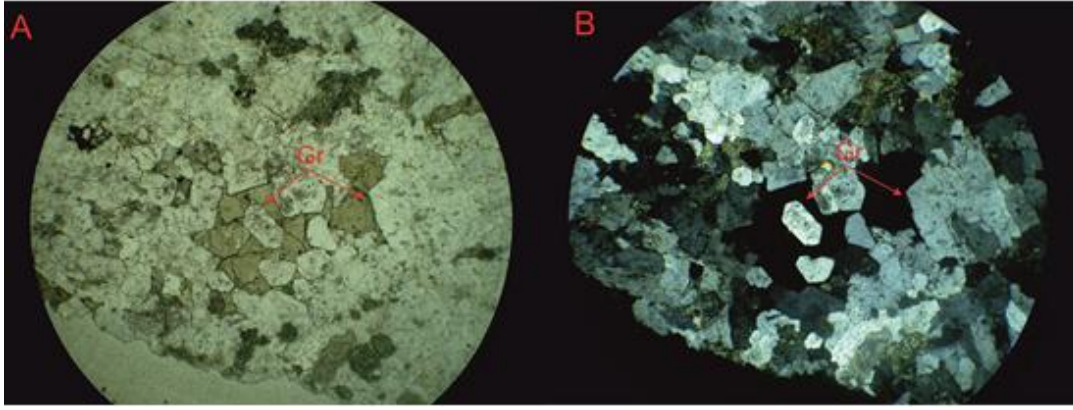
İkincil Mineral olarak en çok gözlenen mineraller epidot, kalsit (Şekil3.5) ve klorittir.



Şekil 3.5 : Çakıryenice Siyenitinde ikincil mineral olarak Oluşan kalsit minerali (4X, ÇN, Kesit No: 70).



Şekil 3.6 : Çakıryenice Siyenitinde özşekilli titanit (Ti) mineralleri ve K- Feldispat (KF) (4X, ÇN, Kesit No: 71).



Şekil 3.7 : Çakıryenice Siyenitindeki granat (Gr) minerali (4X, ÇN, Kesit No:70).

4.2.3 Kenar zonu kayaları

Kenar zonu kayaları olarak adlandırılan ve temel kayaları ile Orhaneli granodiyoriti arasında ince bir kuşak halinde bulunan kayalar 3 farklı tür ile temsil edilir. Bunlar egemen olarak mikrogranitler ve aplogranitlerden oluşur.

Petrografik incelemeler sonunda granit, granodiyorit bileşiminde olduğu belirlenen kayaçlar genellikle çok ince taneli olup mikrogranüler ya da porfirik doku (Şekil 3.8) sergilemektedirler. Bu nedenle sahada ve petrografik olarak mikrogranit olarak adlandırılmışlardır.

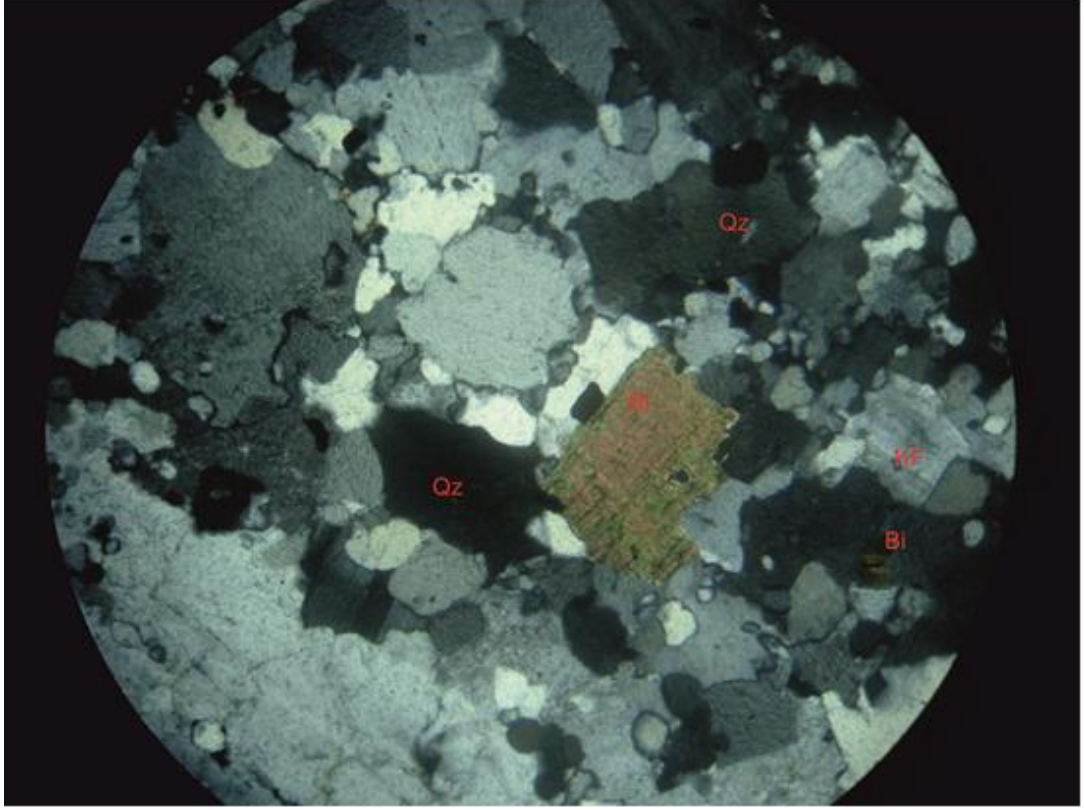
Modal bileşim analizi ile % 30-50 Kuvars, % 25-40 Plajiolklas, % 35-70 K-feldispat, % 10-15 Amfibol, Biyotit, $\pm$ Piroksen ve Aksesuar Mineralleri (opak mineraller, titanit, zirkon olduğu saptanmıştır).

Kuvars: Özellikle porfirik örneklerde korozyona uğramış yuvarlanmış ve körfezlenmiş taneler halinde görülür. Mikrogranüler örneklerde ise küçük ksenomorfik taneler halindedir. Deforme örneklerde dalgalı sönme göstermektedir.

K-Feldispat: Kuvarslarla birlikte ksenomorfik taneler halinde bulunur. Optik işaretleri kuvarstan kolayca ayrılabilirlerken, plajiolklaslardan yaygın olarak gösterdikleri karlsband ikizi ile ayrılmaktadırlar. Ortaklaz olarak bulunan K-feldispatlar yer yer pertitik doku sergiler.

Plajiolklas: Albit-periklin kanununa göre ikizlemiş polisentetik ikizlerin yaygın olması yanı sıra zonlanma da gösterirler. Genellikle hipidiyomorfik ve idiyomorfik kristaller olarak gözlenirler.

Biyotit: Mikrogranitlerde yaygın olarak bulunan mafik mineral biyotittir. Genelde levhamsı şekilde bulunan biyotitler yer yer hamur içinde küçük ksenomorfik taneler halinde de gözlenebilir. Deforme örneklerde bükülmeler ya da klorite dönüşümler gözlenebilmektedir.



Şekil 3.8 : Kenar zonu kayalarına ait felsikçe zengin mikrogranit. Kuvars (Qz), K-Feldispat (KF), Biyotit (Bi) mineralleri görülmektedir (10X, ÇN, Kesit No: 52).

Amfibol: Mikrogranitlerde bulunun diğer bir mafik mineral gözlenen mafik mineral amfibollerdir. Amfiboller çoğu felsik mineralin aksine özşekillerini korumuştur. Yer yer kloritleşme gösterirler.

Piroksen: Biyotit ve amfibole göre çok az miktarda bulunan piroksen minerali sekizgen şekli ve düşük pleokrizması ile tanımlanmış, özşekli gözükmeyen örneklerde ise yuvarlak şekli ve birbirine dik dilinime sahip oluşu ile tanınmaktadır.

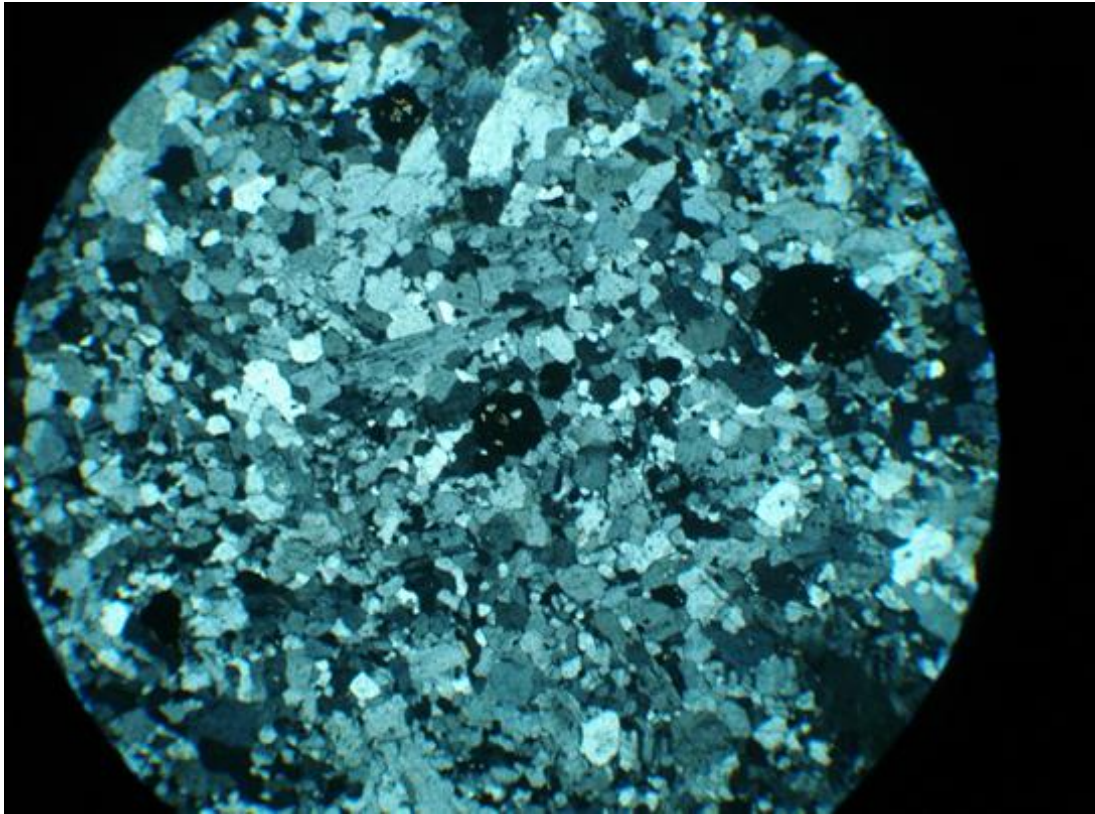
Aksesuar mineraller olarak bolca titanit, biyotit mineralleri içinde zirkon kapanımları, az miktarda granat ve bolca opak mineral bulunmaktadır.

3.1.4 Damar kayaları (Aplit daykları)

Çalışma alanında yaygın bulunan Aplitlerin petrografik incelemeler sonucunda sınıflandırılmışlardır. Çalışma alanında bulunan Aplit Dayklarında saptanan ana mineral yüzde oranları aşağıdaki gibidir.

% 45-60 Kuvars, % 45-60 K-feldispat, % 5-10 Plajiolas, % 0,1-3 Biyotit ve % 1 Aksesuar Mineralleri olarak az oranda titanit ve opak mineraller içermektedir (Şekil 3.11).

Aplit daykları genellikle holokristalen mikrogranüler dokuludur. Dayklara ait minerallerin özellikleri kestikleri kayalarla ait minerallerle benzerlik göstermekte olup içerdikleri mafik mineral oranı % 3'ü geçmemektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.9 : Mafik mineral içermeyen ince taneli tanesal dokulu Granit Aplit Daykı (4X, ÇN, Kesit No:11).

3.2 Hipabisal Kayalar (Porfiri daykları)

3.2.1 Mafik sin-plütonik dayklar

Kenar zonunda mikrogranitler sıkça diyoritik dayklarla kesilmektedir. Bu mafik dayklar genellikle holokristalen mikrogranüler veya zayıf porfirik doku sergiler.

(Şekil 3.12, 3.13). Modal analize göre; % 70-80 Plajioklas, % 15-20 Amfibol, Piroksen, Biyotit, % 5-10 K-feldispat. Aksesuar mineralleri opak mineraller, titanit ve zirkondur. Mikro Diyorit/Gabro bileşimli kenar zonu kayalarının mineralojik özellikleri aşağıda kısaca anlatılmaktadır.

Plajioklas: Kayaçların ana mineralini oluşturan plajioklaslar genellikle hipidiyomorf ve/veya idiyomorfudur (Şekil 3.12, 3.13). Plajiyoklazların anortit içeriği diyorit bileşimli kayaçalarda oligoklaz–andezin iken, gabro bileşimli kayaçlar ise labrador bileşimindedir. Polisentetik ikizlenme yaygındır.

Amfibol: Plajioklaslardan sonra yaygın olan diğer bir mineral amfiboldür. Prizmatik altıgen veya çubuksu olan amfibollerde yaygın basit ikizlenme gözükmemektedir (Şekil 3.12, 3.13).

Piroksen: Gabro bileşimli kayaçların ana mafik bileşenini oluşturan piroksenler genellikle klinopiroksendir. Doğal ışıkta soluk sarımsı-yeşilimsi renk sergiler.

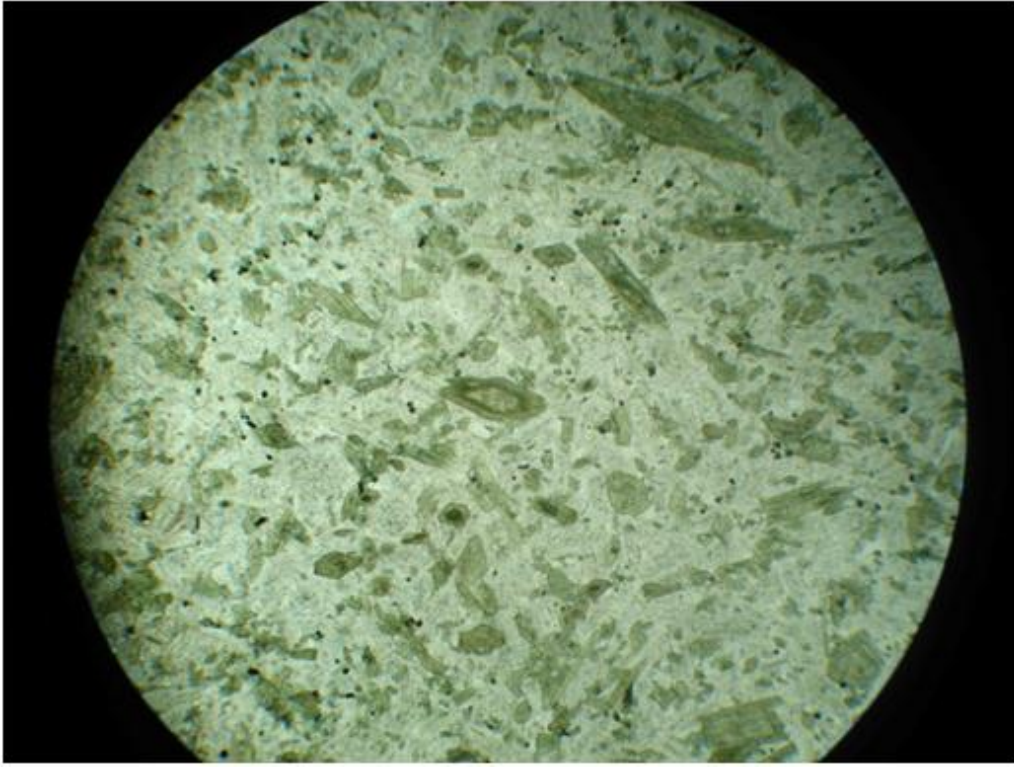
Biyotit: Diyoritik kayaçalarda diğer kayaçalara göre daha yaygın olan biyotit daha çok kısa çubuksu formlarda bulunur ve tipik tek yönde dilinimi ile kolayca tanınmaktadır.

Gabro bileşimli kayalarda zirkon titanit gibi aksesuar mineraller gözlenmezken opak mineraller tali mineral olarak yer almaktadır. Diyoritik kayaçlar titanit, zirkon gibi tali minerallerin yanı sıra gabrolar gibi opak minerallerde mevcuttur.

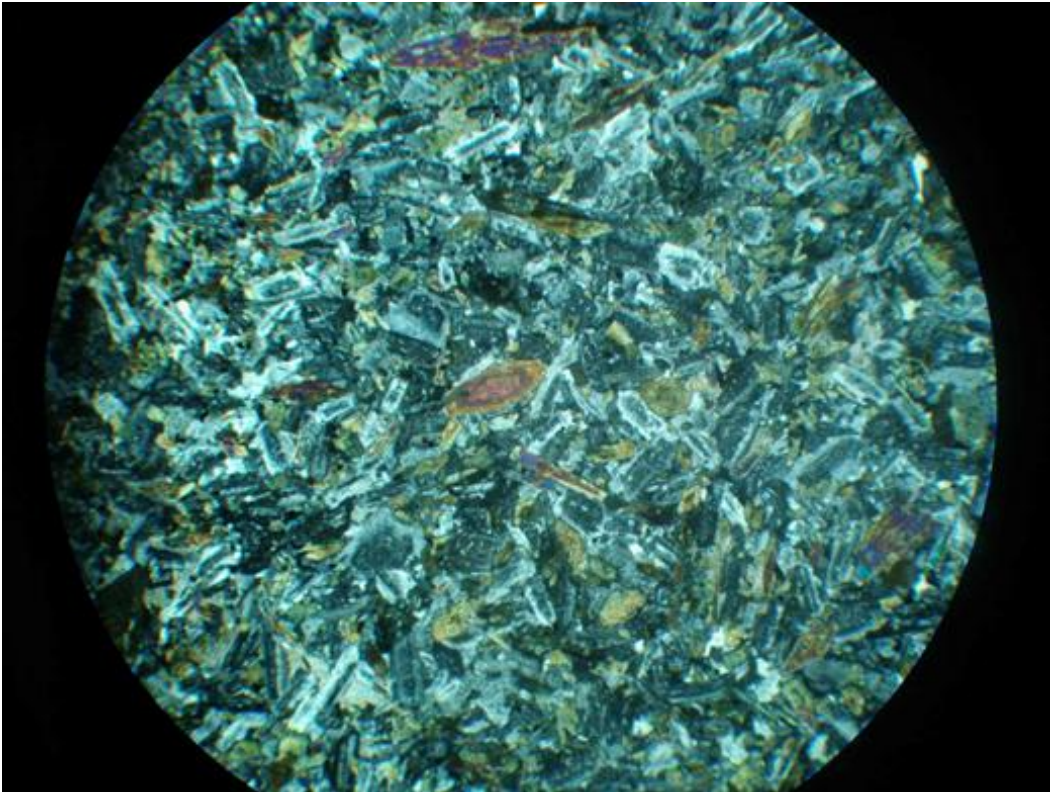
3.2.2 Porfirileritler (porfiri daykları)

Porfiriterin ortak özelliği hepsinin ince taneli holokristalen, mikrogranüler porfirik dokuya sahip olmalarıdır (Şekil 3.14, 3.15). Bu nedenle gerek saha çalışmaları gerekse petrografik çalışmalarla porfiri daykları ya da porfirit olarak adlandırılmışlardır.

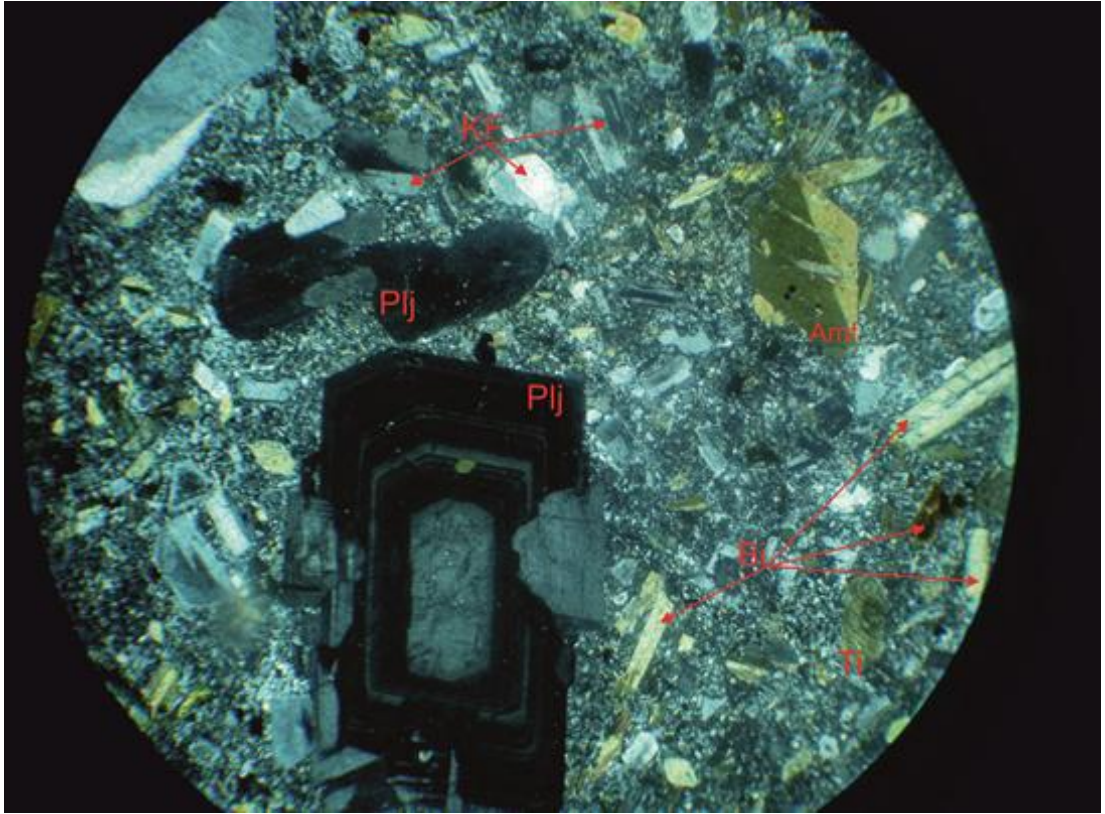
Genelde amfibol ve plajioklas kristaller fenokristaller halindedir. Bunları bir arada tutan hamur ise yine holokristalen ancak mikrokristalen ya da kriptokristalen özelliktedir. Bileşimlerine göre siyenit, kuvars-siyenit, monzonit, kuvars-monzonit porfir şeklinde değişmektedir. Bunların yanı sıra kuvars-monzodiyorit porfirlerde mevcuttur.



Şekil 3.10 : Mikrodiyorit bileşimine sahip kenar zonu kayası (4X, TN, Kesit No:100b)



Şekil 3.11 : Mikrodiyoritlerin mikroskoptaki görünümü (4X, ÇN, Kesit No:100b)



Şekil 3.12 : Monzonit porfirlerde gözlenen porfirik doku; Kesitte ayrıca Özşekli amfibol(Amf) zonlu plajioklas(Plj), K-feldispat(KF), çubuksu biyotit (Bi) ve aksesuar mineralleri(Ti) göstermektedir.(4X, ÇN, Kesit No: 17).

Siyenit Porfir % 60-70 K-feldispat, % 20-35 Plajioklas, % 1-5 Kuvars, %5-20 Biyotit, Amfibol, %2-5 Aksesuar mineralleri (titanit ve opak mineraller). Kuvars-Siyenit Porfir: % 65-80 K-feldispat, % 20-30 Plajioklas, % 5-15 Kuvars, %5-20 Biyotit, Amfibol, % 1-3 Aksesuar mineraller (titanit ve opak mineraller). Monzonit Porfir: % 45-55 K-feldispat, % 45-55 Plajioklas, % 0,1-3 Kuvars, % 3-10 Biyotit, Amfibol, % 3 Aksesuar mineralleri (titanit, granat ve opak mineraller).

Kuvars-Monzonit Porfir: % 45-55 K-feldispat, % 35-50, Plajioklas, % 5-15 Kuvars, % 10-20 Biyotit, Amfibol, Piroksen ve % 3 Aksesuar mineralleri (titanit, granat ve opak mineraller).

Kuvars-Monzodiyorit Porfir: % 55-75 Plajioklas, % 15-30 K-feldispat, % 10-20 Kuvars, % 15-25 Biyotit, Amfibol, Piroksen ve % 3 Aksesuar mineralleri (titanit, granat ve opak mineraller). Tüm bu farklı bileşimdeki porfiri kayalarında yer yer,

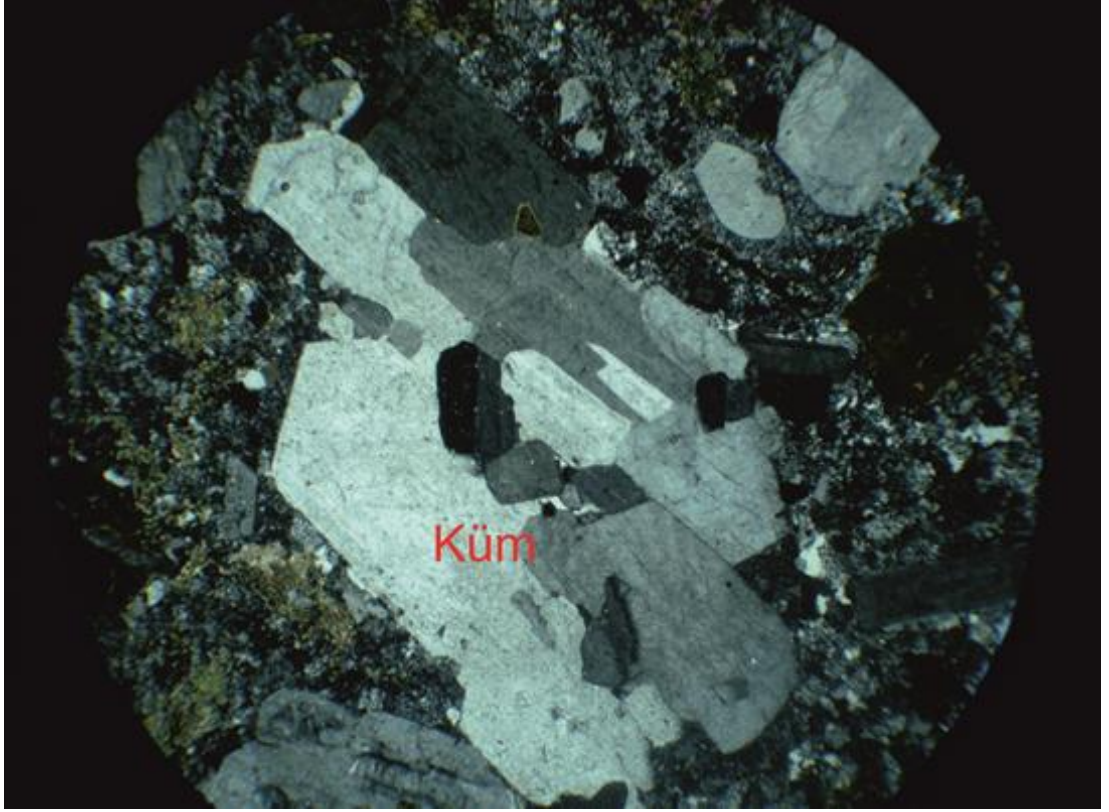
Schiller yapısı (Şekil 3.18), pertitik, mirmekitik, poiklitik, granofirik ve korozyon (reaksiyon) dokuları (Şekil 3.17,3,20) mevcuttur.



Şekil 3.13 : Porfir dayklarındaki kriptokristalen matriks ve plajioklas(Plj), çubuksu Biyotit(Bi) ve Alkali Feldispat(KF) fenokristalleri ile belirgin porfirik Doku (4X, ÇN, Kesit No: 59).

Bazı örnekler kojenetik anklavlar içerir (Şekil 3.19). Ayrıca kümülofirik (glomerofirik-glomeroporfirik) dokular da izlenir.(Şekil 3.16), Porfiri dayklarında yaygın gözlenen kümülofirik doku bir diğer adıyla glomerofirik doku çeşitli minerallerin bir araya gelip kümelenmesi ile oluşur. İnceleme alanında glomerofirik diye adlandırılan aynı büyüklükteki kümelerin yanı sıra, farklı büyüklüklerde kümelenmiş minerallerin oluşturduğu glomeroporfirik doku da mevcuttur. İnküzyonların fenokristallerin dış zonunda yoğunlaşarak, dilinim yüzeylerine ve/veya zonlanma düzlemlerine paralel olarak dizilmeleri Schiller yapısı olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3.18). İnküzyonlar küçük özşekli fenokristaller olabildikleri gibi kriptokristalen toz zerrecikleri gibi de olabilmektedir. K-Feldispat: Genellikle sanidin ve pertitlerle temsil edilirler. K-feldispatlar karlsband girik ikizine sahip olmaları dışında pertit dokusu da göstermektedirler. Plajioklaslarda olduğu gibi polarizan ışıktaki birinci dizinin gri ve beyaz renklerine sahiptirler. İnceleme alanında en çok gözlenen alterasyon çeşidi olan serisitleşme ile polarizan ışıktaki yüksek girişim

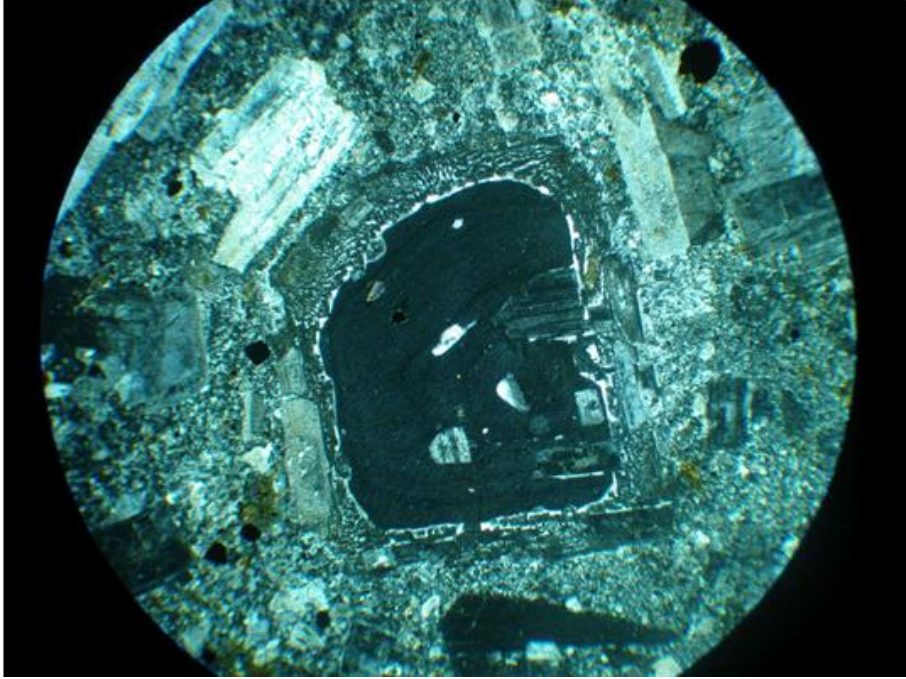
renklerine sahip küçük serisit pulcukları içerir (Şekil 3.21). Porfir Dayklarının mevcut mineralleri aşağıda beraber tanıtılacaktır.



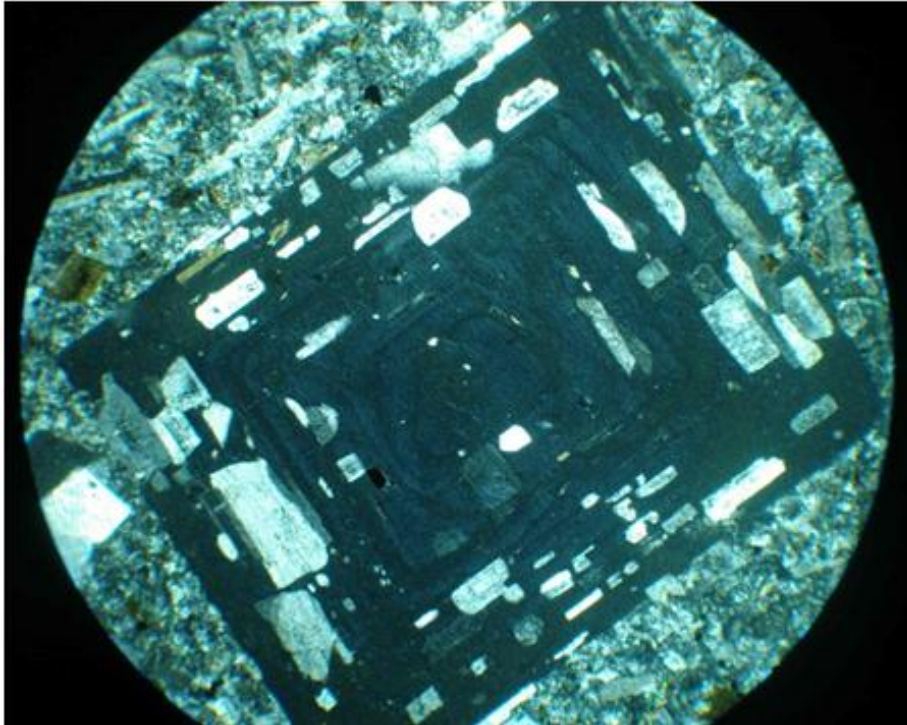
Şekil 3.14 : Siyenit porfir dayklarında gözlenen kümülofirik doku(Küm) (4X, ÇN, Kesit No: 73).

Kuvars: K-feldispat ve plajioklaslara göre daha az oranda bulunan kuvars minerali renksiz temiz yüzeyli, dilinimsiz ve yer yer çatlak yüzeyleriyle kendini belli etmektedir. Genellikle magma ile olan reaksiyon sonucu korozyona uğramıştır (Şekil 3.20) Ksenomorfik kristaller şeklindedir. Kataklastik kayalarda dalgalı sönme gösterir ve alkali feldispat ile plajioklas sınırında gelişerek mirmekitik dokuyu oluşturur. Plajioklas: Genellikle iri ve idiomorfik kristaller halinde kayada bulunurlar. Bazı örneklerde bir araya gelerek kümülofirik dokuyu oluştururlar. (Şekil 3.16). Albit, karlsband-albit, periklin ikizlerine sahip olup ve zonlanma (Şekil 3.14) yaygındır. Bu tür plajioklaslarda kristalin merkezi, çeperlerine göre daha bol kapantılı ve alteredir. Kapantılar mineralin içinde gelişigüzel dağıldıkları gibi bazen belli zonlarda ve dilinimler boyunca yoğunlaşarak ‘‘Schiller inklüzyon’’ düzenlenimini oluştur (Şekil 3.18). Diğer tür plajioklaslar ise daha küçük ve hipidiyomorfik veya ksenomorfiktir. Genellikle albit kanununa göre ikizlenen polisentetik plajioklaslardır. Polisentetik ikiz gösteren ve ikiz sınırları simetrik olan

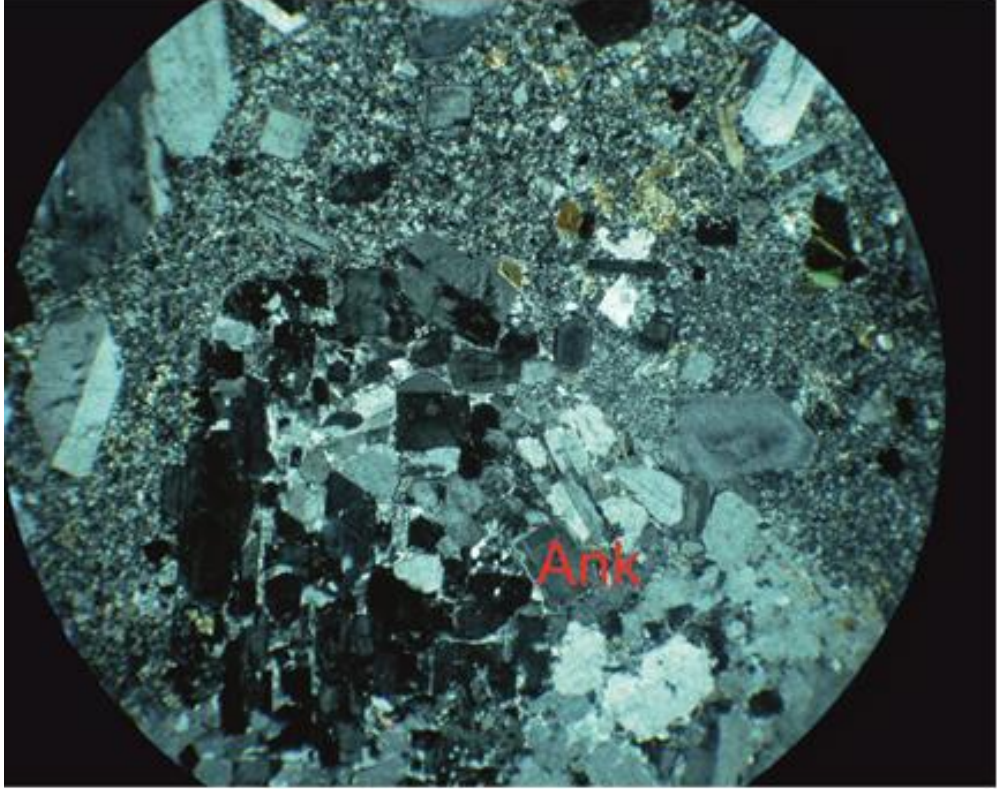
örneklerden yapılan anortit içeriği tayini ile plajioklasların oligoklas bileşiminde oldukları saptanmıştır.



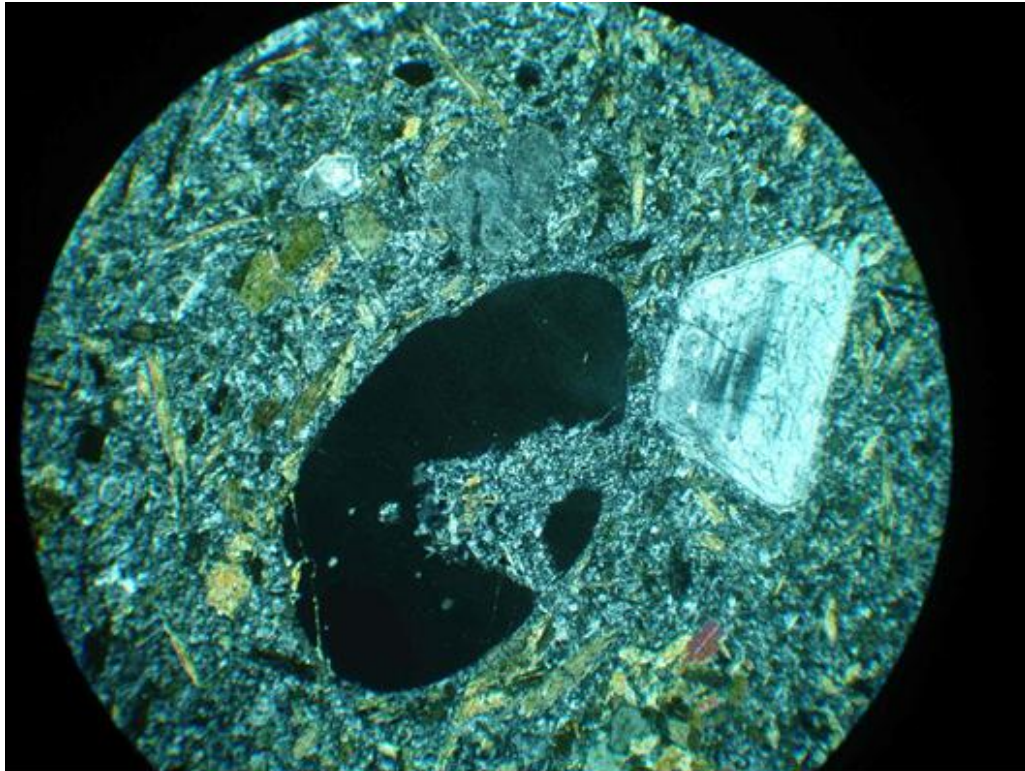
Şekil 3.15 : Monzonit porfir dayklarında yer alan korozyona uğramış plajioklas minerali. (4X, ÇN, Kesit No: 25).



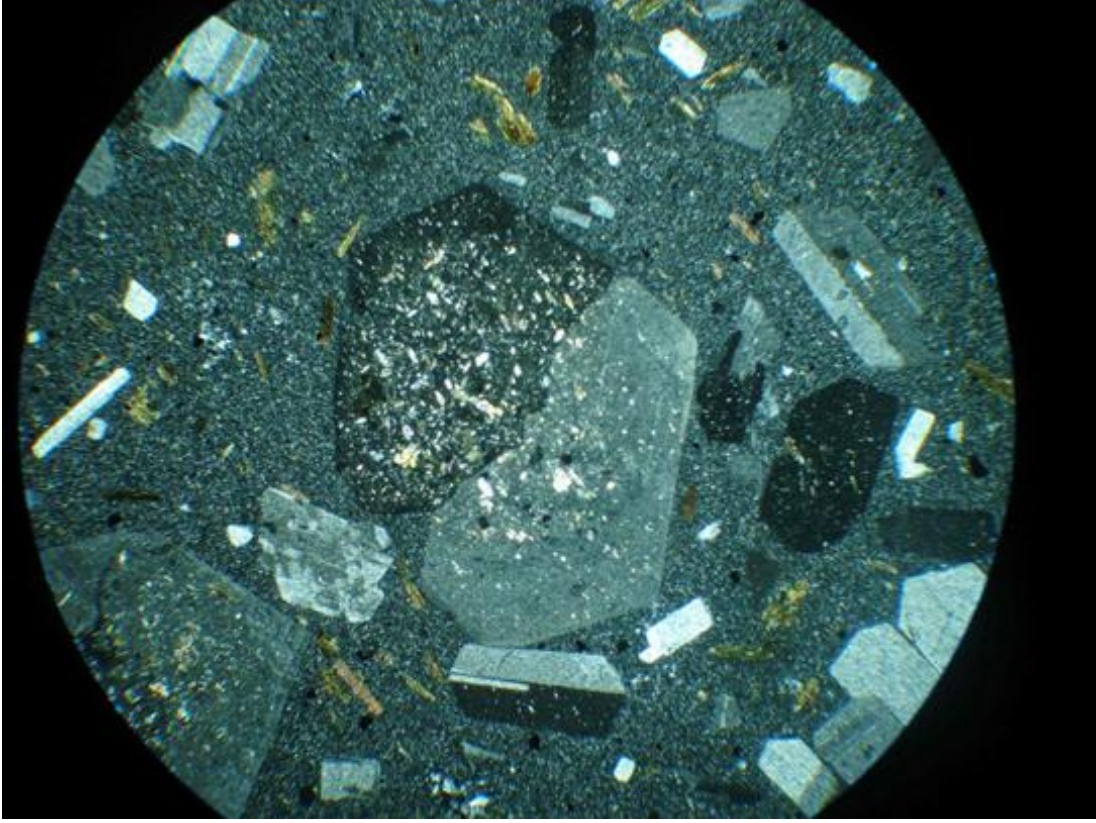
Şekil 3.16 : Monzonit porfir dayklarında yer alan plajioklasda plajioklasın zonlanma sına uyumlu olarak dizilim gösteren inklüzyonlar (Schiller inklüzyonu). (4X, ÇN, Kesit No: 63).



Şekil 3.17 : Monzonit Porfirde gözlenen kısım (kojenetik) magmatik anklav (4X, ÇN, Kesit No: 5).



Şekil 3.18 : Kuvars-Monzodiyorit Porfirlerde Kuvarlarda gözlenen körfez yapısı (4X, ÇN, Kesit No: 57).



Şekil 3.19 : Feldispatlarda gözlenen serisitleşme (4X, ÇN, Kesit No: 59).

Biyotit: Amfiboller ile birlikte ana mafik mineral olan biyotit minerali kahverengi ve sarımsı renklerle, yüksek pleokrizması, tek yönde mükemmel dilinimi ile tanınmaktadır. Kataklastik kayalarda bükülmeler gösteren biyotitler alterasyon sonucu yüksek girişim renklerine sahip olan klorit mineraline dönüşmektedir. Yer yer opasitleşme de gösterirler. Biyotit dilinimleri boyunca dizilmiş olan çubuksu plajiyoklas inklüzyonlarının yanı sıra zirkon, opak mineraller gibi aksesuar mineralleri de kapantı şeklinde içermektedir. Amfibol mineralleriyle beraber özellikle plajiyoklas ve K-feldispat mineralleri içerisinde kapantı şeklinde de bulunmaktadır.

Amfibol: Porfiri dayklarında değişik oranlarda bulunan amfibol biyotitin yanında ana mafik mineral olarak yer almaktadır. Genellikle yeşil tonları, yüksek pleokrizma birbirine vever ($\sim 120^\circ$) dilinimi ile kolayca ayırt edilir. Altıgen prizmatik idiomorfik şeklinin (Şekil 3.14) yanı sıra çubuksu-levhamsı (Şekil 3.20) formları da mevcuttur. Alterasyon sonucu kloritleşme ve opasitleşme gösterirler.

Aksesuar mineralleri titanit, granat, opak mineral, epidottur.

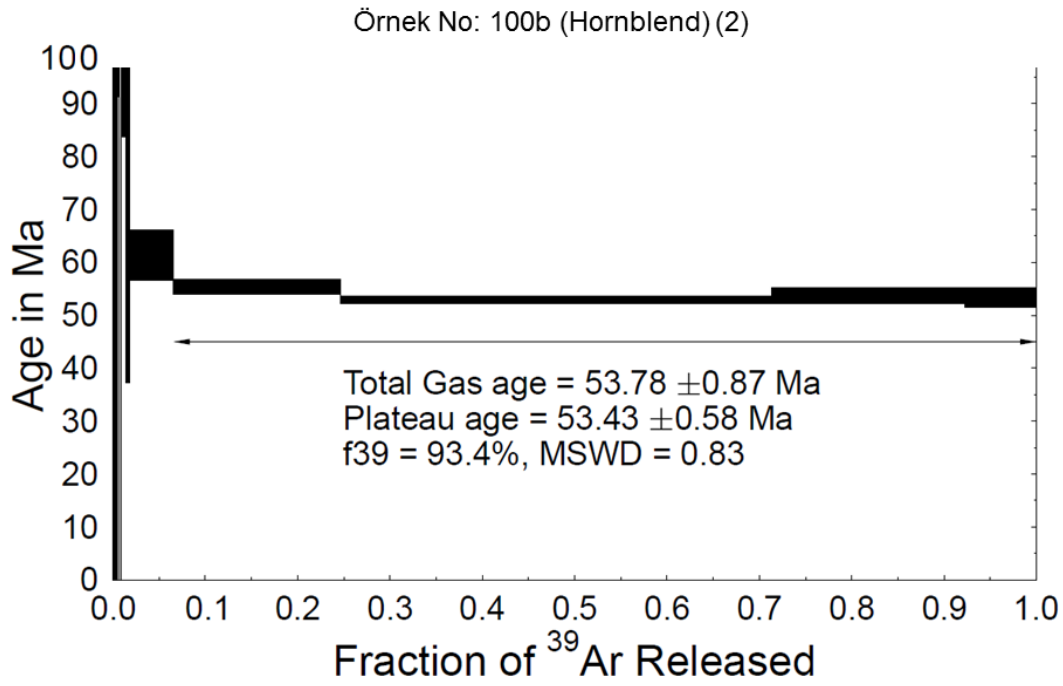
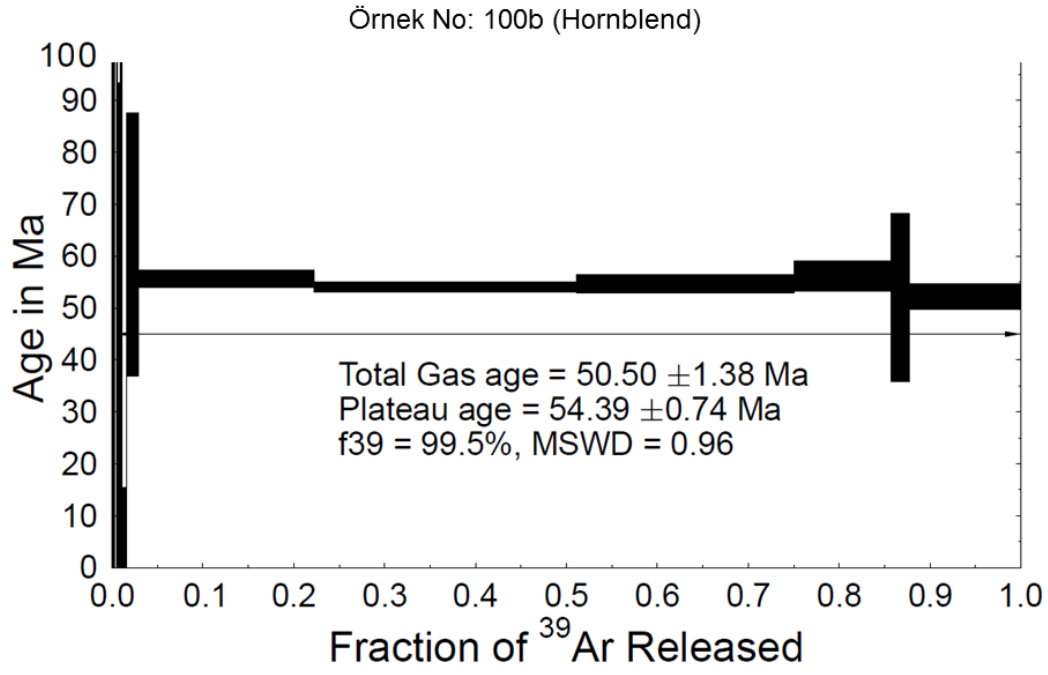
4. JEOKRONOLOJİ (^{40}Ar - ^{39}Ar Yaş Tayinleri)

Bu çalışma ile inceleme alanında ye alan adakitik porfirilerden 2 adet , Siyenitlerden 1 adet ve mafik (mikrodiyorit) dayklardan 1 adet olmak üzere toplam 4 örnek üzerinde $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayinleri yapılmıştır. Ar-Ar Yaş tayinleri University of Michigan (ABD)'de yaptırılmıştır. Bu yaşlar, inceleme alanındaki adı geçen kaya grupları için üretilen ilk bulgulardır. Orhaneli granodiyoriti üzerinde ise literatürde birbiri ile uyumlu gerek Ar/Ar gerekse K/Ar yaşları var olduğu için her hangi bir yaş tayini yaptırılmamıştır. Tablo 1 ve Şekil 4.1. 4.2, ve 4.3'de bu çalışmadan elde edilen Ar/Ar yaş tayinlerinin sonuçları sunulmaktadır.

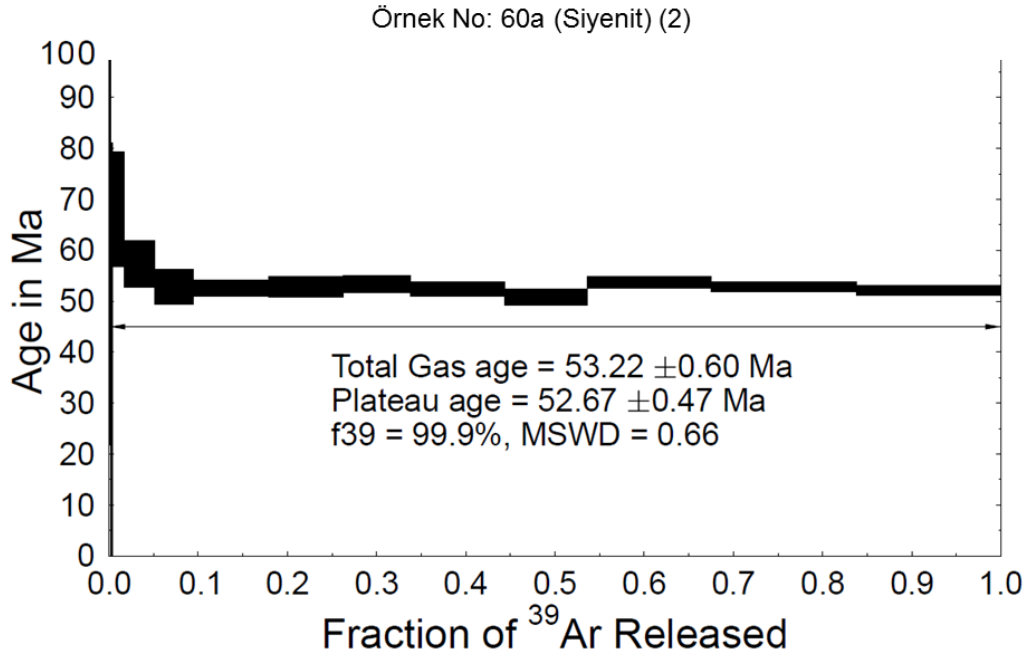
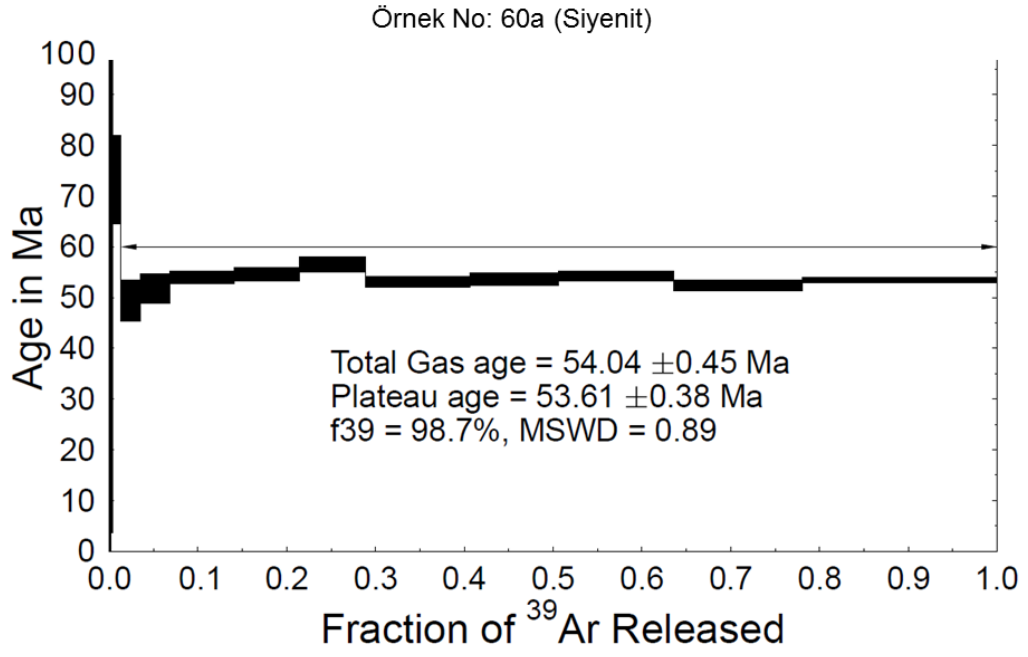
Çizelge 4.1 : $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayinlerinin kaya gruplarına göre dağılımı

Örnek	Kaya	Mineral	MSWD	Toplam Gaz Yaşı (my)		Plato Yaş (my)	
				Yaş	$\pm 2\sigma$	Yaş	$\pm 2\sigma$
6	Porfirit	Biyotit	1.45	50.86	± 0.19	53.70	± 0.29
4	Porfirit	Biyotit	1.03	53.71	± 0.17	53.84	± 0.16
60a	Siyenit	Tüm kaya	0.66	53.22	± 0.6	52.67	± 0.47
60a	Siyenit	Tüm kaya	0.89	54.04	± 0.45	53.61	± 0.38
100b	Mikrodiyorit	Hornblend	0.83	53.78	± 0.87	53.43	± 0.58
100b	Mikrodiyorit	Hornblend	0.96	50.5	± 1.38	54.39	± 0.74

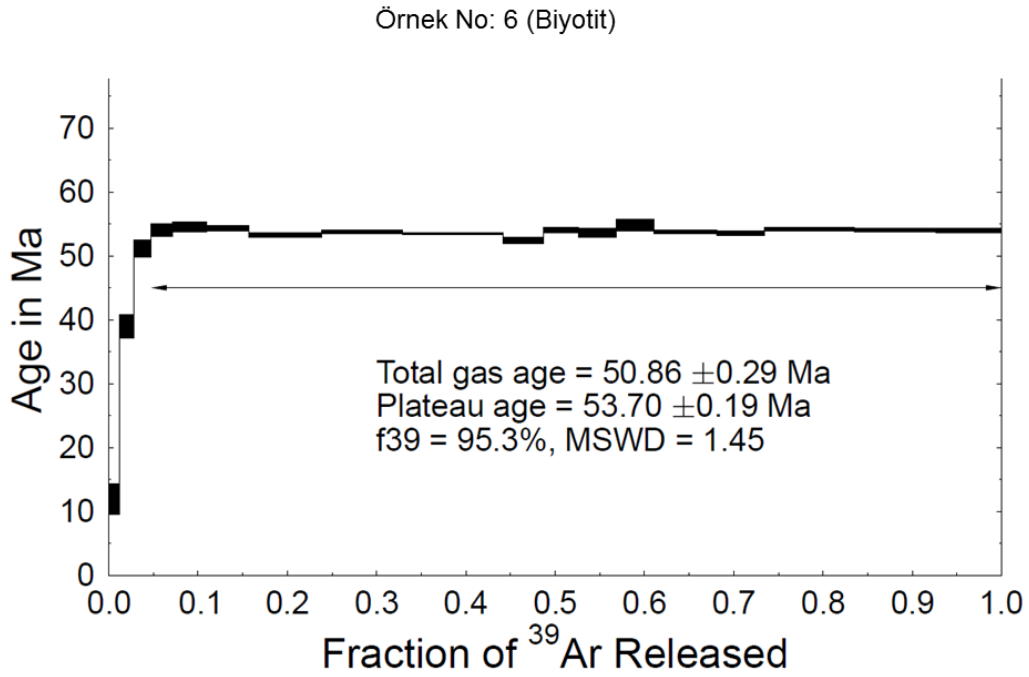
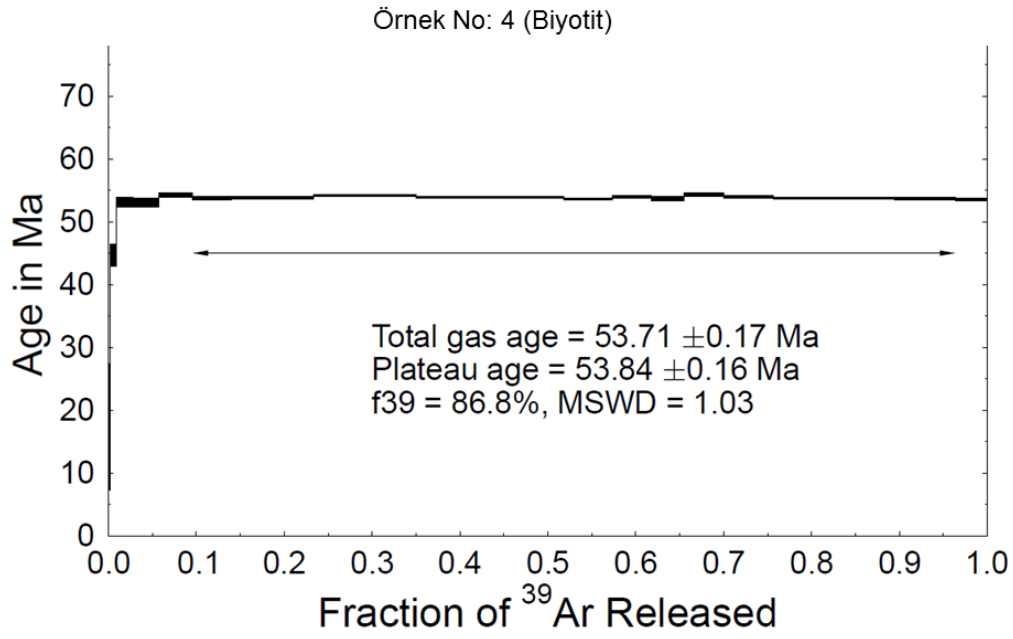
Buna sonuçlara göre her 3 kaya grubu da benzer soğuma yaşları sunar (53-54 My) ve Erken Eosen yaşlıdır. Bu yaşlar Harris vd, (1994) (52.6 ± 0.4 , $52.4 \pm 1.4\text{My}$) ve Bingöl ve Delaloye (2000) (53 ± 1.1) tarafından Orhaneli granodiyoritinden alınan yaşlarla hata sınırları içinde uyumludur. Bu veri inceleme alanında mostra veren plütonik ve hipabisal topluluğun az çok eş yaşlı olduğunu belgelemektedir.



Şekil 4.1 : Mafik dayklardan (Mikrodiyorit) elde edilen Ar/Ar yaş platoları.



Şekil 4.2 : Siyenitik plütonik kayalardan elde edilen Ar/Ar yaş platoları.



Şekil 4.3 : Adakitik porfiri daylarından elde edilen Ar/Ar yaş platoları.

5. JEOKİMYA

Porfiri dayk ve stoklarından alınan 16 örnek, mafik sin-plütonik dayklara ait 3 örnek ve 2 mafik magmatik anklav örneği (toplam 21 örnek) üzerinde jeokimyasal niteliklerini irdelemek, bileşimlerini saptamak ve kökenlerine yaklaşımda bulunmak amacı ile ana element, iz element ve Sr-Nd-Pb izotop analizleri yapılmıştır. Bu jeokimyasal analizlerin sonuçları Tablo 2 ve 3 'de sunulmaktadır. Jeokimyasal incelemeler yapılırken bu çalışmadan elde edilen analiz sonuçları, Altunkaynak 2007' de sunulan Orhaneli granodiyoriti ve Çakıryenice Siyeniti'ne ait verilerle birlikte değerlendirilmiştir.

5.1 Ana-iz Element Özellikleri

Jeokimyasal analizi yapılan hipabisal nitelikli porfiri dayklarının ve sinplütonik daykların hangi bileşimde olduklarını saptamak amacıyla örnekler Winchester ve Floyd (1977) tarafından hem hipabisal hem de volkanik kayaları sınıflandırmak amacıyla önerilen Nb/Y'a karşı Zr/TiO₂ parametresinin kullanıldığı diyagrama izdüşürülmüştür. Diyagramda porfiri örnekleri Riyodasit/Dasit, Trakiandezit ve Trakit alanlarında yoğunlaşmışlardır (Şekil 5.1). Aynı diyagramda mafik dayklara ait örneklerden biri andezit diğer ikisi andezit ile traki-andezit sınırına izdüşerken, mafik magmatik anklavlardan bir örnek trakiandezit diğer örnek ise Andezit-Bazalt sınırına izdüşer. Şekil 5.1'den anlaşılabacağı üzere porfiri dayk ve stoklarına ait örnekler bileşim olarak hem Orhaneli granodiyoriti hem de Çakıryenice siyeniti ile benzerlik göstermekte ve örneklerin çoğunluğu bu 2 plütonik kaya grubu arasında geçiş bileşimleri sergilemektedir. Silika değerlerine göre porfiri dayk ve stoklarına ait örneklerin asidik- ortaç bileşimde (SiO₂: %63.8-69.43) , mafik dayk ve anklavların ise ortaç bileşimde (SiO₂: % 54.11-53.709) oldukları görülmektedir. % MgO değerleri porfiri örneklerinde 1.9-0.19 arasında, mafik dayk ve anklavlarda ise 3.69-34.8 arasındadır. Mg-numaraları porfirilerde <55 (Mg#: 14.56-54.46) mafik dayklarda 64-67.5 ve anklavlarda ise > 48'dir (Mg#: 48.40-55).

**Çizelge 5.1 : Adakitik porfir daykları, mafik dayklar ve magmatik anklavlara ait ana-
iz element analiz sonuçları.**

Örnek no	6	14	20	59	63	66	84	73
	Porfirit	Porfirit	Porfirit	Porfirit	Porfirit	Porfirit	Porfirit	Porfirit
SiO ₂	68.19	67.25	68.04	68.34	67.07	67.99	67.59	67.08
Al ₂ O ₃	16.39	16.12	16.31	16.45	16.45	16.64	15.99	16.24
Fe ₂ O ₃	1.87	2.17	2.15	1.68	2.16	2.03	1.86	2.23
MgO	0.58	0.74	0.70	0.64	0.83	0.81	0.60	0.40
CaO	1.81	2.43	2.06	1.44	2.23	2.63	1.64	1.37
Na ₂ O	4.79	4.83	4.61	5.56	4.83	5.03	4.89	5.17
K ₂ O	4.35	3.54	3.62	3.47	4.06	3.17	4.52	4.74
TiO ₂	0.25	0.29	0.26	0.26	0.28	0.27	0.26	0.27
P ₂ O ₅	0.10	0.12	0.11	0.09	0.13	0.09	0.12	0.15
MnO	0.01	0.02	0.02	<0.01	0.03	0.02	0.01	0.02
Sc	2	3	2	3	3	3	2	3
LOI	1.2	2.1	1.8	1.8	1.5	1.0	2.1	1.7
Sum	99.55	99.60	99.64	99.70	99.59	99.68	99.54	99.39
Ba	1873	1526	1485	1262	1582	1217	1831	2935
Be	4	4	4	4	4	3	5	5
Co	3.0	3.2	2.4	0.8	3.4	3.7	2.5	2.3
Cs	4.3	3.3	4.1	3.3	5.5	2.0	5.1	3.3
Ga	20.5	18.9	19.3	18.6	19.4	19.5	19.3	21.7
Hf	6.1	5.2	4.9	4.1	4.7	4.4	5.6	7.2
Nb	14.7	13.4	11.1	7.5	10.8	7.9	14.6	14.6
Rb	157.5	161.9	129.9	149.9	153.3	110.2	176.3	148.9
Sn	1	1	1	1	1	1	1	2
Sr	1607.9	1529.2	1300.1	1205.8	1500.6	1313.0	1719.4	1693.1
Ta	0.8	0.7	0.6	0.4	0.6	0.5	0.8	0.7
Th	31.4	29.3	25.1	15.4	29.5	16.6	36.1	38.6
U	5.0	3.7	4.8	3.4	4.9	4.3	6.1	8.4
V	28	37	28	25	31	32	24	27
W	0.8	1.8	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Zr	223.0	207.5	183.0	144.9	193.6	149.8	227.1	285.3
Y	9.5	8.7	8.6	6.3	8.2	6.2	8.0	12.8
La	74.1	67.7	43.5	31.4	68.2	31.3	77.3	112.3
Ce	130.2	124.0	78.6	51.6	123.4	60.6	133.9	177.8
Pr	12.93	11.87	8.31	5.66	11.49	5.82	12.85	17.32
Nd	45.3	40.8	28.4	18.6	39.3	19.5	41.5	56.6
Sm	6.26	5.72	4.25	2.87	5.29	3.13	6.04	8.62
Eu	1.57	1.35	1.24	0.82	1.26	0.89	1.44	2.16
Gd	3.59	3.46	2.75	2.04	3.23	2.16	3.61	5.28
Tb	0.45	0.43	0.38	0.28	0.40	0.30	0.45	0.71
Dy	1.86	1.71	1.56	1.29	1.64	1.30	1.62	2.85
Ho	0.29	0.30	0.30	0.20	0.29	0.24	0.27	0.43
Er	0.79	0.79	0.82	0.63	0.72	0.65	0.74	1.30
Tm	0.13	0.13	0.12	0.09	0.11	0.09	0.10	0.17
Yb	0.79	0.69	0.83	0.54	0.67	0.53	0.65	0.93
Lu	0.11	0.12	0.12	0.10	0.11	0.08	0.09	0.13
Cu	1.3	1.3	1.2	1.6	1.1	1.3	0.9	1.9
Pb	2.8	2.3	7.6	18.5	15.8	13.3	14.9	17.6
Ni	3.1	3.0	3.3	3.0	5.7	5.3	6.4	5.5
Eu/Eu*	1.01	0.93	1.11	1.04	0.93	1.05	0.94	0.98
LaN/YbN	63.24	66.15	35.33	39.2	68.63	39.82	80.18	81.41
Sr/Y	169.25	175.77	151.17	191.39	183	211.77	214.92	132.27

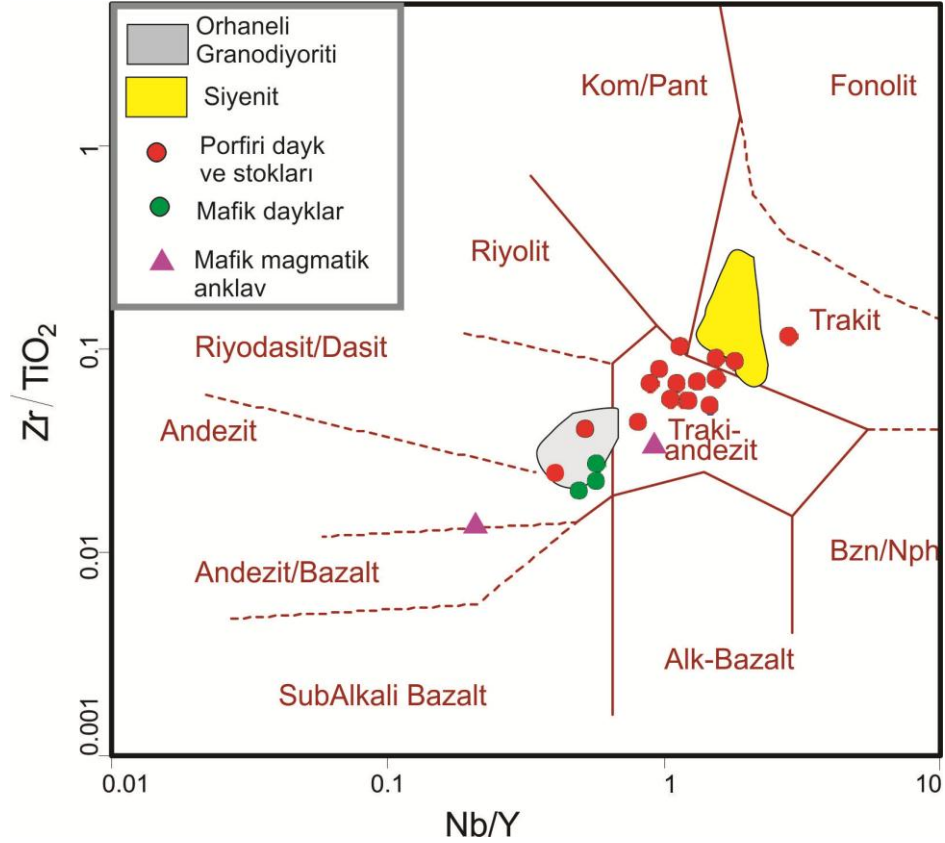
Çizelge 5.1 : Adakitik porfir daykları, mafik dayklar ve magmatik anklavlara ait ana - iz element analiz sonuçları (Devamı).

Örnek no	88 Porfirit	4-ORH Porfirit	6-ORH Porfirit	32-ORH Porfirit	17 Porfirit	100b Porfirit	103 Porfirit	OR-76 Porfirit
SiO ₂	69.41	68.57	69.43	68.64	63.80	65.57	64.72	64.76
Al ₂ O ₃	15.86	15.74	15.44	16.36	16.46	16.16	16.93	16.81
Fe ₂ O ₃	1.97	1.88	2.01	2.14	3.34	2.94	3.75	4.54
MgO	0.19	0.59	0.59	0.73	1.90	1.51	1.61	1.79
CaO	0.96	2.37	2.2	2.18	3.85	3.47	4.55	5.4
Na ₂ O	4.79	4.8	4.64	4.7	4.39	3.94	3.77	4.02
K ₂ O	4.91	3.67	3.59	3.63	3.55	3.60	2.20	2.01
TiO ₂	0.22	0.244	0.242	0.265	0.42	0.34	0.40	0.44
P ₂ O ₅	0.07	0.09	0.11	0.11	0.21	0.16	0.17	0.14
MnO	0.03	0.88	0.69	1.33	0.04	0.05	0.07	0.1
Sc	2	3	3	3	7	5	7	6.12
LOI	1.2	0.88	0.69	1.33	1.7	1.9	1.6	0.49
Sum	99.57	98.86	98.96	100.1	99.62	99.66	99.76	100.5
Ba	1713	1583	1538	1666	1295	1243	866	558
Be	7	4	3	3	4	2	<1	
Co	2.9	3	3	3	8.5	7.4	6.3	12
Cs	6.7	3.6	4.1	5.3	4.9	3.9	2.5	0.946
Ga	21.7	19	19	20	20.2	19.4	17.6	
Hf	7.7	4.2	4.6	4.5	5.0	4.8	4.4	2.94
Nb	28.0	8	10	10	9.4	10.5	9.5	8.5
Rb	184.6	124	120	121	151.0	133.1	70.9	66
Sn	2	5	1	1	2	<1	1	
Sr	1306.8	1262	1164	1235	1304.0	1129.7	664.8	427
Ta	1.2	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.581
Th	42.2	24.3	23.8	23.7	22.7	20.4	10.4	8.89
U	5.8	4.8	4	3.6	5.8	3.9	2.7	1.78
V	21	< 1	< 1	< 1	62	46	59	74
W	0.9	< 1	< 1	< 1	<0.5	0.9	<0.5	
Zr	253.8	165	178	180	183.4	192.9	160.3	107
Y	9.9	9	8	9	11.5	9.9	18.2	21
La	84.4	46.3	55	49.8	63.3	49.6	31.9	29.5
Ce	148.3	81.2	97.8	87.2	114.7	88.9	61.7	58.8
Pr	17.83	9.03	10.3	9.7	11.30	9.72	6.97	4.54
Nd	56.5	32.8	36.2	34.6	39.0	32.6	24.7	19.2
Sm	8.21	5.2	5.4	5.3	5.53	5.13	4.31	3.36
Eu	1.82	1.33	1.32	1.36	1.38	1.23	1.07	1
Gd	4.93	3.1	3.2	3.1	3.64	3.37	3.63	3.16
Tb	0.56	0.4	0.4	0.4	0.51	0.41	0.56	0.506
Dy	2.37	1.8	1.6	1.7	2.04	1.77	2.98	2.87
Ho	0.33	0.3	0.3	0.3	0.41	0.36	0.65	0.599
Er	0.91	0.9	0.8	0.8	1.16	0.99	1.83	1.88
Tm	0.14	0.13	0.11	0.12	0.15	0.15	0.28	0.274
Yb	0.87	0.8	0.7	0.7	1.07	0.89	1.69	1.93
Lu	0.12	0.13	0.11	0.12	0.17	0.13	0.31	0.303
Cu	5.6	40	< 10	< 10	2.4	1.4	0.6	
Pb	5.9	19	27	22	4.1	4.9	1.7	7.92
Ni	3.1	< 20	< 20	< 20	12.5	10.4	3.8	
Eu/Eu*	0.87	1.01	0.97	1.03	0.94	0.9	0.83	0.94
LaN/YbN	65.4	39.02	52.97	47.96	39.88	37.57	12.73	10.31
Sr/Y	132	140.22	145.5	137.22	113.39	114.11	36.52	20.33

Çizelge 5.1 : Adakitik porfir daykları, mafik dayklar ve magmatik anklavlara ait ana - iz element analiz sonuçları (Devamı).

Örnek no	57	87	100a	106	10
	Mafik dayk	Mafik dayk	Mafik dayk	Magmatik anklav	Magmatik anklav
SiO ₂	57.17	57.95	54.73	54.11	53.709
Al ₂ O ₃	16.19	15.66	16.15	17.18	18.556
Fe ₂ O ₃	5.56	5.42	5.40	7.23	7.143
MgO	4.93	5.16	5.50	3.69	3.480
CaO	6.83	6.61	6.36	6.86	7.650
Na ₂ O	3.72	3.67	3.55	6.27	4.240
K ₂ O	2.34	2.39	2.65	1.27	1.523
TiO ₂	0.62	0.56	0.61	0.78	0.616
P ₂ O ₅	0.33	0.18	0.34	0.54	0.150
MnO	0.10	0.10	0.10	0.15	0.301
Sc	19	22	16	13	21.179
LOI	1.8	1.9	4.2	1.1	2.251
Sum	99.63	99.61	99.61	99.17	99.618
Ba	868	967	1073	1485	284.919
Be	2	3	2	12	1.195
Co	19.5	21.1	20.6	20.0	17.692
Cs	2.4	2.0	2.3	2.3	2.307
Ga	17.0	15.5	17.2	21.6	18.819
Hf	4.4	3.5	3.8	7.3	2.111
Nb	10.2	7.7	8.2	24.0	4.658
Rb	82.8	86.9	84.4	24.8	74.900
Sn	1	1	1	2	2.109
Sr	1067.1	1329.2	1042.7	3702.7	289.862
Ta	0.6	0.5	0.5	0.9	0.326
Th	14.5	11.3	15.8	28.4	2.550
U	2.7	2.9	3.0	8.7	1.319
V	148	162	119	147	167.818
W	<0.5	<0.5	1.1	<0.5	
Zr	167.5	130.4	154.8	314.8	82.992
Y	17.9	15.6	14.1	26.1	22.533
La	55.0	38.3	54.0	140.6	9.805
Ce	109.5	68.8	106.3	277.5	24.486
Pr	11.24	7.25	12.22	31.99	3.301
Nd	41.3	27.2	43.9	116.7	13.234
Sm	6.87	4.62	7.08	17.87	3.389
Eu	1.71	1.21	1.75	4.30	1.116
Gd	4.86	3.64	4.88	11.27	3.834
Tb	0.71	0.58	0.62	1.34	0.573
Dy	3.29	2.70	2.93	5.87	3.489
Ho	0.67	0.57	0.52	0.95	0.799
Er	1.80	1.78	1.39	2.20	2.327
Tm	0.27	0.26	0.18	0.33	0.356
Yb	1.78	1.73	1.30	2.03	2.289
Lu	0.27	0.25	0.19	0.28	0.383
Cu	38.6	10.3	1.9	8.2	
Pb	1.5	9.9	2.2	18.8	8.572
Ni	18.5	15.5	49.8	8.0	
Eu/Eu*	0.9	0.9	0.91	0.93	0.95
LaN/YbN	20.83	14.93	28	46.7	2.89
Sr/Y	59.61	85.20	73.95	141.86	12.86

Tüm porfiri dayklar örneklerinde Al_2O_3 değerleri %15'den büyük (16.93-15.44) olup, yüksek Sr (427-1719.4ppm), düşük Y (6.2-12.8ppm iki örnek hariç) ve Yb (1.07-0.53 iki örnek hariç) içerikleri ile karakteristiktir Porfiri örnekleri (2 örnek hariç) yüksek Sr/Y (214.925-113.3913043), (La/Yb)_n (35.33-81.41) değerleri sergilerler (Tablo 1) ve ilerideki bölümlerde tartışılacağı üzere Eu anomalileri göstermezler ($Eu/Eu^* \approx 1$, 0.87-1.11).



Şekil 5.1 : Porfiri dayk ve stoklarına ait örneklerin Nb/Y'a karşı Zr/TiO_2 (Winchester ve Floyd.,1977) diyagramındaki adlandırılması.

Porfiri örnekleri (2 örnek hariç) yüksek Sr/Y, (La/Yb)_n değerleri sergilerler (Tablo 1) ve ilerideki bölümlerde tartışılacağı üzere Eu anomalileri göstermezler ($Eu/Eu^* \approx 1$). Bu özellikleri ile Defant ve Drummond tarafından tanımlanan Adakitlerle benzerlik sunarlar. Sr/Y'ye karşı Y'nin kullanıldığı ve (La/Yb)_n oranına karşı (Yb)_n değerlerinin kullanıldığı diyagramlarda (Şekil 5.2. a ve b) porfiri örnekleri, Siyenit örnekleri ile birlikte, yüksek Sr/Y ve (La/Yb)_n değerleri ile normal yay magmatik serileriden ayrılırlar ve adakit alanında yoğunlaşırlar. Mafik dayk ve anklavlar (1 anklav örneği hariç) ise Orhaneli Granodiyoriti ile birlikte normal yay magmatik serileri alanı ve bu alanla Adakit alanının üzerlendiği alana izdüşerler. Mafik dayk ve

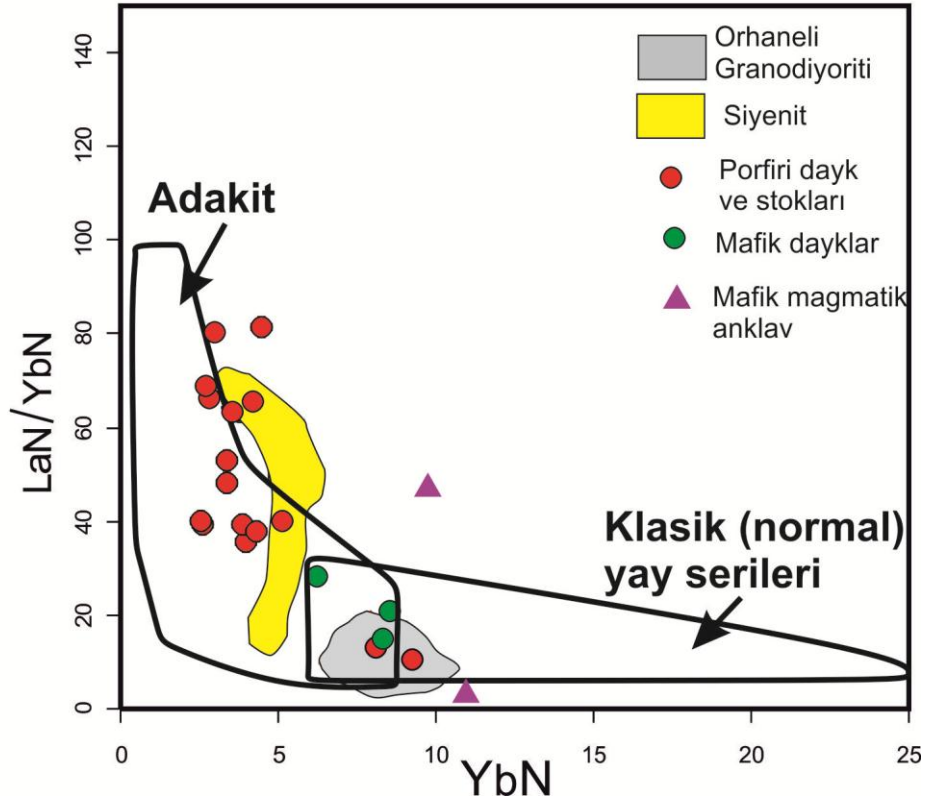
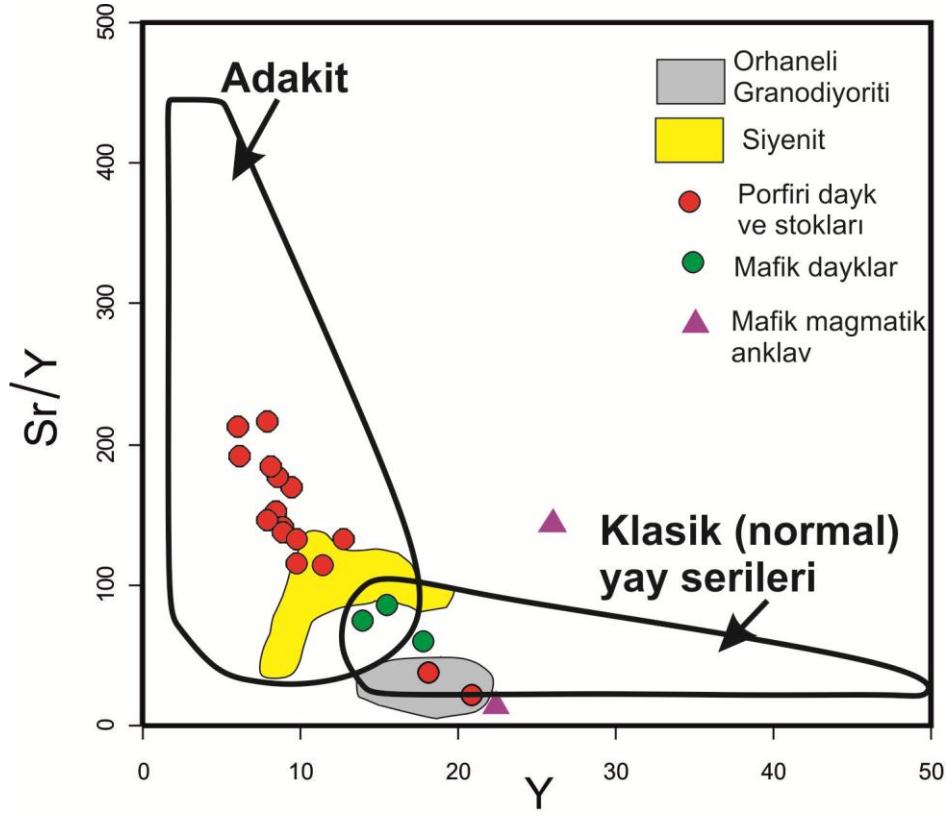
magmatik anklavlar düşük SiO₂ içerikleri ve yüksek Mg-numaraları ile de “adakit-benzeri” porfiri örneklerinden ayrılırlar ve daha çok “normal” kalkalkali özellikli Orhaneli Granodiyoritine benzer jeokimyasal özellikler sergilerler.

Irvine ve Baragar (1971) tarafından önerilen ve kayaların subalkali, alkali niteliklerini belirlemekte kullanılan diyagramda (Şekil 5.3 a) Orhaneli granodiyoriti ve mafik dayklara ait örneklerin subalkali, siyenitik örneklerin ise alkali niteliği belirgindir. Adakitik porfiriler ve ve magmatik anklavlar ise subalkali ile alkali arasında değişen özellikler sergilemektedir. Porfiri örnekleri Peccerillo ve Taylor (1976) diyagramına iz düşürüldüğünde yüksek potasyumlu seriler ile şoşonitik seriler arasında bileşimler sergilediği görülmektedir. Sadece iki adet porfiri örneği Orhaneli Granodiyoriti ve magmatik anklavlarla birlikte normal kalkalkali alanına izdüşer. Mafik dayklar ise yüksek potasyumlu seriler alanına izdüşmektedir (Şekil 5.3 b).

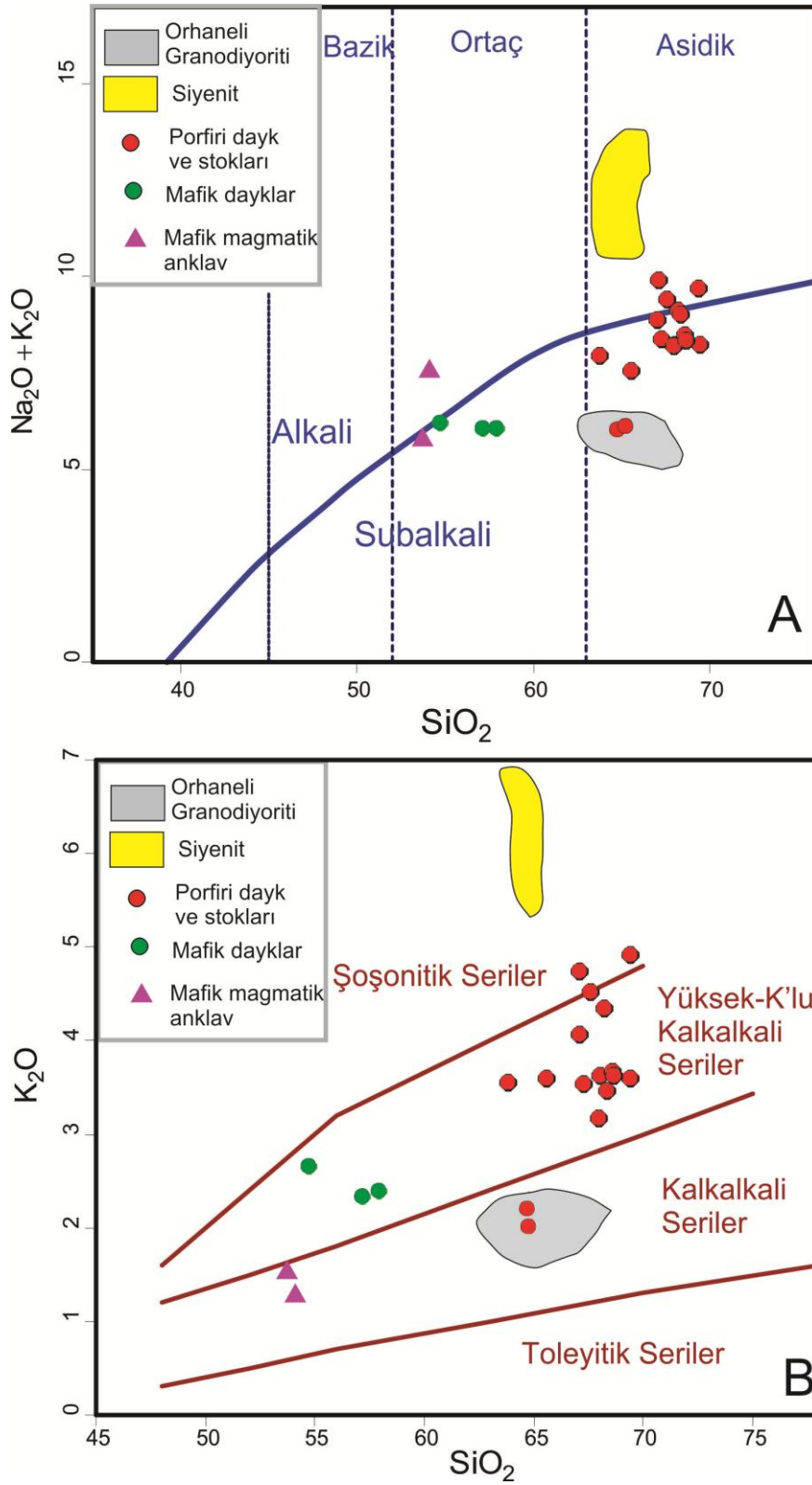
Şekil 5.4 a ve b 'de örneklerin ASI indekslerine bakıldığında [ASI, alüminyum doygunluk indeksi= $\text{Molar Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$] mafik dayklar, Orhaneli Granodiyoriti'ne ait örnekler ile birlikte metalüminyumlu özellik gösterirken siyenitik örneklerin metalüminyumlu peralkalin sınırına paralel bir dizilim gösterdikleri, adakitik porfirilerin ise metalüminyumlu ile zayıf peralüminyumlu arasında özellikler sergilediği görülmektedir. Bununla birlikte tüm gruplar I-tipi granit alanına izdüşerler. Şekil 5.3. a' da mafik magmatik anklavlardan, mafik dayklara ve oradan porfiri örneklerine doğru ASI indeksinin artan SiO₂ ile birlikte arttığı da gözlenmektedir. Aynı diyagrama (Keith vd., 1991) tarafından önerilen “altere” ve “altere olmayan” örnek alanları eklenmiştir. Diyagramdan görüldüğü gibi inceleme alanından derlenen örneklerin tümü temiz “altere olmayan” alanına izdüşer.

SiO₂'e karşı ana element oksitlerinin davranışını incelemek amacı ile örnekler Harker diyagramlarına izdüşürülmüştür (Şekil 5.5). Bu diyagramlarda incelenen örneklerin sergilediği özellikler ve bu diyagramlardan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

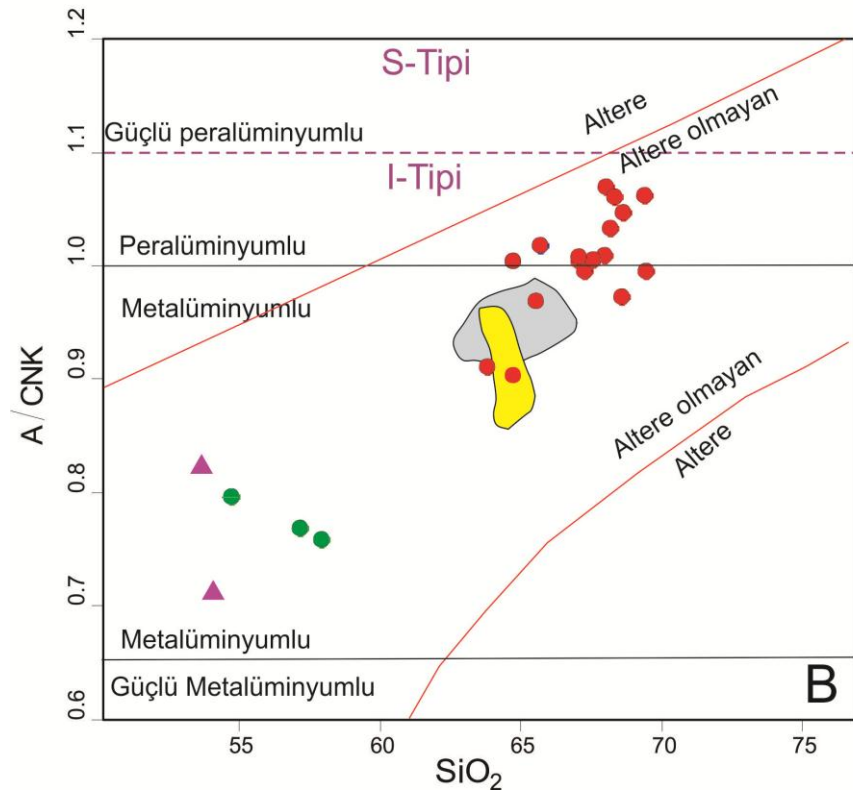
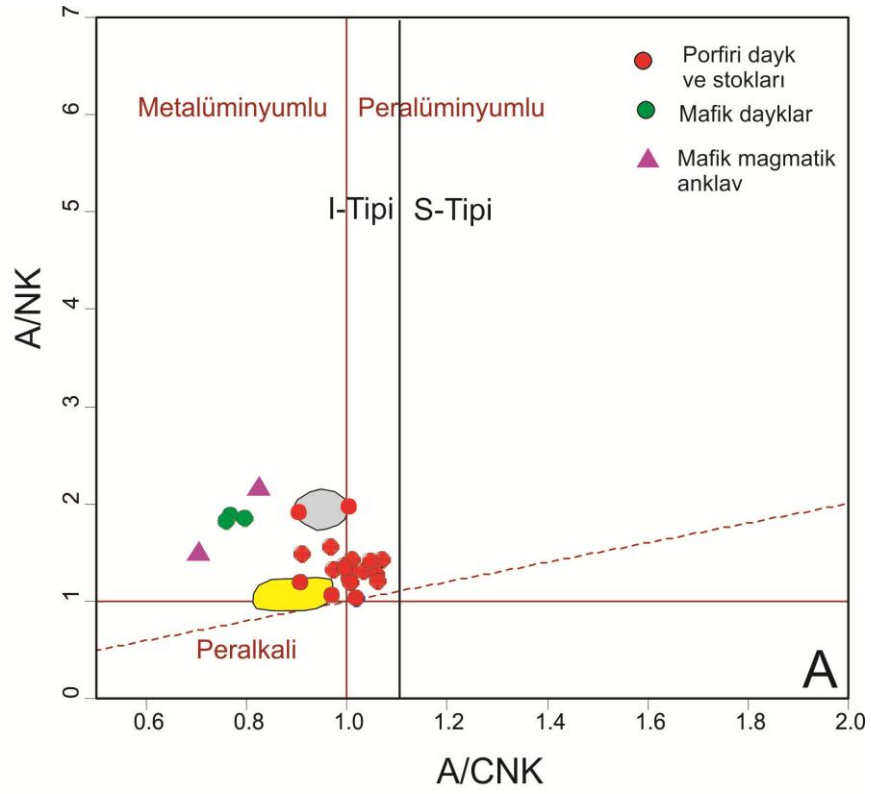
- İnceleme alanındaki kaya gruplarının en mafik üyesini magmatik anklavlar oluşturmaktadır.



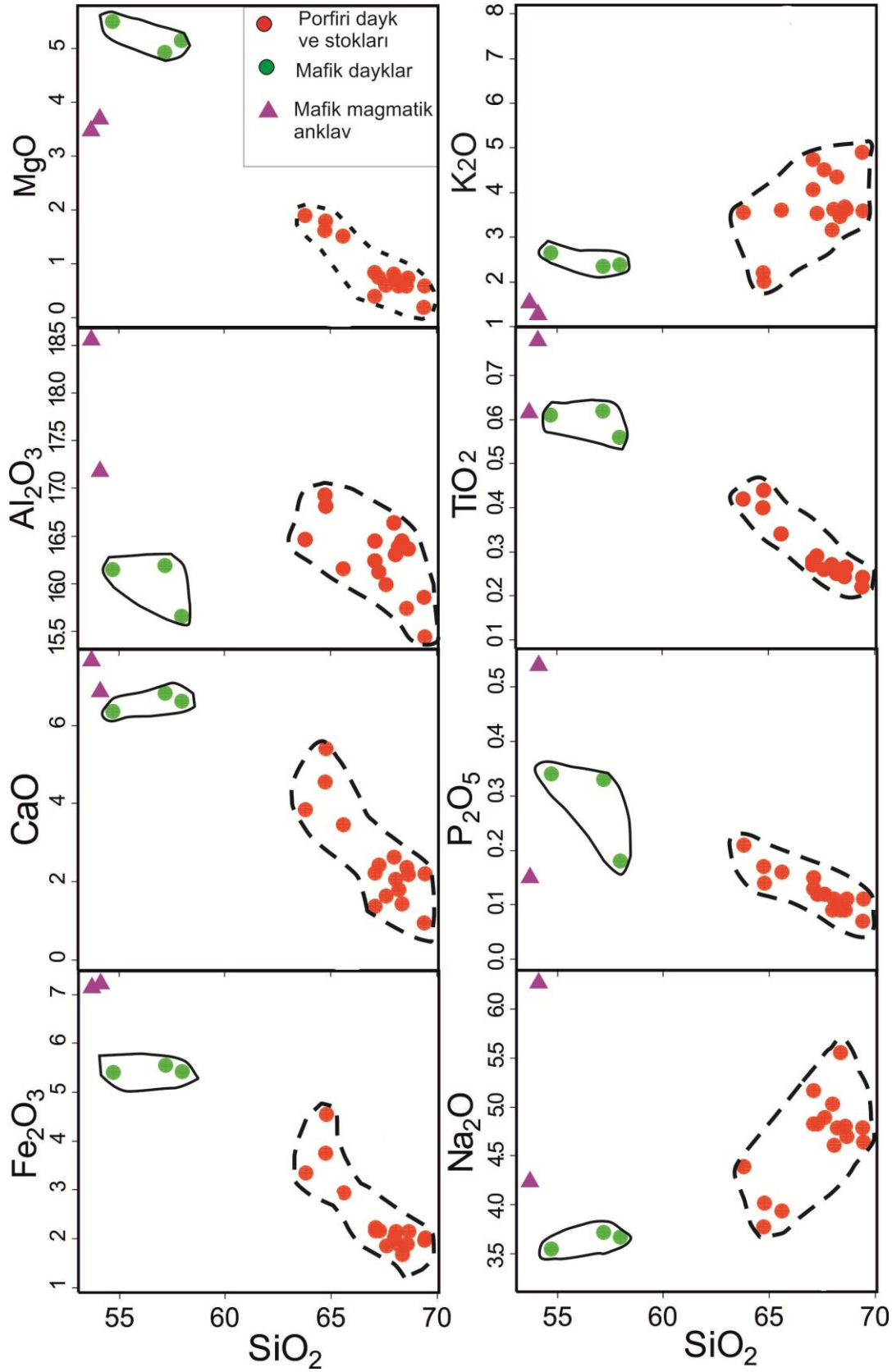
Şekil 5.2 : Sr/Y-Y ve b) La/Yn(n)-(Yb)n diyagramında adakitik porfirilerin ve diğer kaya gruplarının konumu.



Şekil 5.3 : Adakitik porfiri, mafik dayk ve magmatik anklavlara ait örneklerin Irvine ve Baragar (1971) tarafından önerilen a) SiO₂-Na₂O+K₂O diyagramı ve b) SiO₂ - K₂O (Peccherillo ve Taylor, 1976) diyagramındaki konumları.



Şekil 5.4 : A/CNK'ya karşı A/NK diyagramında (a) (Shand, 1943) ve SiO₂ ye karşı A/CNK diyagramında (b) porfiri dayk ve stoklarına ait örneklerin sınıflandırılması.



Şekil 5.5 : SiO_2 'e karşı ana element oksitlerinin davranışlarını gösteren Harker diyagramları.

- Mafik dayklar, SiO_2 , K_2O , TiO_2 , CaO ve Fe_2O_3 içerikleri açısından magmatik anklavlarla, adakitik porfiriler arasında bileşimler sunmakla birlikte magmatik anklavlara daha yakın bir bileşime sahiptir. Ancak magmatik anklavlardan MgO 'ca zengin, NaO 'ce fakir'dir. Adakitik porfiri daykları ise daha geniş bir SiO_2 aralığında ortaçtan asidik (felsik)'e değişen bileşimler sergiler(Şekil 5.5).
- Mafik magmatik anklav ve dayklar ile adakitik porfiri daykları Harker diyagramlarında % 57-64 aralığında SiO_2 'ye sahip herhangi bir örneğin olmaması nedeniyle birbirinden kopuk 2 grup oluştururlar.
- Mafik dayklarda artan SiO_2 ile birlikte herhangi belirgin ve sistematik element artışı yada azalımı gözlenmez. Ancak, adakitik porfiri örneklerinin artan SiO_2 değerlerine karşı MgO , TiO_2 , CaO , Fe_2O_3 ve P_2O_5 içeriklerinde belirgin ve düzenli bir azalma gözlenir. Al_2O_3 içerikleride çizgisel bir dağılım göstermesede artan SiO_2 ile kabaca azalmaktadır (Şekil5.5). Aynı şekilde, adakitik porfiri örnekleri artan SiO_2 'ye karşı K_2O içeriklerinde kabaca pozitif bir korelasyon gösterirler ve Na_2O 'da herhangi bir trend sergilemezler. Adakitik porfiri örneklerinin Harker diyagramlarında gözlenen bu karakteristikleri, porfiri örneklerinin ortak bir magmadan kısmen de olsa fraksiyonel kristallenmenin de etkisiyle evrimleştiğini düşündürmektedir. Örneğin, artan SiO_2 'ye karşı Y deki azalma hornblend fraksiyonlaşmasını göstermektedir. Ancak Sr 'da artan SiO_2 ile herhangi bir korelasyon gözlenmemesi plajjoklas fraksiyonlaşmasının porfiri kayalarını oluşturan magmanın evriminde rol almadığını göstermektedir.
- Tüm kaya grupları birlikte değerlendirildiğinde, harker diyagramlarında birbirinden kopuk duran ve farklı evrim paternleri sergileyen 2 kaya grubunun, (yani mafik daykların ve adakitik porfirilerin) homojen olarak karışmış (magma mixing) tek bir magmadan evrimleşmekten ziyade birbiri ile homojen olarak karışmamış (magma mingling) farklı bileşime sahip iki farklı magmadan türediğini düşündürmektedir. İnceleme alanında gözlenen mafik daykların sin-plütonik nitelikli dayklar (Şekil 2.8,2.9) halinde plütonik kayaların içine yerleşmesi ve sıkca rastlanan mafik magmatik mikrogranüler anklavların varlığı bu veriyi destekleyen saha gözlemleridir.

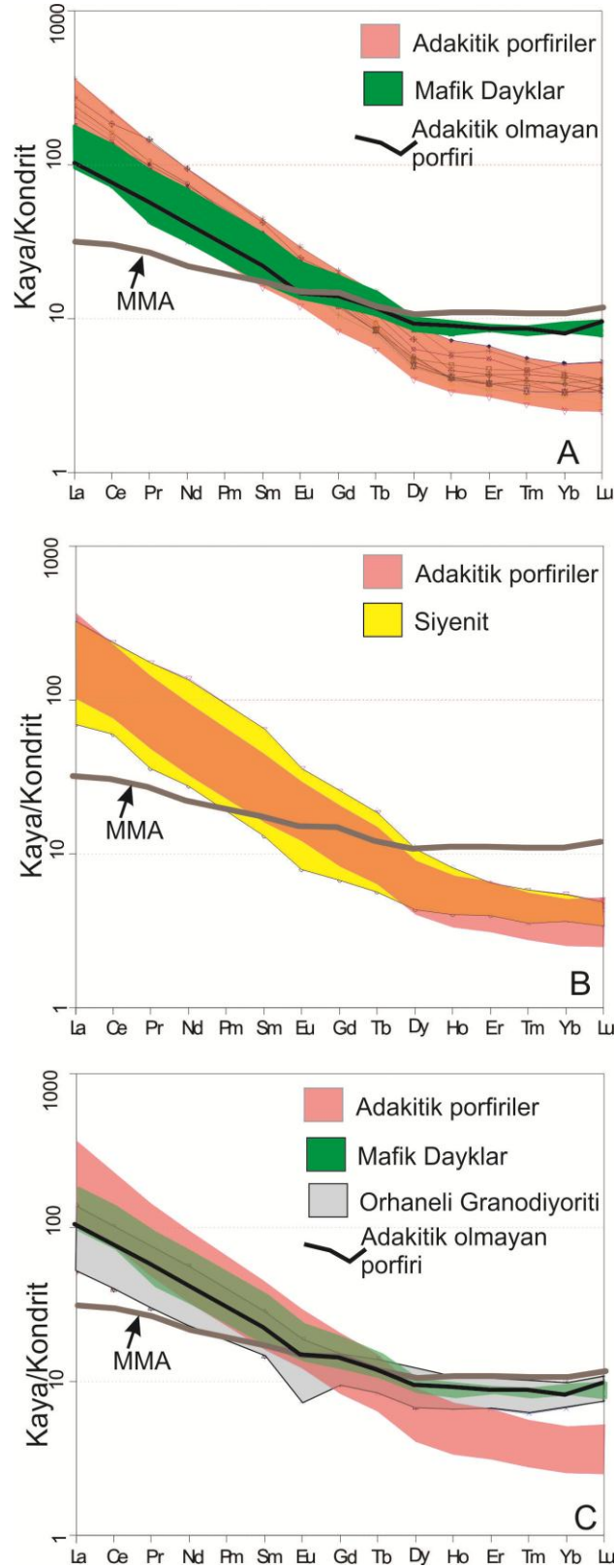
Örneklerin kondrite normalize edilmiş (Boynton, 1984) örümcek diyagramlarındaki dağılımları incelendiğinde (Şekil 5.6 a, b ve c) ise farklı kaya gruplarının sergilediği özellikler ve bu diyagramlardan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Farklı kayaç gruplarına göre değişen oranlarda, bunların LREE’lerde farklı kayaç gruplarına göre değişen oranlarda (magmatik anklav örneğinden adakitik porfirilere artar şekilde) belirgin bir zenginleşme, MREE’lerde ise bir tüketilme gözlenmektedir (Şekil 5.6 a, b, c).
2. Orhaneli granodiyori, mafik dayklar ve adakitik özellik sergilemeyen porfiri örnekleri benzer oranlarda LREE zenginleşmesi ve benzer HREE içeriğine sahiptirler. HREE’ce ve adakitik porfiriler ve siyenitlere göre daha az tüketilmişlerdir.
3. Şekil 5.6 a, b ve c ‘de görüldüğü gibi tüm kaya gruplarında (Orhaneli granodiyoritine ait bir kaç örnek ve adakitik özellik göstermeyen bir porfiri örneği hariç) kaydadeğer bir negatif yada pozitif Eu anomalisi gözlenmez (Şekil 5.6 a). Bu veri inceleme alanındaki Magmatik kayaları oluşturan magmanın evriminde plajiyoklas fraksiyonlaşmasının rol oynamadığını ve/veya kaynak alanının plajiyoklas içermediğine işaret eder.
4. Adakitik porfiri örnekleri siyenitlerinkine benzer bir patern sunmaktadır (5.6 b). Her iki grupta da saptanan yüksek Sr/Y, (La/Yb)_n, (Dy/Yb)_n oranları ve diğer tüm kaya gruplarına göre düşük HREE ve Y içerikleri (Tablo 2) adakitik porfirilerin ve siyenitlerin olasılıkla granat içeren kalıntı bırakan alt kabuğun ergimesi ürünü olduklarının göstergesidir.
5. Magmatik anklav örneği diğer gruplara göre LREE’ce daha az zenginleşmiş, HREE içeriği ise Orhaneli granodiyoriti, mafik dayklar ve adakitik özellik sergilemeyen porfiri örnekleri ile benzerdir. Bu benzerlik N-MORB’a normalize edilmiş örümcek diyagramlarında da (Şekil 5.7 a,c) izlenebilmektedir ve bahsedilen kaya gruplarının mafik magmatik anklav bileşimine benzer mafik (bazaltik) bir magma kaynağından türemiş olduklarını düşündürmektedir.
6. Orhaneli granodiyoritine ait bazı örnekler mafik dayk ve anklavlar gibi Eu anomalisi göstermezken, aynı plütona ait bazı örnekler negatif Eu anomalisi segilerler.

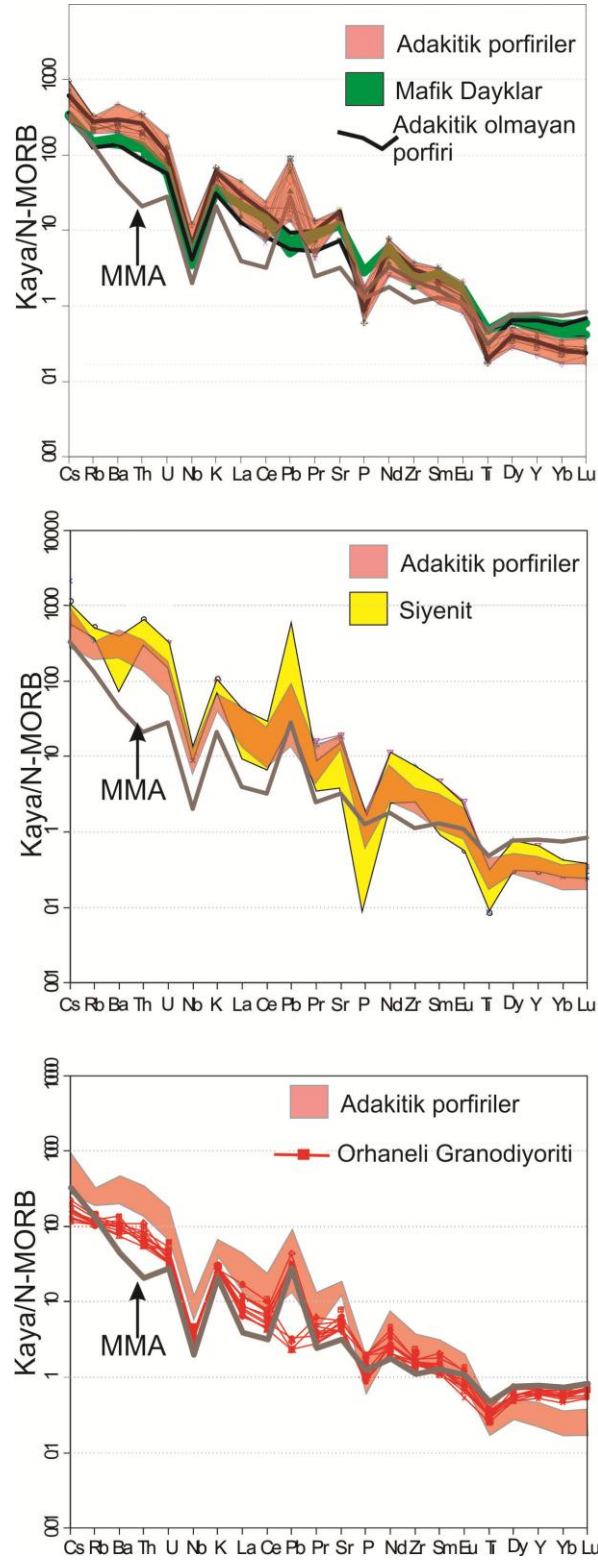
7. Adakitik özellik göstermeyen (Orhaneli plütonunun kuzeyindeki dayklardan alınan) 2 porfiri örneği de zayıf-orta negatif Eu anomalisi gösterir. Bu veri Orhaneli granodiyoriti ve onu kesen porfiri dayklarını oluşturan magmanın evriminde plajiyoklas ayrımlaşmasının etkili olduğuna işaret etmektedir. Orhaneli granodiyoriti'nin REE paternleri incelendiğinde göze çarpan diğer bir özellik ise, HREE'lerde, bazı MREE'lere oranla bir miktar zenginleşme olmasıdır. Bu nedenle, Şekil 5.6 c'den de görüleceği gibi, diyagramın sağ tarafında yukarı doğru konveks, kaşık şekilli bir desen kazanır. Böyle bir desen Orhaneli granodiyoriti ve adakitik özellik göstermeyen porfiri dayklarının evriminde plajiyoklasın yanında amfibol ayrımlaşmasının da etkili olduğunu düşündürmektedir.

Adakitik porfirilerin, mafik sin-plütonik daykların ve ilişkide oldukları plütonik kaya gruplarının gelişim ortamına yaklaşımda bulunabilmek için örümcek (spider) diyagramları kullanılmıştır. N-MORB'a göre normalize edilmiş örümcek diyagramında elementlerin sergilediği paternler incelendiğinde şu özellikler görülür (Şekil 5.7 a, b ve c); Diyagramda LIL elementlerde (Rb, Ba, Th) belirgin bir zenginleşme, LIL elementlere komşu olan Zr, Nb, Y, Yb gibi HFS elementlerde ise fakirleşme gözlenir. Yüksek LIL, düşük HFS element içerikleri nedeniyle HFS/LIL element oranları düşüktür. Bu özellikleri bakımından gerek adakitik porfiri örneklerinin gerekse mafik dayklara ait örneklerin iz element paternleri volkanik yay ortamlarında gelişen magmatik toplulukların iz element paternlerine yakın bir benzerlik gösterir (Pearce, 1982, 1983; McCulloch and Gamble, 1991; McDonough, 1991; Thrilwall vd., 1994; Pearce ve Peate, 1995).

Kaya gruplarının hepsinde gözlenen (Orhaneli granodiyoriti ve siyenitler de dahil olmak üzere) LIL elementlerdeki zenginleşme dalan levhadan kaynaklanan akışkanlar veya eriyiklerin dalan levhanın üstündeki manto kamasına doğru taşınması ve manto kamasını metasomatize etmesi sonucunda oluşmaktadır. HFS elementlerdeki fakirleşme ise bu elementlerin dalan levhadaki mineral fazlarında tutulması ile açıklanmaktadır (McDonough, 1991). Bu nedenle, inceleme alanındaki kaya gruplarını oluşturan magma(lar)ın, kıta-kıta çarpışması öncesindeki dalma-batma olayının kayıtlarını taşıdığı söylenebilir.



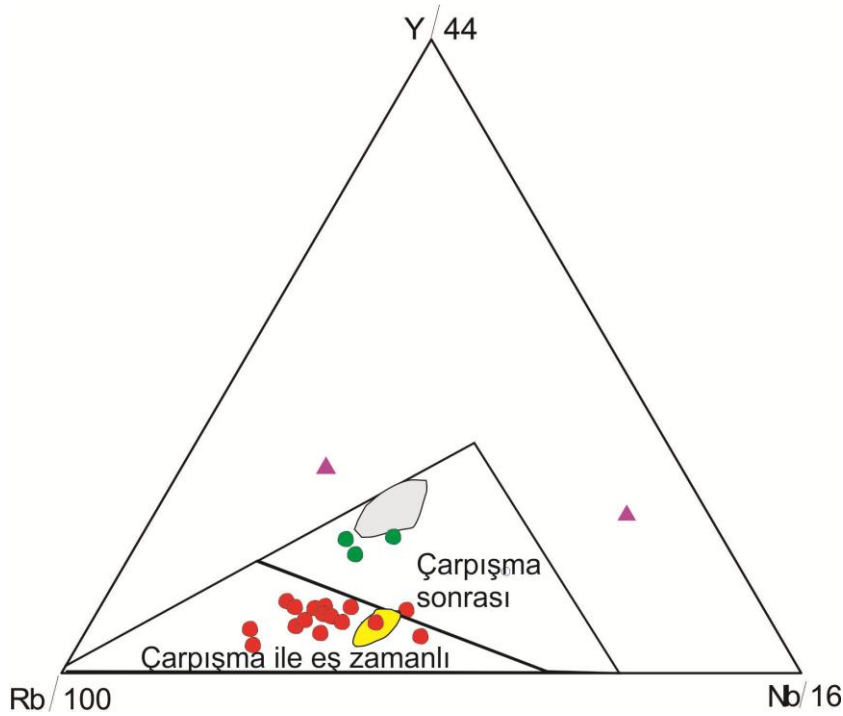
Şekil 5.6 : a, b ve c Kondrite (Boynton, 1984) normalize edilmiş örümcek diyagramında plütönik (Orhaneli granodiyorit ve siyeniti), hipabisal kaya grupları (adakitik porfiriler ve mafik dayklar) ve mafik magmatik anklavların karşılaştırılması.



Şekil 5.7 : N-MORB'a normalize edilmiş örümcek diyagramında (a,b ve c.) plütönik (Orhaneli granodiyorit ve siyeniti), hipabisal kaya grupları (adakitik porfiriler ve mafik dayklar) ve mafik magmatik anklavların karşılaştırılması.

Adakitik porfiri örneklerinde ve bazı siyenit örneklerinde gözlenen Ba ve Sr zenginleşmesi, yüksek Ba/Nb, Sr/Y ve La/Yb oranları, Ba, K, Rb ve Th'dan Nb'a düşüş alt kabuk kaynağı yada alkali elementlerce zenginleşmiş manto kaynağından türemiş kıtakabuğu gerci ile kirlenmiş melez magmalardan türeyen çarpışma sonrası plütonik topluluklarına da benzer örneklere sahiptir (Dupuy vd. 1982; Pearce, 1982; Harris vd. 1986; Cox ve Hawkesworth, 1985).

Porfiri dayk ve stoklarının ve ilişkide olduğu diğer magmatik kaya gruplarının olduğu tektonik ortama yaklaşımda bulunabilmek amacıyla örnekler Theblemont ve Cabanis, (1990) tarafından önerilen Y/44-Rb/100-Nb/16 üçgen diyagrama da izdüşürülmüştür. Yazarlar bu diyagramda çarpışma ile eş zamanlı ve çarpışma sonrası magmatik toplulukları birbirinden ayırmaktadır. Şekil 5.8'den de görüleceği üzere adakitik porfiri örnekleri ve Siyenitler çarpışma ile eş zamanlı (Syn-collisional) magmatik serilere ait alanında yoğunlaşırken, mafik dayklar ve Orhaneli granodiyoritine ait örnekler Çarpışma sonrası (Post-collisional) alanına izdüşmektedir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 : Adakitik porfirilerin ve inceleme alanındaki diğer magmatik kaya Y/44-Rb/100-Nb/16 üçgen diyagramındaki (Theblemont ve Cabanis, 1990) konumları. Semboller için Şekil 5.3'ye bakınız).

5.2 Sr-Nd İzotop Özellikleri

Adakitik porfiritlerden 8 adet, mafik sin-plütonik dayklardan 1 adet ve magmatik anklav örneğinden 2 örnek üzerinde Sr-Nd izotop analizleri yapılmıştır. Toplam 11 örnekten elde edilen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotop analizleri, literatürden derlenen (Altunkaynak, 2007 ve oradaki referanslar) 6 adet (3 adet granodiyorit, 3 adet Siyenit örneği) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ analizleri ile birlikte değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.2 : Porfiri daykları, mafik (mikrodiyorit) dayk ve magmatik anklavlara ait örneklerin Sr-Nd izotop sonuçları

Örnek no	14	20	59	63	4-ORH	6-ORH	32-ORH	100a
	Porfiri dayk	Porfiri dayk	Porfiri dayk	Porfiri dayk	Porfiri dayk	Porfiri dayk	Porfiri dayk	Porfiri dayk
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(\text{m})$	0.706484	0.706601	0.706846	0.706781	0.7065607	0.7064843	0.7065069	0.706791
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(\text{i})$	0.706249	0.706379	0.70657	0.706555	0.706343	0.706255	0.706289	0.706528
$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(\text{m})$	0.512506	0.512564	0.512632	0.512447	0.5124661	0.5124606	0.5125033	0.512563
$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(\text{i})$	0.512476	0.512532	0.512599	0.512418	0.512432	0.512429	0.512471	0.512529
ϵNdi	-1.8	-0.71	0.59	-2.94	-2.66	-2.73	-1.91	-0.77

Örnek no	100b	106	10
	Mafik dayk	Magmatik anklav	Magmatik anklav
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(\text{m})$	0.706713	0.705425	0.706391
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(\text{i})$	0.706533	0.70541	0.706339
$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(\text{m})$	0.51249	0.512637	0.512574
$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(\text{i})$	0.512455	0.512604	0.512561
ϵNdi	-2.21	0.69	-1.05

Adakitik porfirilere ait örneklerin ölçülen $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ (m) oranları 0.70648 ile 0.70784 arasında, $143\text{Nd}/144\text{Nd}$ oranları ise 0,51244 ile 0,51263 arasında değişir. Magmatik anklavlarda ise ölçülen $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ (m) oranları 0.70542 ve 0.70639 arasında, $143\text{Nd}/144\text{Nd}$ oranları ise 0,512637-0.512574'tür. Analizi yapılan bir mafik dayk örneğinde $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ (m) oranı 0.70671, $143\text{Nd}/144\text{Nd}$ oran ise 0,51249'dur (Tablo 3). Bu kaya gruplarının yaşı bu çalışmadan elde edilen yaşlara göre ortalama 54 My kabul edilerek hesaplanan ilksel $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ (i) oranları ise adakitik porfirilerde 0.70624 ile 0.70655 , ilksel $143\text{Nd}/144\text{Nd}$ oranları 0.51241 ile 0.51259 arasında değişirken mafik dayk örneğinde bu oranlar sırasıyla 0.706533 ve 0.51249'dur. Mafik magmatik anklavların ilksel Sr- izotop değerleri 0.70541-0.706339, ilksel Nd-izotop değerleri ise 0.51263-0.512561'dir. Bu değerler Orhaneli granodiyoritinde sırasıyla 0.706240-0.70626 ve 0.512433-0.512439 aralığında değişir (Altunkaynak 2007). Bölgedeki kaya grupları içinde en yüksek ilksel Sr ve Nd izotop içeriklerine ise Siyenitler sahiptir ($87\text{Sr}/86\text{Sr}$ (i): 0.70727-0.70677, $143\text{Nd}/144\text{Nd}$ (i): 0.512359-0.512451). ϵNd (i) değerleri mafik magmatik anklavlarda 0.69 ila -1.05, diğer kaya gruplarında ise -2,94 ile 0.59 arasında değişir. Siyenitlerde ise bu değer -2.34'ten -4.09'a kadar düşer.

Bu veriler birlikte değerlendirildiğinde inceleme alanında yeralan farklı kaya gruplarını oluşturan magmanın $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ oranlarının dar (nerdeyse homojen) bir aralıkta değiştiği (0.707.2 ile 0.706.2), ancak ϵNd (i) değerlerinin (0.59 -4.09) oldukça geniş bir aralıkta değiştiği görülür. Bu izotop değerleri, iz element dağılımları ile birlikte değerlendirildiğinde dalma batma kökenli adaki oluşumlarından yay granitoidlerine göre yüksek (0.703-0.706)'dir ve daha çok alt kabuk kaynağı yada zenginleşmiş manto kaynağından türemiş kıtakabuğu gereci ile kirlenmiş melez magmalardan türeyen çarpışma sonrası magmatik toplulukların izotop değerlerine benzerlik göstermektedir (Harris vd., 1994; Aldanmaz vd., 2000; Dilek ve Altunkaynak 2007; Altunkaynak 2007 ve oradaki referanslar).

6. PETROJENEZ

6.1 “Adakitler” ve “Adakit Benzeri Kayaçlar” : Petrojenetik Modeller

“Adakit” terimi, yaklaşık 22 yıl önce Defant ve Drummond, (1990) tarafından, yitim zonlarında dalan genç (<25 My) ve sıcak okyanusal kabuğun bazaltik kesimlerinin kısmi ergimesi ile oluşan, ayırtman jeokimyasal özelliklere sahip, nötr-asidik bileşimli magmatik kayaçları tanımlamak için önerilen petrolojik bir terimdir. Genellikle yüksek SiO₂ (>% 56), Al₂O₃ (> % 15), Na₂O (> % 3.5), Sr/Y (> 40) ve La/Yb (> 20) ve düşük HFSE içerikleri ile karakterize edilirler. Aslında “Adakit” isimlendirmesi Kay (1978) tarafından Aleutian volkanik yay zincirine dahil olan “Adak” adasında yapılan çalışmaya dayanır. Kay (1978) Adak adasında diğer yay volkaniklerine benzemeyen sıradışı jeokimyasal özellikler sergileyen andezitlerin varlığından bahsetmektedir. Yazar, bu kayaçların yüksek La/Yb ve Sr içerikleri ve düşük Sr- Pb izotop değerlerine sahip olduklarını saptamış ve yiten Pasifik okyanus kabuğunun kısmi ergimesinden oluştuğunu öne sürmüştür. Ancak güncel çalışmalar adakitlere benzer jeokimyasal özellikler sergileyen ve slab ergimesi yada yitim zonu ile ilişkilendirilmeyen “Adakitik (Adakit benzeri)” kayaçların varlığını da ortaya koymuştur (Yumul vd, 1999; Wang vd, 2005, Macpherson vd., 2006 vs.). Bu çalışmalara göre, adakit benzeri kayaçlar ve bir kısım adakitler mafik alt kıta kabuğunun kısmi ergimesi yada bazaltik magmanın fraksiyonel kristallenme ve magma karışması olaylarının ortak sonucu olarak farklı tektonik ortamlarda gelişebilmektedir (Atherton ve Petford, 1993; Castillo, 2006, 2008 ve oradaki referanslar; Xu vd., 2008). Bazı yazarlara göre bu kayaçlar kıta kabuğunun kalınlaşması sonucunda alt kıtasal kabuğun kısmi ergimesi ile oluşabilirler (Zhang vd., 2001; Chung vd., 2003; Hou vd., 2004; Wang vd., 2005). Diğer bazı araştırmacılar ise, bazı durumlarda adakitik kayaçların dilim kopması (Slab break-off) yada kıtasal litosferin giderilmesi (delamination) sonucunda manto-alt kabuk ergiyiklerinin etkileşimi sonucu türediklerini belirtmişlerdir (Defant vd., 2002; Xu

vd., 2008; Gao vd., 2004, Atherton ve Petford, 1993; Barnes vd., 1996; Kay ve Kay, 2002; Wang vd., 2006, Hou vd., 2007).

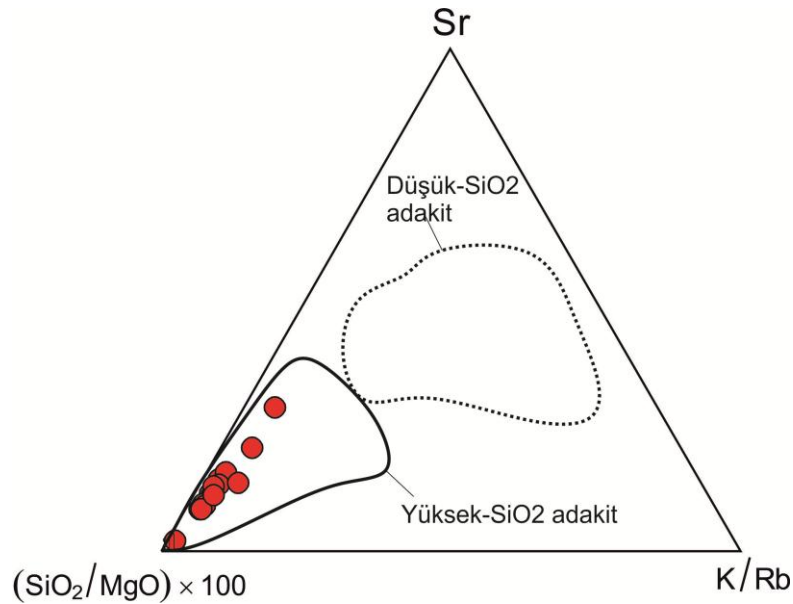
Bu çalışmanın konusunu oluşturan Porfirilerin özellikleri jeokimyasal olarak incelendiğinde Silika değerleri (SiO_2 : %63.8-69.43) , Mg-numaraları <55 (Mg#: 14.56-54.46), Yüksek Sr/Y (215-113), (La/Yb)_n (35.33-81.41) değerleri, yine yüksek olan Al_2O_3 (>%15), Sr (427-1719.4ppm), ve düşük Y (6.2-12.8ppm), Yb (1.07-0.53 iki örnek hariç) içerikleri ve Eu anomalisi göstermemeleri ile Adakitlere benzer kimyasal özellikler sundukları barızdır. Ancak, bu çalışmada incelenen adakitik özellik gösteren porfirit (ve siyenitlerden) elde edilen örneklerden elde edilen izotop değerleri (Sr/Sr: 0.707.2 ile 0.706.2), ($\epsilon\text{Nd}(i)$:0.59_ -4.09) birlikte değerlendirildiğinde bunların yitime uğrayan dilim (slab) ergiyikleri olan gerçek adakitlere göre daha yüksek Sr/Sr ve düşük $\epsilon\text{Nd}(i)$ değerler sergiledikleri görülür (Şekil 6.3). Üstelik K_2O içerikleri ve Mg-numaraları adakitlere göre yüksek, Na_2O içerikleri ise düşüktür. Bu nedenle adakit benzeri yada adakitik olarak tanımlanabilecek oluşumlar olarak değerlendirilmişlerdir.

Türkiye’de adakitik kayaçları özellikle doğu Pontidler ve Orta Anadolu’da bu tür kayaçlar üzerinde yapılan çalışmalarla ortaya koyumuştur. (Topuz vd., 2005; Varol vd., 2007; Kadioğlu ve Dilek., 2010; Eyüboğlu vd., 2010; Karanlı vd., 2010). Topuz vd. (2005) Pulur masifi içindeki Saraycık Granitoidinin adakit benzeri özellikler sergilediğini vurgulamıştır. Karanlı vd., (2010) Doğu Pontidlerdeki Erken Senozoyik yaşlı adakitik kayaçların alt kıtasal kabuğun giderilmesi (delamination of lower crust) sonucunda mafik alt kıta kabuğunun kısmi ergimesi ile geliştiğini öne sürmüşlerdir. Aksine Eyüboğlu vd. (2010) Doğu Pontidlerdeki Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı adakitik magmatik kayaçların kıta kabuğunun kalınlaşması yada giderilmesi (delaminasyonu) sonucu değil yitim zonunda gelişen “slab window” işlemleri ile ilişkili olarak türediğini savunmuşlardır. Orta Anadolu’daki adakitik kayaçlar üzerinde çalışan Varol vd., (2007) Ankara GB’sında Balkuyumcu bölgesinde Miyosen yaşlı adakit benzeri volkanizmanın varlığından bahsetmiştir. Yazarlar, adakit benzeri volkanizmanın, adakitik eriyiklerin etkisi ile metasomatize olmuş mantonun kısmi ergimesi ile ortaya çıkan magmadan türediğini ileri sürmüşlerdir. Kadioğlu ve Dilek (2010) yine Orta Anadolu’da yeralan Horoz graniti’nin adakitik özellikte olduğunu saptamış ve Horoz granitini oluşturan magmanın “kıtasal litosferin giderilmesi’nin (delamination)” sonucu olarak litosferik

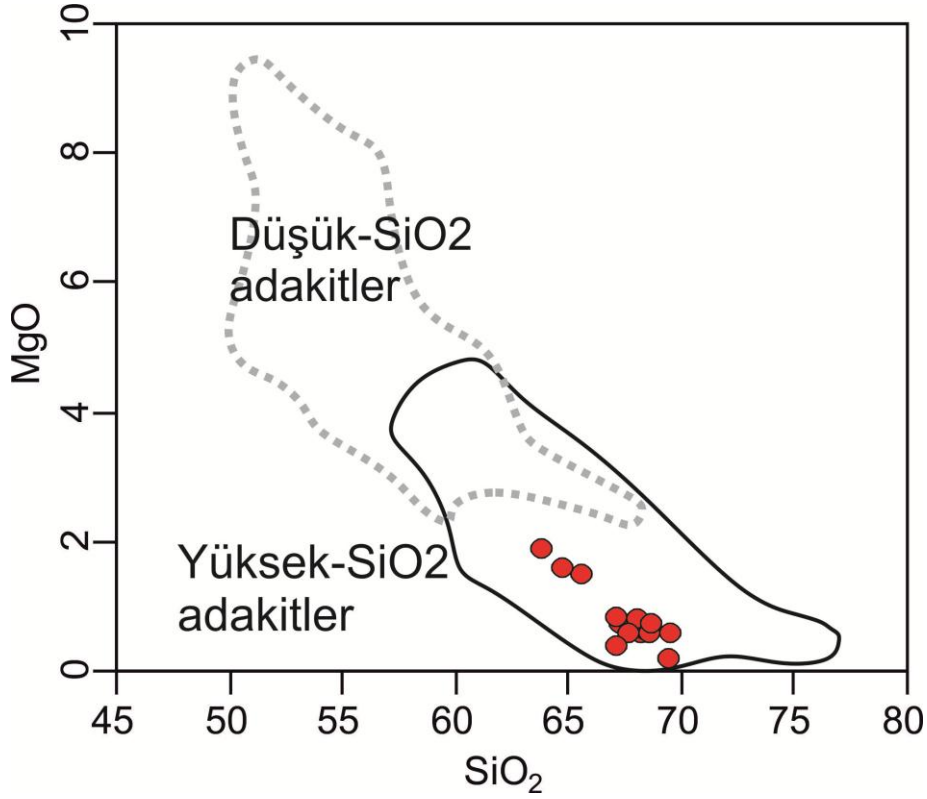
manto ve amfibolit-eklojit formundaki alt kıta kabuğunun kısmi ergimesinden türediğini ortaya koymuşlardır. Literatürde KB Anadolu'daki adakitik kayalar üzerinde yapılan çalışmalarda Zoroğlu ve Kadioğlu (2010) Sivrihisar İntüzif Kütlesinin metaaluminyumlu, Yüksek K serisi içinde yer alan Kalkalkalen karakterli kayalardan oluştuğunu belirtmişlerdir. Genç ve Kayacı (2012) Bozüyük civarında, Yılmaz-Şahin vd., (2012) ise İstanbul zonu içinde (Çavuşbaşı graniti) yer alan Alt kretase yaşlı Adakitik intrüzif kayaların varlığından bahsetmektedir. Yazarlar, her iki çalışmada da adakitik sokulumların Alt Kretasede dalan okyanusal kabuğun kısmi ergimesi ile oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde Türkiye'de varolan adakit özelliği gösteren kayalar Alt Kretase dönemimde gelişenler dışında slab ergimesine bağlı olarak gelişen gerçek adakitler değildir ve adakit-benzeri yada adakitik olarak sınıflandırılacak oluşumlardır.

6.2 Adakitik Porfirilerin ve İlişkili Magmatik Kayalarının Petrojenezi

Yüksek SiO₂ içerikleri ve diğer jeokimyasal özellikleri ile (yüksek Sr/Y, La/Yb düşük Y ve Yb vs) bunlar yiten dilim ergimesi ile oluşan yüksek silikalı (ancak K'ca fakir)(HSA: high adakites) adakitelere benzese de (Şekil 6.1 a,b) onlara göre oldukça yüksek K₂O ve Mg-numarası değerlerine sahiptirler. Bu özellikleri ile incelen adakitik kayalar kıtasal adakitler (K-adakitler) niteliğindedir (Moyen 2009 ve oradaki referanslar).



Şekil 6.1.a: Sr-(K/Rb)-(SiO₂/MgO)*100 üçgen diyagramı.



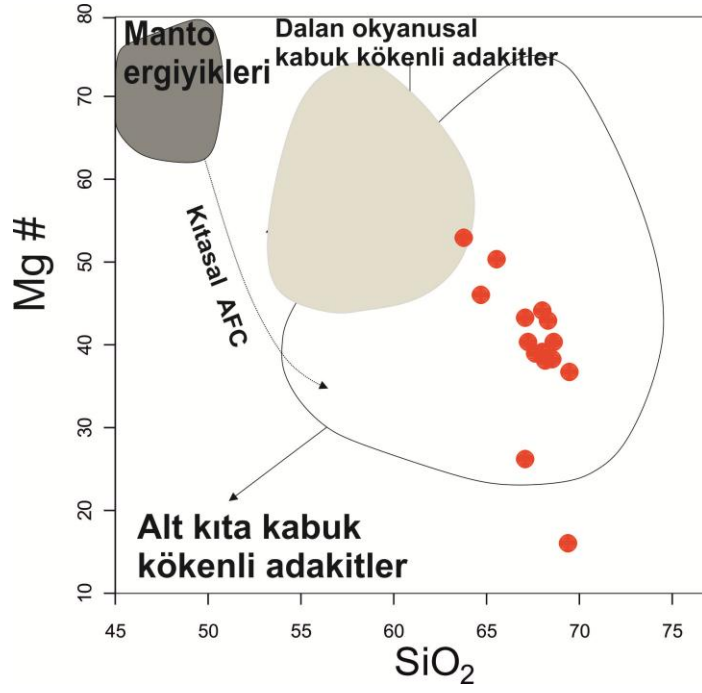
Şekil 6.1.b : MgO - SiO₂ diagramı. Düşük SiO₂ ve yüksek SiO₂ alanları Martin vd., 2005’den alınmıştır.

Adakitik porfiri örnekleri siyenitlerinkine benzer iz element paternleri sunmaktadır ve her iki grupta adakitik özellikler sergiler (Şekil 5.6b,5.7a,b). Her iki grupta da saptanan yüksek Sr/Y, (La/Yb)_n, (Dy/Yb)_n oranları ve diğer tüm kaya gruplarına göre düşük HREE ve Y içerikleri (Tablo 2) adakitik porfirilerin ve siyenitlerin olasılıkla granat içeren kalıntı bırakan mafik alt kabuğun ergimesi ürünü olduklarının göstergesidir (Atherton ve Petford, 1993; Castillo, 2006, 2008 ve oradaki referanslar; Xu vd., 2008, Defand ve Drummond, 1990, Castillo 2006, 2012).

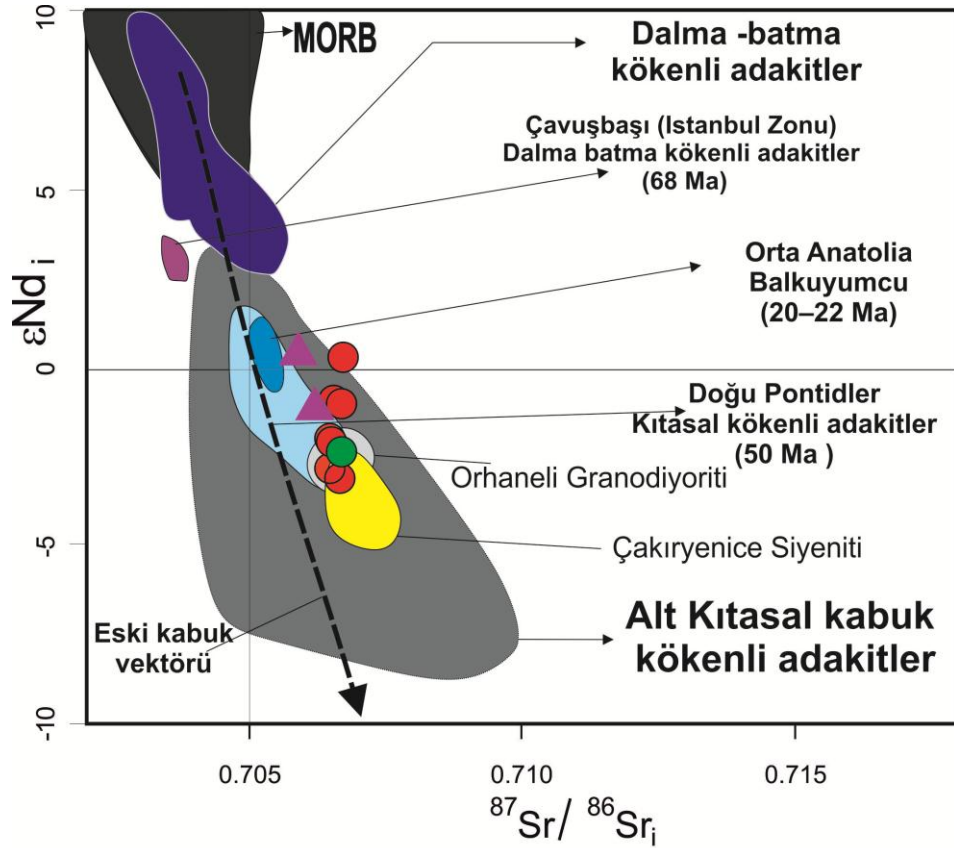
Adakitik özellik sergileyen porfiriter ve Siyenit örneklerinin Sr-Nd izotop değerleri Sr/Sr- ϵ Nd(i) diyagramına izdüşürüldüğünde (Şekil 6.3) bunların, yukarıda tartışıldığı gibi dalma batma kökenli adakit oluşumlarına göre yüksek Sr/Sr ve düşük ϵ Nd(i): değerlerine sahip olduğu görülür. Diyagramda tüm adakitik porfiriler ve siyenit örnekleri Alt-Kabuk kökenli adakitler alanına izdüşmektedir. Aynı diyagrama Türkiyedeki farklı yaşlardaki diğer adakitik oluşumların izotop değerleride izdüşürülmüştür. Şekil 6.3’den görüleceği gibi incenen porfiriter ve siyenit örneklerinin izotop değerleri doğu Pontidler (Topuz vd., 2005., 2011; Karşlı vd., 2011, 2012, Eyüboğlu vd., 2011, 2012) deki adakitik kayaçların izotop değerleri ile örtüşmekte ve onlarla birlikte alt-kabuk kökenli adakitler alanına izdüşmektedir.

Dalma-batma kökenli adakit verileri (Defant vd., 1992, Kay vd., 1993, Sajona vd., 2000 ve Aguillón-Robles vd., 2001'den ; MORB verileri Mahoney ve diğ., 1998, Xu vd., 2003, Tribuzio vd., 2004 ; Xu ve Castillo,2004 ; Orta Anadolu adakitleri (Varol ve diğ., 2007), Çavuşbaşı-İstanbul zonu adakitleri verileri Yılmaz-Şahin vd., 2012 ve Doğu Pontid adakitik kayaçları (Karlı ve diğ., 2010, 2011 ve Topuz ve diğ., 2005 'den alınmıştır.

Adaktik kayalar diğer kaya grupları ile birlikte değerlendirildiğinde, ilgili bölümlerde değinildiği gibi tüm kaya gruplarında Eu anomalisi gözlenmez (Şekil 5.6 a, b, c). Bu veri inceleme alanındaki magmatik kayaları oluşturan magmanın evriminde plajioklas fraksiyonlaşmasının rol oynamadığını ve/veya kaynak alanının plajioklas içermediğine işaret eder. İz element özellikleri ise (Şekil 5.7a,b,c) kaya gruplarının hepsinde gözlenen LIL elementlerdeki zenginleşme ve Nb, Ti da fakirleşme tüm kaya gruplarının yitim imzası taşıdığına işaret etmektedir. Bununla birlikte, Ba ve Sr zenginleşmesi, yüksek Ba/Nb oranları, Ba, K, Rb ve Th'dan Nb'a düşüş alt kabuk kaynağı yada alkali elementlerce zenginleşmiş manto kaynağından türemiş alt kıtakabuğu gereci ile kirlenmiş melez magmalardan türeyen ürünlere de benzerlik gösterir (Dupuy vd. 1982; Pearce, 1982; Harris vd. 1986; Cox ve Hawkesworth, 1985). Magmatik anklav örneği diğer gruplara göre LREE'ce daha az zenginleşmiş, HREE içeriği ise Orhaneli granodiyoriti, mafik dayklar ve adakitik özellik sergilemeyen porfiri örnekleri ile benzerdir. Bu benzerlik N-MORB'a normalize edilmiş örümcek diyagramlarında da (Şekil 5.6, 5.7a,c) izlenebilmektedir ve bahsedilen kaya gruplarının mafik magmatik anklav bileşimine benzer mafik (bazaltik) bir magma kaynağından türemiş olduklarını düşündürmektedir. Bu kaya gruplarından elde edilen Sr-Nd izotop içerikleri ve içerdikleri magmatik anklavlarda saptanan nispeten düşük Sr/Sr (0.705-0.706) ve yüksek ϵ_{Nd} değerleri, bölgede eş yaşlı mafik ve felsik magmaların heterojen olarak karıştığının (magma mingling) işaretçisi olan (Vernon, 1983; Barnes vd., 1986; Didier ve Barbarin 1991) işaret eden, mafik (diyoritik) sin-plütonik daykların yüksek-Mg içeren ($Mg\# > 64$, Tablo 2) ve mafik magmatik anklavların varlığı adakitik kayaçları oluşturan mafik alt kabuk ergiyiklerinin manto ergiyikleri ile etkileşim gösterdiğini düşündürmektedir.



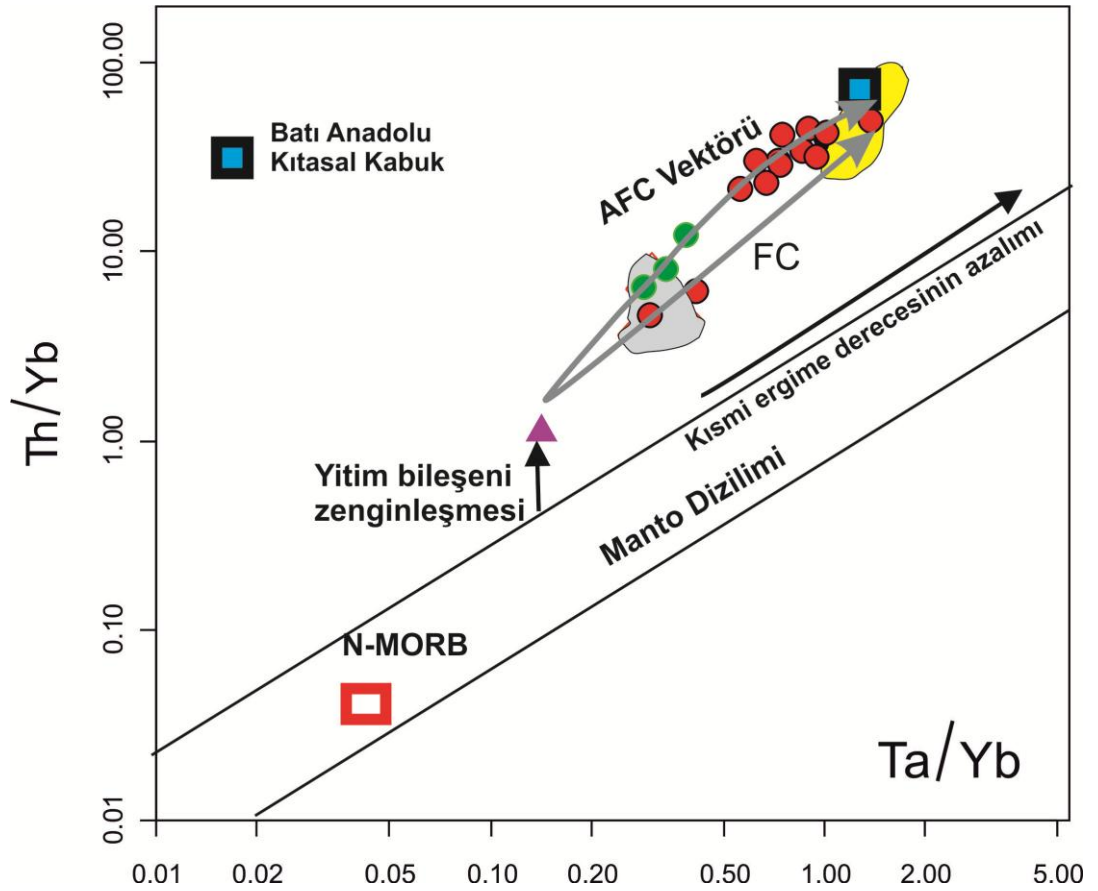
Şekil 6.2 : SiO₂- Mg# diyagramı. Dalan okyanusal kabuk kökenli ve alt kıta kabuk kökenli adakit alanları Guan vd., 2012'den AFC vektörü ise Stern ve Kilian, 1996'dan alınmıştır.



Şekil 6.3 : Adakitik porfirilerin $\epsilon Ndi_{(54 \text{ Ma})}$ karşı $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{i(54 \text{ Ma})}$ diyagramındaki konumları.

İnceleme alanındaki magmatik kayaları oluşturan magmanın evriminde AFC'nin (Asimilasyona eşlik eden fraksiyonel kristallenme önemli bir rol oynadığı Th/Yb ve Ta /Yb ilişkileri ile ortaya koyulmaktadır (Şekil 6,4). Diyagramda magmatik anklavlardan, mafik dayklara ve oradan adakitik porfirit ve siyenitlere, ortalama kıtasal kabuk alanına doğru, manto alanına kısmen paralel bir yönelim izlenmektedir. Ayrıca manto alanından anklava doğru gösterilen dikey ok inceleme alanından alınan örneklerin en az evrimleşmiş örneğini temsil eden magmatik anklavda dahi bir miktar yitim zenginleşmesi olduğunu göstermektedir.

Diyagramda izlenenebilen diğer bir özellik ise Sr-Nd izotop verileri ile uyumlu olarak Th/Yb ve Ta /Yb ilişkileride adakitik özellik gösteren siyenitlerin kabuk değerlerinde ya da yakın bileşime sahip olduğudur. Mafik dayklar ve Orhaneli granodiyoriti magmatik anklavlara yakın olan bileşimi ile en az kabuk katkısı (en çok manto katkısı) olan kaya gruplarını oluşturmaktadır.



Şekil 6.4: İnceleme alanındaki adakitik porfirilerin ve ilişkili magmatik kayaların Th/Yb-Ta/Yb diyagramındaki konumları.

Adakitik porfiriler ise bu iki grup arasında, neredeyse çizgisel bir yönelim göstermektedir. Bu ilişkiler bölge magmatizmasının evriminde AFC'nin rol oynadığına işaret eder. Aynı diyagramda (Şekil 6.4) fraksiyonel kristallenmesinde bölge magmatizmasının evriminde kısmen rol aldığını düşündürmektedir. Bu sonuç bazı kaya grupları için ana ve iz element özellikleride doğrulanmaktadır. Orhaneli granodiyoritine ait bazı örnekler mafik dayk ve anklavlar gibi Eu anomalisi göstermezken, aynı plütone ait bazı örnekler negatif Eu anomalisi segilerler. Adakitik özellik göstermeyen (Orhaneli plütununun kuzeyindeki dayklardan alınan) 2 porfiri örneği de zayıf-orta negatif Eu anomalisi gösterir. Bu veri Orhaneli granodiyoriti ve bazı porfiri dayklarını oluşturan magmanın evriminde plajiyoklas ayrılaşmasının etkili olduğuna işaret etmektedir. Orhaneli granodiyoriti'nin REE paternlerinde izlenen yukarı doğru konveks, kaşık şekilli paternler Orhaneli granodiyoriti ve adakitik özellik göstermeyen porfiri dayklarının evriminde plajiyoklasın yanında amfibol ayrılaşmasının da etkili olduğunu düşündürmektedir.

7. TARTIŞMA

Bu çalışmanın konusunu oluşturan adakitik porfirilerin mostra verdiği KB Anadolu'da, geç Kretase-erken Tersiyer aralığında NeoTetis okyanusunun kuzeye, Sakarya kıtasının altına doğru dalıp-batarak tüketilmesi ile güneydeki Anatolid-Torid platformu ile kuzeydeki Sakarya kıtası birbirleriyle çarpışmıştır. Bu olay sonucunda literatürde “İzmir-Ankara suture kuşağı” olarak bilinen kened kuşağı oluşturmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bölgedeki çarpışmanın erken Eosen-Orta Eosen döneminden önce gerçekleştiğine işaret eden bazı stratigrafik veriler vardır; gerek suture kuşağı birimleri gerekse Sakarya kıtasına ait temel kayaları orta Eosen yaşlı çökel kayalar (Gebeler formasyonu, Akyürek ve Soysal, 1983; Başlamış formasyonu, Akdeniz, 1980) ile uyumsuz olarak örtülmüştür. Bu veri inceleme konusu olan Eosen yaşlı adakitik porfirilerin ve ilişkili magmatik kayaların “Çarpışma sonrası”(post collisional) magmatizmanın ürünleri olduğunu ortaya koymaktadır.

Batı Anadolu'da, Kıta-kıta çarpışmasının ardından, yaygın bir magmatik aktivite gelişmiştir (Yılmaz, 1989, 1990,1995; Güleç, 1991, Şengör vd., 1993, Harris vd., 1994). Çarpışma sonrası nitelikli bu magmatik faaliyet erken-geç Eosen döneminde KB Anadolu'da etkin olmuş, geç Oligosen-erken Miyosen döneminde ise tüm Batı Anadolu'da, İzmir-Ankara suture kuşağının gerek kuzeyinde gerekse güneyinde yaygın ürünler vermiştir. Eosen magmatizması KB Anadolu'da hemen tüm Eosen dönemi (erken-Geç Eosen) boyunca aktif olmuştur (Altunkaynak vd., baskıda). Bu magmatizma yaklaşık D-B uzanımlı, suture zonuna az çok paralel gidişli bir magmatik kuşak oluşturmuştur. Bu magmatik kuşağı e granitik plütonik kayalar ve ilişkili volkanik ve volkanosedimanter kayalar oluşturmaktadır. Balıklıçeşme volkanikleri (Ercan vd, 1995), Fıstıklı graniti ve Kızderbent volkanikleri (Genç ve Yılmaz, 1997), Karabiga, Kapıdağ granitleri (Delaloye ve Bingöl 2000, Karacık vd., 2008) ve Orhaneli, Topuk, Göynükbelen, Gürgenyayla plütonları (Bingöl vd., 1982, Harris vd., 1994, Altunkaynak, 2007) bu magmatik evreye verilebilecek iyi

örneklerdir. Batı Anadolu’da Eosen magmatizmasının ardından, geç Oligosen-Orta Miyosen aralığında, Eosen döneminde gelişen magmatik ürünlere benzer jeokimyasal özellikler sergileyen pek çok granitik plüton (Kozak, Evciler, Kestanbol, Ilıca-Şamlı, Eybek plütonları vs.) ve ilişkili volkanik kayalar gelişmiştir. Bu granitik ve volkanik kayaların kökeninde birbirleri ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Yılmaz, 1989, Altunkaynak ve Yılmaz, 1998, Genç, 1998, Karacık ve Yılmaz, 1998).

İnceleme alanında her iki magmatik evreninde ürünleri yer alır. İnceleme konusu olan adakitik porfiriler ve bunlarla ilişkili plütonik kayalar (Orhaneli granodiyoriti ve Çakıryenice siyeniti) Batı Anadolu Eosen magmasının ürünleridir. Bu çalışma ile elde edilen $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ yaşları, literatür yaşları ile birlikte değerlendirildiğinde adakitik porfirilerin ve plütonik topluluğun soğuma yaşının Erken Eosen (53-54 My) olduğu belgelenmiştir. Bölgedeki volkanik kayalardan önceki çalışmalarla elde edilen soğuma yaşları ise 19-18 Ma aralığındadır ve bu ürünlerin ikinci magmatik evreye ait olduğunu göstermiştir. İnceleme alanında Eosen ile erken Miyosen arasında başka bir magmatik kayıt yoktur.

Adakitik porfirilerden ve bunlarla eş yaşlı mafik dayklar, Çakıryenice siyeniti, ve Orhaneli granodiyoriti’nin jeokimyasal özellikleri bunların mafik alt kıta kabuğu ve manto ergiyiklerinin etkileşimi sonucunda geliştiğine işaret etmektedir. Ana-iz element ve Sr-Nd izotop verileri, Adakitik porfiriler ve siyenitik kayaları oluşturan magmanın kalıntı olarak granat bırakan mafik alt kıta kabuğunun ergimesi ve manto etkileşimi sonucunda oluşabileceğini göstermektedir. Eş yaşlı Orhaneli plütonu ve mafik daykların oluşumunda da hem zenginleşmiş litosferik manto ergiyikleri hem de kıta kabuğundan türeyen magmaların katkıları olduğunu göstermektedir. Jeokimyasal irdelemelerle Adakitik özellikler sergileyen Siyenit grubu ve Porfiritler’in kabuk bileşenince zengin, bunlarla eş yaşlı mafik sin-plütonik dayklar ve Orhaneli granodiyoriti’nin ise içerdikleri magmatik anklavlara benzer şekilde manto bileşenine daha yakın bileşimler sergilediği ortaya koyulmuştur. Farklı kaya gruplarının oluşumunda eş yaşlı felsik ve mafik magmaların heterojen olarak karışmasının ve AFC’nin önemli rolü olmuştur. Bu sonuçlar bölge magmatizmasının metalüminyumlu-I tipi doğasını açıklar niteliktedir. Her 4 grup da (Adakitik porfiriler, siyenitler, mafik dayklar ve Orhaneli

granodiyoriti) ana element ve iz element içerikleri bakımından, volkanik yay ve çarpışma sonrası plütonlara benzerlik gösterir.

Kuzeybatı Anadolu’da gözlenen Eosen yaşlı plütonlar ve ilişkili volkanik kayaların tümü kalkalkalen karakterde ve melez özelliktedir. İzotop içerikleri manto ile kabuk değerleri arasındadır. Jeokimyasal olarak volkanik yay ve çarpışma sonrası magmatik topluluklarına benzer özellikler sergilerler (Bingöl vd, 1982, 1992; Güleç, 1991; Yılmaz, 1989, 1990; Aldanmaz vd., 2000; Yılmaz vd., 2001; Altunkaynak ve Dilek 2006, Altunkaynak vd., 2012 ve oradaki referanslar). Bir çok araştırmacı, Batı Anadolu magmatik kayalarında gözlenen ve dalma-batma olayları ile ilişkilendirilebilen jeokimyasal özellikleri (LIL elementlerdeki zenginleşme ve Nb ve Ta’da fakirleşme gibi) göz önünde bulundurarak, bölge magmatizmasını yay magmatizması olarak değerlendirmiştir (Fytikas vd., 1984; Pe Piper ve Piper, 1989; Gülen 1990; Ercan, 1979; Delaloye ve Bingöl, 2000). Ancak, yukarıda da değinildiği gibi bölgenin jeolojisi Eosen döneminde bölgede hala aktif olan bir dalma batmanın olmadığını göstermektedir. Bu nedenle incelenen örneklerde saptanan jeokimyasal özellikler daha önceki dalma batma olaylarının kayıtları olarak değerlendirilmelidir (Aldanmaz vd., 2000; Yılmaz vd., 2001)

Bu çalışmada elde edilen bulgular Eosen magmatizmasının çarpışma sonrası magmatizması olduğunu destekler niteliktedir. Çalışma konusunu oluşturan adakitik kayaların dalma batma ile ilişkili adakitlerden ziyade “kıtasal tip” adakitik kayaçlarla temsil edilmesi bunun en önemli verilerindendir.

8. SONUÇLAR

Bu çalışmadan ele edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- 1- İnceleme alanında adakitik porfiriler İzmir-Ankara suture zonuna ait temel kayaları ve Batı Anadolu Senozoyik magmatizmasının farklı magmatik evrelerine ait ürünler ile bir arada bulunmaktadır.
- 2- Temel kayaları, mavişist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış Tavşanlı zonuna ait fillat, şist, mermer ve metabazitten oluşur. Bunlar, erken Eosende (52-54 My) Plütonik ve Hipabisal topluluk (adakitik porfiriler ve mafik sin-plütonik dayklar) tarafından intrüzif olarak kesilmiştir.
- 3- Plütonik topluluk, birbiri ile zaman ve mekanda ortaklıklar gösteren Orhaneli Granodiyorit, Çakıryenice siyeniti ve Kenar Zonu Kayalarından oluşmaktadır. Bu çalışmanın ana konusunu oluşturan adakitik porfiriler ise gerek temel kayalarının gerekse Plütonik topluluğun içine dayklar ve stoklar halinde yerleşmiş hipabisal nitelikli kayalarla temsil olunur.
- 4- Hipabisal topluluğu oluşturan adakitik porfiriler ve mafik sin-plütonik dayklardan elde edilen Ar/Ar radyometrik yaş verileri, porfirilerin 53.7-53.84 My, mafik sinplütonik daykların 53.43-54.39 My yaşında olduğunu ortaya koymuştur. Bu veri, adakitik porfirilerin Plütonik topluluk ile (52.4-54 My) ile hem mekan hem de zamanda ortaklıklar sergilediğini belgelemektedir.
- 5- İnceleme alanında saptanan adakitik kayalar granodiyorit, granit, kuvars diyorit, monzosiyenit, siyenit bileşimindeki porfiri sokulumları ile temsil edilir ve plütonik toplulukla bileşimsel olarak benzerlik sergilerler.
- 6- Porfiriler, Plütonik topluluğa ait siyenitik kayalarla jeokimyasal benzerlikler gösterirler. Her iki kaya grubu da yüksek SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, Sr/Y ve La/Ybn, düşük Y, Yb içerikleri ve Eu anomalisi göstermemeleri ile adakit-benzeri jeokimyasal özellikler sunar “normal” kalk-alkalin özellikler sergileyen Plütonik topluluktan ve mafik-sinplütonik dayklardan bu özellikleri ile ayrılırlar.

7- Bölgedeki adakitik kayalar Kıtasal, potasyumca zengin (K-tipi) adakitik kayalardır ve Mg'ca zengin mafik (diyoritik) dayklarla eş zamanlı olarak oluşmuştur.

8- Ana-iz element içerikleri ve Sr-Nd izotopik özellikleri, adakitik porifirilerin yiten okyanusal dilimin (slab) ergimesinden ziyade, mafik alt kıtasal kabuğun (kalıntı fazda garnet içeren) kısmi ergimesi sonucunda gelişmiş ergiyiklerin, manto ergiyikleri ile etkileşimi sonucu oluşmuş olabileceğine işaret etmektedir. Orhaneli granodiyoriti ve mafik dayklarda ise zenginleşmiş manto katkısı artmaktadır.

9- Bu çalışmada elde edilen bulgular Eosen magmatizmasının çarpışma sonrası magmatizması olduğunu destekler niteliktedir. Çalışma konusunu oluşturan adakitik kayaların dalma batma ile ilişkili adakitlerden ziyade “kıtasal tip” adakitik kayalarla temsil edilmesi bunun en önemli verilerindendir.

KAYNAKLAR

- Aguillo'n-robes, A., Calmus, T., Benoit, M., Bellon, H., Maury, R.C., Cotten, J., Bourgois, J.** (2001). Late Miocene adakites and Nb-enriched basalts from Vizcaino Peninsula, Me'xico: indicators of East Pacific Rise subduction below southern Baja California. *Geology* 29, 531 – 34.
- Akyüz, S. & Okay, A.I.**, (1996). A section across a Tethyan suture in northwest Turkey. *International Geological Review*, No. 38, s. 407-410.
- Akyüz, S. & Okay, A.I.** (1998). Manyas Güneyinin (Balıkesir) Jeolojisi ve Mavişistlerin Tektonik Konumu: MTA Dergisi: No. 120, sf. 109 ,
- Akyüz, S.**, Manyas-Susurluk-Kepsut (Balıkesir) Civarının Jeolojisi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, (yayımlanmamış).
- Akyüz, S.** (1997). Balıkesir Civarında (KB Anadolu) Bir Kenet Zonu İçindeki Jeolojik Birimler ve Yapılar, *Turkish Journal of Earth Sciences*, s. 148-150.
- Aldanmaz E., Pearce, J., Thirlwall, M.F., Mitchell, J.** (2000). Petrogenetic evolution of late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 102, 67–95.
- Altunkaynak Ş.** (2007). Collision-driven slab breakoff magmatism in northwestern Anatolia, Turkey. *Journal of Geology* 115, 63–82.
- Altunkaynak Ş.** (2004). Post collisional multistage magmatism in northwest Anatolia (Turkey): geochemical and isotopic study of Orhaneli magmatic associations. *International Geological Congress, Florence, Italy, August 20–28, Sf. 1298.*
- Altunkaynak, Ş., (2007).** Collision-Driven Slub Breakoff Mechanism in Northwestern Anatolia, Turkey, *The Journal of Geology*, 2007, volume 115, s. 63-82.
- Altunkaynak, Ş., and Dilek, Y.** (2006). Timing and nature of postcollisional volcanism in western Anatolia and geodynamic implications, *Geological Society of America Special Paper*, No. 409, s. 321–351.
- Altunkaynak, Ş., Genç, Ş. C.** (2007). Petrogenesis and time-progressive evolution of the Cenozoic continental volcanism in the Biga Peninsula, NW Anatolia Turkey, *Lithos*, No. 102, s. 316-340,.
- Altunkaynak, Ş., Rogers, N. W., Kelley, S.P.** (2009). Causes and effects of geochemical variations in late Cenozoic volcanism of the Foça volcanic centre NW Anatolia Turkey, *International Geology Review*, No: 52, s. 579–607.

- Altunkaynak, Ş., Rogers, N.W., Kelley, S.P.** (2010). Causes and effects of geochemical variations in Late Cenozoic volcanism in the Foca volcanic centre (NW Anatolia, Turkey) , *International Geology Review* 52, Sf. 579–607.
- Altunkaynak, Ş., Yılmaz, Y.** (1998) . The Mount Kozak magmatic complex, Western Anatolia, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, No: 85, Sf. 211–231.
- Ataman G.** (1972). Ankara'nın güneydoğusundaki granitik-granodiyoritik kütlelerden Cefalık Dağının radyometrik yaşı hakkında ön çalışma: *Hacettepe Fen ve Müh. Bilimleri Derg.*, 2, 44-49.
- Ataman, G.** (1972). Orhaneli Granodiyoritik Kütlesinin Radyometrik Yaşı. *Türkiye Jeo. Bült.* 15/2.
- Barbarin B.** (1991). Enclaves of the Mesozoic calc-alkaline granitoids of the Sierra Nevada batholith, California. In: Didier, J., Barbarin, B. (Eds.), *Enclaves and Granite Petrology, Developments in Petrology*, vol. 13. Elsevier, Amsterdam, 135 – 53.
- Bingöl E., Delaloye M., Ataman G.** (1982). Granitic intrusion in Western Anatolia; a contribution to the geodynamic study of this area, *Eclö. Geol. Helv.*, 75/2, 437-46.
- Boynton W.V.** (1984). Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies, *Rare Earth Element Geochemistry*, ed: Henderson P., Elsevier, Amsterdam, Sf. 63-114.
- Boztuğ, D., Harlavan, Y., Jonckheere, R., Can, I., & Sarı, R.** (2009). Geochemistry and K-Ar cooling age of Ilica, Çataldağ (Balıkesir) and Kozak (İzmir) granitoids, West Anatolia, Turkey, *Geol. J.* No. 44, Sf. 79.
- Bürküt, Y.** (1966). Kuzeybatı Anadolu'da yer alan plutonların mukayeseli genetik etüdü. *İTÜ Maden Fakültesi Yayını*, Sf. 272.
- Bussy F.** (1991). Enclaves of the Late Miocene Mante Capanne granite, Elba Island, Italy, in: Didier, J., and Barbarin, B., (eds.) *Enclaves and granite Petrology, Developments in Petrology*, 13, Sf. 167-78.
- Castillo P.R.** (2012). Adakite petrogenesis. *Lithos*, volume 134-135, Sf. 304-316.
- Castillo P.R.** (2006). An overview of adakite petrogenesis, *Chinese Science Bulletin* 2006 Vol. 51 No. 3 257—268.
- Castillo P.R.** (2008). Origin of the adakite–high-Nb basalt association and its implications for postsubduction magmatism in Baja California, Mexico, *Geological Society of America Bulletin*; 120; 451-462.
- Chung S. L., Liu, D.Y., Ji, J. Q.** (2003). Adakites from continental collision zones: Melting of thickened lower crust beneath southern Tibet, *Geology*, 31: 1021—1024.
- Cox K.G., Hawkesworth C.J.** (1985). Geochemical stratigraphy of the Deccan Traps, at Mahabaleshwar, Western Ghats, India, with implications for open system magmatic processes, *J. Petrol.*, 26, 77-355.
- Defant M. J., Xu, J. F., Kepezhinskas, P.** (2002). Adakites: Some variations on a theme, *Acta Petrol. Sinica*, 18: 129—142.

- Defant M.J., Drummond, M.S.** (1990). Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. *Nature* 347, pp 662–666, (1990).
- Delaloye M., Bingöl E.** (2000). Granitoids from western and northwestern Anatolia: Geochemistry and modelling of Geodynamic evolution, *Int. Geol. Rev.*, 42, 241-68.
- Didier J., Barbarin, B.** (1991). Enclaves and granite petrology, *Developments in Petrology*, 13, Elsevier, Amsterdam, Sf: 625.
- Dilek, Y., Altunkaynak, Ş.** (2009). Geochemical and temporal evolution of Cenozoic magmatism in western Turkey: Mantle response to collision, slab break-off and lithospheric tearing in an orogenic belt, *The Geological Society, London, Special Publications*, Sf. 311.
- Dilek, Y., Altunkaynak, Ş.** (2010). Geochemistry of Neogene-Quaternary alkaline volcanism in western Anatolia, Turkey, and implications for the Aegean mantle, *International Geology Review* Vol. 52, Sf. 631–655.
- Dupuy C., Dostal J., Fratta M.** (1982) Geochemistry of the Adamello Massif (Northern Italy), *Contrib. Mineral. Petrol.*, 80, 41-8.
- England P., Houseman G.** (1989). Extension during continental convergence, with application to Tibetan Plateau: *Journal of Geophysical Research*, v. 94, no. B12, 17,561–17,579.
- Erdağ, A.** (1980). Balıkesir Çataldağ granodiyoritinin (güney alanı) jeolojisi ve petrolojisi: *İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi Yayınları*, No. 3, Sf.72.
- Erdoğan, B., Güngör, T.** (1992). Menderes Masifi'nin Kuzey Kanadının Stratigrafisi ve Tektonik Evrimi. *TPJD Bül*, No. 4-1, s. 9-34.
- Erginal, A. E., Ertek, A.** (2008). Orhaneli Plütununun bazı jeomorfolojik özellikleri, *MTA Dergisi*, No. 137, 79-89,
- Eyuboğlu Y., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F. O., Akaryalı, E.,** (2010). Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the eastern Pontides, NE Turkey: Implications for slab window melting, *Gondwana Research*.
- Eyüboğlu Y., Santosh M., Chung S.L.** (2011). Crystal fractionation of adakitic magmas in the crust–mantle transition zone: Petrology, geochemistry and U–Pb zircon chronology of the Seme adakites, Eastern Pontides, NE Turkey. *Lithos*, 121, Sf. 151–66.
- Gao S., Rudnick, R. L., Yuan, H. L.** (2004). Recycling lower continental crust in the North China craton, *Nature*, 432: 892—897.
- Genç Ş.C., Kayacı, K.** (2009). Petrology and petrogenesis of the adakite-like intrusive rocks from the Bozüyük area, NW Turkey. *Goldschmidt 2009 abstracts*, İsviçre.
- Genç, Ş. C., Altunkaynak, Ş.,** (2007). Eybek graniti (Biga yarımadası, KB Anadolu) üzerine: Yeni jeokimya verileri ışığında yeni bir değerlendirme, *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi*, No: 28, Sf. 75-98.
- Guan Q., Zhu D., Zhao Z., Dong G., Zhang L., Li X., Liu M., Mo X., Liu Y., & Yuan H.** (2012). Crustal thickening prior to 38 Ma in southern Tibet: Evidence from lower crust-derived adakitic magmatism in the Gangdese Batholith, *Gondwana Research*, Volume 21, Issue 1, Sf. 88-99.
- Harris N.B.W., Kelley S., Okay A.I.** (1994). Post-collision magmatism and

- tectonics in northwest Anatolia, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 117, 241-52.
- Harris, N. B. W.; Pearce, J. A. Tindle, A. G.** (1986). Geochemical characteristics of collision-zone magmatism, *Collision Tectonics*, eds: Coward M. P., Reis A. C., Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., Sf:6781.
- Hou Z. Q., Gao, Y. F., Qu, X. M.** (2004). Origin of adakitic intru-sives generated during mid-Miocene east-west extension in south-ern Tibet, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 220: 139—155.
- Irvine T. N., Baragar W.R.A.** (1971) .A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks, *Canadian Journal of Earth Science*, 8, 523-48.
- Karacik Z., Yılmaz, Y., Pearce, J. A., Ece, Ö. I.** (2007). Petrochemistry of the south Marmara granitoids northwest Anatolia Turkey, *Int J Earth Sci*, No. 97, s.1181–1200.
- Karsli O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R., Wijbrans, R.J.** (2010).Generation of the early Cenozoic adakitic volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: implications for crustal thickening to delamination. *Lithos* 114, 109–20.
- Karsli O., Ketenci M., Uysal, İ., Dokuz, A., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R., Wijbrans, R.J.** (2012).Adakite-like granitoid porphyries in the Eastern Pontides, NE Turkey: Potentialparental melts and geodynamic implications, *Lithos* 127, 354–72.
- Kay R. W.** (1978). Aleutian magnesian andesites : melts from subducted Pacific Ocean crust, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 4: 117—32.
- Kay R. W., Kay, S. M.** (2002). Andean adakites: Three ways to make them, *Acta Petrologica Sinica*, 18: 303—11.
- Kerr, P.F.** (1959). *Optical Mineralogy*, McGraw Hill New York, ss. 442.
- Keskin, M.** (2003). Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction– accretion complex: an alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia. *Geophysical Research Letters* 30 (24), 8046. doi:10.1029/2003GL018019.
- Köprübaşı N., Aldanmaz E.** (2004).Geochemical constraints on the petrogenesis of Cenozoic I-type granitoids in Northwest Anatolia, Turkey: evidence for magma generation by lithospheric delamination in a post-collisional setting. *International Geology Review* 46, 705–29.
- Macpherson C. G., Dreher, S.T., Thirlwall, M.F.** (2006). Adakites without slab melting: High pressure differentiation of island arc magma, Mindanao, the Philippines. *Earth and Planetary Science Letters*, 243, 581–593.
- Mahoney J. J., Frei, R., Tejada, M. L. G., Mo, X. X., Leat, P. T. and Nagler, T. F.** (1998).Tracing the Indian Ocean mantle domain through time: isotopic results from old west Indian, east Tethyan, and South Pacific seafloor. *J. Petrol.* 39, 1285–306.
- Manav, H., Gültekin, A. H., Uz. B.** (2002). Geochemical evidence for the tectonic setting of the Harmancik ophiolites NW Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, No. 24, Sf. 1-9.

- Martin H., Smithies R.H., Rapp R.P., Moyen J.-F.** (2005). Champion D.C., An overview of adakite, tonalite–trondhjemite–granodiorite (TTG) and sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution. *Lithos* 79 (1–2), Sf 1–24.
- MC Culloch M.T., Gamble J.A.** (1991). Geochemical and geodynamical constraints on subduction zone magmatism, *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 102, Sf.358-74.
- McDonough W.F.** (1991). McDonough Partial melting of subducted oceanic crust and isolation of its residual eclogitic lithology *Philos. Trans. R. Soc. Lond. A*, 335, 407–18.
- Molnar, P., England, P., Martinod, J.** (1993). Mantle dynamics, uplift of the Tibetan plateau, and the Indian monsoon. *Reviews of Geophysics* 31, 357–39.
- Moyen J.** (2009). High Sr/Y and La/Yb ratios: The meaning of the “adakitic signature”, *Lithos* 112 , Sf. 556–574.
- Mungall J. E.** (2002). Roasting the mantle: Slab melting and the genesis of major Au and Au-rich Cu deposits, *Geology*, 30: 915—918.
- Okay A.I., Harris, N.B.W., Kelley, S.P.** (1998). Exhumation of blueschists along a Tethyan suture in northwest Turkey. *Tectonophysics* 285, 275–99.
- Okay A.I.** (1997). Jadeite-K-feldspar rocks and jadeitites from northwest Turkey. *Mineralogical Magazine*, 61, 835-43.
- Okay A.I., Kelley, S.P.** (1994). Tectonic setting, petrology and geochronology of jadeite + glaucophane and chloritoid + glaucophane schists from northwest Turkey. *Journal of Metamorphic Geology*, 12, 455-66.
- Okay, A.I. ve Altın, D., A.** (2007). Condensed Mesozoic section in the Bornova Flysch Zone: A fragment of the Anatolide-Tauride carbonate platform. *Turkish Journal of Earth Sciences*, No. 16, Sf. 259.
- Okay, A.I.** (1984a). Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean* (ed. J.E. Dixon and A.H.F. Robertson), Geological Society Special Publication No. 17, Sf. 455-466.
- Okay, A.I.** (2002). Jadeite-chloritoid-glaucophane-lawsonite schists from northwest Turkey: unusually high P/T ratios in continental crust. *Journal of Metamorphic Geology*, No. 20, Sf. 757-768.
- Okay, A.I.** (2004). Tectonics and High-pressure Metamorphism in Northwest Turkey, *International Geological Congress*, no: 3.
- Okay, A.I., Tavşanlı Zonu: Anatolide-Tauride Bloku’nun dalma-batmaya uğramış kuzey ucu.** *Maden Tetkik ve Arama Bülteni* (baskıda), (2009).
- Okay, A.I., Satır, M. & Shang, C.K.** (2008). Ordovician metagranitoid from the Anatolide-Tauride Block, northwest Turkey -geodynamic implications. *Terra Nova*, No. 20, Sf. 280–288.
- Okay, A.I., Siyako, M. ve Bürkan, K.A.** (1990). Biga Yarımadası’nın Jeolojisi ve Tektonik Evrimi, *TPJF Bülteni*, Sf. 83-121.

- Okay, A.I., Siyako, M.** (1993). İzmir Balıkesir Arasında İzmir-Ankara Neo-Tetis Kenedinin Yeni Konumu, Anadolu ve Çevre Bölgelerinin Tektoniği ve Hidrokarbon Potansiyeli, s. 333-335.
- Okay, A.I., Whitney, D. L.** (2010). Blueschists, Eclogites, Ophiolites and Suture Zones In Northwest Turkey a Review and a Field Excursion Guide, Ofioliti, No. 35, Sf. 131-172.
- Özkoçak O.** (1969). Etude geologique du Massif Ultrabasique d'Orhaneli et da sa proche bordure (Bursa-Turquie) : Tez, Univ. de Paris, 181.
- 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, 230-50, Shiva, Nantwich, Cheshire, U.K.
- Pearce J.A.** (1982). Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries, Andesites, ed: Thorpe R.S., John Wiley & Sons, Sf: 248-525.
- Peccerillo A., Taylor S.R.** (1976). Geochemisty of Eocene calc-alkaline volcanic rocks in the Kastamonu area, Northern Turkey, Contributions to Mineralogy and Petrology, 58, 63-81.
- Sajona FG, Maury RC, Pubellier M.** (2000). Magmaticsources enrichment by slab-derived melts in a young postcollision setting, central Mindanao(Philippines). Lithos, 54:173–06.
- Sarifakioğlu, E., Özen, H. & Winchester, J. A.** (2009) Whole Rock and Mineral Chemistry of Ultramafic-mafic Cumulates from the Orhaneli (Bursa) Ophiolite NW Anatolia, Turkish Journal of Earth Sciences, No: 18, Sf. 55–83.
- Shand S.J.** (1943). Eruptive Rocks, Their Genesis, Composition, Classification, and Their Relation to Ore-Deposits with a Chapter on Meteorite, New York, John Wiley & Sons.
- Stern CR, Kilian R.** (1996). Role of the subducted slab, mantle wedge and continental crust in the generation of adakites from the Andean Austral Volcanic Zone. Contrib Mineral Petrol 123, Sf 263–81.
- Thiéblemont D., Stein, G., Lescuyer, J. L.** (1997). Epithermal and porphyry deposits: The adakite connection, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, 325: 103—109.
- Thirlwall M.F.** (1994). Smith T.E., Graham A.M., Theodoru N., Hollings P., Davidson J.P., Arculus R.D., High field strength element anomalies in arc lavas: source or processes, J. Petrol., 35, 819-838.
- Topuz G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satir, M., Dokuz, A.** (2005). Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycık granodiorite (Eastern Pontides, Turkey) Contrib Mineral Petrol., 150: 441–455.
- Topuz G., Okay, A.I., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Zack, T., Satir, M., Şen, C.** (2011). Post-collisional adakite-like magmatism in the Ağvanis massif and implications for the evolution of the Eocenemagmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos.

- Tribuzio R.** (2004). Thirlwall, M.F., Vannucci, R., Matthew, F., Origin of the gabbro-peridotite association from the Northern Apennine Ophiolites (Italy). *Journal of Petrology* 45, 1109–24.
- Vachette M., Blanc, P. ve Dubertret, L.** (1968). Determination de l'âge d'une granodiorite d'Orhanéli, au Sud de Bursa (Anatolie); sa signification régionale: *C. Rend. Ac. Sc. t 267, Serie D*, 927-30.
- Van Der Kaaden, G.** (1959). Anadolu'nun Kuzeypbatı Kısımında Yeralan Metamorfik Olaylarla Magmatik Faaliyetler Arasındaki Yaş Münasebetleri, MTA.
- Varol E, Temel, A., Gourgaud A, Bellon H.** (2007). Early Miocene adakite-like volcanism in the Balkuyumcu region, central Anatolia, Turkey: Petrology and geochemistry. *Journal of Asian Earth Sciences*, 30, 613–28.
- Vernon, R.H.** (1983). Restite xenoliths and microgranitoid enclaves in granites, *Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales*, 116, 77 – 103.
- Wang Q., Derek, A.W., Xu, J.F., Zhao, Z.H., Jian, P., Xiong, X.L., Bao, Z.W., Li, C.F., Bai, Z.H.** (2006). Petrogenesis of Cretaceous adakitic and shoshonitic igneous rocks in the Luzong area, Anhui Province (eastern China): implications for geodynamics and Cu–Au mineralizations. *Lithos* 89, 424–46.
- Wang Q., McDermott, F., Xu, J. F.** (2005). Cenozoic K-rich adakitic volcanic rocks in the Hohxil area, northern Tibet: Lower-crustal melting in an intracontinental setting, *Geology*, 33: 465—68.
- Winchester J.A. and Floyd P.A.** (1977). Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements *Chem. Geol.*, 20, 325-43, Amsterdam.
- Xu J.F., Castillo, P.R.** (2004). Geochemical and Nd–Pb isotopic characteristics of the Tethyan asthenosphere: implications for the origin of the Indian Ocean mantle domain. *Tectonophysics* 393, 9–27.
- Xu J.F., Shinjo R., Defant M.J., Wang Q., Rapp R.P.** (2002). Origin of Mesozoic adakitic intrusive rocks in the Ningzhen area of east China: partial melting of delaminated lower continental crust? *Geology* 12, pp 1111–14.
- Xu Y.G., Lan, J.B., Yang, Q.J., Huang X.L., Qiu, H.N.** (2008). Eocene break-off of the Neo-Tethyan slab as inferred from intraplate-type mafic dykes in the Gaoligong orogenic belt, eastern Tibet, *Chemical Geology* 255, sf 439–53.
- Yilmaz Y.** (1989). An approach to the origin of young volcanic rocks of western Turkey, *Tectonic evolution of the Tethyan region*, ed: Sengör, A.M.C., Kluwer Academics, Hague – The Netherlands, sf:159-89.
- Yilmaz Y.** (1990). Comparison of young volcanic associations of western and eastern Anatolia under compressional regime; a review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 69-87.
- Yilmaz Y., Genç Ş.C., Yiğitbaş E., Bozcu M., Yılmaz K.** (1995). Geological evolution of the late Mesozoic continental margin of Northwestern Anatolia. *Tectonophysics* 243, 155–71.

- Yilmaz, S., Boztuğ, B.** (1994). Granitoyid Petrojenezinde Magma Mingling/Mixing Kavramı .
- Yilmaz, Y.** (2010). When did the western Anatolian grabens begin to develop?
- Yilmaz-Şahin S., Aysal, N., Güngör, Y.** (2012). Petrogenesis of Late Cretaceous Adakitic Magmatism in the İstanbul Zone (Çavuşbaşı Granodiorite, NW Turkey), Turkish J. Earth Sci., Vol. 21, Sf. 1029–45.
- Yumul G. P. Jr., Dimalanta, C. B., Faustino, D. V.** (1999). Silicic arc volcanism and lower crust melting: an example from the central Luzon, Philippines, J. Geol., 154: 13—14.
- Zhang Q., Qian, Q., Wang, E.** (2001). An east China plateau in mid-Late Yanshanian period: Implications for adakites, Chinese J. Geol. (in Chinese with English abstract), 36: Sf .248—55.
- Zoroğlu O., Kadioğlu, Y.K.** (2006). Sivrihisar (Eskişehir) Adakitik İntruzif Kayaçlarının Petrolojisi. 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı, bildiri özleri.

EKLER

EK A : Jeoloji Haritası

EK B : İnceleme alanının enine jeolojik kesitleri

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Merve YILDIZ
Doğum Yeri ve Tarihi: Zonguldak, 1987
E-Posta: myildizitu@gmail.com
Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi,
Jeoloji Mühendisliği

Yayın Listesi:

- Altunkaynak Ş. ve **Yıldız M.**, 2011 : 64. Türkiye Jeoloji Kurultayı - *Adakitik Porfirilerin Petrolojisi, Jeokronolojisi ve Bölge Jeodinamiğindeki Yeri (KB Anadolu, Türkiye)*, Nisan 14-19 2011 Ankara, Türkiye
- **Yıldız M.** ve Altunkaynak Ş., 2011: 2011 Goldschmidt Konferansı - *Geochemistry and 40Ar/39Ar Geochronology of Adakite-Like Porphyries in NW Turkey: Implications For Slab Break-off Induced Adakitic Magmatism*, Ağustos 16-23, 2011 Prag, ÇEK Cumhuriyeti
- **Yıldız M.** ve Altunkaynak Ş., 2012: 2012 SGEM (12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference) Konferansı, “*Causes, Melt Sources And Petrological Evolution Of Adakitic Magmatism In NW Turkey*“, Haziran 17-23, 2012 Albena, Bulgaristan