

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**EOSEN YAŞLI KAZIKBELİ PLÜTONU'NUN (KÜRTÜN-GÜMÜŞHANE)
PETROGRAFİSİ, PETROKİMYASI, U-Pb ZİRKON JEOKRONOLOJİSİ,
TÜM-KAYAÇ Sr-Nd-Pb VE ZİRKON Lu-Hf İZOTOP JEOKİMYASI VE
PETROLOJİSİ**

DOKTORA

Zikrullah Samet GÜLOĞLU

ARALIK-2022
GÜMÜŞHANE



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**EOSEN YAŞLI KAZIKBELİ PLÜTONU'NUN (KÜRTÜN-GÜMÜŞHANE)
PETROGRAFİSİ, PETROKİMYASI, U-Pb ZİRKON JEOKRONOLOJİSİ,
TÜM-KAYAÇ Sr-Nd-Pb VE ZİRKON Lu-Hf İZOTOP JEOKİMYASI VE
PETROLOJİSİ**

**PETROGRAPHY, PETROCHEMISTRY, U-Pb ZIRCON GEOCHRONOLOGY,
WHOLE-ROCK Sr-Nd-Pb AND ZIRCON Lu-Hf ISOTOPE GEOCHEMISTRY
AND PETROGENESIS OF THE EOCENE KAZIKBELİ PLUTON (KÜRTÜN-
GÜMÜŞHANE)**

DOKTORA

Zikrullah Samet GÜLOĞLU

**ARALIK-2022
GÜMÜŞHANE**



T.C.

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**EOSEN YAŞLI KAZIKBELİ PLÜTONU'NUN (KÜRTÜN-GÜMÜŞHANE)
PETROGRAFİSİ, PETROKİMYASI, U-Pb ZİR KON JEOKRONOLOJİSİ,
TÜM-KAYAÇ Sr-Nd-Pb VE ZİR KON Lu-Hf İZOTOP JEOKİMYASI VE
PETROLOJİSİ**

**PETROGRAPHY, PETROCHEMISTRY, U-Pb ZIRCON GEOCHRONOLOGY,
WHOLE-ROCK Sr-Nd-Pb AND ZIRCON Lu-Hf ISOTOPE GEOCHEMISTRY
AND PETROGENESIS OF THE EOCENE KAZIKBELİ PLUTON (KÜRTÜN-
GÜMÜŞHANE)**

DOKTORA

Zikrullah Samet GÜLOĞLU

Danışman: Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ

ARALIK-2022

GÜMÜŞHANE

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Doktora Tezi olarak hazırlamış olduğum “**Eosen Yaşlı Kazıkbeli Plütonu’nun (Kürtün-Gümüşhane) Petrografisi, Petrokimyası, U-Pb Zirkon Jeokronolojisi, Tüm-Kayaç Sr-Nd-Pb ve Zirkon Lu-Hf İzotop Jeokimyası ve Petrolojisi**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi’nin lisanslı kullanıcısı olduğu intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

30/12/2022

Zikrullah Samet GÜLOĞLU

TEŞEKKÜR

Doğu Pontidler'in kuzeyinde, Kazıkbeli (Kürtün/Gümüşhane) ve civarındaki Eosen yaşlı Kazıkbeli Plütonu'nun petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin belirlenmesini amaçlayan bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (GÜBAP) birimi tarafından desteklenmiştir. 20.F5114.01.04 kodlu projemize yapmış oldukları maddi destekten dolayı GÜBAP Birimine teşekkür ederiz.

Bu çalışmada tüm kayaç ana ve iz element (nadir toprak elementler dahil) analizleri Acme Analiz Laboratuvarı (Kanada) ve SampleSolution (Çin) laboratuvarında, mineral kimyası analizleri Ifermer EPMA Laboratuvarı'nda (Brest, Fransa), zirkon U-Pb yaş analizleri SampleSolution (Çin) Laboratuvarında, in-situ zirkon Hf izotop analizleri SampleSolution (Çin) Laboratuvarında ve Sr-Nd-Pb izotopik analizleri de SampleSolution (Çin) Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiş ve hedeflenen amaca ulaşılmıştır.

Bu projeyi destekleyen Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi ve personeline, Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü teknik personeline ve mineral kimyası analizlerinde yardımcı olan Dr. Jessica Langlade'e teşekkür ederiz. Tüm kayaç ana ve iz element analizleri, Sr-Nd-Pb izotop analizleri, zirkon U-Pb yaş analizleri ve Hf izotop analizleri için iş birliği yaptığımız SampleSolution (Çin) laboratuvarına ve laboratuvar sorumlusu Dr. Eric'e teşekkür ederiz. Ayrıca analizleri gerçekleştiren teknikerlere de teşekkür ederiz.

Bu çalışmanın her aşamasında sonsuz destek ve yardımları için Danışman hocam Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ'a minnet ve şükranlarımı sunarım. Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Doktora Tez İzleme Komitesi'nin sayın üyeleri Prof. Dr. Nafiz MADEN ve Doç. Dr. Emre AYDINÇAKIR'a ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nün değerli hocalarına teşekkür ederim. Arazi çalışmaları esnasında yardımcı olan Hüseyin Enes ATAY, Muhammet Emin AY ve Mertcan YILMAZ'a, ince kesitleri hazırlayan teknisyen Ferdi DAYANÇ'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca hayatımın her anında yanımda olan bilgi paylaşımını hiçbir zaman esirgemeyen Jeoloji Yüksek Mühendisi Fatih KÖROĞLU'na teşekkür ederim. Doktora çalışmalarım sırasında ve yaşamımın her anında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme, eşime ve çocuklarıma şükranlarımı sunarım.

Zikrullah Samet GÜLOĞLU
GÜMÜŞHANE – 2022

ÖZET

Bu çalışmada, Doğu Pontidler'in kuzeyinde Kürtün (Gümüşhane) yöresinde yer alan Kazıkbeli Plütunu'nun petroğrafisi, mineral kimyası, zirkon U-Pb jeokronolojisi, tüm-kayaç ve Sr-Nd-Pb izotop jeokimyası ile zirkon Lu-Hf izotop jeokimyası verileri kullanılarak petrolojisi irdelenmiştir.

Kazıkbeli Plütunu KD-GB uzanımlı olup, yaklaşık 46 km² lik bir alanda yayılım gösterir. Plütunu oluşturan kayaçların bileşimleri gabroyik diyoritten granite kadar değişmekte olup, başlıca mineralleri plajiyoklas (An₂₅₋₆₅), ortoklas (Or₁₋₃), kuvars, amfibol (Mg#=0.63-0.73), biyotit (Mg#=0.52-0.58) ve Fe-Ti oksitler oluşturur. LA-ICP-MS U-Pb zirkon yaşlandırmasına göre plütunu oluşturan kayaçların kristalizasyon yaşları gabroyik diyoritler için 46.06 ± 0.24 My ve granodiyoritler için 45.55 ± 0.26 My olup, Lütesiyen (orta Eosen) dönemine karşılık gelmektedir.

Kazıkbeli Plütunu I-tipi, yüksek K'lu kalk-alkali, genellikle metalümin az oranda da peralümin karakterlidir. Ana ve iz element değişimleri, kayaçların gelişiminde plajiyoklas, amfibol ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir. Kayaçların εNd_(i) değerleri 1.85-2.24, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_(i) değerleri ise 0.70458-0.70484 arasındadır. Kayaçların ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb_(i), ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb_(i) ve ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb_(i) içerikleri sırasıyla 18.50-18.57, 15.60-15.61 ve 38.56-38.59 arasındadır. Kayaçların εHf_(i) değerleri 5.75-8.03 arasında değişmektedir. Tüm veriler, incelenen plütonik kayaçların ana magmasının litosferik mantodan türediğini, kabuksal kayaçların katkısının nispeten az olduğunu göstermektedir.

İncelenen kayaçların kristallenmeleri esnasındaki katılaşma sıcaklıkları (706-828 °C), basınçları (0.6–0.9 kbar) ve oksijen fugasitesi (*f*O₂) değerleri (-12.5 ile -13.8) birbirine oldukça yakındır. Tüm bu veriler Kazıkbeli Plütunu oluşturan kayaçların nispeten sığ derinliklere yerleşmiş olduklarını ifade eder.

Anahtar Kelimeler: Gümüşhane (Doğu Pontidler), Kazıkbeli Plütunu, Sr-Nd-Pb izotopları, U-Pb zirkon yaşları, Zirkon Lu-Hf izotopu

SUMMARY

In this study, the Kazıkbeli Pluton located to the Kürtün (Gümüşhane) area in the northern part of the Eastern Pontides were investigated by using petrography, mineral chemistry, zircon U-Pb geochronology, whole-rock and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry and zircon Lu-Hf isotope geochemistry data.

The Kazıkbeli Pluton extend NE-SW directions and spreads approximately in an area of 44 km². The compositions of the rocks vary from gabbroic diorite to granite, and they are mainly composed of plagioclase (An₂₅₋₆₅), orthoclase (Or₁₋₃), quartz, amphibole (Mg#=0.63-0.73), biotite (Mg#=0.52-0.58) and Fe-Ti oxides. The crystallization ages are 46.06 ± 0.24 Ma for gabbroic diorites and 45.55 ± 0.26 Ma for granodiorites, corresponding to the Lutetian (middle Eocene) period.

The Kazıkbeli Pluton are I-type, high-K calc-alkaline and mostly metaluminous and less aluminous in character. Major and trace element variations show plagioclase, amphibole and Fe-Ti oxide fractionations which are effective in rocks evolution. εNd_(i) values of the rocks range from 1.85 to 2.24, whereas ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_(i) values range from 0.70458 to 0.70484. ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb_(i), ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb_(i), and ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb_(i) contents change from 18.50 to 18.57, 15.60 to 15.61 and 38.56 to 38.59, respectively. εHf_(i) values range from 5.75 to 8.03. All data indicate that the studied plutonic rocks were derived by partial melting of the lithospheric mantle, with relatively minor contribution from the crustal rocks.

The crystallization temperatures (706-828 °C), pressures (0.6-0.9 kbar) and oxygen fugacity (*f*O₂=-12.5 to -13.8) of the studied rocks during crystallization are mostly similar. These data indicate that the studied plutonic rocks were emplaced in a relatively shallow depth.

Keywords: Gümüşhane (Eastern Pontides), Kazıkbeli Pluton, Sr-Nd-Pb isotopes, U-Pb zircon ages, Zircon Lu-Hf isotope

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	V
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLOLAR DİZİNİ	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
EKLER DİZİNİ.....	XIX
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XX
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş ve Amaç	1
1.2. Coğrafi Bilgiler	1
1.2.1. Coğrafi Konum	1
1.2.2. Topografya	1
1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü	2
1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim.....	2
1.3. Bölgenin Genel Jeolojisi	2
1.4. Bölgede Yapılan Önceki Çalışmalar	4
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	2
2.1. Amaç ve Yöntemler	2
2.1.1. Kaynak Taraması	2
2.1.2. Arazi Çalışmaları	2
2.1.3. Laboratuvar Çalışmaları.....	2
2.1.3.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması.....	2
2.1.3.2. Mineralojik ve Petrografik İncelemeler	9
2.1.3.3. Mineral Kimyası.....	9
2.1.3.4. Tüm-Kayaç Jeokimyasal Analizler İçin Örneklerin Hazırlanması	10
2.1.3.5. Tüm-Kayaç Jeokimyasal Analizler	10
2.1.3.6. Ateşte Su Kaybı (LOI) ve Nem Kaybı.....	11
2.1.3.7. Sr, Nd ve Pb Radyojenik İzotop Analizleri İçin Örneklerin Hazırlanması.....	12
2.1.3.8. Örneklerin Sr ve Nd Radyojenik İzotop Değerlerinin Belirlenmesi.....	13
2.1.3.9. Örneklerin Pb Radyojenik İzotop Değerlerinin Belirlenmesi.....	15

2.1.3.10. Örneklerdeki Zirkon Minerallerinin Seçilmesi ve Hazırlanması	16
2.1.3.11. İn-situ Zirkon Hf İzotop Analizleri	16
2.1.3.12. Yaş analizler için Zirkon Örneklerinin Katodolüminesans (CL) Görüntülerinin Elde Edilmesi	18
2.1.3.13. Zirkon Örneklerin Yaşlandırılması ve İz Element Analizleri	18
2.1.4. Büro Çalışmaları	18
3. BULGULAR	20
3.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi	20
3.1.1. Hamurkesen Formasyonu	22
3.1.2. Çatak Formasyonu	23
3.1.3. Kızılkaya Formasyonu	23
3.1.4. Çağlayan Formasyonu	24
3.1.5. Kabaköy Formasyonu	24
3.1.6. Eosen Yaşlı Plütonik Kayaçlar	24
3.1.7. Alüvyon	25
3.2. Kazıkbeli Plütonu'nun Mineralojisi ve Petrografisi	25
3.2.1. Arazi Gözlemleri	25
3.2.2. Minerolojik ve Petrografik Özellikler	29
3.3. Kazıkbeli Plütonu'nun Mineral Kimyası	39
3.3.1. Plajiyoklas	39
3.3.2. K-feldispat	40
3.3.3. Biyotit	41
3.3.4. Amfibol	44
3.4. Kazıkbeli Plütonu'nun Tüm-Kayaç Jeokimyası	45
3.4.1. Giriş	45
3.4.2. Ana ve İz Elementler	45
3.4.3. Uyumsuz Elementler	53
3.4.4. Nadir Toprak Elementler	53
3.4.5. Tektonik Yerleşim	54
3.5. Jeokronoloji	61
3.5.1. LA-ICP-MS U-Pb Zirkon Jeokronolojisi	62
3.6. İzotop Jeokimyası	64
3.6.1. Sr ve Nd İzotop Jeokimyası	64
3.6.2. Pb İzotop Jeokimyası	65
3.6.3. İn-situ Zirkon Hf İzotop Bileşimleri	66

3.7. Termobarometre Hesaplamaları.....	67
3.7.1. Jeotermometre Hesaplamaları.....	67
3.7.1.2. Amfibol Termometresi.....	68
3.7.1.3. Biyotit Termometresi.....	69
3.7.1.4. Zirkon ve Apatit Termometresi.....	70
3.7. 2. Jeobarometre Hesaplamaları.....	71
3.7.2.1. Amfibol-Plajiyoklas Barometresi.....	71
3.7.2.2. Amfibol Barometresi.....	72
3.7.2.3. Biyotit Barometresi.....	72
3.7.2.4. Amfibol Oksijen Fugasitesi.....	72
3.7.2.5. Biyotit Oksijen Fugasitesi.....	73
3.7.2.6. Amfibol Hidrometresi.....	73
4. İRDELEME VE TARTIŞMA.....	74
4.1. Eosen Yaşlı Plütonik Kayaçların Termokronolojisi.....	74
4.2. Kazıkbeli Plütonu'nun Petrolojisi.....	78
4.2.1. Fraksiyonel Kristallenme.....	78
4.2.2. Asimilasyon-Fraksiyonel Kristallenme (AFC).....	79
4.2.3. Ana Magmanın Kökeni.....	82
4.2.4. Kazıkbeli Plütonu'nun Yerleşim Derinliği.....	85
4.3. Plütonlarda Zaman-Mekân-Bileşim Değişimi.....	87
4.4. Jeodinamik Evrim.....	97
5. SONUÇLAR.....	99
KAYNAKÇA.....	101
EKLER.....	125
ÖZGEÇMİŞ.....	138

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1. Kazıkbeli Plütonu'na ait örneklerin modal analiz sonuçları (minimum, maksimum ve ortalama değerleri).....	30
Tablo 2. Kazıkbeli Plütonu'na ait ana (%) ve iz (ppm) element analizleri.....	46
Tablo 3. Kazıkbeli Plütonu'na ait nadir toprak element (ppm) analizleri.....	47
Tablo 4. İncelenen kayalarda amfibol-plajiyoklas parametrelerine göre hesaplanan sıcaklık ve basınç değerleri	68
Tablo 5. Amfibollerden elde edilen basınç, sıcaklık, hidrometre ve oksijen fugasitesi değerleri.....	69
Tablo 6. Amfibollerden elde edilen basınç, sıcaklık, hidrometre ve oksijen fugasitesi değerleri.....	69
Tablo 7. Biyotitlerden hesaplanan sıcaklık, basınç ve oksijen fugasitesi değerleri	70
Tablo 8. İncelenen plütonik kayalara ait hesaplanan sıcaklık değerleri.....	70
Tablo 9. Doğu Pontidler'deki Tersiyer yaşlı plütonların radyometrik yaşları.....	76
Tablo 10. AFC modellemesinde kullanılan uç üyelere ait $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotopik bileşimleri ile Sr ve Nd iz element konsantrasyonları.....	82
Tablo 11. İkili karışım modellemesinde kullanılan uç üyelerin (üst manto (ÜM), alt kabuk (AK) ve üst kabuk (ÜK)) iz element konsantrasyonları ve izotop bileşimleri	85

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. İnceleme alanının konumu ve Doğu Pontidlerdeki plütonik kayaçların yayılımı (Güven, 1993; Kaygusuz vd., 2020'den değiştirilerek; ÇP: Çalışılan plüton)....	1
Şekil 2. Çalışma alanına ait stratigrafik kolon kesit.....	21
Şekil 3. Kazıkbeli Yaylası ve civarına ait jeolojik harita (Fm: Formasyon).....	22
Şekil 4. Kazıkbeli Yaylası ve Kazıkbeli Plütonu'nun arazi görünümü	26
Şekil 5. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaçlardaki çatlak sistemleri.....	27
Şekil 6. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaçlarda gözlenen arenalaşma.....	28
Şekil 7. Kazıkbeli Plütonu'na ait parlatılmış el örnekleri a) Monzogranit, b) Granodiyorit, c) Tonalit, d) Kuvarslı diyorit	29
Şekil 8. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaç örneklerin modal analiz değerlerinin KAP üçgen (Streckeisen, 1976) diyagramındaki dağılımları	31
Şekil 9. Kazıkbeli Plütonu'na ait modal analizleri yapılan kayaç örneklerinin plütondaki konumları ve çizilen zonlanma haritası	31
Şekil 10. Kazıkbeli Plütonu'ndaki monzogranitlere ait ince-orta taneli doku ve iri ortoklas mineralleri (ÇN, Ort: Ortoklas, K: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Bi: Biyotit-kısmen kloritleşmiş)	33
Şekil 11. Kazıkbeli Plütonu içindeki granodiyoritlere ait ince-orta taneli doku (ÇN, Pl: Plajiyoklas, Ort: Ortoklas, K: Kuvars, Amf: Amfibol, Bi: Biyotit)....	35
Şekil 12. Kazıkbeli Plütonu içindeki tonalitlere ait ince-orta taneli doku (ÇN, K: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol Bi: Biyotit).....	36
Şekil 13. Kazıkbeli Plütonu içindeki kuvarslı diyoritlere ait ince-orta taneli doku (ÇN, K: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol Bi: Biyotit).....	37
Şekil 14. Kazıkbeli Plütonu içindeki diyoritlere ait ince taneli doku (ÇN, Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol).....	39
Şekil 15. Kazıkbeli Plütonu'ndaki gabroyik diyorit ve granodiyoritlere ait plajiyoklasların An-Ab-Or (Smith ve Brown, 1988) üçgen diyagramı.....	40
Şekil 16. Kazıkbeli Plütonu'na ait gabroyik diyoritlerdeki zonlu plajiyoklas minerallerinde gözlenen An değişimleri	40
Şekil 17. Kazıkbeli Plütonu'ndaki gabroyik diyorit ve granodiyoritlere ait K- feldispatların An-Ab-Or (Deer vd., 1992) üçgen diyagramı.....	41

Şekil 18. Kazıkbeli Plütonu'ndaki gabroyik diyorit ve granodiyoritlere ait biyotitlerinin bileşimlerini gösteren $Si^{IV} - (Fe^{+2}/Fe^{+2} + Mg)$ diyagramı (Parsons vd., 1991).....	42
Şekil 19. Kazıkbeli Plütonu'ndaki gabroyik diyorit ve granodiyoritlere ait biyotitlerin bileşimlerini gösteren $FeO^{(T)}-Al_2O_3$ diyagramı (Abdel-Rahman, 1994) (A: Anorojenik bölgelerde oluşan alkali magmatizma biyotitleri, C: kalk-alkali magmatizma ürünü biyotitleri, P: kıtasal çarpışma sonrası peralümin magmatizma ürünü biyotitleri).....	42
Şekil 20. Kazıkbeli Plütonu'ndaki gabroyik diyorit ve granodiyoritlere ait biyotitlerin bileşimlerini gösteren $FeO^{(T)}-Al_2O_3-MgO$ üçgen diyagramı (Speer, 1984) (I: Muskovit ve topaz ile birlikte bulunan biyotitler, II: Diğer mafik mineraller ile bulunan biyotitler, III: Piroksen, hornblend ya da olivin ile bulunan biyotitler).....	43
Şekil 21. Kazıkbeli Plütonu'ndaki gabroyik diyorit ve granodiyoritlere ait biyotitlerin bileşimlerini gösteren $MgO-FeO+MnO-TiO_2*10$ üçgen diyagramı (Speer, 1984) (A: Birincil kahverengi biyotitler, B: Birincil tekrar dengeye ulaşmış yeşil ya da yeşilimsi kahverengi biyotitler, C: İkincil yeşil biyotitler).....	43
Şekil 22. Kazıkbeli Plütonu'ndaki gabroyik diyorit ve granodiyoritlere ait amfibollerin bileşimi (Leake vd., 1997).....	44
Şekil 23. Kazıkbeli Plütonu'ndaki gabroyik diyorit ve granodiyoritlere ait amfibollerin bileşimi (Leake vd., 1997).....	44
Şekil 24. Kazıkbeli Plütonu'na ait örneklerin SiO_2 'ye karşı Na_2O+K_2O (TAS) diyagramı (Middlemost, 1994) (alkali-subalkali eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'e göredir).....	48
Şekil 25. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaç örneklerinin AFM (Irvine ve Baragar, 1971) diyagramı.....	48
Şekil 26. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaç örneklerinin K_2O (%)'ya karşı SiO_2 (%) diyagramı (Le Maitre vd., 1989).	49
Şekil 27. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaç örneklerinin Th'a karşı Co (Hastie vd., 2007) diyagramı.....	49
Şekil 28. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaç örneklerin Ce/Yb'ye karşı Ta/Yb (Pearce vd., 1984) diyagramı	50
Şekil 29. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaç örneklerinin $FeO^l/(FeO^l+MgO)$ ve SiO_2 (%) diyagramı (Frost vd., 2001).....	50

Şekil 30. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaç örneklerinin SiO ₂ (%)'ye karşı ana oksit (%) değişim diyagramları.....	51
Şekil 31. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaç örneklerinin SiO ₂ (%)'ye karşı iz element (ppm) değişim diyagramları.....	52
Şekil 32. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaçların primitif mantoya göre (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş iz element dağılımları	53
Şekil 33. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaçların kondrite göre (Taylor ve McLennan, 1985) normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları.....	54
Şekil 34. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaçların Sr/Y'a karşı Y (Defant ve Drummond, 1990) diyagramı	55
Şekil 35. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaç örneklerinin Rb/Zr-Y ve Rb/Zr-Nb diyagramı.....	55
Şekil 36. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaç örneklerinin molar A/NK'ya karşı molar A/CNK (Mainar ve Piccoli, 1989) diyagramı.....	56
Şekil 37. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaçların ASI'ye karşı SiO ₂ (%) (Chappel ve White, 1974) diyagramı	56
Şekil 38. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaçların Na ₂ O-K ₂ O (%) diyagramı (Beckinsale,1979).....	57
Şekil 39. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaçların Nb'ye karşı 10000Ga/Al (Whalen vd., 1987) diyagramı	57
Şekil 40. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaçların SiO ₂ 'ye karşı K/Rb diyagramı	58
Şekil 41. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaçların R ₂ 'ye karşı R ₁ (Bathcelor ve Bowden, 1985) diyagramı (R ₁ =4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti); R ₂ =6Ca+2Mg+Al).....	58
Şekil 42. Kazıkbeli Plütonu'na ait örneklerin Rb'a karşı (Yb+Ta) (Pearce vd., 1984) diyagramı.....	59
Şekil 43. Kazıkbeli Plütonu'na ait örneklerin Rb'a karşı (Y+Nb) (Pearce vd., 1984) diyagramı.....	59
Şekil 44. Kazıkbeli Plütonu'na ait örneklerin Zr'a karşı (Nb/Zr) _N diyagramında dağılımları (Maniar ve Piccolli, 1989).....	60
Şekil 45. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaç örneklerinin Zr/TiO ₂ karşı Ce/P ₂ O ₅ diyagramı.....	60
Şekil 46. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaç örneklerinin (Na ₂ O+K ₂ O-CaO) ve SiO ₂ (%) diyagramı (Frost vd., 2001).....	61
Şekil 47. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaç örneklerinin (Na ₂ O+K ₂ O-CaO) ve SiO ₂ (%) diyagramı (Frost vd., 2001).....	61

Şekil 48. Kazıkbeli Plütönu'na ait gabroyik diyorit örneğindeki (S13) zirkon kristallerine ait CL görüntüsü	62
Şekil 49. Kazıkbeli Plütönu'na ait gabroyik diyorit (S13) örneğindeki zirkon kristallerine ait ölçülen U-Pb izotopik oranlarına göre konkordiya diyagramı	63
Şekil 50. Kazıkbeli Plütönu'na ait granodiyorit örneğindeki (S19) zirkon kristallerine ait CL görüntüsü.....	63
Şekil 51. Kazıkbeli Plütönu'na ait granodiyorit (S19) örneğindeki zirkon kristallerine ait ölçülen U-Pb izotopik oranlarına göre konkordiya diyagramı.....	64
Şekil 52. (a) İncelenen kayalara ait örneklerin ilksel $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 'a karşı $\epsilon\text{Nd}_{(i)}$ değerlerinin izotop diyagramındaki konumları ve Doğu Pontidler'deki diğer Eosen yaşlı plütönlü ile karşılaştırılması, (b) Doğu Pontidler'deki Paleozoyik, Geç Kretase ve Eosen yaşlı plütönlüların izotop değerleri. Diyagram içi referans değerleri: Litosferik manto aralığı Davies ve Von Blanckenburg, 1995'e, manto aralığı ise Hart (1984,1988) ve Hawkesworth vd. (1984)'e göredir. Doğu Pontidler'deki bileşimsel alanlar: Kop Dağı adakitleri (Eyüboğlu vd., 2011b, 2013b), Kılıçkaya-Kozluk Plütönlüları (Kaygusuz ve Öztürk, 2015), Dölek ve Sarıçiçek Plütönlüları (Karlı vd., 2007), Saraycık Plütönu (Topuz vd., 2005), Seme Plütönu (Eyüboğlu vd., 2011a) ve Sis Dağı Plütönu (Karlı vd., 2012b)	65
Şekil 53. Eosen Plütönlüları'nın $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ karşı $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramı ve Doğu Pontidlerde'ki diğer Eosen yaşlı plütönlü ile karşılaştırılması. NHRL, Hart (1984)'e; Üst Kabuk (ÜK) alanı, Mason vd. (1996)'ne, Alt Kabuk (AK) alanı, Kempton vd. (1997)'ne göredir.....	66
Şekil 54. İncelenen plütöndü alınıan numuneler için (a) $\text{Hf}_{(i)}$ değerlerinin U-Pb yaşlarına karşı korelasyon diyagramı, (b) $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_{(i)}$ değerlerinin U-Pb yaşlarına karşı korelasyon diyagramı	67
Şekil 55. Doğu Pontidler'deki Eosen yaşlı plütönik kayaların dağılımı (Güven, 1993; Kaygusuz vd., 2020'den değiştirilerek) ve Eosen plütönlülarının jeokronolojik yaşları	75
Şekil 56. Doğu Pontidler'deki Tersiyer yaşlı plütönik kayaların yaş aralığını gösteren histogram.....	77
Şekil 57. İncelenen Plütönik kayaların, (a) Ba/Sr'a karşı Sr, (b) Rb/Sr'a karşı Sr değişim diyagramları.....	78

- Şekil 58. İncelenen plütonik kayalarda, (a) SiO₂'ye karşı ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_(i) diyagramı, (b) SiO₂'ye karşı ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd_(i) diyagramı, (c) SiO₂'ye karşı ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb_(i) diyagramı, (d) SiO₂'ye karşı ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb_(i) diyagramı 79
- Şekil 59. İncelenen kayaç örneklerin, (a) Th/Yb'ye karşı Ta/Yb (Pearce, 1983) diyagramı, (b) Y/Nb'ye karşı SiO₂ diyagramı 80
- Şekil 60. İncelenen plütonik kayalarda, (a) MgO'ya karşı ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_(i) diyagramı, (b) MgO'ya karşı ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd_(i) diyagramı, (c) Sr'a karşı ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_(i) diyagramı, (d) Nd'ye karşı ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd_(i) diyagramı 81
- Şekil 61. İncelenen kayaçların AFC modellemesini gösterir (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)_i'ye karşı (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i diyagramı. İlksel magma bileşimi (IC₀) olarak üst manto (ÜM) (Klein, 2004) değeri kabul edilmiştir (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr=0.7029, Sr=188ppm, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd=0.51319, Nd=9.62ppm). Üst kıtasal kabuk (ÜKK) bileşimine ait iz elementler (Sr=350ppm, Nd=26ppm) Taylor ve McLennan (1985)'den, izotopik bileşimler (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr=0.71463, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd=0.511843) ise Davies vd. (1985)'den alınmıştır 82
- Şekil 62. İncelenen plütonik kayaçların, (a) Zr/Yb'ye karşı Nb/Yb diyagramı, b) Sm/Yb'ye karşı Ce/Sm diyagramı. (a) DM (Tüketilmiş manto), N-MORB, E-MORB ve OIB bileşimleri Sun ve McDonough (1989)'dan; (b) MORB ve OIB bileşimleri Harms vd. (1997)'den alınmıştır 83
- Şekil 63. İncelenen plütonik kayaçların, (a) Nb/La'ya karşı La/Yb diyagramı, (b) Nb/Th'a karşı Nb diyagramı, (c) Th/Y'ye karşı Nb/Y diyagramı ve (d) Ba/Nb'ye karşı La/Nb diyagramı (ilksel manto değerleri Hofmann, 1988'den; OOSB, kıtasal kabuk, OIB ve yay volkanikleri değerleri Schmidberger ve Hegner, 1999'dan alınmıştır) 84
- Şekil 64. İncelenen kayalara ait modelleme diyagramı. Üst Manto (ÜM) bileşimi (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr=0.7029, Sr=188ppm, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd=0.51319, Nd=9.62ppm) Klein (2004)'den alınmıştır. Üst kabuk (ÜK) bileşimine ait iz elementler Taylor ve McLennan (1985)'den, izotopik bileşimler ise Davies vd. (1985)'den alınmıştır. Alt kabuk (AK) bileşimine ait iz elementler Rudnick ve Fountain (1995), izotopik bileşimler ise Ben Othman vd. (1984)'den alınmıştır 84
- Şekil 65. Kazıkbeli Plütonu'nu oluşturan kayalardaki amfibollerinin bileşimi ve basınç aralığı 85
- Şekil 66. İncelenen kayalardaki biyotitlerde Al⁴⁺e karşı Mg/(Mg+Fe⁺²) diyagramı (meta-sedimenter ergiyik alanı Kemp, 2001'den, manto kökenli ergiyik alanı ise Kemp, 2004'den alınmıştır) 87

Şekil 67. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonların yerleşimi ile batı-doğu (B-D hattı) ve yaklaşık güney-kuzey (G-K hattı) istikametlerini gösteren jeolojik harita.....	89
Şekil 68. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda kayaç türlerinin batı-doğu ve güney-kuzey istikametlerdeki değişimlerini gösteren jeolojik harita	89
Şekil 69. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda jeokronolojik yaşlarının batı-doğu ve güney-kuzey istikametlerdeki değişimlerini gösteren jeolojik harita.	90
Şekil 70. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda jeokronolojik yaşlarının batı-doğu (B-D hattı) ve güney-kuzey (K-G hattı) istikametlerdeki değişimleri (ortalama değerler için Ek 10’a bakınız).....	90
Şekil 71. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda SiO ₂ içeriklerinin batı-doğu ve güney-kuzey istikametlerdeki değişimlerini gösteren jeolojik harita	91
Şekil 72. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda jeokronolojik yaşlarının batı-doğu (B-D hattı) ve güney-kuzey (K-G hattı) istikametlerdeki değişimleri	91
Şekil 73. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda K ₂ O içeriklerinin batı-doğu ve güney-kuzey istikametlerdeki değişimlerini gösteren jeolojik harita	92
Şekil 74. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda jeokronolojik yaşlarının batı-doğu (B-D hattı) ve güney-kuzey (K-G hattı) istikametlerdeki değişimleri	92
Şekil 75. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda Mg# içeriklerinin batı-doğu ve güney-kuzey istikametlerdeki değişimlerini gösteren jeolojik harita	93
Şekil 76. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda jeokronolojik yaşlarının batı-doğu (B-D hattı) ve güney-kuzey (K-G hattı) istikametlerdeki değişimleri	93
Şekil 77. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr içeriklerinin batı-doğu ve güney-kuzey istikametlerdeki değişimlerini gösteren jeolojik harita.	94
Şekil 78. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda jeokronolojik yaşlarının batı-doğu (B-D hattı) ve güney-kuzey (K-G hattı) istikametlerdeki değişimleri	94
Şekil 79. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda eNd _(i) içeriklerinin batı-doğu ve güney-kuzey istikametlerdeki değişimlerini gösteren jeolojik harita	95
Şekil 80. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonların eNd _(i) içeriklerinin batı-doğu (B-D hattı) ve güney-kuzey (K-G hattı) istikametlerdeki değişimleri	95
Şekil 81. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda ^{206/204} Pb _(i) içeriklerinin batı-doğu ve güney-kuzey istikametlerdeki değişimlerini gösteren jeolojik harita.....	96
Şekil 82. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda jeokronolojik yaşlarının batı-doğu (B-D hattı) ve güney-kuzey (K-G hattı) istikametlerdeki değişimleri	96

Şekil 83. Doğu Pontidler’de çarpışma sonrası litosferik kalınlaşma ve delaminasyon ile ilişkili Orta Eosen (~ 46-40 My) yaşlı plütonların yerleşimine ait şematik jeodinamik model (Temizel vd., 2012, 2016, Arslan vd., 2013, Yücel vd., 2017, Kaygusuz vd., 2020’den değiştirilerek)98



EKLER DİZİNİ

Ek 1. İnceleme alanından toplanan örneklerin koordinatları ile ince kesit, modal analiz, mineral kimyası, tüm kayaç jeokimyası, izotop jeokimyası ve yaş analizleri yapılan örnekler	125
Ek 2. İncelenen Eosen yaşlı plütonik kayalardaki plajiyoklaslara ait mikroprob analiz sonuçları.....	127
Ek 3. İncelenen kayalara ait K-feldispatların mikroprob analiz sonuçları	128
Ek 4. İncelenen kayalara ait biyotitlerin mikroprob analiz sonuçları.....	129
Ek 5. İncelenen kayalara ait amfibollerin mikroprob analiz sonuçları.....	130
Ek 6. İncelenen kayalara ait LA-ICP-MS U-Pb zirkon analiz sonuçları.....	131
Ek 7. İncelenen kayalara ait Sr ve Nd izotop analizleri	132
Ek 8. İncelenen kayalara ait Pb izotop analizleri	133
Ek 9. Gabroyik diyorit ve granodiyorit örneklerinden seçilen zirkon kristallerinden yapılan Lu-Hf izotop analizleri sonuçları	134
Ek 10. Doğu Pontidler’de yer alan Eosen yaşlı Plütonların yaş, bazı tüm-kayaç jeokimyası ve izotop verilerine ait minimum, maksimum ve ortalama değerleri.....	135

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Ab	: Albit
A/CNK (ASI)	: Molar $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$
AFK	: Asimilasyon ile eş zamanlı gelişen kristallenme
AK	: Alt kabuk
AKK	: Alt kıtasal kabuk
Am	: Ana magma
Amf	: Amfibol
An	: Anortit
ANTE	: Ağır Nadir Toprak Elementleri (HREE)
BİLE	: Büyük İyon Yarıçaplı Litofil Elementler (LILE)
Bi	: Biyotit
CL	: Katodlüminesans
cm	: Santimetre
ÇN	: Çift nikol
ÇP	: Çalışılan plüton
DM	: Tüketilmiş manto
Eu _N	: Normalleştirilmiş Eu
fO_2	: Oksijen fugasitesi
FK	: Fraksiyonel Kristallenme
Fm	: Formasyon
gb	: Güneybatı
Gbrdi	: Gabroyik diyorit
Gd	: Granodiyorit
Gr	: Granit
Grt	: Granat
GÜ	: Gümüşhane Üniversitesi
GÜBAP	: Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
HIMU	: μ -içeriği veya ($^{238}U^{204}Pb$) oranı yüksek olan manto kaynağı
HNTE	: Hafif Nadir Toprak Elementleri (LREE)
ICP	: İndüktif Eşleşmiş Plazma
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma – Kütle Spektrometri
Ka	: Kalsit

kd	:	Kuzeydoğu
km	:	Kilometre
Kpir	:	Klinopiroksen
Ku	:	Kuvars
LOI	:	Loss on ignition=ateşte kayıp=Toplam uçucu içeriği
Mg#	:	Mağnezyum numarası [$100 * (\text{MgO} / \text{MgO} + \Sigma \text{Fe}_2\text{O}_3)$]
max	:	Maksimum
min	:	Minimum
mm	:	Milimetre
MMA	:	Mafik Magmatik Anklav
MTA	:	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
My	:	Milyon yıl
n	:	Örnek sayısı
NTE	:	Nadir Toprak Elementler
OAB	:	Okyanus Adası Bazaltı (OIB)
Oj	:	Ojit
OOSB	:	Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı (MORB)
Op	:	Opak mineral
Opir	:	Ortopiroksen
Ort (Or)	:	Ortoklas
Ort (Ort.)	:	Ortalama
Pir	:	Piroksen
Pl	:	Plajiyoklas
ppm	:	Milyonda bir
SHRIMP	:	Sensitive High-Resolution Ion Microprobe (Hassas Yüksek Çözünürlüklü İyon Mikroprop)
Spl	:	Spinel
Syn-COLG	:	Çarpışmayla eş yaşlı granitler
FeO ^T	:	Toplam demir cinsinden FeO
Fe ₂ O ₃ ^T	:	Toplam demir cinsinden Fe ₂ O ₃
TAS	:	Toplam Alkali Silika
TM	:	Tüketilmiş manto (DM)
To	:	Tonalit
ÜK	:	Üst kabuk
ÜKK	:	Üst kıtasal kabuk

ÜM : Üst manto
VAG : Volkanik Yay Granitoyidler
vd. : Ve diğerleri
YÇAE : Yüksek Çekim Alan Enerjili Elementler (HFSE)



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş ve Amaç

Bu çalışma ile Doğu Pontidler Orojenik Kuşağı'nın Kuzey Zonunda, Kazıkbeli (Kürtün/Gümüşhane) ve civarında yaklaşık 45 km²'lik bir yayılıma sahip olan ve tarafımızdan yapılan jeokronolojik çalışmalarda Eosen yaşlı olduğu kesinleşen Kazıkbeli Plütону'nun petrokimyasal ve petrolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

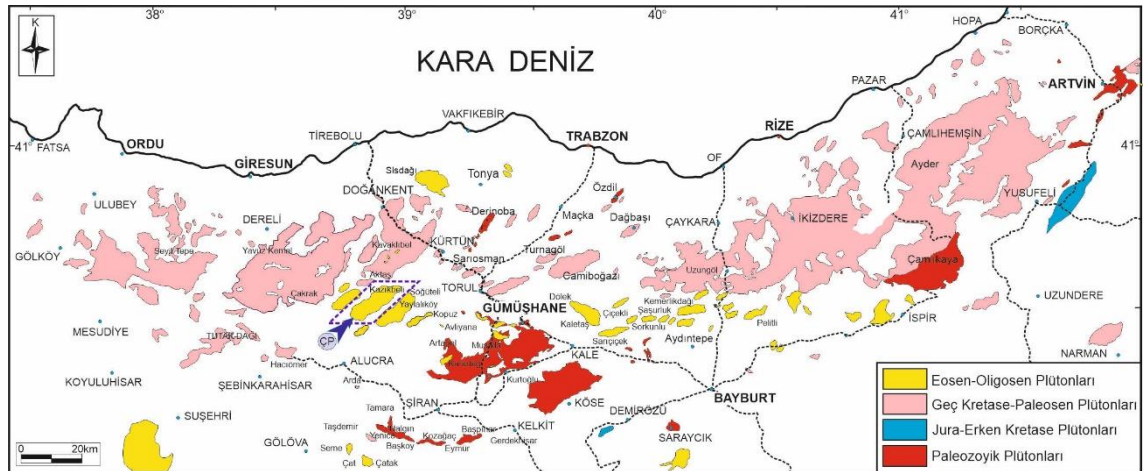
1.2. Coğrafi Bilgiler

1.2.1. Coğrafi Konum

İnceleme alanı, 1/25000 ölçekli Giresun G41 ve H41 paftalarında, Gümüşhane ilinin yaklaşık 110 km kuzeybatısındaki Kazıkbeli Yaylası ve çevresinde yer alır (Şekil 1).

1.2.2. Topografya

Çalışma alanında topografya çok engebeli olup, yükseltiler güneye doğru artmaktadır. Başlıca yükseltileri Koçağıl Tepe (2507 m), Eşekmeydanı Tepe (2708 m), Turbeyanı Tepe (2424 m), Kulaksız Tepe (2518 m) ve Dikme Tepe (2228 m) oluşturur. Çalışma alanındaki en önemli akarsuları Kayın Deresi, Yayla Deresi, Gavurluk Deresi ve Kazıkbeli Deresi oluşturur.



Şekil 1. İnceleme alanının konumu ve Doğu Pontidlerdeki plütönik kayaların yayılımı (Güven, 1993; Kaygusuz vd., 2020'den değiştirilerek; ÇP: Çalışılan plütön)

1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Kazıkbeli ve çevresini içine alan bölgede, Doğu Anadolu iklimi ile Doğu Karadeniz iklimi arasında bir geçiş iklimi hakimdir. Bu iklimde kışları soğuk ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak geçmektedir.

Çalışma alanı çeşitlilik göstermesine rağmen, bitki örtüsü yönünden zengin değildir. Yükseltinin çok fazla olmadığı alanlarda bitki örtüsü olarak çayırlar ve ormanlar yer almaktadır. Ağaç çeşidi olarak da meşe ve kavak gözlenmektedir.

Yöre halkının esas geçim kaynağı arıcılık ve hayvancılık olmakla birlikte, mısır, fasulye ve patates gibi sebzelerden de gelir sağlanmaktadır. Ayrıca Kazıkbeli Yaylası turizm açısından önemli bir yer teşkil etmekte olup, geleneksel yapılan Kazıkbeli Yaylası şenliklerine de birçok ilden ziyaretçi gelmektedir.

1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim

İnceleme alanı ulaşım hem Kürtün ilçesinden hem de Torul ilçesinden sağlanmaktadır. Her iki yol belli kesimlere kadar asfalt olup, bazı kısımlarda toprak yol olmaktadır. İnceleme alanının Kürtün ilçe merkezine uzaklığı yaklaşık 100 km, Torul ilçe merkezine olan mesafesi ise yaklaşık 145 km dir. İnceleme alanının Gümüşhane il merkezine olan uzaklığı ise yaklaşık 170 km dir.

Arazideki en büyük yerleşim yerleri Beytarla Köyü, Tilkicek Köyü, Erikderesi Yaylası, Mayluca Yaylası, Kayabaşı Yaylası, Yazlak Yaylası, Alistire Yaylası, Büyükparak Yaylası ile Kazıkbeli Yaylası'dır.

1.3. Bölgenin Genel Jeolojisi

Türkiye'nin tektonik birliklerini Ketin (1966) dört farklı birliğe ayrılmış olup, kuzeyden güneye doğru Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları Kuşağı olarak isimlendirilmişlerdir. Çalışma alanında içinde bulunduğu Doğu Karadeniz Bölgesine tektonik birim olarak "Pontid" ismini ilk kez Hamilton (1842) vermiştir. Ketin ve Canitez (1972) jeolojik yapı ve coğrafi olarak Pontidleri Batı, Orta ve Doğu Pontid'ler olarak üç kısma bölmüşlerdir. Bazı araştırmacılar (Akın, 1978; Özsayar vd., 1981; Gedikoğlu vd., 1979) Doğu Pontidler'de Geç Kretase yaşlı birimlerin, kuzey ve güney bölgelerinde farklılık göstermeleri nedeniyle, kuzey zon ve güney zon olarak iki alt birliğe ayırmıştır. Bektaş (1986) ise Doğu Pontidler'i kuzey zonu, güney zonu ve eksen zonu şeklinde üç alt birime ayırmıştır.

Doğu Pontid'lerde en yaşlı temel kayaçlarını Neoproterozoyik yaşlı meta-sedimenter kayaçlar (553-610 My, Dokuz vd., 2022) oluşturur ve bu temel kayaçları Erken Kambriyen yaşlı metagranitoidler (530-534 My, Karşlı vd., 2022) tarafından kesilmişlerdir. Bu kayaçlar üzerine metamorfik kayaçlar (Alp, 1972; Özcan vd., 1980; Rojay, 1993; Okay, 1984; Tüysüz 1996; Yılmaz vd., 1997; Dokuz, 2000; Altınkaynak, 2000; Topuz ve Altherr, 2004; Topuz vd., 2004, 2007, 2010; Dokuz vd., 2006; Eyüboğlu, 2006; Ustaömer ve Robertson, 2010) gelir ve Erken-Geç Karbonifer yaşlı plütonik kayaçlar tarafından (Yılmaz, 1976; Çoğulu, 1975; Özdoğan, 1992; Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz vd., 2012, 2016, 2021; Ustaömer vd., 2013; Kaygusuz, 2020; Karşlı vd., 2016; Vural ve Kaygusuz, 2019; Gücer ve Sarı, 2021) kesilmişlerdir.

Doğu Pontidler'de Triyas dönemini temsil eden kayaçların varlığı tartışmalı olup, Amasya bölgesindeki Karasenir Formasyonu'nun (Alp, 1972) ve Demirözü (Bayburt) bölgesindeki Karakaya Formasyonu'nun (Ağar, 1977; Yılmaz vd., 1997; Topuz vd., 2004a) Triyas yaşlı olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, Tokat ve Pulur metamorfik masiflerini kesen ultramafik ve mafik intrüzyonların Geç Triyas yaşlı oldukları belirtilmiştir (Eyüboğlu vd., 2010, 2011).

Paleozoyik ve Triyas yaşlı birimler Erken-Orta Jura yaşlı volkano-tortul birimler tarafından uyumsuzlukla örtülürler (Saydam Eker ve Korkmaz, 2011; Saydam Eker vd., 2012) ve Orta-Geç Jura yaşlı plütonik kütleler (Dokuz vd., 2010; Ustaömer vd., 2013) tarafından kesilirler. Kuzey Zonda Jura yaşlı tortul oluşumlar seyrek olup, genelde volkanik birimler ile temsil edilirler (Boynukalın, 1990; Kandemir, 2004; Eyüboğlu, 2006; Şen, 2007; Kandemir ve Yılmaz, 2009; Aydınçakır vd., 2020).

Geç Jura-Erken Kretase döneminde tüm bölgede karbonat çökelimi gerçekleşmiş olup, bu durum bölgede bu zaman aralığında magmatik ve tektonik açıdan duraylılık döneminin olduğunu gösterir. Berdiga Formasyonu (Pelin, 1977) Kuzey Zonda genellikle yanal devamlılığı bulunmayan masif tabakalanmalı kireçtaşlarıyla temsil edilirken (Taşlı, 1984), Güney Zon'da genel olarak kalın ve masif katmanlı, alt seviyelerde dolomitik, üst seviyelerde ise yumrulu çört ve kireçtaşlarından oluşan, bentik foraminifer fosillerince zengin sığ bir denizel istif özelliği gösterirler (Taşlı, 1990; Kırmacı, 1992; Yılmaz, 2002).

Geç Kretase döneminde Güney Zonda sedimanter kayaç ağırlıklı bir istif baskın litolojiyi oluştururken, Kuzey Zon'da magmatik kayaç ağırlıklı (plütonik ve volkanik) bir istife yerini bırakır (JICA, 1986; Bektaş, 1984; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Gedik vd., 1992; Köprübaşı vd., 2000; Güngör vd., 1997; Boztuğ vd., 2002, 2006; Kaygusuz, 2000; Şahin vd., 2004; Karşlı vd., 2004, 2010, 2012, 2018, 2021; İlbeyli, 2008; Sipahi, 2005; Kaygusuz vd., 2008, 2009, 2010, 2011, 2013, 2014, 2021,

2022; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Kaygusuz ve Şen, 2011; Saydam Eker vd., 2012; Sipahi ve Sadıklar, 2014; Aydınçakır, 2016; Liu vd., 2018; Eyuboğlu vd., 2011, 2018, 2019; Kaygusuz ve Saydam Eker., 2021; Sipahi vd., 2018; Vural ve Kaygusuz, 2021; Vural vd., 2021a; Temizel vd., 2019, 2022). Bazı araştırmacılara (Altherr vd., 2008; Gülmez vd., 2016) göre Alt Paleosen yaşlı plajiyolositler yitimin son ürünleridirler.

Doğu Pontidler’de Senozoyik dönemi genelde magmatik, daha az oranda da tortul ağırlıklı bir istif ile temsil edilir (Arslan vd., 1997, 2013, 2022; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Tokel, 1977; Topuz vd., 2005, 2011; Arslan ve Aslan, 2006; Aslan, 2010; Karşı vd., 2007, 2010, 2011; Kaygusuz vd., 2011, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022a ve b; Saydam Eker, 2012, 2020; Eyüboğlu vd., 2011, 2017, 2018; Kaygusuz ve Öztürk, 2015; Temizel vd., 2012, 2014, 2018, 2019, 2020; Aslan vd., 2014; Aydınçakır ve Şen, 2013; Aydınçakır, 2014; Kaygusuz ve Şahin, 2016; Özdamar vd., 2017; Sipahi vd., 2017, 2018, 2022; Yücel vd., 2014, 2017; Yücel 2019; Çakmak ve Kaygusuz, 2021; Kaygusuz ve Selvi, 2020; Vural ve Kaygusuz, 2020, 2021; Vural vd., 2021b; Aydınçakır vd., 2022).

Kuzeyde sahil boyunca yayılım gösteren Neojen yaşlı alkali volkanizma, bölgedeki magmatizmanın son ürünüdür (Aydın, 2003; Aydın vd., 2008; Yücel, 2013; Yücel vd., 2014). Güneydeki Neojen tortulları, tuzlu ve jipsli sığ deniz, lagün ve gölsel fasiyeslerden oluşur (Erentöz ve Ketin, 1974; Ketin, 1983). Bölgedeki en genç birimler Kuvaterner yaşlı evaporitler, travertenler, alüvyonlar ve yamaç molozlarıdır.

1.4. Bölgede Yapılan Önceki Çalışmalar

Çalışma alanı, Türkiye’nin Tektonik Birlikleri sınıflandırmasına (Okay ve Tüysüz, 1999) göre Sakarya Zonu’nun doğusunda bulunmakta ve “Doğu Pontidler” olarak isimlendirilmektedir. Magmatik kayaçların baskın ve magmatizmayla ilişkili maden yataklarının yaygın olarak yer aldığı Doğu Pontidler, bu yüzyılın başından itibaren özellikle yabancı araştırmacıların (örneğin; Hamilton, 1842) büyük ilgisini çekmiştir. Özellikle Alman araştırmacılar (örneğin, Schultz-Westorm, 1961), Yugoslav araştırmacılar (örneğin; Pejatoviç, 1971) ve Japon araştırmacılar (örneğin, Türk-Japon Ekibi, 1974) ile MTA’daki yerli araştırmacılar bölgenin jeolojik haritalarını oluşturarak, bölgenin stratigrafisini belirlemeye çalışmışlardır. Söz konusu bu çalışmalar genelde ekonomik önem taşıyan cevherleşmeler ile oluşum mekanizmaları üzerine gerçekleştirilmiştir. Güven (1993) önceki çalışmaları 1/250000 ölçekli bir jeoloji ve metalojeni haritasında toparlamış olup birçok jeoloğa rehber vazifesi görmektedir. 2000’li yıllardan sonra Doğu Pontidler’deki plütonik ve volkanik kayaçlar üzerine birçok çalışma yapılmış (örneğin: Boztuğ ve Harlavan, 2008; Aydın vd., 2008, 2020; Topuz vd.,

2004, 2010; Dokuz, 2011, 2022; Aydınçakır, 2014; Temizel vd., 2012, 2018; Karanlı vd., 2016, 2022; Kaygusuz vd., 2008, 2012, 2014, 2016, 2020; Arslan vd., 2013, 2022; Eyüboğlu vd., 2011, 2017; Yücel vd., 2014, 2017) bu çalışmalarda birçok yeni bulgu ortaya konmuş ve plütonik-volkanik kayaların sınırları ile ilgili jeolojik haritalarda önemli düzeltmeler yapılmıştır.

Doğu Pontidlerde Eosen yaşlı plütonik kayalar üzerine yapılan çalışmalar aşağıdaki şekilde özetlenmiştir:

Boztuğ vd. (2004), Dereli-şebinkarahisar (Giresun) yöresindeki plütonlarda apatit fizyon-izi çalışmaları ile Paleosen-Erken Eosen (47 ila 57 My) yükselme yaşını tespit etmişlerdir.

Topuz vd. (2005), Saraycık Plütonu'nun 52 My yaşında olduğunu, plütonu oluşturan magmanın yüksek basınçta mafik alt kıtasal kabuğun kısmi ergimesi ile oluştuğunu belirtmişlerdir.

Yılmaz-şahin (2005), Araklı (Trabzon) civarında Uzuntarla Plütonu'nun 41-42 My yaşında ve Eosen'de çarpışma sonrası ekstansiyonel aktivite ile oluştuğunu ifade etmiştir.

Arslan ve Aslan (2006), Doğu Pontidler'in kuzey ve güneyindeki Tersiyer yaşlı plütonların metalümin ve çarpışma öncesi karakterli olduklarını; Kuzey Zon plütonlarının alkalin, monzonitik ve I-tipi; Güney Zon plütonlarının ise A-tipi, granodiyoritik kalkalkali-alkali geçişli olduklarını; Güney Zon'daki Kaletaş Plütonu'nun yaşının 44 My olduğunu ve yörede çarpışma öncesi ekstansiyonel tektoniğinin hâkim olduğunu belirtmişlerdir.

Boztuğ vd. (2007), Kaçkar Batolitinde yer alan Sırtıayla Plütonu'nun 57 My, Marselevat Plütonu'nun 52 My yaşında ve Geç Paleosen olgun yay evresinde, Ayder Plütonu'nun 46 My yaşında ve "slab break off" ile ilişkili çarpışma sonrası magmatizma ile, Halkalıtaş kuvarlı diyoriti (43 My) ve Güllübağ monzonitinin (38 My) ise çarpışma sonrası ekstansiyonel rejimi ile ilişkili olduklarını belirtmişlerdir.

Karlı vd. (2007), Sarıecek ve Dölek Plütonlarının 42-44 My (Eosen) yaşında olduklarını, ana kayaların izotopik bileşimlerinin mafik mikrogranüler anklavlara (MMA) benzer olduklarını, anklavların alt kabuk-manto etkileşimi ile oluşmuş karışık bir kökene sahip olduklarını belirtmişlerdir.

Boztuğ (2008), Yüksek-K alkali, metalüminden hafif peralümin karaktere kadar değişen Köseadağ Plütonu'nun magma kaynağının, yitim akışkanlarınca zenginleştirilmiş metazomatizmaya uğramış manto dilimi olduğunu ve çarpışma sonrası ekstansiyonel rejime bağlı olarak geliştiklerini ifade etmiştir.

Eyüboğlu vd. (2011b), Pulur bölgesindeki ortaç ve felsik plütonların yaşlarının 55–53 My arasında olduğunu, güney yönlü yitim sırasında bir “roll-back” ve eşzamanlı bir “slab window” açılmasını içeren bir modelin, Tersiyer adakit-adakit olmayan magmatik aktivitenin oluşumu için etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Eyüboğlu vd. (2011c), Doğu Pontidler’deki bir kısım plütonların U-Pb zirkon yaşlarının 42-53 My arasında değiştini, bunlardan Sarıhan, Saraycık ve Seme Plütonlarının 53 My ve Çevrepınar Plütonu’nun da 45-46 My yaşında olduklarını belirtmişlerdir.

Karslı vd. (2012b), Kuzey zonda yer alan Sisdağı Plütonu’nun şoşonitik ve I-tipi karakterde olduğunu, yaşının 41 My olduğunu, plütonu oluşturan magmanın kimyasal olarak zenginleşmiş litosferik manto kaynağının ergimesiyle geliştiğini ifade etmişlerdir.

Temizel (2014) ve Temizel vd. (2014), Bafra (Samsun) bölgesindeki Eosen yaşlı kalk-alkali mafik stoklar (monzogabro) ile bunların içerditi felsik mikrogranüler anklavların (monzosiyenit) ana magmalarının modifiye olmuş manto ve kabuktan türeyen ergiyiklerin ürünü olduğunu ifade etmişlerdir.

Kaygusuz ve Öztürk (2015), Bayburt yöresindeki Kılışkaya ve Kozluk plütonlarının yüksek-K’lu, kalk-alkalen ve I-tipinde olduklarını, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ oranlarının 0.7053-0.7057, $\epsilon\text{Nd}_{(i)}$ değerlerinin 0.3 ile -0.5, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$ oranlarının 15.61-15.62 ve $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin 6.6 ile 6.9 arasında olduğunu, yaşının 46 My olduğunu ve litosferik manto-alt kabuk kayaçlarından türemiş olabileceğini ifade etmişlerdir.

Eyüboğlu vd. (2016), Doğu Pontidler Orojenik Kuşaağı’nda Geç Kretase volkanitlerini kesen gabroyik kayaçların U-Pb zirkon ve titanit yaşlarına göre 45 My yaşında olduklarını, gabroyik kayaçların ana magmalarının güney yönlü yitimle bir yay önu ortamında, tüketilmiş manto kaynağından turediklerini ifade etmişlerdir.

Eyüboğlu vd. (2017), Doğu Pontidler’de Dereli-Gümüşhane-Bayburt-İspir hattı boyunca yayılım gösteren Eosen yaşlı plütonlardan, düşük-yüksek ve karışık K_2O içerkli plütonik kayaçların monzonitik ve granodiyoritik; şoşonitik karakterli plütonik kayaçların ise siyenitik bileşimli olduklarını ifade etmişlerdir. Yazarlar plütonların yaşlarının 41-47 My yaş aralığında olduklarını, en genç Meydanlı Plütonu’nun 41-42 My, en yaşlı Tamdere Plütonu’nun ise 43-47 My yaş aralığında olduklarını, Erken Senozoyik magmatizmasının slab window prosesleri ile geliştiğini vurgulamışlardır.

Eyüboğlu vd. (2016-2018), Ardeşen yöresindeki gabroların 43-46 My yaşında olduklarını belirtmişlerdir.

Kaygusuz vd. (2018), Doğu Pontidler’de Bayburt-Gümüşhane hattı boyunca yüzeyleyen Eosen yaşlı Pelitli, Kemerlikdağı, Aydın-tepe, Şaşurluk, Sorkunlu, Somarova

ve Çiçekli Plütonlarının yaklaşık elips şekilli ve genelde KD-GB uzanımlı olduklarını, tonalit ve diyorit bileşimli mafik migrogronüler anklavlar içerdiklerini, gabroyik diyoritten granite kadar değişen bileşime sahip olduklarını ve plütonların sığ derinliklerde yerleşerek katılaştıklarını belirtmişlerdir.

Temizel vd. (2018), Gököy (Ordu) alanındaki Göl Tepe ve Eriko Tepe Plütonlarının D-B ve KB-GD uzanımlı, monzonitik bileşimli, metalümin, I-tipi ve şoşonitik özellikte olduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca plütonların çarpışma sonrası ortamda zenginleşmiş bir mantodan türediklerini belirtmişlerdir.

Kaygusuz vd. (2020), Doğu Pontidler'de Bayburt yöresindeki Eosen yaşlı Aydın-tepe, Kemerlikdağı ve Pelitli Plütonlarının yaşlarının 44-45 My (U-Pb zirkon) arasında değiştiğini, plütonların homojen izotop bileşimlerine ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}=0.70502$ ila 0.70560 ; $\epsilon\text{Nd}_{(i)}=+0.9$ ila -1.4 ; $\delta^{18}\text{O}=+5.0$ ila $+8.7\%$, $\epsilon\text{Hf}_{(i)}=-2.2$ ila $+13.5$) sahip olduklarını ve plütonlar içindeki MMA'ların izotop bileşimlerinin ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}=0.70508$ ila 0.70542 ; $\epsilon\text{Nd}_{(i)}=+0.9$ ila -1.1 ; $\delta^{18}\text{O}=+5.8$ to ila 8.0 , $\epsilon\text{Hf}_{(i)}=+4.3$ to ila 10.4) plütonlara benzer olduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca kayaçların kökeninin zenginleşmiş litosferik bir mantodan türediklerini belirtmişlerdir.

Temizel vd. (2020), Havza (Samsun) alanındaki Eosen yaşlı tonalit ve granodiyoritlerin yaşlarının 40-42 My arasında değiştiğini, kayaçların $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranlarının 0.704767 ila 0.704927 , $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranlarının 0.512767 ila 0.512774 , ϵNd değerlerinin $+2.52$ ile $+2.65$ ve $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin de $7.9-9.7\%$ arasında olduğunu, adakit-benzeri bu Plütonlarının kökeninin litosferik bir mantodan türediğini belirtmişlerdir.

Kaygusuz vd. (2022), Doğu Pontidlerdeki Eosen yaşlı Beytarla-Kazıkbeli, Taşbaşı, Yaylaköy-Söğüteli Plütonlarının KD-GB uzanımlı olduklarını ve kabukta sığ derinliklere yerleştiklerini belirtmişlerdir.

Sipahi vd. (2022), Doğu Pontidlerde Eosen yaşlı Karadağ İntüzyonunun 44 My yaşında, orta-yüksek potasyumlu ve metalümin-peralümin geçişli olduğunu belirtmişlerdir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Amaç ve Yöntemler

Bu çalışmanın amacını, Kazıkbeli Plütönu'nun (Kürtün/Gümüşhane) mineralojik-petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin belirlenmesi oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın başlıca aşamalarını kaynak taraması, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları oluşturur.

2.1.1. Kaynak Taraması

Çalışma alanını da içine alan bölgede yapılmış olan önceki çalışmalardan genel jeoloji, tektonik ve magmatizma ile ilişkili çalışmalar derlenmiştir. Önceki verilerin toparlanması ve değerlendirilmesi sonucunda inceleme alanında yapılacak çalışmalar planlanmış ve uygulamaya sokulmuştur.

2.1.2. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları ile bölgede yüzeyleyen birimlerin ayrımı, kayaç örneklerinin toplanması ve kayaçlarının yayılımlarının belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışması sonucu büyük çoğunluğu plütönik olmak üzere, volkanik ve tortul kayaçlardan 100'e yakın örnek toplanmış, birimlerin sınırları belirlenmiş ve yaklaşık 85 km²'lik bir sahanın 1/25000'lik jeolojik haritası oluşturulmuştur. Örnek alımı aşamasında GPS cihazı ile arazide nokta yer tespiti yapılmış ve sistematik örnek alımı sağlanmıştır. Örnek alım noktaları ve birimlerin sınırlarının çizimleri GPS cihazı ile yapılmış ve koordinatlar bilgisayara işlenmiştir. İncelenen örneklerin koordinatları Ek 1'de verilmiştir.

2.1.3. Laboratuvar Çalışmaları

2.1.3.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması

Çalışma alanından toplanan kayaç örneklerinin mineralojik-petrografik özelliklerinin belirlenmesine yönelik Kazıkbeli (Kürtün / Gümüşhane) ve civarındaki Eosen yaşlı plütönik kayaçlar ile yan kayaçlara ait toplam 70 adet örneğin ince kesitleri yapılmıştır. İnce kesitler hazırlanırken öncelikle kayaçlardan kesilen 0.5 x 2 x 4 cm boyutunda plakalar, ön yüzeylerindeki pürüzlülükler giderilip 1 mm kalınlığında, 2.5 x 5 cm cam levhaya Kanada Balzamu kullanılarak yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapıştırılmış

plakanın arka yüzeyi, aşındırıcı tozlar yardımı ile 0.025 mm kalınlığına kadar inceltmiştir. Laboratuvarında bulunan bir polarizan mikroskop yardımıyla kesit kalınlığı kontrol edilmiş ve inceltmenin tam olup olmadığı kontrol edilmiştir. Kalın kalan kesitler tekrar ince toz yardımıyla inceltmiştir. Kesit hazırlama işlemleri GMDF (Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi) Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde yer alan ince kesit hazırlama laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

2.1.3.2. Mineralojik ve Petrografik İncelemeler

Kazıkbeli Plütону'na ait 50 adet ince kesit örneği polarizan mikroskopta incelendikten sonra, minerallerin % değerlerini tespit etmek amacıyla Swift F model nokta sayma cihazı ile modal analizleri yapılmıştır.

İnce kesitteki minerallerin tane büyüklükleri (boyutları) dikkate alınarak, tane boyutu yaklaşık 0.5 ile 0.8 mm arasındaki kesitlerde 1000 ila 1100 nokta; tane boyutu 1.0 ile 1.5 mm arasındaki kesitlerde ise 1500 ila 1600 nokta sayımı yapılmıştır. Sayılan ince kesit örneklerinde sayım hataları $s = \sqrt{V_i (100 - V_i) / n}$ formülü ile hesaplanmış, 4 adet ince kesit örneğinin sayımı tekrarlanmıştır.

Yan kayaçlara (volkanik ve tortul) ait 20 adet ince kesit örneğinin mineralojik-petrografik incelemeleri Leica marka Polarizan Mikroskop yardımıyla yapılmıştır.

İnce kesit örneklerine ait mineral ilişkileri, dokusal özellikler, ayrışma durumları vb. gibi özellikleri ifade eden mikroskopik görüntüler, Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki Leica marka Fotoğraf Ünitesi ile çekilmiş, kaydedilmiş ve kişisel bilgisayara aktarılmıştır.

2.1.3.3. Mineral Kimyası

2 adet plütönik kayaç örneğinin (gabroyik diyorit ve granodiyorit) mineral kimyası (mikroprob) analizleri Amerika Birleşik Devletlerindeki New Mexico Tech Üniversitesi Jeoloji ve Mineral Araştırmaları Laboratuvarında yapılmıştır.

Önceden hazırlanmış parlak kesit örneklerinin analizleri CAMECA SX 100 marka Elektron Mikroprob cihazı ile 15 kV voltaj ve 20 nA koşullarında yapılmıştır. Analizlerin ışın çapı 10 µm olup, Si, Ti, Al, Mn, Fe, Ca, Mg, K ve Na elementleri için sayılma zamanı 10 saniye olarak ayarlanmıştır. Piroksen, amfibol, epidot, Fe-Ti oksit ve zirkon minerallerine ait analizler için 1 µm'lik bir nokta ışın kullanılmıştır. Mika, feldispat ve klorit minerallerinin analizlerinde Na (sodyum) buharlaşması (Nielsen ve Sigurdsson., 1981) nedeni ile meydana gelecek kayıpları engellemek için hafif bir defokuslanmış (10

µm) ışın kullanılmıştır. Ölçümlerde diyopsit (UCB), kaersutit (UCB), albit (UCB), ortoklas (UCB), biyotit, magnetit (UCB) ve anortit (UCB) standartları kullanılmıştır.

2.1.3.4. Tüm-Kayaç Jeokimyasal Analizler İçin Örneklerin Hazırlanması

Tüm-kayaç ana, iz ve NTE analizleri için mineralojik-petrografik incelemeler neticesinde mümkün mertebe ayrışmamış ya da çok az ayrışmış numuneler seçilmiş ve küçük plakalar halinde (minimum 50 gram) kesilerek ilgili laboratuvarlara gönderilmiştir.

Kanada'da yapılan analizler için örneklerin hazırlanma işlemi Ankara (Türkiye)'de Acme Analitik Örnek Hazırlama Laboratuvarında yapılmıştır. Kimyasal analizler için seçilen ve laboratuvara gönderilen kayaç örnekleri önce Çeneli Kırıcıda 1-2 cm boyutuna indirilene kadar öğütülmüştür. Sonra Halkalı Öğütücüde 200 mesh boyutuna ininceye kadar öğütülmüştür. Öğütülmüş örnekler çeyrekleme yöntemi uygulanarak yaklaşık 30 gr'lık toz örnekler haline getirilmiş ve kimyasal analizlerde kullanılmak üzere hazırlanmıştır.

Sample Solution Analitik Teknoloji Laboratuvarında (Çin) tüm kayaç ana element analizleri için öncelikle numuneler Çeneli Kırıcıda kırılmış ve sonra Halkalı Öğütücüde öğütülerek 200 mesh boyutuna getirilmiştir. Daha sonra 200 mesh boyutundaki örnekler çeyrekleme yöntemi uygulanarak yaklaşık 20-30 gr'lık toz örnekler haline getirilmiş ve kimyasal analizlerde kullanılmak üzere hazır duruma getirilmiştir.

2.1.3.5. Tüm-Kayaç Jeokimyasal Analizler

Kazıkbeli Plütonu'nu oluşturan kayalara ait 18 adet örneğin ana, iz ve nadir toprak element (NTE) analizleri Kanadada ACME Analiz Laboratuvarı ve Çin'de Wuhan Sample Solution Analitik Teknoloji Laboratuvarında yaptırılmıştır.

ACME (Kanada) Analiz Laboratuvarında ana ve iz elementler ICP-AES yöntemi ile analiz edilmiş olup, seçilen 0.2 gr toz numune 1.5 gr'lık LiBO₂ ile karıştırılması ve %5 HNO₃ içeren sıvı içinde çözündürülmesi ile yapılmıştır. Nadir toprak elementler ise ICP-MS yöntemiyle ve 0.250 gr toz örneğin dört farklı asit içinde çözündürülmesi ile analiz edilmiştir. Analiz limitleri ana oksitlerde 0.002 - 0.04 (% ağırlık), iz elementlerde 0.1 - 8 ppm ve NTE'lerde ise 0.01 ile 0.3 ppm arasındadır.

Sample Solution Analitik Teknoloji Laboratuvarında (Çin) tüm kayaç ana element analizleri için 200 mesh boyutuna getirilmiş numunelerin ön işlemi ergitme yöntemi ile yapılmıştır. Bu yöntemde akışkan (Flux), lityum tetraborat, lityum metaborat ve lityum florürün sırasıyla 45:10:5 oranında bir karışımı olup, oksidan ve ayırıcı olarak sırasıyla amonyum nitrat ve lityum bromür kullanılmıştır. Karışımın erime sıcaklığı 1050 °C ve

erime süresi 15 dakikadır. Tüm-kayaç ana element analizleri için RIGAKU (Japonya) tarafından üretilen Zsx Primus II dalga boyu dağılımlı X-ışını floresan spektrometresi (XRF) kullanılmıştır. X-ışını tüpü 4.0Kw uç pencere Rh hedefidir ve test koşulları voltajı 50kV, akımı 60mA dir. Tüm ana element analiz çizgileri (lines) α cinsindedir. Standart eğri (curve), ulusal standart malzemeleri (kaya standardı numunesi: GBW07101-14, toprak standart numunesi: GBW07401-08, ırmak sedimenti standart numunesi: GBW07302-12) kullanmıştır. Veriler teorik α katsayısı yöntemiyle düzeltilmiş olup, göreceli standart sapma (RSD) değeri %2'den azdır.

Sample Solution Analitik Teknoloji Laboratuvarında (Çin) tüm kayaç iz element analizleri için 200 mesh boyutundaki numune tozu, 12 saatlik kurutma için 105°C'de bir fırına yerleştirilmiştir. Alınan 50 mg numune tozu bir Teflon bombaya yerleştirilmiş, Teflon bombaya 1 ml HNO₃ ve 1 ml HF yavaş yavaş eklenmiştir. Ardından Teflon bomba paslanmaz çelikten bir basınç ceketine yerleştirilmiş ve 24 saatten fazla bir zaman boyunca bir fırında 190°C'ye kadar ısıtılmıştır. Numuneler soğutulduktan sonra, Teflon bomba açılmış ve 140 ° C'de bir ocak üzerine yerleştirilmiştir. Sonra kurumaya başlayana kadar buharlaştırılmış ve ardından 1 ml HNO₃ ilave edilerek tekrar kuruyana kadar buharlaştırılmıştır. 1 ml HNO₃, 1 ml MQ su ve 1 ppm In'in 1 ml dahili standart solüsyonu eklenmiş, Teflon bomba yeniden kapatılmış ve 12 saatten fazla bir zaman boyunca 190°C'de fırına yerleştirilmiştir. Nihai çözelti bir polietilen şişeye aktarılmış ve %2 HNO₃ ilavesiyle 100 g'a seyreltilmiştir. Tüm kayaç iz element (NTE analizleri dahil) analizleri, Wuhan SampleSolution Analiz Laboratuvarında (Wuhan-Çin) Agilent 7700e ICP-MS üzerinde gerçekleştirilmiştir.

2.1.3.6. Ateşte Su Kaybı (LOI) ve Nem Kaybı

Nem kaybı için, öğütülmüş numunelerden tartı ile 10 gr toz örnek alınarak 105 °C sıcaklıktaki etüvde 24 saat tutulmuş ve tekrar tartılmıştır. Başlangıçtaki değer ile son değer arasındaki fark nem kaybı olarak ölçülmüştür.

Ateşte su kaybı ölçümü için, kimyasal analizleri tamamlanan öğütülmüş örneklerden 10 gr alınarak 24 saat 25°C de bekletilmiş, sonra numuneler platin kaplara konulmuş ve 950°C sıcaklıktaki etüvde 2 saat daha tutulmuştur. Örnekler etüvden çıkartılarak tartılmış ve başlangıçtaki değer ile son değer arasındaki fark ateşte su kaybı olarak ölçülmüştür. Örneklerin az nem almasını sağlamak için, etüvden çıkarılır çıkarılmaz tartılmışlardır.

2.1.3.7. Sr, Nd ve Pb Radyojenik İzotop Analizleri İçin Örneklerin Hazırlanması

MC-ICP-MS yöntemiyle Sr isotop analizleri için tüm kimyasal hazırlıklar, sınıf 1000 nolu aşırı basınçlı temiz laboratuvar içinde, sınıf 100 nolu çalışma tezgâhı üzerinde yapılmıştır. Örnek hazırlama (Sample digestion) prosedürü şu şekilde yapılmıştır: Öncelikle 200 mesh boyutundaki numune tozu 12 saatlik kurutma için 105 °C'da bir fırına yerleştirilmiştir. Sonra 50-200 mg numune tozu doğru bir şekilde tartılmış ve bir Teflon bombaya yerleştirilmiştir. Teflon bombaya 1-3 ml HNO₃ ve 1-3 ml HF eklenmiştir. Teflon bomba paslanmaz çelikten bir basınç ceketine yerleştirilmiş ve 24 saatten fazla bir zaman boyunca bir fırında 190°C'ye kadar ısıtılmıştır. Numuneler soğutulduktan sonra, Teflon bomba açılmış, 140 ° C'de bir ocak üzerine yerleştirilmiştir. Numuneler kurumaya başlayana kadar buharlaştırılmış, ardından 1 ml HNO₃ ilave edilmiş ve tekrar kuruyana kadar buharlaştırılmıştır. Numuneler 1.0 mL 2.5 M HCl içinde çözündürülmüştür. Kolon kimyası (Column chemistry) prosedürü ise şu şekilde yapılmıştır: Santrifüjden sonra, süpernatant solüsyonu AG50W reçinesi ile doldurulmuş bir iyon değişim kolonuna yüklenmiştir. Numune solüsyonunun tamamen boşaltılmasından sonra, istenmeyen matris elemanlarını uzaklaştırmak için kolonlar 2.5 M HCl ile durulanmıştır. Son olarak Sr fraksiyonu 2.5 M HCl kullanılarak ayrıştırılmış ve kütle spektrometrik ölçümünden önce kuruyana kadar hafifçe buharlaştırılmıştır. Tortu, 10 mL 4.0 M HCl ile durulanmış ve daha sonra REE fraksiyonu, 10 ml 4.0 M HCl kullanılarak ayrıştırılmıştır. REE çözeltisi, Nd fraksiyonunu Nd-sütun yöntemiyle ayırmak için kullanılmıştır. Sr fraksiyonu, Sr'ye özgü reçine ile tekrar ayrılmıştır. Çözelti ilk olarak HNO₃ ortamına (3 M HNO₃) dönüştürülmüş, daha sonra çözelti Sr'ye özgü reçineye yüklenmiş ve 6 M HCl ve 3 M HNO₃ ile ön koşullandırılmıştır. Numune solüsyonunun tamamen boşaltılmasından sonra, istenmeyen matris elemanlarını uzaklaştırmak için kolonlar 3 M HNO₃ ile durulanmıştır. Son olarak Sr, MQ H₂O kullanılarak ayrıştırılmış ve kütle spektrometrik ölçümünden önce kuruyana kadar hafifçe buharlaştırılmıştır.

MC-ICP-MS yöntemiyle Nd isotop analizleri için tüm kimyasal hazırlıklar, sınıf 1000 nolu aşırı basınçlı temiz laboratuvar içinde, sınıf 100 nolu çalışma tezgâhı üzerinde yapılmıştır. Örnek hazırlama (Sample digestion) prosedürü şu şekilde yapılmıştır: Sr-kolon yönteminden gelen REE çözeltisi, yeni başlayan kuruluğa kadar buharlaştırılmış ve 0.18 M HCl ile alınmıştır. Dönüştürülen REE çözeltisi, LN reçinesi ile doldurulmuş bir iyon değişim kolonuna yüklenmiştir. Numune solüsyonunun tamamen boşaltılmasından sonra, istenmeyen matris elemanlarını uzaklaştırmak için kolonlar 0.18 M HCl ile

durulanmıştır. Son olarak, Nd fraksiyonu 0.3 M HCl kullanılarak ayrıştırılmış ve kütle spektrometrik ölçümden önce kuruyana kadar hafifçe buharlaştırılmıştır.

MC-ICP-MS yöntemiyle Pb isotop analizleri için tüm kimyasal hazırlıklar, sınıf 1000 nolu aşırı basınçlı temiz laboratuvar içinde, sınıf 100 nolu çalışma tezgâhı üzerinde yapılmıştır. Örnek hazırlama (Sample digestion) prosedürü şu şekilde yapılmıştır: Öncelikle 200 mesh boyutundaki numune tozu 12 saatlik kurutma için 105 °C'da bir fırına yerleştirilmiştir. Sonra 50-200 mg numune tozu doğru bir şekilde tartılmış ve bir Teflon bombaya yerleştirilmiştir. Teflon bombaya 1-3 ml HNO₃ ve 1-3 ml HF eklenmiştir. Teflon bomba paslanmaz çelikten bir basınç ceketine yerleştirilmiş ve 24 saatten fazla bir zaman boyunca bir fırında 190°C'ye kadar ısıtılmıştır. Numuneler soğutulduktan sonra, Teflon bomba açılmış, 140 °C'da bir ocak üzerine yerleştirilmiş ve kurumaya başlayana kadar buharlaştırılmıştır. Ardından 1 ml HNO₃ ilave edilmiş ve tekrar kuruyana kadar buharlaştırılmıştır. Numune 1.0 mL 1.0 M HBr içinde çözündürülmüştür. Kolon kimyası prosedürü ise şu şekildedir; Santrifüjden sonra süpernatant solüsyonu, AG reçinesi ile doldurulmuş bir iyon değişim kolonuna yüklenmiştir. Numune solüsyonunun tamamen boşaltılmasından sonra, istenmeyen matris elemanlarını uzaklaştırmak için kolonlar 1.0 M HBr ile durulanmıştır. Son olarak, Pb fraksiyonu, 6.0 M HCl kullanılarak ayrıştırılmış ve kütle spektrometrik ölçümden önce kuruyana kadar hafifçe buharlaştırılmıştır.

2.1.3.8. Örneklerin Sr ve Nd Radyojenik İzotop Değerlerinin Belirlenmesi

3 adet plütonik kayaç örneğinin tüm kayaç Sr ve Nd izotop analizleri Wuhan Sample Solution Analitik Teknoloji (Çin) izotop Laboratuvarlarında yaptırılmıştır.

Sr izotop analizleri, Wuhan Sample Solution Analytical Technology'de (Çin) bir Neptune Plus MC-ICP-MS (Thermo Fisher Scientific, Dreieich, Almanya) üzerinde yapılmıştır. Çift odaklı bir MC-ICP-MS olan Neptune Plus, yedi sabit elektron çoğaltıcı IC'si ve 1011 Ω dirençlerle donatılmış dokuz Faraday kabı ile donatılmıştır. Kütle sisteminin faraday toplayıcı konfigürasyonu ⁸³Kr⁺, ¹⁶⁷Er⁺⁺, ⁸⁴Sr⁺, ⁸⁵Rb⁺, ⁸⁶Sr⁺, ¹⁷³Yb⁺⁺, ⁸⁷Sr⁺, ⁸⁸Sr⁺ izlemek için L4'ten H3'e kadar bir diziden oluşmuştur. Enstrümantal duyarlılığı artırmak için büyük kuru arayüz pompası (120 m³ sa-1 pompalama hızı), yeni tasarlanmış H skimmer konisi ve standart numune konisi kullanılmıştır. Cihaz çalışma parametrelerini optimize etmek için Alfa'dan (Alfa Aesar, Karlsruhe, Almanya) Sr tek elemanlı çözüm kullanılmıştır. 200 µg L⁻¹ NIST SRM 987'nin uluslararası standart solüsyonunun bir kısmı, cihazın tekrarlanabilirliğini ve doğruluğunu değerlendirmek için düzenli olarak kullanılmıştır. Tipik olarak, NIST 987'de ⁸⁸Sr'un sinyal yoğunlukları > ~7.0 V olmuştur. Sr izotopik verileri, düşük çözünürlükte statik modda elde edilmiştir.

Rutin veri toplama, 10 döngüden oluşan on bloktan (döngü başına 4.194 s entegrasyon süresi) oluşmuştur. Bir ölçümün toplam süresi yaklaşık 7 dakika sürmüştür. Başlangıçta TIMS ölçümü için geliştirilen (Russell ve ark. 1978) ve MC-ICP-MS ile en yaygın olarak kabul edilen ve kullanılmaya devam eden üstel yasa, bu çalışmada araçsal kütle ayrımcılığını değerlendirmek için kullanılmıştır. Kütle ayrımcılığı düzeltilmesi, dahili normalizasyon yoluyla 8.375209'luk bir $^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranına gerçekleştirilmiştir (Lin vd., 2016). Girişim elemanları Ca, Rb, Er, Yb, değişim reçinesi işlemi ile tamamen ayrılmıştır. $^{83}\text{Kr}^+$, $^{85}\text{Rb}^+$, $^{167}\text{Er}^{++}$, $^{173}\text{Yb}^{+++}$ 'ın geri kalan parazitleri, Lin vd., (2016) tarafından açıklanan güveye göre düzeltilmiştir. Analiz edilen her yedi örnekte bir uluslararası NIST 987 standardı ölçülmüştür. Sr izotop oranlarının MC-ICP-MS analizi için tüm veri indirilmesi "Iso-Compass" yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Zhang vd., 2020). NIST 987 standart çözümünün analizleri, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranı 0.710242 ± 14 (2SD, n=345) vermiştir. Yayınlanmış değerleri 0.710248 ± 12 ile hata dahilinde aynıdır (Zhang ve Hu, 2020). Ayrıca USGS referans malzemeleri BCR-2 (bazalt) ve RGM-2 (riyolit), $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ için sırasıyla 0.705012 ± 22 (2SD, n=63) ve 0.704173 ± 20 (2SD, n=20) sonuçları vermiştir. Yayınlanmış değerler aynı hata aralığındadır (Zhang ve Hu, 2020 ; Li vd., 2012).

Nd izotop analizleri, Wuhan Sample Solution Analytical Technology'de (Çin) bir Neptune Plus MC-ICP-MS (Thermo Fisher Scientific, Dreieich, Almanya) üzerinde yapılmıştır. Çift odaklı bir MC-ICP-MS olan Neptune Plus, yedi sabit elektron çoğaltıcı IC'si ve 1011 Ω dirençlerle donatılmış dokuz Faraday kabı ile donatılmıştır. Kütle sisteminin faraday toplayıcı konfigürasyonu, $^{142}\text{Nd}^+$, $^{143}\text{Nd}^+$, $^{144}\text{Nd}^+$, $^{145}\text{Nd}^+$, $^{146}\text{Nd}^+$, $^{147}\text{Sm}^+$, $^{148}\text{Nd}^+$, $^{149}\text{Sm}^+$, $^{150}\text{Nd}^+$ 'yı izlemek için L4'ten H4'e kadar bir diziden oluşmuştur. Enstrümantal duyarlılığı artırmak için büyük kuru arayüz pompası (120 m³ sa-1 pompalama hızı) ile yeni tasarlanmış H skimmer konisi ve standart numune konisi kullanılmıştır. Cihaz çalışma parametrelerini optimize etmek için Alfa'dan (Alfa Aesar, Karlsruhe, Almanya) Nd tek elemanlı çözüm kullanılmıştır. 200 $\mu\text{g L}^{-1}$ GSB 04-3258-2015 standart solüsyonunun bir kısmı, cihazın tekrarlanabilirliğini ve doğruluğunu değerlendirmek için düzenli olarak kullanılmıştır. Tipik olarak, GSB 04-3258-2015'te $^{142}\text{Nd}^+$ 'nin sinyal yoğunlukları $> \sim 2.5$ V olmuştur. Nd izotop verileri, statik modda düşük çözünürlükte elde edilmiştir. Rutin veri toplama, 10 döngüden oluşan on bloktan (döngü başına 4.194 s entegrasyon süresi) oluşmuştur. Bir ölçümün toplam süresi yaklaşık 7 dakika sürmüştür. Başlangıçta TIMS ölçümü için geliştirilen (Russell vd., 1978), MC-ICP-MS ile en yaygın olarak kabul edilen ve kullanılmaya devam eden üstel yasa, bu çalışmada araçsal kütle ayrımcılığını değerlendirmek için kullanılmıştır. Kütle

ayrımıcılığı düzeltmesi, dahili normalizasyon yoluyla 0,7219'lük $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranına gerçekleştirilmiştir (Lin vd., 2016). Girişim elemanları, Sm değişim reçinesi işlemi ile tamamen ayrılmıştır. $^{144}\text{Sm}^{+}$ 'nin geri kalan interferansları, Lin vd. (2016) tarafından açıklanan güveye dayalı olarak düzeltilmiştir. Nd izotop oranlarının MC-ICP-MS analizi için tüm veri indirgemesi "Iso-Compass" yazılımı kullanılarak yapılmıştır (Zhang vd., 2020). Analiz edilen her yedi numunede bir GSB 04-3258-2015 standardı ölçülmüştür. GSB 04-3258-2015 standardının analizleri, 0.512440 ± 6 (2SD, n=31) değerinde $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranı vermiştir ve bu oran, yayınlanmış değerleriyle hata içinde aynı kalmıştır (0.512438 ± 6 (2SD) (Li vd., 2017). Ek olarak, USGS referans malzemeleri BCR-2 (bazalt) ve RGM-2 (riyolit), $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ için sırasıyla 0.512641 ± 11 (2SD, n=82) ve 0.512804 ± 12 (2SD, n=80) sonuçları vermiştir. Yayınlanmış değerleriyle hata içinde aynı kalmıştır (Wei vd., 2006; Li vd., 2012).

2.1.3.9. Örneklerin Pb Radyojenik İzotop Değerlerinin Belirlenmesi

3 adet plütonik kayaç örneğinin tüm kayaç Pb izotop analizleri Wuhan Sample Solution Analitik Teknoloji (Çin) izotop Laboratuvarlarında yaptırılmıştır.

Pb izotop analizleri, Wuhan Sample Solution Analytical Technology'de bir Neptune Plus MC-ICP-MS (Thermo Fisher Scientific, Dreieich, Almanya) üzerinde yapılmıştır. Çift odaklı bir MC-ICP-MS olan Neptune Plus, yedi sabit elektron çoğaltıcı IC'si ve 1011 Ω dirençlerle donatılmış dokuz Faraday kabı ile donatılmıştır. Kütle sisteminin faraday toplayıcı konfigürasyonu, $^{204}(\text{Pb}+\text{Hg})$, ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb , ^{203}Tl , ^{205}Tl ve ^{202}Hg izlemek için bir diziden oluşuyordu. Enstrümantal duyarlılığı artırmak için büyük kuru arayüz pompası ($120 \text{ m}^3 \text{ sa}^{-1}$ pompalama hızı) ile yeni tasarlanmış X skimmer konisi ve Jet numune konisi kullanılmıştır. Cihaz çalışma parametrelerini optimize etmek için Alfa'dan (Alfa Aesar, Karlsruhe, Almanya) Pb tek elemanlı çözüm kullanılmıştır. $100 \mu\text{g L}^{-1}$ NIST 981 uluslararası standart çözeltisinin bir kısmı, cihazın tekrarlanabilirliğini ve doğruluğunu değerlendirmek için düzenli olarak kullanılmıştır. Tipik olarak, NIST 981'deki $^{208}\text{Pb}+$ sinyal yoğunlukları $> \sim 6.0 \text{ V}$ 'dır. Pb izotop verileri, düşük çözünürlükte statik modda elde edilmiştir. Rutin veri toplama, 10 döngüden oluşan on bloktan (döngü başına 4.194 s entegrasyon süresi) oluşuyordu. Bir ölçümün toplam süresi yaklaşık 7 dakika sürmüştür. Başlangıçta TIMS ölçümü için geliştirilen (Russell vd., 1978), MC-ICP-MS ile en yaygın olarak kabul edilen ve kullanılmaya devam eden üstel yasa, bu çalışmada araçsal kütle ayrımıcılığını değerlendirmek için kullanılmıştır. Kütle ayrımıcılığı düzeltmesi, 2.38714'lük bir $^{205}\text{Tl}/^{203}\text{Tl}$ oranına (NIST SRM 997'nin onaylı değeri) normalleştirme yoluyla gerçekleştirilmiştir. Hf izotop oranlarının MC-ICP-MS

analizi için tüm veri indirilmesi “Iso-Compass” yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Zhang vd., 2020). Pb ve Tl arasındaki kütle yanlılığı davranışlarının farklılığından dolayı, bilinmeyen örneklerin ölçülen tüm $^{20x}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranları, iyi kabul edilen $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=36.7262\pm 31$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.5000\pm 13$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=16.9416\pm 13$, NIST 981 değerlerine normalleştirilmiştir (n=119, Baker vd., 2004). Analiz edilen her on numunede bir NIST 981 standardı ölçülmüştür. NIST 981 standardının analizleri, $^{20x}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranları için %0.03'lük (2RSD) harici kesinlik sağlamıştır. Ek olarak, USGS referans malzemeleri BCR-2 (bazalt), sırasıyla $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=38.736\pm 17$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.628\pm 3$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=18.756\pm 10$ (2SD, n=22) sonuçları vermiştir. Yayınlanan değerleriyle %0.03 hata içinde aynı olmuştur (Zhang ve Hu, 2020).

2.1.3.10. Örneklerdeki Zirkon Minerallerinin Seçilmesi ve Hazırlanması

İncelenen plütonik kayalara ait 2 adet örnekteki (gabroyik diyorit ve granodiyorit) zirkon kristallerinin seçimi, hazırlanması ve yaşlandırması Çin'de Wuhan SampleSolution Analitik Teknoloji İzotop Laboratuvarında yapılmıştır. Zirkon taneleri, ağır sıvı ve manyetik ayırma yöntemleri ile seçilmiş ve sonra da binoküler mikroskop altında elle seçilerek saflaştırılmıştır. Seçilmiş taneler bir epoksi reçine üzerine yerleştirilmiş ve parlatılmıştır.

2.1.3.11. İn-situ Zirkon Hf İzotop Analizleri

2 adet örneğin in-situ zirkon Hf izotop analizleri Wuhan Sample Solution Analitik Teknoloji (Çin) izotop Laboratuvarlarında yaptırılmıştır.

Hf izotop analizleri, Wuhan'daki bir Geolas HD excimer ArF lazer ablasyon sistemi (Coherent, Göttingen, Almanya) ile bir Neptune Plus MC-ICP-MS (Thermo Fisher Scientific, Almanya) kullanılarak yapılmıştır. Bu lazer ablasyon sistemine, 1 Hz'e kadar çok düşük lazer tekrarlama oranlarında bile düzgün sinyaller üreten bir “tel” sinyal yumuşatma cihazı dahildir (Hu vd., 2015). Ablasyon hücresinde taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmış ve ablasyon hücresinden sonra argon (tampon gaz) ile birleştirilmiştir. Hf izotoplarının duyarlılığının iyileştirilmesi için argon tamamlayıcı gaz akışına az miktarda azot eklenmiştir (Hu vd., 2012). Standart düzenleme ile karşılaştırıldığında, Neptune Plus'ta yeni tasarlanmış X skimmer konisi ve Jet numune konisinin kullanımıyla kombinasyon halinde azot eklenmesi Hf, Yb ve Lu'nun sinyal yoğunluğunu sırasıyla 5.3, 4.0 ve 2.4 kat artırmıştır. Tüm veriler, 44 µm'lik bir nokta boyutunda tek nokta ablasyon modunda zirkon üzerinde elde edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan lazer ablasyonun enerji yoğunluğu ~7.0 J cm⁻² dir. Her ölçüm, 20 saniyelik

arka plan sinyalinin alınmasını takiben 50 saniyelik ablasyon sinyalinin alınmasıyla oluşmuştur. Lazer ablasyon sistemi için ayrıntılı çalışma koşulları ve MC-ICP-MS cihazı ve analitik yöntem, Hu vd. (2012) tarafından tarif edildiği gibidir. LA-MC-ICP-MS yöntemi ile doğru in situ zirkon Hf izotop belirlemesinin en büyük sınırlaması, ^{176}Yb 'den ve ^{176}Hf 'de çok daha az ölçüde ^{176}Lu 'dan gelen çok büyük izobarik girişimdir. Yb'nin (βYb) kütle fraksiyonasyonunun zamanla sabit olmadığı ve çözeltilerin eklenmesinden elde edilen βYb 'nin in situ zirkon ölçümleri için uygun olmadığı gösterilmiştir (Woodhead vd., 2004). βYb değerinin eksik veya fazla tahmin edilmesi, şüphesiz ^{176}Yb 'nin doğru düzeltmesini ve dolayısıyla belirlenen $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ oranını etkileyecektir. Bu çalışmada, zirkon örneğinin kendisinden doğrudan elde edilen βYb değerini gerçek zamanlı olarak uygulanmıştır. Hf (βHf) ve Yb (βYb) kütle yanlılığını hesaplamak için $^{179}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ ve $^{173}\text{Yb}/^{171}\text{Yb}$ oranları kullanılmış, kütle yanlılığı için üstel bir düzeltme kullanılarak $^{179}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} = 0.7325$ ve $^{173}\text{Yb}/^{171}\text{Yb} = 1.132685$ (Fisher vd., 2014) olarak normalleştirilmiştir. ^{176}Yb 'nin ^{176}Hf üzerindeki girişim, girişimsiz ^{173}Yb izotopu ölçülerek ve $^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$ 'yi hesaplamak için $^{176}\text{Yb}/^{173}\text{Yb} = 0.79639$ (Fisher vd., 2014) kullanılarak düzeltilmiştir. Benzer şekilde, ^{176}Lu 'nun ^{176}Hf üzerindeki nispeten küçük girişimi, girişimsiz ^{175}Lu izotopunun yoğunluğu ölçülerek ve $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ 'yi hesaplamak için önerilen $^{176}\text{Lu}/^{175}\text{Lu} = 0.02656$ (Blichert-Toft vd., 1997) kullanılarak düzeltilmiştir. Benzer fizikokimyasal özelliklerinden dolayı Lu'nun kütle fraksiyonasyonunu hesaplamak için Yb'nin (βYb) kütle sapması kullanılmıştır. Analit sinyallerinin çevrim dışı seçimi ve entegrasyonu ile kütle önyargı kalibrasyonları ICPMSDataCal kullanılarak yapılmıştır (Liu vd., 2010). Analiz verilerinin güvenilirliğini sağlamak için, Plešovice, 91500 ve GJ-1'in üç uluslararası zirkon standardı gerçek numunelerle eş zamanlı olarak analiz edilmiştir. Plešovice, analiz ve test sonuçlarını daha da optimize etmek için harici standart kalibrasyon için kullanılmıştır. 91500 ve GJ-1 veri düzeltme kalitesini izlemek için ikinci standart olarak kullanılmıştır. Plešovice, 91500 ve GJ-1'in harici hassasiyeti (2SD) 0.000020'den daha iyi olmuştur. Test değeri, hata aralığında önerilen değerle tutarlı olmuştur. Aynı zamanda, uluslararası olarak kullanılan yüksek Yb/Hf oranlı standart numune Temora 2, yüksek Yb/Hf oranlı zirkon test verilerini izlemek için kullanılmıştır. Plešovice, 91500 ve GJ-1'in Hf izotopik bileşimleri Zhang vd. (2020) tarafından rapor edilmiştir.

2.1.3.12. Yaş analizler için Zirkon Örneklerinin Katodolüminesans (CL) Görüntülerinin Elde Edilmesi

Zirkon taneleri üzerinde analiz yapılacak noktaların daha iyi seçimini yapmak ve zirkon tanelerinin iç yapılarını kontrol etmek için katodolüminesans (CL) görüntüleri elde edilmiştir.

Zirkon katodolüminesans (CL) görüntüleri, bir Delmic sparc sistemine bağlı olan bir Analitik Taramalı Elektron Mikroskobu (JSM-IT300) kullanılarak Wuhan SampleSolution Analytical Technology Co., Ltd., Wuhan (Çin)'da elde edilmiştir. Görüntüleme şartları 0.5-30 kV elektrik alan voltajı ve 72 µA tungsten filaman akımdan oluşur. Her bir kayaca ait 15 adet zirkon tanesinin CL görüntüleri elde edilmiştir.

2.1.3.13. Zirkon Örneklerin Yaşlandırılması ve İz Element Analizleri

LA-ICP-MS (91500) yöntemi ile zirkon U-Pb yaşlandırması ve iz element analizi Wuhan SampleSolution Analitik Teknolojisinde (Wuhan, Çin) LA-ICP-MS tarafından eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Lazer ablasyon sistemi ve ICP-MS cihazı ve veri azaltma için ayrıntılı çalışma koşulları, Zong vd. (2017) tanımlamasıyla aynıdır. Lazer örnekleme, bir COMPexPro 102 ArF eksimer lazerden (193 nm dalga boyu ve 200 mJ maksimum enerji) ve bir MicroLas optik sisteminden oluşan bir GeolasPro lazer ablasyon sistemi kullanılarak yapılmıştır. İyon-sinyal yoğunlukları elde etmek için bir Agilent 7900 ICP-MS cihazı kullanılmıştır. Helyum taşıyıcı gaz olarak uygulanmıştır. Argon, tamamlayıcı gaz olarak kullanılmış ve ICP'ye girmeden önce bir T-bağlayıcı aracılığıyla taşıyıcı gazla karıştırılmıştır. Bu lazer ablasyon sistemine bir "tel" sinyal yumuşatma cihazı dahildir (Hu vd., 2015). Bu çalışmada, lazerin spot boyutu ve frekansı sırasıyla $\times\times\mu\text{m}$ ve $\times\times\text{Hz}$ olarak ayarlanmıştır. U-Pb yaşlandırma ve iz element kalibrasyonu için sırasıyla Zirkon 91500 ve cam NIST610 harici standartlar olarak kullanılmıştır. Her analiz, yaklaşık 20-30 saniyelik bir arka plan alımını ve ardından numuneden 50 saniyelik veri alımını içermiştir. Excel tabanlı bir yazılım olan ICPMSDataCal, arka plan ve analiz edilen sinyallerin çevrimdışı seçimini ve entegrasyonunu, iz element analizi ve U-Pb yaşlandırma için zaman kayması düzeltmesini ve kantitatif kalibrasyonu gerçekleştirmek için kullanılmıştır (Liu vd., 2008; Liu vd., 2010). Concordia diyagramları ve ağırlıklı ortalama hesaplamaları Isoplot/Ex_ver3 kullanılarak yapılmıştır (Ludwig, 2003).

2.1.4. Büro Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen verilerin korelasyonu, yorumlanması ve değerlendirilmesi için büro çalışmaları yürütülmüştür. Sahada

topografik harita üzerine işaretlenen jeolojik harita, bilgisayar ortamında CoralDraw çizim programı yardımı ile temize geçilmiş ve inceleme alanının 1/25000 ölçekli jeolojik haritası tamamlanmıştır. Ayrıca inceleme alanına ait dikme kesit ve plütone ait zonlanma haritası da aynı programda çizilmiştir. Jeokimyasal ve izotopik veriler Grapher programına aktarılmış, ikili, üçlü ve örümcek diyagramlarının çizilmesini ve yorumlanması sağlanmıştır.



3. BULGULAR

3.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi

Çalışma alanı Kazıkbeli Yaylası ve yakın civarında yer almakta olup, alanda plütonik, volkanik ve tortul kayalar yer almaktadır (Şekil 2 ve 3). Bu alanda yüzeyleyen kayalar Erken-Orta Jura ile Kuvaterner yaş aralığında bulunmaktadır. Çalışma alanında yer alan kayalar alttan üste doğru şu birimlerden oluşmaktadır;

Alüvyon (Kuvaterner)

Eosen yaşlı plütonik kayalar

Kabaköy Formasyonu (Eosen)

Çağlayan Formasyonu (Geç Kretase)

Kızılkaya Formasyonu (Geç Kretase)

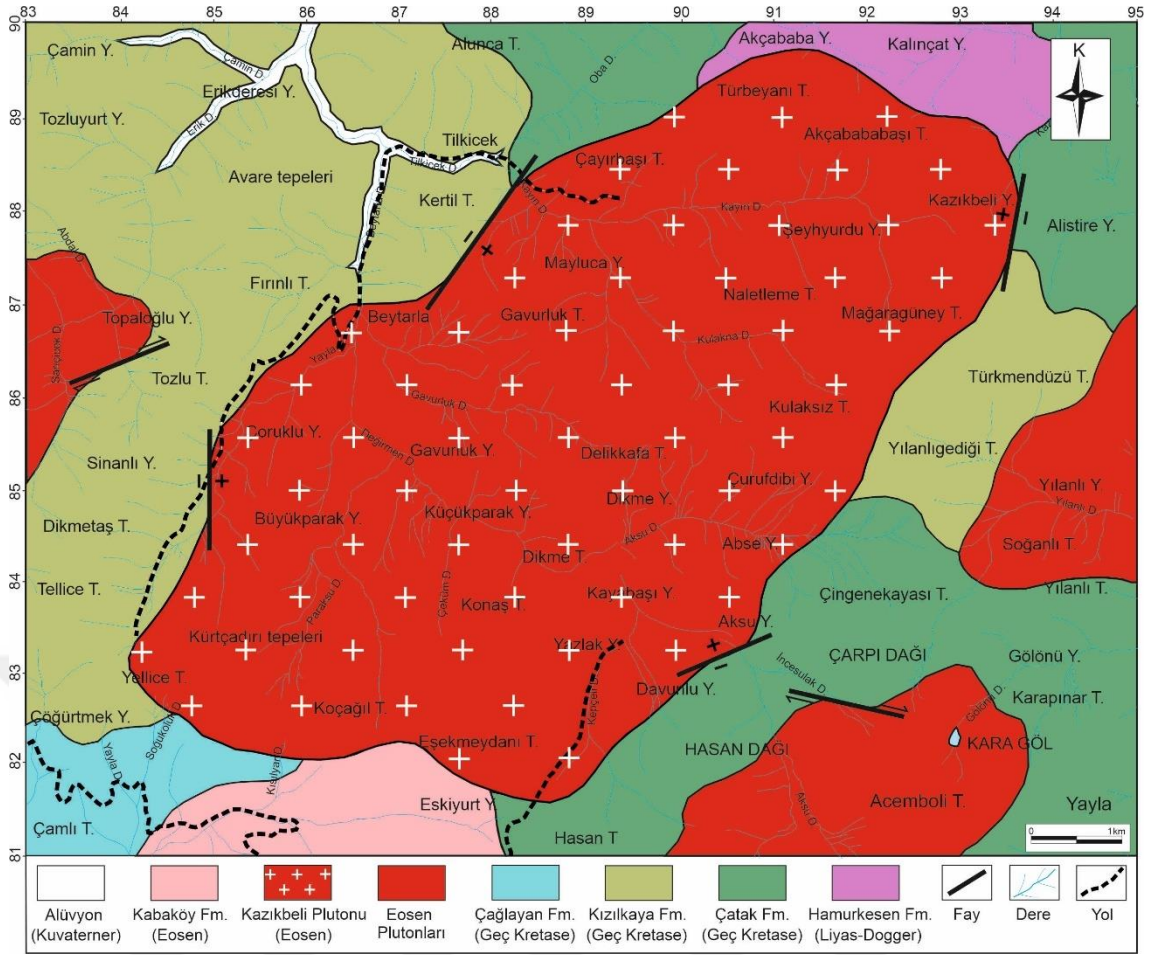
Çatak Formasyonu (Geç Kretase)

Hamurkesen Formasyonu (Erken-Orta Jura)

MESOZOYİK		SENOZOYİK		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
JURA	KRETASE	TERSİYER	Kuvaterner		
Liyas	Geç Kretase	Orta Eosen			
~ 350 m	~ 550 m	~ 550 m	~ 450 m	~ 50 m	
				Uyumsuzluk	Alüvyon (Çakıl, kum) Uyumsuzluk
				Uyumsuzluk	Kabaköy Formasyonu (Andezit ve piroklastitleri, kireçtaşı, tüffit, aglomera) Uyumsuzluk
				Uyumsuzluk	Çağlayan Formasyonu (Bazalt, andezit ve piroklastitleri)
					Kızılkaya Formasyonu (Dasit, riyodasit ve piroklastitleri)
					Kazıkbeli Plütönu ve diğer Eosen yaşlı plütönlər (Diyorit, kuvarslı diyorit, tonalit, granodiyorit, monzogranit)
					Çatak Formasyonu (Bazalt, andezit ve piroklastitleri)
					Uyumsuzluk
					Hamurkesen Formasyonu (Spilitik bazalt, bazalt, andezit ve piroklastitleri)

ÖLÇEKSİZ

Şekil 2. Çalışma alanına ait stratigrafik kolon kesit



Şekil 3. Kazıkbeli Yaylası ve civarına ait jeolojik harita (Fm: Formasyon)

3.1.1. Hamurkesen Formasyonu

Demiröz (Bayburt) civarında, Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu altında gözlenen Liyas yaşlı volkano-tortul özelliğindeki birim, Açar (1977) tarafından Hamurkesen Formasyonu şeklinde isimlendirilmiştir. İnceleme alanında yüzeyleyen Liyas yaşlı birimin, bu çalışmada ‘Hamurkesen Formasyonu’ olarak isimlendirilmesi uygun görülmüştür.

Birim inceleme alanının kuzeyinde küçük bir alanda gözlenmekte olup, Akçababa Yayla ve Kalkançat Yayla civarında görülür. Başlıca spilitik bazalt, bazalt, andezit ve piroklastiklerinden oluşmaktadır. Bu birimi oluşturan kayalar genelde hidrotermal ve yüzeysel ayrışmaya uğramış olup, özellikle plütonik kayalar ile olan dokanakları boyunca genellikle metavolkanitlere dönüşmüş olarak gözlenirler. Spilitik bazaltlar, renkleri açık yeşil ile yeşilimsi siyah arasında değişir. Bol çatlaklı olan bu bazaltlar oldukça sarp ve dik yamaçlar oluştururlar. Çatlaklar yer yer kalsit tarafından doldurulmuş olup, içerisinde saçınım halinde pirit tanelerine bol miktarda rastlanmaktadır. Bazaltlar arazide genellikle siyah, koyu yeşil renklerde görülürler ve oldukça dik yamaçlar oluştururlar. Plütonik kayalara yakın kesimlerde bol kırıklıdır ve kırık yüzeyleri boyunca

demiroksit boyanmaları içermektedirler. Piroklastik kayalar daha ziyade tuf ve az oranda da breşlerden oluşurlar.

Bu birimin inceleme alanındaki yaklaşık kalınlığı 350 m'dir.

3.1.2. Çatak Formasyonu

Maçka ilçesi güneyinde Çatak Köyü civarında, bazalt-andezit lav ve piroklastları ile kumtaşı, silttaşı, şeyl, marn ve killi kireçtaşlarından oluşan birim, Güven (1993) tarafından Çatak Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. İnceleme alanında yüzeyleyen benzer litolojik özelliklere ve stratigrafik konuma sahip Geç Kretase yaşlı birimler, bu çalışmada Çatak Formasyonu olarak isimlendirilmiştir.

Geç Kretase ve Eosen yaşlı plütonik kayalardan sonra inceleme alanında en fazla yayılıma sahip birimdir. İnceleme alanında geniş bir alanda yüzeyleme veren bu formasyon, inceleme alanının kuzeyinde Alunca Tepe civarında, güneyde ise Gölönü Yayla, Hasan Dağı, Çarpı Dağı, Karapınar Tepe ve Yılanlı Tepe mevkieinde görölür. Formasyon alt seviyesinde genelde andezitlerden ve az oranda da tüflerden oluşmakta; üst seviyelerde ise genelde tüflerden, az oranda da andezitlerden oluşmakta ve killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, gri kireçtaşı ve tüffit ara seviyeleri içermektedir.

Tüfler, lavlara oranla çok daha fazla ayrışmış olarak görölürler. Özellikle formasyonun plütonik kayalara yakın kesimlerinde lav ve tüfler daha fazla epidot, klorit ve kalsit mineralleri içerirler. Ara seviye halinde olan tortul kayaların Plütondaki kayalar ile olan dokanaklarında kontak metamorfizma izleri daha belirgin olarak görölür.

Bu birimin inceleme alanındaki kalınlığı yaklaşık 550 m'dir.

3.1.3. Kızılkaya Formasyonu

Espiye (Giresun) güneyinde riyodasitik-dasitik lav ve piroklastlarından oluşan birim (Güven, 1993) tarafından Kızılkaya Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Çalışma alanı içerisinde yüzeyleme veren Geç Kretase yaşlı dasit-riyodasit ve bunların piroklastiklerinin, bu çalışmada 'Kızılkaya Formasyonu' olarak isimlendirilmesi uygun görölmüştür.

Birim çalışma alanının kuzey ve kuzeybatı kesiminde, Tilkicek Köyü, Erikderesi Yayla, Çöğürtmek Yayla, Kertil Tepesi, Fırınılı Tepesi ve Tozlu Tepesi civarında yayılım gösterir. Birim mor iri kuvarşlı dasitlerden oluşmaktadır. Orta-iri taneli kuvars kristalleri makroskopik olarak gözlenebilmektedir.

Bu birimin inceleme alanındaki yaklaşık kalınlığı 550 m'dir.

3.1.4. Çağlayan Formasyonu

Maçka (Trabzon) kuzeyinde, bazik bileşimli volkano-tortul kayalardan oluşan birim ilk olarak (Güven, 1993) tarafından Çağlayan Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Çalışma alanı içerisinde de aynı şekilde Kızılkaya Formasyonu üzerinde yer alan bazik volkano-tortul istifin, Çağlayan Formasyonu ile benzer litolojik özelliklere ve stratigrafik konuma sahip olmasından dolayı Çağlayan Formasyonu şeklinde isimlendirilmesi uygun görülmüştür.

Bu birim çalışma alanının güneybatısında ve küçük bir alanda, Çamlı Tepe civarında gözlenir. Birim, Eosen yaşlı plütonik kayalar tarafından kesilmiştir. Birim inceleme alanında bazalt-andezit ve bunların piroklastiklerinden oluşmaktadır. Bazalt ve andezitlerin ayrışmamış yüzeyleri siyahsı gri ve koyu gri, ayrışmış yüzeyleri ise yeşilimsi gri renktedirler. Piroklastik kayalar genelde tüf, az oranda da volkanik breşlerden oluşur.

Bu birimin inceleme alanındaki kalınlığı yaklaşık 350 m'dir.

3.1.5. Kabaköy Formasyonu

Gümüşhane ve yakın yöresinde volkano-tortul özellikteki birime ilk kez (Güven, 1993) tarafından Kabaköy Formasyonu ismi verilmiştir. Bu çalışmada benzer litolojik özellikler ve stratigrafik konum gösteren birimler için Kabaköy Formasyonu terimi kullanılmıştır.

Kabaköy Formasyonu çalışma alanının güneyinde Eski yurt Yayla civarında yayılım gösterir. Geç Kretase yaşlı birimler üzerine uyumsuzlukla gelen Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu, sırasıyla nummulitli kumlu kireçtaşı, tüffitler ve aglomeralar ile üste doğru hornblendli andezit ve piroklastiklerinden oluşur. Piroklastik kayalar volkanik breş, aglomera ve az oranda da tüflerden oluşur. Hornblend andezitler ayrışmamış alanlarda genellikle gri, yeşilimsi gri, ayrışmış kısımlarda ise sarımsı gri ve kahverengi renkte olup, diğer volkanik kayalara nazaran daha az ayrışmış olarak görülürler. Makroskobik gözlemlerde plajiyoklas ve hornblend mineralleri tanınabilmektedir.

Bu birimin inceleme alanındaki kalınlığı yaklaşık 450 m'dir.

3.1.6. Eosen Yaşlı Plütonik Kayalar

İnceleme alanının çok büyük bir kısmında gözlenen ve bu çalışmanın ana konusunu oluşturan Eosen yaşlı Kazıkbeli Plütonunu da içine alan bu plütonik kayalar, bölgede yapılan daha önceki çalışmalarda sırasıyla Kaçkar Granitoyidi-I ve Kaçkar Granitoyidi-II olarak Güven (1993) tarafından isimlendirilmişlerdir. İnceleme alanındaki en büyük kütleli oluşturan ve geniş bir yayılım gösteren Kazıkbeli Plütonu, en iyi görüldüğü yere

atfen tarafımızdan ilk olarak Kazıkbeli Plütönu olarak adlandırılmıştır. Kazıkbeli Plütönuna ait detay bilgiler, sonraki bölümlerde verilecektir.

Kazıkbeli Plütönu dışındaki diğer plütönik kayalar inceleme alanının doğusunda, Yılanlı Yayla, Soğanlı Tepe ve Acemböli Tepe civarlarında yer alan iki küçük kütle ve inceleme alanının batısında, Topaloğlu Yaylası civarında yer alan bir kütle oluşur. Bu plütönlerin boyutları 1-3 km² arasında değişir. Bu plütönik kayalar üzerinde yapılan incelemelerde genelde granodiyorit, az oranda da kuvarslı diyorit bileşiminde oldukları belirlenmiştir. Söz konusu plütönik kayalar genellikle bol çatlaklı olup, taze olan kesimlerinde beyazımsı gri renklerde izlenirler. Bazı kesimlerde iri blok verebilmektedirler. Genelde ayrışmamış olarak gözlenirler. Arenalaşma küçük alanlarda gözlenir. Kuvars, alkali feldispat, plajiyoklas, amfibol ve biyotit taze olan örneklerde makroskopik olarak kolaylıkla izlenirler. Bu birimler inceleme alanında Erken-Orta Jura yaşlı Hamurkesen Formasyonunu, Geç Kretase yaşlı Çatak, Kızılkaya ve Çağlayan Formasyonlarını kesmişlerdir.

3.1.7. Alüvyon

Kuvaterner yaşlı olan alüvyonların inceleme alanında yayılımı çok az olup, başlıca Erik Dere, Çamın Dere, Beytarla Dere ve Tilkicek Dere civarında gözlenirler. Genelde küçük derelerde topografyanın olanak verdiği ölçülerde gelişmişlerdir. Bu alüvyonlar içinde blok boyutundan kil boyutuna kadar olan çevre kayaların malzemeler yer alır. Alüvyonlar güncel olarak oluşmaya devam etmektedirler. Alüvyonların inceleme alanındaki kalınlığı yaklaşık 50 m'dir.

3.2. Kazıkbeli Plütönu'nun Mineralojisi ve Petrografisi

Bu bölümde, inceleme alanının önemli bir bölümünde gözlenen ve bu tez çalışmasının ana konusunu oluşturan Kazıkbeli Plütönu'nun arazi gözlemleri ile mineralojik ve petrografik özellikleri sunulmuştur.

3.2.1. Arazi Gözlemleri

Kazıkbeli Plütönu, uzun ekseni KD-GB (kuzeydoğu-güneybatı) istikametinde uzanım sunan, yaklaşık elips şekilli bir sokulumdan oluşur (Şekil 4). Plütön yaklaşık 45km² lik bir alanı kaplamakta olup, 8-10 km uzunluğunda ve 5-7 km genişliğinde bir kütle oluşur. Kazıkbeli Plütönu, Giresun G41 c3-c4 ve H41 b1-b2 paftalarında, Kazıkbeli Yaylası ve güneyinde yer alır. Söz konusu plütön, Erken-Orta Jura yaşlı

Hamurkesen Formasyonu, Geç Kretase yaşlı Çatak, Kızılkaya ve Çağlayan Formasyonları ile Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonunu kesmiştir.

Kazıkbeli Plütonu, Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonu'nu, kuzey ve kuzeydoğu sınırında, Akçababa Yaylası ve Kalınçat Yaylası civarında keserek kontak metamorfizmaya uğratmıştır. Bunun sonucu olarak meta bazalt, meta andezitler ve epidotlu boynuztaşları gelişmiştir. Kalınçat Yaylası mevkiinde plütonun kenar kısımlarında Hamurkesen Formasyonu'na ait yan kayaç ksenolitler gözlenmiştir. Ksenolitlerin boyutları 1-5 cm arasında olup, köşeli ya da yuvarlak şekilde bulunurlar.

Kazıkbeli Plütonu, Geç Kretase yaşlı Çatak Formasyonunu, kuzeydoğu sınırında Alistire Yaylası ve Kazıkbeli Yaylası civarında, kuzey sınırında Çayırbaşı Tepe mevkiinde ve güneydoğu sınırında Abse Yaylası, Aksu Yaylası ve Davunlu Yaylası civarında keserek kontak metamorfizmaya uğratmıştır. Volkanitler, dokanaklarda kısmen meta volkanitlere dönüşmüş ve kısmen ayrılmış olarak gözlenmiştir. Tektonik ilişkiler özellikle Tilkicek ve Kazıkbeli Yaylası civarında izlenmektedir. Normal fayların gözleendiği mevkilerde, yer yer breşik yapılar ve ezilme zonları gözlenir.



Şekil 4. Kazıkbeli Yaylası ve Kazıkbeli Plütonu'nun arazi görünümü

Kazıkbeli Plütonu, Geç Kretase yaşlı Kızılkaya Formasyonu'nu, doğu sınırında Mağaragüney Tepe ve Kulaksız Tepe civarında, batı sınırında ise Kertil Tepe, Beytarla, Fırınlı Tepe, Sinanlı Yaylası ve Yellice Tepe mevkilerinde kesmiştir. Dokanaklarda yoğun alterasyon gözlenmiş olup, yer yer epidotlaşma ve kloritleşme gözlenmiştir. Faylı dokanaklar doğrultu atımlı ve normal faylar şeklindedir.

Kazıkbeli Plütonu, Geç Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonu'nu güneydoğu sınırında dar bir alanda Çöğürtmek Yaylası doğusunda kesmiş olup, dokanaklarda yoğun

alterasyon gözlenmiştir.

Kazıkbeli Plütonu, Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu'nu güney sınırında Eski yurt Yaylası ve Koçağıl Tepe civarında kesmiştir. Dokanaklarda yer yer epidotlaşma ve kloritleşme gözlenmiştir.

Kazıkbeli Plütonu'nda soğuma çatlakları mevcut olup (Şekil 5), bazı kısımlarda özellikle Kazıkbeli Yaylası, Beytarla, Çurufdibi Yaylası, Davunlu Yaylası, Dikme Yaylası ve Gavurluk Yaylası civarında çatlak sistemleri seyrek olarak gelişmiş olup iyi derecede bloklar vermişlerdir. Bazı alanlarda, özellikle de yan kayaç dokanaklarına yakın kesimlerdeki plütonik kayalarda çok çatlaklı ve kırıklı yapılar gelişmiş olup, kayalar iyi blok vermezler.



Şekil 5. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayalardaki çatlak sistemleri

İncelenen Eosen yaşlı Kazıkbeli Plütonu 10-30 cm kalınlığında apolit daykları tarafından kesilmiştir.

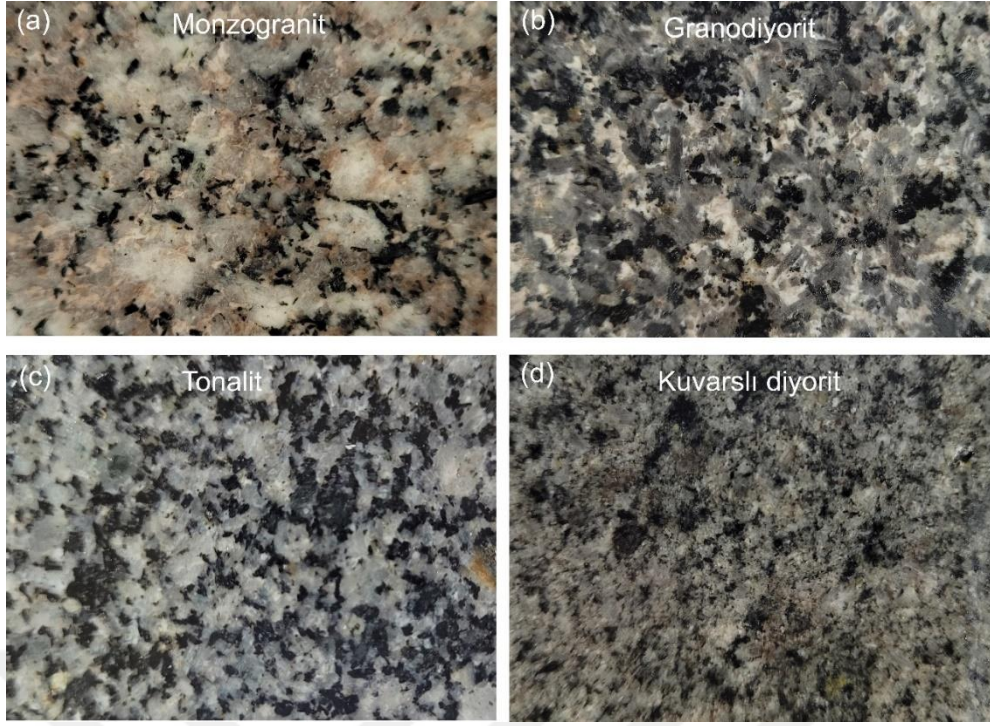
Kazıkbeli Plütonu genelde sağlam bir görünüme sahip olup, arenalaşma az olarak görülür. Arenalaşmış alanlarda kayalar kolayca parçalanmakta olup, kumlu ve toprağımsı bir yapıdadırlar (Şekil 6).



Şekil 6. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayalarda gözlenen arenalaşma

Kazıkbeli Plütonu yer yer MMA (mafik mikrogranüler anklav) ve yan kayaç ksenoliti içerir. MMA'ların tümü içinde yer aldıkları ev sahibi plütonik kayalara nazaran daha koyu renkte olup, tane boyutları daha incedir.

Kazıkbeli Plütonu'nu oluşturan kayalar, makroskopik olarak ayrışma dereceleri, renk farklılıkları, mafik mineral içerikleri, dokuları, anklav içerikleri ve birbiriyle olan dokanak ilişkilerine göre kendi aralarında birbirlerinden ayrılabilirler (Şekil 7). Makroskobik olarak ayırt edilemeyen kayaç türleri, mikroskop yardımı ile ince kesitteki özellikleri yardımıyla birbirlerinden ayrılabilmişlerdir.



Şekil 7. Kazıkbeli Plütonu'na ait parlatılmış el örnekleri a) Monzogranit, b) Granodiyorit, c) Tonalit, d) Kuvarslı diyorit

3.2.2. Minerolojik ve Petrografik Özellikler

Kazıkbeli Plütonu'ndan sistematik olarak alınan örneklerden, 39 adet örneğin modal analizleri tamamlanmış olup, modal analiz sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur. Kazıkbeli Plütonu'nuna ait kayaçların modal minerolojileri aşağıda özetlenmiştir:

Monzogranitlerin modal plajiyoklas içerikleri 26.04-39.1, kuvars içerikleri 26.1-37 ve ortoklas içerikleri de 21.8-3 arasında değişmektedir (Tablo 1). Granodiyoritlerin modal plajiyoklas içerikleri 60.3-61.9, kuvars içerikleri 18.2-24.1 ve ortoklas içerikleri de 3.2-5.6 arasında değişmektedir (Tablo 1). Tonalitlerin modal plajiyoklas içerikleri 37.1-62.1, kuvars içerikleri 19.72-30.9 ve ortoklas içerikleri de 7.4-21.02 arasında değişmektedir (Tablo 1). Kuvarslı diyoritlerin modal plajiyoklas içerikleri 56.5-64, kuvars içerikleri 6.5-13.95 ve ortoklas içerikleri de 3.3-5.82 arasında değişmektedir (Tablo 1). Diyoritlerin modal plajiyoklas içerikleri 63.8-80.4, kuvars içerikleri 1.8-3.7 ve ortoklas içerikleri de 3-5.2 arasında değişmektedir (Tablo 1).

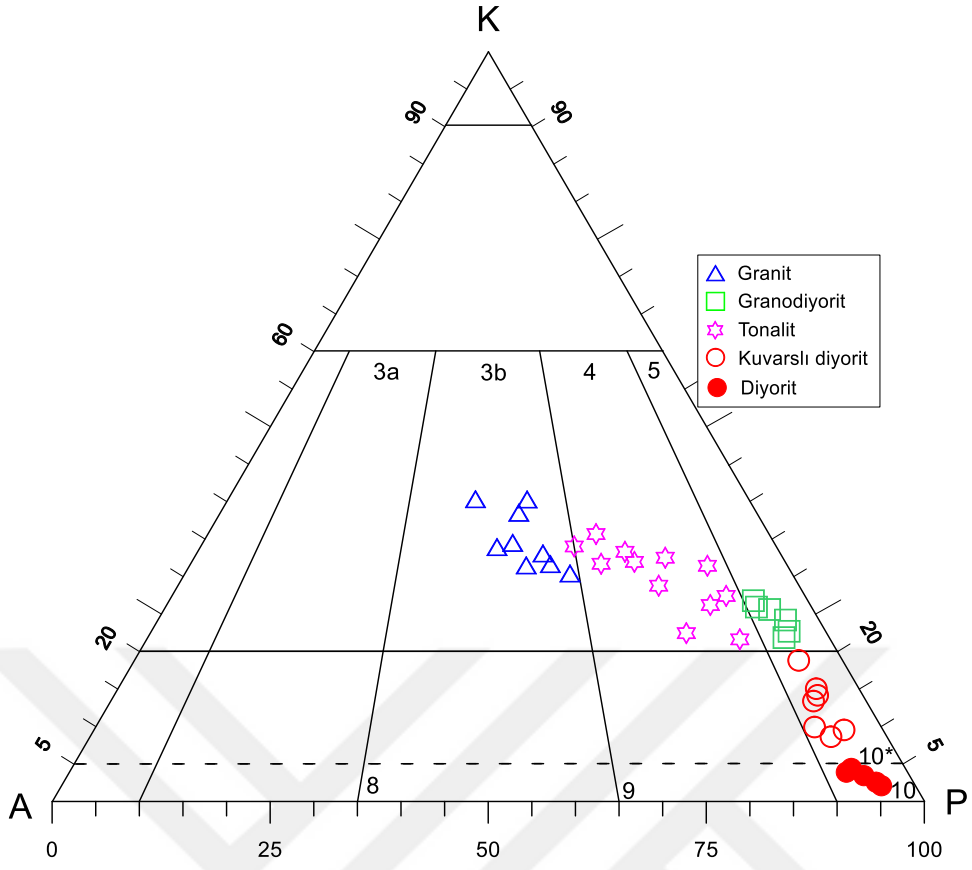
Mafik mineral içerikleri dikkate alındığında, diyorit ve kuvarslı diyoritler en yüksek amfibol, kuvarslı diyorit, tonalit ve monzogranitleri en yüksek biyotit oranlarına sahiptirler (Tablo 1).

Tablo 1. Kazıkbeli Plütönu'na ait örneklerin modal analiz sonuçları (minimum, maksimum ve ortalama değerleri)

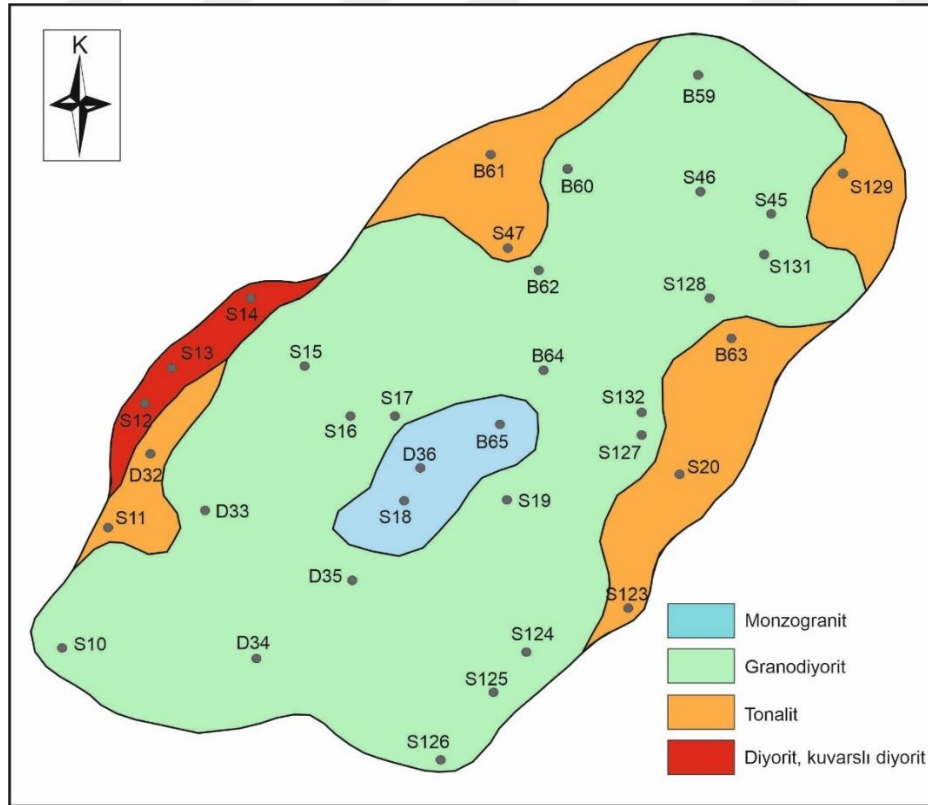
Kayaç türü	Plajiyoklas	Kuvars	Ortoklas	Amfibol	Biyotit	Opak mineraller
<u>Diyorit</u>						
min	63.80	1.80	3.00	11.20	0.80	2.30
max	80.40	3.70	5.20	21.40	2.20	6.10
ort	72.48	2.60	4.18	15.16	1.68	4.14
<u>Kuvarslı diyorit</u>						
min	56.50	6.50	3.30	13.40	0.60	4.30
max	64.00	13.95	5.82	20.50	5.70	4.80
ort	61.09	9.56	4.23	16.42	4.64	4.52
<u>Tonalit</u>						
min	37.10	19.72	7.40	1.90	0.90	1.35
max	62.10	30.90	21.02	14.30	8.70	3.90
ort	48.14	26.11	13.51	6.04	4.22	2.25
<u>Granodiyorit</u>						
min	60.30	18.20	3.20	5.30	1.00	2.10
max	61.90	24.10	5.60	12.40	2.20	2.90
ort	60.90	21.27	4.43	9.63	1.53	2.67
<u>Granit</u>						
min	26.04	26.10	21.80	1.30	1.30	0.65
max	39.10	37.00	30.00	7.70	7.39	3.00
ort	33.69	32.07	26.12	3.53	4.02	1.98

Kazıkbeli Plütönu'na ait modal analiz sonuçları kuvars-alkali feldispat-plajiyoklas (KAP) (Streichkeisen, 1976) diyagramına düşürüldüğünde (Şekil 8), plütönu'nun diyorit, tonalit, kuvarslı diyorit, granodiyorit ve monzogranit bileşimli kayaç türlerinden oluştuğu görülür.

Modal analizleri tamamlanan kayaç örneklerin plütöndeki yerleri ile modal bileşimlerden çizilen zonlanma haritası Şekil 9'da sunulmuştur.



Şekil 8. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaç örneklerin modal analiz değerlerinin KAP üçgen (Streckeisen, 1976) diyagramındaki dağılımları



Şekil 9. Kazıkbeli Plütönu'na ait modal analizleri yapılan kayaç örneklerinin plütöndeki konumları ve çizilen zonlanma haritası

3.2.2.1. Monzogranit

Kazıkbeli Plütonu'nda yayılımları en az olan kayaçlardır. Genellikle plütonun merkezi kısımlarında yer alırlar (Şekil 9). Kayaçlar makroskobik olarak pembemsi gri ve koyu pembe renklerde görülmekte olup, feldispat, kuvars ve koyu renkli mineraller tanınabilmektedir.

Doku: Kayaçlarda tüm kristalli ince-orta taneli doku, yer yer de poiklitik doku görülmektedir (Şekil 10). Başlıca mineralleri plajiyoklas, kuvars, ortoklas, biyotit, amfibol ve opak minerallerden oluşmaktadır.

Plajiyoklas: Genelde yarı öz ve öz şekilli olup, kayaçta en bol bulunan (%26-39, Tablo 1) mineraldir. Genelde albit ikizleri, seyrek olarak da polisentetik (albit ve karlsbad) ikizler görülür. Kristallerde genelde halkalı zonlanma görülür. Yapılan cins tayinlerinde (010'a dik kesitler) An bileşimleri %28-36 arasında olup, andezin ve oligoklas'a karşılık gelmektedir. En yaygın ayrışma türü serizitleşmedir.

Kuvars: Kayaç içinde irili ufaklı öz şekilsiz kristaller olarak bulunur. Plajiyoklasdan sonra en fazla gözlenen açık renkli mineraldir. Kırıklı ve çatklı bir yapısı vardır. Genelde dalgalı sönme gösterir. Kayaçta %26-37 oranında bulunurlar (Tablo 1).

Ortoklas: Genelde öz şekilsiz ve yarı öz şekilli kristaller şeklinde görülmektedir. Bazı minerallerde karlsbad ikizlenmesi, bazılarında ise pertitik yapı gözlenir. Tek nikol (TN)'de kirli görünümüleri ile plajiyoklaslardan ayrılırlar. Bazı iri ortoklaslar küçük plajiyoklas kristallerini içine alarak poiklitik doku oluştururlar. En yaygın ayrışma türünü serizitleşme oluşturur. Kayaçta %22-30 oranında bulunurlar (Tablo 1).

Biyotit: Kayaçta öz ve yarı öz şekilli kristaller şeklinde olup, bol miktarda (%1-8, Tablo 1) görülmektedir. (001) yüzeyine göre dik sönme gösterir. Renk pleokroizması gözlenmekte olup, sarımsı kahverengimsiden, kahverengimsi kırmızıya doğru değişim göstermektedir.

Amfibol: Kayaçta öz ve yarı öz şekilli levhamsı prizmatik kristaller halinde görülürler. Kayaçta en bol bulunan (%1-8, Tablo 1) mafik mineraldir. Renk pleokroizması yönler göre şu şekildedir; z- kahverengimsi yeşil, y- açık yeşil, x- açık sarımsı yeşildir. Bazı minareller ayrışarak klorite dönüşmüştür. İri kristalleri opak mineral inklüzyonları içerirler.

Sfen: Öz ve yarı özşekilli kenarları keskin, yassı kristaller halindedir. Rölyefi ve çift kırıcılığı çok yüksektir.

Allanit: Öz şekilsiz kristaller halinde ve çift kırıcılığı yüksek olup, canlı renklerde görülür.

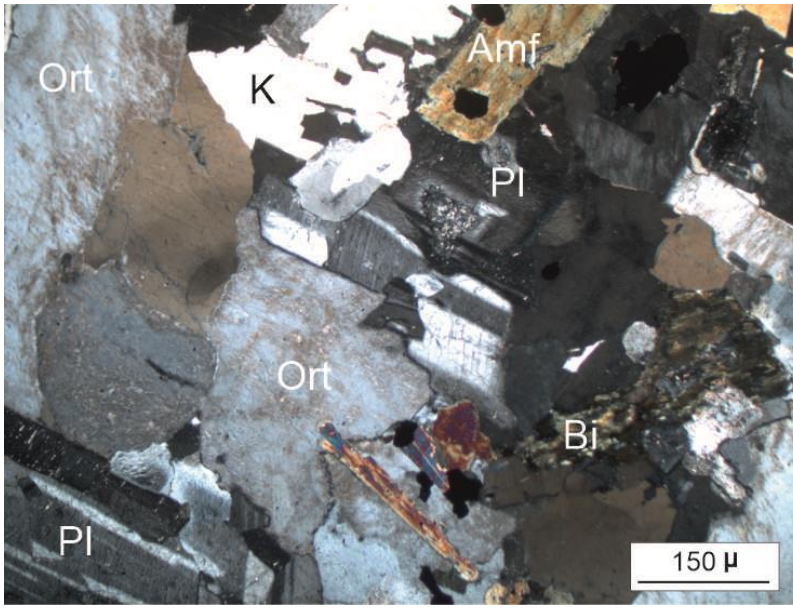
Apatit: İnce çubuğumsu ve özşekilli kristaller şeklindedir. Genelde plajiyoklaslar üzerinde, renksiz ve berrak görünümündedir.

Zirkon: Özşekilli kısa ve geniş prizmatik kristaller halindedir. Rölyepleri ve çift kırıcılığı çok yüksektir. Genellikle plajiyoklas, hornblend ve biyotitler üzerinde görülür.

Opak Mineraller: İrili ufaklı taneler şeklinde ve %1-3 oranında bulunurlar (Tablo 1).

Ayrışma Mineralleri: Yaygın olarak görülen ayrılma mineralleri kalsit, klorit ve serizittir.

Kayaç adı: Monzogranit



Şekil 10. Kazıkbeli Plütönu'ndaki monzogranitlere ait ince-orta taneli doku ve iri ortoklas mineralleri (ÇN, Ort: Ortoklas, K: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Bi: Biyotit-kısmen kloritleşmiş)

3.2.2.2. Granodiyorit

Kazıkbeli Plütönu'na yayılımları en fazla olan kayaçlardır. Genellikle monzogranitlerin dış kısmında, onları çevreleyen zon boyunca gözlenirler (Şekil 9). Genellikle gri, açık gri renklerde görülürler. Kayaçlar da gözle görülebilen feldispat, kuvars ve koyu renkli mineraller yer alır.

Doku: Kayaçlarda tüm kristalli ince-orta taneli doku, yer yer de yazı ve mirmekitik doku görülmektedir (Şekil 11).

Başlıca mimeralleri plajiyoklas, kuvars, ortoklas, amfibol, biyotit ve opak minerallerden oluşmaktadır.

Plajiyoklas: Kayaç içerisinde öz-yarı öz şekilli kristaller halinde bulunmaktadır. Yaygın olarak halkalı zonlanma görülür. İri olan bazı kristaller kırıklı çatlaklı yapıdadır.

Yapılan tayinlerde bileşimlerinin %32-36 An içerikli andezin olduğu belirlenmiştir (010'a dik kesitler). Serizitleşme ve killeşmedir en yaygın ayrışma türleridir. Kayaçta %60-62 oranında bulunurlar (Tablo 1).

Kuvars: Kayaç içerisinde irili ufaklı öz şekilsiz kristaller halinde bulunur. Mineraller arası boşlukları doldurmuştur. Bazı kesitlerde dalgalı sönme görülmekte olup, kırıklı ve çatlaklı bir yapıya sahiptir. Kayaçta %18-24 oranında bulunurlar (Tablo 1).

Ortoklas: Kayaç içerisinde az miktarda ve öz şekilsiz kristaller şeklinde bulunur. Kuvars ile birlikte diğer minerallerin arasını doldurduğu görülmektedir. Çoğunlukla pertitik özellikte olup, yer yer karlsbad ikizi de gösterir. Ayrışma türü killeşmedir. Kayaçta %3-6 oranında bulunurlar (Tablo 1).

Amfibol: Kayaçlarda öz ve yarı öz şekilli levhamsı prizmatik kristaller halinde bulunur. Genelde kayaçta en çok bulunan mafik mineral olsa da, bazı kesitlerde bazen biyotit daha fazla bulunur. Renk pleokroizması gösterirler, yönlerine göre x: sarı-açık yeşil, y: yeşil-açık yeşil, z: mavimsi-kahverengimsi yeşil şeklindedir. Maksimum sönme açıları (010 yüzeyine paralel kesitlerde) 12-16 derece arasındadır. İri kristaller opak mineral ve plajiyoklas inklüzyonları içerirler. Kayaçta %5-12 oranında bulunurlar (Tablo 1).

Biyotit: Kayaçlarda yarı öz şekilli ve öz şekilsiz olarak görülmektedir. (001) yüzeyine göre belirgin bir paralel sönme gösterirler. Renk pleokroizması göstermekte olup, açık kahverengimsiden açık yeşile doğru değişim göstermektedir. Kayaçta %1-2 oranında bulunurlar (Tablo 1).

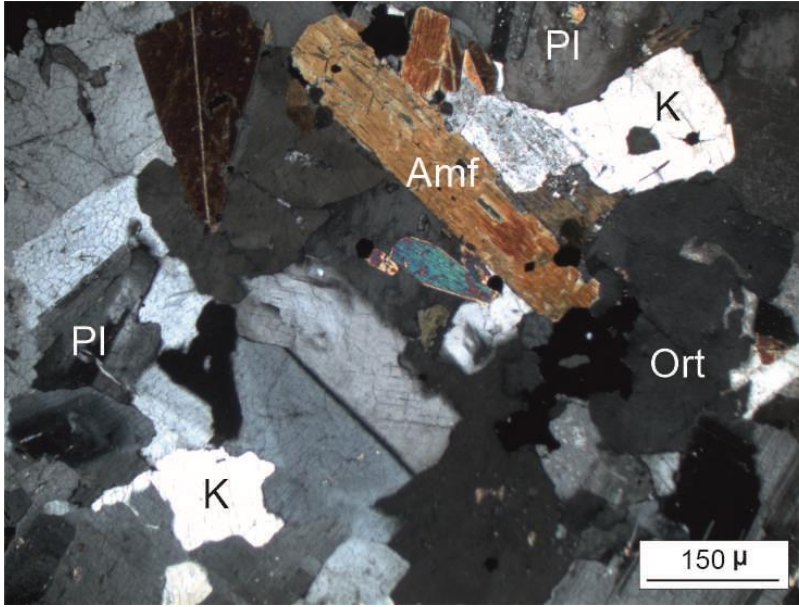
Apatit: Bazı kesitlerde ve seyrek olarak görülür. Plajiyoklas ve kuvars mineralleri içinde ince çubuğumsu kristal kapanımları şeklinde gözlenir.

Zirkon: Seyrek olarak ve bazı kesitlerde görülür. Genelde küçük prizmatik kristaller halinde olup, rölyefi çok yüksektir. Uzantıya paralel geçen kesitlerde dik söneler.

Opak Mineraller: İrili ufaklı taneler halinde olup, kayaçlarda yaklaşık %2-3 oranında yer alırlar (Tablo 1).

Ayrışma Mineralleri: Yaygın olarak görülen ayrılma mineralleri kalsit, klorit ve seritsizdir.

Kayaç adı: Granodiyorit



Şekil 11. Kazıkbeli Plütönu içindeki granodiyoritlere ait ince-orta taneli doku (ÇN, Pl: Plajiyoklas, Ort: Ortoklas, K: Kuvars, Amf: Amfibol, Bi: Biyotit)

3.2.2.3. Tonalit

Kazıkbeli Plütönu'na yayılımları granodiyoritlere göre daha azdır. Genellikle Plütönu'nun kenar kısımlarında yer alır (Şekil 9). Açık gri-pembe renkte gözlenirler. Kayaçlarda makroskobik olarak tanınabilecek büyüklükte feldispat, kuvars ve koyu renkli mineraller vardır.

Doku: Kayaçlarda tüm kristalli ince-orta taneli, yer yer de yazı dokusu görülmektedir (Şekil 12).

Başlıca mineralleri plajiyoklas, kuvars, ortoklas, amfibol, biyotit ve opak minerallerden oluşmaktadır.

Plajiyoklas: Kayaç içerisinde öz ve yarı öz şekilli kristaller şeklinde bulunmaktadır. Genelde albit ve polisentetik albit-karlsbad ikizlenmesi gösterir. Yer yer de halkalı zonlanma gösterir. Yapılan tayinlerde bileşimlerinin andezin (An_{34-38}) olduğu saptanmıştır. En yaygın ayrışma türleri olarak epidotlaşma, serizitleşme ve kalsitleşme görülmektedir. Kayaçlarda en bol bulunan açık renkli mineral olup, %37-62 oranında bulunurlar (Tablo 1).

Kuvars: İrili ufaklı öz şekilsiz kristaller halinde bulunur. Kayaç içerisinde oldukça yaygındır. Genelde dalgalı sönme gösterirler ve mineraller arası boşlukları doldururlar. Kayaçta %20-31 oranında bulunurlar (Tablo 1).

Ortoklas: Öz şekilsiz kristaller halinde bulunur. Kayaç içerisinde pertitik bir yapısı vardır. Bazı minerallerde karlsbad ikizlenmesi gözlenmemektedir. Killeşme yaygın olarak görülür. Kayaçta %7-21 oranında bulunurlar (Tablo 1).

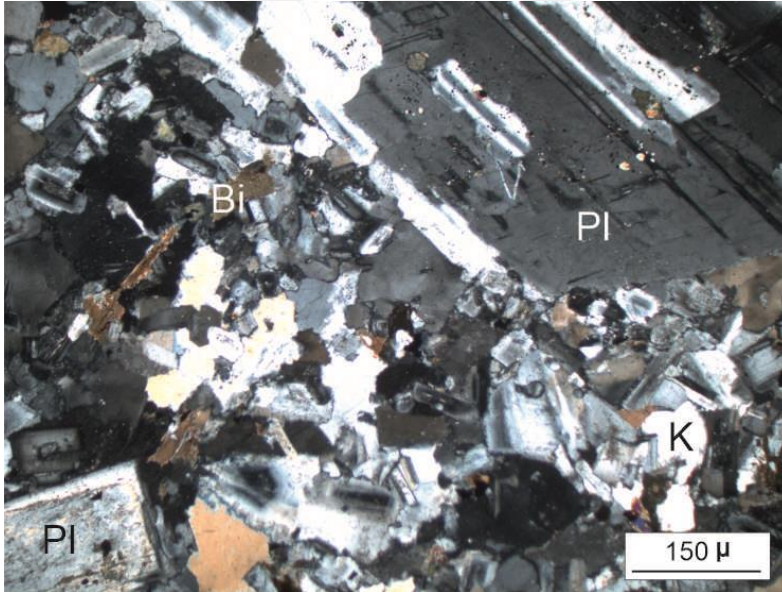
Amfibol: Mafik mineraller olarak en bol bulunandır. Öz ve yarı öz şekilli levhamsı prizmatik kristallerden oluşur. Altıgen şekli ve 56-124° açılar oluşturan iki yönlü dilinimi bazal kesitlerinde yaygın olarak gözlenir. Pleokroizma yönleri; x: açık sarı-yeşil, y: yeşil, z: mavimsi-kahverengimsi yeşil'dir. Maksimum sönme açıları (010'üzeyine paralel kesitlerde) 12-14 derece arasındadır. En yaygın ayrışma türü kloritleşme ve epidotlaşmadır. Kayaçta %2-14 oranında bulunurlar (Tablo 1).

Biyotit: Amfibole oranla daha az miktarda (%1-9, Tablo 1) bulunur. Kayaçlarda yarı öz şekilli ve öz şekilsiz kristaller şeklinde görülmektedir. Kısmen ayrışarak kloritleşmiştir.

Opak Mineraller: Kesit içerisinde öz şekilsiz taneler halindedir. Kayaçta %2-4 oranında bulunurlar (Tablo 1).

Ayrışma Mineralleri: Ayrışma türleri olarak serizitleşme, kloritleşme ve epidotlaşma görülmektedir.

Kayaç adı: Tonalit



Şekil 12. Kazıkbeli Plütönu içindeki tonalitelere ait ince-orta taneli doku (ÇN, K: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol Bi: Biyotit)

3.2.2.4. Kuvarşlı Diyorit

Kazıkbeli Plütönu'nda yayılımları az olup, genelde plütönu kenar kısımlarında yer alırlar (Şekil 9). Genellikle koyu gri, koyu yeşil renklerdedir.

Doku: Kayaçlarda tüm kristalli ince-orta taneli doku görülür (Şekil 13).

Başlıca mineralleri plajiyoklas, kuvars, ortoklas, amfibol, biyotit ve opak minerallerden oluşmaktadır.

Plajiyoklas: Kayaçlarda öz şekilli ve yarı öz şekilli olarak bulunurlar. Kesitlerde en bol bulunan (%57-64, Tablo 1) mineraldir. Albit ikizleri yaygındır. Zonlanma yaygın olarak gözlenir. Yapılan sönme açıları tayinlerinde (010'a dik kesitlerde) bileşimlerinin andezin (An_{36-43}) olduğu belirlenmiştir. Serizitleşme en yaygın ayrışma ürünü olarak gözlenir.

Kuvars: Kayaçlarda öz şekilsiz irili ufaklı kristaller halinde bulunur. Genelde dalgalı sönme gösterirler ve mineraller arası boşlukları doldururlar. Kayaçta %7-14 oranında bulunurlar (Tablo 1).

Ortoklaz: Öz şekilsiz kristaller halinde olup, genelde pertitik bir yapısı vardır. En yaygın ayrışma ürünü killeşmedir. Kayaçta %3-6 oranında bulunurlar (Tablo 1).

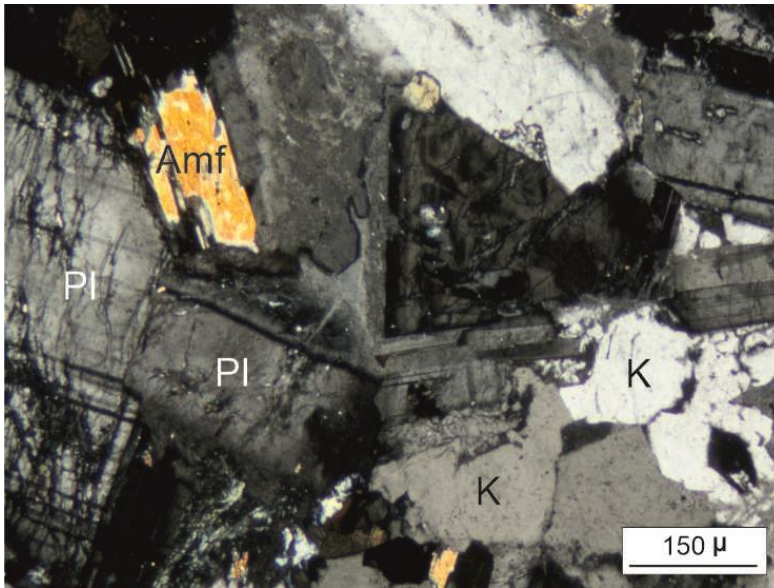
Amfibol: Kayaç içerisinde bol miktarda (%13-21, Tablo 1) bulunur. Öz şekilli ve yarı öz şekilli levhamsı prizmatik kristallerden oluşur. Genellikle uzanım istikametine paralel tek yönde dilinimler gösterirler. Tek nikolde yeşilimsi- açık sarı, çift nikolde koyu yeşil- mavimsi renklerde renk pleokroizması gösterir.

Biyotit: Kayaç içerisinde az oranda (%1-6, Tablo 1) bulunur. Açık sarı- koyu kahverengimsi renk pleokroizması belirgindir. Kısmen kloritleşmiştir.

Opak Mineral: Kayaç içerisinde bol miktarda irili ufaklı daneler halinde, %4-5 oranında bulunurlar (Tablo 1).

Ayrışma Mineralleri: Serizitleşme, kloritleşme ve kalsitleşme en yaygın ayrışma ürünlerini oluşturur.

Kayaç adı: Kuvarslı diyorit



Şekil 13. Kazıkbeli Plütönu içindeki kuvarslı diyoritlere ait ince-orta taneli doku (ÇN, K: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol Bi: Biyotit)

3.2.2.5. Diyorit

Kazıkbeli Plütonu'nda yayılımları az olup, plütonun kenar kısımlarında gözlenirler (Şekil 9). Volkanik yan kayaçlarla doğrudan dokanak oluştururlar ve bu dokanaklar keskindir. Genellikle koyu gri, koyu yeşil renklindedir. Plüton içindeki diğer kayaçlara nazaran daha fazla mafik mineraller içermeleri, daha koyu renkte olmaları ve kuvars içeriklerinin daha az oranda olmasıyla onlardan kolaylıkla ayırt edilirler.

Doku: Kayaçlarda tüm kristalli ince taneli doku (Şekil 14).

Başlıca mineraller: Plajiyoklas, ortoklas, kuvars, amfibol, biyotit ve opak minerallerdir.

Plajiyoklas: Öz ve yarı öz şekilli olup, en bol bulunan (%64-80, Tablo 1) mineraldir. Yapılan cins tayinlerinde bileşimlerinin andezin (An_{36-43}) olduğu belirlenmiştir. Serizitleşme yaygın olan ayrışma türüdür.

Ortoklas: Öz şekilsiz kristaller halinde bulunur. Kayaç içerisinde pertitik bir yapısı vardır. Killeşme en yaygın ayrışma ürünü olarak bulunur. Kayaçta %3-5 oranında bulunurlar (Tablo 1).

Kuvars: Genelde öz şekilsiz kristaller şeklinde bulunur. Genelde dalgalı sönme gösterirler ve mineraller arası boşlukları doldururlar. Kayaçta %2-4 oranında bulunurlar (Tablo 1).

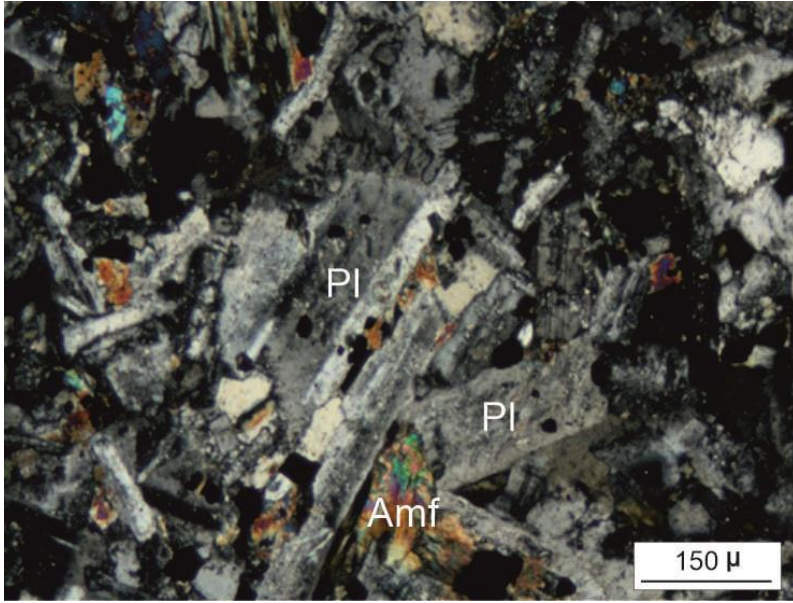
Amfibol: Kayaç içerisinde en bol bulunan (%11-21, Tablo 1) mafik minerali oluşturur. Öz şekilli ve yarı öz şekilli kristaller halinde görülürler. Genellikle uzanım istikametine paralel tek yönde dilinimler gösterirler. Tek nikelde yeşilimsi- açık sarı, çift nikelde koyu yeşil- mavimsi renklere renk pleokroizması gösterir.

Biyotit: Kayaç içerisinde az oranda (%1-2, Tablo 1) bulunurlar. Açık sarı- koyu kahverengimsi renk pleokroizması gösterir. Kısmen kloritleşmiştir.

Opak Mineraller: Kayaç içerisinde bol miktarda irili ufaklı daneler halinde, %2-6 oranında bulunurlar (Tablo 1).

Ayrışma Mineralleri: En belirgin ayrışma ürünlerini serizitleşme, kloritleşme ve kalsitleşme oluşturur.

Kayaç adı: Diyorit



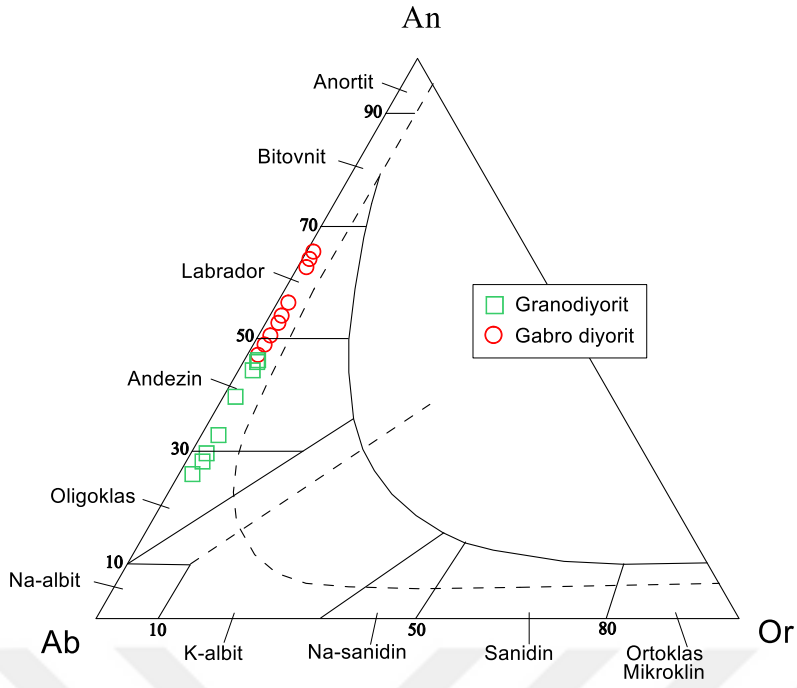
Şekil 14. Kazıkbeli Plütönu içindeki diyoritlere ait ince taneli doku (ÇN, Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol)

3.3. Kazıkbeli Plütönu'nun Mineral Kimyası

İncelenen Eosen yaşlı Kazıkbeli Plütönu'nu oluşturan gabroyik diyorit ve granodiyorit bileşimli kayalardaki plajiyoklas, K-feldispat, biyotit ve amfibol mineralleri için mikrokimyasal özellikler (mineral kimyası) aşağıda sunulmuştur.

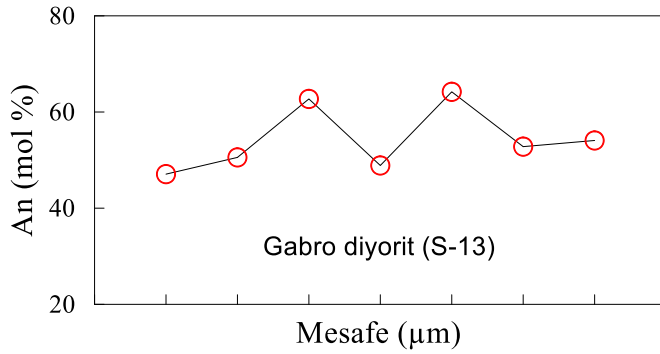
3.3.1. Plajiyoklas

İncelenen Eosen yaşlı plütönik kayaların hepsinde plajiyoklas mineralleri gözlenmiştir. Plajiyoklas minerallerine ait mineral kimyası analiz sonuçları Ek 2'de verilmiştir. İncelenen kayalardaki plajiyoklasların SiO₂ içerikleri %50-62, Al₂O₃ %23-31, FeO^T %0.2-0.6 ve K₂O %0.1-0.5 arasında değişmektedir (Ek 2). İncelenen kayalarda gözlenen plajiyoklasların bileşimleri An₂₅₋₆₆ arasında değişmektedir (Ek 2; Şekil 15).



Şekil 15. Kazıkbeli Plütönu'ndaki gabroyik diyorit ve granodiyoritlere ait plajiyoklasların An-Ab-Or (Smith ve Brown, 1988) üçgen diyagramı

Kazıkbeli Plütönu'ndaki gabroyik diyoritlere ait plajiyoklaslarda halkalı (oscillatory) zonlanma gözlenmekte olup, halkalı zonlu kristallerin An içeriğindeki dalgalanma An₄₇'den An₆₄'e kadar değişim göstermektedir (Şekil 16).



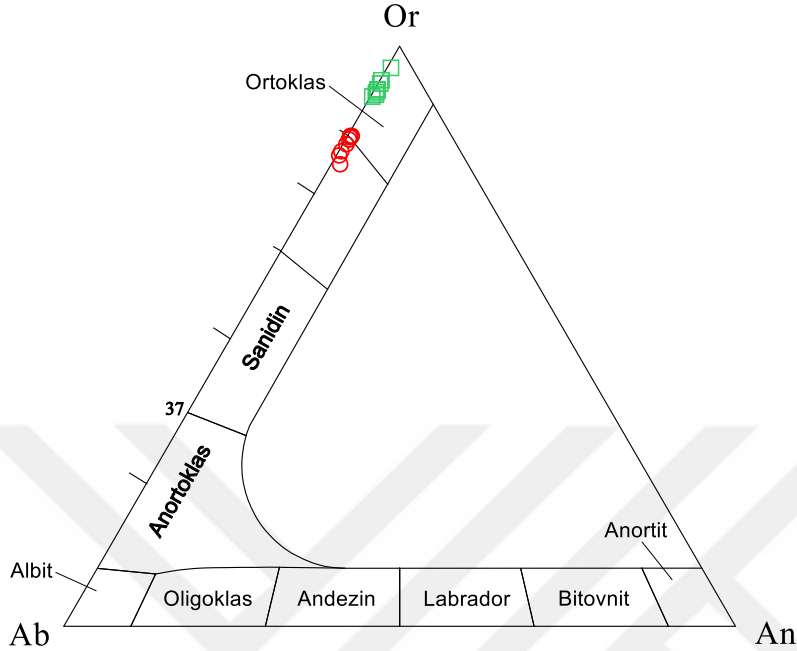
Şekil 16. Kazıkbeli Plütönu'na ait gabroyik diyoritlerdeki zonlu plajiyoklas minerallerinde gözlenen An değişimleri

3.3.2. K-feldispat

İncelenen Eosen yaşlı kayaçların büyük bir bölümünde K-feldispat mineralleri gözlenmiştir. K-feldispat minerallerine ait mineral kimyası analizleri Ek 3'de sunulmuştur.

İncelenen kayaçlardaki ortoklasların % SiO₂, Al₂O₃ ve BaO içerikleri sırasıyla, % 63-65, % 18-20 ve % 0.03-0.7 aralığında değişim gösterir (Ek 3, Şekil 17).

İncelenen kayaçlardaki K-feldispat mineralleri ortoklas bileşiminde olup (Şekil 17), kristallerde kimyasal zonlanma gözlenmez. Kayaçlarda bileşim Or₇₉₋₉₇ arasındadır (Şekil 17, Ek 3).



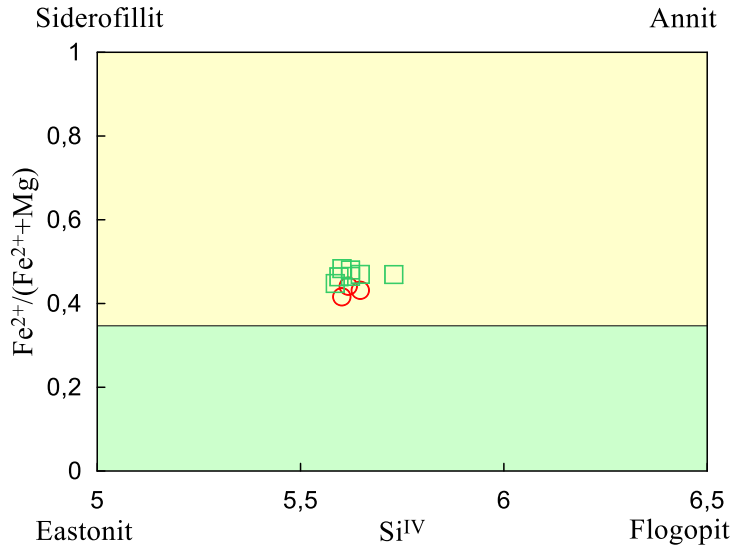
Şekil 17. Kazıkbeli Plütönu'ndaki gabroyik diyorit ve granodiyoritlere ait K-feldispatların An-Ab-Or (Deer vd., 1992) üçgen diyagramı

3.3.3. Biotit

İncelenen Eosen yaşlı kayaçlardaki biyotitlere ait mineral kimyası analiz sonuçları Ek 4'de sunulmuştur. Ek 4'de göre, kayaçlardaki biyotitlerin TiO₂ içerikleri %4.1-4.7, Al₂O₃ içerikleri %12-13 ve MgO içerikleri %11-14 arasındadır.

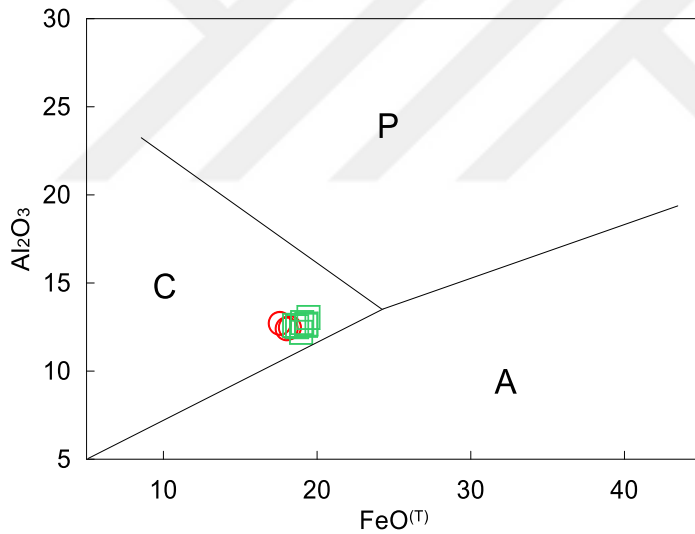
İncelenen kayaçlardaki biyotitlerinin Mg/(Mg + Fe⁺²) ve Fe⁺²/(Fe⁺² + Mg) oranları sırasıyla 0.52-0.58 ve 0.42-0.48 aralığında değişmektedir (Ek 4).

Biyotit kristalleri, annit ve flogopit uç üyeleri arasında yer alan katı ergiyiğin ürünleri olup, magnezyumca zengin flogopit ucuna yakın olarak yer alırlar (Şekil 18).



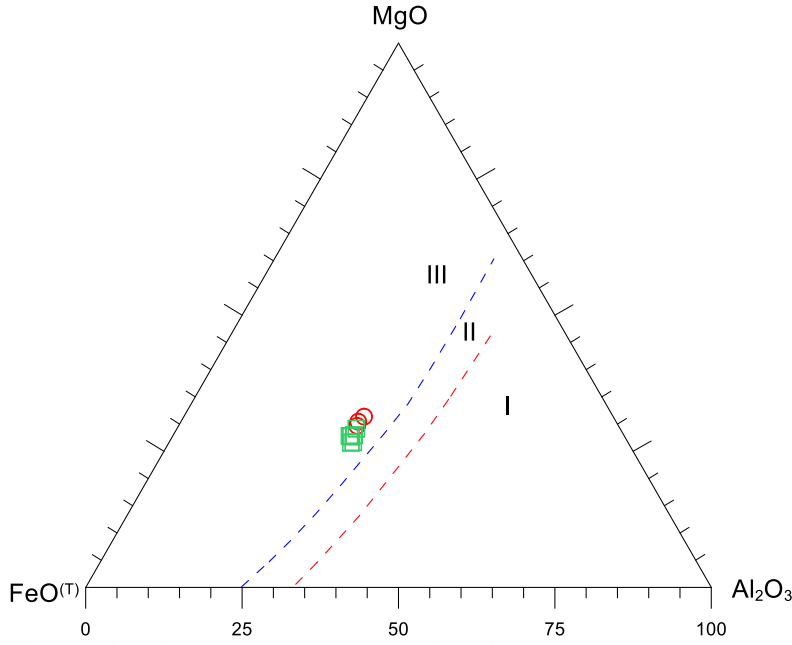
Şekil 18. Kazıkbeli Plütunu'ndaki gabroyik diyorit ve granodiyoritlere ait biyotitlerinin bileşimlerini gösteren $Si^{IV} - (Fe^{+2}/Fe^{+2} + Mg)$ diyagramı (Parsons vd., 1991)

Mikroprob analiz sonuçlarına göre incelenen örneklere ait biyotitler $FeO^{(T)}-Al_2O_3$ diyagramında C bölgesine düşmektedir (Şekil 19).



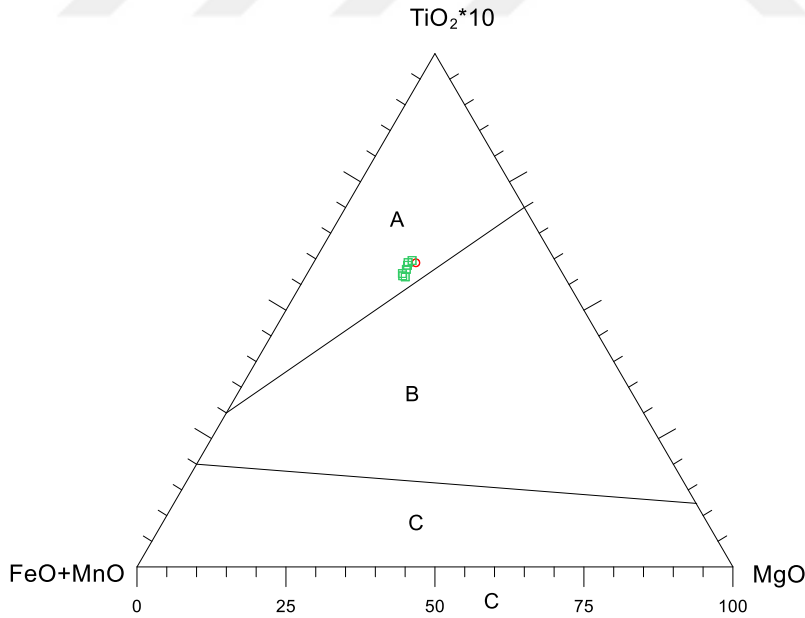
Şekil 19. Kazıkbeli Plütunu'ndaki gabroyik diyorit ve granodiyoritlere ait biyotitlerin bileşimlerini gösteren $FeO^{(T)}-Al_2O_3$ diyagramı (Abdel-Rahman, 1994) (A: Anorojenik bölgelerde oluşan alkali magmatizma biyotitleri, C: kalk-alkali magmatizma ürünü biyotitleri, P: kıtasal çarpışma sonrası peralümin magmatizma ürünü biyotitleri)

$FeO^{(T)}-Al_2O_3-MgO$ üçgen diyagramında ise incelenen örneklere ait biyotitler III'nolu alana düşmektedir (Şekil 20).



Şekil 20. Kazıkbeli Plütunu'ndaki gabroyik diyorit ve granodiyoritlere ait biyotitlerin bileşimlerini gösteren $\text{FeO}^{(T)}$ - Al_2O_3 - MgO üçgen diyagramı (Speer, 1984) (I: Muskovit ve topaz ile birlikte bulunan biyotitler, II: Diğer mafik mineraller ile bulunan biyotitler, III: Piroksen, hornblend ya da olivin ile bulunan biyotitler)

MgO - $\text{FeO}+\text{MnO}$ - TiO_2^{*10} üçgen diyagramında ise birincil kahverengi biyotitler (A bölgesi) alanına düşmektedir (Şekil 21).

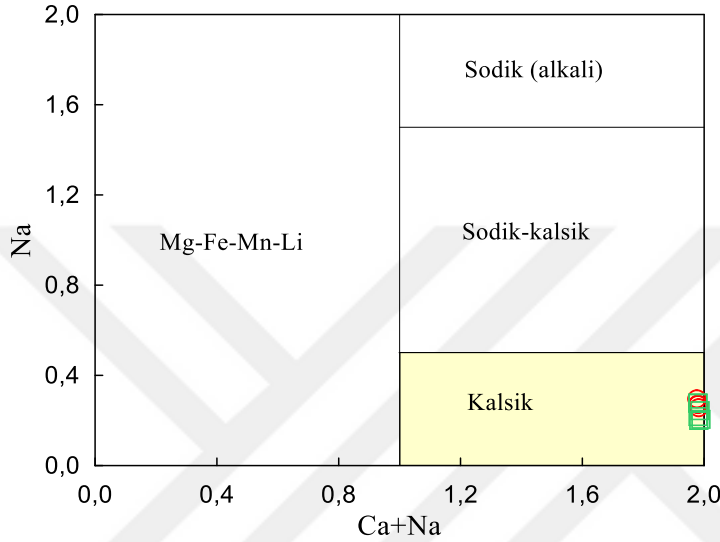


Şekil 21. Kazıkbeli Plütunu'ndaki gabroyik diyorit ve granodiyoritlere ait biyotitlerin bileşimlerini gösteren MgO - $\text{FeO}+\text{MnO}$ - TiO_2^{*10} üçgen diyagramı (Speer, 1984) (A: Birincil kahverengi biyotitler, B: Birincil tekrar dengeye ulaşmış yeşil ya da yeşilimsi kahverengi biyotitler, C: İkincil yeşil biyotitler)

3.3.4. Amfibol

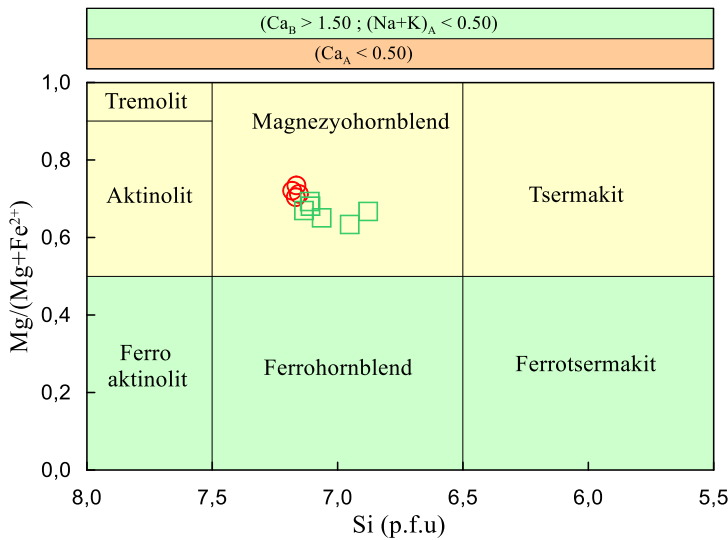
İncelenen plütonik kayaların büyük bir kısmında gözlenmiştir. Amfibollere ait mikroprob sonuçları Ek 5’de sunulmuştur. İncelenen plütonik kayalar içindeki amfibollerin Al_2O_3 içerikleri %4.57-6.20, SiO_2 içerikleri %47.14-50.24 ve $Mg/(Mg + Fe^{+2})$ oranları 0.63-0.73 arasındadır (Ek 5).

Mikroprob analiz sonuçlarına göre Na’a karşı (Ca+Na) diyagramında amfibollerin tümü kalsik amfibollerden oluşmaktadır (Şekil 22).



Şekil 22. Kazıkbeli Plütunu’ndaki gabroyik diyorit ve granodiyoritlere ait amfibollerin bileşimi (Leake vd., 1997)

Amfibollerin mikroprob analizi sonuçları (Ek 5) dikkate alındığında, Kazıkbeli Plütouna ait kayalardaki amfiboller magnezyumlu hornblend bileşimindedir (Şekil 23).



Şekil 23. Kazıkbeli Plütunu’ndaki gabroyik diyorit ve granodiyoritlere ait amfibollerin bileşimi (Leake vd., 1997)

3.4. Kazıkbeli Plütonu'nun Tüm-Kayaç Jeokimyası

3.4.1. Giriş

Bu bölümde Eosen yaşlı Kazıkbeli Plütonu jeokimyasal açıdan irdelenmiş, magma tipi ve plüton jenezi saptanmaya çalışılmıştır.

3.4.2. Ana ve İz Elementler

Kazıkbeli Plütonu'na ait 10 adet örneğin ana element, iz element ve nadir toprak element (NTE) analizleri yapılmış olup, Tablo 2 ve Tablo 3'de sunulmuştur.

Ana element içerikleri dikkate alındığında (Tablo 2), Kazıkbeli Plütonu'nu oluşturan kayalarda SiO₂ değerleri %55-73, Mg numaraları (Mg#) (molar $100 \cdot (\text{MgO} / (\text{MgO} + \Sigma \text{Fe}_2\text{O}_3))$) 43-51, K₂O/Na₂O oranları 0.6-1.4 ve A/CNK (ASI) ($\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$) değerleri 0.8-1.2 arasındadır (Tablo 2). İnceleme alanındaki en mafik kayalar olan gabroyik diyoritlerde SiO₂ değerleri %55-57, Mg# numaraları 46-47, K₂O/Na₂O oranları 0.6-0.7 ve A/CNK değerleri 0.8-0.9 arasındadır (Tablo 2). Tonalitlerde SiO₂ değerleri %62-63, Mg# numaraları 48-50, K₂O/Na₂O oranları 0.7-0.8 ve A/CNK değerleri 0.8-0.9 arasındadır (Tablo 2). Granodiyoritlerde SiO₂ değerleri %66-67, Mg# numaraları 43-47, K₂O/Na₂O oranları 0.9-1.2 ve A/CNK değerleri 0.9-1.0 arasındadır (Tablo 2). En felsik üye olan granitlerde SiO₂ değerleri %71-73, Mg# numaraları 45-51, K₂O/Na₂O oranları 1.1-1.4 ve A/CNK değerleri 1.0-1.2 arasındadır (Tablo 2).

Buna göre SiO₂ değerleri granitlerde en yüksek, gabroyik diyoritlerde en düşük; Mg# numaraları granitlerde en yüksek, gabroyik diyoritlerde en düşük; K₂O/Na₂O oranları granitlerde en yüksek, gabroyik diyoritlerde en düşük ve ASI (A/CNK) değerleri de granitlerde en yüksek, gabroyik diyoritlerde en düşük orandadır (Tablo 2).

Kazıkbeli Plütonu'nu oluşturan kayaların iz element içerikleri dikkate alındığında (Tablo 3), Ni değerleri 1.9-10 (ppm), Pb değerleri 9.0-18 (ppm), Rb değerleri 52-148 (ppm), Sr değerleri 157-472 (ppm) ve Ba değerleri 533-1285 (ppm) arasındadır (Tablo 2). En mafik üye olan gabroyik diyoritlerde Ni değerleri 7.8-9.2 (ppm), Pb değerleri 11-15 (ppm), Rb değerleri 61-75 (ppm), Sr değerleri 444-472 (ppm) ve Ba değerleri 533-565 (ppm) arasındadır (Tablo 2). Tonalitlerde Ni değerleri 6.5-7.2 (ppm), Pb değerleri 9.0-12 (ppm), Rb değerleri 52-86 (ppm), Sr değerleri 332-334 (ppm) ve Ba değerleri 610-678 (ppm) arasındadır (Tablo 2). Granodiyoritlerde Ni değerleri 2.8-3.6 (ppm), Pb değerleri 9.0-18 (ppm), Rb değerleri 85-133 (ppm), Sr değerleri 260-332 (ppm) ve Ba değerleri 724-834 (ppm) arasındadır (Tablo 2). En felsik üye olan granitlerde Ni değerleri 1.9-2.6

(ppm), Pb değerleri 13-17 (ppm), Rb değerleri 124-148 (ppm), Sr değerleri 157-163 (ppm) ve Ba değerleri 1124-1285 (ppm) arasındadır (Tablo 3).

Tablo 2. Kazıkbeli Plütönu'na ait ana (%) ve iz (ppm) element analizleri

	S14	S13	S15	S47	S20	S19	S10	S16	D36	B65
Kayaç Tür	Gbrdi	Gbrdi	Gbrdi	To	To	Gd	Gd	Gd	Gr	Gr
Ana elementler (%)										
SiO ₂	55.27	56.79	56.83	61.76	62.45	66.45	66.53	66.82	71.03	72.36
TiO ₂	0.96	0.84	0.83	0.66	0.65	0.51	0.56	0.51	0.23	0.17
Al ₂ O ₃	17.00	17.11	16.98	16.33	15.98	14.94	15.00	15.58	13.88	13.76
Fe ₂ O ₃	9.19	8.14	8.10	5.83	5.78	4.26	4.61	4.03	3.29	2.45
MnO	0.17	0.15	0.15	0.12	0.11	0.08	0.10	0.08	0.08	0.05
MgO	3.70	3.27	3.23	2.65	2.50	1.53	1.84	1.38	1.26	1.12
CaO	7.36	6.99	6.98	5.23	5.08	3.39	3.01	3.85	1.77	0.97
Na ₂ O	3.14	3.13	3.20	3.47	3.51	3.30	3.59	3.43	3.55	3.37
K ₂ O	1.96	2.38	2.35	2.81	2.48	3.72	3.79	3.28	3.91	4.49
P ₂ O ₅	0.34	0.29	0.28	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.08	0.07
LOI	0.78	0.70	0.78	0.60	1.25	0.96	0.89	0.71	0.30	0.50
Toplam	99.86	99.79	99.70	99.61	99.92	99.27	100.02	99.79	99.38	99.31
İz elementler (ppm)										
Co	23.01	19.67	19.37	14.51	14.33	10.24	9.70	8.42	3.20	2.80
Ni	9.15	7.88	7.89	7.15	6.55	3.31	3.52	2.88	2.60	1.90
V	228.19	199.59	203.77	146.64	141.50	85.63	96.29	81.06	28.00	31.00
Cu	99.06	98.40	99.07	45.59	27.19	53.75	68.08	10.39	2.30	4.10
Pb	11.73	14.37	14.77	11.97	9.13	10.99	17.63	9.18	13.20	16.40
Zn	89.74	77.60	78.19	56.40	44.45	34.52	44.78	31.48	27.00	13.00
Rb	61.08	74.69	74.39	85.53	52.98	132.62	132.58	85.19	124.40	148.00
Ba	564.05	539.24	533.41	610.95	677.60	724.01	735.87	833.37	1124.00	1285.00
Sr	471.84	444.35	447.70	332.72	333.51	287.83	260.70	331.68	162.50	157.50
Ta	0.45	0.45	0.45	0.60	0.65	0.84	0.70	0.60	0.80	0.90
Nb	6.98	6.79	6.85	9.11	9.46	10.21	10.14	8.30	8.60	9.70
Hf	3.23	3.57	3.56	4.52	5.01	6.07	5.51	5.00	5.30	5.90
Zr	123.06	129.90	127.80	174.26	185.76	207.30	195.86	189.70	212.50	223.20
Y	32.11	31.88	32.67	29.80	29.88	30.27	37.14	26.91	18.90	16.40
Th	8.42	7.80	10.86	7.65	11.75	15.28	13.59	11.60	18.30	22.10
U	2.22	2.19	2.39	2.56	3.25	3.52	3.63	3.10	2.10	2.50
Ga	18.59	17.95	17.62	16.69	16.24	15.36	15.44	15.28	10.40	11.10
K ₂ O/Na ₂ O	0.62	0.76	0.74	0.81	0.71	1.13	1.06	0.96	1.10	1.33
Mg #	47.01	46.97	46.77	49.96	48.81	44.21	46.72	43.03	45.74	50.16
Sr/Y	14.69	13.94	13.70	11.16	11.16	9.51	7.02	12.33	8.60	9.60
A /CNK	0.82	0.84	0.83	0.89	0.90	0.96	0.97	0.96	1.04	1.13

Mg# = molar 100xMgO/(MgO+Fe₂O₃), Fe₂O₃^T: Toplam demir, A/CNK= Mol Al₂O₃/(CaO+NaO+K₂O).
LOI (loss on ignition=Ateşte kayıp=Toplam uçucu içeriği), Gbrdi: Gabroyik diyorit, To: Tonalit, Gd: Granodiyorit, Gr: Granit

Buna göre Ni değerleri gabroyik diyoritlerde en yüksek, granitlerde en düşük; Pb değerleri granitlerde en yüksek, tonalitlerde en düşük; Rb değerleri granitlerde en yüksek, tonalitlerde en düşük, Sr değerleri gabroyik diyoritlerde en yüksek, granitlerde en düşük ve Ba değerleri de granitlerde en yüksek, gabroyik diyoritlerde en düşük orandadır (Tablo 2).

İncelenen örneklerin toplam nadir toprak element (NTE) içerikleri 133-192 (ppm) arasında olup, bu değerler gabroyik diyoritlerde 149-156 (ppm), tonalitlerde 147-159 (ppm), granodiyoritlerde 133-184 (ppm) ve granitlerde 182-192 (ppm) arasındadır (Tablo

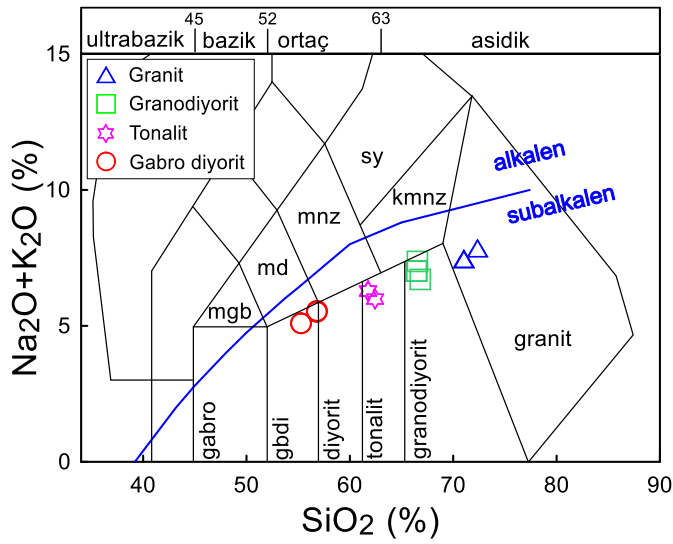
3). Buna göre granitler en yüksek NTE içeriklerine sahipken, granodiyoritler en düşük NTE içeriklerine sahiptir (Tablo 3).

Tablo 3. Kazıkbeli Plütönu'na ait nadir toprak element (ppm) analizleri

	S14	S13	S15	S47	S20	S19	S10	S16	D36	B65
Kayaç Türü	gbrdi	gbrdi	gbrdi	to	to	gd	gd	gd	gr	gr
La	21.99	21.14	21.50	22.67	23.64	24.92	28.79	18.82	35.50	37.30
Ce	46.83	46.57	46.88	46.12	50.17	52.22	57.84	37.47	48.30	50.90
Pr	5.83	5.68	5.71	5.56	5.67	5.95	6.90	4.66	6.62	6.88
Nd	24.05	23.79	24.06	22.03	22.21	23.27	26.96	18.89	24.50	25.10
Sm	5.64	5.64	5.64	5.05	4.65	4.96	5.65	4.19	4.40	4.53
Eu	1.56	1.30	1.26	1.02	1.06	0.97	1.10	1.03	0.68	0.79
Gd	6.27	5.65	5.67	4.84	4.79	4.77	5.96	4.31	4.84	4.92
Tb	0.93	0.86	0.93	0.74	0.80	0.76	0.92	0.74	0.72	0.81
Dy	5.56	5.34	5.55	4.89	4.76	4.63	5.59	4.19	4.60	4.79
Ho	1.12	1.08	1.06	0.98	1.00	0.99	1.19	0.91	1.04	1.06
Er	3.19	3.18	3.15	2.93	3.01	3.00	3.46	2.67	3.38	3.43
Tm	0.47	0.47	0.47	0.44	0.46	0.47	0.53	0.42	0.49	0.53
Yb	3.07	3.13	3.12	2.99	3.10	3.17	3.41	2.90	3.64	3.78
Lu	0.47	0.47	0.49	0.47	0.48	0.51	0.53	0.45	0.48	0.56
Toplam NTE	154.47	149.80	155.31	147.58	158.42	167.50	183.45	133.16	182.56	191.57
(Eu/Eu*) _n	0.80	0.70	0.67	0.62	0.68	0.60	0.57	0.73	0.45	0.51
(La/Lu) _n	4.84	4.61	4.56	4.97	5.14	5.09	5.60	4.29	7.66	6.90
(La/Sm) _n	2.45	2.36	2.40	2.83	3.20	3.16	3.21	2.83	5.08	5.18
(Gd/Lu) _n	1.65	1.48	1.44	1.27	1.25	1.17	1.39	1.18	1.25	1.09
(La/Yb) _n	4.83	4.56	4.66	5.13	5.15	5.31	5.71	4.39	6.59	6.67
(Tb/Yb) _n	11.71	10.65	14.90	10.94	16.18	20.60	17.03	17.12	21.50	25.00
(Dy/Yb) _n	1.21	1.14	1.19	1.09	1.03	0.98	1.10	0.97	0.85	0.85

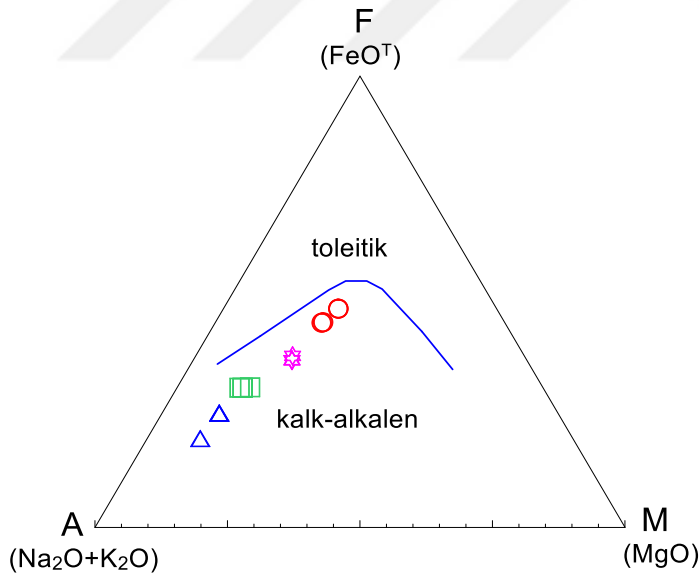
Eu* = (Sm + Gd)_N/2, Gbrdi: Gabroyik diyorit, To: Tonalit, Gd: Granodiyorit, Gr: Granit, NTE: Nadir toprak elementler

Ana element içeriklerine göre SiO₂, Al₂O₃, CaO, K₂O ve Na₂O arasındaki ilişkiler, plütönik kayaların sınıflandırmasında önemli rol oynarlar. İncelenen örnekler için jeokimyasal analiz sonuçları toplam alkaliler (Na₂O + K₂O)'e karşı SiO₂ diyagramına (Middlemost, 1994) aktarılmış olup, bu diyagramda kayalar gabroyik diyorit, tonalit, granodiyorit ve granit bileşimlidirler (Şekil 24). Yine aynı diyagramda incelenen örnekler subalkalen seriye aittir (Şekil 24).



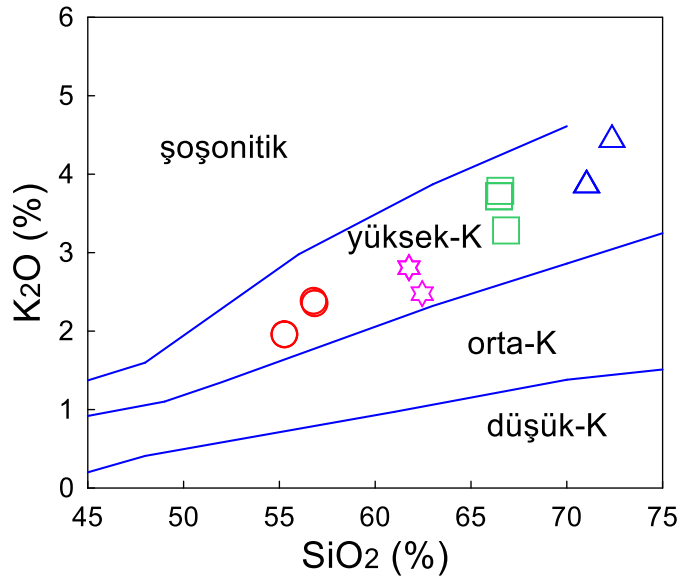
Şekil 24. Kazıkbeli Plütunu'na ait örneklerin SiO_2 'ye karşı $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (TAS) diyagramı (Middlemost, 1994) (alkali-subalkali eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'e göredir)

Subalkali karaktere sahip volkanik kayaların afinitelerini ortaya koymak için Irvine ve Baragar (1971)'in AFM ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, FeO^{T} , MgO) üçgen diyagramı kullanılmıştır. İncelenen örnekler AFM üçgen diyagramında kalk-alkali yönseme gösterirler (Şekil 25).



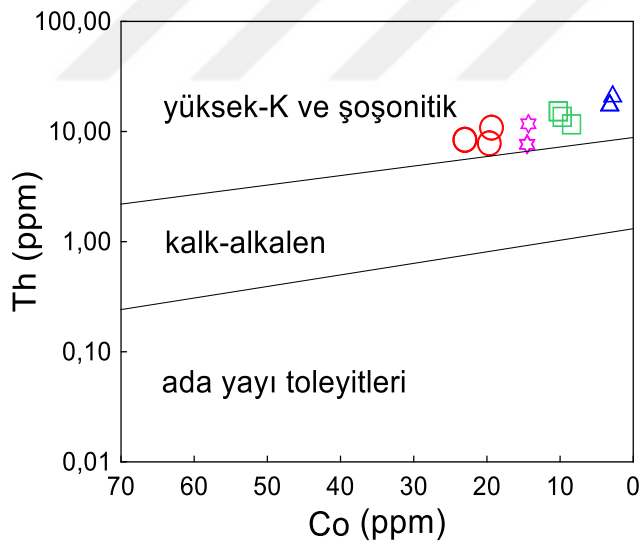
Şekil 25. Kazıkbeli Plütunu'na ait kayaç örneklerinin AFM (Irvine ve Baragar, 1971) diyagramı

Çalışma alanındaki kalk-alkalen özellikteki kayalar K_2O 'ya karşı SiO_2 diyagramında yüksek-K alanında yer alırlar (Şekil 26).



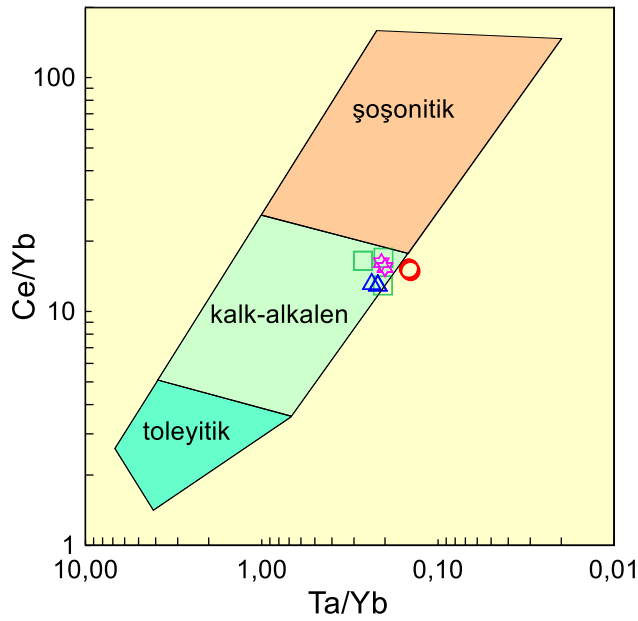
Şekil 26. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaç örneklerinin K₂O (%)'ya karşı SiO₂ (%) diyagramı (Le Maitre vd., 1989).

Çalışma alanındaki Kazıkbeli Plütönu'nu oluşturan kayaçlar Th'a karşı Co diyagramında (Hastie vd., 2007), yüksek potasyumlu ve şöşonitik alanda yer alırlar (Şekil 27).



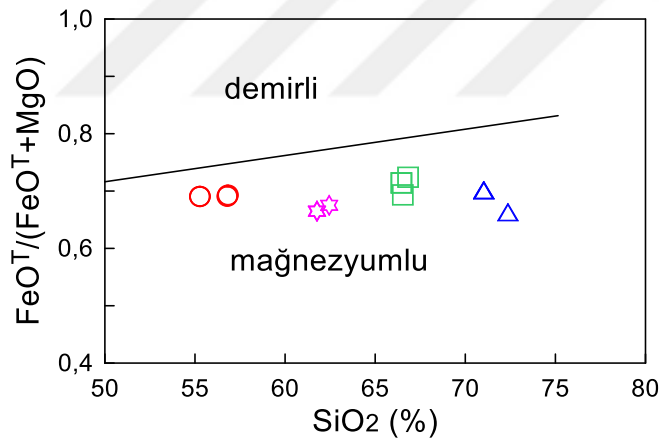
Şekil 27. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaç örneklerinin Th'a karşı Co (Hastie vd., 2007) diyagramı

Ce/Yb'ye karşı Ta/Yb ayırım diyagramında (Perace vd., 1984), kalk-alkalen kısımda yer almaktadır (Şekil 28).



Şekil 28. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaç örneklerinin Ce/Yb'ye karşı Ta/Yb (Pearce vd., 1984) diyagramı

İncelenen kayaçlar $FeO^t/(FeO^t+MgO)$ 'ye karşı SiO_2 (%) diyagramında (Frost vd., 2001) magnezyumlu bölgede toplanmışlardır (Şekil 29).

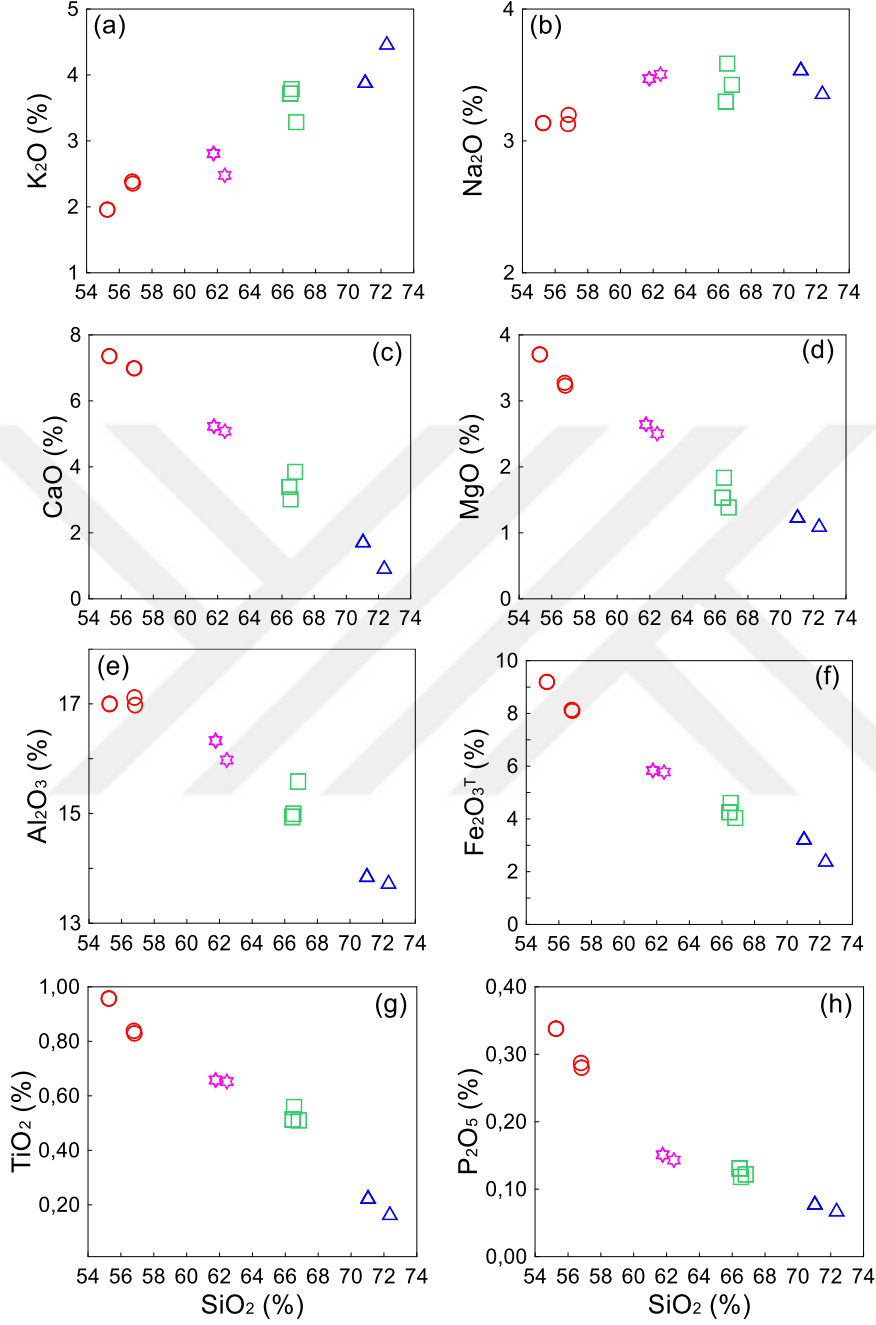


Şekil 29. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaç örneklerinin $FeO^t/(FeO^t+MgO)$ ve SiO_2 (%) diyagramı (Frost vd., 2001)

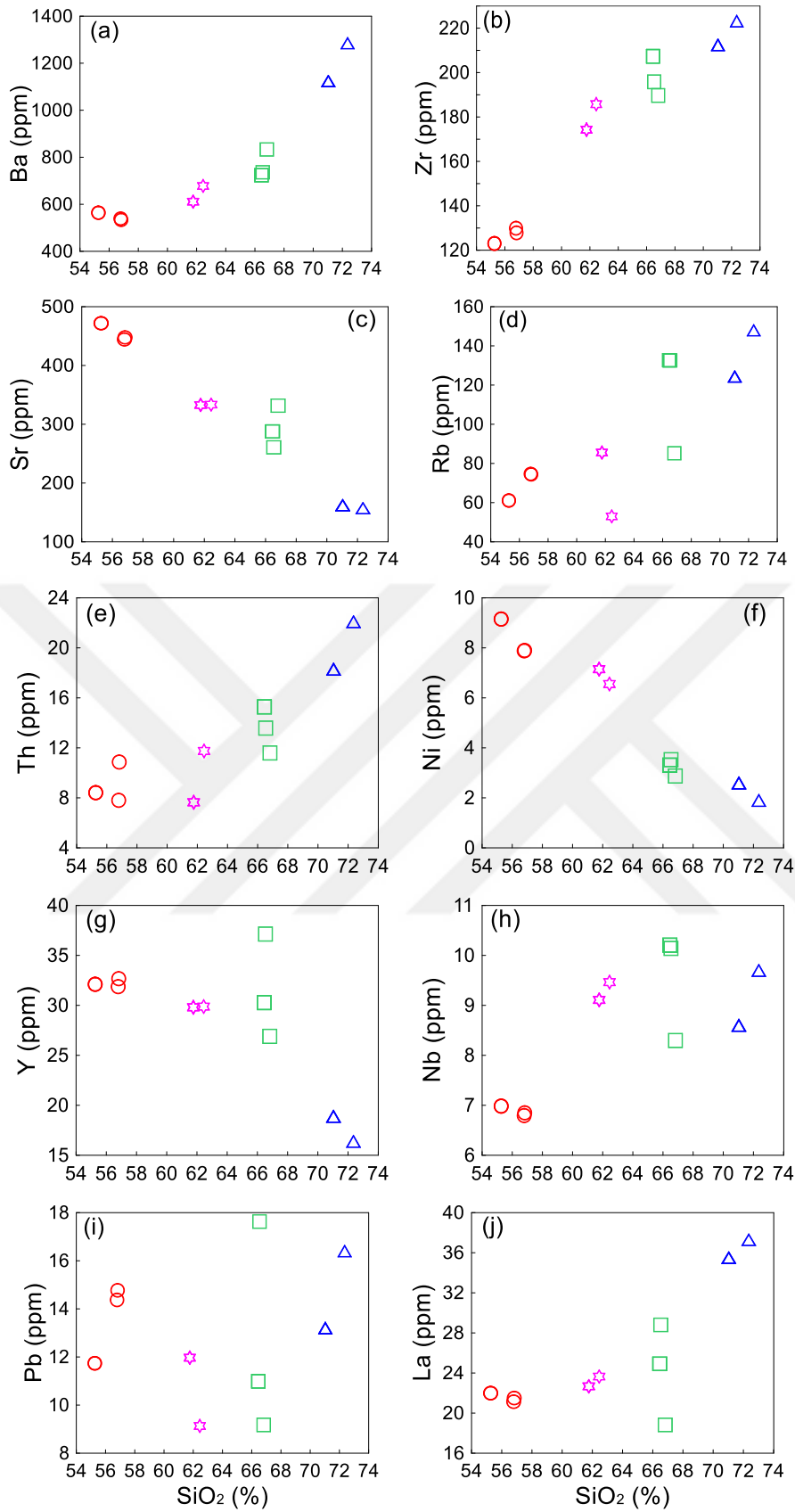
SiO_2 'ye karşı ana ve iz element değişimleri gösteren Harker diyagramları Şekil 30 ve 31'de sunulmuştur. İncelenen kayaçların ana ve iz element değişimleri, kayaçların içerisinde gözlenen mineral fazlarının fraksiyonlaşması ile ilişkilidir.

Şekil 30 ve 31'de görüldüğü gibi, Harker diyagramlarında incelenen örneklerin ana ve iz element değişimleri çoğunluğu SiO_2 ile iyi korelasyon gösterirler. SiO_2 artışına karşın TiO_2 , $Fe_2O_3^T$, P_2O_5 , MgO , CaO , Ni , Sr ve Y negatif bir korelasyon gösterirken; K_2O , Rb , Zr , Th , Nb ve Pb pozitif bir korelasyon gösterir. SiO_2 artışıyla birlikte Al_2O_3 ve Na_2O içerikleri önce pozitif, sonra negatif bir ilişki gösterir (Şekil 30 ve 31). Bunların

dışındaki iz elementlerde ise genelde düzensiz bir dağılım gözlenir. Düzensiz dağılım kısmen alterasyondan kaynaklanabildiği gibi, iz elementlerle birlikte kontaminasyon ya da magma karışımıyla ilişkili olabilir.



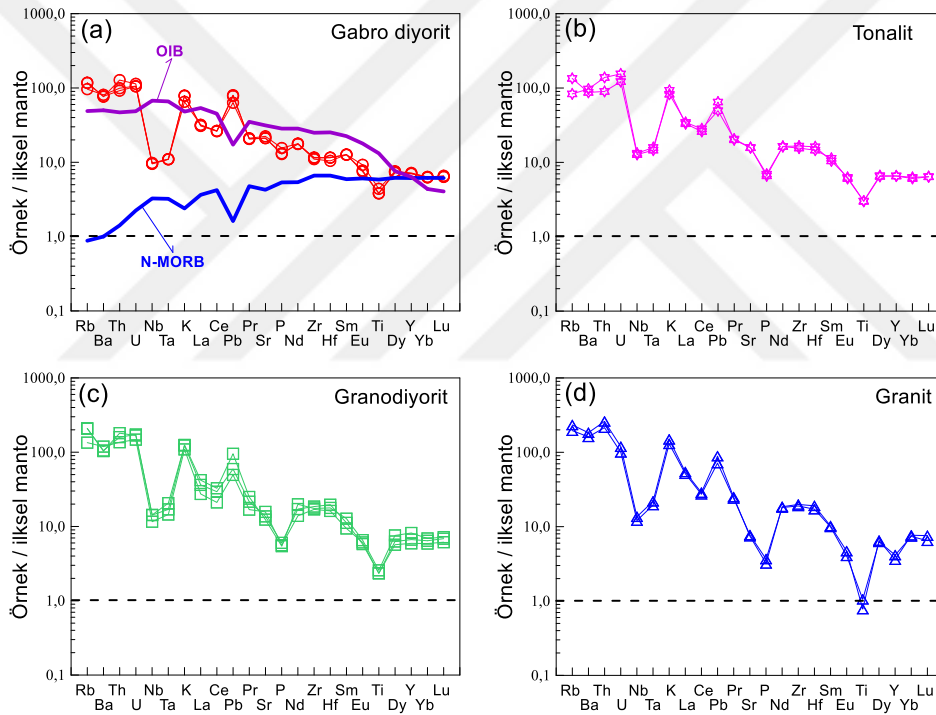
Şekil 30. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaç örneklerinin SiO₂ (%)'ye karşı ana oksit (%) değişim diyagramları



Şekil 31. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaç örneklerinin SiO₂ (%)'ye karşı iz element (ppm) değişim diyagramları

3.4.3. Uyumsuz Elementler

Çalışma alanında Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaçların ilksel mantoya göre (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları Şekil 32'de verilmiştir. Bu diyagramda (Şekil 32) genel olarak zenginleşme görülmekte olup, büyük iyon yarıçaplı elementlerde (BİLE---LİLE), özellikle Rb, Ba, Th'da oldukça fazladır. Nb, Ta ve Ti'de belirgin negatif bir anomali gözlenirken, Pb'da pozitif anomali görülür. Özellikle K, Th, Rb ve Pb gibi elementlerde gözlenen zenginleşme kabuk etkisini gösterir, zira kıtasal kabuk Pb ve Th elementleri bakımından zengindir (Taylor ve McLennan 1985). Nb ve Ta'da gözlenen negatif anomali, kayaçların ana magmanın gelişiminde yitim bileşeninin rolünü gösterir (McCulloch ve Gamble, 1991; Borg vd., 1997).

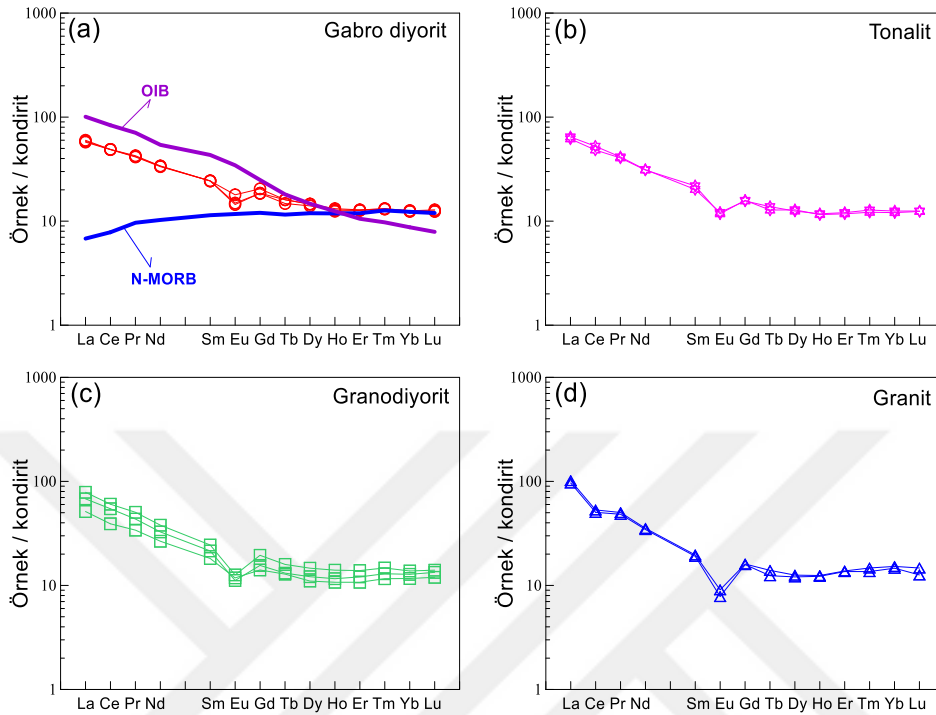


Şekil 32. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaçların primitif mantoya göre (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş iz element dağılımları

3.4.4. Nadir Toprak Elementler

Çalışma alanındaki Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaçların kontrite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılım diyagramları Şekil 33'de verilmiştir. Bu diyagramında tüm örneklerin birbirlerine benzer dağılım göstermeleri, incelenen Kazıkbeli Plütönu'nu oluşturan kayaçların aynı kökenden türemiş olabileceklerini belirttiği gibi, aynı zamanda aynı magmanın farklılaşması (fraksiyonel kristallenme) ürünleri olduklarını da gösterir (Şekil 33). İncelenen kayaçlardaki hafif nadir toprak element zenginleşmesi (HNTE), orta ve ağır nadir toprak element (ANTE)

zenginleşmesine göre daha fazladır. İncelenen örneklerinin $(La/Lu)_N$ değerleri 4.29-7.66 arasında olup, bu değerler gabroyik diyoritlerde 4.56-4.84, tonalitlerde 4.97-5.14, granodiyoritlerde 4.29-5.60 ve granitlerde 6.90-7.66 arasındadır (Tablo 3).

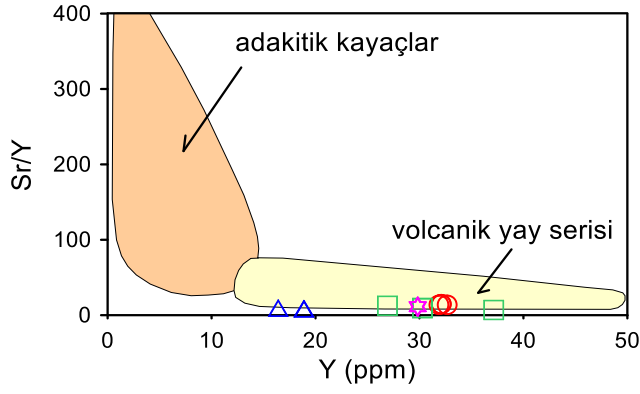


Şekil 33. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaların kondrite göre (Taylor ve McLennan, 1985) normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları

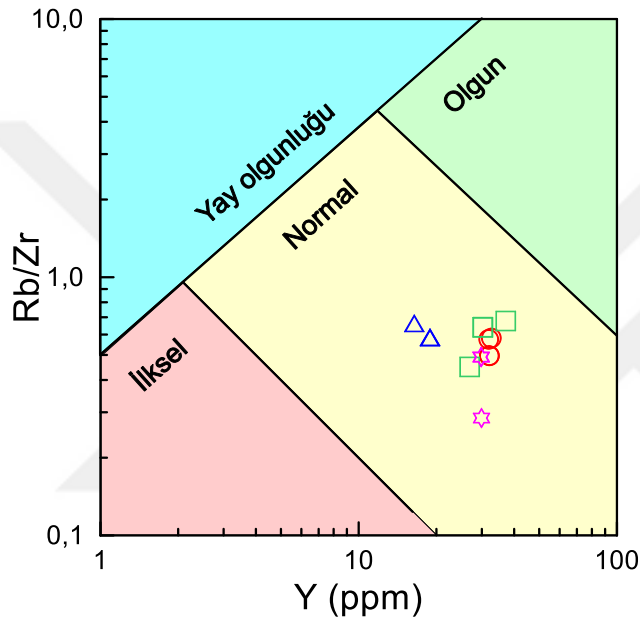
Örneklerde gözlenen negatif Eu anomalileri ($Eu_N/Eu^*=0.45-0.80$) feldspat (plajiyoklas) fraksiyonlaşmasını veya kısmi ergime sırasında feldspatın kaynak kayacıkta tutulmasını gösterir. Şekil 33'de görüldüğü gibi, örneklerde gözlenen desenlerin orta kısımlarının çukur şeklinde olması ve hafif nadir toprak elementlere (HNTE) gidildikçe yukarıya doğru konkav bir desen sunması, piroksen fraksiyonlaşmasının etkisini gösterir. İncelenen örneklerde ağır nadir toprak element (ANTE---HREE) desenlerinin yataya yakın olması, granat mineralinin manto kaynağında olmadığına işaret eder.

3.4.5. Tektonik Yerleşim

Sr/Y'a karşı Y (Drummond ve Defant, 1990) diyagramında incelenen örnekler volkanik yay serisi bölgesinde yer alırlar (Şekil 34). Benzer şekilde Rb/Zr'a karşı Y diyagramında da (Şekil 35) incelenen örnekler normal yay alanında yer alırlar.

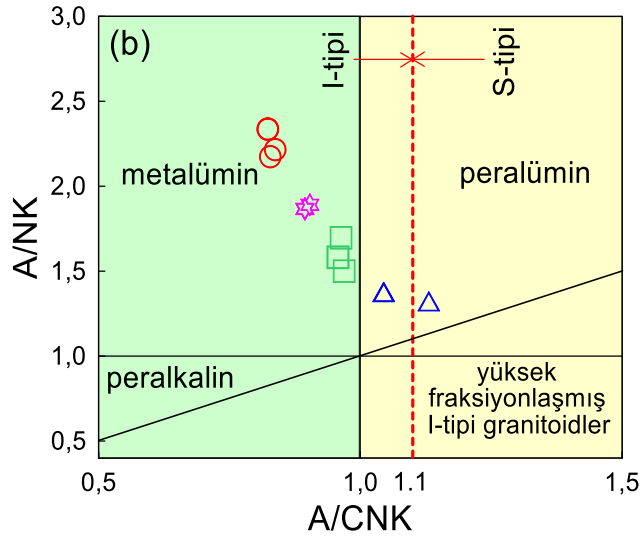


Şekil 34. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaçların Sr/Y'a karşı Y (Defant ve Drummond, 1990) diyagramı

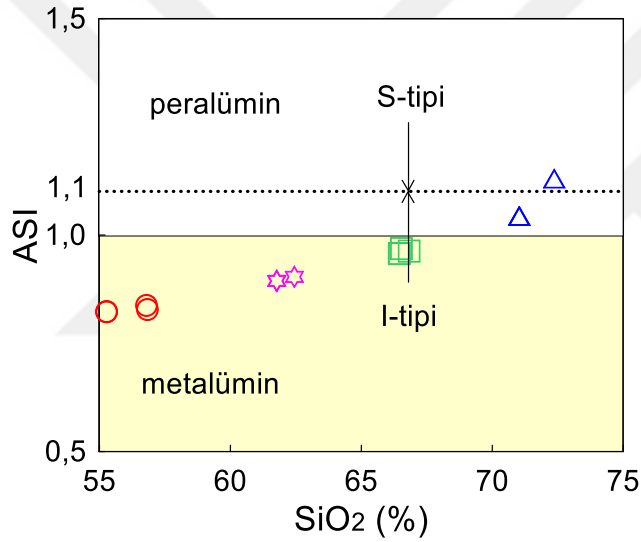


Şekil 35. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaç örneklerinin Rb/Zr-Y ve Rb/Zr-Nb diyagramı

A/NK'ya karşı A/CNK diyagramında (Şekil 36) kayaç örnekleri genelde I-tipi alanda yer alırlar ve genelde metalümin az oranda da peralümin karakter sunarlar. Molar ASI (A/CNK)'ye karşı SiO₂ (Chappel ve White, 1974) diyagramında da örneklerin büyük çoğunluğu I-tipi granitoyid alanında bulunurlar (Şekil 37).

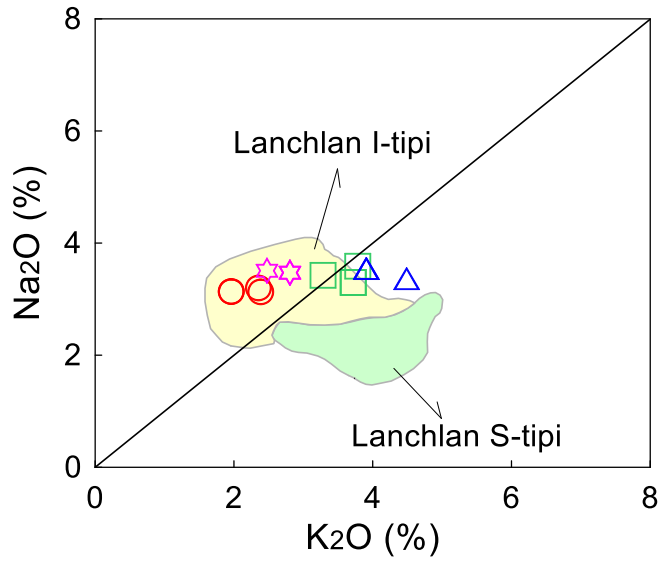


Şekil 36. Kazıkbeli Plütону'na ait kayaç örneklerinin molar A/NK'ya karşı molar A/CNK (Mainar ve Piccoli, 1989) diyagramı



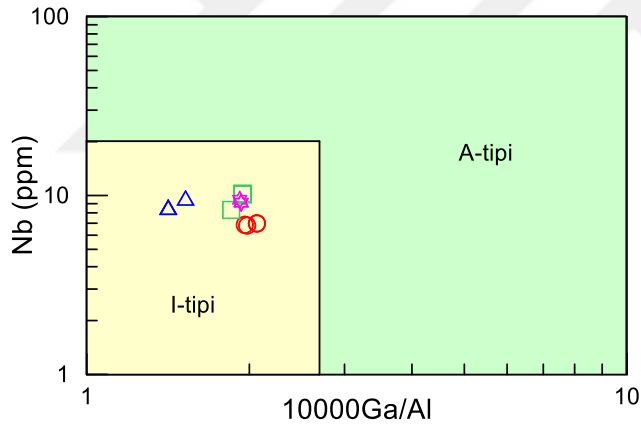
Şekil 37. Kazıkbeli Plütону'na ait kayaçların ASI'ye karşı SiO₂ (%) (Chappel ve White, 1974) diyagramı

Beckinsale (1979)'a göre I-tipi plütонlarda Na₂O içeriği K₂O'ya göre genellikle daha yüksek, S-tipi plütонlarda ise daha düşüktür. İncelenen örnekler Lachlan Kuşağı'nın I-tipi ve S-tipi granitleri (Chappel ve White, 1974) ile kıyaslandığında, örneklerin tümünün I- tipi alana düştükleri görülür (Şekil 38).



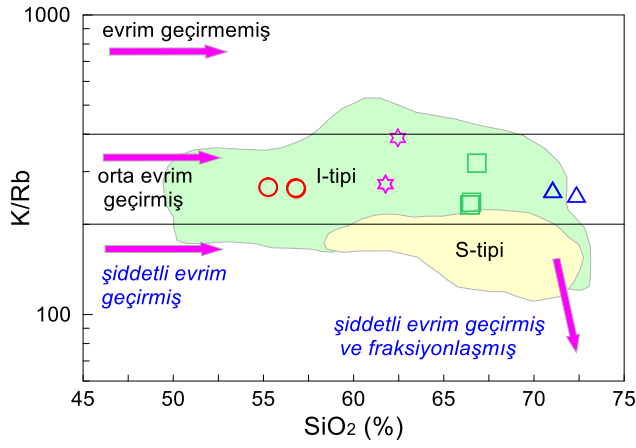
Şekil 38. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaçların Na₂O-K₂O (%) diyagramı (Beckinsale,1979).

Whalen vd. (1987) tarafından geliştirilen Nb'a karşı 10000Ga/Al diyagramında örneklerin tümü I-tipi granit alanında bulunurlar (Şekil 39).



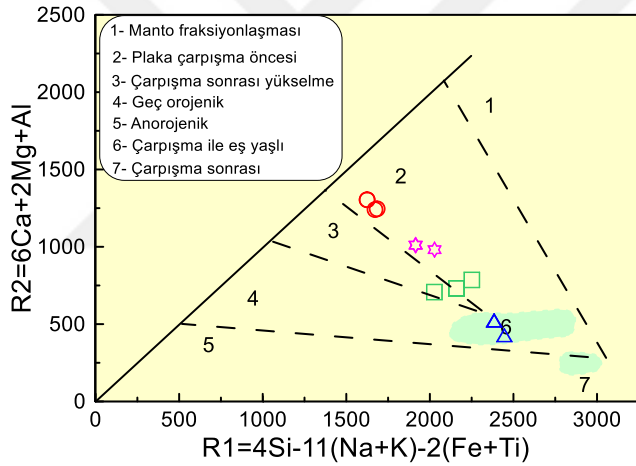
Şekil 39. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaçların Nb'ye karşı 10000Ga/Al (Whalen vd., 1987) diyagramı

Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaçlar SiO₂'ye karşı K/Rb diyagramında orta evrim geçirmiş I-tipi plütönu alanında yer alırlar (Şekil 40).



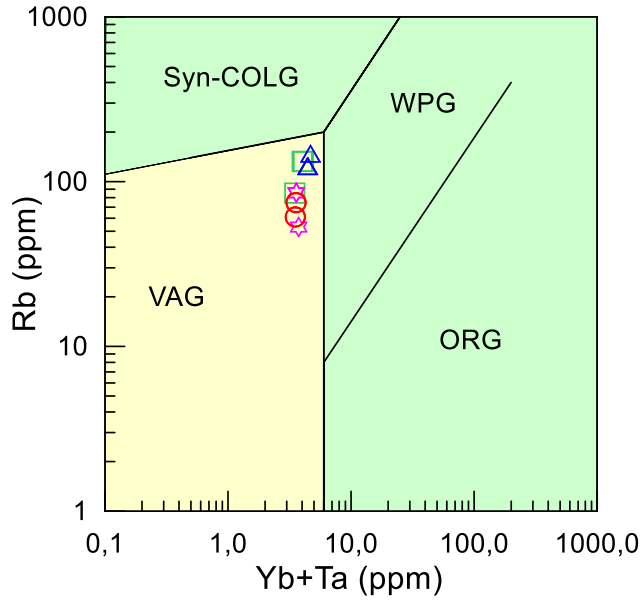
Şekil 40. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaçların SiO₂'ye karşı K/Rb diyagramı

Batchelor ve Bowden (1985)'in R2'ye karşı R1 multikatyon diyagramında, incelenen örneklerin büyük bir bölümü plaka çarpışma öncesini temsil eden 2 nolu alana düşerken, granitler çarpışma ile eşyaşlı alanda (6 nolu alan) yer alırlar (Şekil 41).



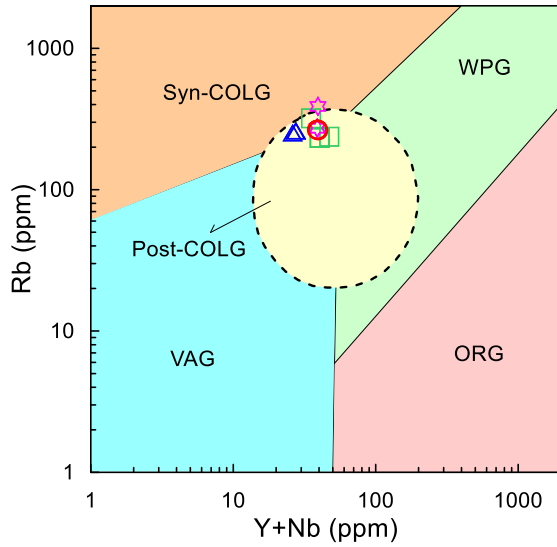
Şekil 41. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaçların R2'ye karşı R1 (Batchelor ve Bowden, 1985) diyagramı ($R1=4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti)$; $R2=6Ca+2Mg+Al$)

Pearce vd. (1984) kayaçların iz element içeriklerinden yararlanarak granitoidleri tektonik yerleşim açısından volkanik yay granitleri (VAG), okyanus sırtı granitleri (ORG), levha içi granitleri (WPG) ve çarpışma granitleri (COLG) olarak dört grup altında toplamışlardır. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaç örnekleri Rb'a karşı (Yb+Ta) diyagramında volkanik yay granitleri (VAG) alanında bulunurlar (Şekil 42).



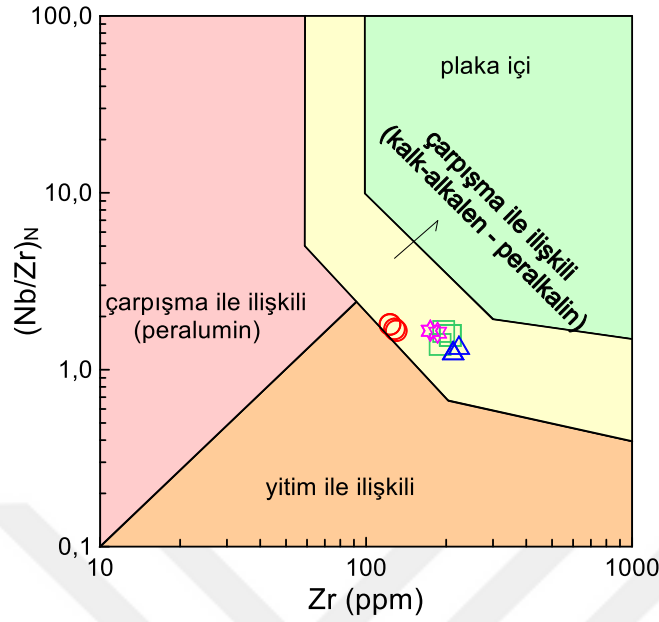
Şekil 42. Kazıkbeli Plütonu'na ait örneklerin Rb'a karşı (Yb+Ta) (Pearce vd., 1984) diyagramı

İncelenen örnekler Rb'a karşı (Y+Nb) (Pearce vd., 1984) diyagramında plaka içi granitoidler (WPG), volkanik yay granitoidler (VAG) ve eş zamanlı çarpışma granitoidler (Syn+COLG) alanlarının üçlü kesişme noktasında yakın bir alanda yer alırlar (Şekil 43). Üçlü kesişme noktasında yer alan örnekler çarpışma sonrası granitleri (Post-COLG) karakterize ederler (Pearce vd., 1984; Pitcher, 1983). Bu diyagramda kümelenmenin bir miktar daha çarpışma granitleri (syn-COLG) bölgesine kaydığı görülmektedir.



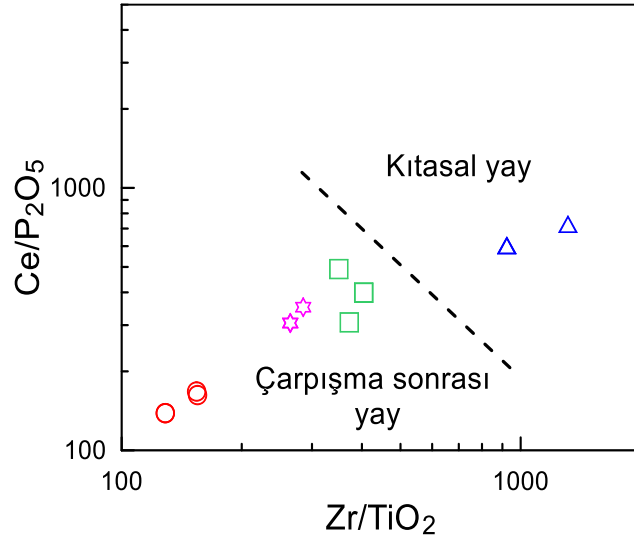
Şekil 43. Kazıkbeli Plütonu'na ait örneklerin Rb'a karşı (Y+Nb) (Pearce vd., 1984) diyagramı

Kazıkbeli Plütönu'na ait örneklerin Zr'a karşı $(Nb/Zr)_N$ diyagramında tüm örnekler çarpışma ile ilişkili alanda yer alırlar (Şekil 44).



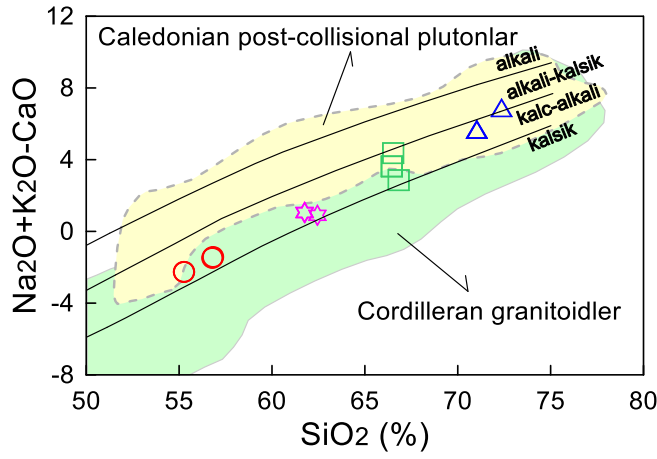
Şekil 44. Kazıkbeli Plütönu'na ait örneklerin Zr'a karşı $(Nb/Zr)_N$ diyagramında dağılımları (Maniar ve Piccolli, 1989)

Zr/TiO₂ karşı Ce/P₂O₅ diyagramında örnekler çarpışma sonrası yay bölgesinde toplanmıştır (Şekil 45).



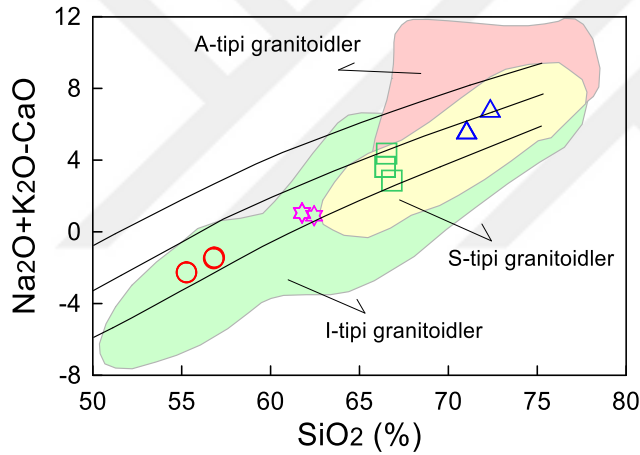
Şekil 45. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaç örneklerinin Zr/TiO₂ karşı Ce/P₂O₅ diyagramı

SiO₂'ye karşı (Na₂O+K₂O-CaO) diyagramında (Frost vd., 2001) incelenen örnekler kalk-alkalen alanında yer almış olup, Caledonian çarpışma sonrası plütönlüğüne benzer özellik gösterirler (Şekil 46).



Şekil 46. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaç örneklerinin ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}$) ve SiO_2 (%) diyagramı (Frost vd., 2001)

SiO_2 'ye karşı ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}$) diyagramında (Frost vd., 2001) örnekler I-tipi granitlere benzer özellik gösterirler (Şekil 47).



Şekil 47. Kazıkbeli Plütönu'na ait kayaç örneklerinin ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}$) ve SiO_2 (%) diyagramı (Frost vd., 2001)

3.5. Jeokronoloji

Magmatik kayaçların jeolojik geçmişlerinin irdelenmesinde radyometrik yaş tayinleri çok önemli rol oynarlar. Günümüzde yaygın olarak kullanılan yaş tayini yöntemlerinden başlıcaları olan K-Ar, Ar-Ar, Rb-Sr, U-Th-Pb ve Sm-Nd yöntemleri; ^{40}K , ^{87}Rb , ^{235}U , ^{232}Th , ^{147}Sm izotoplarının radyoaktif bozunmasına dayanır. Her bir yöntemin kendine göre avantaj ve dezavantajları olup, bu çalışmada en güvenilir sonuçları veren U-Pb zirkon yaşlandırma yöntemi kullanılmıştır.

U-Th-Pb yöntemleri, daha çok bu elementleri içeren ve magmatik kayalarda sık rastlanan mineraller için kullanılır. En sık kullanılan zirkon minerali gabrolardan granitlere kadar çok farklı kaya türlerinde aksesuar mineral olarak yer alır. Zirkon,

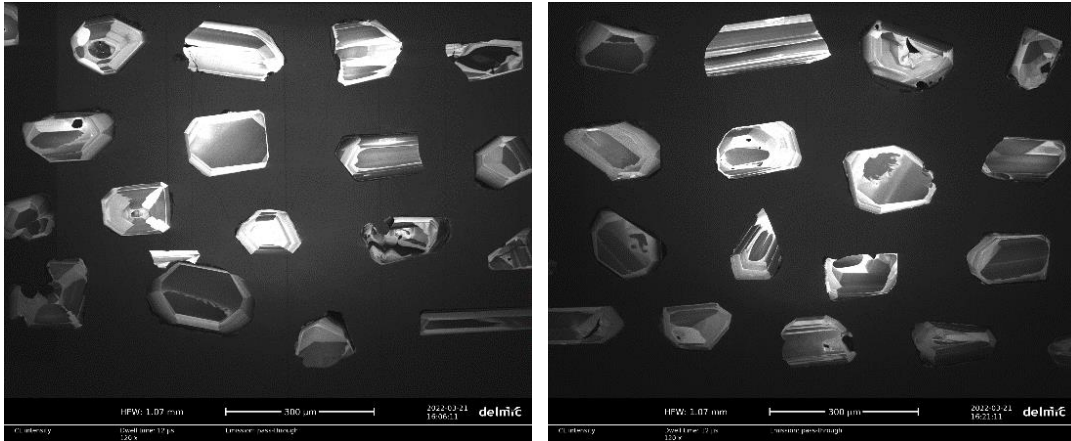
yüksek U ve ortaç Th içeriği (U= 10-4000 ppm; Th= 3-1000 ppm) ile U-Pb, Pb-Pb ve Th-Pb yöntemlerinden herhangi biriyle ölçülebilir. Zirkon mineralinin çok daha stabil olması ve jeolojik olaylara karşı direçli olması (U-Pb sisteminin kapalı kalabilmesi) nedeniyle, magmatizma olaylarının yaşlandırılmasında zirkon mineralinden yapılan yaş tayinleri en güvenilir yöntemlerin başında gelir.

Zirkon veya diğer minerallerin izotop oranları "konkordiya diyagramı" olarak bilinen grafiklerde değerlendirilir. X ve Y eksenlerinde sırasıyla $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ izotopik oranlarının yer aldığı bu diyagramda, konkordiya eğrisi $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ yaşlarının eşit olduğu bir eğriyi tanımlar. Bu eğri üzerine düşen $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ve $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ yaşları aynı olduğuna göre, bu yaşları veren zirkon kristali veya topluluğu, sistemin oluştuğundan ölçüldüğü zamana kadar hep kapalı kalmıştır. Dolayısı ile bir örnekten sağlanan zirkonların $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ve $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ değerleri diskordiya üzerinde aynı noktaya düşmüşse bu zirkonların aynı magmatik olaya bağlı (cojenetik ve comagmatik) olarak kristallendikleri, dolayısı ile bulunan yaşın magmatik kayanın kristallenme yaşını verdiği kabul edilir.

3.5.1. LA-ICP-MS U-Pb Zirkon Jeokronolojisi

İncelenen Eosen yaşlı Kazıkbeli Plütönu'nun yaşını tam olarak ortaya koyabilmek için plütönu kenar ve merkezindeki kayaçlardan olmak üzere 2 adet kayaç örneğinde (S13 ve S19) LA-ICP-MS U-Pb zirkon yaşlandırması yapılmıştır. İncelenen kayaçlara ait LA-ICP-MS U-Pb zirkon analizleri Ek 6'da, CL görüntüleri ve konkordiya diyagramları ise Şekil 48, 49, 50 ve 51'de verilmiştir.

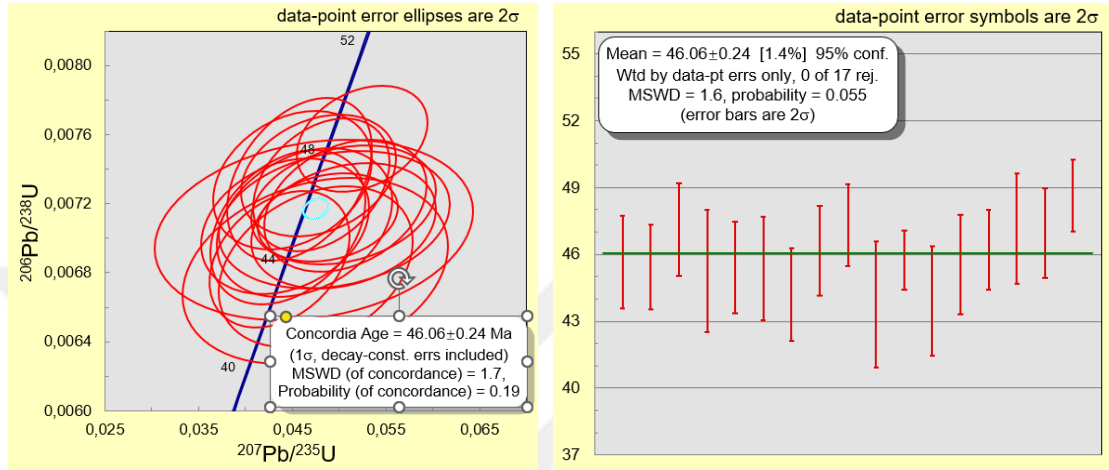
Gabroyik diyoritlere ait zirkonlar renksiz olup, öz şekilli kısa tıknaz-uzun prizmatik kristaller halindedir (Şekil 48).



Şekil 48. Kazıkbeli Plütönu'na ait gabroyik diyorit örneğindeki (S13) zirkon kristallerine ait CL görüntüsü

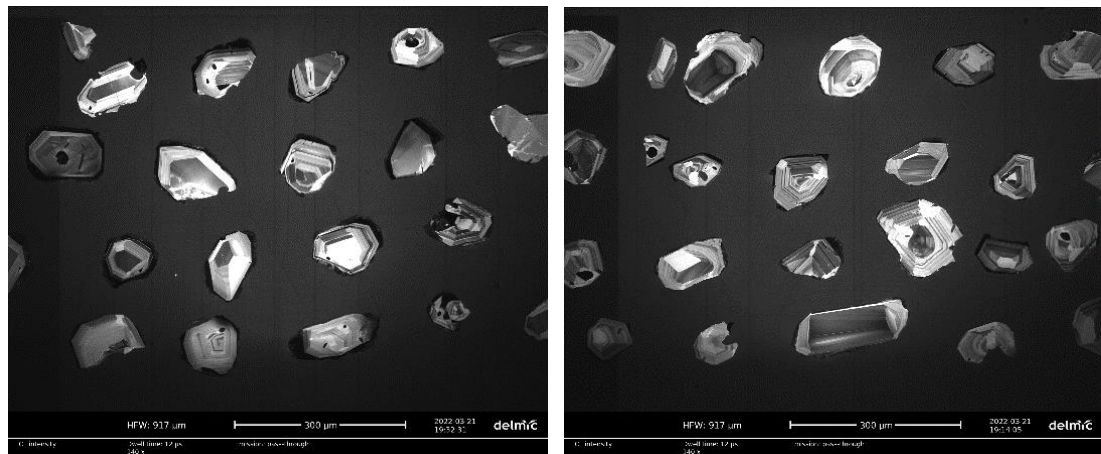
Zirkon tanelerinin boyutları 100-180 µm arasında olup, uzunluk/genişlik oranı 1-3 arasında değişmektedir. Minerallerin hemen hemen tümünde osilasyonlu zonlanma gözlenmekte olup, bu zonlanma magmatik zirkonlara özgüdür (Pupin, 1980; Wu ve Zhenk, 2004).

Gabroyik diyoritlere ait zirkon minerallerinden yapılan LA-ICP-MS U-Pb zirkon yaşlandırmasına göre, kayacın yaşı 46.06 ± 0.24 My olarak bulunmuştur (Şekil 49).



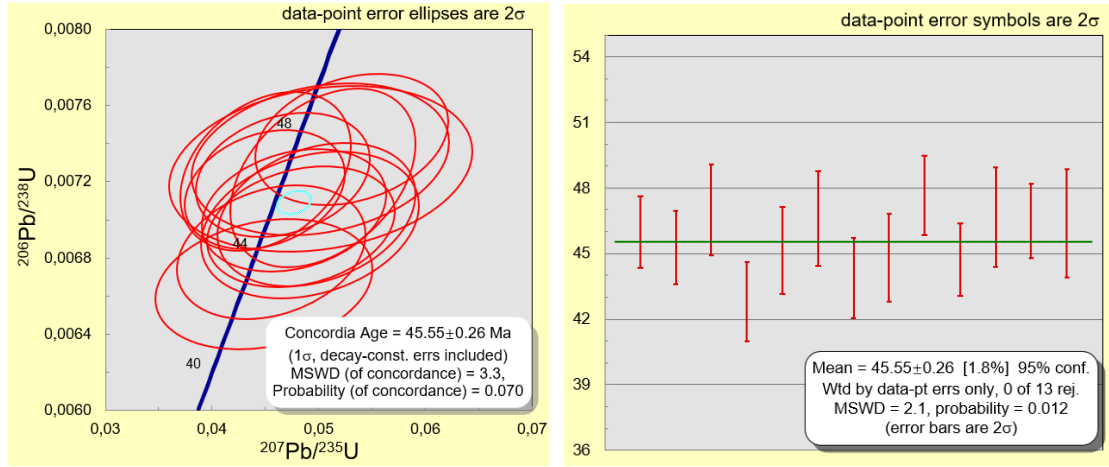
Şekil 49. Kazıkbeli Plütönu'na ait gabroyik diyorit (S13) örneğindeki zirkon kristallerine ait ölçülen U-Pb izotopik oranlarına göre konkordiya diyagramı

Granodiyoritlere ait zirkonlar renksiz olup, öz şekilli kısa tıknaz-uzun prizmatik kristaller halinde bulunurlar (Şekil 50). Zirkon tanelerinin boyutları 70-200 µm arasında olup, uzunluk/genişlik oranı 1-2 arasında değişmektedir. Minerallerin hemen hemen tümünde magmatik zirkonlara özgü osilasyonlu zonlanma gözlenmektedir (Şekil 50).



Şekil 50. Kazıkbeli Plütönu'na ait granodiyorit örneğindeki (S19) zirkon kristallerine ait CL görüntüsü

Granodiyoritlere ait zirkon minerallerinden yapılan LA-ICP-MS U-Pb zirkon yaşlandırmasına göre, kayacın yaşı 45.55 ± 0.26 My olarak bulunmuştur (Şekil 51).



Şekil 51. Kazıkbeli Plütonu'na ait granodiyorit (S19) örneğindeki zirkon kristallerine ait ölçülen U-Pb izotopik oranlarına göre konkordiya diyagramı

3.6. İzotop Jeokimyası

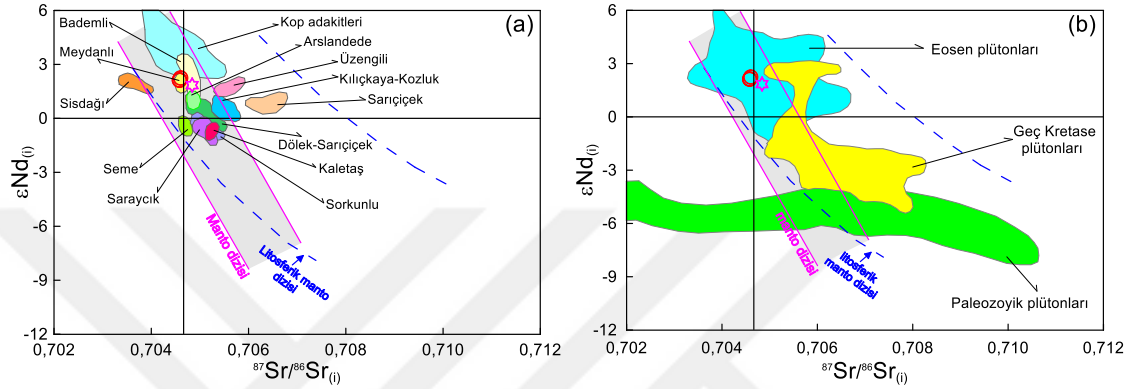
Magmatik petroloji çalışmalarında magma kaynağının özelliklerini saptamak için radyojenik izotoplar çok sık kullanılmakta olup, magmanın izotop oranı, magmanın oluştuğu kaynak bölgenin özelliklerini yansıtır. İzotopik oranlar, sonraki farklılaşma olayları sırasında değişmeden kalabilir, bu nedenle her kaynağın kendi izotopik bileşimi vardır ve bu da farklı kaynakların saptanmasına olanak tanır. Ayrıca, izotopik bileşimler farklı kaynaklar arasındaki karışım ya da kirlenme gibi süreçleri belirlemede önemli rol oynamaktadır (Faure, 2001; Faure ve Mensing, 2005). İncelenen kayalara ait izotopik özellikler aşağıda verilmiştir:

3.6.1. Sr ve Nd İzotop Jeokimyası

İncelenen Kazıkbeli Plütonu'nu oluşturan kayalara ait 3 adet örneğin Sr ve Nd izotop analizleri yaptırılmıştır (Ek 7). Örneklerin ilksel $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranları ve $\epsilon\text{Nd}_{(i)}$ değerleri LA-ICP-MS U-Pb zirkon yaşları baz alınarak hesaplanmış olup, bu değer incelenen kayalar için 46 My'dır.

İncelenen kayaların ilksel $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop oranları 0.704820-0.705692, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$ oranları 0.512670-0.512694, $\epsilon\text{Nd}_{(i)}$ değerleri 1.85 ile 2.24 ve Nd model yaşları (T_{DM}) 0.75 ile 0.84 arasında değişmektedir (Ek 7, Şekil 52). İncelenen kayalardaki Sr ve Nd izotop oranları dikkate alındığında, genel olarak dar bir aralıkta değiştikleri görülür (Şekil 52). Bu izotop oranları, Şekil 52'de de görüldüğü gibi litosferik manto aralığı içinde yer alır.

Doğu Pontidler'deki Eosen yaşlı plütonlar ile karşılaştırıldıklarında, incelenen Kazıkbeli Plütonuna ait kayaçlar Kop adakitlerine nazaran daha düşük ilksel ϵNd değerlerine sahipken, Kaletaş, Seme, Saraycık, Sorkunlu, Kılıçkaya-Kozluk ve Üzengili plütonlarından daha yüksek ϵNd ve daha düşük ilksel $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranlarına sahiptirler (Şekil 52a). Şekil 52b'de görüldüğü gibi incelenen plütonik kayaçlara ait izotop değerleri, Doğu Pontidlerdeki Paleozoyik ve Geç Kretase yaşlı plütonlara göre farklılık sunmaktadırlar.



Şekil 52. (a) İncelenen kayaçlara ait örneklerin ilksel $^{87}Sr/^{86}Sr$ 'a karşı $\epsilon Nd(i)$ değerlerinin izotop diyagramındaki konumları ve Doğu Pontidler'deki diğer Eosen yaşlı plütonlar ile karşılaştırılması, (b) Doğu Pontidler'deki Paleozoyik, Geç Kretase ve Eosen yaşlı plütonların izotop değerleri. Diyagram içi referans değerleri: Litosferik manto aralığı Davies ve Von Blanckenburg, 1995'e, manto aralığı ise Hart (1984,1988) ve Hawkesworth vd. (1984)'e göredir. Doğu Pontidler'deki bileşimsel alanlar: Kop Dağı adakitleri (Eyüboğlu vd., 2011b, 2013b), Kılıçkaya-Kozluk Plütonları (Kaygusuz ve Öztürk, 2015), Dölek ve Sarıçiçek Plütonları (Karşlı vd., 2007), Saraycık Plütonu (Topuz vd., 2005), Seme Plütonu (Eyüboğlu vd., 2011a) ve Sis Dağı Plütonu (Karşlı vd., 2012b)

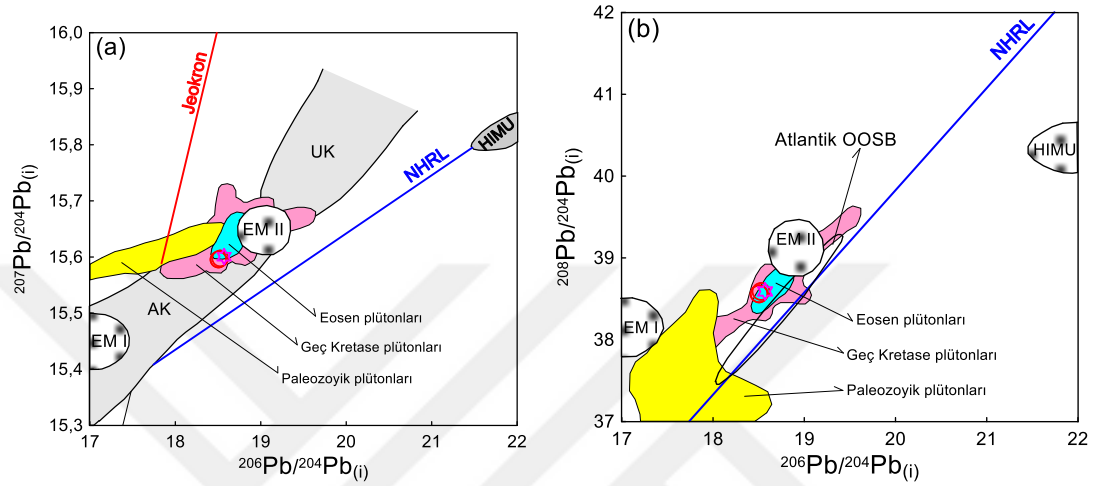
3.6.2. Pb İzotop Jeokimyası

İncelenen Eosen yaşlı Kazıkbeli Plütonu'na ait 3 adet örneğin Pb izotop analizleri yaptırılmış ve Ek 8'de verilmiştir. Örneklerin ilksel $^{206}Pb/^{204}Pb$, $^{207}Pb/^{204}Pb$ ve $^{208}Pb/^{204}Pb$ izotop oranları LA-ICP-MS U-Pb zirkon yaşları baz alınarak hesaplanmış olup, bu değerler önceki bölümde verilen yaşlar ile aynıdır.

İnceleme alanındaki Eosen yaşlı Kazıkbeli Plütonu'nun $(^{206}Pb/^{204}Pb)_{(i)}$ oranları 18.50-18.57, $(^{207}Pb/^{204}Pb)_{(i)}$ oranı 15.60 ve $(^{208}Pb/^{204}Pb)_{(i)}$ oranları 38.56-38.59 arasındadır (Ek 8). Örneklerin $^{207}Pb/^{204}Pb_{(i)}$ 'ye karşı $^{206}Pb/^{204}Pb_{(i)}$ ve $^{208}Pb/^{204}Pb_{(i)}$ 'ye karşı $^{206}Pb/^{204}Pb_{(i)}$ diyagramlarındaki konumlarına bakıldığında, bir örnek hariç tüm örneklerin Jeokron'un sağ tarafında ve Kuzey Yarımküre Referans Çizgisinin üzerinde (NHRL) (Hart, 1984) yer aldığı görülür (Şekil 53). $^{207}Pb/^{204}Pb_{(i)}$ 'a karşı $^{206}Pb/^{204}Pb_{(i)}$ diyagramında (Şekil 53), tüm örnekler Alt Kıtasal Kabuk ve EM II alanı içinde yer alırlar.

$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$ 'a karşı $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$ diyagramında (Şekil 53), örnekler EM II ve Atlantik MORB'u alanında; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$ 'a karşı $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$ diyagramında ise EM II ile HIMU arasında yer alırlar.

İncelenen kayalara ait Pb değerleri Doğu Pontidlerdeki Paleozoyik yaşlı plütonlardan farklı olup, Eosen ve Geç Kretase yaşlı plütonlara benzerlik gösterirler (Şekil 53 a ve b).



Şekil 53. Eosen Plütonları'nın $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ karşı $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramı ve Doğu Pontidlerde'ki diğer Eosen yaşlı plütonlar ile karşılaştırılması. NHRL, Hart (1984)'e; Üst Kabuk (ÜK) alanı, Mason vd. (1996)'ne, Alt Kabuk (AK) alanı, Kempton vd. (1997)'ne göre

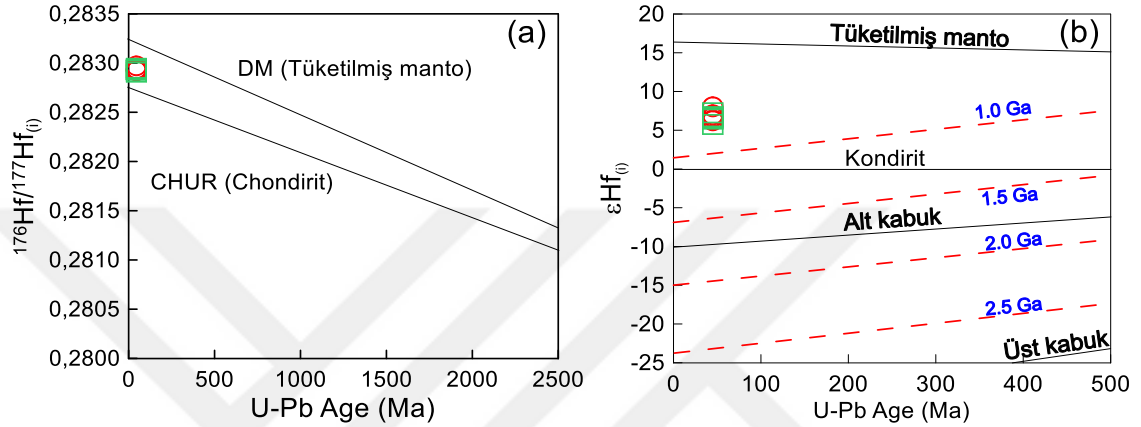
3.6.3. İn-situ Zirkon Hf İzotop Bileşimleri

U-Th-Pb izotopları (U-Pb zirkon yaş analizleri) için analiz edilen S13 (gabroyik diyorit) ve S19 (granodiyorit) örneklerinin aynı zirkon kristallerinden (aynı noktalardan veya aynı katolüminesans alanları içindeki yeni noktalardan) yerinde (in-situ) Lu-Hf izotop analizleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen analitik veriler ile yapılan hesaplamalar Ek 9'de sunulmuştur. Örneklerin $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_{(i)}$, $\epsilon\text{Hf}_{(i)}$ ve model yaş ($T_{\text{DM}2}$) değerleri $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ yaşları temel alınarak hesaplanmış ve Şekil 54'de verilmiştir.

İncelenen kayalara ait zirkon kristallerinden itibaren hesaplanan $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_{(i)}$ değerleri 0.282907 ile 0.282971 arasında değişmekte olup, bu değerler tüketilmiş manto (DM: depleted mantle) değerlerinden daha düşük, ancak kondrit (CHUR) bileşimlerine göre daha yüksek değerlere karşılık gelmektedir (Şekil 55). Gabroyik diyoritler granodiyoritlere nazaran daha yüksek $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_{(i)}$ değerlerine sahiptirler (Ek 9).

İncelenen örnekler pozitif $\epsilon\text{Hf}_{(i)}$ değerlerine sahip olup, bu değerler (5.75) ile (8.03) arasında değişmektedir. $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ yaşları esas alınarak hesaplanan iki-aşamalı (two-stage) Hf model yaşları ($T_{\text{DM}2}$) 607 - 753 My aralığındadır (Şekil 54). Elde edilen pozitif

değerler ($CHUR > 0$) ve model yaşlar ($T_{DM2} < 1.0$ Ga), Kazıkbeli Plütönünü oluşturan kayaçların litosferik mantodan itibaren türediğini işaret etmektedir. Bununla birlikte, incelenen kayaçlardaki Lu-Hf fugasite ($f_{Lu/Hf}$) değerleri (-0.94) ile (-0.98) arasında değişmekte olup, mafik kabuk (-0.34; Amelin vd., 2000) ve sialik kabuk (-0.72; Vervoort vd., 1996) değerlerinden daha düşük değerler vermektedir. Bu nedenle, hesaplanan model yaşlar, Kazıkbeli Plütönünü oluşturan ana magmanın, tüketilmiş mantodan ayrıldığı zamanı daha iyi yansıtabilmektedir.



Şekil 54. İncelenen plütondan alınan numuneler için (a) $\text{Hf}_{(i)}$ değerlerinin U-Pb yaşlarına karşı korelasyon diyagramı, (b) $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_{(i)}$ değerlerinin U-Pb yaşlarına karşı korelasyon diyagramı

3.7. Termobarometre Hesaplamaları

3.7.1. Jeotermometre Hesaplamaları

3.7.1.1. Amfibol-Plajiyoklas Termometresi

Magmaların kristallenme sıcaklıklarının tahmini için Blundy ve Holland (1990)'ın önerdiği amfibol-plajiyoklas termometresi sıklıkla kullanılmaktadır. Önerilen bu termometre için sıcaklık değerleri $T=0.667P-48.98+Y/-0.0429-0.008314 \text{ Ln}K$ formülü ile hesaplanmıştır. Formülde basınç (P) değerleri, denge kristalizasyonunda dokanak halinde birlikte geliştiği varsayılan amfibollerden hesaplanmıştır. Formül hesaplamalarında $X_{ab} > 0.5$ için Y değeri sıfır (0) alınmıştır. Eğer X_{ab} değeri < 0.5 ise formülde $Y=-8.06+25.5 (1- X_{ab})^2$ şeklinde hesaplanmıştır. Formülde K değeri $(\text{Si}-4/8-\text{Si})X_{ab}$ olarak hesaplanmıştır. Önerilen bu termometrenin kullanılabilmesi için amfibol-plajiyoklas denge kristallenmesine kuvars, K-feldispat, biyotit, piroksen, Fe-Ti oksit \pm sfen mineralleri eşlik etmelidir. Termometredeki tepkimelerin ise edenit + 4kuvars = tremolit + albit' ve pargasit + 4kuvars = amfibol + albit' şeklinde olması gerekir. Ayrıca, plajiyoklasların An_{92} 'den daha az kalsik olması ve dokanak haldeki amfibolün katyonik

Si içeriğinin 7.8'den daha küçük olması gerekir. Bu tür termometreler 500 ile 1100 °C arasındaki sıcaklıklara duyarlıdır.

Bludy ve Holland (1990) tarafından önerilen formüller kullanılarak incelenen kayalarda hesaplanan sıcaklık değerleri 742-824°C arasında olup (Tablo 4), bu değerler gabroyik diyoritlerde 742-744°C, granodiyoritlerde ise 757-824°C arasında değişmektedir (Tablo 4).

Tablo 4. İncelenen kayalarda amfibol-plajiyoklas parametrelerine göre hesaplanan sıcaklık ve basınç değerleri

	P (kbar) ¹	P (kbar) ²	P (kbar) ³	T (°C) ⁴
Gabroyik diyorit				
S13-1	-	-	0.68	744
S13-2	-	-	0.74	743
S13-3	0.15	-	0.84	742
S13-4	0.07	-	0.77	744
Granodiyorit				
S19-1	1.11	0.89	1.75	817
S19-2	1.44	1.25	2.06	824
S19-3	0.48	0.18	1.16	769
S19-4	0.92	0.67	1.57	757
S19-5	0.42	0.11	1.10	775
S19-6	0.33	-	1.01	760

¹ Hammarstrom ve Zen (1986). ² Hollister vd. (1987). ³ Schmidt (1992). ⁴ Bludy ve Holland (1990)

3.7.1.2. Amfibol Termometresi

İncelenen plütonik kayalardaki amfiboller kullanılarak, Ridolfi vd. (2010) ve Ridolfi ve Renzulli (2012)'nin önerdikleri formüller yardımıyla termometre hesaplamaları yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 5 ve 6'da verilmiştir.

Ridolfi vd. (2010) göre hesaplanan sıcaklık değerleri incelenen kayalarda 738-797°C arasında değişirken, bu değerler gabroyik diyoritler için 740-751°C, granodiyoritler için ise 738-797°C arasında değişmektedir (Tablo 5).

Tablo 5. Amfibollerden elde edilen basınç, sıcaklık, hidrometre ve oksijen fugasitesi değerleri

	T (°C)	P (kbar)	DNNO	fO ₂	H ₂ O
Gabroyik diyorit					
S13-1	748	0.6	1.9	-13.1	4.1
S13-2	740	0.6	1.9	-13.4	4.2
S13-3	751	0.6	1.8	-13.1	3.9
S13-4	743	0.6	2.0	-13.2	4.3
Granodiyorit					
S19-1	786	0.8	1.3	-12.9	4.0
S19-2	797	0.9	1.5	-12.5	4.1
S19-3	738	0.7	1.5	-13.8	4.5
S19-4	754	0.8	1.4	-13.5	4.5
S19-5	766	0.7	1.7	-12.9	3.7
S19-6	752	0.6	1.7	-13.2	4.2
Hesaplamalar Ridolfi vd. (2010) tarafından önerilen formüle göre yapılmıştır					

Ridolfi ve Renzulli (2012)'nin eşitlikleri kullanılarak hesaplanan amfibol sıcaklıkları 712-804°C arasında olup, bu değerler gabroyik diyoritler için 744-748°C, granodiyoritler için 712-804°C arasında değişmektedir (Tablo 6).

Tablo 6. Amfibollerden elde edilen basınç, sıcaklık, hidrometre ve oksijen fugasitesi değerleri

	T (°C)	P (kbar)	DNNO	H ₂ O
Gabroyik diyorit				
S13-1	745	0.7	0.6	4.6
S13-2	746	0.7	0.4	4.6
S13-3	744	0.7	0.5	4.6
S13-4	748	0.7	0.4	4.6
Granodiyorit				
S19-1	786	0.9	0.7	4.4
S19-2	804	1.0	1.0	4.5
S19-3	712	0.7	-0.2	5.2
S19-4	724	0.8	0.1	5.7
S19-5	749	0.7	0.8	4.7
S19-6	762	0.8	0.7	4.5
Hesaplamalar Ridolfi ve Renzulli (2012) tarafından önerilen formüle göre yapılmıştır				

3.7.1.3. Biotit Termometresi

İncelenen plütonik kayalardaki biyotitlerin mineral kimyası analiz sonuçları kullanılarak, Luhr vd. (1984) tarafından önerilen formüller yardımıyla termometre hesaplamaları yapılmıştır (Tablo 7).

Luhr vd. (1984)'e göre hesaplanan kristallenme sıcaklıkları 721-783°C arasında olup, gabroyik diyoritler için 768-783°C, granodiyoritler için 721-766°C arasında değişmektedir (Tablo 7).

Tablo 7. Biyotitlerden hesaplanan sıcaklık, basınç ve oksijen fugasitesi değerleri

	P (kbar) ¹	T (°C) ²	fO ₂ ²
Gabroyik diyorit			
S13-1	0.08	768	-14.72
S13-2	0.16	768	-14.72
S13-3	0.18	783	-14.31
Granodiyorit			
S19-1	0.61	721	-16.14
S19-2	0.51	723	-16.05
S19-3	0.13	737	-15.64
S19-4	0.35	722	-16.10
S19-5	0.30	748	-15.31
S19-6	0.24	766	-14.78
S19-7	0.33	754	-15.13

¹ Luhr vd. (1984), ² Uchida vd. (2007)

3.7.1.4. Zirkon ve Apatit Termometresi

Zirkon ve apatit doygunluk sıcaklıklarının (Hanchar ve Watson, 2003; Watson ve Harrison, 1983; Miller vd., 2003) hesaplanmasında, tüm-kayaç jeokimyası analiz sonuçları (bazı ana ve iz element) kullanılmıştır. Bulunan sıcaklık değerleri, sokulum yapmış magmanın minimum veya maksimum sıcaklığına ve ergiyiğin bu bileşenlerle doymuş veya doymamış olmasına bağlı olarak değişim gösterir.

İncelenen örneklere ait hesaplanan sıcaklık değerleri Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. İncelenen plütonik kayalara ait hesaplanan sıcaklık değerleri

	Zirkon T (°C)	Apatit T(°C)
Gabroyik diyorit		
S14	706	869
S13	716	869
S13 (re)	713	866
Tonalit		
S47	759	856
S20	768	859
Granodiyorit		
S19	794	895
S10	789	885
S16	786	891
Granit		
D36	813	892
B65	828	893

İncelenen Plütonik kayalar içindeki zirkonlardan yapılan hesaplamalarda sıcaklık değerleri 706-828°C arasında olup, bu değerler gabroyik diyoritler için 706-713°C, granodiyoritler için 786-794°C, granitler için 813-828°C, tonalitler için 759-768°C arasında değişmektedir (Tablo 8).

İncelenen Plütonik kayalar içindeki apatitlerden yapılan hesaplamalarda sıcaklık değerleri 856-895°C arasında değişirken, gabroyik diyoritler için 866-869°C, granodiyoritler için 885-895°C, granitler için 892-893°C, tonalitler için 856-859°C arasında değişmektedir (Tablo 8).

3.7.2. Jeobarometre Hesaplamaları

3.7.2.1. Amfibol-Plajiyoklas Barometresi

Amfibollerin toplam alüminyum içeriği, basınç ve sıcaklık artışı ile doğrusal biçimde artmaktadır (Hollister vd., 1987; Johnson ve Rutherford, 1989; Hammarstrom ve Zen, 1986; Schmidt, 1992). Özellikle plütonik kayaları oluşturan magmalardan kristallenmiş olan amfiboller içindeki $Al^{(T)}$ değerleri basınç göstergesi olarak bilindiğinden, çeşitli kalibrasyonlar yardımıyla basınç hesaplamalarında kullanılırlar. Plütonik kayalarda, amfibollerdeki $Al^{(T)}$ içeriğinden yararlanılarak basınç tahmini yapılmak üzere kullanılan kalibrasyonlar aşağıda verilmiştir:

$$P \text{ (kbar)} = 4.76 Al^{(T)} - 3.01 \text{ (Schmidt, 1992)}$$

$$P \text{ (kbar)} = 5.03 Al^{(T)} - 3.92 \text{ (Hammarstrom ve Zen, 1986)}$$

$$P \text{ (kbar)} = 5.64 Al^{(T)} - 4.76 \text{ (Hollister vd., 1987)}$$

$$P \text{ (kbar)} = 4.28 Al^{(T)} - 3.54 \text{ (Johnson ve Rutherford, 1989)}$$

Bunlardan Johnson ve Rutherford (1989) kalibrasyonu, özellikle volkanik kayalar için üretilmiş olup, çok yüksek basınçlarda oluşmuş kayalar için kullanılmaktadır. Diğer üç kalibrasyon ise, plütonik kayalar için kullanılabilir. Hammarstrom ve Zen (1986) ile Hollister vd. (1987) kalibrasyonları yüksek basınç şartlarındaki kristallenmelerle oluşmuş plütonik kayalar için iyi sonuç verirken, Schmidt (1992) kalibrasyonu düşük basınçlarda oluşan kayalar için iyi sonuçlar vermektedir. Basınç tahminleri için, $Al^{(T)}$ değişiminden yararlanılan amfibol kristallerinin, plajiyoklas, amfibol, biyotit, piroksen, K-feldspat, magnetit, ilmenit ± sfen denge kristalizasyonunda oluşmuş olması gerekmektedir.

Kazıkbeli Plütonunu oluşturan kayalardaki amfibollerde alüminyum-horblend barometresi esasına göre hesaplanan basınç değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Hammarstrom ve Zen (1986)'ya göre hesaplanan kristallenme basınçları $5.03 \text{ Al}^{(T)}$ - 3.92 kbar arasında olup, bu değerler gabroyik diyoritler için $0.07-0.15 \text{ kbar}$, granodiyoritler için $0.33-1.44 \text{ kbar}$ arasındadır (Tablo 4).

Hollister vd. (1987)'ye göre incelenen kayalara ait kristallenme basınçları $5.64 \text{ Al}^{(T)}$ - 4.76 kbar arasında olup, granodiyoritler için $0.11-1.25 \text{ kbar}$ arasında değişmektedir (Tablo 4).

Schmidt (1992)'ye göre incelenen kayalara ait kristallenme basınçları $4.76 \text{ Al}^{(T)}$ - 3.01 kbar arasında olup, bu değerler gabroyik diyoritler için $0.68-0.84 \text{ kbar}$, granodiyoritler için $1.01-2.06 \text{ kbar}$ arasında değişmektedir (Tablo 4).

3.7.2.2. Amfibol Barometresi

İncelenen plütonik kayalardaki amfibollerin mineral kimyası analiz değerleri kullanılarak, Ridolfi vd. (2010) ile Ridolfi ve Renzulli (2012) tarafından önerilen formüller yardımı ile barometre hesaplamaları yapılmış ve Tablo 5 ve 6'da verilmiştir.

Ridolfi vd. (2010)'a göre hesaplanan kristallenme basınçları $0.6-0.9 \text{ kbar}$ arasında olup, bu değerler gabroyik diyoritler için 0.6 kbar , granodiyoritler için $0.6-0.9 \text{ kbar}$ arasındadır (Tablo 5).

Ridolfi ve Renzulli (2012)'ye göre hesaplanan kristallenme basınçları $0.7-1.0 \text{ kbar}$ arasında olup, bu değerler gabroyik diyoritler için 0.7 kbar , granodiyoritler için $0.7-1.0 \text{ kbar}$ arasında değişmektedir (Tablo 6).

3.7.2.3. Biyotit Barometresi

Biyotitlerin kristallenme basınçlarını belirleyebilmek için Uchida vd. (2007) tarafından önerilen ampirik eşitlik kullanılmıştır. Bu formül, mineral kimyası analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan $\text{Al}^{(T)}$ miktarına göre biyotitin kalibre edilmesiyle elde edilmiştir.

İncelenen kayalarda, Uchida vd. (2007) tarafından önerilen formül yardımıyla hesaplanan basınçlar $0.08-0.61 \text{ kbar}$ arasında olup, bu değerler gabroyik diyoritler için $0.08-0.18 \text{ kbar}$, granodiyoritler için $0.13-0.61 \text{ kbar}$ arasında değişmektedir (Tablo 7).

3.7.2.4. Amfibol Oksijen Fugasitesi

İncelenen plütonik kayalardaki amfiboller kullanılarak, Ridolfi vd. (2010) ve Ridolfi ve Renzulli (2012) tarafından önerilen formüller kullanılarak oksijen fugasitesi hesaplamaları yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 5 ve 6'da verilmiştir.

İncelenen kayaçlarda, Ridolfi vd. (2010)'a göre hesaplanan amfibol oksijen fugasitesi (ΔNNO) değerleri 1.3-2.0 arasında olup, bu değerler gabroyik diyoritler için 1.8-2.0, granodiyoritler için 1.3-1.7 arasında değişmektedir (Tablo 5).

İncelenen kayaçlarda, Ridolfi ve Renzulli (2012)'nin önerdiği eşitlikler kullanılarak hesaplanan oksijen fugasitesi (ΔNNO) değerleri -0.2-1.0 arasında olup, bu değerler gabroyik diyoritler için 0.4-0.6, granodiyoritler için -0.2-1.0 arasındadır (Tablo 6).

İncelenen kayaçlarda, Ridolfi vd. (2010)'ne göre hesaplanan basınç ve sıcaklık değerleri kullanılarak Wones (1989) tarafından önerileni yaklaşımla hesaplanan oksijen fugasitesi ($f\text{O}_2$) değerleri -13.8 ile -12.5 arasında olup, bu değerler gabroyik diyoritler için -13.1 ila -13.4, granodiyoritler için -12.9 ila -13.8 arasında değişmektedir (Tablo 5).

3.7.2.5. Biyotit Oksijen Fugasitesi

Uchida (2007) tarafından hesaplanan sıcaklık değerleri (Tablo 7) kullanarak hesaplanan oksijen fugasitesi ($f\text{O}_2$) değerleri Tablo 7'de verilmiş olup, bu değerler -16.14 ile -14.31 arasında değişmektedir. Bu değerler gabroyik diyoritler için -14.72 ile -14.31, granodiyoritler için -16.14 ile -14.78 arasındadır (Tablo 7).

3.7.2.6. Amfibol Hidrometresi

İncelenen plütonik kayaçlardaki amfiboller kullanılarak, Ridolfi vd. (2010) ve Ridolfi ve Renzulli (2012) tarafından önerilen formüller yardımıyla hidrometre hesaplamaları yapılmış ve sonuçlar Tablo 5 ve 6'da verilmiştir.

İncelenen kayaçlarda, Ridolfi vd. (2010)'a göre hesaplanan ortalama su içerikleri %3.7-4.5 arasında olup, bu değerler gabroyik diyoritler için %3.9-4.3, granodiyoritler için %3.7-4.5 arasında değişmektedir (Tablo 5).

İncelenen kayaçlarda, Ridolfi ve Renzulli (2012)'ye göre hesaplanan ortalama su içerikleri %4.4-5.7 arasında olup, bu değerler gabroyik diyoritler için %4.6, granodiyoritler için %4.4-5.7 arasında değişmektedir (Tablo 6).

4. İRDELEME VE TARTIŞMA

4.1. Eosen Yaşlı Plütonik Kayaçların Termokronolojisi

Eski bir ada yayı olan Doğu Pontidler'de Erken Kambriyen'den Eosen sonuna kadar geniş bir yaş ve bileşim aralığında (gabrodan granite kadar) oluşmuş değişik boyutlarda onlarca plütonik kayaç bulunmaktadır (Şekil 55).

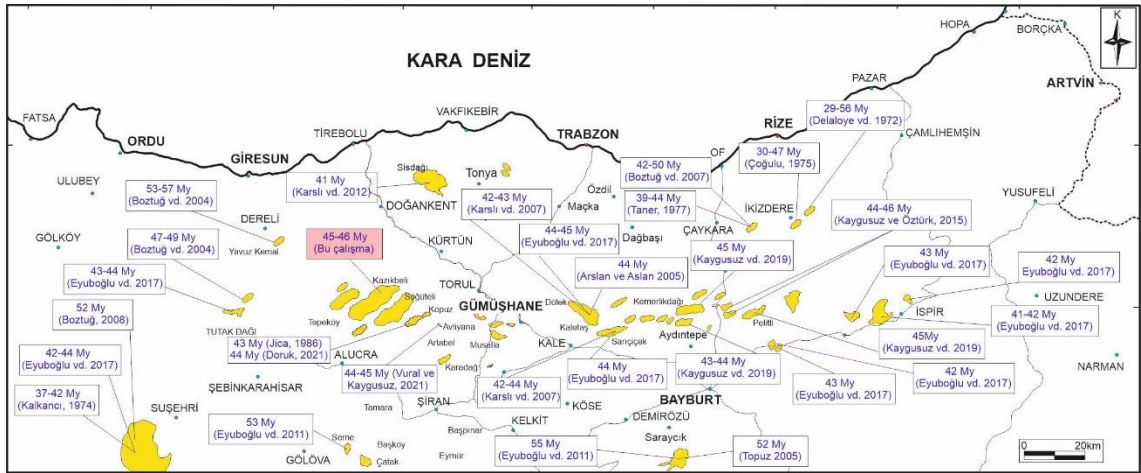
Doğu Pontidler'deki plütonik kayaçların yaşlarına yönelik yapılan radyometrik çalışmalar sınırlı olup (Şekil 55; Tablo 9), birçok plütonun yaşı dokanak ilişkisi, stratigrafik konum veya biyostratigrafik veriler dikkate alınarak göreceli olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Kayaçların deformasyona maruz kalmaları veya alterasyon nedeniyle dokanak ilişkilerinin net gözlenememesi, tüm bu yaş verilerinin elde edilmesini zorlaştırmıştır. Ayrıca, özellikle 2000'li yıllardan önceki radyometrik yaşlandırmaların büyük bir çoğunluğunda Rb-Sr ve K-Ar gibi tüm kayaç yöntemleri kullanılmıştır. 2000'li yıllardan sonra ise daha güvenilir olan Ar-Ar ve U-Pb yöntemleri ile jeokronolojik analizler yapılmıştır (Tablo 9). Bu nedenle Doğu Pontid Orojenik Kuşağı kuzeyinde yer alan plütonik kayaçların son teknikler kullanılarak radyometrik verilerle yaşlarının saptanması, Tersiyer magmatizmasının jeodinamik gelişimi ile ilgili elde edilecek bulgular açısından oldukça önem arz etmektedir.

Eosen yaşlı plütonik kayaçlar, Doğu Pontidler'in güney bölümünde ve kuzey-güney geçişinde yaygın olarak bulunurken, kuzey bölümünde küçük bir alanda yüzeyleme vermişlerdir. Değişik boyutlara (yaklaşık 1 km²'den 50 km²'ye kadar) sahip olan bu kayaçlar, genellikle KD-GB, az oranda da D-B ve KB-GD yönünde uzanım gösterirler. Pontid magmatik yayında, çarpışma sonrası litosferik incelmeye bağlı gerilme rejimi granitik plütonların yerleşimlerinde büyük rol oynamıştır (Boztuğ vd., 2004; Karlı vd., 2007; Arslan ve Aslan, 2006; Kaygusuz ve Öztürk, 2015).

Bölgede gözlenen Eosen yaşlı plütonik kayaçların yaşları üzerine yapılan radyometrik çalışmalar sınırlıdır (Şekil 55). Aslan (1998) Saraycık Plütonu'nun yaşını 66 My, Topuz vd. (2005) ise 52 My bulmuşlardır. Boztuğ vd. (2004) Aksu (Dereli) yöresindeki Plütonların yaşını 50-57 My, Sürmen (Dereli) yöresindeki Plütonların yaşını 47-49 My ve Tamdere (Şebinkarahisar) yöresindeki plütonun yaşını ise 37 My olarak tespit etmişlerdir. Arslan ve Aslan (2006) Kaletaş (Gümüşhane) Plütonu'nun yaşını 44 My, Karlı vd. (2007) Dölek ve Sarıçiçek Plütonlarının yaşlarını 42-43 My olarak

tespit etmişlerdir. Kaygusuz ve Öztürk (2015) Bayburt yöresindeki Kılıçkaya-Kozluk Plütonlarının yaşlarını 47 My olarak belirlemişlerdir. Eyüboğlu vd. (2016) Arhavi Gabrosu'nun yaşını 43-46 My olarak belirlemişlerdir. Eyüboğlu vd. (2017) Bayburt yöresinde Arslandede Plütonu'nun 42 My, Çakırbağ Plütonu'nun 43 My, Meşebaşı Plütonu'nun 43 My, Meydanlı Plütonu'nun 41-42 My, Bademli Plütonu'nun 42 My; Gümüşhane yöresinde Çevrepınar Plütonu'nun 46 My; Giresun yöresinde Tamdere Plütonu'nun da 44 My yaşında olduklarını belirtmişlerdir (Şekil 55; Tablo 9). Kaygusuz vd. (2020), Bayburt yöresindeki Eosen yaşlı Aydın-tepe, Kemerlikdağı ve Pelitli Plütonlarının yaşlarının 44-45 My (U-Pb zirkon) arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Temizel vd. (2020), Havza (Samsun) alanındaki Eosen yaşlı tonalit ve granodiyoritlerin yaşlarının 40-42 My arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Sipahi vd. (2022), Doğu Pontidlerde Eosen yaşlı Karadağ İntrüzyonunun 44 My yaşında olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışılan Kazıkbeli Plütonu ile ilgili önceden yapılmış çalışmalar sınırlı olup, plütonda jeolojik harita alımı (MTA, 2002; Güven, 1993) dışında herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Tarafımızdan yapılan incelemeler ve U-Pb zirkon yaş izotop analizleri ile Kazıkbeli Plütonu'nun yaşının Eosen (46-47 My) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Kazıkbeli Plütonu'nun yakın civarındaki plütonların da Eosen yaşlı oldukları tarafımızdan tespit edilmiştir.



Şekil 55. Doğu Pontidler'deki Eosen yaşlı plütonik kayaçların dağılımı (Güven, 1993; Kaygusuz vd., 2020'den değiştirilerek) ve Eosen plütonlarının jeokronolojik yaşları

Doğu Pontidler'deki Tersiyer yaşlı plütonların radyometrik yaşları Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Doğu Pontidler'deki Tersiyer yaşlı plütonların radyometrik yaşları

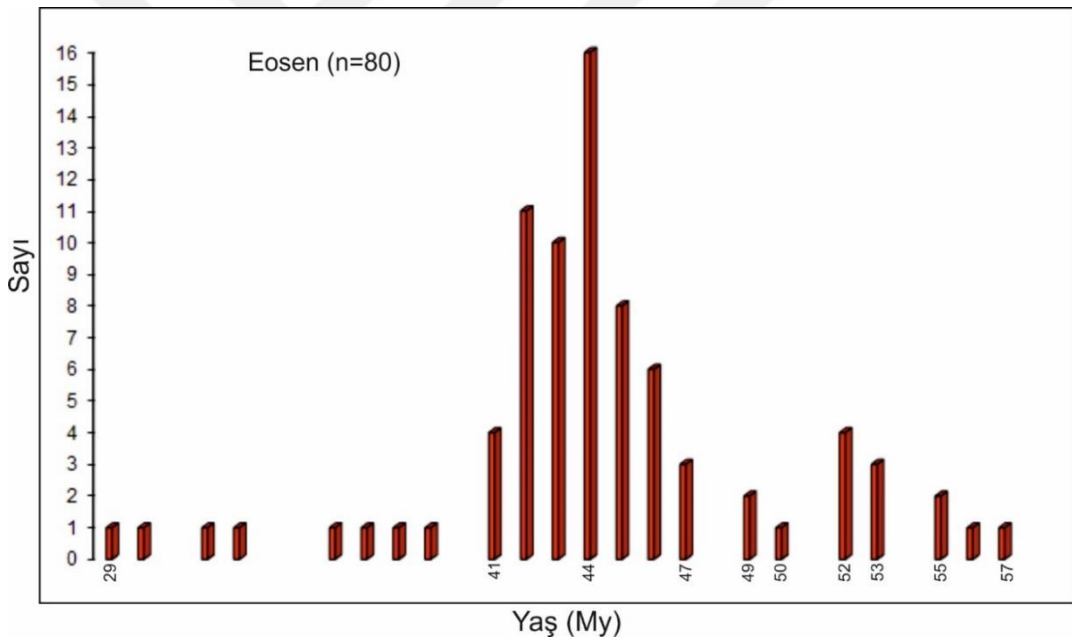
Devir/Yaş	Plüton/Lokasyon	Yaş (My)	Yaş Metodu	Referanslar
Oligosen	İkizdere kd (Kaçkar Batoliti)	32-30	K/Ar	Çoğulu (1975)
Oligosen	İkizdere kd (Kaçkar Batoliti)	33-29	U/(Th-Pb)	Delaloye vd. (1972)
Eosen	Aksu (Dereli)	50	FT (apatit)	Boztuğ vd. (2004)
Eosen	Ardeşen	46-43	U-Pb (titanit)	Eyüboğlu vd. (2016)
Eosen	Arslandede (Bayburt)	42.06	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Eosen	Ayder	50-46-42	FT (titanit)	Boztuğ vd. (2007)
Eosen	Aydıntepe (Bayburt)	45-44	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz vd. (2020)
Eosen	Bademli (Bayburt)	42	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Eosen	Çakırbağ (Bayburt)	43	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Eosen	Çambaşı (Samsun)	44	Ar-Ar	Özdamar vd. (2017)
Eosen	Çevreşinar (Gümüşhane)	46-45	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2011a)
Eosen	Çiçekli (Bayburt)	44-43	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz vd. (2020)
Eosen	Dölek (Bayburt)	43-42	K/Ar (biyotit)	Karlı vd. (2007)
Eosen	Dölek (Bayburt)	45-44	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Eosen	Güllübağ	38-37	FT (zirkon)	Boztuğ vd. (2007)
Eosen	Halkalıtaş (Kaçkar)	43	FT (titanit)	Boztuğ vd. (2007)
Eosen	Harşit	50-39	K/Ar	Gedikoğlu (1978)
Eosen	İkizdere gb (Kaçkar Batoliti)	44-39	K/Ar (hornb)	Taner (1977)
Eosen	İkizdere kd (Kaçkar Batoliti)	47	K/Ar	Çoğulu (1975)
Eosen	İkizdere kd (Kaçkar Batoliti)	49	U/(Th-Pb)	Delaloye vd. (1972)
Eosen	Kaçkar Batoliti	41	K/Ar (hornb)	Moore vd. (1980)
Eosen	Kaletaş (Bayburt)	45	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Eosen	Kaletaş (Gümüşhane)	44	U-Pb (zirkon)	Arslan ve Aslan (2006)
Eosen	Kemerlikdağı (Bayburt)	45	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz vd. (2020)
Eosen	Kılıçkaya (Bayburt)	46	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz ve Öztürk (2015)
Eosen	Kop Dağları	55	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2011a)
Eosen	Kopuz (Torul)	43	K/Ar	JICA (1986)
Eosen	Kozluk (Bayburt)	44	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Eosen	Kozluk (Bayburt)	46	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz ve Öztürk (2015)
Eosen	Kösedag	42-37	Rb-Sr	Kalkancı (1974)
Eosen	Kösedag	52	Pb-Pb	Boztuğ (2008)
Eosen	Kösedagı	44-42	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Eosen	Marselevat (Kaçkar)	55-44	FT (titanit)	Boztuğ vd. (2007)
Eosen	Meydanlı (Bayburt)	43-41	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Eosen	Pelitli (Bayburt)	45	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz vd. (2020)
Eosen	Saraycık (Pulur)	52	Ar-Ar (biyotit)	Topuz vd. (2005)
Eosen	Saraycık (Pulur)	55-53	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2011a)
Eosen	Sarıççek (Bayburt)	42-44	K/Ar (biyotit)	Karlı vd. (2007)
Eosen	Sarıççek (Bayburt)	44	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Eosen	Sarıhan (Pulur)	53	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2011a)
Eosen	Seme (Ağvanis)	53	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2011a)
Eosen	Sisdağı	41	U-Pb (zirkon)	Karlı vd. (2012b)
Eosen	Somarova (Bayburt)	44	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz vd. (2019)
Eosen	Sorkunlu (Bayburt)	44	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz vd. (2019)
Eosen	Sorkunlu (Bayburt)	44	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Eosen	Sürmen (Dereli)	49-47	FT (apatit)	Boztuğ vd. (2004)
Eosen	Şaşurluk (Bayburt)	44-43	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz vd. (2019)
Eosen	Tamdere (Giresun)	44-43	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Eosen	Tamdere (Şebinkarahisar)	36	FT (apatit)	Boztuğ vd. (2004)
Eosen	Uzuntarla (Araklı güneyi)	42-41	K/Ar (hornb)	Yılmaz-Şahin (2005)
Eosen	Üzengili (Bayburt)	45	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu vd. (2017)
Eosen	Avliyana	45-44	U-Pb (zirkon)	Vural ve Kaygusuz (2021)
Eosen	Kopuz	44	U-Pb (zirkon)	Doruk (2022)
Eosen	Kazıkbeli	46-45	U-Pb (zirkon)	Bu çalışma

Tablo 9 (Devamı)

Devir/Yaş	Plüton/Lokasyon	Yaş (My)	Yaş Metodu	Referanslar
Paleosen	İkizdere kd (Kaçkar Batoliti)	56	U/(Th-Pb)	Delaloye vd. (1972)
Paleosen	Aksu (Dereli)	57	FT (apatit)	Boztuğ vd. (2004)
Paleosen	Boğalı (Araklı. Trabzon)	64-61	K/Ar (hornb)	Yılmaz-Şahin (2005)
Paleosen	Harşit	56	K/Ar	Gedikoğlu (1978)
Paleosen	İkizdere gb (Kaçkar Batoliti)	63	K/Ar	Taner (1977)
Paleosen	Kaçkar Batoliti	62	K/Ar	Moore vd. (1980)
Paleosen	Marselevat	56	FT (titanit)	Boztuğ vd. (2007)
Paleosen	Sırtayla (Kaçkar)	57-56	FT (titanit)	Boztuğ vd. (2007)
Paleosen	Tamdere (Şebinkarahisar)	64-62	FT (apatit)	Boztuğ vd. (2004)

kd: kuzeydoğusu, gb: güneybatısı

Doğu Pontidler'deki Eosen yaşlı plütonik kayaçların radyometrik yaşları (U-Pb, U/Th-Pb, Rb-Sr, K-Ar, Ar-Ar, Pb-Pb gibi) 29 ile 57 My arasında değişmektedir (Tablo 9, Şekil 56). Ayrıca söz konusu plütonik kayaçlarda, şimdiye kadar elde edilen verilere göre, yaşların 41-55 My arasında yoğunlaştığı görülür. Yoğun magmatik sokulumun da 41-47 My aralığında olduğu gözlenmiştir (Şekil 56).



Şekil 56. Doğu Pontidler'deki Tersiyer yaşlı plütonik kayaçların yaş aralığını gösteren histogram

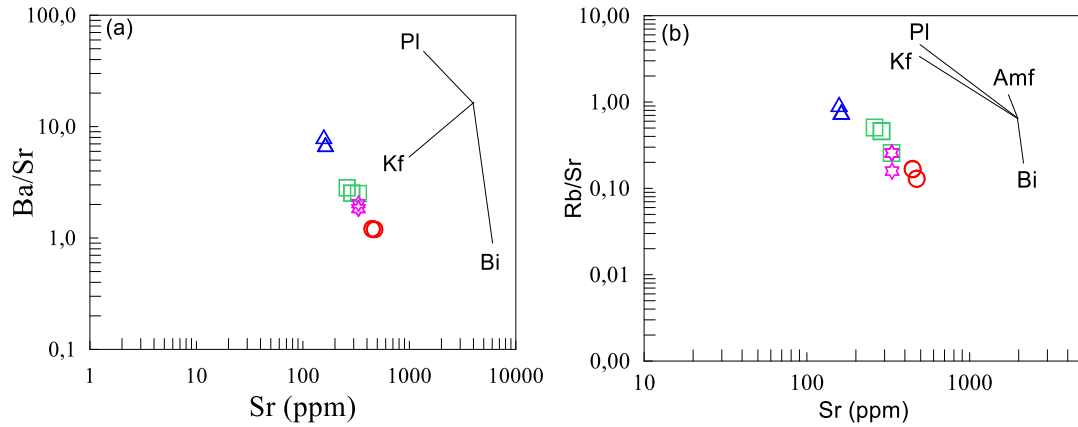
Bu çalışmada incelenen Kazıkbeli Plütonu'ndan elde edilen yaşlar 43-45 My (U-Pb zirkon) arasında değişmekte olup, bu yaşlar Pontidler'deki Eosen yaşlı plütonik kayaçlardaki ana magmatik aktivite aralığında (41-47 My) yer almaktadır (Şekil 56).

4.2. Kazıkbeli Plütönu'nun Petrolojisi

4.2.1. Fraksiyonel Kristallenme

Mantodan türeyen ilksel magmalar genellikle 72 ile 68 arasında değişen magnezyum numarasına (Frey vd., 1978; Green vd., 1974; Baker vd., 1997) ve düşük BİLE/YÇAE (LILE/HFS) oranlarına sahiptirler (Weaver, 1991). İncelenen plütönik kayalar, düşük Ni, Cr ve MgO içerikleriyle ilksel mantoya göre oldukça farklılaşmışlardır. Ana ve iz elementlerde gözlenen değişimler, petrografik olarak da bu kayalar içerisinde klinopiroksen, amfibol, biyotit, plajiyoklas, K-feldispat, Fe-Ti oksitler ve apatit gibi mineral fazlarının fraksiyonel kristallenmesine (ayrışmasına) işaret eder. İncelenen kayaların ana ve iz element değişim diyagramlarında gözlenen düzenli değişimler, kayaların gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin etkili olduğunu ortaya koyar.

Daha önceki bölümlerde Harker diyagramlarında vurgulandığı üzere, incelenen kayalarda SiO₂ arttıkça K₂O ve Rb'un artması, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO ve P₂O₅ içeriklerinin azalması fraksiyonel kristalleşmeye işaret eder. İncelenen kayalardaki yüksek Sr ve CaO değerleri ve hafif negatif Sr, Eu ve Ba anomalileri, plajiyoklas fraksiyonlaşmasını gösterir. Şekil 57'de de görüldüğü gibi, Ba/Sr'a karşı Sr ve Rb/Sr'a karşı Sr diyagramlarında gözlenen yönelimler, plajiyoklas fraksiyonlaşmasının incelenen plütönik kayaların oluşumunda önemli bir rol oynamış olabileceğine işaret eder.

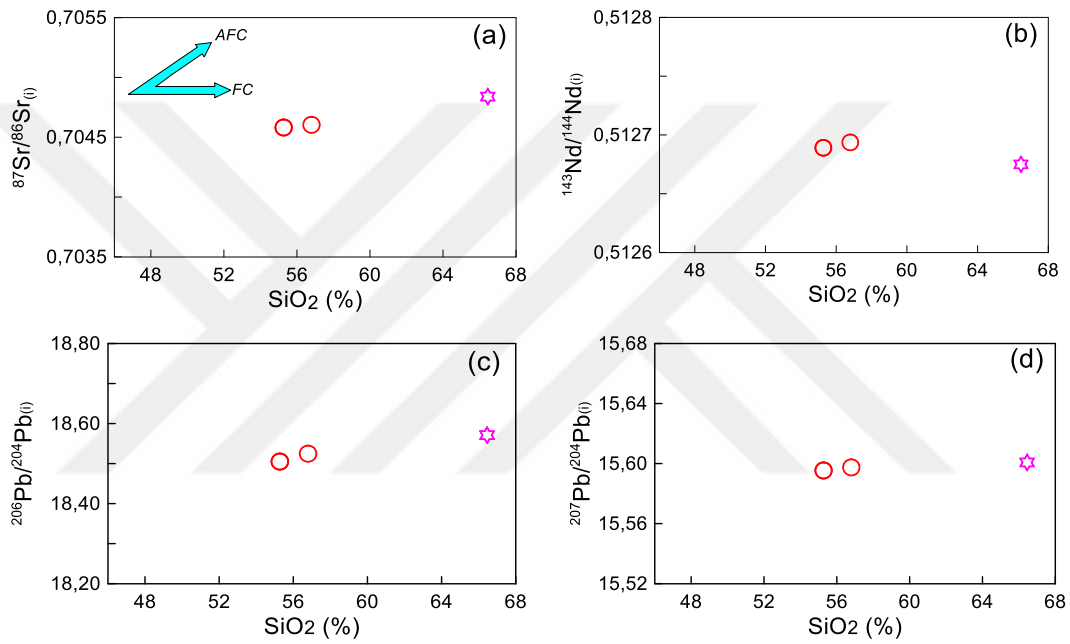


Şekil 57. İncelenen Plütönik kayaların, (a) Ba/Sr'a karşı Sr, (b) Rb/Sr'a karşı Sr değişim diyagramları

SiO₂'ye karşı Al₂O₃, MgO, CaO, Fe₂O₃^T oranlarında ve La içeriklerinde gözlenen düşüş ve ASI (A/CNK), K₂O oranlarında ve Ba içeriklerinde artış, amfibol ve kalsik plajiyoklas fraksiyonlaşmasına işaret eder. SiO₂ artışına karşı negatif CaO, Fe₂O₃^T ve MgO korelasyonları, klinopiroksen fraksiyonlaşmasına işaret eder. SiO₂ artışına paralel

olarak Rb ve K₂O artışı, K-feldispat ve biyotitin erken fraksiyonlaşma ürünleri olmadığını ifade eder. SiO₂ artışına rağmen TiO₂ ve P₂O₅ değerlerinde gözlenen azalma, titanit ve apatit fraksiyonlaşması ile ilgilidir. Zr ve Y tüketilmesi, zirkon, titanit ve allanit gibi aksesuar fazların fraksiyonlaşmasını gösterir. Örneklerin orta ve ağır nadir toprak elementlerinde belirgin fraksiyonlaşmanın olmaması ve Sr/Y oranlarının düşük olması (7-39), granatın magma kökeninde olmadığını gösterir.

Şekil 58’de görüleceği gibi, incelenen plütonik kayalarda artan SiO₂’ye karşı sabit kalan ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd_(i), ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_(i), ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb_(i) ve ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb_(i) oranları, kayaların gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin etkili olduğuna işaret eder.



Şekil 58. İncelenen plütonik kayalarda, (a) SiO₂’ye karşı ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_(i) diyagramı, (b) SiO₂’ye karşı ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd_(i) diyagramı, (c) SiO₂’ye karşı ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb_(i) diyagramı, (d) SiO₂’ye karşı ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb_(i) diyagramı

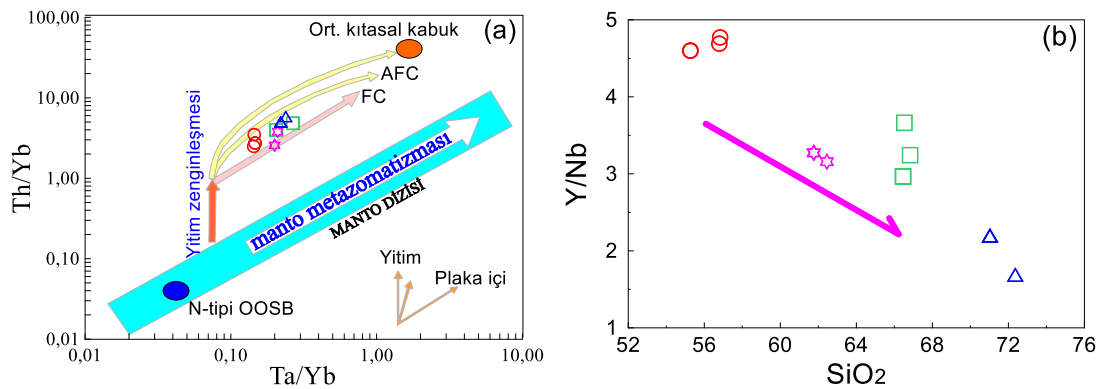
4.2.2. Asimilasyon-Fraksiyonel Kristallenme (AFC)

Asimilasyon-fraksiyonel kristallenme (AFC), magmanın soğuması esnasında etkileşime girdiği kayaları asimile ederek ilksel bileşimini değiştirmesi ve bu esnada katılacak olan minerallerin magmadan ayrılmasını ifade eder. Yani, AFC olayında magmanın soğuması sırasında hem ayrışma hem de asimilasyon aynı anda etkin olmuştur. Bu etkileşim ile oluşan zenginleşme, muhtemelen magmanın kıtasal kabuk içerisinde yukarıya hareketi sonucu kıtasal kabuğu asimilasyonu ve ayrışma ile birlikte gelişen AFC süreçleri (Depaolo, 1981; Powel, 1984) ile açıklanabilir.

Kayalarda gözlenen pozitif Pb ve belirgin negatif Nb-Ta anomalileri, yitim ve/veya kabuksal kirlenmeyi belirtir. Büyük iyon yarıçaplı litofil element (BILE---

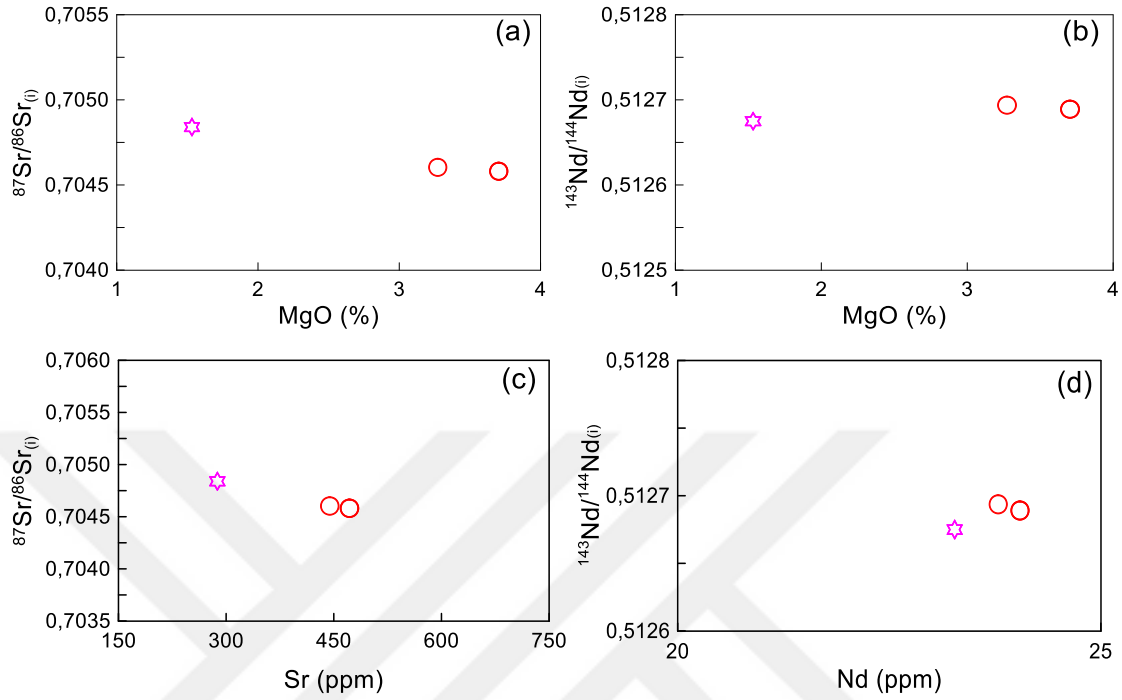
LILE)’lere nazaran Nb ve diğer yüksek çekim alanlı element (YÇAE---HFSE)’lerde görülen negatif anomaliler kabuksal kirlenmeyle ilişkili olmalarına rağmen, yitim ile ilişkili magmaların özelliğini de gösterirler ve böylece yiten dilimdeki BILE elementlerin mantoya ilavesiyle manto kaynağını zenginleşmiş olur (McCulloch ve Gamble, 1991; Borg vd., 1997). Taylor ve McLennan (1985)’e göre kabuksal bileşenler Th (3.5 ppm) ve Pb (8 ppm)’ce zengin olup, incelenen plütonlara ait kayalarda gözlenen yüksek Th (8-22 ppm) ve Pb (9-18 ppm) değerleri kabuksal kirlenmenin etkisine işaret eder.

Pearce (1983) tarafından önerilen Th/Yb’ye karşı Ta/Yb diyagramı, esas olarak okyanus ortası sırtı bazaltı (MORB) veya okyanus ada bazaltı (OIB) gibi olağan mantodan türemiş ve genel olarak diyagramda manto eğilimi olarak belirlenmiş diyagonal hat üzerinde bulunan kayaları, yitim etkisiyle zenginleşmiş mantodan türemiş veya yükselimi sırasında kabuk tarafından kirlenmiş magmalardan oluşan kayalardan ayırmak için kullanılır. Bu ayırım gerek yitim metasomatizmasının gerekse kabuksal kirlenmenin Th konsantrasyonunu, dolayısıyla da Ta/Yb oranına kıyasla Th/Yb oranını arttırması temeline dayanır. İncelenen Kazıkbeli Plütonu’na ait kayaların Th/Yb’e karşı Ta/Yb diyagramındaki dağılımları dikkate alındığında (Şekil 59a), tüm örneklerin manto çizgisinden saptığı görülür. İncelenen kayalarda gözlenen bu sapma, kaynak bölgesinde yitimle ilgili bir metasomatizma ile açıklanabileceği gibi, manto türevli ergiyiklere önemli ölçüde kabuksal ergiyik katılımına da gösterebilir. SiO₂’ye karşı Y/Nb diyagramında (Şekil 59b) gözlenen negatif yönelim, kabuksal asimilasyon ile ilgili olabilir. Keza yatay trendler kabuksal asimilasyonun önemli bir rol oynamadığına işaret eder. Ayrıca, incelenen kayalarda gözlenen belirgin negatif Nb anomalisi yitim bileşeni ve/veya kabuk kirlenmeden kaynaklanabilir.



Şekil 59. İncelenen kayaç örneklerin, (a) Th/Yb’ye karşı Ta/Yb (Pearce, 1983) diyagramı, (b) Y/Nb’ye karşı SiO₂ diyagramı

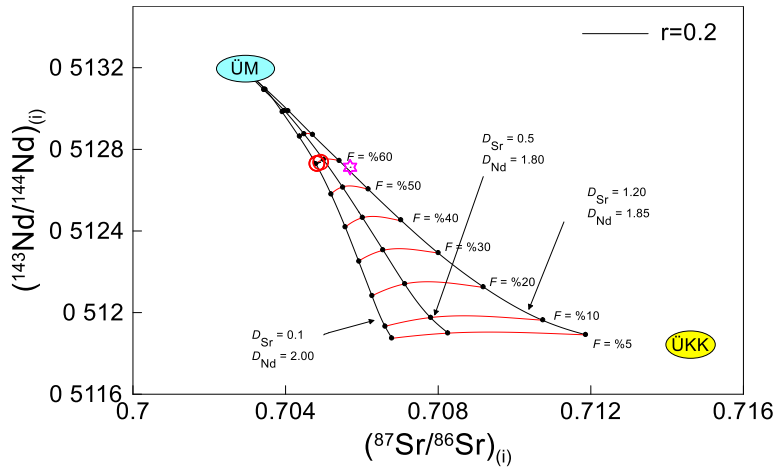
Şekil 60'da görüleceği gibi, incelenen kayalarda artan MgO, Sr ve Nd değerlerine karşı $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$ oranlarında az da olsa gözlenen değişimler, kayaların gelişiminde az da olsa kirlenmenin de etkili olduğunu gösterir.



Şekil 60. İncelenen plütonik kayalarda, (a) MgO'ya karşı $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ diyagramı, (b) MgO'ya karşı $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$ diyagramı, (c) Sr'a karşı $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ diyagramı, (d) Nd'ye karşı $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$ diyagramı

AFC süreçlerinin modellenmesi çeşitli araştırmacılar (Powel, 1984; Depaolo, 1981; Taylor ve Sheppard, 1986; Albarede, 1996; Hagen ve Neumann, 1990) tarafından hem iz element verileri hem de izotop verileri dikkate alınarak yapılmıştır.

Kazıkbeli Plütonu'na ait Sr-Nd izotopik AFC modellemesinde kullanılan ilksel magma bileşimi (ICo) olarak üst manto (ÜM) değeri (Klein, 2004, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7029$, Sr=188ppm, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.51319$, Nd = 9.62ppm), asimilant ürünü olarak da üst kıtasal kabuk (ÜKK) bileşimi (Davies vd., 1985, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.71463$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.511843$; Taylor ve McLennan, 1985, Sr = 350ppm, Nd = 26ppm) dikkate alınmıştır. Ayrıca, ilksel magmanın üst kıtasal kabuğu özümlediği varsayımı dikkate alınarak; $r=0.2$ değeri için farklı ayrımlanma katsayıları (D_1 , D_2 ve D_3) ve F değerleri kullanılmış ve farklı AFC eğrileri çizilmiştir (Şekil 61, Tablo 10). Şekil 61'de de görüldüğü gibi, r değerinin incelenen kayalar için ≤ 0.2 ve "kritik değer" olan $r=0.25$ 'den daha düşük (Albarede, 1996) değerde olması; incelenen kayaların gelişiminde AFC sürecinin çok fazla etkili olmadığını, farklılaşmış olan bu kayaların kabuksal kirlenmeden çok fazla etkilenmediğini gösterir.



Şekil 61. İncelenen kayaçların AFC modellemesini gösterir $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i$ 'ye karşı $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ diyagramı. İlksel magma bileşimi (IC_0) olarak üst manto (ÜM) (Klein, 2004) değeri kabul edilmiştir ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7029$, $\text{Sr}=188\text{ppm}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.51319$, $\text{Nd}=9.62\text{ppm}$). Üst kıtasal kabuk (ÜKK) bileşimine ait iz elementler ($\text{Sr}=350\text{ppm}$, $\text{Nd}=26\text{ppm}$) Taylor ve McLennan (1985)'den, izotopik bileşimler ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.71463$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.511843$) ise Davies vd. (1985)'den alınmıştır

Tablo 10. AFC modellemesinde kullanılan uç üyelere ait $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotopik bileşimleri ile Sr ve Nd iz element konsantrasyonları

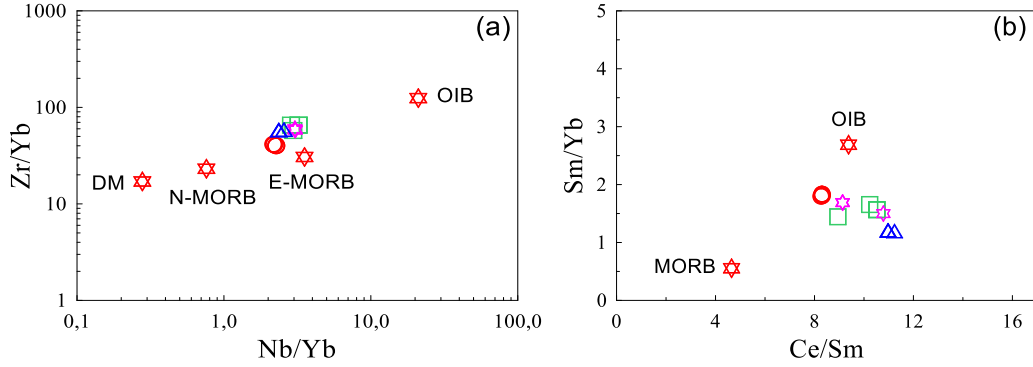
Uç Üyeler	IC_0 (Ana magma)	IC_A (Üst kıtasal kabuk)	Toplam paylaşımlar (ΣD)			
			D1	D2	D3	
Sr (ppm)	188	350	Sr	1.20	0.50	1.20
Nd (ppm)	9.62	26	Nd	1.85	1.80	1.85
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	0.7029	0.71463				
$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	0.51319	0.511843				
	Klein (2004)	Davies vd. (1985), Taylor ve McLennan (1985)				

4.2.3. Ana Magmanın Kökeni

Kalk-alkali ve I-tipi plütonların kökenlerine ilişkin başlıca üç ana oluşum model öne sürülmüş olup, bu modeller: (1) Mantodan fraksiyonel kristallenme ile (Bacon ve Druitt, 1988; Grove ve Donnelly-Nolan, 1986); (2) Mafik-ortaç meta-magmatik kabuksal kayaçların kısmi ergimesi ile (Şen ve Dunn, 1994; Roberts ve Clemens, 1993); (3) Mantodan türemiş mafik ve kabuktan türemiş felsik magmaların karışımı ile (Barbarin, 1999; Chen vd., 2002; Yang vd., 2004).

Çalışılan plütona ait kayaçlar yüksek-K'lu ve I-tipi karaktere sahip olup, düşük Ni içeriği (2-9 ppm), nispeten düşük Mg# (43-50) ve geniş bir aralıkta değişim gösteren silis içeriğine ($\text{SiO}_2 = 55-72$) sahiptir (Tablo 2). Tüm bu özellikler, plütonların ana magmasının birincil manto ergimesi ile dengede olmadığına işaret eder.

Zr/Yb'ye karşı Nb/Yb (Şekil 62a) ve Sm/Yb'ye karşı Ce/Sm diyagramlarında (Şekil 62b) incelenen örnekler zenginleşmiş alanda yer alırlar.

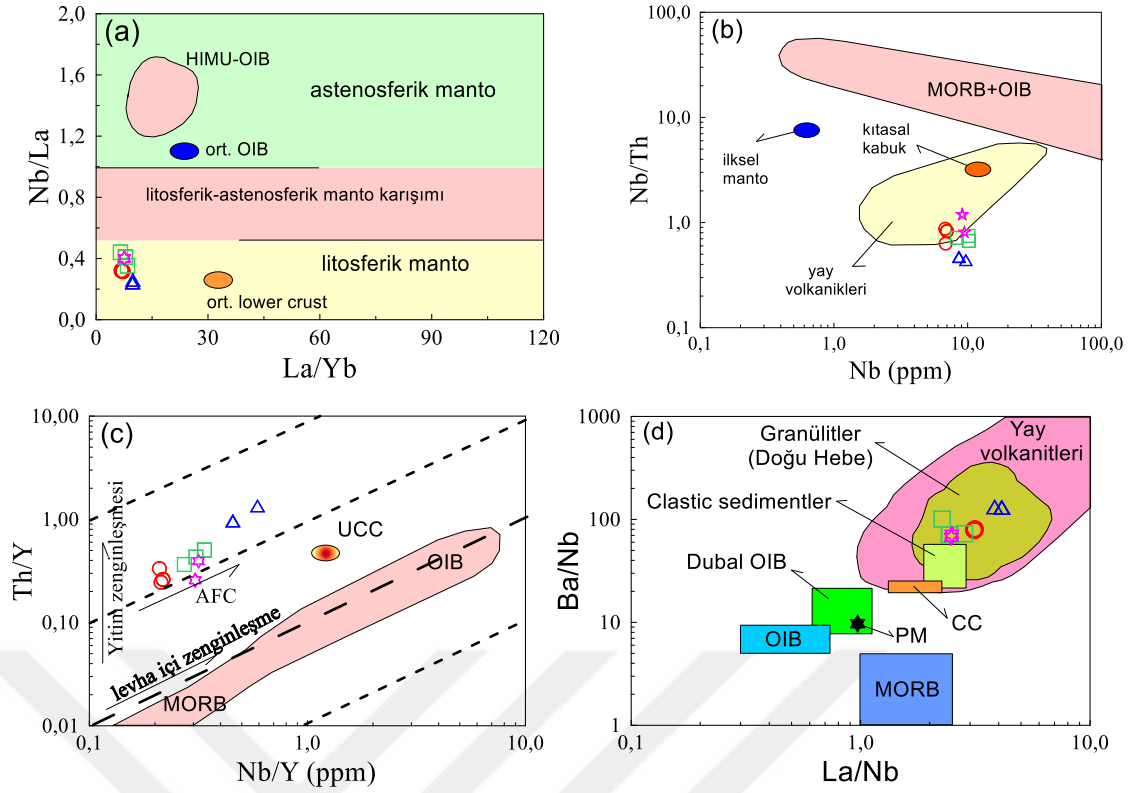


Şekil 62. İncelenen plütonik kayaçların, (a) Zr/Yb'ye karşı Nb/Yb diyagramı, b) Sm/Yb'ye karşı Ce/Sm diyagramı. (a) DM (Tüketilmiş manto), N-MORB, E-MORB ve OIB bileşimleri Sun ve McDonough (1989)'dan; (b) MORB ve OIB bileşimleri Harms vd. (1997)'den alınmıştır

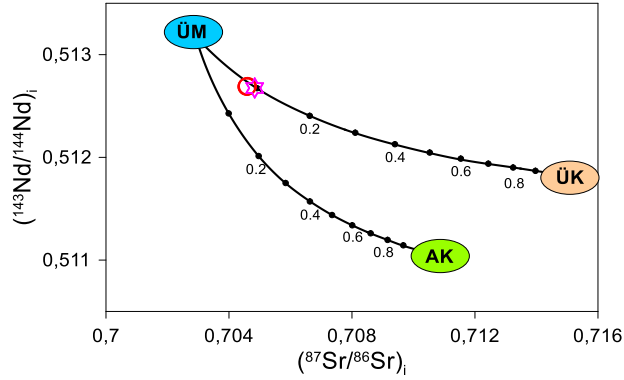
İncelenen kayaçlara ait örnekler Nb/La'ya karşı La/Yb diyagramında (Şekil 63a) litosferik manto alanında yer alırlar. Nb/Th'a karşı Nb (Şekil 63b), Th/Y'ye karşı Nb/Y (Şekil 63c) ve Ba/Nb'ye karşı La/Nb (Şekil 63d) diyagramlarında ise yay volkanitleri alanına yakın bölgelerde yer alırlar.

İnceleme alanındaki plütonik kayaçların SiO₂ içerikleri 56-72 arasında olup, ilksel bileşime yakın (SiO₂ < 52) jeokimyasal özelliklere sahip değillerdir. İncelenen kayaçların kaynak alan mineralojisi hakkında yaklaşımda bulunmak amacıyla bu kayaçların tüm-kayaç Sr-Nd izotop jeokimyası analiz sonuçları kullanılarak modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

İncelenen plütonik kayaçların ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_(i) ve ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd_(i) değerleri ile üst manto (ÜM) ve üst kabuk (ÜK) bileşenlerinden yararlanılarak, üst manto kaynağından alt ve üst kıtasal kabuğa farklı karışım oranları (*f*) ve farklı parametreler dikkate alınarak karışım modellenmesi yapılmıştır (Şekil 64, Tablo 11). Bu modellemeye göre, kayaçların oluşumuna kaynaklık eden magmaya üst kabuğun katkısının yaklaşık olarak %10-12 (Şekil 64) oranları arasında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 63. İncelenen plütönik kayaların, (a) Nb/La'ya karşı La/Yb diyagramı, (b) Nb/Th'a karşı Nb diyagramı, (c) Th/Y'ye karşı Nb/Y diyagramı ve (d) Ba/Nb'ye karşı La/Nb diyagramı (ilksel manto değerleri Hofmann (1988)'den; OOSB, kıtasal kabuk, OIB ve yay volkanikleri değerleri Schmidberger ve Hegner (1999)'dan alınmıştır)



Şekil 64. İncelenen kayalara ait modelleme diyagramı. Üst Manto (ÜM) bileşimi ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7029$, $\text{Sr}=188\text{ppm}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.51319$, $\text{Nd}=9.62\text{ppm}$) Klein (2004)'den alınmıştır. Üst kabuk (ÜK) bileşimine ait iz elementler Taylor ve McLennan (1985)'den, izotopik bileşimler ise Davies vd. (1985)'den alınmıştır. Alt kabuk (AK) bileşimine ait iz elementler Rudnick ve Fountain (1995), izotopik bileşimler ise Ben Othman vd. (1984)'den alınmıştır

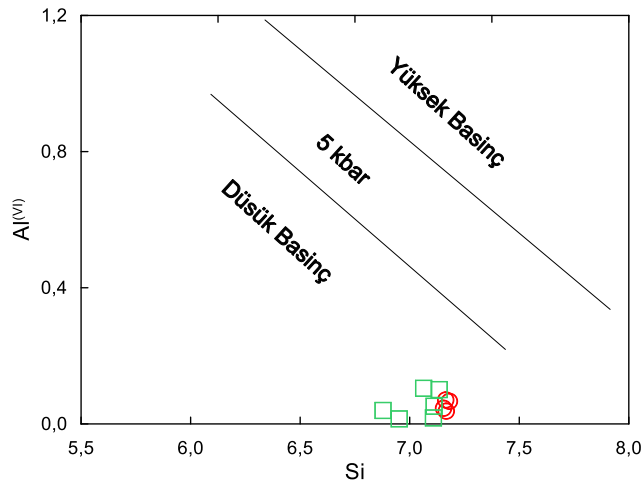
Tablo 11. İkili karışım modellemesinde kullanılan uç üyelerin (üst manto (ÜM), alt kabuk (AK) ve üst kabuk (ÜK)) iz element konsantrasyonları ve izotop bileşimleri

	Sr (ppm)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Nd (ppm)	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$
Üst Manto	188	0.7029	9.62	0.51319
Alt Kabuk	300	0.71014	24	0.5111
Üst Kabuk	350	0.718	26	0.511843

4.2.4. Kazıkbeli Plütonu'nun Yerleşim Derinliği

Paleozoyik'ten günümüze oluşumuna devam eden Doğu Pontidler, özellikle Mesozoyik başlangıcından itibaren yaklaşık kuzey-güney (K-G) yönlerinin egemen olduğu sıkışma rejimine bağlı olarak KD-GB ve KB-GD yönlü kırık sistemleri meydana gelmiştir. Doğu Pontidler'deki plütonların uzun eksenleri genel olarak bu ana kırık yönleri ile çakışır. Plütonların yerleşimi ile ana kırık hatları arasındaki yakın ilişki ilk olarak Gedikoğlu (1978) tarafından ortaya koyulmuş, bölgedeki yeni çalışmalar (Kaygusuz vd., 2008, 2012, 2013, 2014, 2016, 2020) bu ilişkiler daha da belirginleştirilmiştir. İncelenen Kazıkbeli Plütonu genel olarak KD-GB yönlü kırık hatlarına paralel bir şekilde yerleşmiştir. Plüton yaklaşık elips şekilli olup, yan kayaçlarla uyumsuz ve keskin dokanaklara sahiptir ve kontak fasiyesleri ince tanelidir. Yan kayaçlar ile olan dokanaklarında yer yer porfirik ve granofirik dokular gözlenmiş olup, az oranda da yan kayaç ksenolitleri görülür. Tüm bu özellikler incelenen plütonik kayaçların kabuğun sığ derinliklerine yerleştiğini gösterir.

İncelenen plütonik kayaçlardaki minerallerin mineral kimyaları bizlere plüton derinliği ile ilgili bilgiler verebilir. İncelenen kayaçlardaki amfibollerin mikroprob analizi sonuçlarına göre (Tablo 4), Kazıkbeli Plütonunu oluşturan kayaçlardaki amfiboller düşük basınç alanında yer alırlar (Şekil 65).



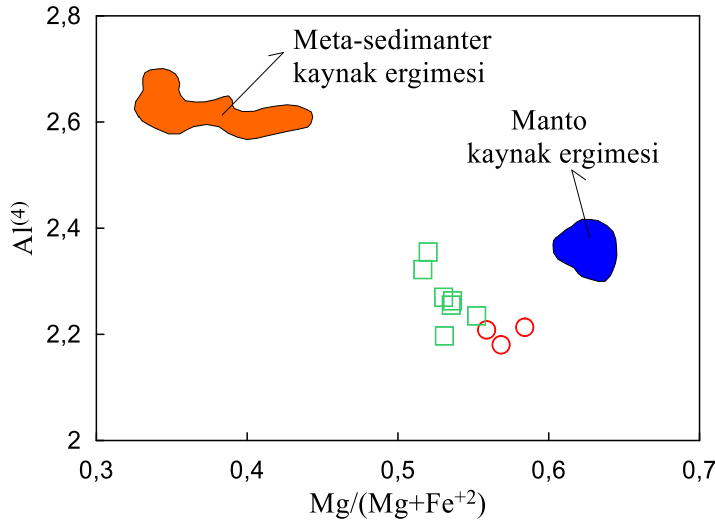
Şekil 65. Kazıkbeli Plütonu'nu oluşturan kayaçlardaki amfibollerinin bileşimi ve basınç aralığı

İncelenen kayaçlardaki minerallerde hesaplanan amfibol-plajiyoklas, amfibol ve biyotit barometreleri 0.1-2.1 kbar arasında basınç değerler vermiştir. Doğu Pontidler'de Eosen yaşlı diğer plütonik kayaçlarla karşılaştırıldığında, incelenen plütonlarda bulunan basınç değerleri, Dölek-Sarıçiçek plütonlarında (1-3.8 kbar, Karılı vd., 2007) ve Kemerlikdağı, Aydın-tepe ve Pelitli Plütonlarında (0.1-2.8 kbar, Kaygusuz vd., 2020) saptanan değerlere benzer; ancak Dölek, Sarıçiçek, Sorkunlu, Üzengili ve Arslandede plütonlarına (0.3-8.2 kbar, Eyuboğlu vd., 2017) göre daha düşük değerlere sahiptirler.

İncelenen kayaçlarda yer alan amfiboller kalsik amfibol olup, $Al^{(t)}$ değerleri 2.0'dan daha düşüktür. Hammarstrom ve Zen (1986)'e göre amfibollerin $Al^{(t)} \leq 2.0$ değerleri genelde sığ derinlik sokulumlarına özgüdür. Ayrıca plütonların sığ sokulumlar olduklarını destekleyen grafik-büyüme gibi dokusal özellikler de incelenen kayaçlarda da göze çarpmaktadır.

İncelenen plütonik kayaçlarda yer alan mineraller üzerine yapılan hesaplamalar sonucu, amfibol-plajiyoklas, amfibol ve biyotit termometresi ile apatit ve zirkon termometresine göre hesaplanan sıcaklık değerleri 706-895°C arasında değişmektedir. Doğu Pontidlerde benzer yaşta diğer plütonik kayaçlarla karşılaştırıldığında, incelenen plütonlarda bulunan sıcaklık değerleri, Dölek-Sarıçiçek plütonlarında saptanan değerlere (617-768°C; Karılı vd., 2007) ve Kemerlikdağı, Aydın-tepe ve Pelitli Plütonlarına (616-1172°C; Kaygusuz vd., 2020) ait değerlere benzer; ancak Dölek, Sarıçiçek, Sorkunlu, Üzengili ve Arslandede plütonlarına (388-1196°C, Eyuboğlu vd., 2017) göre daha düşüktür. Amfibol-plajiyoklaz gibi termometrelerin verdiği solidus sıcaklığı genelde $>700^{\circ}C$ 'dir (Anderson, 1996). Amfibol-plajiyoklaz termometresi ile elde edilen sıcaklığın solidus sıcaklığından ($\sim 700^{\circ}C$) daha düşük olması sub-solidus yeniden dengelenmeyi gösterir (Moazzen ve Droop, 2004).

İncelenen plütonları oluşturan kayaçlardaki biyotitler, orta değerlerdeki Al^4 (2.18-2.36 fbb) ve kısmen yüksek Mg# (0.52-0.58) değerleriyle manto kaynaklı magma ürünü granitoid biyotitlerine ($Al^4 = 2.3-2.4$; Mg# > 0.60) benzerlik gösterirler (Şekil 66).



Şekil 66. İncelenen kayaçlardaki biyotitlerde Al^{4+} e karşı $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ diyagramı (meta-sedimenter ergiyik alanı Kemp (2001)'den, manto kökenli ergiyik alanı ise Kemp (2004)'den alınmıştır)

Bazı araştırmacılara (Wones, 1989; Anderson ve Smith, 1995; Kemp, 2004) göre, yavaş soğuma nedeniyle granitik magmaların orijinal oksijen fugasitesi belirlenemediğinden sadece göreceli yaklaşımlar ve hesaplamalarda bulunabilir. İncelenen örneklerde oksijen fugasitesi ($\log_{10} fO_2$) değerleri -12.5 ile -16.14 arasında olup, Eosen yaşlı Dölek-Sarıçiçek plütonlarında saptanan değerlere (-15 ile -21, Karlı vd., 2007) benzerdirler.

Kayaçlarda sulu mafik mineraller (amfibol, biyotit) ile titanit ve apatit bulunması, magmanın yüksek su ve uçucu içeriğine işaret eder. Bu içerikteki yüksek sıcaklıklı magma, tümüyle kristallenmeden kıtasal kabuğun sığ derinliklerine kadar yükselebilir (Helmy vd., 2004). Amfibol içeren magmaların su içerikleri tartışmalı olup, bu içerikler Luhr vd. (1982)'ye göre %2-3, Eggler (1972), Helz (1973) ve Naney (1983)'e göre ortalama %5, Merzbacher ve Eggler (1984)'e göre ise ortalama %6 dır. İncelenen örneklerdeki amfibollerden hesaplanan su içerikleri 3.7 ila 5.7 arasındadır.

Sonuç olarak, mineral kimyası verilerinden yararlanarak yapılan termobarometrik hesaplamalar göre, incelenen kayaçlarda basınç değerleri 0.1-2.1 kbar arasında ve sıcaklık değerleri 706-895⁰C arasında değişmektedir. Tüm bu özellikler dikkate alındığında, incelenen plütonun kıtasal kabuk içerisinde, sulu magmalardan itibaren sığ derinliklere (1-8 km) yerleştiği ileri sürülebilir.

4.3. Plütonlarda Zaman-Mekân-Bileşim Değişimi

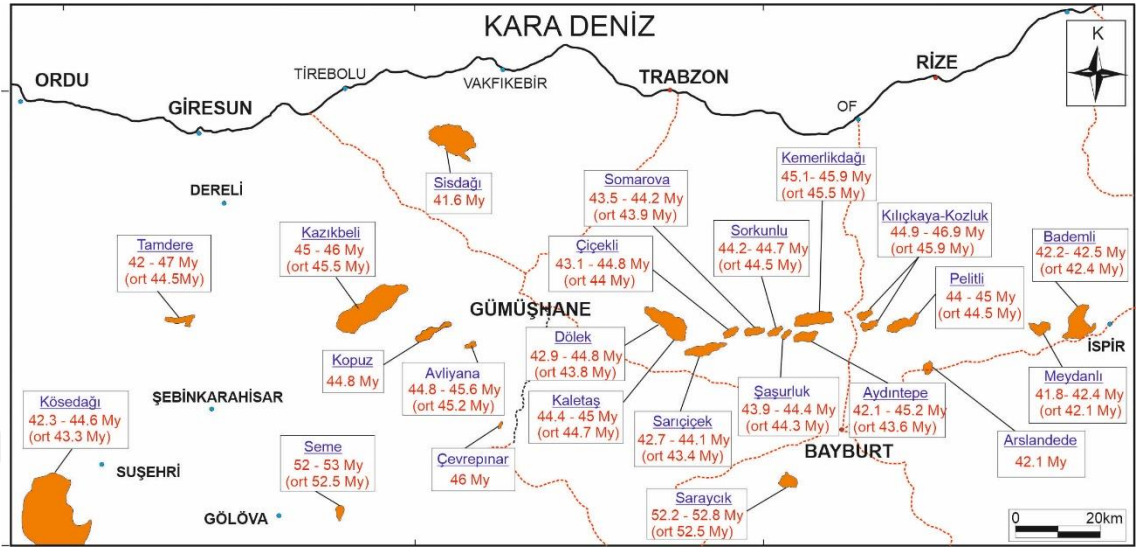
Eosen yaşlı plütonik kayaçlar, Doğu Pontidler'in güney kısmında, İspir-Gümüşhane hattı boyunca yaygın olarak gözlenirken, bu hattın kuzey ve güneyinde daha az bir alanda yüzeyleme verirler. Dereli-Gümüşhane-İspir hattı boyunca yer alan Eosen yaşlı plütonik

kayaçlar yaklaşık batı-doğu (B-D) hattı boyunca sıralanmış olup, batıdan doğuya doğru sırasıyla Tamdere (Eyuboğlu vd., 2017), Kazıkbeli (Bu çalışma), Kopuz (Doruk, C., 2021), Avliyana (Vural ve Kaygusuz, 2021), Dölek (Karlı vd., 2007), Kaletaş (Arslan ve Aslan, 2006), Sarıçiçek (Karlı vd., 2007), Çiçekli (Kaygusuz vd., 2019), Somarova (Kaygusuz vd., 2019), Sorkunlu (Kaygusuz vd., 2019), Şaşurluk (Kaygusuz vd., 2019), Aydın-tepe (Kaygusuz vd., 2019, 2020), Kemerlikdağı (Kaygusuz vd., 2019, 2020), Kılıçkaya-Kozluk (Kaygusuz ve Öztürk, 2015), Pelitli (Kaygusuz vd., 2019, 2020), Arslandede (Eyuboğlu vd., 2017), Çakırbağ (Eyuboğlu vd., 2017), Meşebaşı (Eyuboğlu vd., 2017), Meydanlı (Eyuboğlu vd., 2017) ve Bademli (Eyuboğlu vd., 2017) Plütonları'ndan oluşur. Kuzeyde Sisdağı (Karlı vd., 2012; Arslan ve Aslan, 2006) Plütonu, en güneyde Köseadağı (Eyuboğlu vd., 2017), Seme (Eyuboğlu vd., 2011), Çevrepınar (Eyuboğlu vd., 2017) ve Saraycık (Topuz vd., 2006) Plütonları yer alır (Şekil 68).

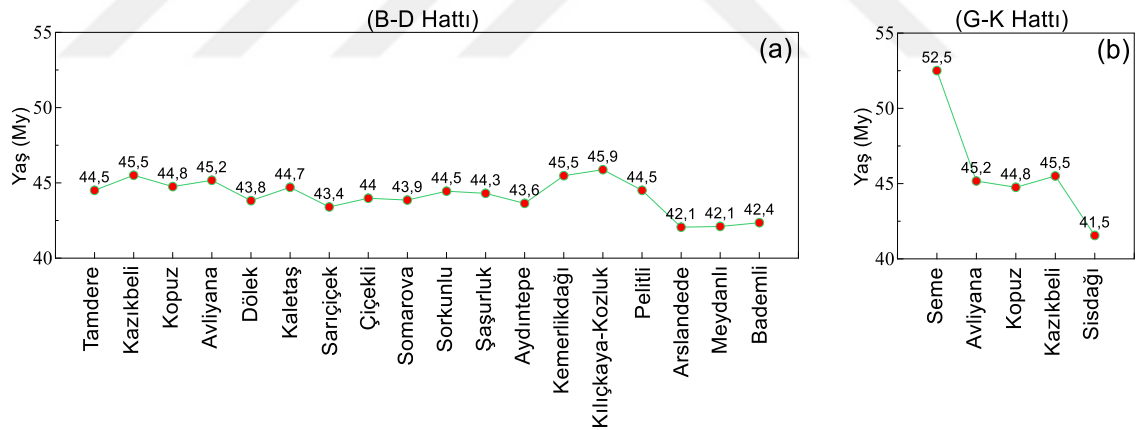
Bu bölümde Doğu Pontidlerde yer alan Eosen yaşlı Plütonların yaş, tüm-kayaç jeokimya ve izotop değerlerinin batı-doğu (B-D hattı) ve yaklaşık güney-kuzey (G-K hattı) istikametlerde (Şekil 67-82) değişimleri irdelenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, Doğu Pontidlerde yer alan Eosen yaşlı Plütonların yaş, bazı tüm-kayaç jeokimyası ve izotop verilerine ait minimum, maksimum ve ortalama değerleri Ek 10'da verilmiştir.

Batı-doğu (B-D) hattındaki plütonlar batıdan doğuya doğru sırasıyla Tamdere, Kazıkbeli, Kopuz, Avliyana, Dölek, Kaletaş, Sarıçiçek, Çiçekli, Somarova, Sorkunlu, Şaşurluk, Aydın-tepe, Kemerlikdağı, Kılıçkaya-Kozluk, Pelitli, Arslandede, Çakırbağ, Meşebaşı, Meydanlı ve Bademli Plütonlarıdır. Yaklaşık güney-kuzey (G-K) hattındaki plütonlar güneyden kuzeye doğru sırasıyla Seme, Avliyana, Kopuz, Kazıkbeli ve Sisdağı Plütonlarıdır (Şekil 67).

Şekil 69 ve 70’de görüldüğü gibi plüton yaşları batıdan doğuya doğru (B-D hattı) kısmen de olsa azalmaktadır. Plütonların yaşları güneyden kuzeye doğru (G-K hattı) belirgin bir şekilde azalma göstermektedir (Şekil 69 ve 70).

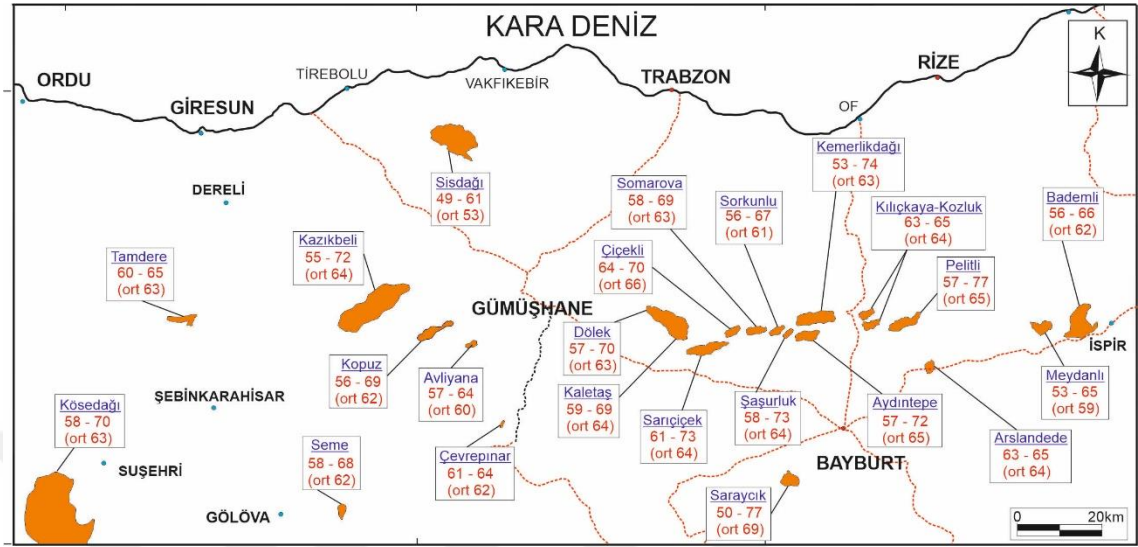


Şekil 69. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda jeokronolojik yaşlarının batı-doğu ve güney-kuzey istikametlerdeki değişimlerini gösteren jeolojik harita

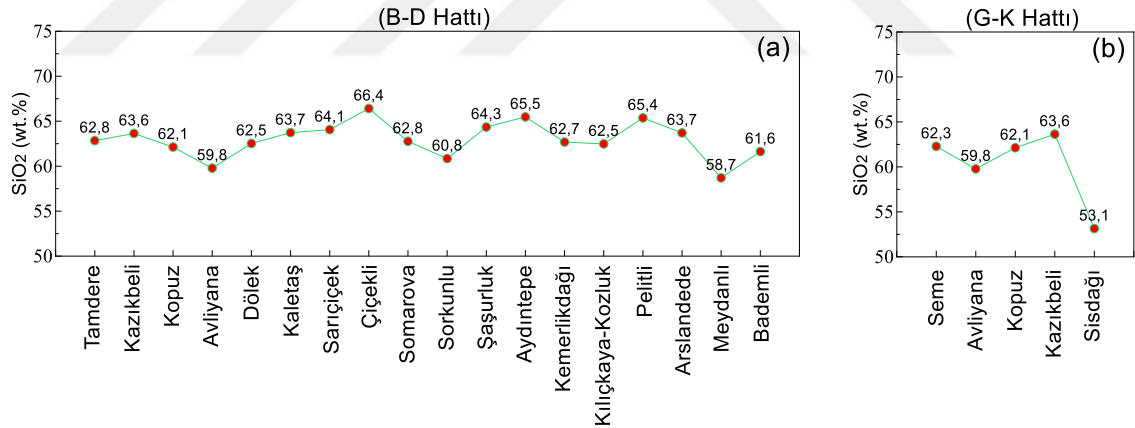


Şekil 70. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda jeokronolojik yaşlarının batı-doğu (B-D hattı) ve güney-kuzey (K-G hattı) istikametlerdeki değişimleri (ortalama değerler için Ek 10’a bakınız)

Plütonları oluşturan kayaç türlerinin SiO₂ içerikleri batıdan doğuya doğru (B-D hattı) sistematik bir azalma ya da artma göstermezken, güneyden kuzeye doğru (G-K hattı) genelde bir azalma göstermektedir (Şekil 71 ve 72).

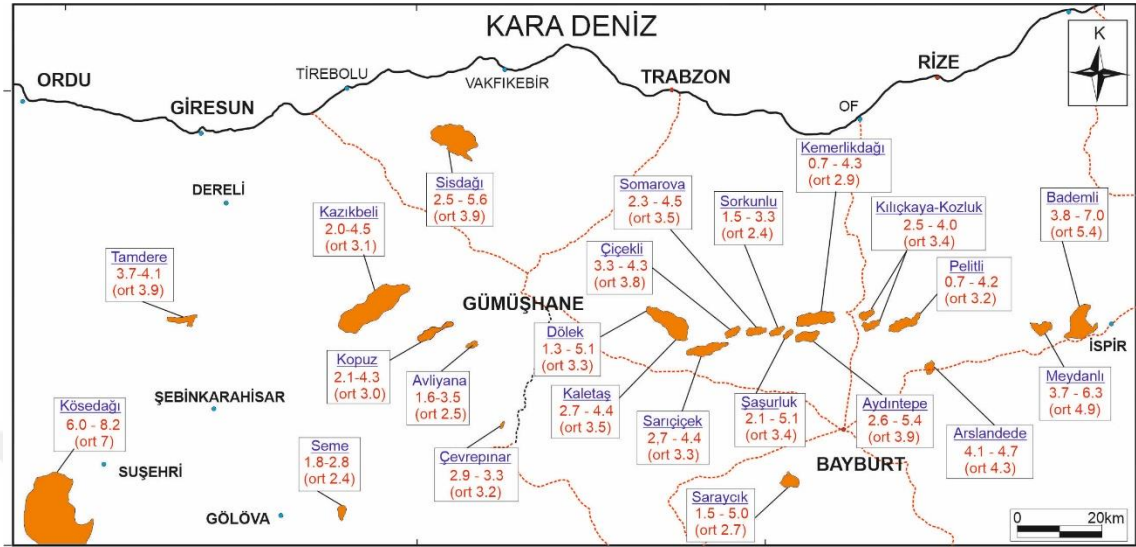


Şekil 71. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda SiO₂ içeriklerinin batı-doğu ve güney-kuzey istikametlerdeki değişimlerini gösteren jeolojik harita

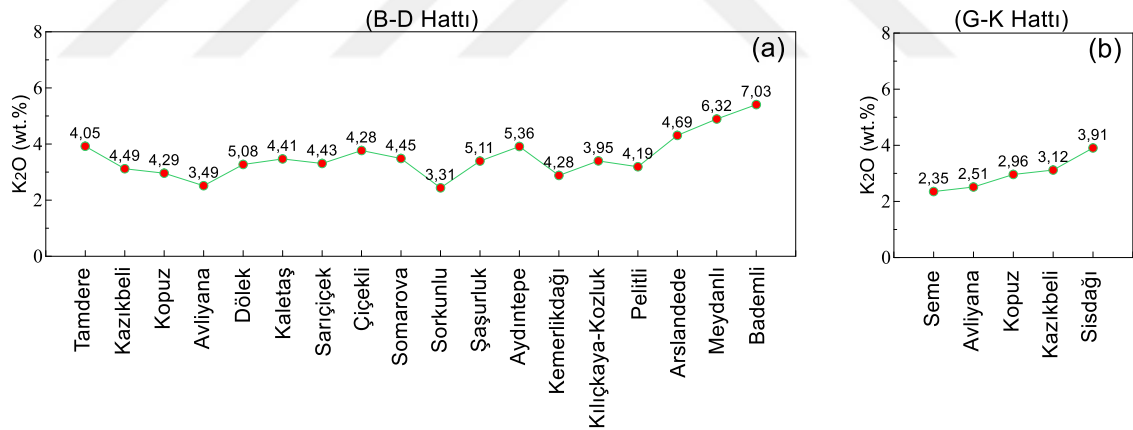


Şekil 72. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda jeokronolojik yaşlarının batı-doğu (B-D hattı) ve güney-kuzey (K-G hattı) istikametlerdeki değişimleri

Plütonları oluşturan kayaç türlerinin K₂O içerikleri genel olarak batıdan doğuya doğru (B-D hattı) sistematik bir artış gösterirken, güneyden kuzeye doğru (G-K hattı) az da olsa bir artış gösterir (Şekil 73 ve 74).

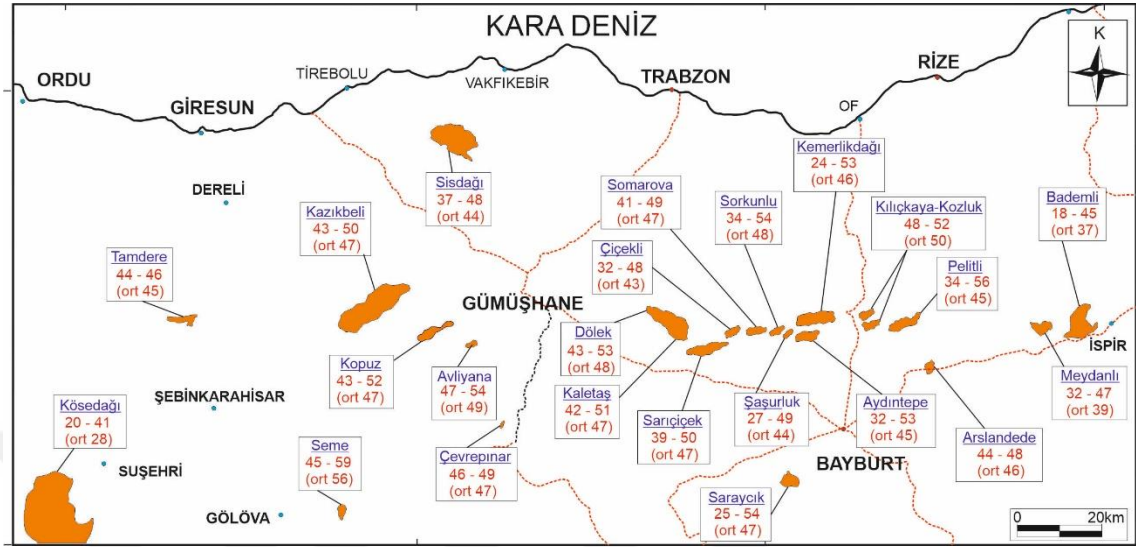


Şekil 73. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda K₂O içeriklerinin batı-doğu ve güney-kuzey istikametlerdeki değişimlerini gösteren jeolojik harita

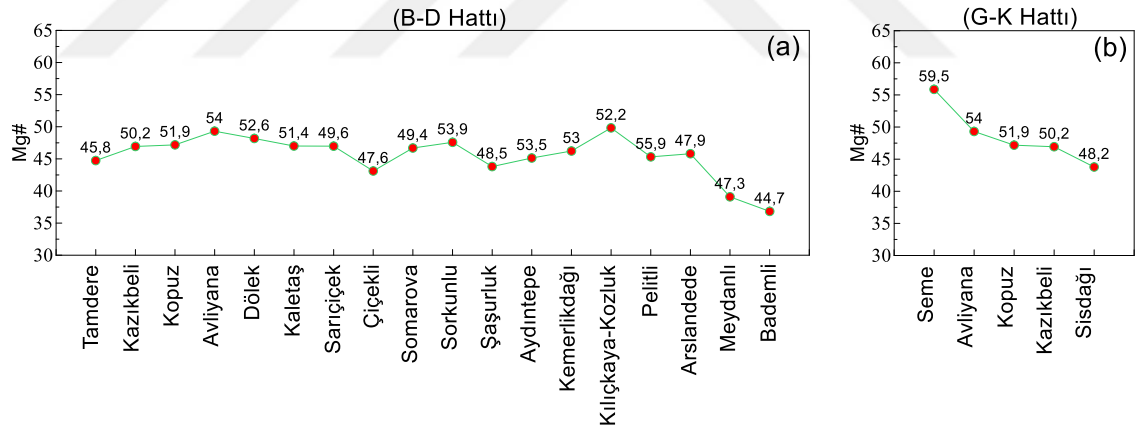


Şekil 74. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda jeokronolojik yaşlarının batı-doğu (B-D hattı) ve güney-kuzey (K-G hattı) istikametlerdeki değişimleri

Plütonları oluşturan kayaç türlerinin Mg# değerleri batıdan doğuya (B-D hattı) az da olsa bir düşüş gösterirken, güneyden kuzeye doğru (G-K hattı) belirgin bir düşüş gösterir (Şekil 75 ve 76).

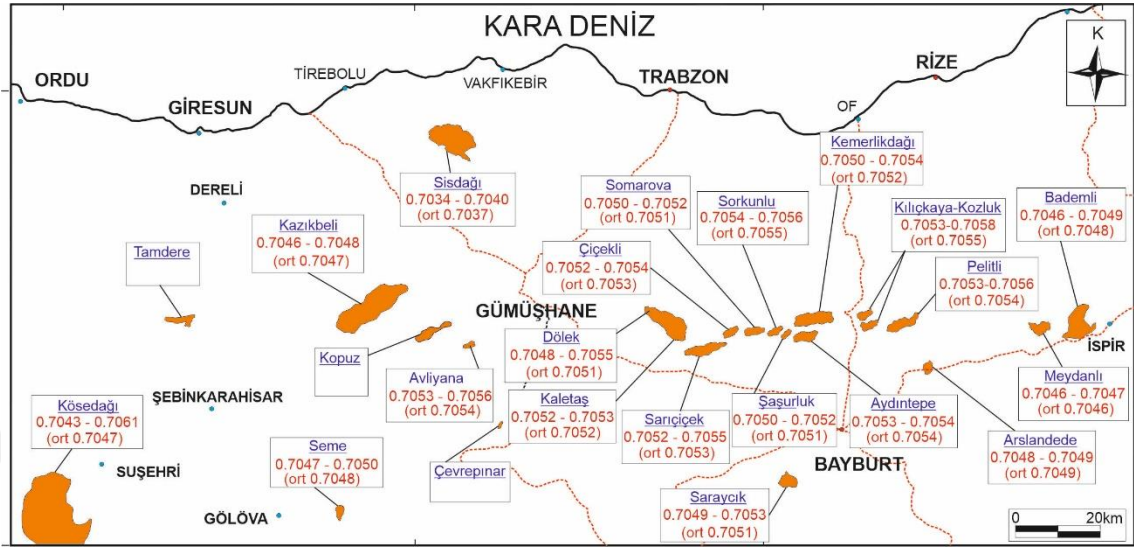


Şekil 75. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda Mg# içeriklerinin batı-doğu ve güney-kuzey istikametlerdeki değişimlerini gösteren jeolojik harita

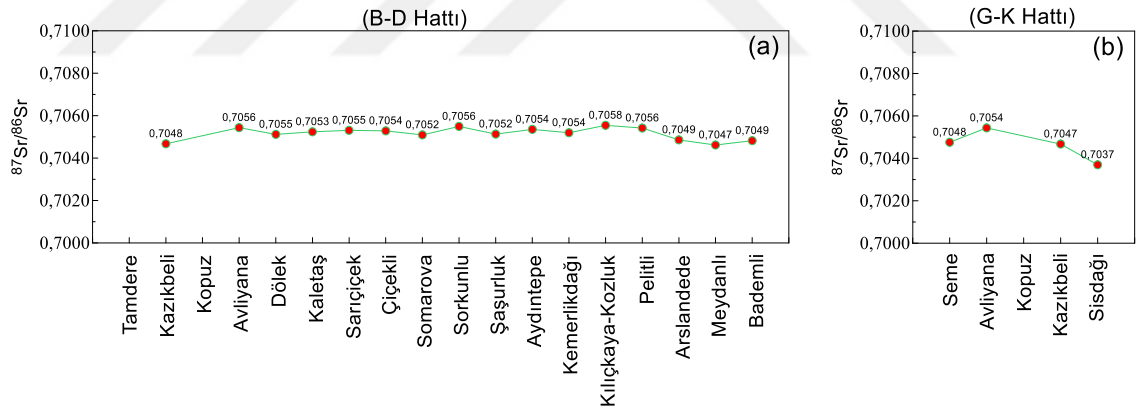


Şekil 76. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda jeokronolojik yaşlarının batı-doğu (B-D hattı) ve güney-kuzey (K-G hattı) istikametlerdeki değişimleri

Plütonları oluşturan kayaç türlerinin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ içerikleri batıdan doğuya (B-D hattı) ve güneyden kuzeye doğru (G-K hattı) sistematik bir değişim göstermemektedir (Şekil 77 ve 78).

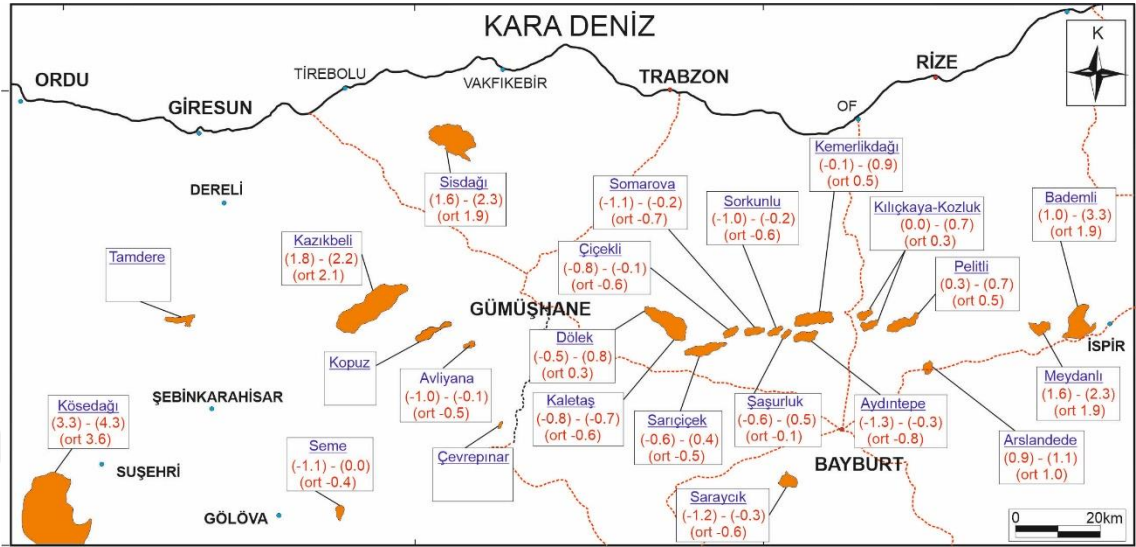


Şekil 77. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ içeriklerinin batı-doğu ve güney-kuzey istikametlerdeki değişimlerini gösteren jeolojik harita

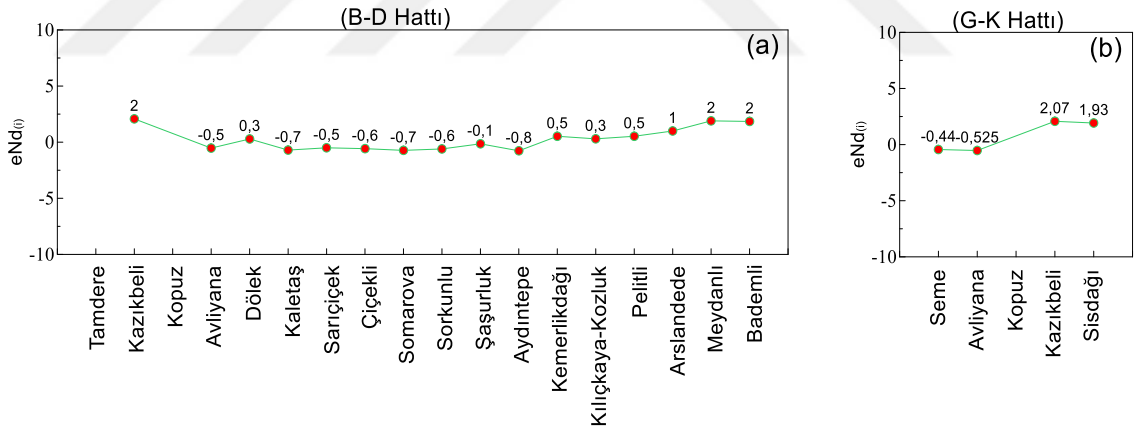


Şekil 78. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda jeokronolojik yaşlarının batı-doğu (B-D hattı) ve güney-kuzey (K-G hattı) istikametlerdeki değişimleri

Şekil 79 ve 80’de görüldüğü gibi plütonları oluşturan kayaç türlerinin $eNd(i)$ içerikleri batıdan doğuya (B-D hattı) ve güneyden kuzeye doğru (G-K hattı) sistematik bir değişim göstermemektedir.

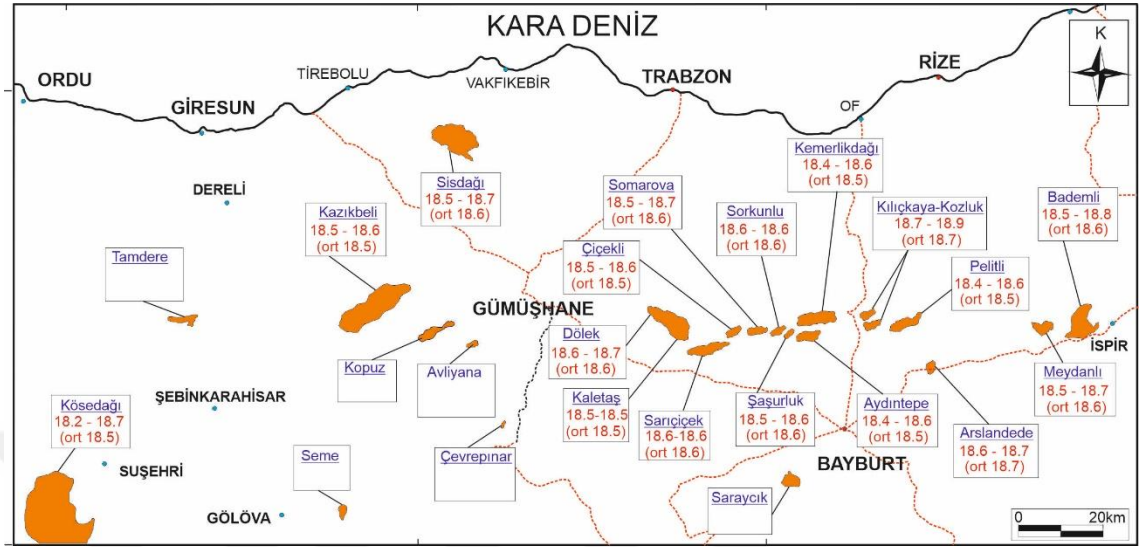


Şekil 79. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda $eNd(i)$ içeriklerinin batı-doğu ve güney-kuzey istikametlerdeki değişimlerini gösteren jeolojik harita

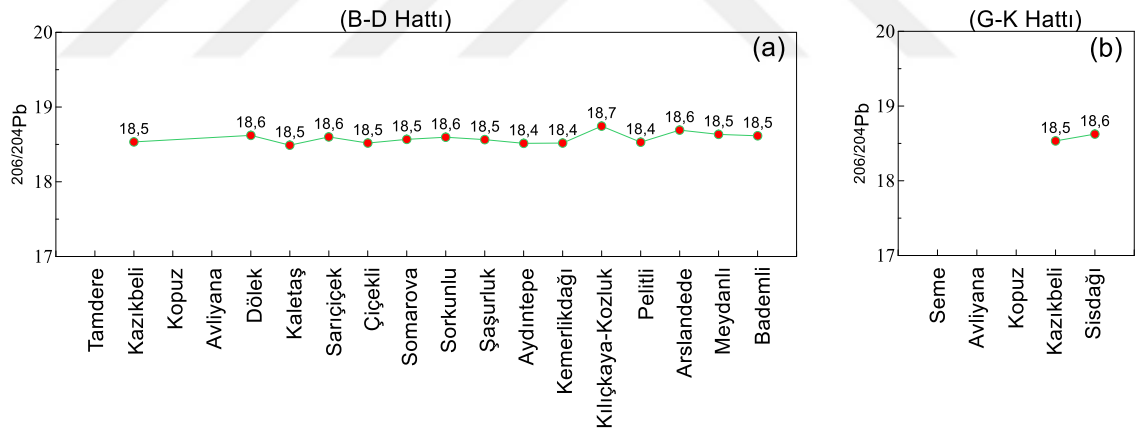


Şekil 80. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonların $eNd(i)$ içeriklerinin batı-doğu (B-D hattı) ve güney-kuzey (K-G hattı) istikametlerdeki değişimleri

Plütonları oluşturan kayaç türlerinin $^{206/204}\text{Pb}_{(i)}$ içerikleri batıdan doğuya (B-D hattı) ve güneyden kuzeye doğru (G-K hattı) sistematik bir değişim göstermemektedir (Şekil 81 ve 82).



Şekil 81. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda $^{206/204}\text{Pb}_{(i)}$ içeriklerinin batı-doğu ve güney-kuzey istikametlerdeki değişimlerini gösteren jeolojik harita



Şekil 82. Doğu Pontidler’de Eosen yaşlı plütonlarda jeokronolojik yaşlarının batı-doğu (B-D hattı) ve güney-kuzey (K-G hattı) istikametlerdeki değişimleri

Sonuç olarak mevcut veriler dikkate alındığında, Doğu Pontidlerdeki Eosen yaşlı Plütonları oluşturan kayaçların yaşları ve Mg numaraları (Mg#) batıdan doğuya (B-D hattı) ve güneyden kuzeye doğru (G-K hattı) kısmen de olsa bir azalma gösterirken, K_2O içerikleri artış göstermekte, SiO_2 içerikleri ise güneyden kuzeye doğru (G-K hattı) bir azalma göstermektedir. Oysa, plütonları oluşturan kayaç türleri, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ içerikleri,

eNd_(i) içerikleri ve ^{206/204}Pb_(i) içerikleri batıdan doğuya (B-D hattı) veya güneyden kuzeye doğru (G-K hattı) sistematik bir değişim göstermezler (Şekil 67-82, Ek 10).

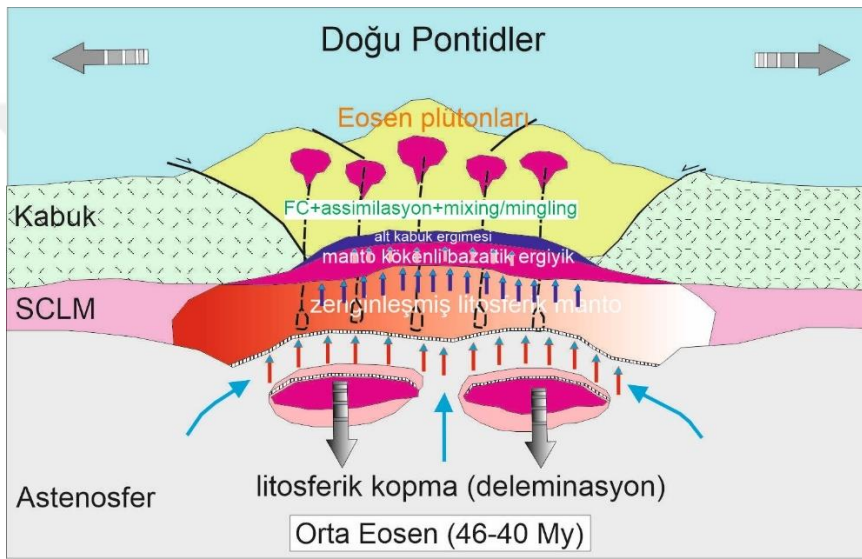
4.4. Jeodinamik Evrim

Doğu Pontidler’de Erken Kambriyen’den Eosen sonrasına kadar geniş bir yaş aralığı ve bileşime sahip irili ufaklı onlarca plütonik kayaç bulunmaktadır (Şekil 1). İncelenen plütonların da içinde yer aldığı Eosen yaşlı plütonik kayaçlar, daha ziyade Doğu Pontidler’in güneyinde yer alırlar (Şekil 1).

Pontidler’de yitim yönü, yitim sonlanma zamanı, Avrasya levhası ile Torid-Anatolid Platformu’nun çarpışma zamanı ile ilgili görüş farklılıklarının halen daha devam etmesi nedeniyle, Senozoyik magmatizması için öngörülen jeodinamik modeller de farklılık göstermiştir. Birçok araştırmacı Pontidler’de Senozoyik magmatizmasının, yitim plakasının kopması (slab-break off; Boztuğ vd., 2004, 2007) ve litosferik dilim kopması (delaminasyon; Karşlı vd., 2007, 2010; Temizel vd., 2012; Arslan vd., 2013) ile oluştuklarını belirtmişlerdir. Buna karşın bazı yazarlar (Eyüboğlu vd., 2011a, b, c, 2013, 2017), Doğu Pontidler’de Neotetis’in geç Mesozoyik-Senozoyik’de güney yönlü yitimiyle şoşonitik ve ultrapotasik kayaçların oluştuğunu; Geç Paleosen adakitik (~55 My), Eosen adakitik ve kalk-alkalen magmatizmalarının (~53-47 My) ise güney yönlü sırt yitimi, “roll-back” ve eş zamanlı yitim penceresi (slab window) gibi farklı jeodinamik modeller ile açıklamışlardır. Okay ve Şahintürk (1997) ve Dilek (2006), Pontid magmatik yayı ile Torid-Anatolid bloğunun çarpışmasının Geç Paleosen-Erken Eosen (~55 My) döneminde gerçekleştiği belirtmişlerdir. Dolayısıyla, bölgede yaklaşık 70 ila 55 milyon yılları arasında bir magmatik aktivite boşluğu vardır. Bu yaş aralığının Doğu Pontidler’de kabuk yükselimi ve kalınlaşmasının meydana geldiği çarpışma zaman dilimine karşılık geldiği düşünülmektedir.

Bazı araştırmacılara (Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Arslan vd., 2013) göre Eosen birimleri Doğu Pontidler’de genellikle Kretase ve Paleosen birimleri üzerine bazı kısımlarda taban konglomerası ile uyumsuz olarak gelir ve andezit, bazalt ve piroklastları ile filiş çökellerinden oluşan seriler tarafından üstlenirler. Pontidler’deki Erken Eosen yaşlı (~ 55 My) adakitik kayaç oluşumları yay-kıta çarpışmasının son aşamasına karşılık gelir ve çarpışma ile eş yaşlı veya çarpışma sonrası köken ile ilişkilendirilirler (Topuz vd., 2005, 2011; Karşlı vd., 2010, 2011). Orta Eosende (~ 46-40 My) I-tipi, metalümin karakterli plütonik kayaçlar (Yılmaz-Şahin, 2005; Boztuğ vd., 2004; Arslan ve Arslan, 2006; Boztuğ ve Harlavan, 2008; Topuz vd., 2005; Karşlı vd., 2007, 2012; Kaygusuz ve Öztürk, 2015) ile kalk-alkalen, orta-yüksek K’lu volkanik kayaçların (Arslan ve

Aliyazıcıoğlu, 2001; Kaygusuz vd., 2011; Arslan vd., 2013; Temizel vd., 2012; Temizel vd., 2016; Aydınçakır, 2014; Yücel vd., 2017) jeokimyasal ve petrolojik özellikleri dikkate alındığında, magmatizmanın çarpışma ve sonrasında gelişen jeodinamik olaylarla ilişkili olduğu ve daha çok zenginleşmiş kıta altı litosferik manto ile alt kıtasal kabuk ergiyiklerinden ve/veya karışımından türediği ileri sürülmüştür (Temizel vd., 2012, 2016; Arslan vd., 2013, Yücel vd., 2017). Ayrıca Eosen magmatizmanın çarpışma, çarpışma sonrası kabuk kalınlaşması ve litosferik kopmayla ilişkili gerilmeli tektonik ortamı karakterize ettiği belirtilmiştir (Kaygusuz vd., 2011; Arslan vd., 2013; Temizel vd., 2012; Aslan vd., 2014; Yücel vd., 2017) (Şekil 83).



Şekil 83. Doğu Pontidler'de çarpışma sonrası litosferik kalınlaşma ve delaminasyon ile ilişkili Orta Eosen (~ 46-40 My) yaşlı plütonların yerleşimine ait şematik jeodinamik model (Temizel vd., 2012, 2016, Arslan vd., 2013, Yücel vd., 2017, Kaygusuz vd., 2020'den değiştirilerek)

5. SONUÇLAR

1. Bu çalışma kapsamında Doğu Pontidler'in Kuzey Zonu'nda, Kürtün güneyinde yer alan Eosen yaşlı Kazıkbeli Plütonu incelenmiş olup, bu plüton Erken-Orta Jura yaşlı Hamurkesen Formasyonunu, Geç Kretase yaşlı Çatak, Kızılkaya ve Çağlayan Formasyonları ile Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonunu kesmiştir.

2. İncelenen Kazıkbeli Plütonu genel olarak KD-GB uzanımlı ve elips şekilli olup, yaklaşık 45 km²'lik bir alanda yayılım gösterir.

3. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaçların U-Pb zirkon yaşları 46-45 My arasında olup, Lütésiyan (orta Eosen) dönemine karşılık gelmektedir.

4. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaçların bileşimleri gabroyik diyoritten granite kadar değişmekte olup, geniş bir bileşim aralığına sahiptir.

5. Kazıkbeli Plütonu'na oluşturan kayaçlardaki başlıca mineralleri plajiyoklas, ortoklas, kuvars, hornblend, biyotit ve opak mineraller oluşturur.

6. Kazıkbeli Plütonu'na ait kayaçların SiO₂ içerikleri %55-72 arasında değişmekte olup, bu kayaçlar genel olarak I-tipi, yüksek K'lu kalk-alkali ve genellikle metalümin, kısmen de peralümin karakter gösterirler.

7. Kazıkbeli Plütonu'nu oluşturan kayaçlar YÇAE elementlere kıyasla, BYLE ve HNTE elementlerce zenginleşmiştir.

8. Kazıkbeli Plütonu'nu oluşturan kayaçların ana ve iz element değişimleri, kayaçların gelişiminde plajiyoklas, amfibol ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğuna işaret eder.

9. Kazıkbeli Plütonu'nu oluşturan kayaçların petrolojik özellikleri, kayaçların gelişiminde özellikle fraksiyonel kristallenmenin etkili olduğunu ve daha az oranda da asimilasyonun rol oynadığını gösterir.

10. Kazıkbeli Plütonu'nu oluşturan kayaçlar benzer Sr-Nd-Pb izotop bileşimlerine sahip olup, genel olarak dar bir aralıkta değişim gösterirler. Bu izotopik oranlar, litosferik manto aralığı içinde yer almaktadır.

11. Kazıkbeli Plütonu'nu oluşturan kayaçların ¹⁷⁶Hf/¹⁷⁷Hf_(i) ve εHf_(i) değerleri tüketilmiş manto değerlerinden daha düşük, ancak kondrit bileşimlerine göre daha yüksek değerlere karşılık gelmekte olup, litosferik manto aralığı içinde yer alırlar.

12. Petrokimyasal ve izotop veriler birlikte değerlendirildiğinde, Kazıkbeli Plütonu'nu oluşturan kayaçların ana magmasının litosferik mantodan türediğini, gelişimlerinde kabuksal kayaçların katkısının nispeten az olduğunu gösterir.

13. İncelenen kayaçların kristallenmeleri esnasındaki katılaşma sıcaklıkları, basınçları, oksijen fugasitesi değerleri ve su içerikleri dikkate alındığında, Kazıkbeli Plütönu'nu oluşturan kayaçların nispeten sığ derinliklere (~ 1 ile 8 km) yerleşmiş oldukları sonucuna varılabilir.

14. Doğu Pontidlerdeki Eosen yaşlı plütönları oluşturan kayaçların zaman-mekan-bileşim ilişkileri dikkate alındığında, bu kayaçların yaşları ve Mg numaraları (Mg#) batıdan doğuya ve güneyden kuzeye doğru kısmen de olsa bir azalma gösterirken, K₂O içerikleri artış göstermekte, SiO₂ içeriklerinde ise güneyden kuzeye doğru bir azalma görülmektedir. Ancak, plütönları oluşturan kayaç türleri, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_(i) içerikleri, eNd_(i) içerikleri ve ²⁰⁶/²⁰⁴Pb_(i) içerikleri batıdan doğuya veya güneyden kuzeye doğru sistematik bir değişim göstermezler.

KAYNAKÇA

- Abdel-Rahman, A.M. (1994). Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline, and peraluminous magmas. *Journal of Petrology*, 35, 525-541.
- Ağar, Ü. (1977). *Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi*. Yayınlanmamış doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Akın, H. (1978). Geologie, magmatismus und lager-staettenbildung im ostpontischen gebirge-Turkei aus der sicht der plattentektonik. *Geologische Rundschau*, 68, 253-283.
- Albarade, F. (1996). *Introduction to Geochemical Modelling*, Cambridge University Press, 543.
- Alp, D. (1972). Amasya yöresinin jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri, 22, İstanbul, 135.
- Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H.P. ve Satır, M. (2008). Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic characteristics of Paleocene plagioclitites from the Eastern Pontides (NE Turkey), *Lithos*, 105, 149-161.
- Altınkaynak, L. (2000). *Ağvanis Masifi doğu kesimi ve çevre kayaçlarının jeolojisi, petrografisi ve jeokimyası*. Yayınlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Andersen, D.J. ve Lindsley, D.H. (1985). New (and final) models for the Ti-magnetite/ilmenite geothermometer and oxygen barometer. Abstract AGU 1985 Spring Meeting Eos Transactions. *American Geophysical Union*, 66(18), 416.
- Anderson, J.L. ve Smith, D.R. (1995). The effects of temperature and fO_2 on the Al-in hornblende barometer. *American Mineralogist*, 80, 549-559.
- Arslan, M. ve Aliyazıcıoğlu, İ. (2001). Geochemical and petrological characteristics of the Kale (Gümüşhane) volcanic rocks: Implications for the Eocene evolution of Eastern Pontide arc volcanism, Northeast Turkey, *International Geology Review*, 43, 595-610.
- Arslan, M. ve Aslan, Z. (2006). Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of the Cenozoic granitic intrusions in the Eastern Pontides (Turkey), *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 177-193.
- Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., Yücel, C., Boztuğ, D. ve Şen, C. (2013). ^{40}Ar - ^{39}Ar dating, whole-rock and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE

- Turkey): Implications for magma evolution in extension-induced origin, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 166, 113-142.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H. (1997). Geochemistry and petrogenesis of the Eastern Pontide volcanic rocks, Northeast Turkey. *Chemie der Erde*, 57, 157-187.
- Arslan, M., Temizel, İ., Ackerman, L., Yücel, C. ve AbdioğluYazar, E. (2022). Highly siderophile element and Os isotope systematics of the Cenozoic volcanic rocks from the Eastern Pontides, NE Turkey: Constraints on the origin and evolution of subcontinental mantle-derived magmas. *Lithos*, 410-411, 106575.
- Aslan, Z. (1998). *Saraycık-Sarıhan Granitoidleri (Bayburt) ve çevre kayaçlarının petrolojisi, jeokimyası ve Sarıhan Granitoidi'nin jeokronolojik incelenmesi*. Yayınlanmamış doktora tezi, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aslan, Z. (2010). U-Pb Zircon SHRIMP Age, geochemical and petrographical characteristics of tuffs within calc-alkaline Eocene volcanics around Gümüşhane (NE Turkey), Eastern Pontides, *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 187(3), 329-346.
- Aslan, Z., Arslan, M., Temizel, İ. ve Kaygusuz, A. (2014). K-Ar dating, whole-rock and Sr-Nd isotope geochemistry of calc-alkaline volcanic rocks around the Gümüşhane area: Implications for post-collisional volcanism in the Eastern Pontides, *Mineralogy and Petrology*, 108, 254-267.
- Aydın, F. (2003). *Değirmendere Vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Mineral Kimyası, Petrolojisi ve Petrojenezi*. Yayınlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydın, F., Karlı, O. ve Chen, B. (2008). Petrogenesis of the neogene alkaline volcanics with implications for post collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey, *Lithos*, 104, 249-266.
- Aydınçakır, E. (2014). The Petrogenesis of Early-Eocene non-adakitic volcanism in NE Turkey: Constraints on geodynamic implications. *Lithos*, 208, 361-377.
- Aydınçakır, E. (2016). Subduction-related Late Cretaceous high-k volcanism in the Central Pontides Orogenic Belt: Constraints on geodynamic implications. *Geodinamica Acta*, 28(4), 379-411.
- Aydınçakır, E. ve Şen, C. (2013). Petrogenesis of the post-collisional volcanic rocks from the Borçka (Artvin) Area: Implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), *Lithos*, 172-173, 98-117.

- Aydıncakır, E., Gündüz, R. ve Yücel, C. (2020). Emplacement conditions of magma(s) forming Jurassic plutonic rocks in Gümüşhane (Eastern Pontides, Turkey), *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 162, 175-196.
- Aydıncakır, E., Yücel, C., Ruffet, G., Gücer, M.A., Akaryalı, E. ve Kaygusuz, A. (2022). Petrogenesis of post-collisional Middle Eocene volcanism in the Eastern Pontides (NE, Turkey): Insights from geochemistry, whole-rock Sr-Nd-Pb isotopes, zircon U-Pb and ^{40}Ar - ^{39}Ar geochronology, *Chemie der Erde - Geochemistry*, 82(2), 125871.
- Bacon, C.R. ve Druitt, T.H. (1988). Compositional evolution of the zoned calc-alkaline magma chamber of Mount Mazama, Crater Lake, Oregon: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 98, 224-256.
- Baker, J., Peate, D., Waight, T. ve Meyzen, C. (2004). Pb isotopic analysis of standards and samples using a $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ double spike and thallium to correct for mass bias with a double-focusing mc-icp-ms. *Chemical Geology*, 211(3-4), 275-303.
- Baker, J.A., Menzies, M.A., Thirlwall, M.F. ve MacPherson, C.G. (1997). Petrogenesis of quaternary intraplate volcanism, Sana'a, Yemen: Implications for plume lithosphere interaction and polybaric melt hybridization, *Journal of Petrology*, 38, 1359-1390.
- Barbarin, B. (1999). A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. *Lithos*, 46, 605-626.
- Batchelor, B. ve Bowden, P. (1985). Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters: *Chemical Geology*, 48, 43-55.
- Beckinsale, R.D. (1979). Granite magmatism in the belt of South-East Asia: Origin of granite batholiths, Atherton, M.P. and Tarney, J. (Ed.) Shiva Publishing Ltd., England.
- Bektaş, O. (1984). Doğu Pontidler'de Geç Kretase yaşlı şoşonitik volkanizma ve jeotektonik önemi, Trabzon, *K.Ü. Dergisi*, 3(1-2), 53-62.
- Bektaş, O. (1986). Paleostress trajectories and polyphase rifting in arc-back arc of Eastern Pontides, Maden Tetkik Arama Bülteni, 15(1), 103, 104.
- Ben O. D., Polve, M. ve Allegre, C.J. (1984). Nd-Sr isotopic composition of granulites and constraints on the evolution of the lower continental crust, *Nature*, 307, 510-515.
- Blichert-Toft, J. ve Albare`de, F. (1997). The Lu-Hf isotope geochemistry of chondrites and the evolution of the mantle-crust, *Earth and Planetary Science Letters*, 148, 243-258.

- Blundy, J.D. ve Holland, T.J.B. (1990). Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 104, 208-224.
- Borg, L.E., Nyquist, L.E., Wiesmann, H. ve Shih, C.Y. (1997). Constraints on martian differentiation processes from Rb-Sr and Sm-Nd isotopic analyses of the basaltic shergottite QUE94201. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 61, 4915-4931.
- Boynukalın, S. (1990). *Dereli (Giresun) baraj yeri ve göl alanının mühendislik jeolojisi ve çevre kayaçlarının jeomekanik özellikleri*, Yayınlanmamış doktora tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Boztuğ, D. (2001). Petrology and geodynamics of the alkaline and transalkaline igneous rocks outcropping in the northern and southern parts of the North Anatolian Fault Zone, Eastern Pontides, Turkey. *Fourth International Turkish geology Symposium, (ITGS-IV)*, 24-28 September 2001, Abstracts, 208.
- Boztuğ, D. (2008). Petrogenesis of the Köseadağ Pluton, Suşehri-NE Sivas, East-Central Pontides, Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 241-262.
- Boztuğ, D. ve Harlavan, Y. (2008). K-Ar ages of granitoids unravel the stages of Neo-Tethyan convergence in the Eastern Pontides and Central Anatolia, Turkey. *International Journal Earth Sciences*, 97, 585-599.
- Boztuğ, D., Erçin, A.İ., Kuruçelik, M.K., Göç, D., Kömür, İ. ve İskenderoğlu, A. (2006). Geochemical characteristics of the composite Kaçkar batholith generated in a Neo-Tethyan convergence system, Eastern Pontides, Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 286-302.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R. C, Wagner, G. A. ve Yeğingil, Z. (2004). Slow Senonian and fast Paleocene-early Eocene uplift of the granitoids in the Central Eastern Pontides, Turkey: Apatite fission-track results, *Tectonophysics*, 382(3-4), 213-228.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R. C., Wagner, G. A., Erçin, A. İ. ve Yeğingil, Z. (2007). Titanite and zircon fission-track dating resolves successive igneous episodes in the formation of the composite Kaçkar batholith in the Turkish Eastern Pontides, *International Journal of Earth Sciences*, 96, 875-886.
- Boztuğ, D., Wagner, G. A., Erçin, A. İ., Göç, D., Yeğingil, Z., İskenderoğlu, A., Kuruçelik, M. K., Kömür, İ. ve Güngör, Y. (2002). Spine and zircon fission-track geochronology unravelling subduction- and collision-related magma surges in the composite Kaçkar Batholith, Eastern Black Sea Region, Turkey. International symposium of the faculty of mines (İstanbul Teknik Üniversitesi) on Earth Sciences and Engineering, İstanbul, Turkey, Abstracts, p. 121.

- Chappell, B.W. ve White, A.J.R. (1974). Two contrasting granite types, *Pacific Geology*, 8, 173-204.
- Chen, B., Jahn, B.M. ve Wei, C. (2002). Petrogenesis of Mesozoic granitoids in the Dabie UHP complex, Central China: trace element and Nd-Sr isotope evidence, *Lithos*, 60, 67-88.
- Çakmak, G.ve Kaygusuz, A. (2021). Petrography and crystallization conditions of the Pelitli Pluton in the Bayburt area, Eastern Pontides (NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 10(1), 1658-1669.
- Çoğulu, E. (1975). *Gümüşhane ve Rize granitik plütonlarının mukayeseli petrojeolojik ve jeokronometrik etüdü*, Doçençlik Tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul (Yayınlanmamış).
- Davies, G., Gledhill, A. ve Hawkesworth, C. (1985). Upper crustal recycling in southern Britain: Evidence from Nd and Sr isotopes. *Earth and Planetary Science Letters*, 75(1), 1-12.
- Davies, J. H. ve von Blanckenburg, F. (1995). Slab breakoff: A model of lithospheric detachment and its test in the magmatism and deformation of collisional orogens, *Earth and Planetary Science Letters*, 129, 85-102.
- Deer, W. A., Howie, R. A. ve Zussman, J. (1992). *An introduction to the rock forming minerals*, (second edition), London, Longman, p, 696.
- Defant, M.J. ve Drummond, M.S. (1990). Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere, *Nature*, 347, 662-665.
- Delaloye, M., Çoğulu, E. ve Chessex, R. (1972). Etude ge'ochronometrique des massifs cristallins de Rize et de Gümüşhane, Pontides Orientales (Turquie), In: CR des Sciences, SPHN, Geneve, 7, 43-52.
- DePaolo, D.J. (1981). Trace element and isotopic effects of combined wallrock assimilation and fractional crystallization. *Earth Planet Science Letters*, 53, 189-202.
- Dilek, Y. (2006). Collision tectonics of the Eastern Mediterranean region: Causes and consequences, *Geological Society of America, Special Paper*, 409, 1-13.
- Dokuz, A. (2000). *Yusufeli yöresinin jeolojisi, jeotektoniği, magmatik-metamorfik kayaların jeokimyası ve petrojenezi*. Yayınlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Dokuz, A. (2011). A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Köse composite pluton, *Godwana Research*, 19, 926-944.

- Dokuz, A., Karşlı, O., Chen, B. ve Uysal, I. (2010). Sources and petrogenesis of Jurassic granitoids in the Yusufeli area, Northeastern Turkey: Implications for pre-and post-collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, *Tectonophysics*, 480, 259-279.
- Dokuz, A., Tanyolu, E. ve Genç, S. (2006). A Mantle- and a lower crust-derived bimodal suite in the Yusufeli (Artvin) Area, NE Turkey: Trace element and REE evidence for subduction-related rift origin of early Jurassic Demirkent Intrusive Complex. *International Journal of Earth Sciences*, 95, 370-394.
- Doruk, C. (2021). *Kopuz (Torul, Gümüşhane) Granitoyidi 'nin petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Trabzon.
- Eggler, D.H. (1972). Water-saturated and undersaturated melting relations in a paricutin andesite and an estimate of water content in the natural magma, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 34, 261-271.
- Elburg, M.A., Bergen, M.V., Hoogewerff, J., Foden, J., Vroon, P., Zulkarnain, I. ve Nasution, A. (2002). Geochemical trends across an arc-continent collision zone: Magma sources and slabwedge transfer processes below the pantar strait volcanoes, Indonesia. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 66, 2771-2789.
- Erentöz, C. ve Ketin, İ. (1974). Explanatory text of the geological map of Turkey at 1/500.000 G scale (Kars). *Special Publication of Mineral Research and Exploration*, 57.
- Eyuboğlu, Y., Chung, S. L., Santosh, M., Dudas, F. O. ve Akaryalı, E. (2011a). Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for slab window melting. *Gondwana Research*, 19, 413-429.
- Eyuboğlu, Y., Chung, S.L., Dudas, F.O., Santosh, M. ve Akaryalı, E. (2011). Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for slab window melting. *Gondwana Research*, 19, 413-429.
- Eyuboğlu, Y., Dudas F.O., Santosh, M., Y.I.K., Kwon, S. ve Akaryalı, E. (2013). Petrogenesis and U-Pb zircon chronology of adakitic porphyries within the Kop Ultramafic Massif (Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey). *Gondwana Research*, 24, 742-766.
- Eyuboğlu, Y., Dudas, F.O., Santosh, M., Eroğlu-Gümrük, T., Akbulut, K., Yi, K. ve Chatterje, N. (2018). The final pulse of the Early Cenozoic adakitic activity in the Eastern Pontides Orogenic Belt (NE Turkey): An integrated study on the nature of

- transition from adakitic to non-adakitic magmatism in a slab window setting, *Journal Asian Earth Science*, 157, 141-165.
- Eyuboğlu, Y., Dudas, F.O., Santosh, M., Zhu, D.C., Yi, K., Chatterjee, N., Akaryalı, E. ve Liu, Z. (2016). Cenozoic forearc gabbros from the northern zone of the Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey: Implications for slab window magmatism and convergent margin tectonics. *Gondwana Research*, 33, 160-190.
- Eyuboğlu, Y., Dudas, F.O., Thorkelson, D., Zhu, D. C., Liu, Z., Chatterjee, N., Yi, K. ve Santosh, M. (2017). Eocene granitoids of Northern Turkey: Polybaric magmatism in an evolving arc–slab window system. *Gondwana Research*, 50, 311-345.
- Eyuboğlu, Y., Dudas, F.O., Zhu, Di-C., Liu, Z. ve Chatterjee, N. (2019). Late Cretaceous I- and A-type magmas in Eastern Turkey: Magmatic response to double-sided subduction of Paleo- and Neo-Tethyan lithospheres. *Lithos*, 326-327, 39-70.
- Eyuboğlu, Y., Santosh, M. ve Chung, S. L. (2011c). Petrochemistry and U-Pb ages of adakitic intrusions from the Pulur massif (Eastern Pontides, NE Turkey): Implications for slab roll-back and ridge subduction associated with Cenozoic convergent tectonics in Eastern Mediterranean. *Journal of Geology*, 119, 394-417.
- Eyuboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F. O., Chung, S. L. ve Akaryalı, E. (2011b). Migrating magmatism in a continental arc: Geodynamics of the Eastern Mediterranean revisited. *Journal of Geodynamics*, 52, 2-15.
- Eyuboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F.O., Akaryalı, E., Chung, S.L., Akdag, K. ve Bektas, O. (2013b). The nature of transition from adakitic to non-adakitic magmatism in a slab-window setting: A synthesis from the Eastern Pontides, NE Turkey. *Geoscience Frontiers*, 4, 353-375.
- Eyuboğlu, Y. (2006). *Doğu Pontid Magmatik Yayını'nda (KD Türkiye) Alaska-Tip mafik-ultramafiklerin tanımı ve jeotektonik önemi*. Yayınlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Eyuboğlu, Y., Dilek, Y., Bozkurt, E., Bektaş, O., Rojay, B. ve Şen, C. (2010). Structure and geochemistry of an Alaskan-Type ultramafic–mafic complex in the Eastern Pontides, NE Turkey. In: Santosh, M., Maruyama, S. (Eds.), A Tribute to Akiho Miyashiro. *Gondwana Research*, 18, 230-252.
- Faure, G. (2001). *Origin of igneous rocks: The isotopic evidence*, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, Pp, 496.
- Faure, G.ve Mensing, T.M. (2005). *Isotopes: Principles and applications*, 3rd ed. John Wiley and Sons, USA, Pp, 897.

- Fisher, C.M., Vervoort, J.D. ve Hanchar, J.M. (2014). Guidelines for reporting zircon hf isotopic data by LA-MC-ICPMS and potential pitfalls in the interpretation of these data. *Chemical Geology*, 363, 125-133.
- Frey, F.A., Green, D. ve Roy, S. (1978). Integrated models of basalt of petrogenesis, a study of quartz tholeiites to olivine melilitites from south Australia utilizing geochemical and experimental petrological data. *Journal of Petrology*, 19, 463-513.
- Frost, B.R., Barnes, C.G., Collins, W.J., Arculus, R.J., Ellis, D.J. ve Frost, C.D. (2001). A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*, 42, 2033-2048.
- Gedik, A., Ercan, T., Korkmaz, S. ve Karataş, S. (1992). Rize-Fındıklı Çamlıhemşin Arasında (Doğu Karadeniz) yer alan magmatik kayaların petrolojisi ve doğu pontidlerdeki bölgesel yayılımları, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 35, 15-38.
- Gedikoğlu, A. (1979). Harşit (Giresun-Doğankent) granit karmaşığının jeokronolojik etüdü. Türkiye Jeoloji Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 33, 59-60.
- Green, D.H., Edgar, A.D., Beasley, P.H., Kiss, E. ve Ware, N.G. (1974). Upper mantle source for some hawaiiites, mugearites and benmoreites, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 48, 33-43.
- Green, T.H. (1995). Significance of Nb/Ta as an indicator of geochemical processes in the crust–mantle system. *Chemical Geology*, 120, 347-359.
- Grove, T.L. ve Donnelly-Nolan, J.M. (1986). The evolution of young silicic lavas at Medicine Lake Volcano, California: Implications for the origin of compositional gaps in calc-alkaline series lavas: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 92, 281-302.
- Gücer, M.A. ve Sarı, E. (2021). Karbonifer Pamuktaş Plütunu'nun petroğrafisi, jeokimyası ve petrolojik özellikleri, Bayburt (KD Türkiye). *Yerbilimleri*, 41(2), 85-120.
- Gülmez, F., Genç, Ş. C., Prelević, D., Tüysüz, O., Karacık, Z., Roden, M. F. ve Billor, Z. (2016). Ultrapotassic volcanism from the waning stage of the Neotethyan subduction: A key study from the İzmir–Ankara–Erzincan suture belt, Central Northern Turkey. *Journal of Petrology*, 57(3), 561-593.
- Güngör, Y., Boztuğ, D. ve Yılmaz, O. (1997). Kaçkar Batoliti Altıparmak Dağı-Soğanlı Dağı arası (GD Çamlıhemşin-Rize) kesiminin petrografik, jeokimyasal ve

- petrojenetik incelenmesi. Çukurova Üniversitesinde Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu, Adana Bildiri Özetleri, 30 Nisan - 3 Mayıs 1997.
- Güven, İ. H. (1993). Doğu Pontidler'in 1/ 250 000 ölçekli kompilasyonu, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Hagen, H. ve Neumann, E.R. (1990). Modeling of trace-element distribution in magma chambers using open-systemmodels. *Computers Geosciences*, 16, 549-586.
- Hamilton, W. J. (1842). Researches in Asia Minör, Pontus and Armenia, Londra.
- Hammarstrom, J.M.ve Zen, E. (1986). Aluminum in hornblende: An empirical igneous geobarometer, *American Mineralogist*, 71, 1297-1313.
- Hanchar, J.M. ve Watson, E.B. (2003). Zircon saturation thermometry. In: Hanchar, J.M., Hoskin, P.W.O. (Eds.), Zircon. Rev in Mineralogy and Geochemistry, 53, *Mineralogical Society of America, Geochemical Society of America*, 112s.
- Harms, U., Cameron, K.L., Simon, K. ve Bratz, H. (1997). Geochemistry and petrogenesis of metabasites from the KTB ultradeep borehole, Germany. *Geologische Rundschau*, 86, 155-166.
- Hart, S. R. (1984). A Large scale isotope anomaly in the southern hemisphere mantle, *Science*, 309, 753-757.
- Hart, S. R. (1988). Heterogeneous mantle domains-signatures, genesis and mixing chronologies. *Earth and Planetary Science Letters*, 90, 273-296.
- Hastie, A.R., Kerr, A.C., Pearce, J.A. ve Mitchell, S.F. (2007). Classification of altered volcanic island arc rocks using immobile trace elements: Development of the the co discrimination diagram, *Journal of Petrology*, 48(12), 2341-2357.
- Hawkesworth, C. J., Rogers, N. W., van Calsteren, P. W. C. ve Menzies, M. A. (1984). Mantle enrichment processes, *Nature*, 311(27), 331-335.
- Helmy, H.M., Ahmed, A.F., El Mahallawi, M.M. ve Ali, S.M. (2004). Pressure, temperature and oxygen fugacity conditions of calc-alkaline granitoids, Eastern Desert of Egypt, and tectonic implications. *Journal of African Earth Sciences*, 38, 255-268.
- Helz, RT. (1973). Phase relations of basalts in their melting ranges at $P_{H_2O}=5$ kb as a function of oxygen fugacity, *Journal of Petrology*, 14, 249-302.
- Hofmann, A.W. (1988). Chemical differentiation of the Earth: The relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust. *Earth Planet Science Letters*, 90, 297-314.

- Hollister, L.S., Grisson, G.C., Peters, E.K., Stowell, H.H. ve Sisson, V.B. (1987). Confirmation of the empirical calibration of aluminum in amfibole with pressure of solidification of calc-alkaline plutons. *American Mineralogist*, 72, 231-239.
- Hu, Z. C., Zhang, W., Liu, Y. S., Gao, S., Li, M., Zong, K. Q., Chen, H. H. ve Hu, S. H. (2015). Wave signal-smoothing and mercury-removing device for laser ablation quadrupole and multiple collector ICPMS analysis: Application to lead isotope analysis. *Analytical Chemistry*, 87(2), 1152-1157.
- Irvine, T.N. ve Baragar, WRA. (1971). A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. *Journal Earth Sciences*, 8, 523-548.
- İlbeyli, N. (2008). Geochemical characteristics of the Sebinkarahisar granitoids in the Eastern Pontides, Northeast Turkey: Petrogenesis and tectonic implications, *International Geology Review*, 50, 563-582.
- JICA, (1986). *The republic of Turkey report on the cooperative mineral exploration of Gümüşhane area, consolidated report, Japan International Cooperation Agency*, Pp, 146.
- Johnson, M.C. ve Rutherford, M.J. (1989). Experimental calibration of the aluminium in hornblende geobarometer with application to Long Valley Caldera (California) volcanic rocks, *Geology*, 17, 837-841.
- Kalkancı, Ş. (1974). *Etude Géologique et Pétrochimique de Sud de la Region de Suşehri: Géochronologie du Massif Syenitique de Köseadağ (NE de Sivas-Turquie)*, (Unpublished PhD Thesis), Univ. de Grenoble,
- Kandemir, R. (2004). *Gümüşhane ve yakın yörelerindeki Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu'nun çökel özellikleri ve birikim koşulları*. Yayımlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Kandemir, R. ve Yılmaz, C. (2009). Lithostratigraphy, facies, and deposition environment of the Lower Jurassic Ammonitico Rosso type sediments (ARTS) in the Gümüşhane area, NE Turkey: Implications for the opening of the northern branch of the Neo-Tethys Ocean. *Journal Asian Earth Science*, 34, 586-598.
- Karslı, O., Aydın, F. ve Sadıklar, M. B. (2004). The morphology and chemistry of K-feldspar megacrysts from İkizdere Pluton: Evidence for acid and basic magma interactions in granitoid rocks, NE Turkey. *Chemie der Erde-Geochemistry*, 64, 155-170.
- Karslı, O., Aydın, F., Uysal, İ., Dokuz, A., Kumral, M., Kandemir, R., Budakoğlu, M., ve Ketenci, M. (2018). Latest Cretaceous "A2-type" granites in the Sakarya Zone,

- NE Turkey: Partial melting of mafic lower crust in response to roll-back of Neo-Tethyan oceanic lithosphere, *Lithos*, 302-303, 312-328.
- Karlı, O., Chen, B., Aydın, F. ve Şen, C. (2007). Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sariçiçek plutons, Eastern Turkey: Implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granitoids in a post-collision extensional setting, *Lithos*, 98, 67-96.
- Karlı, O., Dokuz, A. ve Kandemir R. (2016). Subduction-related Late Carboniferous to Early Permian Magmatism in the Eastern Pontides, the Camlik and Casurluk plutons: Insights from geochemistry, whole-rock Sr-Nd and in situ zircon Lu-Hf isotopes, and U-Pb geochronology, *Lithos*, 266, 98-114.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J. (2010). Relative contributions of crust and mantle to generation of Campanian high-K calc-alkaline I-type granitoids in a subduction setting, with special reference to the Harşit Pluton (Eastern Turkey), *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 160, 467-487.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Ketenci, M., Chen, B. ve Kandemir, R. (2012b). Deciphering the shoshonitic monzonites with I-type characteristic, the Sisdağı pluton, NE Turkey: Magmatic response to continental lithospheric thinning, *Journal of Asian Earth Sciences*, 51, 45-62.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Ketenci, M., Chen, B. ve Kandemir, R. (2012). Deciphering the shoshonitic monzonites with I-type characteristic, the Sisdağı pluton, NE Turkey: Magmatic response to continental lithospheric thinning. *Journal Asian Earth Science*, 51, 45-62.
- Karlı, O., Şengün, F., Santos, J.F., Uysal, İ., Dokuz, A., Aydın, F. ve Kandemir, R. (2022). Late Jurassic Paleotethyan oceanic slab break-off revealed by Sr-Nd-Hf isotopes of Na-rich adakitic granites from northwestern Turkey, *Gondwana Research*, 103, 205-220.
- Karlı, O., Uysal, İ., Ketenci, M., Dokuz, A., Kandemir, R. ve Wijbrans, J. (2011). Adakite-like granitoid porphyries in the Eastern Turkey: Potential parental melts and geodynamic implications, *Lithos*, 127, 354-372.
- Kaygusuz, A. (2000). *Torul ve çevresinde yüzeylenen kayaların petrografik ve jeokimyasal incelenmesi*, Yayınlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E. (2009). Mineralogy, whole-rock and Sr-Nd isotope geochemistry of mafic microgranular enclaves in Cretaceous Dağbaşı Granitoids,

- Eastern Pontides, NE Turkey: Evidence of magma mixing, mingling, and chemical equilibration, *Chemie der Erde Geochemistry*, 69, 247-277.
- Kaygusuz, A. ve Güloğlu, Z.S. (2022). Petrographical, geochemical and petrological characteristics of the mafic microgranular enclaves in the Arpaköy (Kürtün/Gümüşhane) Granitoid. *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 11(1), 1982-1997.
- Kaygusuz, A. ve Öztürk, M. (2015). Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Eocene Bayburt intrusions, Eastern Pontide, NE Turkey: Implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in the high-K calc-alkaline magmatism, *Journal of Asian Earth Sciences*, 108, 97-116.
- Kaygusuz, A. ve Saydam Eker, Ç. (2021). Geochemical features and petrogenesis of Late Cretaceous subduction-related volcanic rocks in the Değirmentaşı (Torul/Gümüşhane) area, Eastern Pontides (NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 10(1), 1689-1702.
- Kaygusuz, A. ve Selvi, D. (2020). Crystallization conditions and petrography of Eocene volcanic rocks in the Gümüşdamla-Erikdibi area (Bayburt, NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 9(2), 1529-1537.
- Kaygusuz, A. ve Şen, C. (2011). Calc-alkaline I-type plutons in the Eastern Pontides, NE Turkey: U-Pb zircon ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions, *Chemie der Erde*, 71, 59-75.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W. ve Şen, C. (2011). Geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of post-collisional calc-alkaline volcanics in the Eastern Pontides (NE Turkey), *Turkish Journal of Earth Sciences*, 20, 137-159.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W., Sipahi, F., İlbeyli, N. ve Temizel, İ. (2014). LA-ICP MS zircon dating, whole-rock and Sr-Nd-Pb-O isotope geochemistry of the Camiboğazı pluton, Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in arc-related I-type magmatism, *Lithos*, 192-195, 271-290.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W., Sipahi, F. ve İlbeyli, N. (2012). Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, Eastern Pontides, Turkey. *International Geology Review*, 54(15), 1776-1800.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Sipahi, F. ve Temizel, İ. (2016). U-Pb zircon chronology and petrogenesis of Carboniferous plutons in the northern part of the Eastern Pontides,

- NE Turkey: Constraints for Paleozoic magmatism and geodynamic evolution, *Gondwana Research*, 39, 327-346.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Temizel, İ., Yücel, C. ve Aydınçakır, E. (2021). U–Pb zircon ages and petrogenesis of the Late Cretaceous I-type granitoids in arc setting, Eastern Pontides, NE Turkey, *Journal of African Earth Sciences*, 174, 104040.
- Kaygusuz, A., Aydınçakır, E., Yücel, C. ve Atay, H.E. (2021). Petrographic and geochemical characteristics of carboniferous plutonic rocks around Erenkaya (Gümüşhane, NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 10(2), 1774-1788.
- Kaygusuz, A., Chen, B., Aslan, Z., Siebel, W. ve Şen, C. (2009). U-Pb SHRIMP zircon ages, geochemical and Sr–Nd isotopic compositions of the Late Cretaceous I-type Sariosman pluton, Eastern Pontides, NE Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 18, 549-581.
- Kaygusuz, A., Gücer, M.A., Yücel, C., Aydınçakır, E. ve Sipahi, F. (2019). Petrography and crystallization conditions of Middle Eocene volcanic rocks in the Aydıntepe-Yazyurdu (Bayburt) area, Eastern Pontides (NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 8(2), 1205-1215.
- Kaygusuz, A., Merdan Tutar, Z. ve Yücel, C. (2017). Mineral chemistry, crystallization conditions and petrography of Cenozoic volcanic rocks in the Bahçecik (Torul/Gümüşhane) area, Eastern Pontides (NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 6(2), 641-651.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., İlbeyli, N., Arslan, M., Satır, M. ve Şen, C. (2010). Insight into magma genesis at convergent plate margins. a case study from the eastern Pontides (NE Turkey), *Neues Jahrbuch Für Mineralogie*, 187(3), 265-287.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Şen, C. ve Satır, M. (2008). Petrochemistry and petrology of I-type granitoids in an arc setting: the composite Torul Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey, *International Journal of Earth Sciences*, 97, 739-764.
- Kaygusuz, A., Sipahi, F., İlbeyli, N., Arslan, M., Chen, B. ve Aydınçakır, E. (2013). Petrogenesis of the Late Cretaceous Turnagöl intrusion in the Eastern Pontides: Implications for magma genesis in the arc setting. *Geoscience Frontiers*, 4, 423-438.
- Kaygusuz, A., Yücel, C., Arslan, M., Sipahi, F., Temizel, İ., Çakmak, G. ve Güloğlu, Z.S. (2018). Petrography, mineral chemistry and crystallization conditions of Tertiary plutonic rocks located to the north of Bayburt (Eastern Pontides, Turkey), *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 157, 75-102.

- Kaygusuz, A., Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ., Yi, K., Jeong, Y-J., Siebel, W. ve Sipahi, F. (2020). Eocene I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Insights into magma genesis and magma-tectonic evolution from whole-rock geochemistry, geochronology and isotope systematics, *International Geology Review*, 62(11), 1406-1432.
- Kaygusuz, A., Yücel, C., Aydınçakır, A. ve Güloğlu, Z.S. (2022b). Mineralogical and petrographic properties of Beytarla-Kazıkbeli, Taşbaşı, Yaylaköy-Söğüteli plutons located to the south of Giresun (Eastern Pontides, Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 11(1), 1973-1981.
- Kaygusuz, A., Yücel, C., Aydınçakır, E., Gücer, M.A. ve Ruffet, G. (2022a). Petrogenesis of the Middle Eocene calc-alkaline volcanic rocks in the Bayburt area, Eastern Pontides (NE Turkey): Implications for magma evolution in extension-related setting. *Mineralogy and Petrology*, 116, 379-399.
- Kaygusuz, A.ve Aydınçakır, E. (2011). Petrogenesis of a Late Cretaceous composite pluton from the Eastern Pontides: The Dağbaşı pluton, NE Turkey. *Neues Jahrbuch Für Mineralogie*, 188(3), 211-233.
- Kaygusuz, A.ve Şahin, K. (2016). Petrographical, geochemical and petrological characteristics of Eocene volcanic rocks in the Mescitli area, Eastern Pontides (NE Turkey), *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 5(2), 473-486.
- Kemp, A.I.S. (2001). *Petrogenesis of granitic rocks: A source based perspective*. PhD Thesis, Australian National University, Canberra, Australia (unpublished).
- Kemp, A.I.S. (2004). Petrology of high-Mg, low-Ti igneous rocks of the Glenelg River Complex (SE Australia) and the nature of their interaction with crustal melts, *Lithos*, 78, 119-156.
- Kempton, P.D., Downes, H. ve Embey-Istzin, A. (1997). Mafic granulite xenoliths in Neogene alkali basalts from the western Pannonian basin: Insights into the lower crust of a collapsed orogen. *Journal of Petrology*, 38, 941-970.
- Ketin, İ. (1966). Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, *Maden Tetkik Arama Dergisi*, Ankara, No: 66, 20-34.
- Ketin, İ. (1983). Türkiye jeolojisine genel bir bakış, İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, 1259, 536. İstanbul.
- Ketin, İ. ve Canitez, N. (1972). Yapısal jeoloji, İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, 520, İstanbul.

- Kırmacı, Z. (1992). *Alucra-Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki (Doğu Pontid Güney Zonu) Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Berdiga Kireçtaşı'nın sedimentolojik incelemesi*. Yayınlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Klein, E.M. (2004). Geochemistry of the igneous oceanic crust. In: Treatise on geochemistry, Holland, H.D., Turekian, K.K. (eds.), Elsevier, Amsterdam.
- Köprübaşı, N., Şen, C. ve Kaygusuz, A. (2000). Doğu Pontid ada yayı granitoidlerin karşılaştırılmalı petrografik ve kimyasal özellikleri, *Uygulamalı Yerbilimleri*, 1, 111-120.
- Le Maitre, R. W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M. J., Sabine, P. A., Schimid, R., Sorenson, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R. ve Zanettin, B. (1989). *A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*. Blackwell, Oxford, pp, 193.
- Leake, E.B., Wooley, A.R., Arps, C. E. S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J., Maresch, W.V., Nickhel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Smith, D.C., Stephenson, N.C.N., Ungaretti, L., Whittaker, E. J.W. ve Youzhi, G. (1997). Nomenclature of amphiboles report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association commission on new minerals and mineral names. *European Journal Mineralogy*, 9, 623-651.
- Li, C. F., Li, X. H., Li, Q. L., Guo, J. H. ve Yang, Y. H. (2012). Rapid and precise determination of sr and nd isotopic ratios in geological samples from the same filament loading by thermal ionization mass spectrometry employing a single-step separation scheme. *Analytica Chimica Acta*, 727(10), 54-60.
- Lin, J., Liu, Y. S., Yang, Y. H. ve Hu, Z. C. (2016). Calibration and correction of LA-ICP-MS and LA-MC-ICP-MS analyses for element contents and isotopic ratios. *Solid Earth Sciences*, 1, 5-27.
- Liu, Y. S., Gao, S., Hu, Z. C., Gao, C. G., Zong, K. Q. ve Wang, D. B. (2010). Continental and oceanic crust recycling-induced melt-peridotite interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons of mantle xenoliths. *Journal of Petrology*, 51(1-2), 537-571.
- Liu, Y. S., Hu, Z. C., Gao, S., Günther, D., Xu, J., Gao, C. G. ve Chen, H. H. (2008). In situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard. *Chemical Geology*, 257(1-2), 34-43.
- Liu, Z., Zhu, D., Wang, Q., Eyuboğlu, Y., Zhao, Z.D., Liu, S.A. ve Xu, L.J. (2018). Transition from low-K to high-K calc-alkaline magmatism at approximately 84 Ma

- in the Eastern Pontides (NE Turkey): Magmatic response to slab rollback of the Black Sea, *Solid Earth, Journal of Geophysical Research*, 123, 7604-7628.
- Ludwig, K. R. (2003). ISOPLOT 3.00: A geochronological toolkit for microsoft excel. Berkeley Geochronology Center, California, Berkeley, Pp, 39.
- Luhr, J.F., Carmichael, I.S.E. ve Varekamp, J.C. (1984). The 1982 eruptions of El Chicón Volcano, Chiapas, Mexico: Mineralogy and petrology of the anhydrite-bearing pumices: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 23, 69-108.
- Mainar P.D. ve Piccoli P.M. (1989). Tectonic discrimination of granitoids, *Geological Society of America bullent*, 101, 635-643.
- Mason, P.R.D., Downes, H., Thirlwall, M.F., Seghedi, I., Szakács, A., Lowry, D. ve Mattery, D. (1996). Crystal assimilation as a major petrogenetic process in the East Carpathian Neogene and Quaternary continental margin arc, Romania. *Journal of Petrology*, 37, 927-959.
- McCulloch, M.T. ve Gamble, J.A. (1991). Geochemical and geodynamical constraints on subduction zone magmatism. *Earth and Planetary Science Letters*, 102, 358-374.
- Merzbacher, C. ve Egger, D.H. (1984). A magmatic geohygrometer: Application to Mount St. Helens and other dacitic magmas, *Geology*, 12, 587-590.
- Middlemost, E.A.K. (1994). Naming minerals in the Magma/Igneous rock system. *Earth Science Review*, 37, 215-224.
- Miller, C.F., Meschter McDowell, S. ve Mapes, R.W. (2003). Hot and cold Granites? Implications of zircon saturation temperatures and preservation of inheritance, *Geology*, 31, 529-532.
- Moazzen, M. ve Droop, G.T.R. (2004). Application of mineral thermometers and barometers to granitoid igneous rocks: The etive complex, W Scotland. *Mineralogy and Petrology*, 83, 27-53.
- Moore, M.J., Me Kee, E.H. ve Akıncı, Ö. (1980). Chemistry and chronology of plutonic rocks, in the Pontid Mountains, Northern Turkey, *European Cooper Deposits*, 209-216.
- MTA, (2002). 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Naney, M.T. (1983). Phase equilibria of rock-forming ferromagnesian silicates in granitic systems, *American Journal of Science*, 283, 993-1033.
- Okay, A. I. ve Şahintürk, Ö. (1997). Geology of the Eastern Pontides. In: Robinson, A.G. (ed.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and surrounding region, American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 68, 291-311.

- Okay, A.I. (1984). Distribution and characteristics of the Northwest Turkish blueschists. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (ed. J.E. Dixon ve A.H.F. Robertson), *Geological Society Special Publication*, 17, 455-466.
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümege, M. ve Tekeli, O. (1980). Amasya-Turhal arasındaki bölgenin jeolojisi, Maden Tetkik Arama Raporu No: 6722.
- Özdamar, Ş., Roden, M. F. ve Billor, M. Z. (2017). Petrology of the shoshonitic Çambaşı Pluton in NE Turkey and implications for the closure of the Neo-Tethys Ocean: Insights from geochemistry, geochronology and Sr–Nd isotopes, *Lithos*, 284-285, 477-492.
- Özdoğan, K. (1992). *Karadağ (Torul-Gümüşhane) ve yakın çevresinin jeolojisi-mineralojisi-petrografisi ve maden zuhurlarının jenetik incelenmesi*. Yayınlanmamış doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Özsayar, T., Pelin, S. ve Gedikoğlu, A. (1981). Doğu Pontidler`de Kretase, *K.T.Ü. Yerbilimleri Dergisi*, 1, 2, 65-114, Trabzon.
- Parsons, I., Mason, R.A., Becker, S.M. ve Finch, A.A. (1991). Biotite equilibria and fluid circulation in the Klokken Intrusion. *Journal of Petrology*, 32, 1299-1333.
- Pearce, J. A., Harris, N. B. W. ve Tindle, A. G. (1984). Trace elements discrimination diagram for the tectonic interpretation of granitic rock, *Journal of Petrology*, 25(4), 43-63.
- Pearce, J.A. (1983). The role of sub-continental lithosphere in magma genesis at destructive plate margins. In: Hawksworth CJ, Norry MJ (eds) *Continental basalts and mantle xenoliths*. Shiva, Nantwich, pp, 230-249.
- Pejatoviç, S. (1971). Doğu Karadeniz-Küçük Kafkasya bölgesindeki metalojenik zonlar ve bunların metalojenik özellikleri. *M.T.A. Dergi*, no, 77, Ankara.
- Pelin, S. (1977). Alucra (Giresun) Güneydoğu yöresinin petrol olanakları bakımından jeolojik incelenmesi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları*, 87-103.
- Pitcher, W.S. (1983). Granite: typology, geological environment and melting relationships. *Migmatites, Melting and Metamorphism* (ed.: M.P. Atherton and C.D. Gribble) Shiva Pub. Ltd. *Cheshire*, 277-285.
- Powell, R. (1984). Inversion of the assimilation and fractional crystallisation (AFC) equations: Suites. *Journal of the Geological Society of London*, 141, 447-452.
- Pupin, J.P. (1980). Zircon and granite petrology, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 73, 207-220.

- Ridolfi, F. ve Renzulli, A. (2012). Calcic amphiboles in calc-alkaline and alkaline magmas: Thermobarometric and chemometric empirical equations valid up to 1,130 °C and 2.2 Gpa. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 163, 877-895.
- Ridolfi, F., Renzulli, A. ve Puerini, M. (2010). Stability and chemical equilibrium of amphibole in calc-alkaline magmas: An overview, new thermobarometric formulations and application to subduction-related volcanos, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 160, 45-66.
- Roberts, M.P. ve Clemens, J.D. (1993). Origin of high-potassium, calcalkaline, I-type Granitoids, *Geology*, 21, 825-828.
- Rojay, B. (1993). *Tectonostratigraphy and neotectonic characteristics of the Southern margin of Merzifon-Suluova Basin (Central Pontides, Amasya)*, phd thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Rudnick, R.L. ve Fountain, D.M. (1995). Nature and composition of the continental-crust: A lower crustal perspective. *Reviews of Geophysics*, 33(39), 267-309.
- Rudnick, R.L. ve Gao, S. (2003). Composition of the continental crust, in Holland, H.D., and Turekian, K.K., eds., *The Crust. Treatise on geochemistry (3)*, Elsevier-Pergamon, Oxford, p. 1-64.
- Russell, W. A., Papanastassiou, D. A. ve Tombrello, T. A. (1978). Ca isotope fractionation on the earth and other solar system materials. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 42 (8), 1075-1090.
- Saydam Eker, Ç. ve Korkmaz, S. (2011). Mineralogy and whole rock geochemistry of izate cretaceous sandstones from the Eastern Pontides (NE Turkey). *Neues Jahrb Fur Mineral Abhandlungen*, 188, 235-256.
- Saydam Eker, Ç., Sipahi, F. ve Kaygusuz, A. (2012). Trace and rare earth elements as indicators of provenance and depositional environments of lias cherts in Gumushane, NE Turkey. *Chemie der Erde Geochemistry*, 72, 167-177.
- Schmidberger, S.S. ve Hegner, E. (1999). Geochemistry and isotope systematics of calc-alkaline volcanic rocks from the Saar-Nahe basin (SW Germany)-implications for Late-Variscan orogenic development. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 135, 373-385.
- Schmidt, M.W. (1992). Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: An experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 110, 304-310.

- Schultze–Westrum, H. H. (1961). Giresun civarındaki Aksu Deresi'nin jeolojik profili, Kuzeydoğu Anadolu'da Doğu Pontus cevher ve mineral bölgesinin jeolojisi ve maden yatakları ile ilgili mütealalar, *M.T.A Dergisi*, 57, 63-71.
- Sipahi, F. (2005). *Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) volkanitlerindeki hidrotermal ayrışmaların mineraloji ve jeokimyası*. Yayınlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Sipahi, F. ve Sadıklar, M.B. (2014). Geochemistry of dacitic volcanics in the Eastern Pontide (NE Turkey), *Geochemistry International*, 52(4), 296-315.
- Sipahi, F., Akpınar, İ., Saydam Eker, Ç., Kaygusuz, A., Vural, A. ve Yılmaz, M. (2017). Formation of the Eğrikar (Gümüşhane) Fe–Cu skarn type mineralization in NE Turkey: U–Pb zircon age, lithogeochemistry, mineral chemistry, fluid inclusion, and O–H–C–S isotopic compositions. *Journal of Geochemical Exploration*, 182, 32-52.
- Sipahi, F., Kaygusuz, A., Saydam Eker, Ç., Vural, A., ve Akpınar, İ. (2018). Late Cretaceous arc igneous activity: The Eğrikar monzogranite example, *International Geology Review*, 60(3), 382-400.
- Sipahi, F., Saydam Eker, Ç., Akpınar, İ., Gücer, M.A., Vural, A., Kaygusuz, A. ve Aydurmuş, T. (2022). Eocene magmatism and associated Fe-Cu mineralization in Northeastern Turkey: A case study of the Karadağ skarn, *International Geology Review*, <http://doi.org/10.1080/00206814.2021.1941323>.
- Smith, J.V. ve Brown, W.L. (1988). *Feldspar minerals I: Crystal structures, physical, chemical, and microtextural properties*, Springer Verlage, New York.
- Speer, J.A. (1984). Micas in Igneous Rocks, Micas, *Reviews in Mineralogy*, ed: Bailey S.W, 13, 299-35.
- Spencer, K.J. ve Lindsley, D.H. (1981). A solution model for coexisting iron-titanium oxides. *American Mineralogist*, 66(11-12), 1189-1201.
- Streckeisen, A. (1976). To each plutonic rock its proper name, *Earth Science Review*, 12, 1-33.
- Sun, S.S ve McDonough, W.F. (1989). *Chemical and Isotope Systematics of Oceanic Basalts; Implication for Mantle Compositions and Processes*. In: Saunders, A. D., and Nory, M. J, (Eds.): *Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society of London, Special Publication*, 42, 313-345.
- Şahin, S. Y., Güngör, Y. ve Boztuğ, D. (2004). Comparative petrogenetic investigation of composite Kaçar Batholith granitoids in Eastern Pontide magmatic arc, Northern Turkey. *Earth Planets Space*, 56, 429-446.

- Şen, C. (2007). Jurassic volcanism in the Eastern Pontides: Is it rift related or subduction related? *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 523-539.
- Şen, C. ve Dunn, T. (1994). Dehydration melting of a basaltic composition amphibolite at 1.5 and 2.0 GPa: Implications for the origin of adakites. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 117, 394-409.
- Taner, M. F. (1977). *Etuda géologique et pétrographique de la région de Güneyce-İkizdere, située au sud de Rize* (Pontides orientales, Turquie), (Unpublished PhD Thesis), Université de Genève, p.180.
- Taşlı, K. (1984). Hamsiköy (Trabzon) yöresinin jeolojisi, *Karadeniz Üniversitesi Dergisi*, 3, 69-76.
- Taşlı, K. (1990). *Gümüşhane-Bayburt yörelerindeki Üst Jura-Alt Kretase yaşlı karbonat istiflerinin stratigrafisi ve mikropaleontolojik incelemesi*. Yayınlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Taylor, H.P. ve Sheppard, S.M.F. (1986). *Igneous rocks I*. Processes of isotopic fractionation and isotope systematics. In: Valley, J.W., Taylor, H.P.Jr., O'Neil, J.R. (Eds). Stable Isotopes in high temperature geological processes. *Reviews in Mineralogy*, 16, 227-272.
- Taylor, S. R. ve McLennan, S.M. (1985). *The Continental Crust; Its composition and evolution*. Geoscience Text, Blackwell Scientific Publication.
- Temizel İ., Arslan M., Yücel C., Abdioğlu Yazar E. ve Ruffet G. (2016). Geochronology and geochemistry of Eocene-aged volcanic rocks around the Bafra (Samsun, N Turkey) area: Constraints for the interaction of lithospheric mantle and crustal melts. *Lithos*, 258-259, 92-114.
- Temizel, İ., Abdioğlu Yazar, E., Arslan, M., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. (2018). Mineral chemistry, whole-rock geochemistry and petrology of Eocene I-type shoshonitic plutons in the Gököy area (Ordu, NE Turkey), *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 157, 121-152.
- Temizel, İ., Arslan, M., Abdioğlu Yazar, E., Aslan, Z., Kaygusuz, A. ve Eraydın, T.B. (2022). Zircon U-Pb geochronology and petrology of the tholeiitic gabbro from the Kovanlık (Giresun) area: Constraints for the Late Cretaceous bimodal arc magmatism in the Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey. *Lithos*, 428-429, 106840.
- Temizel, İ., Arslan, M., Abdioğlu, E. ve Yücel, C. (2014). Mineral chemistry and thermobarometry of the Eocene monzogabbroic stocks from the Bafra (Samsun)

- area in Turkey: Implications for disequilibrium crystallization and emplacement condition. *International Geology Review*, 56(10), 1226-1245.
- Temizel, İ., Arslan, M., Ruffet, G. ve Peucat, J. J. (2012). Petrochemistry, geochronology and Sr–Nd isotopic systematics of the Tertiary collisional and post-collisional volcanic rocks from the Ulubey (Ordu) area, Eastern Pontide, NE Turkey: Implications for extension–related origin and mantle source characteristics, *Lithos*, 128, 126-147.
- Temizel, İ., Arslan, M., Yücel, C., Abdioğlu Yazar, E., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. (2019). U-Pb geochronology, bulk-rock geochemistry and petrology of Late Cretaceous syenitic plutons in the Gölköy (Ordu) area (NE Turkey): Implications for magma generation in a continental arc extension triggered by slab roll-back, *Journal of Asian Earth Sciences*, 171, 305-320.
- Temizel, İ., Arslan, M., Yücel, C., Abdioğlu Yazar, E., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. (2020). Eocene tonalite–granodiorite from the Havza (Samsun) area, Northern Turkey: Adakite-like melts of lithospheric mantle and crust generated in a post-collisional setting, *International Geology Review*, 62(9), 1131-1158.
- Tokel, S. (1977). Doğu Karadeniz Bölgesinde Eosen yaşlı kalk-alkalen andezitler ve jeotektonizma, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 20, 49-54.
- Topuz, G. ve Altherr, R. (2004). Pervasive rehydration of granulites during exhumation— an example from the Pulur complex, Eastern Pontides, Turkey, *Mineralogy and Petrology*, 81, 165-185.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W. H., Siebel, W., Satır, M. ve Dokuz, A. (2005). Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: The Eocene Saraycık Granodiorite (Eastern Pontides, Turkey), *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 150, 441-455.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Werner, O. ve Schwarz, W.H. (2004). Aluminous granulites from the Pulur complex, NE Turkey: A case of partial melting, efficient melt extraction and crystallization, *Lithos* 72, 183-207.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A. ve Meyer, H.P. (2007). Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtoğlu metamorphic complex, Gümüşhane Area, Eastern Pontides, Turkey, *International Journal of Earth Sciences*, 96, 861-873.
- Topuz, G., Altherr, R., Wolfgang, S., Schwarz, W. H., Zack, T., Hasanözbek, A., Mathias, B., Satır, M. ve Şen, C. (2010). Carboniferous high-potassium I-type granitoid

- magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey), *Lithos*, 116, 92-110.
- Topuz, G., Okay, A. I., Altherr, R., Schwarz, W. H., Siebel, W. Zack, T., Satır, M. ve Şen, C. (2011). Post-collisional adakite-like magmatism in the Ağvanis Massif and implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey). *Lithos*, 125, 131-150.
- Tüysüz, O. (1996). Amasya ve çevresinin jeolojisi, Türkiye 11. Petrol Kongresi, Bildiriler, 32-48.
- Uchida, E., Endo, S. ve Makino, M. (2007). Relationship between solidification depth of granitic rocks and formation of hydrothermal ore deposits: *Resource Geology*, 57, 47-56.
- Ustaömer, T. ve Robertson, H.F.A. (2010). Late Paleozoic-Early cenozoic development of the Eastern Pontides (Artvin Area), Turkey: Stages of closure of tethys along the Southern Margin of Eurasia, *Geological Society London, Spacial Publications*, 340, 281-327.
- Ustaömer, T., Robertson, A. H. F., Ustaömer, P. A., Gerdes, A. ve Peytcheva, I. (2013). Constraints on variscan and cimmerician magmatism and metamorphism in the Pontides (Yusufeli–Artvin area), NE Turkey from U–Pb dating and granite geochemistry. In Robertson, A.H.F., Parlak, O., Ünlügenç, U.C. (eds). Geological development of Anatolia and the Easternmost Mediterranean Region. London, Special Publications, *Geological Society*, 372, 49-74.
- Vural, A. ve Kaygusuz, A. (2019). Petrology of the paleozoic plutons in Eastern pontides: Artabel pluton (Gümüşhane, NE Turkey), *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 8(2), 1216-1228.
- Vural, A. ve Kaygusuz, A. (2021). Geochronology, petrogenesis and tectonic importance of Eocene I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 467. <http://doi.org/10.1007/s12517-021-06884>.
- Vural, A. ve Kaygusuz, A. (2021). Petrographic and geochemical characteristics of late cretaceous volcanic rocks in the vicinity of Avliyana (Gümüşhane, NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 10(2), 1796-1810.
- Vural, A., Akpınar, İ., Kaygusuz, A. ve Sipahi, F. (2021). Petrological characteristics of eocene volcanic rocks around Demirören (Gümüşhane, NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 10(1), 1703-1716.

- Watson, E.B. ve Harrison, T.M. (1983). Zircon saturation revisited: Temperature and composition effects in a variety of crustal magma types, *Earth and Planetary Science Letters*, 64, 295-304.
- Weaver, B.L. (1991). The origin of oceanic island basalt end-member compositions: Trace element and isotopic constraints, *Earth Planet Science Letters*, 104, 381-397.
- Whalen, J.B., Currie, K.L. ve Chappell, B.W. (1987). A-Type granites, chemical characteristics, discrimination and petrogenesis, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 95, 407-419.
- Wones, D.R. (1989). Significance of the assemblage titanite, magnetite, quartz in granitic rocks. *American Mineralogist*, 74, 744-749.
- Wu, D.L. ve Zhang, F. (2004). A study of mesoscale gravity waves over the North Atlantic with satellite observations and a mesoscale model, *Journal of Geophysical Research*, 109, D22104.
- Yang, J.H., Wu, F.Y., Chung, S.L., Wilde, S.A. ve Chu, M.F. (2004). Multiple sources for the origin of granites: Geochemical and Nd/Sr isotopic evidence from the gudaoling granite and its mafic enclaves, NE China: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68, 4469-4483.
- Yılmaz, C. (2002). Gümüşhane-Bayburt yöresindeki mesozoyik havzalarının tektono-sedimentolojik kayıtları ve kontrol etmenleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 45(1).
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D. (1996). Space and time relations of three plutonic phases in the Eastern Pontides, Turkey, *International Geology Review*, 38, 935-956.
- Yılmaz, Y. (1976). Geochemical study of The Gümüşhane Granite, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi Mecmua Seri B, 39(3-4), 173-203.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C. ve Şengör, A. M. C. (1997). Geology and tectonics of the Pontides. In Robinson, A.G. (eds.), regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding region, *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 68, 183-226.
- Yılmaz-Şahin, S. (2005). Transition from arc- to post-collision extensional setting revealed by K–Ar dating and petrology: An example from the granitoids of the Eastern Pontide igneous terrane, Araklı-Trabzon, NE Turkey, *Geological Journal*, 40, 425-440.
- Yücel, C. (2013). *Trabzon-Giresun arasındaki tersiyer volkanitlerinin petrografisi, ⁴⁰Ar-³⁹Ar jeokronolojisi, petrokimyası, Sr-Nd-Pb izotop jeokimyası ve petrolojisi*, Yayınlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

- Yücel, C. (2019). Geochronology, geochemistry, and petrology of adakitic Pliocene–Quaternary volcanism in the Şebinkarahisar (Giresun) area, NE Turkey. *International Geology Review*, 61, 754-777.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu Yazar, E. ve Ruffet, G. (2017). Evolution of K-rich magmas derived from a net veined lithospheric mantle in an ongoing extensional setting: Geochronology and geochemistry of Eocene and Miocene volcanic rocks from Eastern Pontides (Turkey). *Gondwana Research*, 45, 65-86.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ. ve Abdioğlu, E. (2014). Volcanic facies and mineral chemistry of tertiary volcanics in the Northern part of the Eastern Pontides, Northeast Turkey: Implications for pre-eruptive crystallization conditions and magma chamber processes. *Mineralogy and Petrology*, 108, 439-467.
- Zhang W. ve Hu Z. C. (2020). Estimation of isotopic reference values for pure materials and geological reference materials, *Spectrom*, 41(3), 93-102.
- Zhang W., Hu Z. C. ve Liu Y. S. (2020). Iso-Compass: New freeware software for isotopic data reduction of LA-MC-ICP-MS, *Spectrom*, 35, 1087-1096.
- Zong, K. Q., Klemm, R., Yuan, Y., He, Z. Y., Guo, J. L., Shi, X. L., Liu, Y. S., Hu, Z. C. ve Zhang, Z. M. (2017). The assembly of Rodinia: The correlation of early Neoproterozoic (ca. 900 Ma) high-grade metamorphism and continental arc formation in the southern Beishan Orogen, Southern Central Asian Orogenic Belt (CAOB). *Precambrian Research*, 290, 32-48.

EKLER

Ek 1. İnceleme alanından toplanan örneklerin koordinatları ile ince kesit, modal analiz, mineral kimyası, tüm kayaç jeokimyası, izotop jeokimyası ve yaş analizleri yapılan örnekler

Örnek No	Enlem (D)	Boylam (K)	İnce Kesit	Modal Analiz	Mineral Kimyası	Tüm Kayaç Jeokimyası	Sr-Nd-Pb İzotop Jeokimyası	Zirkon Lu-Hf İzotop Jeokimyası	U-Pb Yaş Analizleri
S10	0484379	04482982	+	+		+			
S11	0484911	04484342	+	+					
S12	0485253	04485731	+	+					
S13	0485622	04486131	+	+	+	+	+	+	+
S14	0486338	04486842	+	+		+	+		
S15	0487049	04486023	+	+		+			
S16	0487640	04485589	+	+		+			
S17	0488108	04485585	+	+					
S18	0488192	04484572	+	+					
S19	0489419	04484584	+	+	+	+	+	+	+
S20	0491223	04484894	+	+		+			
S45	0492261	04487740	+	+					
S46	0491359	04487994	+	+					
S47	0489328	04487399	+	+		+			
S123	0490513	04483398	+	+					
S124	0489414	04483004	+	+					
S125	0489157	04482543	+	+					
S126	0488716	04481707	+	+					
S127	0490744	04485395	+	+					
S128	0491552	04486931	+	+					
S129	0492777	04488180	+	+					
S131	0492020	04487340	+	+					
S132	0490815	04485640	+	+					
D32	0485230	04485180	+	+					
D33	0485980	04484580	+	+					
D34	0486670	04482910	+	+					

Ek 1. (Devamı)

Örnek No	Enlem (D)	Boylam (K)	İnce Kesit	Modal Analiz	Mineral Kimyası	Tüm Kayaç Jeokimyası	Sr-Nd-Pb İzotop Jeokimyası	Zirkon Lu-Hf İzotop Jeokimyası	U-Pb Yaş Analizleri
D35	0487620	04483720	+	+					
D36	0488350	04484980	+	+		+			
B59	0491340	04489310	+	+					
B60	0489900	04488240	+	+					
B61	0489050	04488350	+	+					
B62	0489625	04487110	+	+					
B63	0491850	04486420	+	+					
B64	0489715	04486050	+	+					
B65	0489190	04485470	+	+		+			

Ek 2. İncelenen Eosen yaşlı plütonik kayalarındaki plajiyoklaslara ait mikroprob analiz sonuçları

	Gabroyik diyorit									Granodiyorit							
	S13-01	S13-02	S13-03	S13-04	S13-05	S13-06	S13-07	S13-08	S13-11	S19-01	S19-02	S19-03	S19-07	S19-08	S19-11	S19-12	S19-15
(k-m)	(k)	(k-m)	(k-m)	(k-m)	(k-m)	(k-m)	(k-m)	(m)	(m)	(k)	(k-m)	(m)	(m)	(k)	(m)	(k)	(k)
SiO ₂	55.39	54.74	51.91	54.69	51.26	54.08	53.90	53.03	50.96	56.03	55.39	55.11	59.40	60.61	57.06	61.16	59.78
Al ₂ O ₃	27.84	27.68	30.02	27.87	30.05	28.02	28.25	28.59	30.34	26.97	27.54	27.42	24.59	24.51	26.36	23.86	25.02
FeO ^T	0.35	0.33	0.44	0.48	0.37	0.36	0.38	0.51	0.35	0.47	0.48	0.49	0.30	0.24	0.33	0.26	0.32
CaO	9.92	10.45	12.71	10.17	13.02	10.81	10.90	11.26	13.33	9.28	9.63	9.52	6.29	6.04	8.39	5.40	6.83
Na ₂ O	5.97	5.44	4.02	5.67	3.89	5.12	4.91	4.62	3.76	6.19	5.97	5.98	8.02	8.26	6.85	8.34	7.44
K ₂ O	0.29	0.32	0.23	0.31	0.19	0.34	0.31	0.29	0.18	0.39	0.38	0.38	0.44	0.46	0.34	0.37	0.47
BaO	0.06	0.06	0.06	0.07	0.04	0.05	0.05	0.06	0.03	0.06	0.05	0.08	0.03	0.00	0.06	0.00	0.01
SrO	0.10	0.17	0.09	0.14	0.12	0.09	0.15	0.10	0.17	0.10	0.13	0.12	0.08	0.04	0.04	0.06	0.10
Toplam	99.92	99.19	99.48	99.40	98.94	98.87	98.85	98.46	99.12	99.49	99.57	99.10	99.15	100.16	99.43	99.45	99.97
Formüller 8 oksijen üzerinden hesaplanmıştır																	
Si	2.50	2.50	2.37	2.49	2.36	2.47	2.47	2.44	2.34	2.54	2.51	2.51	2.68	2.70	2.58	2.74	2.67
Al	1.48	1.49	1.62	1.50	1.63	1.51	1.52	1.55	1.64	1.44	1.47	1.47	1.31	1.29	1.40	1.26	1.32
Fe ⁽ⁱⁱⁱ⁾	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca	0.48	0.51	0.62	0.50	0.64	0.53	0.53	0.56	0.66	0.45	0.47	0.47	0.30	0.29	0.41	0.26	0.33
Na	0.52	0.48	0.36	0.50	0.35	0.45	0.44	0.41	0.34	0.54	0.53	0.53	0.70	0.71	0.60	0.72	0.64
K	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
An	47.08	50.54	62.74	48.90	64.18	52.78	54.08	56.40	65.51	44.30	46.11	45.78	29.49	28.05	39.59	25.80	32.75
Ab	51.28	47.61	35.91	49.33	34.70	45.24	44.09	41.87	33.44	53.48	51.73	52.04	68.05	69.41	58.50	72.10	64.56
Or	1.64	1.84	1.35	1.77	1.12	1.98	1.83	1.73	1.05	2.22	2.17	2.18	2.46	2.54	1.91	2.10	2.68

FeO^T toplam Fe olarak ölçülmüştür. K: kenar. M: merkez

Ek 3. İncelenen kayalara ait K-feldispatların mikroprob analiz sonuçları

	Gabroyik diyorit								Granodiyorit							
	S13-1	S13-2	S13-3	S13-4	S13-5	S13-6	S13-7	S13-8	S19-1	S19-2	S19-3	S19-4	S19-5	S19-6	S19-7	S19-8
SiO ₂	64.33	64.65	64.42	64.32	64.27	64.36	64.80	64.86	63.80	63.57	63.23	63.60	64.99	63.68	63.86	63.80
Al ₂ O ₃	18.91	19.12	19.04	19.15	19.14	19.52	19.02	19.08	18.97	18.96	18.73	18.70	19.14	18.88	18.92	18.93
FeO ^T	0.30	0.12	0.10	0.10	0.26	0.16	0.09	0.15	0.09	0.04	0.13	0.21	0.03	0.04	0.10	0.01
CaO	0.11	0.13	0.08	0.11	0.09	0.27	0.10	0.08	0.09	0.11	0.07	0.10	0.06	0.05	0.13	0.12
Na ₂ O	1.78	1.70	2.01	1.83	2.07	2.11	1.69	1.69	0.79	0.79	0.67	0.83	0.95	0.62	0.84	0.35
K ₂ O	14.58	14.70	14.09	14.13	13.89	13.43	14.24	14.37	15.86	15.69	15.62	15.57	15.70	15.74	15.21	16.28
BaO	0.03	0.07	0.21	0.28	0.26	0.72	0.12	0.09	0.18	0.51	0.45	0.24	0.21	0.40	0.54	0.29
SrO	0.03	0.03	0.05	0.09	0.03	0.08	0.07	0.07	0.05	0.07	0.03	0.05	0.08	0.06	0.10	0.03
Toplam	100.07	100.52	100.00	100.01	100.01	100.65	100.13	100.39	99.83	99.74	98.93	99.30	101.16	99.47	99.70	99.81
Formül 8 oksijen üzerinden hesaplanmıştır																
Si	2.97	2.97	2.97	2.96	2.96	2.95	2.98	2.97	2.96	2.96	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97
Al	1.03	1.03	1.03	1.04	1.04	1.05	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04
Fe ⁽ⁱⁱ⁾	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Na	0.16	0.15	0.18	0.16	0.18	0.19	0.15	0.15	0.07	0.07	0.06	0.08	0.08	0.06	0.08	0.03
K	0.86	0.86	0.83	0.83	0.82	0.78	0.83	0.84	0.94	0.93	0.93	0.93	0.92	0.94	0.90	0.97
Ba	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
An	0.53	0.63	0.39	0.54	0.44	1.34	0.50	0.40	0.44	0.54	0.35	0.50	0.29	0.25	0.66	0.60
Ab	15.57	14.86	17.75	16.36	18.39	19.02	15.21	15.10	7.01	7.07	6.10	7.46	8.40	5.63	7.69	3.15
Or	83.90	84.52	81.86	83.10	81.17	79.64	84.30	84.50	92.55	92.39	93.55	92.05	91.31	94.11	91.65	96.26
FeO ^T toplam Fe olarak ölçülmüştür																

Ek 4. İncelenen kayalara ait biyotitlerin mikroprob analiz sonuçları

	Gabroyik diyorit			Granodiyorit						
	S13-1	S13-2	S13-3	S19-1	S19-2	S19-3	S19-4	S19-5	S19-6	S19-7
SiO ₂	37.85	37.38	37.91	36.69	36.02	37.49	36.94	36.79	37.11	37.14
TiO ₂	4.59	4.64	4.69	4.12	4.14	4.30	4.11	4.43	4.68	4.61
Al ₂ O ₃	12.40	12.47	12.71	13.04	12.67	12.20	12.60	12.52	12.60	12.75
FeO ^T	18.02	18.23	17.57	19.44	19.31	18.96	19.28	18.70	18.51	19.03
MnO	0.26	0.26	0.22	0.22	0.17	0.19	0.18	0.33	0.31	0.32
MgO	13.31	12.95	13.84	11.81	11.57	12.03	12.21	12.08	12.80	12.34
CaO	0.04	0.05	0.04	0.20	0.27	0.19	0.11	0.27	0.06	0.09
Na ₂ O	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.15	0.16	0.14	0.14	0.15
K ₂ O	9.50	9.44	9.50	8.67	9.11	8.73	9.10	9.02	9.32	9.28
Cl	0.19	0.26	0.24	0.32	0.33	0.30	0.25	0.27	0.41	0.27
F	0.40	0.38	0.44	0.14	0.14	0.18	0.19	0.32	0.31	0.35
Toplam	96.68	96.19	97.30	94.80	93.89	94.72	95.13	94.87	96.25	96.33
Formül 22 oksijen üzerinden hesaplanmıştır										
Si	5.65	5.62	5.60	5.62	5.60	5.73	5.65	5.62	5.59	5.59
Ti	0.52	0.52	0.52	0.47	0.48	0.49	0.47	0.51	0.53	0.52
Al	2.18	2.21	2.21	2.36	2.32	2.20	2.27	2.26	2.23	2.26
Fe ⁽ⁱⁱ⁾	2.25	2.29	2.17	2.49	2.51	2.42	2.46	2.39	2.33	2.40
Mn	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04
Mg	2.96	2.90	3.05	2.70	2.68	2.74	2.78	2.75	2.87	2.77
Ca	0.01	0.01	0.01	0.03	0.04	0.03	0.02	0.04	0.01	0.01
Na	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04
K	1.81	1.81	1.79	1.69	1.81	1.70	1.77	1.76	1.79	1.78
Cl	0.05	0.07	0.06	0.08	0.09	0.08	0.06	0.07	0.10	0.07
F	0.19	0.18	0.21	0.07	0.07	0.09	0.09	0.15	0.15	0.17
Fe#	0.43	0.44	0.42	0.48	0.48	0.47	0.47	0.46	0.45	0.46
Mg#	0.57	0.56	0.58	0.52	0.52	0.53	0.53	0.54	0.55	0.54
FeO ^T toplam Fe olarak ölçülmüştür										

Ek 5. İncelenen kayalara ait amfibollerin mikroprob analiz sonuçları

	Gabroyik diyorit				Granodiyorit					
	S13-1	S13-2	S13-3	S13-4	S19-1	S19-2	S19-3	S19-4	S19-5	S19-6
SiO ₂	49.83	50.24	49.61	50.21	47.64	47.14	48.87	48.14	48.65	49.12
TiO ₂	0.77	0.89	1.07	0.83	1.30	1.15	0.80	0.88	1.13	0.83
Al ₂ O ₃	4.57	4.68	4.76	4.72	5.82	6.20	5.09	5.57	5.01	4.95
FeO ^T	15.39	14.80	14.48	14.93	16.43	16.35	16.02	16.14	14.24	15.63
MnO	0.53	0.54	0.47	0.51	0.54	0.55	0.49	0.47	0.43	0.57
MgO	14.27	14.55	14.50	14.62	13.02	13.18	13.26	12.97	14.29	13.86
CaO	11.09	11.15	11.17	10.99	11.15	10.90	11.27	11.34	11.40	10.97
Na ₂ O	1.22	1.12	1.13	1.14	1.50	1.50	0.97	1.05	1.30	1.27
K ₂ O	0.42	0.38	0.51	0.37	0.64	0.66	0.48	0.59	0.52	0.47
Toplam	98.09	98.35	97.70	98.32	98.04	97.63	97.25	97.15	96.97	97.67
Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır										
Si	7.25	7.27	7.23	7.27	7.01	6.96	7.22	7.13	7.15	7.20
Ti	0.08	0.10	0.12	0.09	0.14	0.13	0.09	0.10	0.12	0.09
Al	0.78	0.80	0.82	0.80	1.01	1.08	0.89	0.97	0.87	0.85
Fe ⁽ⁱⁱ⁾	1.87	1.79	1.76	1.81	2.02	2.02	1.98	2.00	1.75	1.92
Mn	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.07
Mg	3.10	3.14	3.15	3.15	2.85	2.90	2.92	2.86	3.13	3.03
Ca	1.73	1.73	1.74	1.70	1.76	1.72	1.78	1.80	1.79	1.72
Na	0.69	0.63	0.64	0.64	0.86	0.86	0.56	0.60	0.74	0.72
K	0.08	0.07	0.09	0.07	0.12	0.12	0.09	0.11	0.10	0.09
Fe#	0.70	0.69	0.73	0.64	0.82	0.73	0.74	0.78	0.84	0.71
Mg#	0.70	0.72	0.71	0.73	0.63	0.67	0.67	0.65	0.68	0.69
FeO ^T toplam Fe olarak ölçülmüştür										

Ek 6. İncelenen kayalara ait LA-ICP-MS U-Pb zirkon analiz sonuçları

Kayaç / Analiz	Ölçülem Oranlar				Düzeltilmiş Yaşlar (My)													
	Pb ^T	²³² Th	²³⁸ U	²⁰⁷ / ²⁰⁶ Pb (1σ)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U (1σ)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U (1σ)	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th (1σ)	²³⁸ U/ ²³² Th	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U (1σ)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U (1σ)	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th (1σ)							
Gabroyik diyorit																		
S13-01	1.71	123	200	0.0504	0.0053	0.0495	0.0050	0.0071	0.0002	0.0024	0.0001	1.5963	49.0	4.8748	45.6	1.0418	48.9	2.6833
S13-02	1.86	136	217	0.0535	0.0050	0.0505	0.0040	0.0071	0.0001	0.0024	0.0001	1.5678	50.0	3.8938	45.4	0.9501	48.0	2.1657
S13-03	2.25	156	264	0.0466	0.0045	0.0451	0.0035	0.0073	0.0002	0.0023	0.0001	1.6550	44.7	3.3683	47.1	1.0453	46.6	2.1458
S13-04	1.32	149	140	0.0508	0.0084	0.0473	0.0069	0.0070	0.0002	0.0023	0.0001	0.9280	46.9	6.7346	45.3	1.3701	47.0	2.5165
S13-05	1.35	107	156	0.0471	0.0052	0.0443	0.0037	0.0071	0.0002	0.0023	0.0001	1.4289	44.0	3.5647	45.4	1.0230	46.1	2.1832
S13-06	1.31	106	151	0.0477	0.0050	0.0445	0.0034	0.0071	0.0002	0.0023	0.0001	1.3967	44.2	3.2824	45.4	1.1656	46.0	2.1830
S13-07	1.71	133	206	0.0472	0.0046	0.0436	0.0031	0.0069	0.0002	0.0022	0.0001	1.5058	43.3	2.9684	44.2	1.0364	45.3	2.1727
S13-08	1.86	204	194	0.0513	0.0046	0.0506	0.0035	0.0072	0.0002	0.0023	0.0001	0.9270	50.2	3.4252	46.2	0.9984	46.0	2.0152
S13-09	3.33	208	395	0.0470	0.0033	0.0478	0.0034	0.0074	0.0001	0.0024	0.0001	1.7978	47.4	3.2775	47.3	0.9199	49.2	1.8446
S13-10	0.99	80.5	116	0.0560	0.0086	0.0475	0.0058	0.0068	0.0002	0.0025	0.0003	1.4143	47.1	5.6153	43.7	1.4078	50.4	5.6757
S13-11	4.26	362	487	0.0500	0.0034	0.0488	0.0031	0.0071	0.0001	0.0023	0.0001	1.3055	48.4	2.9637	45.7	0.6635	45.6	1.3137
S13-12	1.48	107	176	0.0501	0.0056	0.0475	0.0042	0.0068	0.0002	0.0026	0.0001	1.6057	47.1	4.1061	43.9	1.2207	52.0	2.4836
S13-13	1.70	126	198	0.0473	0.0052	0.0463	0.0038	0.0071	0.0002	0.0024	0.0001	1.5309	46.0	3.7113	45.5	1.1226	48.0	2.6800
S13-14	2.11	147	238	0.0511	0.0049	0.0505	0.0040	0.0072	0.0001	0.0027	0.0001	1.5750	50.0	3.8897	46.2	0.8990	53.8	2.5240
S13-17	1.54	161	158	0.0492	0.0055	0.0458	0.0031	0.0073	0.0002	0.0024	0.0001	0.9648	45.5	3.0564	47.2	1.2315	48.8	2.1924
S13-18	2.35	176	264	0.0485	0.0037	0.0481	0.0030	0.0073	0.0002	0.0025	0.0001	1.4644	47.7	2.8915	47.0	1.0056	50.7	1.9059
S13-20	4.02	298	434	0.0511	0.0029	0.0525	0.0028	0.0076	0.0001	0.0025	0.0001	1.4300	51.9	2.7475	48.6	0.8065	50.5	1.7237
Granodiyorit																		
S19-04	2.36	173	268	0.0463	0.0036	0.0449	0.0031	0.0072	0.0001	0.0026	0.0001	1.5061	44.6	2.9689	46.0	0.8157	52.1	1.6858
S19-05	2.05	148	237	0.0496	0.0045	0.0477	0.0035	0.0070	0.0001	0.0023	0.0001	1.5665	47.3	3.4300	45.3	0.8450	46.7	2.5790
S19-07	1.98	147	226	0.0503	0.0050	0.0501	0.0049	0.0073	0.0002	0.0026	0.0001	1.5880	49.7	4.7615	47.0	1.0457	51.6	2.6075
S19-09	2.42	211	279	0.0500	0.0056	0.0449	0.0042	0.0067	0.0001	0.0024	0.0001	1.3086	44.6	4.0373	42.8	0.8982	49.3	2.0793
S19-10	1.34	86.8	159	0.0544	0.0055	0.0498	0.0038	0.0070	0.0002	0.0021	0.0001	1.7893	49.3	3.6540	45.1	0.9870	42.9	2.4809
S19-12	1.10	67.4	128	0.0472	0.0051	0.0450	0.0033	0.0073	0.0002	0.0023	0.0001	1.8645	44.7	3.1604	46.6	1.0871	46.7	2.5151
S19-13	1.76	124	215	0.0494	0.0048	0.0455	0.0036	0.0068	0.0001	0.0021	0.0001	1.6971	45.2	3.5144	43.9	0.9202	42.5	2.2939
S19-14	1.72	115	202	0.0544	0.0056	0.0492	0.0042	0.0070	0.0002	0.0024	0.0001	1.7182	48.8	4.0397	44.8	1.0091	48.6	2.3728
S19-15	4.53	280	500	0.0528	0.0042	0.0531	0.0037	0.0074	0.0001	0.0026	0.0001	1.7291	52.5	3.5555	47.7	0.9025	53.4	2.0351
S19-17	2.32	154	273	0.0511	0.0045	0.0483	0.0036	0.0070	0.0001	0.0025	0.0001	1.7404	47.9	3.4712	44.7	0.8280	49.8	2.0800
S19-18	1.37	81.6	158	0.0515	0.0073	0.0502	0.0058	0.0073	0.0002	0.0025	0.0002	1.8889	49.7	5.6147	46.7	1.1407	50.6	3.3721
S19-19	2.25	135	261	0.0472	0.0039	0.0466	0.0033	0.0072	0.0001	0.0024	0.0001	1.8838	46.3	3.2368	46.5	0.8545	49.2	2.4857
S19-20	2.28	170	253	0.0510	0.0042	0.0504	0.0035	0.0072	0.0002	0.0024	0.0001	1.4690	49.9	3.4225	46.4	1.2303	49.2	2.6347

Hatalar 1-sigmadır. Metinde ağırlıklı ortalama olarak ²⁰⁶Pb / ²³⁸U yaş (1) değerleri kullanılmıştır

Ek 7. İncelenen kayalara ait Sr ve Nd izotop analizleri

Kayaç	Rb/Sr	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Sm (ppm)	Nd (ppm)	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ / ⁸⁶ Sr	(2σ)	⁸⁷ / ⁸⁶ Sr _(i)	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ / ¹⁴⁴ Nd	(2σ)	¹⁴³ / ¹⁴⁴ Nd _(i)	eNd _(T)	eNd ₍₀₎	TDM*	TDM**
Gbrdi																	
S14	0.13	61.08	471.84	5.64	24.05	0.37443	0.70482	0.000006	0.70458	0.14241	0.51	0.000005	0.51	2.13	1.81	0.84	0.67
S13	0.17	74.69	444.35	5.64	23.79	0.48618	0.70492	0.000006	0.70460	0.14390	0.51	0.000007	0.51	2.24	1.93	0.84	0.66
Gd																	
S19	0.46	132.62	287.83	4.96	23.27	1.33281	0.70569	0.000007	0.70484	0.12949	0.51	0.000010	0.51	1.85	1.46	0.75	0.70

εNd_(i) ve εNd₍₀₎ değerleri günümüz ¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd=0.1967 ve ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd=0.512638 değerlerine göre hesaplanmıştır.
 Tek safhalı model yaşları (TDM*) günümüz tüketilmiş manto değerleri (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd=0.513151 ve ¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd=0.219)'ne göre hesaplanmıştır.
 Çift safhalı model yaşları (TDM**) Liew ve Hofman (1988)'e göre hesaplanmıştır.
 Gbrdi: Gabroyik diyorit, Gd: Granodiyorit

Ek 8. İncelenen kayalara ait Pb izotop analizleri

Kayaç	Pb ppm	U ppm	Th ppm	$^{(206/204)}\text{Pb}$ (2σ)	$^{(206/204)}\text{Pb}_{(i)}$	$^{(207/204)}\text{Pb}$ (2σ)	$^{(207/204)}\text{Pb}_{(i)}$	$^{(208/204)}\text{Pb}$ (2σ)	$^{(208/204)}\text{Pb}_{(i)}$			
Gbrdi												
S14	11.73	2.22	8.42	18.59	0.0003	18.50	15.60	0.0004	15.60	38.67	0.0011	38.56
S13	14.37	2.19	7.80	18.59	0.0006	18.52	15.60	0.0006	15.60	38.67	0.0016	38.59
Gd												
S19	10.99	3.52	15.28	18.71	0.0005	18.57	15.61	0.0004	15.60	38.79	0.0012	38.59

Gbrdi: Gabroyik diyorit, Gd: Granodiyorit

Ek 9. Gabroyik diyorit ve granodiyorit örneklerinden seçilen zirkon kristallerinden yapılan Lu-Hf izotop analizleri sonuçları

Spot. No	Yaş	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	1σ	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	1σ	$^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$	1σ	$(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_{(i)}$	$\varepsilon\text{Hf}_{(0)}$	$\varepsilon\text{Hf}_{(i)}$	$T_{\text{DM1}}(\text{My})$	$T_{\text{DM2}}(\text{My})$	$f_{\text{Lu/Hf}}$
Gbrdi													
S13-08	45	0.282944	0.000015	0.002075	0.000009	0.061871	0.000207	0.282942	6.08	7.00	450	673	-0.94
S13-09	45	0.282933	0.000012	0.001134	0.000004	0.032171	0.000128	0.282932	5.71	6.66	454	695	-0.97
S13-10	45	0.282972	0.000014	0.001126	0.000008	0.032490	0.000163	0.282971	7.07	8.03	398	607	-0.97
S13-11	45	0.282924	0.000013	0.001133	0.000011	0.032025	0.000392	0.282923	5.38	6.33	467	716	-0.97
S13-12	45	0.282936	0.000014	0.001070	0.000003	0.030073	0.000129	0.282935	5.80	6.76	449	689	-0.97
S13-13	45	0.282921	0.000012	0.000954	0.000006	0.027373	0.000237	0.282920	5.27	6.23	469	722	-0.97
Gd													
S19-04	45	0.282908	0.000012	0.001680	0.000015	0.047512	0.000390	0.282907	4.82	5.75	497	753	-0.95
S19-05	45	0.282950	0.000013	0.001062	0.000013	0.030413	0.000368	0.282949	6.29	7.25	429	657	-0.97
S19-07	45	0.282936	0.000012	0.000852	0.000006	0.024371	0.000190	0.282935	5.78	6.75	447	689	-0.97
S19-09	45	0.282931	0.000011	0.001022	0.000005	0.028835	0.000179	0.282930	5.61	6.56	456	701	-0.97
S19-10	45	0.282927	0.000011	0.000665	0.000006	0.018285	0.000203	0.282926	5.48	6.44	457	709	-0.98
S19-12	45	0.282935	0.000012	0.000975	0.000005	0.026456	0.000172	0.282934	5.76	6.72	450	691	-0.97

Gbrdi: Gabroyik diyorit, Gd: Granodiyorit

Ek 10. Doğu Pontidler’de yer alan Eosen yaşlı Plütonların yaş, bazı tüm-kayaç jeokimyası ve izotop verilerine ait minimum, maksimum ve ortalama değerleri

Plüton	Kayaç Türü	Yaş (My)	SiO ₂	K ₂ O	Mg#	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(i)	eNd _(i)	²⁰⁶ / ²⁰⁴ Pb _(i)
Kemerlikdağı	gr, gd, to, di, gbrdi							
min		45.1	53	0.7	24	0.7050	-0.1	18.4
max		45.9	74	4.3	53	0.7054	0.9	18.6
ort		45.5	63	2.9	46	0.7052	0.5	18.5
n		n=1	n=21	n=21	n=21	n=6	n=6	n=6
Aydıntepe	gr, gd, to, di, gbrdi							
min		42.1	57	2.6	32	0.7053	-1.3	18.4
max		45.2	72	5.4	53	0.7054	-0.3	18.6
ort		43.6	65	3.9	45	0.7054	-0.8	18.5
n		n=2	n=25	n=25	n=25			
Kopuz	gr, gd, di							
min		44.8	56	2.1	43			
max		44.8	69	4.3	52			
ort		44.8	62	3.0	47			
n		n=1	n=11	n=11	n=11			
Seme	gd,di							
min		52.0	58	1.8	45	0.7047	-1.1	
max		53.0	68	2.8	59	0.7050	0.0	
ort		52.5	62	2.4	56	0.7048	-0.4	
n		n=2	n=14	n=14	n=14	n=5	n=5	
Tamdere	grd, mg							
min		42.0	60	3.7	44			
max		47.0	65	4.1	46			
ort		44.5	63	3.9	45			
n		n=2	n=8	n=8	n=8			
Kazıkbeli	gr, gd, to, gbrdi							
min		45.0	55	2.0	43	0.7046	1.8	18.5
max		46.0	72	4.5	50	0.7048	2.2	18.6
ort		45.5	64	3.1	47	0.7047	2.1	18.5
n		n=2	n=10	n=10	n=10	n=3	n=3	n=3
Pelitli	mg, gd, to, di							
min		44.0	57	0.7	34	0.7053	0.3	18.4
max		45.0	77	4.2	56	0.7056	0.7	18.6
ort		44.5	65	3.2	45	0.7054	0.5	18.5
n		n=2	n=17	n=17	n=17	n=4	n=4	n=4
Dölek	gd,mdi							
min		42.9	57	1.3	43	0.7048	-0.5	18.6
max		44.8	70	5.1	53	0.7055	0.8	18.7
ort		43.8	63	3.3	48	0.7051	0.3	18.6
n		n=2	n=22	n=22	n=22	n=6	n=6	n=6

Ek 10 (Devamı)

Plüton	Kayaç Türü	Yaş (My)	SiO ₂	K ₂ O	Mg#	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(i)	eNd _(i)	²⁰⁶ / ²⁰⁴ Pb _(i)
Kaletaş	gr, gd, di							
min		44.4	59	2.7	42	0.7052	-0.8	18.5
max		45.0	69	4.4	51	0.7053	-0.6	18.5
ort		44.7	64	3.5	47	0.7052	-0.7	18.5
n		n=2	n=14	n=14	n=14	n=3	n=3	n=3
Sarıçiçek	gd,mdi							
min		42.7	61	2.7	39	0.7052	-0.6	18.6
max		44.1	73	4.4	50	0.7055	-0.4	18.6
ort		43.4	64	3.3	47	0.7053	-0.5	18.6
n		n=2	n=18	n=18	n=18	n=3	n=3	n=3
Sorkunlu	gd, to, di, gbrdi							
min		44.2	56	1.5	37	0.7054	-1.0	18.6
max		44.7	67	3.3	54	0.7056	-0.2	18.6
ort		44.5	61	2.4	48	0.7055	-0.6	18.6
n		n=2	n=11	n=11	n=11	n=5	n=5	n=5
Kılıckaya-Kozluk	gr, gd, to, di							
min		44.9	57	2.5	48	0.7053	0.0	18.7
max		46.9	67	4.0	52	0.7058	0.7	18.9
ort		45.9	62	3.4	50	0.7055	0.3	18.7
n		n=2	n=19	n=19	n=19	n=9	n=9	n=9
Arslandede	gr,gd,mdi							
min		42.1	63	4.1	44	0.7048	0.9	18.6
max		42.1	65	4.7	48	0.7049	1.1	18.7
ort		42.1	64	4.3	46	0.7049	1.0	18.7
n		n=1	n=10	n=10	n=10	n=2	n=2	n=2
Meydanlı	gd,mdi							
min		41.8	53	3.7	32	0.7046	1.6	18.5
max		42.4	65	6.3	47	0.7047	2.3	18.7
ort		42.1	59	4.9	39	0.7046	1.9	18.6
n		n=2	n=10	n=10	n=10	n=5	n=5	n=5
Bademli	gd,mdi							
min		42.2	56	3.8	18	0.7046	1.0	18.5
max		42.5	66	7.0	45	0.7049	3.3	18.8
ort		42.4	62	5.4	37	0.7048	1.9	18.6
n		n=2	n=10	n=10	n=10	n=4	n=4	n=4
Çiçekli	gr, gd, to							
min		43.1	64	3.3	32	0.7052	-0.8	18.5
max		44.8	70	4.3	48	0.7054	-0.1	18.6
ort		44.0	66	3.8	43	0.7053	-0.6	18.5
n		n=2	n=9	n=9	n=9	n=4	n=4	n=4
Somarova	gd, to, di							
min		43.5	58	2.3	41	0.7050	-1.1	18.5
max		44.2	69	4.5	49	0.7052	-0.2	18.7
ort		43.9	63	3.5	47	0.7051	-0.7	18.6
n		n=2	n=14	n=14	n=14	n=4	n=4	n=4

Ek 10 (Devamı)

Plüton	Kayaç Türü	Yaş (My)	SiO ₂	K ₂ O	Mg#	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr _(i)	eNd _(i)	²⁰⁶ / ²⁰⁴ Pb _(i)
Şaşurluk	gr, to, di							
min		43.9	58	2.1	27	0.7050	-0.6	18.5
max		44.4	73	5.1	49	0.7052	0.5	18.6
ort		44.3	64	3.4	44	0.7051	-0.1	18.6
n			n=9	n=9	n=9	n=4	n=4	n=4
Sisdağı	gr, gd, mdi							
min		41.6	49	2.5	37	0.7034	1.6	18.5
max		41.6	61	5.6	48	0.7040	2.3	18.7
ort		41.6	53	3.9	44	0.7037	1.9	18.6
n			n=19	n=19	n=19	n=4	n=4	n=4
Kösedağı	gd, mdi							
min		42.3	58	6.0	20	0.7043	3.3	18.2
max		44.6	70	8.2	41	0.7061	4.3	18.7
ort		43.3	63	7.0	28	0.7047	3.6	18.5
n			n=4	n=12	n=12	n=12	n=8	n=8
Saraycik	gr, gd, mdi							
min		52.2	50	1.5	25	0.7049	-1.2	
max		52.8	77	5.0	54	0.7053	-0.3	
ort		52.5	69	2.7	47	0.7051	-0.6	
n			n=2	n=18	n=18	n=18	n=9	n=9
Çevrepınar	gd, mdi							
min		46	61	2.9	46			
max		46	64	3.3	49			
ort		46	62	3.2	47			
n			n=1	n=10	n=10	n=10		
Avliyana	di, to							
min		44.8	57	1.6	47	0.7053	-1.0	
max		45.6	64	3.5	54	0.7056	-0.1	
ort		45.2	60	2.5	49	0.7054	-0.5	
n			n=2	n=10		n=5	n=5	

n: örnek sayısı

ÖZGEÇMİŞ

Zikrullah Samet GÜLOĞLU, 2010 yılında Gümüşhane Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Lisans öğrenimine başladı. 2014 yılında lisans öğrenimini, 2017 yılında da Gümüşhane Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. 2017 yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü'nde Doktora öğrenimine başladı. 2022 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Çaycuma Meslek Yüksekokulu'nda öğretim görevlisi olarak göreve başladı ve halen görevine devam etmektedir. GÜLOĞLU evli ve 2 çocuk babası olup, orta derecede İngilizce bilmektedir.

