



T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



KOPUZ (TORUL, GÜMÜŞHANE) GRANİTOYİDİ'NİN PETROGRAFİK ve
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cüneyt DORUK

MAYIS 2021
GÜMÜŞHANE

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KOPUZ (TORUL, GÜMÜŞHANE) GRANİTOYİDİ'NİN
PETROGRAFIK ve JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cüneyt DORUK

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
''Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı''
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26.04.2021

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 20.05.2021

MAYIS 2021

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum “Kopuz (Torul, Gümüşhane) Granitoyidi'nin petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi başlıklı tez çalışmasında; bilgi ve belgelerin tamamına genel akademik kurallar çerçevesinde ulaştığımı, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, faydalandığım kaynakları metin ve kaynaklarda kısmında eksiksiz olarak belirttiğimi, çalışma tamamlanana kadar bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi takdirde her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

26/04/2021

Cüneyt DORUK

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KOPUZ (TORUL, GÜMÜŞHANE) GRANİTOYİDİ'NİN
PETROGRAFİK ve JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Cüneyt DORUK

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ
2021, 64 sayfa

İnceleme alanı, Doğu Pontid Tektonik Kuşağı'nın Kuzey ve -Güney zonları arasındaki geçiş zonunda bulunmaktadır. Sahada, geniş bir yayılıma sahip Üst Kretase yaşlı dasit, andezit, piroklastları ve tortul ara seviyelerden oluşan volkano-sedimanter kayalar bulunmaktadır. Bu birim, Eosen yaşlı Kopuz Granitoyidi tarafından kesilmektedir. Kuvaterner yaşlı alüvyon diğer birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.

Elips şeklinde, yaklaşık 15 km²'lik bir alanda, mostra veren Kopuz Granitoyidi, genel olarak granit, granodiyorit ve kuvars diyorit mineralojik bileşime sahip kayalardan oluşmakta ve başlıca plajiyoklas, kuvars, ortoklas, hornblend, biyotit ve opak minerallerden meydana gelmektedir. Kopuz Granitoyidi'nden analiz edilen magmatik

zirkonlardan 44.75 ± 0.92 My U-Pb zirkon SHRIMP konkordiya yaşı elde edilmiş olup Orta Eosen- döneme karşılık gelmektedir. Kopuz Granitoyidi, genel olarak I-tipi, yüksek K'lu ve kalk-alkali afiniteli, metalüminyum karakterli ve yüksek SiO_2 (%52.36-71.81) içeriğine sahiptir. Ana ve iz element değişimleri, kayaçların oluşumunda plajiyoklas, hornblend ve Fe-Ti oksit ayrışmasının önemli rol oynadığını göstermektedir. Örneklerin, kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları, birbirleri ile benzerlik sergilemektedir. Örneklerdeki hafif nadir toprak elementleri (HNTE), ağır nadir toprak elementlere (ANTE) oranla daha fazla zenginleşmiştir, ancak granodiyoritlerdeki HNTE zenginleşmesi, granit ve kuvars diyoritlere kıyasla daha belirgindir. Kayaçların $(\text{La/Lu})_N$ değerleri 4.12-7.90 arasında değişmekte olup negatif Eu anomalisi ($\text{Eu/Eu}^*=0.55-0.82$) belirgindir. Belirgin pozitif Pb ve negatif Nb (Ta), P ve Ti anomalileri, büyük iyon yarıçaplı (BİY) ve HNTE bakımından zenginleşme tespit edilmiştir.

Jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinden yola çıkılarak, bu kayaçların oluşumunda alt kıtasal kabuk kayaçlarının (amfibolitik) kısmi ergimesi ve litosferik manto bileşenlerinin etkin olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Granitoyid, Gümüşhane, Jeokimya, Kopuz, Torul, Türkiye, U-Pb Zirkon Yaş

ABSTRACT

MS THESIS

**INVESTIGATION of PETROGRAGHIC and GEOCHEMICAL PROPERTIES of
KOPUZ (TORUL-GÜMÜŞHANE)
GRANITOID**

Cüneyt DORUK

Gümüşhane University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Program

Adviser: Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ

2021, 64 pages

The study area is located in the transition zone between the north and south zones of the Eastern Pontides Tectonic Belt. In the area, there are volcano-sedimentary rocks consisting of Upper Cretaceous aged dacite, andesite, basalt and their pyroclasts and sedimentary interlayers and they have a wide spread. This unit is cut by the Eocene aged Kopuz Granitoid. Quaternary aged alluviums unconformably overlies the other units.

The Kopuz Granitoid, which is elliptical and outcrops in an area of approximately 15 km², generally consists of rocks with a mineralogical composition of granite, granodiorite and quartz diorite, and mainly consists of plagioclase, quartz, orthoclase, hornblende, biotite and opaque minerals. The SHRIMP concordia age of 44.75±0.92 Ma U-Pb zircon

was obtained from the magmatic zircons analyzed from the Kopuz Granitoid, corresponding to the Middle Eocene period. Kopuz granitoid generally has I-type, high K and calc-alkali affinity, metaluminum character and high SiO₂ (52.36-71.81%) content. Major and trace element changes show that plagioclase, hornblende and Fe-Ti oxide differentiation play an important role in the formation of these rocks. The rare earth element patterns of the samples, which is normalized based on chondrite, are similar to each other. The light rare earth elements (LREE) in the samples are more enriched than the heavy rare earth elements (HREE), however, the HREE enrichment in granodiorites is more pronounced compared to granite and quartz diorites. The (La/Lu)_N values of the rocks vary between 4.12 and 7.90, and negative Eu anomaly (Eu/Eu*=0.55-0.82) of the rocks is evident. In granitoidic samples, negative Nb (Ta) anomaly, positive Pb anomaly, negative P and Ti anomalies, enrichment of large ion radius (LIL) and LRE elements were detected.

Based on their geochemical and petrological properties, it has been revealed that partial melting of lower continental crustal rocks (amphibolitic) and lithospheric mantle components are effective in the formation of these rocks.

Keywords: Granitoid, Gümüşhane, Geochemistry, Kopuz, Torul, Turkey, U-Pb Zircon Age.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Tez kapsamında, Kopuz (Torul/Gümüşhane) Granitoyidi'nin petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir.

Çalışmanın her aşamasında, yoğun iş temposuna rağmen değerli vaktini ayıran, tecrübesini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım sayın Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ hocama minnet ve şükranlarımı sunarım.

Çalışma sürecinde her zaman kapısını çalabileceğim, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER'e, arazi çalışmalarında destek olan Jeoloji Yüksek Mühendisi Tanju AYDURMUŞ'a, ince kesitlerin incelenmesinde yardımcı olan Arş. Gör. Kadir SÜNNETÇİ ve ince kesitleri hazırlayan teknisyen Ferdi DAYANÇ'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasını maddi olarak destekleyen Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (GÜBAP) Koordinatörlüğü ile 19.F5114.01.03 ve 19.F5114.07.04 nolu projelere ayrıca teşekkürü bir borç bilirim.

Bu hayatta, bana her zaman iyi bir ahlak aşılamaı amaç edinen, çok kıymetli babam Hurrem DORUK ve annem Saime DORUK'a, desteğini esirgemeyen eşim Yeşim DORUK'a, evimizin neşesi oğlum Yağız DORUK'a ve yakın zamanda hayatımıza dahil olan kızım Merve DORUK'a şükranlarımı sunarım.

Cüneyt DORUK

Gümüşhane, 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XV
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XVI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Coğrafi Bilgiler.....	1
1.2.1. Coğrafi Konum	1
1.2.2. Topoğrafya.....	3
1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü.....	3
1.3. Bölgesel Jeoloji.....	4
1.4. Önceki Çalışmalar	7
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	11
2.1. Arazi Çalışmaları	11
2.2. Laboratuvar Çalışmaları	11
2.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması	11
2.2.2. Tüm-kayaç Jeokimyası Analizleri	12
2.2.3. U-Pb Zirkon Yaşlandırma Analizi.....	12
2.1.3. Büro Çalışmaları.....	13
3. BULGULAR	14
3.1. Stratigrafi ve Petrografi	14
3.1.1. Dasit, andezit, bazalt ve piroklastları.....	16
3.1.2. Kopuz Granitoyidi	18
3.1.2.1. Saha Gözlemleri	18
3.1.2.2. Petrografik İncelemeler	19

3.1.2.3.	Kuvars Diyorit	20
3.2.2.4.	Granodiyorit.....	24
3.2.2.5.	Granit	28
3.1.2.6.	U-Pb Zirkon Jeokronolojisi	31
3.1.2.7.	Kopuz Granitoidi'nin Jeokimyası.....	34
3.1.2.7.1.	Ana ve İz Elementler	34
3.1.2.7.2.	Nadir Toprak Elementler	41
3.1.2.7.3.	Tektonik Konum.....	42
4.	TARTIŞMA.....	46
4.1.	Kopuz Granitoidi'nin Petrojenezi.....	46
4.1.1.	Fraksiyonel kristallenme-kirlenme	47
4.1.2.	Magma karışımı ve kaynağı	49
5.	SONUÇLAR.....	54
6.	KAYNAKLAR.....	55
7.	EKLER	65
	ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 1. 2. Çalışma alanından genel görünüm	3
Şekil 1. 3. Doğu pontitlerin Kuzey ve Güney zonları (Bektaş, 1986).....	4
Şekil 1. 4. Doğu pontitlerdeki Eosen yaşlı granitoyidik kayaçların dağılımları.....	9
Şekil 3. 1. Kopuz-Dağdibi köyleri ve çevresinin stratigrafik kolon kesiti	15
Şekil 3. 2. Kopuz - Dağdibi köyleri ve çevresinin jeolojik haritası (114Y099 nolu projedeki örnekler verilerin desteklenmesinde kullanılmıştır).....	16
Şekil 3. 3. Kopuz Granitoyidi'ni, volkano-sedimanter kireçtaşları ile kontak bölgelerinde gelişen mermerleşme ve Fe skarn cevherleşmesi	17
Şekil 3. 4. Kopuz Granitoyidi'ni, sahada çevreleyen volkano-sedimanter istif içindeki bazalt birimlerinin görünümü	18
Şekil 3. 5. Çalışma alanındaki granitoyidlerden genel görünüm a) Granit b) Granodiyorit c) Kuvars diyorit.....	19
Şekil 3. 6. Kopuz Granitoyidi'ne ait alt birimlerin uydu görüntüsündeki konumları	20
Şekil 3. 7. Kopuz Granitoyidi içerisindeki kuvars diyoritin makroskobik görüntüsü.....	21
Şekil 3. 8. Kopuz Granitoyidi içerisindeki kuvars diyorit örneklerinin KAP diyagramındaki konumları (Streckeisen, 1976).	22
Şekil 3. 9. Kopuz Granitoyidi içerisindeki kuvars diyoritlerin mikroskopta görünümü. a) Plajiyoklaslarda serizitleşme (Örn. No: C16, +N), b) Plajiyoklas ve ortoklas (Örn. No: C11, +N), c) Plajiyoklas, hornblend ve biyotit (Örn. No: C19 +N), d) Hornblend ve biyotit (Örn.No: C19, //N), e) Farklı boyutta plajiyoklaslar (Örn. No: C20, +N) ve f) Yarı özşekilli hornblend (Örn. No:C16, + N). (Ku: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Ort: Ortoklas, Hb: Hornblend, Bi: Biyotit, Op: Opak mineral).....	23
Şekil 3.10. Kopuz Köyü'nün doğusunda granodiyoritlerinde yüzeysel alterasyon	24
Şekil 3.11. Kopuz Köyü yakınlarında granodiyoritlerden genel görünüş	25
Şekil 3.12. Kopuz Granitoyidi içerisindeki granodiyoritler makro görünümü	25
Şekil 3.13. Kopuz Granitoyidi içerisindeki granodiyorit örneklerinin KAP diyagramındaki konumları (Streckeisen, 1976).	26

Şekil 3. 14. Kopuz Granitoyidi içerisindeki granodiyoritlerin mikroskopik görünümleri	
a) Zonlu plajiyoklas, kuvars, biyotit ve hornblend (Örn. No: C17, +N),	
b) İri plajiyoklaslar ve özşekilli hornblend mineralleri (Örn. No: C7, +N),	
c) ve d) grafik doku, (Örn. No: C23, +N). Ku: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Ort:	
Ortoklas, Hb: Hornblend, Bi: Biyotit, Op: Opak mineral.....	28
Şekil 3. 15. Kopuz Granitoyidi içerisindeki granitlerin makroskobik görünümü	29
Şekil 3. 16. Kopuz Granitoyidi içerisindeki granit örneklerinin KAP	
diyagramındaki konumları (Streckeisen, 1976).....	30
Şekil 3. 17. Kopuz Granitoyidi içerisindeki granitlerin mikroskopta görünümü	
a) Öz şekilsiz kuvars mineralleri, plajiyoklas, ortoklas (Örn.No: C10,+N).	
b) Zonlu plajiyoklas (Örn.No: C18, +N) (Ku: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Ort:	
Ortoklas, Hb: Hornblend, Bi: Biyotit)	31
Şekil 3. 18. C1 nolu granodiyorit örneği içerisindeki seçilmiş zirkon kristallerinin	
a) Katodoluminesans (CL) görüntüleri ve analiz noktaları, b) Zirkon	
tanelerine ait nispi olasılık dağılım-yaş diyagramı.....	32
Şekil 3. 19. C1 nolu granodiyorit örneğinden seçilmiş zirkon kristallerinin	
a) $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U} - ^{207}\text{Pb} / ^{235}\text{U}$ Wetherill konkordiya diyagramı,	
b) $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ Tera-Wasserburg konkordiya diyagramı.....	32
Şekil 3. 20. C4 nolu granodiyorit örneği içerisindeki seçilmiş zirkon kristallerinin	
a) katodoluminesans (CL) görüntüleri ve analiz noktaları, b) Zirkon	
tanelerine ait nispi olasılık dağılım-yaş diyagramı.....	33
Şekil 3. 21. C4 nolu granodiyorit örneğinden seçilmiş zirkon kristallerinin	
a) $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} - ^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ Tera - Wasserburg konkordiya diyagramı.	
b) $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}-^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ Wetherill konkordiya diyagramı.....	34
Şekil 3. 22. Kopuz Granitoyidi'ne ait örneklerin $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ sınıflama	
(Middlemost, 1994) diyagramı.....	36
Şekil 3. 23. Kopuz Granitoyidi'ne ait $\text{FeO}^t / (\text{FeO}^t + \text{MgO})$ ve SiO_2 (wt%)	
diyagramı (Frost vd., 2001) (Simgeler Şekil 3.22. deki gibidir)	37
Şekil 3. 24. Kopuz Granitoyidi'ne ait örneklerin $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{CaO}$ ve SiO_2 (wt%)	
diyagramı (Frost vd., 2001). (Simgeler Şekil 3.22. deki gibidir)	37
Şekil 3. 25. Kopuz Granitoyidi'ne ait örneklerin molar A/NK'ya karşı molar	
A/CNK değişimine bağlı olan alüminobazlı sınıflama (Mainar ve	

Piccoli, 1989) diyagramındaki konumları (Frost vd., 2001). (Simgeler Şekil 3.22. deki gibidir)	38
Şekil 3. 26. Kopuz Granitoyidi örneklerindeki SiO_2 'ye karşı K_2O diyagramındaki (Le Maitre, 1989) konumları (Simgeler Şekil 3.22. deki gibidir).....	38
Şekil 3. 27. Kopuz Granitoyidi örneklerinin SiO_2 'e karşı ana oksitlerinin değişim diyagramları.....	39
Şekil 3. 28. Kopuz Granitoyidi örneklerinin SiO_2 'e karşı iz elementlerin değişim diyagramları.....	40
Şekil 3. 29. Kopuz Granitoyidi örneklerinin bileşimlerinin ilksel manto bileşimine (Sun ve McDonough, 1989) göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramları.....	41
Şekil 3. 30. Kopuz Granitoyidi örneklerinin kondirite (Boynton, 1984) göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramları.....	42
Şekil 3. 31. Kopuz Granitoyidi örneklerinin a) Nb'a karşı $10000 \times \text{Ga}/\text{Al}$ ve b) Zr'a karşı $10000 \times \text{Ga}/\text{Al}$ diyagramlarındaki (Whalen vd., 1987) konumları	43
Şekil 3.32. Kopuz Granitoyidi örneklerinin a) Sr/Y'a karşı Y, b) FeO/MgO 'a karşı (Zr+Nb+Ce+Y) diyagramları. Simgeler Şekil 3.31'deki gibidir.....	44
Şekil 3. 33. Kopuz Granitoyidi örneklerin, a) (Y+Nb)'a karşı Rb, b) Y'a karşı Nb (Pearce vd., 1984), c) Nb'a karşı Rb/Zr ve d) Ta/Yb'a karşı Th/Yb diyagramlarındaki konumları. WPG: levha içi granitler, Syn - COLG: çarpışmayla eş zamanlı granitler, VAG: volkanik yay granitoyidleri, ORG: okyanus ortası sırtı granitleri (Brown vd., 1984; Simgeler Şekil 3.31'deki gibidir)	44
Şekil 3. 34. Granitoyid örneklerinin R_1 'e karşı R_2 diyagramındaki konumları (Batchelor ve Bowden, 1985, Simgeler Şekil 3.31'deki gibidir)	45
Şekil 4. 1. Granitoyidik kayaçların Sr'ye karşı Rb/Sr diyagramlarındaki dağılımı. Kılıçkaya Granitoyidi (Kaygusuz ve Öztürk, 2015).	48
Şekil 4. 2. Granitoyidik kayaçların Sr'ye karşı Ba/Sr diyagramındaki dağılımı. Kılıçkaya Granitoyidi (Kaygusuz ve Öztürk, 2015, Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir).....	48
Şekil 4. 3. Kopuz Granitoyidi'nde magma karışımını ifade eden dokular. a) Ortoklazda poiklitik doku (Örn.No: C10, +N). b) Zonlu plajiyoklas	

(Örn.No: C19, +N) (Ku: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Ort: Ortoklas, Hb: Hornblend, Bi: Biyotit).....	49
Şekil 4. 4. Granitoyid örneklerinin a) Sr/Zr-Ti/Zr, b) Rb/Sr-Ti/Zr ve c) Sr/Rb-Sr diyagramlarındaki dağılımları (Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir).	50
Şekil 4. 5. Kopuz Granitoyidi örneklerinin kökensel ayırım (Patiño Dource, 1999) diyagramlarındaki konumları. MP: Metapelit, MGW: Metagrovak, AMP: Amfibolit (Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir).	52
Şekil 4. 6. Kopuz Granitoyidi örneklerinin, a) Nb/La'ya karşı La/Yb ve b) Ce/Pb'ye karşı Ce diyagramlarındaki konumları. İlksel manto değerleri Hofmann (1988), kıtasal kabuk, okyanus ortası sırtı bazaltları (MORB), okyanus adası bazaltları (OIB) ve yay volkanitleri değerleri Schmidberger ve Hegner (1999), Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir.	53

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. 1. Doğu Pontitlerdeki Eosen yaşlı intrüzif kütlelerin mutlak yaş dağılımları.....	10
Tablo 3. 1. Kopuz Granitoyidi içindeki kuvars diyoritlere ait modal analiz sonuçları	21
Tablo 3. 2. Granitoyidler içerisindeki granodiyoritlere ait modal analiz sonuçları.....	26
Tablo 3. 3. Granitoyidler içerisindeki granitlere ait modal analiz sonuçları	29
Tablo 3. 4. Kopuz Granitoyidi ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) analizleri.....	35

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A/CNK	: Molar olarak $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$
AK	: Ateşte Kayıp (LOI)
An	: Anortit
ANTE	: Ağır Nadir Toprak Elementler
Bi	: Biyotit
BIYE	: Büyük İyon Yarıçaplı Elementler
CL	: Katodlüminesans
Eu _N	: Normalleştirilmiş Eu
FK	: Fraksiyonel Kristallenme
GÜBAP	: Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Hb	: Hornblend
HNTE	: Hafif Nadir Toprak Elementler
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma –Kütle Spektrometrisi
K	: Katı
Ku	: Kuvars
Mg [#]	: Mağnezyum numarası= molar($100*(MgO/MgO+(Fe_2O_3))$)
MORB	: Okyanus ortası sırtı bazaltları
MTA	: Maden Tetkik ve Arama
My	: Milyon yıl
NTE	: Nadir toprak elementler
OIB	: Okyanus adası bazaltları
Op	: Opak mineral
Ort	: Ortoklas
Pir	: Piroksen
Pl	: Plajiyoklas
SHRIMP	: Sensitive High-Resolution Ion Microprobe (Hassas Yüksek Çözünürlüklü İyon Mikroprop)
Syn- COLG	: Çarpışmayla eş yaşlı granitler
VAG	: Volkanik Yay Granitoidler
YÇ	: Yüksek çekim alanlı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

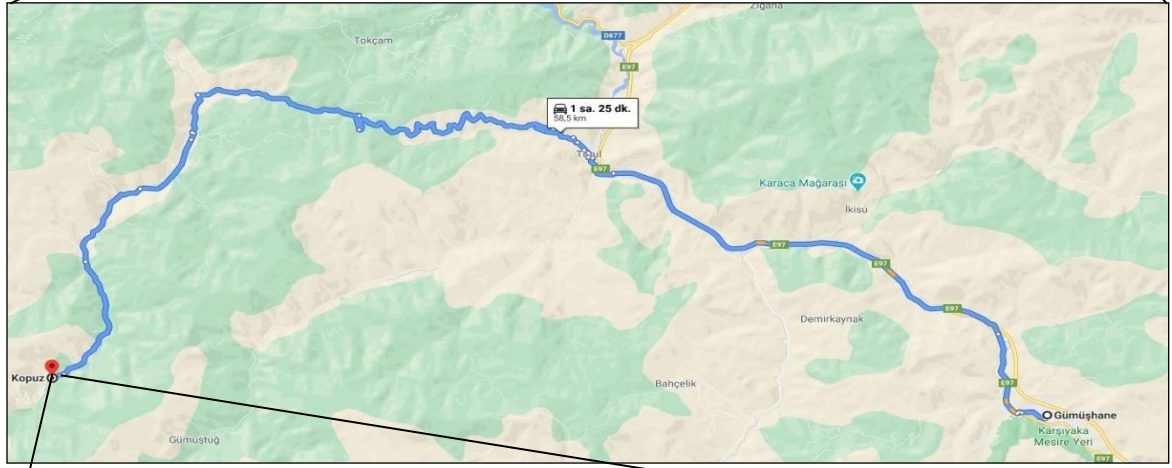
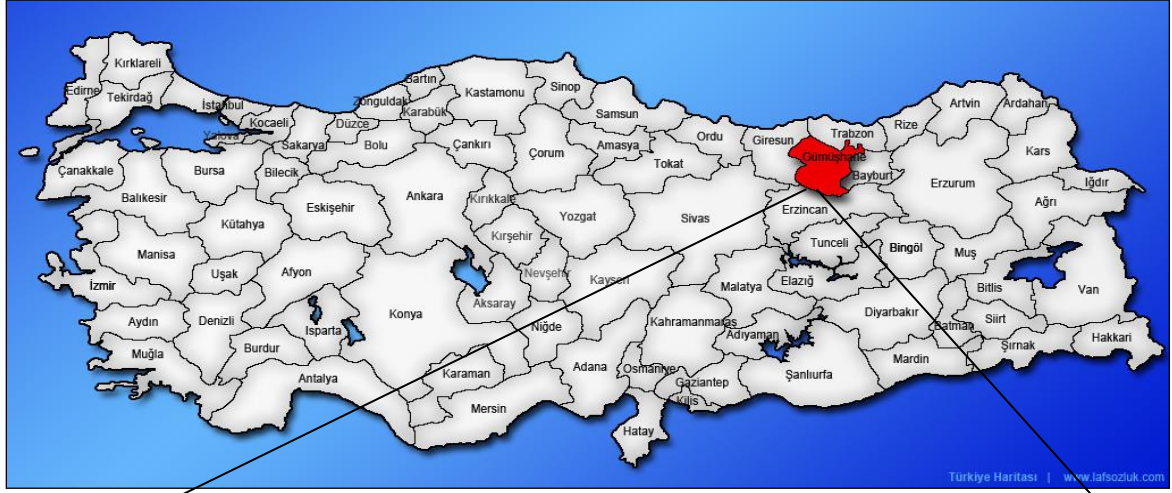
Doğu Pontitler'i içerisine alan Doğu Karadeniz Bölgesi, Tetis-Avrasya metalojenik kuşaaının içinde yer almaktadır. Tektonomagmatik açıdan, aktif dönemler geçiren bölgede, farklı yaşlara ve boyutlara sahip geniş bir yayılım gösteren granitoyidler yüzeyleme vermektedir.

Çalışma alanı, Doğu Pontid'lerin Kuzey-Güney geçişinde yer alan Gümüşhane ili, Torul ilçesi Kopuz ve Dağdibi köyleri ve civarını kapsamaktadır. Bölgede, yüzeyleme veren ve mutlak yaşları bilinmeyen granitoyidik kütlelere rastlanmaktadır. Bunlardan biri olan çalışma alanı ve civarındaki bu granitoyidlerde de önceki çalışmalar genellikle petrografi ve çok az jeokimya ile sınırlı kalmıştır. Bu alışma kapsamında, geniş bir alanda mostra veren Kopuz Granitoyidi'nin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal açıdan irdelenmesi amaçlanmış ve bölgedeki diğer benzer yaşlı granitoyidik kayaçlarla ilişkileri tartışılmıştır.

1.2. Coğrafik Bilgiler

1.2.1. Coğrafi Konum

Çalışma alanı, Doğu Karadeniz Bölümü, Gümüşhane ili, Torul ilçesine bağlı Kopuz ve Dağdibi köyleri civarında yer almakta ve 1/25.000 lekli Trabzon H41-b2 ve H42-a1 pafta sınırları içerisinde bulunmaktadır. Gümüşhane iline yaklaşık 80 km ve Torul ilçesine yaklaşık 50 km uzaklıkta bulunan sahaya ulaşım, Gümüşhane'den 23 km'lik asfalt bir yolla Torul ilçesine, devamında 57 km asfalt ve yer yer stabilize bir yol takip edilerek gerçekleştirilmektedir (şekil 1.1).



Şekil 1. 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

1.2.2. Topoğrafya

Çalışılan bölge, Doğu Karadeniz'e özgü oldukça yüksek, engebeli ve dağlık bir topoğrafyaya sahiptir (Şekil 1.2). Çalışma alanının en yüksek tepeleri Eşekmeydanı Tepesi (2813 m), Kurtkayası Tepesi (2769 m), Ortadağ (2758 m), Dokuzoğul Tepe (2693 m), Teknecikıranı Tepesi (2618 m), Kodil Tepe (2560 m), Ayliyas Tepe ve Aşağıacembalı Tepesi (1922 m)'dir. Yüksek tepeler ve derin vadiler sık aralıklarda değişmektedir.



Şekil 1. 2. Çalışma alanından genel görünüm (Dağdibi köyünden Kale Tepe yönüne bakış)

Başta Dokuzoğul Deresi, Çoraklar Deresi, Sorgun Deresi, Teknecik Deresi, Maden Dere ve bunların birleşimi ile oluşan Güzeloluk Deresi derin vadiler boyunca yıl boyu akmaktadır. Ana vadiyi oluşturan ve Kuzey-Kuzeydoğu yönünde akan Güzeloluk Deresi birçok küçük dere ve pınardan beslenmektedir.

Bölgede yaşayan halk geçimini, yaylalarda yapılan hayvancılık ve yukarıda bahsedilen derelerle sulaması yapılan küçük tarım arazileri ile sağlamaktadır. Oksijen oranı yüksek, sıcaklığı düşük olan bu sular, alabalık yetiştiriciliği içinde uygun olduğundan, küçük ölçekli alabalık çiftliği de mevcuttur.

1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanı, Doğu Karadeniz Bölgesi iklim kuşağında, denize uzak ve yüksek kesimlerde yer almaktadır. Bu nedenle karasal iklimin etkisi daha belirgin hissedilmektedir. Genel olarak yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlıdır. Bölgedeki yüksek olmasından, kış şartları yoğun etkili ve uzun sürmektedir. Bölgedeki kar kalınlığı, il geneline göre daha fazla olduğundan, yılın çoğunluğu karlı geçmektedir.

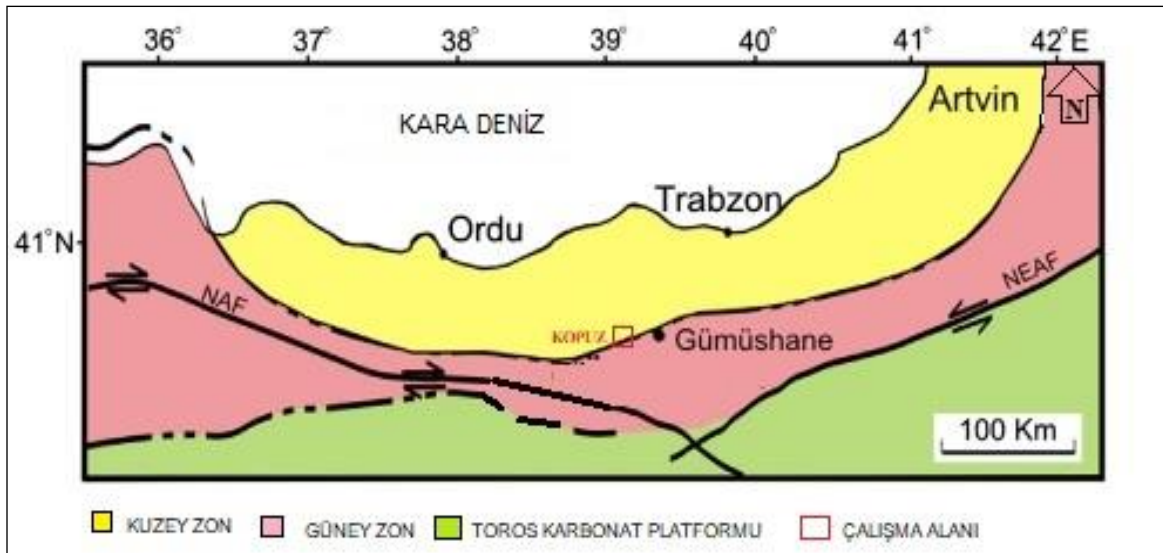
İklim, yükseklik ve hava sıcaklığı gibi faktörler nedeniyle bitki örtüsü fazla gelişmemiştir. Yüksek kotlarda genel olarak bitki örtüsü olmamasına rağmen, orta seviyelerde yer yer iğnemi yağraklı ağaçlar görülmektedir. Düşük kotlarda ise çam ve köknar ormanları mevcuttur.

1.3. Bölgesel Jeoloji

Türkiye'nin de içinde bulunduğu, Alp-Himalaya Kıvrım Kuşağında meydana gelen tektonizmanın etkisi ile Anadolu Yarımadası yükselmiş ve şekillenmiştir. Bunun sonucunda da Kuzey Anadolu Dağları ve Toros Dağları oluşmuştur.

Türkiye'nin tektonik sınıflaması ilk kez Ketin (1966) tarafından yapılmış, sonrasında ise birçok araştırmacı tarafından farklı sınıflamalar önerilmiştir. Ketin (1966) sınıflamasında, Anadolu levhası en kuzeyde Pontitler, güneye doğru Anatolitler, Toritler ve son olarak da Kenar Kıvrımlar olarak dört ana sınıfa ayrılmıştır.

Ülkemizin kuzeyinde bir hat gibi uzanan Pontit kuşağını, Ketin ve Canitez (1972) Doğu Pontidler ve Batı Pontidler olarak iki bölüme ayırmıştır. Son olarak ise Doğu Pontiler, mostra veren kayaların litoloji ve litofasiyes özelliklerindeki farklılıkları dikkate alınarak; Kuzey Zon, Güney Zon ve Eksen Zonu (Geçiş Zonu) olarak üç alt birliğe ayrılmıştır (Akın,1978; Gedikoğlu vd., 1979; Özsayar vd., 1981; Bektaş, 1986; Şekil.1.3).



Şekil 1. 3. Doğu pontitlerin Kuzey ve Güney zonları (Bektaş, 1986)

Torul civarındaki yaklaşık KD-GB uzanıma sahip Torul Granitoyidi'nin, Doğu Pontidler'i Kuzey Zon ve Güney zonları olarak ikiye ayırdığı kabul edilmektedir. Doğu Pontidler'de Paleozoyik dönemden sonra başlayan tektonizma KD-GB, KB-GD ve D-B yönlü doğrultu atımlı faylanmalara sebep olmuştur. Bu fayların etkisi ile meydana gelen blokların jeolojik geçmişlerinde, özellikle Liyas dönemden sonraki dönemleri farklılık göstermektedir (Bektaş ve Çapkinoğlu, 1997).

Kuzey Zonda, genellikle Üst Kretase ve Tersiyer yaşlı volkanik ve magmatik kayalar egemen iken, Güney Zon'da mağmatizmanın etkisini azalmasından dolayı, magmatik kayalara birlikte, sedimanter kayalar da görülmeye başlanır.

Doğu Pontidler'in temeli, Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar ve bunları Liyas öncesinde kesen granitoidik kayalardan oluşmaktadır (Çoğulu, 1975). Temeli oluşturan bu kayalar, Doğu Pontidler'in güneyinde Demirözü (Pulur Masifi), Suşehri-Refahiye (Ağvanis Masifi), Tokat-Amasya (Tokat Masifi), Gümüşhane (Gümüşhane Graniti, Köse Graniti ve Kurtoğlu Metamorfikleri) ve Artvin-Yusufeli (Karadağ Metamorfikleri) bölgelerinde yüzeylemektedir. Doğu pontitlerin kuzeyinde ise, Dereli (Giresun), Tonya güneyi (Derinoba, Kayadibi, Şahmetlik ve Kızılağaç), Maçka güneyi (Soğuksu) ve Özdil yöresinde yüzeylek vermektedir.

Granitoidik kayalar Gümüşhane civarında ve Gümüşhane-Köse arasındaki (Tokel, 1972; Çoğulu, 1975; Özdoğan, 1992; Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011) bölgelerde büyük intrüzif kütleler halinde yayılım gösterirken, Giresun güneyinde (Schultze-Wetsrum, 1961), Tonya güneyinde (Kaygusuz vd., 2012), Özdil yöresinde (Kaygusuz vd., 2013), Maçka yöresinde (Kaygusuz vd., 2012) küçük mostralarda halinde gözlenirler. Ayrıca Artvin civarında Paleozoyik yaşlı küçük yüzeylemeler halinde gözlenir.

Doğu Pontidler'de, gabrodan granitoyide kadar değişken türde asidik ve bazik bileşime sahip farklı boyutlarda plütonik kayalar, Permo Karbonifer ve Eosen arasında geniş bir yaş aralığına sahiptir. Bu kadar geniş yaş aralığındaki plütonik kayalar, Paleozoyik, Kretase ve Eosen peryotlarında sokulum yapmıştır.

- Paleozoyik yaşlı, kalk-alkalin bileşimli (Tokel, 1972) Gümüşhane Granitoyidi metamorfik kayaları keserek yerleşmiştir (Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975; Topuz, 2010).
- Jura-Kretase-Paleosen granitoidleri yitimle ilişkili volkanik ve/veya volkano-sedimanter kayalarla dokanak ilişkisindedir (Jica, 1985; Gedik vd., 1992; Köprübaşı, 1993, Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Güngör vd., 1997; Köprübaşı vd., 2000;

Kaygusuz, 2000; Boztuğ vd., 2002; Şahin vd., 2004; Kaygusuz vd., 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Sipahi, 2011; Sipahi vd., 2018a, Kaygusuz ve Şen, 2011).

- Eosen ve sonrasında oluşan granitler ise dar alanda tüm serileri keserek yerleşmişlerdir (Gedik vd., 1992; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Aslan vd., 1999; Boztuğ vd., 2002; Topuz vd., 2002; Karşlı vd., 2007; Karşlı vd., 2011; Çakmak, 2013, Sipahi vd. 2017).

Doğu Pontidler'in taban kayaçları olarak kabul edilen metamorfik ve granitoyidik kayaçların üzerine, aşınma uyumsuzluğu ile Erken-Orta Jura yaşlı konglomera, kumtaşı, kalker, marn ve volkanitlerden oluşan volkano-tortul kayaçlar bulunmaktadır. Bu birim, kuzey zonda volkanik karakterli iken, güney zonda tüf ve tüfitlerle ardalanmalı sedimanter istifile karakterizedir. Giresun-Aksu civarında Liyas'tan Alt Kretase sonuna kadar süren bazik volkanizma, Schultz-Westrum (1961) tarafından "Alt Bazik Seri" olarak adlandırılmıştır. Üst Jura-Alt Kretase dönemi sakin ve duraylı geçmiş, buna bağlı olarakta Doğu Pontidler'de büyük karbonat çökelimleri gelişmiştir (Yılmaz, 2002).

Doğu Pontidler'in Kuzey Zonu'ndaki Alt Bazik Seri'yi üzerleyen Üst Kretase birimlerinin tabanı konusunda çeşitli görüşler vardı.

- Schultz-Westrum (1961), Alt Kretase'de başlayan Alt Bazik Seri devam ettiği, bu seriye Üst Kretase'de Hippuritli kalkerler ve tüfitik kalker-marn serisi'nin eşlik ettiği, bunun üzerine dasit ve piroklastları ile inoceramuslu kırmızı kalkerlerin çökeldiğini savunmuştur. Bunların da üzerine bazik volkanikler kısmen Eosen'de de devam ederek Üst Bazik Seri'yi oluşturmuşlardır.
- Türk-Japon Ekibi (1985), Üst Kretase döneminin Zigana Formasyonu ile temsil edildiğini savunmuştur. Zigana formasyonu; tabanda kireçtaşı ve kırmızı kireçtaşı, tavana doğru dasit ve piroklastları (D2), andezit ve piroklastları (A2), dasit ve piroklastları (D1), andezit ve piroklastları (A2) son olarakta fiş şeklinde sıralamıştır.
- Güven (1993), Alt Kretase ve Üst Kretase birimlerinin uyumlu oluştuğunu savunmuştur. Üst Kretase yaşlı kayaçları, tabanda tavana doğru, Çatak Formasyonu (kumtaşı, siltaşı, marn, tüf ara katkılı bazalt-andezit ve piroklastları), Kızılkaya Formasyonu (riyodasit-dasit ve piroklastları), Çağlayan Formasyonu (kumtaşı, marn,

killi kireçtaşı ve tuf ara katkılı bazalt-andezit ve piroklastları) ve Çayırbağ Formasyonu (riyolit-riyodasit ve piroklastları) şeklinde sıralanmıştır.

Doğu Pontidler'in Güney Zonu'nda Dogger-Malm yaşlı Berdiga Formasyonunun Alt Kretase sonundaki aşınma yüzeyi üzerine açısız uyumsuzlukla Üst Kretase birimleri gelmektedir. Bu birimler tabandan tavana doğru, kırmızı kireçtaşlarına (Elmalı Dere Formasyonu), sarı kumlu kireçtaşlarına (Kıdıralık Dere Formasyonu), andezitik tuf ara katkılı tortul kayalara (Tepeköy Formasyonu) riyolit ve dasitler (Alpulu Volkanik Takımı) uyumlu olarak oluşmuşlardır.

Doğu Pontidler'de Üst Kretase-Paleosen geçişi yer yer gözlenmektedir. Hopa-Cankurtaran yöresinde volkano-tortul seri, Üst Kretase'den Eosen'e kesintisiz olarak geçmektedir (Özsayar vd., 1981). Gümüşhane-Kale yöresinde Kretase yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak Paleosen yaşlı Kale Formasyonu devam etmektedir. Paleosen birimler, Eosen yaşlı kumtaşı, kumlu kireçtaşı, marn ara katkılı andezit-bazalt ve piroklastlarından oluşan Kabaköy Formasyonu tarafından örtülmektedir (Aliyazıcıoğlu, 1999). Bölgenin en genç birimleri, Kuvaterner yaşlı traverten, taraça ve alüvyonlardır.

1.4. Önceki Çalışmalar

Çalışma alanının da içinde bulunduğu Doğu Pontitler, Tetis Okyanus kabuğunun yitimine bağlı olarak gelişen bir magmatik yay üzerinde bulunmasından (Şengör ve Yılmaz, 1981) dolayı, bölgede farklı özellikte tektonizma, magmatizma ve volkanizma olayları gelişmiştir. Bu faaliyetlere bağlı olarak bölgede çeşitli maden yatakları gelişmiştir (Yılmaz, 1972; Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz vd., 1997; Okay ve Şahintürk, 1997; Karlı vd., 2007; Dokuz vd., 2006; Demir vd., 2008; Kaygusuz vd., 2008, 2012a; 2012b; Çiftçi, 2011; Sipahi, 2011; Sipahi ve Sadıklar, 2010, 2014; Eyüboğlu vd., 2014; Akaryalı, 2016; Akaryalı ve Akbulut, 2016; Delibaş vd., 2016; Sipahi vd., 2017; Sipahi, 2019). Bu sebepten dolayı, çalışmaların çoğu cevherleşmelerle ilişkili olup, jeokimyasal çalışmalar sınırlı sayıdadır.

Çalışma alanının bulunduğu bölgedeki Eosen yaşlı granitik kayalarda yapılan çalışmalara ait özet bilgiler aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

Karlı (1996) ve Karlı vd. (2002) Trabzon Maçka yöresinde bulunan Zigana Granitoidi'nin olgun magmatik yay ortamında geliştiğini, genellikle I-tipi, kalk alkali

özellikte olduğunu belirtmiştir. Bulgulardan yola çıkarak, yörede Eosen döneminde, yoğun bir magmatik hareketin olduğu ve bu magmatik faaliyetin magmatik yay ortamında geliştiği sonucuna ulaşmıştır.

Topuz vd. (2005), Saraycık Granitoyidi'nde yapmış olduğu çalışmada granitoyidin yaşının 52 milyon yıl (Ar-Ar yöntemi) olduğunu ve adakitlere benzer özellik gösterdiğini belirtmiştir.

Arslan ve Aslan (2006), Gümüşhane yöresinde bulunan Kaletaş Granodiyoriti'nin yaşının 44.0 ± 0.2 milyon yıl (U-Pb yöntemi) olduğunu belirtmişlerdir.

Karslı vd. (2007) tarafından, Gümüşhane yöresinde bulunan Dölek ve Sarıçiçek Plütonları'nın birbiri ile benzerlik gösterdiklerini, Geç Eosen sürecinde ($42.7 \pm 2.2 - 44.1 \pm 1.1$ My) oluştuklarını, I-tipi yüksek potasik kalk-alkalin ve metalümin karakterli olup, daha çok volkanik yay granitlerine (VYG) benzediğini belirtilmiştir.

Eyüboğlu vd. (2011) tarafından, Aydıntepe (Bayburt) Graniti'nin 42.06 ± 0.67 my (U-Pb yöntemi), Saraycık (Pulur) Granodiyoriti'nin 55.21 ± 0.45 my (U-Pb yöntemi) ve Sarıhan (Pulur) Graniti'nin 53.03 ± 0.77 my (U-Pb yöntemi) yaşında olduklarını belirtmiştir.

Karslı vd. (2012) tarafından, Giresun Dereli yöresinde bulunan Sisdağı Plütonu'nun 41.55 ± 0.31 my (U-Pb yöntemi) yaşında olduğunu, plütondaki kayaçların I-tipi özellikte olduğunu ve şoşonitik seride yer aldığını belirtilmiştir.

Çakmak (2013) yüksek lisans tezinde, Pelitli (Bayburt) Granitoyidi'nin Eosen yaşlı, I-tipi, düşük yüksek K'lu kalk-alkalen ve genellikle metalümin az oranda da peralümin karakterli olduğunu vurgulamıştır.

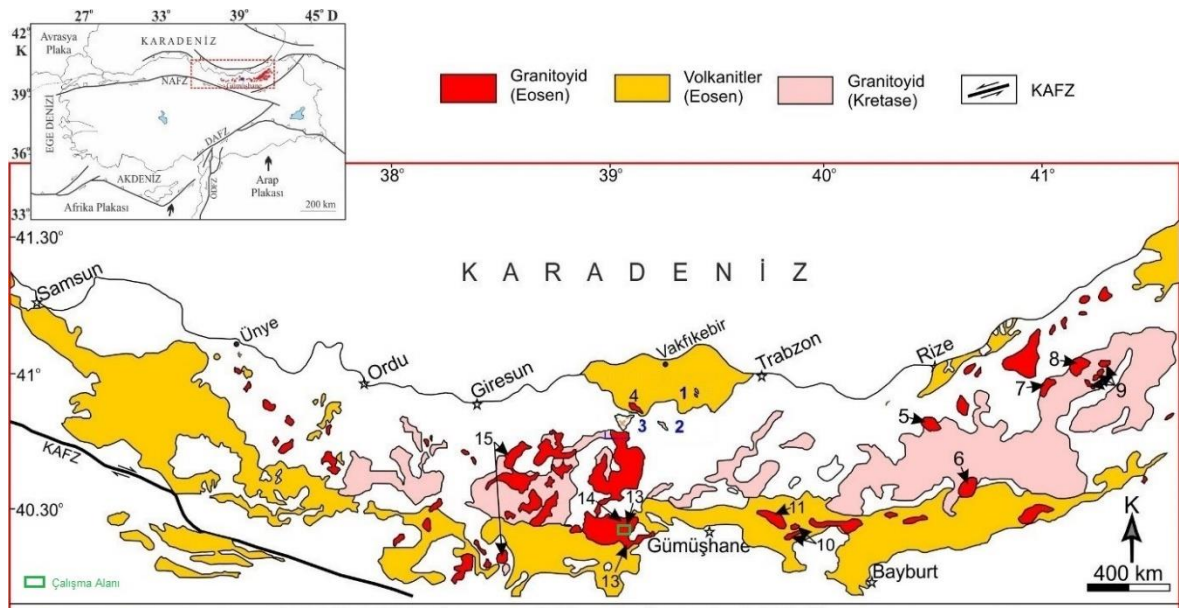
Kaygusuz ve Öztürk (2014) tarafından Bayburt yöresinde bulunan Kılıçkaya Granitoyidi'nin, yaşının 46 My (U-Pb zirkon), yüksek SiO₂ içeriğine (%58-67) sahip, I-tipi ve kalk-alkali karakterli olduğu ve mafik magmatik anklavları içerdiği belirtilmiştir.

Gümüşhane yöresinde bulunan Eğrikar Fe-Cu skarn mineralizasyonu ve ilişkili Granitoid, Yılmaz (2016) tarafından yüksek lisans tezinde çalışılmış ve Eğrikar Granitoyidi'nin yay granitlerine benzerlik gösterdiği belirtilmiştir.

Eyüboğlu vd. (2017) tarafından Arslandede (Bayburt) Granitoyidi'nin yaşını 42 My (U-Pb zirkon) olarak bulunmuştu. Güloğlu (2017) yüksek lisans tezinde Arslandede Granitoyidi'nin genel olarak I-tipi, yüksek-K içeriğine sahip, metalümin karakterli ve kalk-alkali özellik gösterdiğini belirtmiştir.

Gümüşhane Torul yöresinde bulunan Karadağ Granitoyidi, Aydurmuş (2018) ve Sipahi vd. (2018b) tarafından detaylı çalışılmış ve yaşı 44.39 ± 0.52 My (U-Pb zirkon SHRIMP yöntemi) ölçülmüştür. Karadağ Granitoyidi'nin I tipi yitim kökenli ve yüksek-orta K'lu kalkalkali özelliğe sahip olduğu belirtilmiştir.

Doğu Pontid'lerde yer alan Eosen yaşı plütonik kayaçların yaşları ile ilgili yapılmış radyometrik çalışmalar sınırlı olup (Tablo 1.1 ve Şekil 1.4), bir çok plütonun yaşı dokanak ilişkileri ve stratigrafik özellikler göz önüne alınarak, göreceli olarak belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 1. 4. Doğu Pontitler'deki Kretase ve Eosen yaşı volkanik ve intrüzif kayaçların dağılımı

Tablo 1. 1. Doğu Pontitlerdeki Eosen yaşlı intrüzif kütlelerin mutlak yaş dağılımları

Lokasyon	Kayaç Grubu	Yaş (My)	Metod	Referans
* Kopuz	Granitoyid	44-45	U-Pb (zirkon) SHRIMP	Bu çalışma
1- Sisdağı	Monzonit	41	U-Pb	Karlı vd. (2012)
2- Güneyce	Granitoyid	39-44	K-Ar	Taner (1977)
3- Güney Rize	Granodiyorit	41	K-Ar	Moore vd. (1980)
4- Güney Doğu Rize	Granodiyorit	30-47	K-Ar	Çoğlu (1975)
5- Doğu Rize	Monzodiyorit	33-56	K-Ar	Delaloye vd. (1972)
	Granodiyorit	24-49	K-Ar	Delaloye vd. (1972)
6- Kaçkar	Batolit	38-52	FT, titanit-zirkon	Boztuğ vd. (2007)
7- Dölek-Sarıççek	Plüton	42-44	K-Ar	Karlı vd. (2007)
8- Kaletaş Gümüşhane	Granodiyorit	44	U/Th-Pb	Arslan ve Aslan (2006)
9- Doğu Gümüşhane	Granodiyorit	43	K-Ar	Jica (1985)
10- Karadağ	Granitoyid	44	U-Pb (zirkon) SHRIMP	Sipahi vd. (2018b)
11- Erik	Diyorit, Granodiyorit	42	U-Pb (zirkon) SHRIMP	Sipahi vd. (2017)
12- Güney Giresun	Granitoyid	36 ve 47-50	FT-apatit	Boztuğ vd. (2004)
13- Aydıntepe (Bayburt)	Granit	42	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu (2011)
14- Saraycık (Pulur)	Granodiyorit	55	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu (2011)
15- Sarıhan (Pulur)	Granit	53	U-Pb (zirkon)	Eyüboğlu (2011)
16- Kılıçkaya (Bayburt)	Granitoyid	46	U-Pb (zirkon)	Kaygusuz ve Öztürk (2014)

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışma ile Gümüşhane İli, Torul İlçesi, Kopuz ve Dağdibi Köyleri civarında yaklaşık 15 km²'lik bir alanda yüzeyleme veren Kopuz Granitoyidi'nin petrografik, jeokimyasal ve petrolojik olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Saha çalışmalarıyla Kopuz Granitoyidi'nin jeoloji haritası oluşturulmuş ve granitoyidlerden sistematik olarak alınan örneklerin petrografik incelemeleri sonucunda kayaçların dokusu, mineralojisi ve türü belirlenmiştir. Tüm kayaç kimyası sonucu elde edilen verilerden oluşum şartları araştırılmıştır. Diğer bir açıdan, araştırma ile elde edilen veriler, bölgedeki granitoyidlerle ilişkili cevherleşmelere, yeni jeolojik veriler sağlayacaktır. Bu kapsamda aşağıdaki çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

2.1. Arazi Çalışmaları

Saha çalışmalarında ilk önce, Trabzon H41-b2 ve H42-a1 paftalarında yeralan Granitoyid'in sınırları gezilerek 1/25000 ölçekli jeolojik haritası güncellenmiştir. Bu kapsamda, birim sınırları, dokanak ilişkileri ve tektonik unsurlar değerlendirilmiştir. Kopuz Granitoyidi'nin farklı lokasyonlarından temsili ve mineralojik değişiklik gösteren yerlerinden 25 kayaç numunesi alınmıştır.

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması

Arazide, granitoyidlerin ve yan kayaçların mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlenmek amacı ile 25 adet kayaç numunesi derlenmiştir. İnce kesitler, Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümüne ait İnce Kesit Hazırlama Laboratuvarında, Buehler Petrothin cihazı ile hazırlanmıştır. Kayaç numunelerinin taze yüzeylerinden 0.5x2x4 cm ölçülerinde plakalar kesilmiştir. Kesilen plakaların bir yüzeyi aşındırıcı tozlarla pürüzsüz hale getirilerek, Kanada balzamu yardımı ile uygun ölçülerde cam üzerine yapıştırılmıştır. Kayaç plakalarının diğer yüzeyi, aşındırılarak 0.03mm kalınlığa kadar inceltilmiş ve mikroskopta incelemeye uygun petrografik kesitler hazırlanmıştır.

2.2.2. Tüm-kayaç Jeokimyası Analizleri

Mikroskobik incelemelerin ardından, uygun görülen 11 adet örnek ana, iz ve nadir toprak element analizleri, ACME (Kanada) analitik kimya laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Numuneler tek çeneli kırıcı ile parçalanmış ve ardından halkalı öğütücü yardımı ile tane boyutu 200 mesh'den daha küçük oluncaya kadar öğütülmüştür. Ana ve iz elementlerinin analiz değerleri için, 0.2 g öğütülmüş kayaç örneğinin 1.5 g LiBO_2 ile karıştırılıp, 100 mg %5'lik HNO_3 de çözündürüldükten sonra ICP-MS ile ölçülmüştür. NTE içerikleri, 0.25 g'lık toz kayaç numunesinin, 4 farklı asitte çözündürülüp, ICP-MS kullanılarak analiz edilmiştir. Ateşte kayıp oranı, öğütülmüş numunelerin 1000 C'ye kadar ısıtılıp yakılması sonucu oluşan ağırlık değişiminden hesaplanmıştır. Toplam Fe içeriği Fe_2O_3 olarak ifadelendirilmiştir. Dedeksiyon limitleri, ana oksitler için % ağırlık olarak 0.002 ile 0.04, iz elementler için 0.1 ile 0.8 ppm ve NTE için 0.01 ile 3ppm arasında ifadelendirilmiştir.

2.2.3. U-Pb Zirkon Yaşlandırma Analizi

Granitoyidlere ait 2 adet örneğin zirkon kristallerinin seçimi, hazırlanması ve yaşlandırması Kore Basic Science Enstitüsü Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Zirkon taneleri üzerinde analiz yapılacak noktaları iyi seçmek ve zirkon tanelerinin içyapılarını kontrol etmek amacıyla katodlüminesans (CL) görüntüleri çekilmiştir.

Zirkon U-Th-Pb izotopları, Kore Basic Science Enstitüsü'nde SHRIMP (Sensitive High-Resolution Ion Microprobe) Ile/MC kullanılarak ölçülmüştür. Bir 2-4 nA kütle filtrelenmiş O_2^- birincil ışın, 10 kV hızlandırıcı voltajla zirkonun parlatılmış yüzeyi üzerine $20 \times 25 \mu\text{m}$ çapında, bir 120 mikron Kohler açıklığı ile elips şeklindeki bir noktaya odaklanmıştır. Her bir nokta, analizden önce 2-3 dakika boyunca birincil ışınla tarandı ve daha sonra beş döngü tek bir elektron çarpanı ile analiz edildi. Kollektör yarık, % 1 pik yüksekliğinde yaklaşık 5000 kütle çözünürlüğü ulaşan genişlikte $100 \mu\text{m}$ 'de sabitlenmiştir. FC1 (1099 Ma; Paces ve Miller, 1993) ve SL13 (U=238 ppm) standart zirkonlar, Pb/U kalibrasyonu ve U bollukları için sırasıyla kullanıldı. Th/U oranları SL13 standardının $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 'ye karşı ölçülen $^{232}\text{Th}^{16}\text{O}^+ / ^{238}\text{U}^{16}\text{O}^+$ dan türetilmiş bir fraksiyonasyon faktörü kullanılarak hesaplanırken, Pb/U oranları, Pb^+/U^+ ve UO^+/U^+ arasındaki güç yasası ilişkisini kullanarak FC1'e karşı kalibre edildi. Yaygın Pb, Stacey ve Kramers (1975)'in modeli kullanılarak ^{207}Pb (tarihler için <1000 Ma) veya ^{204}Pb (tarihleri için >1000 Ma)

düzeltilme yöntemi ile uzaklaştırıldı. Veri işleme, Excel 2003 altında çalışan SQUID 2.50 ve Isoplot 3.75 programları kullanılarak gerçekleştirildi (www.bgc.org/isoplot_etc/squid.html adresinden edinilebilir; Ludwig, 2008). Yüksek U konsantrasyonlarına (>2500 ppm) sahip olan zirkonlar, Williams ve Hergt (2000)'in algoritması kullanılarak düzeltildi.

2.1.3. Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları kapsamında, sahanın çevresinde yapılan çalışmalar ve tez konusu ile ilgili yayınlar için kaynak taraması yapılmıştır. Sahadaki gözlemler ve sahadan alınan örneklerin mikroskobik analiz sonuçlarına göre jeoloji ve petrografi haritası tekrar düzenlenmiştir. Yapılan düzenleme ile Kopuz Granitoyidi'nin sınırları ortaya konulmuştur. Edinilen bütün bilgiler bilgisayar ortamına aktarılıp petrografik, mineralojik ve kimyasal açıdan değerlendirilerek tablo ve grafikler oluşturulmuştur. Bütün veriler yorumlanarak, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün tez yazım kurallarına uygun olarak tez yazımı yapılmıştır.

3. BULGULAR

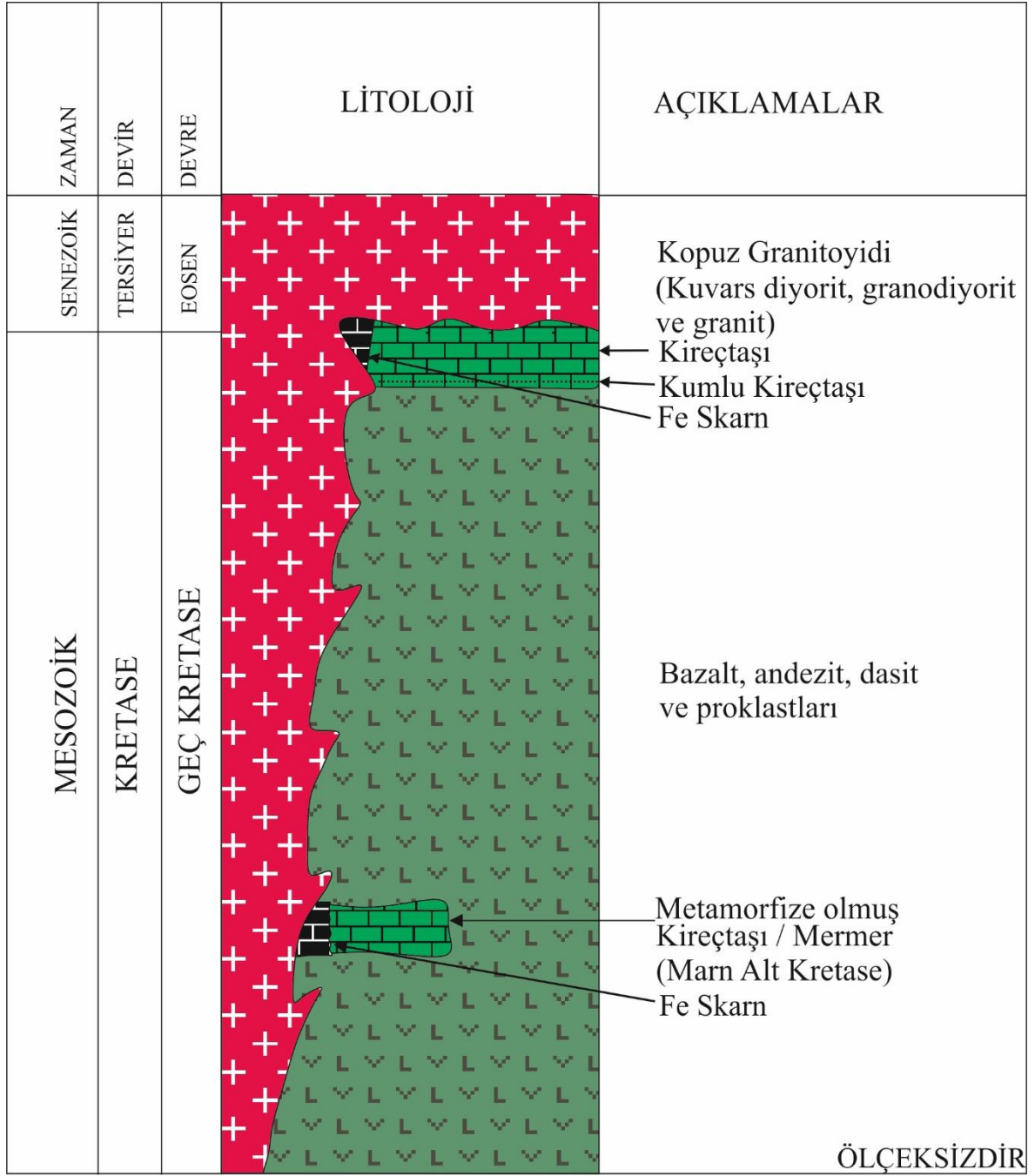
3.1. Stratigrafi ve Petrografi

Çalışma alanı, Doğu Pontid Tektonik Kuşağı'nın Kuzey ve Güney zonları arasındaki Geçiş zonunda bulunan Kopuz köyü ve civarını kapsamaktadır. Yaklaşık 15 km²'lik bir alanda mostra veren Kopuz Granitoyidi'nin petrografik ve jeokimyasal yöntemlerle yerleşim zamanı ve jeodinamik ortamı belirlenmeye çalışılmıştır.

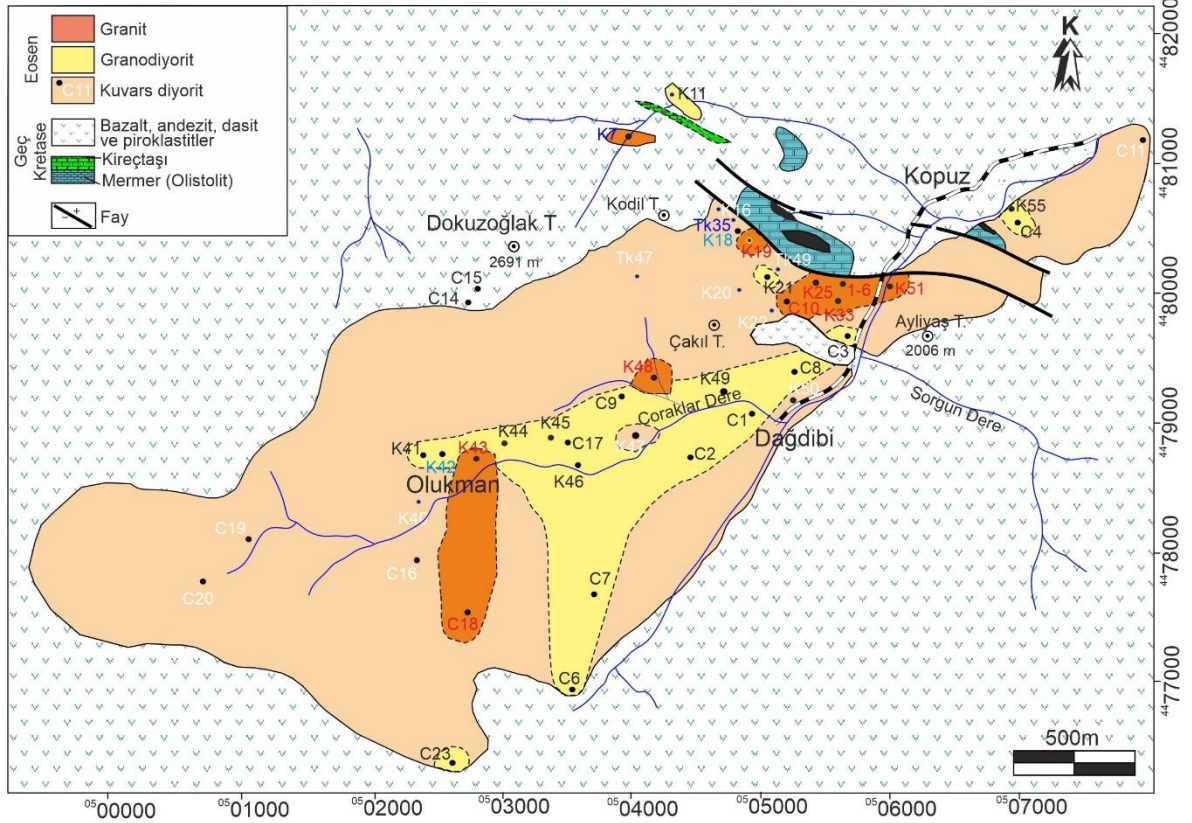
İnceleme alanı civarında Üst Kretase ve Eosen yaşlı birimler yüzeyleme vermekte olup bu birimler, yaşlıdan gence doğru aşağıdaki gibidir:

Üst Kretase	{ Bazalt andezit, dasit, piroklastları ve tortul ara katkılı seviyeler
Eosen	Kopuz Granitoyidi

Sahada yapılan gözlemsel çalışmalardan da anlaşıldığı üzere, Üst Kretase yaşlı bazalt, andezit, dasit, piroklastları ve tortul ara seviyelerden oluşan volkano-sedimanter kayalar Eosen yaşlı Kopuz Granitoyidi tarafından kesilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3. 1. Kopuz-Dağdibi köyleri ve çevresinin stratigrafik kesit



Şekil 3. 2. Kopuz-Dağdibi köyleri ve çevresinin jeolojik haritası (114Y099 nolu projedeki örnekler verilerin desteklenmesinde kullanılmıştır).

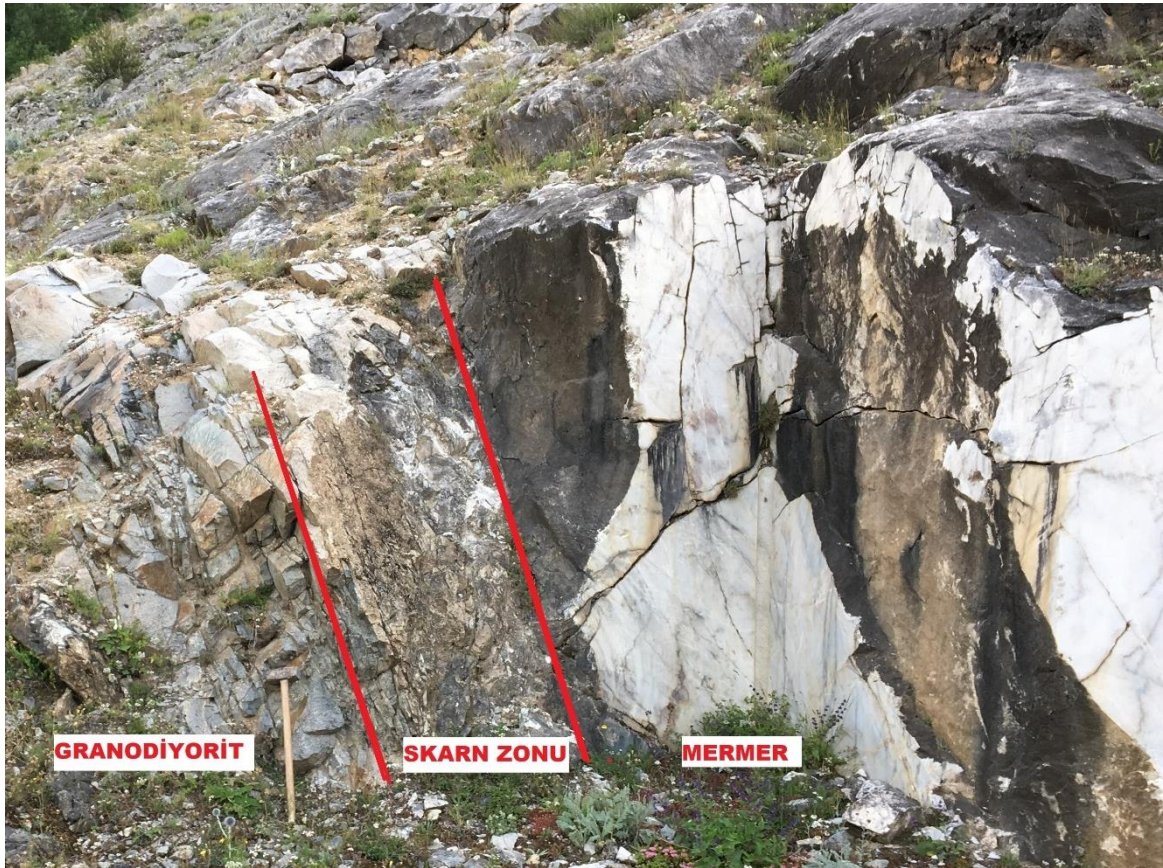
3.1.1. Bazalt, Andezit, Dasit ve piroklastları

Bu volkano-sedimanter birimler, granitoidlerin sınırını oluşturacak şekilde çevrelemektedir (Şekil 3.2). Granitoidlerin kuzeyinde, Kopuz köyü yerleşkesi civarında, Dokuzoğul Tepe ve Kurtkayası Tepe civarında, güney kesimlerde ise Tekir Tepe, Kollu Yaylası, Gebeyurdu Yaylası, Gölönü Yaylası, Eşekmeydanı Tepe ve Ortadağ bölgesinin batısında yüzeyleme vermektedir.

Birim, genel olarak dasit, andezit, bazalt ve bunların proklastlarından oluşurken, birimin içinde tortul ara seviyeler ve birimin üzerinde kireçtaşları bulunmaktadır (Şekil 3.3 ve 3.4). Kireçtaşlarının tabanında az miktarda kumlu seviyeler gözlenmektedir. Birimin dasitik seviyeleri, bölgesel olarak Kızılkaya Formasyonu'na, andezitik ve tortul seviyelerinin ise Çağlayan Formasyonu'na karşılık geldiği yorumlanmaktadır (Sipahi vd., 2018b).

Genellikle koyu grimsi, yeşilimsi ve siyahımsı renklere gözlenen birimin andezitik seviyelerinde yer yer epidotlaşmalar gözlenmiştir. Volkano-sedimanter istifin tortul ara seviyeleri kumtaşı, marn ve killi kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kireçtaşları genellikle

laminalı ve ince tabakalı iken, üst seviyelere doğru orta ve kalın tabakalıdır. Volkano-sedimanter serinin içinde büyük kütle halinde Malm-Alt Kretase yaşlı(?) metamorfize olmuş kireçtaşı olistolitleri bulunmaktadır. Olistolit ve volkano-sedimanter istifin üst seviyelerini oluşturan kireçtaşlarının, granitoyidlere yakın kısımlarında mermerleşme ve kontak bölgelerinde ise Fe skarn cevherleşmesi gelişmiştir (Şekil 3.3). Skarn bölgesinde piroksen, granat oluşumları, manyetit ve hematit damarcıkları, yer yer de epidot bantları görülmektedir.



Şekil 3. 3. Kopuz Granitoyidi'nin, kireçtaşları ile kontak bölgelerinde gelişen mermerleşme ve Fe skarn cevherleşmesi



Şekil 3. 4. Kopuz Granitoyidi’ni, sahada çevreleyen volkano-sedimanter istif içindeki bazalt birimlerinin görünümü

3.1.2. Kopuz Granitoyidi

İncelemesini yaptığımız bölgedeki granitoyidik kayaçların yaşı, arazideki gözlemlere dayandırılarak yaşlandırılmıştır. Birim, Çınar vd. (1982) tarafından Üst Kretase yaşlı Kaçkar Granitoyidi-II, Türk-Japon Ekibi (1985) tarafından Eosen yaşlı Kopuz Granodiyoriti ve Er ve Serdar (1992) tarafından Kretase-Tersiyer yaşlı granit olarak belirtilmiştir. Kopuz Granitoyidi ilk olarak Sipahi vd.(2018b) tarafından adlandırılmıştır.

3.1.2.1. Saha Gözlemleri

Kopuz Granitoyidi yaklaşık 15 km²’lik alanı kaplamaktadır. Sahadaki daha genç birim olan, Üst Kretase yaşlı volkano-sedimanter kayaçları keserek yerleşmiştir. Morfolojik olarak, kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda yaklaşık 8 km uzun eksen ve 3 km kısa eksene sahip elips şeklinde yüzeylenmektedir. Birim, doğudan batıya doğru Kopuz Köyü’nün güney yamaçlarında, Ayliyas Tepe, Kavaklı Tepe, Kopuz köyü, Ziyaret Tepe,

Kayın Tepe, Teknecik Tepe, Olukman Yayla ve Pazardüzü Mevkisi civarlarında mostra vermektedir.

Kopuz Granitoyidi genel olarak, sert ve sağlam bir yapıya sahip olmasına rağmen, yer yer arenalaşmalar gözlenmiştir. Kütledeki kırık ve çatlak yapılarının bol olduğu bölgelerde daha yoğun bir şekilde ayrışma izlenmektedir (Şekil 3.5).



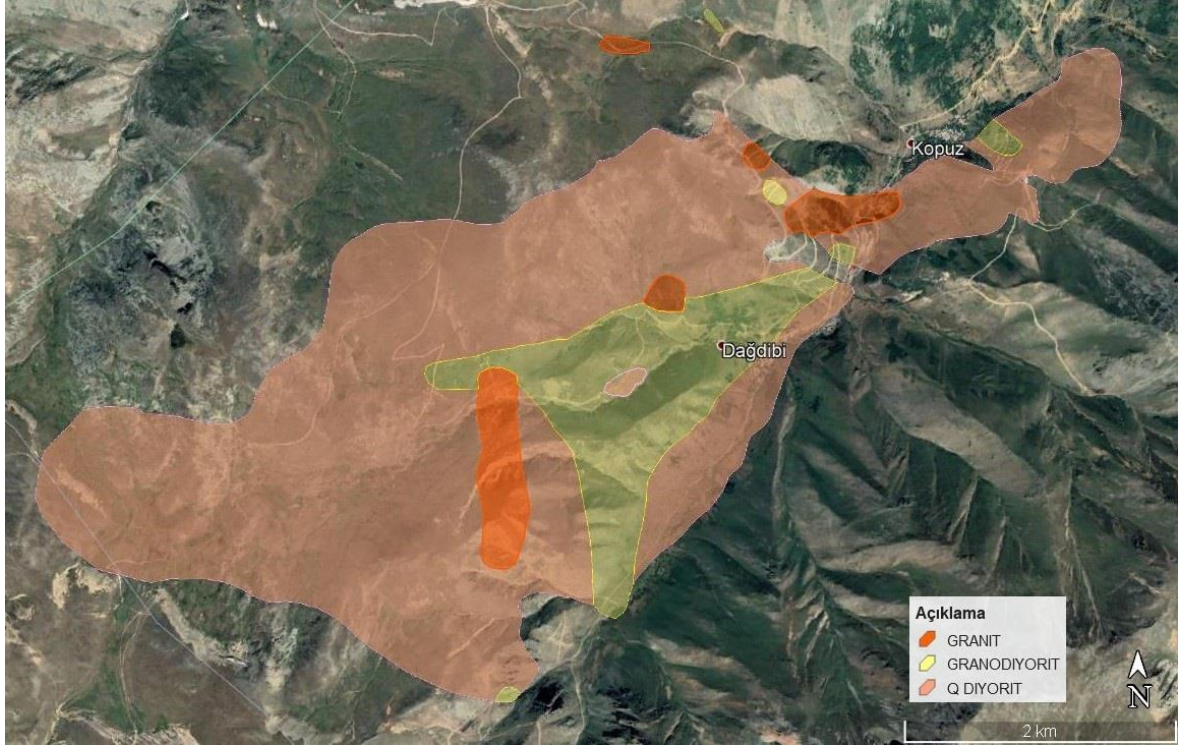
Şekil 3. 5. Çalışma alanındaki granitoyidlerden genel görünüm a) Granit b) Granodiyorit c) Kuvars diyorit

Kayaçlarda mineralojik olarak plajiyoklas, ortoklas, kuvars ve biyotitler gözlenmektedir. Bir kayaç grubu olan Kopuz Granitoyidi'nin kayaç türlerine ayırtlanması için mikroskobik çalışmalara başvurulmuştur.

3.1.2.2. Petrografik İncelemeler

Kopuz Granitoyidi kayaçlarında yapılan modal analizler sonucunda mineralojik olarak üç farklı kaya sınıfı ayırtlanmıştır. Bunlar, en geniş yüzeyleme alanına sahip ve intrüzif kütlelerin dış kesimlerin oluşturan kuvars diyorit, yaklaşık olarak merkezi bir uzanıma sahip olan granodiyorit ve birimin daha çok merkeze yakın yerlerinde dar alanlarda yüzeyleme veren granittir (Şekil 3.6). Mikroskobik incelemede gözlenen önemli minerallerin yoğunluğu plajiyoklas, ortoklaz, kuvars, biyotit ve hornblend şeklindedir. Bu karakteristik minerallerin dışında zirkon ve apatit gibi aksesuar mineralleri, serizit, klorit, epidot ve kil mineralleri gibi alterasyon mineralleri görülmüştür. Mineral boyutları, granitoyidik kütlelerin kenar bölgelerinde küçük iken, granitoyidik kütlelerin merkezine doğru kristal boyutu artmaktadır. Volcano-sedimanter istifli olan sınırlarına yakın bölgelerde, bu birime ait klastlar gözlenmiştir.

Kopuz Granitoyidi bünyesinde, kendinden daha koyu renkler sunan ve daha ince kristallere sahip, ilksel bazik magmanın kalıntıları temsil eden mafik mikrogranüler dokulu anklavlar (MMA) içermektedir.



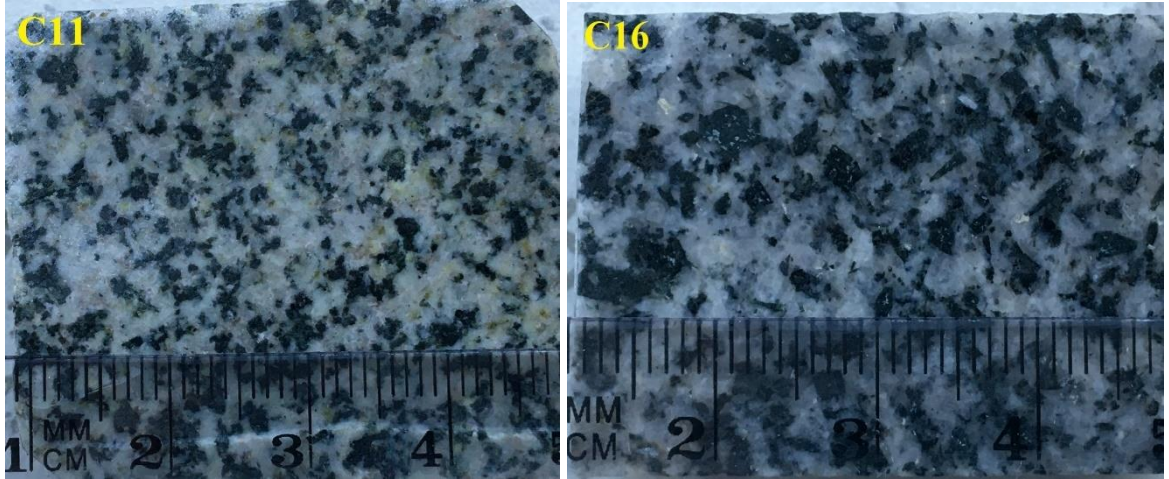
Şekil 3. 6. Kopuz Granitoyidi'ne ait alt birimlerin uydu görüntüsündeki konumları

3.1.2.3. Kuvars Diyorit

Kuvars diyoritler, Kopuz Granitoyidi içerisinde en geniş yayılım alanına sahip alt birimdir. Dağdibi köyünün kuzeyindeki yamaçlarda, Çoraklar Deresi'nin her iki yamacında, Pazardüzü mevkinde ve Kayın Tepe civarında geniş alanlarda yüzeylemektedir.

Kuvars diyorit, granitoyid kütlelerinin merkezini çevreleyen ve dış sınırlara yakın bir şekilde yayılım gösterdiği için, dış zon olarak adlandırılmıştır (Şekil 3.2). Birim, konumu gereği, volkanitlerle kontak halindedirler.

Sahada, sert-, sağlam bir yapıda ve gri-beyaz renkli olarak gözlenmektedir (Şekil 3.7). Taneli dokulu olan kayaç plajiyoklas, kuvars, hornblend, ortoklas, biyotit ve opak minerallerden oluşan modal mineralojik bileşimi sahiptir.



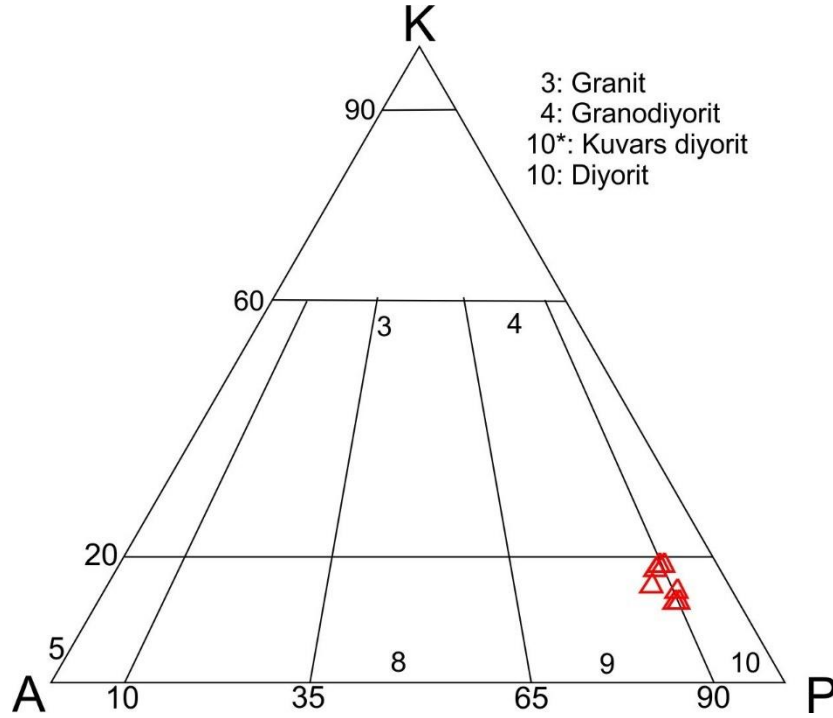
Şekil 3. 7. Kopuz Granitoyidi içerisindeki kuvars diyoritin makroskobik görüntüsü

Kopuz Granitoyidi'nden alınan örneklerde yapılan modal analize sonuçları KAP diyagramına (Streichisen, 1976) aktarılmıştır. Bazı örnekler kuvars diyorit bölgesinde yer almaktadır (Şekil 3.8).

Tablo 3. 1. Kopuz Granitoyidi içindeki kuvars diyoritlere ait modal analiz sonuçları

Örnek No.	C-19	C-4b	K16*	K20*	K22*	K40*	K47*
Plajiyoklas	39.9	46.8	60.3	59.7	58.7	56.9	63.4
Kuvars	20.2	24.9	15.3	12.5	14.4	10.7	10.4
Ortoklas	20.9	15.9	6.7	8.6	7.1	5.6	7.1
Biyotit	8.8	6.5	6.8	4.7	6.9	6.0	5.5
Hornblend	6.9	3.1	8.9	11.9	9.9	16.6	10.7
Opak min.	2.3	1.8	2.0	2.6	3.0	4.2	2.9
Klorit	0.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ojit	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Serizit	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Toplam	100.0	100.0	100.0	100.00	100.0	100.0	100.0

*Modal analiz sonuçları Sipahi vd. 2018b'den alınmıştır.

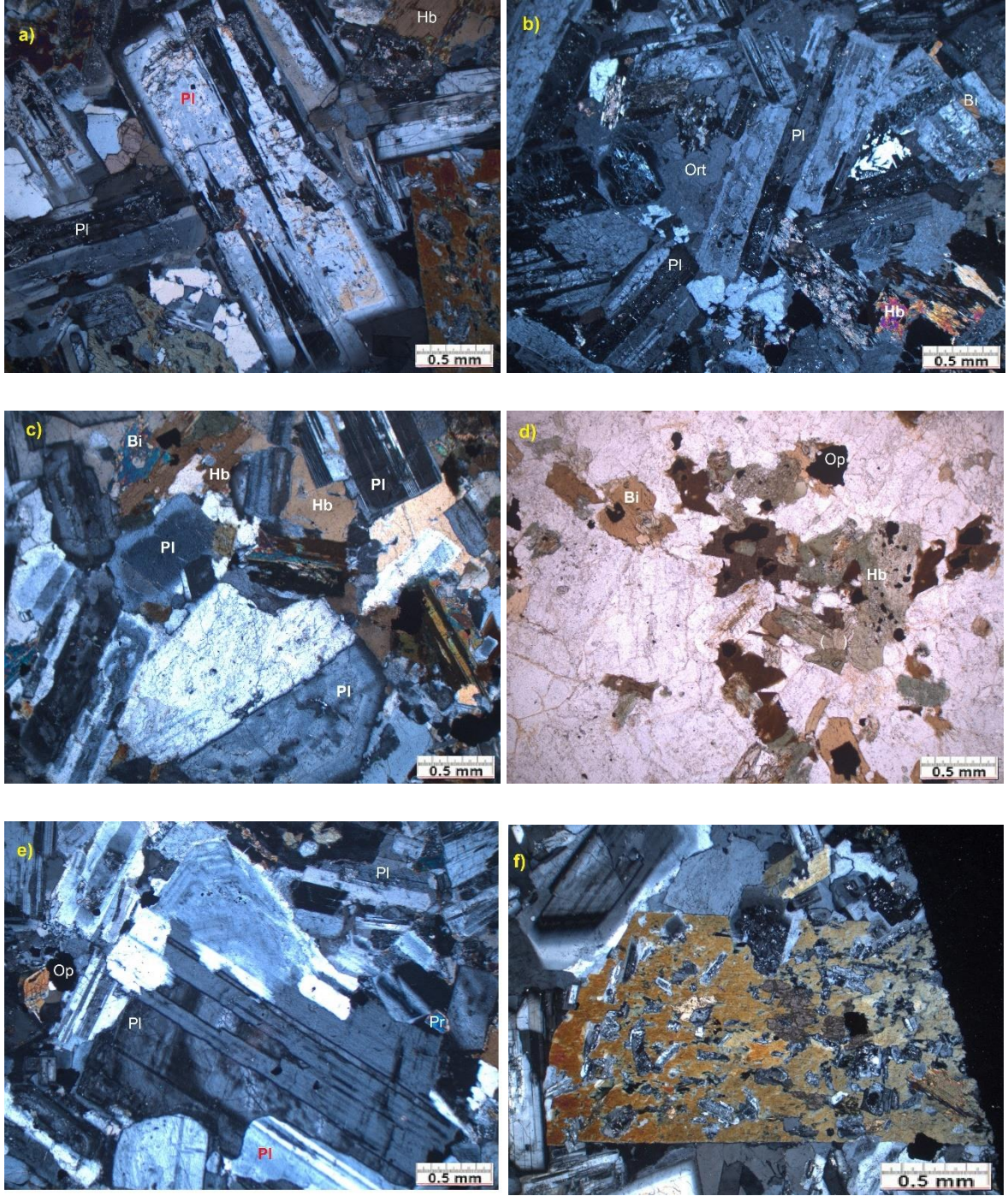


Şekil 3. 8. Kopuz Granitoyidi içerisindeki kuvars diyorit örneklerinin Kuvars-Alkali felspat-Plajiyoklas (KAP) diyagramındaki konumları (Streckeisen, 1976).

Plajiyoklas, modal olarak en yaygın (%39-63) minerali oluşturur (Tablo 3.1). Genellikle iri kristalli, öz - yarı özşekilli bir formda ve yer yer ise çatlaklı yapıya sahiptir (Şekil 3.9). Yer yer plajiyoklaslarda serizitleşme görmek mümkündür. Polisentetik ikizlenme ve yer yer zonlu yapılar gözlenmektedir. Sönme açlarına göre türleri andezin (An_{30-48}) olarak belirlenmiştir (010'a dik kesit).

Kuars, modal olarak plajiyoklasdan sonra kayaçta en yaygın ikinci (%10-33) minerali oluşturmaktadır (Tablo 3.2). Genellikle öz şekilsiz bir yapıya sahip olup ortoklas ile birlikte minerallerin arasını doldurarak kristallenmiştir. Bazı kesitlerde dalgalı sönme göstermektedir.

Ortoklas, üçüncü en yaygın modal mineralojik bileşimi (%6-21) oluşturmaktadır (Tablo 3.3). Yarı özşekilli ve küçük kristaller şeklinde olup karlsbad ikizlenmesi gösterir. Bazı ortoklas kristalleri deformasyonun etkisi parçalanmıştır. Plajiyoklaslarla arasında mirmekitik oluşumlar ve bazılarında perlitik dokular izlenmektedir.



Şekil 3. 9. Kopuz Granitoyidi içerisindeki kuvars diyoritlerin mikroskopta görünümü. a) Plajiyoklaslarda serizitleşme (Örn. No: C16, +N), b) Plajiyoklas ve ortoklas (Örn. No: C11, +N), c) Plajiyoklas, hornblend ve biyotit (Örn. No: C19 +N), d) Hornblend ve biyotit (Örn. No: C19, //N), e) Farklı boyutta plajiyoklaslar (Örn. No: C20, +N) ve f) Yarı özşekilli hornblend (Örn. No: C16, +N). (Ku: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Ort: Ortoklas, Hb: Hornblend, Bi: Biyotit, Op: Opak mineral).

Hornblend, mafik mineraller arasında modal olarak en bol bulunan (%3-17) mineraldir (Tablo 3.4). Genellikle yarı özşekilli olup, nadiren özşekilli kristaller de gözlenmiştir (Şekil 3.9f). Bazı hornblendlerde çok az kloritleşme izlenir. Sırasıyla açık sarı, yeşil ve mavimsi yeşil pleokroizma renklerine sahiptir. 010 yüzeyine paralel kesitlerde 12-24 derecelik sönme açıları ölçülmüştür.

Biyotit, kayaçta %4-9 modal mineralojik orana sahiptir (Tablo 3.5). Genellikle öz ve yarı özşekilli kristaller halindedirler (Şekil 3.9d). Kristal kenarlarında çok az kloritleşmişler ve nadiren uralitleşmeler görülmektedir.

Opak mineraller, kayaçta % 1-4 arasında bir modal bolluk oranına sahiptir (Tablo 3.6).

3.2.2.4. Granodiyorit

Granodiyoritler, Granitoyidik kütleinin merkezinde, elipsoidin uzun eksenini boyunca uzanırna sahiptir. Bu birim, Olukman Yayla, Dağdibi köyü hattı boyunca ve yer yer dar alanlarda (Kavaklı Tepe, Aşağı Acembalı Tepesi) yüzeyleme vermektedir.

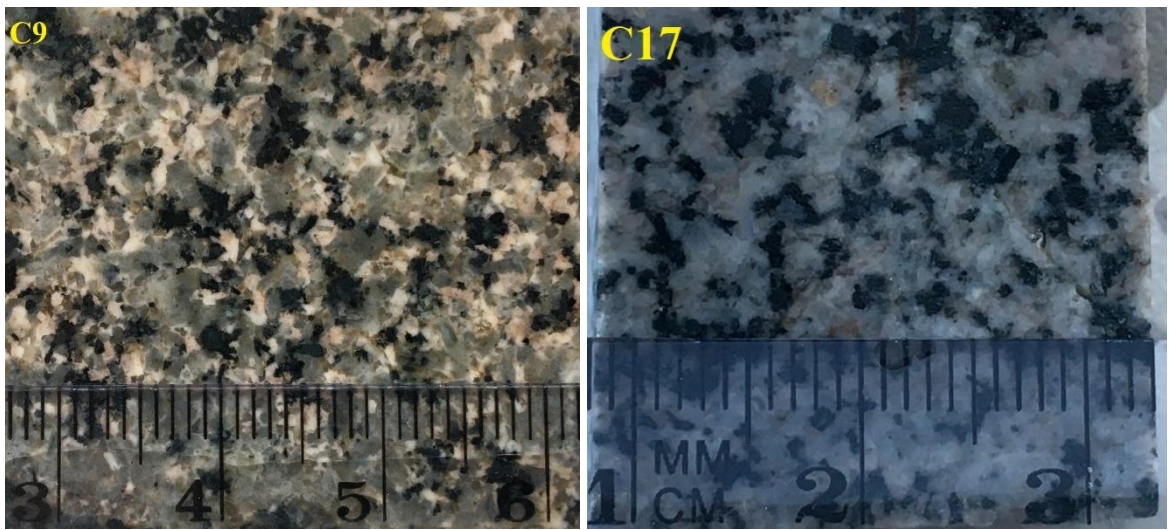


Şekil 3. 10. Kopuz Köyü'nün doğusunda granodiyoritlerde yüzeysel alterasyon



Şekil 3. 11. Kopuz Köyü yakınlarında granodiyoritlerden genel görünüş

Arazide, genel olarak koyu gri renkli olup, yer yer pembemsi ve yer yer açık yeşilimsi renkli mineral içeriği ile dikkat çekmektedir (Şekil 3.12). Koyu renkli mineraller, kuvars ve feldispatlar el örneğinde rahatça ayırılmaktadır. Sahada tok ve sağlam bir yapı sunsa da, kırık ve çatlaklarla ilişkili yüzeysel alterasyon etkileri görülmektedir (Şekil 3.10-11).



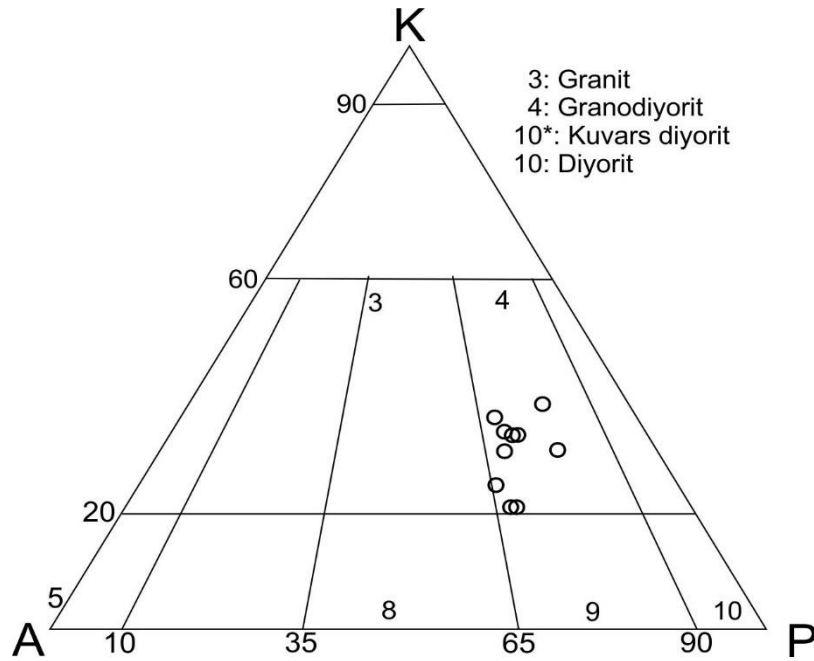
Şekil 3. 12. Kopuz Granitoyidi içerisindeki granodiyoritler makro görünümü

Kopuz Granitoyidi'nden alınan örneklerin modal analize sonuçları (Tablo 3.2) KAP diyagramına (Streckeisen, 1976) aktarılmıştır. Bu örneklerin bazıları Granodiyorit bölgesine denk gelmektedir (Şekil 3.13).

Tablo 3. 2. Granitoyidler içerisindeki granodiyoritlere ait modal analiz sonuçları

Örnek Nu.	C-9	C-4	K21*	K11*	K41*	K46*	K49*	K51*	K55*	K81*
Kuvars	20.5	32.5	25.6	31.9	29.1	17.3	17.3	30.1	32.5	29.4
Plajiyoklas	35.4	39.0	46.5	38.6	40.6	45.2	45.2	43.3	41.9	46.6
Ortoklas	32.3	15.9	11.9	17.8	17.6	21.3	20.4	16.8	10.6	21.1
Hornblend	5.6	2.7	7.2	7.2	8.8	12.1	14.4	4.6	7.2	0.9
Biyotit	3.6	6.4	5.6	0.9	2.8	2.5	0.9	3.0	5.7	0.4
Klorit	0.6	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Serizit	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Opak min.	2.0	1.0	3.2	3.5	1.1	1.6	1.8	2.2	2.1	1.6
Toplam	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

*Modal analiz sonuçları Sipahi vd. 2018b'den alınmıştır.



Şekil 3. 13. Kopuz Granitoyidi içerisindeki granodiyorit örneklerinin KAP diyagramındaki konumları (Streckeisen, 1976).

Birim, hipidiyomorf (yarı özşekli)- tanesel doku, yer yer poiklitik doku ve nadiren grafik dokuludur (Şekil 3.14c-d).

Plajiyoklas, iri kristallerin en yaygının oluşturan plajiyoklasların, boyları 80 mikrona kadar çıkmaktadır. Kayaçtaki bolluk oranı %35-47 arasında değişmektedir (Tablo 3.2). Genellikle dikdörtgen şeklinde, öz - yarı özşekli bir görünüm sunmaktadır (Şekil 3.14b). Plajiyoklasların türü andezin (An_{14-23}) olarak belirlenmiş ve içiçe halkalar şeklinde zonlu dokuya sahiptir (Şekil 3.14a). Hornblendler kapanımları -poiklitik dokuları oluşturmuştur. İri kristalli plajiyoklaslarda kırık ve çatlaklar olup, kimilerinde serizitleşme- ve killeşme görülmüştür.

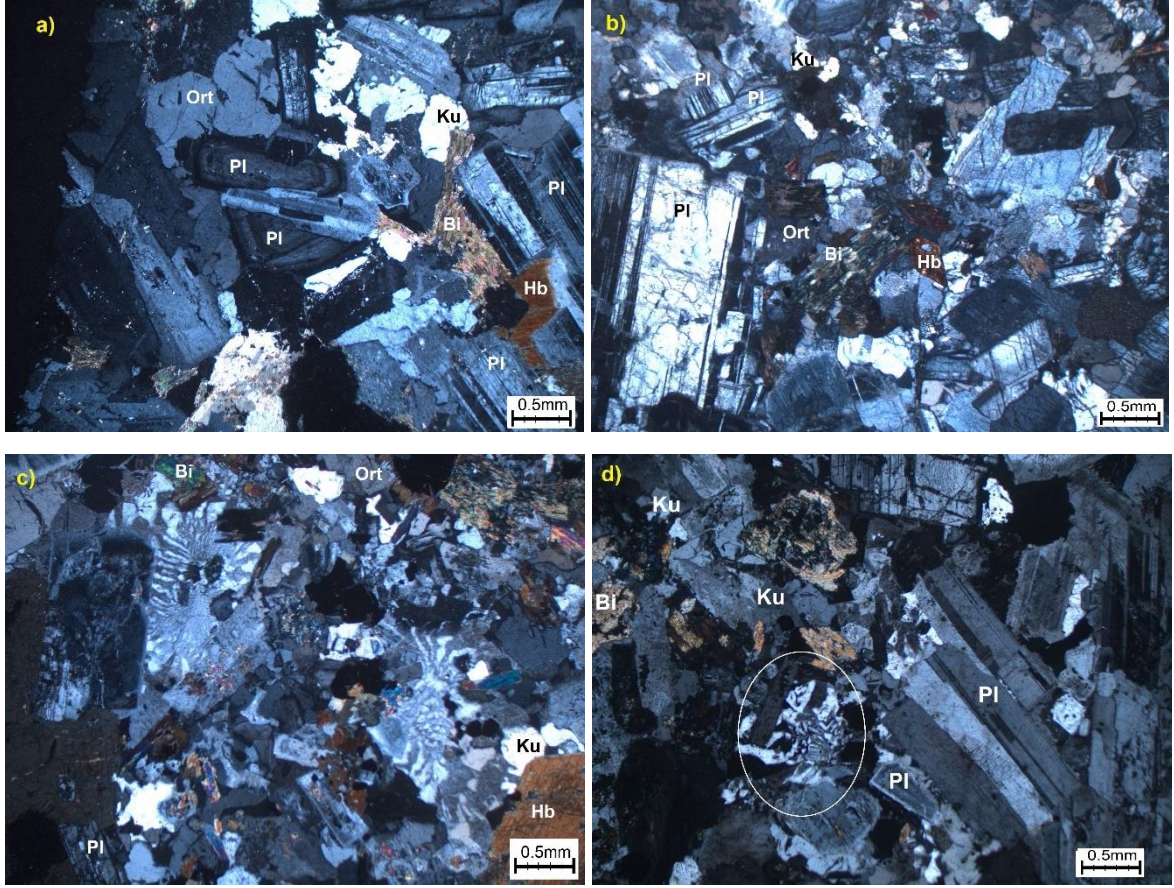
Kuvars, plajiyoklaslardan daha küçük kristal boyuna sahip olup, %17--33 bolluk oranı ile ikinci sırada mineraldir (Tablo 3.2). Kuvars ile ortoklas birlikteliğini belirten grafik dokusu yaygın olarak görülmektedir (Şekil 3.14c ve d). Kuvarslar genel olarak dalgalı sönme göstermektedir. Yer yer kırıklı yapılar, deformasyon izleri ve plajiyoklasların arasını doldurmuş kristaller halinde görülmektedir (Şekil 3.14).

Ortoklaslar, öz ve yarı özşekli olarak, mineral boşluk dolgusu şeklinde kristallenmişlerdir. Karlspad ikizlenme belirgindir. Ortoklasların bolluk oranı %10-32 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.2). Yer yer killeşmeler gözlenmiştir.

Hornblend, koyu renkli mineraller arasından en bol bulunan mineraldir. İnce kesitte genellikle kahverenkli tonlarda olup, tek nikolde yeşilimsi tonlarda renk pleokroizma ve net dilinim göstermektedir. Kayaçtaki bolluk oranı % 1-15 arasında- değişmektedir (Tablo 3.2). Genellikle yarı öz şekilli levhamsı nadiren öz şekillidir. Bazı kesitlerinde $56-124^\circ$ açı yapan iki dilinimi nettir. Yönlere göre pleokroizması z: mavimsi-kahverengimsi yeşil, y: yeşil, x: açık sarı-yeşildir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 12-14 derecedir. Görülen en belirgin ayrışmalar uralitleşme ve kloritleşmedir. Kapanım halinde küçük kristalli plajiyoklas ve opak mimeraller içermektedir.

Biyotit, hornblenlerden sonra en çok bulunan ikinci koyu renkli mineraldir. Kayaçtaki bolluk oranı %1- 6 arasındadır (Tablo 3.2). Çok az oranda kloritleşmeler gözlenmiştir.

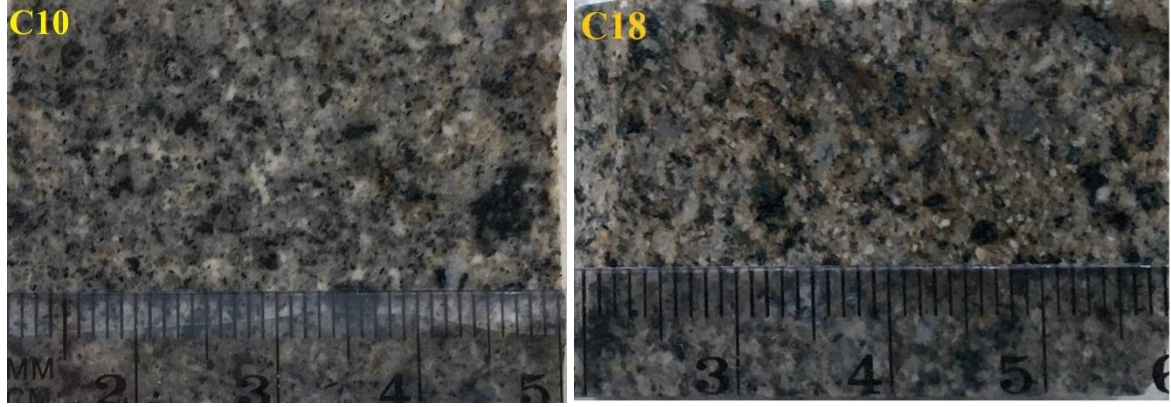
Opak mineraller, az miktarda, farklı boyutlarda özşekilsiz olarak görülmektedir.



Şekil 3. 14. Kopuz Granitoyidi içerisindeki granodiyoritlerin mikroskopik görünüşleri a) Zonlu plajiyoklas, kuvars, biyotit ve hornblend (Örn.No: C17, +N), b) İri plajiyoklaslar ve özşekli hornblend mineralleri (Örn.No: C7, +N), c) ve d) grafik doku, (Örn.No: C23, +N). Ku: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Ort: Ortoklas, Hb: Hornblend, Bi: Biyotit, Op: Opak mineral.

3.2.2.5. Granit

Granitler, granitoyid kütlenin merkeze yakın bölgelerinde ve dar alanlarda yer almaktadır. Granitler, Kodil Tepe'nin güney yamacında, Kavaklı Tepe'nin batı yamacında, Yıldırım Kayası'nın güney yamacında, Olukman Yayla ve güney bölgelerinde dar alanlarda mostra vermektedir. Granitler, arazide makroskobik olarak pembemsi ve grimsi renkli olup (Şekil 3.15), iri ve bol kuvars, plajiyoklas ve ortoklas kristalleri bulundurmaktadır.



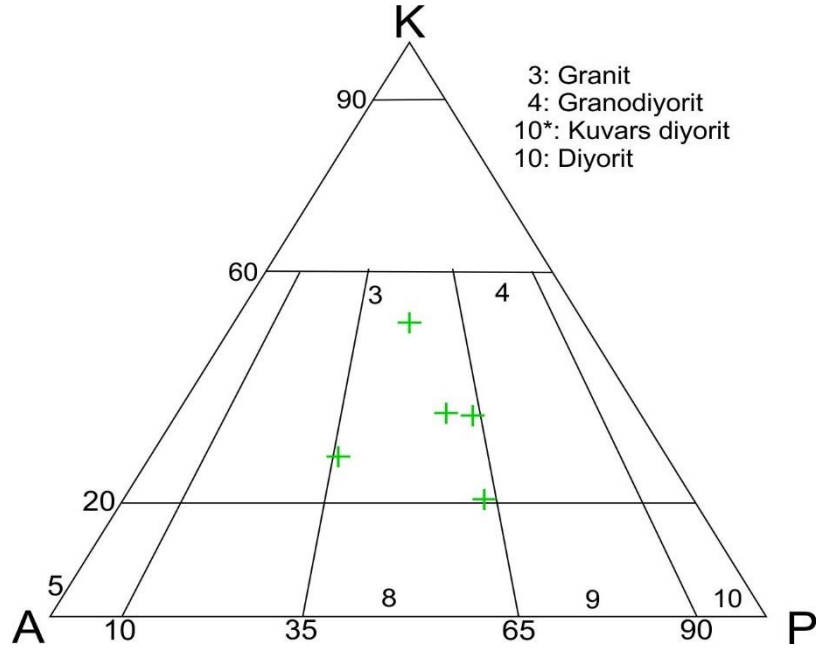
Şekil 3. 15. Kopuz Granitoyidi içerisindeki granitlerin makroskobik görünümü

Kopuz Granitoyidi'nden alınan örneklerin modal analize sonuçları (Tablo 3.3) KAP diyagramına (Streckeisen, 1976) aktarılmıştır. Bu örneklerin bazıları granit bölgesine denk gelmektedir (Şekil 3.16).

Tablo 3. 3. Granitoyidler içerisindeki granitlere ait modal analiz sonuçları

Örnek Nu.	K45*	K33*	K19*	TK36*	K43*
Kuvars	16.4	33.7	32.6	48.6	26.0
Plajiyoklas	40.2	35.5	38.3	22.9	24.6
Ortoklas	23.7	25.7	21.7	23.1	43.3
Hornblend	8.2	1.6	3.5	1.9	1.6
Biyotit	9.4	1.9	0.8	3.0	3.6
Opak min.	2.1	1.6	3.1	0.6	0.9
Toplam	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

*Modal analiz sonuçları Sipahi vd. 2018b'den alınmıştır.



Şekil 3. 16. Kopuz Granitoyidi içerisindeki granit örneklerinin KAP diyagramındaki konumları (Streckeisen, 1976).

Birim, holokristalin hpidiyomorf taneleşme dokusudur (Şekil 3.17)

Plajiyoklasın, kayaçtaki bolluk oranı, %22 – 40 arasındadır (Tablo 3.3). Dörtgen görünüme yakın öz - yarı öz şekilli minerallerin ortalama tane boyu 20-30 mikron arasındadır. Geneli kuvarslara göre daha küçük kristal boyuna sahip olsalarda, yer yer kuvarslardan daha büyük boyutlarda (80 mikron) görülmektedir. Polisentetik ikizlenmenin yanı sıra yer yer albitik ikizlenme ve zonlu dokularda gözlenmiştir (Şekil 3.17b). Plajiyoklasların türü oligoklas (An_{21-30}) ve andezin (An_{30-35}) olduğu belirlenmiştir. En çok görülen ayrışma türü kil oluşumudur.

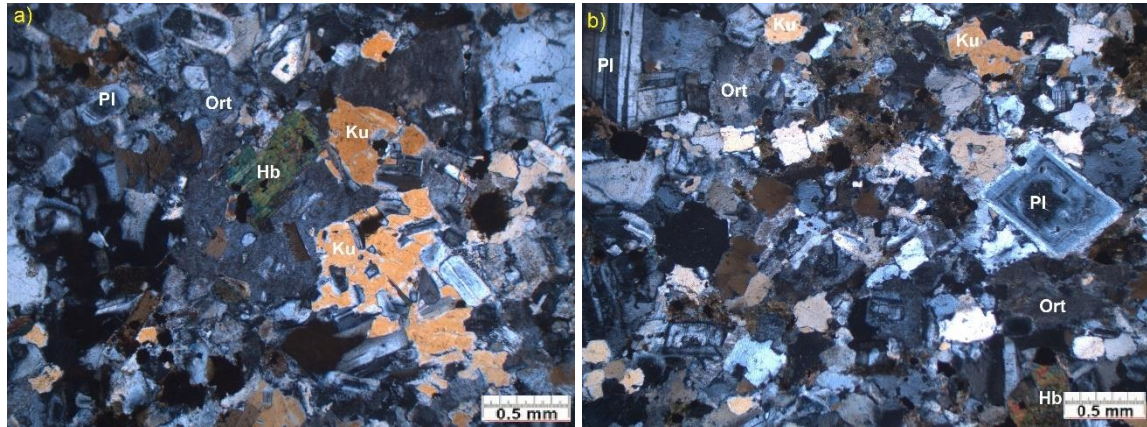
Kuvars, bolluk oranı % 16 - 49 arasında (Tablo 3.3) olup, yarı öz ve öz şekilsiz kristaller halinde ve kısmen korrode olmuştur (Şekil 3.17a). Diğer minerallerin arasında ortoklaslarla birlikte boşlukları doldurur konumdadır. Genellikle dalgalı sönme göstermektedir.

Ortoklas, kayaçtaki en bol (%21– 43) üçüncü mineraldir (Tablo 3.3). Öz şekilsiz, nadiren yarı özşekilli olup, karlspad ikizlenme görülmektedir. Diğer mineraller ile içiçe birlikteliği sonucu poiklitik dokuları gelişmiştir. Ayrışma olarak killeşme ile beraber serizitleşmeler de gözlenmiştir.

Biyotitkayaçta en bol (%1-9) bulunan koyu renkli mineraldir. Kesitte, öz ve yarı özşekilli olarak görülmektedir. Yüksek rölyefe sahiptir ve paralel kesitte dik sönme gösterirler.

Hornblend, kayaçta en bol (%1 – 9) bulunan ikinci koyu renkli mineraldir (Tablo 3.3). Genel olarak, öz ve yarı öz şekilli küçük kristaller halinde olup, yer yer opaklaşmalar mevcuttur.

Opak mineraller, kayaçta farklı boyut ve şekillerde olup, %1-3 arasında değişen miktarlara sahiptir.



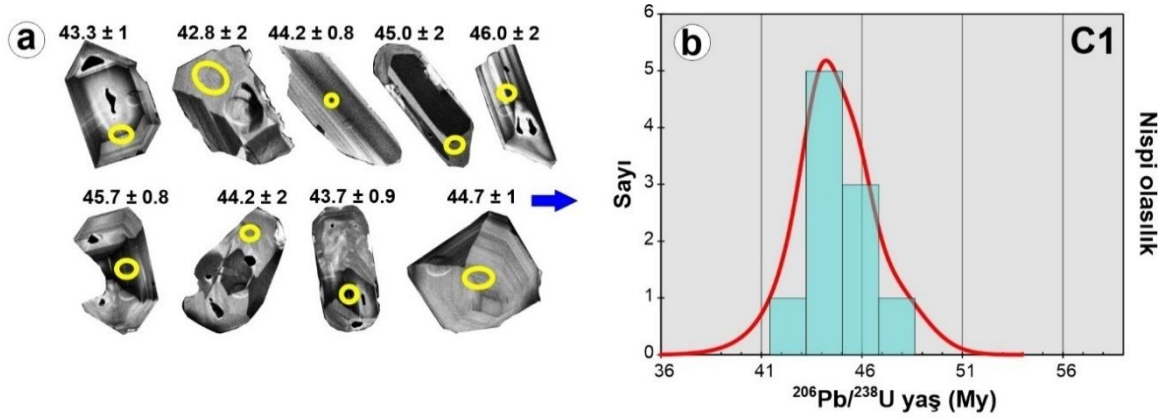
Şekil 3. 17. Kopuz Granitoyidi içerisindeki granitlerin mikroskopta görünümü a) Öz şekilsiz kuvars mineralleri, plajiyoklas, ortoklas (Örn.No: C10, +N). b) Zonlu plajiyoklas (Örn.No: C18, +N) (Ku: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Ort: Ortoklas, Hb: Hornblend, Bi: Biyotit)

3.1.2.6. U-Pb Zirkon Jeokronolojisi

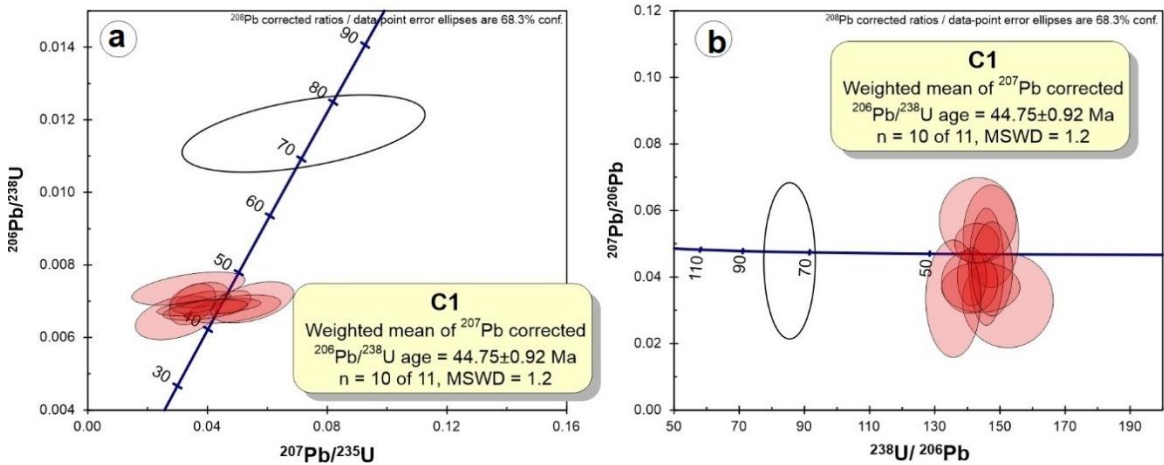
Çalışmaya konu olan Kopuz Granitoyidi'nin kristallenme yaşını belirlemek için seçilen granodiyorit örneklerinden U-Pb zirkon SHRIMP yaş analizleri yapılmış, elde edilen sonuçlar Ek Tablo 1 ve 2'de sunulmuştur.

Analizi yapılan C1 örneğindeki 10 farklı zirkon kristali üzerinde ölçüm yapılmıştır. Zirkon mineralleri genellikle küçük kristalli olup, boyutları 90-310 µm arasında değişim göstermektedir. Genellikle öz-yarı özşekilli, ince-uzun ve yer yer kırıklı olarak gözlenmiştir. Tanelerdeki zonlu dokular ve bazı kristallerdeki ksenokristik çekirdek yapıları, zirkon minerallerinin magmatik kökenli olduğuna işaret etmektedir (Şekil 3.18a).

Zirkonlardan elde edilen yaşlar, en düşük 42.8 ± 2 My ve en yüksek 48.0 ± 2 My ($n=10$) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (1σ)'dur (Şekil 3.18a-b). Örneğin ağırlıklı ortalama (konkordiya) yaşı 44.75 ± 0.92 My (MSWD= 1.2) olup Lütésiyen (Eosen) dönemine karşılık gelmektedir. Bu yaş aynı zamanda plütonun kristalllenme yaşını da temsil etmektedir (Şekil 3.19a-b).



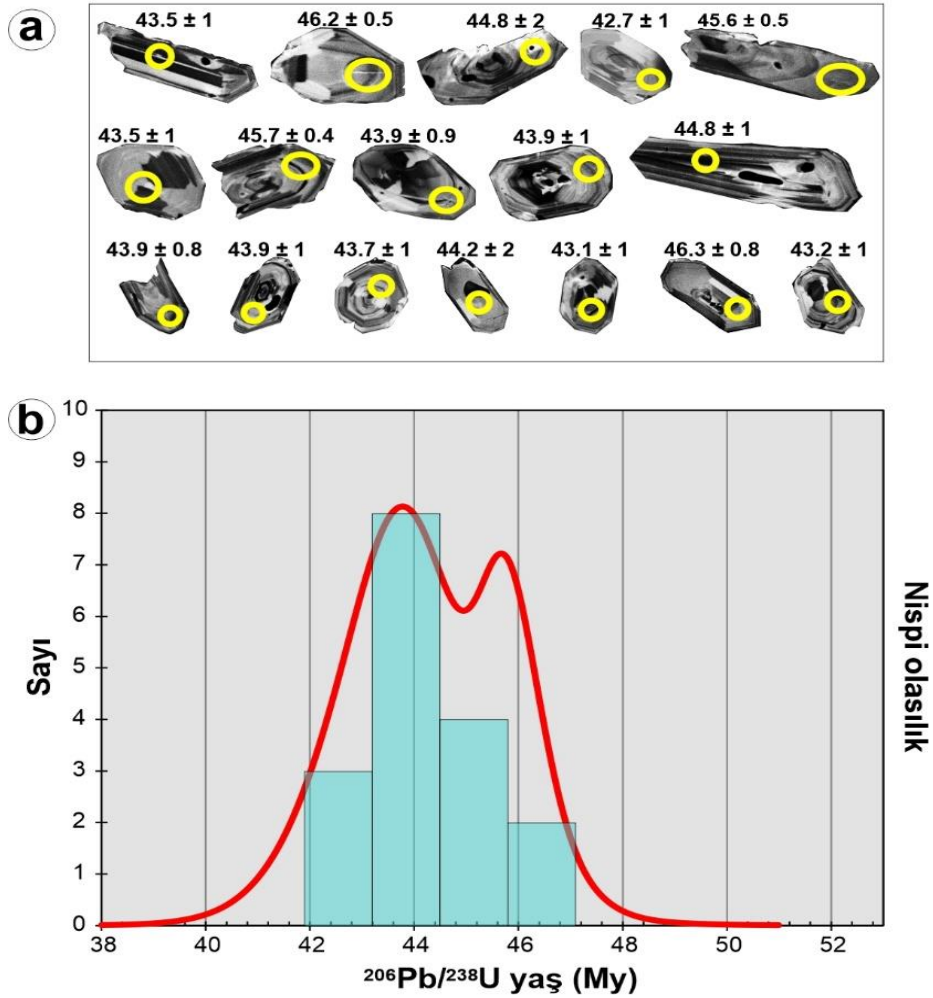
Şekil 3. 18. C1 nolu granodiyorit örneği içerisindeki seçilmiş zirkon kristallerinin a) Katodolüminesans (CL) görüntüleri ve analiz noktaları, b) Zirkon tanelerine ait nispi olasılık dağılım-yaş diyagramı



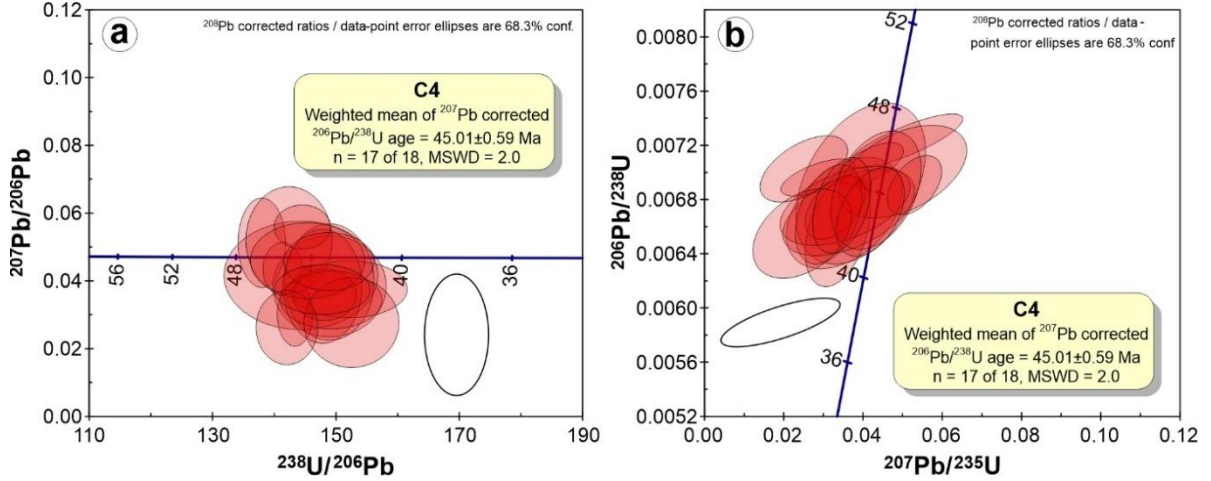
Şekil 3. 19. C1 nolu granodiyorit örneğinden seçilmiş zirkon kristallerinin a) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ – $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ Wetherill konkordiya diyagramı, b) $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ – $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ Tera-Wasserburg konkordiya diyagramı

Analizi yapılan C4 örneğinde 17 farklı zirkon kristali üzerinde ölçüm yapılmıştır. Zirkon kristalleri ince-uzun kristalli, yarı-öz şekilli olup, boyutları 70-260 μm arasında değişmektedir. Kristallerde yer yer kırıklar gelişmiştir (Şekil 3.20a). Kristallerin zonlu içyapısı ve bazı kristallerdeki ksenokristik çekirdek yapıları, C1 nolu örnekte olduğu gibi,

magmatik kökenli olduğunu işaret etmektedir. Zirkonlarda en düşük 42.7 ± 1 My ve en yüksek 46.3 ± 0.8 My ($n=17$) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (1σ) yaşları elde edilmiştir (Şekil 3.20a-b). Örneğin ağırlıklı ortalama (konkordiya) yaşı 45.01 ± 0.59 My (MSWD= 2.0) olup Lütésiyen (Eosen) dönemine karşılık gelmektedir. Bu yaş aynı zamanda plütonun kristalllenme yaşını da temsil etmektedir (Şekil 3.21a-b).



Şekil 3. 20. C4 nolu granodiyorit örneği içerisindeki seçilmiş zirkon kristallerinin a) katodolüminesans (CL) görüntüleri ve analiz noktaları, b) Zirkon tanelerine ait nispi olasılık dağılım-yaş diyagramı



Şekil 3. 21. C4 nolu granodiyorit örneğinden seçilmiş zirkon kristallerinin a) $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ – $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ Tera-Wasserburg konkordiya diyagramı. b) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ – $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ Wetherill konkordiya diyagramı

3.1.2.7. Kopuz Granitoyidi'nin Jeokimyası

3.1.2.7.1. Ana ve İz Elementler

Kopuz Granitoyidi'nden alınan örneklerden jeokimyasal analizler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 3.4'de verilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde, SiO_2 değerlerinin % 55.96-69.31, Al_2O_3 değerleri % 14.50-17.43, CaO değerleri % 3.08-7.37, Na_2O değerleri % 3.05-3.63, K_2O değerleri % 2.14-4.29, TiO_2 değerleri % 0.35-0.80, Ni 24-148 ppm, Rb 44.2-116.3 ppm, Ba 503-842 ppm ve Sr 198.9-434.6 ppm aralığından değişim göstermektedir. Kopuz Granitoyidi örneklerindeki, $\text{Mg}^\#$ 25.45-32.88, A/CNK değerleri 0.80-0.99 ve $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ oranları 0.64-1.41 aralığında değişim göstermektedir.

Tablo 3. 4. Kopuz Granitoyidi ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) analizleri

Kayaç Adı	Granit		Granodiyorit					Diyorit			
Örnek No	C10	C18	C1	C7	C9	C17	C23	C11	C16	C19	C20
SiO ₂	69.31	68.26	66.36	60.68	64.18	62.04	61.9	55.96	58.19	58.04	58.39
TiO ₂	0.35	0.47	0.53	0.73	0.55	0.65	0.71	0.75	0.74	0.8	0.8
Al ₂ O ₃	14.71	14.5	14.75	17.4	15.84	16.21	16.74	17.04	17.43	17.15	17.41
Fe ₂ O _{3t}	3.4	4.13	4.38	6.04	4.99	5.61	5.65	7.45	6.71	7.39	7.13
MnO	0.09	0.09	0.08	0.12	0.1	0.12	0.11	0.1	0.11	0.14	0.13
MgO	1.23	1.41	1.69	2.29	1.97	2.34	2.08	3.65	3.15	3.3	3.11
CaO	3.12	3.43	3.08	5.12	4.31	5.21	4.85	7.37	6.02	6.63	6.27
Na ₂ O	3.3	3.25	3.05	3.36	3.2	3.35	3.44	3.33	3.63	3.17	3.4
K ₂ O	3.48	3.46	4.29	2.53	3.68	3.41	2.77	2.14	2.46	2.18	2.18
P ₂ O ₅	0.1	0.1	0.11	0.19	0.12	0.15	0.2	0.19	0.21	0.22	0.21
Cr ₂ O ₃	0.011	0.028	0.041	0.009	0.018	0.043	0.015	0.017	0.007	0.012	0.01
AK	0.6	0.6	1.4	1.3	0.8	0.6	1.3	1.8	1.1	0.7	0.7
Total	99.83	99.81	99.84	99.82	99.82	99.82	99.81	99.83	99.82	99.81	99.82
Ba	842	769	694	642	699	660	648	595	581	503	602
Ni	36	106	140	35	74	148	54	53	24	40	41
Sc	7	12	13	16	14	17	15	24	19	21	20
Co	42.4	49.5	35.3	32.6	40.3	34	37.1	29	33.6	39.8	31.6
Cs	2.6	3.2	0.9	1.5	1.2	0.5	2.1	0.5	1.8	2.4	2.3
Ga	12.9	13.1	13.5	16.4	14.3	14.3	15.1	15.2	16.7	16.4	16.5
Hf	4.4	6.1	6.1	5.1	5.9	5.6	5.2	3.5	4.3	4	4.6
Nb	8.2	8.5	9.3	9.1	9	8	8.9	6.7	7.9	7.5	8
Rb	99.7	100.6	109.4	71.4	116.3	87.9	76	44.2	65.4	58.3	57.6
Sr	253.4	198.9	244.9	372	299.1	305.7	347	434.6	412.4	366.5	376.7
Ta	0.8	0.9	0.8	0.7	0.9	0.5	0.7	0.6	0.5	0.6	0.6
Th	11.7	11.2	18	9.1	15	10.9	9.7	6	7.5	7.2	7.5
U	2.4	2.8	3.1	1.2	3.3	3	1.7	0.9	1.8	2	1.4
V	57	79	98	121	115	142	104	213	153	166	158
W	366.5	373	202.3	142.8	261	185.4	251.4	101.7	160.4	206.9	158.4
Zr	150.5	223.1	212.6	186.2	211.3	211.4	202.4	116.5	155.7	144.3	174.9
Y	17.3	28.8	26.4	27.4	26.9	25.3	25.3	25.5	25.2	24.6	25.7
La	21.2	25.5	27	28.1	21.9	20.3	27.4	22.3	19.2	22.9	20.1
Ce	38.6	50.2	51.7	55	45.2	41.4	53	41.8	40	44.4	40.6
Pr	4.27	6	6.18	6.68	5.78	5.27	6.39	5.25	5.4	5.58	5.22
Nd	15.2	22.3	22.6	25	22.7	20.8	23.8	20.9	22.1	22.2	21.2
Sm	2.67	4.65	4.33	5.32	4.51	4.34	4.61	4.57	5.11	4.56	4.5
Eu	0.65	0.87	0.79	1.28	0.92	0.92	1.2	1.08	1.26	1.14	1.28
Gd	3.02	4.87	4.49	5.38	4.86	4.48	4.99	5.2	5.12	4.71	5.01
Tb	0.41	0.75	0.68	0.79	0.74	0.68	0.74	0.75	0.75	0.72	0.75
Dy	2.75	4.85	4.27	4.64	4.39	4.34	4.39	4.58	4.67	4.17	4.66
Ho	0.54	0.99	0.9	0.98	0.98	0.95	0.87	0.96	0.94	0.96	0.94
Er	1.8	3	2.83	2.88	2.96	2.83	2.7	2.87	2.72	2.75	2.95
Tm	0.26	0.44	0.42	0.43	0.45	0.4	0.38	0.41	0.4	0.36	0.39
Yb	1.93	2.94	2.82	2.76	2.84	2.71	2.59	2.76	2.84	2.57	2.6
Lu	0.31	0.48	0.45	0.44	0.46	0.44	0.44	0.43	0.43	0.41	0.41
Tot. C	<0.02	<0.02	0.04	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.13	0.02	<0.02	<0.02
Tot. S	<0.02	<0.02	0.02	0.08	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.05	<0.02
Mo	1.4	1.6	2.1	2.4	2	2.4	2.6	1.3	1.6	9.6	2.5
Cu	17.1	25.7	37.1	16.3	32.1	22.1	23.6	7.6	12.7	5.2	44
Pb	2	3.7	7.2	4.7	7.2	2.4	10.4	30.6	1.5	3.5	5.7

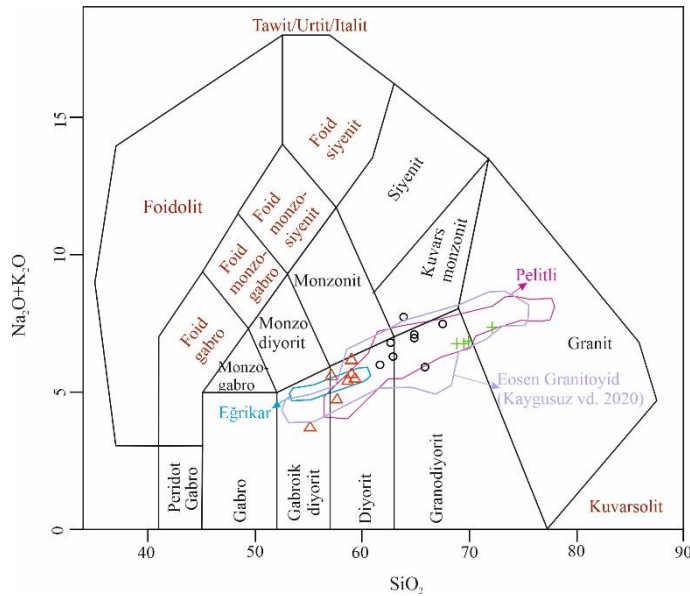
Fe₂O₃* : Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. AK=Ateste Kayıp: Toplam uçucu içeriği. Mg[#] = 100xMg/(Mg+Fe).
A/CNK= Mol Al₂O₃/(CaO+NaO+K₂O)

Tablo 3.4. (devamı)

Kayaç Adı	Granit		Granodiyorit					Diyorit			
Örnek No	C10	C18	C1	C7	C9	C17	C23	C11	C16	C19	C20
Zn	27	34	25	18	33	39	55	33	16	32	37
Ni	54.2	39.3	52.2	109.2	67.8	5.1	6.7	59.5	84.9	23.4	50.9
As	1.6	1.4	2.1	1.3	2	1.7	2.5	14.9	1.6	1.8	1.8
Au	2.9	2	2	0.8	0.8	<0.5	0.7	1	0.9	0.7	3.1
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sb	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.2	0.2	<0.1	<0.1	0.1
Bi	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.9	0.7	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	<0.1
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sn	<1	1	1	1	1	1	1	<1	1	1	<1
Hg	0.01	<0.01	0.02	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
A/NK	1.60	1.59	1.53	2.10	1.71	1.76	1.93	2.19	2.02	2.26	2.19
A/CNK	0.99	0.95	0.97	0.99	0.93	0.87	0.96	0.80	0.89	0.87	0.90
K ₂ O/Na ₂ O	1.05	1.06	1.41	0.75	1.15	1.02	0.81	0.64	0.68	0.69	0.64
Mg [#]	26,57	25,45	27,84	27,49	28,30	29,43	26,91	32,88	31,95	30,87	30,37

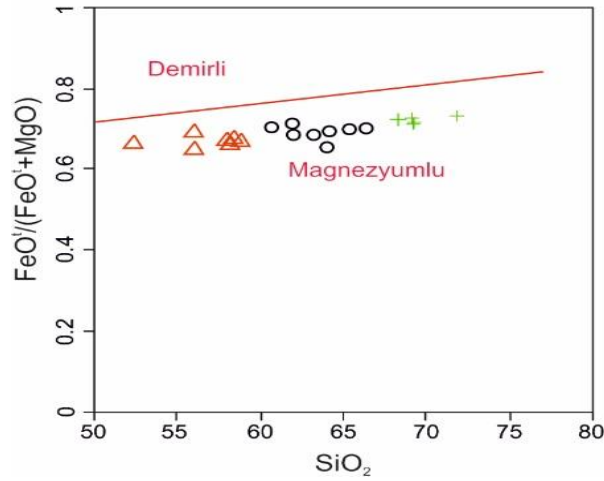
Fe₂O₃* : Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. AK=Ateste Kayıp: Toplam uçucu içeriği. Mg[#] = 100xMg/(Mg+Fe).
A/CNK= Mol Al₂O₃/(CaO+NaO+K₂O)

Middlemost (1994) tarafından hazırlanan ve halen geçerliliğini koruyan sınıflama diyagramında değerlendirilen örnekler, diyoritten granite kadar değişen bir yayılım göstermektedir (Şekil 3.22).



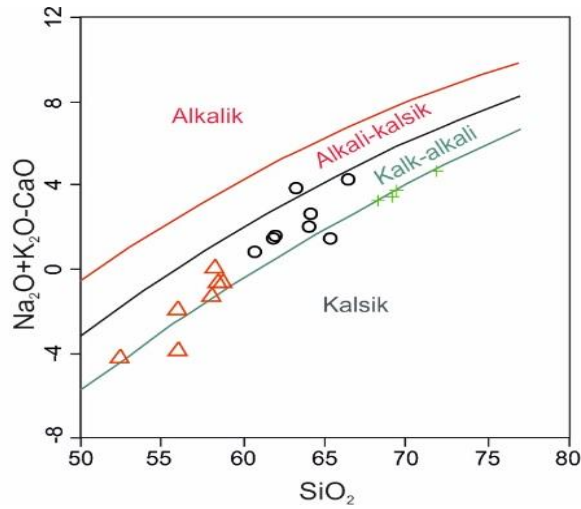
Şekil 3. 22. Kopuz Granitoyidi'ne ait örneklerin SiO₂ - (Na₂O + K₂O) sınıflama (Middlemost, 1994) diyagramı

Granitoyid örnekleri, Frost vd. (2001) diyagramında magnezyumlu bölgeye düşmektedir (Şekil 3.23).



Şekil 3. 23. Kopuz Granitoyidi'ne ait $\text{FeO}^I / (\text{FeO}^I + \text{MgO})$ ve SiO_2 (wt%) diyagramı (Frost vd., 2001). Simgeler Şekil 3.22.'deki gibidir

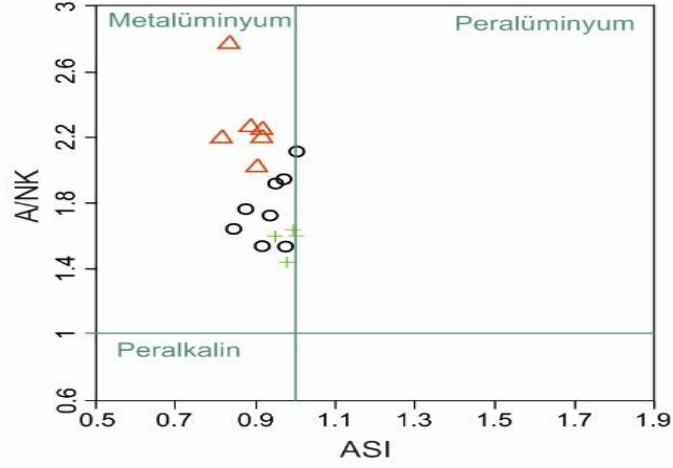
Granitoyid örnekleri, SiO_2 'ye karşı ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$) diyagramında (Frost vd., 2001) kalk-alkali bölgesinde dizilim sunmaktadır (Şekil 3.24).



Şekil 3. 24. Kopuz Granitoyidi'ne ait örneklerin ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$) ve SiO_2 (wt%) diyagramı (Frost vd., 2001). Simgeler Şekil 3.22.'deki gibidir.

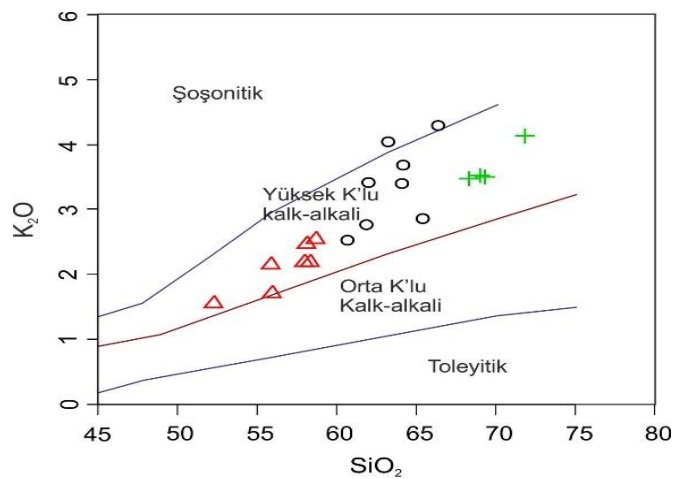
Kopuz Granitoyidi'nin alüminyum doygunluğunu değerlendirmek için ASI [molar $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$] değerleri hesaplanmış, Maniar ve Picolli (1989) diyagramında

değerlendirilmiştir. ASI değerleri 1'den küçük olup, örneklerin tamamı metalüminyum karakterlidirler (Şekil 3.25)



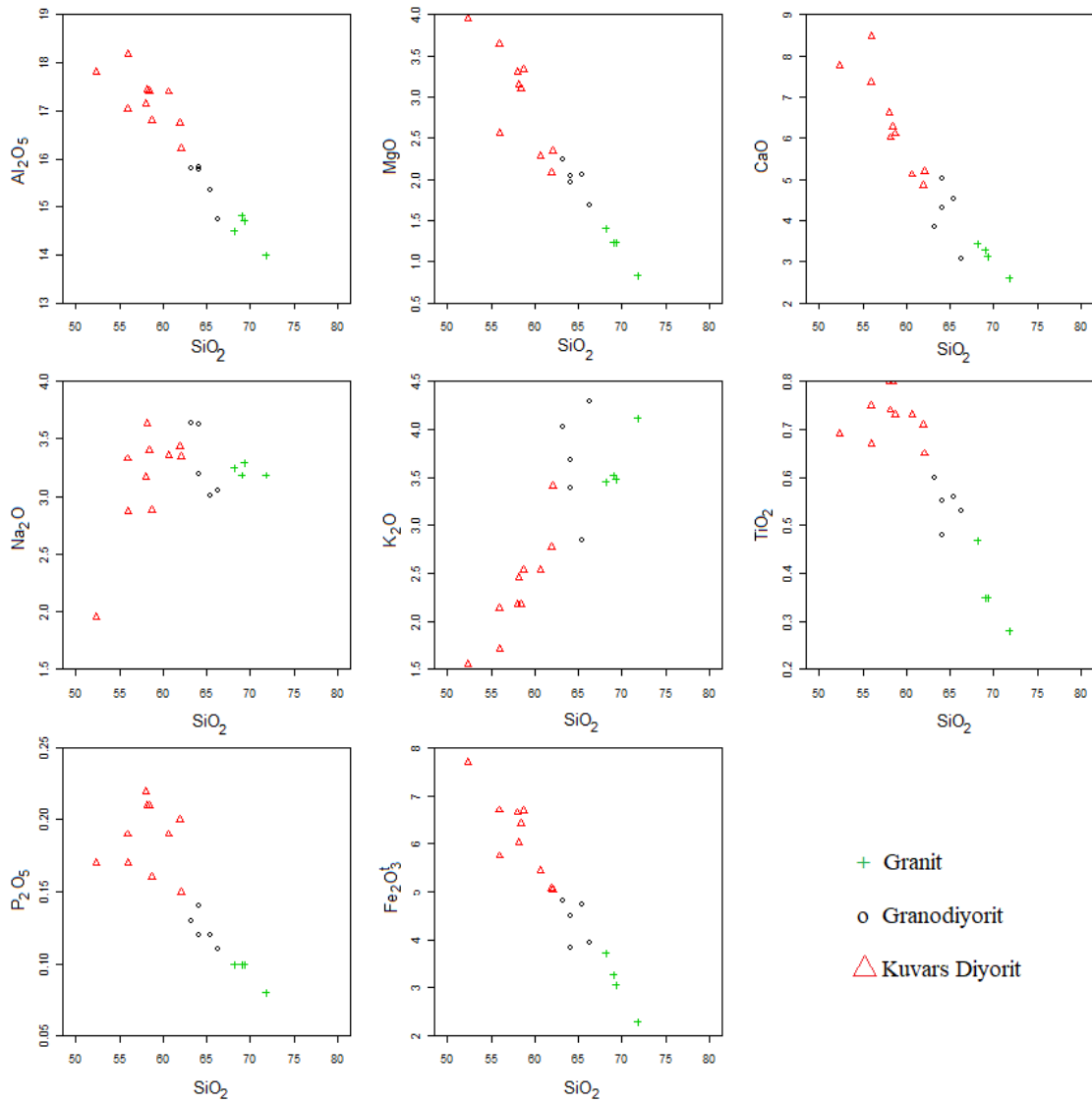
Şekil 3. 25. Kopuz Granitoyidi'ne ait örneklerin molar A/NK'ya karşı molar A/CNK değişimine bağlı olan alüminobazlı sınıflama (Mainar ve Piccoli,1989) diyagramındaki konumları (Frost vd., 2001). Simgeler Şekil 3.22.'deki gibidir.

Kopuz Granitoyidi'ne ait örnekler, K_2O - SiO_2 diyagramında (Le Maitre,1989) yüksek potasyumlu kalk-alkali bir bileşime sahiptir (Şekil 3.26).



Şekil 3. 26. Kopuz Granitoyidi örneklerindeki SiO_2 'ye karşı K_2O diyagramındaki (Le Maitre, 1989) konumları. Simgeler Şekil 3.22.'deki gibidir.

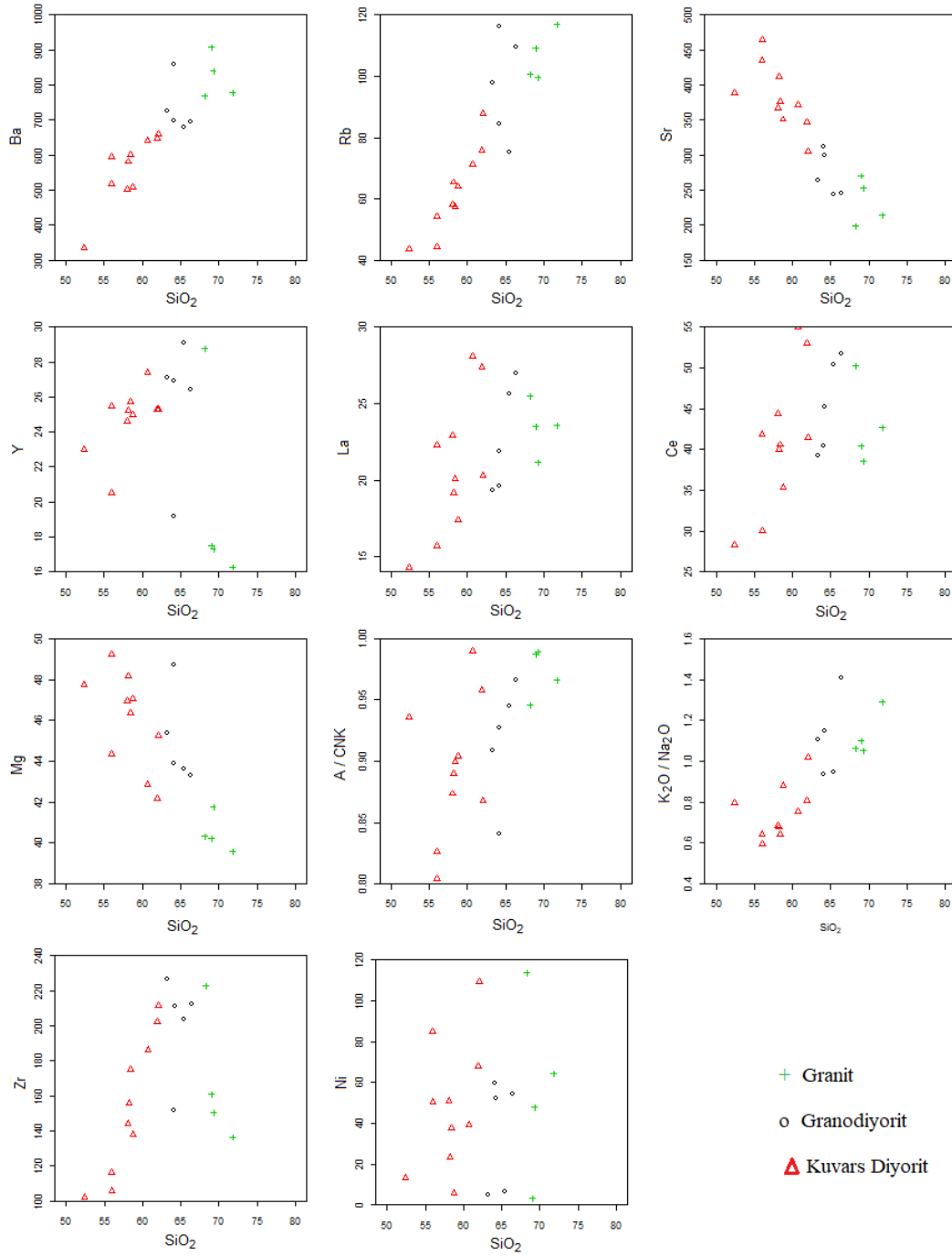
Granitoidlerin SiO_2 bileşimlerinin ana oksit bileşimlerine karşı değişim diyagramları Şekil 3.27’de incelenmiştir. Örnekler, ana oksit elementlerin dizilimi doğrusala yakın bir görünümündedir. Ana oksit element değişim diyagramlarında SiO_2 ’ye karşı Al_2O_3 , MgO , CaO , TiO_2 , P_2O_5 ve Fe_2O_3 arasında negatif yönlü doğrusal bir ilişki görülmektedir. K_2O ’de pozitif yönlü doğrusal ve Na_2O ’de ise orta derecede pozitif bir ilişki görülmektedir (Şekil 3.27). Bu sonuç, kayaçların oluşumunda fraksiyonel kristallenmenin etkin olabileceğini belirtmektedir.



Şekil 3. 27. Kopuz Granitoyidi örneklerinin SiO_2 ’e karşı ana oksitlerinin değişim diyagramları

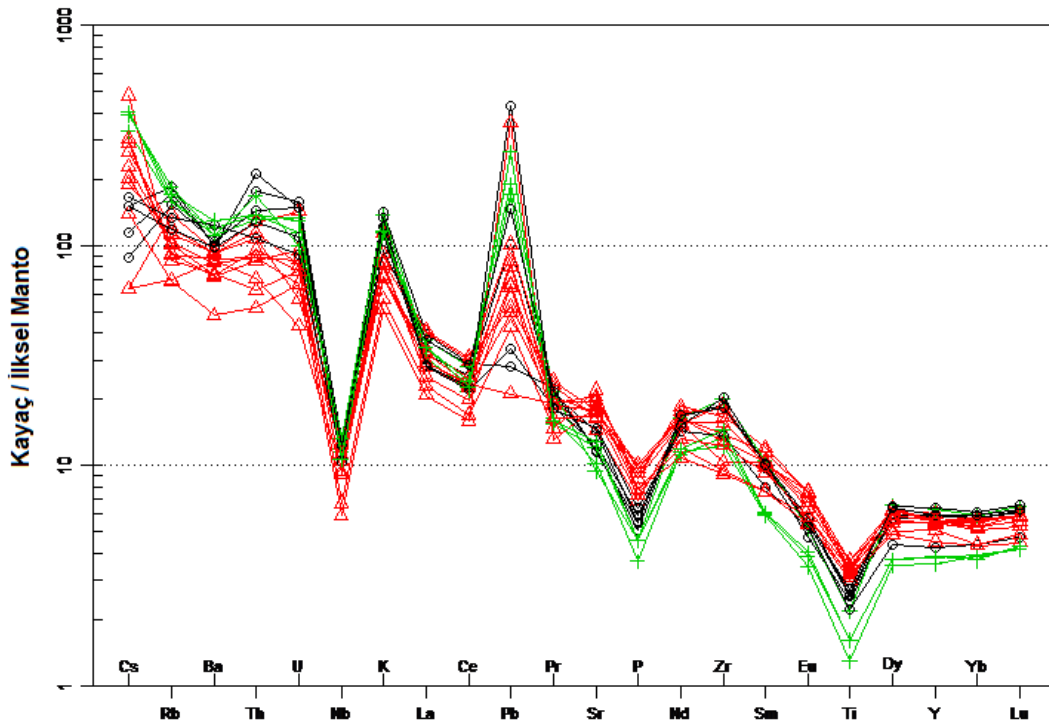
Kopuz Granitoyidi’nin bileşimindeki SiO_2 ve iz elementler arasındaki ilişki, değişim diyagramında Şekil 3.28’de verilmiştir. Örneklerin çoğunda iz elementler, SiO_2 ’ye karşı

doğrusala yakın pozitif yönlü bir dağılım sunmaktadır. Bu durum, kayaçların oluşum sırasında fraksiyonel kristallenmenin etkin olduğu anlamına gelmektedir. SiO_2 'ye karşı Sr arasında negatif yönlü doğrusal bir ilişki vardır. SiO_2 ile Ni arasındaki düzensiz dağılım kısmen ayrışma veya kontaminasyon \pm magma karışımı etkisi ile alakalı olabilir.



Şekil 3. 28. Kopuz Granitoyidi örneklerinin SiO_2 'e karşı iz elementlerin değişim diyagramları

Kopuz Granitoyidi'ne ait örneklerinin ilksel mantoya (değerler Sun ve McDonough, 1989'dan) göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramı (Şekil 3.29) hazırlanmıştır. Bu diyagramda ortaya çıkan grafikler, genel olarak zenginleşmeyi ifade etmektedir. Zenginleşme, özellikle iyon yarıçapı büyük olan elementlerde (Rb, Ba ve Th) daha fazladır. Rb, Th ve K elementlerindeki zenginleşme, kabuk etkisini yansıtmaktadır. Nb, P ve Ti elementlerinde belirgin bir negatif anomali mevcuttur (Şekil 3.29). Negatif anomaliye sahip Nb, kayaçların kaynağı olan ana magmanın, yitim bileşenli magmadan da beslendiğini göstermektedir. Pb oldukça belirgin bir pozitif anomali sunmaktadır. Kopuz Granitoyidi'nin iz element dağılımı, yay granitleri ile benzerlik göstermektedir.

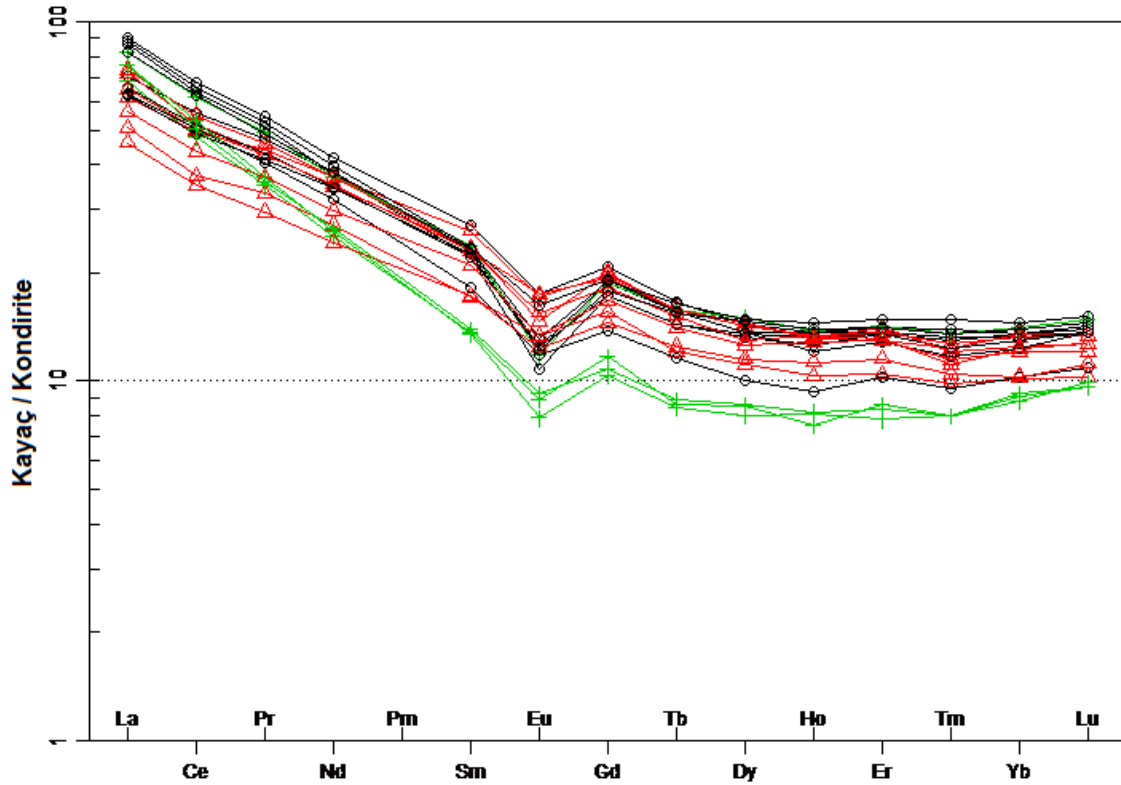


Şekil 3. 29. Kopuz Granitoyidi örneklerinin bileşimlerinin ilksel manto bileşimine (Sun ve McDonough, 1989) göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramları

3.1.2.7.2. Nadir Toprak Elementler

Kopuz Granitoyidi örneklerinin kondirite (Boynton, 1984) göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramı (Şekil 3.30) hazırlanmıştır. Örneklerdeki nadir toprak elementlerin dağılımları, birbirlerine yakın veya benzerdir. Örneklerdeki hafif nadir toprak elementleri (HNTE), ağır nadir toprak elementlere (ANTE) oranla daha fazla

zenginleşmiştir (Şekil 3.30). Granodiyoritteki hafif nadir toprak element zenginleşmesi, granit ve kuvars diyorittekine göre daha belirgindir. Kopuz Granitoyidi kayaç örneklerindeki $(La/Lu)_N$ değerleri 4.12-7.90 aralığında olup, negatif Eu anomalisi ($Eu/Eu^*=0.55-0.82$) göstermektedir (Şekil 3.30). Element dağılımlarından oluşturulan diyagramının orta kısmındaki çukurluk ve hafif nadir toprak elementlere doğru yukarıya yönlü konkav yapı sunması, granitoyidik kayacın oluşumunda hornblend fraksiyonel kristalleşmenin etkin olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca örneklerin negatif Eu anomalisi göstermesi, kayaç oluşumu sırasında, plajiyoklas ayrışmasının etkin olduğu anlaşılmaktadır. Kayaç örneklerindeki ANTE değerlerinin yataya yakın bir dizilim sunması, ilksel mantoda granat mineralinin olmadığını işaret etmektedir.



Şekil 3. 30. Kopuz Granitoyidi örneklerinin kondirite (Boynton, 1984) göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramları

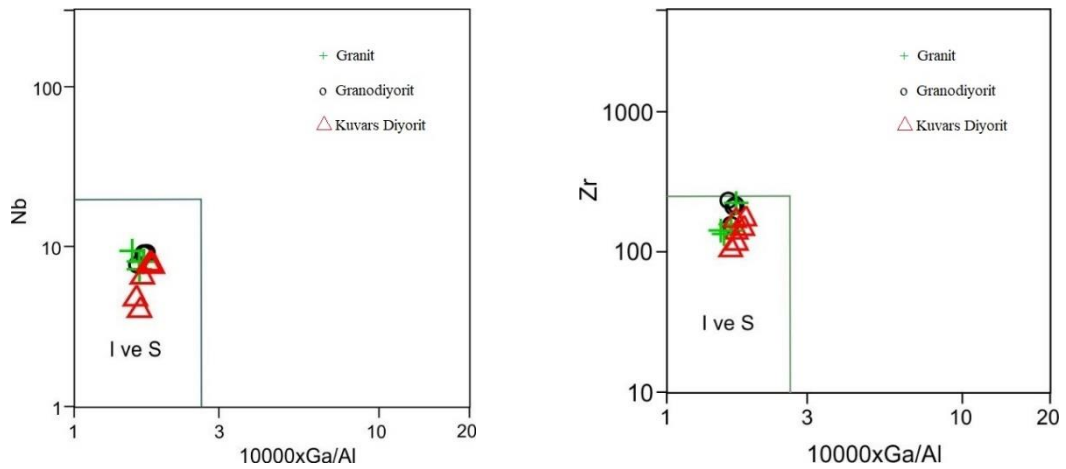
3.1.2.7.3. Tektonik Konum

Kopuz Granitoyidi, I-tipi, yüksek K'lu, kalk-alkali karakterli, HNTE (Rb, Ba ve K) bakımından zenginleşmiş ve ANTE (Nb ve Ti) bakımından ise fakirleşmişlerdir.

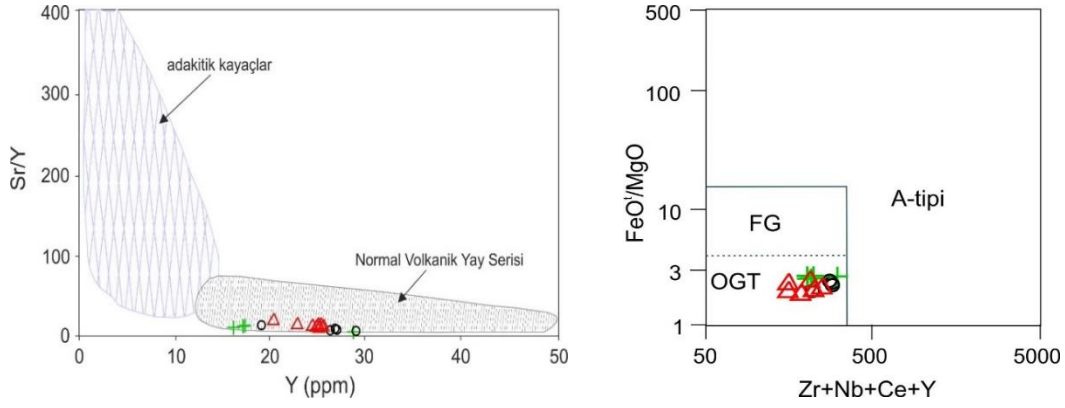
Granitoidin bu özellikleri genel olarak, yitim zonlarında yitimle ilişkili plütönizmada bulunur (Floyd ve Winchester, 1975; Rogers ve Hawkesworth, 1989; Sajona vd., 1996).

Kopuz Granitoidi'ne ait örnekler, Nb ve Zr elementleri ile $10000 \times \text{Ga}/\text{Al}$ karşı hazırlanan diyagramlarda, I ve S tipi bölgesine denk gelmektedir (Şekil 3.31a ve b). Örnekler, Sr/Y-Y diyagramında normal volkanik yay bölgesine düşmektedirler (Şekil 3.32a). SiO_2 'ye karşı molar A/CNK (ASI) diyagramında (Chappel ve White, 1974) örneklerin büyük çoğunluğu volkanik yayların tipik granitoidleri olan I tipi granitoidler alanında yer almaktadır (Şekil 3.28). Ayrıca, SiO_2 'ye karşı Pb diyagramındaki pozitif ve P_2O_5 diyagramındaki negatif ilişki I tipini granitoid tezini desteklemektedir (Şekil 3.27). Örnekler FeO^t/MgO 'e karşı $\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y}$ diyagramında, normal granit alanına denk gelmektedir (Şekil 3.32b). Granitoidlerin iz element bileşimlerini dikkate alan (Nb+Y)-Rb diyagramında (Pearce vd., 1984) tüm örnekler volkanik ark granitleri (VAG) bölgesine (Şekil 3.33a) ve Y-Nb diyagramında VAG+eş zamanlı çarpışma granitleri (syn-COLG) alanına düşmektedir (Şekil 3.33b). Volkanik yay granitlerini, çarpışmayla eş yaşlı granitlerden ayırtan diyagramlarda (Pearce vd., 1984), örnekler volkanik yay granitleri alanına denk gelmektedir (Şekil 3.32b).

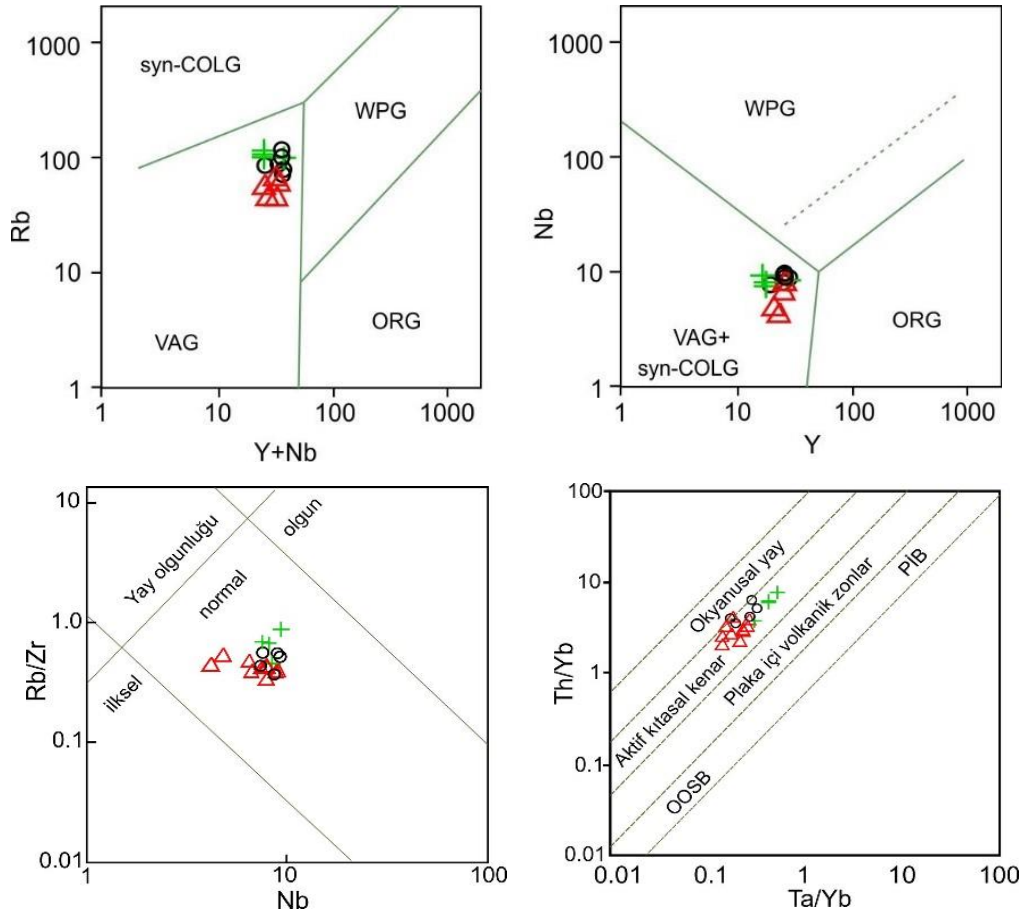
Kopuz Granitoidi yay olgunluğu açısından incelendiğinde, Nb'a karşı Rb/Zr diyagramında normal yay bölgesinde yığılım görülmektedir (Şekil 3.33c). Aynı örnekler Ta/Yb'a karşı Th/Yb diyagramında aktif kıtasal kenar bölgesinde yığılım göstermektedir (Şekil 3.33d).



Şekil 3. 31. Kopuz Granitoidi örneklerinin a) Nb'a karşı $10000 \times \text{Ga}/\text{Al}$ ve b) Zr'a karşı $10000 \times \text{Ga}/\text{Al}$ diyagramlarındaki (Whalen vd., 1987) konumları

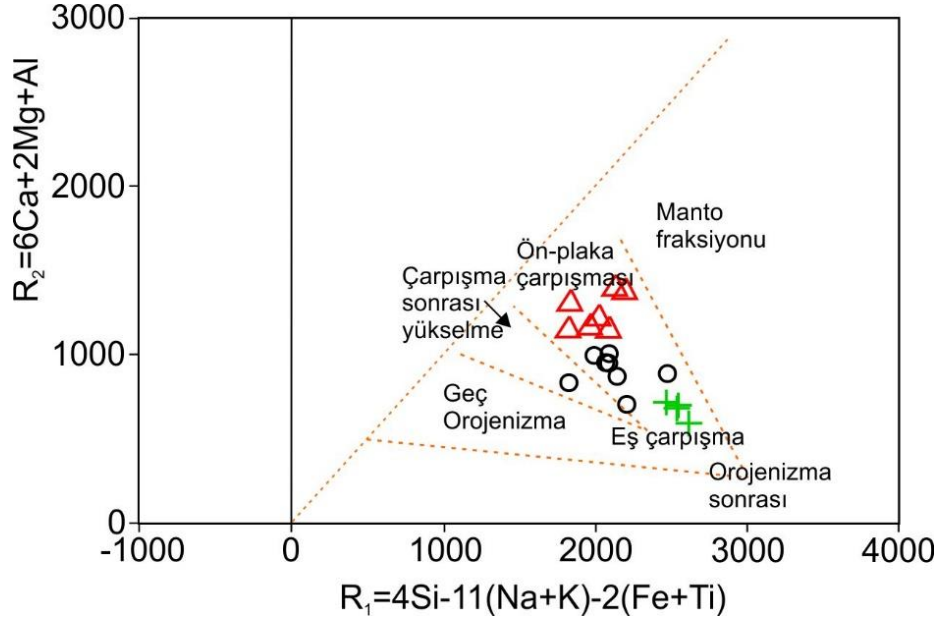


Şekil 3.32. Kopuz Granitoyidi örneklerinin a) Sr/Y 'a karşı Y , b) FeO^*/MgO 'a karşı $(Zr+Nb+Ce+Y)$ diyagramları. Simgeler Şekil 3.31'deki gibidir.



Şekil 3. 33. Kopuz Granitoyidi örneklerin, a) $(Y+Nb)$ 'a karşı Rb , b) Y 'a karşı Nb (Pearce vd., 1984), c) Nb 'a karşı Rb/Zr ve d) Ta/Yb 'a karşı Th/Yb diyagramlarındaki konumları. WPG: levha içi granitler, Syn-COLG: çarpışmayla eş zamanlı granitler, VAG: volkanik yay granitoidleri, ORG: okyanus ortası sırtı granitleri (Brown vd., 1984; Simgeler Şekil 3.31'deki gibidir).

R₁'e karşı R₂ diyagramı incelendiğinde örneklerin ön-plaka çarpışması ile eş zamanlı çarpışma alanı arasında bulundukları görülmektedir (Şekil 3.34).



Şekil 3. 34. Granitoyid örneklerinin R₁'e karşı R₂ diyagramındaki konumları (Batchelor ve Bowden, 1985; Simgeler Şekil 3.31'deki gibidir).

4. TARTIŞMA

4.1. Kopuz Granitoidi'nin Petrojenezi

Kopuz Granitoidine ait petrografik ve tüm kayaç kimyasal analizlerinden yola çıkılarak granitoidin ana magma türü ve gelişimi yorumlanmıştır.

Granitik magmanın, kökensel petrojenetik model açısından birçok araştırmacının (Grove ve Donnelly-Nolan, 1986; Köksal vd., 2013; Liu vd., 2014) çalışması bulunmaktadır.

Kopuz Granitoidi, yüksek K'lu kalk-alkali bir bileşime (Şekil 3.26) ve metalüminyum ($ASI < 1$) bir karaktere sahiptir (Şekil 3.25). Yüksek K'lu kalk-alkali granitoidlerin kökenlerini irdelemeye yönelik farklı araştırma ve modellemeler yapılsa da, bunların arasında iki tanesi, genel anlamda kabul görmektedir. Bu modeller,

1. Nispeten yüksek basınçta, bazik alt kıtasal kabuğa ait kayaçlarının kısmen ergimesi sonucu (Roberts ve Clemens, 1993),

2. Kabuk kökenli felsik magma ile manto kökenli mafik magmanın karışımı (kabuk ve manto kökenli kayaçların ergiyerek karışması) sonucu (Barbarin, 1999),

Kopuz Granitoidine ait kayaçlar zayıf NTE fraksiyonlaşması ($(La/Yb)_N = 5.90-21.31$) ile düşük Sr/Y oranları (6.67- 24.16) ve yüksek Y (13.7-30.1 ppm) ile Yb (1.48-3.29 ppm) içerikleri tespit edilmiştir. Granitoidik kayaçlar I-tipi özelliğinde, yüksek-K'lu ve oldukça düşük Ni (1.6-113.9 ppm) ile düşük $Mg^\#$ (22 ila 44) ve % 52.36-71.81 arasında değişim gösteren SiO_2 içeriği ile karakteristiktir. Granitoidik kayaçlarda, negatif Nb (Ta) anomalisi, pozitif Pb anomalisi, büyük iyon yarıçaplı (BİY) ve hafif nadir toprak (HNT) elementlerce zenginleşme belirlenmiştir. Nb, P ve Ti elementlerindeki negatif anomaliler, yitim ilişkili magmaların karakteristiğidir. Bunlar, genellikle yiten dilimin suyunu kaybetmesi sonucu açığa çıkan BIY elementlerin mantoya geçişi ve manto kaynağının nispeten zenginleşmesinin sonucudurlar (McCulloch ve Gamble, 1991). Bu veriler, Kopuz Granitoidi'ni oluşturan kayaçların bazik meta-magmatik alt kabuk kayaçlar (amfibolitik) ve litosferik manto bileşenlerinin kısmi ergimesi ile oluştuklarını belirtmektedir.

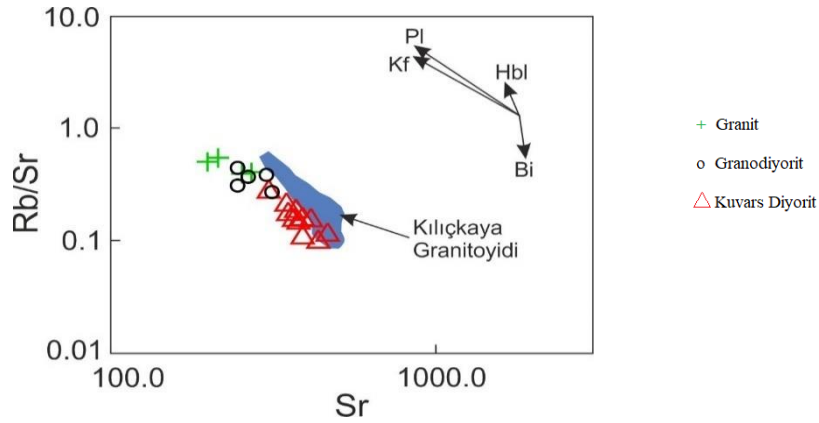
4.1.1. Fraksiyonel Kristallenme-Kirlenme

Magmanın farklılaşma süreçleri arasında en önemlisi fraksiyonel kristallenme olarak değerlendirilmektedir. Fraksiyonel kristallenme, magmada meydana gelen kristallenmenin/katılaşmanın, tek bir sıcaklıkta olmayıp, kristallenmenin belirli bir sıcaklık aralığından geliştiği görüşüne dayanır. Sıcaklığın düşmesi ile oluşan minerallerin kimyası, geriye kalan erikle reaksiyona girerek tekrar tekrar değişir. Aynı zamandan geriye kalan eriliğin de kimyası değişmiş olur.

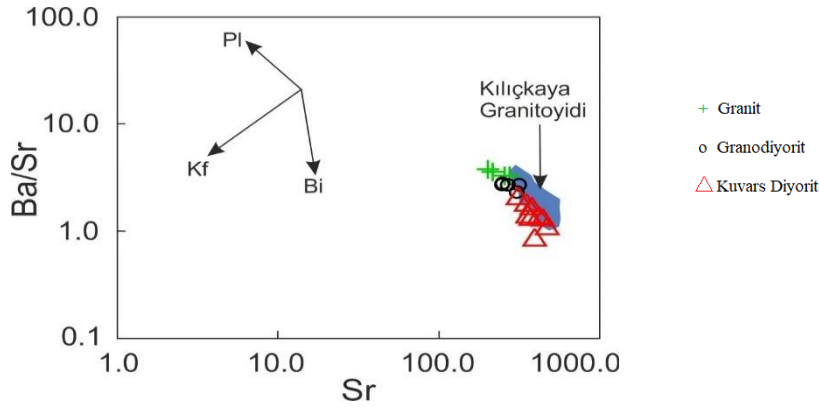
Kopuz Granitoyidi'ne ait örneklerin SiO_2 değerindeki artışla beraber kimi ana ve iz elementlerde pozitif ve negatif artışlar gözlenmiştir. Bu değişim, Kopuz Granitoyidi'ni oluşturarak kayaçların gelişme safhasında, fraksiyonel kristallenmenin etkin rolü olduğunu göstermektedir. Granitoyid örneklerinde gözlenen bazı kimyasal oran ve değişimler plajiyoklaslardaki ayrılmayı işaret etmektedir. Bunlar,

- Yüksek CaO ve Sr oranlarının yanı sıra, hafif negatif Sr ve Eu anomalileri,
- Rb/Sr'a karşı Sr ve Ba/Sr'a karşı Sr diyagramlarındaki yönelimleri (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2),
- SiO_2 'ye karşı Al_2O_3 , MgO, CaO, FeO^t değerlerindeki azalma ile K_2O ve Ba içeriklerinde artış, amfibol ve kalsik plajiyoklas varlığı (Şekil 3.27 ve Şekil 3.27).

SiO_2 artışla beraber K_2O ve Rb'deki artış, biyotit ve K-feldispat minerallerinin erken ayrışma ile oluşmadıklarını göstermektedir. SiO_2 artışına oranla P_2O_5 ve TiO_2 'daki azalma titanit ve apatit minerallerinin ayrılmışmasını göstermektedir. Y ve Zr değerleri arasındaki benzer orandaki artış, aksesuar minerallerinden zirkon ve titanit'in birikimini ifade etmektedir. Örneklerdeki orta ve ağır nadir toprak elementlerinde (NTE) net bir ayrılmışmanın olmayışı ve Sr/Y oranlarının düşük (6.9-22.7) olması, granatın kaynak magmada olmadığını işaret etmektedir (Şekil 3.32).



Şekil 4. 1. Granitoyidik kayaçların Sr'ye karşı Rb/Sr diyagramlarındaki dağılımı. Kılıçkaya Granitoyidi (Kaygusuz ve Öztürk, 2015).



Şekil 4. 2. Granitoyidik kayaçların Sr'ye karşı Ba/Sr diyagramındaki dağılımı. Kılıçkaya Granitoyidi (Kaygusuz ve Öztürk, 2015).

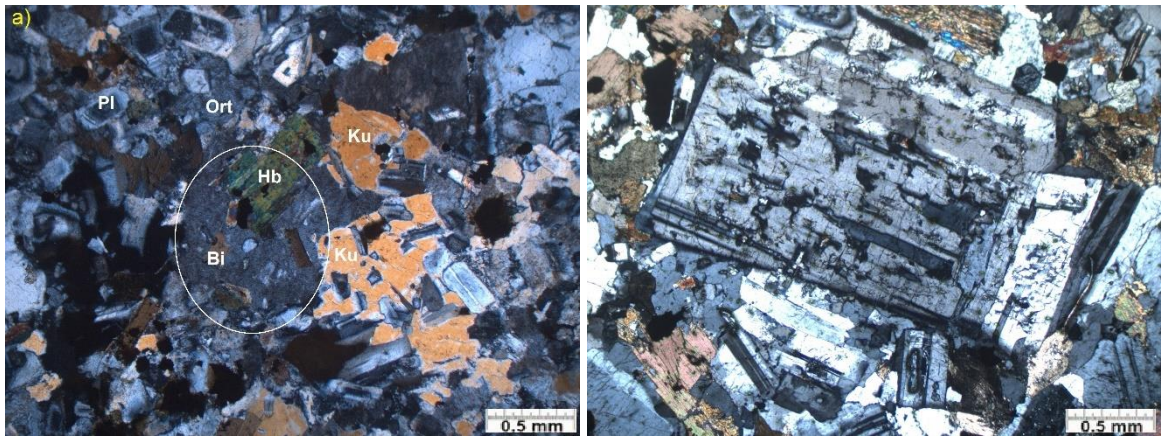
Kopuz Granitoyidi'nin oluşturarak kayaçlardaki belirgin pozitif Pb ve negatif Nb (Ta) değerleri göstermesi, yitim ve/veya kabuk kirlenmesini işaret etmektedir. Büyük iyon yarıçaplı (BİY) elementlere nazaran Nb ve diğer yüksek çekim alanlı (YÇA) elementlerdeki negatif yönlü değişimler, kabuk kirlenmesiyle ilintili olmasına karşın, yitim ilişkili magmaların karakteristik özelliklerini göstermektedir. Bu durumda, yitime uğrayan dilimdeki BİY elementlerin mantoya dahil olması ile manto kaynağında zenginleşme olur (McCulloch ve Gamble, 1991). Kabuk bileşenleri Pb (8 ppm) ve Th (3.5 ppm) elementlerince zengindir (Taylor ve McLennan, 1985). Kopuz Granitoyidi'ni oluşturan kayaçlardaki yüksek Th (4.4-18 ppm) ve Pb (1.5-30.6 ppm) değerleri, bu kayaçlarda da kabuksal bir kirlenmenin olduğu işaret etmektedir.

4.1.2. Magma Karışımı ve Kaynağı

Büyük tektonik ortamlar olan aktif kıta kenarlarında, kısmi ergime yoluyla ortama, yakın kaynaklardan farklı sıcaklıklarda ergimiş, farklı bileşimde magmalar dahil olur. Kimi araştırmacılar (e.g., Grove ve Donnelly-Nolan, 1986) I-tipi granitoidlerin genelde bazaltik bileşimli ana magma ile silisçe zengin olan kıtasal kabuktan ergiyerek magmaya katılan bileşenlerin etkileşimi ile oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu etkileşim, ya asimilasyonu takiben fraksiyonel kristallenme (AFC) yolu ile ya da magma karışımı (mixing) ile oluştuğu kabul edilmektedir.

Buna karşın, kimi araştırmacılar (Chappell ve White, 1992; Rapela ve Pankhurst, 1996) ise nispeten yüksek silis içeriğine sahip magmaların, kimi zaman alt kıtasal kabuktaki suyun ortamdan uzaklaşarak, kayaçların ergimesi ve fraksiyonel kristallenmeye sonucun oluştuğunu savunmaktadır.

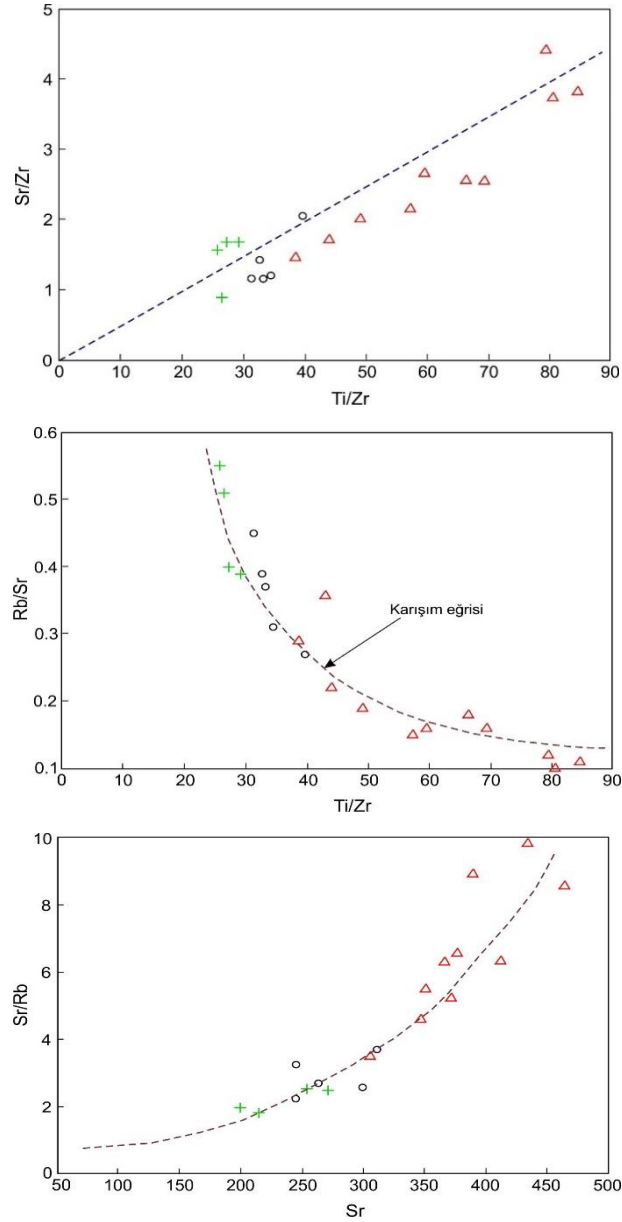
Kopuz Granitoyidi'ni oluşturan kayaçlarda mikroskobik ölçekte bazı dengesizlik dokularının (prizmatik-hücremsi plajiyoklas büyümesi, poikilitik dokulu K-feldispatlar vb) görülmesi, kayaçların gelişiminde farklı kimyasal bileşimdeki magmaların ortama dahil olarak, etkileşime girdiklerini işaret etmektedir (Şekil 4.3). Buna ilave olarak, kayaçlardaki mafik magmatik anklavların varlığı, kayaçların gelişimi esnasında magma karışım süreçlerinin geliştiğini işaret etmektedir.



Şekil 4. 3. Kopuz Granitoyidi'nde magma karışımını ifade eden dokular. a) Ortoklazda poikilitik doku (Örn. No: C10, +N). b) Elek dokulu plajiyoklas (Örn. No: C19, +N) (Ku: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Ort: Ortoklas, Hb: Hornblend, Bi: Biyotit)

Kayaçlardaki jeokimyasal olarak, SiO_2 ile bazı iz elementlerin arasındaki çizgisel ilgileşim, magma karışım olayını destekler niteliktedir (Perugini ve Poli, 2004).

Jeokimyasal diyagramlardan Sr/Zr ile Ti/Zr arasındaki çizgisel ilişime ilave olarak, Rb/Sr ile Ti/Zr ve Sr/Rb ile Sr diyagramındaki parabolik ilişim sunmaktadır. Bu jeokimyasal ilişkiler, iki farklı uç bileşenler arasındaki karışımı işaret etmektedir (Şekil 4.4).



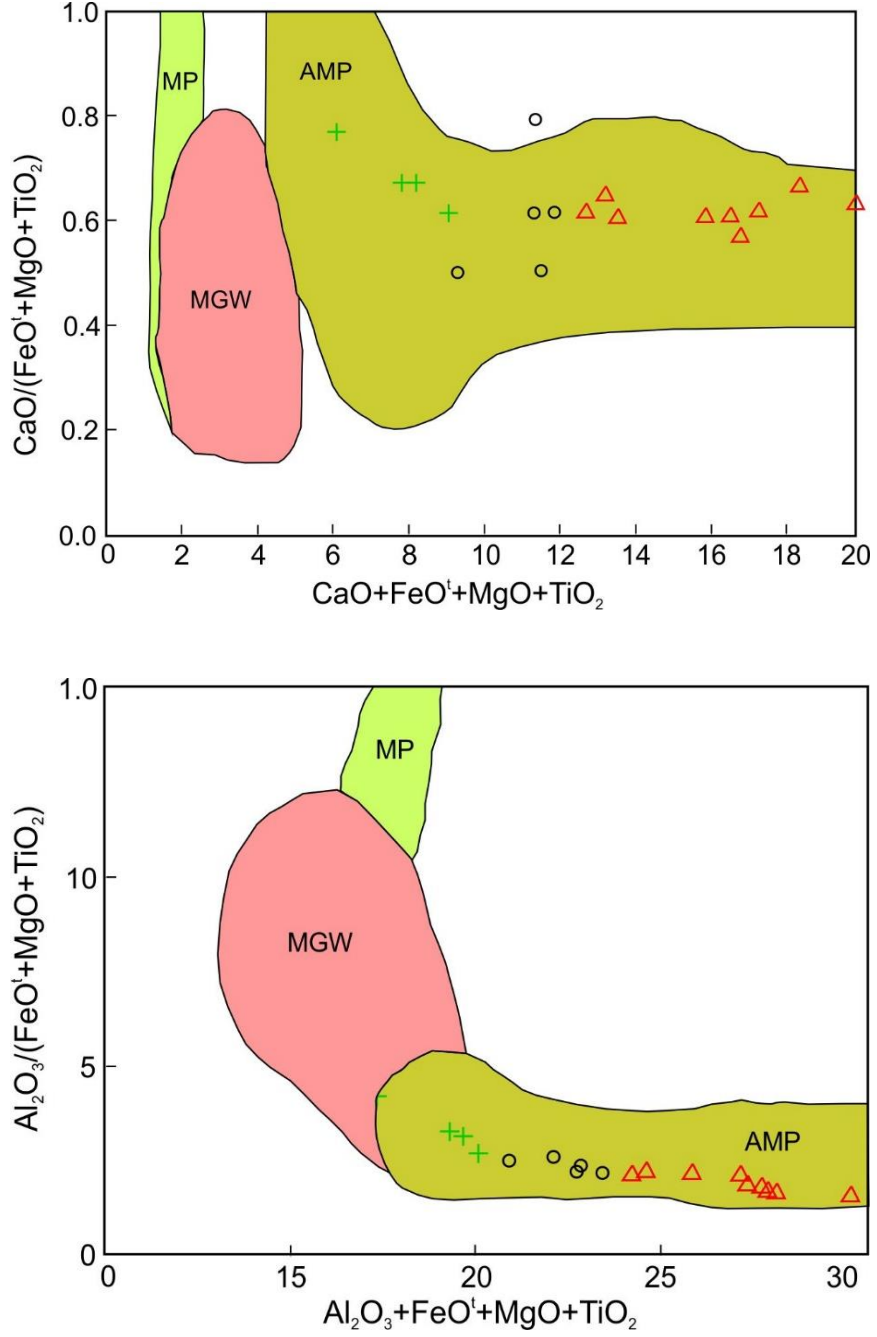
Şekil 4. 4. Granitoyid örneklerinin a) Sr/Zr-Ti/Zr, b) Rb/Sr-Ti/Zr ve c) Sr/Rb-Sr diyagramlarındaki dağılımları. Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir.

Kopuz Granitoyidi'nin I-tipi, yüksek-K kalk-alkali özelliğe sahip olması, granitoyidin kaynak magmasının, alt veya orta kabuktaki metamagmatik kayaçlardan oluştuğunu ya da yarı kıtasal litosferik mantodan oluştuğu şeklinde yorumlanabilir. Granitoyidler içindeki mafik magmatik anklavların varlığı, kayaçların oluşumunda eş yaşlı felsik ve bazik magmaların karıştığı şeklinde yorumlanmaktadır (Barbarin ve Didier, 1992).

Kopuz Granitoyidi'ni oluşturan kayaçlara ait örneklerin ilksel manto ve kondirite göre normalleştirilmiş diyagramlarda, Nb, P ve Ti'de oldukça belirgin bir negatif anomali göstermekte, buna karşın Rb, Th, K ve Pb'de ise pozitif anomaliler görülmektedir. BİY ve hafif NT elementlerde de zenginleşme belirgindir. Kabuk kökenli kayaçlarda, bu gibi değişimler genel olarak gözlenmektedir. Yüksek-K'lu ve I-tipi granitoyidler, kabuk içinde kalk-alkalen bazik ve ortaç bileşimli metamorfik kayacın sulu ortamda kısmi ergimesi ile meydana gelebilmektedir (Roberts ve Clemens, 1993). Bu özellikteki magmalar, fraksiyonel kristallenme (F.C) ve/veya kabuk kirlenmesi ile granitik bileşimde kayaçları oluşturabilirler. Metalüminyum bileşimli granitik ergime, bazik özellikteki alt kabuğun kısmi ergimesi sonucu meydana gelebilmektedir (Roberts ve Clemens, 1993).

Manto ($Y/Nb < 1.2$) ve kabuk ($Y/Nb > 1.2$) kökenli granitoyidler için Y/Nb oranları birbirlerinden farklıdır (Eby, 1992). Granitoyidlerin Y/Nb oranları, 1.73 ile 5.48 arasında değerlerdedir. Bu değerler her iki gruba dahil olduğundan hem manto hem de kabuk kökenli magmayı işaret etmektedir. Nb/Ta oranları kabuktan kaynaklanan magma için 11-12 arasında ve mantodan kaynaklanan magma için 17.5'dir (Green, 1995). Kopuz Granitoyidi'ne ait örneklerdeki Nb/Ta oranları 9.40-16.00 arasında değişmekte olup, hem manto hem de kabuktan türemiş magmaları desteklemektedir.

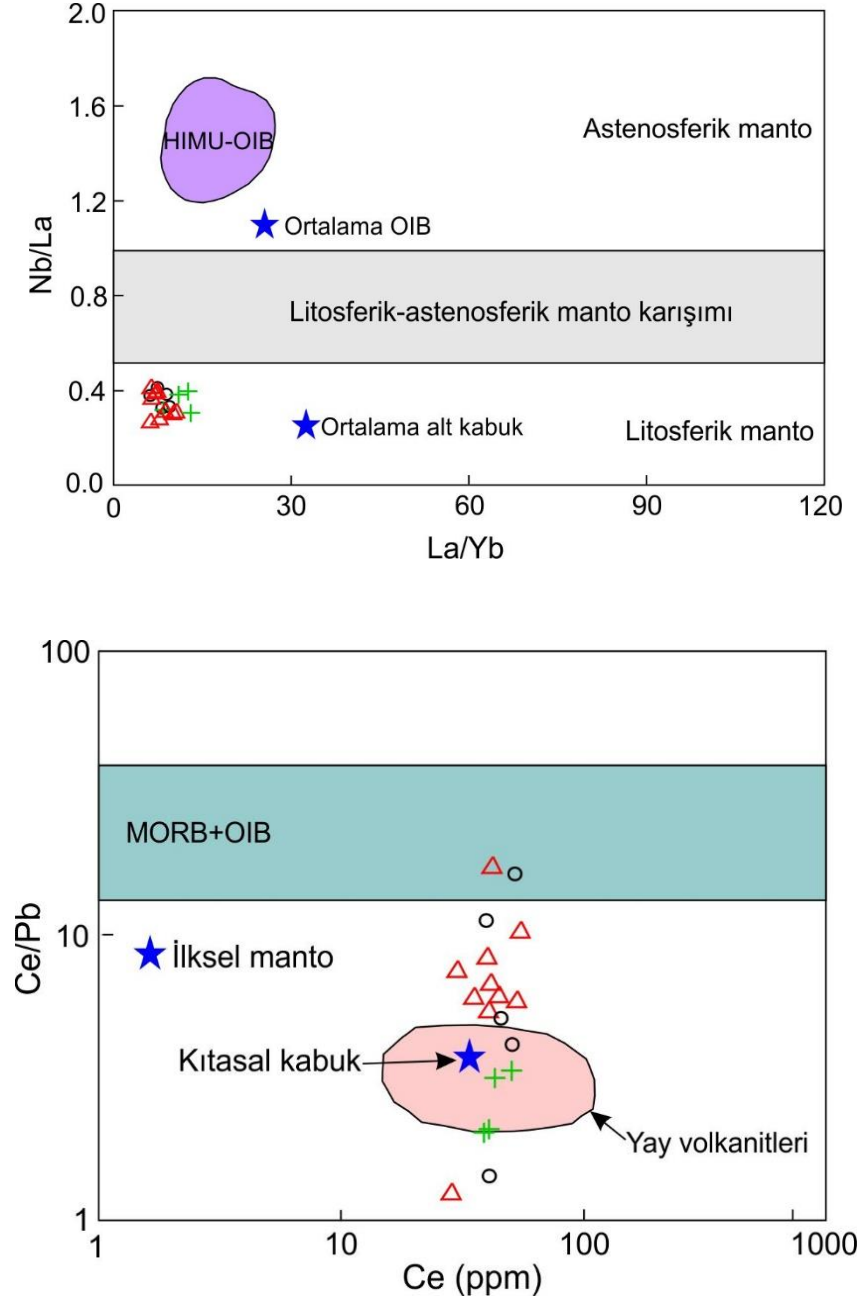
Granitoyidin en felsik olan granit örneğindeki yüksek silis (%71) ve düşük $Mg^{\#}$ (24) değerleri, kabuk kayaçlardan beslenen magmaları işaret etmektedir. Ayrıca, kayaçların en ilksel diyorit örneğinde düşük silis (% 52) ve düşük $Mg^{\#}$ (31) değerleri alınmıştır. Kayaçların kaynak magması, alt kabuktaki bazik kayaçların kısmi ergimesi sonucu oluşsaydı, granitoyidler daha düşük $Mg^{\#}$ değerine sahip olacaktı. Yüksek-K'lu kalk-alkalen granitoyid kayaçlarda yapılan çalışmalar, bunların farklı kabuk kayaçlarının kısmi ergimesi sonucu oluşabileceğini belirtmektedir (Roberts ve Clemens, 1993). Birbirinden farklı özellikteki kıtasal kabuk kayaçlarının, farklı ergime koşullarında kısmi ergime sonucu meydana gelen magmaların bileşimsel farklılıkları gözönünde bulundurulduğunda, amfibollerden kaynaklı ergime alanında yer almaktadırlar (Şekil 4.5).



Şekil 4. 5. Kopuz Granitoyidi örneklerinin kökensel ayırım (Patiño Dource, 1999) diyagramlarındaki konumları. MP: Metapelit, MGW: Metagrovak, AMP: Amfibolit. Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir.

Kopuz Granitoyidi'ne ait örnekler, Nb/La'ya karşı La/Yb diyagramında (Şekil 4.6a) litosferik manto alanında düşmekte ve ortalama alt kabuk değerlerine yakın alanda yer

almaktadır. Örneklerin, Ce/Pb'ye karşı Ce diyagramında (Şekil 4.6b) kıtasal kabuk alanına yakın düşmekte ve kısmen de MORB+OIB alanına geçiş göstermektedir.



Şekil 4. 6. Kopuz Granitoyidi örneklerinin, a) Nb/La'ya karşı La/Yb ve b) Ce/Pb'ye karşı Ce diyagramlarındaki konumları. İlksele manto değerleri Hofmann (1988), kıtasal kabuk, okyanus ortası sırtı bazaltları (MORB), okyanus adası bazaltları (OIB) ve yay volkanitleri değerleri Schmidberger ve Hegner (1999), Simgeler Şekil 4.1'deki gibidir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Torul (Gümüşhane) civarında yüzeyleme veren Kopuz Granitoyidi'nin mineralojik-petrografik özellikleri irdelenmiş, tüm kayaç jeokimyası ve kristallenme yaşları ilk kez ortaya konulmuştur. Elde edilen veriler, ana hatları ile aşağıdaki özetlenmiştir:

1. İnceleme alanında Üst Kretase yaşlı dasit, andezit, bazalt ve piroklastları ile tortul ara seviyelerden oluşan volkano-sedimanter kayaçlar ve bunları kesen Kopuz Granitoyidi olmak üzere iki ana birim haritalanmıştır. Sahada yaklaşık 8,7 km'lik uzun eksene sahip elipsoid görünümünde 15km²'lik bir alanda mostra veren Kopuz Granitoyidi, Orta Eosen (44.75±0.92 My) yaşlıdır.

2. Kopuz Granitoyidi kuvars diyorit, granodiyorit ve granit bileşimli kayaçlardan oluşmaktadır. Baskın olarak, plajiyoklas, kuvars, ortoklas, hornblend ve biyotit mineralleri yanı sıra zirkon ve apatit gibi tali minerallerinden oluşmaktadır. Kopuz Granitoyidi'nde, makroskobik olarak gözlenen mafik magmatik anklavlar (MMA) ve magma karışımını işaret eden dengesizlik dokuları gözlemlenmiştir.

3. Kopuz Granitoyidi, genel olarak I-tipi, yüksek K'lu ve kalk-alkali özelliğe sahip, metalüminyum karakterdedir. Kayaçların ana ve iz element değişimleri, bunların oluşumunda plajiyoklas, hornblend ve Fe-Ti oksit ayrışmasının önemli rol oynadığını göstermektedir. Kopuz Granitoyidi, volkanik yay granitoyidi karakterindedir.

4. Eosen yaşlı Kopuz Granitoyidi'ne ait kayaçların jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinden yola çıkılarak, bu kayaçların oluşumunda alt kıtasal kabuk kayaçlarının (amfibolitik) kısmı ergimesi ve litosferik manto bileşenlerinin etkin olduğu anlaşılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Akaryalı, E., 2016. Geochemical, fluid inclusion and isotopic (O, H and S) constraints on the origin of Pb–Zn ± Au vein-type mineralizations in the Eastern Pontides Orogenic Belt (NE Turkey), Ore Geology Reviews, 74, 1-14.
- Akaryalı, E. ve Akbulut, K., 2016. Constraints of C–O–S isotope compositions and the origin of the Ünlüpınar volcanic-hosted epithermal Pb–Zn ± Au deposit, Gümüşhane, NE Turkey, Journal of Asian Earth Science, 117, 119-134.
- Akın, H., 1978. Geologie, magmatismus and Lager-Staettenbidung im Ostpontischen Gebirge-Tukei ausder Sicht der Platten tektonic, Geologische Rundschau 68, 253-283.
- Aliyazıcıoğlu, İ., 1999. Kale (Gümüşhane) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 96 s.
- Arslan, M. ve Aslan, Z., 2006. Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of the Tertiary granitic intrusions in the Eastern Pontides, Turkey, Journal Asian Earth Sciences, 27, 177–193.
- Aslan, Z., Arslan, M. ve Şen, C., 1999. Doğu Pontidlerin Kuzey ve Güney Zonlarında Yüzeyleyen Eosen Yaşlı Granitik Sokulumların Karşılaştırılmalı. Yüksek Mühendislik Tezi, Jeolojik, Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, 223–230.
- Aydurmuş, T., 2018. Karadağ (Torul, Gümüşhane) Fe-Cu Skarn Cevherleşmesinin Petrografik ve Sıvı Kapanım Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, FBE, Gümüşhane.
- Barbarin, B., 1999. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments, Lithos, 46, 605–626.
- Barbarin, B. ve Didier, J., 1992. Genesis and evolution of mafic microgranular enclaves through various types of interaction between coexisting felsic and mafic magmas, Transition of the Royal Society Edinburgh Earth Science, 83, 145–153.
- Batchelor, R. A., ve Bowden, P., 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters, Chemical Geology, 48, 43-55.
- Bektaş, O., 1986. Paleostress Trajectories and Polyphase Rifting in Arc-Back Arc of Eastern Pontides, MTA Bulletin, 103-104, 1–15.

- Bektas, O., Çapkinoglu, S., 1997. Dogu Pontid Magmatik Arkında Neptüniyen Dayklar ve Blok Tektonigi, Mesozoyik Havzalarının Kinematigi ile ilgili bulgular, Geosound, 30, 451-461.
- Boynton, W.V., 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements; meteorite studies. In: Rare earth element geochemistry. Henderson, P. (Editor), Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam. 63-114.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R., Wagner, G. A. ve Yeğingil, Z., 2004. Slow Senonian and Fast Palaeocene-Early Eocene Uplift of Granitoids in the Central Eastern Pontides Turkey, Apatite Fission-Track Results, Tectonophysics 382 (3-4), 213–228.
- Boztuğ, D., Wagner, G.A., Erçin, A.İ., Göç, D., Yegingil, Z., İskenderoglu, A., Kuruçelik, M.K., Kömür, İ. ve Güngör, Y., 2002. Sphene and Zircon Fission-Track Geochronology Unravelling Subduction- and Collision-Related Magma Surges in the Composite Kaçkar Batholith, Eastern Black Sea Region, Turkey. 1st International Symposium of The Faculty of Mines (İTÜ) On Earth Sciences and Engineering, Istanbul, Turkey, Abstracts, P.121.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R., Wagner, G. A., Erçin, A. I. 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.
- Brown, G. C., Thorpe, R. S. ve Webb, P. C., 1984. The Geochemical Characteristics of Granitoids in Contrasting Arcs and Comments on Magma Sources, Journal Geology Societ, 141, 413-426.
- Chappell, B. W. ve White, A. J. R., 1974. Two Contrasting Granite Types, Pacific Geology, 8, 173–204.
- Chappell, B.W. ve White, A.J.R. 1992. I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt. Transition of the Royal Society Edinburgh, Earth Science, 83, 1–26.
- Çakmak, G., 2013. Pelitli (Bayburt) Granitoidi'nin Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, (Yayınlanmamış), 88s.
- Çiftçi, E., 2011. Sphalerite Associated With Pyrrhotite-Chalcopyrite Ore Occurring in the Kotana Fe-skarn Deposit (Giresun, NE Turkey), Exolutions or Replacement, Turk. J. Earth Sci., 20, 307–320.
- Çınar, S., Türk, O., Er, M., Güç, A.R., Musaoğlu, A., Özdemir, M. ve Kurtoğlu, T., 1982. Gümüşhane İli ve Güneybatı Yöresinin Jeolojisi ile Maden Zuhurlarına İlişkin Rapor, MTA Raporu, No: 1680.
- Çoğulu, E., (1970). Gümüşhane ve Rize Granitik Pülütönlüğünün Mukayeseli Petrojeolojik ve Jeokronometrik Etüdü. Doçentlik Tezi, İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.

- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar, İ.T.Ü. Yayın, 1034, İstanbul, 112 s.
- Demir, Y., Uysal, I., Sadıklar, M.B. ve Sipahi, F., 2008. Mineralogy, Mineral Chemistry, and Fluid Inclusion Investigation of Köstere Hydrothermal Vein-Type Deposit (Gümüşhane, NE-Turkey), Neues Jahrbuch für Mineralogie, 185, 215-232.
- Delaloye, M., Çoğulu, E. ve Chessex, R., 1972. Etude Geochronometrique des Massifs Cristallins de Rize et de Gümüşhane, Pontides Orientales (Turquie), C.R. des Seances, SPHN, Ceneve, NS, 7/2-3, 43-52.
- Delibaş, O., Moritz, R., Ulianov, A., Chiaradia, M., Revan, K.M., Göç, D. ve Saraç, C., 2016. Cretaceous subduction-related magmatism and associated porphyry-type Cu-Mo prospects in the Eastern Pontides, Turkey, New constraints from geochronology and geochemistry, Lithos, 248-251, 119-137. doi:10.1016/j.lithos.2016.01.020.
- 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, Gondwana Research, 19, 82, 926-944.
- Dokuz, A., Tanyolu, E. ve Genc, 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.
- Er, M. ve Serdar, A.M. 1992. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde 1967-1991 Yılları Arasında Yapılan Çalışmalar-Elde Edilen Sonuçlar ve Yeni Maden Arama Proje Önerileri, MTA Raporu.
- Eyüboğlu, 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, doi.org/10.1016/j.gr.2017.05.008.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Dudas, F.O., Chung, S.L. ve Akaryalı, E., 2011. Migrating Magmatism in A Continental Arc: Geodynamics of the Eastern Mediterranean Revisited, Journal of Geodynamics, 52, 2-15.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Yi, K., Tuysuz, N., Korkmaz, S., Akaryalı, E., Dudas, F.O. ve Bektas, O., 2014. The Eastern Black Sea-type volcanogenic massive sulfide deposits: Geochemistry, zircon U-Pb geochronology and an overview of the geodynamics of ore genesis, Ore Geology Reviews, 59, 29-54.
- Floyd, P.A. ve Winchester, J.A. 1975. Magma Type and Tectonic Setting Discrimination Using Immobile Elements, Earth and Planetary Science Letters, 27, 211-218.
- 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 Petrology, 42, 2033-2048.

- Gedik, A., Ercan, T., Korkmaz, S., ve Karataş, S., 1992. Rize-Fındıklı Çamlıhemşin Arasında (Doğu Karadeniz) Yer Alan Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Doğu Pontidlerdeki Bölgesel Yayılımları, Türkiye Jeoloji Bülteni, 35, 15–38.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S. ve Özsayar, T., 1979. The Main Lines of Geotectonic Development in the East Pontids in the Mesozoic era, Geocome-I, 555–580.
- 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., 1986. Donnelly-Nolan, J.M., 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.
- Güloğlu, Z.S., 2017. Aslandede (Bayburt) Granitoyidi ve içindeki Mafik Magmatik Anklavların Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi FBE, Gümüşhane.
- Güngör, Y., Boztuğ, D. ve Yılmaz, O., 1997. Kaçkar Batoliti Altıparmak Dağı- Soğanlı Dağı Arası (GD Çamlıhemşin-Rize) Kesiminin Petrografik, Jeokimyasal ve Petrojenetik İncelenmesi. Çukurova Üniversitesinde Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu, 30 Nisan - 3 Mayıs 1997, Adana, Bildiri Özetleri, s. 223–224.
- Güven, İ.H., 1993. Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250000 Ölçekli Kompilasyonu. MTA, Ankara.
- Hildreth, W. ve Moorbath, S., 1988. Crustal contributions to arc magmatism in the Andes of Central Chile, Contributions to Mineralogy and Petrology, 98, 455–489.
- Jica., 1985. The Republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Phase 1. Japan International Cooperation Agency Metal Mining Agency of Japan.
- Jica., 1986. The republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Consolidated Report: Japon International Cooperation Agency, Metal Mining Agency of Japan.
- Karslı, O., 1996. Zigana Granitoyidi'nin (Maçka-Trabzon) mineralojik ve jenetik açıdan incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 125s.
- Karslı, O., 2002. Granitoyid Kayaçalarda Magma Etkileşimleri için Petrografik, Mineralojik ve Kimyasal Bulgular: Dölek ve Sarıçiçek Plütonları. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 228s.
- Karslı, O., Chen, B., Aydın, F. ve Şen, C., 2007. Geochemical and Sr-Nd-Pb Isotopic Compositions of the Eocene Dölek and Sarıçiçek Plutons, Eastern Turkey:

Implications for Magma Interaction in the Genesis of High-K Calc-Alkaline Granitoids in a Postcollision Extensional Setting, Lithos 98, 67–96.

Karşlı, 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 of Asian Earth Sciences, 51, 45–62.

Karşlı, O., Uysal, İ., Ketenci, M., Dokuz, A., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2011. Adakite-like Granitoid Porphyries in Eastern Pontides, NE Turkey: Potential Parental Melts and Geodynamic Implications, Lithos, 127, 354–372.

Kaygusuz, A., 2000. Torul ve Çevresinde Yüzeyleyen Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 235 s.

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, 85.

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 Öztürk, M., 2014. Kılıçkaya (Bayburt) ve civarındaki granitik kayaçların petrografisi, jeokimyası ve petrolojisi, GÜ Araştırma Fonu (GÜ BAP) Proje No: 2013.F5114.02.1, Proje Sonuç Raporu.

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., Sipahi, F., İlbeyli, N., Arslan, M., Chen, B. ve Aydınçakır, A., 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. 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., İlbeyli, N., Sipahi, F. ve Aydınçakır, E., 2012b. Doğu Pontid Kuizey Zonu ve Petrokimyası, Sr-Nd-Pb-O İzotop Jeokimyası, Jeokronolojisi ve Jeodinamik Gelişimi, (Tübitak Projesi) Proje No: 109Y052.

- 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., Wolfgang, S., Sipahi, F. ve İlbeli, N., 2012a. Geochronological Evidence and Tectonic Significance of Carboniferous Magmatism in the Southwest Trabzon Area, Eastern Pontides, Turkey, International Geology Rew., 54, 15, 1776–1800.
- Kaygusuz, A., Chen, B., Aslan, Z., Siebel, W. ve Şen, C., 2009. U–Pb Zircon SHRIMP Ages, Geochemical and Sr–Nd Isotopic Compositions of the Early Cretaceous I-Type Sariosman Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 18, 549–581.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., İlbeli, 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), Neues Jahrbuch Für Mineralogie, 97, 739–764.
- Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji, İTÜ Kütüphanesi, İstanbul, 520s.
- Ketin, İ., 1966. Türkiye’nin Tektonik Birlikleri, MTA yay. Ankara No: 66, 20-34.
- Köksal, S., Toksoy-Köksal, Fatma, Goncuoglu, M. C., Moller, A., Gerdes, A., ve Frei, D., 2013. Crustal source of the Late Cretaceous Satansari monzonite stock (central Anatolia - Turkey) and its significance for the Alpine geodynamic evolution. Journal of Geodynamics, 65, 82-93.
- Köprübaşı, N., 1993. Tirebolu-Harşit (Giresun) Arası Jura-Kretase Yaşlı Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Jeokimyası, Türkiye Jeoloji Bülteni, 36, 139-150.
- Köprübaşı, N., Şen, C. ve Kaygusuz, A., 2000. Doğu Pontid Ada Yaylı Granitoidlerin Karşılaştırılmalı Petrografik ve Kimyasal Özellikleri, Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, 1, 111–120.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Wooley, A.R. ve Zanettin, B.A., 1989. Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms, Blackwell, Oxford, ss. 93.
- Liu, H., Li, Y., Mozhi, A., Zhang, L., Liu, Y., Xu, X., Xing, J., Liang, X., Ma, G., Yang, J. ve Zhang, X., 2014. SiRNA Phospholipid Conjugates for Gene and Drug Delivery in Cancer Treatment, Biomaterials, 35, 6519–6533.
- Ludwig K.R., 2008. User’s Manual for Isoplot 3.6: a Geochronological Toolkit for Microsoft Excel, Berkeley Geochronology Center Special Publication, 4, 77.

- Maniar P. D. ve Piccoli P. M., 1989. Tectonic Discrimination of Granitoids, Geological Society of America bullent, 101, 635-643.
- McCulloch, M.T. ve Gamble, J.A., 1991. Geochemical and geodynamical constraints on subduction zone magmatism, Earth and Planetary Science Letters, 102, 358-374.
- Middlemost, E.A.K., 1994. Naming Materials in the Magma/Igneous Rock System, Earth Sci. Rev., 37, 215-224.
- 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.
- Okay, A. İ., Şahintürk, Ö. ve Yakar, H., 1997. Pulur Bölgesinin Stratigrafisi ve Tektoniği (Bayburt, Doğu Pontitler), MTA Dergisi, 119, 1-22.
- Özdoğan, K., 1992. Karadağ (Torul-Gümüşhane) ve Yakın Çevresinin Jeolojisi-Mineralojisi-Petrografisi ve Maden Zuhurlarının Jenetik İncelenmesi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 172s.
- Özsayar , T., Pelin, S. ve Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler’de Kretase, KTÜ Yer Bilimleri Dergisi, cilt 1, 65-114.
- Paces J.B. ve Miller Jr.J.D., 1993. Precise U-Pb ages of Duluth Complex and related mafic intrusions, Northeastern Minnesota: geochronological insights to physical, petrogenic, paleomagnetic, and tectonomagmatic processes associated with the 1.1 Ga midcontinent rift system, Journal of Geophysical Research 98, 13997-14013.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. ve Tindle, A.G., 1984. Trace Element Discrimination Diagram for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks, J. Petrol., 25, 956-983.
- Perugini D. ve Poli G., 2004. Analysis and numerical simulation of chaotic advection and chemical diffusion during magma mixing: petrological implications, Lithos, 78, 1-2, 43-66.
- Rapela, C.W. ve Pankhurst, R.J., 1996. Monzonite suites: the innermost Cordilleran plutonism of Patagonia. Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences, 87, 193-203.
- Roberts, M.P. ve Clemens, J.D., 1993. Origin of High-Potassium, Calcalkaline, I-Type Granitoids, Geology, 21, 825-828.
- Rogers, G. ve Hawkesworth, C.J., 1989. A geochemical traverse across the North Chilean Andes: evidence for crust generation from the mantle wedge, Earth Planet. Sci. Lett. 91, 271-275

- Sajona, F.G., Maury, R., Bellon, H., Cotten, J. ve Defant, M.J., 1996. High field strength element enrichment of Pliocene–Pleistocene island arc basalts, Zamboanga Peninsula, western Mindanao (Philippines), Journal of Petrology, 37, 693–726.
- Schmidberger, S.S. ve Hegner, E., 1999. Geochemistry and Isotope Ststematics 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.
- Schultze-Westrum, H. H., 1961. Kuzeydoğu Anadolu da Doğu Pontus Mineral Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Yatakları ile İlgili Mütalaalar, MTA Dergisi, 57, 63-71.
- Sipahi, F., 2005, Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaların Mineraloji ve Jeokimyası. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Sipahi, F., 2011. Formation of Skarns at Gümüşhane (Northeastern Turkey), Neues Jahrbuch für Mineralogy-Abhandlungen, 188, 2, 169-190.
- Sipahi, F., 2019. Nature of the Tourmaline in Q-Porphyry from Eastern Pontide (NE Turkey): An U-Pb zircon Age, Geochemistry and Isotopic Approach. Periodico di Mineralogia, 88, Doi: 10.2451/2019PM859.
- Sipahi, F. ve Sadıklar M.B., 2010. Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Alterasyon Mineralojisi ve Kütle Değişimi, Türkiye Jeoloji Bülteni, cilt.53, 97-128.
- 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., Sadıklar, M.B. ve Şen, C., 2014. The Geochemical and Sr-Nd isotopic Characteristics of Murgul (Artvin) Volcanics in the Eastern Black Sea Region (NE Turkey), Chemie der Erde/Geochemistry, 74, 331-342.
- Sipahi, F., 2017. Kalınçam (Tonya, Trabzon, KD Türkiye) Yöresi Geç Kretase Yaşlı Volkanitlerin Jeokimyası ve Petrojenezi, GÜFBED/GUSTIJ, 7, 2, 102–127.
- Sipahi, F., Akpınar, I., Eker, ÇS., Kaygusuz, A., Vural, A. ve Yılmaz, M., 2017. Formation of the Egrikar (Gumushane) 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, Part A, 182, 32-52.
- Sipahi, F., Kaygusuz, A., Saydam Eker, Ç., Vural, A. ve Akpınar, İ., 2018a. Late Cretaceous arc igneous activity the Eğrikar Monzogranite example, International Geology Review, 60, 3, 382–400.
- Sipahi, F., Eker, ÇS., Kaygusuz, A. ve Vural, A., 2018b. Granitoyidlere (Gümüşhane, KD Türkiye) Bağlı Gelişen Skarn Cevherleşmelerinin Jeolojisi, Jeokimyası ve Jeokronolojisinin Araştırılması. Tübitak 1001 Ar-Ge Projesi, No: 114Y099, 359.

- Stacey, J.S. ve Kramers, J.D., 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model, Earth and Planetary Science Letters, 26, 207-221.
- 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, Magmatism in the Ocean Basins, eds: Saunders A.D., Nory M.J., 42, Geol. Soc. London. Spec. Pub., 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.
- Şengör, A.M.C., ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Taner, M.R., 1977. Etüde Géologique et Petrographique de la Région de Güney Dere - İkiz Dere, Située Au Sud de Rize (Pontides Orientales, Turquie), Doktora Tezi, Cenevre Univ., İsviçre, 130 s.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1985. The Continental Crust: Its Composition and Evolution, Oxford, Blackwell Pub, pp:312.
- Türk-Japon Ekibi, 1985. The Republic of Turkey Report on The Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Phase 1, 72 s.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Arca, NE Turkey ph. D. Thesis University London.
- Topuz, G., Alther, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satır, M. ve Dokuz, A., 2005. Postcollisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycık granodiorite (eastern Pontides, Turkey), Contributions to Mineralogy and Petrology 150, 441- 455.
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W. H., Zack, T., Hasözbeke, A., Barth, M., 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., Eyüboğlu, Y. ve Dokuz, A., 2002. Petrology and Age of the Saraycık Granodiorite, Pulur Massif, Eastern Pontides, NE Turkey: Preliminary Results, 1st International Symposium of Istanbul Technical University the Faculty of Mines on Earth Sciences and Engineering, İstanbul- Turkey, 120.
- Whalen, J.B., Currie, K.L. ve Chappell, B.W., 1987. A-Type Granites, Chemical Characteristics, Discrimination and Petrogenesis, Cont. Min. Pet., 95, 407-419.

- Williams I.S. ve Hergt J.M., 2000. U-Pb dating of Tasmanian dolerites: a cautionary tale of SHRIMP analysis of high-U zircon. In: Beyond 2000: New Frontier, In: Woodhead J.D., Hergt J.M. and Noble W.P. (Ed.), Isotope Geoscience.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements, Chemical Geology, 20, 325-343.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono-Sedimentolojik Kayıtları ve Kontrol Etmenleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 45, Sayı 1.
- Yılmaz, M., 2016. Eğrikar (Torul, Gümüşhane) Fe-Cu Skarn Cevherleşmesinin Petrografik ve Jeokimyasal Açidan İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, 99 s.
- 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., 1972. Petrology and Structure of the Gümüşhane Granite and Surrounding Rocks, North-Eastern Anatolia. Doktora Tezi, London University, 260 s.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C. ve Şengör, A.M.C., 1997. Geology and Tectonic Evolution of the Pontides. in A. G. Robinson, Ed., Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region: AAPG Memoir, 68, 183–226.

7. EKLER

Ek Tablo 1. C1 nolu Granodiyorit örneğinin U-Pb (zirkon) SHRIMP yaş analizi sonuçları

Analiz No	²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±%	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±%	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±%	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±%	7-corr ²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb	% ²⁰⁶ Pb _c	ppm U	ppm Th	7-corr ppm ²⁰⁶ Pb*	7-corr ppm ²⁰⁸ Pb*	²³² Th/ ²³⁸ U	±%	(1) ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U Age	(2) ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U Age	(3) ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U Age
C1_1.1	8.1E-4	71	0.0585	6.5	0.348	5.4	0.0161	2.1	7.9E-4	1.47	165	168	0.95	0.31	1.05	0.29	43.2 ±1	43.3 ±1	43.6 ±2
C1_2.1	1.0E-3	100	0.0446	12.5	0.276	9.9	0.0167	3.5	-1.5E-4	--	64	49	0.37	0.10	0.79	0.81	41.9 ±2	42.8 ±2	42.1 ±3
C1_3.1	1.6E-3	41	0.0530	4.0	0.444	2.9	0.0147	3.0	4.2E-4	0.78	274	353	1.62	0.70	1.33	0.22	43.1 0.9	44.2 0.8	44.0 ±1
C1_4.1	-2.0E-3	58	0.0414	7.7	0.249	5.9	0.0163	4.9	-3.7E-4	--	96	70	0.58	0.15	0.75	0.41	46.4 ±2	45.0 ±2	44.5 ±2
C1_5.1	2.5E-3	45	0.0509	5.6	0.235	5.2	0.0149	2.8	2.7E-4	0.50	152	108	0.91	0.21	0.73	0.35	42.8 ±1	44.7 ±1	44.8 ±1
C1_6.1	-7.9E-4	71	0.0476	5.2	0.319	4.0	0.0143	1.5	4.2E-5	0.08	207	190	1.26	0.41	0.95	0.29	46.4 0.9	45.7 0.8	45.3 1.0
C1_7.1	-1.3E-3	58	0.0450	5.6	0.320	4.3	0.0148	3.9	-1.3E-4	--	177	165	1.09	0.36	0.96	0.31	47.0 ±2	46.0 ±2	45.5 ±2
C1_8.1	8.8E-4	100	0.0454	8.4	0.287	6.3	0.0136	2.3	-1.0E-4	--	94	89	0.55	0.16	0.98	0.41	43.4 ±2	44.2 ±2	44.8 ±2
C1_9.1	-1.5E-3	71	0.0518	6.7	0.345	5.3	0.0124	2.1	3.3E-4	0.62	121	120	0.71	0.24	1.02	0.36	45.1 ±1	43.7 0.9	43.4 ±1
C1_9.2	4.1E-2	23	0.1116	8.7	0.371	9.1	0.0110	4.1	4.4E-3	8.16	75	43	0.48	0.11	0.59	0.76	12.5 ±9	48.0 ±2	47.2 ±2
C1_14.1	2.5E-1	17	0.1433	10.0	0.317	15.1	0.0079	13.1	6.5E-3	12.08	1074	229	10.78	0.83	0.22	6.75	-325 ±74	74.9 ±4	74.7 ±4

Hatalar 1 σ cinsinden verilmiştir; Pb_c ve Pb* sırasıyla ortak ve radyojenik kısımları gösterir. Standart kalibrasyonda hata% 0.18'dir. (1) Ölçülen ^{204}Pb kullanılarak düzeltilen ortak Pb. (2) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ yaş uyumu varsayılarak düzeltilen ortak Pb. (3) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ yaş uyumu varsayılarak düzeltilen ortak Pb.

Ek Tablo 1.'in devamı

Analiz No	(1) ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb Age		(1) ²⁰⁸ Pb/ ²³² Th Age		(2) ²⁰⁸ Pb/ ²³² Th Age		(3) ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb Age		% Discordant	7corr ²⁰⁸ Pb* / ²³² Th		Toplam ²³⁸ U / ²⁰⁶ Pb		Toplam ²⁰⁷ Pb / ²⁰⁶ Pb		(1) ²³⁸ U / ²⁰⁶ Pb		(1) ²⁰⁷ Pb* / ²⁰⁶ Pb*		(1) ²⁰⁷ Pb* / ²³⁵ U	
										±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%		
C1_1.1	28.1	±483	41.6	±4	41.7	±3	304	±443	-54	0.00206	7.0	146	3.0	0.0585	6.5	149	3.2	0.047	20	0.043	20
C1_2.1			40.4	±8	48.2	±6	-876	±816		0.00239	12.3	151	5.0	0.0446	12.5	153	5.4	0.029	58	0.026	58
C1_3.1			40.0	±3	45.0	±2	-158	±670		0.00223	3.7	144	1.7	0.0530	4.0	149	2.2	0.028	38	0.026	38
C1_4.1	948	±480	61.4	±10	49.3	±4	-562	±360	+95	0.00244	8.2	144	4.7	0.0414	7.7	138	5.2	0.071	23	0.070	24
C1_5.1			26.9	±8	43.2	±3	204	±184		0.00214	6.7	143	2.7	0.0509	5.6	150	3.4	0.013	142	0.012	142
C1_6.1	566	±307	52.9	±4	48.0	±2	-351	±375	+92	0.00238	4.8	140	1.7	0.0476	5.2	138	1.9	0.059	14	0.059	14
C1_7.1	747	±365	55.8	±5	48.8	±3	-451	±426	+94	0.00242	5.8	140	3.3	0.0450	5.6	137	3.6	0.064	17	0.065	18
C1_8.1	-950	±1277	35.6	±6	40.9	±3	503	±326	+105	0.00203	8.5	146	4.5	0.0454	8.4	148	4.8	0.032	44	0.030	44
C1_9.1	1001	±411	54.3	±6	45.0	±3	-200	±554	+96	0.00223	6.3	146	2.1	0.0518	6.7	142	2.8	0.073	20	0.070	20
C1_9.2	6328	±1248	-337	-108.05	56.0	±10	-829	±989	+100	0.00277	17.2	123	2.9	0.1116	8.7	515	73.9	2.207	92	0.591	118
C1_14.1	5278	±57	-16924	-6542	81.9	±62	-61	±841	+104	0.00406	75.9	75	4.4	0.1433	10.0	-20	22.4	1.029	4	-6.971	23

Hatalar 1 σ cinsinden verilmiştir; Pb_c ve Pb* sırasıyla ortak ve radyojenik kısımları gösterir. Standart kalibrasyonda hata% 0.18'dir. (1) Ölçülen ^{204}Pb kullanılarak düzeltilen ortak Pb. (2) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ yaş uyumu varsayılarak düzeltilen ortak Pb. (3) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ yaş uyumu varsayılarak düzeltilen ortak Pb.

Ek Tablo 1.'in devamı

Analiz No	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±%	err corr	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb*	±%	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb*	±%	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±%	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±%	err. corr.
C1_1.1	0.00673	3.2	0.2	147	3.8	0.0524	19	0.049	21	0.00678	3.8	0.46
C1_2.1	0.00652	5.4	0.1	153	6.1	0.0330	28	0.030	30	0.00655	6.1	0.38
C1_3.1	0.00671	2.2	0.1	146	2.4	0.0432	27	0.041	28	0.00684	2.4	0.49
C1_4.1	0.00723	5.2	0.2	144	5.5	0.0369	13	0.035	14	0.00692	5.5	0.37
C1_5.1	0.00666	3.4	0.0	143	3.1	0.0502	8	0.048	9	0.00698	3.1	0.41
C1_6.1	0.00723	1.9	0.1	142	2.1	0.0400	15	0.039	15	0.00706	2.1	0.47
C1_7.1	0.00732	3.6	0.2	141	4.0	0.0385	16	0.038	17	0.00709	4.0	0.38
C1_8.1	0.00675	4.8	0.1	143	5.4	0.0573	15	0.055	16	0.00697	5.4	0.45
C1_9.1	0.00703	2.8	0.1	148	2.8	0.0424	22	0.040	23	0.00676	2.8	0.50
C1_9.2	0.00194	73.9	0.6	136	4.1	0.0335	35	0.034	37	0.00735	4.1	0.51
C1_14.1	-0.04913	22.4	1.0	86	6.0	0.0449	34	0.072	37	0.01165	6.0	0.49

Hatalar 1σ cinsinden verilmiştir; Pb_c ve Pb* sırasıyla ortak ve radyojenik kısımları gösterir. Standart kalibrasyonda hata% 0.18'dir. (1) Ölçülen ²⁰⁴Pb kullanılarak düzeltilen ortak Pb. (2) ²⁰⁶Pb / ²³⁸U-²⁰⁷Pb / ²³⁵U yaş uyumu varsayılarak düzeltilen ortak Pb. (3) ²⁰⁶Pb / ²³⁸U-²⁰⁸Pb / ²³²Th yaş uyumu varsayılarak düzeltilen ortak Pb.

Ek Tablo 2. C4 nolu Granodiyorit örneğinin U-Pb (zirkon) SHRIMP yaş analizi sonuçları

Analiz No	$^{204}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$	$\pm\%$	$^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$	$\pm\%$	$^{208}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$	$\pm\%$	$^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$	$\pm\%$	7-corr $^{204}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$	% $^{206}\text{Pb}_c$	ppm U	ppm Th	7-corr ppm $^{206}\text{Pb}^*$	7-corr ppm $^{208}\text{Pb}^*$	$^{232}\text{Th} / ^{238}\text{U}$	$\pm\%$	(1) $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ Age	(2) $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ Age
C4_1.1	---	---	0.0474	5.8	0.378	4.2	0.0148	3.5	3.5E-5	0.07	157	172	0.91	0.35	1.13	0.30	43.6 ± 1	43.5 ± 1
C4_2.1	2.5E-3	50	0.0480	6.3	0.268	9.6	0.0147	1.9	7.1E-5	0.13	118	99	0.73	0.20	0.87	0.37	44.2 ± 1	46.2 ± 0.5
C4_4.1	3.3E-3	45	0.0480	6.7	0.360	5.1	0.0153	3.8	7.4E-5	0.14	109	115	0.65	0.24	1.09	0.36	42.0 ± 2	44.8 ± 2
C4_4.2	3.3E-3	45	0.0471	6.9	0.278	5.6	0.0149	4.0	1.2E-5	0.02	111	87	0.63	0.18	0.81	0.38	40.1 ± 2	42.7 ± 1
C4_5.1	2.8E-3	50	0.0468	7.1	0.257	6.0	0.0155	2.1	-9.9E-6	--	99	75	0.60	0.16	0.79	0.41	43.2 ± 1	45.6 ± 0.5
C4_6.1	-1.3E-3	71	0.0471	7.1	0.358	5.6	0.0158	2.0	1.2E-5	0.02	104	108	0.60	0.22	1.07	0.66	44.6 ± 1	43.5 ± 1
C4_7.1	---	---	0.0460	5.2	0.342	3.8	0.0147	1.5	-6.4E-5	--	194	181	1.18	0.41	0.97	0.28	45.6 ± 0.4	45.7 ± 0.4
C4_8.1	1.4E-3	50	0.0422	5.0	0.383	3.5	0.0154	1.4	-3.2E-4	--	205	252	1.23	0.49	1.27	0.25	43.4 ± 1	44.8 ± 1
C4_9.1	2.9E-3	41	0.0515	5.5	0.400	4.1	0.0132	3.2	3.1E-4	0.59	179	203	1.05	0.41	1.17	0.29	41.7 ± 1	43.9 ± 0.9
C4_9.2	-2.3E-3	58	0.0454	7.7	0.250	6.5	0.0142	2.1	-9.8E-5	--	100	69	0.59	0.15	0.72	0.85	45.7 ± 1	43.9 ± 0.8
C4_10.1	----	---	0.0554	4.9	0.259	4.5	0.0161	3.9	5.8E-4	1.08	158	125	0.92	0.22	0.82	0.62	44.3 ± 0.8	43.9 ± 0.8
C4_11.1	7.9E-4	100	0.0505	7.1	0.278	6.1	0.0139	4.1	2.4E-4	0.45	100	73	0.58	0.16	0.76	0.42	43.2 ± 1	43.7 ± 1
C4_12.1	6.6E-3	30	0.0511	10.0	0.293	5.2	0.0153	1.9	2.8E-4	0.52	123	105	0.73	0.21	0.89	0.36	39.0 ± 2	44.2 ± 2
C4_13.1	-1.0E-3	100	0.0490	8.7	0.367	6.3	0.0143	2.5	1.5E-4	0.28	74	70	0.38	0.14	0.98	1.60	39.8 ± 0.9	39.0 ± 0.5
C4_14.1	-2.1E-3	45	0.0458	5.4	0.385	3.8	0.0148	3.2	-7.5E-5	--	179	188	1.03	0.40	1.09	0.28	44.7 ± 1	43.1 ± 1
C4_15.1	---	---	0.0402	9.0	0.297	6.5	0.0138	2.4	-4.6E-4	--	87	70	0.54	0.17	0.84	1.21	45.9 ± 0.8	46.3 ± 0.8
C4_16.1	3.7E-3	35	0.0493	5.4	0.299	4.5	0.0143	3.8	1.6E-4	0.31	168	149	0.97	0.29	0.91	0.67	40.3 ± 1	43.2 ± 1
C4_17.1	-1.3E-3	71	0.0496	6.7	0.263	5.6	0.0157	2.0	1.9E-4	0.35	113	81	0.66	0.17	0.74	0.40	45.1 ± 2	43.9 ± 1

Hatalar 1σ cinsinden verilmiştir; Pb_c ve Pb* sırasıyla ortak ve radyojenik kısımları gösterir. Standart kalibrasyonda hata% 0.18'dir. (1) Ölçülen ^{204}Pb kullanılarak düzeltilen ortak Pb. (2) $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb} / ^{235}\text{U}$ yaş uyumu varsayılarak düzeltilen ortak Pb. (3) $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ - $^{208}\text{Pb} / ^{232}\text{Th}$ yaş uyumu varsayılarak düzeltilen ortak Pb.

Ek Tablo 2.'in devamı

Analiz No	(3) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ Age		(1) $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Age		(1) $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ Age		(2) $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ Age		(3) $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Age		% Discor dant	7corr $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ ±%		Toplam $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ ±%		Toplam $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ±%		(1) $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$ ±%	
C4_1.1	43.1	±2	70.0	±138	45.9	±2	45.7	±3	-454	±677	+38	0.00226	5.6	147	3.2	0.0474	5.8	147	3.2
C4_2.1	46.5	0.8			29.0	±8	44.5	±4	257	±391		0.00221	10.1	139	1.0	0.0480	6.3	145	2.6
C4_4.1	44.5	±3			29.9	±8	46.2	±3	-247	±641		0.00229	7.2	143	4.5	0.0480	6.7	153	5.4
C4_4.2	42.2	±2			25.2	±10	46.2	±3	-517	±396		0.00229	7.3	150	3.4	0.0471	6.9	160	4.5
C4_5.1	45.4	0.7			27.2	±10	47.0	±3	-138	±293		0.00233	6.9	141	1.1	0.0468	7.1	149	3.0
C4_6.1	43.1	±1	814	±430	52.0	±6	45.4	±3	-368	±740	+95	0.00225	6.6	148	2.4	0.0471	7.1	144	2.9
C4_7.1	44.8	0.6	-3	±125	50.8	±2	51.1	±2	-1144	±632	+1476	0.00253	4.3	141	0.9	0.0460	5.2	141	0.9
C4_8.1	45.0	±1			36.4	±3	43.5	±2	287	±455		0.00216	4.5	144	2.5	0.0422	5.0	148	2.8
C4_9.1	43.4	±1			34.2	±6	46.0	±2	-454	±761		0.00228	5.0	146	2.1	0.0515	5.5	154	3.1
C4_9.2	43.3	1.0	1162	±470	65.4	±11	48.8	±4	-640	±381	+96	0.00242	7.7	147	1.8	0.0454	7.7	140	3.0
C4_10.1	44.4	0.9	429	±109	44.1	±2	40.3	±2	451	±170	+90	0.00200	5.8	145	1.7	0.0554	4.9	145	1.7
C4_11.1	43.0	±2	-435	±845	45.0	±6	48.8	±4	-761	±462	+110	0.00242	7.7	146	3.0	0.0505	7.1	149	3.4
C4_12.1	44.1	±2	603	±238	6.0	±12	44.5	±4	3.0	±386	+94	0.00220	7.9	145	3.5	0.0511	10.0	165	5.5
C4_13.1	37.9	0.8	739	±504	50.7	±6	45.0	±3			+95	0.00223	7.3	164	1.2	0.0490	8.7	161	2.2
C4_14.1	42.1	±1	1082	±346	57.8	±5	48.2	±2			+96	0.00239	4.9	149	2.6	0.0458	5.4	144	3.1
C4_15.1	45.2	±1	-337	±231	51.3	±4	54.3	±4			+114	0.00269	7.5	140	1.7	0.0402	9.0	140	1.7
C4_16.1	43.1	±1			23.4	±8	43.6	±3	-21	±300		0.00216	5.8	148	2.7	0.0493	5.4	159	3.7
C4_17.1	43.4	±1	873	±401	58.6	±8	48.0	±3	-522	±345	+95	0.00238	7.2	146	2.9	0.0496	6.7	142	3.3

Hatalar 1σ cinsinden verilmiştir; Pb_c ve Pb* sırasıyla ortak ve radyojenik kısımları gösterir. Standart kalibrasyonda hata% 0.18'dir. (1) Ölçülen ^{204}Pb kullanılarak düzeltilen ortak Pb. (2) $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb} / ^{235}\text{U}$ yaş uyumu varsayılarak düzeltilen ortak Pb. (3) $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ - $^{208}\text{Pb} / ^{232}\text{Th}$ yaş uyumu varsayılarak düzeltilen ortak Pb.

Ek Tablo 2.'in devamı

Analiz No	(1) $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}^* \pm\%$	(1) $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} \pm\%$	(1) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} \pm\%$	err corr	(3) $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^* \pm\%$	(3) $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}^* \pm\%$	(3) $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} \pm\%$	(3) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} \pm\%$	err. corr.
C4_1.1	0.047 6	0.044 7	0.00678 3.2	0.5	149 4.1	0.0385 26	0.036 27	0.00671 4.1	0.40
C4_2.1	0.010 206	0.009 206	0.00687 2.6	0.0	138 1.8	0.0513 17	0.051 18	0.00724 1.8	0.82
C4_4.1	0.005 459	0.004 459	0.00654 5.4	0.0	144 5.7	0.0417 25	0.040 27	0.00692 5.7	0.40
C4_4.2	0.005 447	0.004 447	0.00624 4.5	0.0	152 4.1	0.0375 15	0.034 16	0.00657 4.1	0.38
C4_5.1	0.003 794	0.003 794	0.00672 3.0	0.0	141 1.5	0.0435 12	0.042 13	0.00707 1.5	0.61
C4_6.1	0.066 21	0.063 21	0.00694 2.9	0.1	149 3.2	0.0397 29	0.037 30	0.00671 3.2	0.50
C4_7.1	0.046 5	0.045 5	0.00711 0.9	0.2	144 1.3	0.0301 21	0.029 21	0.00697 1.3	0.64
C4_8.1	0.021 51	0.020 51	0.00675 2.8	0.1	143 3.2	0.0520 20	0.050 21	0.00701 3.2	0.46
C4_9.1	0.007 298	0.006 298	0.00650 3.1	0.0	148 2.8	0.0385 29	0.036 30	0.00676 2.8	0.48
C4_9.2	0.079 24	0.077 24	0.00712 3.0	0.1	148 2.3	0.0359 14	0.033 15	0.00674 2.3	0.47
C4_10.1	0.055 5	0.053 5	0.00690 1.7	0.3	145 2.1	0.0560 8	0.053 8	0.00691 2.1	0.46
C4_11.1	0.039 32	0.036 32	0.00673 3.4	0.1	149 3.6	0.0344 16	0.032 17	0.00669 3.6	0.38
C4_12.1	0.060 11	0.050 12	0.00606 5.5	0.4	146 4.2	0.0461 16	0.044 17	0.00687 4.2	0.36
C4_13.1	0.064 24	0.055 24	0.00620 2.2	0.1	170 2.0	0.0241 49	0.020 50	0.00589 2.0	0.73
C4_14.1	0.076 17	0.072 18	0.00696 3.1	0.2	153 3.3	0.0277 32	0.025 33	0.00655 3.3	0.39
C4_15.1	0.040 9	0.040 9	0.00715 1.7	0.2	142 2.3	0.0262 28	0.025 29	0.00703 2.3	0.54
C4_16.1	0.009 178	0.008 178	0.00628 3.7	0.0	149 3.2	0.0457 12	0.042 13	0.00671 3.2	0.42
C4_17.1	0.068 19	0.066 20	0.00703 3.3	0.2	148 3.4	0.0375 13	0.035 14	0.00676 3.4	0.38

Hatalar 1σ cinsinden verilmiştir; Pb_c ve Pb^* sırasıyla ortak ve radyojenik kısımları gösterir. Standart kalibrasyonda hata% 0.18'dir. (1) Ölçülen ^{204}Pb kullanılarak düzeltilen ortak Pb. (2) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ yaş uyumu varsayılarak düzeltilen ortak Pb. (3) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ yaş uyumu varsayılarak düzeltilen ortak Pb.

Ek Tablo 2.'in devamı

Analiz No	$\frac{^{204}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm\%$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm\%$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm\%$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\pm\%$	7-corr $\frac{^{204}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	% $^{206}\text{Pb}_c$	ppm U	ppm Th	7-corr ppm $^{206}\text{Pb}^*$	7-corr ppm $^{206}\text{Pb}^*$	$\frac{^{232}\text{Th}}{^{238}\text{U}}$	$\pm\%$	(1) $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ Age	(2) $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ Age
C4_1.1	---	---	0.0474	5.8	0.378	4.2	0.0148	3.5	3.5E-5	0.07	157	172	0.91	0.35	1.13	0.30	43.6 ± 1	43.5 ± 1
C4_2.1	2.5E-3	50	0.0480	6.3	0.268	9.6	0.0147	1.9	7.1E-5	0.13	118	99	0.73	0.20	0.87	0.37	44.2 ± 1	46.2 0.5
C4_4.1	3.3E-3	45	0.0480	6.7	0.360	5.1	0.0153	3.8	7.4E-5	0.14	109	115	0.65	0.24	1.09	0.36	42.0 ± 2	44.8 ± 2
C4_4.2	3.3E-3	45	0.0471	6.9	0.278	5.6	0.0149	4.0	1.2E-5	0.02	111	87	0.63	0.18	0.81	0.38	40.1 ± 2	42.7 ± 1
C4_5.1	2.8E-3	50	0.0468	7.1	0.257	6.0	0.0155	2.1	-9.9E-6	--	99	75	0.60	0.16	0.79	0.41	43.2 ± 1	45.6 0.5
C4_6.1	-1.3E-3	71	0.0471	7.1	0.358	5.6	0.0158	2.0	1.2E-5	0.02	104	108	0.60	0.22	1.07	0.66	44.6 ± 1	43.5 ± 1
C4_7.1	---	---	0.0460	5.2	0.342	3.8	0.0147	1.5	-6.4E-5	--	194	181	1.18	0.41	0.97	0.28	45.6 0.4	45.7 0.4
C4_8.1	1.4E-3	50	0.0422	5.0	0.383	3.5	0.0154	1.4	-3.2E-4	--	205	252	1.23	0.49	1.27	0.25	43.4 ± 1	44.8 ± 1
C4_9.1	2.9E-3	41	0.0515	5.5	0.400	4.1	0.0132	3.2	3.1E-4	0.59	179	203	1.05	0.41	1.17	0.29	41.7 ± 1	43.9 0.9
C4_9.2	-2.3E-3	58	0.0454	7.7	0.250	6.5	0.0142	2.1	-9.8E-5	--	100	69	0.59	0.15	0.72	0.85	45.7 ± 1	43.9 0.8
C4_10.1	----	---	0.0554	4.9	0.259	4.5	0.0161	3.9	5.8E-4	1.08	158	125	0.92	0.22	0.82	0.62	44.3 0.8	43.9 0.8
C4_11.1	7.9E-4	100	0.0505	7.1	0.278	6.1	0.0139	4.1	2.4E-4	0.45	100	73	0.58	0.16	0.76	0.42	43.2 ± 1	43.7 ± 1
C4_12.1	6.6E-3	30	0.0511	10.0	0.293	5.2	0.0153	1.9	2.8E-4	0.52	123	105	0.73	0.21	0.89	0.36	39.0 ± 2	44.2 ± 2
C4_13.1	-1.0E-3	100	0.0490	8.7	0.367	6.3	0.0143	2.5	1.5E-4	0.28	74	70	0.38	0.14	0.98	1.60	39.8 0.9	39.0 0.5
C4_14.1	-2.1E-3	45	0.0458	5.4	0.385	3.8	0.0148	3.2	-7.5E-5	--	179	188	1.03	0.40	1.09	0.28	44.7 ± 1	43.1 ± 1
C4_15.1	---	---	0.0402	9.0	0.297	6.5	0.0138	2.4	-4.6E-4	--	87	70	0.54	0.17	0.84	1.21	45.9 0.8	46.3 0.8
C4_16.1	3.7E-3	35	0.0493	5.4	0.299	4.5	0.0143	3.8	1.6E-4	0.31	168	149	0.97	0.29	0.91	0.67	40.3 ± 1	43.2 ± 1
C4_17.1	-1.3E-3	71	0.0496	6.7	0.263	5.6	0.0157	2.0	1.9E-4	0.35	113	81	0.66	0.17	0.74	0.40	45.1 ± 2	43.9 ± 1

Hatalar 1σ cinsinden verilmiştir; Pb_c ve Pb* sırasıyla ortak ve radyojenik kısımları gösterir. Standart kalibrasyonda hata% 0.18'dir. (1) Ölçülen ^{204}Pb kullanılarak düzeltilen ortak Pb. (2) $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}} - \frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ yaş uyumu varsayılarak düzeltilen ortak Pb. (3) $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}} - \frac{^{208}\text{Pb}}{^{232}\text{Th}}$ yaş uyumu varsayılarak düzeltilen ortak Pb.

ÖZGEÇMİŞ

Cüneyt DORUK, İlkokulu Dibekli Köyü İlkokulu'nda, ortaokulu Gümüşhane Yatılı İlköğretim Bölge Okulu'nda, liseyi ise Gümüşhane Lisesi'nde okudu. 1999 yılında KTÜ Gümüşhane MYO Elektrik Bölümü'nden mezun oldu. 1999-2001 yılları arasında A.Ü. Açıköğretim Fakültesi Kamu Yönetiminde okudu. Bu bölümü tamamlamadan, 2001 yılında başladığı Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden 2005 yılında mezun oldu.

İş hayatına, 2007 yılında Sektör Denetim A.Ş.'de Kontrol Mühendisi olarak başlayan DORUK, 2010-2014 yılları arası Yıldızlar SSS Holding/Maden Arama Bölümü'nde Arama Jeoloğu, 2014-2017 yılları arası Yıldız Bakır Madencilik AŞ'de Jeoloji Birim Şefi olarak görev yaptı. 2017 yılından beri de Koza Altın İşletmelerinde Mastra Altın Madeni'nde Maden Jeoloğu görevini yürütmektedir.

2018 yılı güz döneminde Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başladığı Yüksek Lisans eğitimine devam etmektedir.