

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

GÖLÖNÜ PLÜTONU'NUN (KÜRTÜN-GÜMÜŞHANE)
PETROGRAFİSİ VE MİNERAL KİMYASI

YÜKSEK LİSANS

SEFA GÜZELDAL

Haziran 2026
GÜMÜŞHANE



T.C.

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**GÖLÖNÜ PLÜTONU'NUN (KÜRTÜN-GÜMÜŞHANE)
PETROGRAFİSİ VE MİNERAL KİMYASI**

**PETROGRAPHY AND MINERAL CHEMISTRY OF THE GÖLÖNÜ
PLUTON (KÜRTÜN-GÜMÜŞHANE-TÜRKİYE)**

YÜKSEK LİSANS

SEFA GÜZELDAL

**Haziran 2026
GÜMÜŞHANE**



**GÜMÜŞHANE
ÜNİVERSİTESİ**

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

T.C.

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

GÖLÖNÜ PLÜTONU'NUN (KÜRTÜN-GÜMÜŞHANE)

PETROGRAfİSİ VE MİNERAL KİMYASI

PETROGRAPHY AND MINERAL CHEMISTRY OF THE GÖLÖNÜ

PLUTON (KÜRTÜN-GÜMÜŞHANE-TÜRKİYE)

YÜKSEK LİSANS

SEFA GÜZELDAL

DANIŞMAN: PROF. DR. EMRE AYDINÇAKIR

Haziran 2026

GÜMÜŞHANE

KABUL VE ONAY

Prof. Dr. Emre AYDINÇAKIR danışmanlığında, **Sefa GÜZELDAL** tarafından hazırlanan “**Gölönü Plütonu’nun (Kürtün-Gümüşhane) Petrografisi ve Mineral Kimyası**” isimli bu çalışma, 24/06/2026 tarihinde yapılan lisansüstü tez savunma sınavı sonucunda **Oy Birliği** ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

.....

Doç. Dr. Özgür BİLİCİ (Başkan)

.....

Prof. Dr. Emre AYDINÇAKIR (Danışman)

.....

Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ (Üye)

Lisansüstü tez savunma sınavında başarılı bulunarak kabul edilen bu tezin ciltlenmiş hali, / / tarihli ve / sayılı Enstitü Yönetim Kurulu toplantısında görüşülmüş ve tez yazım kılavuzuna uygun bulunarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Duygu ÖZDEŞ

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “**Gölönü Plütonu’nun (Kürtün-Gümüşhane) Petrografisi ve Mineral Kimyası**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, danışmanımın sorumluluğunda hazırladığımı, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi’nin lisanslı kullanıcısı olduğu intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

24/06/2026

Sefa GÜZELDAL

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında “Gölönü Plütunu’nun (Kürtün-Gümüşhane, Türkiye) Petrografisi ve Mineral Kimyası” başlığı altında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, 24.E0115.07.01 numaralı GÜBAP projesi tarafından desteklenmiştir.

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca bilgi, deneyim ve değerli katkılarıyla bana her zaman yol gösteren danışman hocam Prof. Dr. Emre AYDINÇAKIR’a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, destek ve katkılarını esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ’a Doç. Dr. Mehmet Ali GÜCER’e, Dr. Samet SAKA’ya Arş.Gör. Kadir SÜNNETÇİ’ye Arş.Gör. Ahmet Dünder ŞEN’e teşekkür ederim.

Desteklerini esirgemeyen Doğu Karadeniz Metalik Maden Aramaları proje sorumlumuz Semi HAMZAÇEBİ’ye, Cengiz BOYSAN’a, Meltem İkra CİNEL’e, Rifat Cihan SEVİM’e, Levent TOSUN’a, Sema AKYÜREK’e ve İlknur ŞEN’e teşekkür ederim.

Ofiyolitik Kayaçlara Bağlı Cr-Ni Aramaları Projesi sorumlusu Dr. Serdar KESKİN’e verdiği desteklerden dolayı teşekkür ederim.

Beş seneyi geçkin süredir birlikte çalıştığım iş arkadaşlarım Mustafa Ataman'a, Fatih Aksoy'a, Celaleddin Bayraktar'a, Ömer Akgül'e ve Mehmet Ali Gültepe'ye teşekkür ederim.

Tez çalışmasının çeşitli aşamalarında destek sağlayan bölümümüz ince kesit teknisyeni Ferdi DAYANÇ’a, ayrıca Gümüşhane Üniversitesi personeline ve yüksek lisans eğitimim süresince katkı ve desteklerini esirgemeyen herkese teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca her zaman yanımda olan sevgili aileme, değerli eşim Sibel GÜZELDAL’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sefa GÜZELDAL
GÜMÜŞHANE – 2026

ÖZET

Doğu Pontidler, farklı yaş ve bileşime sahip çok sayıda plütonik kayaç topluluğunu barındırmaktadır. Gümüşhane'nin Kürtün ilçesinde yer alan Orta Eosen yaşlı Gölönü Plütunu, kendine özgü petrografik ve jeokimyasal özellikleriyle dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, plütona ait kayaçların petrografik özellikleri ve mineral kimyası verileri birlikte değerlendirilerek magmanın kristalleşme ve yerleşim süreçlerine ait fizikokimyasal parametrelerin (sıcaklık, basınç ve oksijen fugasitesi) belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, mineral kimyası temelli yaklaşımlarla kristalleşme koşulları nicel olarak değerlendirilmiştir.

Plüton yaklaşık 14 km²'lik bir alan kaplamakta olup KD-GB doğrultulu bir uzanım sergilemektedir. Modal mineralojik veriler, kayaçların granodiyorit ve granit bileşiminde olduğunu göstermektedir. Dokusal özellikler ince ve orta taneli yapılarla birlikte yer yer porfirik, poikilitik ve grafik dokuların geliştiğini ortaya koymaktadır. Kayaçların başlıca mineral bileşenleri plajiyoklaz, K-feldispat, kuvars, amfibol, biyotit ve Fe-Ti oksitlerinden oluşurken, zirkon, apatit, sfen ve allanit aksesuar mineraller olarak bulunmaktadır. Plajiyoklazlar oligoklas-labradorit aralığında (An_{0.1-56}), K-feldispatlar ise ortoklaz bileşimindedir. Amfiboller kalsik amfibol grubuna ait olup magnezyoamfibol (Mg# = 0,78–0,85) bileşimi sunmaktadır.

Amfibol ve plajiyoklaz mineral kimyasına dayalı hesaplamalar kristalleşme sıcaklıklarının 751–904 °C arasında değiştiğini göstermektedir. Jeobarometrik hesaplamalar 0,67–2,23 kbar basınç değerleri ve yaklaşık 3–7 km yerleşim derinliğine işaret etmektedir. Oksijen fugasitesi değerleri yaklaşık –13,0 ile –10,6 log birimi arasında değişirken, magma su içeriği %3,3–5,0 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler, Gölönü Plütunu'nun sıg kabuksal seviyelerde yerleşmiş, suca zengin ve çok evreli magmatik evrim süreçlerinden geçmiş bir magmatik sistemin ürünü olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Pontidler, Eosen, Gölönü plütunu, Mineral kimyası, Petrografi

ABSTRACT

The Eastern Pontides host numerous plutonic rock assemblages with diverse ages and composition. Among these, the Middle Eocene Gölönü Pluton, located in the Kürtün district of Gümüşhane, is distinguished by its unique petrographic and geochemical features. This study aims to determine the physicochemical parameters (temperature, pressure, and oxygen fugacity) associated with the crystallization and emplacement of the magma through an integrated evaluation of petrographic observations and mineral chemistry data. In addition, crystallization conditions were quantitatively constrained using mineral chemistry-based approaches.

The pluton covers an area of approximately 14 km² and exhibits a NE–SW trend. Modal mineralogical data indicate that the rocks are compositionally granodiorite and granite. Textural characteristics reveal fine- to medium-grained fabrics with locally developed porphyritic, poikilitic, and graphic textures. The principal mineral assemblage consists of plagioclase, K-feldspar, quartz, amphibole, biotite, and Fe-Ti oxides, whereas zircon, apatite, sphene, and allanite occur as accessory phases. Plagioclase compositions range from oligoclase to labradorite (An_{0.1–56}), while K-feldspars are orthoclase in composition. Amphiboles belong to the calcic amphibole group and are classified as magnesioamfibole (Mg# = 0.78–0.85).

Calculations based on amphibole and plagioclase mineral chemistry indicate crystallization temperatures ranging from 751 to 904 °C. Geobarometric estimates yield pressures of 0.67–2.23 kbar, corresponding to emplacement depths of approximately 3–7 km. Oxygen fugacity values range from approximately –13.0 to –10.6 log units, whereas the magma water content is estimated at 3.3–5.0 wt.%. These results suggest that the Gölönü Pluton represents a water-rich magmatic system that was emplaced at shallow crustal levels and underwent a complex, multi-stage magmatic evolution.

Keywords: Eastern Pontides, Eocene, Gölönü Pluton, Mineral chemistry, Petrography

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET.....	VI
ABSTRACT.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLolar DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş ve Amaç	1
1.2. Coğrafi Konum	1
1.3. İklim ve Bitki Örtüsü	2
1.4. Ulaşım ve Yerleşim.....	2
1.5. Bölgesel Jeolojisi	3
1.6. Önceki Çalışmalar.....	6
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	13
2.1. Arazi Çalışmaları	13
2.2. Labarotuv ar Çalışmaları.....	13
2.2.1. Petrografik Çalışmalar	13
2.2.1. Mineral Kimyası Analizleri.....	14
2.3. Büro Çalışmaları	14
3. BULGULAR.....	15
3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi.....	15
3.1.1. Çatak Formasyonu	16
3.1.2. Kabaköy Formasyonu	17
3.1.3. Eosen Yaşlı Plütonik Kayaçlar	17
3.1.4. Alüvyon.....	18
3.2. Gölönü Plütonu'nun Mineralojisi ve Petrografisi.....	18
3.2.1. Saha Gözlemleri	18
3.2.2. Minerolojik ve Petrografik İnceleme	20
3.3. Gölönü Plütonu Kayaçlarının Mineral Kimyası	23

3.3.1. Plajiyoklaz.....	24
3.3.2. Amfibol	25
3.3.3. Fe-Ti Oksit	27
4. TARTIŞMA	28
4.1. Gölönü Plütunu Kristallenme Koşulları (P-T)	28
4.1.1. Jeotermometre Hesaplamaları	28
4.1.1.1. Feldispat Termobarometresi.....	28
4.1.1.2. Amfibol-Plajiyoklaz Termobarometresi	28
4.1.2. Jeobarometre Hesaplamaları	30
4.1.2.1. Amfibol Termobarometresi, Oksijen Fugasitesi ve Hidrometresi	30
4.3. Dengesizlik Parametreleri	31
4.4. Magmanın Evrimi	32
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	35
KAYNAKÇA	36
ÖZGEÇMİŞ	46

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Doğu Pontidler'deki plütonik kayaların dağılımı	12
Tablo 2. Gölönü Plütonu'na ait örneklerin modal analiz sonuçları	20
Tablo 3. Gölönü Plütonu kayalarının Al in-amfibol barometre ve amfibol-plajiyoklaz termometre hesaplamaları ile elde edilen değerlerin karşılaştırılması	29
Tablo 4. Gölönü Plütonu granitik kayalarını amfibol termobarometresi, oksijen fugasitesi (fO_2), ergiyikteki su içeriği ($H_2O_{ergiyik}$) ve oluşum derinlikleri	30

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Doğu Pontidler Orojenik Kuşağı'nda plütonik kayaçlarının dağılımı ve çalışma alanı (ÇA)	5
Şekil 2.	Mikroskop altında yapılan modal analiz çalışmalarından görüntü.....	14
Şekil 3.	İnceleme alanına ait kolon kesit	15
Şekil 4.	Çalışma alanına ait jeoloji haritası.....	16
Şekil 5.	(a) İnceleme alanının arazi görünümü, (b) Eosen yaşlı plütonik kayaçlara ait çatlak sistemleri	19
Şekil 6.	İncelenen plütonik kayaçlarda gözlenen arenalaşma.....	19
Şekil 7.	İncelenen plütonik kayaçlar içindeki anklavların görünümü	20
Şekil 8.	Gölönü Plütunu örneklerinin modal analiz sonuçlarının KAP diyagramındaki dağılımları.....	21
Şekil 9.	Çalışılan kayaçların mikroskobik özellikleri, a-b) iri amfibol kristalleri içeren taneli doku, c) yazı dokusu, d-f) amfibol kristalleri ile plajiyoklazlar arasında gelişmiş girişim dokuları, g-h) Zonlu plajiyoklaz (Çapraz Nikol, Pl: plajiyoklaz, Or: ortoklaz, Ku: kuvars, Amp: amfibol, Bi: biyotit).	22
Şekil 10.	a) İnce-uzun prizmatik plajiyoklaz kristalleri. b) c-eksenine dik alınmış plajiyoklaz kristali. c) S155 nolu örnekte zonlu plajiyoklaz mineralinde merkezden kenara alınan ölçümler ve d) %An (mol) değerleri.....	24
Şekil 11.	Gölönü Plütunu plajiyoklazlarının Ab-An-Or üçgen diyagramı	25
Şekil 12.	$Ca_B \geq 1.5$; $(Na+K)_A < 0.50$ ve $Ca_A < 0.50$ parametrelerine sahip kalsik amfibollerin sınıflaması; Ca_B : Formülde B odacığına giren Ca katyonu, $(Na+K)_A$: A odacığına giren toplam Na ve K katyonu), Ca_A : A odacığına giren Ca katyonu).....	26
Şekil 13.	a) $Ca_B \geq 1.5$; $(Na+K)_A < 0.50$ ve $Ca_A < 0.50$ parametrelerine sahip kalsik amfibollerin Al^{IV} -Ti sınıflama diyagramı.....	26
Şekil 14.	Granit örneklerinde gözlenen Fe-Ti oksit minerallerinin bileşimi	27
Şekil 15.	Granitlerdeki plajiyoklazların Ab-An-Or üçgen diyagramına göre kristallenme sıcaklıkları	28
Şekil 16.	Gölönü Plütunu granitik kayaçların (a) Basınç (P) – Sıcaklık (T), (b) Oksijen fugasitesi (fO_2) - Sıcaklık (T), (c) Sıcaklık (T) – $H_2O_{ergiyik}$ (%ağ.) ve (d) Basınç (P) - ΔNNO – derinlik (km) değerlerinin karşılaştırılması.....	31
Şekil 17.	Gölönü Plütunu'nun kabuk içindeki yerleşimini gösteren şematik kesit	34

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

An	: Anortit
Atm	: Atmosfer
cm	: Santimetre
Çn	: Çift nikol
Fm	: Formasyon
GPS	: Global positioning system
ICP	: Inductively coupled plasma (indüktif eşleşmiş plazma)
Kbar	: Kilobar
km	: Kilometre
Kpir	: Klinopiroksen
m	: Metre
Mg	: Magnetit
Mg#	: Mağnezyum numarası $[100 * (MgO / (MgO + \Sigma Fe_2O_3))]$
mm	: Milimetre
MS	: Mass Spectrometry (kütle spektrometre)
MTA	: Maden Tetkik Arama
My	: Milyon yıl
N	: Örnek sayısı
OAB	: Orta Anadolu Bloğu
Ol	: Olivin
Op	: Opak mineral
Pl	: Plajiyoklaz
ppm	: Milyonda bir
Tn	: Tek nikol

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş ve Amaç

Bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesi, yapısal olarak Pontid Orojenik Kuşağı'nın doğu segmentini oluşturan, Doğu Pontidler içerisinde yer almakta olup, bu kuşak aynı zamanda Tetis-Avrasya metallojenik provensinin en önemli magmatik ve mineralizasyon alanlarından birini temsil etmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz vd., 1997). Paleotetis'in kapanması sonrasında bölgenin Geç Mesozoyik-Senozoyik dönemlerde çok evreli bir tektonomagmatik evrime sahne olduğu bilinmektedir, bu evrim sürecinde yaygın intrüzif magmatizmalar gelişmiştir (Okay ve Şahintürk 1997; Dokuz, 2011). Bu granitoidler, hem kıtasal kabuğun evrimine hem de bölgedeki maden potansiyelinin belirlenmesi süreçlerine önemli katkılar sağlamıştır.

Çalışma alanı Doğu Pontidler'in kuzey ve güney zonları arasındaki geçiş bandında yer alan Gümüşhane ili Kürtün ilçesi Gölönü ve civarında yer almaktadır. Doğu Pontidler boyunca yüzeyleyen granitoidik kütlelerin önemli bir kısmına ait jeokronolojik veriler sınırlıdır. Özellikle bölgede yüzeyleyen orta ölçekli intrüzyonların çoğunun mutlak yaşları literatürde henüz tam olarak ortaya konulamamıştır (Topuz vd., 2005; Dokuz vd., 2010).

Bu çalışmada, Kürtün (Gümüşhane) bölgesinde mostra veren Eosen Gölönü Plütunu'nun mineralojisi, petrografisi ve mineral kimyası özelliklerinin ayrıntılı biçimde belirlenmesi amaçlanmıştır. Buna ek olarak, mineral kimyası verileri yardımıyla plütону oluşturan kayaçların kristalleşmesi sırasında etkili olan termobarometrik (basınç ve sıcaklık) koşulların da araştırılması planlanmıştır. Elde edilen veriler ışığında, plütunun oluşum koşullarına ilişkin yeni veriler ortaya konacak ve literatüre katkı sağlayacaktır.

1.2. Coğrafi Konum

Çalışma alanı, Doğu Karadeniz Bölümü içerisinde, Gümüşhane ili Kürtün ilçesine bağlı Kopuz ve Dağdibi köyleri ile yakın çevresinde yer almakta olup 1/25.000 ölçekli Trabzon H41-b2 ve H42-a1 pafta sınırları içerisinde bulunmaktadır. Gümüşhane il merkezine yaklaşık 80 km, Torul ilçe merkezine ise yaklaşık 50 km uzaklıkta bulunan sahaya ulaşım; Gümüşhane'den 23 km uzunluğundaki asfalt yol ile Torul ilçesine ulaşıldıktan sonra, devamında 57 km boyunca izlenen asfalt ve yer yer stabilize yol ağı takip edilerek sağlanmaktadır. Çalışma alanının topoğrafyası, Doğu Karadeniz'in

karakteristik özelliği olan dik röllyefli ve parçalalı dağlıklı morfoloji ile temsil edilmektedir. Bölge genelinde yükselti doğu ve güneydoğuya doğru artmakta olup, sahada 1700–2300 m aralığında değişen yükseklikler geniş yer kaplamaktadır. İnceleme alanı çevresinde yer alan belirgin yükseltiiler arasında Cankurtaran Tepesi (~2100 m), Ziyaret Tepe (~2000 m) ve Kopuz sırtları (~1800–2000 m) sayılabilir. Torul çevresine özgü bu dağlıklı topoğrafya, derin vadiler ve yüksek eğimli yamaçlarla karakterizedir.

Bölgedeki en önemli drenaj hattını Harşit Çayı'nın kolları oluşturmaktadır. Kopuz ve Dağdıbi köyleri çevresinde sahayı drene eden Dağdıbi Deresi, Kopuz Deresi ve bunlara bağlanan küçük yan dereler, çalışma alanının hidrolojik ağını belirler. Bu derelerin bir kısmı mevsimsel akışlı olup yağış rejimine bağlı olarak debileri önemli ölçüde değişmektedir. Drenaj ağı genellikle kısa boylu, derin vadili ve yüksek eğimli akarsu sistemlerinden oluşmakta, bu durum bölgedeki röllyefin sert ve hızla değişen karakterini yansıtmaktadır.

1.3. İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanı, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin iç kesimlerinde, deniz etkisinden uzak ve yüksek kotlarda yer aldığından, bölgede karasal iklim özellikleri daha belirgin şekilde hissedilmektedir. Yaz mevsimi genellikle sıcak ve kurak, kış mevsimi ise soğuk ve yoğun kar yağışlı geçmektedir. Yükseltinin fazla olması nedeniyle kış şartları hem daha sert hem de daha uzun süreli etkili olmakta; bölgedeki kar örtüsü il geneline kıyasla daha kalın olup, yılın büyük bir bölümünde zeminde kar bulunabilmektedir.

İklim koşullarının yanı sıra yükselti ve sıcaklık farklılıkları, çalışma alanındaki bitki örtüsünün gelişimini sınırlandırmaktadır. Yüksek seviyelerde bitki örtüsü oldukça seyrek veya tamamen yoktur. Orta yüksekliklerde yer yer iğne yapraklı ağaç toplulukları görölürken, daha düşük kotlarda çam ve köknar ormanları yayılım göstermektedir.

1.4. Ulaşım ve Yerleşim

İnceleme alanındaki yerleşim birimleri, çoğunlukla köy merkezleri ve bunlara bağlı küçük mezarlardan oluşmaktadır. Çalışma alanında ana ulaşım, Gümüşhane–Torul karayolu üzerinden sağlanmakta olup, bu güzergâhtan ayrılan Kopuz ve Dağdıbi köy yolları aracılığıyla sahaya erişilmektedir. Köylere bağlanan yolların büyük bir kısmı stabilize nitelikte olup, daha yüksek kotlara çıkan hatlarda yer yer patika yollar da bulunmaktadır. Bu durum özellikle granitoidik kütlelerin mostra verdiği yüksek topoğrafyalara ulaşımı arazinin eğim ve jeomorfolojisine bağlı olarak sınırlandırmaktadır.

Çalışma alanının Torul ilçesine en yakın yerleşim birimleri arasında Kopuz Köyü, Gölönü Köyü ve çevredeki küçük mezralar yer almakta olup, bu yerleşimlerin ilçe merkezine uzaklıkları yaklaşık 5–12 km arasında değişmektedir. Bölgenin yerleşim dokusu seyrek olup, yerleşimlerin çoğu vadiler boyunca veya topoğrafyanın nispeten daha elverişli olduğu yamaç eteklerinde konumlanmıştır.

1.5. Bölgesel Jeolojisi

Türkiye'nin de içinde yer aldığı Alp-Himalaya orojenik kuşağında gerçekleşen tektonik süreçler, Anadolu Yarımadası'nın yükselmesine ve bugünkü morfolojik birimlerin şekillenmesine neden olmuştur. Bu tektonik gelişim sonucunda hem Kuzey Anadolu Dağları hem de Toros Dağları oluşmuştur. Türkiye'nin tektonik sınıflaması ilk kez Ketin (1966) tarafından yapılmış, sonrasında birçok araştırmacı bölgenin yapısal evrimine bağlı olarak farklı sınıflamalar önermiştir. Ketin (1966) sınıflamasında Anadolu Levhası kuzeyden güneye doğru Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımlar şeklinde dört ana bölüme ayrılmıştır.

Pontid kuşağı Ketin ve Canitez (1972) tarafından Batı Pontidler ve Doğu Pontidler olarak ikiye ayrılmış, daha sonra Doğu Pontidler mostra veren kayaçların litoloji ve litofasiyes özelliklerine göre Kuzey Zon, Güney Zon ve Eksen (Geçiş) Zonu olmak üzere üç alt birime ayrılmıştır (Akın, 1978; Gedikoğlu vd., 1979; Özsayar vd., 1981; Bektaş, 1986). Torul civarında KD-GB doğrultulu Torul Granitoyidi, Doğu Pontidler'in Kuzey ve Güney zonlarını birbirinden ayıran önemli jeolojik unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir (Kaygusuz ve Eker, 2021, Kaygusuz vd., 2017, Kaygusuz vd. 2008, Kaygusuz vd., 2006). Doğu Pontidler'de Paleozoyik sonrası gelişen tektonizma, KD-GB, KB-GD ve D-B uzanımlı doğrultu atımlı faylanmayı oluşturmuş; bu fayların etkisiyle meydana gelen blokların Liyas sonrasında jeolojik gelişimleri farklılaşmıştır (Bektaş ve Çapkınoğlu, 1997).

Kuzey Zon'da daha çok Üst Kretase-Tersiyer yaşlı volkanik ve magmatik kayaçlar egemendir. Güney Zon'da ise magmatizmanın etkisi azalmakta ve buna bağlı olarak volkanik kayaçlarla birlikte sedimanter birimler de önemli yer tutmaktadır.

Doğu Pontidler'in temelini, Paleozoyik yaşlı metamorfik kayaçlar ve bunları Liyas öncesinde kesen granitoyidik intrüzyonlar oluşturmaktadır (Çoğulu, 1975). Bu temel kayaçlar, bölgenin güneyinde Demirözü (Pulur Masifi), Suşehri-Refahiye (Ağvanis Masifi), Tokat-Amasya (Tokat Masifi), Gümüşhane çevresi (Gümüşhane Graniti, Köse Graniti, Kurtoğlu Metamorfikleri) ve Artvin-Yusufeli civarında yüzeyler vermektedir. Kuzeyde ise Dereli (Giresun), Tonya güneyi (Derinoba, Kayadibi, Şahmetlik, Kızılağaç),

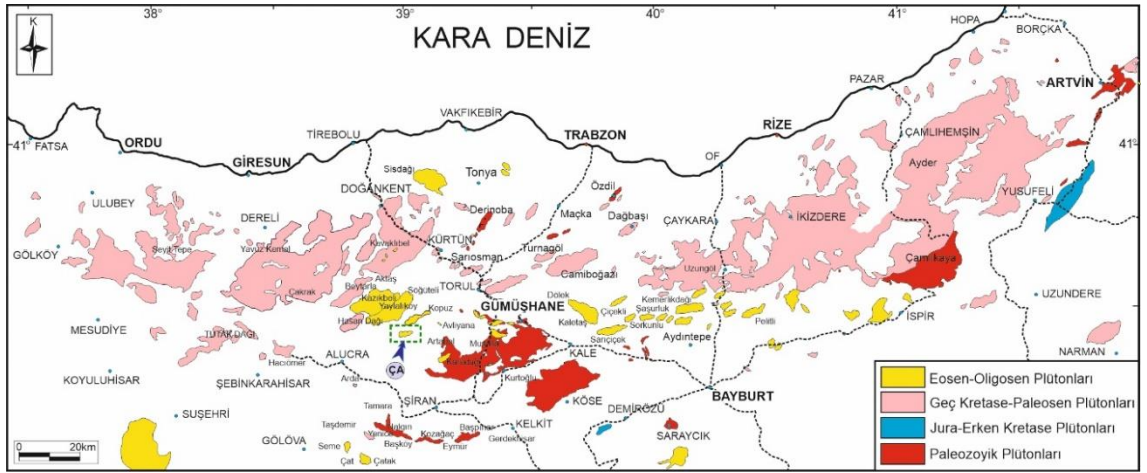
Maçka güneyi (Soğuksu) ve Özdil yörelerinde mostra vermektedir (Okay, 1984; Okay, 1996; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz vd., 2004; Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz vd., 2012; Kaygusuz vd., 2020, Kaygusuz vd., 2012; Kaygusuz vd., 2016; Kaygusuz vd., 2020; Gücer vd., 2024).

Granitoyidik kayaçlar Gümüşhane ve Gümüşhane-Köse arasındaki bölgede büyük kütleler hâlinde (Tokel, 1972; Çoğulu, 1975; Özdoğan, 1992; Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011), Giresun güneyi (Schultze-Westrum, 1961), Tonya güneyi (Kaygusuz vd., 2012), Özdil (Kaygusuz vd., 2013), Maçka (Kaygusuz vd., 2012), Kürtün (Sipahi vd., 2023) ve Kazıkbeli (Güloğlu ve Kaygusuz, 2025) yörelerinde ise daha küçük yüzeylenmeler hâlinde görülmektedir. Artvin çevresinde Paleozoyik yaşlı küçük intrüzyonlar mevcuttur.

Doğu Pontidler'de gabrodan granitoyide kadar geniş bir bileşim aralığına sahip plütonik kayaçlar, Permo-Karbonifer'den Eosen'e kadar uzanan geniş bir yaş aralığında sokulum yapmıştır (Şekil 1):

- Paleozoyik yaşlı kalk-alkalin granitoyidler (Tokel, 1972; Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975; Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Şahintürk, 1997; Topuz vd., 2001; Topuz, 2002; Kaygusuz vd., 2008; Kaygusuz vd., 2010), metamorfik birimleri keserek yerleşmiştir (Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975; Topuz, 2010).
- Jura, Kretase ve Paleosen yaşlı granitoyidler, yitim kökenli volkanik ve volkano-tortul kayaçlarla dokanak ilişkisindedir (Jica, 1985; Gedik vd., 1992; Köprübaşı, 1993; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Kaygusuz, 2000; Boztuğ vd., 2002; Kaygusuz vd., 2008, 2013; Sipahi vd., 2018a, Aydınçakır ve Kaygusuz, 2005; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009; Dokuz vd., 2010; Aydınçakır ve Şen, 2013).
- Eosen ve sonrası granitoyidler ise daha sınırlı alanlarda tüm serileri keserek yerleşmişlerdir (Gedik vd., 1992; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Aslan vd., 1999; Topuz vd., 2002; Karanlı vd., 2007, 2011).

Doğu Pontidler'in temelini oluşturan bu metamorfik-granitoyidik toplulukların üzerine Erken-Orta Jura'da konglomera, kumtaşı, kalker, marn ve volkanit ardalanmalı volkano-tortul birimler uyumsuzlukla gelmektedir. Bu birim kuzey zonda volkanik karakterliken, güney zonda tüf ve tüfitlerle ardalanmış daha sedimanter bir özellik sunmaktadır. Giresun-Aksu civarında Liyas'tan Alt Kretase sonuna kadar süren bazik volkanizma, Schultze-Westrum (1961) tarafından Alt Bazik Seri olarak tanımlanmıştır. Üst Jura-Alt Kretase sakin ve duraylı bir dönem geçirmiş, bu süreçte Doğu Pontidler'de geniş karbonat platformları gelişmiştir (Yılmaz, 2002).



Şekil 1. Doğu Pontidler Orojenik Kuşağı'nda plütonik kayaçlarının dağılımı (Güven, 1993 ve Kaygusuz vd., 2021'den değiştirilerek) ve çalışma alanı (ÇA)

Üst Kretase birimlerinin stratigrafik konumu konusunda literatürde farklı yorumlar bulunmaktadır:

- Schultze-Westrum (1961), Alt Bazik Seri'nin Alt Kretase'den Üst Kretase'ye devam ettiğini ve bunun üzerine dasit-piroklastik seviyeler ile inoceramuslu kırmızı kalkerlerin geldiğini belirtmiştir.
- Türk-Japon Ekibi (1985), Üst Kretase'nin Zigana Formasyonu ile temsil edildiğini ve bu formasyonu kireçtaşı-dasit-andezit ardalanmalı bir volkano-tortul istif olarak tanımlamıştır.
- Güven (1993), Alt ve Üst Kretase birimlerinin uyumlu olduğuna işaret etmiş ve Kretase istifini Çatak, Kızılkaya, Çağlayan ve Çayırbağ formasyonları olarak ayırmıştır.

Doğu Pontidler'in Güney Zonu'nda, Dogger-Malm yaşlı Berdiga Formasyonu'nun aşınma yüzeyi üzerine açılmalı uyumsuzlukla Üst Kretase birimleri gelir. Bu birimler; kırmızı kireçtaşları (Elmalı Dere Formasyonu), sarı kumlu kireçtaşları (Kıdırılık Dere Formasyonu), andezitik tuf ara katkılı tortullar (Tepeköy Formasyonu) ve riyolit-dasitlerden oluşan Alpulu Volkanik Takımı ile temsil edilir. Üst Kretase-Paleosen geçişi bölgenin bazı kesimlerinde süreklidir. Hopa-Cankurtaran yöresinde volkano-tortul istif, Üst Kretase'den Eosen'e kesintisiz geçmektedir (Özsayar vd., 1981). Gümüşhane-Kale civarında ise Paleosen yaşlı Kale Formasyonu, Kretase birimlerinin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Paleosen birimleri, Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu tarafından örtülmektedir (Aliyazıcıoğlu, 1999). Bölgedeki en genç birimler Kuaterner yaşlı traverten, taraça ve alüvyonlardır.

1.6. Önceki Çalışmalar

Magmatik kayaçların egemen ve magmatizmaya bağlı maden yataklarının sıkça gözlendiği Doğu Pontidler, yüzyılın başından bu yana özellikle yabancı jeologların büyük ilgisini çekmiştir (örneğin; Hamilton, 1842). Özellikle altmışlı yıllarda Alman jeologlar (örneğin, Schultz-Westorm, 1961), yetmişli yıllarda Yugoslav jeologlar (örneğin; Pejatović, 1971) ve Japon jeologlar (örneğin, Türk-Japon Ekibi, 1974) ile MTA'daki yerli jeologlarla bölgenin jeolojik haritalarını yaparak stratigrafisini ortaya koymaya çalışmışlardır. Bu çalışmalarda ağırlık daha çok ekonomik değer taşıyan cevherleşmeleri ve oluşum mekanizmalarına verilmiştir. Güven (1993) önceki çalışmaları 1/250.000 ölçekli bir jeoloji ve metalojeni haritasında toparlamış olup birçok jeologa rehber vazifesi görmüştür.

2000'li yıllardan sonra Doğu Pontidler'deki plütonik ve volkanik kayaçlar üzerine birçok çalışma yapılmış olup, özellikle Paleozoyik ve Geç Kretase yaşlı plütonik kayaçlar üzerinde yapılan çalışmalarda (Boztuğ ve Harlavan, 2008; Topuz vd., 2010; Dokuz vd., 2010, 2011, 2019; Sipahi vd., 2018; Eyuboğlu vd., 2011, 2016, 2018, 2019, 2021; Karşı vd., 2010, 2012, 2016, 2017, 2022; Kaygusuz vd., 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2021, 2022; Temizel vd., 2019, 2022) bir çok yeni bulgu ortaya konmuş, plütonik kayaçların yaşları ve sınırları ile ilgili jeolojik haritalarda önemli düzeltmeler yapılmıştır.

Doğu Pontidlerde Eosen yaşlı plütonik kayaçlar üzerinde yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

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

Topuz vd. (2005), Saraycık Plütunu'nun 52 My yaşında olduğunu, plütону oluşturan magmaların yüksek basınçta mafik alt kabuğun kısmi ergimesi sonucu oluştuğunu belirtmişlerdir.

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

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

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

Karslı vd. (2007), Eosen yaşlı Dölek ve Sarıçiçek Plütonlarının 42-44 My yaşında olduklarını, ana kayaçların izotopik bileşimlerinin mafik mikrogranüler anklavlara (MMA) benzer olduklarını, MMA'lar ile içerisinde bulunduğu kayaçlar arasında jeokimyasal ve izotopik benzerliklerin, anklavların büyük olasılıkla alt kabuk ve mantodan türemiş magmalar arasındaki etkileşimle oluşmuş karışık bir kökene işaret ettiğini belirtmişlerdir.

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

Eyüboğlu vd. (2011b), Pulur bölgesindeki ortaç ve felsik plütonların yaşlarının 55–53 My arasında olduğunu ve Doğu Pontid orojenik kuşağındaki Tersiyer adakitik ve adakitik olmayan magmatizmanın kökeni için güneye dalımlı yitim sırasındaki “roll-back” ve eş zamanlı “slab window” açılmasını içeren tektonik modelin etkili olduğunu belirtmişlerdir.

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

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

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

Kaygusuz ve Öztürk (2015), Bayburt yöresindeki Kılışkaya ve Kozluk plütonlarının yüksek-K'lu kalk-alkalen özellikte ve I-tipinde olduklarını, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ değerlerinin 0.7053-0.7057, $\epsilon\text{Nd}_{(i)}$ değerlerinin 0.3 ile -0.5, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$ değerlerinin

15.61-15.62 ve $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin 6.6 ile 6.9 arasında değiştiğini, yaşının 46 My olduğunu ve litosferik manto-alt kabuk kayaçlarından türemiş olabileceğini belirtmişlerdir.

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

Eyüboğlu vd. (2017), Doğu Pontidler'de Dereli güneyi-Gümüşhane-Bayburt-İspir hattı boyunca yüzeylenen Eosen yaşlı plütonlardan, düşük-yüksek ve karışık K_2O içerikli plütonların granodiyoritik ve monzonitik bileşimde; şoşonitik plütonların ise siyenitik bileşimli olduklarını belirtmişlerdir. Yazarlar söz konusu plütonların 41-47 My yaş aralığında olduklarını, en genç Meydanlı Plütonu'nun 41-42 My, en yaşlı Tamdere Plütonu'nun ise 43-47 My yaş aralığında olduklarını, Erken Senozoyik magmatizmasının slab window prosesleri ile geliştiğini vurgulamışlardır.

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

Kaygusuz vd. (2018), Doğu Pontidler'de Gümüşhane-Bayburt hattı boyunca yüzeyleyen Eosen yaşlı Çiçekli, Somarova, Sorkunlu, Şaşurluk, Aydıntepe, Kemerlikdağı ve Pelitli Plütonlarının genelde KD-GB uzanımlı ve yaklaşık elips şekilli olduklarını, değişik boyutlu diyorit ve tonalit bileşimli mafik migrogonüler anklavlar (MMA) içerdiklerini, gabrodiyoritten granite kadar değişen bileşimde olduklarını ve plütonların sığ derinliklerde (~1-9 km) yerleşerek katılaştıklarını ifade etmişlerdir.

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

Kaygusuz vd. (2018), Doğu Pontidler'de Bayburt yöresindeki Eosen yaşlı Aydıntepe, Kemerlikdağı ve Pelitli Plütonlarının yaşlarının 44-45 My (U-Pb zirkon) arasında değiştiğini, plütonların homojen izotop bileşimlerine ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)} = 0.70502$ ila 0.70560 ; $\epsilon\text{Nd}_{(i)} = +0.9$ ila -1.4 ; $\delta^{18}\text{O} = +5.0$ ila $+8.7\%$, $\epsilon\text{Hf}_{(i)} = -2.2$ ila $+13.5$) sahip olduklarını ve plütonlar içindeki MMA'ların izotop bileşimlerinin ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)} = 0.70508$ ila 0.70542 ; $\epsilon\text{Nd}_{(i)} = +0.9$ ila -1.1 ; $\delta^{18}\text{O} = +5.8$ to ila 8.0 , $\epsilon\text{Hf}_{(i)} = +4.3$ to ila 10.4) plütonlara benzer olduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca kayaçların kökeninin zenginleşmiş litosferik bir mantodan türediklerini belirtmişlerdir.

Temizel vd. (2020), Havza (Samsun) alanındaki Eosen yaşlı tonalit ve granodiyoritlerin yaşlarının 40-42 My arasında değiştiğini, kayaçların $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

oranlarının 0.704767 ile 0.704927, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranlarının 0.512767 ile 0.512774, ϵNd değerlerinin +2.52 ile +2.65 ve $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin de 7.9–9.7‰ arasında olduğunu, adakit-benzeri bu plütonlarının kökeninin litosferik bir mantodan türediğini belirtmişlerdir.

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

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

Güloğlu (2023), inceleme alanının kuzeybatısında yapmış olduğu “Eosen yaşlı Kazıkbeli Plütonu’nun (Kürtün-Gümüşhane) petrografisi, petrokimyası, U-Pb zirkon jeokronolojisi, tüm-kayaç Sr-Nd-Pb ve zirkon Lu-Hf izotop jeokimyası ve petrolojisi” başlıklı Doktora Tezi çalışmasında, Kazıklı Plütonunun yaşının 46-45 My (zirkon U-Pb) aralığında olduğunu, plütonun I-tipi, yüksek K’lu kalk-alkali, genellikle metalümin az oranda da peralümin karakterli olduğunu, kayaçların $\epsilon\text{Nd}_{(i)}$ değerlerinin 1.85-2.24, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ değerlerinin 0.70458-0.70484 arasında olduğunu, kayaçların $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$ içeriklerinin sırasıyla 18.50-18.57, 15.60-15.61 ve 38.56-38.59 arasında olduğunu, kayaçların $\epsilon\text{Hf}_{(i)}$ değerlerinin 5.75-8.03 arasında değiştiğini ve incelenen plütonik kayaçların ana magmasının litosferik mantodan türediğini, kabuksal kayaçların katkısının nispeten az olduğunu belirtmiştir.

Sipahi vd. (2023), Bu çalışma, Doğu Sakarya Zonu’nda yer alan Orta Eosen yaşlı Dağdibi Plütonu’nun kristallenme koşullarını, magma kaynağını ve petrojenezini jeokronolojik, jeokimyasal ve çoklu izotop (Sr-Nd-Pb-Hf) verileri temelinde ortaya koymaktadır. Zirkon U-Pb yaşlandırmaları plütonun yaklaşık 45 Ma civarında yerleştiğini gösterirken, petrografik ve jeokimyasal özellikler kayaçların yüksek-K kalk-alkalen, metalüminöz karakterli olduğunu ve granodiyoritik bileşimde geliştiğini ortaya koymaktadır. İzotopik veriler, hafifçe radyojenik başlangıç $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranları ile -0.96 ile +0.52 arasında değişen $\epsilon\text{Nd}_{(i)}$ ve geniş aralıklı pozitif $\epsilon\text{Hf}_{(i)}$ değerleri sunarak, magmanın tükenmiş mantodan türediğini ancak önceki dalma-batma süreçlerine bağlı metasomatik akışkanlar tarafından zenginleştirildiğini işaret etmektedir. Ayrıca Pb izotopları alt kıtasal kabuk katkısını desteklerken, oksijen fugasitesi değerleri orta derecede indirgen koşullara işaret etmektedir. Kayaçların bileşimsel çeşitliliğinin, özellikle amfibol, plajiyoklaz ve Fe-Ti oksitlerin fraksiyonel kristallenmesi ile kontrol edildiği; buna karşın sınırlı ölçüde asimilasyon ve magma karışımının da sürece katkı sağladığı anlaşılmaktadır. Tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde, Dağdibi Plütonu’nun

oluşumunda en olası jeodinamik mekanizmanın, dalma-batma sonrası gelişen levha kopması (slab break-off) sürecine bağlı olarak gelişen manto kökenli magmatizma olduğu sonucuna varılmaktadır.

Kaygusuz vd. (2024), Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın güney kesiminde Bayburt kuzeyinde yüzeylenen Orta Eosen yaşlı Arslandede Plütunu'nun yaşını, kaynak özelliklerini ve magmatik evrimini U-Pb zirkon jeokronolojisi ile tüm kayaç Sr-Nd ve zirkon Lu-Hf izotop sistematiği kullanarak incelemiştir. Elde edilen U-Pb zirkon yaşı plütunun yaklaşık 44.5 Ma'da kristallendiğini göstermektedir. Monzodiyoritten granite kadar değişen bileşimlere sahip kayaçların yüksek-K kalk-alkalin karakter sunduğu, magmanın zenginleşmiş litosferik manto ile kıtasal kabuk malzemesinin etkileşimi sonucunda geliştiği belirlenmiştir. Araştırmacılar, Arslandede Plütunu'nun Doğu Pontidler'de yaygın olarak gözlenen Orta Eosen magmatizmasının bir ürünü olduğunu ve Neotetis'in kapanmasını izleyen çarpışma sonrası ekstansiyonel tektonik rejim altında yerleştiğini ileri sürmüşlerdir. Çalışma, Orta Eosen yüksek-K magmatizmasının kökeni ve Doğu Pontidlerin Senozoyik tektonomagmatik evriminin anlaşılmasına önemli katkılar sağlamıştır.

Güloğlu vd. (2024), Doğu Pontidler'de yer alan Orta Eosen yaşlı Kazıkbeli Plütunu (Kürtün-Gümüşhane), gabroyik diyoritten monzogranite kadar değişen bileşimi ve özellikle granodiyorit-tonalit ağırlıklı yapısıyla dikkat çeken bir intrüzif kütle olduğunu belirtmişlerdir. Petrografik ve mineral kimyası verileri, plütunun plajiyoklaz, K-feldispat, kuvars, amfibol ve biyotitten oluştuğunu; amfibollerin kalsik karakterli magnezyum amfibol, biyotitlerin ise Mg'ca zengin bileşimler sergilediğini göstermektedir. Hesaplamalar, magmanın 712–824 °C sıcaklık, 0,04–2,06 kbar basınç ve %3,7–5,7 H₂O içeriği altında kristalleştiğini ve düşük-orta oksijen fugasitesi koşullarında geliştiğini ortaya koymaktadır. Jeobarometrik veriler plütunun kabuk içinde yaklaşık 1–8 km gibi sığ derinliklerde yerleştiğini, biyotit bileşimleri ise olası bir manto katkısını işaret etmektedir.

Aydınçakır vd. (2025), Çalışma alanının da içinde bulunduğu Doğu Pontidlerde Eosen yaşlı Hasan Dağ ve çevresinde yüzeyleme veren Eosen yaşlı Hasan Dağ Plütunu üzerinde yaptıkları çalışma ile plütunun petrografisi ve mineral kimyası kimyasına dayanarak plütunun yaklaşık olarak 12 km derinlikte kristalleşebileceğini belirtmişlerdir.

Kaygusuz vd. (2025), Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda yer alan Yaylalıköy ve Taşbaşı plütonlarının petrojenezi, magma kaynağı ve evrim süreçlerini bütüncül jeokimyasal ve izotopik veriler ışığında ortaya koymayı amaçlamaktadır. LA-ICP-MS zirkon U-Pb yaşlandırma sonuçları, söz konusu plütonların Orta Eosen'de (47–46 Ma;

Lütesiyen) kristalleştiğini göstermektedir. Petrografik ve jeokimyasal veriler, diyoritten granodiyorite uzanan bileşimdeki bu kayaçların I-tipi, metalüminöz ve yüksek-K karakterli olduğunu; büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (LILE) ve hafif nadir toprak elementleri (LREE) bakımından zenginleşme ile belirgin negatif Eu anomalileri sergilediğini ortaya koymaktadır. Sr-Nd-Pb-Hf-O izotop sistematığı, düşük başlangıç $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranları, pozitif $\epsilon\text{Nd}_{(i)}$ ve $\epsilon\text{Hf}_{(i)}$ değerleri ile manto bileşimine yakın $\delta^{18}\text{O}$ değerleri sunarak, magmanın başlıca kaynağının zenginleşmiş litosferik manto olduğunu ve kabuksal katkının sınırlı kaldığını işaret etmektedir. Ayrıca, jeokimyasal ve izotopik bütünlük, magma evriminde fraksiyonel kristallenmenin baskın süreç olduğunu, buna karşın asimilasyon ve/veya magma karışımının ikincil düzeyde etkili olduğunu göstermektedir. Elde edilen tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde, bu plütonların derin yerleşimli bir magma haznesinde farklılaşan manto kökenli ergiyiklerin kabuğa yerleşmesiyle oluştuğu ve Doğu Pontidlerdeki Eosen magmatizmasının kıtasal yay ortamı ile ilişkili jeodinamik evrimine önemli katkılar sunduğu sonucuna varılmaktadır.

Sipahi vd. (2025), Doğu Sakarya Zonu'nun doğu kesiminde yer alan Kopuz Fe-skarn yatağının oluşum koşullarını, mineralojik özelliklerini ve cevherleşme süreçlerini ayrıntılı olarak incelemiştir. Araştırmacılar, cevherleşmenin yaklaşık 44–45 Ma yaşlı Kopuz Granitoyidi ile Jura–Alt Kretase yaşlı karbonatlı kayaçların dokanak zonunda geliştiğini ortaya koymuştur. Çalışmada endoskarn ve ekzoskarn zonları tanımlanmış; granat, piroksen, amfibol, epidot, manyetit ve hematitten oluşan tipik kalkik skarn parajenezinin geliştiği belirlenmiştir. Akışkan kapanımı ve kararlı izotop verileri, cevherleşmenin esas olarak magmatik kökenli hidrotermal akışkanlar tarafından oluşturulduğunu, sınırlı ölçüde meteorik suların sisteme katıldığını göstermektedir. Mineral kimyası ve izotop verileri birlikte değerlendirildiğinde, Kopuz Fe-skarn yatağının yüksek oksijen fugasiteli ve düşük kükürt fugasiteli koşullarda gelişen, yay ortamı ile ilişkili sığ seviyeli bir Eosen skarn cevherleşmesini temsil ettiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışma, Doğu Pontidler'deki Eosen yaşlı skarn sistemlerinin kökeni ve bölgesel metalojenezi açısından önemli veriler sunmaktadır.

Gümüşhane-Kürtün yöresinde yüzeylenen Orta Eosen yaşlı Kazıkbeli Plütonu'nun petrolojik, jeokimyasal ve izotopik özelliklerini incelemiştir. Araştırmacılar, zirkon U-Pb jeokronolojisi ile plütonun gabroyik diyorit ve granodiyoritik fazlarının sırasıyla yaklaşık 46.1 Ma ve 45.4 Ma yaşlarında kristallendiğini ortaya koymuştur. Tüm kayaç jeokimyası ile Sr-Nd-Pb ve zirkon Lu-Hf izotop verileri, plütonun yüksek-K kalk-alkalin ve I-tipi karakter taşıdığını göstermektedir. Çalışmada, magmanın temel olarak zenginleşmiş litosferik manto kaynaklı olduğu, yükselimi sırasında fraksiyonel kristallenme

süreçlerinin etkili olduğu ve sınırlı düzeyde kabuksal kirlenmeye uğradığı sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen veriler, Kazıkbeli Plütunu'nun Doğu Pontidlerde yaygın olarak gözlenen Orta Eosen çarpışma sonrası magmatizmasının bir ürünü olduğunu ve Neotetis'in kapanmasını izleyen ekstansiyonel tektonik rejim altında geliştiğini ortaya koymuştur.

Doğu Pontid’lerde yer alan Eosen yaşlı plütonik kayaçların yaşları ile ilgili yapılmış radyometrik çalışmalar sınırlı olup (Tablo 1), bir çok plütunun yaşı dokanak ilişkileri ve stratigrafik özellikler göz önüne alınarak, göreceli olarak belirlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 1. Doğu Pontidler’deki plütonik kayaçların dağılımı

No	Plüton / Bölge	Kayaç Türü	Yaş (Ma)	Yöntem	Referans
1	Sisdağı	Monzonit	41	U-Pb (Zirkon)	Karlı vd. (2012)
2	Güneyce	Granitoid	39–44	K-Ar	Taner (1977)
3	Güney Rize	Granodiyorit	41	K-Ar	Moore vd. (1980)
4	Güneydoğu	Granodiyorit	30–47	K-Ar	Çoğlu (1975)
5	Rize	Monzodiyorit	33–56	K-Ar	Delaloye vd. (1972)
6	Doğu Rize			Fisyon İzi (Apatit,	
7	Kaçkar	Batolit	38–52	Titanit, Zirkon)	Boztuğ vd. (2007)
8	Batoliti	Plüton	42–44	K-Ar	Karlı vd. (2007)
9	Sarıçiçek				
10	Kaletaş	Granodiyorit	44	U/Th-Pb	Arslan ve Aslan (2006)
11	(Gümüşhane)	Granodiyorit	43	K-Ar	JICA (1985)
12	Doğu	Granitoid	44	U-Pb (SHRIMP Zirkon)	Sipahi vd. (2018b)
13	Karadağ	Diyorit-			
14	Erik	Granodiyorit	42	U-Pb (SHRIMP Zirkon)	Sipahi vd. (2017)
15			36 ve		
16	Güney Giresun	Granitoid	47-50	Fisyon İzi (Apatit)	Boztuğ vd. (2004)
17	Aydıntepe	Granit	42	U-Pb (Zirkon)	Eyüboğlu (2011)
18	(Bayburt)				
19	Saraycık	Granodiyorit	55	U-Pb (Zirkon)	Eyüboğlu (2011)
20	(Pulur)	Granit	53	U-Pb (Zirkon)	Eyüboğlu (2011)
21	Sarıhan				
22	Kılıçkaya	Granitoid	46	U-Pb (Zirkon)	Kaygusuz ve Öztürk (2014)
23	(Bayburt)		44.75 ±		
24	Dağdibi	Granodiyorit	0.92	U-Pb (Zirkon)	Yi vd. (2023)
25	(Torul)		45.01 ±		
26	Dağdibi	Granodiyorit	0.59	U-Pb (Zirkon)	Sipahi vd. (2023)
27	(Torul)				
28	Arslandede	Monzodiyorit–	44.5 ±		
29	(Bayburt)	Granit	0.3	U-Pb (Zirkon)	Kaygusuz vd. (2024)
30	Kazıkbeli	Gabroyik	46.1 ±		Güloğlu ve Kaygusuz (2025)
31	(Kürtün)	Diyorit	0.3	U-Pb (Zirkon)	Güloğlu ve Kaygusuz (2025)
32	Kazıkbeli		45.4 ±		
33	(Kürtün)	Granodiyorit	0.3	U-Pb (Zirkon)	Sipahi vd. (2025)
34	(Kürtün)				
35	Kopuz (Torul)	Granodiyorit	~45	U-Pb (Zirkon)	Sipahi vd. (2025)
36	Alemdar	Diyorit–			
37	Plütunu	Granodiyorit	170–175	U-Pb (Zirkon)	Aydınçakır vd. (2023)
38	Plütunu	Granodiyorit	170–175	U-Pb (Zirkon)	Aydınçakır vd. (2023)

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmanın amacını oluşturan Gölönü ve (Kürtün, Gümüşhane) civarında yüzeyleme veren plütonik kayalardan alınan örneklerin mineralojik, petrografik ve mineral kimyası özelliklerini belirlemek amacıyla arazi, laboratuvar ve büro çalışması olmak üzere üç bölümde incelenmiştir.

2.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları ile bölgede yüzeyleyen birimlerin ayrımı, kayaç örneklerinin toplanması ve kayaçlarının yayılımlarının belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışması sonucu büyük çoğunluğu plütonik olmak üzere, volkanik ve plütonik kayalardan 50'ye yakın örnek toplanmış, birimlerin sınırları belirlenmiş ve yaklaşık 45 km²'lik bir alanın 1/25000'lik jeolojik haritası hazırlanmıştır. Örnek alımı aşamasında GPS cihazı ile arazide nokta yer tespiti yapılmış ve sistematik örnek alımı sağlanmıştır.

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.2.1. Petrografik Çalışmalar

Çalışma alanından alınan kayaç örneklerinin mineralojik ve petrografik özelliklerinin tespit edilmesi için 15 adet örneğin incelenmesi için ince kesitleri hazırlanmıştır. İnceleme için kayalardan alınan 0.5x2x4 cm boyutunda plakacıklar, bir yüzeylerinin pürüzlülüğü giderildikten sonra 1mm kalınlığındaki 2.5x5 cm boyundaki cam üzerine kanada balzamu kullanılarak yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapışmış olan kayaç, aşındırıcılar yardımıyla 0,025 mm kalınlığına kadar inceltilerek petrografik incelemek için hazır hale getirilmiştir. İnce kesit örnekleri Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit laboratuvarında yapılmıştır.

Gölönü Plütunu'na ait 9 adet ince kesit polarizan mikroskopta incelendikten sonra modal analizleri yapılmıştır. Modal analizler Swift model F marka nokta sayıcı ile yapılmıştır. Yan kayalara (volkanik) ait 6 adet ince kesit Leica marka Polarizan Mikroskop yardımıyla incelenmiştir. Seçilen örneklerin mikroskop görüntüleri Jeoloji Mühendisliği Araştırma Mikroskobu Odası'nda Leica marka Polarize Mikroskoba bağlı aynı marka düzende bulunan fotoğraf ünitesi ile çekilmiştir.



Şekil 2. Mikroskop altında yapılan modal analiz çalışmalarından görüntü

2.2.1. Mineral Kimyası Analizleri

İncelenen plütonik kayalara ait 2 örneğe ait plajiyoklaz, amfibol ve opak minerallere ait mikroprob analizleri Çin'de Sample Solution Analitik Teknoloji Laboratuvarında yaptırılmıştır.

Minerallerin yerinde (in-situ) ana elementlerinin kantitatif analizi, Çin'in Wuhan kentinde bulunan Wuhan SampleSolution Analytical Technology Co., Ltd. laboratuvarında bir JEOL JXA-8230 elektron mikroprob analizörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan hızlandırma gerilimi ve akım sırasıyla 15 kV ve 20 nA'dır. Tüm elementlerce pik analizi süresi 10 saniye, arka plan (background) analizi süresi ise 5 saniye olarak belirlenmiştir. Ana elementlerin içeriklerinin kalibrasyonu için SPI Company tarafından sağlanan 53 adet mineral standart örneği, 44 adet element standart örneği ve 15 adet nadir toprak elementi standart örneği kullanılmıştır. Veri düzeltme işlemleri JEOL firmasının ZAF düzeltme yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

2.3. Büro Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen verilerin yorumlanması için büro çalışmaları yapılmıştır. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü yazım kurallarına göre bu tez hazırlanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi

Çalışma alanı Gölönü ve yakın civarında yer almakta olup, alanda plütonik ve volkanik kayalar yer almaktadır (Şekil 3 ve 4). Bu alanda yüzeyleyen kayalar Geç Kretase ile Kuvaterner yaş aralığında gelişmişlerdir. Çalışma alanında yer alan kayalar gençten yaşlıya doğru şu birimlerden oluşmaktadır;

1. Alüvyon (Kuvaterner)
2. Eosen yaşlı plütonik kayalar ve Gölönü Plütunu
3. Kabaköy Formasyonu (Eosen)
4. Çatak Formasyonu (Geç Kretase)

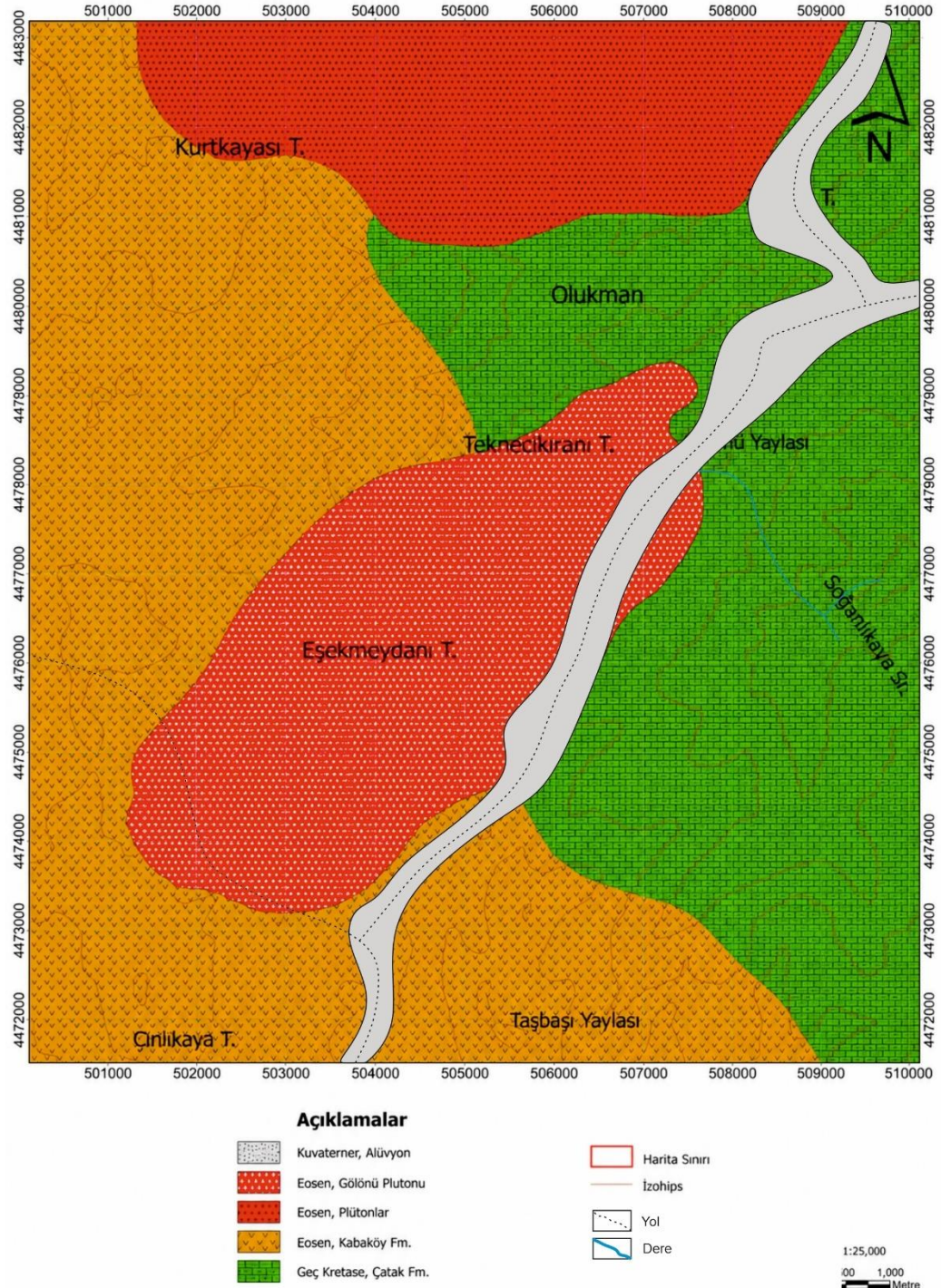
ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KALINLIK(m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	Kuvaterner		50 m		Alüvyon (Çakıl, kum) Uyumsuzluk
	TERSİYER	Orta Eosen	~ 450 m		Kabaköy Formasyonu (Andezit ve piroklastikleri, kireçtaşı, tüffit, aglomera) Gölönü Plütunu ve diğer Eosen yaşlı plütunlar (Diyorit, tonalit, granodiyorit) Uyumsuzluk
MESOZOYİK	KRETASE	Geç Kretase	~ 350 m		Çatak Formasyonu (Bazalt, andezit ve piroklastikleri)

ÖLÇEKSİZ

Şekil 3. İnceleme alanına ait kolon kesit

3.1.1. Çatak Formasyonu

Maçka ilçesi güneyinde Çatak Köyü civarında, bazalt-andezit lav ve piroklastları ile kumtaşı, silttaşı, şeyl, marn ve killi kireçtaşlarından oluşan birim, Güven (1993) tarafından Çatak Formasyonu olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 4. Çalışma alanına ait jeoloji haritası

İnceleme alanında yüzeyleyen benzer litolojik özelliklere ve stratigrafik konuma sahip Geç Kretase yaşlı birimler, bu çalışmada Çatak Formasyonu olarak isimlendirilmiştir.

İnceleme alanında en az yayılıma sahip birimdir. İnceleme alanının kuzey ve kuzeydoğusunda Çarpı Dağı, Gölönü Yaylası, Karapınar Tepe mevkilerinde görülür. Formasyon alt seviyesinde genelde andezitlerden ve az oranda da tüflerden oluşmakta; üst seviyelerde ise genelde tüflerden, az oranda da andezitlerden oluşmakta ve killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, gri kireçtaşı ve tüffit ara seviyeleri içermektedir.

Tüfler, lavlara oranla çok daha fazla ayrılmış olarak görülürler. Özellikle formasyonun plütonik kayalara yakın kesimlerinde lav ve tüfler daha fazla epidot, klorit ve kalsit mineralleri içerirler. Ara seviye halinde olan tortul kayaların Plütondaki kayalar ile olan dokanaklarında kontak metamorfizma izleri daha belirgin olarak görülür. Bu birimin inceleme alanındaki kalınlığı yaklaşık 550 m'dir.

3.1.2. Kabaköy Formasyonu

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

Kabaköy Formasyonu çalışma alanının güneyinde Çamuryatağı Yaylası, Tozluyurt Yaylası, Hasan Tepe civarında yayılım gösterir. Geç Kretase yaşlı birimler üzerine uyumsuzlukla gelen Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu, sırasıyla nummulitli kumlu kireçtaşı, tüffitler ve aglomeralar ile üstte doğru amfibolli andezit ve piroklastlarından oluşur. Piroklastik kayalar volkanik breş, aglomera ve az oranda da tüflerden oluşur. Amfibol andezitler ayrılmamış alanlarda genellikle gri, yeşilimsi gri, ayrılmış kısımlarda ise sarımsı gri ve kahverengi renkte olup, diğer volkanik kayalara nazaran daha az ayrılmış olarak görülürler. Makroskobik gözlemlerde plajiyoklaz ve amfibol mineralleri tanınabilmektedir. Bu birimin inceleme alanındaki kalınlığı yaklaşık 450 m'dir.

3.1.3. Eosen Yaşlı Plütonik Kayalar

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

atfen tarafımızdan ilk olarak Gölönü Plütunu olarak adlandırılmıştır. Gölönü Plütununa ait detay bilgiler, sonraki bölümlerde verilecektir.

Gölönü Plütunu dışındaki diğer plütonik kayalar inceleme alanının doğusunda ve batısında olmak üzere iki plütondan oluşur. Söz konusu plütonik kayalar genellikle bol çatlaklı olup, taze olan kesimlerinde beyazımsı gri renklerde izlenirler. Bazı kesimlerde iri blok verebilmektedirler. Genelde ayrışmamış olarak gözlenirler.

3.1.4. Alüvyon

Kuvaterner yaşlı olan alüvyonların inceleme alanında yayılımı çok az olup, genelde küçük derelerde topografyanın olanak verdiği ölçülerde gelişmişlerdir. Bu alüvyonlar içinde blok boyutundan kil boyutuna kadar olan çevre kayaların malzemeler yer alır. Alüvyonlar güncel olarak oluşmaya devam etmektedirler.

3.2. Gölönü Plütunu'nun Mineralojisi ve Petrografisi

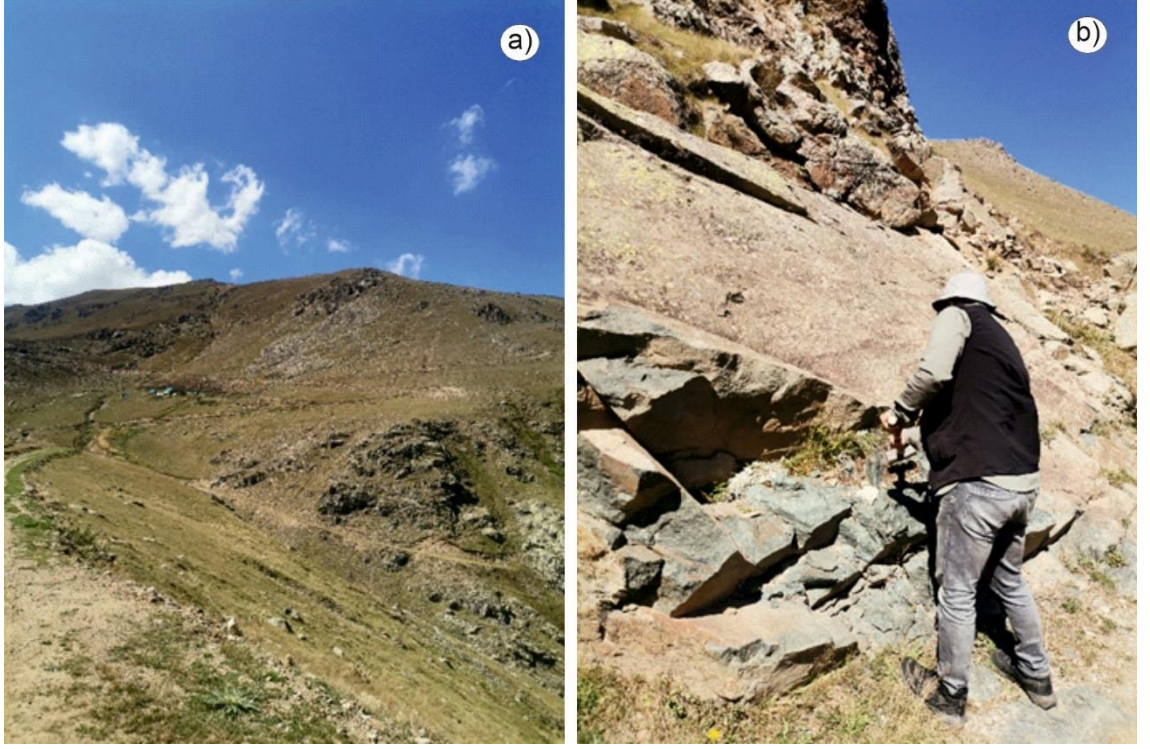
Bu bölümde, çalışma alanının büyük bir kısmında yüzeyleme veren ve çalışmanın ana konusunu oluşturan Gölönü Plütunu'nun arazi gözlemleri ile minerolojik ve petrografik özellikleri incelenmiştir.

3.2.1. Saha Gözlemleri

İncelenen Eosen yaşlı Gölönü Plütunu inceleme alanının büyük bir bölümünde yüzeyleme gösterir. Gölönü Plütunu, Trabzon H42 a1 paftasında yer alır.

İncelenen plütonik kayalar bazı kısımlarda çok çatlaklı ve kırıklı yapılar gelişmiştir (Şekil 5). Ayrıca 10-20 cm kalınlığında aplit daykları tarafından kesilmiştir.

Gölönü Plütunu genelde sağlam bir görünüme sahiptir. Arenalaşma az olarak görülür. Arenalaşmış kesimlerde kayalar kolayca parçalanmakta olup, toprağımsı bir yapı kazanmıştır (Şekil 6). Gölönü Plütunu içinde çok yoğun anklavlara rastlanmıştır (Şekil 7). Anklavlar ana kayalara nazaran daha koyu renkli ve daha ince tanelidir. İncelenen plütonik kayalar, çevre kayalardan renk tonu ve litolojik farklılıklar nedeniyle kolayca ayrılır. Çatlaklar boyunca belirgin yüzeysel ayrışma ve killeşme izlenir. Taze yüzeyinin rengi, açık pembe ve kırmızımsı kahverengidir. Ayrışma yüzeyinin rengi ise killeşmeden dolayı daha açık renklidir.



Şekil 5. (a) İnceleme alanının arazi görünümü, (b) Eosen yaşı plütonik kayalara ait çatlak sistemleri



Şekil 6. İncelenen plütonik kayalarda gözlenen arenalaşma



Şekil 7. İncelenen plütonik kayalar içindeki anklavların görünümü

3.2.2. Minerolojik ve Petrografik İnceleme

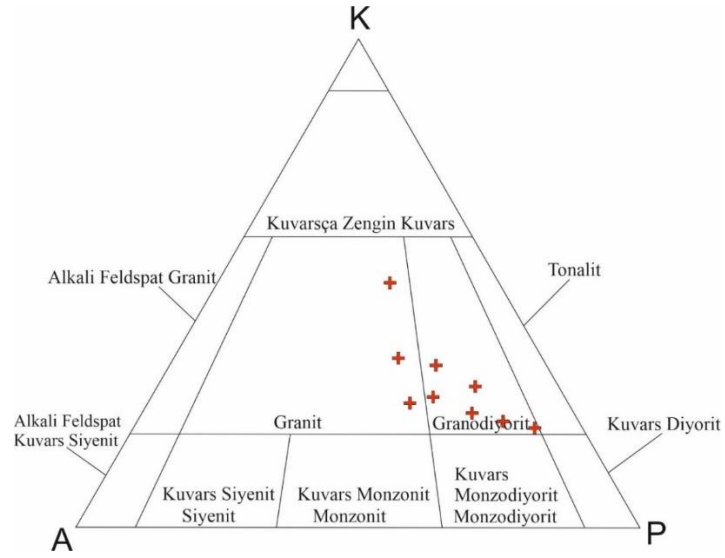
Gölönü Plütunu'ndan sistematik olarak alınan örneklerden, 9 adet örneğin modal analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Elde edilen modal analiz sonuçlarına göre kayalardan 3'ü (S-100, S-103, S-126) granit alanına 6 örnek ise (S-108, S-150, S-152, S-154, S-155, S-159) granodiyorit alanına düşmektedir.

Granodiyoritlerin modal plajiyoklaz içerikleri % 39-56, kuvars içerikleri % 15-27 ve ortoklas içerikleri de % 6-25 arasında değişmektedir (Tablo 2). Granit modal plajiyoklaz içerikleri % 27-40, kuvars içerikleri % 28-46 ve ortoklas içerikleri de % 16-24 arasında değişmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Gölönü Plütunu'na ait örneklerin modal analiz sonuçları

Örnek No	Kayaç Adı	Kuvars	Ortoklas	Plajiyoklaz	Amfibol	Muskovit	Opak
S-100	Granit	28.1	16.7	39.8	13.9	0.6	0.9
S-103	Granit	45.5	17.7	27.6	9.2	-	0.5
S-108	Granodiyorit	15.9	6.7	55.6	18	2.8	1
S-126	Granit	31.2	23.1	35.6	9.3	-	0.8
S-150	Granodiyorit	26.3	23.1	49	0.5	-	1.1
S-152	Granodiyorit	23.3	12	45.4	16.2	0.8	2.3
S-154	Granodiyorit	18.8	11.7	56.1	15.9	-	1.2
S-155	Granodiyorit	19.9	15.5	49.7	12.7	-	2
S-159	Granodiyorit	21.9	24.3	39.8	9.9	-	1.4

Gölönü Plütunu'na ait modal analiz sonuçları KAP diyagramında (Streckeisen, 1976) aktarıldığında (Şekil 8), plütunun granit ve granodiyorit bileşimli kayalardan oluştuğu görülmektedir.



Şekil 8. Gölönü Plütünü örneklerinin modal analiz sonuçlarının KAP diyagramındaki dağılımları (Streckeisen, 1976).

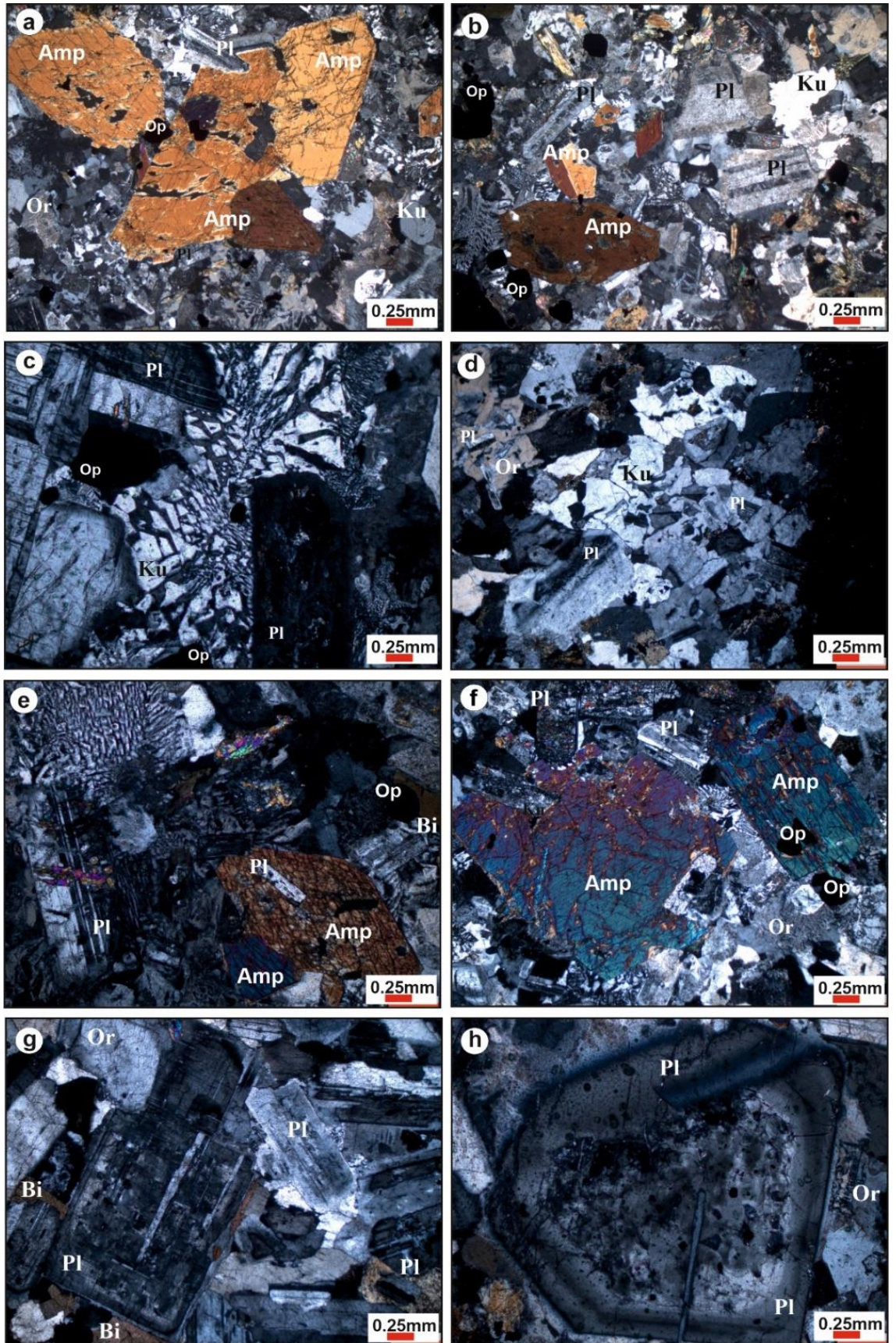
Granitlerin yayılımı granodiyoritlere göre daha azdır. Genellikle plütunun kenar kısımlarında yer alır. Açık gri-pembe renkte gözlenirler. İnce-orta taneli, kimi kesitlerde grafik doku ve yer yer de poikilitik doku görülmektedir (Şekil 9).

Başlıca plajiyoklaz, kuvars, ortoklas, amfibol ve opak minerallerden oluşmaktadır. Plajiyoklaz, kayaç içerisinde öz ve yarı öz şekilli kristaller halinde bulunmaktadır. İncelenen kayaçlarda en bol bulunan açık renkli mineraldir. Albit- karlsbad ikizlenmesi gösterir. Yer yer de halkalı zonlanma gösterir. En yaygın ayrışma türleri olarak epidotlaşma, serizitleşme ve kalsitleşme görülmektedir

Kayaçta % 27-56 oranında bulunurlar (Tablo 2). Kuvars irili ufaklı öz şekilsiz kristaller halinde bulunur. Kayaç içerisinde oldukça yaygındır. Genelde dalgalı sönme gösterirler ve mineraller arası boşlukları doldururlar. Kayaçta % 28-46 oranında bulunurlar (Tablo 2).

Ortoklas öz şekilsiz kristaller halinde bulunur. Kayaç içerisinde pertitik bir yapısı vardır. Bazı minerallerde karlsbad ikizlenmesi gözlenmemektedir. En yaygın ayrışma türü killeşmedir. Kayaçta % 16-24 oranında bulunurlar (Tablo 2).

Amfibol kayaç içerisinde en bol bulunan mafik mineraldir. Öz şekilli yarı öz şekilli ve öz şekilsiz levhamsı prizmatik kristaller halindedir. Bazal kesitlerinde altıgen şekli ve 56-124° 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 13-14 derecedir. En yaygın ayrışma türü kloritleşme ve epidotlaşmadır. Kayaçta % 9-14 oranında bulunurlar (Tablo 1).



Şekil 9. Çalışılan kayaçların mikroskobik özellikleri, a-b) iri amfibol kristalleri içeren taneli doku, c) yazı dokusu, d-f) amfibol kristalleri ile plajiyoklazlar arasında gelişmiş girişim dokuları, g-h) Zonlu plajiyoklaz (Çapraz Nikol, Pl: plajiyoklaz, Or: ortoklaz, Ku: kuvars, Amp: amfibol, Bi: biyotit).

Opak mineraller kesit içerisinde irili ufaklı öz şekilsiz taneler halindedir. Kayaçta 0.5-1 oranında bulunurlar (Tablo 2).

Granodiyorit Gölünü Plütonu'nda yayılımları en fazla olan kayaçlardır. Genellikle granitlerin dış kısmında ve onları çevreleyen zon boyunca yer alır. Genellikle gri, açık gri renklerde görülürler. İnce-orta taneli, bazı kesitlerde grafik doku, yer yer de poikilitik doku görülmektedir (Şekil 9).

Başlıca plajiyoklaz, kuvars, ortoklas, amfibol ve opak minerallerden oluşmaktadır. Plajiyoklaz kayaç içerisinde öz ve yarı öz şekilli kristaller halinde bulunmaktadır. Zonlanma gösteren kristallerde yaygın olarak halkalı zonlanma görülür. İri olan bazı kristaller kırıklı çatlaklı yapıdadır. Yaygın ayrışma türü serizitleşme ve killeşmedir. Kayaçta % 39-56 oranında bulunurlar (Tablo 2).

Kuvars kayaç içerisinde irili ufaklı öz şekilsiz kristaller halinde bulunur. Mineraller arası boşlukları doldurmuştur. Bazı kesitlerde dalgalı sönme görülmekte olup, kırıklı ve çatlaklı bir yapıya sahiptir.

Kayaçta % 15-27 oranında bulunurlar (Tablo 2). Ortoklas kayaç içerisinde az miktarda ve öz şekilsiz kristaller halinde bulunur. Kuvars ile birlikte diğer minerallerin arasını doldurduğu görülmektedir. Yer yer karlsbad ikizi gösterir, ancak çoğunlukla pertitik özelliktedir. Ayrışma türü killeşmedir. Kayaçta % 6-25 oranında bulunurlar (Tablo 2).

Amfibol öz ve yarı öz şekilli levhamsı prizmatik kristaller halindedir. Genelde kayaçta en bol bulunan koyu renkli mineraldir. Renk pleokroizması gösterirler, yönlerine göre z: mavimsi-kahverengimsi yeşil, y: yeşil-açık yeşil, x: sarı-açık yeşil şeklinde olup (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 13-16 derecedir. İri kristaller plajiyoklaz ve opak mineral inklüzyonları içerirler. Kayaçta % 0.5-18 oranında bulunurlar (Tablo 2). Opak mineraller irili ufaklı daneler halinde bulunurlar. Kayaç içerisinde % 1-3 oranında bulunur (Tablo 2).

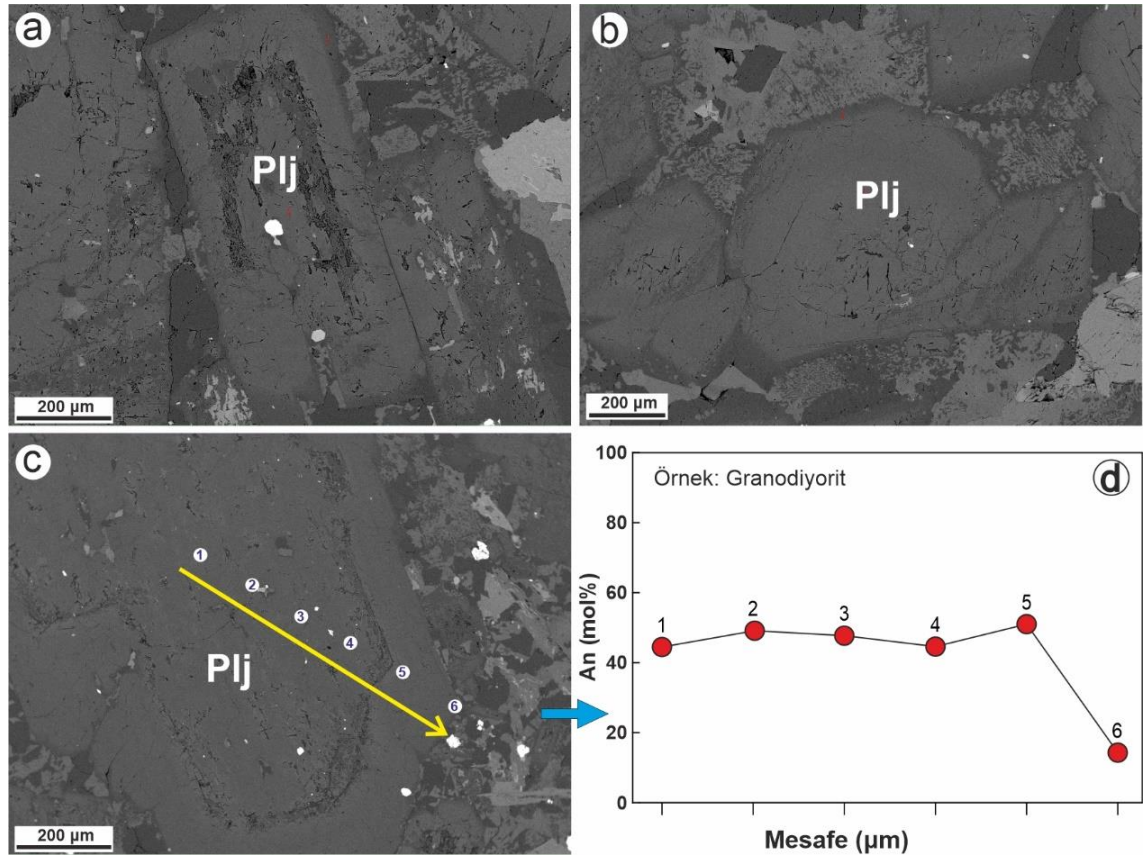
3.3. Gölünü Plütonu Kayaçlarının Mineral Kimyası

Gölünü Plütonu'ndan alınan granitik kayaç örneklerinin yerleşim derinlikleri ve oluşum sıcaklıklarının belirlenebilmesi amacıyla, özellikle amfibol-plajiyoklaz birlikteliği içeren seçilmiş örnekler üzerinde mineral kimyası verileri kullanılarak jeotermometre ve jeobarometre hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

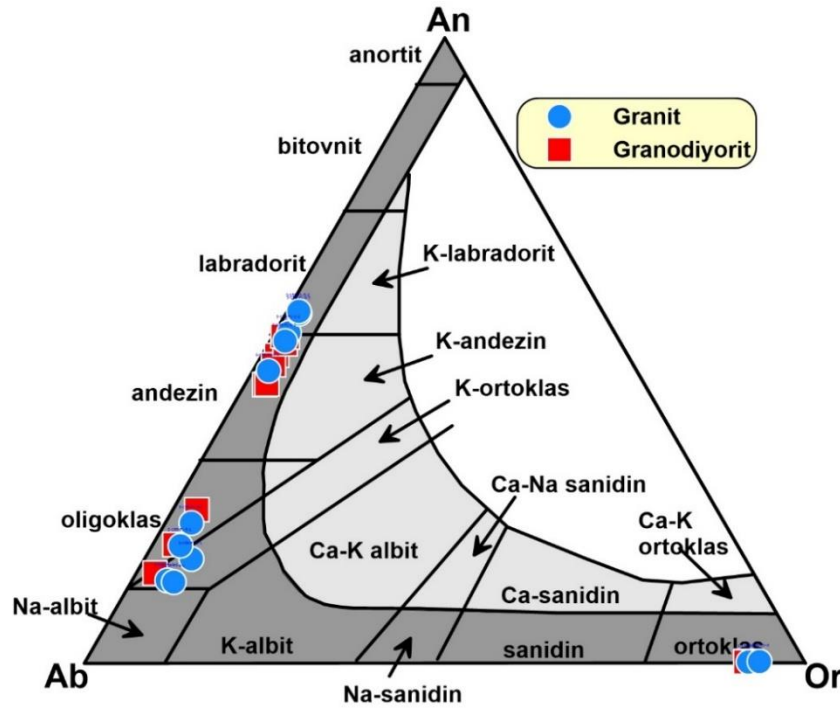
3.3.1. Plajiyoklaz

Gölönü Plütönu kayaçlarının hemen hepsinde amfibol ile birlikte plajiyoklaz ana bileşen olarak yer almaktadır. Genellikle ince uzun yarı öz ve öz şekilli prizmatik kristaller halinde yer yer ise halkalı (oscillatory) zonlu olarak gözlenmektedir (Şekil 10a-b). Bir örnekte yapılan detay analizde plajiyoklaz mineralinin genel olarak normal zonlanma gösterdiği görülmüştür (Şekil 10c-d).

Örneklere alınan detaylı analiz sonuçları ve yapılan hesaplamalar Ek Tablo 1’de verilmiştir. Granit örneklerinde ölçülen plajiyoklaz minerallerinin anortit (An) içeriği 56.3-0.1 (n= 14) arasında değişmekte iken granodiyorit örneklerinde bu değerler 52.3 ile 0.1 (n= 14) arasındadır (Şekil 11). Yapılan sınıflamalarda granit örneklerinde plajiyoklazların türü ağırlıklı olarak oligoklas ve andezin ile az oranda labradorit olarak belirlenmiştir. Granodiyorit örneklerinde de benzer durum gözlenmiştir (Şekil 11). Her iki kayaç grubu da ortoklas türü K-feldispat mineralleri içermektedir. Granodiyorit örneğinde bir plajiyoklaz kristalinde alınan profilde ise merkezde $An_{44}Ab_{53}Or_3$ iken kenarda $An_{14}Ab_{83}Or_3$ bileşime sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 10. a) İnce-uzun prizmatik plajiyoklaz kristalleri. b) c-eksenine dik alınmış plajiyoklaz kristali. c) S155 nolu örnekte zonlu plajiyoklaz mineralinde merkezden kenara alınan ölçümler ve d) %An (mol) değerleri



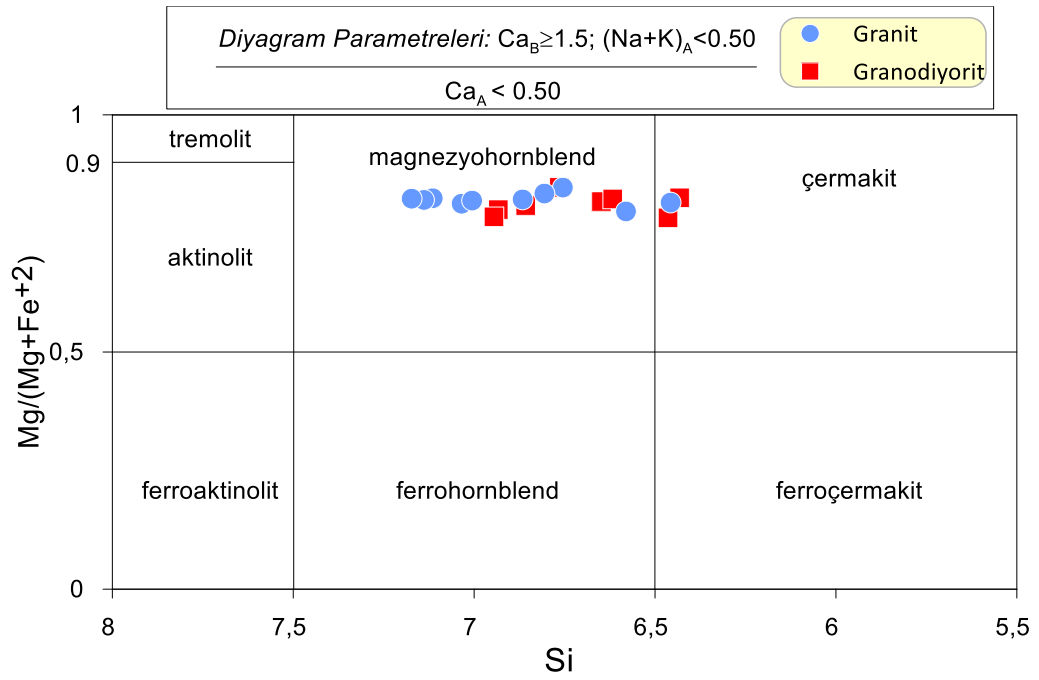
Şekil 11. Gölönü Plütunu plajiyoklazlarının Ab-An-Or üçgen diyagramı (Smith ve Brown, 1988).

3.3.2. Amfibol

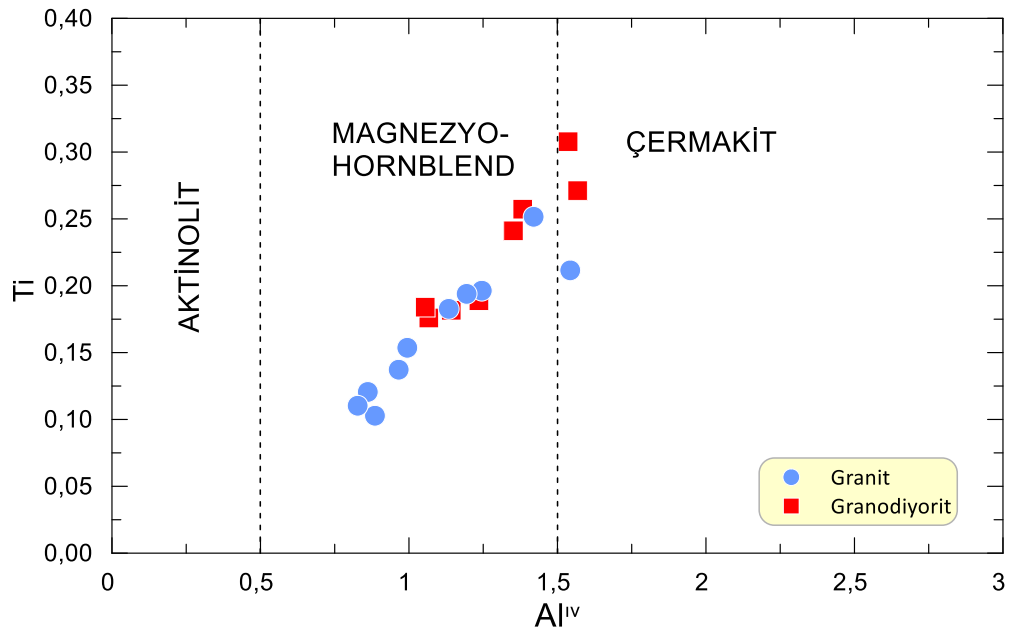
Gölönü Plütouna ait granit ve granodiyoritlerde mafik mineral olarak en yaygın mineral grubunu oluşturmaktadır. Örneklerde gerçekleştirilen kimyasal analiz sonuçları ve yapılan hesaplamalar Ek Tablo 2’de verilmiştir.

Granit örneğinde yer alan amfibollerin TiO_2 içerikleri nispeten düşük (%1.62-2.79) iken FeOt (%10.87-12.01) ve MgO (%14.39-15.61) içerikleri nispeten yüksektir. CaO içeriği ise %11 civarındadır. Örneklerin $\text{Mg\#}$ ($\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}^{+2}$) değerleri ise 0.78-0.85 arasında değişmektedir. Benzer şekilde Granodiyorit örneğinde de TiO_2 içerikleri nispeten düşük (%0.95-2.31), FeOt (%10.68-12.25) ve MgO (%14.55-15.95) içerikleri ise yüksektir. CaO içeriği granitik kayalardakine benzer şekilde %11 civarında değişmektedir. Örneklerin $\text{Mg\#}$ ($\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}^{+2}$) değerleri ise granitik kayalara oranla daha yüksek olup 0.80-0.85 arasında değişiklik göstermektedir.

Amfibollerin, Leake vd. (1997)’ne göre yapılan sınıflamasına göre Ca-tipi (kalsik) amfibol oldukları ($\text{Ca}_B \geq 1.5$ ve $\text{Na}_B < 0.5$) belirlenmiştir (Şekil 12). Örneklerin $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{+2})$ değerleri 0.5’in üzerinde iken, Si içerikleri de çoğunlukla 6.5’in altındadır. Gerek Ca ve Na değerleri gerekse Si ve $\text{Mg\#}$ içeriklerine göre Gölönü Plütunu amfibolleri magnezyoamfibol olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 12). $\text{Ca}_B \geq 1.5$; $(\text{Na}+\text{K})_A < 0.50$ ve $\text{Ca}_A < 0.50$ özelliğine kalsik amfibollerin Ti içerikleri 0.10-0.31 ($n=18$) arasında, Al^{IV} değerleri 0.83-1.57 ($n=18$) ise aralığındadır. Bu değerler amfibollerin magnezyoamfibol türünde olduğunu desteklemektedir (Leake vd., 2004, Şekil 13).



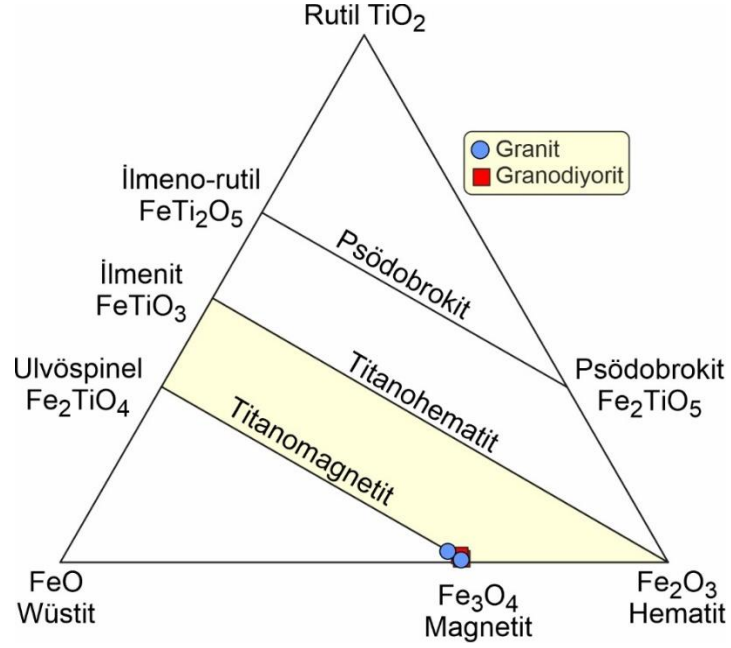
Şekil 12. $Ca_B \geq 1.5$; $(Na+K)_A < 0.50$ ve $Ca_A < 0.50$ parametrelerine sahip kalsik amfibollerin sınıflaması (Leake vd., 1997); Ca_B : Formülde B odacığına giren Ca katyonu, $(Na+K)_A$: A odacığına giren toplam Na ve K katyonu, Ca_A : A odacığına giren Ca katyonu)



Şekil 13. a) $Ca_B \geq 1.5$; $(Na+K)_A < 0.50$ ve $Ca_A < 0.50$ parametrelerine sahip kalsik amfibollerin Al^{IV} -Ti sınıflama diyagramı (Leake vd., 2004)

3.3.3. Fe-Ti Oksit

Fe-Ti oksit minerallerinin kimyasal analiz sonuçları ve yapılan hesaplamalar Ek Tablo 3’de verilmiştir. Fe-Ti oksit mineralleri genellikle yarı öz şekilli ve öz şekilli küçük kristaller halinde ve dağınık gözlenmektedir. Yapılan hesaplamalar türlerinin magnetit (Fe_3O_4) olduklarını göstermiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Granit örneklerinde gözlenen Fe-Ti oksit minerallerinin bileşimi (Bacon ve Hirschmann, 1988)

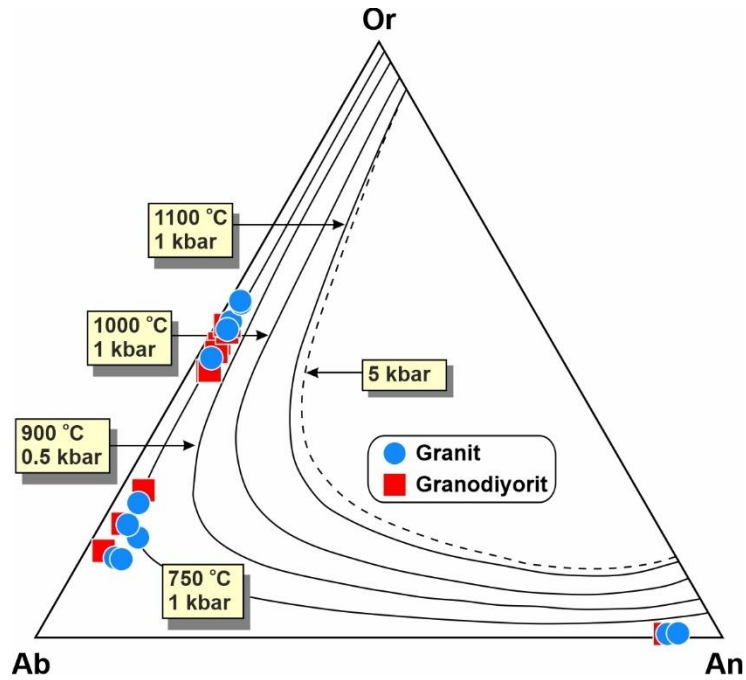
4. TARTIŞMA

4.1. Gölönü Plütönu Kristallenme Koşulları (P-T)

4.1.1. Jeotermometre Hesaplamaları

4.1.1.1. Feldispat Termobarometresi

Feldispat minerallerinde Deer vd. (1992) tarafından önerilen ve Ab-An-Or üçgen diyagramı üzerinde gösterilen eş sıcaklık eğrileri, magmatik kayalarda etkili bir jeotermometre olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem çalışma konusunu oluşturan granitlerdeki plajiyoklazlara uygulandığında, örneklerin 750-900°C sıcaklık eğrileri arasında dağılım gösterdiği, basınçların ise 0.5-1 kbar arasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Granitlerdeki plajiyoklazların Ab-An-Or üçgen diyagramına göre kristallenme sıcaklıkları (eğriler Fuhrman ve Lindsley, 1988'e göredir)

4.1.1.2. Amfibol-Plajiyoklaz Termobarometresi

Gölönü Plütönu kayalarında jeotermobarometre hesaplamalarının yapıldığı bir diğer mineral çifti ise amfibol-plajiyoklaz mineralleri olup volkanik ve plütönik kayalarda yaygın olarak tercih edilmektedir. Çalışma alanında gerek granit gerekse granodiyorit kayaların amfibol-plajiyoklaz çifti içermesi hesaplamalar için uygun

mineralojik bileşim sunmaktadır. Ancak bu hesaplamalarda sıcaklık artışına bağlı olarak amfibol-plajiyoklaz minerallerinin kimyasal bileşimlerinde değişimler söz konusu olabileceğinden (ör., Laird ve Albee, 1981; Hammarstrom ve Zen, 1986), hesaplamalarda göz önünde bulundurulması önem arz etmektedir.

Amfibol minerallerinde amfibollerin Al içeriğine dayanarak kristallenme basınçlarının hesaplandığı deneysel korelasyonlar, çeşitli araştırmacılar tarafından basınç (P) koşullarını belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Bu hesaplamalarda amfibol minerallerinin ilişkili komşu mineraller ile birlikte kristallenme basıncını ve derinliğini yansıttığı bilinmektedir (Ghent vd., 1991) Ancak amfibollerde $Al = 0.79$ değeri bir alt sınır olarak kabul edilir (örn., Leake, 1971) ve toplam Al (Al^T) bu değer altındaysa, hesaplanan basınçlar negatif çıkabilir. Gölönü Plütunu örneklerinde hesaplanan Al^T değerleri bir örnek dışında 0.90-1.70 ($n = 17$) arasında değiştiğinden hesaplamalar için uygun değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Amfibol minerallerinde kristallenme basınçları ile Al^T içerikleri arasında oluşturulan deneysel korelasyonlar çalışma alanındaki örneklerle uygulandığında basınç (P) değerleri; $P_1 = 0.5-4.7$ kbar (ort = 2.4 ± 1.3 kbar; Hammarstrom ve Zen, 1986), $P_2 = 0.2-4.9$ kbar (ort = 2.4 ± 1.5 kbar; Hollister vd., 1987), $P_3 = 0.2-3.7$ kbar (ort = 1.9 ± 1.1 kbar; Johnson ve Rutherford, 1989), $P_4 = 1.1-5.1$ kbar (ort = 3.0 ± 1.3 kbar; Schmidt, 1992) ve $P_5 = 0.7-4.4$ kbar (ort = 2.4 ± 1.2 kbar; Anderson ve Smith, 1995) olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Benzer şekilde, örneklerde Blundy ve Holland (1990) ve Holland ve Blundy (1994) yöntemlerine göre hesaplanan sıcaklık değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu ve genel olarak 636 – 1075°C arasında değiştiği görülmüştür (Tablo 3).

Tablo 3. Gölönü Plütunu kayaçlarının Al in-amfibol barometre ve amfibol-plajiyoklaz termometre hesaplamaları ile elde edilen değerlerin karşılaştırılması

Yöntem	Al in Amfibol (Al-Hbl) Barometresi		
Basınç P (kbar)	P_{min}	P_{mak}	P_{ort} (n= 18)
Hammarstrom ve Zen (1986); P_1	0.5	4.7	2.4 ± 1.3
Hollister vd. (1987); P_2	0.2	4.9	2.4 ± 1.5
Johnson ve Rutherford (1989); P_3	0.2	3.7	1.9 ± 1.1
Schmidt (1992); P_4	1.1	5.1	3.0 ± 1.3
Anderson ve Smith (1995); P_5	0.7	4.4	2.4 ± 1.2
Hbl-Pl Termometresi*			
Sıcaklık T (°C)	T_{min}	T_{mak}	T_{ort} (n= 18)
Blundy ve Holland (1990)	636	1075	813 ± 144
Holland ve Blundy (1994)	639	1075	800 ± 118
$P_1 = -3.92 + 5.03Al^T$; $P_2 = -4.67 + 5.64Al^T$; $P_3 = -3.46 + 4.23Al^T$; $P_4 = -3.01 + 4.76Al^T$; $P_5 = 4.76Al^T - 3.01 - [(T-675)/85] \times [0.53Al^T + 0.005294 \times (T-675)]$.			

4.1.2. Jeobarometre Hesaplamaları

4.1.2.1. Amfibol Termobarometresi, Oksijen Fugasitesi ve Hidrometresi

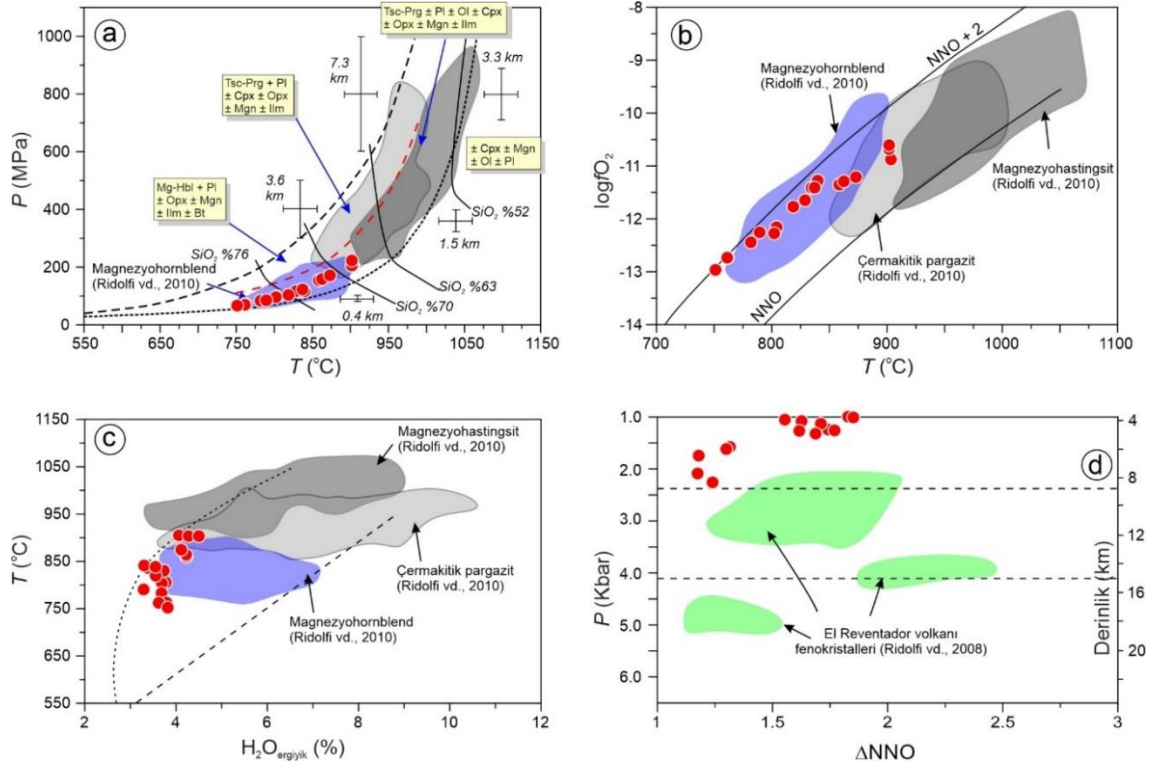
Oksijen fugasitesi (fO_2) magmatik kayaların kristallenme esnasındaki kısmi basınç değerlerinin bir ölçütü olup kristallenme esnasındaki petrolojik süreçler hakkında önemli bilgiler vermektedir. Kayaların oluşum esnasında ergiyeğin sıcaklık-basınç ilişkisini de kontrol eden bu süreç aynı zamanda minerallerin duraylılık alanlarını da etkilemektedir. Oksijen fugasitesi sıcaklığın bir fonksiyonu olarak değişmekle birlikte, genellikle sıcaklık artışına bağlı olarak fugasite de yükselmektedir (Wones, 1989; Ridolfi vd., 2008, 2010).

İnceleme alanındaki granitik kayalarda Ridolfi vd. (2010)'a göre sıcaklık (T , °C), basınç (P , kbar), oksijen fugasitesi (fO_2 , ΔNNO), su içerikleri (H_2O ergiyik, %ağ.) ve kayaların kıtasal oluşum derinlikleri hesaplamaları yapılmıştır ve elde edilen sonuçlar Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Gölönü Plütunu granitik kayalarını amfibol termobarometresi, oksijen fugasitesi (fO_2), ergiyikteki su içeriği (H_2O_{ergiyik}) ve oluşum derinlikleri (Ridolfi vd., 2010)

<u>Amfibol Termobarometresi</u>		
$T_{\min}$ (°C): 751	$T_{\max}$ (°C): 904	T_{ort} (n= 18): 829±22
$P_{\min}$ (kbar): 0.67	$P_{\max}$ (kbar): 2.23	P_{ort} (n= 18): 1.26±0.14
<u>Oksijen Fugasitesi (fO_2)</u>		
$fO_{2\min}$: -13.0	$fO_{2\max}$: -10.6	$fO_{2\text{ort}}$ (n= 18): -11.7±0.4
$\Delta NNO_{\min}$: 0.9	$\Delta NNO_{\max}$: 2.0	ΔNNO_{ort} : 1.6±0.3
<u>Ergiyikteki Su İçeriği (H_2O_{ergiyik})</u>		
H_2O_{ergiyik} (%ağ.) _{min}	H_2O_{ergiyik} (%ağ.) _{mak}	H_2O_{ergiyik} (%ağ.) _{ort}
3.3	5.0	3.8±0.4
<u>Kıtasal Oluşum Derinliği</u>		
$Dept_{\min}$ (km): 2.5	$Dept_{\max}$ (km): 8.0	$Dept_{\text{ort}}$ (km): 4.8±1.9

Ridolfi vd. (2010)'a göre gerçekleştirilen hesaplamalarda amfibol termometre değerleri 751 – 904°C (829±22, n= 18) arasında değişmekte iken barometre değerleri 0.67 – 2.23 kbar (1.26±0.14, n= 18) arasındadır. Buna karşılık, oksijen fugasitesi (fO_2) değerleri -13.0 ile -10.6 arasında olup, ortalama fO_2 değeri -11.7±0.4 olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar çalışılan kayaların 2.9 ile 6.7 km kıtasal derinlikte yerleştiğini (kıtasal kabukta 1 kbar = 3.78 km derinlik kabul edilerek hesaplanmıştır; Ridolfi vd., 2010) göstermiştir (Şekil 16).



Şekil 16. Gölönü Plütunu granitik kayaçların (a) Basınç (P) – Sıcaklık (T), (b) Oksijen fugasitesi (fO_2) - Sıcaklık (T), (c) Sıcaklık (T) – $H_2O_{ergiyik}$ (%ağ.) ve (d) Basınç (P) - ΔNNO – derinlik (km) değerlerinin karşılaştırılması (Ridolfi vd., 2010)

4.3. Dengesizlik Parametreleri

Mineral bileşimleri ile dokusal özellikler arasındaki ilişkiler, magmatik sistemlerin denge dışı evrimini çözümlemede kritik bir rol oynamaktadır. Soğuma, dekompresyon ve magma karışımı gibi süreçler, sıcaklık–basınç–bileşim (P–T–X) koşullarında ani değişimlere yol açarak sistemin dengeden sapmasına neden olmaktadır (Nixon, 1988; Rutherford ve Hill, 1993; Simonetti vd., 1996; Perugini vd., 2003). Bu tür sapmalar, özellikle dokusal ve mineral kimyasal kayıtlar aracılığıyla izlenebilmektedir.

Dokusal veriler, dengesiz kristalleşmenin doğrudan göstergelerini sunmaktadır. Elek dokulu plajiyoklazların varlığı, aynı örnek içerisinde farklı kristalleşme rejimlerini temsil eden normal ve elek dokulu kristallerin birlikte bulunması ve kenarları düzensizleşmiş (resorbe) kristal morfolojileri, sistemin denge koşullarını kaybettiğine işaret etmektedir (Dungan ve Rhodes, 1978; Stimac ve Pearce, 1992; Venezky ve Rutherford, 1997). Bu dokular, genellikle hızlı çevresel değişimlere verilen kinetik tepkiler olarak yorumlanmaktadır.

Bileşimsel zonlanma desenleri ise bu süreçlerin zamansal ve kimyasal boyutunu ortaya koymaktadır. Aynı örnek içerisinde normal ve ters zonlanmanın birlikte gözlenmesi, değişken P–T–X koşulları altında gerçekleşen dengesiz kristalleşmenin

tanısal bir göstergesidir (Sakuyama, 1981). Özellikle zonlanma tiplerindeki ani geçişler, magmanın evrimi sırasında bileşimsel dalgalanmaların sürekliliğine işaret etmektedir.

İncelenen kayalarda belirlenen petrografik ve mineral kimyasal özellikler, plajiyoklazın dengesizlik süreçlerine duyarlılığını açıkça ortaya koymaktadır. Yaygın osilasyonlu zonlanma, bu minerallerin değişken büyüme koşulları altında kristalleştiğini göstermektedir (Şekil 8). Buna eşlik eden elek dokuları ve yer yer gelişmiş ters zonlanma, kristallerin büyüme ve çözünme evrelerinin birbirini izlediğini düşündürmektedir. Aynı örnek içerisinde normal ve ters zonlu kristallerin birlikte bulunması (Şekil 10). bu süreçlerin süreksiz ancak tekrarlayan doğasını vurgulamaktadır.

Buna ek olarak, plajiyoklaz, amfibol ve opak mineralleri içeren K-feldispat poikilitik dokuları, farklı kristalleşme evrelerinin üst üste binmesiyle gelişen karmaşık bir büyüme geçmişine işaret etmektedir (Şekil 9). Tüm bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, incelenen magmatik sistemin çok aşamalı, açık sistem davranışı sergilediği ve güçlü biçimde denge dışı koşullar altında evrimleştiği sonucuna varılmaktadır.

Plajiyoklaz kristallerinde gözlenen normal zonlanma desenleri, genellikle fraksiyonel kristalleşme süreçlerinin doğal bir sonucu olarak yorumlanmaktadır. Buna karşın, ters zonlanmanın oluşum mekanizması literatürde farklı modellerle açıklanmaya çalışılan tartışmalı bir konudur. Örneğin, Blundy ve Cashman (2001), suya doygun veya su bakımından zengin magmatik sistemlerde sıcaklık ve basınçtaki artışın ters zonlanmayı tetikleyebileceğini ileri sürmektedir. Diğer bir yaklaşıma göre, Blundy vd. (2006), bu tür magmaların yükselmesi sırasında artan sıcaklık koşullarının ters zonlanma gelişimine neden olabileceğini belirtmektedir. Buna ek olarak, Couch vd. (2001) ile Streck (2008), daha düşük sıcaklıktaki bir magmanın, daha sıcak ve sisteme yeni giren bir magma ile karışmasının sıcaklık artışı yaratarak plajiyoklaz kristallerinde ters zonlanmayı oluşturabileceğini ifade etmektedir.

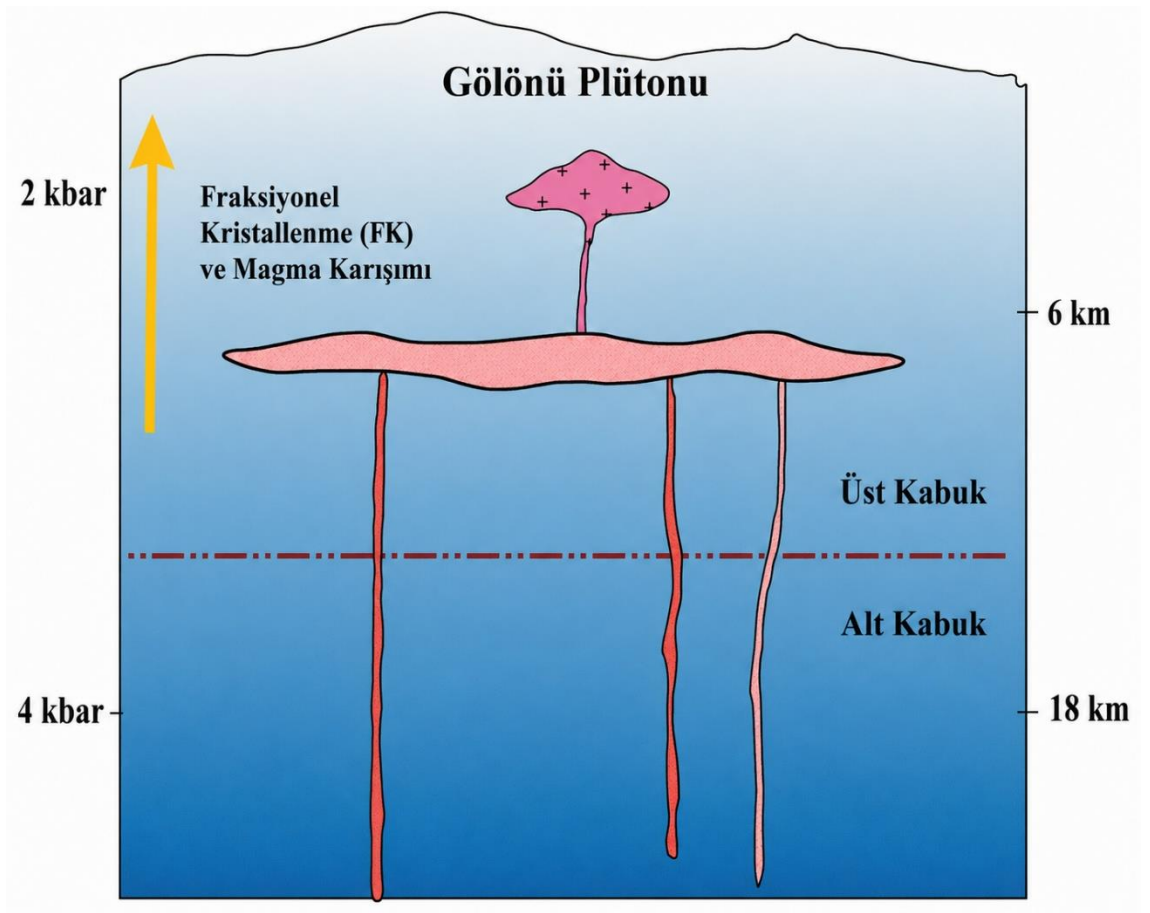
İncelenen örneklerde, bireysel plajiyoklaz kristallerinin kenar kesimlerinde geniş bir bileşim aralığına (An^{26-66}) sahip olduğu belirlenmiştir (Ek Tablo 1). Aynı örnek içerisinde gözlenen bu belirgin bileşimsel heterojenlik, plajiyoklazların oluşumunun tekdüze bir süreçten ziyade, muhtemelen magma karışımı gibi dinamik süreçlerin etkisi altında geliştiğini göstermektedir (Wallace ve Carmichael, 1994).

4.4. Magmanın Evrimi

Doğu Pontid (EP), jeolojik tarihi boyunca, özellikle Paleozoik-Mesozoik geçişinden bu yana baskın bir sıkıştırma tektonik rejimi yaşamıştır. Bu sıkıştırma, KD-

GB ve KB-GD yönlerinde yönlenmiş çatlak sistemlerinin gelişimine neden olmuştur. EP içindeki plütonların uzunlamasına eksenleri, bu temel çatlak eğilimleriyle güçlü bir ilişki sergilemektedir.

Doğu Pontid'deki Erken Eosen Dönemi'ne ait (55 milyon yıl önce) adakitik kayaçların varlığı, yay kıtası çarpışmasının son aşamasına karşılık gelmekte olup, çarpışma sırası veya çarpışma sonrası bir geçmiş ile ilişkilendirilmektedir (Topuz vd., 2005, 2011; Karşlı vd., 2010, 2011). Orta Eosen döneminde (46-40 milyon yıl önce), I- tipi, metalüminli, orta ila yüksek potasyum içeren ve zaman zaman şoşonitik plütonik kayaçların varlığı, çarpışma süreçleri ve sonraki jeodinamik süreçlerle bağlantılıdır. Önceden yapılmış çalışmalar (Boztuğ vd., 2004; Topuz vd., 2005; Arslan ve Aslan, 2006; Karşlı vd., 2007; Kaygusuz vd., 2011; Arslan vd., 2013; Aydınçakır, 2014; Yücel vd., 2017) jeokimyasal izlerin zenginleştirilmiş litosfer mantosundan veya alt kıtasal kabuktan ya da ikisinin karışımından kaynaklandığını göstermektedir. Eosen magmatizması, çarpışma ile ilişkili gerilme rejimi, çarpışma sonrası kabuk kalınlaşması ve litosferin delaminasyon ile ilişkilendirilmiştir (Kaygusuz vd., 2011; Karşlı vd., 2012; Temizel vd., 2012; Arslan vd., 2013; Aslan vd., 2014; Yücel vd., 2017). Slab kırılmasından sonra meydana gelen litosfer delaminasyon, Kazıkbeli plütonik kayaçlarının oluşumuna yönelik bir mekanizma olarak önerilmektedir. Gelişen delaminasyon, astenosferin yukarı hareketini (yerel veya bölgesel) sağlamıştır; sıcak bir astenosfer termal anomalisine yol açarak kimyasal olarak zenginleşmiş litosfer mantosunun kısmen erimesine neden olmuştur ve Orta Eosen kayaçlarının oluşumunu sağlayan magmaları oluşturmuştur. Sonrasında, tektonik uzama nedeniyle kabukta incelme ve çatlak sistemleri oluşmuş, bu erimelerin kabuk içinde yukarı doğru hareket etmesine olanak tanımıştır. Magmanın yukarı çıkışı sırasında, yaklaşık 2-8 km derinlikte bir kamara oluşmuş ve burada fraksiyonel kristalleşme ve magma karışımı olayları gerçekleşmiştir. Mineral bileşimleri ve petrografik özellikler (Tablo 2) temelinde yapılan barometre tahminleri, bu magma odalarının 2 ile 15 km arasında derinliklerde mevcut olduğunu önermektedir (Şekil 17). Magma karışımı, elek dokusu ve zonlama gibi dokusal özelliklerle de desteklenmektedir. Son olarak, oksijen fugasitesi tahminleri, bu derinlikte kristalleşme sırasında oksidasyon koşullarının hâkim olduğunu göstermektedir.



Şekil 17. Gölönü Plütönu'nun kabuk içindeki yerleşimini gösteren şematik kesit

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Eosen yaşlı Gölönü Plütonu, Doğu Pontidlerin güney kesiminde, Gümüşhane civarında konumlanmakta olup, Geç Kretase yaşlı Çatak Formasyonu ile Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu'nu kesen bir sokulum karakteri sunmaktadır. Plüton, yaklaşık 14 km²'lik bir alanı kaplayan ve KD–GB doğrultusunda uzanan elipsoidal bir geometriye sahiptir. Petrografik incelemeler, plütonun başlıca granit ve granodiyoritik bileşimli kayalardan oluştuğunu göstermektedir. Bu kayaların mineral parajenezi; An_{14–56} bileşim aralığında plajiyoklaz, ortoklaz, kuvars, amfibol ve biyotitin yanı sıra az miktarda Fe–Ti oksitleri içermekte, apatit ve zirkon ise aksesuar fazlar olarak gözlenmektedir. Jeotermobarometrik hesaplamalar, kristalleşme koşullarının yaklaşık 802–904 °C sıcaklık ve 2–4 kbar basınç aralığında gerçekleştiğine işaret etmektedir. Bu veriler, söz konusu magmatik birimin orta–sığ kıtasal kabuk seviyelerinde (~8–16 km) yerleştiğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın devamında Gölönü Plütonun yerleşim zamanını ve petrolojisini ortaya çıkarmak için jeokronolojik ve izotopik analizler yapılarak çalışma daha kapsamlı bir hale getirilebilir.

KAYNAKÇA

- Aliyazıcıoğlu, İ. (1999). *Kale (Gümüşhane) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik İncelenmesi* (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Trabzon, 96s).
- Akın, H. (1978). Geologie, magmatismus und lager-staettenbidung im ostpontischen gebirge-Turkei aus der sicht der plattentektonik. *Geologische Rundschau*, 68, 253-283.
- Anderson, J. L. ve Smith, D. R. (1995). The effects of temperature and f O₂ on the Al-in-amfibole barometer. *American mineralogist*, 80(5-6), 549-559.
- Arslan, M. ve Aslan, Z. (2006). Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of the Cenozoic granitic intrusions in the Eastern Pontides (Turkey), *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 177–193.
- Aslan, Z., Arslan, M., Temizel, İ. ve Kaygusuz, A. (2014). K-Ar dating, whole-rock and Sr-Nd isotope geochemistry of calc-alkaline volcanic rocks around the Gümüşhane area: implications for post-collisional volcanism in the Eastern Pontides, Northeast Turkey. *Mineralogy and Petrology*, 108(2), 245-267.
- Aydınçakır, E., Yücel, C., Kaygusuz, A., Bilici, Ö., Yi, K., Jeong, Y-Z., Güloğlu, Z.S., 2023. Magmatic evolution of the Calc-alkaline Middle Jurassic igneous rocks in the eastern pontides, NE Turkey: insights from geochemistry, whole-rock Sr-Nd-Pb, in situ zircon Lu-Hf isotopes, and U-Pb geochronology. *International Geology Review*. <https://doi.org/10.1080/00206814.2023.2177890>.
- Aydınçakır, E., Yücel, C., Ruffet, G., Gücer, M. A., Akaryalı, E. ve Kaygusuz, A. (2022). Petrogenesis of post-collisional Middle Eocene volcanism in the Eastern Pontides (NE, Turkey): Insights from geochemistry, whole-rock Sr-Nd-Pb isotopes, zircon U-Pb and ⁴⁰Ar-³⁹Ar geochronology. *Geochemistry*, 82(2), 125871.
- Bacon, C. R. ve Hirschmann, M. M. (1988). Mg/Mn partitioning as a test for equilibrium between coexisting Fe-Ti oxides. *American Mineralogist*, 73(1-2), 57-61.
- Bektaş, O. (1986). Paleostress trajectories and polyphase rifting in arc-backarc of easternpontides. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 103(103-104), 1-15.

- Bektaş, O. ve Çapkinoğlu, Ş. (1997). Doğu Pontid magmatik arkında (KD Türkiye) neptünyen dayklar ve blok tektoniği. *Geosound*, 30(1), 451-463.
- Blundy, J. ve Cashman, K. (2001). Ascent-driven crystallisation of dacite magmas at Mount St Helens, 1980–1986. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 140(6), 631-650.
- Blundy, J., Cashman, K. ve Humphreys, M. (2006). Magma heating by decompression-driven crystallization beneath andesite volcanoes. *Nature*, 443(7107), 76-80.
- Blundy, J. D. ve Holland, T. J. (1990). Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer. *Contributions to mineralogy and petrology*, 104(2), 208-224.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R. C., Wagner, G. A. ve Yeğingil, Z. (2004). Slow Senonian and fast Palaeocene–Early Eocene uplift of the granitoids in the Central Eastern Pontides, Turkey: apatite fission-track results. *Tectonophysics*, 382(3-4), 213-228.
- Boztuğ, D. ve Harlavan, Y. (2008). K–Ar ages of granitoids unravel the stages of Neotethyan convergence in the eastern Pontides and central Anatolia, Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 97(3), 585-599.
- Boztug, D. (2002). Sphene and zircon fission-track geochronology unravelling subduction-and collision-related magma surges in the composite Kaçkar Batholith, Eastern Black Sea region, Turkey. In *1st International Symposium of the Faculty of Mines (ITU) on Earth Sciences and Engineering*, 16-18 May 2002, Istanbul, Turkey, Abstracts.
- Couch, S., Sparks, R. S. J. ve Carroll, M. R. (2001). Mineral disequilibrium in lavas explained by convective self-mixing in open magma chambers. *Nature*, 411(6841), 1037-1039.
- Çoğulu, E. (1975). Gümüşhane ve Rize granitik plütonlarının mukayeseli petrojeolojik ve jeokronometrik etüdü, Doçençlik Tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul (Yayınlanmamış).
- 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: The Köse composite plüton. *Gondwana Research*, 19(4), 926-944.

- Dokuz, A., Aydin, F. ve Karlı, O. (2019). Postcollisional transition from subduction-to intraplate-type magmatism in the eastern Sakarya zone, Turkey: Indicators of northern Neotethyan slab breakoff. *Bulletin*, 131(9-10), 1623-1642.
- Dokuz, A., Karlı, O., Chen, B. ve Uysal, İ. (2010). Sources and petrogenesis of Jurassic granitoids in the Yusufeli area, Northeastern Turkey: Implications for pre-and post-collisional lithospheric thinning of the eastern Pontides. *Tectonophysics*, 480(1-4), 259-279.
- Dungan, M. A. ve Rhodes, J. M. (1978). Residual glasses and melt inclusions in basalts from DSDP Legs 45 and 46: evidence for magma mixing. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 67(4), 417-431.
- Eyuboglu, Y., Dudás, F. Ö., Zhu, D. C., Santosh, M., Liu, Z., Chatterjee, N. ve Yi, K. (2021). Late Cretaceous alkaline magmas of the Eastern Pontides Orogenic Belt (NE Turkey): A review with new geological, geochemical and geochronological data. *Gondwana Research*, 97, 204-239.
- Eyuboglu, Y., Chung, S. L., Santosh, M., Dudas, F. O. ve Akaryalı, E. (2011). Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: implications for slab window melting. *Gondwana Research*, 19(2), 413-429.
- Eyuboglu, Y., Dudas, F. O., Santosh, M., Zhu, D. C., Yi, K., Chatterjee, N., ... ve Liu, Z. (2016). Cenozoic forearc gabbros from the northern zone of the Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey: implications for slab window magmatism and convergent margin tectonics. *Gondwana Research*, 33, 160-189.
- Eyuboglu, Y., Dudas, F. O., Zhu, D. C., Liu, Z. ve Chatterjee, N. (2019). Late Cretaceous I-and A-type magmas in eastern Turkey: Magmatic response to double-sided subduction of Paleo-and Neo-Tethyan lithospheres. *Lithos*, 326, 39-70.
- Eyuboglu, Y., Dudas, F. O., Chatterjee, N., Santosh, M., Billor, M. Z. ve Yuva, S. (2018). Petrology, geochronology and tectonic setting of early Triassic alkaline metagabbros from the Eastern Pontide Orogenic Belt (NE Turkey): Implications for the geodynamic evolution of Gondwana's early Mesozoic northern margin. *Tectonics*, 37(9), 3174-3206.
- Fuhrman, M. L. ve Lindsley, D. H. (1988). Ternary-feldspar modeling and thermometry. *American mineralogist*, 73(3-4), 201-215.

- Gedik, a., ercan, t., korkmaz, s., ve karataş, s. rize-fındıklı:, çamlıhemşin arasında (doğu karadeniz) yer alan magmatik kayaçların petrolojisi ve doğu pontitlerdeki bölgesel yayılımları.
- Gedikoğlu, A. (1979). Harşit (Giresun–Doğankent) granit karmaşığının jeokronolojik etüdü. *Türkiye Jeoloji Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı*, 33, 59-60.
- Ghent, E. D., Nicholls, J., Simony, P. S., Sevigny, J. H. ve Stout, M. Z. (1991). Amfibole geobarometry of the Nelson Batholith, southeastern British Columbia: tectonic implications. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 28(12), 1982-1991.
- Güven, İ. H. (1993). Doğu Pontidler'in 1/ 250 000 ölçekli kompilasyonu, MTA. Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Hamilton, W. J. Researches In Asia Minor, Pontus and Armenia with some account of their Antiquities and Geology 1842; Volume I.
- Hammarstrom, J. M. ve Zen, E. A. (1986). Aluminum in amfibole: an empirical igneous geobarometer. *American mineralogist*, 71(11-12), 1297-1313.
- Jica, (1986). The republic of Turkey report on the cooperative mineral exploration of Gümüşhane area, consolidated report, *Japan International Cooperation Agency*, 146 pp.
- Karsli, O., Chen, B., Aydin, F. ve Şen, C. (2007). Geochemical and Sr–Nd–Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sariçiçek Plutons, Eastern Turkey: implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granitoids in a post-collision extensional setting. *Lithos*, 98(1-4), 67-96.
- Karsli, O., Dokuz, A. ve Kandemir, R. (2016). Subduction-related Late Carboniferous to Early Permian Magmatism in the Eastern Pontides, the Camlik and Casurluk plutons: Insights from geochemistry, whole-rock Sr–Nd and in situ zircon Lu–Hf isotopes, and U–Pb geochronology. *Lithos*, 266, 98-114.
- Karsli, O., Dokuz, A. ve Kandemir, R. (2017). Zircon Lu–Hf isotope systematics and U–Pb geochronology, whole-rock Sr–Nd isotopes and geochemistry of the early Jurassic Gokcedere pluton, Sakarya Zone-NE Turkey: a magmatic response to roll-back of the Paleo-Tethyan oceanic lithosphere. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 172(5), 31.

- Karsli, O., Dokuz, A., Uysal, I., Aydin, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J. (2010). Relative contributions of crust and mantle to generation of Campanian high-K calc-alkaline I-type granitoids in a subduction setting, with special reference to the Harşıt Pluton, Eastern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 160(4), 467-487.
- Karsli, O., Dokuz, A., Uysal, I., Ketenci, M., Chen, B. ve Kandemir, R. (2012). Deciphering the shoshonitic monzonites with I-type characteristic, the Sidsağı pluton, NE Turkey: magmatic response to continental lithospheric thinning. *Journal of Asian Earth Sciences*, 51, 45-62.
- Karsli, O., Şengün, F., Santos, J. F., Uysal, İ., Dokuz, A., Aydin, F. ve Kandemir, R. (2022). Late Jurassic Paleotethyan oceanic slab break-off revealed by Sr-Nd-Hf isotopes of Na-rich adakitic granites from northwestern Turkey. *Gondwana Research*, 103, 205-220.
- Karsli, O., Ketenci, M., Uysal, İ., Dokuz, A., Aydin, F., Chen, B., ... ve Wijbrans, J. (2011). Adakite-like granitoid porphyries in the Eastern Pontides, NE Turkey: Potential parental melts and geodynamic implications. *Lithos*, 127(1-2), 354-372.
- Kaygusuz, A. (2000). Torul ve çevresinde yüzeylenen kayaçların petrografik ve jeokimyasal incelenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Trabzon*.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E. (2009). Mineralogy, whole-rock and Sr–Nd isotope geochemistry of mafic microgranular enclaves in Cretaceous Dagbasi granitoids, Eastern Pontides, NE Turkey: evidence of magma mixing, mingling and chemical equilibration. *Geochemistry*, 69(3), 247-277.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E. (2011). Petrogenesis of a Late Cretaceous composite pluton from the eastern Pontides: the Dagbaşı pluton, NE Turkey. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, 188(3), 211-233.
- 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. *Geochemistry*, 71(1), 59-75.

- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W. ve Şen, C. (2011). Geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of post-collisional calc-alkaline volcanics in the Eastern Pontides (NE Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 20(1), 137-159.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W., Sipahi, F. ve Ilbeyli, N. (2012). Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, eastern Pontides, Turkey. *International Geology Review*, 54(15), 1776-1800.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W., Sipahi, F., İlbeyli, N. ve Temizel, İ. (2014). LA-ICP MS zircon dating, whole-rock and Sr–Nd–Pb–O isotope geochemistry of the Camiboğazı pluton, Eastern Pontides, NE Turkey: implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in arc-related I-type magmatism. *Lithos*, 192, 271-290.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Temizel, I. ve Aydınçakır, E. (2021). U–Pb zircon ages and petrogenesis of the Late Cretaceous I-type granitoids in arc setting, Eastern Pontides, NE Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, 174, 104040.
- Kaygusuz, A., Chen, B., Arslan, 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(4), 549-581.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Ilbeyli, N., Arslan, M., Satir, M. ve Sen, C. (2010). Insight into magma genesis at convergent plate margins-a case study from the eastern Pontides (NE Turkey). *Neues Jahrbuch Fur Mineralogie-Abhandlungen*, 187(3), 265.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Şen, C. ve Satir, M. (2008). Petrochemistry and petrology of I-type granitoids in an arc setting: the composite Torul pluton, Eastern Pontides, NE Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 97(4), 739-764.
- Kaygusuz, A., Sipahi, F., Ilbeyli, N., Arslan, M., Chen, B. ve Aydınçakır, E. (2013). Petrogenesis of the Late Cretaceous Turnagöl intrusion in the eastern Pontides: Implications for magma genesis in the arc setting. *Geoscience Frontiers*, 4(4), 423-438.
- Kaygusuz, A., Yücel, C., Aydınçakır, E., Gücer, M. A. ve Ruffet, G. (2022). ⁴⁰Ar–³⁹Ar dating, whole-rock and Sr-Nd isotope geochemistry of the Middle Eocene calc-

- alkaline volcanic rocks in the Bayburt area, Eastern Pontides (NE Turkey): Implications for magma evolution in an extension-related setting. *Mineralogy and Petrology*, 116(5), 379-399.
- Ketin, İ. (1966). Güneydoğu anadolu'nun kambrien teşekkülleri ve bunların doğu iran kambrieni ile mukayesesi. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 66(66), 75-87.
- Ketin, İ. ve Canitez, N. (1972). Structural Geology. *Istanbul, ITU Library*, 340.
- Köprübaşı, N. (1993). Petrology and geochemistry of the Jurassic-Cretaceous magmatic rocks between Tirebolu-Harsit (Giresun). *TJK Bull*, 36, 139-50.
- Laird, J. ve Albee, A. L. (1981). Pressure, temperature, and time indicators in mafic schist; their application to reconstructing the polymetamorphic history of Vermont.
- Leake, B. E., Woolley, A. R., Birch, W. D., Burke, E. A., Ferraris, G., Grice, J. D., ... ve Whittaker, E. J. (2004). Nomenclature of amphiboles: additions and revisions to the International Mineralogical Association's amphibole nomenclature. *European Journal of Mineralogy*, 16(1), 191-196.
- Leake, B. E., Woolley, A. R., Arps, C. E., Birch, W. D., Gilbert, M. C., Grice, J. D. ... ve Youzhi, G. (1997). Nomenclature of amphiboles; report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *The Canadian Mineralogist*, 35(1), 219-246.
- Nixon, G. T. (1988). Petrology of the younger andesites and dacites of Iztaccihuatl volcano, Mexico: I. Disequilibrium phenocryst assemblages as indicators of magma chamber processes. *Journal of petrology*, 29(2), 213-264.
- Okay, A. I. ve Şahintürk, Ö. (1997). Geology of the eastern Pontides.
- Özdoğan, K. (1992). Karadağ (Torul-Gümüşhane) ve yakın çevresinin jeolojisi-mineralojisi-petrografisi ve maden zuhurlarının jenetik incelenmesi. *Selçuk Üniversitesi*.
- Ozsayar, T., Pelin, S., ve Gedikoglu, A. (1981). Dogu Pontidler'de Kretase.
- Pejatoğlu, S. (1971). Doğu karadeniz-küçük kafkasya bölgesindeki metalojenik zonlar ve bunların metalojenik özellikleri. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 77(77), 10-21.

- Perugini, D., Busa, T., Poli, G. ve Nazzareni, S. (2003). The role of chaotic dynamics and flow fields in the development of disequilibrium textures in volcanic rocks. *Journal of Petrology*, 44(4), 733-756.
- Ridolfi, F., Puerini, M., Renzulli, A., Menna, M. ve Toulkeridis, T. (2008). The magmatic feeding system of El Reventador volcano (Sub-Andean zone, Ecuador) constrained by texture, mineralogy and thermobarometry of the 2002 erupted products. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176(1), 94-106.
- Ridolfi, F., Renzulli, A. ve Puerini, M. (2010). Stability and chemical equilibrium of amphibole in calc-alkaline magmas: an overview, new thermobarometric formulations and application to subduction-related volcanoes. *Contributions to mineralogy and petrology*, 160(1), 45-66.
- Rutherford, M. J. ve Hill, P. M. (1993). Magma Ascent rates from amphibole breakdown: an experimental study applied to the 1980-1986 Mount St. Helens Eruptions (Paper 93JB01613). *Journal of Geophysical Research-All Series*, 98, 19-667.
- Sakuyama, M. (1981). Petrological study of the Myoko and Kurohime volcanoes, Japan: crystallization sequence and evidence for magma mixing. *Journal of Petrology*, 22(4), 553-583.
- Sakuyama, M. (1981). Petrological study of the Myoko and Kurohime volcanoes, Japan: crystallization sequence and evidence for magma mixing. *Journal of Petrology*, 22(4), 553-583.
- Şengör, A. C. ve Yilmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75(3-4), 181-241.
- Simonetti, A., Shore, M. ve Bell, K. (1996). Diopside phenocrysts from nephelinite lavas, Napak Volcano, eastern Uganda; evidence for magma mixing. *The Canadian Mineralogist*, 34(2), 411-421.
- Sipahi, F., Kaygusuz, A., Saydam Eker, Ç., Vural, A. ve Akpınar, İ. (2018). Late Cretaceous arc igneous activity: the Eğrikar Monzogranite example. *International Geology Review*, 60(3), 382-400.
- Smith, J. V. ve Brown, W. L. (1988). Crystal structures, physical, chemical, and microtextural properties. (No Title).

- Stimac, J. A. ve Pearce, T. H. (1992). Textural evidence of mafic-felsic magma interaction in dacite lavas, Clear Lake, California. *American Mineralogist*, 77(7-8), 795-809.
- Streck, M. J. (2008). Mineral textures and zoning as evidence for open system processes. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 69(1), 595-622.
- Temizel, I., Arslan, M., Yazar, E. A., Aslan, Z., Kaygusuz, A. ve Eraydın, T. B. (2022). Zircon UPb geochronology and petrology of the tholeiitic Gabbro from the Kovanlık (Giresun) area: constraints for the late cretaceous bimodal Arc magmatism in the Eastern Pontides orogenic belt, NE Turkey. *Lithos*, 428, 106840.
- Temizel, İ., Arslan, M., Ruffet, G. ve Peucat, J. J. (2012). Petrochemistry, geochronology and Sr–Nd isotopic systematics of the Tertiary collisional and post-collisional volcanic rocks from the Ulubey (Ordu) area, eastern Pontide, NE Turkey: implications for extension-related origin and mantle source characteristics. *Lithos*, 128, 126-147.
- Temizel, I., Arslan, M., Yucel, C., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. U-Pb geochronology, bulk-rock geochemistry and petrology of Late Cretaceous syenitic plutons in the Golkoy (Ordu) area (NE Turkey): Implications for magma generation in a continental arc extension triggered by slab roll-back.
- Tokel, S., 1972, Stratigraphical and volcanic history of the Gümüşhane region, N. E. Turkey: Ph. D. thesis, University of London, U.C., yayımlanmamış.
- Topuz, G. (2002, May). Retrograde P–T path of anatectic migmatites from the Pulur Massif, Eastern Pontides, NE Turkey: petrological and microtextural constraints. In *1st International Symposium of the Faculty of Mines (İTÜ) on Earth Sciences and Engineering Abstracts, Istanbul, Turkey*.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W. H., Siebel, W., Satır, M. ve Dokuz, A. (2005). Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycık granodiorite (Eastern Pontides, Turkey). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 150(4), 441-455.
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W. H., Zack, T., Hasözbek, A., ... ve Şen, C. (2010). Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey). *Lithos*, 116(1-2), 92-110.

- Topuz, G., Okay, A. I., Altherr, R., Schwarz, W. H., Siebel, W., Zack, T., ... ve Şen, C. (2011). Post-collisional adakite-like magmatism in the Ağvanis Massif and implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey). *Lithos*, 125(1-2), 131-150.
- Ekibi, T. J. (1974). Report on geological survey of Trabzon Area. *Northeastern Turkey Phase I: MTA Rap.*
- Ekibi, Türk-Japon. "The cooperative mineral exploration of Gümüşhane area." (1985).
- Venezky, D. Y. ve Rutherford, M. J. (1997). Preeruption conditions and timing of dacite-andesite magma mixing in the 2.2 ka eruption at Mount Rainier. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 102(B9), 20069-20086.
- Wallace, P. J. ve Carmichael, I. S. (1994). Petrology of Volcán Tequila, Jalisco, Mexico: disequilibrium phenocryst assemblages and evolution of the subvolcanic magma system. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 117(4), 345-361.
- Wones, D.R., 1989. Significance of the assemblage titanite + magnetite + quartz in granitic rocks. *American Mineralogist*, 74, 744-749.
- Yılmaz, C. (2002). Gümüşhane-Bayburt yöresindeki mesozoyik havzalarının tektonosedimantolojik kayıtları ve kontrol etmenleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 45(1).
- Yılmaz, S. ve Boztug, D. (1996). Space and time relations of three plutonic phases in the Eastern Pontides, Turkey. *International Geology Review*, 38(10), 935-956.
- Yılmaz, Y. (1972). Petrology and structure of the Gümüşhane Granite and surrounding rocks, NE Anatolia, Ph D Thesis, University of London (yayınlanmamış).
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş. C. ve Şengor, A. M. C. (1997). Geology and tectonic evolution of the Pontides.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, I., Yazar, E. A. ve Ruffet, G. (2017). Evolution of K-rich magmas derived from a net veined lithospheric mantle in an ongoing extensional setting: Geochronology and geochemistry of Eocene and Miocene volcanic rocks from Eastern Pontides (Turkey). *Gondwana Research*, 45, 65-86.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Sefa GÜZELDAL

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik
Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi :

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyetler ve
Yayınlar :

İş Deneyimi

Stajlar :Göktürk Artun Mühendislik

Projeler :Doğu Karadeniz Metalik Maden Aramaları

Çalıştığı Kurumlar :Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

Tarih :24/06/2026