

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GÖLCÜK – KARAMÜRSEL GÜNEYİ (ARMUTLU YARIMADASI)  
GRANİTOYİTİK KAYAÇLARININ JEOKİMYASAL  
ÖZELLİKLERİ VE BÖLGESEL JEOLOJİK EVRİMİ İÇİNDEKİ  
ÖNEMİ**

**SERCAN TEKİN**

**KOCAELİ 2023**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GÖLCÜK – KARAMÜRSEL GÜNEYİ (ARMUTLU YARIMADASI)  
GRANİTOYİTİK KAYAÇLARININ JEOKİMYASAL  
ÖZELLİKLERİ VE BÖLGESEL JEOLojİK EVRİMİ İÇİNDEKİ  
ÖNEMİ**

**SERCAN TEKİN**

**Prof. Dr. Ömer Faruk ÇELİK**  
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

.....

**Prof. Dr. Utku BAĞCI**  
Jüri Üyesi, Mersin Üniversitesi

.....

**Dr. Mutlu ÖZKAN**  
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

.....

**Tezin Savunulduğu Tarih: 20.06.2023**

## ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmada,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

Bu tez/proje çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

Bu tez çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler Kocaeli Üniversitesi tarafından FHD-2019-1662 no'lu hızlı destek projesi kapsamında maddi/alt yapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Sercan TEKİN

## YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki makale, kitap, tebliğ, lisans, patent gibi çalışmalarda kullanımı, danışmanımın isim hakkı saklı kalmak koşuluyla ve her iki tarafın bilgisi dâhilinde bana ait olacaktır.

Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan **“Lisanüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.
- Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

Sercan TEKİN

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Armutlu Yarımadası'nda Gölcük ve Karamürsel güneyinde yüzeyleyen metamorfik ve granitoyitik kayalar incelenerek jeolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik yeni veriler ortaya konulmuştur. Çalışma sahasındaki çeşitli lokasyonlarda gözlenen granitoyitik kütleler içerisinde, daha önce metagranitoid olarak tanımlanan ancak diğer sokulum kayalar gibi başkalaşım ve deformasyon izine sahip olmayan magmatik kökenli monzodiyoritik bir kütle varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca bölgedeki amfibolit ve mikaşist türü metamorfik kayaların başkalaşım yaşı mikaşistlerin  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  yöntemiyle tarihlendirilmesi sonucunda Geç Jura olarak belirlenmiştir.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince benimle ilgilenerek tecrübeleriyle hem eğitim hayatımda hem de gündelik yaşamımda her zaman yol gösterici olan, karşılaştığım çeşitli zorluklar karşısında yüksek sabır ve yapıcılık ile her zaman beni motive ederek çalışmalarına sorunsuz devam edebileceğim çözümler üreten, bölümde oluşturduğu kaliteli çalışma ortamı sayesinde öğrenimin sürekliliği odaklı çalışma olanağı sağlayan, her ihtiyaç duyduğumda vaktini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyerek çalışmalarımı maddi ve manevi destekleyen saygıdeğer hocam Prof. Dr. Ömer Faruk ÇELİK'e kişisel gelişimim üzerindeki emekleri ve çalışmalarına verdiği destekler için minnettarım.

Lisans öğrenimim içerisinde, kendi doktora çalışmalarındaki ofis ve laboratuvar süreçlerine beni de dahil ederek jeolojiye dair kendisinden çok şey öğrendiğim, yüksek lisans eğitimimde ise tez ve yayın süreçlerimin önemli aşamalarındaki dokunuşlarıyla ve arazi çalışmalarına olan katkılarıyla bilgi ve deneyimlerini her zaman paylaşarak desteğini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Mutlu ÖZKAN'a teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca laboratuvarında kendisinden çok şey öğrendiğim, sınırlı zamanlarında bile bana ve arkadaşlarıma her zaman vakit ayırıp destek olan, ekip çalışmasının önemini ve nasıl keyifli bir hale getirilebileceğini yeniden keşfetmemi sağlayan ve özellikle yıllık iznini kullanırken bile arazi çalışmaya destek veren Jeoloji Yük. Müh. İsmail Emir ALTINTAŞ'a teşekkür ederim.

Auburn Üniversitesi'nde yaş tayini analizlerini gerçekleştiren Dr. Zeki BİLLOR'a ve Padova Üniversitesi'nde mineral kimyası analizlerini gerçekleştiren Prof. Dr. Andrea MARZOLI'ye teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim süresince her zaman yanımda olduklarını hissettirerek motivasyonumu her zaman yüksek tutmamı sağlayan, çalışmalarımın her aşamasıyla yakından ilgilenerek maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Büşra TÜFEKÇİBAŞI, Zeynep KUŞKONMAZ TEKİN ve Eser TEKİN'e teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, tüm kararlarımı destekleyen annem Gülcan TEKİN, babam Boli TEKİN ve kardeşim Pınar TEKİN'e teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ .....	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI .....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
ÖZET .....	ix
ABSTRACT .....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Çalışma Yöntemi .....	3
2.2. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu .....	5
2.3. Önceki Çalışmalar .....	8
2.4. Bölgesel Jeoloji .....	17
3. GENEL JEOLJİ .....	21
3.1. Pamukova Metamorfitleri .....	22
3.2. Bakacak Formasyonu .....	29
3.3. İncebel Filişi .....	32
3.4. Sarısu Volkanitleri .....	35
3.5. Eosen Granitoyidi .....	36
3.6. Arslanbey Formasyonu .....	38
3.7. Alüvyon .....	38
4. PETROGRAFI VE MİNERAL KİMYASI .....	39
4.1. Pamukova Metamorfitleri .....	39
4.2. Granitoyidler .....	41
5. TÜM KAYAÇ JEOKİMYASI .....	46
5.1. Amfibolitler .....	46
5.2. Granitoyidler .....	47
6. JEOKRONOLOJİ .....	51
7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	53
KAYNAKLAR .....	55
EKLER .....	61
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER .....	69
ÖZGEÇMİŞ .....	70

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Çalışma kapsamında incelenen metamorfik ve granitoyitik kayaçların dağılımlarını gösterir harita.....	3
Şekil 2.2.	Armutlu Yarımadası'nda Gölcük ve Karamürsel güneyinde yer alan çalışma alanının yer bulduru haritası.....	6
Şekil 2.3.	Armutlu Yarımadası ve çalışma sahasının topografyası, önemli dere ve tepelerini gösterir harita.....	7
Şekil 2.4.	Yoğun bitki örtüsüne sahip çalışma sahasına ait uydu görüntüsü (a) ve çeşitli lokasyonlardan sahaya ait görünüm (b) Lütfiye-Sofular yolu (c) Şevketiye köyü yakınları (d) Başkırız-İznik yolu (e) İrşadiye yakınları.....	8
Şekil 2.5.	Türkiye'nin tektonik birlikleri ve kenet kuşakları.....	18
Şekil 2.6.	Armutlu Yarımadası'nın (a) Kuzey batı Türkiye'deki konumu (b) Armutlu Yarımadası ve çevresinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası.....	20
Şekil 3.1.	Çalışma sahasının jeoloji haritası.....	21
Şekil 3.2.	Çalışma sahasında Hamidiye-Şevketiye yolu üzerinde yüzlek veren ve kuvars damarları tarafından kesilen masif yapıli amfibolitlerin genel görünümü.....	23
Şekil 3.3.	Çalışma sahasında Hamidiye-Şevketiye yolu üzerinde yüzlek veren ve kuvars damarları tarafından kesilen masif yapıli amfibolitlerin yakın görünümü.....	24
Şekil 3.4.	Çalışma sahasındaki mikaşistlerin (a) genel görünümü, (b) belirgin foliasyonlarını gösterir yakın görünümü.....	25
Şekil 3.5.	İhsaniye köyü doğusunda bulunan düşük dereceli metamorfik istifin (a) genel görünümü, (b) belirgin şişti yapıyı gösterir yakın görünümü.....	25
Şekil 3.6.	Değirmendere'nin güneyinde gözlemlenen metapelitik kayaçlara ait kıvrımlanmış tabakalı yapıyı gösteren görünüm.....	28
Şekil 3.7.	Değirmendere'nin güneyinde gözlemlenen metapelitik kayaçlara ait kıvrımlanmış tabakalı yapının yakın görünümü.....	28
Şekil 3.8.	İhsaniye (Karamürsel) kuzeybatısında Eosen granitoyidleri tarafından kesilen metapelitik kayaçlara ait mostranın görünümü.....	29
Şekil 3.9.	Çalışma sahasındaki amfibolitleri kesen granitoyitik kütlelin genel görünümü.....	29
Şekil 3.10.	Çalışma sahasında Hamidiye köyü batısında yer alan granitoyitik sokuluma ait mostranın genel görünümü.....	29
Şekil 3.11.	Çalışma sahasında Hamidiye köyü batısında yer alan granitoyitik sokuluma ait (a) mostranın genel görünümü (b) mostraya ait el altere örneğinin yakın görünümü (c) belirgin alterasyon sunan el örneğine ait yakın görünüm.....	29
Şekil 3.12.	Çalışma sahasında yer alan batısında yer alan monzodiyoritik kütleyle ait (a) mostranın genel görünümü (b) mostranın yakın görünümü.....	29
Şekil 3.13.	Hamidiye köyü yakınlarında Bakacak Formasyonu'na ait kumtaşı istifine ait genel görünüm.....	31

Şekil 3.14.	İhsaniye (Gölcük) güneyinde yüzlek veren Bakacak Formasyonuna ait kumtaşı tabakalarına ait bir görünüm .....	31
Şekil 3.15.	Tepeköy mevkiinde yer alan volkano-sedimanter birime ait genel görünüm .....	32
Şekil 3.16.	Çalışma sahasında yer alan İncebel Formasyonundan bir filiş istifine ait genel görünüm .....	33
Şekil 3.17.	Tepeköy kuzeyinde bulunan kumtaşı ve fosilli düzeyin genel görünümü .....	34
Şekil 3.18.	Tepeköy kuzeyinde bulunan kumtaşı ve fosilli düzeyin yakın görünümü .....	34
Şekil 3.19.	Sarısu Volkaniklerine ait (a) mostranın genel görünümü ve (b) aynı yüzlek alanındaki volkanik kayaca ait taze kırık yüzeyinin görünümü .....	36
Şekil 3.20.	İhsaniye Granitoyidinin genel görünümü .....	37
Şekil 3.21.	İhsaniye Granodiyoritini kesen bazik daykların görünümleri (a) İhsaniye Barajı girişi (b) Baraj girişinin vadi cephesi .....	37
Şekil 4.1.	İhsaniye (Gölcük) kuzeybatısından derlenen GK-Y1 numaralı porfiroepidoblastik dokulu mikaşist örneğinin (a) Polarize ışık altındaki görünümü. (b) Doğal ışık altındaki görünümü. ....	39
Şekil 4.2.	İhsaniye (Gölcük) batısından derlenen GK-004 numaralı lepidoblastik dokulu mikaşist örneğinin (a) Polarize ışık altındaki görünümü. (b) Doğal ışık altındaki görünümü. ....	40
Şekil 4.3.	GK-001 numaralı mika şist örneğine ait plajiyoklazların kimyasal bileşimleri .....	40
Şekil 4.4.	Lütfiye köyü kuzeydoğusundan derlenen GK-003 numaralı nematoblastik dokulu amfibolit örneğinin (a) Polarize ışık altındaki görünümü. (b) Doğal ışık altındaki görünümü. ....	41
Şekil 4.5.	Lütfiye köyü kuzeydoğusundan derlenen GK-003 numaralı nematoblastik dokulu amfibolit örneğinin (a) Polarize ışık altındaki görünümü. (b) Doğal ışık altındaki görünümü. ....	41
Şekil 4.6.	Avcıköy ve Kadiriye arasındaki lokasyonlardan derlenen GK-008 ve GK-010 numaralı breşik dokulu granitoyid örneklerinin (a,c) Polarize ışık altındaki görünümleri. (b,d) Doğal ışık altındaki görünümleri .....	42
Şekil 4.7.	Makaslanmış dokulu granitoyidler (a,b) Senaiye batısından derlenen GK-006 numaralı örneğin doğal ve polarize ışık altındaki görünümleri (c,d) Avcıköy güneyinden derlenen GK-011 numaralı örneğin doğal ve polarize ışık altındaki görünümleri. ....	43
Şekil 4.8.	Taneli dokuya sahip GK-Y2 numaralı monzodiyorit örneğinin (a,b) Polarize ve doğal ışık altındaki görünümleri (c) idiomorfik epidot mineralinin 200 µm ölçeğinde doğal ışık altındaki görünümü (d) Mirmekitik doku sergileyen kayaca ait doğal ışık altındaki görünüm. ....	44
Şekil 4.9.	Değirmendere güneyinden derlenen GK-Y2 numaralı monzodiyorit örneğinin amfibollerinin kimyasal bileşimi .....	44
Şekil 4.10.	Değirmendere güneyinden derlenen GK-Y2 numaralı örneğin feldspatlarının bileşimleri .....	45



Şekil 5.1.	Çalışma sahasındaki amfibolitler için (a) kondrite göre normalize edilmiş NTE diyagramı, (b) N-MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramı.....	47
Şekil 5.2.	Çalışma sahasındaki granitoid kayaç örneklerinin TAS diyagramında sınıflanması.....	48
Şekil 5.3.	Çalışma sahasındaki granitoid kayaç örneklerinin (a) Al doygunluk indeksi diyagramı (b) K <sub>2</sub> O içeriklerinin SiO <sub>2</sub> içerikleriyle kıyaslandığı diyagram .....	48
Şekil 5.4.	Çalışma sahasındaki granitoidler için (a) kondrite göre normalize edilmiş NTE diyagramı, (b) N-MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramı .....	49
Şekil 5.5.	Çalışma sahasındaki granitoidler için (a)Y-Nb içeriklerinin kıyaslandığı diyagram ve (b) Y+Nb içeriklerinin Rb içerikleriyle kıyaslandığı diyagram .....	50
Şekil 6.1.	Çalışma sahasındaki mikaşistlerden elde edilen muskovit minerallerinden yapılan <sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar yaş tayini sonucu .....	52

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C	: Santigrad
%	: Yüzde
~	: Yaklaşık
μ	: Mikron
nA	: Nano Amper
ppm	: Milyonda bir

### Kısaltmalar

Amp	: Amphibole (Amfibol)
Ar	: Argon
BFZ	: Bornova Filiş Zonu
Bt	: Biotite (Biyotit)
COLG	: Collisional Granites (Çarpışma Granitleri)
Cpx	: Clinopyroxene (Klinopiroksen)
N-MORB	: Normal Mid-Ocean Ridges Basalt (Normal Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı)
ICP-MS	: Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer (Endüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi)
IAE	: İzmir-Ankara-Erzincan
IAEK	: İzmir-Ankara-Erzincan Keneti
ITK	: İç Toros Keneti
Kfs	: Potasyum feldspat
LIL	: Large-ion lithophile elements (Büyük iyon yarıçaplı litofil elementler)
Ms	: Muscovite (Muskovit)
My	: Milyon yıl
REE	: Rare Earth Elements (Nadir toprak elementleri)
Opq	: Opaq (Opak)
Qz	: Quartz (Kuvars)
Pl	: Plajiyoklaz
TAS	: Toplam Alkali Silika
U-Pb	: Uranyum-Kurşun

# GÖLCÜK-KARAMÜRSEL GÜNEYİ (ARMUTLU YARIMADASI) GRANİTOYİTİK KAYAÇLARININ JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE BÖLGESEL JEOLJİK EVRİM İÇİNDEKİ ÖNEMİ

## ÖZET

Armutlu Yarımadası'nda Gölcük ve Karamürsel güneyinde yer alan metamorfik kayaçlar, görünür temelinde bazik kökenli metagabro, amfibolit ve daha az oranda mikaşist türü kayaçlar ile yapısal olarak üst bölümlerinde pelitik kökenli düşük dereceli metamorfiklerden oluşmaktadır. Bu metamorfik kayaçlar tektonizmadan yoğun biçimde etkilenmiş çeşitli büyüklüklerdeki metagranitoyitik sokulumlar tarafından kesilmektedir. Söz konusu metamorfik ve metagranitoyitik kayaçlar Üst Kretase'den başlayan çökeller tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Çalışma sahasında hâkim kayaç türünü oluşturan amfibolitler amfibol, plajiyoklaz, klinopiroksen ve tali olarak titanit mineral topluluklarından oluşmaktadır. Metamorfik temele ait mikaşistler başlıca kuvars, plajiyoklaz, biyotit, muskovit ve opak minerallerden oluşmaktadır. Mikaşistlere ait muskovit mineralleri  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  yöntemiyle tarihlendirilerek amfibolit ve mikaşistlerden oluşan metamorfik kütlelerin başkalaşım yaşı 156 My (Geç Jura) olarak belirlenmiştir. Metagranitoyitik kayaçlar yaygın olarak milonitik ve breşik dokular sunarken kuvars, plajiyoklaz, K-feldspat,  $\pm$  amfibol,  $\pm$  biyotit,  $\pm$  muskovit,  $\pm$  titanit,  $\pm$  epidot ve opak minerallerden oluşmaktadır. Bu kayaçlar toplam alkali silika diyagramlarında metaluminos ve kısmen peraluminos karaktere sahip olup, tüm kayaç jeokimyası analizlerinde sub-alkalin karakterli granit, granodiyorit, kuvars-monzonit ve diyorit bileşimleri sunarlar. Söz konusu kayaçlar tektonomagmatik ayırım diyagramlarında yay tipi ve çarpışmayla eşzamanlı oluşan granitoyitik kayaçlarla benzer alanlara iz düşmektedir. Yay tipi özellik sergilemesine rağmen mineralojik ve dokusal olarak diğer granitoidlerden farklılık sunduğu tespit edilen monzodiyoritik sokulum, kuvars plajiyoklaz amfibol, biyotit, epidot, titanit ve zirkon minerallerinden oluşmaktadır. Bu kayaçtaki magmatik kökenli epidot minerallerinin varlığı, bu kayaçların derin kökenli olduğuna işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Armutlu Yarımadası,  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ , Granitoid, Jura, Metamorfizma.

# **GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND IMPORTANCE IN THE REGIONAL EVOLUTION OF GRANITOID ROCKS LOCATED AT THE SOUTH OF GÖLCÜK-KARAMÜRSEL (ARMUTLU PENINSULA)**

## **ABSTARCT**

The metamorphic rocks in the Armutlu Peninsula, located south of Gölcük and Karamürsel, consist of metagabbro and amphibolite derived from basic magmatic rocks, along with a lesser extent mica schists at the visible base. Additionally, there are low-grade metamorphic rocks in the structurally upper parts, which are derived from pelitic rocks. These metamorphic rocks are cut by metagranitoid intrusions of various sizes that have been considerably affected by tectonism. These metamorphic and metagranitoid rocks are unconformably overlain by the Upper Cretaceous sediments. The amphibolites, which are the dominant rock type in the study area, consist of amphibole, plagioclase, clinopyroxene, and secondary titanite mineral associations. The micaschists which belong to the metamorphic basement of the region are composed mainly of quartz, plagioclase, biotite, muscovite, and opaque minerals. Muscovites belonging to the micaschists were dated by the  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  dating method and thus the age of metamorphism for the metamorphic rock unit consisting of amphibolite and micaschists was determined to be 156 Ma (Late Jurassic). Metagranitoid rocks showing commonly the milonitic and breccia textures consist of quartz, plagioclase, K-feldspar,  $\pm$ amphibole,  $\pm$ biotite,  $\pm$ muscovite,  $\pm$ titanite,  $\pm$ epidote and opaque minerals. These rocks exhibit metaluminous and peraluminous characteristics on the TAS diagram and show compositions of sub-alkaline granites, granodiorites, quartz-monzonites, and diorites based on the whole rock geochemical analyses. These rocks plot in similar area of the arc-type and the syn-collisional granitoid rocks based on the tectonomagmatic discrimination diagrams. The monzodiorite intrusion, which has been determined to be different from other granitoids in mineralogical and textural properties, consists of quartz plagioclase amphibole, biotite, epidote, titanite and zircon minerals, although it exhibits arc-type features. The presence of igneous epidote minerals in this rock suggest that the monzodiorite is of deep origin.

**Keywords:** Armutlu Peninsula,  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ , Granitoid, Jurassic, Metamorphism.

## 1. GİRİŞ

Armutlu Yarımadası'nda yüzeyleyen ofiyolitik, metamorfik ve granitoyitik kayaç topluluklarının birlikteliğini inceleyen yerbilimciler bölgedeki kayaçları niteleyerek çeşitli sınıflandırmalar ve paleotektonik modeller önermişlerdir. Ancak, önceki çalışmalarda önerilen modeller birbirleriyle önemli farklılıklar sunmakla birlikte, birimlerin adlandırılması, kökeni ve oluşum zamanları konularında da farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin, Şengör ve Yılmaz (1981) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ilk kez tanımlanan İç Pontid kenedi önemli tartışma konularından birini oluşturmaktadır. Aynı çalışmada önerilen modele göre, Erken Jura'da açılan İç Pontid okyanusu, Paleosen-Lütesiyen süresince Rodop-Pontid fragmanı ile Sakarya Kıtasının çarpışması sonucunda kapanmıştır. Buna göre, günümüzde her iki kıta arasındaki sınırı oluşturan İç Pontid kenedinin, Gelibolu'dan başlayarak Armutlu Yarımadası, Geyve, Bolu, Gerece ve Ilgaz Masifi boyunca uzanan ofiyolitik bir kuşak ile temsil edildiği ve Neotetis okyanusunun kuzey koluna ait kalıntıları içerdiği önerilmektedir. Bu modele karşın, İç Pontid okyanusunun varlığına dair yeterli kanıtlar bulunmadığından dolayı Mesozoyik zamana ait bir okyanusun var olmadığı (Elmas ve Yiğitbaş, 2001) veya İç Pontid keneti boyunca gözlemlenen ofiyolitlerin Paleotetis okyanusu ile ilişkili olduğu (Yılmaz ve diğ. 1997) yönünde görüşler de bulunmaktadır. İç Pontid okyanusunun literatürde önerilen açılma ve kapanma yaşları da farklılıklar sunmaktadır. Örneğin, İç Pontid okyanusu için Erken Jura (Şengör ve Yılmaz, 1981), Erken Mesozoyik (Robertson ve Ustaömer, 2004) ve Permian (Akbaş, 2011) benzeri farklı zamanlara ait açılma yaşları önerilirken, Geç Kretase (Göncüoğlu ve Erendil, 1991; Yılmaz ve diğ., 1997; Robertson ve Ustaömer, 2004), Erken Kretase (Akbaş, 2011), Paleosen-Eosen (Şengör ve Yılmaz, 1981) benzeri kapanma yaşları olan çalışmalar mevcuttur. Kapanma yaşlarının ilk transgresif çökellere dayanarak yapılması, stratigrafik dizilimlerin fosil bulgulara dayalı veya komşu zonlara ait birimlerle yapılan deneştirmeler neticesinde oluşturulması ve benzeri yöntemler yerbilimciler tarafından önerilen farklı modellerin tutarlı verilere dayanmasına katkı sağlamaktadır. Armutlu Yarımadası'nda gerçekleştirilen çalışmalardaki farklılıkların temelinde ise jeolojik zamanlar boyunca bölgenin deformasyon süreçlerinden birden fazla kez etkilenmesi, bölgedeki yaygın bitki örtüsü altında kalan litolojilerin belirgin bir şekilde gözlenememesi, radyometrik tarihlendirme verilerinin eksik olması gibi çeşitli nedenler yer almaktadır. Gelişen analiz yöntemleriyle birlikte son

yıllardaki çalışmalarda sunulan yeni jeokimyasal ve jeokronolojik veriler (Robertson ve Ustaömer, 2004; Okay ve diğ., 2008; Çelik ve diğ., 2009; Akbayram ve diğ., 2013; Özkan ve diğ., 2021; Özbey ve diğ., 2021), bölgedeki kayaç topluluklarının kökenleri, oluşum yaşları ve birbirleriyle olan ilişkilerinin belirlenmesinde ve jeolojik evriminin anlaşılmasında önemli katkılar sağlamıştır. Örneğin, ilk kez Akartuna (1968) tarafından Armutlu Yarımadası'nın metamorfik temelinin Permokarbonifer yaşlı kristalen şistler olarak tanımlandığı, sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda ise temel kayaçlarının çeşitli şekillerde sınıflandırıldığı (ör: Göncüoğlu ve diğ. 1989; Robertson ve Ustaömer, 2004; Yılmaz ve diğ. 1997), ve bu sınıflandırmalarda yer alan Armutlu Yarımadası'nın yüksek dereceli metamorfik kayaçlarının ise yakın zamanda sunulan yeni jeokronolojik veriler ışığında Geç Neoproterozoyik-Ordovisiyen yaşlı temel kayaçları olarak nitelendirildiği görülmektedir (Okay ve diğ., 2008; Akbayram ve diğ., 2013; Özbey ve diğ., 2021).

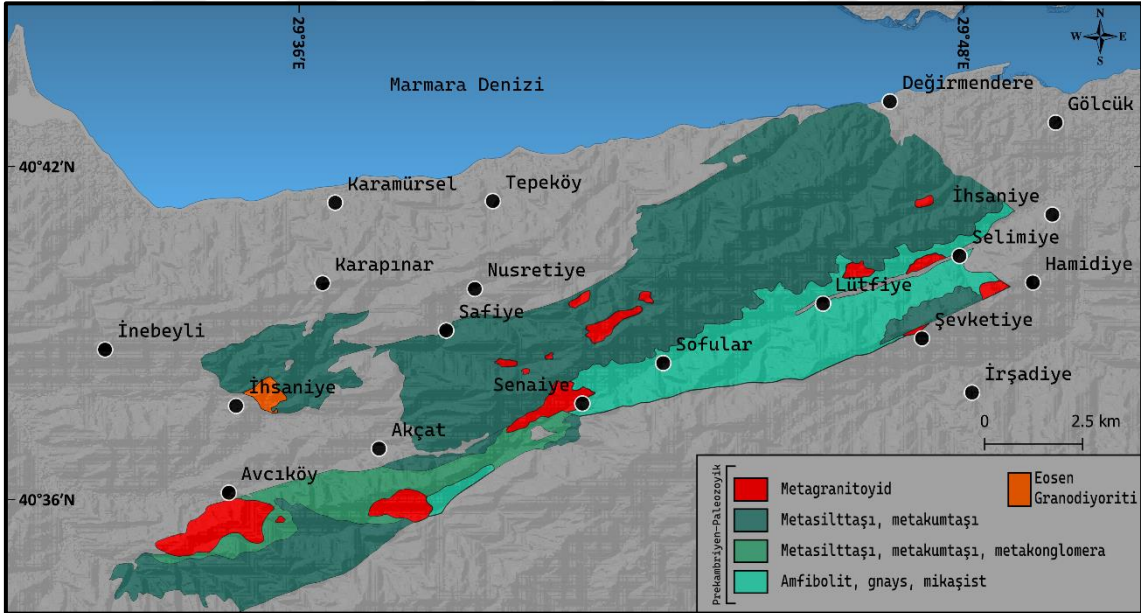
Yüksek lisans tezi kapsamında seçilen çalışma sahası, Armutlu Yarımadası'nın temel kayaçlarının yüzlek verdiği yerlerden olan Gölcük ve Karamürsel güneyinde yer almaktadır. Bu temel kayaçların jeolojik, mineralojik, jeokronolojik ve tüm kayaç jeokimyasal özellikleri incelenerek granitoyidlere ait kökensel özellikler ve ilişkili metamorfik kayaçların başkalaşım yaşlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda elde edilen yeni jeokimyasal ve jeokronolojik verilerin, yukarıda özetlenen Armutlu Yarımadası'nın jeolojik evrimi çalışmalarına katkı sağlaması hedeflenmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Çalışma Yöntemi

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma kapsamında arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve ofis çalışmaları gerçekleştirilmiş olup, bu adımlar aşağıda açıklanmıştır.

Gölcük ve Karamürsel güneyinde yer alan inceleme alanında Haziran-Kasım 2022 tarihleri arasında 25 iş günü boyunca arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarında bölgeye ait mevcut jeoloji haritalarından (ör. Akartuna 1986; Erendil, 1991) ve Bursa G23-d1, G23-d2, G23-d3, G23-d4, G23-c1 ve G23-c2 topoğrafya haritalarından faydalanılmıştır. Çalışma sahasında yüzlek veren kayaç birimlerinin ve bu kayaçların birbirleriyle olan dokanak ilişkilerinin fotoğrafları çekilerek GPS koordinatlarıyla birlikte kayıt altına alınmıştır. Saha çalışmaları sırasında mineralojik, jeokimyasal ve jeokronolojik incelemeler için Şekil 2.1'de gösterilen metamorfik kayaçlardan ve bu kayaçlara sokulum yapan farklı granitoyitik kütlelerden 24 adet el örneği derlenmiştir.



Şekil 2.1. Çalışma kapsamında incelenen metamorfik ve granitoyitik kayaçların dağılımlarını gösterir harita (Erendil, 1991'den değiştirilmiştir)

Sahadan alınan örneklerin ince kesit ve parlak kesit olarak hazırlanması İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü'ndeki ince kesit laboratuvarında

gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan ince kesitlerin petrografik analizleri Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır. Bu kesitler görüntülü polarizan mikroskopta incelenerek tez çalışmasında kullanılmak üzere mineralojik bileşimleri ve dokusal özellikleri yansıtabilecek fotoğrafları çekilmiştir. İncelemeler sonucunda radyometrik tarihlendirme, mineral kimyası ve tüm kayaç jeokimyası için örnek kesitler seçilmiştir. Seçilen ince kesitler 6, 3 ve 1 mikronluk elmas çözeltiler kullanılarak parlatılmış ve mineral kimyası için uygun hale getirilmiştir. Seçilen örneklerin mineral kimyası analizleri Prof. Dr. Ömer Faruk Çelik ile Prof. Dr. Andrea Marzoli nezaretinde uzaktan katılımla Milano Üniversitesi'nde (İtalya) yapılmıştır. Mineral kimyası analizleri JEOL JXA 8200 elektron mikroprob cihazı kullanılarak koordinatları detaylı bir şekilde belirlenen mineraller üzerinde gerçekleştirilmiştir. Analizler, 15 kV sabit hızlanma geriliminde ve 5 nA olarak ayarlanmıştır. Standart analizlerinin tekrarlanan ölçümleri, ana elementler için ~ % 1 ve iz elementler için % 5'lik bağıl analitik belirsizlikler göstermektedir.

Mikaşistlere ait muskovit minerallerinin  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  radyometrik yaş tayini Dr. Zeki Billor tarafından Auburn Üniversitesinde gerçekleştirilmiştir. Analitik yöntemle ilgili teknik bilgiler Çelik ve diğ. (2013)'te anlatıldığı gibidir.

Saha çalışmalarından önce gerçekleştirilen ofis çalışmaları arazide ihtiyaç duyulabilecek ekipmanların temini ve planlama süreçlerini kapsamaktadır. Arazi çalışmaları için başlıca jeolog pusulası, GPS cihazı, topografik haritalar, arazi defteri, boya kalemleri, sırt çantası, arazi giysileri vs. ihtiyaçlar bulunmaktadır. Bu ihtiyaçlardan Magellan marka GPS cihazı ve Brunton marka jeolog pusulası Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü tarafından temin edilerek ekipman desteği sağlanmıştır. Ekipmanların hazırlanmasıyla eşzamanlı olarak literatür taraması yapılmıştır. Google Earth Pro kullanılarak saha çalışmaları için rotalar hazırlanmış ve çalışma takvimi planlanmıştır. QGIS programı yardımıyla topografik haritalar sayısallaştırılarak çalışma sahasında kullanılacak harita çıktıları hazırlanmıştır. Saha çalışmalarından sonra gerçekleştirilen ofis çalışmalarında ise kayaç örneklerinden elde edilen mineral kimyası ve tüm kayaç jeokimyası verileri Microsoft Office paket programları ile analiz edilmiş ve gerekli grafikler oluşturulmuştur. Arazi, laboratuvar ve ofis çalışmalarından elde edilen veriler ışığında bu tez hazırlanmıştır.

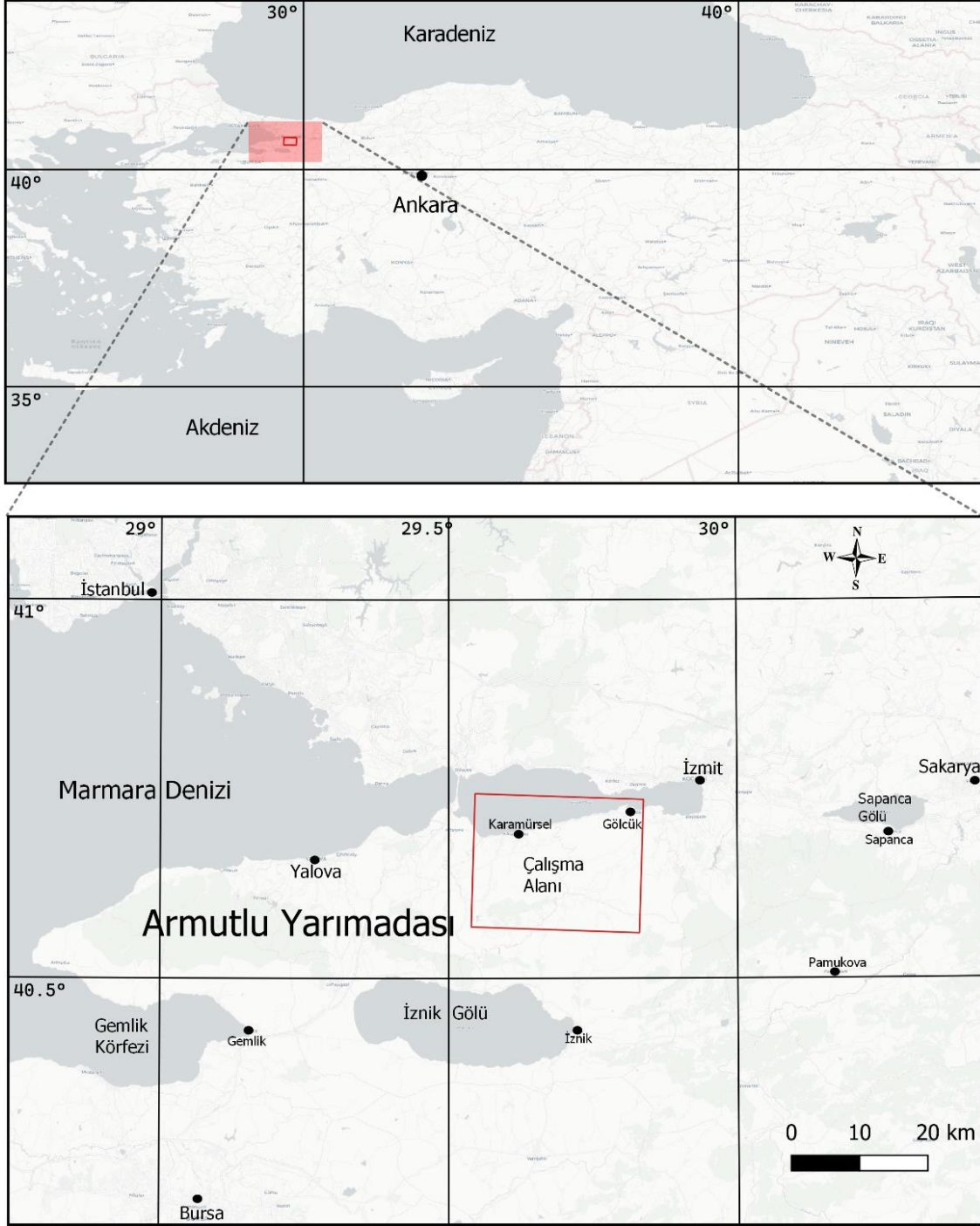


## 2.2. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

Çalışma sahası, Marmara Bölgesi'nde, coğrafi olarak Armutlu Yarımadası'nın doğusunda yaklaşık 380 km<sup>2</sup> alanı kapsamaktadır. Kuzeyde İzmit Körfezi ile sınırlandırılan inceleme alanı, çoğunlukla Kocaeli iline bağlı Gölcük ve Karamürsel ilçelerinin güneyinde yer almaktadır (Şekil 2.2). Çalışma sahasının batı ve güney bölümlerdeki bir bölümü ise Yalova ve Bursa il sınırları içerisinde yer almaktadır.

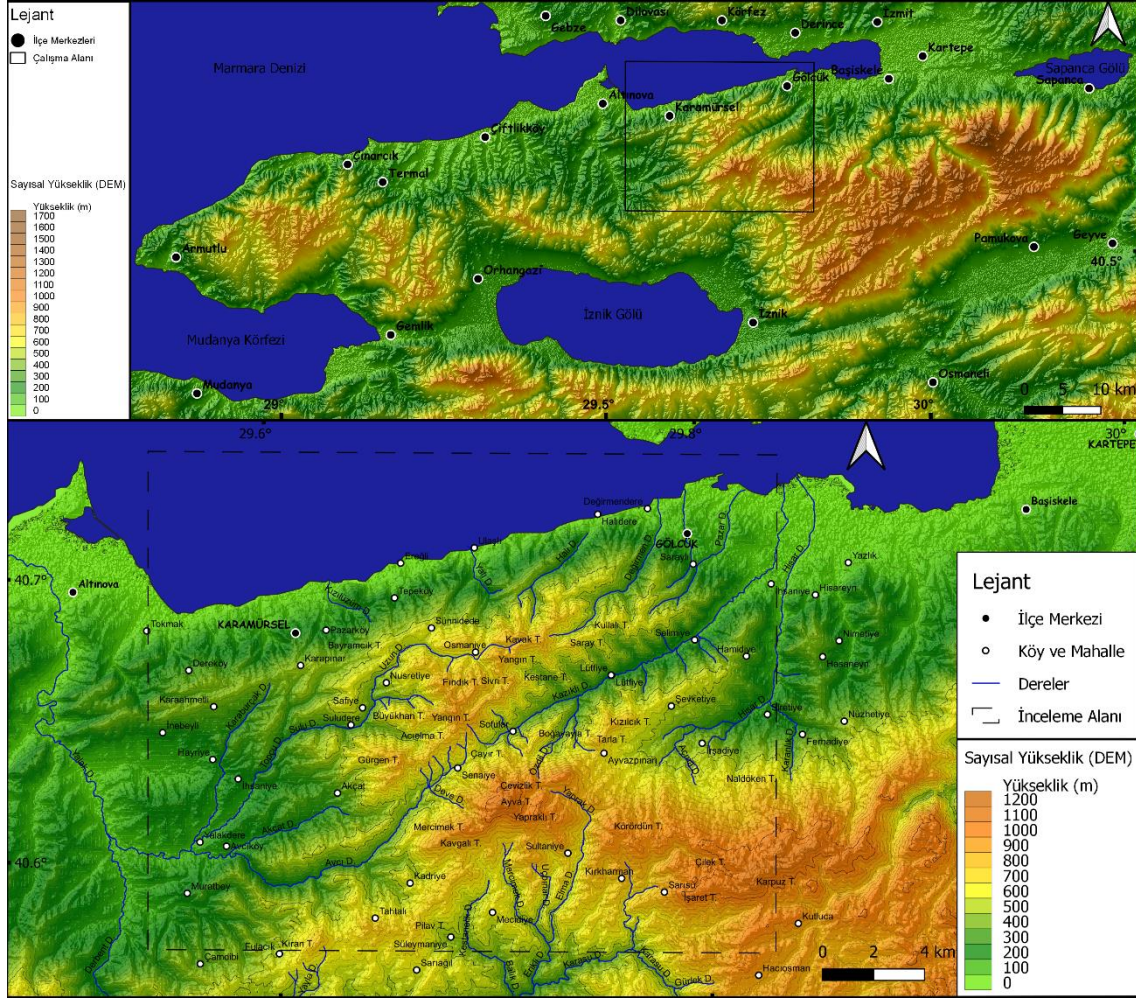
Bölgenin önemli yerleşimleri Gölcük ve Karamürsel ilçeleridir. İzmit'ten Yalova istikametine uzanan 40 km uzunluğundaki D-130 karayolu Başiskele, Gölcük ve Karamürsel ilçelerinden geçmektedir. Bölgedeki ikincil önemli güzergahı oluşturan yaklaşık 50 km uzunluğundaki D-595 karayolu Karamürsel ve İznik ilçelerini birbirine bağlamaktadır. Ayrıca, Senaiye (Başkiraz) üzerinden İznik'e ulaşım alternatif bir dağ yolu ile mümkündür. Bu ana güzergahlar dışında çalışma sahasında bulunan tüm köy ve mahallelere asfalt ve beton yollarla ulaşım sağlanabilmektedir. Gelişmiş bir ulaşım ağına sahip olan çalışma sahasında, ormancılık faaliyetleri için açılan çok sayıda toprak yol da mevcuttur ancak bu yollarda arazi şartlarına uygun olmayan araçlar ile çalışma yapmak çoğu bölgede mümkün değildir.

Engelibeli bir topoğrafyaya sahip olan çalışma alanında, dağlar genellikle KD-GB yönlü uzanmaktadır ve derin vadiler tarafından kesilmektedir. Yüksekliğin doğudan batıya doğru azaldığı Samanlı Dağlarının en yüksek yeri olan Keltepe (1602 m) çalışma alanı sınırlarına yaklaşık 20 km uzaklıktadır. İnceleme alanı sınırları içerisindeki önemli yükseltiler bölgenin güneydoğusunda ve orta kesimlerinde yer almaktayken, çalışma alanının batısında ise Yalakdere Havzası bulunmaktadır. Bölgedeki önemli yükseltiler Karpuz Tepe (1131 m), Ayva Tepe (1123 m) ve İşaret Tepe (1006 m)'dir. Çalışma alanı içerisindeki Mercimek Tepe (993 m), Fındıklı Tepe (990 m), Cevizlik Tepe (986 m), Körördün Tepe (968 m), Büyükkuyu Tepesi (925 m), Kavgalı Tepe (903 m), Adapınar Tepe (864 m), Fındık Tepe (858 m), Gürgen Tepe (857 m) diğer önemli yükseltilerdir. Bu yükseltiler çoğunlukla ormanlarla kaplıdır ve Orman İşletme Müdürlüğü tarafından ormancılık faaliyetleri yapılmaktadır.



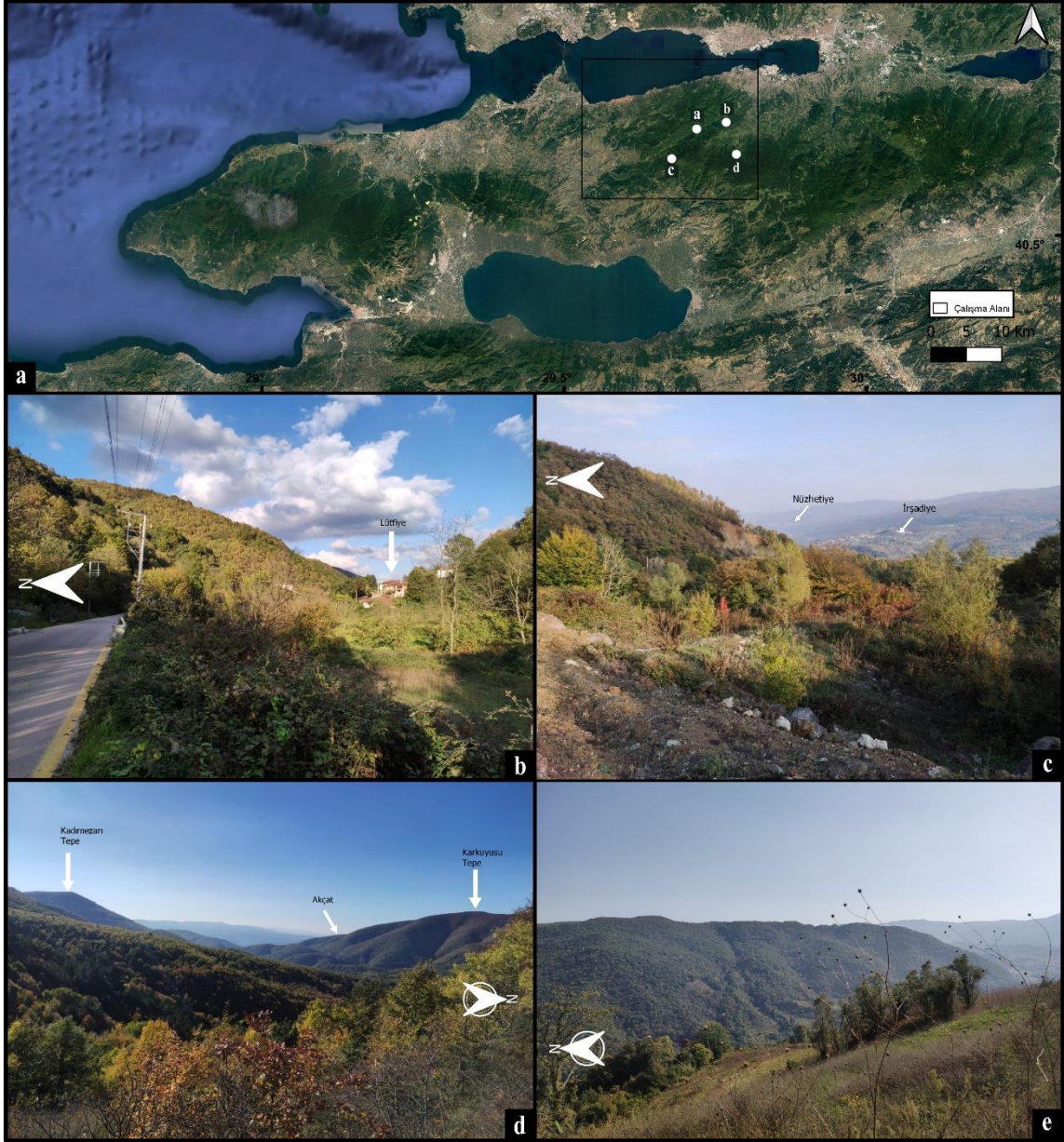
Şekil 2.2. Armutlu Yarımadası'nda Gölcük ve Karamürsel güneyinde yer alan çalışma alanının yer bulduru haritası

Önemli su dolun tesisleri ve barajların bulunduğu bölge su kaynakları açısından oldukça zengindir. Çalışma sahasında bulunan önemli dereler Kazıklı Dere, Karaburçak Dere, Uzun Dere, Sulu Dere ve Yalak Dere'dir. Samanlı Dağları içerisinde yer alan inceleme alanına ait sayısal yükseklik modeli önemli tepeler ve dereleri içerecek biçimde Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Armutlu Yarımadası ve çalışma sahasının topografyası, önemli dere ve tepelerini gösterir harita

Kocaeli’de Akdeniz iklimi ve Karadeniz iklimi özelliklerinin bir arada görüldüğü geçiş iklimi hakimdir. Karadeniz kıyıları Karadeniz iklimi etkisi gösterirken, çalışma sahasının da etki alanı içerisinde olduğu İzmit Körfezi ve Marmara bölgesinin güneyi geçiş tipi iklime sahiptir. Ilık geçen kış aylarının Akdeniz ikliminden daha soğuk olmasına rağmen karasal iklim kadar soğuk olmaması ve yaz aylarının Karadeniz ikliminden daha az yağışlı olmasına rağmen Akdeniz iklimi kadar kurak geçmemesi bu iklim tipinin başlıca karakterini oluşturmaktadır. Bununla ilintili olarak bitki örtüsü, alçak kesimlerde Akdeniz tipi bitkilerden, yüksek kesimlerde Karadeniz tipinde nemli ormanlardan oluşmaktadır. Güney Marmara’da Samanlı dağ silsilesi içerisinde bulunan çalışma alanı büyük oranda ormanlık alanlardan oluşmaktadır. Yoğun bitki örtüsünün egemen olduğu çalışma sahasının uydu görüntüsü (Şekil 2.4a) ve sahanın farklı lokasyonlarındaki genel görünümüne ait fotoğraflar Şekil 2.4b-d’de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. (a) Yoğun bitki örtüsüne sahip çalışma sahasına ait uydu görüntüsü (Google Earth<sup>®</sup>) ve çeşitli lokasyonlardan sahaya ait görünüşler (a) Lütfiye-Sofular yolu (b) Şevketiye köyü yakınları (c) Başkiraz – İznik yolu (d) İrşadiye yakınları

Bölgede kayın, meşe, kestane, gürgen, karaçam ağaçları yoğundur. Samanlı dağlarının yükseltisinin azaldığı ve bitki örtüsünün seyrekleştiği Yalacdere havzası ve çevresi ise tarım alanları olarak kullanılmaktadır.

### 2.3. Önceki Çalışmalar

Önceki çalışmalarda, Armutlu Yarımadası'nın farklı bölümlerinde Geç Proterozoyik – Erken Paleozoyik yaşlı granitik sokulum kayaların varlığı rapor edilmiştir. Bu

çalışmalardan Okay ve diğ. (2008) Armutlu Yarımadası'ndaki metagranitoyid ve ortognaylardan elde ettikleri zirkonları U-Pb ve Pb-Pb evaporasyon yöntemleri kullanarak tarihlendirmişlerdir ve yaklaşık 570 ila 460 My arasında değişen oluşum yaşları elde etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen yaş verilerinin, önceki raporlarda İstanbul Zonu temel kayaçlarını temsil ettiği belirtilen Karadere ve Bolu Masifi'ndeki granitik kayaçlarla kıyaslanabilecekleri, dolayısıyla Armutlu Yarımadası'nda bulunan bu kayaçların da İstanbul Zonu temelini temsil ettiği vurgulanmıştır. Yapılan değerlendirmede, İstanbul Zonu temel kayaçlarının, Geç Proterozoyik-Kambriyen plütonizması ve metamorfizması ile karakterize edilen Pan-Afrikan/Kadomiyen orojenezile uyumlu olduğu ve bu orojenezin bir parçası olduğu yönünde görüş bildirilmiştir. Ayrıca, jeolojik evrimleri göz önüne alındığında İstanbul Zonu'nun Avalonya, Sakarya kıtasının ise Armorika mikro kıtaları ile deneştirilebileceği önerilmiştir. Metodolojik olarak önem taşıyan bu çalışma dışında, Armutlu Yarımadası'nın ve yakın çevresinin jeolojisi ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Geçmişten günümüze, gerçekleştirilen çalışmalardan başlıcaları aşağıda tarihsel sıra ile sunulmuştur.

Akartuna (1968), Armutlu Yarımadası'nda bulunan metamorfik temel kayaçları Permokarbonifer öncesi yaşta kristalen şistler olarak tanımlayarak bu kristalen şistleri petrografik yapılarının ana hatlarına göre iki seriye ayırmıştır. Buna göre, birinci grup; Mezo ve katazon grubunda yer alan kayaçlar olarak tanımlanmıştır ve bunlar hornblend-biyotit gnays, hornblend gnays, amfibol şist, amfibol-albit şist ve iki mikalı şistlerdir. İkinci grup; Mezo ve epizon grubundaki kayaçlardır ve çoğunlukla çeşitli killi şistlerden başka pelit, mermer, kristalin kalker, serisit şist, klorit-serisit şist, grovak, grovak şist, kuvarsit, mikalı şisti kuvarsit, killi-klorit-kalsit şist, serpantin şist, sileksitlerden oluşmaktadır. Bu grup kayaçlar arasında şisti bir yapı kazanmış diyabaz, spilit ve bazalt gibi eski lavların bulunduğu belirtilmiştir. Ayrıca çalışma sahasında Paleozoyik yaşlı olarak kabul edilen kristalen şistlerin oluşumu esnasında serpantin ve çeşitli lavları, kristalen şistlerin oluşumundan sonra granit ve granodiyoritleri, Eosen esnasında ise çeşitli lav ve bunlarla ardışıklı olarak bulunan tuf ve aglomeraları vermiş olan magmatik faaliyetlerin yer aldığı ifade edilmiştir.

Erendil ve diğ. (1991), Armutlu Yarımadası'nın en batı ucundan Akyazı dolayına kadar yüzeyleyen metamorfik birimleri iki gruba ayırmıştır: Pamukova Metamorfikleri ve İznik Metamorfikleri. Bu birimlerin, en yaşlısının Üst Kretase (Senomaniyen)'den başlayan çökel istiflerle uyumsuz olarak örtüldüğü belirtilmiştir. Çalışmada, fosil yaş verisi bulunmayan Pamukova metamorfiklerinin en alt bölümünde bulunan metabazitler, metakırıntılılar ve bunları kesen granitoidler İstanbul Zonu'nun Prekambriyen temeli ile denestirilirken temel üzerinde uyumsuz olarak bulunan metaklastiklerin İstanbul Zonu'nun Alt Paleozoyik (Kambriyen-Devoniyen) istifiyle denestirilebileceği önerilmiştir.

Düşük dereceli metamorfizmadan etkilendiği belirtilen İznik metamorfikleri ise üç gruba ayrılmıştır. Orta Sakarya'nın Permiyen öncesi temeli ile denestirilen ilk grup yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş metamorfik temeldir. Bu temelde metabazik kaya türleri hakimdir ve birim içerisinde felsik metavolkanik kayalar, grafit şistler ve metakırıntılı kayalar gözlenir. Bu metamorfik temel üzerinde uyumsuz olarak şist-mermer birimi bulunmaktadır. Bu birimin tanımlanan kısımlarının Karakaya Formasyonu veya Dışkaya formasyonlarının eşdeğeri olduğu belirtilmiştir. Birim içerisinde bulunan kireçtaşları içerisinde Üst Triyas konodontların varlığı ve Orta Jura yaşı veren fosillerin varlığı rapor edilmiştir. Üçüncü grup, metamorfik olistostrom birimdir. Karbonatlar üzerinde çakıltaşıyla başlayan birimin olistostrom özellikli olduğu vurgulanmıştır. Bu birim içerisinde rekristalize kireçtaşı, kırmızı çamurtaşı, gabro, serpantinit, metadiyabaz, manganlı çört ve şeyl blokları bulunmaktadır. Yer yer kaotik yapı gösteren bu birimin üzerinde, çalışma alanının doğusunda bulunan eksik bir ofiyolit diliminin tektonik dokanakla yer aldığı belirtilmiştir. İznik Metamorfiklerine ait birimler Senomaniyen-Koniasiyen yaşlı kireçtaşları ile örtülmektedir.

Bargu ve Sakinç (1990), Karamürsel batısında, İzmit Körfezi ve İznik Gölü arasında yaptıkları çalışmada bölgenin jeolojisini ve yapısal özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda bölgenin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılarak bölgedeki fayların nitelikleri, çalışma sahası içerisindeki kayaç topluluklarının birbirleriyle olan ilişkileri ve litolojik özellikler ile bölgesel oluşum ortamları yorumlanmıştır.

Çalışma alanında bulunan Armutlu Metamorfikleri Merdigöz ve Dereköy metamorfikleri olmak üzere iki grupta incelenmiştir. Bu metamorfiklerin Alt Permiyen öncesi

metamorfizma ve deformasyona uğradığı belirtilmiştir. İhsaniye granodiyoritinin ada yayı olarak gelişerek bu metamorfizmalara sokulum yaptığı, Armutlu Yarımadasında bulunan ada yayı topluluğunun ise Alt Karbonifer öncesinde pasif kıta kenarı olarak gelişen İstanbul Paleozoyik istifi ile çarpışarak Pontidler'e eklenildiği savunulmuştur. Araştırmacılara göre, bölgede Üst Kretase sonlarından Paleosen sonuna kadar sıkışma rejimi, Alt Eosen'de ise gerilme rejimi hâkimdir.

Bozcu (1992), doktora tezi kapsamında Geyve-Pamukova-İznik hattının kuzeyinde ve güneyinde çalışma yaparak Kuzey Anadolu Fayı'nın güneyinde yüzeyleyen birimleri Güney Topluluk, kuzeyinde yüzeyleyen birimleri ise Kuzey Topluluk olarak adlandırarak bölgenin kaya-stratigrafi ayırıcısına dayalı 1/25000 ölçekli detaylı jeoloji haritasını yapmıştır. Çalışmaya göre, Kuzey Topluluğu oluşturan birimlerden allokton olarak düzenli bir ofiyolit dilimini temsil ettiği belirtilen Geyve Metaofiyoliti alt kesimlerinde serpantinleşmiş metamorfik peridotitler, orta ve üst kesimlerinde mafik kümülatlardan meta gabrolar ile metabazik kayalardan, İznik Metamorfik Topluluğu tamamı yeşil şist fasiyesinde metamorfizmaya uğrayan çoğunlukla çökel kökenli kayalardan, Pamukova Metamorfik Topluluğu ise yeşil şist-amfibolit fasiyesinde başkalaşıma uğrayan, temelde amfibolitik kayaları kesen granitler ve bu birimler üzerinde yer alan kuvarsit ve mermerlerden oluşmaktadır. Ayrıca her üç birimin de en yaşlısı Üst Kretase (Maastrichtiyen) olan ortak örtü birimleriyle uyumsuz olarak örtüldüğü belirtilmiştir.

Geyve metaofiyolitinin İznik Metamorfik Topluluğu üzerinde tektonik dokanaklı olarak bulunduğu ve her iki topluluğun birlikte rejyonel metamorfizmaya uğradığı önerilmiştir. Buna göre, Paleozoyik-Üst Kretase yaşlı İznik Metamorfik Topluluğu Üst Kretase süresince bölgeye hâkim sıkışma tektoniği ve ofiyolit yerleşmesi nedeniyle ofiyolit napı altında kalarak başkalaşıma uğramıştır ve Sakarya Kıtası'ndaki metamorfik olmayan Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı çökel kayalarla benzerlikler taşımaktadır. Benzer şekilde Pamukova Metamorfik Topluluğu içerisinde yer alan kuvarsit ve mermerlerin de bölgeye yerleşen ofiyolit nedeniyle metamorfizmaya uğradığı, dolayısıyla Sakarya Kıtası birimlerinden Bayırköy kumtaşı ve Bilecik kireçtaşı birimleri ile deneştirilebileceğini belirtilmiştir. Pamukova Metamorfik Topluluğu'ndaki granitlerin jeokimyasal analiz sonucunda kalk-alkalen özellikte ve potasyumca ortalama değerde olduğu ayrıca tektonik

olarak sınıflandırıldığında volkanik yay granitleriyle benzer özellikte olduğu bildirilmiştir.

Yılmaz ve diğ. (1994, 1995, 1997), tarafından Armutlu-Almacık Zonunda Kuzey Zon (Armutlu Metamorfik Topluluğu), Orta Zon (İznik Metamorfik Topluluğu ve Geyve Metaofiyoliti) ve Güney Zon (Pamukova Metamorfikleri) kayaç toplulukları tanımlanmıştır. İstanbul Zonu'nun temel kayaları ve üzerleyen Paleozoyik birimlerin eşlenikleri olarak tanımlanan Armutlu Metamorfikleri mikaşist, amfibolit, metagabro gibi yüksek dereceli metamorfiklerden ve bunları kesen metagranitler ile uyumsuz olarak üzerleyen düşük dereceli metamorfik bir diziden oluşmaktadır. İznik metamorfikleri olarak adlandırılan Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı birim çoğunlukla çökel ve volkanik birimlerin düşük dereceli metamorfizma geçirmesiyle oluşmuştur. Yazarların Geyve Metaofiyoliti olarak sınıflandırdıkları birimin Geyve Boğazında ve eşleniği olarak Almacık Dağı'nda görüldüğü belirtilmiştir. Yazarlar, Geyve Metaofiyoliti'nin düzenli ve eksiksiz bir ofiyolit olarak tektonik dilimler halinde gözlenebildiğini ve Geç Turoniyen-Kampaniyen yaşlı bir ofiyolit napı olduğunu savunmuşlardır. Pamukova Metamorfikleri ise amfibolitler ve amfibolitleri kesen metagranitlerden oluşmaktadır.

Elmas ve Yiğitbaş (2001) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Kuzeybatı Anadolu kuzeyde Ballıdağ-Küre birimi ve İstanbul-Zonguldak biriminden oluşan Pontidler, güneyde Sakarya Zonu ve bu iki zonun arasında her iki zona ait tektonik birimlerin yer aldığı Armutlu-Ovacık Zonu olmak üzere üç zondan meydana gelmektedir. Armutlu-Ovacık Zonu'nun kuzeyindeki İstanbul-Zonguldak Zonu ve güneyindeki Sakarya Kıta'sının tektonostratigrafik karakterinden farklı olduğunu, bu zon içerisindeki ofiyolitlerin büyük bir kısmının İstanbul-Zonguldak birimi veya Paleotetis ofiyolitleri olduğu, Üst Kretase ofiyolitlerinin ise sol yanal doğrultu atımlı faylarla İzmir-Ankara-Erzincan okyanusundan geldiklerini belirtilmişlerdir. Yazarlara göre, İstanbul Zonu ve Sakarya Zonu arasında İç Pontid okyanusunun varlığına dair yeterli bulgu bulunamamaktadır.

Robertson ve Ustaömer (2004), Armutlu Yarımadasına hâkim iki tektonostratigrafik birim ayırt etmişlerdir: Armutlu Metamorfikleri ve İznik Metamorfikleri. Armutlu Metamorfiklerinin Geç Kretase zamanında İznik metamorfikleri üzerine bindirmiş olduğu önerilmiş ancak dokanak ilişkilerinin ortaya konulmadığı belirtilmiştir. Gerilmeli



rejim ve kalıntı bir yitim imzası taşıdığı vurgulanan Armutlu Metamorfikleri, Prekambriyen yüksek dereceli metamorfik bir temel ve bu temeli uyumsuz olarak örten, karışık silisiklastik/karbonat/volkanojenik ardalımalı düşük dereceli Paleozoyik birimlerden oluşmaktadır. Düşük dereceli İznik Metamorfikleri ise araştırmacılar tarafından bir Triyas rifti olarak yorumlanmıştır ve plaka içi bazaltlar da içeren volkanojenik, karasal ve kalkerli litolojilerden oluşmaktadır. Bu riftin daha sonra silisiklastik/karbonat türbiditler, radyolaryalı çörtler ve manganez yatakları içeren Jura-Geç Kretase (Senomaniyen) pasif kenarı tarafından uyumsuz bir şekilde örtüldüğü belirtilmiştir. Çalışmada bu tektonik birimlerin Maastrichtiyen uyumsuzluğu tarafından kapatıldığı belirtilmiştir.

Çelik ve diğ. (2009a), tarafından Armutlu Yarımadası'nda yapılan çalışmada Pamukova, Geyve Boğazı ve Almacık Dağı'ndaki amfibolitik kayaçların mineralojik, jeokronolojik ve tüm kayaç jeokimyası özellikleri incelenmiştir. Amfibolitik kayaçların, tüm kaya, ana iz ve nadir toprak elementleri analizlerine göre ada yayı toleyitleri, okyanus ortası sırtı bazaltları ve okyanus adası bazaltları benzeri jeokimyasal özelliklere sahip oldukları belirlenirken,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ve  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  izotop oranları sonucunda ilksel kayaçların kıtasal kabuktan ya da yitim zonuna katılan sedimanlardan etkilendikleri düşünülmüştür. Mineral bileşimine dayalı jeotermobarometre çalışmaları sonucunda sunulan veriler metamorfizma sırasındaki sıcaklığın 600 – 720 °C ve basınç değerlerinin yaklaşık 5 - 6 kb civarında olduğudur. Ayrıca, amfibolitik kayaçların amfibollerini  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  yöntemiyle tarihlendirilerek Geç Triyas (~220 My) ve Orta-Geç Jura (~160 My) soğuma yaşları elde etmişlerdir.

Çelik ve diğ. (2009b), çalışmalarında Geyve Boğazı ve Pamukova arasında yer alan granitoyitik kayaçların petrografik ve jeokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada kayaçların tüm kaya, ana iz ve nadir toprak elementleri analizleri gerçekleştirilmiş ve TAS diyagramında sub-alkali karakterde, AFM üçgen diyagramında ise kalk-alkali karakterde olduğu belirtilmiştir. Granitik kayaçların metalimünos ve peralüminos karakterli I tipi granitler olarak sınıflandırılmıştır. Granitoid kökenli kayaçların REE ve MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element desenleriyle birlikte bu kayaçların volkanik yay ortamı koşullarında oluştuğu önerilmiştir.

Akbayram (2011), İstanbul ve Sakarya Zonları arasındaki İç Pontid kenetinin Armutlu Yarımadası doğusundaki evrimi adlı doktora çalışmasında Sapanca Gölü'nün güneyindeki çalışma alanında birbirinden dik tektonik hatlarla ayrılan üç ana metamorfik tektonostratigrafik birim tanımlamıştır. Çalışmada en yaşlı birim olan Pamukova Kompleksi, eklenir prizma birimi olan Sapanca Kompleksi'ni dik bir tektonik dokanakla üzerlerken, tektonik olarak Sapanca Kompleksi'nin altında Maşukiye Grubu birimi yer almaktadır. Ayrıca Sapanca Kompleksi ile birlikte İç Pontid melanjını oluşturan ve yer yer çok zayıf metamorfizma gösterdiği, aynı zamanda Pamukova Kompleksine ait dilimler barındıran birim ise Gemlik Melanjı olarak adlandırılmıştır. Çalışmada kullanılan radyometrik ve fosil yaş verileri neticesinde İç Pontid kenetinin İstanbul Zonu ve Sakarya Zonu'nun Erken Kretase'de çarpışmaları sonucunda oluştuğu savunulmuştur.

Çalışmada Pamukova Kompleksi'nin amfibolit, metaperidotit, metapiroksenit ve gnaistan oluşan, epidot-amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirmiş Proterozoyik yaşlı kristalen kayalar olduğu ve içerisindeki epidot-amfibolit fasiyesindeki metamorfik birimlerin Neoproterozoyik, Kambriyen ve Ordovisiyen yaşlı metagranitler tarafından kesildiği belirtilmiştir. Pamukova Kompleksi'nin bir bütün olarak İstanbul Zonu'nun Proterozoyik yaşlı temelinin Pontid-İçi Keneti boyunca tektonize olmuş ve kısmen yeniden metamorfizma geçirmiş parçaları olduğu savunulmuştur. Sapanca Kompleksi, metabazit, metaçört, sleyt ve serpantinitten oluşan ve Alt Kretase'de yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş bir eklenir prizma olarak tanımlanırken, Maşukiye Grubu ise yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş meta-arkoz, sleyt, fillat ve nadiren metabazit katkıları içeren kayalardan oluşmaktadır. Maşukiye Grubu'nun Istranca'daki Triyas yaşlı örtü birimlerinin eşleniği olduğu savunulmuştur.

Ayrıca Armutlu Yarımadası'nda Gemlik'in kuzeyinden ve Sapanca Gölü'nün güneyinden alınan iki gnays örneği U-Pb yöntemiyle tarihlendirilerek Geç Proterozoyik'e ait zirkon yaşları rapor edilmiştir (Akbayram, 2011; Akbayram ve diğ., 2013). Bu verilerin daha önce rapor edilen İstanbul Zonu Neoproterozoyik temelindeki gnays-amfibolit alt biriminin gnayslarından ve metagranitlerden elde edilen zirkon yaşlarıyla uyumlu olduğu belirtilmiştir. Aynı araştırmacı tarafından, İstanbul Zonu kayaç topluluklarını temsil eden gnays, metagranit ve kalkşist örnekleri Rb-Sr mika ve Sm-Nd granat yöntemleri kullanılarak tarihlendirilmiş, çeşitli raporlarda sunulan izotop ve fosil

yaşlarıyla da deneştirilerek İç-Pontid sütünun tüm metamorfik birimlerinin Geç Jura-Erken Kretase (158-111 My) arasında metamorfizmaya uğradığı yorumunda bulunulmuştur. Bu verilere göre, İstanbul ve Sakarya-Istranca zonları arasındaki çarpışmanın Erken Kretase’ de meydana geldiği önerilmiştir.

Özkan (2013), tarafından Armutlu Yarımadası doğusunda yer alan çalışma alanında  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  yöntemiyle tarihlendirilerek Alt Kretase ( $143,5\pm 1,5$  My) yaşlı olduğu belirlenen ve analizleri sonucunda kıtasal kabuk kökenli olduğu düşünülen karbonatça zengin daykların varlığı ilk kez ortaya konmuştur. Aynı yöntemle tarihlendirilen Sapanca Kompleksi içerisinde yer alan mafik kümülatlara ait bir gabrodan Üst Jura ( $158,46\pm 0,26$  My) oluşum yaşı elde edilirken, Kocadağ Metamorfitleri’nden bir mikaşist örneğinden ise Alt Kretase metamorfizma yaşı elde edilmiştir. Bölgedeki ofiyolitik, metamorfik ve sokulum kayaçların birliktelik ve kökeni ele alınan bu çalışmada ortaya konulan yeni yaş verileriyle birlikte İç Pontid kenedinin Jura dönemindeki varlığına dair önemli ipuçları barındırdığı vurgulanmıştır.

Özkan ve diğ. (2021), tarafından daha önce tespit edilen ve Geyve bölgesinde yüksek dereceli metamorfik kayaçlardan amfibolitleri kesen karbonat dayklarının yapılan petrografi, jeokimya ve izotop-jeokimyası çalışmaları sonucunda karbonatit oldukları belirlenmiştir. Bu karbonatitlerin jeokimyasal özelliklerinin manto kökenli karbonatitlerden önemli ölçüde farklı olduğu, bir manto kaynağından ziyade kıtasal kabuktan türedikleri vurgulanmıştır. Çalışmada, karbonatlardan elde edilen mikalar  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  yöntemiyle tarihlendirilerek Geç Jura – Erken Kretase ( $148-137$  My) yaşı elde edilmiştir. Elde edilen veriler neticesinde, İstanbul ve Sakarya zonları arasında Geç Jura-Erken Kretase çarpışması sırasında bu karbonatitlerin kıtasal kabuktaki karbonatlı bir kaynak alanının anateksi kaynaklı ergimesiyle oluştuğu önerilmiştir.

Özbey ve diğ. (2021), Yakın zamanda Karamürsel (Kocaeli) güneyinde bulunan çalışma alanındaki metamorfik ve granitik kayaçların jeolojik ve kökensel özellikleri hakkında bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmaya göre bölgedeki metagranit kayaçlardan U-Pb zirkon yöntemiyle  $561 \pm 9.5$  My oluşum yaşları, metagabrolar için ise  $564 \pm 4.4$  My oluşum yaşları elde edilmiştir. Bu kayaçların jeokimyasal özelliklerine göre, granitik kayaçların yitim zonu üzerinde gelişen asidik magma ürünleri oldukları, amfibolitik kayaçların ise yitimle ilişkili boninitik bileşimli kabuksal ürünler olduğu şeklinde

yorumlanmıştır. Araştırmacılara göre, bölgedeki kayaçların Kadomiyen orojenezi esnasında yay önu ortamında geliştikleri önerilmiştir.

Şengün (2022), Armutlu Yarımadası'nda Gemlik kuzeyi, Pamukova ve Geyve Boğazında yüzlek veren bölgedeki yüksek dereceli metamorfik kayaçlardan olan amfibolitlerin tüm kayaç, ana ve iz element jeokimyasal özelliklerini araştırmıştır. Buna göre, Amfibolitlerin bazalt ile bazaltik andezit arasında değişen karakterde, toleyitik bir magmadan türediği, ada yayı yakınlığı göstermekle birlikte aynı zamanda boninitik karakter sergilediği vurgulanmıştır. Çalışma sahasındaki amfibolitlerin ada yayı bazaltlarının metamorfizması sonucunda oluştuğu savunulmuştur.

Literatürde Armutlu Zonu'nda bulunan daha genç yaşta magmatik kayaçların varlığı da rapor edilmiştir. Okay ve diğ. (2022) KB Anadolu'da Geç Paleosen-Orta Eosen magmatizmasını konu aldıkları çalışmalarında çeşitli magmatik kayaçlardan zirkon U-Pb, Ar/Ar Mika ve apatit fizyon-iz yöntemleriyle yeni yaşlar elde etmişlerdir. Armutlu Yarımadası'nda zirkon U-Pb yöntemiyle Fıstıklı granitinden ( $48 \pm 0.5$  My) ve Kızderbent volkanitinden ( $48 \pm 0.5$  My) Erken Eosen yaşı bulunan bu çalışmada, elde edilen yeni veriler ve literatür verileri birlikte ele alınarak incelenmiş, Geç Paleosen-Orta Eosen magmatizmasının süresi, dağılımı, jeokimyası ve jeodinamik ortamı tartışılmıştır. Buna göre yeni yaş verilerinin, Anadolu'da zamansal ve mekânsal olarak birbirinden ayrılan Geç Kretase-Erken Miyosen (90-75 My), Geç Paleosen-Eosen (58-45 My) ve Geç Oligosen-Erken Miyosen (28-20 My) magmatik dönemlerine işaret ettiği belirtilmiştir. KB Anadolu'daki Geç Paleosen-Orta Eosen magmatizmasının plütonik ve volkanik kuşaklardan oluştuğu, kıtasal çarpışmanın son aşamalarında Geç Paleosen'de (58 My) başladığı, Erken-Orta Eosen'de (53-45 My) yoğun olduğu, Anadolu'nun yükselmesiyle 45 My'da aniden azaldığı belirtilmiştir. Plütonik kayaçların çoğunlukla orta ila yüksek K kalk-alkalin, I-tipi granodiyorit ve granit, volkanik kayaçların ise orta ila yüksek K kalk-alkalin bazalt, bazaltik andezit ve andezit olduğu ve bunların yitimle ilişkili jeodinamik ortamlarda bulunanlarla benzer olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca, Geç Paleosen-Erken Eosen magmatik etkinliklerinin, muhtemelen kuzeye doğru dalmakta olan Neo-Tetis okyanusunun üzerindeki magmatik yay ortamında oluştuğu önerilmiştir.

## 2.4. Bölgesel Jeoloji

Türkiye, Tetis okyanusunun kapanmasıyla oluşan Alp-Himalaya orojenez kuşağı içinde bulunmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1983; Tüysüz, 1993; Okay, 2008). Karbonifer'den beri var olan ve Tetis olarak adlandırılan bu okyanus içerisinde Anadolu'yu oluşturan ada halinde veya okyanusun iki tarafına dağıtılmış çeşitli kara parçaları bulunmaktadır (Okay, 2008). Tetis okyanusunun kapanmasıyla tekrarlanan çarpışmaların sonucunda Türkiye dağ kuşakları oluşmuştur ve bu çarpışmalar Lavrasya ile Gondvana kıtalarının parçalarının birbirlerine kaynamalarına neden olmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981; Tüysüz, 1993; Okay, 2008). Orojenik kuşakların evriminin anlaşılmasında tektonik birlik olarak adlandırılan ve benzer ortamlarda aynı jeolojik evrimi geçirerek aralarında oluşum ortaklığı bulunan kaya toplulukları arasındaki ilişkilerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Eski okyanus ve kollarının kenar denizlerinde yok olduğu, içlerinde yaygınca ofiyolit ve ofiyolitik melanj topluluklarının yer aldığı yapısal kuşaklar kenet olarak adlandırılmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bununla ilintili olarak eklenir prizma, melanj, ofiyolit, mavişist, filiş ve magmatik yaylar Anadolu'da en yaygın kaya birimleri arasındadır (Okay, 2012). Türkiye'nin karmaşık jeolojisinde bu kayaç topluluklarının birlikteliğinin makro ölçekte sınıflandırılması ve jeolojik evrimi çalışmalarında başlıca Ketin (1966)'in ofiyolit kuşaklarını dikkate alarak yaptığı sınıflandırma, Şengör ve Yılmaz (1981)'in ilk kez levha tektoniği kuramıyla yaptığı sınıflandırma ve Okay ve Tüysüz (1999)'ün yapmış olduğu sınıflandırmalar yaygınca kullanılmaktadır.

Türkiye birbirlerinden kenet zonlarıyla ayrılan Şekil 2.5'te gösterilen Pontidler, Anatolid-Torid Bloğu, Kırşehir Masifi ve Arap platformundan oluşmaktadır (Okay ve diğ., 1994; Okay ve Tüysüz, 1999). İzmir-Ankara-Erzincan Kenetinin kuzeyindeki Pontidler belirgin stratigrafik farklılıkları bulunan Istranca Masifi, Sakarya Zonu ve İstanbul Zonu olarak ayrılmaktadır (Okay ve Tüysüz, 1999; Okay, 2008).

Istranca Masifi, Hersiniyen temel ve bu temeli kesen Geç Karbonifer-Erken Permian granitoidleri ile bunların üzerinde uyumsuz olarak bulunan Triyas yaşlı karasal ve sığ denizel nitelikli kırıntılı ve karbonat çökel kayaçlar ile karakterize edilmektedir (Okay ve diğ., 2001; Okay, 2008).

Sakarya Zonu, Ege'den Doğu Pontidlere kadar uzanmaktadır ve İç Pontid keneti ile İstanbul Zonu'ndan, İzmir-Ankara-Erzincan Keneti ile Anatolid-Torid Bloğundan ayrılmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Tüysüz, 1999). Sakarya Zonu'nun kristalin temeli genel olarak üç türe ayrılabilir; Birincisi Kazdağ, Uludağ ve Pulur Masifinde yüzeyleyen gnays, amfibolit, mermer ve nadiren metaperidotit türü kayalardan oluşan Karbonifer yaşlı yüksek sıcaklık metamorfite'lerinden oluşan temel (Topuz ve diğ., 2004; Okay, 2008). İkincisi Sakarya Zonu boyunca dağılan Devoniyen, Karbonifer veya Permien kristallenme yaşı veren Paleozoyik granitoidleri (Delaloye ve Bingöl, 2000; Okay ve diğ., 2002). Üçüncüsü Karakaya Kompleksi olarak da bilinen fillit, mermer ve metabazitlerin hâkim olduğu düşük dereceli metamorfiklerden oluşan Permo-Triyas yaşlı dalma-batma yığışım kompleksiyle karakterize edilmektedir ve bu birimler Alt Jura çökel birimleriyle uyumsuz olarak örtülmektedir (Okay ve Göncüoğlu, 2004; Okay, 2008).



Şekil 2.5. Türkiye'nin tektonik birlikleri ve kenet kuşakları (Okay ve Tüysüz, 1999). (Kısaltmalar: BFZ: Bornova Filiş Zonu; İAEK: İzmir-Ankara-Erzincan Keneti; İTK: İç Toros Keneti)

İstanbul Zonu'nun sınırları ve niteliği hakkında önerilen modellerden ilki bölgeye Dogger öncesi yerleşmiş bir nap olduğuyken (Şengör ve Yılmaz, 1981) daha sonra stratigrafik benzerliklerine dayanarak Moesya Platformu'ndan koparak Kretase'de bugünkü yerine yerleştiği ileri sürülmüştür (Okay ve diğ., 1994; Okay ve Topuz, 2016). Buna göre, İstanbul Zonu Geç Kretase'de okyanusal açılma süresince Batı Karadeniz Fayı tarafından yaklaşık 200 km boyunca güneye doğru yerleşmeden önce Moesya Platformu ile bitişik konumdadır. Paleozoyik dizileri en iyi İstanbul Zonu'nda görülürken deformasyon veya

magmatizma aşamalarının araya girmediği Ordovisiyen'den Karbonifer'e devamlı çökel seri göstermektedir (Okay ve Topuz, 2016). Bu seri pasif kıta kenarı niteliğindedir ve İstanbul Paleozoyik istifi olarak adlandırılmıştır (Görür ve diğ., 1997; Dean ve diğ., 2000). Bu Paleozoyik dizi İstanbul Zonu'nun doğusunda ve batısında farklı stratigrafiler sunmaktadır ve yanal fasiyes değişiklikleri olarak yorumlanmaktadır (Okay, 2008; Okay ve Topuz, 2016). Bölgenin temelini oluşturan temel birimler ise Sünnice Masif'inde, Düzce kuzeyinde ve Araç ilçesinin batısındaki Karadere'de görülen Neoproterozoyik yaşlı metamorfik temel ve bu temeli kesen Prekambriyen-Ordovisiyen yaşlı granitoyitik sokulum kayaçlarıdır (Yiğitbaş ve Elmas, 1997; Chen ve diğ., 2002; Okay ve diğ., 2008).

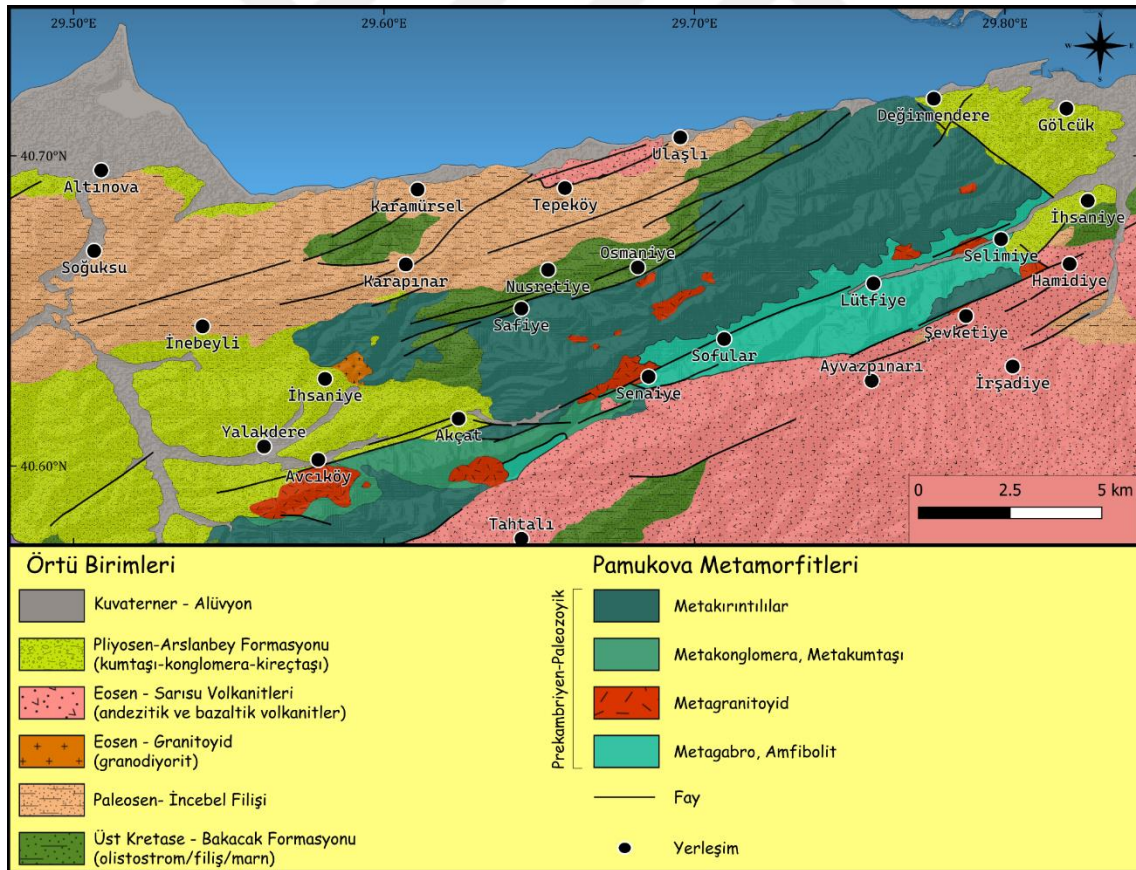
Çalışma sahasının da içerisinde bulunduğu Armutlu Yarımadası (Şekil 2.6a, b) Okay ve Tüysüz (1999) sınıflandırmasına göre Batı Pontidlerde yer almaktadır. Şengör ve Yılmaz (1981) tarafından yapılan değerlendirmede Armutlu Yarımadası'ndan geçen ve Rodop-Pontid fragmanı ile Sakarya Kıtası arasındaki sınırı oluşturan İç Pontid keneti adı verilen ofiyolitik kenetin varlığı ilk kez öne sürülmüştür. Bu okyanusun var olup olmadığı, niteliği, açılma ve kapanma yaşı konularında çeşitli tartışmalar mevcuttur. Örneğin bazı araştırmacılar Mesozoyik döneme ait bir İç Pontid okyanusunun var olmadığını savunmaktayken (Kaya, 1977; Kaya ve Kozur, 1987) bazı araştırmacılar Jura-Geç Kretase dönemine ait Pontid-İç Okyanusunun varlığını önermişlerdir. Armutlu Yarımadası'nda bulunan ofiyolitik birimlerin Neoproterozoyik yaşlı (Yiğitbaş ve diğ., 2004) ve Kretase yaşlı (Bozcu, 1992; Yılmaz ve diğ., 1995) ofiyolitler olduğu değerlendirmeleri bir diğer tartışma konusu olmuştur. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun sağ yanal atımlı kollarından kuzey kolu ile İstanbul Zonu'ndan ve güney koluyla da Sakarya Zonu'ndan ayrılan Armutlu Yarımadası karmaşık bir zon niteliğindedir (Yılmaz ve diğ., 1995; Elmas ve Yiğitbaş, 2001) ve bu zonda Şekil 2.6b'de gösterilen başlıca iki ana metamorfik birim ayırtlanmıştır. Bunlardan ilki bu çalışmanın da konusunu oluşturan Geç Proterozoyik ve Ordovisiyen yaşlı metamorfik temel kayaçlardır. Bu temel kayaçlar Armutlu Yarımadası'nın batısında, Gölcük ve Karamürsel güneyinde, Geyve kuzeyinde ve Almacık Dağı'nda görülmektedir. Bu temel ultramafikler, amfibolit, gnays, metagranitoyid, mermer, metakuvarsit gibi kayaçlardan oluşmaktadır. Diğer metamorfik kayaç türleri Sapanca Gölü ve İznik Gölü arasında yaklaşık KD-GB uzanımlı olan aynı zamanda Almacık Dağı'nda da yüzlek veren ve ağırlıklı olarak yeşil şist fasiyesli sedimanter ve volkanik kökenli kayaç türlerinden oluşan metamorfik kayaçlardır ve bazı alanlarda ofiyolitik kayaçların bu birimlere





### 3. GENEL JEOLJİ

Çalışma sahasında, Armutlu Yarımadası'nın temelini oluşturan Paleozoyik-Ordovisiyen yaşlı yüksek dereceli metamorfizma ile bu kayalar üzerinde uyumsuz olarak yer alan Paleozoyik yaşlı, düşük dereceli metamorfizma geçirmiş metakırıntılılar yer almaktadır (Erendil ve diğ. 1991; Okay ve diğ. 2008; Özbey ve diğ. 2021). Bu metamorfik kayalar, önceki çalışmalarda metagranitoid olarak adlandırılan (ör: Erendil ve diğ. 1991) çeşitli büyüklükteki sokulumlar tarafından kesilmektedir. Bu temel kayaların üzerinde uyumsuz olarak yer alan Üst Kretase yaşlı Bakacak Formasyonu en yaşlı çökel birimdir. Paleosen yaşlı İncebel Filişi, Eosen yaşlı Sarısu Volkanitleri, Eosen yaşlı granitoid sokulumları ve Pleyistosen yaşlı Arslanbey Formasyonu çalışma alanındaki, Üst Kretase sonrası çökel ve magmatik kayaç oluşumlarını temsil etmektedirler (Şekil 3.1). Tez alanındaki bu birimlerin genel jeolojik özellikleri aşağıda yaşlıdan gence doğru sırasıyla sunulmuştur.



Şekil 3.1. Çalışma sahasının jeoloji haritası (Erendil ve diğ., 1991)

### 3.1. Pamukova Metamorfitleri

Çalışma sahasında KD-GB uzanımlı bir hat boyunca gözlenen metamorfik kayalar Göncüoğlu ve diğ. (1987) tarafından Pamukova Metamorfitleri olarak adlandırılmış olup bu çalışmada da aynı adlandırmanın kullanılması tercih edilmiştir. Pamukova Metamorfitlerinin Armutlu Yarımadası'nın kuzeyinde ve güney kenarları boyunca iki kuşak halinde yüzlek verdiği, orta bölümlerinde yer alan İznik Metamorfitleri ile birbirinden ayrıldığı belirtilmektedir (Göncüoğlu ve Erendil, 1990; Erendil ve diğ., 1991). Bu kayalar toplulukları, çalışma sahası dışında Gemlik Körfezi kuzeyinde, Geyve Boğazında, Pamukova kuzeyinde ve Almacık Dağı'nda gözlenmektedir. Pamukova Metamorfitleri İstanbul Zonu'nun düşük dereceli metamorfizma geçirmiş eşleniği olarak yorumlanmaktadır (Erendil ve diğ., 1990; Yılmaz ve diğ., 1997).

Göncüoğlu ve diğ. (1990), Pamukova Metamorfitlerinin özellikle güney kuşak olarak adlandırdıkları Pamukova kuzeyinde düzenli bir istiflenme gösterdiğini belirtmektedir. Bu istif, görünür tabanda kuvarsitler ile başlamaktadır ve yukarı doğru rekristalize kireçtaşları, mafik volkanitler, metapiroplastikler ile metakırıntılı kayalardan oluşmaktadır. Pamukova çevresindeki hâkim litolojinin masif yapılu amfibolitlerin yanında tabakalanma sunan metagrovaklar ve rekristalize kireçtaşları olduğu, metabazik kayaların ise granitoidler tarafından kesildiği belirtilmiştir. Kumla batısı ve bu tezin çalışma alanını oluşturan kuzey kuşakta ise kuvarsitler ile başlayan litoloji, üste doğru yoğun biçimde amfibolitleşmiş metabazik kayalar ile türbiditik özellik sunan nitelikte çamurtaşı, metakumtaşı, fillit ve ince rekristalize kireçtaşı bantlaşması sunan metasedimanter topluluklardan oluşmaktadır. Bu metamorfik kayaların granitoidler tarafından kesildiği belirtilmiştir.

Bölgedeki metamorfik kayaların görünür tabanında ağırlıklı olarak bazik kökenli metagabro ve amfibolit türü kayalar ve daha az oranda pelitik kökenli mikaşist türü kayalar yer almaktadır. Çalışma sahasındaki hâkim metamorfik kayalar türü olan amfibolitler Şevketiye-Başkiraz arasındaki vadi boyunca geniş alanlarda ve İhsaniye (Gölcük)-Eriklitepe güzergahında gözlenebilmektedir. Saha gözlemlerinde amfibolitlerin kaba taneli masif ve bantlı yapıda oldukları tespit edilmiştir (Şekil 3.2 ve 3.3). Amfibolitler içerisinde kalınlıkları 20 cm kadar ulaşan kuvars damarları kesilmektedir (Şekil 3.2 ve 3.3). Mikaşist oluşumları Başkiraz vadisi boyunca amfibolitlerle birlikte

sınırlı yüzlek alanlarında gözlenebilmektedir. Selimiye ve İhsaniye arasında gözlenen mikaşistler kaba taneli mika minerallerinden oluşmakta olup belirgin foliasyonlu yapıya sahiptirler (Şekil 3.4).



Şekil 3.2. Çalışma sahasında Hamidiye-Şevketiye yolu üzerinde yüzlek veren ve kuvars damarları (beyaz renkli damarlar) tarafından kesilen masif yapılı amfibolitlerin genel görünümü. Koordinat: 35T, 0733791D, 04502596K

Ağırlıklı olarak pelitik kökenli kayalardan oluşan düşük dereceli metamorfik istif, saha ilişkileri belirgin şekilde gözlenememekle birlikte amfibolit ve mikaşistlerin yapısal olarak üst seviyelerinde yer almaktadır. Bu kayalar çalışma sahasında Değirmendere'nin güneyinden itibaren İhsaniye (Karamürsel) dolaylarına kadar geniş bir alanda yüzlek vermektedir (Şekil 3.1). Bu kayalar, saha gözlemlerinde genellikle mor renkli, kırılğan ve tabakalı yapı sunmaktadır (Şekil 3.5). Buna rağmen çoğu lokasyonda bu kayaların tektonizmadan etkilendiği, kıvrımlandığı ve yoğun şekilde altere olduğu gözlemlenmiş olup, mor-siyah renklerde, buruşmuş görünümlü ve çoğunlukla içerisinde kalsit damarlarının gelişmiş oldukları tespit edilmiştir (Şekil 3.6 ve Şekil 3.7). Tez çalışması

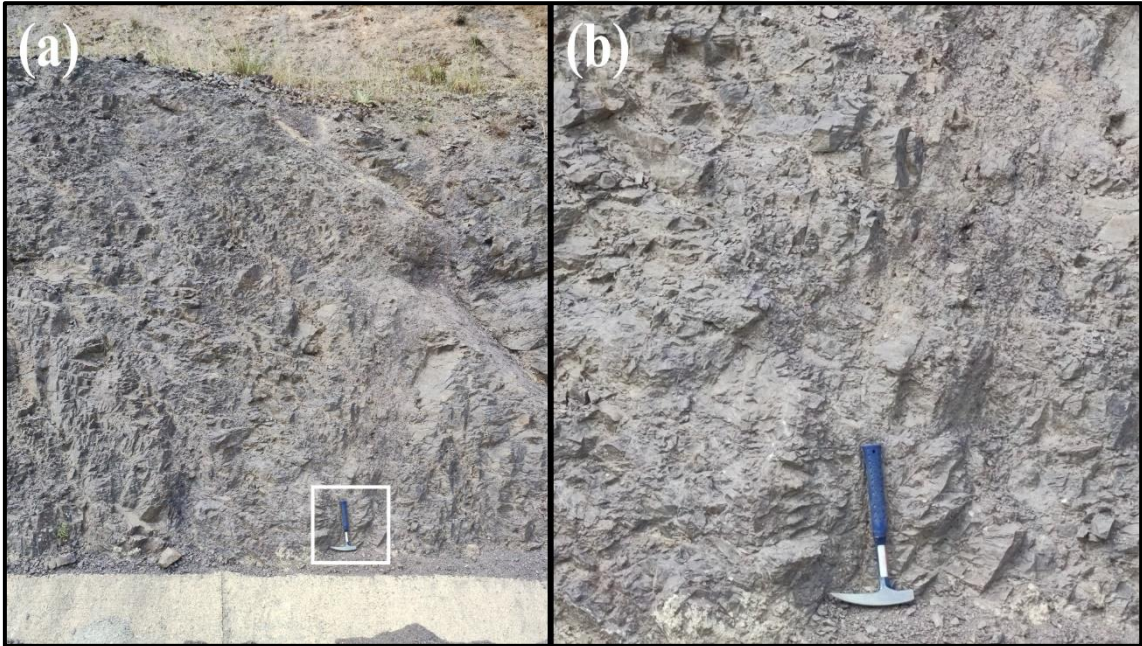
süresince bu istifin yalnızca İhsaniye Granitoyidi ile olan dokanağı tespit edilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.3. Çalışma sahasında Hamidiye-Şevketiye yolu üzerinde yüzlek veren ve kuvars damarları (beyaz renkli damarlar) tarafından kesilen masif yapılı amfibolitlerin görünümü



Şekil 3.4. Çalışma sahasındaki mikaşistlerin (a) genel görünümü, (b) belirgin foliasyonlarını gösterir yakın görünümü. Koordinat: 35T, 0738117D, 04508457K



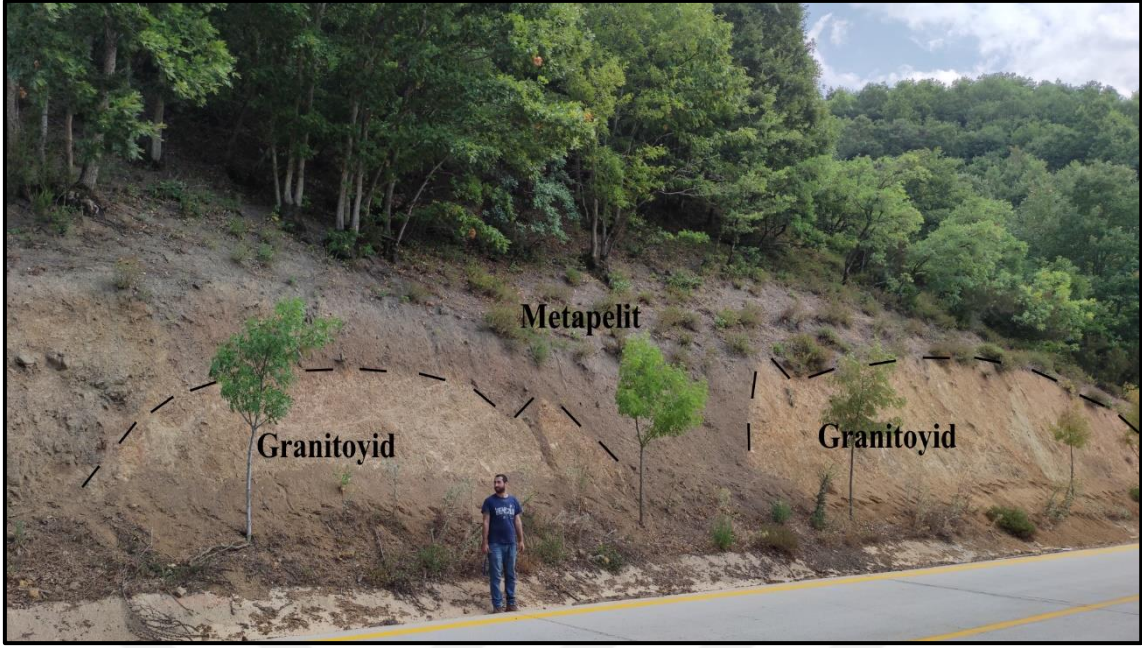
Şekil 3.5. İhsaniye köyü (Karamürsel) doğusunda bulunan metapelitik kayaçların (a) genel görünümü, (b) yakın görünümü. Koordinat: 35T, 0719784D, 04500602K



Şekil 3.6. Değirmendere güneyinde gözlemlenen metapelitik kayaların genel görünüm.  
Koordinat: 35T, 0736868D, 04507689K



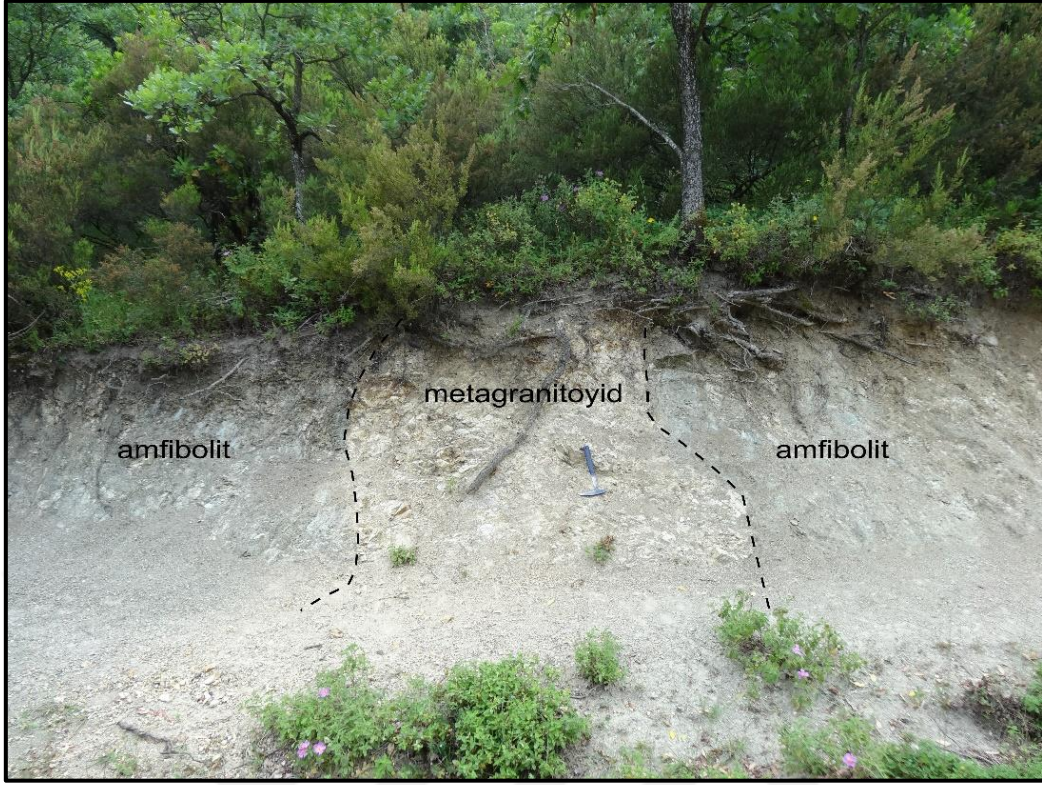
Şekil 3.7. Değirmendere güneyinde gözlemlenen metapelitik kayaların yakın görünümü



Şekil 3.8. İhsaniye (Karamürsel) güneybatısında Eosen granitoyidleri tarafından kesilen metapelitik kayalara ait mostranın görünümü. Koordinat: 35T, 0719130D, 04501285K

Çalışma sahasındaki metamorfik kayalar farklı büyüklüklerdeki sokulum kayaları tarafından kesilmektedir (Şekil 3.1 ve 3.9). Bu granitoyitik sokulumlardan Yalakdere'nin kuzeydoğusunda yer alan ve İhsaniye Granodiyoriti olarak tarif edilen (ör. Bargu, 1990) haricindeki granitoyidlerin tamamı önceki çalışmalarda metagranitoyid olarak tanımlanmıştır (ör. Erendil ve diğ., 1991). Bu metagranitoyidlerin yaşı, önceki çalışmalarda değinildiği üzere Armutlu Yarımadası'nın farklı kesimlerinden elde edilen radyometrik yaş verilerine dayansa da yakın zamanda Özbey ve diğ. (2021) tarafından Senaiye (Başkiraz) civarında yüzlek veren metagranitoyid sokulumdan U-Pb tarihlendirme yöntemiyle ile 561 My (Geç Ediyakaran) yaşı elde edilmiştir.

Saha gözlemlerinde metagranitlerin çoğunlukla tektonizma ve alterasyon süreçlerinden yoğun şekilde etkilendikleri gözlenmiştir. Önemli ölçüde arenalaşmış oldukları tespit edilen granitoyidler çalışma sahası içerisinde sınırlı mostralarda küçük stoklar halinde gözlenmektedir (Şekil 3.10 ve 3.11). Saha gözlemleri sırasında tespit edildiği üzere petrografik olarak da deformasyon süreçlerinden etkilendikleri tespit edilen bu granitoyidler genellikle milonitik ve kataklastik doku sergilemektedir. Saha çalışmalarını sırasında önceki çalışmalarda metagranitoyid olarak tanımlanan ancak petrografik gözlemlerde monzodiyorit olduğu anlaşılan bir sokulumun varlığı tespit edilmiştir (Şekil 3.12).

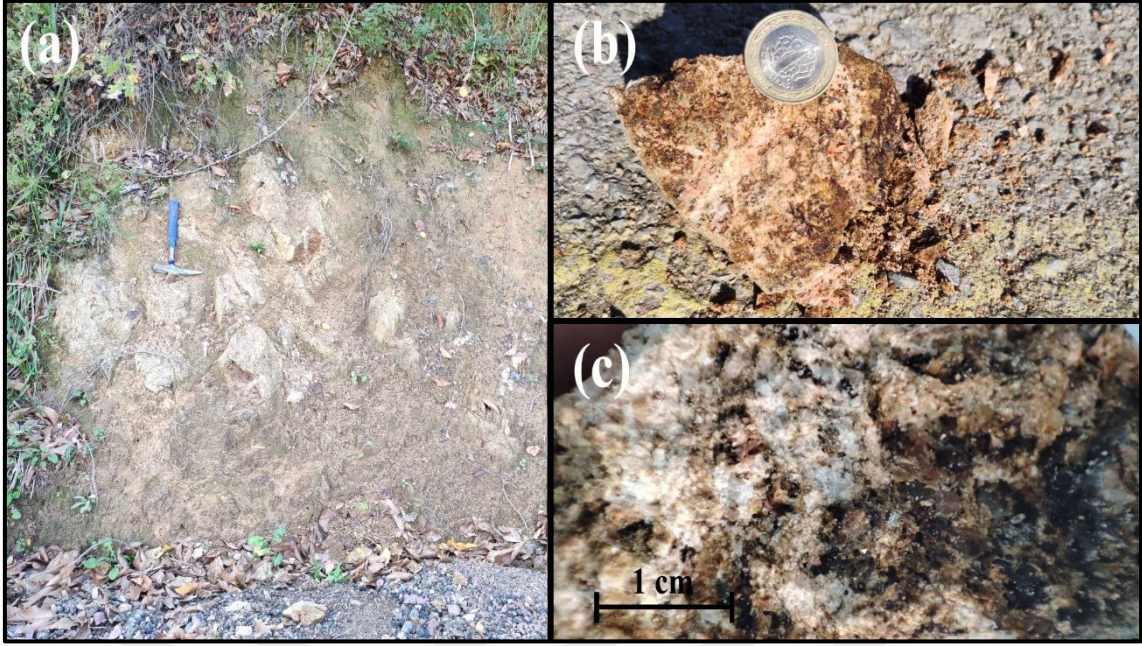


Şekil 3.9. Çalışma sahasındaki amfibolitleri kesen granitoyitik kütleinin genel görünümü. Koordinat: 35T, 0724641D, 04498958K



Şekil 3.10. Çalışma sahasında Hamidiye köyü batısında yer alan granitoyitik sokuluma ait mostranın genel görünümü. Koordinat: 35T, 0737639D, 04505162K





Şekil 3.11. Çalışma sahasında Hamidiye köyü batısında yer alan granitoyitik sokuluma ait (a) mostranın genel görünümü (b) yakın görünümü (c) belirgin alterasyon sunan el örneğine ait yakın görünüm. Koordinat: 35T, 0737639D, 04505162K



Şekil 3.12. Çalışma sahasında Avcıköy güneyinde yer alan monzodiyoritik kütleyle ait (a) mostranın genel görünümü (b) mostranın yakın görünümü. Koordinat: 35T, 0719006D, 04497556K

### 3.2.Bakacak Formasyonu

Akartuna (1968) Üst Kretase yaşlı Bakacak formasyonunu beş farklı birim altında incelerken bu tezin çalışma sahasını kapsayan alanlarda ilki kumtaşı ve konglomera'dan

oluşan ve ikincisi ise marn, marnlı kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve konglomeralardan oluşan iki farklı birim ayırt etmiştir.

Benzer şekilde çalışma sahasının batı kesimlerindeki çalışmalarında Bargu ve Sakıncı (1990) Üst Kretase birimlerini Oluklu ve Kokarca birimleri olarak ayırmaktadır. Taban konglomerası ile başlayan Oluklu Formasyonunun kumtaşı, silttaşı ve marn araldanmasından oluştuğu, bu formasyonun üzerinde uyumlu olarak bulunan Kokarca Formasyonunun ise kireçtaşlarından oluştuğu rapor edilmiştir.

Erendil ve diğ. (1991) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise Armutlu Yarımadası'nın farklı bölgelerinde yüzeyleyen Üst Kretase yaşlı filiş ve olistostromal nitelikli kayalar Bakacak Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu formasyon Armutlu Yarımadası'nın batı kesimlerinde birbirinden kopuk yüzeylemeler halinde gözlenirken İznik Gölü kuzeyinde, Karamürsel güneyinde, İznik-Geyve hattı boyunca ise geniş alanlarda yüzlek verdiği belirtilmiştir. Bakacak Formasyonu tabanda kireçtaşı ve olistostromal bir düzey ile başlarken üst seviyelerde bir filiş istifine geçmektedir. Metamorfik temel üzerinde uyumsuz olarak yer aldığı, benzer şekilde üst dokanağının da İncebel Filisi ile uyumsuz olduğu değerlendirilmiştir.

Bakacak Formasyonu Bozcu (1992) tarafından yer yer bozulmuş bir vahşi filiş ve yer yer düzenli bir filiş olarak tanımlanırken, Akbayram (2011) tarafından yer yer masif-kalın tabakalı sarımsı çakıltası, iri taneli kumtaşı, silttaşı, kiltası araldanmasından oluşan bir silisiklastik türbidit istif olarak tanımlanmaktadır ve içerisinde tane akıntıları ve olistostromal seviyeler bulunduğu belirtilmektedir.

Çalışma sahasındaki metamorfik temeli uyumsuz olarak örten Bakacak formasyonunun yaşlı fosil bulgular neticesinde Kampaniyen-Maastrichtiyen olarak belirlenmiştir (Akartuna, 1968; Bargu ve Sakıncı, 1990; Bozcu, 1992; Erndil ve diğ., 1991).

Çalışma sahasında İhsaniye (Karamürsel)-Değirmendere hattı boyunca, Karamürsel güneybatısında ve İhsaniye (Gölcük) batısında yüzlek veren bu birime ait kumtaşı tabakalarına ait mostra görünümleri Şekil 2.13 ve Şekil 2.14'te gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Hamidiye köyü yakınlarında Bakacak Formasyonu'na ait kumtaşı istifine ait genel görünüm. Koordinat: 35T, 0739323D, 04506987K



Şekil 3.14. İhsaniye (Gölcük) güneyinde yüzlek veren Bakacak Formasyonuna ait kumtaşı tabakalarına ait bir görünüm. Koordinat: 35T, 0739400D, 04507317K

### 3.3. İncebel Filişi

Çalışma sahasında Karamürsel güneyinde yüzlek veren birim Göncüoğlu ve diğerleri (1986) tarafından İncebel Filişi olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmaya göre, İncebel Filişi üst düzeylerinde piroklastik ara düzeyler kapsayan türbiditik kırıntılı kayalardan oluşan bir istif niteliğindedir ve taban konglomerası niteliğindeki bir düzeye başlayarak tekdüze bir şekilde kumtaşı, çamurtaşı, marn ve konglomera araldanmasıyla oluşan filiş niteliğindeki bölümlerle devam etmektedir. Formasyonun en alt bölümlerini oluşturan kumtaşlarından elde edilen fosillere göre Üst Paleosen, üst kesimlerinde yer alan kırıntılı kireçtaşlarından elde edilen fosillere göre ise Alt-Orta Eosen yaşı verilmiştir (Göncüoğlu ve Erendil, 1990; Erendil ve diğ., 1991).

(Akartuna, 1968) tarafından kumtaşı-marn araldanmasından oluştuğu belirtilen bu birimin, Karamürsel'in güneydoğusundaki Kretase tabakaları üzerinde yer alan Paleosen-Eosen filişine ait konglomeratik düzeylerde yer alan fosil bulgular neticesinde, Kretase birimleri ile diskordans oluşturduğu rapor edilmiştir.

Çalışma sahasında geniş alanlarda yüzlek veren bu birime ait piroklastik düzeyler Tepeköy kuzeyinde gözlenmektedir (Şekil 3.15). Karamürsel güneyinde hemen hemen tamamen volkan tüflerinden oluşan bu seviyelerin Paleosen-Eosen filişleri içerisinde bazen mercekler halinde, bazen de devamlı seviyeler halinde de yer aldığı rapor edilmiştir (Akartuna, 1968).



Şekil 3.15. Tepeköy mevkiinde yer alan yaklaşık 200 m genişlikte ve 10 metre yükseklikte mostra veren volkano-sedimanter birime ait genel görünüm (Ölçeksizdir). Koordinat: 35T, 0723960D, 04507912K

Piroklastik düzeyde çok yakın mesafede farklı doğrultu-eğime sahip tabakalar gözlenmekle birlikte genel eğilimi yansıtaacağı düşünülen bir katmandan  $G72^{\circ}B 77^{\circ}KB$  doğrultu-eğim değeri ölçülmüştür. Bu düzeyin, Tepeköy civarında sınırlı yüzlelerde gözlenen boz renkli, taze yüzeyi mavimsi yeşil renklere ve ayrılmış marnlara, marn düzeyinin ise Tepeköy güneyinde boz renkli kumtaşlarına (Şekil 3.16) geçtiği gözlenmektedir. Kumtaşları çabuk dağılan yapıda olmasına rağmen tabakaların birbiriyle uyumlu olması nedeniyle yapılan ölçümde  $K74^{\circ}B 69^{\circ}KB$  doğrultu-eğim değeri ölçülmüştür.



Şekil 3.16. İncebel Filişi'ne ait kumtaşı düzeyine ait genel görünüm. Koordinat: 35T, 0724329D, 04507761K

Yol yarmaları boyunca konkresyon ayrışmaları gösteren kumtaşları önce ayrışmamış, taze yüzeyi grimsi mor renklere olan  $K45^{\circ}B 30^{\circ}KB$  ölçüsü alınan tabakalar şeklinde, daha güneyde ise blok görünümlü sarımsı kumtaşı yumrularına geçmektedir.  $K53^{\circ}D 41^{\circ}KB$  doğrultu-eğim ölçüsü alınan sarı renkli kumtaşı tabakalarında 2,5 m genişlikte ve 5-20 cm arasında değişen, içerisinde bol makro fosil düzeyleri barındıran gri renkli kumtaşı düzeyi tespit edilmiştir (Şekil 3.17 ve 3.18).



Şekil 3.17. Tepeköy kuzeyinde bulunan kumtaşı ve fosilli düzeyin genel görünümü.  
Koordinat: 35T, 0725141D, 04506966K



Şekil 3.18. Tepeköy Göleti çevresinde yer alan kumtaşı içerisindeki fosilli düzeyin yakın görünümü

### 3.4.Sarısu Volkanitleri

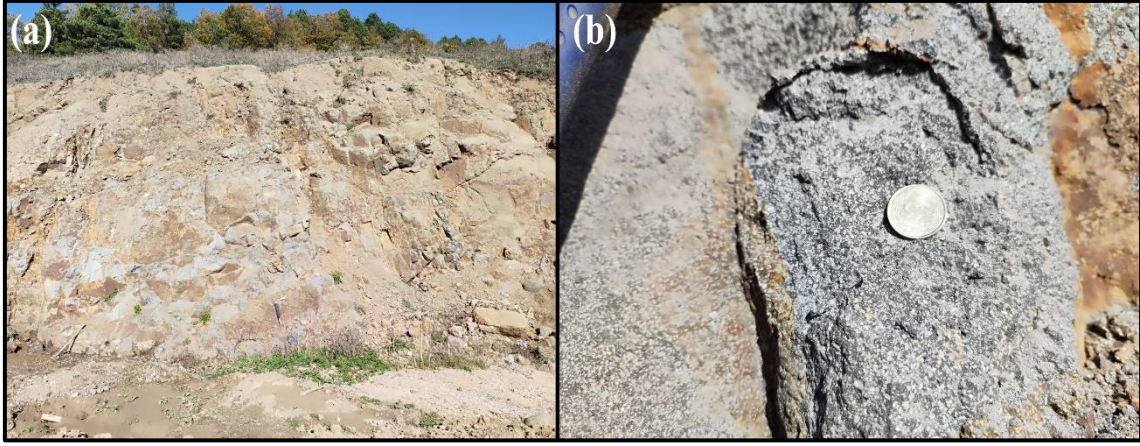
Çalışma sahasının güneyinde geniş bir alanlarda yüzlek veren volkanik kayalar literatürde Sarısu Volkanikleri (ör: Erendil ve diğ., 1991), Kızderbent Andeziti (ör: Bargu ve Sakınç, 1990), ve Kızderbent Volkaniti (ör: Genç ve diğ., 2004) benzeri adlandırmalarla bilinmektedir. Bu birim Armutlu Yarımadası'nın batısından Sapanca Gölü batısına kadar geniş alanlarda yüzlek veren andezitik lav ve aglomeralardan oluşan volkanik istiflerden oluşmaktadır. (Erendil ve diğ., 1991).

İstif volkanizmanın gelişme sürecine bağlı olarak farklı kesimlerinde farklı litolojilerin sıralanmasından oluşmaktadır (Erendil ve diğ., 1991). Bu litolojiler, İznik metamorfikleri üzerinde uyumsuz olarak bulunan taban konglomerası ile başlarken ince taneli çökel kayalar, ignimbrit, şeyl-çamurtaş-silttaş düzeyi, bloktaş, epiklastik-piroklastik kayalar, andezit, volkanik çık birimi, lahar akıntıları gibi çeşitli düzeylerden oluşmaktadır (Genç ve diğ., 2004).

İstifin Lutesiyenden itibaren geliştiğini gösteren Nummulites sp., Rotaliidae, Orbitolites sp., Alveolinidae fosilleri metamorfik kayaların üzerindeki uyumsuz kireçtaş ve kumtaş düzeylerinde yer almaktadır (Erendil ve diğ., 1991). Genç ve diğ. (2004), gerçekleştirdikleri çalışmada Armutlu Yarımadası içerisindeki volkanik kayalardan 49 ila 38 milyon yıl arasında değişen yaşlar elde etmişlerdir.

Sarısu Volkanitleri'nin dokanak ilişkileri incelendiğinde, metamorfik kayaları uyumsuz olarak üzerlemektedirken, (Bargu ve Sakınç, 1990; Erendil ve diğ., 1991), İncebel Filişi ile tuf ve kumtaşlarının ardalanmasından oluşan bir geçiş göstermektedir (Erendil ve diğ., 1991).

Çoğunlukla andezit türü kayalardan oluşan birim yeşil, sarımsı yeşil, koyu yeşil-siyah, mor renklidir ve çoğunlukla iri taneli ve masif görümlü olan kaya, sert ve kırılğan olup, kırıklı ve eklemlidir (Bargu ve Sakınç, 1990). Gölcük güneyinde Ayvazpınarı, Mesruriye, İrşadiye ve Hamidiye çevresinde gözlenen bu birim aynı zamanda Başkırz-İznik yolu üzerinde çok sayıda yüzlek vermektedir (Şekil 3.19a-b).



Şekil 3.19. Sarısu Volkanitlerine ait (a) ayrılmış volkanik kayaların genel görünümü ve (b) aynı yüzlek alanındaki volkanik kayaya ait taze kırık yüzeyinin görünümü. Koordinat: 35T, 0727285D, 0449793K

### 3.5. Eosen Granitoyidi

İhsaniye (Karamürsel) köyü doğusunda yer alan granitoyitik sokulum (Şekil 3.1 ve Şekil 3.20) Bargu ve Sakınç (1984) tarafından İhsaniye Granodiyoriti olarak adlandırılmıştır. Bu sokulum, önceki çalışmalarda (ör: Akartuna, 1968; Göncüoğlu ve diğ., 1986) Eosen yaşlı Fıstıklı granitoidlerinin eşdeğeri olarak tanımlanmıştır. Delaloye ve Bingöl (2000) tarafından Armutlu Yarımadası'nın batısında gerçekleştirilen çalışmada elde edilen radyometrik yaş verileriyle Fıstıklı granitoidlerinin Geç Eosen yaşında olduğu belirlenmiştir.

İhsaniye köyünün hemen doğusunda, yakın zamanda inşası tamamlanan İhsaniye Barajı ve çevresindeki yol düzenlemeleri neticesinde bu granitoid İhsaniye Barajı ve çevresinde geniş alanlarda yüzlek vermektedir. Barajın üzerine kurulu olduğu bu birim yer yer baraj suları ve bitki örtüsü nedeniyle gözlem yapılamayacak alanlar barındırır da sokulum yaptığı metapelitik birimlerle olan dokanağı yol yarmalarında görülmektedir.

Saha gözlemlerinde grimsi, sarımsı boz renklere olan kayalardaki kaba taneli mineraller gözle görülebilmektedir ancak kayaların çoğunlukla alterasyona uğradığı ve neredeyse gözlemlenebilir tüm alanlarda arenalaşma gösterdiği tespit edilmiştir. Bargu ve Sakınç (1990) tarafından yapılan mineralojik analizlerde bu granodiyoritin kataklastik etkiler altında kaldığı belirtilmiştir. Ayrıca, saha gözlemlerinde birim içerisinde çok sayıda bazik daykların yer aldığı görülmektedir (Şekil 3.21).





Şekil 3.20. İhsaniye Granitoidinin genel görünümü. Koordinat: 35T, 0719100D, 04501074K



Şekil 3.21. İhsaniye Granitoidini kesen bazik daykların görünüşleri (a) İhsaniye Barajı girişi. Koordinat: 35T, 0719140D, (b) İhsaniye Baraj girişinin vadi cephesi. Koordinat: 35T, 0719180D, 04500980K

### **3.6. Arslanbey Formasyonu**

Çalışma sahasında Gölcük-Değirmendere güneyinde ve Yalakdere havzasında yüzlek veren çökel birimler Yalakdere Formasyonu (ör: Bargu ve Sakınç, 1990) ve Arslanbey Formasyonu (ör: Göncüoğlu ve diğ., 1986; Erendil ve diğ., 1991) olarak adlandırılmıştır. Fosil yaşı bulunmayan Arslanbey Formasyonu için Miyosen-Pliyosen (Bargu ve Sakınç, 1990) ve Pliyosen (Göncüoğlu ve diğ., 1986; Erendil ve diğ., 1991) yaşları önerilmiştir. Sarımsı-boz, boz, beyaz, grimsi beyaz renkli gevşek çimentolanmış çakıllı, kumlu, siltli seviyeler ve yer yer kilaşının araldanması ile üst seviyelerinde yer alan kireçli kumtaşı üyesinden oluşan birimin kalınlığı yaklaşık 500m'dir (Bargu ve Sakınç, 1990). Çalışma sahasında gevşek bir matriks içerisinde çoğunlukla kötü boylanmalı çeşitli kırıntılılar barındırdığı tespit edilmiştir.

### **3.7. Alüvyon**

Çalışma sahasında gözlenen en genç birim olan alüvyonlar çalışma sahasında sınırlı alanlarda görülmektedir. Bu alüvyonlar Yalakdere doğusunda Akçat Dere, Avcı Dere ve Karaburçak Dere tarafından Yalakdere havzasında ve Hisar Dere ile Kazıklı Dere tarafından Gölcük güneyinde, çevre litolojilerden taşınan çeşitli büyüklükteki malzemelerle oluşan akarsu oluşuklarıdır.

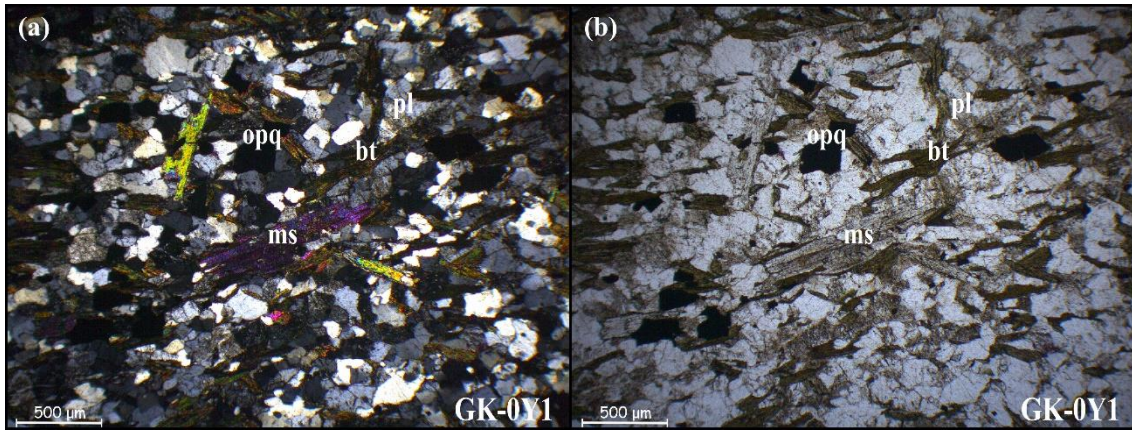
#### 4. PETROGRAFİ VE MİNERAL KİMYASI

Çalışma sahasındaki metamorfik ve granitik kayaçların petrografik ve mineralojik özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla arazi çalışmaları sırasında alınan 24 adet örneğin ince kesitleri hazırlanarak polarizan mikroskop yardımıyla incelenmiştir. Bu kesitlerden mineralojik ve dokusal özelliklerine göre uygun bulunan örnekler mineral kimyası analizleri için seçilmiştir.

##### 4.1.Pamukova Metamorfitleri

Pamukova Metamorfitleri olarak adlandırılan metamorfik temel kayaçları Gölcük ve Karamürsel güneyinde geniş bir alanda yayılım göstermektedir. Saha çalışmaları sırasında bu metamorfik temele ait olduğu tespit edilen amfibolit ve mikaşist örneklerinden yapılan petrografik ve mineral kimyası analizleri aşağıda anlatılmıştır.

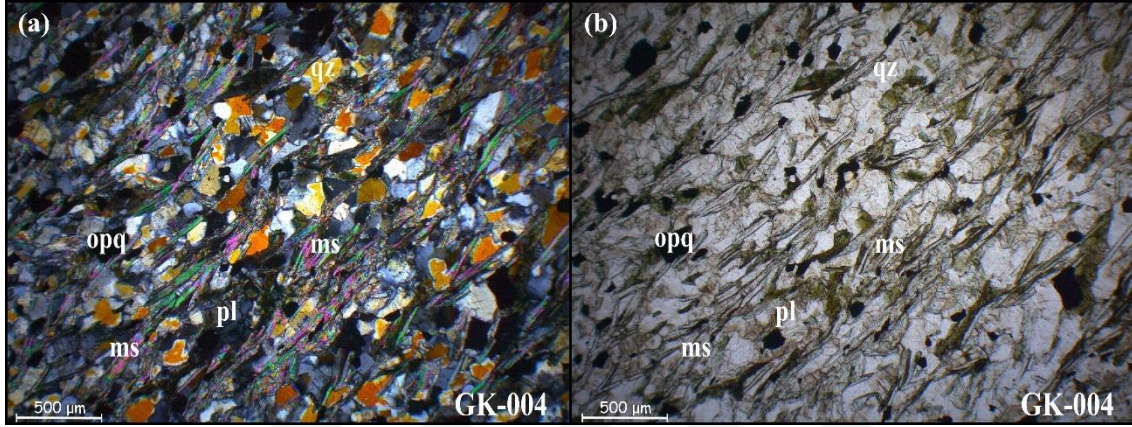
Çalışma sahasında yüzlek veren mikaşist örnekleri kuvars,  $\pm$  plajiyoklaz,  $\pm$  biyotit,  $\pm$  muskovit,  $\pm$  opak mineral topluluklarından oluşmaktadır. Çoğunlukla lepidoblastik ve granolepidoblastik doku sunan mikaşistlerdeki mineral toplulukları kayacın yapraklanmasıyla uyumlu lineasyon sunmaktadır. İhsaniye (Gölcük) kuzeybatısından derlenen GK-Y1 numaralı örnek minerallerin bolluklarına göre yapılan modal analizlerde kuvars-muskovit şist olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.1).



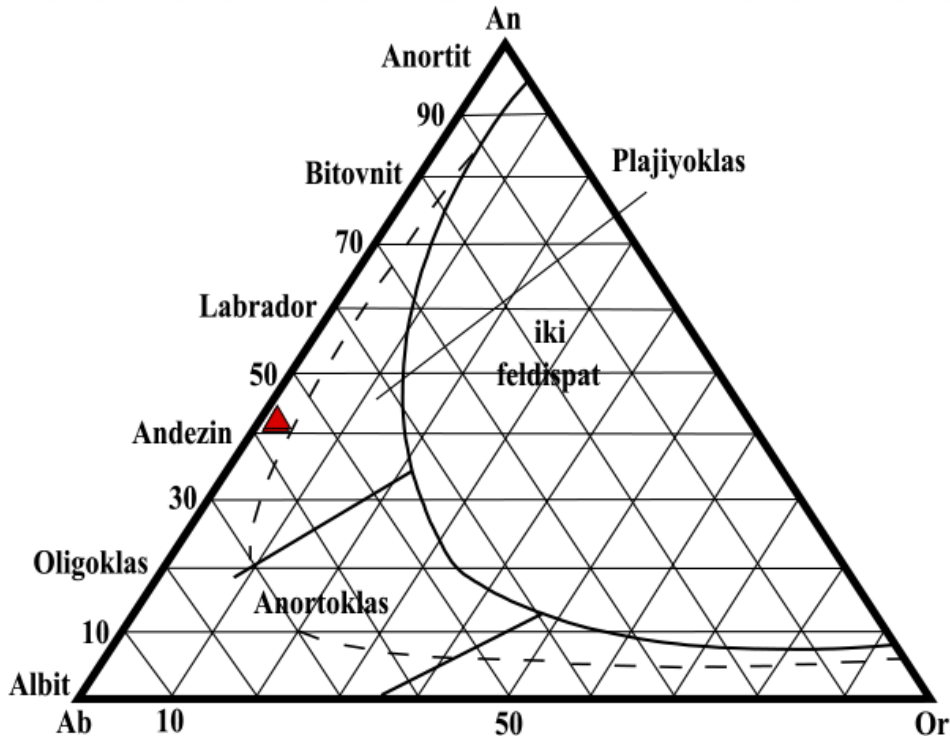
Şekil 4.1 İhsaniye (Gölcük) kuzeybatısından derlenen GK-Y1 numaralı lepidoblastik dokulu mikaşist örneğinin (a) Polarize ışık altındaki görünümü. (b) Doğal ışık altındaki görünümü. Kısaltmalar: ms, muskovit; pl, plajiyoklaz; bt, biyotit; opq, opak mineral

Benzer şekilde, modal analizi sonucunda kuvars-muskovit şist olarak tanımlanan GK-004 numaralı örnek, Lütfiye köyünün kuzeybatısında yüzlek vermekte olup, polarizan

mikroskop görüntüsü Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Mikaşist örneğinin mineral kimyası analizlerine göre, kayaçtaki feldspat minerallerinin anortit içerikleri %41-43 oranıyla andezin bileşimine sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Modal bolluk oranı %~ 10 olan muskovit minerallerinin Si değerleri formül başına 3,14 – 3,17 arasında değişmektedir. Biyotit minerallerinin  $X_{Mg}$  değerleri 0,10 – 0,12 arasında,  $TiO_2$  içerikleri ise 0,61-0,63 arasındır.

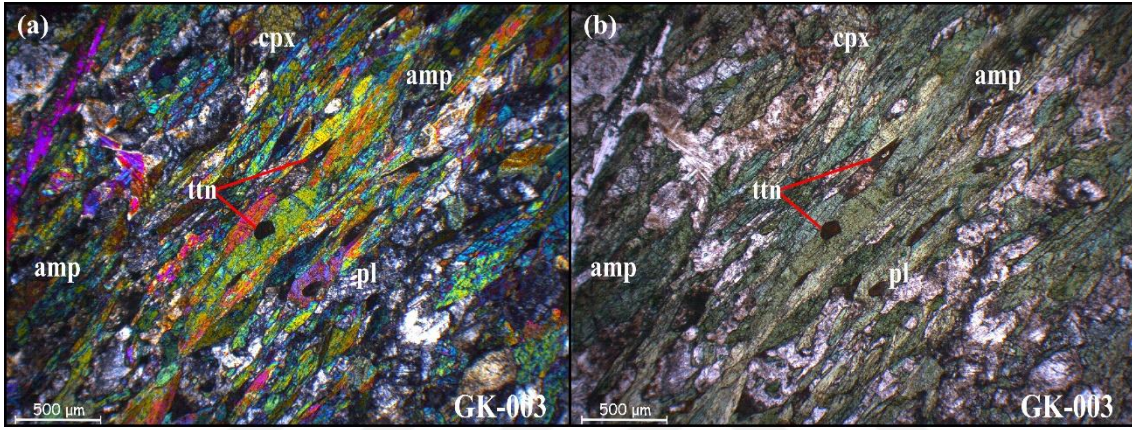


Şekil 4.2 İhsaniye (Gölcük) batısından derlenen GK-004 numaralı lepidoblastik dokulu mikaşist örneğinin (a) Polarize ışık altındaki görünümü. (b) Doğal ışık altındaki görünümü. Kısaltmalar: ms, muskovit; pl, plajiyoklaz; qz, kuvars; opq, opak mineral

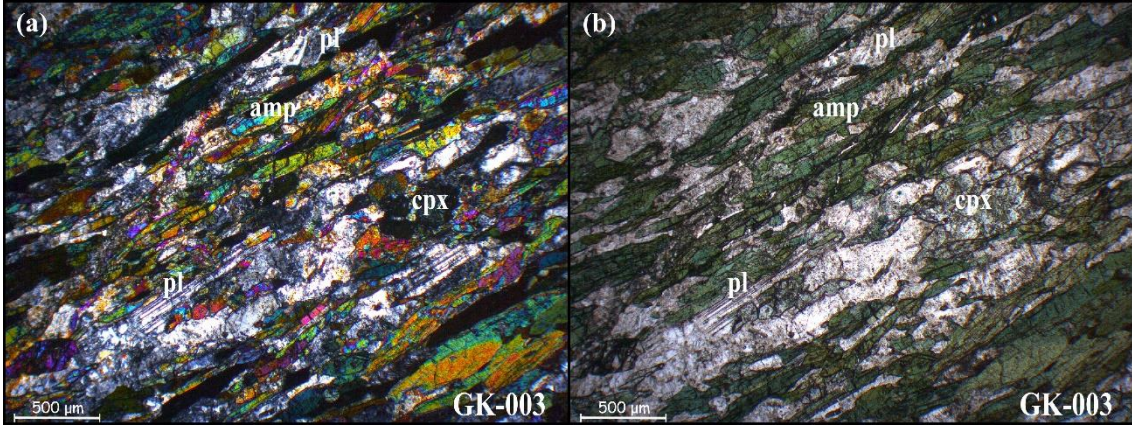


Şekil 4.3. GK-001 numaralı mika şist örneğine ait plajiyoklazların kimyasal bileşimleri. Kısaltmalar: An, Anortit; Ab, Albit; Or, Ortoklaz

Çalışma sahasında amfibolitik kayaçların masif ve bantlı yapıda oldukları gözlenmiştir. Masif yapılu amfibolitler içerisinde petrografik özelliklerini temsil eden GK-003 numaralı örnek Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Çalışma sahasındaki amfibolitler genel olarak nematoblastik doku sunmaktadır. Bu kayaçlar başlıca amfibol, plajiyoklaz, klinopiroksen ve tali olarak titanit minerallerinden oluşmaktadır. Kayacın doku ve minerallerinin kesitini her yerinde benzer özellikler sergilediği ve minerallerinin kayacın foliasyonlu yapısıyla uyumlu olarak uzanım sergilediği görülmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.4. Lütfiye köyü kuzeydoğusundan derlenen GK-003 numaralı nematoblastik dokulu amfibolit örneğinin (a) Polarize ışık altındaki görünümü. (b) Doğal ışık altındaki görünümü. Kısaltmalar: amp, amfibol; cpx, klinopiroksen; pl, plajiyoklaz; ttn, titanit



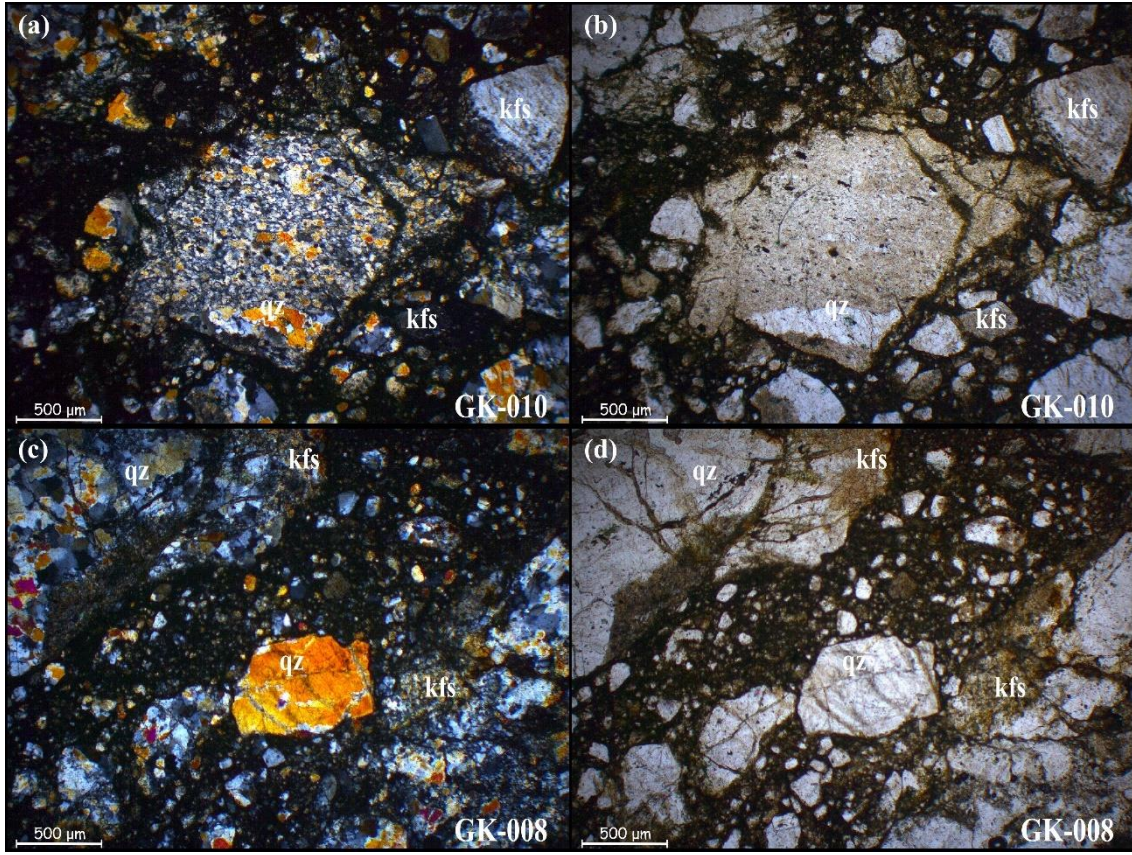
Şekil 4.5. Lütfiye köyü kuzeydoğusundan derlenen GK-003 numaralı nematoblastik dokulu amfibolit örneğinin (a) Polarize ışık altındaki görünümü. (b) Doğal ışık altındaki görünümü. Kısaltmalar: amp, amfibol; cpx, klinopiroksen; pl, plajiyoklaz; ttn, titanit

## 4.2. Granitoidler

Saha gözlemlerinde tektonizmadan etkilendiği tespit edilen granitoidlerin aynı zamanda petrografik analizlerinin sonucunda da deformasyon süreçlerinden önemli ölçüde

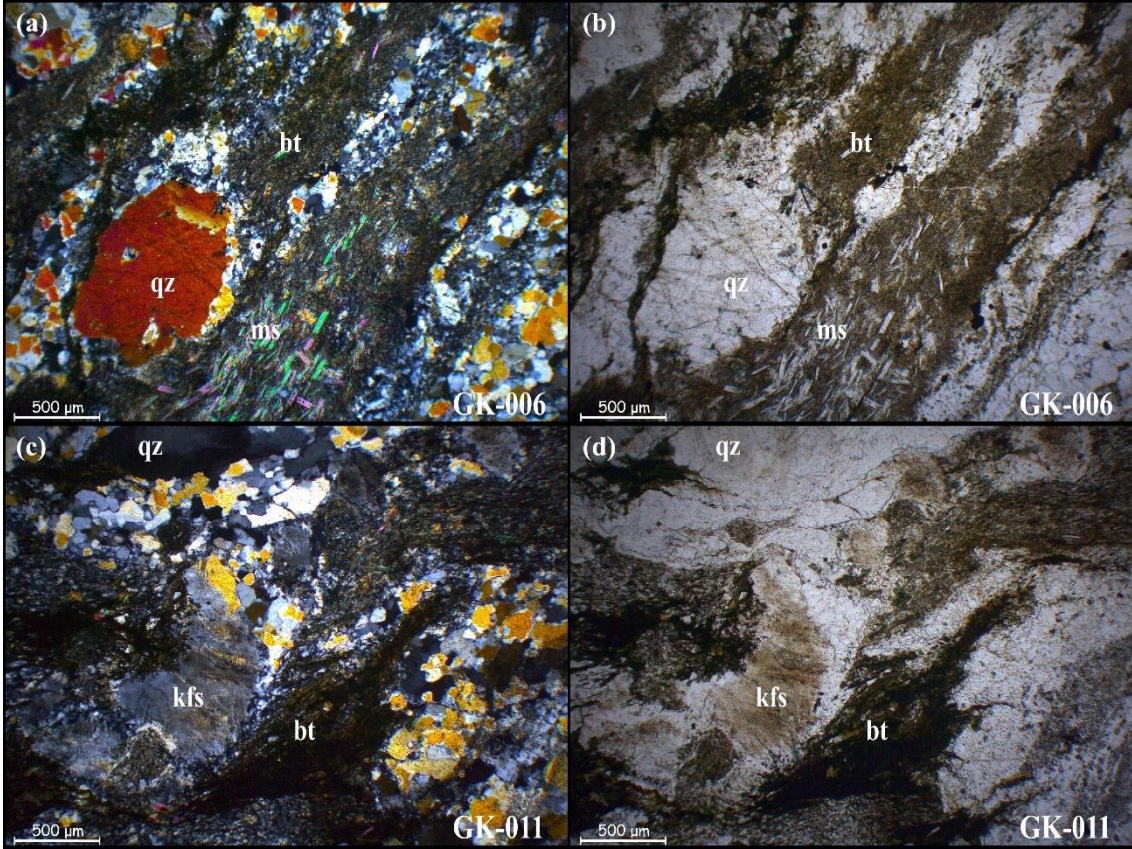
etkilendikleri tespit edilmiştir. Petrografik analizleri sonucunda başlıca kuvars, plajiyoklaz, K-Feldspat ve mika minerallerinden oluşan granitoyid kayalar çoğunlukla milonitik ve kataklastik dokular sergilemektedirler.

Avcıköy ve Kadiriye arasında yer alan vadide farklı lokasyonlardan derlenen 4 örneğin (GK-007, GK-008, GK-009, GK-0010) breşik doku sergilediği tespit edilmiştir. Bu örneklerden GK-08 ve GK-010 numaralı örneklerin tek nikol ve çift nikol görüntüleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Avcıköy ve Kadiriye arasındaki lokasyonlardan derlenen GK-008 ve GK-010 numaralı breşik dokulu granitoyid örneklerinin (a,c) Polarize ışık altındaki görüntüleri. (b,d) Doğal ışık altındaki görüntüleri. Kısaltmalar: qz, kuvars; kfs, potasyum feldspat

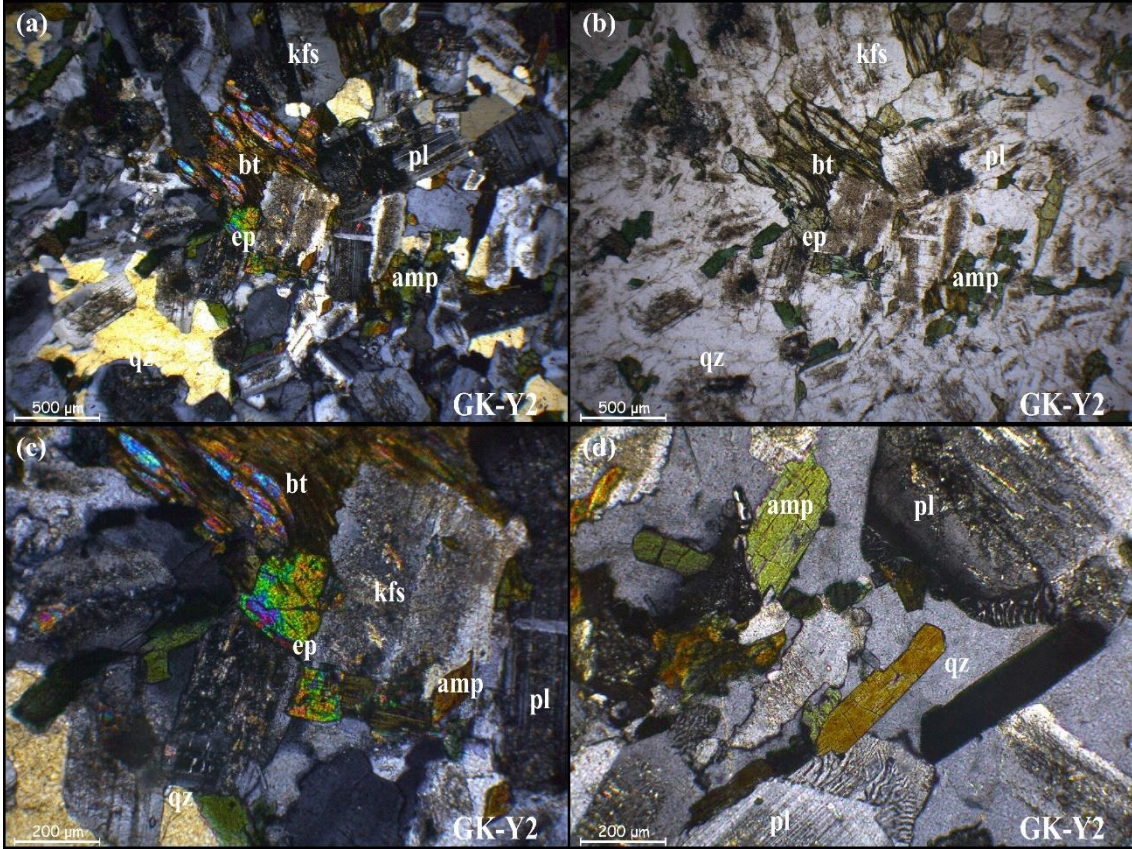
İnce kesit analizlerinde makaslanmış doku sergilediği tespit edilen örneklerden GK-006 numaralı örnek Senaiye köyü batısından, GK-011 numaralı örnek ise Avcıköy'ün güneyinden alınmıştır.



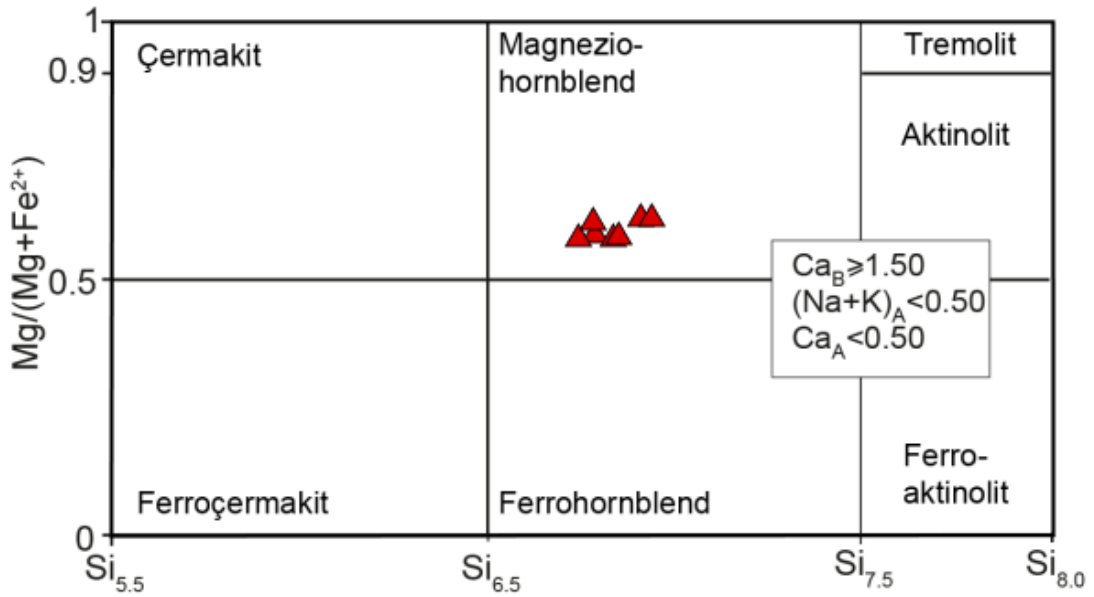
Şekil 4.7. Makaslanmış dokulu granitoidler (a,b) Senaiye batısından derlenen GK-006 numaralı örneğin doğal ve polarize ışık altındaki görünüşleri (c,d) Avcıköy güneyinden derlenen GK-011 numaralı örneğin doğal ve polarize ışık altındaki görünüşleri. Kısaltmalar: qz, kuvars; kfs, potasyum feldspat; bt, biyotit; ms, muskovit

Çalışma sahasında, Şevketiye köyü kuzeydoğusundan derlenen GK-Y2 numaralı örneğin diğer granitoyitik kayalardan farklı olarak taneli doku sergilediği tespit edilmiştir (Şekil 4.8a-d). Petrografik analizlerinde monzodiyorit olduğu anlaşılan kayaç kuvars, plajiyoklaz, amfibol, biyotit, epidot, titanit ve zirkon minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 4.8a-b). Bu kayaçtaki idiomorfik epidot minerallerinin dokusal özellikleri, bu minerallerin magmatik olarak kristallendiklerine işaret etmektedir (Şekil 4.8c). Kayaç yer yer mirmekitik doku da sergilemektedir (Şekil 4.8d).

GK-Y2 numaralı örnekte yapılan mineral kimyası analizlerine göre, amfibol mineralleri kalsik nitelikte ve magnezyumlu hornblend bileşimindedir (Şekil 4.9). Aynı kayaçtaki biyotit minerallerinin  $X_{Mg}$  değerleri 0.55-0.61 arasındadır. Kayaçtaki plajiyoklaz minerallerinin oligoklaz ve andezin (An27-32) bileşimlerine, K-Feldspat minerallerinin ise Ortoklaz (Or93-95) bileşimine sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.10).

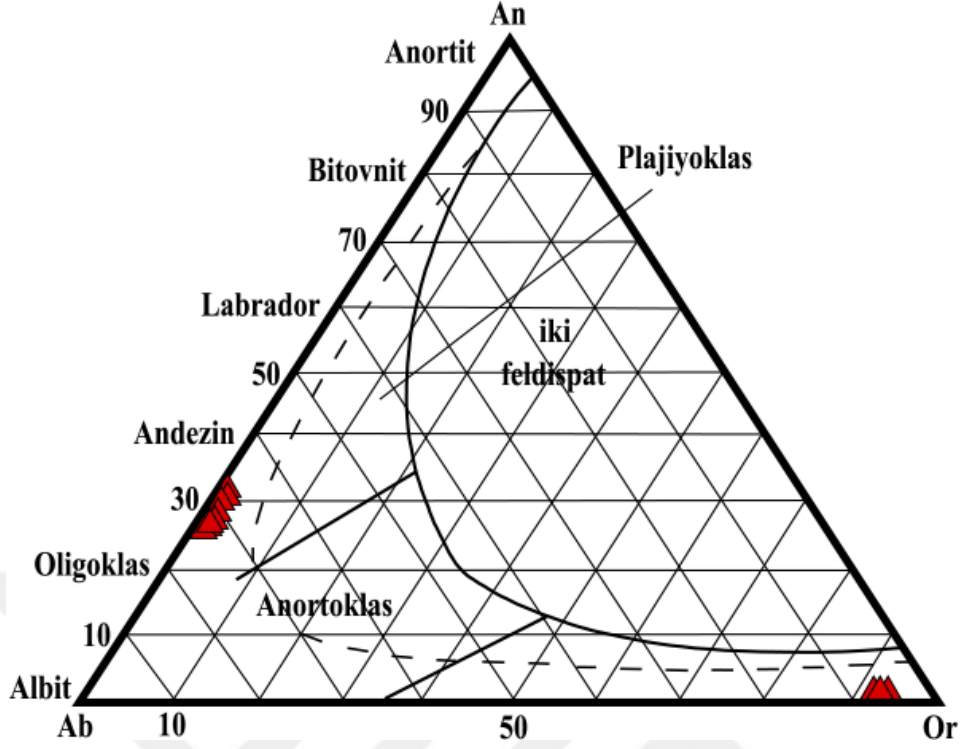


Şekil 4.8. Taneli dokuya sahip GK-Y2 numaralı monzodiyorit örneğinin (a,b) Polarize ve doğal ışık altındaki görünüşleri (c) idiomorfik epidot mineralinin 200 µm ölçeğinde doğal ışık altındaki görünüşü (d) Mirmekitik doku sergileyen kayaca ait doğal ışık altındaki görünüşü. Kısaltmalar: qz, kuvars; kfs, potasyum feldspat; bt, biyotit; pl, plajiyoklaz; amp, amfibol; ep, epidot



Şekil 4.9. Şevketiye köyü kuzeydoğusundan derlenen GK-Y2 numaralı monzodiyorit örneğinin amfibollerinin kimyasal bileşimi (Leake ve diğ., 1997'e göre)





Şekil 4.10. Şevketiye köyü kuzeydoğusundan derlenen GK-Y2 numaralı monzodiyorit örneğinin feldspatlarının bileşimleri

Monzodiyorit örneğinin mineral kimyası özelliklerine bakıldığında  $X_{Fe^{+3}}$  değerleri 0.30-0.34 aralığında değişmekte olup epidotların bu bileşimi literatürde belirtilen magmatik kökenli epidotların bileşimiyle benzerdir.

## 5. TÜM KAYAÇ JEOKİMYASI

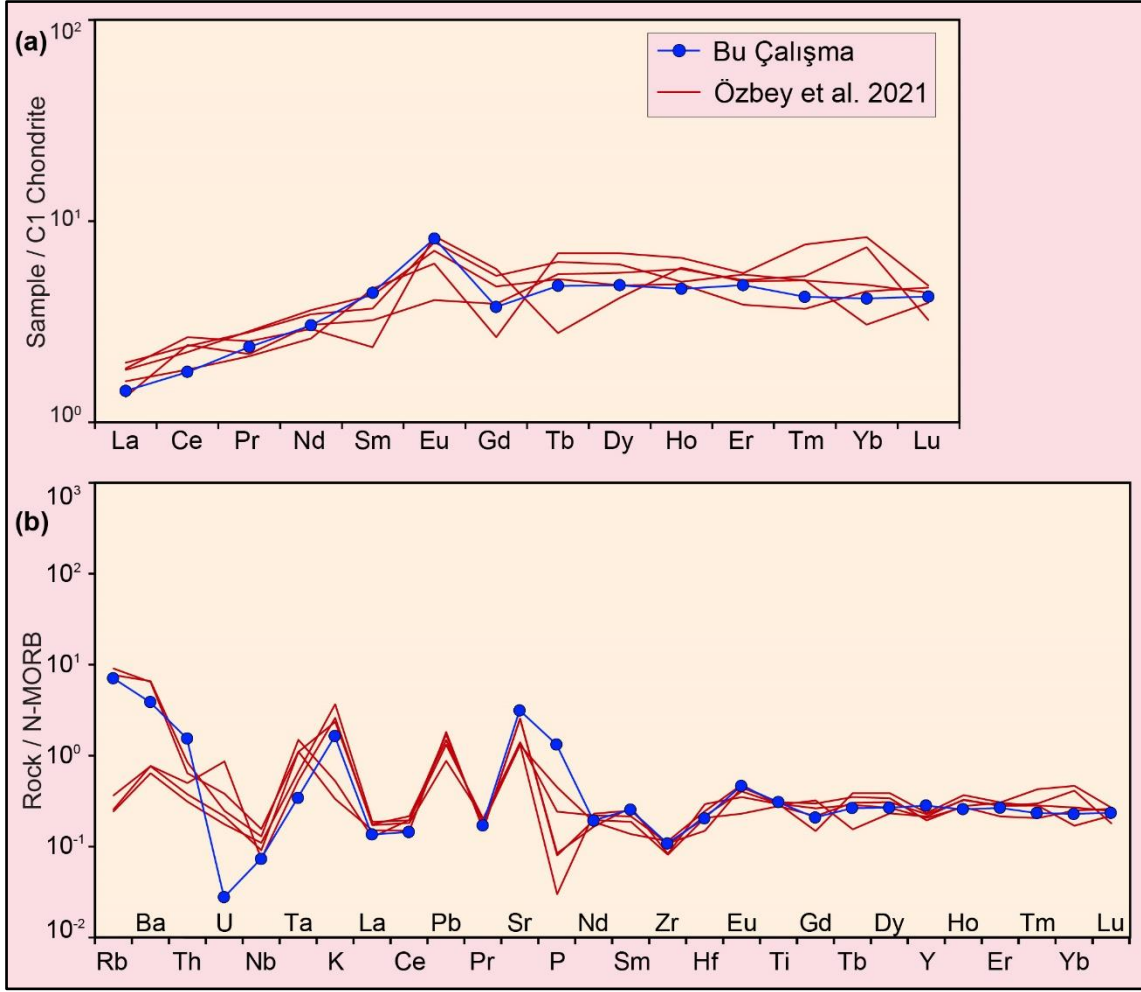
Gölcük ve Karamürsel güneyinde yer alan çalışma sahasındaki metamorfik ve granitoyitik sokulum kayaçların jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmalarda 9 adet (GK-002, GK-005, GK-006, GK-008, GK-009, GK-0010, GK-0011, GK-0012) granitoid ve 1 adet (GK-003) amfibolit örneği analiz edilmiştir. Jeokimyasal analizleri Kocaeli Üniversitesi Analitik Jeokimya laboratuvarında gerçekleştirilen kayaçlardan elde edilen ana, iz ve nadir toprak element sonuçları EK A'da gösterilmiştir. Bu veriler neticesinde yapılan değerlendirmeler ile bu kayaçlara ait jeokimyasal ve tektonomagmatik oluşum ortamları belirlenmiştir.

### 5.1. Amfibolitler

Bölgedeki yüksek dereceli metamorfik kayaçlardan amfibolitler GK-003 numaralı örnek ile temsil edilmektedir. Bu çalışmadaki amfibolitlere ait veriler ile Özbey ve diğerleri (2021) tarafından benzer çalışma sahasından elde edilen veriler korelasyon amacıyla aynı NTE ve N-MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element diyagramlarında gösterilmiştir (Şekil 5.1a-b).

NTE diyagramı incelendiğinde hafif nadir toprak elementlerinde belirgin bir tüketilim sergilendiği ve kayacın oluşumunda plajiyoklaz birikimine işaret eden belirgin bir pozitif Eu anomalisi gözlenmektedir (Şekil 5.1a). Bununla birlikte bölgedeki amfibolitlerin yüksek Mg# değerleri (>70) ve yüksek CaO ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikleri değerlerinin varlığı bu kayaçların kümülat niteliğinde olduğunu göstermektedir.

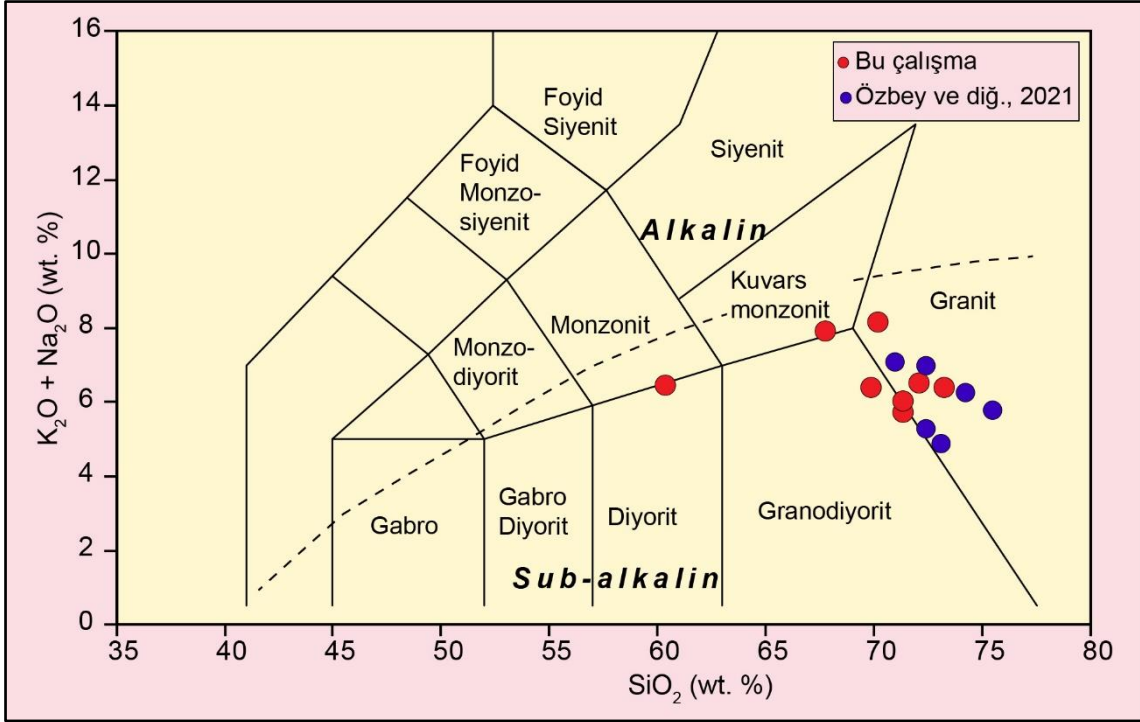
Amfibolitlerin N-MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element diyagramında genel itibarıyla Rb, Ba, K, Sr gibi LIL elementleri haricinde N-MORB bileşimlerine göre tüketilmiş bir dağılım desenine sahip oldukları ve negatif Nb ve Zr anomalilerine sahip oldukları görülmektedir (Şekil 5.1b). Kayaçların kümülat karakteri niteliği taşımaları dolayısıyla toplam kayaç bileşimleri üzerinde tektonomagmatik oluşum ortamı analizi yapmaktan kaçınılmıştır.



Şekil 5.1. Çalışma sahasındaki amfibolitler için (a) kondrite göre normalize edilmiş NTE diyagramı, (b) N-MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramı (kondrit ve normalizasyon değerleri Sun & McDonough, 1989'tan alınmıştır).

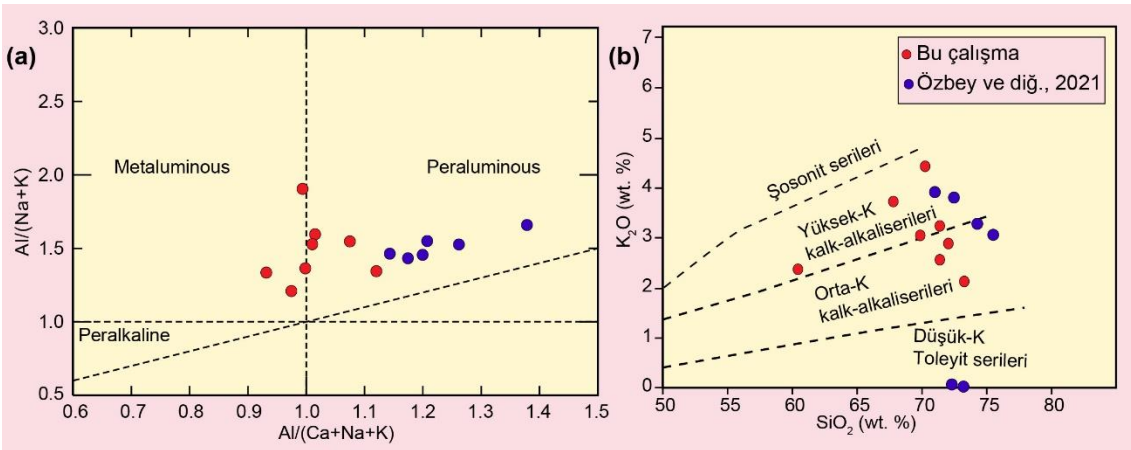
## 5.2. Granitoidler

Çalışma alanındaki metamorfik kayalar kesen sokulum kayalar çeşitli diyagramlarda değerlendirilmiştir. Granitoyitik kayaların sınıflandırılmasında kullanılan toplam alkalilere karşı silika (TAS) diyagramında çalışma sahasındaki granitoyitik kayaların sub-alkalen karakterli oldukları ve ağırlıklı olarak granit ve granodiyorit bileşimli oldukları ve bazı örneklerin ise kuvars monzonit ve diyorit bileşimler sergiledikleri görülmektedir (Şekil 5.2).



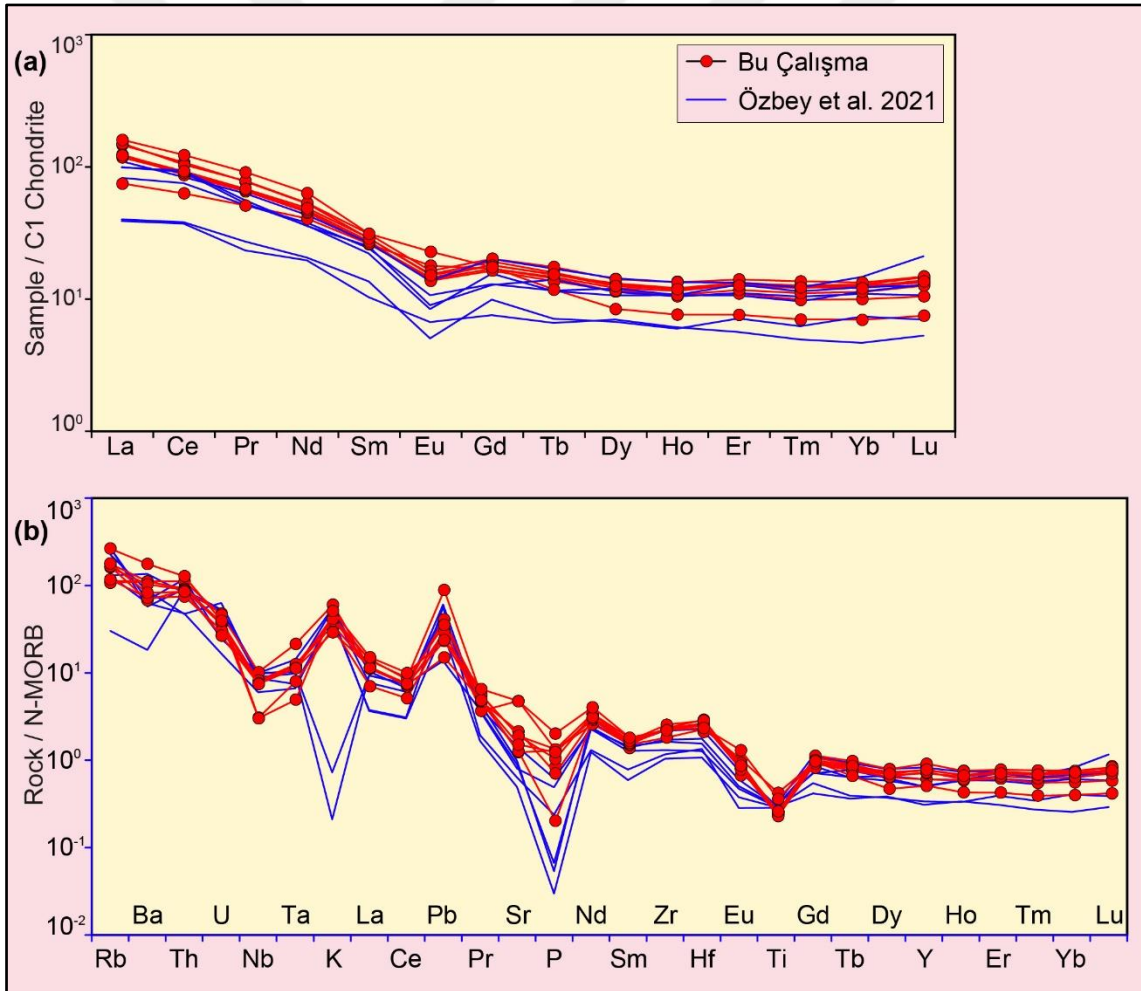
Şekil 5.2. Çalışma sahasındaki granitoid kayaç örneklerinin TAS diyagramında sınıflanması. Le Maitre ve diğ. (1989)'den alınmıştır. Alkalen ve sub-alkalen alanlarını ayıran sınır Miyoshiro (1978)'dan alınmıştır

Granitoid örneklerinin alüminyum doygunluk indeksleri incelendiğinde granitoyitik kayaçların ASI diyagramında metaluminous ve peraluminous alanlarına iz düştüğü görülmektedir (Şekil 5.3a). Silisyum içeriklerinin potasyum içerikleriyle kıyaslandığı diyagramda ise orta ve yüksek potasyumlu kalk-alkalen serilere karşılık gelen bileşimsel değerlere sahip oldukları görülmektedir (Şekil 5.3b).

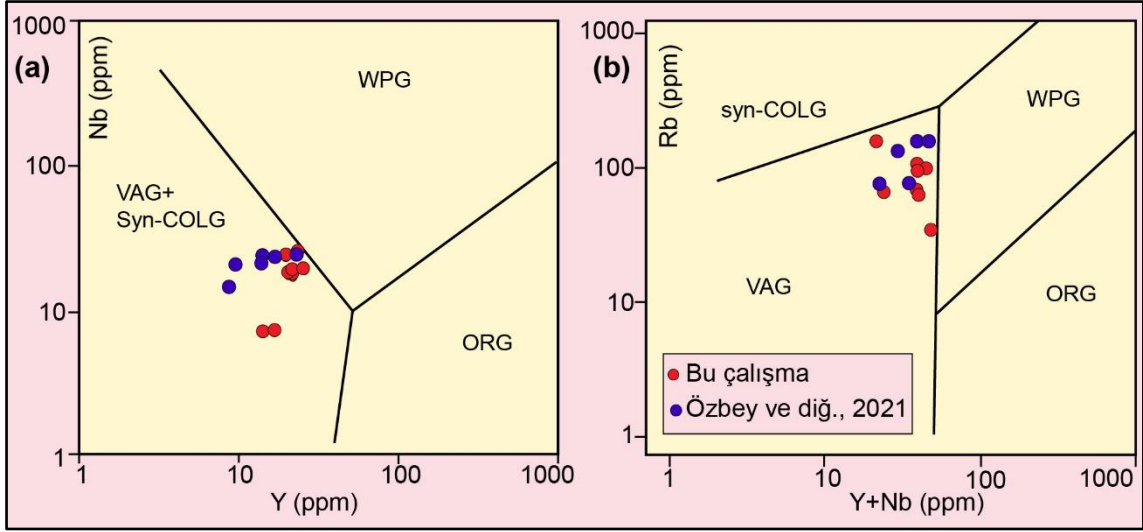


Şekil 5.3. Çalışma sahasındaki granitoid kayaç örneklerinin (a) Al doygunluk indeksi diyagramı. Maniar ve Piccoli, (1989)'den alınmıştır. (b) K<sub>2</sub>O içeriklerinin SiO<sub>2</sub> içerikleriyle kıyaslandığı diyagram (Peccerillo ve Tollyor, (1976)'dan alınmıştır

Çalışma alanındaki granitoid örneklerine ait kondrite normalize edilmiş NTE diyagramında granitik kayaçların hafif nadir toprak elementlerinde belirgin bir zenginleşme sundukları, ağır nadir toprak elementlerinde ise yaklaşık düz bir dağılım deseni sergiledikleri görülmektedir (Şekil 5.3a). Bununla birlikte aynı diyagramda granitoyitik kayaçlarda plajiyoklaz minerallerinin fraksiyonlaşmasını işaret eden negatif Eu anomalilerinin varlığı görülmektedir. N-MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element diyagramında ise Rb, Ba, Th, K gibi LIL elementlerinde belirgin bir zenginleşme görülmekteyken Nb, Ta, P ve Ti gibi elementlerdeki negatif anomalilerin varlığı dikkat çekmektedir. Bu dağılımlar granitoyitik kayaçların yitimle ilişkisine işaret etmektedir. Diyagramdaki negatif Nb ve Ta anomalilerinin varlığı bu kayaçların orojenik kökenli olduklarına işaret etmektedir.



Şekil 5.4. Çalışma sahasındaki granitoidler için (a) kondrite göre normalize edilmiş NTE diyagramı, (b) N-MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element değişim diyagramı (kondrit ve normalizasyon değerleri Sun & McDonough, 1989'tan alınmıştır).

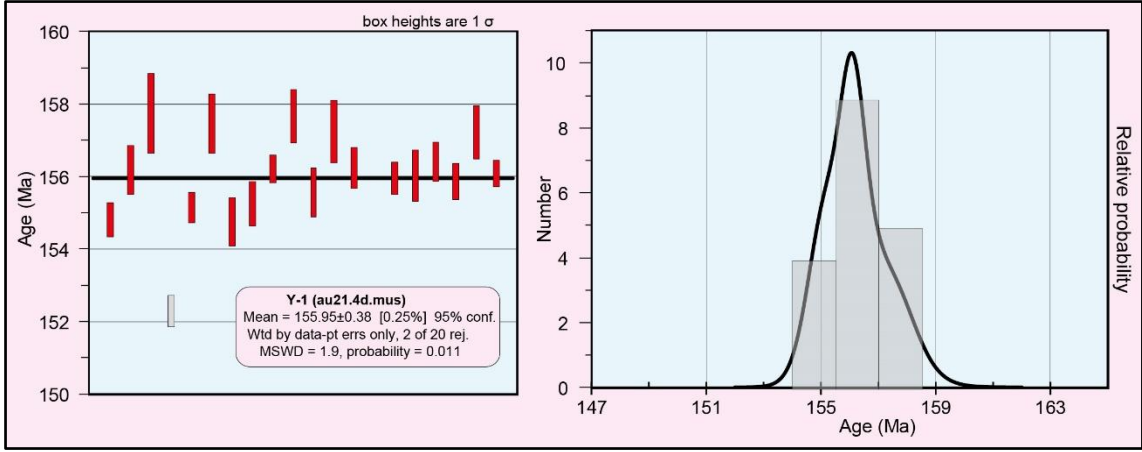


Şekil 5.5. Çalışma sahasındaki granitoidler için (a)Y-Nb içeriklerinin kıyaslandığı diyagram ve (b) Y+Nb içeriklerinin Rb içerikleriyle kıyaslandığı diyagram (Pearce vd., 1984). Kısaltmalar: WPG; plaka içi granitler, VAG; volkanik yay granitleri, Syn-COLG; çarpışmayla eş zamanlı granitler, ORG; okyanus sırtı granitleri

## 6. JEOKRONOLOJİ

Armutlu Yarımadası'nın jeolojik evriminin araştırılması çalışmalarında sınırlı yaş verisi bulunmasına rağmen son yıllarda yapılan çalışmalarla radyometrik yaş verileri artmaktadır. Önceki çalışmalarda Okay ve diğerleri (2008) tarafından metagranitoidlerden elde edilen zirkon minerallerinden LA-MC-ICP-MS ve TIMS Pb-Pb evaporasyon yöntemleriyle Prekambriyen-Ordovisiyen yaşları elde edilmiştir. Elde edilen bu yaş verisi ilk kez bölgedeki temel kayaçlarının oluşum yaşları olarak yorumlanmıştır. Sonraki yıllarda Akbayram ve diğ. (2011) ve Özbey ve diğ. (2021) çalışmalarında da bölgedeki temel kayaçları için aynı döneme işaret eden yaş verileri elde edilmiştir. Çelik ve diğ. (2009a) tarafından Geyve Boğazındaki amfibolitik kayaçların amfibollerinden  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  yöntemiyle elde edilen radyometrik yaşlar bölgedeki amfibolitik kayaçların Triyas ve Jura başkalaşım yaşına sahip olduklarını göstermektedir. Akbayram ve diğ. (2013) tarafından yapılan çalışmada TIMS U-Pb ve Pb-Pb yöntemleriyle TIMS Rb-Sr ve Sm-Nd yöntemleriyle mika ve granat minerallerinden Jura-Alt Kretase yaşları elde edilirken metakırıntılı kayaçlardan elde edilen yaş verileriyle bölgedeki çökelim yaşının alt sınırı Alt Triyas olarak belirlenmiştir. Özkan, (2013) tarafından yapılan çalışmada sırasıyla karbonatitler, mafik kümülatlara ait bir gabro ve mikaşist örnekleri  $^{40}\text{Ar}$ / $^{39}\text{Ar}$  yöntemiyle tarihlendirilerek Alt Kretase, Üst Jura, Alt Kretase oluşum yaşları elde edilmiştir. Özkan ve diğ. (2020) çalışmasında mika mineralleri  $^{40}\text{Ar}$ / $^{39}\text{Ar}$  yöntemiyle tarihlendirilerek Geç Jura – Erken Kretase yaşı elde edilmiştir.

Yukarıda bahsedilen çalışmalardan Özbey ve diğerleri (2021) Karamürsel güneyindeki metagabro ve metagranitoidlerden Geç Neoproterozoyik yaş verisi sunmuşlardır. Bu çalışmada, benzer çalışma alanı içerisindeki metamorfik temel kayaçlarından olan mikaşistlerden muskovit mineralleri elde edilerek  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  yöntemiyle tarihlendirilmiştir ve  $155.95 \pm 0.38$  My (Geç Jura) soğuma yaşı elde edilmiştir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. Çalışma sahasındaki mikaşistlerden elde edilen muskovit minerallerinden yapılan  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  yaş tayini sonucu



## 7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Armutlu Yarımadası'nın temelini oluşturan metamorfik kayalar, Gölcük ve Karamürsel güneyinde, yaklaşık KD-GB doğrultuda, Başkiraz vadisi boyunca geniş alanlarda yüzlek vermektedir. Geç Neoproterozoyik yaşlı yüksek dereceli metamorfikler çoğunlukla bazik kökenlidir ve amfibolit, mikaşist türü kayalardan oluşmaktadır. Paleozoyik yaşlı, nispeten daha düşük dereceli metamorfizma gösteren ikinci grup metamorfikler ise pelitik kökenlidir. Bu temel kayaları önceki çalışmalarda rapor edilen ve Gemlik Körfezi kuzeyinde, Geyve Boğazında ve Pamukova kuzeyinde bulunan metamorfiklerle eşdeğerdir ancak çalışma sahasında Pamukova Metamorfikleri olarak bilinen istife ait metakuvarsit, mermer gibi kayalar gözlenmemektedir.

Amfibolitlerin jeokimyasal analizleri sonucunda pozitif Eu anomalisi sergilemesi, yüksek magnezyum, kalsiyum ve alüminyum değerlerinin varlığı bu kayacın kümülat kayacı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle tektonomagmatik ortam yorumu yapmaktan kaçınılmıştır.

Çalışma sahasındaki metamorfikleri kesen metagranitoyitik sokulum kayalar kuvars, plajiyoklaz, K-feldspat, ± amfibol, ± biyotit, ± muskovit, ± titanit, ± epidot ve opak minerallerden meydana gelmektedir ve çoğunlukla sergiledikleri milonitik ve breşik dokusal özellikler bölgedeki granitoidlerin tektonik süreçlerden yoğun bir biçimde etkilenmiş olduğunu göstermektedir. Önceki çalışmalarda gerçekleştirilen U-Pb ve Pb-Pb tarihlendirme analizleri dikkate alındığında, çalışma sahasındaki metagranitoidlerin Geç Prekambriyen oluşum yaşına sahip olmaları muhtemeldir.

Metagranitoidlerin tüm kayaç jeokimyasal analizlerinde silisyum ve potasyum içerikleri kıyaslanarak orta ve yüksek potasyumlu sub-alkalin serilere karşılık gelen bileşimsel değerlere sahip olduğu anlaşılmaktadır. Önemli ölçüde metalüminos ve peralüminos karakter sunan bu granitoidlerin granit, granodiyorit, kuvars-monzonit ve diyorit bileşimler sergilediği tespit edilmiştir. Tektonik ortam açısından değerlendirildiğinde tüm kayaç jeokimyasal özellikleri metagranitoyitik kayaların çarpışmayla eşzamanlı yay granitoidleri ile benzer nitelikte olduklarını göstermektedir.

Çalışma sahasında jeokimyasal analizleri diğer metagranitoyitik kayalar ile benzer özelliklerde olmasına rağmen mineralojik ve dokusal olarak farklılık sunan

monzodiyoritik bir kütlenin varlığı tespit edilmiştir. Bu kayacın petrografik analizlerinde kayaçta aksesuar epidot minerallerinin yer aldığı gözlenmiştir. Yapılan dokusal analizler sonucunda epidot minerallerinin kuvarso-feldspatik matriks ile temas ettiği yerlerde gömülü olması ve epidotların öz şekilli olması gibi literatürdeki çalışmalarla uyumlu özellikler kayacın kristallenme koşulları açısından magmatik ve derin kökenli olabileceğine işaret etmektedir. Bu nedenle monzodiyoritik kütlenin Üst Jura sonrasında, olasılıkla Armutlu Yarımadası'ndaki Eosen magmatizmasıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Mikaşist örneğinden  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  tarihlendirme analizlerinde elde edilen 156 My (Geç Jura) soğuma yaşı Armutlu Yarımadası'nın diğer bölgelerinden elde edilen başkalaşım yaşlarıyla uyumludur.

## KAYNAKLAR

- Akartuna, M. (1968). *Armutlu Yarımadasının Jeolojisi* (1. Basım). İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Akartuna, M., Atan, O. R. (1981). Gevye- İkramiye- Fındıksuyu (Sakarya) Dolayının Jeolojisi. *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, (1), 25-47.
- Akbayram, K. (2011). İstanbul ile Sakarya Zonları Arasındaki Pontid-İçi Kenedinin Armutlu Yarımadası Doğusundaki Evrimi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 333089.
- Akbayram, K., Okay, A. I., Satır, M. (2013). Early Cretaceous Closure of the Intra-Pontide Ocean in Western Pontides (Northwestern Turkey). *Journal of Geodynamics*, (65), 38-55.
- Aksay, A., Pehlivan, S., Gedik, I., Bilginer, E., Duru, M., Akbaş, B., Altun, I. (2002). Geological Map of Turkey, Zonguldak Sheet, Scale 1: 500.000. MTA: Ankara.
- Bargu, S., Sarkınç, M. (1984). Armutlu Yarımadasında Karamürsel ve İznik Gölü Arasındaki Kesimin Doğal Agregata Potansiyelinin Araştırılması ve Değerlendirilmesi. *Tübitak, TBAG-587*, Ankara, 206.
- Bargu, S., Sarkınç, M. (1990). İzmit Körfezi ile İznik Gölü Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi ve Yapısal Özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, 6 (1-2), 45-76.
- Bozcu, M. (1992). Gevye (Adapazarı İli) Sapanca Dolayının Jeolojik ve Petrolojik İncelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 25174.
- Chen, F., Siebel, W., Satır, M., Terzioğlu, N., Saka, K. (2002). Geochronology of the Karadere Basement (NW Turkey) and Implications for the Geological Evolution of the Istanbul Zone. *International Journal of Earth Sciences*, (91), 469-481.
- Çelik, Ö. F., Gürer, Ö. F., Aldanmaz, E., Spell, T., Öz, İ. (2009a). Armutlu Yarımadası ve Almacık Dağı Amfibolitik Kayaçları için İzotop ve Jeokimyasal Sınırlamalar. *62. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, Türkiye, 13-17 Nisan 2009.
- Çelik, Ö. F., Gürer, Ö. F., Öz, İ. (2009b). Gevye Boğazı ve Pamukova Arasında Yer alan Granitoyitik Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri. *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, 8 (1), 61-75.
- Çelik, Ö. F., Chiaradia, M., Marzoli, A., Billor, Z., Marschik, R. (2013). The Eldivan Ophiolite and Volcanic Rocks in the Izmir-Ankara- Erzincan Suture Zone, Northern Turkey: Geochronology, Whole-Rock Geochemical and Nd-Sr-Pb Isotope Characteristics. *Lithos*, (172-173), 31-46.

- Dean, W. T., Monod, O., Rickards, R. B., Demir, O., Bultynck, P. (2000). Lower Palaeozoic Stratigraphy and Palaeontology, Karadere-Zirze Area, Pontus Mountains, Northern Turkey. *Geological Magazine*, (137), 555-582.
- Delaloye, M., Bingöl, E. (2000). Granitoids from Western and Northwestern Anatolia: Geochemistry and Modelling of Geodynamic Evolution. *International Geology Review*, (42), 241-268.
- Elmas, A., Yiğitbaş, E. (2001). Ophiolite Emplacement by Strike-Slip Tectonics Between the Pontide Zone and the Sakarya Zone in Northwestern Anatolia, Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, (90), 257-269.
- Erendil, M., Göncüoğlu, M. C., Tekeli, O., Aksay, A., Kuşçu, İ., Ürgün, B. M., Tunay, G., Temren, A. (1991). Armutlu Yarımadasının Jeolojisi, *Maden Tetkik ve Arama: Ankara*, Rapor No: 45529, 1-51.
- Genç, C., İşseven, T., Keskin, M., Tüysüz, O. (2004). Armutlu Yarımadası (KB Anadolu) Eosen Magmatik Kayalarının Petrolojik Evrimi ve Paleomagnetizma Özelliklerinin Araştırılması, Yer Deniz ve Atmosfer Bilimleri Araştırma Grubu, *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (Tübitak)*, Proje No: 102Y032.
- Göncüoğlu, M. C., Erendil, M., Tekeli, O., Ürgün, B. M., Aksay, A., Kuşçu, İ. (1986). Armutlu Yarımadasının Doğu Kesiminin Jeolojisi, *Maden Tetkik ve Arama: Ankara*, Rapor No: 7786.
- Göncüoğlu, M. C., Erendil, M., Tekeli, O., Aksay, A., Kuşçu, İ., Ürgün, B. M. (1987). Geology of the Armutlu Peninsula, *Excursion Guidebook for the IGCP*, Project No: 5.
- Göncüoğlu, M. C., Erendil, M. (1990). Armutlu Yarımadasının Geç Kretase Öncesi Tektonik Birimleri. *Türkiye 8. Petrol Kongresi*, Ankara, Türkiye, 16-20 Nisan 1990.
- Görür, N., Monod, O., Okay, A. I., Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Sakınç, M., Akkök, R. (1997). Palaeogeographic and Tectonic Position of the Carboniferous Rocks of the Western Pontides (Turkey) in the Frame of the Variscan Belt. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, (168), 197-205.
- Kaya, O. (1977). Gemlik-Orhangazi Alanının Paleozoik Temel Yapısına Yaklaşım. *Yerbilimleri*, (3), 115-128.
- Kaya, O., Kozur, H. (1987). A New and Different Jurassic to Early Cretaceous Sedimentary Assemblage in Northwestern Turkey (Gemlik, Bursa): Implications for the Pre-Jurassic to Early Cretaceous Tectonic Evolution. *Yerbilimleri*, (14), 253-268.
- Ketin, İ. (1966). Anadolu'nun Tektonik Birlikleri. *MTA Dergi*, (66), 20-34.

- Leake, B. E., Woolley, A. R. vd. (1997). Nomenclature of Amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *American Mineralogist*, (82), 1019-1037.
- Le Maitre, R. W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M. J., Sabine, P. A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A. R., Zanettin, B. (1989). A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms Blackwell, Oxford, 193.
- Maniar, P. D., Piccoli, P. M. (1989). Tectonic Discrimination of Gabbroids. *Geological Society of America Bulletin*, 5 (101), 635-643.
- Miyashiro, A. (1978). Nature of Alkalic Volcanic Rock Series. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 66, 91–104.
- Okay, A. I., Topuz, G., Kylander-Clark, A. R. C., Sherlock, S., Zattin, M. (2022). Late Paleocene-Middle Eocene Magmatic Flare-Up in Western Anatolia. *Lithos*, (428-429), 1-18.
- Okay, A. I., Şengör, A. M. C., Görür, N. (1994). Kinematic History of the Opening the Black Sea and its Effect on the Surrounding Regions. *Geology*, (22), 267-270.
- Okay, A. I., Tüysüz, O. (1999). Tethyan Sutures of Northern Turkey. *Geological Society, London, Special Publications*, (156), 475-515.
- Okay, A. I., Satır, M., Tüysüz, O., Akyüz, S., Chen, F. (2001). The Tectonics of the Strandja Massif: Variscan and Mid-Mesozoic Deformation and Metamorphism in the Northern Aegean. *International Journal of Earth Sciences*, (90), 217-233.
- Okay, A. I., Monod, O., Monie, P. (2002). Triassic Blueschists and Eclogites from Northwest Turkey: Vestiges of the Paleo-Tethyan Subduction. *Lithos*, (64), 155-178.
- Okay, A. I., Güncüoğlu, M. C. (2004). Karakaya Complex: A Review of Data and Concepts. *Turkish Journal of Earth Sciences*, (13), 77-95.
- Okay, A.I. (2008). Geology of Turkey: A Synopsis. *Anschnitt*, (21), 19-42.
- Okay, A. I., Bozkurt, E., Satır, M., Yiğitbaş, E., Crowley, Q. G., Shang, C. K. (2008). Defining the Southern Margin of Avalonia in the Pontides: Geochronological Data from NW Turkey. *Tectonophysics*, (461), 252-264.
- Okay, A. I. (2012). Türkiye'nin Jeolojik Evrimi. *ITU*  
[https://web.itu.edu.tr/~okay/geology\\_turkey\\_notes/1\\_geology\\_turkey\\_introduction.pdf](https://web.itu.edu.tr/~okay/geology_turkey_notes/1_geology_turkey_introduction.pdf), (Ziyaret Tarihi: 20 Mayıs 2023).

- Okay, A.I., Topuz, G. (2016). Variscan Orogeny in the Black Sea Region, *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)*, (106), 569-592.
- Özbey, Z., Karslıoğlu, Ö., Aysal, N. (2021). First Evidence for the Subduction Initiation and Boninitic Magmatism from the Armutlu Peninsula (NW Turkey): Geodynamic Significance for the Cadomian Magmatic Arc System of the Gondwanan Margin. *International Geology Review*, 18 (64), 1-25.
- Özkan, M. (2013). Armutlu Yarımadası Doğusunda Yer Alan Ofiyolitik, Metamorfik ve Sokulum Kayaçlarının Birlikteliği ve Kökeni. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 342530.
- Özkan, M., Çelik, Ö. F., Marzoli, A., Çörtük, R. M., Billor, M. Z. (2021). The Origin of Carbonatites from the Eastern Armutlu Peninsula (NW Turkey). *Journal of the Geological Society*, 6 (178), 1-14.
- Pearce, J., Harris, N., Tindle, A. (1984). Trace Element Dis-Crimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. *Journal of Petrology*, 4 (25), 956-983.
- Peccerillo, A., Taylor, S. R. (1976). Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, (58), 63-81.
- Robertson, A. H. F, Ustaömer, T. (2004). Tectonic Evolution of the Intra-Pontide Suture Zone in the Armutlu Peninsula, NW Turkey. *Tectonophysics*, (381), 175-209.
- Sun, S., Mc Donough, W. F. (1989). Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts: Implications for Mantle Composition and Processes. *Geological Society*, (42), 313-345.
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y. (1981). Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. *Tectonophysics*, (75), 181-241.
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y. (1983). Türkiye’de Tetis’in Evrimi: Levha Tektoniği Açısından Bir Yaklaşım. *Türkiye Jeoloji Kurumu: Yer Bilimleri Özel Dizisi No: 1*, Türkiye Jeoloji Kurumu, Ankara.
- Şengün, F. (2022). Geochemistry and Tectonic Setting of Amphibolites in the Pamukova Metamorphics from the Armutlu Peninsula, NW Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 7 (15), 605.
- Türkecan, A., Yurtsever, A. (2002). Geological Map of Turkey, İstanbul Sheet 1:500.000 Scale. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü.
- Tüysüz, O. (1993). Karadeniz’den Orta Anadolu’ya Bir Jeotravers: Kuzey Neo-Tetisin Tektonik Evrimi. *TPJD Bülteni*, 1 (5), 1-33.

- Tüysüz, O., Aksoy, A., Yiğitbaş, E. (2004). Batı Karadeniz Bölgesi Litostratigrafi Birimleri. *Stratigrafi Komitesi Litostratigrafi Birimleri Serisi-1*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Werner, O., Schwartz, W. H. (2004). Aluminous Granulites from the Pulur Complex, NE Turkey: A Case of Partial Melting, Efficient Melt Extraction and Crystallisation. *Lithos*, (72), 183-207.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş. C., Yiğitbaş, E., Bozcu, M., Yılmaz, K. (1994). Kuzeybatı Anadolu Genç Kratase Yaşlı Kıta Kenarının Jeolojik Evrimi. *Türkiye 10. Petrol Kongresi*, Ankara: Türkiye 11-15 Nisan 1994.
- Yılmaz, Y., Genç, C., Yiğitbaş, E., Bozcu, M., Yılmaz, K. (1995). Geological Evolution of the Late Mesozoic Continental Margin of Northwestern Anatolia. *Tectonophysics*, (243), 155-171.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, S. C., Şengör, A. M. C. (1997). Geology and Tectonic Evolution of the Pontides. *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*, (68), 183-226.
- Yiğitbaş, E., Kerrich, E., Yılmaz, Y., Elmas, A., Xie, Q. (2004). Characteristics and Geochemistry of Precambrian Ophiolites and Related Volcanics from the Isranbul-Zonguldak Unit, Northwestern Anatolia, Turkey: Following the Missing Chain of the Precambrian South European Suture Zone to the East. *Precambrian Research*, (132), 179-206.
- Yiğitbaş, E., Winchester, J. A., Ottley, J. (2008). The Geochemistry and Setting of the Demirci Paragneisses of the Sünnice Massif, NW Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 1 (17), 421-431.
- Yiğitbaş, E., Elmas, A. (1997). Batı Pontidlerin Geç Mesozoyik-Tersiyer Evrimine Yaklaşım: Cide-Devrek Virgasyonu'nun Gelişimi. *Yer Bilimleri Geosound*, (37), 23-36.



**EKLER**



EK-A

Tablo A.1. Çalışma sahasındaki amfibolit ve granitoidlerin tüm kayaç ana, iz ve nadir toprak element analiz sonuçları

Örnek	GK-002	GK-005	GK-006	GK-007	GK-008	GK-009	GK-010	GK-011	GK-012	GK-003
SiO <sub>2</sub>	60,41	72,36	70,26	71,42	71,43	72,11	73,32	69,96	67,82	51,11
TiO <sub>2</sub>	0,54	0,19	0,31	0,32	0,33	0,30	0,29	0,33	0,46	0,39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,62	14,28	13,20	12,76	12,54	12,40	12,49	13,49	14,60	15,20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,37	2,70	3,57	4,05	3,60	3,76	3,83	4,94	3,66	7,83
MnO	0,10	0,01	0,08	0,02	0,04	0,10	0,12	0,20	0,07	0,05
MgO	2,67	0,99	1,22	1,40	1,23	1,28	1,24	1,60	2,16	7,96
CaO	4,66	5,57	1,44	2,53	1,96	1,85	1,01	2,47	2,59	11,70
Na <sub>2</sub> O	4,05	2,24	3,72	3,16	2,79	3,61	4,24	3,37	4,19	2,78
K <sub>2</sub> O	2,38	0,82	4,42	2,56	3,23	2,88	2,13	3,05	3,73	0,12
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,15	0,10	0,15	0,08	0,12	0,16	0,02	0,14	0,24	0,16
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
AKD	1,83	0,88	1,37	1,72	2,92	1,87	1,53	1,25	1,25	2,80
<b>Toplam</b>	<b>99,77</b>	<b>100,15</b>	<b>99,76</b>	<b>100,03</b>	<b>100,20</b>	<b>100,32</b>	<b>100,23</b>	<b>100,81</b>	<b>100,78</b>	<b>100,13</b>
<b>ppm</b>										
Rb	114,12	59,20	180,61	109,41	164,06	168,61	119,23	181,65	270,06	7,12
Ba	113,20	38,79	113,18	112,53	104,48	68,96	73,25	83,63	179,36	3,89
Th	92,64	84,44	112,48	93,86	90,41	88,99	75,86	86,13	129,70	1,55
U	48,32	71,64	46,68	38,29	36,16	38,35	31,09	26,92	40,12	0,03
Nb	3,09	10,55	10,30	8,11	7,71	8,23	7,69	7,52	3,03	0,07
Ta	8,07	23,71	21,74	12,18	11,56	12,66	11,45	11,38	4,96	0,34
Pb	31,42	35,60	41,64	29,71	89,85	35,78	15,14	23,39	24,03	
Sr	4,81	1,86	1,24	2,15	1,92	1,90	1,27	1,52	4,77	3,15
Zr	1,82	1,82	2,36	2,32	2,27	2,25	2,25	2,57	2,21	0,11
Hf	2,28	2,12	2,93	2,66	2,54	2,62	2,52	2,85	2,35	0,20
Y	0,60	0,84	0,71	0,77	0,78	0,91	0,74	0,78	0,51	0,28
Cs	1,49	1,15	1,08	0,75	0,91	0,52	0,47	2,41	3,05	0,87
Zn	40,25	24,61	35,99	33,41	40,10	38,04	25,17	13,22	42,45	27,11
Cu	24,04	14,69	0,63	6,83	17,64	5,38	23,98	167,82	12,00	3,85
Ni	11,05	2,68	2,51	2,33	2,56	2,22	2,06	4,20	42,14	67,89
Cr	0,41	2,93	12,37	6,00	5,47	4,98	5,67	11,22	65,49	109,75
V	100,38	27,36	58,14	59,72	57,06	66,71	69,55	73,49	81,49	188,40
Co	17,41	16,34	16,57	15,63	12,14	15,47	13,15	13,14	15,62	38,65
La	17,74	14,33	27,97	29,36	34,78	35,75	29,33	28,94	37,99	0,34

Tablo A.1. (Devam) Çalışma sahasındaki amfibolit ve granitoidlerin tüm kayaç ana, iz ve nadir toprak element analiz sonuçları

Örnek	GK-002	GK-005	GK-006	GK-007	GK-008	GK-009	GK-010	GK-011	GK-012	GK-003
<b>Ce</b>	38,63	40,24	55,12	53,14	66,36	63,66	55,38	56,86	75,41	1,09
<b>Pr</b>	4,86	4,47	6,25	6,21	7,36	7,44	6,38	6,47	8,67	0,23
<b>Nd</b>	18,97	15,45	21,17	21,23	24,65	24,90	21,99	22,76	29,68	1,42
<b>Sm</b>	4,00	3,64	3,99	4,05	4,40	4,75	4,18	4,41	4,78	0,67
<b>Eu</b>	1,04	0,69	0,82	0,84	0,89	0,95	0,80	0,88	1,33	0,48
<b>Gd</b>	3,50	3,04	3,48	3,71	3,96	4,16	3,38	3,69	3,58	0,77
<b>Tb</b>	0,54	0,58	0,55	0,57	0,60	0,66	0,51	0,58	0,44	0,18
<b>Dy</b>	2,90	3,62	3,08	3,34	3,23	3,60	2,94	3,19	2,14	1,22
<b>Ho</b>	0,60	0,77	0,65	0,69	0,69	0,76	0,61	0,67	0,43	0,26
<b>Er</b>	1,83	2,47	2,14	2,20	2,09	2,33	1,94	2,11	1,26	0,80
<b>Tm</b>	0,25	0,38	0,32	0,32	0,31	0,35	0,28	0,31	0,18	0,11
<b>Yb</b>	1,71	2,57	2,30	2,14	2,15	2,31	1,95	2,21	1,22	0,70
<b>Lu</b>	0,27	0,37	0,31	0,10	0,17	0,25	0,07	0,28	0,22	0,41
<b>(La/Yb)<sub>N</sub></b>	7,5	4,0	8,7	9,8	11,6	11,1	10,8	9,4	22,3	0,3
<b>La/Sm</b>	2,9	2,5	4,5	4,7	5,1	4,9	4,5	4,2	5,1	0,3
<b>Eu/Eu*</b>	0,9	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	2,0
<b>Sm/Yb</b>	2,6	1,6	1,9	2,1	2,3	2,3	2,4	2,2	4,4	1,1

**EK-B**

Tablo B.1. Metamorfik ve granitoyitik kayalara ait amfibollerin mineral kimyası analiz sonuçları

Örnek	GK002	GK002	GK002	GK002	GK002	GK002	GK002
<b>SiO<sub>2</sub></b>	44,83	45,96	46,86	46,74	45,86	45,60	45,60
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,89	1,08	0,83	0,90	0,95	0,99	0,84
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	8,52	7,91	7,44	7,51	7,89	8,06	8,20
<b>FeO</b>	13,67	14,05	12,69	12,80	13,92	12,84	13,55
<b>MnO</b>	0,38	0,44	0,36	0,29	0,30	0,42	0,38
<b>MgO</b>	10,65	10,93	11,77	11,92	10,98	11,17	10,93
<b>CaO</b>	11,82	11,85	11,84	12,05	11,84	11,80	11,94
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	1,16	1,28	1,21	1,04	1,23	1,17	1,06
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,86	0,69	0,49	0,65	0,65	0,71	0,86
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,03
<b>Toplam</b>	99,08	100,15	99,81	99,88	99,56	99,84	99,97
<b>Si</b>	6,74	6,83	6,93	6,91	6,85	6,78	6,79
<b>Al<sup>iv</sup></b>	1,26	1,17	1,07	1,09	1,15	1,22	1,21
<b>Al<sup>vi</sup></b>	0,25	0,22	0,22	0,22	0,23	0,20	0,23
<b>Ti</b>	0,10	0,12	0,09	0,10	0,11	0,11	0,09
<b>Cr</b>	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Fe<sup>3+</sup></b>	0,49	0,44	0,47	0,44	0,44	0,57	0,51
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	1,72	1,75	1,57	1,58	1,74	1,60	1,69
<b>Mn</b>	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05
<b>Mg</b>	2,39	2,42	2,59	2,63	2,44	2,48	2,43
<b>Ca</b>	1,91	1,89	1,88	1,91	1,89	1,88	1,90
<b>Na</b>	0,34	0,37	0,35	0,30	0,36	0,34	0,30
<b>K</b>	0,16	0,13	0,09	0,12	0,12	0,13	0,16
<b>OH*</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Toplam</b>	17,41	17,39	17,31	17,33	17,37	17,35	17,37

Tablo B.2. Metamorfik ve granitoyitik kayalara ait feldspatların mineral kimyası analiz sonuçları

	<b>GK 002</b>	<b>GK 002</b>	<b>GK 002</b>	<b>GK 002</b>	<b>GK 002</b>	<b>GK 002</b>	<b>GK 002</b>	<b>GK 002</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	60,40	60,83	60,88	61,94	61,08	60,56	62,08	64,76
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	23,47	22,79	22,04	22,16	22,52	23,74	23,29	16,97
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,10	0,10	0,09	0,11	0,09	0,02	0,16	0,10
<b>MnO</b>	0,01	0,02	0,01	0,00	0,06	0,02	0,03	0,00
<b>MgO</b>	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
<b>CaO</b>	6,71	6,08	5,92	5,44	6,09	6,45	5,83	0,02
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	7,73	8,01	8,02	8,18	7,79	7,90	8,01	1,16
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,21	0,12	0,17	0,19	0,26	0,18	0,27	15,44
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,04	0,02	0,07	0,01	0,08	0,00	0,02	0,00
<b>Toplam</b>	98,70	97,87	97,12	97,92	97,93	98,87	99,52	97,76
<b>Si</b>	2,72	2,76	2,78	2,80	2,77	2,72	2,76	3,05
<b>Ti</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Al</b>	1,25	1,22	1,19	1,18	1,20	1,26	1,22	0,94
<b>Cr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Fe<sup>3+</sup></b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
<b>Mn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mg</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ca</b>	0,32	0,30	0,29	0,26	0,30	0,31	0,28	0,00
<b>Na</b>	0,68	0,70	0,71	0,72	0,68	0,69	0,69	0,05
<b>K</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,93
<b>Toplam</b>	4,99	4,99	4,98	4,97	4,98	5,00	4,98	4,97
<b>Ab %</b>	66,76	69,97	70,32	72,32	68,77	68,20	70,22	4,63
<b>An %</b>	32	29	29	27	30	31	28	0,13
<b>Or %</b>	1,21	0,68	0,99	1,10	1,52	1,03	1,53	95

Tablo B.2. (Devam) Metamorfik ve granitoyitik kayalara ait feldspatların mineral kimyası analiz sonuçları

	<b>GK 002</b>	<b>GK 002</b>	<b>GK 002</b>	<b>GK 002</b>	<b>GK 002</b>	<b>GK 001</b>	<b>GK 001</b>	<b>GK 001</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	64,26	65,40	65,37	64,96	62,16	58,40	58,47	58,22
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,09	0,00	0,04	0,01	0,02	0,00	0,02	0,00
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	16,84	16,62	17,14	17,30	23,21	24,75	24,96	25,03
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,06	0,16	0,08	0,12	0,12	0,18	0,13	0,12
<b>MnO</b>	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00
<b>MgO</b>	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
<b>CaO</b>	0,01	0,00	0,01	0,00	5,74	8,74	8,54	8,86
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	1,28	1,21	1,04	1,23	8,12	6,75	6,75	6,49
<b>K<sub>2</sub>O</b>	15,24	15,42	15,47	15,80	0,24	0,08	0,07	0,12
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,00	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,06
<b>Toplam</b>	97,22	98,15	98,63	98,67	99,51	98,92	98,83	98,78
<b>Si</b>	3,04	3,06	3,05	3,03	2,77	2,64	2,64	2,64
<b>Ti</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Al</b>	0,94	0,92	0,94	0,95	1,22	1,32	1,33	1,34
<b>Cr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Fe<sup>3+</sup></b>	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
<b>Mn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mg</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ca</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,42	0,41	0,43
<b>Na</b>	0,07	0,06	0,05	0,05	0,70	0,59	0,59	0,57
<b>K</b>	0,92	0,92	0,92	0,94	0,01	0,00	0,00	0,01
<b>Toplam</b>	4,98	4,97	4,97	4,98	4,98	4,99	4,99	4,98
<b>Ab %</b>	7,10	5,99	5,42	4,69	70,90	58,0	58,6	56,6
<b>An %</b>	0,07	0,00	0,05	0,00	28	42	41	43
<b>Or %</b>	93	94	95	95	1,40	0,4	0,4	0,7

Tablo B.3. Metamorfik ve granitoyitik kayalara ait biyotitlerin mineral kimyası analiz sonuçları

	GK 002	GK 002	GK 002	GK 002	GK 002	GK 002	GK 002	GK 002	GK 001	GK 001	GK 001	GK 001
<b>SiO<sub>2</sub></b>	35,60	34,30	36,42	36,30	34,74	35,46	35,22	37,18	36,59	33,65	37,73	
<b>TiO<sub>2</sub></b>	3,44	2,78	3,20	3,02	3,49	3,93	3,17	1,76	2,09	1,18	2,04	
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	14,47	15,42	14,66	14,53	15,09	15,11	14,95	17,21	17,79	17,42	18,12	
<b>FeO</b>	20,17	21,43	19,53	19,82	20,95	19,56	19,78	14,67	14,70	16,92	14,21	
<b>MnO</b>	0,25	0,33	0,25	0,27	0,31	0,21	0,23	0,78	0,84	0,99	0,96	
<b>MgO</b>	11,24	12,53	11,52	11,04	11,89	11,88	12,53	13,83	13,44	14,52	12,71	
<b>CaO</b>	0,04	0,07	0,14	0,08	0,09	0,41	0,27	0,54	0,13	0,23	0,08	
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,06	0,05	0,01	0,10	0,05	0,09	0,06	0,15	0,17	0,15	0,24	
<b>K<sub>2</sub>O</b>	8,81	5,75	8,54	8,33	6,87	7,18	6,81	6,61	8,80	5,67	9,16	
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,03	0,03	0,03	0,09	
<b>Toplam</b>	94,07	92,69	94,27	93,49	93,50	93,86	93,02	92,76	94,59	90,76	95,34	
<b>Si</b>	2,77	2,68	2,80	2,82	2,70	2,73	2,73	2,80	2,74	2,63	2,80	
<b>Ti</b>	0,20	0,16	0,19	0,18	0,20	0,23	0,19	0,10	0,12	0,07	0,11	
<b>Al</b>	1,33	1,42	1,33	1,33	1,38	1,37	1,37	1,53	1,57	1,61	1,58	
<b>Cr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	
<b>Fe</b>	1,31	1,40	1,26	1,29	1,36	1,26	1,28	0,92	0,92	1,11	0,88	
<b>Mn</b>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,05	0,05	0,07	0,06	
<b>Mg</b>	1,30	1,46	1,32	1,28	1,38	1,36	1,45	1,55	1,50	1,69	1,40	
<b>Ca</b>	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,04	0,01	0,02	0,01	
<b>Na</b>	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	
<b>K</b>	0,87	0,57	0,84	0,83	0,68	0,70	0,67	0,64	0,84	0,57	0,87	
<b>Toplam</b>	7,81	7,74	7,77	7,76	7,75	7,72	7,74	7,66	7,79	7,79	7,75	
<b>XNa</b>	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,03	0,04	0,04	
<b>Mg#</b>	0,50	0,51	0,51	0,50	0,50	0,52	0,53	0,63	0,62	0,60	0,61	
<b>Al<sup>IV</sup></b>	1,23	1,32	1,20	1,18	1,30	1,27	1,27	1,20	1,26	1,37	1,20	
<b>Al<sup>VI</sup></b>	0,09	0,10	0,13	0,15	0,08	0,10	0,10	0,33	0,31	0,24	0,38	

Tablo B.4. Metamorfik ve granitoyitik kayalara ait muskovitlerin mineral kimyası analiz sonuçları

	GK001	GK001	GK001	GK001	GK001
<b>SiO<sub>2</sub></b>	45,98	45,76	45,51	46,14	46,69
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,67	0,69	0,70	0,67	0,75
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	30,97	31,30	31,40	32,25	31,62
<b>FeO</b>	4,79	4,44	4,24	3,85	4,36
<b>MnO</b>	0,08	0,05	0,08	0,04	0,04
<b>MgO</b>	0,98	1,02	0,96	0,82	0,97
<b>CaO</b>	0,02	0,02	0,04	0,02	0,01
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,44	0,49	0,63	0,62	0,51
<b>K<sub>2</sub>O</b>	9,44	9,35	9,46	9,65	9,97
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00
<b>Toplam</b>	93,39	93,15	93,01	94,06	94,92
<b>Si</b>	3,17	3,15	3,14	3,14	3,16
<b>Ti</b>	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>Al</b>	2,51	2,54	2,56	2,59	2,52
<b>Cr</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Fe</b>	0,28	0,26	0,24	0,22	0,25
<b>Mn</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Mg</b>	0,10	0,10	0,10	0,08	0,10
<b>Ca</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Na</b>	0,06	0,07	0,08	0,08	0,07
<b>K</b>	0,83	0,82	0,83	0,84	0,86
<b>Toplam</b>	6,99	6,98	7,00	6,99	7,00
<b>XNa</b>	0,07	0,07	0,09	0,09	0,07
<b>Mg#</b>	0,27	0,29	0,29	0,27	0,28
<b>Al<sup>IV</sup></b>	0,83	0,85	0,86	0,86	0,84
<b>Al<sup>VI</sup></b>	1,68	1,69	1,70	1,73	1,69

Tablo B.5. Metamorfik ve granitoyitik kayalara ait epidotların mineral kimyası analiz sonuçları

<b>Örnek</b>	<b>GK002</b>	<b>GK002</b>	<b>GK002</b>	<b>GK002</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	37,66	37,53	37,56	37,75
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,24	0,61	0,07	0,06
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	20,78	19,81	20,82	21,56
<b>FeO</b>	0,14	0,15	0,14	0,13
<b>MnO</b>	0,06	0,13	0,11	0,09
<b>MgO</b>	0,05	0,09	0,00	0,01
<b>CaO</b>	23,29	23,14	23,06	23,58
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,02	0,02	0,02	0,00
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,00	0,02	0,01	0,00
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,00	0,01	0,09	0,00
<b>Toplam</b>	97,80	97,70	97,66	97,79



## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

**Tekin, S.**, Çelik, Ö. F., Özkan, M., Çörtük, R.M., Marzoli, A., Billor, Z. (2023). Armutlu Yarımadası (Gölcük ve Karamürsel Güneyi) Metamorfik ve Granitik Kayaçların Jeokronolojik ve Jeokimyasal Özellikleri. 75. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, Türkiye, 10-14 Nisan 2023.



## ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Kocaeli’de tamamladı. 2017 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nden 2021 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. 2021 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır.

