

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CAMAŞ VE AHMETLİ (FATSA- ORDU) PLUTONLARININ
PETROLOJİSİ VE JEOKRONOLOJİSİ

AYŞE BAMYA MERTTÜRK

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. ORHAN KARSLI
TEZ JÜRİLERİ
DOÇ. DR. RAİF KANDEMİR
PROF. DR. FARUK AYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

RİZE-2019
Her Hakkı Saklıdır.

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**CAMAŞ VE AHMETLİ (FATSA- ORDU) PLUTONLARININ
PETROLOJİSİ VE JEOKRONOLOJİSİ**

Prof. Dr. Orhan KARSLI danışmanlığında, Ayşe BAMYA MERTTÜRK tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 02/08/2019 tarihinde Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı
Başkan	: Prof. Dr. Faruk AYDIN
Üye	: Doç. Dr. Raif KANDEMİR
Üye	: Prof. Dr. Orhan KARSLI

İmzası

(Handwritten signatures of Faruk Aydın, Raif Kandemir, and Orhan Karşlı)


Doç. Dr. Ferhat KADAYCI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

ÖNSÖZ

Bu çalışma Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın konusunu bana öneren danışman hocam sayın Prof. Dr. Orhan KARSLI'ya, hoşgörüsünden, emeğinden, ve manevi tüm desteğinden dolayı ne kadar teşekkür etsem azdır. Tez çalışmam esnasında her türlü desteğini, önerisini ve hoşgörüsünü esirgemeyen ikinci Tez Danışmanım sayın Doç. Dr. Raif KANDEMİR'e, ve Dr. Öğrt. Üyesi Yılmaz DEMİR'e katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her alanında maddi-manevi yanımda olan aileme ve eşim Mustafa MERTTÜRK'e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Ayşe BAMYA MERTTÜRK

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Camaş ve Ahmetli (Fatsa- Ordu) Plutonlarının Petrolojisi ve Jeokronolojisi” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim. 02/08/2019



Ayşe BAMYA MERTTÜRK

***Uyarı:** Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.*

ÖZET

CAMAŞ VE AHMETLİ (FATSA- ORDU) PLUTONLARI'NIN PETROLOJİSİ VE JEOKRONOLOJİSİ

Ayşe BAMYA MERTTÜRK

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışmanı: Prof. Dr. Orhan KARSLI

Sakarya Zonu'nun doğusu, Geç Kretase ve Orta-Geç Eosen periyotları arasında magmatik faaliyetin en yoğun olduğu dönemi yaşamıştır. Bu tez projesi ile, I-tipi jeokimyasal karakterli granitoidler ile varlığı belirlenen alkalin karakterli Camaş ve Ahmetli plütonları'nın petrolojisi ve jeodinamik evrimleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Plütonlar; siyenit, kuvars monzonit ve monzonit bileşimlidir. LA-ICP-MS zirkon U-Pb metodu ile; plütonun, 69.5 ± 0.6 milyon yıl önce kristallendiği anlaşılmıştır. Mafik mikrogranular anklavları, küçük olmakla birlikte; I-tipi kayalarındaki kadar yaygın değildir. Kayalar, yüksek Zr+Nb+Ce+Y ve düşük Mg# (<42) değerlerine sahiptirler. Camaş plütonu, ağırlıklı olarak metalumin jeokimyasal karakter sunmakla birlikte, hafifçe peralumin yönseme göstermektedir ($ADI=0.85 -1.03$). Plütonlar, şošonitik ve ultrapotassik özelliği karakteristiktir. Çoklu element ve kondrit normalize diyagramlarında, kayalar, yaygın biçimde, hafif nadir toprak elementlerce zenginleşme göstermekle birlikte önemli derecede negative Eu ($Eu/Eu^*=0.49$ to 0.80), Ba, Nb, Sr ve Ti anomalileri sunarlar. Kayaların yüksek $I_{Sr}(69.5 \text{ My})= 0.70519 - 0.70607$, düşük Mg# (32-45) ve $\epsilon_{Nd}(69.5 \text{ My})=-1 - -0.3$ ile tüketilmiş manto yaşları [$T_{DM}(Ga)]= 0.81-0.93$ Ga değerleri; plütonu oluşturan kayaların, büyük oranda mafik alt kıtasal kabuğun ve kıta altı litosferik manto kaynaklı olduğunu göstermektedir. Bu yolla oluşan iki ergiyik karışarak hibrit bir ana magmayı oluşturur. Plütonların, Geç Kretase periyodunda yay gerisi ekstansiyonuna sonucu kabuğa sokulum yapmış olduğu anlaşılmıştır.

2019, 53 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Alkalin Magmalar, Mafik alt kıtasal kabuk, kıta altı litosferik manto, yay gerisi ekstansiyon, Sakarya Zonu, KD-Türkiye

ABSTRACT

PETROLOGY AND GEOCHRONOLOGY OF CAMAS AND AHMETLİ (FATSA- ORDU) PLUTONS

Ayşe BAMYA MERTTÜRK

Recep Tayyip Erdogan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geology Engineering
Master Thesis
Supervisor: Prof. Dr. Orhan KARSLI

Sakarya Zone have a huge magmatic activity during Late cretaceous to Middle-Late Eocene periods. In the region, this research Project aims to explain source characteristics and geodynamic setting of the Camas and Ahmetki plutons having spatial relationships with I-type granitoid from the region. The plutons are made up of syenite, quartz monzonite and monzonite with rarely mafic microgranular enclaves which are more common in their I-type equivalents. The LA-ICP-MS zircon U-Pb age data reveal that the pluton crystallized at 69.5 ± 0.6 Ma before. The samples have elevated Zr+Nb+Ce+Y and low Mg# (usually <42) values. The plutons are of metaluminous to peraluminous (ASI=0.85 to 1.03) and belongs to shoshonitic and ultra-potassic series. The samples are enriched in LREE and exhibit significant negative Eu ($Eu/Eu^*=0.49$ to 0.80), Ba, Nb, Sr and Ti anomalies in spidergrams. Their relatively high Sr-Nd isotopic compositions $I_{Sr}(69.5 \text{ My}) = 0.70519$ to 0.70607, low Mg# (32-45) and $\epsilon_{Nd}(69.5 \text{ Ma}) = -1$ to -0.3, $T_{DM} = 0.81$ to 0.93 Ga), revealing that the pluton was formed by lower crustal parental magma with a contribution of lithospheric mantle. we proposed that upwelling of hot asthenosphere triggers melting of chemically enriched mantle and basic magma formed. Then the basic and hot magma underplated to lower part of the lower crust. This results in partial melting of lower crust. All the data combined with regional background, we suggest that the plutons originated in back-arc extensional phase of subduction environment during Latest Cretaceous in the region.

2019, 53 Pages

Keywords: Alkaline Magmas, Mafic Lower continental crust, subcontinental lithospheric mantle, back-arc extension, Sakarya Zone, NE Turke

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET	III
ABSTRACT.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	VIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	IX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş ve Amaç	1
1.2. Coğrafi Bilgiler.....	2
1.2.1. Coğrafi Konum	2
1.2.2. Topoğrafya.....	2
1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü	2
1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim	3
1.3. Sakarya Zonu'nun Doğu Kesiminin Genel Jeolojisi.....	3
1.4. İnceleme Alanı ve Yakın Çevresinde Yapılan Önceki Çalışmalar.....	6
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	16
2.1. Amaç ve Yöntemler	16
2.1.1. Arazi Çalışmaları.....	16
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları	16
2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması	16
2.1.2.2. Petrografik İncelemeler ve Mikroskop Fotoğraflarının Çekilmesi.....	17
2.1.2.3. Örneklerin Kimyasal Analiz İçin Hazırlanması	17
2.2. Kimyasal Analizler	17
2.2.1. LA-ICP-MS Zirkon U-Pb Yaşlandırması	18
2.2.2. Büro Çalışmaları.....	19
3. BULGULAR	20
3.1. İnceleme Alanının Stratigrafi ve Petrografisi	20
3.1.1. Camaş ve Ahmetli Granitoidinin Petrografisi ve Mineralojisi	21

3.1.2.	Camaş ve Ahmetli Plütonları'nın Jeokronolojisi.....	25
3.2.	Camaş ve Ahmetli Plütonları'nın Jeokimyası	28
3.2.1.	Ana ve İz Elementler	28
3.3.	Camaş ve Ahmetli Plütonları'nın Petrojenetik Modeli	33
3.4.	Magma Farklılaşması ve Karışımı.....	33
3.5.	Kaynak Kaya Özellikleri	35
3.6.	Camaş ve Ahmetli Plütonları'nın Jeodinamik Evrimi ve Şekli.....	37
4.	TARTIŞMA ve SONUÇLAR	40
5.	ÖNERİLER	42
KAYNAKLAR		43
ÖZGEÇMİŞ		53

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 2. Türkiye'nin tektonik birlikleri ve tektonik yapıları (Okay ve Tüysüz, 1999). ...	6
Şekil 3. Çalışma Alanının (Camaş ve Ahmetli, Fatsa-Ordu) Jeolojik Haritası	21
Şekil 4. Camaş ve Ahmetli Plütonları'nın Makraskobik görünümleri.	23
Şekil 5. Camaş ve Ahmetli Plütonları'nın dokusal görünümleri.	25
Şekil 6 Camaş Plütonu'ndan alınan OG6 nolu örneğe ait zirkon kristallerinin Katodoluminesans (CL) görüntüleri.	26
Şekil 7. Camaş Plütonu'na ait OG6 örneğinin zirkon U-Pb konkordiya diyagramı.	27
Şekil 8. Camaş ve Ahmetli toplam alkali içeriklerine karşın SiO ₂ diyagramındaki (Middlemost, 1994) yeri.	32
Şekil 9. Camaş ve Ahmetli alkali kayaçlarının; a: Al ₂ O ₃ /Na ₂ O + K ₂ O (molar) değerine karşın alkali doyumluk indeksi diyagramındaki (Maniar ve Piccoli, 1989), b: K ₂ O içeriklerine karşın SiO ₂ değişim diyagramlarındaki (Peccerillo ve Taylor, 1976) dağılımları.	32

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Plütonlara ait LA-ICP-MS zirkon U-Pb yaş verileri 28

Tablo 2. Camaş ve Ahmetli Plütonları'na ait (%) ana ve iz element (ppm) değerleri..30



SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

A/CNK	Moleküler ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)
Ab (alb)	Albit
ADI	Alkali Doygunluk İndeksi
AK	Ateşte Kayıp
Amf	Amfibol
An	Anortit
ANTE	Ağır Nadir Toprak Elementler
ÇA	Çalışma Alanı
DAF	Doğu Anadolu Fayı
DBFK	Düşük Basınç Fraksiyonel Kristallenmesi
EMG	Elektron Mikroskop Görüntüleri
Eu*	$(\text{Sm}+\text{Gd})_{\text{N}/2}$,
Fe_2O_3^*	Fe_2O_3 Cinsinden Toplam Demir
Feld	Feldispat
Gpa	Gigapaskal
Hb	Hornblend
HNTE	Hafif Nadir Toprak Elementler
ICP-MS	Endüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi
KAD	Kuzey Anadolu Dağları
KAF	Kuzey Anadolu Fayı
Km	Kilometre
Ku	Kuvars
BIYLE	Büyük İyon Yarıçaplı Litofil Elementler
Mg#	$100 \times \text{MgO}/(\text{MgO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)$
mm	Milimetre
OOSB	Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı
Mus	Muskovit
Olv	Olivin
Or	Ortoklas
Orp	Ortopiroksen

Om	Opak Mineral
Pir	Piroksen
Pl	Plajiyoklas
YAEE	Yüksek Alan Enerji Elementleri



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş ve Amaç

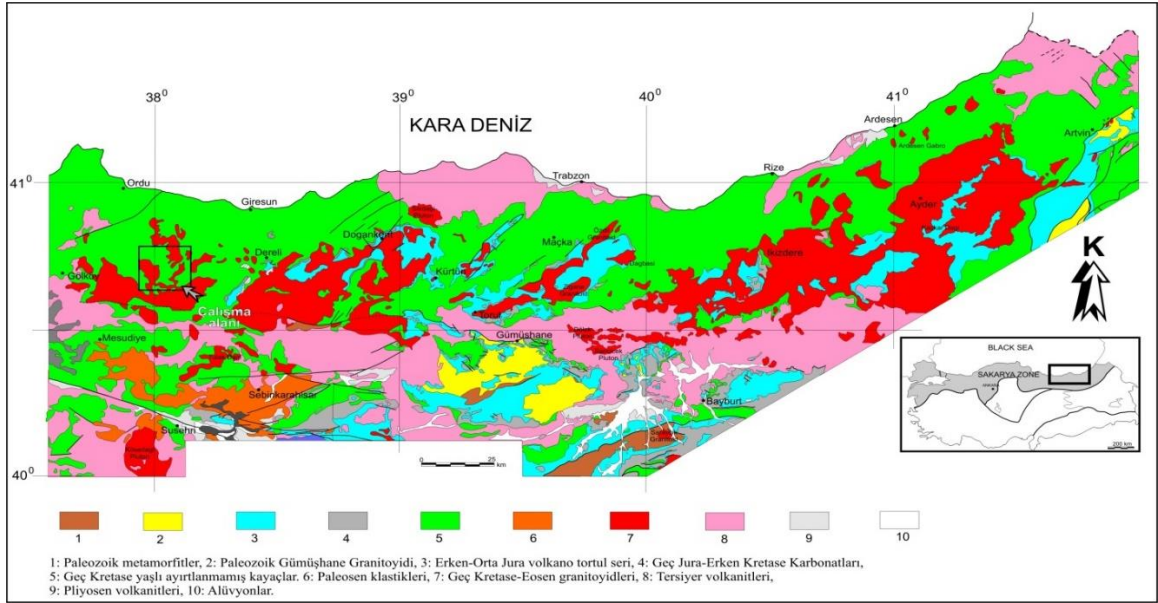
İnceleme alanı Türkiye'nin Kuzeydoğusu'nda, Alp-Himalaya Dağ kuşağı üzerinde olan Doğu Karadeniz Dağları'nın kuzey kesiminde yer almaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi içerdiği cevherleşmeler, tektonik konumu ve genel jeolojisi yönünden pek çok araştırmacının ilgisini çekmiş ve bu nedenlerle yörede bu güne kadar birçok bilimsel çalışma yapılmıştır. (Altınlı vd., 1970; Dewey, 1973; Türk-Japon Ekibi, 1974; Adamia vd., 1977; Akın, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Özsayar vd., 1982; Taslı, 1984; Van, 1990; Yalçınalp, 1995; Korkmaz vd., 1995; Çamur vd., 1996; Arslan vd., 1997, 1998; Konak vd., 2001; Türkiye-Gürcistan Ekibi, 2001; Topuz vd., 2005; Boztuğ vd, 2006; Karşlı vd., 2007; Aydın vd., 2008; Kurt 2009; Dokuz vd., 2009; Karşlı vd., 2010a, b; Karşlı vd., 2011a, b; Aydınçakır ve Şen, 2013)

Bu çalışmada, Camaş ve Ahmetli (Fatsa - Ordu) yöresindeki A-tipi granitoidlerin, petrografik ve petrolojik açıdan değerlendirilmesi ve bu çalışmalar ışığında bölgenin jeotektonik ortamlarının yorumlanması amaçlanmıştır. Ayrıca çalışma alanında 1/25000 ölçekli jeoloji haritası yapılarak bölgenin stratigrafisi açıklanmaya çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılarak trakitlerin petrografik ve petrolojik özellikleri incelenmiş, elde edilen veriler ışığında granodiyoritlerin köken ve oluşum süreçlerine ait yaklaşımlarda bulunulmuştur.

1.2. Coğrafi Bilgiler

1.2.1. Coğrafi Konum

1/25 000 ölçekli Tortum G45 a3 paftasında yer alan çalışma alanı, Ordu ili bağlı Camaş ve Ahmetli (Fatsa) bölgelerini de içine alan yaklaşık 25 km²'lik bir alanı kapsar (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

1.2.2. Topoğrafya

İnceleme alanında topoğrafya oldukça engebeli bir yapıya sahip olup, çalışma alanının büyük bir bölümü çam, ladin ve gürgen ormanlarıyla kaplıdır. Çalışma alanı içerisinde Pulluksu Tepe (2161m), Dişkapı Tepe (2286 m), Peynirkaya Tepe (2235 m), Ağuluk Tepe (2200 m) ve Yaylaüstü Tepe (2496 m) bölgenin önemli topografik yükseltilerini oluşturmaktadır.

1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Bölgede, Doğu Karadeniz Bölgesi yılın her mevsimi yağışlı ve denizin etkisine bağlı olarak yazın sıcak ve nemli, kışları ise ılıman geçmektedir. Bu özellik, denizden iç

kesimlere doğru gidildikçe karasal iklim özelliğine dönüşmektedir. Doğu Karadeniz sıra dağlarının denize bakan yamaçlarında; yağış değerleri yükseklikle artmakta, buna karşılık sıcaklık değerleri azalmaktadır. Doğu Karadeniz Dağlarının güney yamaçları ve iç kesimlerde iklim karakteri değişmekte, yağışlar azalmakta, karasallık etkisi artmakta ve Doğu Anadolu iklimi ile Doğu Karadeniz iklimi arasında bir geçiş bölgesi iklimi ortaya çıkmaktadır. Kıyı şeridinde yayvan yapraklı etek ormanları ve fundalar görülür. Bu şerit, Karadeniz kıyıları ile kenar dağlarının orta kısımlarıdır. Tarla tarımına en uygun alanlarda buradadır. Orman etekleri ile yaylalar arasında kalan kesimde ise, yayvan yapraklı, karışık ve iğne yapraklı bitki örtüsü görülür. Bu alanlarda kızılâğaç, gürgen, çam, ladin, orman gülü türleri bitki örtüsünü oluşturur. Yayla kesimlerinde ise 1500–1800 metre yükseklikte çam, ladin, ince çalı öbekleri ve orman altı bitki türleri görülür. İnceleme alanında hâkim bitki örtüsü fındık bahçesi ve seyrek ağaçlık olarak belirlenmiştir.

1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim

Çalışma alanına ulaşım Çamaş ilçesi kuzey ve güneyinden başlayan stabilize yollardan sağlanmaktadır. Arazinin çoğu zaman geçit vermeyen sarp yamaçlarının dışında kalan kesimlerine toprak ama sert zeminli araç ve/veya yaya yollarıyla ulaşılabilir.

1.3. Sakarya Zonu'nun Doğu Kesiminin Genel Jeolojisi

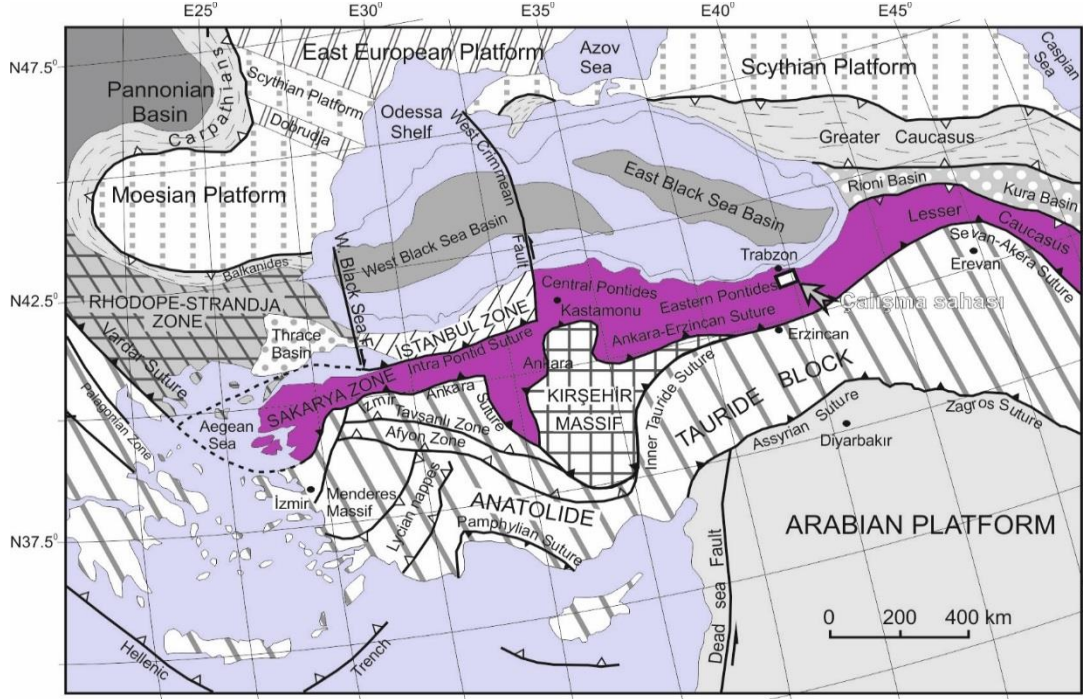
Anadolu Levhası suture zonlarına göre Sakarya zonu, İstanbul Zonu, Rodop-Istranca zonu Torid-Anatolid Blok'u ve Arap Platformu olmak üzere beş ana tektonik birlikten oluşmaktadır (Okay ve Tüysüz, 1999). Bunlardan Sakarya zonu Geç Paleozoyik yaşlı kristalen temel kayaları ve bunları örten Mesozoyik ve Senozoyik bir seri ile temsil edilir. Sakarya Bloğu batıda Çanakkale'den doğuda Kafkaslara kadar geniş bir coğrafyayı kapsar. İyi korunmuş büyük dağ kuşaklarından biri olan Doğu Karadeniz Bölgesi, 500 km uzunluk, 100 km genişliğe sahiptir. Kuzeydoğusu Achara-Trialet zonu (Gürcistan), kuzeyi Büyük Kafkaslar, güneyi ise Anatolit-Torit Bloğu tarafından sınırlandırılmıştır. (Şekil 2). Sakarya Bloğu'nun doğusuna ait temel kayalar, Erken Karbonifer yaşlı metamorfikler ve bunları keserek yükselen Geç Karbonifer yaşlı

Granitoyidler (Yılmaz,1972; Topuz vd., 2007; Dokuz, 2010; Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz ve vd., 2012-2016) ve Geç Karbonifer-Erken Permiyen yaşlı sığ denizel-karasal kırıntılardan oluşmaktadır (Çapkinoğlu, 2003; Kandemir ve Lerosey-Aubril, 2011). Geç Permiyen-Triyas çökelleri Sakarya Bloğunda bilinmemektedir. Bu bölgede temel üzerine Şenköy formasyonu olarak bilinen Erken-Orta Jura yaşlı volkano sedimanlar ve Geç Jura-Erken Kretase yaşlı platform karbonatları gelmektedir. Bu süreçte oluşan bazik volkanitler ve volkanotortullar riftleşmeye bağlı kıta parçalanmasıyla ilişkilendirilmektedir. (Kandemir, 2004; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Kandemir ve Yılmaz, 2009), Geç Jura Granitoyidleri ve onların eşleniği durumundaki dasitik volkanitler, Şenköy formasyonu içerisine yerleşmişlerdir.(Dokuz vd., 2010) Bu granitoyidler Orta Jura'da Paleotetisin kapanması sonucu, Sakarya zonunun Lavrasya'nın kuzeyine eklenmesine bir cevap olarak yorumlanmaktadır (Dokuz vd., 2010). Geç Kretase'de Sakarya Bloğunun güney sınırı boyunca, Neotetis okyanusal kabuğunun kuzeye doğru yitimi bölgede yay magmatizmasının oluşmasına ve bunun sonucunda da kalın yay volkanitleri ile intrüzif kayaçlar oluşmuştur (Akın, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz vd., 1997; Okay ve Tüysüz, 1999; Şengör vd., 2003; Topuz vd., 2007; Ustaömer ve Robertson, 1997; Altherr vd., 2008; Karşlı vd., 2010a; Karşlı vd., 2011a).

Doğu Karadeniz Bölgesinin kuzeyinde yer alan biyotit-hornblendli granitoyidlerle, kalınlığı 2 km'den daha büyük olan volkanotortul istifler bu yay volkanitlerini ve intrüzifleri karakterize ederler (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Okay ve Şahintürk, 1997; Karşlı vd., 2004; Boztuğ vd., 2006; Boztuğ ve Harlavan, 2008; Kaygusuz vd, 2008; Karşlı, 2010a; Karşlı vd., 2011b; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2011). Doğu Karadeniz Bölgesinin güney kısmında ise yayönü havza çökellerini temsil eden filişoidal bir istif, karbonatlar ve olistolitler bulunmaktadır. Erken Paleosen plajiyolösititleri kuzeye yitimin son ürünleri olarak kabul edilir (Altherr vd., 2008). Paleosen'de Neotetis okyanusunun tamamen kapanmasıyla Torid ve Anatolid kıtaları çarpışmıştır (Okay ve Şahintürk, 1997; Boztuğ vd., 2004; Hisarlı, 2010; Topuz vd., 2010; Karşlı vd., 2010b, Karşlı vd., 2011b). İzmir-Ankara-Erzincan suture sonu boyunca meydana gelen bu çarpışma, volkanit aktivitelerin zamanı ve yapısal unsurlara dayalı olarak mekanizma ve zaman açısından farklı yorumlanmıştır. Şengör ve Yılmaz (1981) ve Okay ve Şahintürk (1997), Paleosen–Erken Eosen aralığında kabuk kalınlaşmasına

neden olan bir çarpışma önermişlerdir. Tokel (1977) ve Akın (1979) ise ana ve iz element analizlerine dayalı yaptıkları çalışmada Eosen volkanitlerinin kuzey yönlü bir yitimle ilişkili yay volkanitleri olduğunu iddia etmişlerdir. Şengör ve Yılmaz (1981) yitimin Erken Paleosen’de sona erdiğini ve Çarpışmanın Geç Paleosen-Erken Eosen’de gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca Okay vd. (1997) granitoidlerin yaşları ve stratigrafik ilişkilerine dayanarak çarpışmanın Paleosen-Erken Eosen’de meydana geldiğini önermişlerdir. Gerçekten Sakarya Bloğunun Doğusu Paleosen döneminde magmatizma açısından sakın bir döneme sahiptir. Bölgedeki Erken Senozoyik adakitlerinde yapılan çalışmalar bunların çarpışma ile eş yaşlı yada çarpışma sonrası oluştuğunu göstermektedir (Topuz vd., 2005; Karlı vd., 2010b; Karlı vd., 2011b; Topuz vd., 2011). Sakarya Bloğunun Doğusunda Eosen dönemi, İran ve Kafkaslara kadar uzanan doğu-batı yönlü volkanitler (Tokel, 1977; Çoban, 1997; Şen vd., 1998; Aliyazıcıoğlu, 1999) ve granitoidlerce (Yılmaz ve Boztuğ 1996; Arslan ve Aslan, 2006; Boztuğ vd., 2004; Karlı vd., 2007) karakterize edilir. Bu magmatik faaliyet gerilmeli rejime bağlı Karadeniz Havzasının açılmasıyla ilişkilendirilmiştir (Ustaömer ve Robertson, 1997). Sakarya Bloğunun Doğusunda Eosen sonrası karasal çökeller önemli yüzeylemeler vermektedir. (Okay ve Şahintürk, 1997). Neojen yaşlı alkali volkanitler çarpışma sonrası genişlemeli rejime bağlı olarak gelişmişlerdir (Aydın vd., 2008, 2009). Pliyosen-Pleyistosen döneminde ise fay düzlemleri boyunca basınç serbestleşmesi sonucu volkanizma tetiklenmiştir (Yeğingil, 2002).

I-tipi İkizdere Plütunu Sakarya Zonu’nun kuzeyinde bulunmaktadır ve Üst Kretase volkanitleri (Çatak formasyonu, Kızılkaya formasyonu), Erken-Orta Jura volkanoklastitleri (Şenköy formasyonu) ve Geç Jura-Erken Kretase yaşlı karbonatlarla (Berdiga formasyonu) kontak halindedirler. 30km. genişliğe, 40km. uzunluğa sahip İkizdere Plütunu, Geç Kretase-Geç Eosen [K-Ar ve Ar-Ar hornblend, Taner 1977; Moore vd. 1980; K-Ar biyotit, Karlı vd. 2007; Ar-Ar hornblend, Karlı 2010a; SHRIMP zirkon U-Pb, Kaygusuz vd. 2009, SHRIMP zirkon U-Pb, Karlı vd. 2011a, Ar-Ar hornblend, Karlı vd. 2011b] olarak yaşlandırılan “Birleşik Kaçkar Batoliti’nin” orta kısmını oluşturmaktadır (Boztuğ vd., 2006). İkizdere Plütunu gabroyik diyoritten, granite kadar değişen kayaları içermekte olup, petrografik ve dokusal özellikleri açısından benzerlik sunarlar. Bu çalışmada Plütunun yaşı SHRIMP zirkon U-Pb metoduyla ~76 my olarak belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Türkiye'nin tektonik birlikleri ve tektonik yapıları (Okay ve Tüysüz, 1999).

1.4. İnceleme Alanı ve Yakın Çevresinde Yapılan Önceki Çalışmalar

İnceleme alanını da içerisine alan kısımda jeolojik-jeokimyasal amaçlı çalışmaların sayısının az olmasına karşın, inceleme alanı çevresinde yapılan jeolojik-jeokimyasal çalışmaların sayısı inceleme alanına oranla fazladır. İnceleme alanı ve yakın çevresinde çeşitli amaçlara yönelik geniş ölçekli birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Altınlı (1970), İkizdere (Rize) bölgesinde, Kaçkar Batolitinde yaptıkları çalışmada, plütonik kütlelerin farklı litolojik bileşimlere sahip ve birbirleriyle dereceli geçişli olan kısımlardan meydana geldiğini belirtmişlerdir. Ayrıca plütonda yaygın lamprofirlerin olduğuna dikkat çekmişlerdir.

Dewey vd. (1973), Pontidler'in kuzeyine Paleotetis'i yerleştirerek Paleozoyik sonundan Eosen'e kadar devam eden güney yönlü bir yitim polaritesini savunmuştur. Üst Paleozoyik'te Anadolu Levhası'nın Tetis okyanusunun güneyinde yer aldığını, Avrasya ve Afro-Arap plakası arasındaki alanın Karadeniz sahilini takip ettiğini belirtmiştir.

Türk-Japon ekibi (1974), MTA Enstitüsü tarafından Türk-Japon işbirliği ile Trabzon yöresi jeolojisini çalışmış ve 1/50.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamışlardır. Bu çalışmaya göre Üst Kretase yaşlı birimleri volkanit aktivetelerine ve sedimanter döngüsüne göre, dört farklı stratigrafik üniteye ayırmışlardır. Bu üniteler alttan üste doğru A1, D1, A2, D2 formasyonları olmak üzere isimlendirmişlerdir. A1 formasyonunun büyük bir bölümü denizaltı andezit lav ve piroklastitlerinden oluşmaktadır. D1 formasyonu A1 formasyonunu üzerler konumda olup dasit lav ve piroklastitlerinden oluşmaktadır. A2 formasyonu Andezit lav ve piroklastitlerinden oluşmakta dasitler ise D2 formasyonu olarak ayrılmıştır. Bu Üst Kretase birimleri üzerine uyumsuz olarak Tersiyer çökel ve volkanitleri gelir.

Adamia vd. (1977) ile Tokel (1981), Orta Anadolu sutür zonunu Paleotetis'in kalıntısı olarak benimsemişler ve Doğu Pontidler'de yitim etkinliğinin Paleozoyik'ten Eosen sonlarına kadar güneyden kuzeye doğru olduğunu ileri sürmüşlerdir. İlk ada yayının Karbonifer'de su yüzüne çıktığını ve Geç Kretase'de ada yayının olgunlaştığını belirtmişler ve Eosen sonlarından itibaren de Kuzey Anadolu Tetisi'nin kapandığını söylemişlerdir. Bu görüşe göre Karadeniz, Doğu Pontidler'in kuzeyinde Geç Kretase süresince açılan yay gerisi bir havzanın kalıntısı olduğunu ortaya koymuştur.

Özsayar vd., (1981), Ardanoç (Artvin) bölgesinde yaptıkları çalışmada, Üst Jura-Alt Kretase yaşlı andezit, bazalt ve bunların tüf ve aglomeralarından oluşan Karlı formasyonunu en alta koymaktadırlar. Karlı formasyonu üzerine uyumsuz olarak Turoniyen-Alt Kampaniyen yaşlı tüfit ve kırmızı renkli biyomikritlerden oluşan Ziverağa formasyonu bulunmaktadır. Bu birimin üzerine volkanitlerden oluşan üst Kretase yaşlı Makenet formasyonu uyumlu bir biçimde gelmektedir. Makenet formasyonu üzerinde ise transgresif olarak Paleosen yaşlı Ziyarettepe formasyonu yer alır. Araştırmacı Ziyarettepe formasyonunu konglomera ve kireçtaşı olmak üzere iki üyeye ayırmaktadır. Ziyarettepe formasyonu üzerinde uyumsuz olarak Eosen yaşlı marnlardan oluşan Kızılıçık formasyonu yer almaktadır. Stratigrafik olarak en üstte yeralan Avcılar formasyonu volkanitlerden oluşmaktadır ve Eosen yaşlı Kızılıçık formasyonunu kesmektedir.

Kahraman vd. (1986), Rize-İspir arası, Rize-Çayeli ve Rize-Kalkandere, Trabzon-Of yörelerini içine alan çalışmalarında bölgelerin 1/25 000 ölçekli jeoloji haritaları hazırlanmış ve stratigrafileri ile ilgili bilgiler verilmiştir. Özellikle çalışma alanını da içine alan Rize-İspir arasındaki bölgede yapılan çalışmada değişik yaşta ve farklı litolojideki kayaç türleri gözlenmiştir. Bölgenin hâkim kayaç türü volkanitlerdir. Daha sonra sırasıyla intrüzyonlar, tortullar ve damar kayaçları gelmektedir.

İnceleme alanındaki birimler yaşlıdan gence doğru şu şekilde sıralanır:

- 1- Bazalt-andezit ve piroklastları (Ba-1)
- 2- Dasit-bazalt ve piroklastları (Db)
- 3- Dasit dayk (Dd)
- 4- Kumlu tuf ara bantlı, bazalt-andezit ve piroklastları (Ba-2)
- 5- Granit-monzonit-granodiyorit-mikrogranit (Gr)
- 6- Diyabaz-dolerit-lamprofir daykaları (Dy)
- 7- Çamurtaşı-kireçtaşı-kumtaşı-tuf-kiltaşı-marn ardalanması (e-1)
- 8- Andezit-bazalt ve piroklastları (Ba-3)
- 9- Gabro-diyorit-kuarslı diyorit (Gd)
- 10-Andezit (An)
- 11-Andezit tuf (At)
- 12-Obsidiyen (Ob)
- 13-Alüvyon (Al)

Gedik vd. (1992), Rize-Fındıklı-Çamlıhemşin arasında yaptıkları çalışmada enalıtta izlenen birim olarak, kumtaşı, marn ve kırmızı kireçtaşı arakatmanları içeren ve esas olarak bazalt, dasit ve riolit yer yer de andezit türde lav ve piroklastitlerden oluşan, Santoniyen-Maastrichtiyen yaşlı Hemşindere formasyonu (Gedik ve Korkmaz, 1987) ile başlatmaktadırlar. Bölgesel olarak geniş yayılım gösteren bu formasyon yer yer bazik ve asidik intrüzyonlar tarafından (Granit, granodiyorit, kuvarslı diyorit, diyorit, gabro) kesildiğini belirtmişlerdir. Hemşindere formasyonu'nun yaşını içindeki kırmızı kireçtaşlarında bulunan fosillerle, Santoniyen-Erken Maastrichtiyen olarak belirlemişlerdir. Formasyon içinde bulunan yer yer spilitik özellikler taşıyan bazaltlarda görülen yastık lav yapıları ve dasitik lavlarda görülen soğuma sütunları tipik olduğuna dikkat çeken araştırmacılar, Hemşindere formasyonu'nun genel özelliklerinden dolayı,

yoğun volkanizmanın egemen olduğu denizel bir ortamda çökeldiğini belirtmişlerdir. Volkanik faaliyetlerin duraksadığı dönemlerde ise kırmızı renkli kireçtaşları ile kumtaşı ve marnlı düzeyler çökeldiğini saptamışlardır.

Hemşindere formasyonu üzerinde, Rize formasyonu olarak adlanan (Gedik ve Korkmaz,1987) ve kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve kumtaşı arakatkılı, kırmızımsı-bordo ve beyaz renkli marn ve şeyl araldanmasından oluşan birim yer alır. Formasyonun alt düzeylerindeki kumtaşları yer yer bitüm içermekte ve birim üste doğru kırmızımsı bordo renkli marn arakatkılı beyaz renkli killi kireçtaşı araldanmasıyla son bulmakta olup, araştırmacılar saptadıkları mikrofosillere göre birimin yaşını Üst Kretase-Paleosen olarak vermişlerdir. Ayrıca çalışmacılar, Rize formasyonunun sakin ve derin bir şelf ortamında çökmesi, birimin üste doğru karbonatlara geçtiğini ve yer yer resifal faunanın gözlenmesi sebebiyle, ortamın gittikçe sığlaştığını söylemektedirler. Hemşindere formasyonu ile Rize formasyonu arasındaki dokanağın belirsiz olduğunu ve büyük olasılıkla uyumlu olduğunu varsaymışlardır.

Rize formasyonu üzerine uyumsuz olarak, kalın katmanlı iri taneli kumtaşı, marn ve kiltaş araldanmasından oluşan Kaplıca formasyonunu (Gedik ve Korkmaz,1987) gelir. Bu formasyonun yaşı çalışmacılar tarafından Alt-Orta Eosen olarak belirlenmiş olup, denizel bir ortamda çökeldiği belirtilmiştir.

Kaplıca formasyonu üzerinde uyumlu olarak, masif ve kötü katmanlanma gösteren, çoğunlukla bazaltik, yer yer andezitik lav tuf ve aglomeralardan oluşan ve Melyat formasyonu (Gedik ve Korkmaz, 1987) olarak adlandırılan birimler gelir. Alt-Orta Eosen yaşlı Kaplıca formasyonu ile geçişli ve uyumlu olduğunu düşündükleri Melyat formasyonunun yaşını Orta Eosen olarak vermişlerdir. Melyat formasyonu üzerinde uyumsuz olarak, tabanda çakıltaşları ile başlayıp üste doğru kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve kireçtaşı arakatmanları içeren gri renkli marn araldanmasıyla devam eden Pazar formasyonunun (Gedik ve Korkmaz, 1987) yer aldığını belirtmişlerdir. Bu birimin en üst düzeyleri ise kum, çakıl ve kayaç parçaları içeren kırmızımsı, kil ve çamurtaşları ile son bulur. Pazar formasyonuna, Sarmasiyen (Orta-Üst Miyosen) yaşını veren çalışmacılar ortam olarak birimin, giderek sığlaşan denizel bir kıyı ortamında çökeldiğini söylemişlerdir. Özellikle üst düzeylerde görülen yanal ve düşey yöndeki

litolojik değişimler, birimin üste doğru flüvyal özellikteki çökellere geçtiğini ve Sarmasiyen sonunda tamamen karasal bir ortama dönüştüğünü belirtmişlerdir. Pazar formasyonu üzerinde uyumsuz olarak, kötü katmanlı ve kötü boylanmalı, kum ve kil mercikleri içeren gevşek çimentolu çakıltaşlarından oluşan Hamidiye formasyonu (Gedik ve Korkmaz, 1987) ile sonlandırmaktadırlar. Çalışmacılar bölgede yer alan Rize plütonuna Geç Kretase-Paleosen yaşını vermişler ve yitim kökenli tipik I- tipi granitoyid olduğunu belirtmişlerdir.

Kırmacı (1992), Doğu Karadeniz Bölgesinin güney zonunda yaygın olarak yüzeyleyen Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Berdiga Kireçtaşı dizisinin Suiçti (Alucra-Giresun), Gelinpertek (Köse), Keçi Deresi (Gümüşhane), Danzot (Bayburt) ve Karacık Tepe (Bayburt) yörelerindeki yüzeylenmelerinden alınan stratigrafik kesitler yardımıyla sedimantolojik incelenmesini gerçekleştirmiştir. Yapılan litofasiyes çalışmaları ile Berdiga Kireçtaşı dizisinin farklı fasiyeslerde geliştiği ortaya koyulmuştur. İncelenen kesitlerden farklı zaman ve ortamlarda çökelen, farklı dokusal ve kısmen de farklı litolojik özellikler gösteren litofasiyesler stratigrafik konumlarına göre tanımlanmış ve bu litofasiyeslerin büyük bir kısmının yersel olarak geliştiği, çok az bir kısmının da bölgesel olarak geliştiği belirtilmiştir.

Korkmaz vd. (1993), Tonya-Düzköy civarında yaptıkları çalışmada altı farklı formasyonun varlığından bahsetmişlerdir. Yazarlar Mor renkli ayrıışmış bazalt, andezit ve piroklastitlerden meydana gelen, Lias-Doger yaşlı birime Gürgendağyayla formasyonu adını vermişlerdir ve bu birimin tabanı teşkil ettiğini ve alt sınırının gözlenemediğini belirtmişlerdir. Gürgendağyayla formasyonu üzerinde uyumlu bir biçimde Malm-Alt Kretase yaşlı, dolomitik bir seviye ile başlayan üstlere doğru karbonatlara geçen Berdiga formasyonunun yer aldığını belirten çalışmacılar. Berdiga formasyonu üzerinde tektonik bir dokanakla Düzköy formasyonu yer almasına rağmen genel olarak bölgede Düzköy formasyonu Berdiga formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunduğuna dikkat çekmişlerdir. Düzköy formasyonuna çalışmacılar tarafından Kampaniyen-Maastrihtiyen yaşı verilmiştir. Düzköy formasyonu üzerinde uyumlu bir biçimde Kampaniyen-Daniyen yaşlı Tonya formasyonu yer almaktadır. Tonya formasyonu üzerine Lütesiyeen yaşlı Foldere formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir.

En üstte ise Neojen yaşlı olivin-ojit bazalt lav ve piroklastlarından oluşan Karadağ formasyonunun uyumsuz bir biçimde yer aldığı belirtilmiştir.

Köprübaşı (1993), Tirebolu-Harşit arasında yaptığı çalışmada tabanı Jura-Alt Kretase yaşlı Alt Bazik Volkanik Seriyle başlatmakta ve bu Alt Bazik Serisinde Harşit Granitoyidi tarafından kesildiğini belirtmiştir. Bu birimler üzerine Aşağı Harşit Volkanik Karmaşığının geldiğini söylemektedir. Bu birimlerin volkanizma ile başlayıp tortulaşma ile sona eren üç farklı fazdan oluştuğunu belirten araştırmacı, Alt Bazik Volkaniklerinin genelde kalkalkalen fakat daha ziyade toleyite geçiş gösteren ve primitif ark karakterleri sunan jeokimyasal karaktere sahip olduğunu belirtmiştir. Harşit Granitoyidi I tipinde peralümine, kalkalkalen karakterde ve olgunlaşmakta olan bir ada yayı ortamının izlerini taşıdığını varsaymaktadır. Aşağı Harşit Volkanit Karmaşığına ait kayaların ise yitim kökenli kalkalkalen karakter sunduğu belirtilmiştir.

Gedik vd., (1996), Doğu Karadeniz Bölgesini Erken Jura'da Avrasya'dan kopanmikro bir plakacık olarak düşünen çalışmacılar, Avrasya'dan kopan bu mikropalakacığın kopma hareketinin; tektonik, stratigrafik ve sedimantolojik verilere dayalı olarak ortogonal bir riftleşme şeklinde değil, transtensiyonal bir açılma şeklinde olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar elde ettikleri verilerin ışığı altında Doğu Karadeniz Bölgesindeki Erken Jura havzalarının uzaklaşan (divergent) bir transform fay sisteminin ürünü olduklarını öne sürmüşlerdir.

Barbieri vd. (2000), özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Kuzey zonu'ndaki Senozoyik yaşlı volkanitlerin K/Ar radyometrik yaşlarını ve Sr izotop oranlarını tayin etmiştir. Elde edilen çoğu kayaç yaşlarının özellikle 26 My etrafında kümелendiğini belirten yazarlar bu olayı, Doğu Pontidlerdeki magmatik aktivitenin son aşamasıyla ilişkili olan hidrotermal alterasyonun neden olduğu, Ar kaybına bağlarlar. Ancak Trabzon güneyinden alınan silise doymamış alkali örneğin 26,5–27 My yaşında olmasını, yöredeki Senozoyik volkanitlerinin en son ürünü olarak yorumlamışlardır. Ayrıca araştırmacılar söz konusu kayaçların Sr izotop oranlarının alterasyondan etkilenmediklerini ve bu oranların 0,70415 ile 0,70686 arasında değiştiğini ifade ederler.

Dokuz (2000), Doğu Pontidlerin geleneksel bir biçimde kuzey ve güney zona ayrıldığını belirterek, bu zonların kaya toplulukları açısından farklı olduğunu ve kuzey zonda Kretase-Eosen yaşlı bazik ve asidik volkanitlerin, Kuroko-tip maden yataklarının ve bunlarla eş yaşlı granitoidlerin baskın olduğunu söylemiştir. Güney zonda ise Mesozoyik'in sedimanların baskın olduğu bir litoloji ile temsil edildiğini ve bu istifin Hersiniyen metamorfik ve granitleri üzerinde uyumsuz bir biçimde yer aldığını belirtmiştir. Mesozoyik havzasının, Doğu Karadeniz yayının güneyinde Permiyen'den Dogger'e kadar açılan bir yay ardı havza olduğunu söylemiştir. Mesozoyik istiflerin en altında yer alan Hamurkesen formasyonunun yastık yapılı lavlar, bazaltik-andezitik litik tüfler, kumtaşları ve şeyllerden oluştuğunu belirten çalışmacı, Bu istifi bir riftleşme ürünü olarak yorumlamıştır. Üst Jura-Alt Kretase yaşlı platform tipi karbonatlar, Orta Jura yaşlı klastikler üzerine uyumlu bir biçimde geldiğini ve bunların hızlı bir tektonik çökme sonunda sakin ortamda çökdiklerini varsaymıştır. Albiyen-Apsiyen döneminde genişlemeli rejimden sıkışmalı rejime doğru büyük bir tektonik değişimden bahseden çalışmacı, bu dönemde güney zonda regresif bir türbiditik istifin egemen olduğunu, kuzey zonda ise volkanitler, volkanoklastitler ve bunlarla ilişkili intrüziyonların egemen olduğunu belirtmiştir.

Konak (2001), çalışmasında Doğu Karadeniz Bölgesini üç farklı tektonostratigrafik zona ayırarak incelemiştir. Bu zonlar kuzeyden güneye Hopa-Borçka, Artvin-Yusufeli ve Olur Tortum zonlarıdır. Bu zonların hepsinde Liyas-Dogger'de genelde volkanit ve volkanoklastit, bazı alt birliklerde ise birbirleriyle girik volkanit, volkanoklastit ve epiklastitlerin mevcudiyetinden bahseder. Çalışma alanı Konak (2001)'e göre Hopa-Borçka zonunda yeralır ve bu zon için en yaşlı kaya birimlerinin bazaltik andezitik bileşimli lavlar olarak değerlendirmiştir. Bu volkanit birimin üzerinde Kampaniyen-Paleosen yaşlı türbiditik birimlerin bulunduğunu ve İpresiyen yaşlı çökeller tarafından örtüldüğünü belirtmiştir.

Türk-Gürcü Ekibi, (2001), Türkiye-Gürcistan sınırında yaptıkları korelasyon çalışmasında bölgeyi Maastrichtiyen öncesi, Maastrichtiyen-Daniyen arası, Paleosen-Erken Eosen arası, Orta Eosen, Geç Eosen, Oligosen-Erken Miyosen arası ve Geç Miyosen-Kuvaterner zaman aralıklarına bölerek incelemişlerdir. Paleozoyik Yaşlı Artvin Granitoidi, Jura-Alt Kretase yaşlı Narlık Grubu, Üst Kretase yaşlı Varlık Grubu

ve Narlık Grubu içerisine sokulan Pirnallı Granitoidleri, Üst Kretase asidik volkanitleri (Kızılkaya formasyonu) ve Üst Kretase bazaltik volkanitlerini (Çağlayan formasyonu) Maastrichtiyen öncesi birimlere dahil etmişler ve sınır bölgesinde korelasyon çalışması yapmışlardır. Maastrichtiyen-Daniyen arası birimlere türbiditik ve hemipelajik karbonatlardan oluşan Maastrichtiyen-Daniyen yaşlı Cankurtaran formasyonunu, Maastrichtiyen-Daniyen yaşlı sığ denizel karbonatlardan oluşan Ziyarettepe formasyonunu dahil etmişlerdir. Paleosen-Erken Eosen arası birimler Bakırköy formasyonu ve Kızılcık formasyonları adı altında değerlendirilmiştir. Orta Eosen birimlerini, Sarp-Şavşat grubu ve Orta Eosen yaşlı Türbiditik kırıntılılardan oluşan Erenler formasyonu-Likani suiti, Eosen volkanoklastitlerini Kabaköy formasyonu, andezit ve bazalt lavlarının orta seviyelerini Taşpınar formasyonu, üst seviyelerini Sarıçayır formasyonu isimleri ile incelenmişlerdir. Geç Eosen Volkanoklastitlerini içeren birime Adigeni Suiti, Şoşonitik volkanikleri ise Gordiomi Suiti, klastitleri Pınarlı formasyonu, Orta Eosen-Üst Eosen subvolkanit ve intrüziflerini Kırçal intrüzif kayaçları adları altında değerlendirmişlerdir. Oligosen-Erken Miyosen çökellerini Meydan ve Süngülü formasyonlarına ayırarak incelemişlerdir. Geç Miyosen-Kuvaterner çökelleri ise Kuar formasyonu, Gümüşkavak Bazaltı, Dumanlıdağ Volkanitleri, Kaleönü Volkanitleri, Melikler Bazaltı, Damal formasyonu, Borluk Andeziti ve Kuvaterner alüvyonlarını ayırarak incelemiş ve korelasyon çalışması yapmışlardır.

Yılmaz vd., (2001), Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kuzeyinde, Kretase sürecinde meydana gelen en erken aktif volkanizmanın, paleontolojik verilere göre, Geç Koniasiyen Santoniyen'de başladığını ve Tersiyer sonuna kadar devam ettiğini belirtmektedir.

Boztuğ vd., (2006), "Birleşik Kaçkar Batoliti İçerisindeki Magmatik Olayların Zamanlaması, Doğu Pontidler" isimli çalışmada, Kaçkar Batolitinde, genişlemeli yay magmatizması, aşındırma eşliğinde çarpışma sonrası levha kopması, levha içi gerilme ve yüzeye çıkma olmak üzere dört farklı magmatik olay tanımlamıştır. Bunlardan yay ilişkili granitoid kayaçları iki ana olay sırasında nispeten derin sokulumlar olarak yerleştiren çalışmacı, orta K-KALK karakterinde ve titanit "fission-track" ağırlıksız ortalama yaşı 112.04 ± 3.2 My olan Çamlıkaya Granitoidinin

erken evreyi temsil ettiğini, ileri evrenin ise orta-yüksek K-KALK karakterli, hornblend ve biyotit K-Ar soğuma yaşları Erken Paleosen'den Geç Kretase'ye kadar olan Sırtıayla ve Marselevat Granitoyitleri ile temsil edilir. Kaçkar Batolitinin Yüksek K-KALK karakterli, yaygın K-feldispat mega kristalli ve çeşitli mafik mikrotaneli anklavlı sığ Ayder Birimi karışımı temsil etmektedir ve eş yaşlı mafik ve felsik magma çarpışma sonrası, levha kopması (slab break-off) sonucu oluşmuştur. Çalışmacı Ayder Biriminin soğuma yaşını 46.4 ± 1.0 My olarak belirtmiştir. Levha içi gerilmeyi temsil eden magmatikler ise orta K-KALK biraz toleyitik (Halkalıtaş Kuvars Diyoriti) ve biraz alkali (Güllübağ Monzoniti) karakterli birimlerdir. Bu birimler Avrasya ve Torid-Anatolid platformlarının Orta Eosen'de İzmir-Ankara-Erzincan suture zonu boyunca karıştığını gösteren levha içi gerilmeli magmatik evreyi işaret eder. Levha içi gerilmeyi karakterize eden birimlerden Halkalıtaş Kuvars Diyoritinin titanit "fission-track" yaşı 43.7 ± 2.3 My, Güllübağ monzonitinin titanit "fission-track" yaşı ise 38.1 ± 0.6 My olarak verilmiştir. Çalışmacı son olarak kompozit Kaçkar Batolitinin 0,4-0,5 mm a-1 aşınma hızı ile 17-23 My arasında Avrasya levhası ile Arap levhasının çarpışması sonucu yüzeye çıktığını belirtmiştir.

Kurt vd., (2006), Doğu Karadeniz Bölgesinin stratigrafisinin Kretase'de oluşan yay magmatizması ile şekillendiğini varsaymıştır. Albien döneminde KG-GB yönlü transform faylara bağlı olarak gelişen kaba olistostramal çökellerle başlayan yay volkanizması, Rize Artvin bölgesinde Paleozoyik temel üzerinde gelişirken, Rize Giresun bölgesinde Geç Jura-Erken Kretase yaşlı karbonat platformu üzerinde gelişmiştir. Albien'de transform fayların etkisi ile derinleşen bölgenin Erken Turoniyen'de çok az volkanit katkının olduğu bir kırıntılı ve karbonat çökeliminden bahseden çalışmacı Geç Turoniyen'de ise tabanda bazaltlarla başlayan olgun dönemlerinde dasitlere dönüşen yoğun bir yay volkanizmasının varlığını belirtmiştir. Yay volkanizmasına bağlı olarak bölge Geç Turoniyen'de yükselir ve kuzeyde yay ardı havzalar gelişir. Bu yay ardı havzalarda Geç Turoniyen-Erken Santoniyen yaşlı kırmızı renkli mikritler çökmeye başlar. Santoniyen'de bölge tekrar bir volkanik döneme girer. Bu volkanizma bimodal karakter sunup üst seviyeleri daha riyolitik bileşimdedir. Santoniyen volkanizması Geç Kampaniyen'de giderek şiddetini kaybeder ve bölge sığlaşır. Karbonat çökeliminin Maastrihtiyen'de, kırıntılıların ise Paleosen-Erken

Eosen'de egemen olduğunu belirmiştir. Bu karbonat ve kırıntılıların üzerinde ise Orta Eosen çökellerinin ve volkanitlerinin uyumsuz biçimde yer aldığını belirtmiştir.

Karlı vd. (2010), Gümüşhane yöresinde tanımladığı Erken Senozoyik adakitik volkanizmasını, Doğu Pontidlerdeki Senozoyik ekstansiyonel olaylarının ilk safhası ile ilişkilendirerek, bu kayaçların delaminasyona (kopup-batan) uğrayan alt kabuğın ergimesiyle oluştuğunu ortaya koymuştur.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Amaç ve Yöntemler

İnceleme alanı Türkiye'nin kuzeydoğusunda, Alp-Himalaya dağ kuşağı üzerinde olan Doğu Karadeniz Dağları'nın (Doğu Pontidler) kuzey kesimlerinde yer almaktadır.

Bu çalışma Doğu Karadeniz bölgesindeki (Çamaş ve Ahmetli) A-tipi granitoidlerin petrolojisi ve jeodinamik önemlerinin incelenmesini amaçlamış olup, yürütülen bu çalışma, kaynak taraması, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

Bu çalışmanın ilk safhasını oluşturan arazi çalışmaları, öncelikle bölgede yer alan birimlerin tanınması, sınır ilişkilerinin ortaya konması, yapısal ve tektonik unsurların belirlenmesine yönelik olmuştur. İnceleme alanında yüzeyleyen birimler, önceki çalışmalar da dikkate alınarak kontrol edilmiş ve gerekli düzeltmeler yapılarak mevcut yapısal unsurların (kırık, tabaka, fay vd.) konumları belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak mevcut jeoloji haritalarından yararlanılarak arazide Pleyistosen yaşlı, dasitlerin sınırları ile Üst Kretase yaşlı camaş Granitoidinin dokanak ilişkileri ve A-tipi granitoidlerine genel stratigrafileri belirlenerek çalışma alanının 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Daha sonraki aşamada kayaçların petrografik, mineralojik ve petrolojik özelliklerini belirlemek için yerel ölçekli örnekler alınmıştır.

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması

İnceleme alanından derlenen kayaç el örneklerinin mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesine yönelik alınan 50 adet el örneğinden 14 tanesi ince kesit için hazırlanmıştır. Bunun için kayaçlardan kesilen levhacıklar, 0,5x2x4 cm boyutunda cam üzerine kanada balzamu kullanılarak yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapışmış olan kayaç, aşındırıcılar yardımıyla 0,03 mm kalınlığına kadar inceltilerek petrografik tayin

için hazır hale getirilmiştir. İnce kesit rnekleri Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Mühendislik Fakóltesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit laboratuvarında hazırlanmıştır.

2.1.2.2. Petrografik İncelemeler ve Mikroskop Fotoğraflarının ekilmesi

İnce kesiti hazırlanan 14 adet rnek Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Mühendislik Fakóltesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Mikroskobu laboratuvarındaki Olympus BX51 marka polarizan mikroskop ile incelenmiş ve mikroskoba bağlıaynı marka fotoğraf makinesi ile mikro fotoğraflama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

2.1.2.3. Örneklerin Kimyasal Analiz İçin Hazırlanması

Petrografik incelemeler sonunda alterasyondan minimum etkilenmiş olan 34 adet örnek, trakiandezit ve trakibazaltların jeokimyasal özelliklerinin ortaya çıkarılması amacıyla, çeşitli kimyasal analizlere tabi tutulmuştur. Analize gönderilen örneklerin seçimi ve hazırlanması Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Mühendislik Fakóltesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Ana, iz ve nadir toprak element analizleri için seçilen 1–3 kg'lık el örnekleri çeneli kırıcı yardımıyla birkaç cm boyutuna kadar küçültüldükten sonra halkalı öğütücü yardımıyla numune 200 mesh elekten geçecek şekilde ğtlmştir. eyrekleme yöntemi ile ayrılan 30 gr kadar örnek, ana, iz ve nadir toprak element analizleri için ACME Analiz Laboratuvarına (Kanada) gönderilmiştir. Ana ve İz elementler ICP (Inductively Coupled Plasma) yöntemiyle, Nadir Toprak elementler ise (ICP-MS Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) yöntemiyle analiz edilmiştir. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ve nadir toprak elementler ppm olarak llmřtir.

2.2. Kimyasal Analizler

Çalışma alanından derlenen 13 örneğin ana, iz ve nadir toprak element analizleri Kanada'da Acme Analiz (Vancouver, BC) laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Ana ve iz elementler ICP (Inductively Coupled Plasma) yöntemiyle, Nadir Toprak elementler ise

(ICP-MS Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) yöntemiyle analiz edilmiştir. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ve nadir toprak elementler ppm olarak ölçülmüştür. Ana ve iz element analizleri için 0,2 gr toz örnek 1,5 gr LiBO₂ ile karıştırılarak, %5 HNO₃ içeren bir sıvı içinde çözündürülmesinden itibaren analiz edilirken, nadir toprak element analizleri, 0,25 gr toz örneğin dört farklı asit içinde çözündürülmüş ve analiz edilmiştir. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ve nadir toprak elementler ppm olarak ölçülmüştür.

Ana, iz ve nadir toprak element analizi yapılan örneklerin içerdikleri bünye ve öz kristal suyunu hesaplamada, her bir örneğin daha önceden hazırlanan toz örnekleri kullanılmıştır. Bünye ve öz kristal suyunu belirlemek için örnekler, fırında 105°C’de, 24 saat bekletilmiştir. Örnekler platin kaba konmadan önce kabın ağırlığı ölçülmüş ve sonra her bir örnekten yaklaşık 1 gr tartılarak platin kaplara konmuştur. Daha sonra bu platin kaplar sıcaklığı yaklaşık 2–2,5 saatte 1000°C’ye ulaşan fırında 1 saat bekletilmiştir. Tamamen ergimiş hale gelen örnekler dışarı alınarak 10–15 dakika soğutulmuş ve hemen peşinden tartılmıştır. Sonunda, ısıtılmadan önceki örnek ağırlığı ile soğuduktan sonraki örnek ağırlığı arasındaki fark belirlenerek, ateşteki uçucu kaybı ölçülmüştür.

2.2.1. LA-ICP-MS Zirkon U-Pb Yaşlandırması

LA-ICP-MS zirkon U-Pb yaşlandırmasında kullanılmak üzere, Camaş Plütonu’ndan seçilen OG6 nolu örnek üzerinde standart manyetik, hidroseparator ve nihai binoküler mikroskopta elle ayırma teknikleri kullanılarak zirkonlar kristalleri ayrılmıştır. Epoksi ile kaplanan örnek yeterli parlak yüzey elde edilinceye kadar aşındırılmış ve parlatılmıştır. Yaş analizinde kullanmak üzere en iyi örneği seçebilmek için zirkon tanelerinin içyapılarını gösteren katodoluminesans görüntüleri çekilmiştir. Zirkon U-Pb yaşlandırması Oslo Üniversitesi (Norveç), Jeoloji Bilimleri Akademisi LA-ICP-MS Jeokronoloji Merkezinde gerçekleştirilmiştir. Analizlerde Zhao vd. (2004) tarafından önerilen analitik yöntemler takip edilmiştir. Elementer fraksiyonlaşmayı doğrulamak amacıyla standart zirkon ve ayrıca standart SL 13 analitik tahminleri izlemede kullanılmıştır. Radyojenik olmayan ²⁰⁴Pb izotopunu doğrulamak amaçlı Pb kullanılmıştır. Yaş ve grafik ilişkileri çizilirken SQUID 1.03 (Ludwing, 2001) ve

ISOPLOT/Ex 3.23 (Ludwing, 2003) programları kullanılmıştır. Yaş ortalamaları %95 güvenilirlikle bildirilmiştir. Zirkon mineralleri, Nu Plasma HR çoklu kollektörlü Cetac LSX-G2 and LUV 213 lazer mikroprob (with HelEx cell) cihazında gerçekleştirilmiştir. Zirkon jeokronolojisinde kullanılan analitiksel method, Andersen vd. (2009) tarafından sunulmuştur. Lazer bomba çapı, 40 µm nokta büyüklüğü ve 0.06 J/cm² bomba enerji yoğunluğu için 10 Hz dir. Kalibrasyon için kullanılan uluslararası zirkon standartları, GJ (²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb age = 609±1 Ma; Jackson vd., 2004), 91500 (²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb age = 1065±1 Ma; Wiedenbeck 1995) ve A382 (Lauri vd., 2011) dir. Tüm izokron ve konkordiya yaşları, Isoplot programı 3.71 (Ludwig 2008), versiyonu yardımıyla hesaplanmıştır.

2.2.2. Büro Çalışmaları

Araziden başlayarak laboratuara kadar devam eden tüm çalışmalarda birçok veri elde edilmiş ve bu veriler büroda bir araya getirilerek değerlendirilmiştir. Bu süreç içinde yapılan çalışmalar kısaca şu şekilde özetlenebilir.

Arazide topoğrafik harita üzerine çizilen jeolojik harita bilgisayar çizim programları yardımıyla detaylandırılarak yeniden çizilmiştir. Çizilen bu harita üzerinde, petrografik, kimyasal ve jeokronolojik amaçlı alınan örnek noktaları işaretlenmiştir.

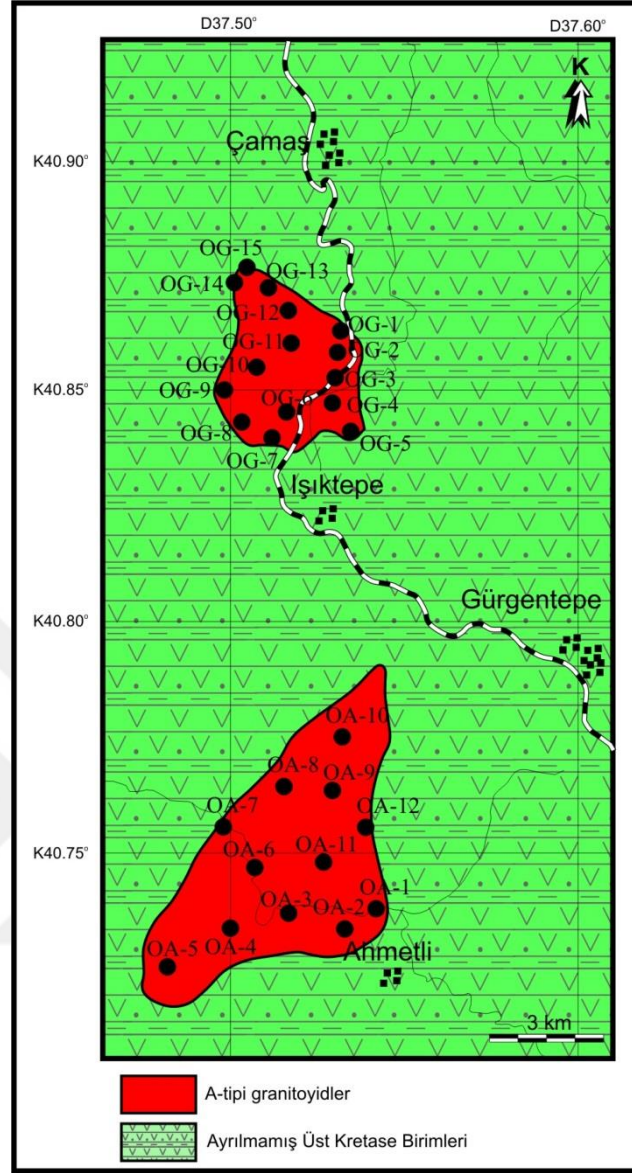
Petrografik, mineralojik, kayaç analizleri sonucunda elde edilen verilerde, yine jeolojiye uygun çeşitli hazır paket programlarında değerlendirilerek grafik ve tablo haline getirilmiştir.

Arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları sonucunda ortaya çıkan tüm veriler birleştirilip, yorumlanmış ve sonuçta tez yazımı "Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kuralları"na uyularak gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. İnceleme Alanının Stratigrafi ve Petrografisi

Çalışma alanı ve çevresinde bulunan kayaçlar, litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları esas alınarak tanımlanmış ve inceleme alanına ait genel stratigrafi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışma alanında araştırma projesinin arazi çalışmaları sırasında alkalen granitoyidleri oldukça çatlaklı ve kırıklı oldukları ve blok vermeyen kütlelere sahip oldukları gözlenmiştir. Geç Kretase yaşlı volkanik kayaçlar ile olan dokanakları arazide yoğun örtü nedeniyle birçok kesimde gözlenememiştir. Ancak, kesme dokanağının takip edildiği kısımlarda metamorfik izlere rastlanmamıştır. Bu yönleriyle, Doğu Pontidlerde yaygın olarak bulunan I-tipi granitoyid kayaçlar ile benzerlik sunarlar (Şekil 3).



Şekil 3. Çalışma Alanının (Camaş ve Ahmetli, Fatsa-Ordu) Jeolojik Haritası

3.1.1. Camaş ve Ahmetli Granitoidinin Petrografisi ve Mineralojisi

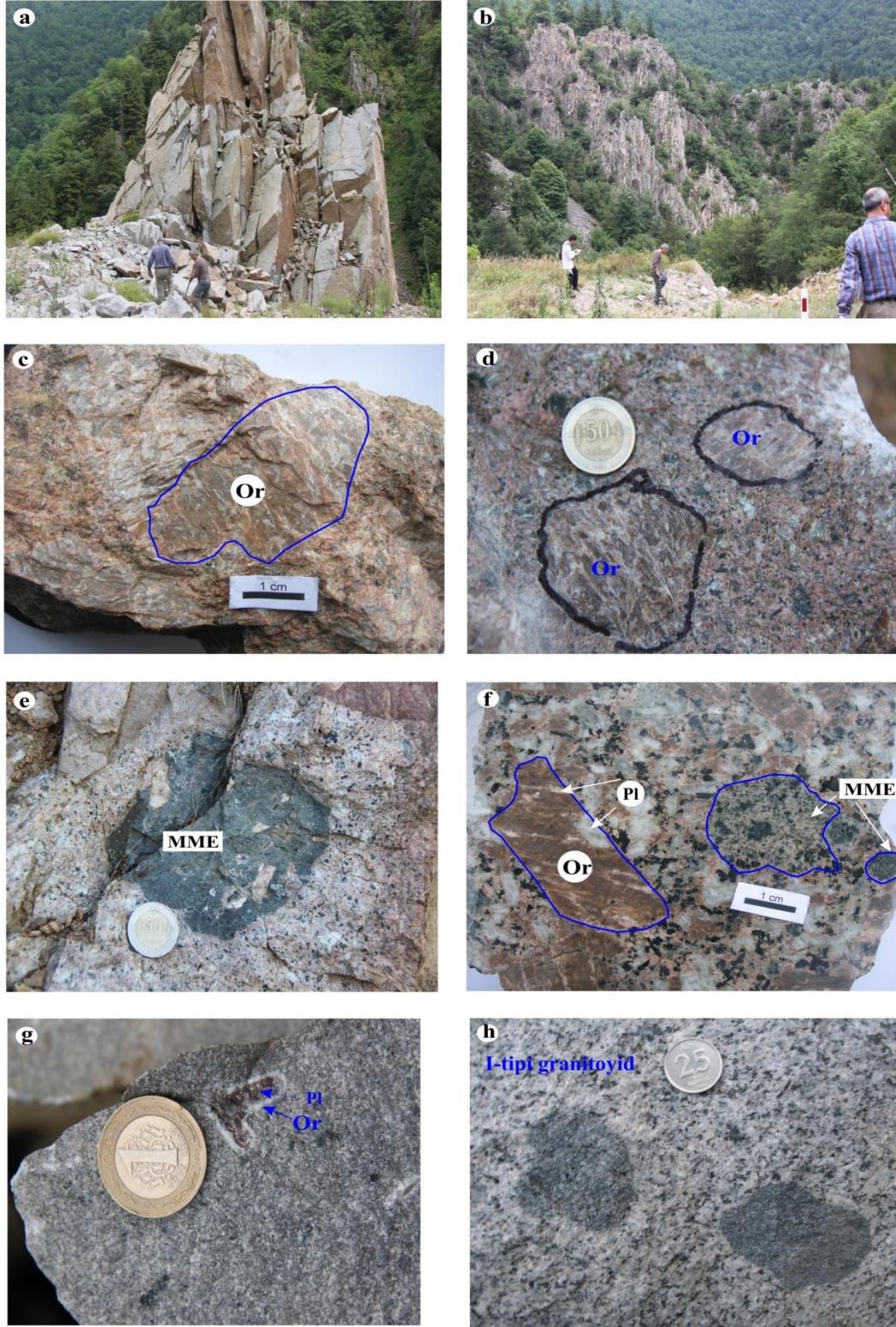
Çalışma alanının alkalen granitoidleri oldukça çatlaklı ve kırıklı oldukları ve blok vermeyen kütlelere sahip oldukları gözlenmiştir. Geç Kretase yaşlı volkanik kayalar ile olan dokanakları arazide yoğun örtü nedeniyle birçok kesimde gözlenememiştir. Ancak, kesme dokanağının takip edildiği kısımlarda metamorfik izlere rastlanmamıştır. Bu yönleriyle, Doğu Pontidlerde yaygın olarak bulunan I-tipi granitoid kayalar ile benzerlik sunarlar (Şekil 4).

Kayaçlardan toplanan el örnekleri üzerinde yapılan çalışmalarda; kayaçların genellikle iri ve orta taneli dokusal özellikler gösterdikleri ve çoklukla çok iri alkali feldispat içerdikleri gözlenmiştir.

Bu özellikleri ile bölgede yaygın yüzeyleme veren yüksek potassik kalk-alkalen ve kalk-alkalen I-tipi granitoyid kayaçlardan çok kolayca ayırt edilebilirler. Bazen orta-ince taneli ve baskın ortoklas dolayısı ile oldukça pembe renklerde görünürler. Oldukça ayrışmamış yüzeylemelere ilave olarak arenalaşmış yüzeylemeler şeklinde de gözlenmektedirler.

Mikroskobik incelemeler neticesinde, kayaçların genellikle siyenit ve monzonit bileşimli oldukları belirlenmiştir. Alkalen granitoyid kayaçlar, son yıllara kadar anorojenik ve anhydrous özellikleri ile tanımlanmış kayaçlar olup, genellikle tek bir kaynağa ait ergiyikten türeyen kayaçlar olarak tanımlanmışlardır. Bu sebeple ilk tanımlandıklarında anklav içermeyen plütonik kayaçlar olarak bilinmekteydiler. Oysa bölgede tanımlanan ve tanımlanacak olan alkalen granitoyidler 1-2 cm boyutundan 25-30 cm boyutuna kadar değişen elipsoidal şekilli çok sayıda anklav içermektedirler.

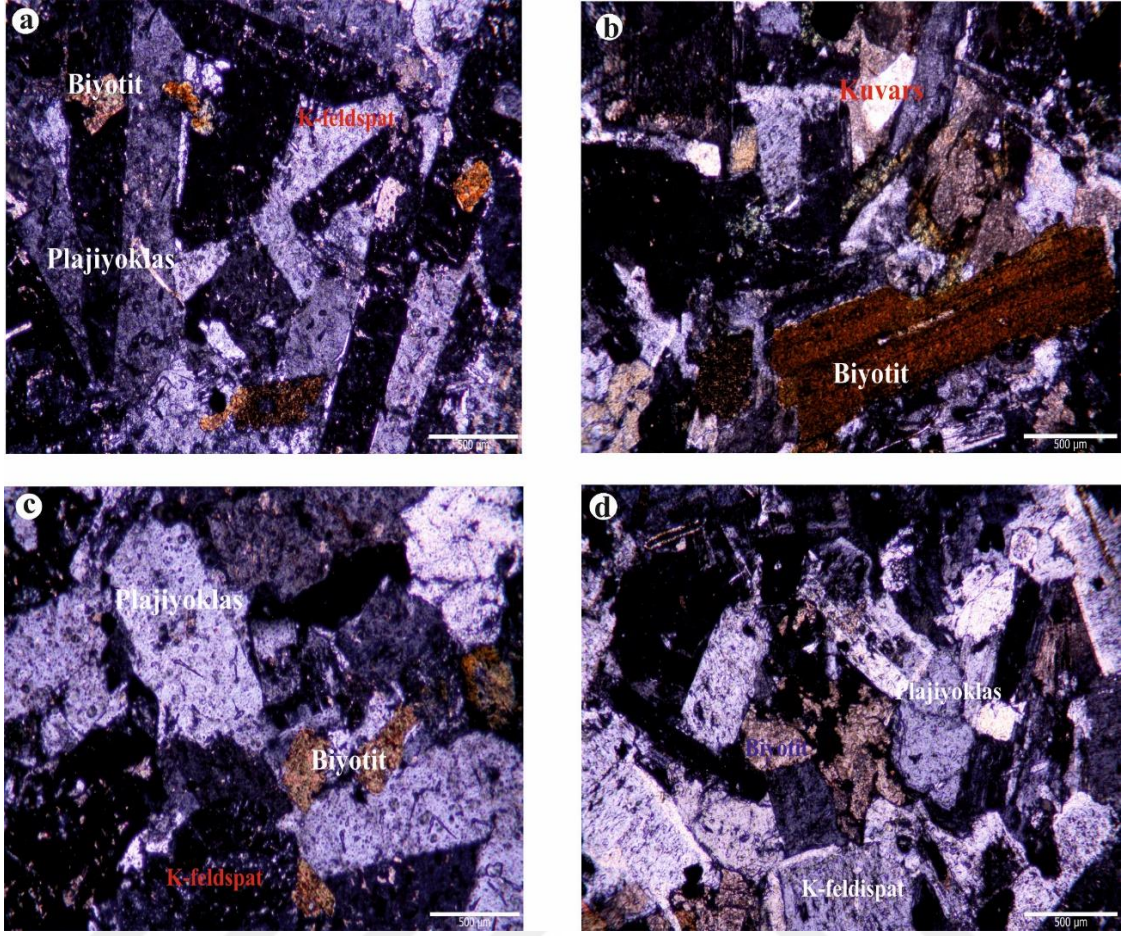
Alkalen karakterli ve magma karışım olaylarının etkin olduğu granitoyid kayaçların en karakteristik özellikleri olan rapakivi dokusu bu kayaçlarda yaygın olarak gözlenmiştir. Kayaçların en tipik dokusal özelliklerinden biri olan iri K-feldspatlar, yer yer feslik minerallerden kuvars ve plajiyoklas, mafik minerallerden ise amfibol ve biyotit kapanımları içerirler.



Şekil 4. Camaş ve Ahmetli Plütonları'nın Makraskobik görünüşleri. (a- b- c- d- e- f- g-h)

Söz konusu bu poikilitik dokularında hibritleşme sürecinde gelişmiş olabileceği düşünülmektedir. Alkali feldispat ve kuvars birliktelikleri, yer yer tipik yazı dokusu görünümünde olup, plütonların sığ sokulum karakterli olduklarına işaret etmektedir. Sulu silikatlardan amfiboller baskın mafik mineral olarak göze çarpmaktadır. Biyotitler amfibollere nazaran kayaçlarda daha az gözlenmektedir. Genellikle lataması tıknaz ve yarı öz şekilli kristaller halinde gözlenirler. Yer yer monzonitik kayaçlar içerisinde magma karışımlarına işaret eden bıçağımsı biyotitler şeklinde gözlenmektedirler. Klinopiroksenler, lokasyonlara bağlı olarak çok az gözlenmektedir. Fe-Ti oksitler birçok kayaçta diğer mafik ve feslik silikatlar içerisinde öz şekilsiz kapanımlar olarak gözlenirler.

Anklavlar ile ana kayaçların mineral birliktelikleri hemen hemen aynıdır. Dokusal özellikler çok benzer olmakla birlikte, bariz fark kristal büyüklükleridir. Anklavlar, genellikle hızlı soğuma ürünü iğnemsî mineraller ile karakteristiktir. Yan kayaç dokanaları hiçbir suretle metamorfik izler taşımazlar ve sınırlar net dokanaklar ile gözlenir. İçlerinde alkali feldispat iri kristalleri sık gözlenirki, bu daha çok hibrit magma ürünü granitoid kayaçların dokusal özellikleri olarak tanımlanmaktadır (Şekil 5).

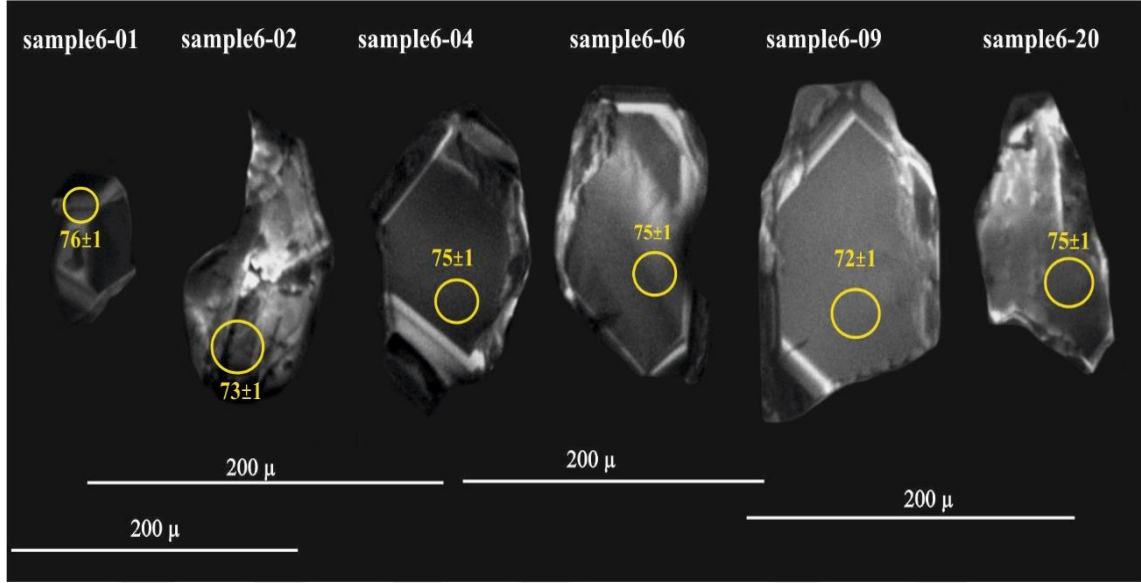


Şekil 5. Camaş ve Ahmetli Plütonları'nın dokusal görünimleri.(a- b- c- d)

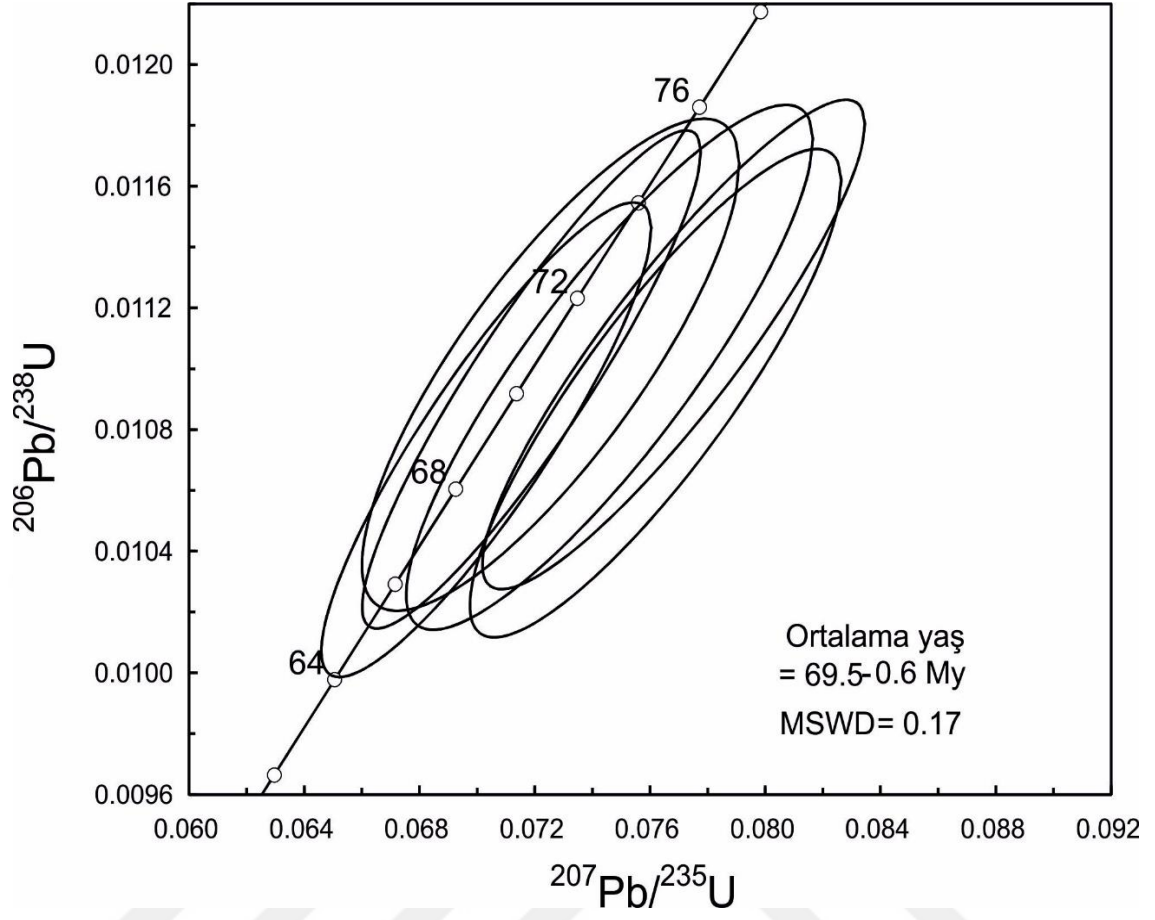
3.1.2. Camaş ve Ahmetli Plütonları'nın Jeokronolojisi

Camaş plütönu'nda LA-ICP-MS zirkon U-Pb yaşlandırması gerçekleştirilebilmesi için, OG6 örneğinden yeterli miktarda zirkon kristali ayırtlanmıştır. Zirkonların genel karakterleri incelendiğinde, boylarının 200µm ye kadar ulaştıkları ve genellikle renksiz, kısa prizmatik oldukları ve kalıntı çekirdeklere sahip olmadıkları anlaşılmıştır. Elde edilen zirkon kristallerinin çoğu, salınım zonlanma sunmakla birlikte, genellikle pramidal sonlanmalar sunan uç kısımlara sahiptirler. Bu özellikleri, magmatik kökenli olmalarına işarettir (Pupin, 1980). Zirkonların katodoluminesans görüntüleri, hemen hemen hiç kalıntı çekirdek içermediklerini ortaya koymaktadır. Söz konusu iki farklı kayaktan ayırtlanan farklı kristallerden yaklaşık 7 nokta ölçülmüştür. Zirkon LA-ICP-MS U-Pb yaşlandırma sonuçları, Tablo 1'de verilmiş olup, sonuçlar, konkordiya diyagramında gösterilmiştir (Şekil 7). Plütöndan

toplam 11 noktadan elde edilen $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ağırlıklı yaşı; 69.5 ± 0.6 My (MSWD=0.85) olarak belirlenmiştir (Şekil 6). Tüm bu jeokronolojik bulgular, stratigrafik ve jeolojik saha bulguları ile uyumlu olmakla birlikte, granitoidlerin, yitim ilişkili Turoniyen-Santoniyen yaşlı volkanik kayalar keserek sokulum yapmış olduklarını ve söz konusu Geç Kretase yitiminin en son ürünleri oldukları anlaşılmıştır.



Şekil 6. Camaş Plütünü'ndan alınan OG6 nolu örneğe ait zirkon kristallerinin Katodolüminesans (CL) görüntüleri.



Şekil 7. Camaş Plütünü'na ait OG6 örneğinin zirkon U-Pb konkordiya diyagramı.

Tablo 1. Plütonlara ait LA-ICP-MS zirkon U-Pb yaş verileri

Örnek	Ölçülen nokta	Yaş		Uyumluluk (%)						
		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1SE	Rho	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$
örnek 6	örnek 6-2	0,07305	0,011362	0,000169	0,57	72	2	73	1	101
örnek 6	örnek 6-4	0,07671	0,011719	0,000173	0,56	75	2	75	1	100
örnek 6	örnek 6-5	0,07351	0,011473	0,00017	0,57	72	2	74	1	103
örnek 6	örnek 6-9	0,07303	0,011244	0,000166	0,55	72	2	72	1	100
örnek 6	örnek 6-8	0,07268	0,011292	0,000169	0,57	71	2	72	1	101
örnek 6	örnek 6-11	0,075	0,011513	0,000174	0,57	73	2	74	1	101
örnek 6	örnek 6-9b	0,07461	0,011473	0,000177	0,58	73	2	74	1	101
örnek 6	örnek 6-6	0,07628	0,011649	0,000175	0,57	75	2	75	1	100
örnek 6	örnek 6-1	0,07748	0,011785	0,000178	0,57	76	2	76	1	100
örnek 6	örnek 6-14	0,07808	0,011756	0,000179	0,57	76	2	75	1	99
örnek 6	örnek 6-20	0,07676	0,011737	0,000179	0,57	75	2	75	1	100

3.2. Camaş ve Ahmetli Plütonları'nın Jeokimyası

Ordu yöresi Camaş ve Ahmetli plütonlarının jeokimyasal ve petrolojik karakterini ortaya koymak ve jeodinamik evrimini açıklayabilmek için 17 adet taze granitoyid numunesinin ana ve eser elementin kimyasal analizleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar tablolar halinde sunulmuştur (Tablo 2) .

3.2.1. Ana ve İz Elementler

Sakarya Zonu'nun doğusunda doğu-batı halinde bir kuşak şeklinde uzanım gösteren plütonizma içerisinde ayırtlanan Camaş plütonu'nda ana ve iz element analizleri gerçekleştirilmiştir. Plütondan analiz edilen tüm örneklerin, Middlemost (1994) diyagramında siyenit, kuvarslı monzonit ve monzonit bileşimli kayaçlar alanına düştükleri gözlenmiştir (Şekil 8). Kayaçlar çoklukla metalumin karakter sunmakla birlikte, peralumin kimyasal karaktere doğru geçişli özellikler sunmaktadırlar). Alkali doygunluk indeksleri (ADI) [= molar $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$] ise, 0.85 ila 1.03 arasında değişmektedir. Bu araştırma projesi için material seçilen örnekleri, yörede gözlenen diğer I-tipi plütonlardan ayıran en önemli özelliklerden en önemlisi, alkali içeriklerinin yüksek olmasıdır. Örnekler, belirgin bir şekilde, şoşonitik karakterden ultrapotassik karaktere doğru değişim göstermektedirler (Şekil 8). Toplam alkali ve silisyum bakımından zengin olan bu kayaçların SiO_2 içerikleri ağırlıklı olarak 57 ila 63 arasında değişim sunmaktadır. Kayaçlar, düşük Mg# (32-45) değerine sahip oldukları

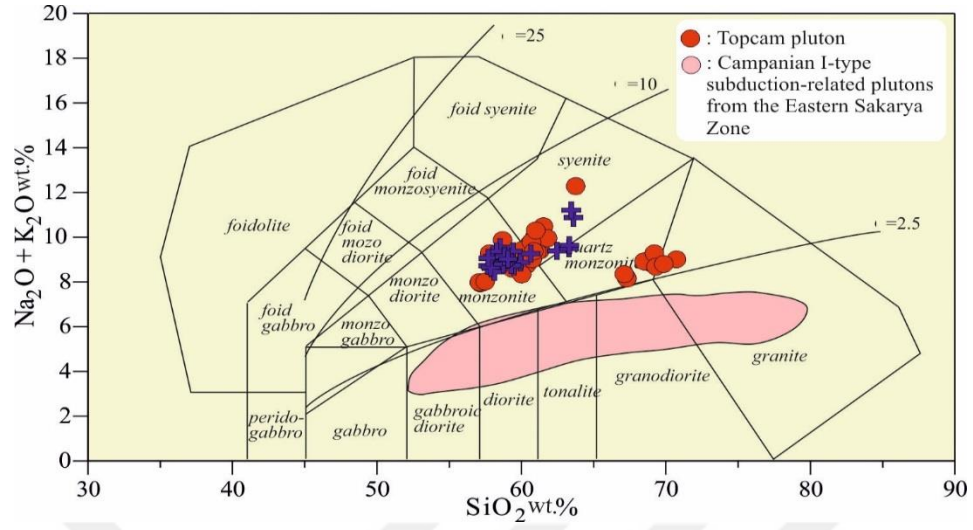
anlaşılmıştır. Al_2O_3 (%) içerikleri, 15.96 ila 17.77 aralığında olup, Ni (ppm) içerikleri 20 den düşük olup; Co (ppm) 40'dan daha düşüktür. Düzgün değişimlerin varlığı yanısıra, değişim sunmayan ilişkilerin de gözleendiği harker diyagramlarında en belirgin husus, belirli silisyum değeri aralıklarında kimyasal boşlukların gözlenmemiş olmasıdır (Şekil 9a). Bu düzgün değişimler daha sonradan da tartışılacağı üzere, plajiyoklas, amfibol ve sfen kristal fraksiyonlaşmasına işaret eden veriler olarak tartışılacaktır. İkili değişim (Harker) diyagramlarında kimyasal boşluğun oluşmamış olması, kayaçların oluşumu sırasında kabuksal kirlenmenin minimum düzeylerde ya da ihmal edilebilir olduğuna işaret etmektedir. Sakarya Zonu'nun tamamında alkalilikleri bakımından farklılık sunan şoşonitik ve ultrapotassik karakterli bu kayaçlar, negatif Ba, Sr, Ti ve Eu yösemeleri göstermektedirler (Şekil 9b). N-MORB normalize iz element modelleri, tüm örneklerin büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (BİYLE, Rb, Ba ve Th) zenginleştii ve yüksek alan enerjili elementlerce (YAEE, Nb ve Hf) tüketilmiş olduklarını göstermektedir (Şekil 9). Nadir toprak element dağılımlarına bakıldığında, hafif nadir toprak elementleri (HNTE) ağır nadir toprak elementlere (ANTE) göre zenginleşmiş oldukları gözlenmektedir. Normalize La/Yb değeri 8.06 den 13.90'a kadar değişim sunarken La/Lu değeri ise 7.81 den 12.73'e kadar değişim sunmaktadır. Eu/Eu* oranları 0.49 ila 0.80 arasında değişmekte olup, çoklukla 0.70'den küçüktür (Tablo 3). Ağır nadir topraklarda çok zayıf içbükeylik gözlenmektedir

Tablo 2. Camaş ve Ahmetli Plütonları'na ait (%) ana ve iz element (ppm) değerleri.

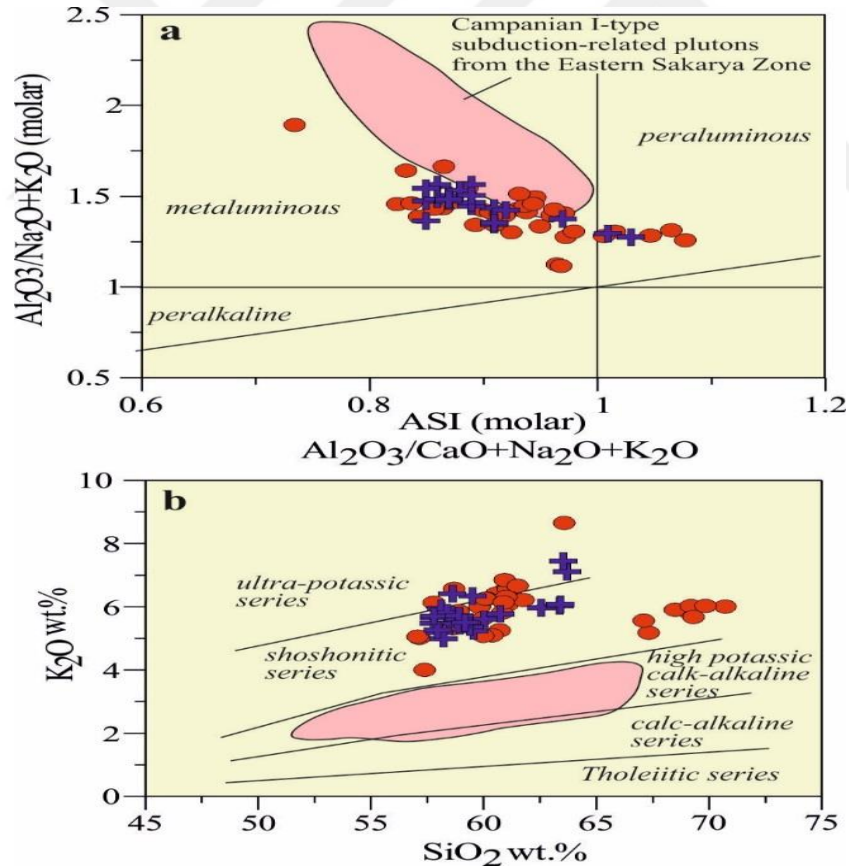
	OG-16	OG-17	OG-18	OG-19	OG-20	OG-21	OG-22	OG-23	GT-6	GT-2	GT-12	GT-10	GT-13	GT-7	GT-11	GT-8	GT-5
SiO ₂	61,17	58,75	61,00	61,79	61,80	59,42	60,23	57,51	57,60	60,81	62,16	55,47	61,49	59,14	60,94	59,62	59,16
Al ₂ O ₃	16,91	18,09	17,09	17,23	16,90	17,72	17,15	17,58	17,46	15,88	16,99	17,73	16,93	17,54	16,60	17,98	18,01
Fe ₂ O ₃	3,77	4,75	3,96	4,06	3,98	4,66	3,68	3,24	3,06	5,81	4,07	5,61	3,66	4,53	3,83	4,38	4,73
MgO	0,90	1,90	0,95	1,05	1,53	1,65	1,46	1,92	1,81	1,78	1,00	2,43	0,89	1,58	0,98	1,64	1,73
CaO	3,15	3,19	2,97	2,88	2,23	3,49	3,73	3,82	4,01	1,87	2,43	3,29	2,67	3,18	3,14	3,24	3,00
Na ₂ O	3,09	3,31	2,99	3,51	3,31	3,40	3,28	3,13	3,38	2,14	3,50	2,76	2,93	3,15	2,97	3,45	3,31
K ₂ O	6,61	6,19	6,69	6,61	6,75	6,35	6,46	6,73	6,52	7,10	6,82	5,61	6,48	6,80	6,27	6,47	6,46
TiO ₂	0,36	0,43	0,35	0,39	0,36	0,42	0,40	0,41	0,44	0,39	0,35	0,53	0,34	0,43	0,36	0,41	0,42
P ₂ O ₅	0,21	0,28	0,22	0,21	0,21	0,28	0,24	0,28	0,29	0,24	0,23	0,36	0,21	0,26	0,22	0,26	0,29
MnO	0,11	0,14	0,10	0,13	0,09	0,12	0,09	0,14	0,10	0,24	0,12	0,33	0,10	0,10	0,08	0,10	0,12
Cr ₂ O ₃	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Ni	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Ba	757	935	789	778	870	910	905	896	948	798	768	753	763	1012	692	934	999
Sc	7	9	7	7	6	9	8	8	8	8	7	9	7	8	7	8	8
LOI	3,5	2,7	3,4	1,9	2,6	2,2	3,0	5,0	5,1	3,5	2,2	5,7	4,1	3,1	4,4	2,2	2,5
Sum	99,85	99,82	99,85	99,83	99,85	99,82	99,84	99,86	99,81	99,76	99,83	99,77	99,84	99,78	99,83	99,77	99,75
Be	1	1	2	3	5	2	5	2	3	4	1	<1	6	3	4	3	4
Co	23,1	21,0	19,9	19,0	21,7	17,3	10,2	10,3	4,2	5,2	4,6	9,0	5,7	6,2	5,8	5,9	7,1
Cs	3,1	2,4	2,9	1,6	3,0	1,0	1,6	1,0	0,8	0,8	1,4	2,7	3,3	1,6	2,4	1,0	1,8
Ga	11,7	12,8	12,3	13,1	12,9	13,7	12,4	13,0	11,6	10,7	10,8	11,1	10,9	12,1	10,9	11,9	12,2
Hf	4,6	3,8	4,9	4,5	4,5	4,3	3,9	3,2	3,1	3,7	4,2	2,8	3,6	3,7	4,7	4,1	4,1
Nb	8,2	6,8	7,4	8,1	7,1	7,0	7,4	5,9	6,5	6,3	6,1	6,4	6,7	6,9	7,8	6,7	6,1
Rb	192,6	170,1	188,5	180,6	177,1	157,2	159,9	135,8	117,9	144,1	150,9	145,7	153,9	147,9	148,4	147,1	148,2
Sn	1	1	2	4	1	<1	2	<1	<1	<1	<1	2	2	1	2	<1	2
Sr	261,3	425,2	294,0	389,1	266,4	503,2	415,9	297,3	334,9	191,2	348,6	250,7	215,9	455,3	239,5	587,0	548,0
Ta	0,6	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,6	0,4	0,5	0,3	0,3
Th	27,7	20,6	27,8	27,0	26,3	23,3	26,5	17,6	18,3	19,3	25,8	15,2	23,8	22,4	27,7	23,8	21,9
U	6,0	4,8	6,7	8,2	8,2	7,8	10,8	6,0	6,5	4,7	8,2	4,5	6,4	7,4	9,9	8,0	7,9
V	54	74	54	53	55	73	57	66	44	50	32	59	31	43	34	38	38

W	108,1	72,8	73,5	86,0	79,8	62,9	51,2	42,9	0,9	7,8	0,8	7,5	1,7	2,7	2,2	1,0	3,4
Zr	171,7	137,8	181,9	167,6	163,8	154,8	165,1	124,7	117,7	132,3	144,9	84,9	144,5	139,0	164,1	148,3	131,2
Y	21,4	21,0	21,5	23,9	21,1	21,8	22,4	19,7	17,9	18,5	22,4	21,7	19,0	20,9	21,6	19,3	20,4
La	39,4	41,5	40,3	41,6	39,1	45,5	34,1	32,5	28,7	30,0	36,4	32,9	33,1	35,9	42,9	39,7	40,2
Ce	72,3	72,7	72,0	73,5	69,4	75,3	69,1	67,0	61,4	53,3	61,9	57,0	58,9	62,3	77,9	70,2	72,3
Pr	7,78	8,04	7,69	8,07	7,53	8,10	7,77	7,62	7,23	6,15	7,28	6,64	6,50	7,15	8,31	7,46	7,88
Nd	28,6	28,4	27,8	29,2	27,3	29,1	29,0	29,1	27,5	23,1	27,6	24,6	23,5	24,6	29,4	26,2	28,5
Sm	5,23	5,35	5,07	5,31	5,25	5,58	5,38	5,13	4,89	4,71	5,15	4,85	4,45	5,13	5,39	5,09	5,58
Eu	0,95	1,30	1,12	1,13	1,15	1,30	1,27	1,29	1,07	0,94	1,08	1,10	1,01	1,18	1,04	1,13	1,33
Gd	4,51	4,67	4,61	4,72	4,39	4,89	4,84	4,57	4,65	4,29	4,57	4,45	3,93	4,57	4,89	4,46	4,82
Tb	0,65	0,68	0,63	0,72	0,65	0,66	0,67	0,65	0,59	0,59	0,64	0,60	0,54	0,64	0,68	0,65	0,65
Dy	3,64	3,75	3,78	3,94	3,62	3,84	3,75	3,43	3,14	3,41	4,04	3,59	3,40	3,64	3,89	3,43	3,79
Ho	0,72	0,74	0,76	0,82	0,73	0,76	0,82	0,69	0,66	0,71	0,76	0,64	0,62	0,75	0,75	0,76	0,67
Er	2,13	2,22	2,36	2,47	2,35	2,39	2,44	2,19	1,84	2,09	2,26	2,10	2,21	2,03	2,47	2,27	2,32
Tm	0,33	0,32	0,34	0,36	0,33	0,33	0,36	0,31	0,30	0,34	0,35	0,29	0,33	0,31	0,35	0,36	0,31
Yb	2,26	2,25	2,40	2,45	2,32	2,34	2,43	2,11	1,91	2,42	2,51	2,12	1,84	2,16	2,49	2,38	2,11
Lu	0,37	0,35	0,35	0,40	0,40	0,37	0,38	0,33	0,29	0,34	0,40	0,29	0,32	0,35	0,37	0,36	0,35
TOT/C	0,43	0,26	0,37	0,23	0,23	0,26	0,45	0,72	0,73	0,29	0,15	0,53	0,39	0,33	0,49	0,21	0,18
TOT/S	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,14	0,06	0,11	<0,02	0,23	0,02	<0,02	<0,02	0,04	0,03
K+Na	9,70	9,50	9,68	10,12	10,06	9,75	9,74	9,86	9,90	9,24	10,32	8,37	9,41	9,95	9,24	9,92	9,77

Açıklamalar: Fe₂O₃*: Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. A.K. (Ateşten Kayıp): Toplam uçucu içeriği. Mg#: 100 X MgO / (MgO + Fe₂O₃*).ADI: Alkali Doygunluk İndeksi



Şekil 8. Camaş ve Ahmetli toplam alkali içeriklerine karşın SiO₂ diagramındaki (Middlemost, 1994) yeri.



Şekil 9. Camaş ve Ahmetli alkali kayaçlarının; a: Al₂O₃/Na₂O + K₂O (molar) değerine karşın alkali doygunluk indeksi diyagramındaki (Maniar ve Piccoli, 1989), b: K₂O içeriklerine karşın SiO₂ değişim diyagramlarındaki (Peccerillo ve Taylor, 1976) dağılımları.

3.3. Camaş ve Ahmetli Plütonları'nın Petrojenetik Modeli

Yaygın olarak kabul görmüş modelere göre; A-tipi magmalar için, oluşumları ve geliştikleri jeodinamik ortamlar, oldukça tartışmalı olmakla birlikte günümüze kadar birçok çalışmaya konu olmuşlardır. Tüm bunlarla birlikte; bu magmaların oluşumları için oldukça fazla model önerilmiştir: 1) manto türevli alkali bazaltik magmanın fraksiyonlaşmalarından (Turner vd., 1992; Anderson vd., 2003; Muskin vd., 2003); 2) uyumsuz elementlerce tüketilmiş olan alt kabuğa ait granülitik kayaçların düşük dereceli kısmi ergimesinden (Collins vd., 1982; Whalen vd., 1987; King vd., 1997); 3) kabuksal kökenli I-tipi tonalitik kayaçların kısmi ergimesiyle (Anderson, 1983; Creaser vd., 1991; King vd., 1997); 4) susuz, alkali feldispat'ca zengin granülitik kayaçların kısmi ergimesi neticesinde (Landenberger ve Collins, 1996; Jiang vd., 2005) ve 5) manto türevli uçuculardan etkilenmiş alt kabuki kayaçlarının kısmi ergimesiyle oluşan magmalardan ve bunların bir miktar üst manto türevli magmalar ile karışımından (Harris vd., 1986; Wickham vd., 1996; Mingram vd., 2000; Wu vd., 2002; Yang vd., 2006; Boztuğ vd., 2007; Karlı vd., 2012a; Karlı vd., 2018) oluştukları çok sıkça savunulmuştur. Bu araştırma projesi sırasında elde edilen bulgular, bölgesel ve dünya literatürü kullanılarak, söz konusu kayaçların nasıl bir kaynaktan ne gibi bir jeodinamik ortam da türeyebilecekleri aşağıda detaylı olarak tartışılmaya çalışılmıştır.

3.4. Magma Farklılaşması ve Karışımı

Plütonlara ait kayaçların SiO_2 içerikleri 57 ila 63 arasında değişirken izotopik kompozisyonları bakımından oldukça homojen oldukları belirlenmiştir. $\text{Mg\#}$ numaraları bazik ilksel magmaya (> 65) göre düşük olup 42'den daha düşüktür. Bu özellikleri ile kayaçları oluşturan magmanın bir miktar farklılaşma etkisine mağruz kaldığı anlaşılmıştır. İkili değişim diyagramlarında; artan SiO_2 içeriğine karşın, Al_2O_3 , MgO , CaO , TiO_2 , MnO , P_2O_5 , $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{top}}$ ve Ba içeriklerinde oldukça düzgün negative yönsemeler gözlenirken; ADI, K_2O , Zr ve La değerlerinde pozitif yönseme belirlenmiştir. Bu tür bir değişim, kayaçları oluşturan magmaların, amfibol, Fe-Ti oksit ve plajiyoklas kristal ayrımlaşmaları ile farklılaşmış olduğuna işaret etmektedir. Kayaçların çoklu element diyagramlarında göstermiş oldukları negatif Ti yönsemeleri, Fe-Ti oksit ve sfen kristal ayrımlaşmasına işaret etmektedir. Ancak bu tür yönsemeler,

kabuksal kirlenme sonucunda da ortaya çıkabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Hafif ve orta derecedeki negatif Ba ve Eu yönsemeleri, negatif CaO karşın SiO₂ ilişkisi ile uyumlu olmakla birlikte, Camaş plütonu'nun oluşumunda feldspat kristal ayrışmasının etkili olmuş olabileceğini göstermektedir. Kayaçların SiO₂ içeriklerine karşın $\epsilon_{Nd}(69.5 \text{ My})$ ve $I_{Sr}(69.5 \text{ My})$ içerikleri değişim diyagramları, magmaların kristalizasyonu boyunca kıtasal kirlenmenin azda olsa kristal farklılaşması ile birlikte etkili olduğuna işaret etmektedir. Örneklerin, Zr (ppm) içeriklerine karşın $T_{Zr}(^{\circ}\text{C})$ değişim diyagramlarında pozitif hiperbolik değişim, fraksiyonel kristallenmenin oluşum sırasında oldukça etkili olduğunu göstermektedir. Tüm jeokimyasal bulgular, kayaçların mineral bollukları ve birliktelikleri, kristal ayrışmasının söz konusu plütonların oluşumu sırasında önemli bir petrojenik süreç olduğu göstermiştir. Kayaçların 1/Sr oranlarına karşın $I_{Sr}(69.5 \text{ My})$ ilksel izotopik oranları değişim diyagramlarındaki pozitif yönsemesi, bu kayaçların oluşumu sırasında magma karışımların etkili olabileceğine işaret etmektedir.

Plütonların kümülat ve kalıntılara ait tipik özellikleri göstermeyen mafik mikrogranular kayaç kapanımları az da olsa gözlenmiştir. Mikroskobik tayinler, mafik mikrogranular kayaç kapanımlarının, magma karışımlarına işaret eden eş yaşlı magmaların varlığına ve karışım sonucu hibrit bir magmanın bu kayaçları oluşturduğuna delil kabul edilmiştir. Kayaçların yaygın bir biçimde kapanım dokusu (poikilitik) ve bıçağımsı mineral biçimleri gösterdiklerini ortaya koymuştur. İncelenen kayaçlardaki bu tür dengesizlik dokularının da magma hibritleşmesi sırasında oluşmuş olabilecekleri düşünülmektedir. Tüm mineralojik ve petrografik bulgular magma karışımına işaret bulgular olarak kabul edilmişlerdir. Granitoyid kayaçların oluşumundaki magma karışım süreçlerini destekleyen diğer bir veri ise; Chen vd. (2002) ve Chen ve Arakawa (2005)'in önermiş olduğu, $I_{Sr}(69.5 \text{ My})$ değerine karşın 1/Sr oranları diyagramında beklenen pozitif değişimin varlığıdır. Kayaçlarının söz konusu bu diyagramdaki konumları, hibrit magmanın, bu kayaçların oluşumunda rol oynadığına işaret etmektedir

Yukarıda sözü edilen bulguları test etmek amacıyla, basit Sr-Nd izotopik modellemesi gerçekleştirilmiştir. Bu modelede, örneklerin $\epsilon_{Nd}(69.5 \text{ My})$ değerlerine

karşın $I_{Sr}(69.5 \text{ My})$ izotopik oranları kullanılarak geliştirilen hiperbolik eğri boyunca yönsemiş olmaları beklenir ve bu durumda iki uç üye katkısı hesaplanır. Modelleme diyagramında, bazik uç üye olarak, izotopik bakımdan tüketilmiş manto değeri kullanılırken, daha asidik uç üye, yani kabuk bileşeni olarak da, Köse plütunu'nda, Dokuz (2011) tarafından rapor edilmiş ve yersel alt kabuk karakteri sunan 42b nolu örneğinin izotopik oranları kullanılmıştır. Modellemede, bölgesel alt kabuk izotopik kompozisyonu verileri şimdiye kadar üretilemediğinden, kullanılan bileşimin bu değerleri temsil edeceği varsayılmıştır. Modelden de anlaşılacağı üzere, plütonlara ait kayalar ağırlıklı biçimde magma karışımının varlığına delil sayılabilecek hiperbolik eğri üzerinde konumlanmışlardır. Söz konusu izotopik modelleme, plütunu oluşturan kayaların, %70 ila %80 aralığında değişen oranlarda alt kabuktan türemiş olan magma ile, %20 ila %30 arasında değişen, kimyasal bakımdan zenginleşmiş ancak izotopik kompozisyonu bakımından kısmen tüketilmiş bir kıta altı litosferik manto kaynağından oluşan magmanın karışımıyla oluşmuş olabileceklerini göstermiştir.

İzotopik modelleme sonuçları, kayaların saha, petrografik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri de dikkate alındığında; Aarcık plütunu'nun gelişimi sırasında en azından iki farklı magma kaynağının plütunun oluşumuna katkıda bulunduğu anlaşılmaktadır. Karışıma uğrayan iki magmanın, hibrit bir ana magmayı oluşturduğu ve hibrit magmanın yükselim sırasında başkalaşarak geniş bir kompozisyon aralığı sunan plütonları meydana getirdiği anlaşılmaktadır.

3.5. Kaynak Kaya Özellikleri

Yaygın kabul gören modele göre, alkali magmalar, kabuk ve manto malzemesinin kısmi ergimesi sonucu (Kemp ve Hawkesworth, 2003; Zhang vd., 2007) ya da bu iki ergiyiğin karışarak hibritleşmesi neticesinde oluştukları kabul edilmektedir (Bédard, 1990; Foland ve Allen, 1991; Kerr ve Fryer, 1993; Schmitt vd., 2000; Yang vd., 2006; Bonin, 2007). Sakarya Zonu'nun doğu kesiminde doğu-batı uzanımlı bir kuşak halinde oluşmuş olan ultra potasik ve şoşonitik metalumin karakterli granitoidler, aynı kuşakta çok sık rastlanan I-tipi Geç Kretase yaşlı granitoid kayalardan, mineral parajenezleri bakımından azımsanmayacak derecede farklılık gösterirler. Camaş ve Ahmetli plütonları'na ait granitoid kayaların bileşimleri ve mineral birlikteliklerinden de tespit

edileceği gibi, bu kayalar, çok yüksek ihtimalle alkali karakteri meydana getiren K-feldspat mineral içeriği bakımından, I-tipi kayalara göre zenginlik sunarlar. Bununla birlikte söz konusu kayalar, I-tipi kayalarla karşılaştırıldığında; örneklerin içermiş olduğu apatit ve zirkon bolluğu oldukça fazla ve dikkat çekicidir. Bu olgu, kayaları oluşturan kaynağın, kısmi ergimeden önce uçucu bileşenlerce zenginleşmiş olabileceğini vurgulamaktadır. Sakarya Zonu'nu doğu kesiminde, Geç Kretase periyodunda yüzeyleme veren I-tipi kayaların kaynak malzemesi (Karlı vd., 2010a; Aydın, 2014) ile alkali granitoidlerin kaynak malzemesinin yakın özellikler taşıdığı göz önünde tutulduğunda, çalışılan plütonları oluşturan kayaların alkali karakterlerinin, kısmi ergimeden önce uçucularca zengin kaynak kaya zenginleşmesinden oluşmuş olabileceği anlaşılmaktadır. Çok yüksek olasılıkla, bölgede, hem alkali magmaları hem de I-tipi magmaları üreten kaynak malzemesinin, aynı modal mineralojiye sahip olduğu, ancak kısmi ergimeden önce farklı metazomatik olayları yaşamış olabileceği, bununla birlikte eş zamanlı kısmi ergime olayları neticesi meydana gelmiş olabilecekleri düşünülmektedir. I-tipi kayalara göre daha radyojenik (yüksek) $I_{Sr}(69.5 \text{ My})$ (0.70519-0.70607) izotopik oranlar sunarlar. Plütonların $Mg\#$ değerlerinin genellikle 42'den küçük olması, bu kayaların daha ziyade kabuksal kaynak türevli olduklarına delil sayılmaktadır. Bu değerler, kayaların sadece manto malzemesinden türemiş olma ihtimallerini zayıflatmaktadır. Camaş ve Ahmetli örneklerinde belirlenen; kapanım dokular ve bıçağımsı yapılar ile mafik mikrogranular kayaç kapanımları, en azından var olan iki magma kaynağının en önemli delili olarak kabul edilebilir. Plütonlardan derlenen numuneler, büyük iyon yarıçaplı (Rb, Ba, Sr, Th ve K) ve hafif nadir toprak elementlerce (La, Ce) zenginleşmiş ve yüksek alan enerjili elementlerce (Nb, Ti) tüketilmiştir. Kayaların Ni içerikleri (<20 ppm), farklılaşmış magmalar ($N=200-450 \text{ ppm}$) ile denştirildiğinde; çok düşük olduğu anlaşılmaktadır. Plütona ait örneklerin Al_2O_3 (>15 % ağı.) içerikleri, yalnızca manto türevli bir bazik magmadan oluşum modeli ile bağdaşmaz. Bu veriler, kısmi ergime öncesinde kaynak malzemesinin yaygın biçimde metazomatize olmuş alt kabuktan oluşan ergiyik ve litosferik manto kaynaklı az miktarda bazik magmanın karışımı ile oluşmuş hibrit bir ergiyikten oluşmuş olduklarını destekler durumdadır. Felsik plütonların çevresinde yaygın bir bazik kütle varlığının olmayışı, bunların bazik bir ana magmadan fraksiyonel kristallenme ve/veya kirlenmeyle felsik kayaların oluşma olasılıklarını zayıflatmaktadır. Bütün veriler, Camaş örneklerinin, $I_{Sr}(69.5 \text{ My})$ (0.70519-0.70607)

ve ϵ_{Nd} (69.5 My) (-1 ila -0.3) izotopik oranlarına dayalı modelleme ile, %70 ila %80 oranında, bazik, plajiyoklas içeren amfibolitik alt kabuk türevli ergiyik, %20 ila %30 oranında spinel lerzolit bileşimli bir üst manto malzemesinin ergimesinden sonra karışımı ile hibritleşmiş bir ana magmadan türediklerini ortaya koymaktadır.

3.6. Camaş ve Ahmetli Plütonları'nın Jeodinamik Evrimi ve Şekli

Sakarya Zonu'nun doğusunda, Geç Mesozoyik ve Erken Senozoyik jeodinamik ve tektonomagmatik süreçler için son yıllarda önemli bulgular ortaya konmuş olmasına rağmen; görüş birliği sağlanamayan ve halen tartışılmakta olan konular mevcuttur. Clemens vd. (1986) ve Wu vd. (2002), alkalin granitoidlerin oluşumları sırasında, ergiyik oluşumu için yüksek sıcaklık gerektiğini savunmuşlardır. Söz konusu yüksek sıcaklığın, sıcak astenosferin yükselimi ile kıta altı manto türevli bazik magmaların oluşumu ve bunların derinlerde, kabuğun alt kısımlarına yerleşimi neticesinde oluştuğu, yaygın kabul görmüştür (Jiang vd., 2005; Zhao vd., 2008). Böyle bir model, ya çarpışma sonrası kıtasal incelmelerin oluştuğu ya da yay gerisi ortamlarda gerilmenin hâkim olduğu ortamlarda gerçekleşmiş olabilir. Burada bahsi geçen yay gerisi ortam, Sakarya Zonu'nun doğusu için, Geç Kretase ve Erken Paleosen periyodları arasında oluştuğu hemen hemen tartışmasız kabul edilmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay vd., 1994; Robinson vd., 1995; Yılmaz vd., 1997; Altherr vd., 2008; Meijers vd., 2010; Karlı vd., 2010a, 2012a; Rolland vd., 2012; Aydın, 2014; Karlı vd., 2018). Camaş ve Ahmetli plütonlarının tektonomagmatik evrimini konu alan bu araştırma projesi kapsamında, bilinen en önemli yaş bulguları, bu kayaların Turoniyen-Santoniyen yaşlı yitim ilişkili bazik-ortaç bileşimli volkanik kayaları kesmiş olmaları ve çalışılan örneklerinden sulu ayırma yöntemi ile ayrılan zirkonlardan elde edilen zirkon U-Pb yaş verileridir. Camaş ve Ahmetli Plütonlarından'ndan LA-ICP-MS zirkon U-Pb yöntemi ile 69.5 ± 0.6 My ila yaş elde edilmiştir. Bu veriye ilave olarak, diğer önemli bulgu ise, bu kayaların Sakarya Zonu'nun doğusunda Orta Kampaniyen yaşlı kalk-alkalin I-tipi granitoid kayalar ile birlikte oluşmuş olduklarıdır. Bununla birlikte, Geç Kretase döneminde Sakarya Zonu, kuzey yönlü bir yitimin varlığı hakkında önemli bir fikir birliği vardır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Robinson vd., 1995; Okay ve Şahintürk, 1997; Okay ve Tüysüz, 1999; Boztuğ vd., 2004; Boztuğ vd., 2006; Rice vd., 2006; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Altherr vd., 2008; Rice vd., 2009; Çinku vd., 2010; Karlı vd., 2010a,

2012a; Meijers vd., 2010; Ustaömer ve Robertson, 2010; Rolland vd., 2012; Aydın, 2014; Karşlı vd., 2018). Sakarya Zonu'nun doğusunda, kıta-kıta çarpışma döneminin Erken Paleosen ve Erken Eosen periyotlarında (Okay ve Şahintürk, 1997; Okay ve Tüysüz, 1999; Topuz vd., 2005; Hisarlı, 2011; Karşlı vd., 2010b, 2011; Topuz vd., 2011; Rolland vd., 2012), bunu takiben çarpışma sonrası gerilme döneminin ise Erken Eosen sonrası periyotta (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Okay ve Şahintürk, 1997; Arslan ve Aslan, 2006; Karşlı vd., 2007; Karşlı vd., 2012b; Temizel vd., 2012; Arslan vd., 2013) geliştiği kabul görmüştür. Yukarıda özetlenen tüm verilerle, Camaş örnekleri, Eby (1992) tarafından türetilmiş olan Y-Nb-3Ga ve Nb-Y-Ce ayırtman diyagramlarında, A₂ tip granitoid alanına düşmüşlerdir. Plütone ait örneklerin A₂ tip alana düşmüş olmaları, geç orojenik ya da çarpışma sonrası ortamla ilişkili olduklarına delil sayılmaktadır. Mevcut literatüre göre, A₁-tipi granitoid kayaçları, kıtasal rift veya levha içi ortamlarda oluştuğu, A₂-tipi granitoid kayaçlar, jeokimyasal kompozisyonları bakımından daha çok kıtasal kabuk türevli kayaçlara veya ada yayı kayaçlarıyla benzerliği ve yay veya çarpışma ortamlarında oluşabilecekleri savunulmuştur (Eby, 1990, 1992; Bonin, 2007). Bu veriler, Camaş örneklerinin, Batchelor ve Bowden (1985)'in türetmiş olduğu, R1-R2 tektonik ayırtman diyagramındaki konumlarıyla uyumlu olduklarına işaret etmektedir. Örnekler, bu tektonik ayırtman diyagramda geç orojenik alanı temsil eder durumdadırlar .

Bütün bulgular birleştirildiğinde, çalışılan örneklerinin, yitimin çok geç safalarında, artık yay gerisi gerilme hareketlerinin oluşumda rol oynadığı ve okyanusal litosferin dikleşmesi (slab roll-back) sırasında türemiş oldukları ihtimalini ortaya koymaktadır. Bu ihtimal, Camaş örneklerinin, Pearce vd. (1984) ve Pearce (1996) tarafından türetilen tektonik ayırtman diyagramlarındaki konumları ile de desteklenmiştir. Bu araştırma boyunca elde edilen verilerle birlikte, Kampaniyen yaşlı, Sakarya Zonu'nda doğusunda gelişen Camaş ve Ahmetli plütону'nun, yitim ortamına ait yay gerisi gerilmeli bir safhada yerleşmiş olabileceği ortaya konulmuştur. Sakarya Zonu'nun doğusunda, Karşlı vd. (2010a) tarafından 79 milyon yıl yaşlı Harşit plütону, Karşlı vd. (2012a) tarafından 81 milyon yıl yaşlı Pırnallı plütону ve Karşlı vd. (2018) tarafından 72 milyon yıl yaşlı Topçam plütону'nda yapılan çalışmalar, alkalin kayaçların yay gerisi ortamlarda gelişmiş olduğunu destekler durumdadır. Sakarya Zonu'nun doğusunda Geç Kretase yaşlı yay gerisi havzalarında depolanmış sedimanter

kayaçlar (Okay ve Şahintürk, 1997; Çinku vd., 2010; Okay ve Tüysüz, 1999; Yılmaz, 2002), bu periyotta yay gerisi havzaların gelişmeye başladığının delili olarak kabul edilmektedir. Camaş ve Ahmetli plutonu ve bölgedeki diğer A-tipi kayaçları meydana getiren magmalar, bu zonda yayılımı fazla olan I-tipi kayaçları oluşturan magmalara göre daha yüksek sıcaklıkta ve yitim ortamını temsil eden yay gerisi gerilme safhasında oluşmuşlardır.



4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Sakarya Zonu'nun doğu kesiminde diğer I-tipi plütonlara oranla çok yaygın olarak gözlenmeyen, fakat mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri bakımından I-tipi kayalardan kolaylıkla ayırt edilebilen alkali örneklerinin karakteristikleri aşağıda özetle verilmiştir.

1- Camaş ve Ahmetli plütonları, Turoniyen-Santoniyen yaşlı yitim ilişkili volkanik kayaları çok net dokanak ile kesmiştir. Plütonlardaki örneklerden yapılan zirkon ayırma işlemleri sonucunda elde edilen zirkonlarda, zirkon U-Pb yaşları elde edilmiştir. Plütondan LA-ICP-MS zirkon U-Pb yöntemi ile 69.5 ± 0.6 milyon yıl yaş elde edilmiştir. Bu jeokronolojik yaş verisi, plütonların, Kampaniyen yaşlı olduğunu ortaya koymuştur. Sakarya Zonu'nda yaygın olarak oluşmuş olan I-tipi granitoid kayalarla karşılaştırıldıklarında, modal mineralojileri bakımından da fazlalık sunan iri alkali feldispatlar hâkim olup, daha az kayaç kapanımı içerdikleri anlaşılmıştır. Kayaların genel bileşimleri, monzonit, kuvars monzonit ve siyenit aralığında değişmekte olup; genellikle pembemsi görünümündedirler. Kayaların mineral birliktelikleri; K-feldispat, plajiyoklas, kuvars ve biyotit olarak belirlenmiş olup; tali mineraller ise; Fe-Ti oksit, sfen, apatit, ve zirkonlardan oluşur.

2- Plütönu, alkali granitoid özelliği göstermekte birlikte; çoklukla metalumin karakterli olup, peralumin karaktere doğru geçiş gösterir. Çalışılan örnekleri, yaygın biçimde şösonitik özellik sunmakla birlikte, ultra potassik karaktere doğru geçişli bir yönseme göstermektedir.

3- Plütönlara ait örnekler, kuvvetli negatif Ba, Sr, Ti ve Eu yönsemeleri sunmakta olup, N-MORB'a göre normalize edilmiş iz element modelleri, tüm örneklerin büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (BIYLE, Rb, Ba ve Th) zenginleşmiş ve yüksek alan enerjili elementlerce (YAEE, Nb ve Hf) fakirleşme göstermektedirler. Örneklerin, hafif nadir toprak elementleri, ağır nadir toprak elementlerine göre daha gengindir. Örneklerin normalize edilmiş La/Yb oranları 8.06 den 13.90'a kadar değişim sunarken, La/Lu oranları ise 7.81 den 12.74'e kadar değişim göstermektedir. Örneklerin, Eu/Eu* değerleri, 0.49 ila 0.80 arasında değişmekte olup; genellikle 0.70'den daha azdır. Kayalar, çok yüksek ihtimalle feldispat farklılaşmasının sonucu olan, çok kuvvetli negatif Eu yönsemeleri göstermekte olup; yine bu etkiden kaynaklı ağır nadir

topraklarda çok zayıf içbükey yönsemeler göstermişlerdir. Kayaçlar, çoklukla nisbi olarak yüksek $I_{Sr}(69.5 \text{ My})=0.70519-0.70607$ ve düşük $\epsilon_{Nd}(69.5 \text{ My})=-1- -0.3$ izotopik oranlarıyla, düşük tüketilmiş manto yaşı $[T_{DM}(Ga)]=0.81-0.93$ değerlerine sahiptirler.

4- Plütonlara ait kayaçlar, alkalin kayaç karakteristiği göstermekle birlikte; sulu silikatlarından biyotit içerirler. Örnekler bu karakteristik özellikleriyle birlikte; kabuk kaynak kayacından türemiş olabilirler. Basit Sr-Nd izotopik modellemesi, örneklerin, %70 ila %80 arasında değişen oranlarda, kısmi ergime öncesi uçucularca zenginleşmiş, plajiyoklas içeren amfibolitik alt kabuk türevli ergiyik; %20 ila %30 arasında kimyasal olarak zenginleşmiş kıta altı litosferik manto kaynağından türeyen bazik ergiyiğin karışımı sonucu hibrit bir ana magmadan türediğini göstermektedir.

5- Örneklerden elde edilen tüm jeokimyasal bulgular, stratigrafik ilişkiler ve bölgesel jeolojik veriler birarada değerlendirildiğinde; plütonların kıta içi gerilme ortamından ziyade, yitim ortamına bağlı yay gerisi gerilmeli safhada meydana gelmiş olabileceği düşünülmüştür.

5. ÖNERİLER

Tüm bu bulgularla; kayaçların karakteristik kimyasal özelliklerinden kaynak malzemesinin çok yüksek olasılıkla, plajiyoklas içeren amfibolitik alt kabuk (%70-80) ve az miktarda spinel lerzolit bileşimli litosferik manto kaynağı (%20-30) olabileceği sonucuna varılmıştır. Örnekler üzerinde gerçekleştirilen zirkon U-Pb jeokronolojik çalışmaları; Plütonların, 69.5 milyon yıl önce (Kampaniyen) Sakarya Zonu'nun altında kıtasal kabuğun sığ derinliklerine yerleştikleri, jeotermobarometrik tahminlerden yararlanılarak anlaşılmaktadır. Jeokronolojik açıdan detaylı araştırılan ve hibrit bir ana magmanın farklılaşmasıyla oluşan bu kayaçların, Geç Kretase periyodunda ancak bir yay gerisi gerilmeli safhada, kabuğun sığ derinliklerine yerleşmiş olabilecekleri anlaşılmıştır. Bu zaman diliminde, yay gerisi gerilmesinin başlamış olması, yay gerisinde Karadeniz'in oluşmaya başlamış olduğunun da delilidir. Bu tür gerilmeli dinamik sistemin oluşabilmesi için ancak yitimin son evrelerine yaklaşılmış olması ve yiten okyanusal litosferin dikleşmesi süreçlerinin oluşmuş olması gerekir. Bütün bu bulgular, Camaş ve Ahmetli plütonlarının, mineral birliktelikleri, mineral kompozisyonları, mafik mikrogranular kayaç kapanım içerikleri, kapanım dokuları ve kayaç kimyası karakterleri ile uyum içerisinde olduğu anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Adamia, S.A. Zakariade, G.S., Lordkipanizde, M.B., 1977.** Evolution of the ancient active continental margin, as illustrated by Alpine History of the Caucasus Geotectonics, 11,4,209-309.
- Akın, H., 1979.** Geologie, Magmatismus und Lager-Staettenbildung im ostpontischen Gebirge-Turkei aus der Sicht der Plattentektonik. Geologische Rundschau, 68, 253-258.
- Aliyazıcıoğlu, İ., 1999.** Kale (Gümüşhane) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik İncelemesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H.P., Satır, M., 2008.** Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic characteristics of Paleocene plagioclites from the Eastern Pontides (NE Turkey). Lithos, 105, 149-161.
- Altınlı, E., 1970.** İkizdere Granit Karmaşığı. İÜFF Mecmuası, 35, 161-167.
- Anderson, J.L. 1983.** Proterozoic anorogenic granite plutonism of North America Geological Society of America Memoir. 161, 133-154.
- Arslan, M., Aslan, Z., 2006.** Mineralogy, Petrography and Whole-Rock Geochemistry of the Tertiary Granitic Intrusions in the Eastern Pontides, NE Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 27, 177-193.
- Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., Yücel, C., Boztuğ, D., Şen, C. 2013.** ⁴⁰Ar-³⁹Ar dating, whole-rock and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey): implications for magma evolution in extension-induced origin, Contributions to Mineralogy and Petrology, 166, 113-142
- Aydin, F., 2014.** Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Macka subvolcanic intrusions: implications for the Late Cretaceous magmatic and geodynamic evolution of the eastern part of the Sakarya Zone, Northeastern Turkey. International Geology Review, 56, 1246-1275.
- Aydınçakır, E., Şen, C., 2013.** Petrogenesis of the post-collisional volcanic rocks from the Borçka (Artvin) area: implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey). Lithos, 172-173, 98-117.
- Barbieri, M., Conforta, L., Garbarino, C., Masi, U., Nicoletti, M., Akıncı, Ö., 2000.** Geochemistry of Hydrothermally-Altered Volcanic Rocks of the Upper Volcanic Cycle from the Eastern Pontides (Northeastern Turkey). Chem. Erde, 60, 81-95.
- Batchelor, R.A., Bowden, P., 1985.** Petrogenetic Interpretation of Granitoid Rock Series Using Multicationic Parameters. Chemical Geology, 48, 43-55.

- Bedard, J., 1990.** Enclaves from the A-type granite of the Megantic Complex, White Mountain magma series: clues to granite magmagenesis, *Journal of Geophysical Research*, 95, 17797-17819.
- Bonin, B., 2007.** A-type granites and related rocks: evolution of a concept problems and prospects, *Lithos*, 97, 1-29.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R., Wagner, G.A., Yeğingil, Z., 2004.** Slow Senonian and Fast Paleocene-Early Eocene Uplift of the Granitoids in the Central Eastern Pontides, Turkey: Apatite Fission-Track Results. *Tectonophysics* 382, 213–228.
- Boztuğ, D., Erçin, A.I., Kuruçelik, M.K., Göç, D., Kömür, I., Iskenderoğlu, A., 2006.** Geochemical Characteristics of the Composite Kackar Batholith Generated in a Neo-Tethyan Convergence System, Eastern Pontides, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 27, 286-302.
- Boztuğ, D., Harlavan, Y., Arehart, G.B., Satir, M., Avcı, N., 2007.** K-Ar age, whole-rock and isotope geochemistry of A-type granitoids in the Divriği- Sivas region, eastern- central Anatolia. Turkey, *Lithos*, 97, 193-218.
- Boztuğ, D., Harlavan, Y., 2008.** K-Ar Ages of Granitoids Unveil the Stages of Neotethyan Convergence in the Eastern Pontides and Central Anatolia, Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 97, 585-599.
- Chen, B., Jahn, B.M., Wei, C., 2002.** Petrogenesis of Mesozoic granitoids in the Dabie UHP complex, Central China: trace element and Nd-Sr isotope evidence, *Lithos*, 60, 67-88.
- Chen, B., Arakawa, Y., 2005.** Elemental and Nd-Sr isotopic geochemistry of granitoids from the West Jungar foldbelt (NW China), with implications for Phanerozoic continental growth. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69, 1307-1320.
- Clemens, J.D., Holloway, J.R., White, A.J.R., 1986.** Origin of A-type granite: experimental constraints. *American Mineralogist*, 71, 317-324.
- Collins, W.J., Beams, S.D., White A.J.R., Chappell, B.W., 1982.** Nature and origin of A-type granites with particular reference to southeastern Australia, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 80, 189-200.
- Creaser, R.A., Price R. C., Wormald, R.J. 1991.** A-type granites revisited: assessment of a residual-source model, *Geology*, 19, 163-166.
- Çapkinoğlu, Ş., 2003.** First Records of Conodonts from The Permo-Carboniferous of Demirözü (Bayburt), Eastern Pontides, NE Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 12, 199-207.

- Çinku, M.C., Ustaömer, T., Hirt, A.M., Hisarli, Z.M., Heler, F., Orbay, N., 2010.** Southward migration of arc magmatism during latest Cretaceous associated with slab steepening, East Pontides, N Turkey: New paleomagnetic data from the Amasya region, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 182, 18-29.
- Çoban, H., 1997.** Olucak (Gümüşhane) ve Dolayının Jeolojisi, Petrografisi ve Jeokimyası. Doktora Tezi, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, unpublished, p.257.
- Dewey, J.F., Pitman, W.B.F., Bonnin, J., 1973.** Plate Tectonics and Evolution of the Alpine system: *Geological Society of America Bulletin*, v. 84, p. 3137-3180.
- Dokuz, A., 2000.** Yusufeli (Artvin) Yöresinin Jeolojisi, Jeotektoniği, Magmatik Metamorfik Kayaçların Jeokimyası ve Petrojenezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi 310 s., Trabzon.
- Dokuz, A, Karsli, O, Chen, B, Uysal, İ., 2010.** Sources and Petrogenesis of Jurassic Granitoids in the Yusufeli Area, Northeastern Turkey: Implication for Pre- Post-Collisional Lithospheric Thinning of the Eastern Pontides. *Tectonophysics* 480:259–279.
- Dokuz, A., 2011.** A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Köse composite pluton, *Godwana Research*, 19, 926-944.
- Eby, G.N., 1990.** The A-type granitoids: a review of their occurrence and chemical characteristics and speculation on their petrogenesis, *Lithos*, 26, 115-134.
- Eby, G.N., 1992.** Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenesis and tectonic implications, *Geology*, 20, 641-644.
- Gedik, A., Korkmaz, S., 1987.** Rize-Fındıklı-Çamlıhemşin Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi ve Petrol Oluşumları: MTA Rapor No: 8283(Yayımlanmamış).
- Gedik, A., Ercan, T., Korkmaz, S., Karataş, S., 1992.** Rize-Fındıklı Çamlıhemşin Arasında (Doğu Karadeniz) Yer Alan Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Doğu Pontidlerdeki Bölgesel Yayılımları, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 35, 15-38.
- Gedik, İ., Kırmacı, M.Z., Çapkinoğlu, Ş., Özer, E., Eren, M., 1996.** Doğu Pontidlerin Jeolojik Gelişimi. *Jeoloji Müh. Bölümü 30. Yıl Sempozyumu Bildirileri*, 654-677.
- Harris, N.B.W., Marzouki, F.M.H., Ali, S., 1986.** The Jabel Sayid complex, Arabian shield: geochemical constraints on the origin of peralkaline and related granites, *Journal of Geological Society London*, 143, 287-295.
- Hisarli, Z.M., 2010.** New Paleomagnetic Constraints on the Late Cretaceous and Early Cenozoic Tectonic History of the Eastern Pontides. *Journal of Geodynamics*, 52, 114-128.

- Hisarlı, Z.M., 2011.** Paleomagnetic constraints on the late Cretaceous and early Cenozoic tectonic history of the Eastern Pontides, *Journal of Geodynamics*, 52, 114-128.
- Jiang, Y.H., Ling, H.F., Jiang, S.Y., Fan, H.H., Shen, W.Z., Ni, P., 2005.** Petrogenesis of a late Jurassic peraluminous volcanic complex and its high-Mg, potassic quenched enclaves at Xianshan, Southeast China, *Journal of Petrology*, 46, 1121-1154.
- Kahraman, İ., Çınar, S., Yılmaz, B.S., Karanıs, H.A., Köse Z., Genç, İ., Dursun, A., 1986.** Rize-İspir Arasındaki Cu-Mo, Cu-Pb-Zn, Fe ve Mn Cevherleşmelerine Ait Maden Jeolojisi Raporu MTA Genel Müdürlüğü JD-358.
- Kandemir, R., 2004.** Gümüşhane ve yakın yörelerindeki Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu'nun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon. 274 s.
- Kandemir, R., Yılmaz, C., 2009.** Lithostratigraphy, facies, and deposition environment of the lower Jurassic Ammonitico Rosso type sediments (ARTS) in the Gümüşhane area, NE Turkey: Implications for the opening of the northern branch of the Neo-Tethys Ocean. *Journal of Asian Earth Sciences* 34, 586-598.
- Kandemir, R., Lerosey-Aubril, R., 2011.** First Report of a Trilobite in the Carboniferous of Eastern Pontides, NE Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, Vol. 20, 2011, pp. 179-183.
- Karlı, O., Aydın, F., Sadıklar, M.B., 2004.** Magma interaction recorded in plagioclase zoning in granitoid systems, Zigana Granitoid, Eastern Pontides, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 287-305.
- Karlı, O., Chen, B., Aydın, F., Şen, C., 2007.** Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sariçiçek Plutons, Eastern Turkey: Implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granitoids in a post-collision extensional setting. *Lithos*, 98, 67-96.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, I., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R., Wijbrans, J.R., 2010.** Relative contributions of crust and mantle to generation of Campanian high-K calc-alkaline I-type granitoids in a subduction setting, with special reference to the Harşit Pluton, Eastern Turkey. *Lithos*, 104, 109-120.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, I., Aydın, F., Kandemir, R., Wijbrans, R.J., 2010a-b.** Generation of the Early Cenozoic Adakitic Volcanism by Partial Melting of Mafic Lower Crust, Eastern Turkey: Implications for Crustal Thickening to Delamination. *Lithos* 114, 109-120
- Karlı, O., Uysal, I., Ketenci, M., Dokuz, A., Aydın, F., Kandemir, R., Wijbrans, J., 2011a-b.** Adakite-like Granitoid Porphyries in Eastern Pontides, NE Turkey: Potential Parental Melts and Geodynamic Implications. *Lithos*.

- Karsh, O., Caran, Ş., Dokuz, A., Çoban, H., Chen, C., Kandemir, R., 2012a.** A-type granitoids from the Eastern Pontides, NE Turkey: records for generation of hybrid A-type rocks in a subduction-related environment, *Tectonophysics*, 530-531, 208-224.
- Karsh, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Ketenci, M., Chen, B., Kandemir, R., 2012b.** Deciphering the shoshonitic monzonites with I-type characteristic, the Sıdağı pluton, NE Turkey: Magmatic response to continental lithospheric thinning, *Journal of Asian Earth Sciences*, 51, 45–62.
- Karsh, O., Aydın, F., Uysal, İ., Dokuz, A., Kumral, M., Kandemir, R., Budakoğlu, M., Ketenci, M., 2018.** Latest Cretaceous "A₂ type" granites in the Sakarya Zone, NE Turkey: partial melting of mafic lower crust in response to roll-back of Neo-Tethyan oceanic lithosphere, *Lithos*, 302-303, 312-328.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Şen, C., Satir, M., 2008.** Petrochemistry and Petrology of I-Type Granitoids in an Arc Setting: the Composite Torul Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey. *International Journal of Earth Sciences* 97, 739-764.
- Kaygusuz, A., Chen, B., Aslan, Z., Siebel, W., Şen, C., 2009.** U-Pb SHRIMP Ages, Geochemical and Sr-Nd Isotopic Compositions of the Late Cretaceous I-type Sariosman Pluton, Eastern Pontides, NE Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 18, 549-581.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Wolfgang, S., Sipahi, F., İlbeyli, N., 2012.** Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, Eastern Pontides, Turkey. *International Geology Review*, 54 (15), 1776-1800.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Sipahi, F., Temizel, İ., 2016.** U–Pb zircon chronology and petrogenesis of Carboniferous plutons in the northern part of the Eastern Pontides, NE Turkey: Constraints for Paleozoic magmatism and geodynamic evolution, *Gondwana Research*, 39, 327-346.
- Kemp, A.I.S., Hawkesworth, C.J., 2003.** Granitic perspectives on the generation and secular evolution of the continental crust, *Treatise Geochemistry*, 3, 349-410.
- Kerr, A., Fryer, B.J., 1993.** Nd isotope evidence for crust-mantle interaction in the generation of A-type granitoid suites in Labrador, Canada, *Chemical Geology*, 104, 39-60.
- Kırmacı, Z., 1992.** Alucura-Gümüşhane-Bayburt Yörelerindeki (Doğu Pontid Güney Zonu) Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Berdiga Kireçtaşının Sedimentolojik İncelenmesi. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Ens.
- King, P.L., White, A.J.R., Chappell, B.W., Allen, C.M., 1997.** Characterization and origin of aluminous A-type granites from the Lachlan Fold Belt, southern Australia. *Journal of Petrology*, 38, 371-391.

- Konak, N., Hakyemez, Y., Bilgiç, T., Bilgin, R., Hepşen, N., Ercan, T., 2001.** Kuzeydoğu Pontitlerin (Oltu- Olur-Şenkaya- Narman-Tortum-Uzundere-Yusufeli) Jeolojisi. MTA Rapor No:10489 Ankara (Yayımlanmamış).
- Korkmaz, S, Tüysüz, N, Er, M, Musaoğlu, A, Keskin, İ., 1995.** Stratigraphy of Eastern Pontides, NE Turkey. In: Erler A et al (eds) Geology of black Sea Region. Proce. of the Inter. Symp. On the Geology of Black Sea Region, MTA, Ankara, pp 59–6.
- Köprübaşı, N., 1993.** Petrology and geochemistry of the Jurassic-Cretaceous Magmatic Rocks between Tirebolu-Harşit (Giresun in Turkish), Türkiye Jeoloji Bülteni, v. 36, p. 139-150.
- Kurt, İ., Özkan, M., Karşlı, Ş., Topçu, T., 2006.** Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeodinamik ve Metalojenik Evrimi: MTA Rapor No: 10875 (Yayımlanmamış).
- Meijers, M.J.M., Vrouwe, B., Van Hinsbergen, D.J.J., Kuiper, K.F., Wijbrans, J., Davies, G.R., Stephenson, R.A., Kaymakçı, N., Matenco, L., Saintot, A. 2010.** Jurassic arc volcanism on Crimea (Ukraine): Implications for the paleo-subduction zone configuration of the Black Sea region, Lithos, 119, 412-426.
- Middlemost, E.A.K., 1994.** Naming materials in the magma/igneous rock system. Earth Sci. Rev, 37, 215-224.
- Mingram, B., Trumbull, R. B., Littman, S., Gerstenberger, H. 2000.** A petrogenetic study of anorogenic felsic magmatism in the Cretaceous Paresis ring complex, Namibia: evidence for mixing of crust and mantle-derived components, Lithos, 54, 1-22.
- Moore, W.J., McKee, E.H., Akinci, Ö., 1980.** Chemistry and Chronology of Plutonic Rocks in the Pontide Mountains, Northern Turkey. Symposium of European Copper Deposit, Belgrade, pp. 209–216.
- Muskin, A., Navon, O., Halicz L., Hartmann, G., Stein, M., 2003.** The petrogenesis of A-type magmas from the Amram Massif, southern Israel, Journal of Petrology, 44, 815-832.
- Okay, A. I., Şengör, A.M.C., Görür, N., 1994.** Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding regions, Geology, 22, 267-270.
- Okay, A.I., Şahintürk, Ö., 1997.** Geology of the Eastern Pontides. In: Robinson, A.G.,(Ed.), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and surrounding Region, AAPG Memoir, 68, 291-310.
- Okay, A.I., Şahintürk, Ö., Yakar, H., 1997.** Stratigraphy and tectonics of the Pulur (Bayburt) region in the eastern Pontides. Mineral. Res. Exp. Bull. 119, 1-24.
- Okay, A.I., Tüysüz, O., 1999.** Tethyan sutures of northern Turkey. In "The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine orogen" (eds. B.

Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne), Geological Society, London, Special Publication 156, 475-515.

Okay, A.I., Tüysüz, O., 1999. Tethyan Sutures of Northern Turkey. In "The Mediterranean Basins: Tertiary extension Within the Alpine Orogen" (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne), Geological Society, London, Special Publication 156, 475-515.

Özsayar, T., Pelin, S., Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidlerde Kretase, Karadeniz Teknik Üniversitesi. Yerbilimleri Dergisi, 1, 2, 65-114, Trabzon.

Patiño Douce, A.E., 1999. What do experiments tell us about the relative contributions of crust and mantle to the origin of granitic magmas? In: Castro, A., Fernandez, C. & Vigneresse, J. L. (eds.) Understanding Granites. Integrating New and Classical Techniques. Special Publications, 168, Geological Society, London, 55-75

Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks, Journal of Petrology, 25, 956-983.

Pearce, J.A., 1996. Sources and setting of granitic rocks, Episodes, 19, 120-125.

Peccerillo, A., Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from Kastamonu area, northern Turkey. Contributions to Mineralogy and Petrology, 58, 63-81.

Pupin, J.P., 1980. Zircon and granite petrology. Contributions to Mineralogy and Petrology 73, 207-220.

Rice, S.P., Robertson, A.H.F., Ustaömer, T., 2006. Late Cretaceous-Early Cenozoic tectonic evolution of the Eurasian active margin in the Central and Eastern Pontides, northern Turkey, Special publications, Geological Society London, 260, 413-445.

Rice, S.P., Robertson, A.H.F., Ustaömer, T., Inan, N., Tasli, K., 2009. Late Cretaceous-Early Eocene tectonic development of the Tethyan suture zone in the Erzincan area, Eastern Pontides, Turkey, Geological Magazine, 146, 567-590.

Robinson, A.G., Banks, C. J., Rutherford, M.M., Hirst, J.P.P., 1995. Stratigraphic and structural development of the Eastern Pontides, Turkey, Journal of Geological Society London, 152, 861-872.

Rolland, Y., Perincek, D., Kaymakci, N., Sosson, M., Barrier, E., Avagyan, A., 2012. Evidence for ~80-75 Ma subduction jump during Anatolia-Tauride-Armenian block accretion and ~48 Ma Arabia-Eurasia collision in Lesser Caucasus-East Anatolia. Journal of Geodynamics, 56-57, 76-85.

- Schmidt, A.K., Emmermann, R., Trumbull, R.B., Bühm, B., Henjes-Kunst, F., 2000.** Petrogenesis and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of the Brandberg complex, Namibia: evidence for a major mantle contribution in metaluminous and peralkaline granites”, *Journal of Petrology*, 41, 1207-1239.
- Şen, C., Arslan, M., Van, A., 1998.** Geochemical and petrological characteristics of the Eastern Pontide Eocene (?) alkaline volcanic province, NE Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7, 231-239.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., 1981.** Tetjyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Genç, T., Zor, E., 2003.** East Anatolian high plateau as a mantle-supported, North-south shortened domal structure. *Geophysical Research Letters* 30(24), doi:10. 1029/2003GL017858.
- Taner, M.F., 1977.** Etude Géologique et Pétrographique de la Région de Güneyce-İkizdere, Située au sud de Rize (Pontides Orientales, Turquie). Doktora Tezi, Universite de Geneve, Switzerland, 180 pp.
- Temizel, İ., Arslan M., Ruffet, G., Peucat, J.J., 2012.** Petrochemistry, geochronology and Sr-Nd isotopic systematics of the Tertiary collisional and post-collisional volcanic rocks from the Ulubey (Ordu) area, eastern Pontide, NE Turkey: Implications for extension-related origin and mantle source characteristic, *Lithos*, 128, 126-147
- Tokel, S., 1977.** Doğu Karadeniz Bölgesinde Eosen Yaşlı Kalk-Alkalen Andezitler ve Jeotektonizma. *Türkiye Jeoloji Bülteni* 20, 49-54.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satir, M., Dokuz, A., 2005.** Post-Collisional Plutonism with Adakite-Like Signatures: the Eocene Saraycik Granodiorite (Eastern Pontides, Turkey). *Contributions to Mineralogy and Petrology* 150, 441–455.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A., Meyer, H.P., 2007.** Variscan Amphibolite-Facies Rocks from the Kurtoğlu Metamorphic Complex. Gümüşhane Area, Eastern Pontides, Turkey. *International Journal of Earth Sciences* 96, 861-873.
- Topuz, G., Okay, A.I., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Zack, T., Satir, M., Şen, C., 2011.** Post-Collisional Adakite-Like Magmatism in the Ağvanis Massif and Implications for the Evolution of the Eocene Magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey). *Lithos*.
- Turner, S.P., Foden J.D., Morrison R.S., 1992.** Derivation of some A-type magmas by fractionation of basaltic magma; an example from the Padthaway Ridge, South Australia, *Lithos*, 28, 151-179.

- Tüdeş, Ş., 1994.** İkizdere Yöresindeki Granitik Kayaçların Mermer Olarak Kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Türk-Japon Ekibi, 1974.** Report on Geological Survey of Trabzon Area, NE Turkey, Trabzon, phase, 1. JD-125, 185S
- Türk-Gürcü Ekibi, 2001.** Report on Geological Survey of Rize Area, Northeastern Turkey Phase I: MTA Rap. No:10567., (yayımlanmamış), Ankara.
- Ustaömer, T., Robertson, A.H.F., 1997.** Tectonic-Sedimentary Evolution of the North- Tethyan Margin in the Central Pontides of Northern Turkey. In "Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region" (ed. A.G. Robinson), American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Memoir No. 68, 255-290
- Van, A., 1990.** Doğu Pontid Kuşağında Artvin Bölgesinin Jeokimyası, Petrojenezi ve Masif Sülfid Mineralizasyonları, Doktora Tezi, 220., KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Wickhman, S.M., Alberts A.D., Litvinovsky B.A., Bindeman I.N., Schauble E.A. 1996.** A stable isotope study of anorogenic magmatism in East Central Asia, Journal of Petrology, 37, 1063-1095.
- Wu, F.Y., Sun, D.Y., Li, H.M., Jahn, B.M., Wilde, S.A., 2002.** A-type granites in northeastern China: age and geochemical constraints on their petrogenesis, Chemical Geology, 187, 143-173.
- Yalçınalp, B., 1995.** Doğu Pontidlerde Porfiri Cu-Mo Mineralleşmeleri İçeren Granitoidlerin Jeokimyasal Özellikleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, v. 38, pp 25-32.
- Yalçınlar, İ., 1952.** İspir-Pazar-Arhavi ve Yusufeli Arasındaki Bölgenin Jeolojisi, MTA, Rap. No: 2022, Ankara.
- Yang, JH., Fu, Y., Wu, FY., Wilde, SA., Xie, LW., Yang, YH., Liu, XM., 2006.** Tracing Magma Mixing in Granite Genesis: in Situ U-Pb Dating and Hf-İsotope Analysis of Zircons. Contrib Mineral Petrol., 153, 177-190.
- Yeğingil, Z., Boztuğ, D., Er, M., Oddone, M., Bigazzi, G., 2002.** Timing of Neotectonic Fracturing by Fission-Track Dating of Obsidian in-Filling Faults in the İkizdere-Rize Area, NE Black Sea Region, Turkey. Terra Nova 14, 3, 169-174.
- Yılmaz, Y., 1972.** Petrology and structure of the Gümüşhane granite and the surrounding rocks. NE Anatolia, PhD Thesis University College London, England. 248 pp.

- Yılmaz, S., Boztuğ, D., 1996.** Space and time relations of three plutonic phases in the Eastern Pontides, Turkey. *International Geology Review*, 38, 935-956.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş E., Genç, Ş.C., Şengör, A.M.C., 1997.** Geology and tectonic evolution of the Pontides. In: Robinson, A.G. (Ed.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*, Am Assoc Petrol Geol Mem, 68, 183-226.
- Yılmaz, C., Şen, C., Özgür, S., 2001.** Timing of Earliest Andesitic Volcanic Activity in the Eastern Pontide Volcanic Arc. *Int Earth Sc Coll Aegean Region, Proceedings*, 47-55.
- Yılmaz, C., 2002.** Gumushane-Bayburt yoresindeki Mesozoyik havzalarinin tektonik-sedimentolojik kayitlari ve control etkenleri, *Turkiye Jeoloji Bulteni*, 45, 141-165.
- Zhai, M., Fan, Q., Zhang, H., Sui, J., Shao, J., 2007.** Lower crustal processes leading to Mesozoic lithospheric thinning beneath eastern North China: underplating, replacement and delamination. *Lithos*, doi: 10.1016/j.lithos.2006.09.016.
- Zhang, H.F., Parrish, R., Zhang, L., Xu, W.C., Yuan, H.L., Gao, S., Crowley, Q.G., 2007.** A-type granite and adakitic magmatism association in Songpan-Garze fold belt, eastern Tibetan Plateau: implication for lithospheric delamination, *Lithos*, 97, 323-335.
- Zhao, T.P., Zhai, M.G., Xia, B., Li, H.M., Zhang, Y.Y., Wan, Y.S., 2004.** Study on the Zircon SHRIMP Ages of the Xiong'er Group Volcanic Rocks: Constraint on the Starting Time of Covering Strata in the North China Craton. *Chinese Science Bulletin* 9, 2495-2502.
- Zhao, X.F., Zhou, M.F., Li, J.W., Wu, F.Y., 2008.** Association of the Neoproterozoic A- and I-type granites in South China: implications for generation of A-type granites in a subduction related environment, *Chemical Geology*, 257, 1-15.

ÖZGEÇMİŞ

Ayşe BAMYA MERTTÜRK 1992 yılında Artvin–Borçka ‘da doğdu. İlk, orta öğrenimini ise Borçka Düzköy İlköğretim Okulu’nda tamamlayarak 2010 yılında Borçka Şehit Savaş Gedik Lisesi’nden mezun oldu. 2010 yılında Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde lisanseğitimine başladı. 2014 yılında Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. 2014 yılından itibaren Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans çalışmalarına başlamıştır.

