

**T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇAMLIKAYA İNTRÜZİF KOMPLEKSİ'NİN (İSPİR-
ERZURUM) JEOKİMYASI VE JEOKRONOLOJİSİ**

MUAMMER ŞAHİN

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

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

RİZE-2019

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇAMLIKAYA İNTRÜZİF KOMPLEKSİ'NİN (İSPİR-ERZURUM)
JEOKİMYASI VE JEOKRONOLOJİSİ

Prof. Dr. Orhan KARSLI danışmanlığında, Muammer ŞAHİN tarafından hazırlanan bu araştırma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 22/05/2019 tarihinde Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvanı Adı Soyadı

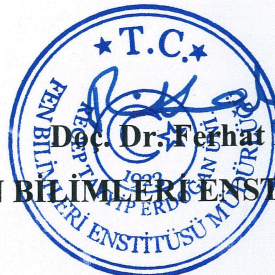
Başkan : Prof. Dr. Orhan KARSLI

Üye : Prof. Dr. Faruk AYDIN

Üye : Doç. Dr. Raif KANDEMİR

İmzası

Orhan Karalı
F. Aydın
Kandemir



Doç. Dr. Ferhat KALAYCI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

ÖNSÖZ

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

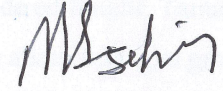
Çalışmanın konusunu ve problemi bana öneren, yolgösteren, Sayın Prof. Dr. Orhan KARSLI'ya, müteşekkirim. Bu tezin gerçekleştirilmesi sırasında her türlü desteğini ve önerilerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Faruk AYDIN ve Doç. Dr. Raif KANDEMİR'e, teşekkür borçluyum. Laboratuvar çalışmalarım sırasında hep desteğini gördüğüm sayın Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz DEMİR'e, Jeoloji Mühendisleri Emrah YILDIZ ve Mehdi İLHAN'a teşekkür ederim.

Çalışma hayatımın her anında, her türlü destekleri için anne ve babama şükranlarımı sunarım. Bu tezin oluşturulmasında bana kuvvet ve sağlık bahşeden yüce Rabbim'e şükürler olsun.

Muammer ŞAHİN

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi’nin (İspir-Erzurum) Jeokimyası 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. 22/05/2019



Muammer ŞAHİN

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

ÖZET

ÇAMLIKAYA İNTRÜZİF KOMPLEKSİ'NİN (İSPİR-ERZURUM) JEOKİMYASI VE JEOKRONOLOJİSİ

Muammer ŞAHİN

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışmanı: Prof. Dr. Orhan KARSLI

Sakarya Zonu'nun doğusunda bölgenin temel kayaçlarını oluşturan Çamlıkaya İntüzif Kompleksine ait Karbonifer ve Geç Jura yaşlı granitoidlerin kökenlerini ve jeodinamik evrimlerinin ortaya koyulması amacıyla, söz konusu kayaçlar üzerinde, mineralojik, tüm kayaç ve radyometrik yaş tayinleri gerçekleştirilmiştir. Çamlıkaya İntüzif Kompleksi'ni oluşturan alkali feldispat granit ve bunları kesen granodiyorit ve tonalit bileşimli dayklardan, LA-ICP-MS U-Pb zirkon yöntemiyle, sırasıyla; 344.8 ± 5.9 My ve 152.7 ± 2.2 My yaşlar elde edilmiştir. Tamamı I-tipi granitoid kayaç özelliği sunan intruzif kompleksteki Karbonifer yaşlı alkali feldispat granit genellikle peralumin karakterli olup; yüksek potassik kalk-alkalen ve şoşonitik karaktere doğru geçiş sunarken; Geç Jura kayaçları, metalumin karakterli ve kalk-alkalin ve yüksek-K kalk-alkalin özelliklidirler. Her iki kayaç grubu da büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (BİYLE) (Rb, Ba, K ve Th), hafif nadir toprak elementlerce (HNTE) (La/Yb)n zenginleşme ve yüksek alan enerjili elementlerce (YAAE) (Ta, Nb, Hf, Sm ve Yb) tüketilme, negatif Nb ve Ti anomalileri göstermemektedirler. Elde edilen jeokimyasal bulgular, bölgesel jeolojik verilerle değerlendirildiğinde, Sakarya Zonu'nun doğu kesiminde, Çamlıkaya İntüzifi'ni oluşturan orta kabuk türevli kayaçların kısmi ergimesiyle oluşan ana magmanın fraksiyonlaşması ve azda olsa kabuksal kirlenmesiyle oluşan Karbonifer kayaçları, Rheik Okyanusu'nun tamamen kapanma sürecini takip eden kıta-kıta çarpışması sonrasındaki dönemde geliştikleri anlaşılmaktadır. Zenginleşmiş bir manto kamasının kısmi ergimesi ve bazik ana magmanın fraksiyonlaşmasıyla oluşan Geç Jura kayaçlarının ise; Paleotetis Okyanusu'nun güney yönlü yitimle tamamen kapanması sonrası genleşmeli safhada oluştukları sonucuna varılmıştır.

2019, 55 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Granitoidler, Litosferik Manto, Orta Kabuk, Sakarya Zonu, KD Türkiye

ABSTRACT

GEOCHEMISTRY AND GEOCHRONOLOGY OF THE ÇAMLIKAYA INTRUSIVE COMPLEX (İSPIR-ERZURUM)

Muammer ŞAHİN

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

Mineralogic, whole-rock major and trace element and radiometric dating analyses were performed on the Carboniferous and Late Jurassic rocks of the Çamlıkaya Intruzif Complex in the eastern Sakarya Zone to evaluate origin and geodynamic processes. LA-ICP-MS U-Pb zircon dating method yielded ages of 344.8 ± 5.9 Ma for the K-feldspar alkaline granites and 152.7 ± 2.2 Ma for the granodiorite-tonalites. All the rocks are I-type in character. The Carboniferous rocks show peraluminous and high-K calc-alkaline to shoshonitic tendency, whereas the Late Jurassic rocks exhibit a metaluminous and calc-alkaline to high-K calc-alkaline signature. All the rocks are characterized by enrichments of large ion lithophile elements (LILE) (Rb, Ba, K ve Th), light rare earth elements [(LREE) (La/Yb)_n] and depletion of high field strength elements [(HFSE) (Ta, Nb, Hf, Sm ve Yb)], negative Nb and Ti anomalies. All the geochemical data combined with regional data, the Çamlıkaya Intruzif Complex in the eastern Sakarya Zone are generated by a parental melt of partial fusion of middle crust in response to closure of Rheic Ocean and partial melting of an enriched mantle wedge triggered by slab break-off of Paleotethyan Oceanic lithosphere.

2019, 55 Pages

Keywords: Granitoids, Lithospheric Mantle, Middle Crust, Sakarya Zone, NE Turkey

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ	II
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	IX
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Coğrafi Bilgiler	1
1.2.1. Coğrafi Konum	1
1.2.2. Topoğrafya	2
1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü	3
1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim	3
1.3. Sakarya Zonu'nun Doğu Kesiminin Jeolojisi	4
1.4. Önceki Çalışmalar	6
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	9
2.1. Amaç	9
2.2. Arazi Çalışmaları	9
2.3. Laboratuvar Çalışmaları	10
2.3.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması	10
2.3.2. Petrografik Tayinler ve Mikroskopik Görüntüleme	10
2.3.3. Örneklerin Kimyasal Analiz İçin Hazırlanması	10
2.3.4. Kimyasal Analizler	11
2.3.5. Zirkon SIMS U-Pb Yaşlandırması	11
2.4. Büro Çalışmaları	12
3. BULGULAR	13
3.1. Sakarya Zonu'nun Doğusunun ve İnceleme Alanının Stratigrafi	13
3.1.1. Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'nin Petrografisi ve Mineralojisi	21
3.1.2. Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'nin Jeokronolojisi	25

3.2. Ana ve İz Element Jeokimyası	27
3.3. Çamlıkaya İntüzif Kompleksi'nin Petrojenetik Modeli	34
3.3.1. Petrojenetik Model ve Olası Protolitler	34
3.3.2. Magma Farklılaşması ve Karışımı	34
3.3.3. Kökensel Özellikler	35
3.4. Çamlıkaya İntüzif Kompleksi'nin Jeodinamik Evrimi	36
4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR	40
5. ÖNERİLER	41
KAYNAKLAR	42
EKLER.....	51
ÖZGEÇMİŞ	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Çalışma alanının yer bulduru haritası (a) Doğu Karadeniz Bölgesinin yükseklik haritası, (b) Çalışma sahasının konumu.....	1
Şekil 2.	Çalışma sahasındaki sarp topoğrafya ve Kaçkar Dağları'nın güney yamaçlarının görünümü.....	3
Şekil 3.	Türkiye'nin tektonik birlikleri ve tektonik yapıları (Okay ve Tüysüz, 1999).....	6
Şekil 4.	Çalışma sahasının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.....	14
Şekil 5.	(a) Anadolu ve inceleme alanının bölgesel ölçekli tektonik haritası (Okay ve Topuz, 2017). (b) Çalışma sahasının jeoloji haritası.....	15
Şekil 6.	Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'nin çalışma sahasındaki genel görünümleri (a-d).....	16
Şekil 7.	İnceleme alanı içerisinde gözlenemeyen, fakat alanın hemen GB'sında gözlenen Berdiga Formasyonuna ait karbonatlı kayaçlar.....	17
Şekil 8.	Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ndeki kayaçların dokanak ilişkileri.....	22
Şekil 9.	Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ndeki Karbonifer yaşlı granitlerin makroskobik görünümü.....	22
Şekil 10.	Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ndeki Geç Jura yaşlı granodiyorit-tonalitlerin makroskobik görünümü.....	23
Şekil 11.	Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ndeki Karbonifer yaşlı alkali feldispat granitlerin polarizan mikroskop görüntüleri (Çift Nikol); (a, e, f) K-fel: K-Feldispat, (b) Plg: Plajioloklas, (a, c, e) K: Kuvars, (c) Amf: Amfibol, (d) Bio; Biyotit.....	24
Şekil 12.	Çamlıkaya İntrüzif Kompleksindeki Geç Jura yaşlı granodiyorit ve tonalitlerin polariza mikroskop görüntüleri (Çift Nikol); (b, c) K-fel: K-Feldispat, (a, d, e) Plg: Plajioloklas, (b, d) K: Kuvars, (a, f) Amf: Amfibol, (b, c) Bio; Biyotit.....	25
Şekil 13.	Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi temel kayaçlarına ait CK-Y8B (granit) örneğinin zirkon U-Pb konkordiya diyagramı.....	26
Şekil 14.	Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'nde dayk biçimli kayaçlara ait CK-Y3 (granodiyorit) örneğinin zirkon U-Pb konkordiya diyagramı.....	27
Şekil 15.	Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'nin toplam alkali içeriklerine karşın SiO ₂ diagramındaki (Middlemost, 1994) yeri.....	28
Şekil 16.	Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ne ait kayaçların; (a) Al ₂ O ₃ /Na ₂ O + K ₂ O (molar) değerine karşın ADI diyagramındaki (Maniar ve Piccoli, 1989), (b) K ₂ O içeriklerine karşın SiO ₂ değişim diyagramlarındaki (Peccerillo ve Taylor, 1976) dağılımları.....	29
Şekil 17.	Sakarya Zonu'nun doğusunda, Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ne ait kayaçlarının; (a) SiO ₂ içeriklerine karşın Al ₂ O ₃ içerikleri, (b) SiO ₂	

	içeriklerine karşın Na_2O içerikleri, (c) SiO_2 içeriklerine karşın MgO içerikleri, (d) SiO_2 içeriklerine karşın CaO içerikleri, (e) SiO_2 içeriklerine karşın K_2O içerikleri, (f) SiO_2 içeriklerine karşın toplam demir oksit içerikleri, (g) SiO_2 içeriklerine karşın TiO_2 içerikleri, (h): SiO_2 içeriklerine karşın P_2O_5 içerikleri, (i) SiO_2 içeriklerine karşın MnO içerikleri, (k) SiO_2 içeriklerine karşın Nb/La değerleri, (l) SiO_2 içeriklerine karşın U/Nb değerleri, (m) SiO_2 içeriklerine karşın Th/La değerleri değişim diyagramları.	30
Şekil 18.	Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ne ait kayaçlarının N-MORB'a göre (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş çoklu element ve kondrite göre (Boynton, 1984) normalize edilmiş nadir toprak element modelleri; (a, b) Karbonifer kayaçları, (c, d) Geç Jura kayaçları.....	31
Şekil 19.	Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ne ait kayaçların $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2)$ oranına karşın $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2$ oranı değişim diyagramındaki yerleri. Deneysel olarak üretilmiş pelit, grovak ve amfibolit ergiyiği alanları Patiño Douce (1999)'dan alınmıştır.....	36
Şekil 20.	Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ne ait kayaçlarının; Rb'a karşın Y+Nb, diyagramındaki (Pearce, 1996; Pearce vd., 1984) yerleri. VYG: Volkanik yay granitoyidleri, LİG: Levha içi granitoyidleri, ÇG: Çarpışma granitoyidleri, OSG: Okyanus sırtı granitoyidleri, ÇSG: Çarpışma sonrası granitoyidleri.....	38
Şekil 21.	Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ne ait kayaçlarının; Batchelor ve Bowden (1985) (R1– R2) diyagramındaki yerleri. $R1 = 4\text{Si} - 11(\text{Na} + \text{K}) - 2(\text{Fe} + \text{Ti})$; $R2 = 6\text{Ca} + 2\text{Mg} + \text{Al}$	39

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Çamlıkaya İntüzif Kompleksi Karbonifer yaşlı granodiyorit ve tonalitlerin (%) ana ve iz element (ppm) değerleri.	32
Tablo 2. Çamlıkaya İntüzif Kompleksi Geç Jura yaşlı granodiyorit ve tonalitlerin (%) ana ve iz element (ppm) değerleri.	33



SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

A/CNK	Moleküler ($Al_2O_3/CaO+Na_2O+K_2O$)
ADI	Alkali Doygunluk İndeksi
AK	Ateşte Kayıp
Amf	Amfibol
ANTE	Ağır Nadir Toprak Elementler
Bio	Biyotit
BIYLE	Büyük İyon Yarıçaplı Litofil Elementler
ÇA	Çalışma Alanı
Eu*	(Sm+Gd) _{N/2} ,
Fe ₂ O ₃ *	Fe ₂ O ₃ Cinsinden Toplam Demir
K-feld	Feldispat
Amf	Amfibol
HNTE	Hafif Nadir Toprak Elementler
ICP-MS	Endüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi
Km	Kilometre
K	Kuvars
Mg#	$100 \times MgO / (MgO + Fe_2O_3)$
mm	Milimetre
Plg	Plajiyoklas
YAEE	Yüksek Alan Enerji Elementleri

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

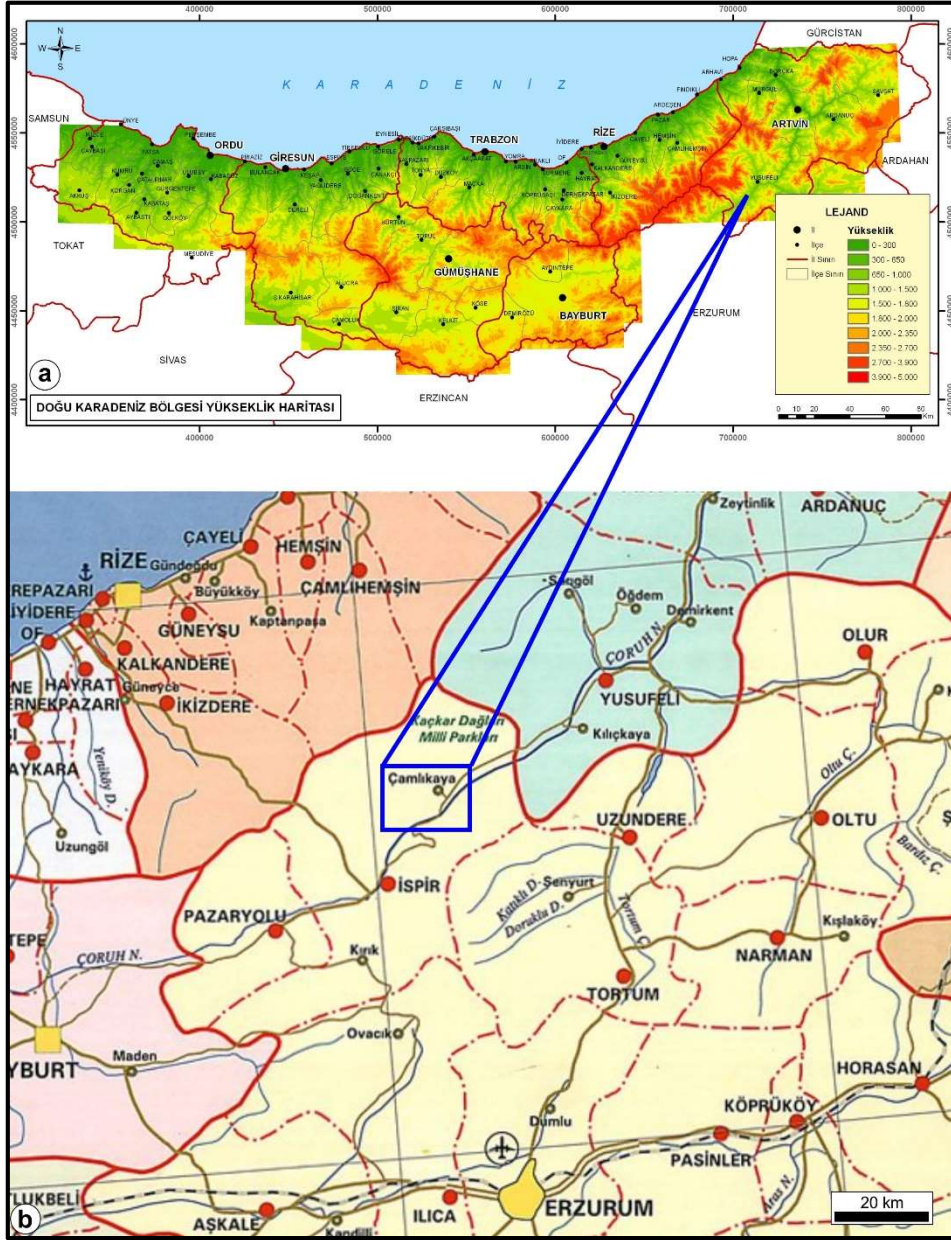
İnceleme alanı Türkiye'nin Kuzeydoğusu'nda, Alp-Himalaya Dağ kuşağı üzerinde olan Doğu Karadeniz Dağları'nın kuzey kesiminde yer almaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi içerdiği cevherleşmeler, tektonik konumu ve genel jeolojisi yönünden pek çok araştırmacının ilgisini çekmiş ve bu nedenlerle yörede bu güne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

Bu çalışmada, Çamlıkaya İnrüzif Kompleksi (İspir-Erzurum) içerisindeki Karbonifer yaşlı alkali feldispat granitler ve bunları kesen Geç Jura yaşlı granodiyorit ve tonalit bileşimli kayaçların jeokronolojik, 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 kayaçların petrografik ve petrolojik özellikleri incelenmiş, elde edilen veriler ışığında kayaçların, köken ve oluşum süreçlerine yaklaşımlarda bulunulmuştur.

1.2. Coğrafi Bilgiler

1.2.1. Coğrafi Konum

Çalışma sahası, Doğu Karadeniz Bölgesinin güneydoğusunda Erzurum ili İspir ilçesi Çamlıkaya beldesi sınırları içerisinde 1/25000 ölçekli Tortum G46 d2 ve d3 paftalarında yer almaktadır (Şekil 1 ve Şekil 2).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası (a) Doğu Karadeniz Bölgesinin yükseklik haritası, (b) Çalışma sahasının konumu.

1.2.2. Topoğrafya

İnceleme alanında topoğrafya oldukça engebeli bir yapıya sahiptir. Çalışma sahası Kaçkar Dağları (3932 m)'nın güney yüzünde yer almaktadır. Çalışma sahasında Çoruh Nehri oldukça dar ve derin bir kanyon şeklinde gözlenmektedir. Çalışma sahasında granitik kayaların sert topoğrafyası yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma sahasındaki sarp topoğrafya ve Kaçkar Dağları'nın güney yamaçlarının görünümü.

1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Bölge, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin güney yamacında kaldığı için nisbeten kurak bir iklim hakimdir. Ortalama yükseklik 1200 m olan çalışma arazisinde, özellikle kışlar soğuk ve karlıdır. Kar genelde ekimden nisana kadar bol miktarda yağar. Çalışma sahasında hakim bitki örtüsü özellikle Çoruh Nehri ve kolları boyunca meyva bahçeleri ve kavak ağaçları şeklinde izlenmektedir. Özellikle Kaçkar Dağlarının eteklerine doğru ortalama 1800 metre kotlarına doğru çeşitli iğne yapraklı ağaçlardan oluşan ormanlara rastlanmaktadır.

1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim

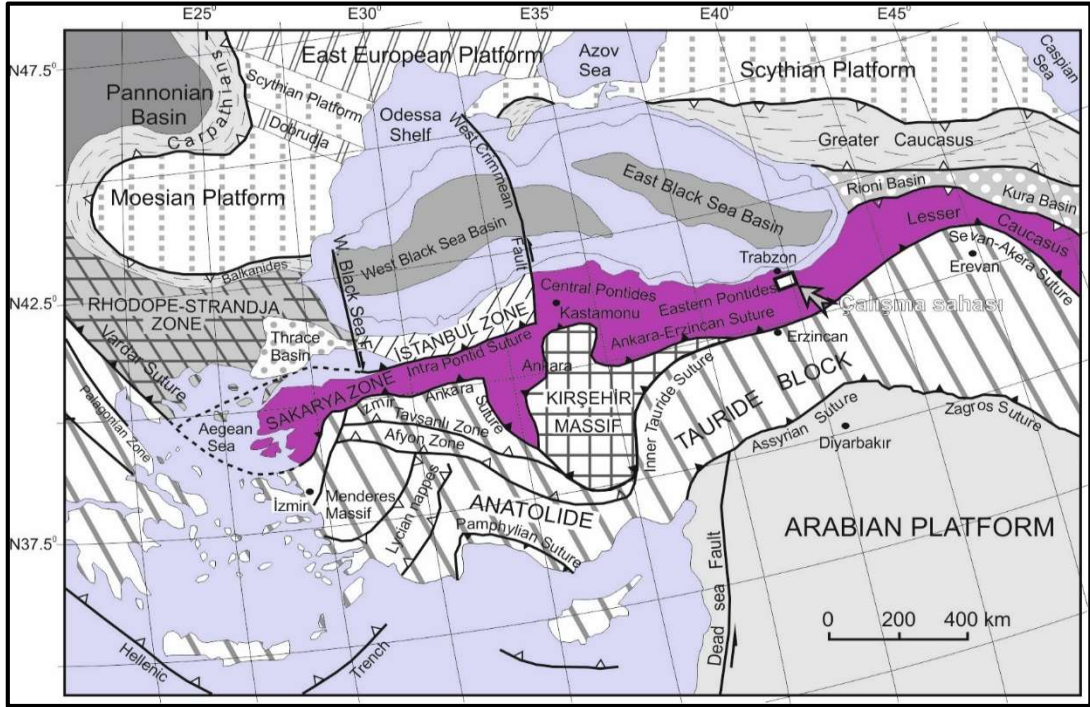
Çalışma alanına ulaşım İspir-Yusufeli karayolu ile sağlanabilmektedir. Çalışma sahası İspir-Yusufeli karayolu üzerinde yer almaktadır. Saha içerisindeki diğer köylere stabilize yollar ile ulaşılmaktadır. Çalışılan sahada granitik kayalar sarp kayalıklar oluşturmaktadır ve bazı noktalara ulaşım mümkün değildir.

1.3. Sakarya Zonu'nun Doğu Kesiminin Jeolojisi

Anadolu Levhası, ofiyolitik suture zonları ile birbirlerinden ayrılan beş tektonik birlikten oluşur ve kuzeyden güneye doğru, Rhodope-Strandja Masifi, İstanbul Zonu, Sakarya Zonu, Kırşehir Masifi ve Anatolide-Tauride Bloğu şeklinde sıralanır (Okay ve Tüysüz, 1999). Bunlardan çalışma alanının da içinde bulunduğu Sakarya Zonu, Geç Paleozoyik yaşlı kristalen temel kayaları ve bunları örten Mesozoyik ve Senozoyik kayaları ile temsil edilir. Sakarya Zonu batıda Çanakkale'den doğuda Kafkaslara kadar geniş bir coğrafyayı kapsar. İyi korunmuş dağ kuşaklarından biri olan Doğu Karadeniz Bölgesi, 500 km uzunluğa, 100 km genişliğe sahiptir. Kuzeydoğusu Achara-Trialet zonu (Gürcistan), kuzeyi Büyük Kafkaslar, güneyi ise Anatolit-Torit Bloğu tarafından sınırlandırılmıştır (Şekil 3). Sakarya Zonu'nun doğusuna ait temel kayalar, Erken Karbonifer yaşlı metamorfikler ve bunları keserek yükselen Geç Karbonifer yaşlı Granitoidler (Yılmaz, 1972; Topuz vd., 2007; Dokuz vd., 2010; Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz vd., 2012,2016) ve Geç Karbonifer-Erken Permiyen yaşlı sığ denizel-karasal kırıntılardan oluşmaktadır (Çapkinoğlu, 2003; Kandemir ve Lerosey-Aubril, 2011). Sakarya Zonu, Neotetis Okyanusu'nun jeolojik evriminin neredeyse tamamına ait delilleri içermesi bakımından oldukça önemlidir ve genel olarak Geç Kretase dönemi boyunca Neotetis okyanusal kabuğunun kuzeye doğru Laurasia (Eurasia) Plakası altına dalması ile meydana gelen, son derece iyi korunmuş magmatik yay sistemi olarak yorumlanmaktadır (Şengör vd., 1985; Robinson vd., 1995; Yılmaz vd., 1997; Okay ve Şahintürk, 1997; Okay ve Tüysüz, 1999). Geç Permiyen-Triyas kayaları Sakarya Zonu'nda bilinmemektedir. Bu bölgede temel üzerine Şenköy Formasyonu olarak bilinen Erken-Orta Jura yaşlı volkano-sedimanlar ve Geç Jura-Erken Kretase yaşlı neritik kireçtaşlarından ve dolomitlerden oluşan karbonatlı kayalar gelmektedir. Bu süreçte oluşan bazik volkanitler ve volkano-tortul kayalar riftleşmeye bağlı kıta parçalanmasıyla ilişkilendirilmektedir (Kandemir, 2004; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Kandemir ve Yılmaz, 2009). Geç Jura Granitoidleri ve onların eşleniği durumundaki dasitik volkanitler, Şenköy formasyonu içerisine yerleşmişlerdir (Dokuz vd., 2010). Geç Kretase'de Sakarya Zonu'nun güney sınırı boyunca, Neotetis'in Sakarya Zonu altına doğru kuzeye doğru yitimi, bölgede yay magmatizmasının oluşmasını sonuçlamış ve bunun sonucu olarak da kalın yay volkanitleri ve intrüzif kayalar 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; Karlı vd., 2010a; Karlı vd., 2011). Geç Kretase yaşlı kırıntılılar ve volkaniklastitler, parçalanmış bu karbonat platformu üzerinde çökelmişlerdir. Doğu Karadeniz Bölgesinin kuzeyinde yer alan biyotit-hornblendli granitoidlerle, kalınlığı 2 km'den daha büyük olan volkanotortul istifler bu yay volkanitlerini ve intrüziyonları karakterize ederler (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Okay ve Şahintürk, 1997; Karlı vd., 2004; Boztuğ vd., 2006; Boztuğ ve Harlavan, 2008; Kaygusuz vd., 2008; Karlı vd., 2010a; Karlı vd., 2011; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2011). Doğu Karadeniz Bölgesinin güney kısmında yayönü havza çökellerini temsil eden filişoidal bir istif, karbonatlar ve olistolitler bulunmaktadır. Erken Paleosen plajiyolosititleri 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; Karlı vd., 2010b, Karlı vd., 2011). 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 Zonu'nun Doğusu Paleosen döneminde magmatizma açısından sakin 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., 2011; Topuz vd., 2011). Sakarya Zonu'nun Doğusunda Eosen dönemi, İran ve Kafkaslara kadar uzanan doğu-batı yönlü volkanitler (Tokel, 1977; Çoban, 1997; Şen vd., 1999; 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 Zonu'nun 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). Pliyosen-Pleyistosen döneminde ise fay düzlemleri boyunca basınç serbestleşmesi sonucu volkanizma tetiklenmiştir (Yeğingil vd., 2002).



Şekil 3. Türkiye'nin tektonik birlikleri ve tektonik yapıları (Okay ve Tüysüz, 1999).

1.4. Önceki Çalışmalar

Boztuğ vd. (2006), “Birleşik Kaçkar Batoliti İçerisindeki Magmatik Olayların Zamanlaması, Doğu Pontidler” isimli çalışmada, Kaçkar Batoliti’nde, genişlemeli yay magmatizması, aşındırma eşliğinde çarpışma sonrası levha kopması, levha içi gerilmesive yüzeye çıkma olmak üzere dört farklı magmatik olay tanımlamıştır. Bunlardan yay ilişkili granitoid kayaçları iki ana olay sırasınca 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 Sırtayla 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

oluşturmuştur. 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-Anatolide 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.

Kahraman vd. (1986), Rize-İspir arası, Rize-Çayeli ve Rize-Kalkandere, Trabzon-Of yörelerini içine alan çalışmalarında bölgelerin 1/25000 ölçekli jeoloji haritaları hazırlanmış ve stratigrafları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Özellikle çalışma alanını da içine alan Rize-İspir arasındaki bölgede yapılan çalışmada değişik yaşta ve farklı litolojideki kayalar türleri gözlenmiştir. Bölgenin hakim kayalar türü volkanitlerdir. Daha sonra sırasıyla intrüzyonlar, tortullar ve damar kayaları gelmektedir.

Konak vd. (2001), çalışmada 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 varlığını anlatır.

Dokuz vd. (2010), Yusufeli yöresinde yapmış olduğu çalışma ile Geç Jura kayalarının, Paleotetisin güney yönlü yitim neticesinde tamamen kapanmasıyla oluşan kıta kıta çarpışmasından sonra slab kopması (slab break-off) neticesinde oluşan ekstansiyonel hareketlerle geliştiklerini savunmuştur.

Ustaömer vd. (2013), Çamlıkaya ve Narlık yörelerinde, Geç Karbonifer kayalarının slab kopması, bunları kesen Erken ve Geç Jura kayalarının ise Paleotetis'in kuzey yönlü yitimi sırasında oluştuğunu savunmuştur.

Dokuz vd. (2019), Kaçkar Batoliti'nin Orta Eosen'de oluşan fazıyla alakalı olarak, bölgede yayılım sunan Güllübağ Monzoniti'nin kıta içi ektansiyonel fazların etkisinde geliştiğini ortaya koymuştur.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Amaç

Bu lisansüstü tez çalışmasına konu seçilen Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi, Türkiye'nin kuzeydoğusunda, Alp-Himalaya dağ kuşağı üzerinde bulunan Sakarya Zonu'nun doğu kesiminde yer alır.

Bu tez çalışması, Sakarya Zonu'nun doğu kesiminde, Erzurum ili İspir ilçesi, Çamlıkaya beldesi kuzey kesimlerinde yayılım sunan granitoid kayaçların petrolojisi, kökensel karakterleri ve bunların jeodinamik açıdan araştırılmasını amaçlamış olup; gerçekleştirilen bu araştırma, kaynak incelemesi, saha, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamadan oluşmuştur.

2.2. Arazi Çalışmaları

Sakarya Zonu'nun doğu kesiminde, Çamlıkaya (İspir-Erzurum) yöresinde gerçekleştirilen bu tez çalışmasının ilk dönemini oluşturan arazi çalışmaları, öncelikle sahada yüzeyleme vermiş birimlerin tanınması, sınır ilişkilerinin çıkarılması ve anlaşılması, birimlerin etkilendiği yapısal ve tektonik hatların anlaşılmasına yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sahasında mostra veren birimler, önceki çalışmaların da dikkate alınmasıyla detaylandırılmış, kontrol edilmiş ve gerekli ilaveler gerçekleştirilerek; yapısal unsurların (kırık, tabaka, fay vb.) konumları belirlenmiştir. Nihai olarak önceki jeolojik içerikli haritalarından yararlanılarak arazide Karbonifer yaşlı temel kayaçları ve bunları dilimleyen Geç Jura yaşlı kayaçların oluşturduğu kütlenin sınırları ile sahadaki diğer daha genç birimlerin ilişkileri ve stratigrafik konumları detaylandırılarak, sahanın 1/25000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Bu çalışmanın daha sonraki aşamalarında petrografik, mineralojik ve petrolojik özelliklerin anlaşılması ve rapor edilmesi için sahadan el örnekleri toplanmıştır.

2.3. Laboratuvar Çalışmaları

2.3.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması

Çamlıkaya İntüzif Kompleksi'ne ait kayaçlardan derlenen granitoyid kayaç numunelerinin mineralojik karakterleri ve dokusal özelliklerinin belirlenmesine yönelik sahadan derlenen 60'dan fazla el örneğinden 20 adetinde ince kesitler yapılmıştır. İnce kesitlerin hazırlanması sırasında kayaçlardan kesilen levhacıklar, 0,5x2x4 cm boyutunda cam üzerine Kanada balzamu özel yapıştırıcısı kullanılarak yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapıştırılan kayaç levhacığı, aşındırıcılar yardımıyla 0,03 mm kalınlığına kadar aşındırılarak; mineralojik tayinlere hazırlanmıştır. Kayaçlardan hazırlanan ince kesitlerin tamamı, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit laboratuvarında yapılmıştır.

2.3.2. Petrografik Tayinler ve Mikroskopik Görüntüleme

Çamlıkaya İntüzif Kompleksi'ne ait kayaçlardan 20 adet örneğin ince kesitleri Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Mikroskobu Laboratuvarı'nda bulunan Olympus BX51 marka polarizan mikroskopla tanımlanmış ve bu mikroskoba bağlı olarak çalışan fotoğraf makinesi ile görüntülenmiştir.

2.3.3. Örneklerin Kimyasal Analiz İçin Hazırlanması

Makroskobik ve mikroskopik incelemeler sonunda ayrışmaya uğruşmamış yaklaşık 20 adet örnek üzerinde, İntüzife ait hem temel kayaçların hem de onları kesen dayk biçimli kayaçların jeokimyasal özelliklerinin anlaşılması amacıyla, çeşitli kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz edilen örneklerin belirlenmesi ve analize hazırlanması, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde tamamlanmıştır. Toplam kayaç ana, eser ve nadir toprak element bolluklarının belirlenmesi için ayrılan 1–3 kg'lık el numuneleri, çeneli kırıcılarla birkaç cm boyutuna kadar kırıldıktan sonra, halkalı öğütücüde örnek 200 mesh elekten

geçecek şekle gelinceye kadar öğütülmüştür. Elde edilen öğütülmüş numune çeyreklenerek 30 gr kadar örnek, ana, iz ve nadir toprak element analizleri analiz edilmek üzere, ACME Analiz Laboratuvarına (Kanada) gönderilmiştir. Örneklerin ana ve iz element bollukları, ICP (Inductively Coupled Plasma) cihazında, Nadir Toprak elementler ise ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) cihazında analiz edilmiştir. Örneklerin, ana elementler % ağırlık, iz elementler ve nadir toprak elementler ppm olarak analiz edilmiştir.

2.3.4. Kimyasal Analizler

Bu lisansüstü tez çalışmasına ait tüm kayaç ana oksit analizleri, Acme Analitik Laboratuvar'nda (Kanada) yapılmıştır. Ana oksit analizleri gerçekleştirilen kayaç örneklerinin, kristal öz suyu ve uçucu miktarını belirlemek için ateşte kayıplar (AK) hesaplanmıştır. Bunun için analiz edilecek olan her bir örneğin, daha önceden hazırlanan toz numuneleri kullanılmıştır. Kristal suyunu belirlemek için, örnekler, fırında 110 °C'de 12 saat kurutulmuştur. Kurutulan her bir örnekten yaklaşık 1,5 gr kadar (A1) alınmış ve ateşte kaybı hesaplamak için 1000 °C'de 2 saat boyunca kavrulmuştur. Fırından alınan örnekler ılık duruma gelince yeniden tartılmıştır (A2). Isıtılmadan önceki örnek ağırlığı ile soğuduktan sonraki örnek ağırlığı arasındaki farklar belirlenmek suretiyle örneklerin ateşte kayıpları hesaplanmıştır ($AK = A1 - A2$). Ana element analizleri, ICP atomik emisyon spektrometresinde, örnek, $LiBO_2$ ile ergitilip tablet hazırlandıktan sonra bu tablet üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ana element dedeksiyon limitleri yaklaşık %0.001 ila %0.04 arasındadır. İz element ve nadir toprak element analizleri %5 lik HNO_3 asitte çözüldükten sonra kütle spektrometresinde belirlenmiştir. Dedeksiyon limitleri 0.01 ila 0.5 ppm arasındadır. Bu analizlerin doğrulukları, ana elementler için; %2-5 aralığında, iz elementler için; %10-15, nadir toprak elementleri için %1-5 den daha iyidir.

2.3.5. Zirkon SIMS U-Pb Yaşlandırması

Bu tez çalışmasına materyal seçilen Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ne ait kayaçların U-Pb zirkon yaşlandırmaları, Pekin Üniversitesi Jeokronoloji laboratuvarında (Pekin-Çin), LA-ICP-MS çoklu kollektör donanımlı bir cihazda yapılmıştır. Bu analizler

sırasında, zirkonlar, magnetik seperasyon ve ağır sıvı yardımı ile öğütülen ana kayaktan ayırtlanmaya çalışılmış ve nihai olarak binoküler mikroskop altında taneler halinde seçilmiştir. Binoküler mikroskop altında seçilen zirkon taneleri epoksi içinde konumlandırılarak, kristaller kalınlıklarının hemen hemen yarısı aşınıncaya kadar tanelerin parlaması sağlanmıştır. Analizler sırasında gerekli olan katodoluminesans görüntüleri, Çin Yerbilimleri Akademisi'nde gerçekleştirilmiştir. U, Th ve Pb, Çin Üniversitesi, Jeoloji laboratuvarında, 193µm lazer ablasyon sistemine bağlı 7500 ICP-MS cihazında gerçekleştirilmiştir. Analiz edilen nokta çapı, 36µm dir. Analitiksel lazer sıklığı, 10Hz dır. Standart zirkon 91500 ve P11, U-Pb yaşları hesaplamak ve izotopik düzenlemeler için kullanılmıştır. U-Pb izotopik kompozisyonları hesaplamak için ise, GLITTER 4.4 programı kullanılmıştır. Yaygın kurşun düzenlemesi, Andersen (2002) tarafından önerilen yöntemlere göre hazırlanmıştır. Konkordia çizimleri ve olası yoğunluk çizgileri, IsoplotEx 3.0 (Ludwig, 2003) programı ile gerçekleştirilmiştir.

2.4. 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 ile birlikte stratigrafik kolonkesit, 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.

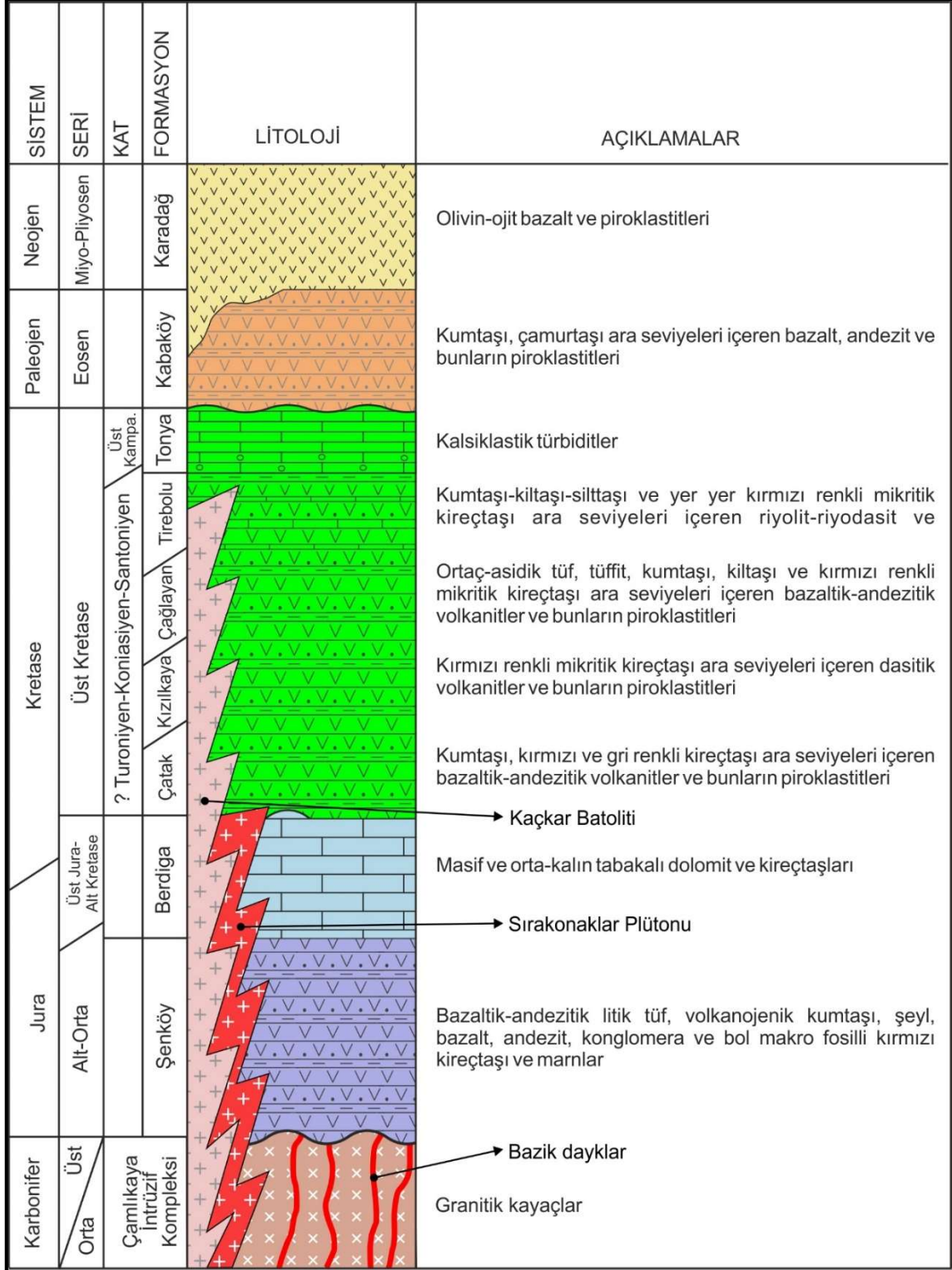
3. BULGULAR

3.1. Sakarya Zonu'nun Doğusunun ve İnceleme Alanının Stratigrafisi

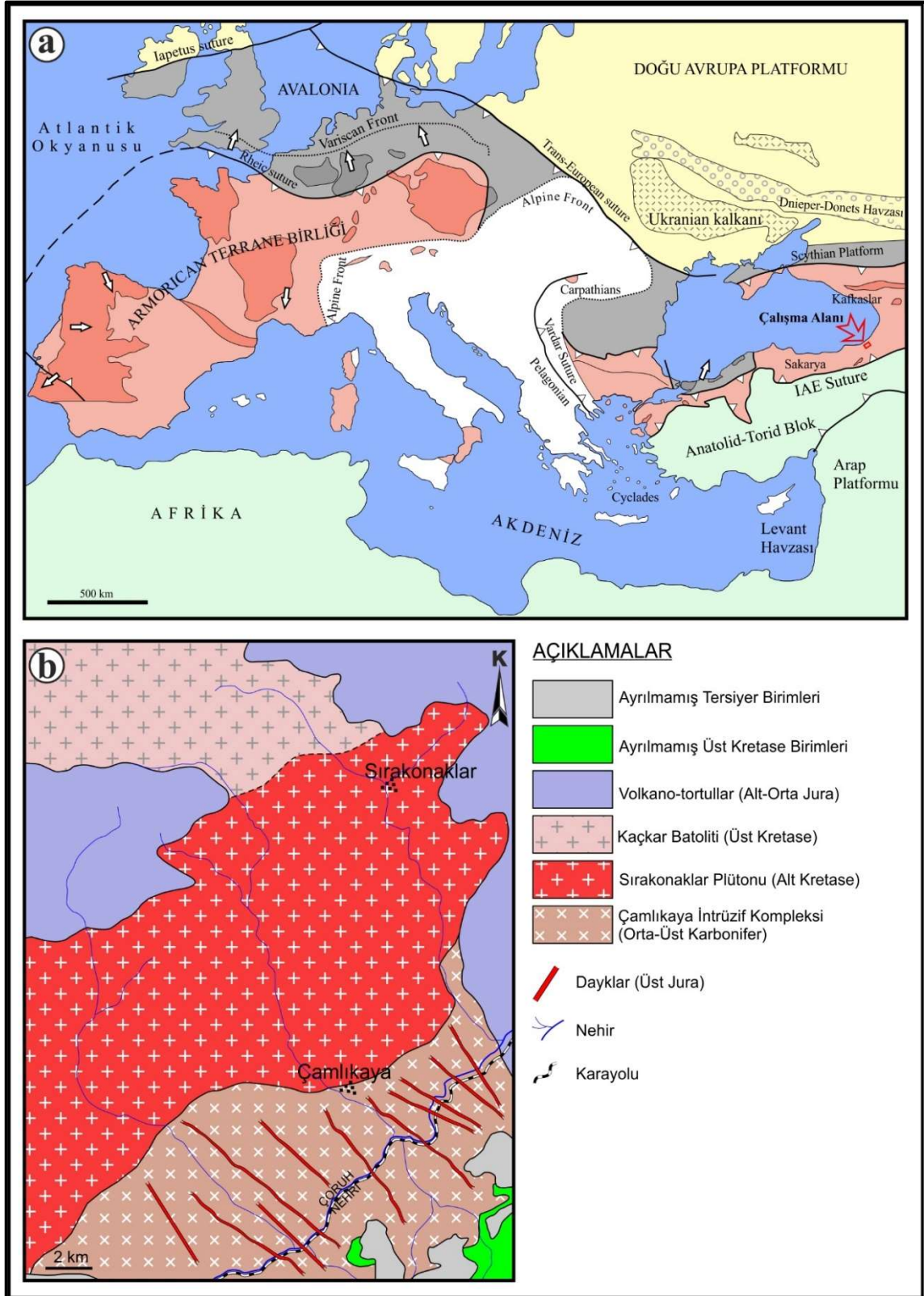
İnceleme alanı Okay ve Tüysüz (1999) tarafından Sakarya Zonu olarak ayrılan tektonik birliğin Doğu Pontidler kısmında yer almaktadır (Şekil 3). Doğu Pontidler'in Kuzey zonu mağmatik aktivitenin en yoğun şekilde gözlemlendiği, Kretase yaşlı volkanotortul kayalar ve Tersiyer yaşlı mağmatik kayaların dik bir rölyef oluşturduğu yüzlekler verir. Güney zon ise mağmatizma etki alanı dışında kalan, Paleozoyik yaşlı metamorfiklerin temeli oluşturduğu, Mesozoyik-Senozoyik yaşlı tortul havza çökellerinin yumuşak bir rölyef vererek yüzeylendiği bölge konumundadır. Çalışma sahası İspir (Erzurum)-Yusufeli(Artvin) ilçeleri arasında yer almaktadır.

Eski bir ada yayı olan Doğu Pontidler (Şengör ve Yılmaz, 1981) Jura, Geç Kretase ve Eosen olmak üzere üç ana volkanik evre sonunda şekillenmiştir (Adamia vd., 1977; Eğin vd., 1979; Kazmin vd., 1986; Çamur vd., 1996; Arslan vd., 1997). Doğu Pontidler'de Üst Kretase'ye kadar olan dönemde kuzey ve güney zonda litolojik olarak benzerlikler gözlenmektedir. Ancak Üst Kretase'de belirgin farklılıklar olup, güney zonda sedimanter kayalara karşın, kuzey zonda volkanik kayaların yaygın olduğu gözlenmektedir. Sakarya Zonu'nun doğusunda, kuzey kesimlerde yüzeylenen birimler Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar geniş bir zaman aralığında çökelmişlerdir. Yusufeli (Artvin), Yanbolu (Arsin) Deresi vadisi, Dereli (Giresun), Gümüşhane, Bayburt yörelerinde yüzeylenme veren Paleozoyik yaşlı gnays, mikaşist, kloritşistlerden oluşan metamorfikler farklı araştırmacılar tarafından Pulur Metamorfikleri (Ketin, 1951), Pulur Masifi (Korkmaz ve Baki, 1984), Kotana Metamorfikleri (Boynukalın, 1990) gibi adlarla anılmıştır. Bu metamorfikler, zonun kuzey kesiminin temelini oluşturan en yaşlı birimlerdir (Şekil 3). Topuz (2000) metamorfiklerin yaşlarını U-Pb, Ar-Ar ve Rb-Sr yöntemleriyle 260 ve 330 milyon yıl olarak saptamış ve bu metamorfiklerin Pulur Masifinde iki ayrı tektono-metamorfik birimden oluştuğunu belirtmiştir. Temeli oluşturan bu metamorfikler Gümüşhane Graniti (Yılmaz, 1973) ya da Gümüşhane Plütunu (Çoğulu, 1975) olarak adlandırılan, Geç Karbonifer öncesi yaşta (Gürsoy vd., 1993) granitik kayalar tarafından kesilmiştir. Gümüşhane Granitoidi, başlıca granodiyorit, kuvarslı mikrodiorit, granit ve dasitlerden oluşmaktadır. Çalışma sahasının temelini

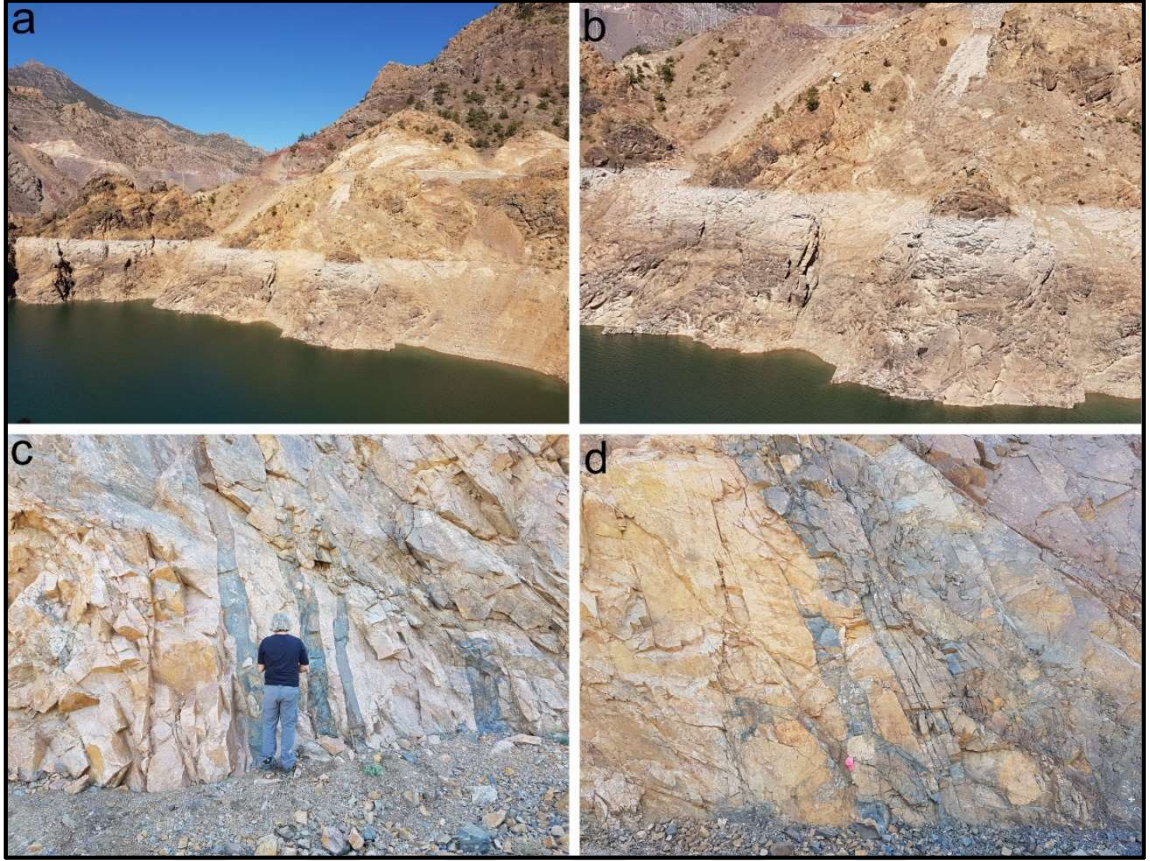
Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi oluşturmaktadır (Şekiller 4, 5, 6). Birim ilk kez bu çalışma ile Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi olarak adlandırılmıştır.



Şekil 4. Çalışma sahasının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.



Şekil 5. (a) Anadolu ve inceleme alanının bölgesel ölçekli tektonik haritası (Okay ve Topuz, 2017). (b) Çalışma sahasının jeoloji haritası.



Şekil 6. Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'nin çalışma sahasındaki genel görünimleri (a-d).

Kuzeydoğu Türkiye’de Erken-Orta Jura yaşlı birimler farklı araştırmacılar tarafından farklı adlarla tanıtılmıştır. Köse-Demirözü yöresinde Erken Jura yaşlı kayalar (Ağar, 1977)’ın yapmış olduğu çalışmada Hamurkesen Formasyonu olarak adlandırmış ve tip yeri olarak Hamurkesen mevki verilmiştir. Eren (1983) ise Erken-Orta Jura yaşlı kayaları Zimonköy Formasyonu olarak tanımlanmış ancak bir tip kesit vermeyip birimin gözlenebildiği değişik alanlardaki farklı seviyeleri üye olarak tanıtmıştır. Kandemir (2004) yapmış olduğu çalışmada Erken-Orta Jura çökellerinin tabandan tavana kesiksiz izlendiği ve tüm fasiyeslerinin yer aldığı Kelkit ilçesine bağlı Şenköy (Gümüşhane) yöresini tip alan olarak belirlemiş ve birimi Şenköy Formasyonu olarak adlandırmışlardır. Kandemir (2004) bu çökellerin en üst seviyelerindeki kömürlü seviyelerden Bathoniyen yaşını, Taslı (1990) ise Berdiga Formasyonu’nun tabanındaki kireçtaşlarından Kalloviyen yaşını elde etmişlerdir. CAR “Calcarei Ammonitico Rosso” fasiyesindeki karbonatlı kayaların içermiş oldukları bentik foraminiferlere ve diğer çalışmacıların derlemiş olduğu ammonit fosillerine göre yaşı Pliensbahiye olarak saptanmıştır (Kandemir, 2004). Metamorfik temel üzerinde aşınma uyumsuzluğu ile gelen bazaltik ve andezitik

tüf ile lavlar, volkanojenik kumtaşı-şeyl ve ammonit içeren kırmızı renkli kireçtaşlarından oluşan Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu gri-bej renkli ve orta tabakalı killi kireçtaşı, çörtlü kumtaşı kumlu kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonu (Pelin, 1977) tarafından uyumlu olarak üstlenir (Şekil 7). Berdiga Formasyonu bu çalışmada verilen jeoloji haritasından görülmemesine rağmen, çalışma alanının hemen güneybatı ucunda izlenmektedir (Şekil 7). Berdiga Formasyonu'nun taban seviyeleri dolomitik olup üste doğru kireçtaşlarına geçer. Formasyonun dış yüzeyi tipik karstik ve erime boşlukludur. Formasyonun dolomitik olan alt seviyeleri fosilsizdir. Buna karşın üst seviyeleri ise bol makro ve mikro fosil içermektedir. Özellikle yığışlımlar halinde *Requcnia* sp. fosilleri yaygındır. Berdiga Formasyonunun yaşını *Haplophragmoides* sp., *Pseudolituonella* sp., *Valvulammina* sp., *Pseudotextulariella* sp., *Valvulina* sp., Miliolidae, Textulariidae fosil topluluğuna göre üst seviyelerine Hotriviyen-Barremiyen (Alt Kretase) olarak verilmiştir (Korkmaz, 1993). Sakarya Zonu'nun doğusunda, Jura ve Kretase zaman aralığında yaygın olarak gözlenen karbonat çökelleri Geç Jura-Erken Kretase olarak yaşlandırılmıştır (Kandemir, 2004; Yılmaz ve Kandemir, 2006; Yılmaz vd., 2008).



Şekil 7. İnceleme alanı içerisinde gözlenemeyen, fakat alanın hemen GB'sında gözlenen Berdiga Formasyonuna ait karbonatlı kayaçlar.

Geç Kretase dönemi boyunca Sakarya Zonu'nun doğusunda gelişen aktif volkanizma sonucu bazik ve asidik kökenli volkanik kayaçların düzenli ardalanmasının oluşturduğu kalın bir volkano-tortul istif birikmiştir (Güven, 1993, Güven vd., 1998). Bu volkano-tortul istif tabandan tavana kadar dört farklı formasyon tarafından karakterize edilmiştir (Şekil 4). Bu birimler, jeoloji haritasında ayrılmamış Üst Kretase birimleri olarak gösterilmişlerdir (Şekil 5). Tabandan tavana doğru Çatak Formasyonu, Kızılkaya Formasyonu, Çağlayan Formasyonu ve Tirebolu Formasyonlarıdır (Şekil 4). Çatak Formasyonu'nu ilk olarak Güven (1993) adlandırmış olup, birim başlıca bazalt, andezit lav ve piroklastları ile kumtaşı, silttaşı, marn, şeyl ve kırmızı bordo renkli killi kireçtaşı tabaka ve seviyelerinin ardalanmasından oluşmaktadır. Birimin lav, tuf ve breşlerden oluşan volkanik seviyeleri koyu gri-siyah renkli, ayrıştığında kahve renklidir. Lavlar genel olarak kırıklı, çatlaklı ve boşluklu olup etkin şekilde ayrışmış ve kloritlemiştir. Breş ve aglomeralar içinde tortul kaya çakıl ve blokları bulunabilir. Kurşuni gri renkli kumtaşı, marn ve şeyller düzenli ince tabakalanmalıdır. Bazı yerlerde kırmızı-bordo renkli mikritik kireçtaşları ile rekristalize kireçtaşları yaygındır. Pontidlerin kuzey zonunda gelişen aktif volkanizma sonucu bazik ve asitik karakterli lavların düzenli ardalanmasının oluşturduğu kalın bir volkano-tortul istif birikmiştir. Birimin yaşı Turoniye-Santoniyen olarak vermiştir (Güven, 1993). Aynı Formasyon içerisinde çalışan Türk (2009), Çatak Formasyonu içerisinde Çeşmeler üyesi ayırtlamış ve bu üyenin içermiş olduğu radyolarya ve foraminifer faunasına bağlı olarak Turoniye-Koniasiyen aralığında, yay önü bir havzanın kıta yamacında çökeldiğini belirtmiştir. Berdiga Formasyonu üzerine gelen Çatak Formasyonu'nu Kızılkaya Formasyonu uyumlu olarak üstler. İlk olarak Güven (1993) tarafından tanımlanan Kızılkaya Formasyonu, gri-beyaz ve gri-sarımsı renkli dasit, riyodasitik-dasitik lav ve onların piroklastlarından oluşmaktadır. Çatak Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen lavlar, genellikle sarımsı ayrışmalı gri renkleri ve prizmatik kolon yapıları ile dikkat çekerler (Güven vd., 1998). Yerel alterasyon zonlarını kapsayan Kızılkaya Formasyonu tüm Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik provensi içinde yaygın olarak bulunan volkanojen polimetalik masif sülfid yataklarının oluşumunda rol oynayan önemli bir formasyondur (Güven vd., 1998). Formasyonun kalınlığı 200–500 m. arasında değişmektedir (Güven vd., 1998). Kızılkaya Formasyonu içerisinde tortul birim olmadığı için paleontolojik yaş tayinine yardımcı olacak herhangi bir veri yoktur. Ancak altta Turoniye-Santoniyen yaşlı Çatak Formasyonu'nun bulunması, üstte Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı Çağlayan

Formasyonu tarafından uyumlu olarak üstlenmesi nedeniyle Kızılkaya Formasyonun yaşı, yine Geç Kretase olarak düşünülmüştür. Birimin alt sınırı Çatak Formasyonu ile üst sınırı ise Çağlayan Formasyonu ile uyumludur. Bazik karakterli volkanit, volkanoklastik ve tortul kayalardan oluşan ve genel olarak Çağlayan Köyü (Trabzon) çevresinde ve Arsin güneyinde (Trabzon) yüzeyleme veren birim, ilk olarak Güven (1993) tarafından Çağlayan Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim genellikle kumtaşı, bordo-kırmızı renkli mikritik kireçtaşı, marn ve killi kireçtaşı ara seviyeleri içeren bazalt, andezit ve bunların piroklastitlerinden oluşan volkano tortul bir seridir. Genellikle koyu renkli olan, kırıklı ve çatlaklı yapı gösteren volkanik birimler orta derecede ayrılmıştır. Yer yer prizmatik ve yastık debi gösteren bu kayalarda kloritleşme ve epidotlaşma yaygın olarak görülen alterasyon ürünleridir. Kayalarda gelişen boşluklar ikincil kalsit ve klorit ile dolguludur. Volkanik breşler ve iyi tabakalanma gösteren tüfitler içinde volkanik parçaların yanında kırmızı kireçtaşı ve killi kireçtaşı parçaları da gözlenmektedir. Çağlayan Formasyonu içerisinde yüzeyleme veren tortul seviyeler ise genel olarak kumtaşı, kireçtaşı, kiltası, marn ve tüfit aralanmasından oluşmaktadır. Mikritik kireçtaşları, marn ve kumtaşları genellikle ince-orta tabakalı yapı gösterirken, tüfitler kalın tabakalı mercekler şeklinde gözlenmektedir. Kırıntılı tortulların ana bileşenini genellikle volkanik kayaç parçaları oluşturmaktadır. Çağlayan Formasyonu içerisinde merceğimsi şekilde bulunan bu tortul kayaların yanal devamlılığı bulunmamaktadır. Çağlayan Formasyonu, Kızılkaya Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir. Formasyonu tanımlayan Güven (1993), birim içerisindeki kırmızı-bordo renkli biyomikritik kireçtaşlarından derlediği Globotruncanidae faunasına bağlı olarak formasyonun yaşının Kampaniyen-Maastrichtiyen olduğunu belirtmiştir. Çağlayan Formasyonu üzerine uyumlu olarak Tirebolu Formasyonu gelmektedir. Birim riyolit-riyodasit-dasitik lav ve piroklastikleri ile bu asitik kayalar arasında mercekler halinde, volkanizmanın yoğunluğunun azaldığı yerlerde ise düzenli istif şeklinde yer alan gri ve kırmızı renkli, pelajik kireçtaşlarıyla kumtaşı, kiltası ve siltaşlarından oluşan birim Güven (1993) tarafından Tirebolu Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Tirebolu Formasyonu tabanda riyolitik-riyodasitik ve dasitik lavlar ile başlamakta ve üste doğru ve yanlarda bu birimlerin piroklastiklerine geçmektedir. Piroklastikler içerisinde yer yer kalınlıkları ve dağılımları fazla olmayan mercekler şeklinde tortul düzeyler içermektedir. Tirebolu Formasyonu içerisindeki lavlar afanitik ve porfirik olarak iki farklı dokudadırlar. Birim Tonya Formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir. Tirebolu Formasyonu proje

sahasında geniş yüzlekler halinde gözlenmektedir. Yapılan gözlemlerde özellikle ayırışmanın çok olduğu alanlar ve çay tarlalarının gözlendiği alanlar Tirebolu Formasyonu üzerinde yer almaktadır. Tirebolu Formasyonundan yapılan çalışmalar, birimin denizel ortamda çökeldiğini göstermektedir (Güven, 1993).

Tirebolu Formasyonu üzerine gelen birim beyaz, açık gri, sarımsı renkli kireçtaşı, killi kumlu kireçtaşı ve marn aralanmasından oluşan türbiditik karakterli kireçtaşlarının hakim olduğu Kampaniyen-Daniyen yaşlı Tonya Formasyonu (Korkmaz, 1993)'dur. Projeye konu olan kalsiklastik kayaçlar Tonya Formasyonu içerisinde yer almaktadır. Korkmaz (1993) tarafından elde edilen paleontolojik veriler birimin yaşının Kampaniyen-Daniyen'e (Geç Kretase-Paleosen) kadar uzanmakta olduğunu göstermiştir. Tonya Formasyonu üzerine ise Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu (Güven, 1993) gelir. İlk olarak Güven (1993) tarafından tanımlanan Kabaköy Formasyonu genellikle kırıntılı çökellerle başlayıp üst kısımlara doğru volkanik karakterde olan volkanotortul bir istif sunar. Geç Kretase yaşlı birimler üzerine bir taban konglomerası ile açısal uyumsuz olarak gelen formasyon, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn aratabakaları içeren andezit, bazalt ve piroklastitlerden oluşmaktadır. Genellikle koyu renkli olan volkanitlerin tabanında yer alan sarımsı renkli bol fosilli tortul kayaçlar bir kılavuz seviye niteliğindedir. Formasyonun taban kesiminde bulunan tortul kayaçlar killi, karbonatlı bir matriks içindeki yuvarlak şekilli volkanik kayaç çakıllarından ve killi kireçtaşı, marn bloklarından oluşmaktadır (Aydın, 2003). Doğu Pontidler' in kuzey zonunda Kabaköy Formasyonu üzerine ise Pliyosen yaşlı gri- koyu gri renkli, tümüyle bazaltik lav, tuf ve aglomeralardan oluşan Karadağ Formasyonu (Bulguroğlu, 1991) uyumsuz olarak gelir (Şekil 4). Bütün bu birimlerin üzerinde ise çalışma sahasındaki hakim derelerin kenarlarında Kuvaterner yaşlı alüvyonlar uyumsuz olarak yer almaktadır.

Sırakonaklar Plütunu, daha önce yapılan çalışmalarla Kaçkar Batoliti'nden ayırtlanmamış ve onu bir fazı gibi değerlendirilmiştir. Yapılan saha gözlemleri ile dokusal ve mineralojik karakterleri açısından Kaçkar Batoliti'nin Geç Kretase fazı ile çok benzer özellikler sunduğu gözlenmiştir. Ancak, yapılan saha çalışmaları ve yayınlanmamış ilkesel jeokronolojik veriler (Prof. Dr. Orhan Karşı ile sözlü görüşme), bu plütunun Erken Kretase yaşlı olduğu ve Geç Kretase yaşlı kayaçlar tarafından kesildiği anlaşılmıştır.

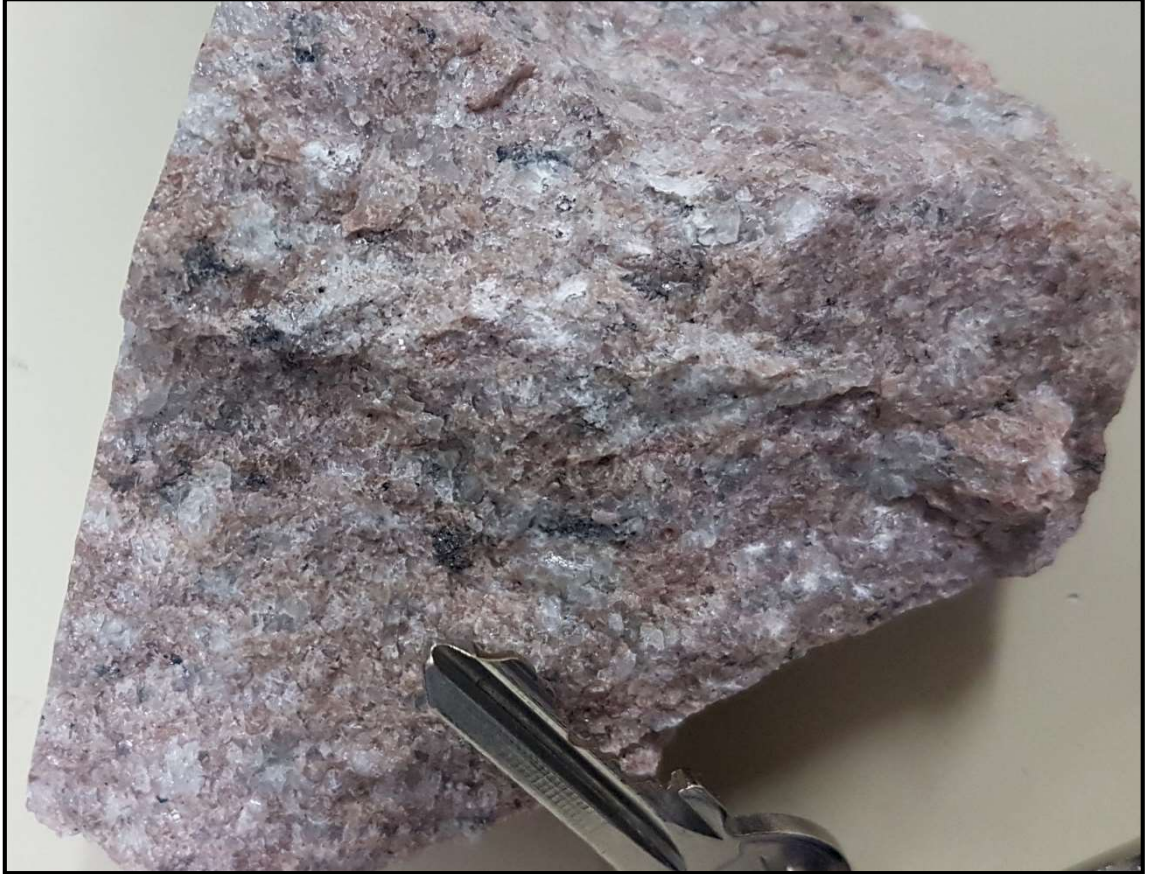
Geç Kretase yaşı birimleri kesen ve Eosen yaşı birimler tarafından örtülen granitoidik kayalar Güven vd. (1998) tarafından Kaçkar Batoliti olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanını da içrisine alan İkizdere (Rize) ilçesi doğusundan itibaren GB-KD boyunca uzanan Kaçkar Dağları'nda Kaçkar Batoliti'ne ait yaygın mostraları görmek mümkündür. Kuzeyden İkizdere vadisindeki yol boyunca, İspir (Erzurum)'a kadar giden yol boyunca sözkonusu granitoidlere ait mostralar çok iyi gözlenmektedir. Granitler, yeşilimsi, grimsi bej ve pembe renkli, sert, masif yapılı, çoğu yerde ise arenalaşmış olarak gözlenmektedir. Birim genelde, granit, granodiyorit, diyorit, tonalit ve monzonitten oluşmaktadır. Granit, monzonit bileşiminde olanlar bej, pembe renkli olup iri ortoklaz taneleri gözle görülmektedir. Alkali feldispat granitler daha çok açık yeşilimsi, grimsi renklidir ve kayalar içinde anklavlara rastlamak mümkündür. Kaçkar batolitine ait granitik kayaların yan kayalarla (Berdiga Formasyonu ve Üst Kretase birimleri) sıcak kesme dokanak ilişkisini arazi çalışmalarında görmek mümkündür.

3.1.1. Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'nin Petrografisi ve Mineralojisi

Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi, Sakarya Zonu'nun temel kayalarını oluşturan Karbonifer yaşı pembemsi görünümlü alkali feldispat granitler ile bunları kesen Geç Jura yaşı grimsi renkli granodiyorit ve tonalit bileşimli kayalardan oluşmaktadır. Granodiyorit ve tonalitler, arazide 10 metreden daha küçük dayklar şeklinde net dokanaklarla Karbonifer kayaları kesmişlerdir (Şekil 8). Karbonifer kayaları, genellikle tekdüze olup geniş bir kompozisyon aralığı sunmaz. Arazide bolca kırıklı yapı gösterirler (Şekil 8). Genellikle orta ve iri taneli olup kayaç kapanımları içermezler. Kayalarda herhangi bir foliasyonlu yapıya rastlanmamıştır (Şekil 9). Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'nde yer alan Geç Jura granodiyorit ve tonalitleri de temel kayaları gibi bolca kırıklanmışlardır (Şekil 8). Kayalar, orta iri taneli olup; kayaç kapanımları içermezler. Benzer şekilde foliasyonlu yapılar içermezler (Şekil 10).



Şekil 8. Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ndeki kayaçların dokanak ilişkileri.



Şekil 9. Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ndeki Karbonifer yaşlı granitlerin makroskobik görünümü.

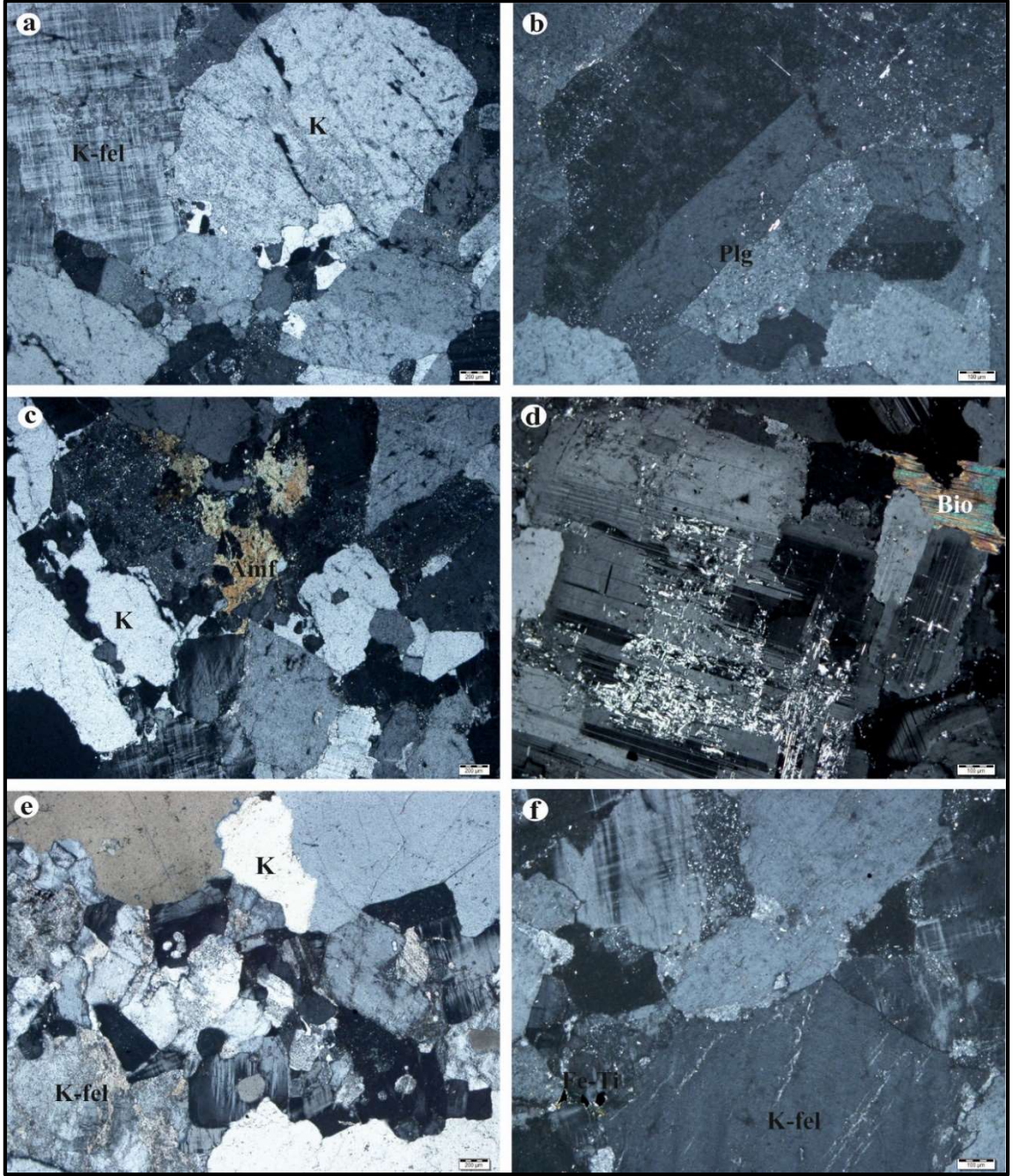


Şekil 10. Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ndeki Geç Jura yaşlı granodiyorit-tonalitlerin makroskobik görünümü.

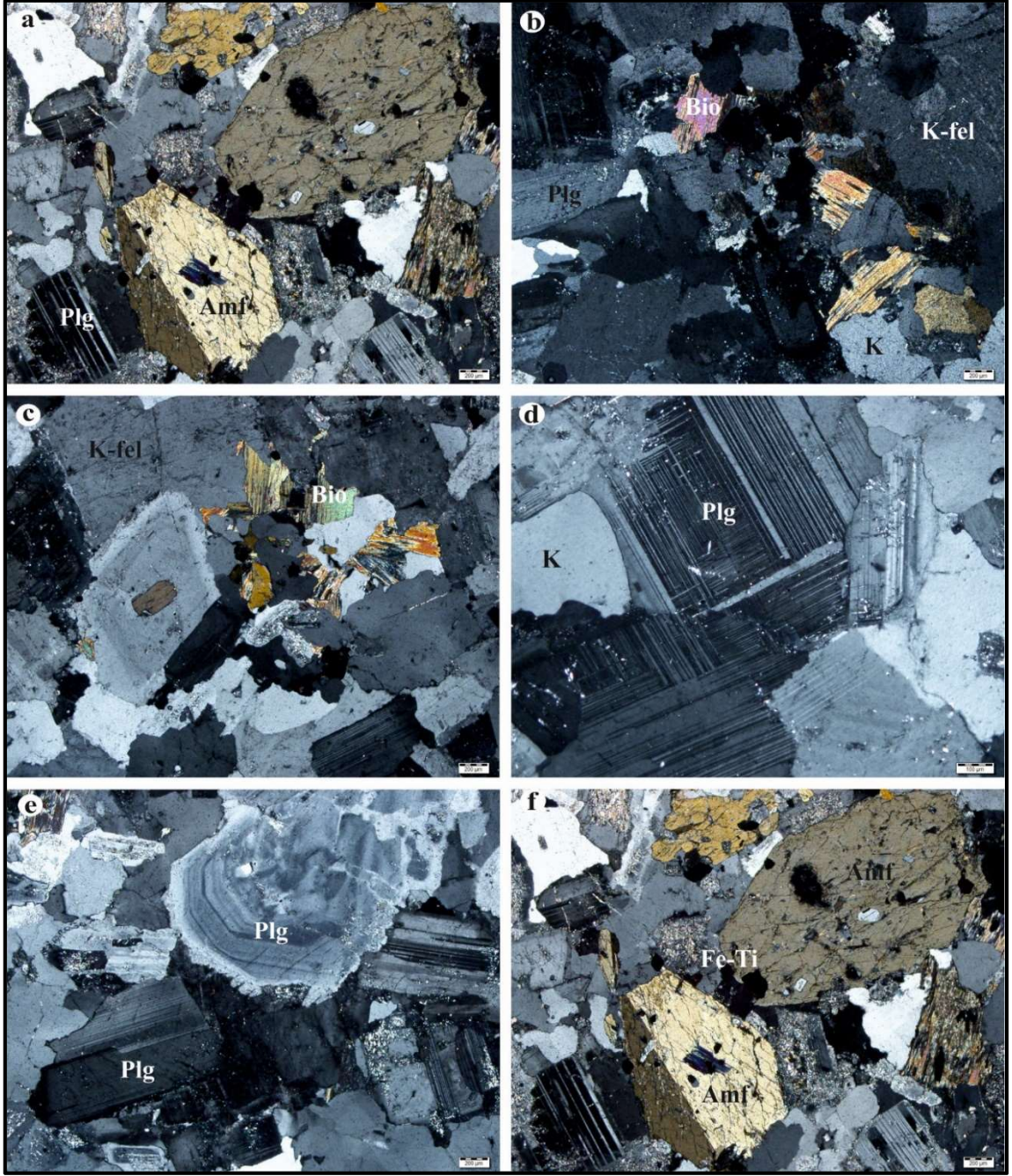
Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'nin temel kayaçlarını oluşturan Karbonifer yaşlı orta-iri taneli alkali feldispat granitler; Ortoklas, plajiyoklas, kuvars, amfibol, biyotit ana bileşenlerinden oluşmuştur (Şekil 11). Kayaçlar tali mineral olarak Fe-Ti oksitler, sfen, apatit ve zirkon içerirler. Ortoklaslar genellikle iri kristaller halinde yarı öz şekilli ya da öz şekilsiz biçimlidirler. Yer yer serizit pulcukları ihtiva ederler. Yarı öz şekilli plajiyoklas lataları ve öz şekilsiz, kırıklı kuvarslar, alkali feldispat iri taneler arasını doldurmuş durumdadır. Kayacın tamamında tipik taneli doku hakimdir (Şekil 11). Modal olarak amfibol ve biyotitlerin tamamı %10'dan daha azdır. Öz şekilsiz amfiboller ve latamsı biyotitler de yer yer ikincil klorit minerallerine rastlanmıştır.

Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'nin temel kayaçlarını keşen Geç Jura yaşlı, orta-iri taneli ve grimsi renk tonlarındaki granodiyorit ve tonalitler ise; plajiyoklas, kuvars, K-feldispat, amfibol, biyotit ana bileşenlerinden oluşmuştur (Şekil 12). Fe-Ti oksitler, sfen, apatit ve zirkon, tali olarak bulunmaktadır. Kayaçlarda taneli doku hakimdir. Öz şekilli ya da yarı özşekilli plajiyoklas lataları yer yer salınlı zonlanma gösterirler ve kristal kapanımları içerirler. Öz şekilsiz ortoklas ve kuvars diğer felsik taneler

arasını doldurur durumdadır. Öz şekilli amfiboller ve latamsı biyotitlerin modal bollukları %15'den fazladır.



Şekil 11. Çamlıkaya İntüzif Kompleksi'ndeki Karbonifer yaşlı alkali feldispat granitlerin polarizan mikroskop görünümleri (Çift Nikol); (a, e, f) K-fel: K- Feldispat, (b) Plg: Plajiolklas, (a, c, e) K: Kuvars, (c) Amf: Amfibol, (d) Bio; Biyotit.

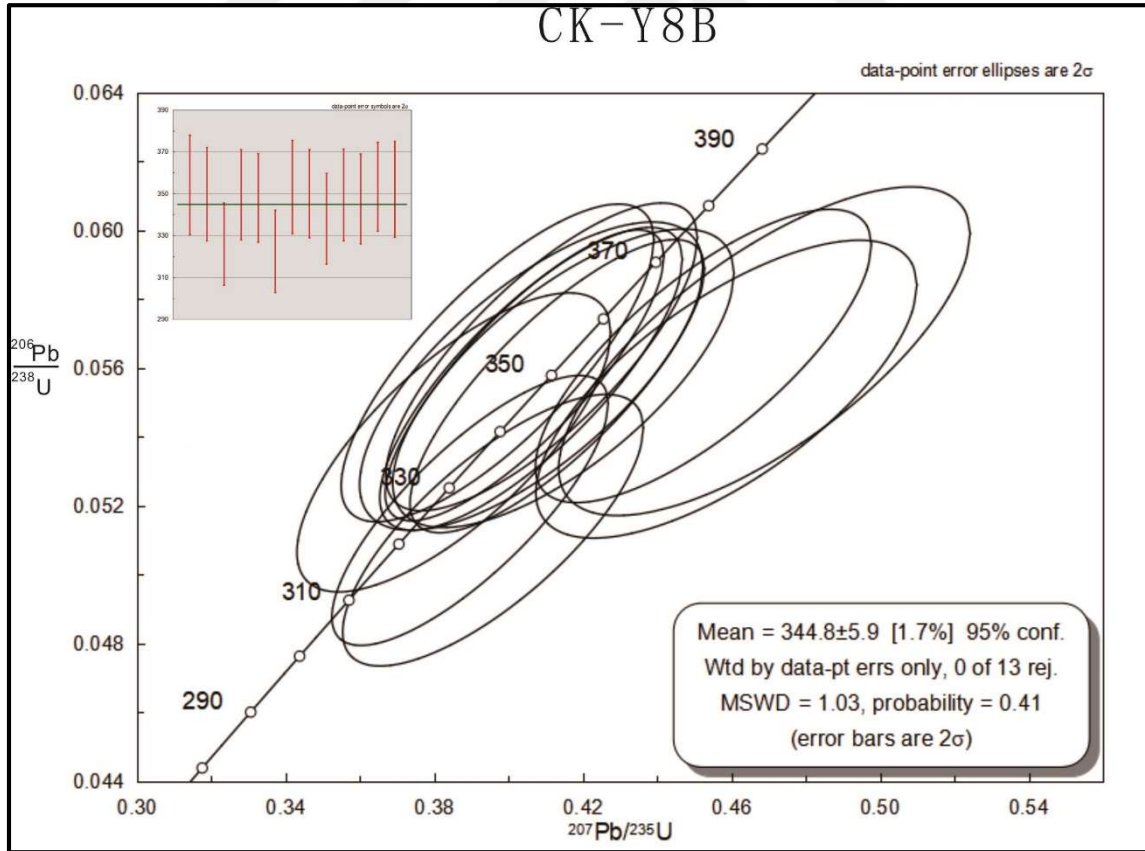


Şekil 12. Çamlıkaya İntrüzif Kompleksindeki Geç Jura yaşlı granodiyorit ve tonalitlerin polariza mikroskop görünüşleri (Çift Nikol); (b, c) K-fel: K- Feldispat, (a, d, e) Plg: Plajiolklas, (b, d) K: Kuvars, (a, f) Amf: Amfibol, (b, c) Bio; Biyotit.

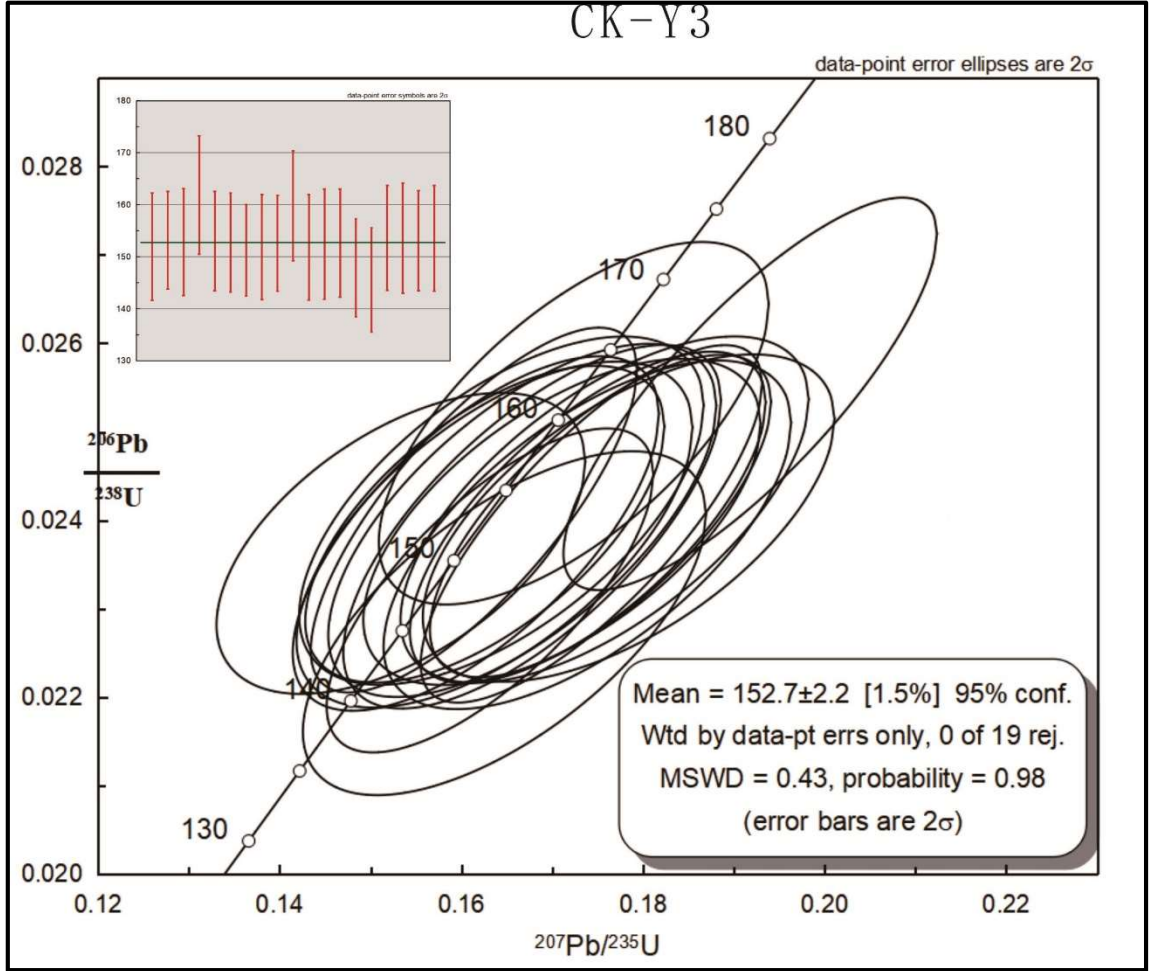
3.1.2. Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'nin Jeokronolojisi

Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ne ait CK-Y8B ve CK-Y3 nolu örneklerinden, yaşlandırmanın yapılabilmesi için yeterli miktarda zirkon taneleri ayırtlanmıştır. Seçilen zirkonların, uzunluğu yaklaşık 200µm olup; renksiz ve genellikle prizmatiktirler. Söz

konusu numunelerden seçilen zirkon kristalleri çoklukla salınlı zonlanma ve piramidal zonlanma sunmaktadırlar. Bu olgu, kristallerin magmatik kökenli olup, kalıntı olmadıklarına işaret etmektedir (Pupin, 1980). Ölçümlerin gerçekleştirildiği zirkon kristallerinin çekirdeklerinde kalıntı zirkonlara rastlanmamıştır. CK-Y8B örneğine ait kristallerden yaklaşık 13 nokta analizi gerçekleştirilirken; CK-Y3 örneğine ait kristallerden ise 19 nokta analiz edilmiştir. Ölçümlerin konkordiya diyagramları çizilmiş (Şekiller 13 ve 14) olup; zirkon LA-ICP-MS U-Pb izotop analiz verileri Tablo 1’de sunulmuştur. İntrüzif Kompleks’in temel kayalarına ait kristalleşme yaşı, 13 nokta ölçümü ağırlıklı ortalamasına göre $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 344.8 ± 5.9 My olarak belirlenmiştir. Temel kayalar dayklar halinde kesen granodiyorit ve tonalit bileşimli kayaların kristallenme yaşları ise 19 nokta analizli ağırlıklı ortalamasına göre $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 152.7 ± 2.2 My olarak belirlenmiştir. Bu bulgular ışığında, Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi’nin Karbonifer yaşı temel kayalar ve bunları, dayklar biçiminde kesen ve dilimleyen Geç Jura kayalarından oluştuğunu ve iki farklı zaman diliminde geliştiğini söylemek mümkündür.



Şekil 13. Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi temel kayalarına ait CK-Y8B (granit) örneğinin zirkon U-Pb konkordiya diyagramı.

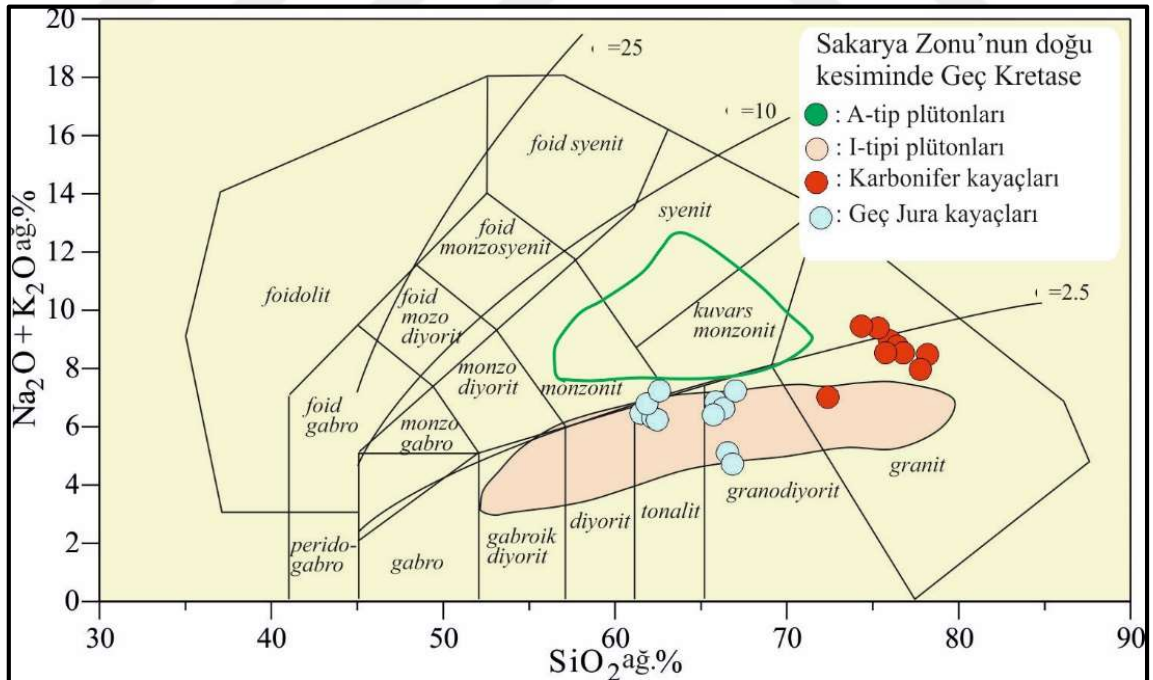


Şekil 14. Çamlıkaya İntüzif Kompleksi'nde dayk biçimli kayalara ait CK-Y3 (granodiyorit) örneğinin zirkon U-Pb konkordiya diyagramı.

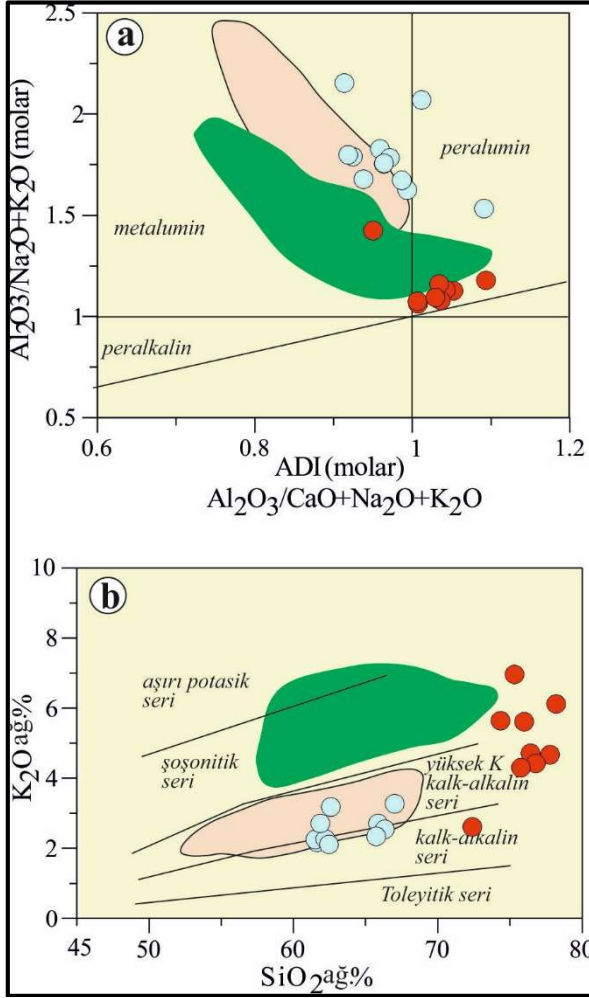
3.2. Ana ve İz Element Jeokimyası

Doğu Sakarya Zonu'nunda doğu-batı biçimli bir kuşak halinde yayılım gösteren plütönizmadan ayırtlanan Çamlık İntüzif Kompleksi'nin ana ve iz element analiz ölçümleri yapılmıştır. Sokulundan derlenen örneklerin analizleri, Middlemost (1994) diyagramında; Karbonifer yaşlı teme birimleri, K-feldispat granit; temel kayaçlarını sıklıkla dayklar halinde kesen Geç Jura kayaçları ise granodiyorit ve tonalit bileşimli kayaç alanına düştükleri belirlenmiştir (Şekil 15). Kayaçlar çoklukla metalumin ila peralumin karakter sunmaktadırlar (Şekil 16a). Karbonifer yaşlı temel kayaçların alkali doygunluk indeksleri (ADI) [= molar $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$] ise, 0.9 ile 1.1 arasında değişirken, Geç Jura yaşlı kayaçların ADI'leri 0.9 ila 1.0 arasında değişmektedir. Karbonifer temele ait granit bileşimli kayaçlar; kalk-alkalin karakterden şošönitik

karaktere değişen bir yönseme gösterirken; Geç Jura kayaçları, kalk-alkali karakterden yüksek K kalk-alkalin karaktere doğru değişim sunmaktadırlar (Şekil 16b). Toplam alkali ve silisyum bakımından zengin olan bu kayaçların SiO_2 içerikleri; Karbonifer kayaçlarında ağırlıklı olarak 72 ila 78 arasında, Geç Jura kayaçlarında ise 62 ila 67 arasında değişim sunmaktadır. Karbonifer kayaçları, düşük Mg# (10-39) değerine sahip iken, Geç Jura kayaçları daha yüksek Mg# (47-64) değerlerine sahiptirler. Al_2O_3 (%) içerikleri, Karbonifer kayaçlarında 11.61 ila 14.08 aralığında değişirken; Geç Jura kayaçlarında, 15.15-17.03 aralıklarında değişim sunmaktadır. Karbonifer ve Geç Jura kayaçların Ni (ppm) içerikleri 20 den düşük olup; Co (ppm) 77'denn daha düşüktür (Tablo 3). Düzgün değişimlerin varlığı yanısıra, değişim sunmayan ilişkilerin de gözlemlendiği harker diyagramlarında en belirgin husus, belirli silisyum değeri aralıklarında kimyasal boşlukların gözlenmemiş olmasıdır (Şekil 17a-m). Bu düzgün değişimler daha sonradan da tartışılacağı üzere, plajiyoklas, amfibol ve sfen kristal fraksiyonlaşmasına işaret eden veriler olarak tartışılacaktır. Harker değişim diyagramlarında kimyasal, kayaçların oluşumu sırasında kabuksal kirlenmenin minimum düzeylerde ya da ihmal edilebilir olduğuna işaret etmektedir.

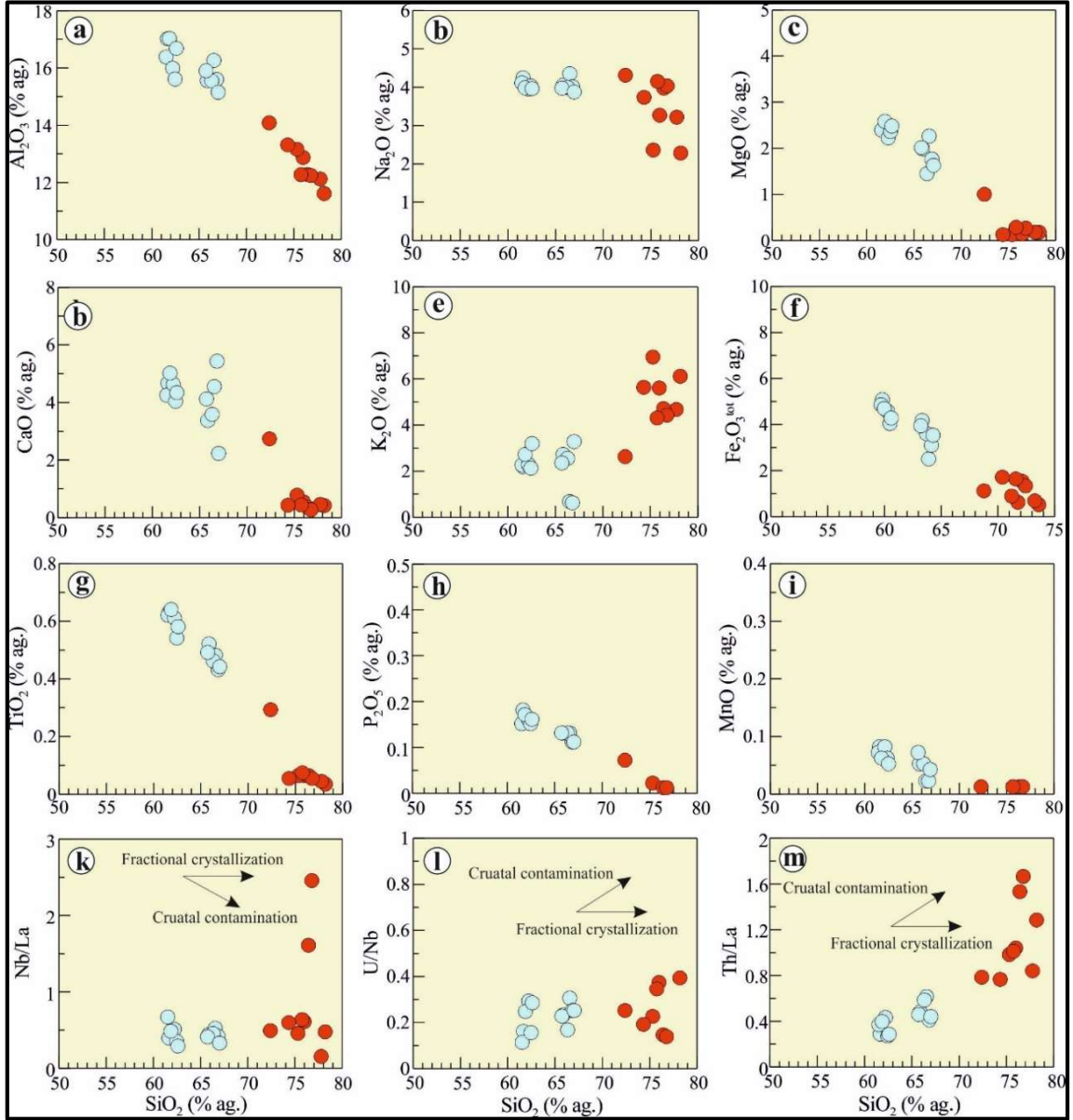


Şekil 15. Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'nin toplam alkali içeriklerine karşın SiO_2 diyagramındaki (Middlemost, 1994) yeri.



Şekil 16. Çamlıkaya İntruzif Kompleksi'ne ait kayaçların; (a) $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (molar) değerine karşın ADI diyagramındaki (Maniar ve Piccoli, 1989), (b) K_2O içeriklerine karşın SiO_2 değişim diyagramlarındaki (Peccherillo ve Taylor, 1976) dağılımları.

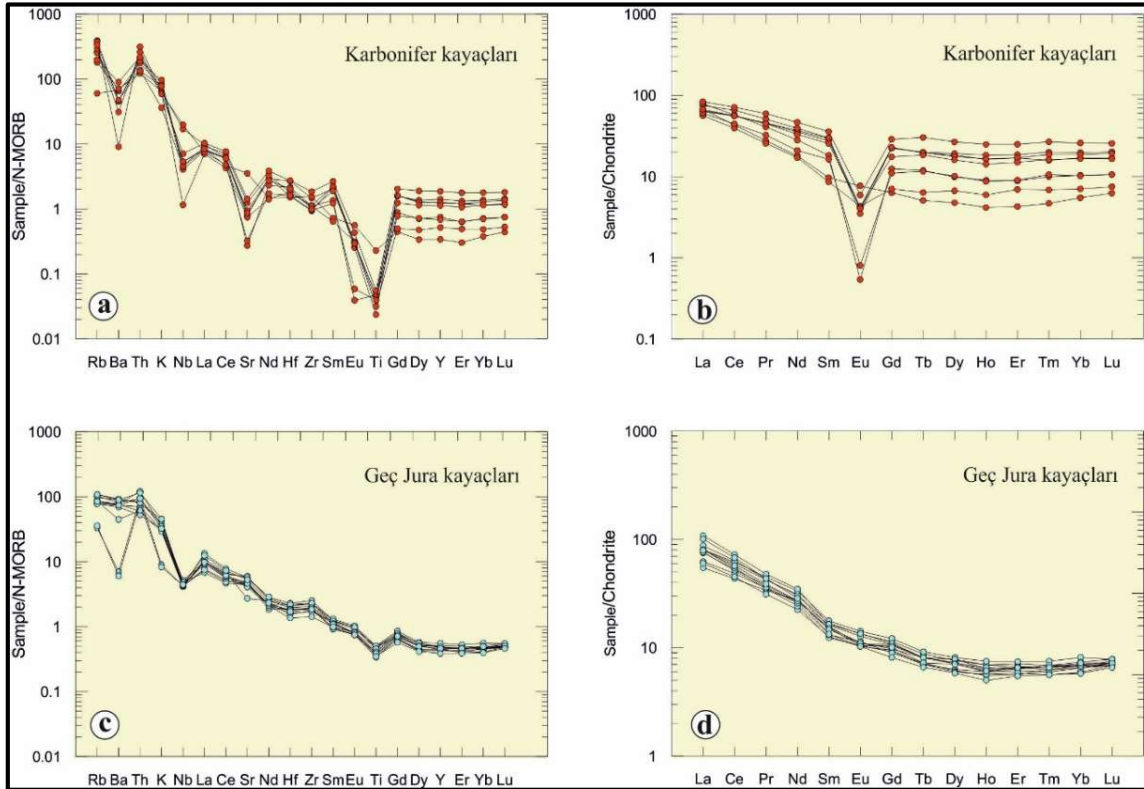
Sakarya Zonu'nun doğusunda sokulum yapmış olan ve kalk-alkalin karakterden şösonitik karaktere doğru değişim suna Karbonifer kayaçları, negatif Ba, Nb, Ti ve Eu yösemeleri göstermektedirler (Şekil 18a, b). Bu kayaçların N-MORB normalize iz element modelleri, büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (BİYLE, Rb, Ba ve Th) zenginleştiği ve yüksek alan enerjili elementlerce (YAEE, Nb ve Hf) tüketilmiş olduklarını göstermektedir (Şekil 18a). Kayaçların kondrit normalize nadir toprak elementleri, hafif nadir toprak elementleri (HNTE), ağır nadir toprak elementlere (ANTE) göre zenginleşmiş bir model sunmaktadır. $(\text{La}/\text{Yb})_n$ değerleri 3.22 den 12.25'e kadar değişim sunarken $(\text{La}/\text{Lu})_n$ değerleri ise 3.21 den 10.79'a kadar değişim sunmaktadır. Eu/Eu^* oranları 0.10 ila 0.98 arasında değişmektedir (Tablo 3).



Şekil 17. Sakarya Zonu'nun doğusunda, Çamlıkaya İntruzif Kompleksi'ne ait kayaçlarının; (a) SiO_2 içeriklerine karşın Al_2O_3 içerikleri, (b) SiO_2 içeriklerine karşın Na_2O içerikleri, (c) SiO_2 içeriklerine karşın MgO içerikleri, (d) SiO_2 içeriklerine karşın CaO içerikleri, (e) SiO_2 içeriklerine karşın K_2O içerikleri, (f) SiO_2 içeriklerine karşın toplam demir oksit içerikleri, (g) SiO_2 içeriklerine karşın TiO_2 içerikleri, (h): SiO_2 içeriklerine karşın P_2O_5 içerikleri, (i) SiO_2 içeriklerine karşın MnO içerikleri, (k) SiO_2 içeriklerine karşın Nb/La değerleri, (l) SiO_2 içeriklerine karşın U/Nb değerleri, (m) SiO_2 içeriklerine karşın Th/La değerleri değişim diyagramları.

Geç Jura kayaçları ise, zayıf negatif Ba, Nb ve Ti anomalisi göstermekle birlikte; Eu anomalisi sunmazlar (Şekil 18c, d). Geç Jura kayaçlarının N-MORB normalize iz element modelleri, büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (BİYLE, Rb, Ba ve Th)

zenginleştği ve yüksek alan enerjili elementlerce (YAEE, Nb ve Hf) tüketilmiş olduklarını göstermektedir (Şekil 18c). Kayaçların kondrit normalize nadir toprak elementleri, hafif nadir toprak elementleri (HNTE), ağır nadir toprak elementlere (ANTE) göre zenginleşmiş bir model sunmaktadır. (La/Yb)_n değerleri 8.19 den 17.44'e kadar değişim sunarken (La/Lu)_n değerleri ise 7.98 den 15.39'a kadar değişim sunmaktadır. Eu/Eu* oranları 0.83 ila 1.04 arasında değişmektedir (Tablo 4). Ağır nadir topraklarda zayıf da olsa içbükeylik gözlenmektedir (Şekil 18d).



Şekil 18. Çamlıkaya İntüzif Kompleksi'ne ait kayaçlarının N-MORB'a göre (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş çoklu element ve kondrite göre (Boynton, 1984) normalize edilmiş nadir toprak element modelleri; (a, b) Karbonifer kayaçları, (c, d) Geç Jura kayaçları.

Tablo 1. Çamlıkaya İntüzif Kompleksi Karbonifer yaşlı granodiyorit ve tonalitlerin (%) ana ve iz element (ppm) değerleri.

Örnek	CK-10	CK-12	CK-14	CK-21	CK-18	CK-50	CK-52	CK-53	CK-54
Kayaç									
SiO ₂	78.19	75.98	72.39	77.77	75.31	76.42	76.78	75.75	74.34
Al ₂ O ₃	11.61	12.87	14.08	12.12	13.16	12.28	12.24	12.27	13.31
Fe ₂ O ₃	0.51	0.62	1.12	0.69	0.89	1.54	1.34	1.64	1.72
MgO	0.15	0.12	0.98	0.15	0.10	0.06	0.24	0.26	0.05
CaO	0.38	0.51	2.71	0.42	0.74	0.32	0.23	0.4	0.39
Na ₂ O	2.27	3.26	4.31	3.21	2.35	3.97	4.03	4.15	3.73
K ₂ O	6.12	5.61	2.61	4.67	6.96	4.71	4.42	4.3	5.64
TiO ₂	0.03	0.06	0.29	0.04	0.06	0.06	0.05	0.07	0.05
P ₂ O ₅	<0.01	<0.01	0.07	<0.01	0.02	0.01	0.01	<0.01	<0.01
MnO	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	<0.01
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.004	0.004	<0.002	0.003
LOI	0.6	0.8	1.3	0.8	0.3	0.6	0.6	1	0.7
Sum	99.91	99.93	99.88	99.90	99.92	99.99	99.98	99.9	99.96
Ba	285	410	429	444	290	57	196	566	299
Ni	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Sc	2	3	4	<1	2	4	3	3	3
Be	<1	2	<1	1	2				
Co	60.7	44.3	40.3	74.6	46.8	0.5	1.4	1.1	0.5
Cs	0.5	0.3	0.3	0.3	0.4	1.1	0.5	0.3	0.2
Ga	13.4	16.5	12.2	12.0	16.6	16	14.6	16.9	17.2
Hf	3.2	5.5	3.1	3.7	3.7	4.4	3.3	5.6	4.2
Nb	9.4	12.3	10.3	2.7	10.6	39.6	46.2	16.5	12.5
Rb	145.6	141.6	33.7	100.7	218.3	211.5	164.9	111.3	189.4
Sn	<1	1	<1	3	3				
Sr	70.9	84.3	317.5	67.1	111.5	24.5	29.1	127.6	77.3
Ta	1.0	1.3	1.1	0.4	1.1	4	5	1.6	1.6
Th	25.3	21.0	16.4	14.7	22.8	37.7	31.3	26.2	16
U	3.7	4.6	2.6	2.5	2.4	5.8	6.4	5.7	2.4
V	<8	<8	52	19	10	<8	<8	<8	<8
W	450.2	295.0	306.7	625.2	316.8	1.5	1.5	0.6	0.6
Zr	68.9	108.1	114.3	81.0	83.9	81.7	70.5	136.5	73.2
Y	34.7	39.5	9.5	14.5	35.4	21	19.1	52	31.6
La	19.7	20.2	20.9	17.5	23.2	24.6	18.8	25.9	20.9
Ce	45.0	45.8	35.1	32.0	53.3	46.7	36.1	57.7	45.3
Pr	5.61	5.54	3.39	3.13	6.25	5.01	3.96	7.27	5.5
Nd	22.2	21.5	10.8	10.3	23.7	16.9	12.6	28	19.9
Sm	5.76	5.39	1.90	1.68	5.87	3.57	3.19	6.99	4.98
Eu	0.26	0.30	0.57	0.32	0.31	0.04	0.06	0.44	0.3
Gd	5.90	5.79	1.64	1.83	5.93	3.24	2.86	7.49	4.54
Tb	0.92	0.94	0.24	0.30	0.93	0.56	0.55	1.43	0.87
Dy	5.91	6.21	1.54	2.16	5.72	3.2	3.28	8.62	5.18
Ho	1.18	1.33	0.30	0.43	1.19	0.65	0.63	1.8	1.03
Er	3.55	3.92	0.90	1.46	3.58	1.87	1.9	5.26	3.16
Tm	0.51	0.64	0.15	0.22	0.60	0.32	0.34	0.86	0.52
Yb	3.54	4.16	1.15	1.48	3.92	2.17	2.14	5.43	3.49
Lu	0.54	0.65	0.20	0.24	0.62	0.34	0.34	0.82	0.53
Mg#	0.39	0.28	0.33	0.3	0.18	0.1	0.26	0.24	0.1
ASI	1.0507	1.0410	0.9486	1.0919	1.0325	1.0056	1.0344	1.0050	1.0278

Fe₂O₃^{top}: Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. **AK:** Ateşte kayıp. Toplam uçucu içeriği.

Mg# = 100xMgO/(MgO+Fe₂O₃). **ADI:** Alkali Doygunluk İndeksi.

Tablo 2. Çamlıkaya İntüzif Kompleksi Geç Jura yaşlı granodiyorit ve tonalitlerin (%) ana ve iz element (ppm) değerleri.

Örnek	CK-1	CK-3	CK-4	CK-5	CK-7	CK-8	CK-9	CK-15	CK-16	CK-17	CK-20	CK-22
Kayac												
SiO ₂	61.65	61.52	62.21	62.46	61.86	62.59	65.86	66.55	66.84	66.32	65.73	67.01
Al ₂ O ₃	17.02	16.38	15.99	15.61	17.03	16.68	15.56	16.26	15.60	15.55	15.90	15.15
Fe ₂ O ₃	5.10	4.88	4.59	4.06	4.71	4.30	4.19	2.51	3.11	3.62	3.96	3.55
MgO	2.40	2.38	2.21	2.35	2.57	2.47	1.97	2.25	1.75	1.43	2.00	1.61
CaO	4.65	4.23	4.61	4.02	5.00	4.32	3.35	4.53	5.42	3.56	4.10	2.20
Na ₂ O	4.24	4.11	3.95	4.03	3.98	3.96	4.05	4.35	4.01	3.99	3.97	3.87
K ₂ O	2.17	2.25	2.26	2.11	2.71	3.18	2.71	0.65	0.60	2.54	2.34	3.27
TiO ₂	0.63	0.62	0.61	0.54	0.64	0.58	0.52	0.48	0.43	0.46	0.49	0.44
P ₂ O ₅	0.18	0.15	0.16	0.15	0.17	0.16	0.13	0.13	0.11	0.13	0.13	0.11
MnO	0.08	0.07	0.08	0.06	0.06	0.05	0.05	0.02	0.02	0.05	0.07	0.04
Cr ₂ O ₃	<0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	<0.002	<0.002	0.002	<0.002	0.002	0.002	<0.002
AK	1.6	3.2	3.1	4.4	1.0	1.5	1.4	2.1	1.9	2.2	1.1	2.5
Topla	99.81	99.83	99.86	99.84	99.82	99.82	99.82	99.81	99.84	99.87	99.82	99.84
Ba	483	439	470	282	561	583	514	44	38	486	469	559
Ni	<20	<20	<20	<20	21	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Sc	10	11	10	9	10	9	9	8	7	7	8	7
LOI	1.6	3.2	3.1	4.4	1.0	1.5	1.4	2.1	1.9	2.2	1.1	2.5
Topla	99.81	99.83	99.86	99.84	99.82	99.82	99.82	99.81	99.84	99.87	99.82	99.84
Be	2	1	1	1	<1	<1	<1	3	2	<1	<1	2
Co	38.0	42.7	21.9	35.3	27.8	29.9	64.6	77.9	45.6	35.7	67.9	33.6
Cs	0.6	1.2	1.4	1.1	0.4	0.4	0.7	0.2	0.2	0.6	0.5	0.8
Ga	16.1	15.4	14.8	14.3	16.2	16.1	14.6	13.7	14.1	15.0	14.8	13.5
Hf	4.3	3.2	3.3	4.0	4.3	4.7	4.5	3.8	3.8	2.8	3.7	3.5
Nb	9.9	11.4	9.9	9.6	12.1	9.8	10.3	9.8	9.9	11.3	10.1	10.3
Rb	45.0	43.8	43.5	48.0	54.9	60.6	57.1	18.5	20.1	48.0	47.4	60.5
Sn	<1	<1	<1	<1	1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sr	538.7	396.4	395.8	244.8	510.3	516.2	405.8	419.7	438.0	365.2	419.5	474.9
Ta	0.6	0.8	1.1	0.8	1.0	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	0.8	0.9
Th	7.2	6.3	8.4	7.4	9.9	9.6	11.2	11.5	9.7	14.5	11.3	13.8
U	1.6	1.3	2.9	1.5	3.0	2.8	2.4	3.0	2.5	1.9	2.3	2.6
V	89	105	116	87	120	96	95	63	70	72	68	63
W	274.5	302.9	113.4	270.0	150.0	170.9	455.5	578.0	343.7	276.3	462.8	271.3
Zr	164.9	128.6	126.3	152.0	168.2	187.7	171.4	137.2	141.2	105.1	143.8	136.8
Y	14.1	13.3	13.6	12.5	15.5	13.7	13.8	12.4	12.5	12.1	12.9	10.8
La	25.0	17.0	19.4	27.2	24.9	33.6	23.3	18.7	23.6	24.8	24.6	31.3
Ce	48.0	35.1	39.1	51.6	50.0	58.6	42.9	36.5	42.1	44.3	46.1	54.7
Pr	5.16	4.12	4.32	5.21	5.45	5.82	4.59	3.81	4.30	4.41	4.73	5.30
Nd	18.5	16.5	16.0	18.2	20.1	20.9	16.1	13.5	14.6	15.5	16.3	17.1
Sm	3.29	3.16	2.99	3.06	3.45	3.21	2.95	2.47	2.41	2.57	2.86	2.60
Eu	0.99	0.94	0.82	0.80	1.05	1.00	0.77	0.76	0.77	0.84	0.81	0.76
Gd	2.95	2.78	2.53	2.76	3.15	2.85	2.71	2.47	2.37	2.33	2.61	2.11
Tb	0.41	0.38	0.38	0.38	0.43	0.38	0.38	0.33	0.34	0.33	0.34	0.31
Dy	2.46	2.52	2.35	2.29	2.62	2.52	2.31	2.03	1.97	1.92	2.26	1.88
Ho	0.50	0.50	0.45	0.43	0.54	0.46	0.47	0.43	0.40	0.41	0.44	0.36
Er	1.49	1.40	1.33	1.38	1.56	1.39	1.33	1.29	1.19	1.23	1.37	1.15
Tm	0.22	0.21	0.22	0.20	0.24	0.21	0.22	0.19	0.20	0.18	0.21	0.18
Yb	1.44	1.40	1.40	1.36	1.70	1.46	1.54	1.36	1.43	1.24	1.51	1.21
Lu	0.24	0.22	0.23	0.23	0.25	0.23	0.25	0.22	0.22	0.22	0.23	0.21
Mg#	0.48	0.49	0.49	0.53	0.52	0.53	0.48	0.64	0.53	0.44	0.5	0.47
ASI	0.9573	0.9699	0.9229	0.9622	0.9170	0.9365	0.9919	1.0102	0.9122	0.9850	0.9625	1.0894

Fe₂O₃^{top}: Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. **AK:** Ateşte kayıp. Toplam uçucu içeriği.

Mg# = 100xMgO/(MgO+Fe₂O₃). **ADI:** Alkali Doygunluk İndeksi.

3.3. Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'nin Petrojenetik Modeli

3.3.1. Petrojenetik Model ve Olası Protolitler

İntrüzif kayaçları oluşturan magmaların oluşumları ve sokulum yaptıkları jedine dinamik ortamlar, oldukça tartışmalı olmakla birlikte birçok çalışmaya konu olmuştur. Bununla birlikte granitoid magmaların oluşumları için literatürde oldukça fazla sayıda model savunulmuştur. Bunlar; 1) kabuk türevli ergiyiklerin farklılaşması süreçleriyle (Chappell ve White, 1992), 2) manto kökenli bazik karakterli magmanın fraksiyonlaşmalarıyla (Turner vd., 1992; Han vd., 1997) ve 3) kabuk ve manto kökenli magmaların karışarak tek bir hibrit ana magma meydana getirmesi ve oluşan hibrit magmanın evrimleşmesiyle (Poli ve Tommasini, 1991; Karşı vd., 2007) oluşan modellerdir. Bu tez kapsamında şimdiye kadar elde edilen bulgular, bölgesel literatür bilgilerine de dayanarak, önerilen ilk iki modelin bu kayaçların oluşumu için daha tutarlı olabileceği anlaşılmakla birlikte, elde edilen bulgular aşağıda detaylı tartışılmıştır.

3.3.2. Magma Farklılaşması ve Karışımı

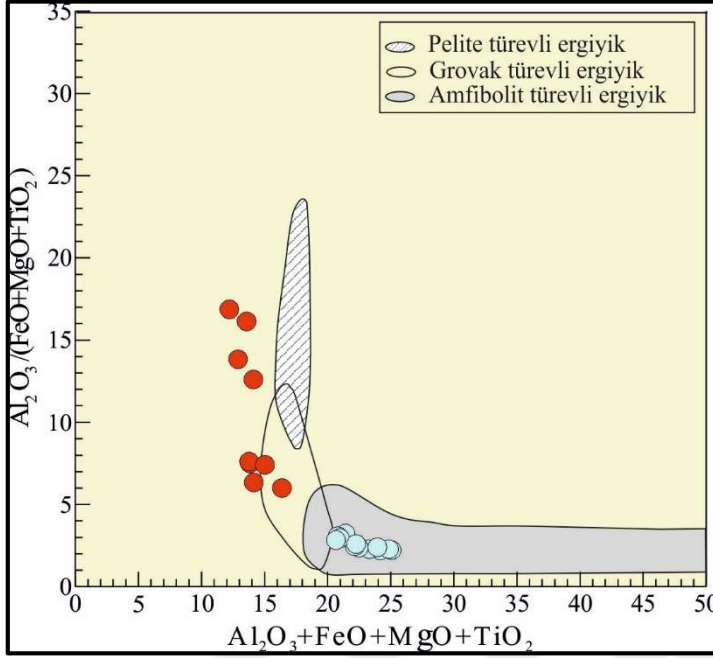
Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi içinde yer Karbonifer ve Geç Jura kayaçlarının ana oksit içeriklerine dayalı olarak hazırlanan Harker ikili değişim diyagramlarına değerlendirildiğinde; artan SiO_2 içeriğine karşın, Al_2O_3 , MgO , CaO , TiO_2 , P_2O_5 , MnO ve $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{top}}$ içeriklerinde zayıf negative yönseme oluşmuş iken; Na_2O ve K_2O değerleri zayıf pozitif yönsemeler göstermiştir (Şekiller 17). Bu yösemeler, söz konusu kayaçları oluşturan magmaların kısmen amfibol, Fe-Ti oksit, plajiyoklas ve apatit fraksiyonlaşması evrimlerini yaşamış olabileceğine işaret etmektedir. İntrüzif kayaçların çoklu element diyagramlarında göstermiş oldukları negative Ti modelleri (Şekil 18), Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının varlığına işaret eder. Ancak bu tür anomaliler, kabuksal kontaminasyon sonucunda da oluşabilmektedir. Negative Ba ve Eu anomalileri, negative CaO ilişkisi ile uyumluluk sunmakla birlikte, Karbonifer kayaçların oluşumunda feldspat fraksiyonlaşmasının önemli rol oynadığını göstermektedir. Tüm bu bulgularla birlikte, SiO_2 içeriğine karşın, sabit kalan Nb/La ve U/Nb oranları, fraksiyonel kristallenmenin kayaçların oluşumunda önemli bir süreç olduğuna işaret etmekle birlikte, Th/La oranına

karşın gözlenen hafif pozitif yönseme, yine oluşum sırasında bir miktar kabuksal kirlenmenin oluşmuş olabileceğine işaret etmektedir (Şekil 18k,l,m).

3.3.3. Kökensel Özellikler

Sakarya Zonu'nun doğu kesimlerinde yüzeyleme veren Karbonifer ve Geç Jura yaşlı kayaçlar genel olarak düşük ve yüksek SiO_2 ve MgO içeriğine sahiptirler. Karbonifer kayaçları, bu özellikleri ile tipik kabuksal kökenli bir protoliti andırırken, Geç Jura kayaçları manto ergiyiklerinden evrimleşerek türeyen kayaçlara benzemektedirler. Ancak, kayaçların değişken $\text{Mg\#}$ değerleri ve düşük Ni (<20 ppm) içerikleri, kayaçları oluşturan magmaları ilksel özelliklerini evrimleşerek yitirdiklerini, bu süreçte özellikle feldispat, amfibol ve piroksen fraksiyonlaşmasının etkin olduğu anlaşılmaktadır. Manto türevli magmaların birçoğunun kıtasal ortamlarda yükseldiği düşünüldüğünde, kabuksal kontaminasyona uğramaları oldukça muhtemeldir. Geç Jura kayaçları tipik litosferik manto kaynak kayacının kısmi ergimesiyle gelişmiş ürünlere benzerler. Karbonifer kayaçları ise; daha çok felsik bileşimli orta kabuk kayayacının ergimesiyle oluşmuş ürünlere benzemektedirler. Bu olgu, Karbonifer kayaçlarının Geç Jura kayaçlarına göre daha az zenginleşmiş büyük iyon yarıçaplı litofil element patternleri ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. Örneklerin yüksek La/Ta (>25) içerikleri, astenosferik türevli ergiyikler ($\text{La/Ta} \approx 10$; Thompson ve Morrison, 1988) ile uyumsuzdur. Geç Jurakayaçların yüksek La/Nb oranları, litosferik manto kaynağı için DePaolo ve Daley (2000) tarafından önerilen 1 den büyük olma şartı ile uyumludur. Tüm bu özellikler Geç Jura kayaçların astenosferik bir mantodan ziyade litosferik bir manto kaynağından kısmi ergime sonrası evrimleşmeye uğrayarak türemiş olabileceklerine işaret etmektedir. Patiño Douce (1999) tarafından yapılan ve deneysel olarak türetilmiş ergiyikler ile Çamlıkaya Intrüzif Kompleksi'ne ait Karbonifer ve Geç Jura kayaçları karşılaştırıldığında, Geç Jura örneklerinin düşük $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2)$ oranı ve yüksek $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2$, Karbonifer kayaçlarının ise yüksek $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2)$ oranı ve düşük $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2$, değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. Örneklerinin bu karakterleri, grovak ve amfibolit türevli deneysel ergiyikler ile benzerlik sunmaktadır (Şekil 19). Tüm bu sonuçlar, Karbonifer kayaçların, alt kabuktan ziyade orta kabuk felsik protolitinin kısmi ergimesiyle, Geç Jura kayaçların ise amfibolitik kompozisyona

benzeyen bazik karakterli litosferik manto kaynağından türemiş olmaları yüksek ihtimaldir.



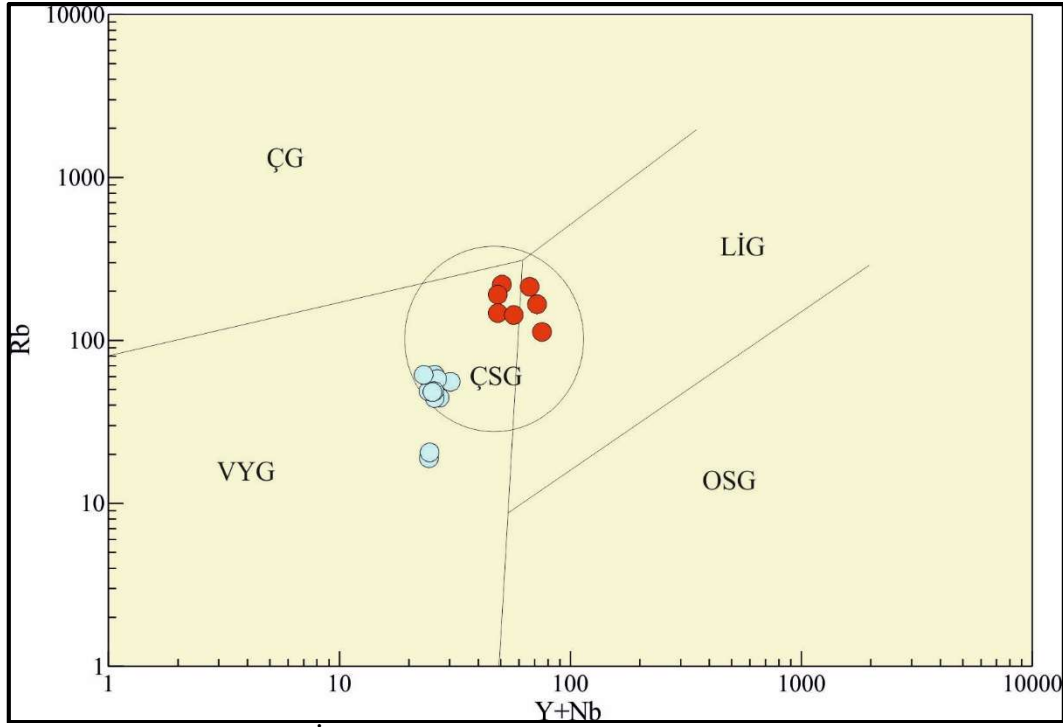
Şekil 19. Çamlıkaya İntüzif Kompleksi'ne ait kayaçların $Al_2O_3/(FeO+MgO+TiO_2)$ oranına karşın $Al_2O_3+FeO+MgO+TiO_2$ oranı değişim diyagramındaki yerleri. Deneysel olarak üretilmiş pelit, grovak ve amfibolit ergiyiği alanları Patiño Douce (1999)'dan alınmıştır.

3.4. Çamlıkaya İntüzif Kompleksi'nin Jeodinamik Evrimi

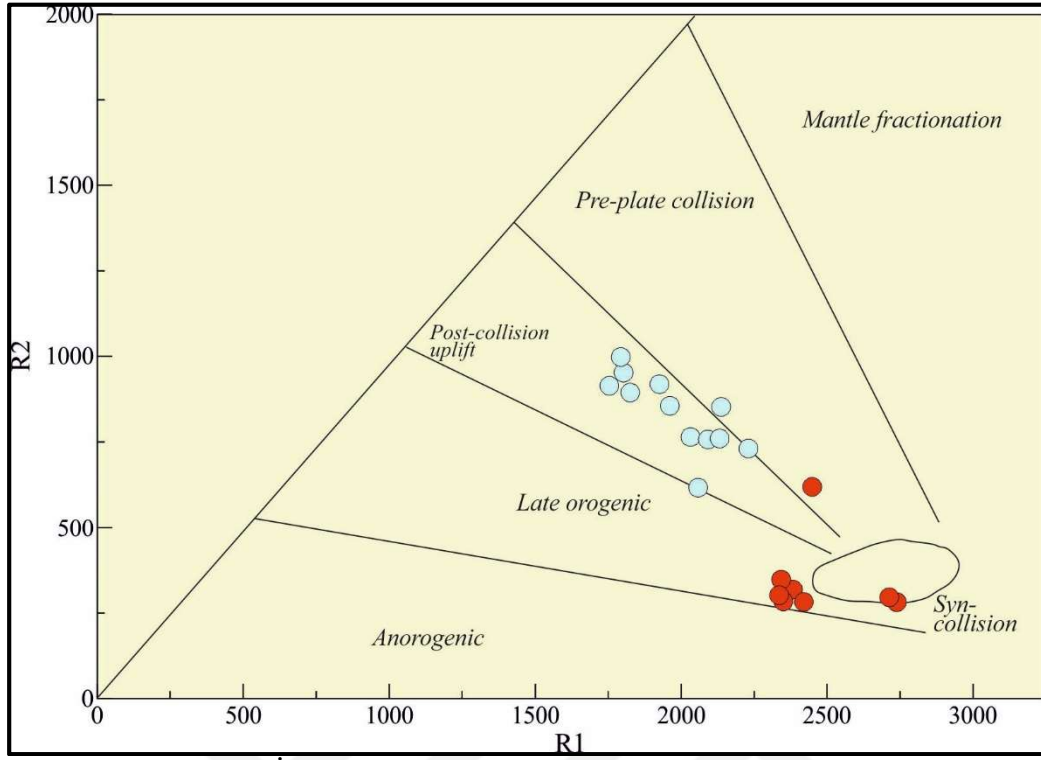
Bu Yüksek Lisans tez çalışmasının materyalini oluşturan ve Sakarya Zonu'nun kesimlerinde yüzeylenen Karbonifer ve Geç Jura kayaçları, hemen hemen Sakarya Zonu'nun tamamında nadir gözlenen kayaçlardır. Bu sebeple, Sakarya Zonu'nda Karbonifer ve Geç Jura süreçlerinde oluşan magmatizmanın oluşumunu sağlayan ısı kaynağı ya da kaynakları ve bunlarla ilişkili dinamik model oldukça tartışmalı olup; günümüze değin sözü edilen zaman dilimleri için bölgede çok az çalışma gerçekleştirilmiş ve bununla ilişkili modeller önerilebilmiştir. Sakarya Zonu'nun Geç Jura magmatik aktivitesi kalk-alkalen karakterli olup, çarpışma sonrası ortamı temsil ettiği sınırlı verilerle de olsa daha önce savunulmuştur (Dokuz vd., 2010). Söz konusu magmatik aktivitenin jeokimyasal karakteri, bu zaman dilimine ait kayaçların genişlemeli ortamda oluşmuş olduklarına işaret etmektedir. Sakarya Zonu'nun doğusu ve Doğu Pontidler olarak kabul edilen bölgede, Geç Karbonifer-Geç Triyas-Erken Jura

magmatizmasının gelişim dönemi için iki karşıt ileri sürülmüştür: (1) Paleotetis olarak kabul edilen okyanus kabuğunun güney yönlü yitimi ile okyanusun kapanması modeli (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör vd., 1984; Yılmaz vd., 1997; Dokuz vd., 2010; Karlı vd., 2014) ve (2) Paleozoyik'ten Erken Paleosen'e kadar tek bir okyanusun varlığı kabul edilerek, söz konusu okyanus kabuğunun kuzeye doğru yitime uğraması ve okyanusun kapanması modeli (Robinson vd., 1995; Ustaömer ve Robertson, 2010). Okyanus kabuğunun güney yönlü yitim modelinde, Geç Paleozoyik-Erken Mesozoyik süreçleri boyunca, Pontidleri Gondwana'nın kuzey kenarı olarak kabul etmekte ve Orta Jura sürecine kadar Paleotetis okyanusunun güneye doğru Gondwana kıtasının altına yittiğini önermektedir. Bu olay, kıtasal bloğun kırılmasına neden olmakta ve böylece Kimmerid kıtası oluşmuş olduğu savunulmaktadır (Şengör, 1979). Bu zaman sürecinde, aktif kıtanın arka kısmında kıta içi yay gerisi havza açılmaya başlayarak Neotetisin oluşumu için ilk adım atılmıştır. Böylece Orta Jura'da Paleotetis okyanusu kapanarak Pontidlerin Lavrazya ile çarpışması gerçekleşmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör vd., 1984; Yılmaz vd., 1997; Dokuz vd., 2010). Bu çarpışma olgusunun en önemli delillerinden biri, Dokuz vd., (2010) tarafından Yusufeli yöresinde tanımlanan çarpışma karakterli granitoid kayaçların varlığıdır. Bununla birlikte, güney yönlü yitim modeline göre, Paleotetis okyanusunun kuzey kenarı pasif olduğu için yiten okyanus kabuğu zamanla daha soğuyacak ve yaşlanacaktır. Dolayısıyla, bu olgu yitim açısının gittikçe dikleşmesine neden olacaktır (Vlaar, 1989). Böylece, yiten kabuğun eğrilerek geri dönmesi (roll-back) meydana gelecektir. Bu yolla üstleyen kıtada gerilmeli hareketler başlayacak ve incelmeye devam ederek, yiten kabuk üzerinde sıcak mantoya bağlı olarak ergimeler meydana gelmiş olacaktır (Hall vd., 2003). Karlı vd., (2014), Sakarya Zonu'nun doğu kesimlerinde genişlemeli tektonik fazın ilk safhalarına karşılık gelen Geç Triyas-Erken Jura yitim ilişkili kalk-alkalen lamprofir stokları belirlemiştir. Bu bulgu, söz konusu dönemde yitim sürecinin devam etmiş olabileceği ile ilgili önemli bir delil kabul edilmektedir. Geç Karbonifer döneminde tanımlanan Gümüşhane ve Köse Plütonları ise çarpışma sonrası granitler olarak kabul edilmiştir (Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011). İncelenen Karbonifer ve Geç Jura kayaçları, Pearce vd., (1984) ve Pearce (1996) tarafından türetilen tektonik ayırtman diyagramlarındaki konumları, çarpışma sonrası granitler ile benzeşmektedir (Şekil 20). Kayaçların, Batchelor ve Bowden (1985) diyagramındaki konumları çarpışma sonrası granitler ile uyumludur (Şekil 21). Bu olgu, paleocoğrafik konstriksiyonlarda dikkate alındığında; Çamlıkaya İntrüzifi'ni oluşturan

Karbonifer temel kayaçları, Rheik Okyanusu'nun tamamen kapanma sürecini takip eden kıta-kıta çarpışması sonrasındaki dönemde geliştikleri anlaşılmaktadır. Karbonifer temel kayaçlarını dayklar halinde dilimleyen Geç Jura kayaçlarının ise yine Paleotetis Okyanusu'nun güney yönlü bir yitimle tamamen kapanması sonucu oluşan çarpışmayı takip eden genişlemeli safhada oluştukları anlaşılmaktadır.



Şekil 20. Çamlıkaya İntruzif Kompleksi'ne ait kayaçlarının; Rb'a karşın Y+Nb, diyagramındaki (Pearce, 1996; Pearce vd., 1984) yerleri. VYG: Volkanik yay granitoidleri, LiG: Levha içi granitoidleri, ÇG: Çarpışma granitoidleri, OSG: Okyanus sırtı granitoidleri, ÇSG: Çarpışma sonrası granitoidleri.



Şekil 21. Çamlıkaya İntruzif Kompleksi'ne ait kayaçlarının; Batchelor ve Bowden (1985) ($R1 - R2$) diyagramındaki yerleri. $R1 = 4Si - 11(Na + K) - 2(Fe + Ti)$; $R2 = 6Ca + 2Mg + Al$.

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Sakarya Zonu'nun doğu kesiminde Çamlıkaya (İspir-Erzurum) yöresinde yüzeylenen intruzif kütleyle konu seçen bu Yüksek Lisans tezi kapsamında yukarıda sözü edilen jeokimyasal analiz teknikleri kullanılarak, Sakarya Zonu'da Karbonifer ve Geç Jura granitoid kayaçların petrojenezleri ve bu kayaçların oluştuğu periyod için aşağıdaki bulgular elde edilmiş ve özetlenmiştir.

Sakarya Zonu'nun doğusunda geniş bir alanda yayılım gösteren Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'nden derlenen örneklerden elde edilen zirkon kristalleri üzerinde LA-ICP-MS U-Pb yöntemiyle elde edilen yaşlar, 344.8 ± 5.9 (Karbonifer) ve 152.7 ± 2.2 (Geç Jura) milyon yıldır.

Karbonifer yaşlı kayaçlar genellikle peralumin karakterli, kalk-alkalinden şošonitik bileşime kadar değişim sunan granitlerden oluşurken; Geç Jura Kayaçları genellikle metalumin karakterli olup, kalk-alkalin ve yüksek K kalk-alkalin özellikli tonalit ve granodiyoritlerden oluşmuştur. Kayaçları tamamı I-tipi granit özelliği sunmaktadır.

Tüm bu verilere dayanarak, paleocoğrafik rekonstrüksiyonlar da dikkate alındığında; Çamlıkaya İntrüzifi'ni oluşturan orta kabuk türevli kayaçların kısmi ergimesiyle oluşan ana magmanın fraksiyonlaşması ve azda olsa kabuksal kirlenmesiyle oluşan granit bileşimli Karbonifer temel kayaçları, Rheik Okyanusu'nun tamamen kapanma sürecini takip eden kıta-kıta çarpışması sonrasındaki dönemde geliştikleri anlaşılmaktadır. Karbonifer temel kayaçlarını dayklar halinde dilimleyen; zenginleşmiş bir manto kamasının kısmi ergimesi neticesinde oluşan bazik ana magmanın fraksiyonlaşması ile oluşan granodiyorit ve tonalit bileşimli Geç Jura kayaçlarının ise yine Paleotetis Okyanusu'nun güney yönlü bir yitimle tamamen kapanması sonucu oluşan çarpışmayı takip eden genişlemeli safhada oluştukları sonucuna varılmıştır.

5. ÖNERİLER

Bu yüksek lisans tez çalışmasına konu olan, Sakarya Zonu'nun doğu kesiminde Geç Karbonifer ve Geç Jura zaman dilimlerinde İspir (Erzurum) yöresinde sokulum yapmış olan Çamlıkaya İntüzif Kompleksi;

-Jeokronolojik açıdan daha detaylı çalışılarak; söz konusu intrüzif kompleksin içinde farklı fazların gelişip gelişmediği oryataya konulabilir.

-Kuzey güney yönlü hatlar boyunca Lu-Hf izotopları değerlendirilerek, dinamik açıdan daha detaylı bilgiler elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- Adamia, S., Lordkitnidze, M.B. and Zakariadze, G.S., 1977.** Evolution of an active continental margin as exemplified by the alpine history of caucasus. *Tectonophysics*, 40, 183-189.
- Ağar, Ü., 1977.** Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstanbul, Türkiye, 56 s.
- 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, Türkiye, 82 s.
- Altherr, R., Topuz G., Siebel W., Şen, C., Meyer, H.P. and Satır, M., 2008.** Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic characteristics of Paleocene plagioclites from the Eastern Pontides (NE Turkey). *Lithos*, 105, 149-161.
- Altın, İ.E., 1970.** İkizdere granit karmaşığı. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, 35, 161-167.
- Andersen, T., 2002.** Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report ²⁰⁴Pb. *Chemical Geology*, 192, 1-2, 59-79.
- Arslan M., Tüysüz N., Korkmaz S. and Kurt, H., 1997.** Geochemistry and petrogenesis of the eastern pontide volcanic rocks, Northeast Turkey. *Chemie der Erde-Geochemistry*, 57, 157-187.
- Arslan, M. and Aslan, Z., 2006.** Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of the tertiary granitic intrusions in the Eastern Pontides, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 177-193.
- Aydin, F., 2003.** Değirmendere Vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD Türkiye) Volkanitlerinin Mineral Kimyası, Petrolojisi ve Petrojenezi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 203 s.
- Aydin, F., Karlı, O. and Chen, B., 2008.** Petrogenesis of the Neogene alkaline volcanics with implications for post-collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey. *Lithos*, 104, 249-266.
- Aydınçakır, E. and 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.

- Batchelor, R.A. and Bowden, P., 1985.** Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, 48, 43–55.
- Boynukalm, S., 1990.** Dereli (Giresun) Baraj Yeri ve Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi Ve Çevre Kayaçlarının Jeomekanik Özellikleri, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 255 s.
- Boynton, W.V., 1984.** Cosmochemistry of the rare earth elements. *Meteorite Studies*. In: Henderson P (ed) *Rare Earth Element Geochemistry*. Elsevier, Amsterdam, pp 63–114.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R., Wagner, G.A. and 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. and Iskenderoğlu, A., 2006.** Geochemical characteristics of the composite Kaçkar Batholith generated in a neo-tethyan convergence system, Eastern Pontides, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 286-302.
- Boztuğ, D. and Harlavan, Y., 2008.** K-Ar ages of granitoids unravel the stages of neo-tethyan convergence in the eastern pontides and central Anatolia, Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 97, 585-599.
- Bulguroğlu, N., 1991.** Düzköy-Çayırbağ Yöresinin Jeolojik İncelemesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 80 s.
- Chappell, B.W. and White, A.J.R., 1992.** I- and S-type granites in the Lachlan fold belt. *Royal Society of Edinburgh Transactions*, 83, 1–26.
- Çamur, M.Z., Güven, İ.H. and Er, M., 1996.** Geochemical characteristics of the eastern pontide volcanics, Turkey. an example of multiple volcanic cycles in the arc evolution. *Turkish Journal of Earth Science*, 5, 123-144.
- 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.
- Çoban, H., 1997.** Olucak (Gümüşhane) ve Dolayının Jeolojisi, Petrografisi ve Jeokimyası. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye, 257 s.
- Çoğulu, E., 1975.** Gümüşhane ve Rize bölgelerinde petrolojik ve jeokronometrik araştırmalar. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını, no. 1034, İstanbul.

- DePaolo, D.J. and Daley, E.E., 2000.** Neodymium isotopes in basalts of the southwest basin and range and lithospheric thinning during continental extension. *Chemical Geology*, 169,157–185.
- Dewey, J.F., Pitman, W.B.F. and Bonnin, J., 1973.** Plate tectonics and evolution of the Alpine system. *Geological Society of America Bulletin*, 84, 3137-3180.
- Dokuz, A. and Tanyolu, E., 2006.** Geochemical constraints on the provenance, mineral sorting and subaerial weathering of Lower Jurassic and Upper Cretaceous clastic rocks of the Eastern Pontides, Yusufeli (Artvin), NE Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 15, 181-209.
- Dokuz, A., Karsli, O., Chen, B. and 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.
- Dokuz, A., Aydin, F. and Karsli, O., 2019.** Postcollisional transition from subduction-to intraplate-type magmatism in the eastern Sakarya zone, Turkey. Indicators of northern Neotethyan slab breakoff. *Geological Society of America Bulletin*, <https://doi.org/10.1130/B31993.1>.
- Eğin, D., Hirst, D.M. and Phillips, R., 1979.** The petrology and geochemistry of volcanic rocks from the northern Harşit River Area, Pontid Volcanic Province, Northeast Turkey. *Journal of Volcanology and GeoThermal Research*, 6, 105-123.
- Eren, M., 1983.** Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 86 s.
- Gürsoy, H., Öztürk, A. ve İnan, S., 1993.** Kelkit (Gümüşhane) ve yakın dolayının tektonostratigrafik gelişimi, A. Suat Erk Sempozyumu, Bildiriler, 53-64.
- Güven, İ.H., 1993.** Doğu pontidlerin jeolojisi ve 1/250.000 ölçekli kompilasyonu, Maden Tetkik Arama Yayınları, Ankara.
- Güven, İ.H, Nalbantoğlu, A.K. ve Takaoglu, S., 1998.** 1/100.000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji harita serisi.
- Hall, C.E., Gurnis, M., Sdrolas, M., Lavier, L. and Müller, R.D., 2003.** Catastrophic initiation of subduction following forced convergence across fracture zones. *Earth and Planetary Science Letters*, 212, 15 – 30.

- Han, B., Wang, S., Jahn, B., Hong, D., Kagami, H. and Sun, Y., 1997.** Depleted-mantle source for the Ulungur River A-type granites from North Xinjiang, China, geochemistry and Nd-Sr isotopic evidence and implications for Phanerozoic crustal growth. *Chemical Geology*, 138, 135-159.
- Hisarlı, Z.M., 2010.** Paleomagnetic constraints on the late Cretaceous and Early Cenozoic tectonic history of the Eastern Pontides. *Journal of Geodynamics*, 52, 2, 114-128.
- Kahraman, İ., Çınar, S., Yılmaz, B.S., Karanis, H.A., Köse Z., Genç, İ. ve Dursun, A., 1986.** Rize-İspir arasındaki Cu-Mo, Cu-Pb-Zn, Fe ve Mn cevherleşmelerine ait maden jeolojisi raporu Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü JD-358.
- Kandemir, R., 2004.** Gümüşhane Yakın Yörelerindeki Erken-Orta Jura Yaşlı Şenköy Formasyonu'nun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 274 s.
- Kandemir, R. and 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. and Lerosey-Aubril, R., 2011.** First Report of a Trilobite in the Carboniferous of Eastern Pontides, NE Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 20, 179-183.
- Karlı, O., Aydın F. and 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. and 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. and Wijbrans, J.R., 2010a.** 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. and Wijbrans, R.J., 2010b.** 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. and Wijbrans, J., 2011.** Adakite-like Granitoid Porphyries in Eastern Pontides, NE

- Turkey: Potential Parental Melts and Geodynamic Implications. *Lithos*, 127, 354-372.
- Karsli, O., Dokuz, A., Kaliwoda, M., Uysal, I., Aydin, F., Kandemir, R. and Fehr, K.T., 2014.** Geochemical fingerprints of Late Triassic calc-alkaline lamprophyres from the Eastern Pontides, NE Turkey: A key to understanding lamprophyre formation in a subduction-related environment. *Lithos*, 196, 181-197.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Şen, C. and 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. and Aydınçakır, E., 2011.** Petrogenesis of a Late Cretaceous composite pluton from the eastern Pontides, The Dağbaşı pluton, NE Turkey. *Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen, Journal of Mineralogy and Geochemistry*, 188, 3, 211-233.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Wolfgang, S., Sipahi, F. and İlbeyli, N., 2012.** Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, Eastern Pontides, Turkey. *International Geology Reviews*, 54, 15, 1776-1800.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Sipahi, F. and 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.
- Kazmin, V.G., Sbertshikov, I.M., Ricou, L.E., Zonenshain, L.P., Boulin, J. and Knipper, A.L., 1986.** Volcanic belts as markers of the Mesozoic-Cenozoic active margin of Eurasia. *Tectonophysics*, 123, 123-152.
- Ketin, İ., 1951.** Bayburt bölgesinin jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, Seri B, Cilt XVI, 113-127.
- Konak, N., Hakyemez, Y., Bilgiç, T., Bilgin, R., Hepşen, N. ve Ercan, T., 2001.** Kuzeydoğu pontitlerin (Oltu-Olur-Şenkaya-Narman-Tortum-Uzundere-Yusufeli) jeolojisi. MTA Rapor No:10489 Ankara.
- Korkmaz, S. ve Baki, Z., 1884.** Demirözü (Bayburt) yöresinin stratigrafisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 5, 107-115.
- Korkmaz, S., 1993.** Tonya-Düzköy (GB-Trabzon) stratigrafisi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 36, 151-158.
- Ludwig, K.R., 2003.** User's manual for Isoplot/Ex, Version 3.00, A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley, Berkeley Geochronology Center Special Publication.
- Maniar, P.D. and Piccoli, P.M., 1989.** Tectonic discrimination of granitoids. *Geological society of America*, 101, 5, 635-643.

- Middlemost, E.A.K., 1994.** Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth Science Reviews*, 37, 215-224.
- Okay, A.I. and Şahintürk, Ö., 1997.** Geology of the Eastern Pontides. In, Robinson, A.G.,(Ed.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and surrounding Region*, American Association of Petroleum Geologists Memoir, 68, 291-310.
- Okay, A.I., Şahintürk, Ö. and Yakar, H., 1997.** Stratigraphy and tectonics of the Pulur (Bayburt) region in the eastern Pontides. *Mineral Research Exploration Bulletin*, 119, 1-24.
- Okay, A.I. and Tüysüz, O., 1999.** Tethyan Stures Northern Turkey. In “The Mediterranean Basins: Tertiary Extension Within The Alpine Orogen”. Geological Society, London, Special Publication, 156, 475-515.
- Okay, A.I. and Topuz, G., 2017.** Variscan orogeny in the Black Sea region. *International Journal of Earth Sciences*, 106, 2, 569-592.
- Patiño Douce, A.E., 1999.** What do experiments tell us about the relative contributions of crust and mantle to the origin of granitic magmas? Geological Society, London, Special Publications, 168, 55-75.
- Pearce, J.A., 1996.** A users guide to basalt discrimination diagrams. In Wyman, D. A., ed. *Trace element geochemistry of volcanic rocks: applications for massive sulphide exploration*. Geological Association Canadian Short Course Notes, 12, 79–113.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. and Tindle, A.G., 1984.** Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of petrology*, 25, 956-983.
- Peccerillo, A. ve Taylor, S.R., 1976.** Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from Kastamonu area, northern Turkey. *Contribution Mineralogy Petrology*, 58, 63-81.
- Pelin, S., 1977.** Alucra (Giresun) guneydoğu yöresinin petrol olanakları bakımından jeolojik incelemesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayını, Trabzon, no. 87.
- Poli, G. and Tommasini, S., 1991.** Model for the origin and significance of microgranular enclaves in calc-alkaline granitoids. *J. Petrol.* 32, 657–666.
- Pupin, J.P., 1980.** Zircon and granite petrology. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 73, 207-220.
- Robinson, A.G., Banks, C.J., Rutherford, M.M. and Hirst, J.P.P., 1995.** Stratigraphic and structural development of the Eastern Pontides, Turkey. *Journal of Geological Society of London*, 152, 861-872.

- Sun, W. and McDonough, M., 1989.** Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. Geological Society London Special Publications, 42, 1.
- Şen, C., Arslan, M. and Van, A., 1999.** Geochemical and petrological characteristics of the Eastern Pontide Eocene (?) alkaline volcanic province, NE Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 7, 3, 231-240.
- Şengör, A.M.C., 1979.** The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance. Journal of the Geological Society, 136, 3, 269-282.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981.** Tethyan evolution of Turkey, a plate tectonic approach. Tectonophysics, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. and Sungurlu, O., 1984.** Tectonics of the mediterranean cimmericides, nature and evolution of the western termination of Palaeo-Tethys. Geological Society, London, Special Publications, 17, 1, 77-112.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F., 1985.** Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. Special Publications of SEPM.
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Genç, T. and 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.
- Taşlı, K., 1990.** Gümüşhane- Bayburt Yörelerindeki Üst Jura- Alt Kretase Karbonat İstiflerinin Stratigrafik, Paleocoğrafik ve Mikropaleontolojik İncelemesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 187 s.
- Thompson, R.N. and Morrison, M.A., 1988.** Asthenospheric and lower-lithospheric mantle contributions to continental extensional magmatism, an example from the British Tertiary Province. Chemical Geology, 68, 1-2, 1-15.
- Tokel, S., 1977.** Doğu Karadeniz bölgesinde Eosen yaşlı kalk-alkalen andezitler ve jeotektonizma. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 20, 49-54.
- Topuz, G., 2000.** Zur Petrologie Der Metamorphengesteine Des Pulur-Massivs, Ostliche Pontiden, NE-Turkei, Doktora Tezi, Universität Heidelberg, 270.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satir, M. and 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. and Meyer, H.P., 2007.** Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtoğlu metamorphic complex. Gümüşhane

- area, eastern Pontides, Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 96, 861-873.
- Topuz, G., Altherr, R., Wolfgang S., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasözbe, A., Mathias, B., Satir, M. and Şen, C., 2010.** Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the eastern Pontides, the Gümüşhane Pluton (NE Turkey). *Lithos*, 116, 92-110.
- Topuz, G., Okay, A.I., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Zack, T., Satir, M. and Şen, C., 2011.** Post-Collisional adakite-like magmatism in the Ağvanis Massif and implications for the evolution of the Eocene magmatism in the eastern Pontides (NE Turkey). *Lithos*, 125, 131-150.
- Turner, S., P., Foden, J.D. and 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.
- Türk, E., 2009.** Geç Kretase Yaşlı Çatak Formasyonu (Maçka-Trabzon) Çeşmeler Üyesinin Foraminifer Faunası ve Biyostratigrafisi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 63 s.
- Ustaömer, T. and 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.
- Ustaömer, T. and Robertson, A.H.F., 2010.** Late Palaeozoic-Early Cenozoic tectonic development of the Eastern Pontides (Artvin area), Turkey, stages of closure of Tethys along the southern margin of Eurasia. *Geological Society, London, Special Publications*, 340, 281-327.
- Ustaömer, T., Robertson, A.H.F., Ustaömer, P.A., Gerdes, A. and Peytcheva, I., 2013.** Constraints on variscan and Cimmerian magmatism and metamorphism in the Pontides (Yusufeli–Artvin area), NE Turkey from U–Pb dating and granite geochemistry. *Geological Society, London, Special Publications*, 372, 49-74.
- Van, A., 1990.** Doğu Pontid Kuşağında Artvin Bölgesinin Jeokimyası, Petrojenezi ve Masif Sülfür Mineralizasyonları, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 220 s.
- Vlaar, N.J., 1989.** Subduction of young lithosphere: Lithospheric doubling, a possible scenario. In, Hart S.R., Gülen L. (eds) *Crust/Mantle Recycling at Convergence Zones*. NATO ASI Series (Series C, Mathematical and Physical Sciences), 258, 65-74.
- Yalçınalp, B., 1995.** Doğu pontidlerde porfiri Cu-Mo mineralleşmeleri içeren granitoidlerin jeokimyasal özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 38, 25-32.

- Yeğingil, Z., Boztuğ, D., Er, M., Oddone, M. and 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, N.E. Anatolia: Doktora Tezi, University College London, England, 284.
- Yılmaz, Y., 1973.** Gümüşhane Granitinin yerleşmesi, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebligleri, 485-490.
- Yılmaz, S. and Boztuğ, D., 1996.** Space and time relations of three plutonic phases in the eastern Pontides, Turkey. *International Geology Reviews*, 38, 935–956.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C. and 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*, American Association of Petroleum Geologists Memoir, 68, 183-226.
- Yılmaz, C. and Kandemir, R., 2006.** Sedimentary records of the extensional tectonic regime with temporal cessation, Gümüşhane Mesozoic basin (NE Turkey). *Geologica Carpathica*, 57, 3-13.
- Yılmaz, C., Carranante, G. and Kandemir, R., 2008.** The drowning of a carbonate platform: An example from the mid-late Cretaceous of the Gümüşhane-Eastern Pontides, NE Turkey. *Bolletino della Societa Geologica Italiana*, 127, 37-50.

EKLER

Ek-1. Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ne ait Karbonifer yaşlı kayaçların LA-ICP-MS zirkon U-Pb yaş verileri.

Örnek No	Pb	Th	U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th
CK-Y3-3	14.44	302	483	0.0527	0.0026	0.1758	0.0092	0.0241	0.0008	0.0074	0.0004
CK-Y3-4	15.71	451	506	0.0489	0.0021	0.1614	0.0073	0.0241	0.0008	0.0070	0.0003
CK-Y3-5	16.48	327	550	0.0526	0.0023	0.1739	0.0080	0.0240	0.0008	0.0076	0.0004
CK-Y3-6	9.65	194	321	0.0492	0.0025	0.1644	0.0091	0.0241	0.0008	0.0082	0.0005
CK-Y3-11	14.44	311	491	0.0495	0.0025	0.1616	0.0082	0.0238	0.0008	0.0073	0.0004
CK-Y3-12	23.97	531	781	0.0528	0.0022	0.1753	0.0077	0.0240	0.0007	0.0076	0.0004
CK-Y3-13	15.31	336	492	0.0508	0.0026	0.1667	0.0087	0.0240	0.0008	0.0070	0.0004
CK-Y3-14	77.8	1190	2780	0.0548	0.0020	0.1918	0.0084	0.0254	0.0009	0.0077	0.0003
CK-Y3-15	12.81	226	411	0.0539	0.0027	0.1784	0.0093	0.0240	0.0008	0.0085	0.0005
CK-Y3-16	15.29	278	500	0.0517	0.0026	0.1711	0.0089	0.0240	0.0008	0.0078	0.0005
CK-Y3-17	16.92	344	543	0.0467	0.0025	0.1534	0.0083	0.0237	0.0007	0.0076	0.0004
CK-Y3-18	15.41	418	476	0.0499	0.0026	0.1637	0.0089	0.0238	0.0008	0.0069	0.0004
CK-Y3-19	20.39	390	654	0.0496	0.0026	0.1626	0.0081	0.0240	0.0007	0.0077	0.0004
CK-Y3-21	31.6	685	954	0.0502	0.0026	0.1724	0.0088	0.0251	0.0008	0.0076	0.0004
CK-Y3-24	15.02	338	467	0.0527	0.0027	0.1739	0.0092	0.0238	0.0008	0.0075	0.0004
CK-Y3-25	12.29	271	391	0.0516	0.0029	0.1678	0.0085	0.0239	0.0008	0.0072	0.0003
CK-Y3-26	41.95	611	1578	0.0527	0.0021	0.1743	0.0077	0.0240	0.0008	0.0079	0.0004
CK-Y3-27	17.87	391	558	0.0508	0.0022	0.1632	0.0073	0.0232	0.0007	0.0072	0.0003
CK-Y3-28	11.20	221	380	0.0533	0.0030	0.1648	0.0091	0.0228	0.0008	0.0070	0.0004

Ek-1 (devam). Çamlıkaya İntüzif Kompleksi'ne ait Karbonifer yaşlı kayaçların LA-ICP-MS zirkon U-Pb yaş verileri.

Örnek No	$^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$
CK-Y3-3	1.5058	1.00	322	117.6	164	7.9	154	5.0	149	7.5	1
CK-Y3-4	1.1107	1.00	143	103.7	152	6.4	154	5.3	140	7.0	1
CK-Y3-5	1.6083	1.00	322	100.0	163	6.9	153	4.8	153	8.1	1
CK-Y3-6	1.5827	1.00	167	117	155	7.9	154	5.1	165	9.1	1
CK-Y3-11	1.5393	1.00	172	116.7	152	7.2	152	5.2	148	8.1	1
CK-Y3-12	1.4556	1.00	320	88.0	164	6.6	153	4.7	153	7.2	1
CK-Y3-13	1.4461	1.00	232	119	157	7.6	153	5.1	141	7.3	1
CK-Y3-14	2.0287	1.00	467	83.3	178	7.2	162	5.7	155	6.8	1
CK-Y3-15	1.7816	1.00	369	114.8	167	8.0	153	4.8	171	9.9	1
CK-Y3-16	1.7723	1.00	333	117	160	7.7	153	4.7	156	9.0	1
CK-Y3-17	1.5634	1.00	31.6	122	145	7.3	151	4.4	154	7.9	1
CK-Y3-18	1.3588	1.00	191	124	154	7.8	152	5.0	138	7.4	1
CK-Y3-19	1.6421	1.00	172	122	153	7.1	153	4.6	156	7.8	1
CK-Y3-21	1.3942	1.00	211	119	161	7.6	160	5.3	153	7.4	1
CK-Y3-24	1.4000	1.00	322	117	163	7.9	152	5.1	151	8.1	1
CK-Y3-25	1.4010	1.00	333	95	158	7.4	152	5.3	145	6.8	1
CK-Y3-26	2.1426	1.00	322	123.1	163	6.6	153	5.2	159	7.1	1
CK-Y3-27	1.5710	1.00	232	100.0	153	6.4	148	4.7	144	6.9	1
CK-Y3-28	1.7078	1.00	343	128	155	7.9	146	5.0	141	7.7	1

Ek-2. Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ne ait Geç Jura yaşlı kayaçların LA-ICP-MS zirkon U-Pb yaş verileri.

Örnek No	Pb	Th	U	$\frac{207\text{Pb}}{206\text{Pb}}$	$\frac{207\text{Pb}}{206\text{Pb}}$	$\frac{207\text{Pb}}{235\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}}{235\text{U}}$	$\frac{206\text{Pb}}{238\text{U}}$	$\frac{206\text{Pb}}{238\text{U}}$	$\frac{208\text{Pb}}{232\text{Th}}$	$\frac{208\text{Pb}}{232\text{Th}}$
CK-Y3-3	14.44	302	483	0.0527	0.0026	0.1758	0.0092	0.0241	0.0008	0.0074	0.0004
CK-Y3-4	15.71	451	506	0.0489	0.0021	0.1614	0.0073	0.0241	0.0008	0.0070	0.0003
CK-Y3-5	16.48	327	550	0.0526	0.0023	0.1739	0.0080	0.0240	0.0008	0.0076	0.0004
CK-Y3-6	9.65	194	321	0.0492	0.0025	0.1644	0.0091	0.0241	0.0008	0.0082	0.0005
CK-Y3-11	14.44	311	491	0.0495	0.0025	0.1616	0.0082	0.0238	0.0008	0.0073	0.0004
CK-Y3-12	23.97	531	781	0.0528	0.0022	0.1753	0.0077	0.0240	0.0007	0.0076	0.0004
CK-Y3-13	15.31	336	492	0.0508	0.0026	0.1667	0.0087	0.0240	0.0008	0.0070	0.0004
CK-Y3-14	77.8	1190	2780	0.0548	0.0020	0.1918	0.0084	0.0254	0.0009	0.0077	0.0003
CK-Y3-15	12.81	226	411	0.0539	0.0027	0.1784	0.0093	0.0240	0.0008	0.0085	0.0005
CK-Y3-16	15.29	278	500	0.0517	0.0026	0.1711	0.0089	0.0240	0.0008	0.0078	0.0005
CK-Y3-17	16.92	344	543	0.0467	0.0025	0.1534	0.0083	0.0237	0.0007	0.0076	0.0004
CK-Y3-18	15.41	418	476	0.0499	0.0026	0.1637	0.0089	0.0238	0.0008	0.0069	0.0004
CK-Y3-19	20.39	390	654	0.0496	0.0026	0.1626	0.0081	0.0240	0.0007	0.0077	0.0004
CK-Y3-21	31.6	685	954	0.0502	0.0026	0.1724	0.0088	0.0251	0.0008	0.0076	0.0004
CK-Y3-24	15.02	338	467	0.0527	0.0027	0.1739	0.0092	0.0238	0.0008	0.0075	0.0004
CK-Y3-25	12.29	271	391	0.0516	0.0029	0.1678	0.0085	0.0239	0.0008	0.0072	0.0003
CK-Y3-26	41.95	611	1578	0.0527	0.0021	0.1743	0.0077	0.0240	0.0008	0.0079	0.0004
CK-Y3-27	17.87	391	558	0.0508	0.0022	0.1632	0.0073	0.0232	0.0007	0.0072	0.0003
CK-Y3-28	11.20	221	380	0.0533	0.0030	0.1648	0.0091	0.0228	0.0008	0.0070	0.0004

Ek-2 (devam). Çamlıkaya İntrüzif Kompleksi'ne ait Geç Jura yaşlı kayaçların LA-ICP-MS zirkon U-Pb yaş verileri.

Örnek No	238U/ 232Th	207Pb/ 206Pb	207Pb/ 206Pb	207Pb/ 235U	207Pb/ 235U	206Pb/ 238U	206Pb/ 238U	208Pb/ 232Th	208Pb/ 232Th	238U/2 32Th	
CK-Y3-3	1.5058	1.00	322	117.6	164	7.9	154	5.0	149	7.5	1
CK-Y3-4	1.1107	1.00	143	103.7	152	6.4	154	5.3	140	7.0	1
CK-Y3-5	1.6083	1.00	322	100.0	163	6.9	153	4.8	153	8.1	1
CK-Y3-6	1.5827	1.00	167	117	155	7.9	154	5.1	165	9.1	1
CK-Y3-11	1.5393	1.00	172	116.7	152	7.2	152	5.2	148	8.1	1
CK-Y3-12	1.4556	1.00	320	88.0	164	6.6	153	4.7	153	7.2	1
CK-Y3-13	1.4461	1.00	232	119	157	7.6	153	5.1	141	7.3	1
CK-Y3-14	2.0287	1.00	467	83.3	178	7.2	162	5.7	155	6.8	1
CK-Y3-15	1.7816	1.00	369	114.8	167	8.0	153	4.8	171	9.9	1
CK-Y3-16	1.7723	1.00	333	117	160	7.7	153	4.7	156	9.0	1
CK-Y3-17	1.5634	1.00	31.6	122	145	7.3	151	4.4	154	7.9	1
CK-Y3-18	1.3588	1.00	191	124	154	7.8	152	5.0	138	7.4	1
CK-Y3-19	1.6421	1.00	172	122	153	7.1	153	4.6	156	7.8	1
CK-Y3-21	1.3942	1.00	211	119	161	7.6	160	5.3	153	7.4	1
CK-Y3-24	1.4000	1.00	322	117	163	7.9	152	5.1	151	8.1	1
CK-Y3-25	1.4010	1.00	333	95	158	7.4	152	5.3	145	6.8	1
CK-Y3-26	2.1426	1.00	322	123.1	163	6.6	153	5.2	159	7.1	1
CK-Y3-27	1.5710	1.00	232	100.0	153	6.4	148	4.7	144	6.9	1
CK-Y3-28	1.7078	1.00	343	128	155	7.9	146	5.0	141	7.7	1

ÖZGEÇMİŞ

Muammer ŞAHİN 1971 yılında Trabzon'da doğdu. İlk, orta öğrenimini ise Trabzon'da tamamlayarak 1988 yılında Keçiören Fatih Sultan Mehmet Lisesi'nden mezun oldu. 1994 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 1995 yılında askerlik görevini tamamladı. 2000'de Trabzon Belediyesi'nde Jeoloji Mühendisi olarak göreve başlayan Muammer ŞAHİN, 2016 yılından itibaren Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir. Muammer ŞAHİN iyi derecede İngilizce bilmektedir.

