

Liveyda İnrüzyonu'nun (Trabzon, KD Türkiye) Jeolojik, Mineralojik ve Petrografik Özellikleri

Abdullah Kaygusuz^{*1}, Alaaddin Vural²

¹Jeoloji Mühendisliği / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gümüşhane Üniversitesi, Türkiye. ORCID: ID/0000-0002-6277-6969

²Jeoloji Mühendisliği / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gümüşhane Üniversitesi, Türkiye. ORCID: ID/0000-0002-0446-828X

^{*}(abdullah.kaygusuz@gmail.com)

Özet – Bu çalışmada, Maçka (Trabzon) güneyinde yer alan Liveyda İnrüzyonu'nun jeolojik, mineralojik ve petrografik özellikleri ortaya konulmuştur. Doğu Pontidler'in kuzeyinde yer alan çalışma alanının tabanında Paleozoyik yaşlı Şahmetlik Plütonu yer alır. Şahmetlik Plütonu üstüne uyumsuz olarak bazalt, andezit ve piroklastlarından oluşan liyas yaşlı birimler yer alır. Bu birimler Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu ile uyumsuz olarak üstlenirler. Andezit ve piroklastlarından oluşan Geç Kretase yaşlı birimler bu kayaçlar üzerinde yer alır ve dasit ve piroklastlarından oluşan Geç Kretase yaşlı birimler tarafından üstlenirler. Tüm bu birimler inceleme alanının en genç birimi olan Geç Kretase yaşlı Liveyda İnrüzyonu tarafından kesilirler.

Liveyda İnrüzyonu yaklaşık 2 km²'lik bir alanda yayılım göstermiş olup, elips şekilli bir sokulumdur. İnrüzyonu oluşturan kayaçlar tonalit ve granodiyorit bileşimlidir ve ince-orta taneli, daha az oranda da porfirik, poikilitik ve mikrografik dokulara sahiptirler. Kayaçlar başlıca plajiyoklas, kuvars, ortoklas, biyotit ve hornblend minerallerinden oluşur. Tali mineralleri apatit, zirkon ve opak mineraller oluşturur. İnrüzyonu oluşturan kayaçlara ait plajiyoklas mineralleri An₂₃₋₃₉ bileşimlidir (andezin ve oligoklas). İnrüzyonu oluşturan kayaç örnekleri KAP diyagramında K₂O'ca fakir kalk-alkalen trend sunarlar.

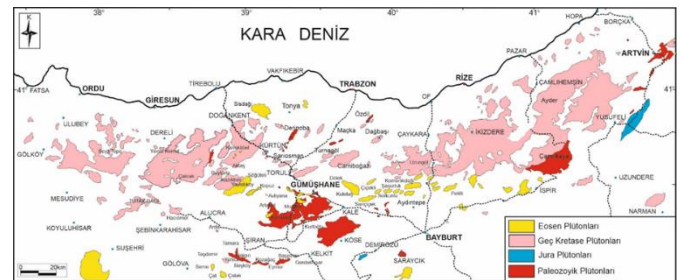
Anahtar Kelimeler – Liveyda İnrüzyonu, Mineraloji-Petrografi, Modal Analiz, Doğu Pontidler, Maçka (Trabzon), Geç Kretase

I. GİRİŞ

Anadolu plakasını oluşturan beş adet ana tektonik birliklerden biri olan Pontidler, kuzeyde Karadeniz ve İstanbul zonu tarafından, güneyde ise doğu-batı istikametinde uzanan İzmir-Ankara-Erzincan kened zonu (IAES) ile sınırlandırılmıştır [1]. Pontid kuşağı Doğu, Orta ve Batı Pontidler [2] olmak üzere üç alt birlikten oluşur. İnceleme alanının da içinde yer aldığı Doğu Pontidleri, [3] kuzey ve güney zon olarak 2 alt birliğe bölmüştür.

Doğu Pontidler (KD Türkiye), Alpin-Himalaya orojenik kuşağında yer almakta olup, magmatik (plütonik ve volkanik) kayaçların yoğun olarak gözlemlendiği önemli alanlardan birini oluşturur [4], [5], [14]–[17], [6]–[13]. Bölgede yaşları Permo-Karbonifer'den Eosen sonuna kadar değişen yaş,

boyut ve bileşimde olan plütonik kayaçlar gözlenir. Bu plütonik kayaçlardan Geç Kretase yaşlı olanlar, Doğu Pontidlerin kuzey zonunda ve kuzey-güney zon geçişinde yaygın olarak gözlenirken, güney zonda yayılımları çok azdır (Şekil 1).



Şekil 1. Doğu Pontidler'deki Paleozoyik-Eosen yaş aralığında oluşmuş plütonların dağılımı [18]'dan değiştirilerek)

İncelenen Liveyda intrüzyonu Geç Kretase yaşlı olup, intrüzyon üzerinde şimdiye kadar yapılmış bir çalışma yoktur. Bu çalışmada, Maçka (Trabzon) güneyinde yer alan Geç Kretase yaşlı Liveyda İntrüzyonu'nun genel jeolojik, mineralojik ve petrografik özellikleri ortaya konmuştur.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Araziden alınan 15 adet kayaç örneğinin ince kesitleri hazırlanmış ve mineralojik-petrografik özellikleri belirlenmiştir. 13 adet örneğin modal analizleri yapılmış, kayaç örneklerinin isimleri mineralojik olarak tayin edilmiştir. Söz konusu modal analizler, Swift marka bir nokta sayacında gerçekleştirilmiştir. Nokta sayımı yapılırken, genellikle 0.4 mm aralığında ölçümler gerçekleştirilerek. Her bir kesitte yaklaşık 600-700 noktanın sayılımı yapılmıştır.

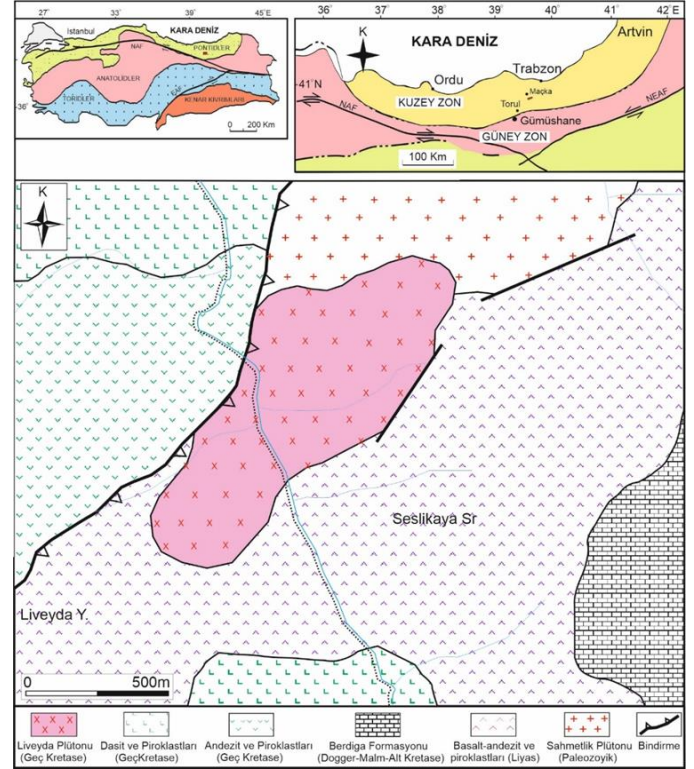
A. Bölgesel Jeoloji ve İnceleme Alanının Genel Jeoloji

Sakarya Zonu olarak da bilinen Doğu Pontidlerde Geç Kretase öncesi kayaçlar, Erken Karbonifer yaşında metamorfik kayaçlar [19], Erken ila Geç Karbonifer yaşında plütonik kayaçlar [10], [12], [14], [20]–[26], Erken ila Orta Jura yaşında volkano-tortul kayaçlar [27], [28], Orta ila Geç Jura yaşında plütonik kayaçlar [16], [29]–[32] ve Geç Jura ila Erken Kretase yaşında karbonat bileşimli kayaçlar [33]'dan oluşur. Geç Kretase yaşlı birimler, başlıca plütonik, tortul ve volkanik kayaçlardan oluşurlar [18], [34]–[40]. Senozoyik yaşlı birimleri ise başlıca volkanik, plütonik ve tortul kayaçlar oluşturur [11], [41], [50]–[58], [42]–[49]. Bölgedeki en genç kayaçlar Kuvaterner yaşlı alüvyonlar, travertenler ve yamaç molozlarından oluşur.

İncelenen Liveyda İntrüzyonu, Doğu Pontidlerin kuzeyinde, Trabzon iline bağlı Maçka ilçesinin güneyinde, Liveyda Yaylasının kuzeydoğusunda yer alır (Şekil 2). Bu sahada yüzeylenen kayaçlar Paleozoyik-Geç Kretase yaş aralığında gelişmiş olup, volkanik, plütonik ve tortul kayaçlar yaygın olarak gözlenirler.

Çalışma alanının tabanında Paleozoyik yaşlı Şahmetlik Plütonu bulunur. Bu birimler üstüne uyumsuz bir şekilde bazalt, andezit ve piroklastlarından oluşan Liyas yaşlı birimler gelir. Bu birimler Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonu ile uyumsuz olarak üstlenirler. Andezit ve

piroklastlarından oluşan Geç Kretase yaşlı birimler bu kayaçlar üzerinde uyumsuz olarak yer alır ve dasit ve piroklastlarından oluşan Geç Kretase yaşlı birimler tarafından üstlenirler. Tüm bu birimler yine Geç Kretase yaşlı Liveyda İntrüzyonu tarafından kesilirler (Şekil 2).



Şekil 2. Türkiye ve çevre bölgelerin tektonik haritası [59]'dan), Doğu Pontidlerin ana yapıları ve inceleme alanının jeolojik haritası [12]'den değiştirilerek)

III. BULGULAR

A. Liveyda İntrüzyonu'nun Arazi Gözlemleri

Liveyda İntrüzyonu, uzun eksen kısmı KD-GB istikametinde uzanım gösteren, yaklaşık elips şekilli bir sokulumdur (Şekil 2). Liveyda İntrüzyonu yaklaşık 2 km² lik bir alanda, yaklaşık 2 km uzunluğunda ve 1 km genişliğinde yüzeyleme vermektedir. İntrüzyon, kuzey sınırında Paleozoyik yaşlı Şahmetlik Plütonu, kuzeybatı sınırında Geç Kretase yaşlı andezit ve piroklastları, doğu ve güney sınırında ise bazalt, andezit ve piroklastlarından oluşan liyas yaşlı birimleri kesmiştir (Şekil 2).

Liveyda İntrüzyonu'nda soğuma çatlakları mevcut olup (Şekil 3), özellikle yan kayaçlar ile dokanaklarına yakın kesimlerde çok çatlaklı ve kırıklı yapılar gelişmiştir. İntrüzyon bazı kısımlarda ayrılmış olarak gözlenmektedir. Arenalaşmış alanlarda kayaçlar kolayca parçalanmakta olup, kumlu ve toprağımsı bir yapıdadırlar. Bazı

kısımlarda 5-20 cm kalınlıkta aplit daykları ile kesilmişlerdir (Şekil 3)



Şekil 3. Liveyda İntrüzyonu'na ait kayaçlardaki çatlak sistemleri ve intrüzyonu kesen aplit daykları

Liveyda İntrüzyonu'nu oluşturan granodiyoritler yayılımları en fazla olan kayaçlardır. Genellikle intrüzyonun merkezi kısımlarında yer alırlar. Kayaçlar makroskobik olarak açık gri, yer yer pembemsi gri renklerde görülmekte olup, feldispat, kuvars ve koyu renkli mineraller tanınabilmektedir (Şekil 2).

Liveyda İntrüzyonu'nu oluşturan tonalitler, intrüzyonun kuzey ve kuzeydoğu kısmında yer alıp, granodiyoritlerin dış kısımlarında yer alırlar. Genellikle koyu gri, koyu yeşilimsi gri renklerde görülürler (Şekil 2).

B. Mineraloji ve Petrografi

Liveyda İntrüzyonu'ndan sistematik olarak alınan örneklerden, 13 adet örneğin modal analizleri tamamlanmış olup, modal analiz sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur. Liveyda İntrüzyonu'nuna ait kayaçların modal mineralojileri aşağıda özetlenmiştir:

Tonalitlerin modal plajiyoklas mineral içerikleri %60-65, kuvars mineral içerikleri %20-27 ve ortoklas mineral içerikleri de %4-5 arasında değişmektedir (Tablo 1). Granodiyoritlerin modal plajiyoklas mineral içerikleri %46-56, kuvars mineral içerikleri %30-37 ve ortoklas mineral içerikleri de %7-13 arasındadır (Tablo 1).

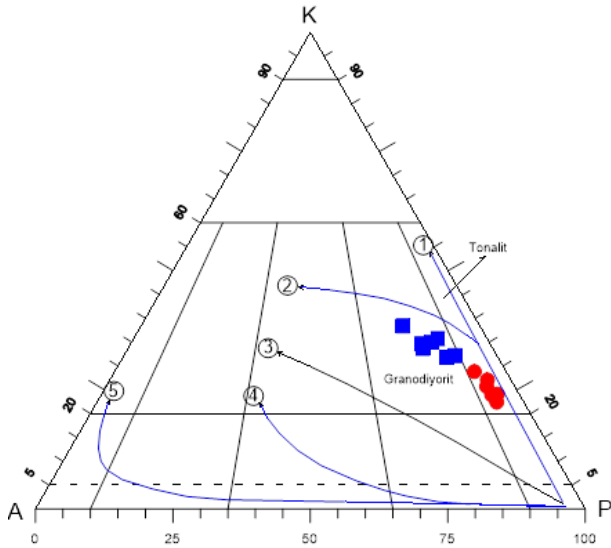
Tablo 1. Liveyda İntrüzyonu'na ait örneklerin modal analiz değerleri

Örnek No	Kayaç adı	Plajiyoklas	Kuvars	Ortoklas	Hornblend	Biyotit	Opak mineral
1	Tonalit	65.20	20.10	4.40	6.00	2.20	2.10
2	Tonalit	62.50	23.20	4.60	5.10	2.20	2.40
3	Tonalit	62.90	24.80	3.90	5.00	1.60	1.80
4	Tonalit	64.20	21.50	3.50	4.30	4.20	2.30
5	Tonalit	63.20	21.30	4.50	4.10	4.40	2.50
6	Tonalit	60.20	26.50	5.30	2.50	3.40	2.10
7	Granodiyorit	49.80	31.30	11.80	1.90	2.90	2.30
8	Granodiyorit	50.30	32.20	9.60	3.20	3.60	1.10
9	Granodiyorit	49.20	32.20	11.60	2.80	2.60	1.60
10	Granodiyorit	45.50	36.70	13.30	1.30	1.80	1.40
11	Granodiyorit	56.30	30.10	7.10	3.10	2.50	0.90
12	Granodiyorit	55.20	29.80	8.70	3.00	1.50	1.80
13	Granodiyorit	51.30	33.10	8.30	2.10	2.60	2.60

Liveyda İntrüzyonu kayaç örneklerine ait modal analiz değerleri KAP (kuvars-alkali feldispat-plajiyoklas) diyagramına [60] düşürüldüğünde (Şekil 2a), intrüzyonu oluşturan kayaçların tonalit ve granodiyoritden oluştuğu görülür. [61] tarafından önerilen magmatik seriler için farklılaşma trendleri dikkate alındığında, incelenen örnekler K₂O'ca fakir kalk-alkalen trende sahiptirler (Şekil 5).

Granodiyoritler mikroskobik olarak orta taneli, kısmen de mikrografik dokuludurlar (Şekil 5a). Plajiyoklaslar öz-yarı öz şekilli kristaller halinde olup, kayaçta %46-56 oranında bulunurlar (Tablo 1). Yapılan tayinlerde cinsinin andezin-oligoklas (An₂₃₋₃₇) olduğu gözlenmiştir. Büyük plajiyoklas kristalleri poikilitik dokulu küçük plajiyoklas, amfibol ve opak mineral inklüzyonlarını içerir. Kuvarslar irili ufaklı öz şekilsiz kristallerden oluşur. Bazı kesitlerde dalgalı sönme görülür. Kayaçta %30-37 oranında bulunurlar (Tablo 1). Ortoklaslar öz şekilsiz olup, diğer minerallerin arasını doldurur. İri ortoklas kristalleri, küçük plajiyoklas ve amfibol minerallerini içlerine almışlardır (poikilitik doku). Bazı kesitlerde plajiyoklasların etrafını çevreleyerek monzonitik doku oluştururlar. Mikropertitik yapı yaygın olup, karsbad ikizi seyrek olarak rastlanır. Kayaçta %7-13 oranında bulunurlar (Tablo 1). Biyotitler öz-yarı öz şekilli çubuğumsu kristalli olup, kayaçta %2-4 oranında bulunurlar (Tablo 1). Bazı kesitlerde kısmen ayrışarak klorite dönüşmüştür. Hornblendler öz-yarı öz şekilli kristaller olarak bulunurlar. Maksimum sönme açıları 12-13 derecedir. Bir kısım mineraller kısmen ayrışmış ve kalsit, klorite dönüşmüştür. İri amfibol kristalleri, poikilitik opak

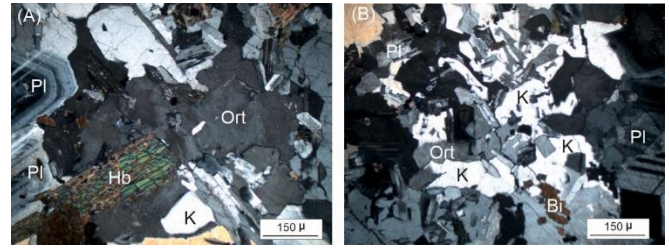
mineral ve plajiyoklas kapanımları bulundururlar. Kayaçta %1-3 oranında bulunurlar (Tablo 1). Opak mineraller öz-yarı öz şekilli hem iri hem küçük kristaller halinde ve kayaçta %1-3 oranında gözlenirler (Tablo 1). Apatitler özşekilli prizma veya ince çubuğumsu kristallerden oluşur. Zirkonlar öz şekilli küçük, kısa ve geniş prizmatik kristaller halindedirler. Klorit, kalsit ve epidot ikincil minerallerdir.



Şekil 4. Liveyda İntüzyonu'na ait kayaçların modal analiz değerlerinin KAP diyagramındaki dağılımları [60]. Oklar, çeşitli magmatik seriler için tipik farklılaşma trendlerini [61] gösterir: (1) toleyitik, (2) K₂O'ca fakir kalk-alkalen, (3) orta K₂O içerikli kalk-alkalen, (4) K₂O'ca zengin kalk-alkalen, (5) alkalen

Tonalitler ince-orta taneli, porfirik, kısmen de mikrografik doku gösterirler (Şekil 5b). Plajiyoklas mineralleri kayaçta en bol bulunan mineraller olup (%60-65), öz-yarı öz şekilli kristaller halinde gözlenirler (Tablo 1). Genelde albit, albit-karlsbad ikizlerini gösterirler. Yapılan tayinde, cinsinin andezin (An₃₂₋₃₉) olduğu belirlenmiştir. Halkalı zonlanma yaygın olarak gözlenir. Kuvars mineralleri öz şekilsiz kristaller halinde olup, bazıları dalgalı sönme özelliği gösterirler. Kayaçta %20-27 oranında bulunurlar (Tablo 1). Ortoklas mineralleri öz şekilsiz-yarı öz şekilli olup, diğer minerallerin arasında doldururlar. Kayaçta %4-5 oranında bulunurlar (Tablo 1). Genellikle ipliksi pertitik dokuda olup, bazı kesitlerde karlsbad ikizi belirgindir. Genellikle ortoklasla plajiyoklas arasında mirmekitik oluşumlar gözlenmiştir. Hornblend mineralleri öz-yarı öz şekilli hem levhamsı prizmatik kristaller, hem de küçük kristaller halindedir. Maksimum sönme açıları 14-16 derecedir. Kayaçta en bol bulunan

ferromagnezyen mineraldir (%3-6, Tablo 1). Biotit mineralleri öz-yarı öz şekilli çubuğumsu kristallerden oluşurlar. Kayaçta %2-4 oranında bulunurlar (Tablo 1). Dokanıklara yakın olan örnekler kırıklı yapıdadır ve protoklas etkisi gösterirler. Bazı kesitlerde kısmen kloritleşmişlerdir. Opak mineraller küçük ve öz şekilsiz kristallerden oluşur. Kayaçta %2-3 oranında bulunurlar (Tablo 1). Apatitler özşekilli prizma veya ince çubuğumsu kristaller halinde plajiyoklasın üzerinde bulunurlar. Zirkonlar öz şekilli kısa tıknaz prizmatik kristaller halinde görülürler.



Şekil 5. Liveyda İntüzyonu'na ait kayaçlarda gözlenen dokular (a) Granodiyoritlerde ince-orta taneli doku, (b) Tonalitlerde ince taneli doku (Çift nikel, Pl: plajiyoklas, Ort: ortoklas, K: kuvars, Hb: hornblend)

IV. SONUÇLAR

1. Doğu Pontidler'in kuzey zonunda yer alan çalışma alanının tabanından tavanına doğru sırasıyla; Paleozoyik yaşlı Şahmetlik Plütonu, bazalt, andezit ve piroklastlarından oluşan liyas yaşlı birimler, Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu, andezit ve piroklastlarından oluşan Geç Kretase yaşlı birimler, dasit ve piroklastlarından oluşan Geç Kretase yaşlı birimler ile bu birimleri kesen Geç Kretase yaşlı Liveyda İntüzyonu'ndan oluşur.
2. İncelenen Geç Kretase yaşlı Liveyda İntüzyonu genel olarak KD-GB uzanımlı ve elips şekilli olup, yaklaşık 2 km²'lik bir alanda yayılım gösterir.
3. Liveyda İntüzyonu'na ait kayaçlar tonalit ve granodiyorit bileşimlidir.
4. Kayaçlardaki başlıca mineralleri plajiyoklas, ortoklas, kuvars, biyotit, amfibol ve opak minerallerden oluşur.
5. Kayaçlarda ince-orta taneli, kısmen de porfirik, poikilitik ve mikrografik dokular görülür.
6. KAP diyagramında K₂O'ca fakir kalk-alkalen trend gösterirler.

KAYNAKLAR

- [1] A. İ. Okay ve O. Tüysüz, “Tethyan sutures of northern Turkey”, içinde *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogeny*, B. Durand, L. Jolivet, L. Horvath, ve M. Serranne, Ed. London: Geological Society, Special Publications 156, 1999, ss. 475–515.
- [2] İ. Ketin ve N. Canitez, *Yapısal Jeoloji*. İstanbul İTÜ Kütüphanesi, 1972.
- [3] T. Özsayar, S. Pelin, ve A. Gedikoğlu, “Doğu Pontidlerde Kretase”, *KTÜ Yer Bilimleri Dergisi*, c. 1, sayı 2, ss. 65–114, 1981.
- [4] K. Kocak, V. Zedef, ve G. Kansun, “Magma mixing/mingling in the Eocene Horoz (Nigde) granitoids, Central southern Turkey: Evidence from mafic microgranular enclaves”, *Mineralogy and Petrology*, c. 103, sayı 1–4, ss. 149–167, 2011, doi: 10.1007/s00710-011-0165-7.
- [5] E. Aydınçakır, C. Yücel, G. Ruffet, M. A. Gücer, E. Akaryalı, ve A. Kaygusuz, “Petrogenesis of post-collisional Middle Eocene volcanism in the Eastern Pontides (NE, Turkey): Insights from geochemistry, whole-rock Sr-Nd-Pb isotopes, zircon U-Pb and ⁴⁰Ar-³⁹Ar geochronology”, *Geochemistry*, s. 125871, Şub. 2022, doi: 10.1016/j.chemer.2022.125871.
- [6] C. Yücel, M. Arslan, İ. Temizel, ve E. Abdioğlu, “Volcanic facies and mineral chemistry of Tertiary volcanics in the northern part of the Eastern Pontides, northeast Turkey: implications for pre-eruptive crystallization conditions and magma chamber processes”, *Mineralogy and Petrology*, c. 108, ss. 439–467, 2014.
- [7] A. Kaygusuz, W. Siebel, C. Şen, ve M. Satir, “Petrochemistry and petrology of I-type granitoids in an arc setting: The composite Torul pluton, Eastern Pontides, NE Turkey”, *International Journal of Earth Sciences*, c. 97, sayı 4, ss. 739–764, Tem. 2008, doi: 10.1007/s00531-007-0188-9.
- [8] İ. Temizel, M. Arslan, E. Abdioğlu Yazar, Z. Aslan, A. Kaygusuz, ve T. Baki Eraydın, “Zircon U-Pb geochronology and petrology of the tholeiitic gabbro from the Kovanlık (Giresun) area: Constraints for the Late Cretaceous bimodal arc magmatism in the Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey”, *Lithos*, c. 428–429, sayı August, 2022, doi: 10.1016/j.lithos.2022.106840.
- [9] M. Arslan, İ. Temizel, L. Ackerman, C. Yücel, ve E. Abdioğlu Yazar, “Highly siderophile element and Os isotope systematics of the Cenozoic volcanic rocks from the Eastern Pontides, NE Turkey: Constraints on the origin and evolution of subcontinental mantle-derived magmas”, *Lithos*, c. 410–411, Şub. 2022, doi: 10.1016/j.lithos.2021.106575.
- [10] A. Kaygusuz, M. Arslan, W. Siebel, F. Sipahi, ve N. Ilbeyli, “Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, eastern Pontides, Turkey”, *International Geology Review*, c. 54, sayı 15, ss. 1776–1800, 2012, doi: 10.1080/00206814.2012.676371.
- [11] Z. Aslan, M. Arslan, İ. Temizel, ve A. Kaygusuz, “K-Ar dating, whole-rock and Sr-Nd isotope geochemistry of calc-alkaline volcanic rocks around the Gümüşhane area: Implications for post-collisional volcanism in the Eastern Pontides, Northeast Turkey”, *Mineralogy and Petrology*, c. 108, sayı 2, ss. 245–267, Nis. 2014, doi: 10.1007/s00710-013-0294-2.
- [12] A. Kaygusuz, C. Yücel, E. Aydınçakır, M. A. Gücer, ve G. Ruffet, “⁴⁰Ar-³⁹Ar dating, whole-rock and Sr-Nd isotope geochemistry of the Middle Eocene calc-alkaline volcanic rocks in the Bayburt area, Eastern Pontides (NE Turkey): Implications for magma evolution in an extension-related setting”, *Mineralogy and Petrology*, c. 116, sayı 5, ss. 379–399, 2022, doi: 10.1007/s00710-022-00788-w.
- [13] N. Maden, E. Akaryalı, ve E. Aydınçakır, “Crustal contamination of Tertiary volcanic rocks: Evidence from K, U, Th and radiogenic heat production data in Eastern Pontides (NE Turkey)”, *Pure and Applied Geophysics*, c. 178, sayı 5, ss. 1871–1888, May. 2021, doi: 10.1007/s00024-021-02739-6.
- [14] A. Kaygusuz, E. Aydınçakır, C. Yücel, ve H. E. Atay, “Petrographic and geochemical characteristics of carboniferous plutonic rocks around Erenkaya (Gümüşhane, NE Turkey).”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 10, sayı 2, ss. 1774–1788, 2021.
- [15] A. Kaygusuz ve Z. S. Güloğlu, “Petrographical, geochemical and petrological characteristics of the mafic microgranular enclaves in the Arpaköy (Kürtün / Gümüşhane) Granitoid”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 11, sayı June, ss. 1982–1997, 2022.
- [16] E. Aydınçakır vd., “Magmatic evolution of the Calc-alkaline Middle Jurassic igneous rocks in the eastern pontides, NE Turkey: insights from geochemistry, whole-rock Sr-Nd-Pb, in situ zircon Lu-Hf isotopes, and U-Pb geochronology”, *International Geology Review*, c. 00, sayı 00, ss. 1–22, 2023, doi: 10.1080/00206814.2023.2177890.
- [17] A. Kaygusuz, C. Yucel, ve E. Aydinçakır, “Mineralogical and Petrographic Properties of Beytarla-Kazıkbeli , Taşbaşı , Yaylaköy - Söğüteli Plutons Located to the South of Giresun (Eastern Pontides ”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 11, sayı June, ss. 1973–1981, 2022.
- [18] A. Kaygusuz, M. Arslan, İ. Temizel, C. Yücel, ve E. Aydınçakır, “U-Pb zircon ages and petrogenesis of the Late Cretaceous I-type granitoids in arc setting, Eastern Pontides, NE Turkey”, *Journal of African Earth Sciences*, c. 174, s. 104040, Şub. 2021, doi: 10.1016/j.jafrearsci.2020.104040.

- [19] G. Topuz, R. Altherr, A. Kalt, M. Satir, O. Werner, ve W. H. Schwarz, “Aluminous granulites from the Pular complex, NE Turkey: A case of partial melting, efficient melt extraction and crystallisation”, *Lithos*, c. 72, sayı 3–4, ss. 183–207, 2004, doi: 10.1016/j.lithos.2003.10.002.
- [20] A. Dokuz, “A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: The Köse composite pluton”, *Gondwana Research*, c. 19, sayı 4, ss. 926–944, 2011, doi: 10.1016/j.gr.2010.09.006.
- [21] A. Kaygusuz, M. Arslan, F. Sipahi, ve İ. Temizel, “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*, c. 39, ss. 327–346, 2016.
- [22] A. Kaygusuz, “Geochronological age relationships of Carboniferous Plutons in the Eastern Pontides (NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 9, sayı 1, ss. 1299–1307, 2020.
- [23] G. Topuz vd., “Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey)”, *Lithos*, c. 116, sayı 1–2, ss. 92–110, Nis. 2010, doi: 10.1016/j.lithos.2010.01.003.
- [24] A. Vural ve A. Kaygusuz, “Petrology of the Paleozoic Plutons in Eastern Pontides: Artabel Pluton (Gümüşhane, NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 8, sayı 2, ss. 1216–1228, 2019.
- [25] A. Kaygusuz, “Petrographic and Geochemical characteristics of Paleozoic Gabbroic rocks around Taşdelen (Özdil / Trabzon, NE Türkiye)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 11, sayı December, ss. 2111–2122, 2022.
- [26] A. Vural ve A. Kaygusuz, “Paleozoyik Yaşlı Artabel Plütununun (Gümüşhane) Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri”, içinde *3. Uluslararası GAP Matematik-Mühendislik-Fen ve Sağlık Bilimleri Kongresi*, 2019.
- [27] C. Saydam Eker, F. Sipahi, ve A. Kaygusuz, “Trace and Rare Earth Elements as Indicators of Provenance and Depositional Environments of Lias Cherts in Gumushane, NE, Turkey”, *Chemie der Erde - Geochemistry*, c. 72, ss. 167–177, 2012.
- [28] Ü. Açar, “Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi”, İstanbul Üniversitesi, 1977.
- [29] A. Dokuz, O. Karlı, B. Chen, ve I. Uysal, “Sources and petrogenesis of Jurassic granitoids in the Yusufeli area, Northeastern Turkey: Implications for pre- and post-collisional lithospheric thinning of the eastern Pontides”, *Tectonophysics*, c. 480, sayı 1–4, ss. 259–279, Oca. 2010, doi: 10.1016/j.tecto.2009.10.009.
- [30] T. Ustaömer, A. H. F. Robertson, P. A. Ustaömer, A. Gerdes, ve I. Peytcheva, “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 Special Publication*, c. 372, sayı 1, ss. 49–74, 2013, doi: 10.1144/SP372.13.
- [31] Y. Eyuboğlu vd., “Cenozoic forearc gabbros from the northern zone of the Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey: implications for slab window magmatism and convergent margin tectonics”, *Gondwana Research*, c. 33, ss. 160–190, 2016.
- [32] O. Karlı, D. A. ve R. Kandemir, “Zircon Lu-Hf isotope systematics and U-Pb geochronology, whole-rock Sr-Nd isotopes and geochemistry of the early Jurassic Gökçedere pluton, Sakarya Zone-NE Turkey: a magmatic response to roll-back of the Paleo-Tethyan oceanic lithosphere”, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, c. 172, ss. 1–31, 2017.
- [33] S. Pelin, “Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları*, ss. 87–103, 1977.
- [34] E. Aydınçakır, “Subduction-related Late Cretaceous high-K volcanism in the Central Pontides orogenic belt: Constraints on geodynamic implications”, *Geodinamica Acta*, c. 28, sayı 4, ss. 379–411, 2016.
- [35] İ. Temizel, M. Arslan, C. Yücel, E. Abdioğlu Yazar, A. Kaygusuz, ve Z. Aslan, “U-Pb geochronology, bulk-rock geochemistry and petrology of Late Cretaceous syenitic plutons in the Gököy (Ordu) area (NE Turkey): Implications for magma generation in a continental arc extension triggered by slab roll-back”, *Journal of Asian Earth Sciences*, c. 171, ss. 305–320, 2019.
- [36] A. Vural, İ. Akpınar, ve A. Kaygusuz, “Petrological characteristics of Cretaceous volcanic rocks of Demirören (Gümüşhane, NE Turkey) region”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 10, sayı 2, ss. 1828–1842, 2021.
- [37] A. Vural ve A. Kaygusuz, “Petrographic and geochemical characteristics of late Cretaceous volcanic rocks in the vicinity of Avliyana (Gümüşhane , NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 10, sayı 2, ss. 1796–1810, 2021.
- [38] N. Köprübaşı, C. Şen, ve A. Kaygusuz, “Doğu Pontid adayayı granitoidlerinin karşılaştırılmalı petrografik ve kimyasal özellikleri, KD Türkiye”, *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, c. 1, ss. 111–120, 2000.
- [39] C. Saydam Eker ve S. Korkmaz, “Mineralogy and whole rock geochemistry of late Cretaceous sandstones from the eastern Pontides (NE Turkey)”, *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, c. 188, sayı 3, ss. 235–256, 2011, doi: 10.1127/0077-7757/2011/0202.
- [40] A. Kaygusuz ve Ç. Saydam Eker, “Geochemical features and petrogenesis of Late Cretaceous subduction-related volcanic rocks in the Değirmentaş (Torul/Gümüşhane) area, Eastern Pontides (NE Turkey)”, *Journal of*

- Engineering Research and Applied Science*, c. 10, sayı 1, ss. 1689–1702, 2021.
- [41] S. Tokel, “Doğu Karadeniz bölgesinde Eosen yaşlı kalkalkalen andezitler ve jeotektonizma”, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, c. 20, sayı 1, ss. 49–54, 1977.
- [42] O. Karslı, B. Chen, F. Aydın, ve C. Şen, “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*, c. 98, sayı 1–4, ss. 67–96, Eki. 2007, doi: 10.1016/j.lithos.2007.03.005.
- [43] F. Aydın, O. Karslı, ve B. Chen, “Petrogenesis of the Neogene alkaline volcanics with implications for post-collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey”, *Lithos*, c. 104, sayı 1–4, ss. 249–266, Ağu. 2008, doi: 10.1016/j.lithos.2007.12.010.
- [44] G. Topuz vd., “Post-collisional adakite-like magmatism in the Agvanis Massif and implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey)”, *Lithos*, c. 125, sayı 1–2, ss. 131–150, 2011, doi: 10.1016/j.lithos.2011.02.003.
- [45] E. Aydınçakır, “The petrogenesis of Early Eocene non-adakitic volcanism in NE Turkey: Constraints on the geodynamic implications”, *Lithos*, c. 208, ss. 361–377, Kas. 2014, doi: 10.1016/j.lithos.2014.08.019.
- [46] M. Arslan vd., “⁴⁰Ar–³⁹Ar dating, whole-rock and Sr–Nd–Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey): implications for magma evolution in extension-induced origin”, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, c. 166, sayı 1, ss. 113–142, Tem. 2013, doi: 10.1007/s00410-013-0868-3.
- [47] Y. Eyüboğlu vd., “Eocene granitoids of northern Turkey: Polybaric magmatism in an evolving arc–slab window system”, *Gondwana Research*, c. 50, ss. 311–345, 2017.
- [48] İ. Temizel, E. Abdioğlu Yazar, M. Arslan, A. Kaygusuz, ve Z. Aslan, “Mineral chemistry, whole-rock geochemistry and petrology of Eocene I-type shoshonitic plutons in the Gököy area (Ordu, NE Turkey)”, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, c. 157, ss. 121–152, 2018.
- [49] A. Kaygusuz, Z. Merdan Tutar, ve C. Yücel, “Mineral chemistry, crystallization conditions and petrography of Cenozoic volcanic rocks in the Bahçecik (Torul/Gumushane) area, Eastern Pontides (NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 6, sayı 2, ss. 641–651, 2017.
- [50] A. Kaygusuz, M. A. Gucer, C. Yücel, E. Aydınçakır, ve F. Sipahi, “Petrography and crystallization conditions of Middle Eocene volcanic rocks in the Aydıntepe-Yazyurdu (Bayburt) area, Eastern Pontides (NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 8, sayı 2, ss. 1205–1215, 2019.
- [51] İ. Temizel, M. Arslan, C. Yücel, E. Abdioğlu Yazar, A. Kaygusuz, ve Z. Aslan, “Eocene tonalite–granodiorite from the Havza (Samsun) area, northern Turkey: adakite-like melts of lithospheric mantle and crust generated in a post-collisional setting”, *International Geology Review*, 2020, doi: 10.1080/00206814.2019.1625077.
- [52] C. Yücel, M. Arslan, İ. Temizel, E. Abdioğlu Yazar, ve G. Ruffet, “Evolution of K-rich magmas derived from a net veined lithospheric mantle in an ongoing extensional setting: Geochronology and geochemistry of Eocene and Miocene volcanic rocks from Eastern Pontides (Turkey)”, *Gondwana Research*, c. 45, ss. 65–86, 2017.
- [53] Ş. Özdamar, M. F. Roden, ve M. Z. Billor, “Petrology of the shoshonitic Çambaşı pluton in NE Turkey and implications for the closure of the Neo-Tethys Ocean: insights from geochemistry, geochronology and SrNd isotopes”, *Lithos*, c. 284–285, ss. 477–492, 2017.
- [54] A. Vural ve A. Kaygusuz, “Geochronology, petrogenesis and tectonic importance of Eocene I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey”, *Arabian Journal of Geosciences*, c. 14, sayı 6, s. 467, Mar. 2021, doi: 10.1007/s12517-021-06884-z.
- [55] A. Vural, İ. Akpınar, A. Kaygusuz, ve F. Sipahi, “Petrological characteristics of Eocene volcanic rocks around Demirören (Gümüşhane, NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 10, sayı 1, ss. 1703–1716, 2021.
- [56] Ç. Saydam Eker, “Potentially toxic element levels in the Eocene sandstones from Gümüşhane area (NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 2020.
- [57] A. Kaygusuz ve D. Selvi, “Crystallization conditions and petrography of eocene volcanic rocks in the Gümüşdamla-Erikdibi area (Bayburt, NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 9, sayı 2, ss. 1529–1537, 2020.
- [58] A. Vural, “K-Ar dating for determining the age of mineralization as alteration product: A case study of antimony mineralization vein type in granitic rocks of Gümüşhane area, Turkey”, *Acta Physica Polonica A*, c. 132, sayı 3, ss. 792–795, 2017, doi: 10.12693/APhysPolA.132.792.
- [59] İ. Ketin, “Anadolunun tektonik birlikleri”, *MTA Dergisi*, c. 66, ss. 22–34, 1966.
- [60] A. Streckeisen, “To each plutonic rock its proper name”, *Earth Science Reviews*, c. 12, sayı 1, ss. 1–33, 1976, doi: 10.1016/0012-8252(76)90052-0.
- [61] J. Lameyre ve P. Bowden, “Plutonic rock type series: discrimination of various granitoids series and related rocks”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, c. 14, ss. 169–186, 1982.