



**Kestanelik Granitoidinin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri**  
**(Çanakkale, Biga Yarımadası)**  
*Petrographical and Geochemical Characteristics of the Kestanelik Granitoid*  
*(Biga Peninsula, Çanakkale)*

**Didem Kıray<sup>1\*</sup> , Oya Cengiz<sup>2</sup> **

<sup>1</sup>*Barbaros Mah. Hacı Mustafa Bey Cad. No:12, Merkez 17100, Çanakkale*  
<sup>2</sup>*Süleyman Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çünür 32000, Isparta*

• Geliş/Received: 12.10.2022 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 22.12.2022 • Kabul/Accepted: 08.01.2023  
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 23.01.2023 • Baskı/Printed: 31.01.2023

*Araştırma Makalesi/Research Article*

*Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey*

**Öz:** Bu çalışmada, Biga Yarımadasında Şahinli köyü (Lapseki, Çanakkale) civarında yüzeyleyen ve Au-Ag cevherleşmesiyle ilişkili olan Eosen yaşlı Kestanelik granitoidinin petrografik ve jeokimyasal özellikleri ortaya konulmuştur. Sakarya Zonu'nda yeralan Karabiga masifi içerisindeki inceleme alanının temelinde Geç Ediyakaran-Erken Kambriyen yaşlı Çamlıca metamorfikleri bulunmakta ve üzerine tektonik dokanaklı Üst Kretase yaşlı Çetmi melanjı gelmektedir. Çamlıca metamorfikleri, Kestanelik Granitoidi tarafından kesilmiştir ve bu granitoidi kırıntılı tortul kayalar içerir. Soğucak formasyonu üzerler. Andezit-bazalt parçacıklı piroklastikler, bazalt daykları ve lav akıntıları ve çamurtaşı içerir Şahinli formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar sahadaki tüm birimlerin üzerine uyumsuzlukla gelir. İncelenen Kestanelik granitoidi stok şekilli intrüzyif bir kütledir. Granit, kuvars monzonit ve kuvarsça zengin granitoid bileşimli kayalar içerir. Bu kayaların ana mineralleri kuvars, K-feldspat, plajiyoklas, amfibol, hornblend ve biyotit olup, serizit, illit, klorit, smektit, kaolinit, dolomit, hematit, kristobalit ve alünit ikincil minerallerini kapsar. Kestanelik granitoidinde arjilik, piropilitik ve silisleşme alterasyon tipleri gözlenmektedir.

Kestanelik granitoidi genellikle şoşonitik, kalkalkalen, subalkali ve genellikle metalümin karakterlidir ve I-tipi bir magmadan türemiştir. Yüksek silis içeriğine (%64,9-75,49) sahiptir ve ana-iz element değişimleri granitoidin gelişiminde plajiyoklas ve K-feldspat fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu gösterir. Granitoidde, ilksel mantoya göre NYE diyagramında LILE zenginleşmesi oldukça fazladır. Kondrite göre normalize edildiğinde, granitoidin hafif NYE bakımından zenginleştiği ve ağır NYE bakımından da fakirleştiği belirlenmiştir ve aynı zamanda negatif Eu anomalisine ( $Eu/Eu^*=0,87$ ) de sahiptir. Kestanelik granitoidleri, volkanik yay (VAG) ve çarpışma ile eş yaşlı (syn-COLG) granitlerdir ve magmatik veya kabuk kökenlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Biga Yarımadası, jeokimya, Kestanelik Granitoidi, köken, petrografi.

**Abstract:** In this study, the petrographical and geochemical signatures of the Kestanelik Granitoid outcropping near the Şahinli region (Lapseki, Çanakkale) on the Biga Peninsula and associations with Au-Ag mineralization were determined. The Late Ediacaran-Early Cambrian Çamlıca metamorphics form the basement of the study area within the Karabiga massif in the Sakarya Zone. These metamorphics were thrust tectonically in the Upper Cretaceous Çetmi mélange. The Çamlıca metamorphics are cut by the Eocene Kestanelik Granitoid, and the granodiorite is unconformably overlain by the Soğucak Formation composed of clastic sedimentary rocks. The Şahinli Formation comprises andesite-basalt, fragmented pyroclastics, basalt dykes and lava flows, and mudstone. Quaternary alluvium unconformably covers all units in the area. The Kestanelik Granitoid is an intrusive mass in the form of a stock and contains rocks with granite, quartz monzonite and quartz-rich granitoid composition. The main minerals in these rocks are quartz, K-feldspar, plagioclase, amphibole, hornblende and biotite, and there are secondary minerals such as sericite, illite, chlorite, smectite, kaolinite, dolomite, hematite, cristobalite and alunite. This granitoid has undergone strong alteration and argillic, propylitic and silicification alteration are observed.

\* Yazışma / Correspondence: dkiray17@gmail.com

*The Kestanelik Granitoid generally has shoshonitic, calc-alkaline, subalkaline and metaluminous character, and was derived from an I-type magma. It has high silica content (64.9-75.49%), and major-trace element changes indicate that plagioclase and K-feldspar fractionation were effective in the development of the granitoid. In the granitoid, LILE enrichment is quite high on the REE diagram normalized to the primary mantle. Normalized to chondrite, the granitoid is enriched in light REE and depleted in heavy REE, and also has a negative Eu anomaly ( $Eu/Eu^*=0,87$ ). The Kestanelik Granitoid comprises granites of synchronous age to the volcanic arc and collision, and has magmatic or crustal origin.*

**Keywords:** Biga Peninsula, Kestanelik Granitoid, petrography, geochemistry, origin.

## GİRİŞ

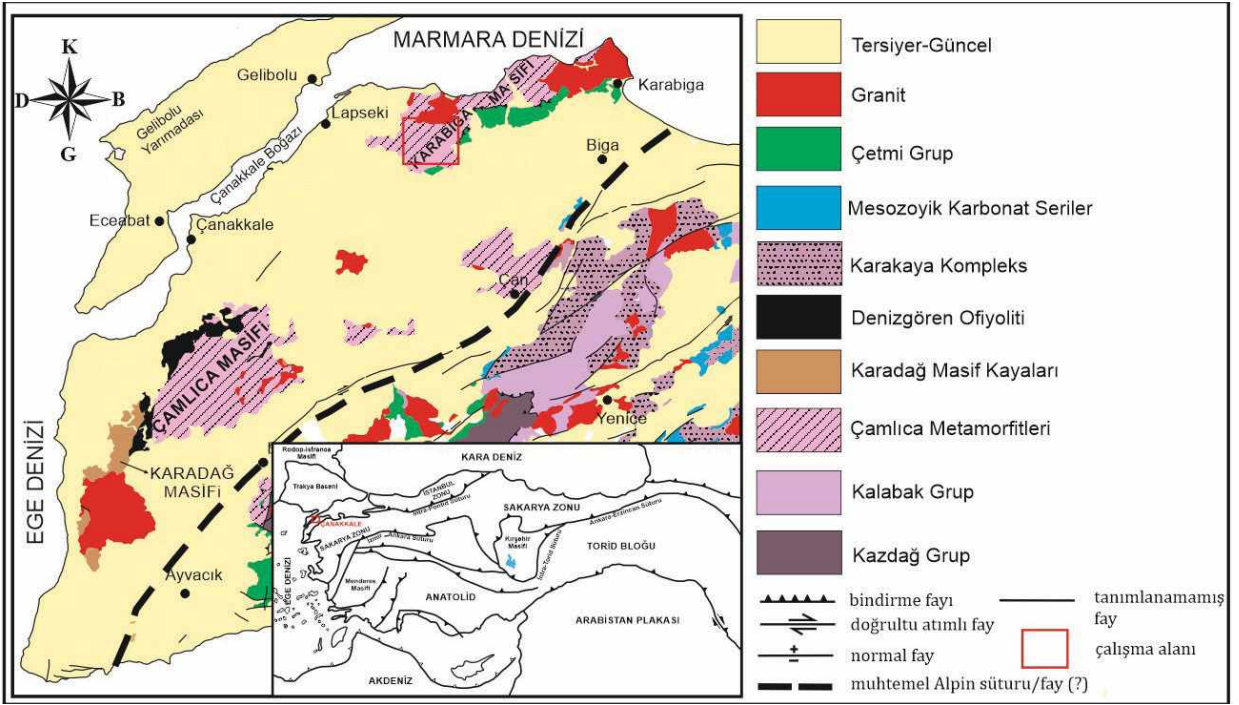
Alpin-Himalaya orojenik kuşağında yer alan Sakarya Zonu, çarpışma magmatizmasının ürünü olan intrüzif ve ekstrüzif kayaçların yaygın olarak gözlemlendiği önemli alanlardan birisidir. Kuzeybatı Anadolu'da Anatolid-Torid platformu ile Sakarya kıtasının Geç Kretase-Erken Tersiyer döneminde çarpışması sonucunda geniş yayılımlar sunan magmatizma gelişmiştir. Biga Yarımadası'ndaki intrüzif kütleler, Neo-Tetis'in kuzey kolunun kapanmasını takiben gelişen çarpışma sonrası magmatizmanın ürünleridir. Bu plütonik kayaçları, Delaloye ve Bingöl (2000) Kambriyen-Orta Jura arası yaşlara sahip granitoidler ve Üst Kretase-Geç Miyosen'e kadar devam eden granitoidler olmak üzere iki yaş grubunda toplamıştır. granitoidlerin yaşları kuzeyde Orta Eosen'de başlamış ve güneye doğru Miyosen sonlarına kadar devam etmiştir (Karacık ve Yılmaz, 1998; Genç ve Altunkaynak, 2007; Yılmaz Şahin vd., 2010; Akgündüz vd., 2012; Aydın vd., 2019). Eosen yaşlı magmatik kütleler Kestanelik, Karabiga, Güreci, Kuşçayır, Dikmen ve Laledağ granitoidleri, Oligo-Miyosen magmatik kütleleri ise Sarıoluk, Yenice, Kestanbol, Eybek, Evciler, Çamyayla, Alanköy ve Karadoru granitoidleridir. Biga Yarımadası'nda farklı lokasyonlardaki bu granitoidlerin jeolojisi ve cevherleşmeleri, mineralojisi-petrografisi, petrolojisi, jeokimyası ve jeokronolojisi ile ilgili pek çok araştırma mevcuttur (Şengör ve Yılmaz, 1981; Bingöl vd., 1982; Birkle vd., 1995; Okay vd., 1996; Genç, 1998; Delaloye ve Bingöl, 2000; Okay ve Satır, 2000; Yılmaz vd., 2001; Güçtekin vd., 2004; Yücel-Öztürk vd., 2005; Genç ve Altunkaynak, 2007; Altunkaynak ve Genç, 2008; Karacık vd., 2008; Hedenquist, 2011; Akgündüz

vd., 2012; Altunkaynak vd., 2012b; Aysal vd., 2012; Altunkaynak ve Dilek, 2013; Karaoğlu ve Helvacı, 2014; Aysal, 2015; Özdamar, 2018; Aydın vd., 2019; Erenoğlu ve Bozcu, 2021). Bu granitoidler bölgedeki metalik cevherleşmeleri barındırdıkları için büyük öneme sahiptirler.

Çalışmanın konusunu oluşturan Biga yarımadasının kuzeyindeki Karabiga Masifinde bulunan granitoidik kayaçlar (Şekil 1), inceleme alanındaki Au-Ag cevherleşmesi ile ilişkilidir. Bölgede özel şirket tarafından işletilen granitoid içerisindeki kuvars damarlarında gözlenen düşük sülfidasyonlu sistem temelinde Au-Ag yatağı bulunmaktadır. Kestanelik granitoidi ile ilgili ayrıntılı petrografik ve jeokimyasal bir incelemeye literatürde bugüne kadar rastlanmamıştır. Bu granitoid ilk defa Kıray (2021) tarafından Kestanelik Au-Ag cevherleşmesi kapsamında incelenmiştir. Bu çalışmada, Şahinli (Lapseki-Çanakale)'de yüzeylenen Kestanelik granitoidinden derlenen karot numunelerinin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri ile değerlendirilerek magmanın kökeni ve oluştukları tektonik ortamın belirlenmesi amaçlanmıştır.

## JEOLÖJİK KONUM

Alp-Himalaya orojenik sisteminde önemli bir konuma sahip olan Batı Anadolu, çarpışmalı magmatizmanın yaygın olduğu, kabuk-manto etkileşiminin var olduğu ve magmatik-tektonik olayların birlikte gözlemlendiği önemli bir kuşaktır (Aldanmaz vd., 2000; Altunkaynak ve Genç, 2008).



Şekil 1. Çalışma alanının bölgesel jeolojini gösteren yerbulduru haritası (Okay ve Tüysüz, 1999; MTA, 2012; Tunç vd., 2012'den değiştirilmiştir).

**Figure 1.** Location map showing the regional geology of the study area (modified from Okay and Tüysüz, 1999; MTA, 2012; Tunç et al., 2012).

Türkiye'deki doğu-batı yönlü orojen kuşakları kuzeyden güneye doğru; Pontidler (Laurasian bölümü), Anatolidler, Toroslar ve Kenar kıvrımları (Gondwana bölümü) şeklinde dört tektonik birimden oluşmaktadır (Ketin, 1966). Türkiye'nin kuzeybatısı kuzeyde Pontid-içi, güneyde İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağı ile sınırlanmıştır (Şekil 1). Bu zonun kuzeyi Pontidler veya Sakarya Zonu olarak bilinir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz, 1990). Biga Yarımadası, Alp tektonik kuşağının Sakarya Kıtası (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör vd., 2019), Sakarya Zonu (Okay vd., 1990) ve/veya Sakarya Kompozit Kuşağı (Göncüoğlu, 2010) olarak tanımlanan temel kayaların en iyi gözlemlendiği alanlarından biridir. Sakarya zonu başlıca Kazdağ, Karadağ,

Çamlıca ve Karabiga masiflerinden oluşmaktadır (Okay vd., 1990).

Çalışma alanı Karabiga Masifi içerisinde yer almaktadır. Bu masifte, Geç Ediyakaran-Erken Kambriyen yaşlı (Tunç vd., 2012; Yiğitbaş ve Tunç, 2020) Çamlıca metamorfik temel kayaları ve tektonik kontaklı Üst Kretase yaşlı (Duru vd., 2012; Çakır ve Karakaş, 2018) Çetmi Mélanji, Eosen yaşlı Kestanelik granitoidi ve kuvars damarları tarafından kesilmektedir. Eosen yaşlı kırıntılı kayaları kapsayan Soğucak formasyonu ve andezit-bazaltlı piroklastikler, bazalt daykları ve çamurtaşı içeren Şahinli formasyonu ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tüm birimleri uyumsuzlukla üzerler (Şekil 2).

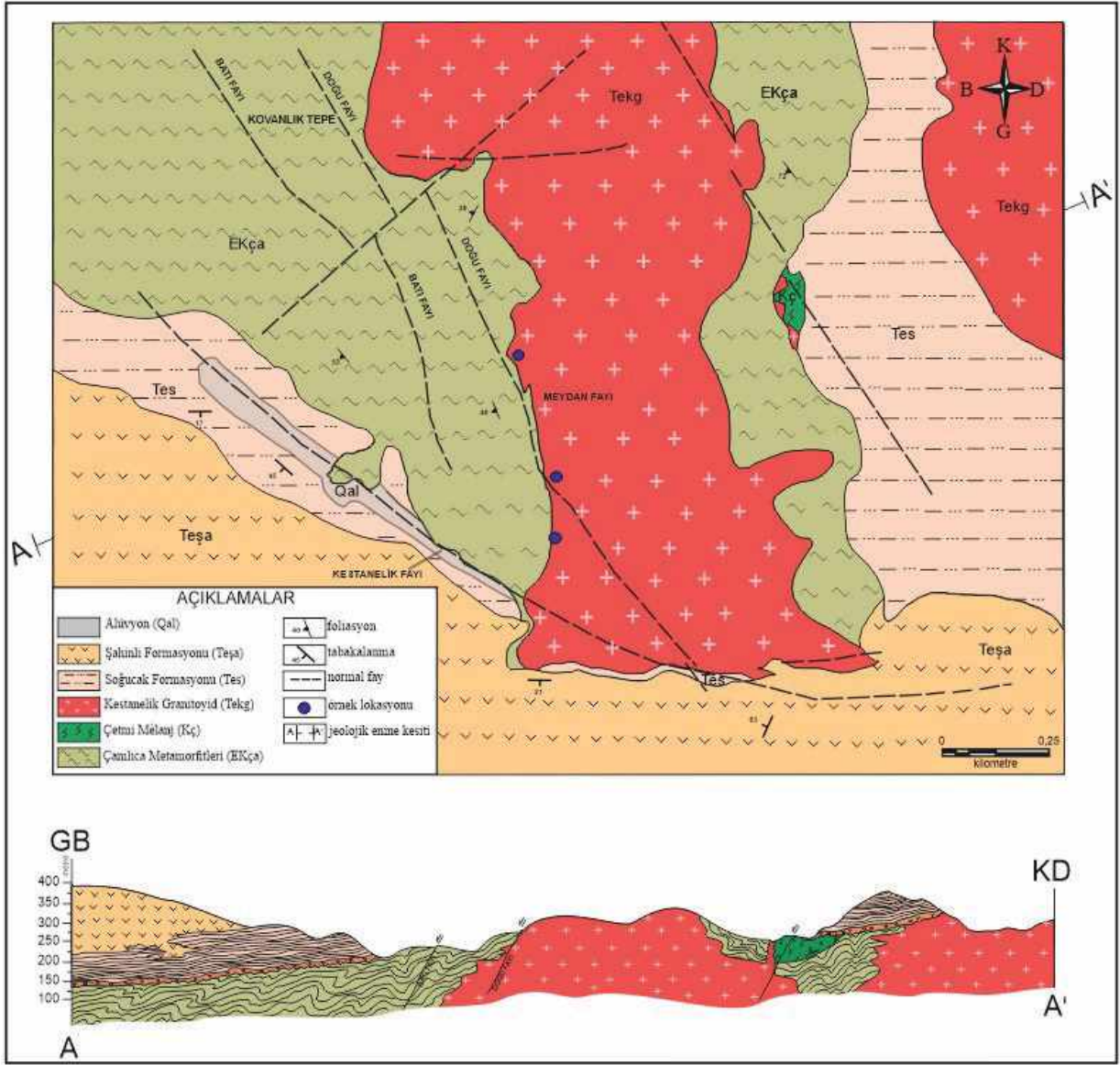
SİSTEM/ SERİ	FORMASYON	SEMBOL	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
Kuvaterner	Alüvyon	Qal		Alüvyon
Orta Eosen - Üst Eosen	Şahinli Formasyonu	Teşā		Andezit-bazalt parçacıklı piroklastikler, bazalt daykları, lav akıntıları içeren ince taneli çamurtaşı
	Soğucak Formasyonu	Tes		Orta-iri taneli fosilli (nummulites, vb.), açık renkli, kil-kum boyutlu ince taneli çamurtaşı
				Kıl ara katkılı kumtaşı, tortul breş; kuvars-şist matriks destekli çakıltaşı ara katmanı
				Oksitlenmiş çakıltaşı; kuvars, şist, intrüzif parçalar-bloklar
	Kestanelik Granitoyidi	Tekg		Granitoyid
Üst Kretase	Çetmi Mēlanjı	Kç		Serpantinitle Tektonik dokanak
Geç Ediyakaran - Erken Kambriyen	Çamlıca Metamorfitleeri	EKçā		Kuvarsit, serizit kuvars şist, kuvars şeyl, meta kumtaşı ve mermer (muskovit-kuvars şist ve kuvars mercekli kalkışist)

Şekil 2. İnceleme alanının tektonostratigrafik sütun kesiti (Tümad Madencilik, 2020 ve Kiray, 2021'den değiştirilmiştir).

Figure 2. Tectonostratigraphic columnar section of the study area (modified from Tümad Mining, 2020 and Kiray, 2021).

Altın yatağının oluşumunda etkili olan intrüzif kütle, Okay vd. (1990) tarafından adlandırılan Çamlıca metamorfitleerine stok olarak yerleşmiştir (Şekil 3). Chesser Resources Co. (2012) tarafından Kestanelik granitoyidi olarak adlandırılan bu granitoyid, kuvars-feldispat-hornblend porfir olarak tanımlanmıştır. İnceleme alanının orta ve kuzeydoğu kesiminde K-G gidişli olarak gözlenmektedir. İnrüzif kütle, tektonizmaya bağlı

olarak çok sayıda çatlak ve kırık içerdiğinden breşli bir yapıya sahiptir. Kestanelik granitoyidi, yoğun alterasyona maruz kalmıştır ve sahada açık grimsi-beyazımsı, sarımsı-kahve-bordomsu ayrışma renkleri ile dikkati çekmektedir (Şekil 4b). Sahanın orta kesiminde arjilik ve silisleşme gözlenirken, kuzeydoğusundaki alanda az altere, iyi gelişmiş piropilitik alterasyon zonlarına sahiptir.



Şekil 3. İnceleme alanının jeoloji haritası (Chesser Resources Co.2012; TÜMAD Madencilik, 2020; Kıray, 2021) ve A-A' enine kesiti (Kıray, 2021).

**Figure 3.** Geological map and A-A' cross-section of the study area (Chesser Resources Co.2012; TÜMAD Mining, 2020; Kıray, 2021).

Çalışma alanı yakınında yer alan Orta-Geç Eosen yaşlı (Ar/Ar yöntemiyle, biyotit  $42,08 \pm 0,09$  ve hornblend  $39,21 \pm 0,11$  My) Laledağ granodiyoriti (Erenoğlu, 2014) ile benzer

özelliklere sahip olmasından ve ayrıca Karabiga masifi içerisinde yer alan granitoidlerin yaşları incelenerek Kestanelik granitoidi Eosen yaşlı olarak kabul edilmiştir.

## MATERYAL ve METOTLAR

Çalışma sahasında Kestanelik granitoyidinin yüzeylendiği alanlarda özel şirketler tarafından çok sayıda sondaj yapılmıştır. Seçilmiş sondajların farklı derinliklerinden 7 adet KED 06, 2 adet KED 17 ve 1 adet KED 135 sondajına ait toplam on adet karot numunesi alınmıştır. Bu numunelerin mineralojik-petrografik özelliklerini belirlemek için ince kesit analizleri, X-ışını kırınımı (XRD) detaylı kil analizleri ve jeokimyasal analizler yapılmıştır. İnce kesit numuneleri Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarında hazırlanmıştır. Aynı bölüme ait Su, Kayaç ve Mineral Analiz laboratuvarında kesitlerin mineralojik-petrografik tanımlamaları Olympus BX-51 polarize mikroskop altında 5,1 megapiksel kamera ile incelenmiştir. Görüntüleri Image Pro Plus 5.1v görüntü analiz sistemi kullanılarak alınmıştır.

Aynı numunelerin mineral birliklerini ve bolluklarını belirlemek için XRD analizleri, Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarı'nda Ni filtreli Shimadzu XRD-6000 model X-ışını difraktometresi,  $\text{CuK}\alpha$  radyasyonu ve 1.544Å dalga boyuna sahip  $\text{CuK}\alpha$  X-ışını kullanılarak yapılmıştır. Analiz için 40 kV ve 30 mA kırınım değerleri seçilmiştir. Değişiklik örnekleri  $2^\circ/\text{dk}^2$  da taranarak ve  $2^\circ-70^\circ$  ( $2\Phi$ ) goniometre kırınım açısı aralığında 2000 cps'lik (yoğunluk) bir pik yoğunluğunda analiz edilmiştir. Bu numunelerin mineralojisi, tüm kayaçlar, havada kurutulmuş (AD), etilen glikol (EG) ve  $550^\circ\text{C}$  XRD kil mineral bileşiminin detaylı analizi ile gerçekleştirilmiştir. Numunelerin XRD analizi için kil boyutundaki kırılmış numunelerden kılavuz numuneler hazırlanmış ve tane boyutu  $250\ \mu\text{m}$  olan yaklaşık 20-30 gram numune kullanılmıştır. Numune 1000 cc cam veya polietilen tartım kabında tartılır. 55cc distile su ilavesi ile yaklaşık 10 dakika mekanik karıştırıcı ile karıştırıldıktan sonra  $20^\circ\text{C}$ 'de 1 saat dinlendirilir. 5-10 ml solüsyon süspansiyon yüzeyinden 5 cm derinliğe pipetleir ve analiz

için saklanır. Bu şekilde, sadece  $<2\ \mu\text{m}$  taneler ve kil mineralleri için maksimum zenginlik elde edilir. Özellikle düşük 2 teta açısı bölgesinde kil minerallerinin bazal kırınımında yapay değişiklikler yaratmak için bu numunelere bir dizi standart ikincil işlem uygulanmıştır. Bu yapay değişimler sistematik olarak incelenmiş, kırınım profilleri ve benzer kil mineralleri ayırt edilmiş ve tanımlanmıştır. Kılavuz numunelerin aşağıdaki standart prosedürleri sonrası XRD grafikleri elde edilmiştir. Etilen glikol ile muamele, etilen glikol (sıvı veya fraksiyon) içeren açık bir kap içinde bir fırında ( $60^\circ\text{C}$ ) en az 1 saat ısıtılır. Etilen glikol ile işleme alınan numune, sıcaklığa duyarlı ( $\pm 5^\circ\text{C}$ ) bir fırında en az 1 saat tutulur ve  $550^\circ\text{C}$ 'de ısıtılma işlemi tabi tutulur.

Granitoyidin kökeni, sınıflaması ve tektonik özelliklerini belirlemek için Bureau Veritas Mineral (BVM) Kanada laboratuvarlarında numuneler 200 mesh olacak şekilde öğütülmüştür. Daha sonra lityum borat füzyon ile çözülmüş ve Endüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS) ve Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) yöntemlerinde LF200 ve AQ200 kullanılarak majör oksit, minör oksit, iz-nadir toprak element analizleri yapılmış ve element içerikleri belirlenmiştir.

## ARAŞTIRMA BULGULARI

### Kestanelik Granitoyidinin Petrografisi

Granitoyidik kayacın genel mineralojik bileşimi başlıca kuvars, plajiyoklas, K-feldispat, amfibol, biyotit ile hornblend ana faz ile illit, serizit, klorit gibi ikincil fazların birlikteliğinden meydana gelmiştir. Kayaç kristalli ve porfiritik dokuya sahip, ince-orta tanelidir (Şekil 4). Kuvarslar iki evrelidir. Birincisi genellikle öz şekilsiz, ince ve orta kristalli ve minerallerin arasını doldurarak kristalleşir. İkinci evre kuvarsu damar şekilli olup tipik tarak yapısı göstermektedir (Şekil 5a, b, ve d). Bunun yanısıra granitoyidlerin sahadaki alterasyon

görünümündeki gibi ince kesit incelemelerinde de alterasyon minerallerine rastlanmıştır. Şekil 5a, c ve d'de görüldüğü gibi silisleşme alterasyonu mevcuttur. K-feldspat ve zonlu yapı gösteren plajiyoklaslar iri kristaller halindedir (Şekil 5b), çoğunlukla alterasyona uğraması sonucunda killeşmiş ve serizitleşmiştir (Şekil 5c ve d). Biyotitler yarı öz şekilli, damar kayalarda daha baskın koyu renkli mika mineralidir, ancak bozunmanın etkisiyle kloritleşmeler gösterir (Şekil 5a, c ve d). Öz ve yarı öz şekilli amfiboller mevcuttur. Hornblend, karbonatlaşarak ve klorite dönüşerek bozumaya uğramıştır (Şekil 5c ve d).

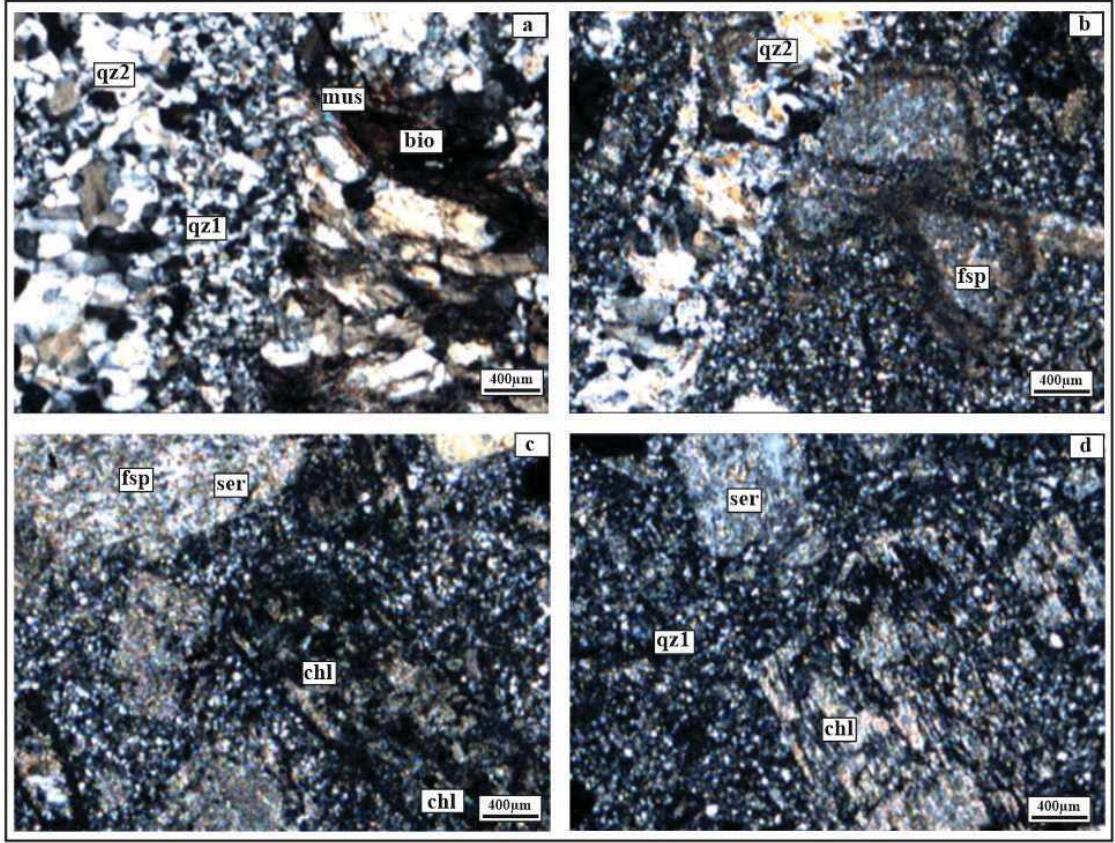


**Şekil 4. a)** KED 135-03 karot numunesi (35,50 m.), **b)** Kestanelik granitoidinin killeşme (kil), silisleşme (si) ve demiroksit (dem) alterasyonunun sahadaki görünümü, **c)** Yoğun altere mostra örneği **d)** Killeşme-silisleşme içeren breşik yapılı el örneği (Kıray, 2021).

**Figure 4. a)** KED 135-03 core sample (35.50 m.), **b)** Field view of argillization (clay), silicification (si) and iron oxide (dem) alteration of the Kestanelik Granitoid, **c)** Strongly altered outcrop sample, **d)** Brecciated hand specimen containing argillization-silicification (Kıray, 2021).

Kıray (2021) Kestanelik granitoidi numunelerine ait hidrotermal alterasyonları belirlemek amacıyla Ishikawa alterasyon indeksi (AI) (Ishikawa vd., 1976), klorit-karbonat-pirit indeksi (CCPI) (Large vd., 2001), serizit indeksi (SI) (Myers ve Maclean, 1983) ve kimyasal ayrışma indeksi (CIA) (Nesbitt ve Young, 1982) olmak üzere alterasyon indekslerini kullanmıştır. İnceleme sahasındaki granitoidlerin alterasyon numunelerinin jeokimya çalışmalarında Ishikawa alterasyon indeksi (AI) değeri ortalama 89,27 ve klorit-karbonat-pirit indeksi (CCPI) değeri ort. 79,52'dir. Bu değerlere göre hidrotermal ayrışma ve alterasyon eğiliminin serizit-klorit-pirit şeklinde olduğu, bu eğilim de başlıca arjilik ve klorit alterasyonunun varlığına işaret etmiştir. Granitoid numunelerindeki serizitleşme alterasyonunun etkinliğinin belirlenmesinde kullanılan serizitleşme indeksinin (SI) 1'in üzerinde olması plajiyoklasların ayrışmasıyla kuvvetli serizit alterasyonunun varlığından söz etmiştir. Kimyasal ayrışma indeksi (CIA) ortalama 61,67 olan granitoid numunelerinin muskovit, biyotit, simektit mineralleri içerdiği ve piropillitik K-silikat alterasyonları belirlenmiştir.

Kestanelik granitoidinden alınan karot numunelerinin detaylı X-ışını kırınımı (XRD) kil analizi yapılmıştır. Tüm kayaların mineralojik analiz sonuçları ve temsili desenleri aşağıda verilmiştir (Şekil 6 ve Çizelge 1). Kestanelik granitoidinin mineral bileşiminin ana fazları kuvars, feldspat, illit/mika, klorit, simektit, kaolinit ve alünitir (Çizelge 1). Ayrıntılı kil analizleri kullanılarak elde edilen bu altere kayaç numunelerinin mineral birlikteliklerinden Kestanelik Au-Ag cevherleşme sahasında silisleşme, killeşme, serizitleşme ve kloritleşme alterasyon tipleri belirlenmiştir (Kıray, 2021).



**Şekil 5.** Kestanelik granitoidinin mineralojik bileşimleri (bio; biyotit, fsp; feldspat, chl; kloritleşme, mus; muskovit, ser; serizitleşme, qz1; ince kristalli kuvars, qz2; iri kristalli kuvars).

**Figure 5.** Mineralogical compositions of Kestanelik Granitoid (bio; biotite, fsp; feldspar, chl; chloritization, mus; muscovite, ser; sericitization, qz1; fine crystalline quartz, qz2; large crystal quartz)

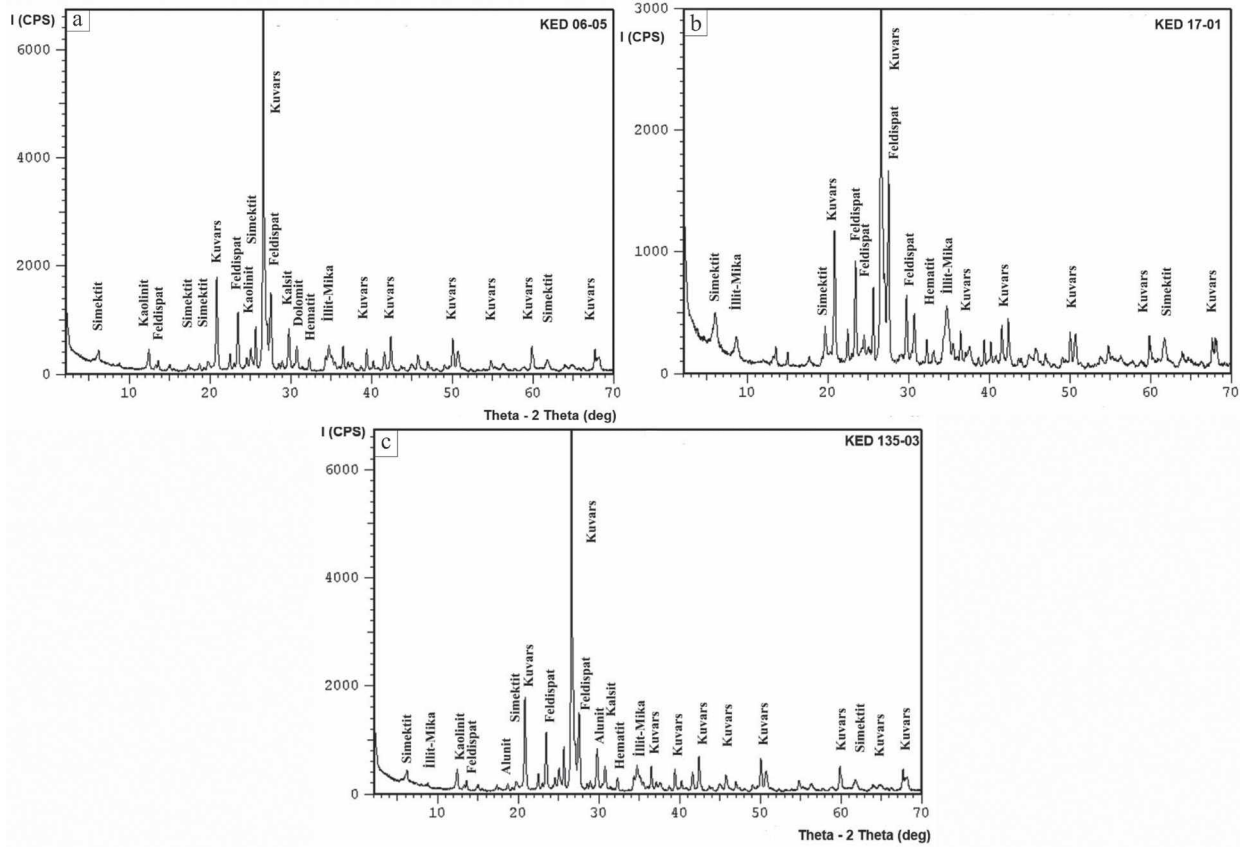
**Çizelge 1.** Çalışma alanındaki granitoid karot numunelerinin mineral bollukları (Kıray, 2021).

**Table 1.** Mineral abundances in granitoid core samples from the study area (Kıray, 2021).

Numune No	Kz	İlt / Mca	Sme / İlt / Mca	Kln	Feld	Kl	Sme/ Kl	Sme	Kal	Dol	Hm	Krist	Alu
KED 06-03	15	0	0	2	5	7	0	3	2	1	1	1	0
KED 06-04	16	7	0	1	13	9	0	4	3	1	1	3	0
KED 06-05	14	6	0	2	11	6	0	5	3	1	1	1	0
KED 06-06	15	6	1	1	12	6	1	9	1	1	0	0	0
KED 06-07	18	3	0	1	11	5	1	7	2	1	0	0	0
KED 06-08	13	4	0	2	9	4	0	3	0	0	0	0	0
KED 06-10	15	4	0	1	11	9	0	4	1	1	0	0	0
KED 17-01	11	7	0	0	9	0	0	3	1	0	1	0	0
KED 17-02	12	6	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
KED 17-06	16	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
KED 17-07	15	3	0	0	8	0	0	0	2	0	0	0	0
KED 135-03	17	7	1	4	12	0	0	9	3	0	1	0	2

(Kz: kuvars, İlt/Mca: illit/mika, Sme/İlt/Mca: smektit/illit/mika, Kln: kaolinit, Feld: feldspat, Kl: klorit, Sme/Kl: simektit/klorit, Sme: simektit, Kal: kalsit, Dol: dolomit, Hm: hematit, Krist: kristobalit, Alu: alümit).





Şekil 6. Kestanelik granitoidine ait tüm kayaç numunelerinin temsili XRD desenleri (Kıray, 2021).

Figure 6. Representative XRD patterns of bulk samples from Kestanelik Granitoid (Kıray, 2021).

### Kestanelik Granitoidinin Jeokimyası

Kestanelik granitoidinin sondaj karotlarından seçilen 3 sondaja ait on adet numune alınmıştır. Bu numunelerin majör-minör oksitler ile iz ve nadir toprak element analizleri yapılmış ve analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir.

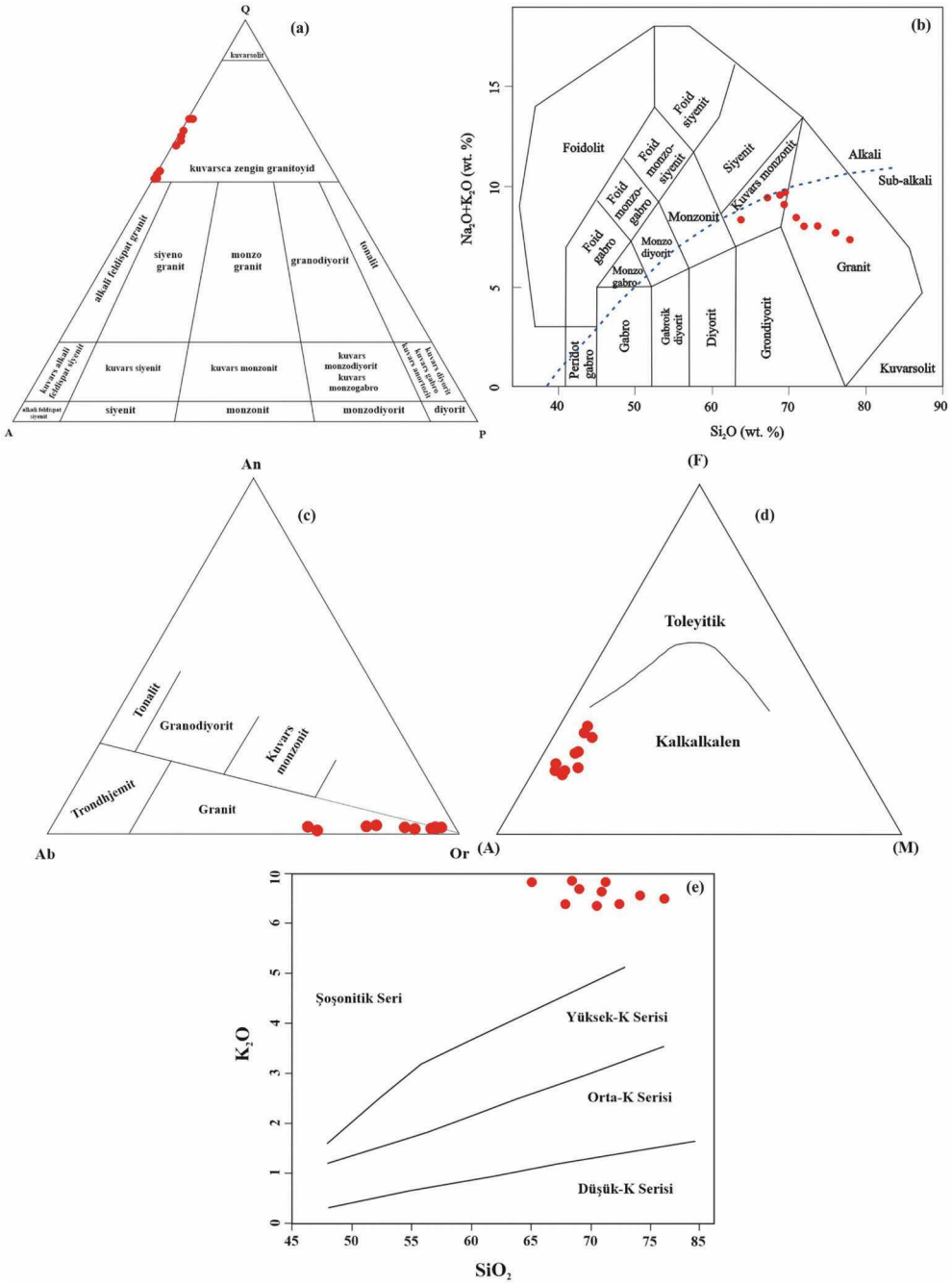
Kestanelik granitoidinin mineral içeriklerine göre sınıflandırılması ve adlandırılması için Streckeisen (1967) tarafından hazırlanan QAP diyagramı ve Middlemost (1985) toplam alkalisilis sınıflama (TAS) diyagramı kullanılmıştır. Jeokimyasal analizler QAP diyagramına düşürüldüğünde, Kestanelik granitoidinin

kuvarsça zengin granitoid bileşimli kayaçlardan oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 7a). Toplam alkalisilis ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ ) sınıflama diyagramına göre, plütonik kayaçların subalkali ve kuvars monzonit ve granit alanlarında yer aldığı görülmüştür (Şekil 7b). An-Ab-Or bileşimleri O’Connor (1965) diyagramında ise granit alanında yer almıştır (Şekil 7c). Irvine ve Baragar (1971) tarafından önerilen AFM ( $\text{FeO}-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{MgO}$ ) üçgen diyagramında numuneler kalkalkalen alana düşmüştür (Şekil 7d). Kestanelik granitoidini oluşturan kayaçlara ait karot numunelerinin  $\text{K}_2\text{O}-\text{Si}_2\text{O}$  diyagramında genellikle şošonitik karaktere sahip olduğu gözlenmektedir (Şekil 7e).

**Çizelge 2.** Kestanelik granitoidinin majör-minör oksitler (%), iz (Au ppb, diğerleri ppm) ve nadir toprak element içerikleri (Kıray, 2021).

**Table 2.** Major-minor oxides (%), trace and rare earth element (Au ppb, others ppm) contents of the Kestanelik Granitoid (Kıray, 2021).

Elementler	DL	KED6-3	KED6-4	KED6-5	KED6-6	KED6-7	KED6-8	KED6-10	KED17-1	KED17-2	KED135-3
SiO <sub>2</sub>	0,01	67,88	70,41	69,97	67,10	71,32	66,18	73,71	64,79	75,49	67,69
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	14,99	13,77	13,45	16,39	13,62	14,04	11,48	16,00	11,92	16,61
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04	3,05	3,61	2,52	2,59	2,79	3,48	3,46	4,57	2,10	2,31
MgO	0,01	1,51	1,30	0,89	0,94	0,90	1,15	0,83	1,03	0,38	0,56
CaO	0,01	0,30	0,33	0,26	0,31	0,34	0,28	0,22	0,35	0,13	0,17
Na <sub>2</sub> O	0,01	2,82	1,30	0,31	0,71	1,13	0,34	0,69	0,25	0,19	0,25
K <sub>2</sub> O	0,01	7,00	6,61	8,90	8,27	6,68	9,21	6,79	9,03	6,89	8,13
TiO <sub>2</sub>	0,01	0,36	0,40	0,39	0,44	0,40	0,42	0,35	0,45	0,34	0,48
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,14	0,14	0,13	0,15	0,13	0,14	0,12	0,13	0,03	0,05
MnO	0,01	0,07	0,07	0,05	0,04	0,05	0,06	0,05	0,03	0,01	0,02
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,002	0,004	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Toplam/C	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,06	<0,02	0,04	0,04	<0,02
Toplam/S	0,02	0,45	0,05	0,62	0,38	0,11	1,22	1,22	<0,02	<0,02	<0,02
Ateş Kaybı	-5,1	1,8	1,9	3,0	2,9	2,5	4,5	2,2	3,2	2,4	3,6
Toplam	0,01	99,88	99,83	99,84	99,83	99,84	99,82	99,87	99,82	99,88	99,84
Ba	1	230	670	674	791	668	647	583	836	575	866
Cs	0,1	6,2	11,2	25,5	17,5	20,5	18,8	8,8	5,7	2,8	2,9
Ga	0,5	14,3	15,1	13,5	17,1	13,6	13,5	11,0	20,3	27,4	17,9
Hf	0,1	3,5	3,3	3,1	3,3	3,0	3,0	2,6	16,8	11,4	16,3
Nb	0,1	3,7	6,4	6,3	7,1	6,7	6,3	5,5	3,2	2,8	2,9
Rb	0,1	365,0	315,8	426,7	404,4	319,7	442,2	307,5	7,1	5,7	6,7
Sr	0,5	65,6	159,0	124,7	114,3	171,8	143,4	72,2	78,6	90,3	96,6
Ta	0,1	0,4	0,8	0,7	0,6	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,7
Th	0,2	3,9	9,1	10,0	11,1	9,7	9,6	9,1	10,8	8,1	10,8
U	0,1	27,5	2,9	6,8	5,7	5,7	9,6	8,3	2,7	1,8	10,8
V	8	50,0	76	74	74	68	74	59	83	51	75
Zr	0,1	134,9	121,3	105,6	113,2	108,3	109,5	99,0	113,6	93,0	109,0
Y	0,1	26,0	10,5	11,6	13,9	14,5	13,6	12,0	12,3	10,3	12,2
Cu	0,1	12,8	10,4	12,4	16,1	26,6	34,6	9,3	8,3	7,1	6,6
Pb	0,1	60,9	35,9	53,4	29,4	13,5	102,1	32,4	31,4	34,7	7,2
Zn	1	93	49	34	31	32	54	40	97	33	22
As	0,5	413,7	5,5	25,7	2,3	2,4	59,2	436,0	71,1	171,5	43,6
Sb	0,1	7,3	1,0	10,6	8,2	3,9	28,8	3,0	23,0	9,8	6,6
Ag	0,1	0,2	0,1	0,2	0,4	0,2	0,3	0,7	0,2	0,2	0,1
Au (ppb)	0,5	26,1	39,6	340,9	458,2	175,5	1376,5	213,6	154,2	85,6	136,2
Tl	0,1	1,8	0,3	4,8	6,4	1,5	20,1	1,2	0,7	0,8	0,3
La	0,1	13,5	20,6	22,3	26,0	20,5	25,0	22,3	21,2	20,7	23,6
Ce	0,1	26,3	37,1	39,7	47,8	37,1	45,3	39,1	38,9	34,1	40,2
Pr	0,02	3,04	4,02	4,28	5,08	3,85	5,06	4,32	4,57	3,78	4,49
Nd	0,3	11,2	14,8	14,7	18,3	13,1	18,2	16,0	16,5	13,4	16,3
Sm	0,05	2,58	2,95	2,93	3,42	2,87	3,65	2,95	3,13	2,70	3,44
Eu	0,02	0,75	0,80	0,80	1,09	0,79	0,96	0,82	0,92	0,77	0,85
Gd	0,05	2,97	2,84	2,68	3,40	2,74	3,30	2,93	2,98	2,59	2,98
Tb	0,01	0,55	0,39	0,40	0,47	0,42	0,47	0,40	0,42	0,37	0,41
Dy	0,05	3,55	1,99	2,01	2,52	2,39	2,53	2,19	2,43	1,98	2,18
Ho	0,02	0,82	0,37	0,43	0,49	0,55	0,49	0,43	0,52	0,38	0,45
Er	0,03	2,32	1,12	1,17	1,49	1,56	1,43	1,24	1,43	1,19	1,24
Tm	0,01	0,37	0,19	0,20	0,27	0,25	0,22	0,19	0,23	0,18	0,18
Yb	0,05	2,30	1,30	1,28	1,59	1,59	1,56	1,40	1,63	1,21	1,48
Lu	0,01	0,37	0,21	0,20	0,28	0,24	0,25	0,23	0,27	0,19	0,23



**Şekil 7.** Kestanelik granitoidi sınıflamasına ait **a)** QAP (Q=kuvars, A = alkali feldispat, P= plajiyoklas) (Streckeisen, 1967), **b)** Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-Si<sub>2</sub>O (Middlemost, 1985), **c)** An-Ab-Or bileşimleri O'Connor (1965) diyagramlarındaki dağılımlar, **d)** Toleyitik ve kalkalen seriler arasındaki sınırı gösteren AFM (FeO-Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-MgO) (Irvine ve Baragar, 1971) diyagramı, **e)** K<sub>2</sub>O-Si<sub>2</sub>O (Peccherillo ve Taylor, 1976) diyagramları.

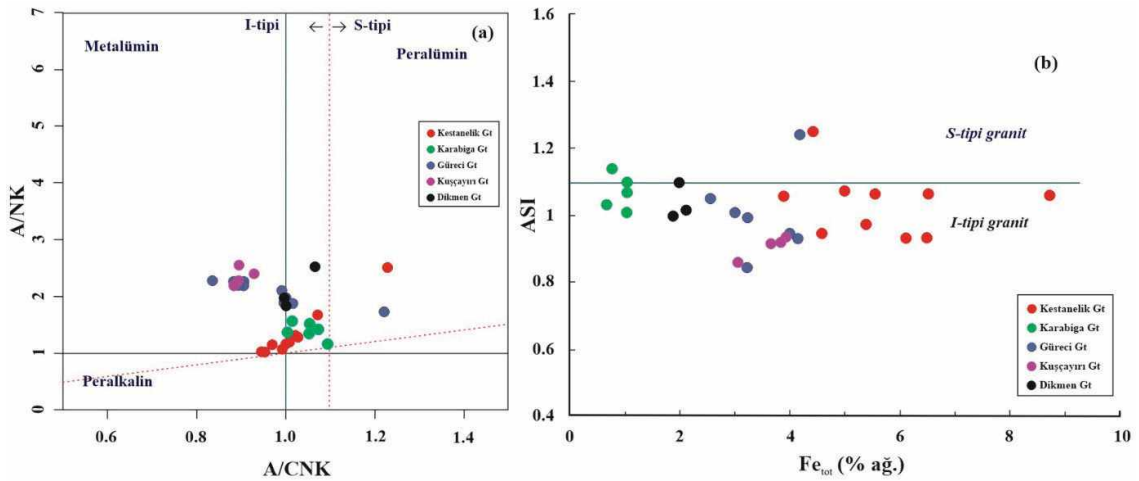
**Figure 7.** Dispersion diagrams for classification of Kestanelik Granitoid, **a)** QAP (Q=quartz, A=alkali feldspar, P=plagioclase) (Streckeisen, 1967), **b)** Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-Si<sub>2</sub>O (Middlemost, 1985), **c)** An-Ab-Or compounds (O'Connor, 1965), **d)** AFM (FeO-Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-MgO) diagram showing the boundary between tholeiite and calc-alkaline series (Irvine and Baragar, 1971), **e)** K<sub>2</sub>O-Si<sub>2</sub>O (Peccherillo and Taylor, 1976).

Molar A/CNK-A/NK diyagramında (Shand, 1948) Eosen yaşlı Kestanelik granitoyidi ile Karabiga, Güreci, Kuşçayırı ve Dikmen granitoidlerine ait numuneler karşılaştırıldığında metalümin alana düşmüş ve I-tipi bir magmadan itibaren türemiştir (Şekil 8a). ASI-Fetot (% ağırlık) diyagramında (Norman, 1992), Molar A/CNK-A/NK diyagramındaki gibi numunelerin çoğunlukla I-tipi granit alanında olduğu görülmüştür (Şekil 8b).

Kestanelik granitoidine ait numunelerin jeokimyasal kökenini inceleyebilmek için ana element oksitlerinin ve bazı seçilmiş iz elementlerin  $\text{SiO}_2$  ile değişimleri Harker diyagramlarında gösterilmiştir.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Rb}$  ve  $\text{Nb}$  değerlerinin artan  $\text{SiO}_2$  ile düzenli bir şekilde azaldığı,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ve  $\text{Sr}$  değerlerinde de değişiklikler gözlenmiştir. Diyagramlarda izlenen eğimli dağılımlar kayaçların ortak bir kökene ve fraksiyonel kristallenmeye sahip oldukları şeklinde yorumlanabilir (Şekil 9). Genel olarak eşoluşumlu sokulum kayaçlarında ana element oksitlerinin silikaya karşı olan korelasyonları pozitif veya negatif yönlü

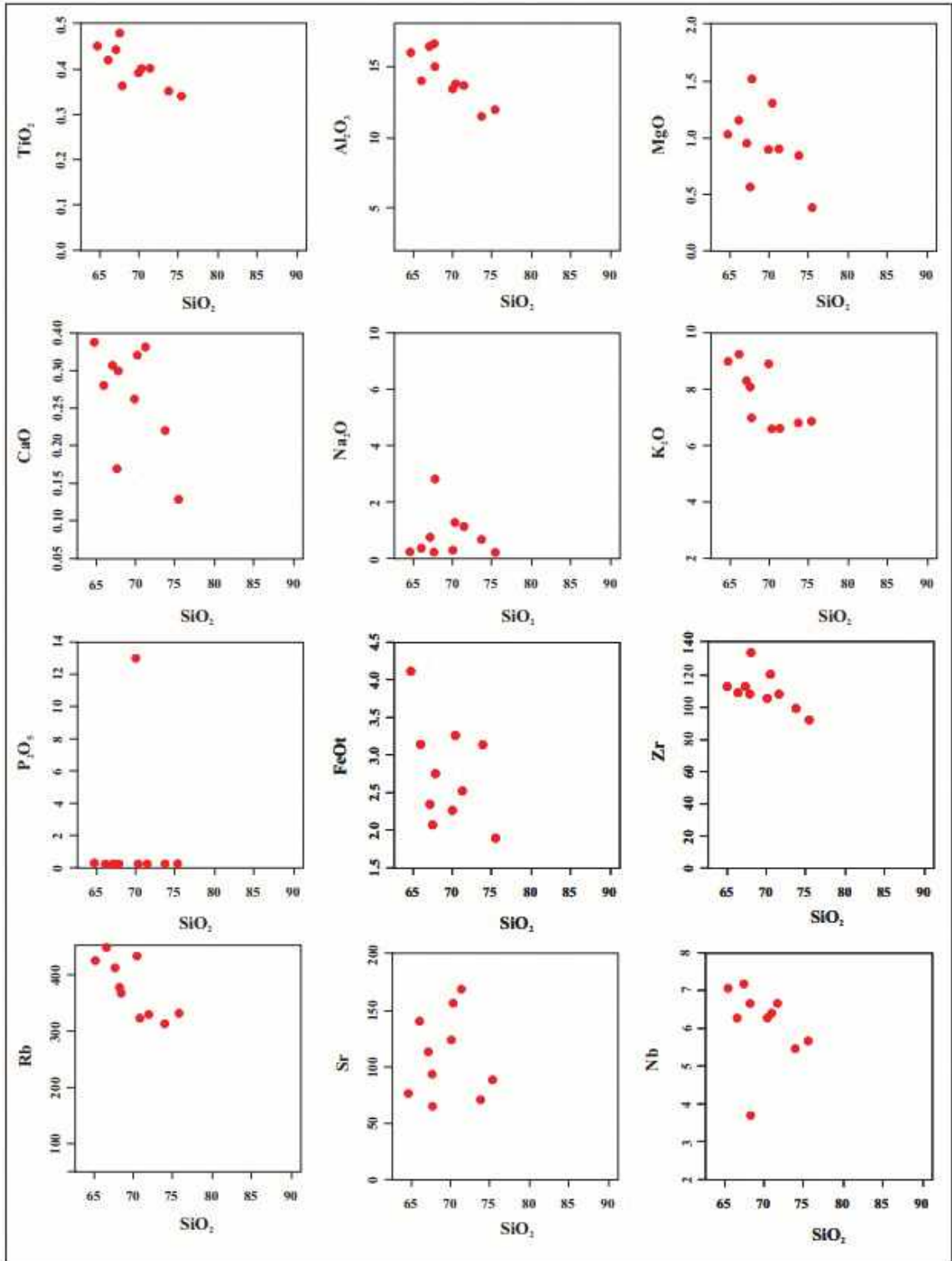
değişimler gösterebilir ve bu tip korelasyonlarda izlenen yönelimler, fraksiyonel kristallenme ve/veya kısmi ergime ya da kıtasal kirliliğe işaret edebilir (Wilson, 1989). Fakat  $\text{SiO}_2$  artışına bağlı olarak  $\text{P}_2\text{O}_5$  yatay eğilim gösterir. Bu durum, ya ortak bir kökene sahip eriyikte fraksiyonel kristallenmeyi ya da iki ve/veya daha fazla farklı bileşime sahip kökenden eriyiklerin karışımını ya da her iki durumun beraber oluşması şeklinde yorumlanabilir (Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004).

Eosen yaşlı Kestanelik granitoidini oluşturan magmanın türediği kaynağın özelliklerini araştırmak amacıyla ilksel manto ve kondrite göre normalize NYE örümcek diyagramları kullanılmıştır (Şekil 10). Granitoid numunelerinin ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramında genel olarak zenginleşme izlenmektedir (Şekil 10a). Zenginleşme özellikle büyük iyon yarıçaplı elementlerde (LILE) (Cs, Rb, Ba, Th, U, K, Pb)'de çok fazladır. Nb ve Ti'de oldukça belirgin olan negatif bir anomali gözlenmektedir. Bu negatif anomaliler granitoidin çarpışma sonrası, dalma-batma ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Pearce, 1983).

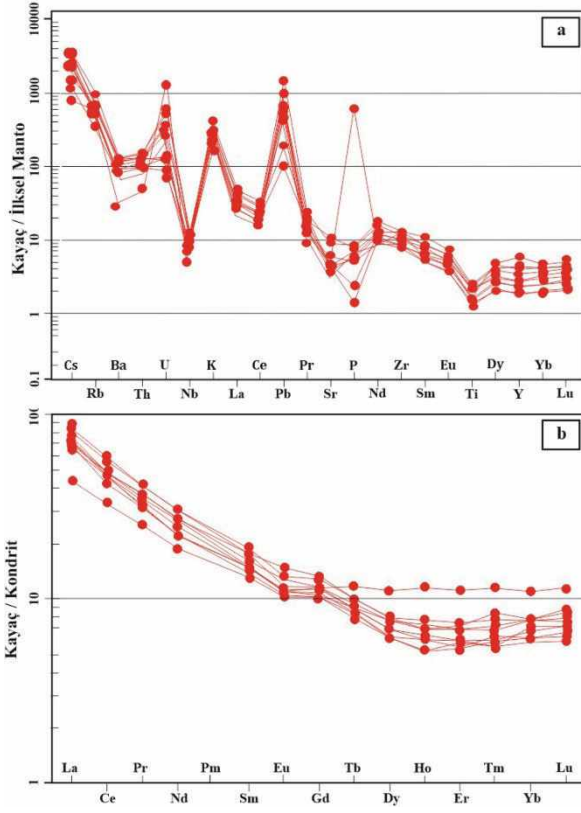


**Şekil 8.** Kestanelik granitoidine ait karot numunelerinin; **a)** İndeks diyagramı [ $A/CNK$  (molar oranı  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ ),  $A/NK$  (molar oranı  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ )] (Shand, 1948) diyagramları, **b)** ASI (molar) –  $\text{Fe}_{\text{tot}}$  diyagramları (Norman vd., 1992).

**Figure 8.** Diagrams plotting core samples from the Kestanelik Granitoid **a)** Index diagram [ $A/CNK$  (molar ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ ),  $A/NK$  (molar ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ )] (Shand, 1948), **b)** ASI (molar) - Fetot diagrams (Norman et al., 1992).



Şekil 9. Kestanelik granitoidinin SiO<sub>2</sub>'ye karşı major oksit (%) ve bazı iz elementlerin (ppm) değişim grafikleri.  
Figure 9. SiO<sub>2</sub> versus major oxide (%) and some trace element (ppm) variation plots for the Kestanelik Granitoid.



**Şekil 10.** Karot numunelerinin **a)** İlkse manto (Sun ve McDonough, 1989) ve **b)** Kondrit-normalize (Boynton, 1984) iz element dağılım diyagramları.

**Figure 10. a)** Primitive mantle (Sun and McDonough, 1989) and **b)** Chondrite-normalized (Boynton, 1984) trace element distribution diagrams for the core samples.

Kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılım diyagramında, nadir yer element değerlerinin kondrit değeri 1 ppm çizgisinin üzerinde olduğu ve birbirleriyle paralellik gösterdiği gözlenir. Bu paralellik, granitoyidi oluşturan kayaçların aynı kökene sahip olduğuna işaret eder. Nadir toprak elementlerinin kondrite göre normalize edilen diyagramda hafif nadir toprak elementler (HNYE) bakımından zenginleştiği, ağır nadir toprak elementler (ANYE)

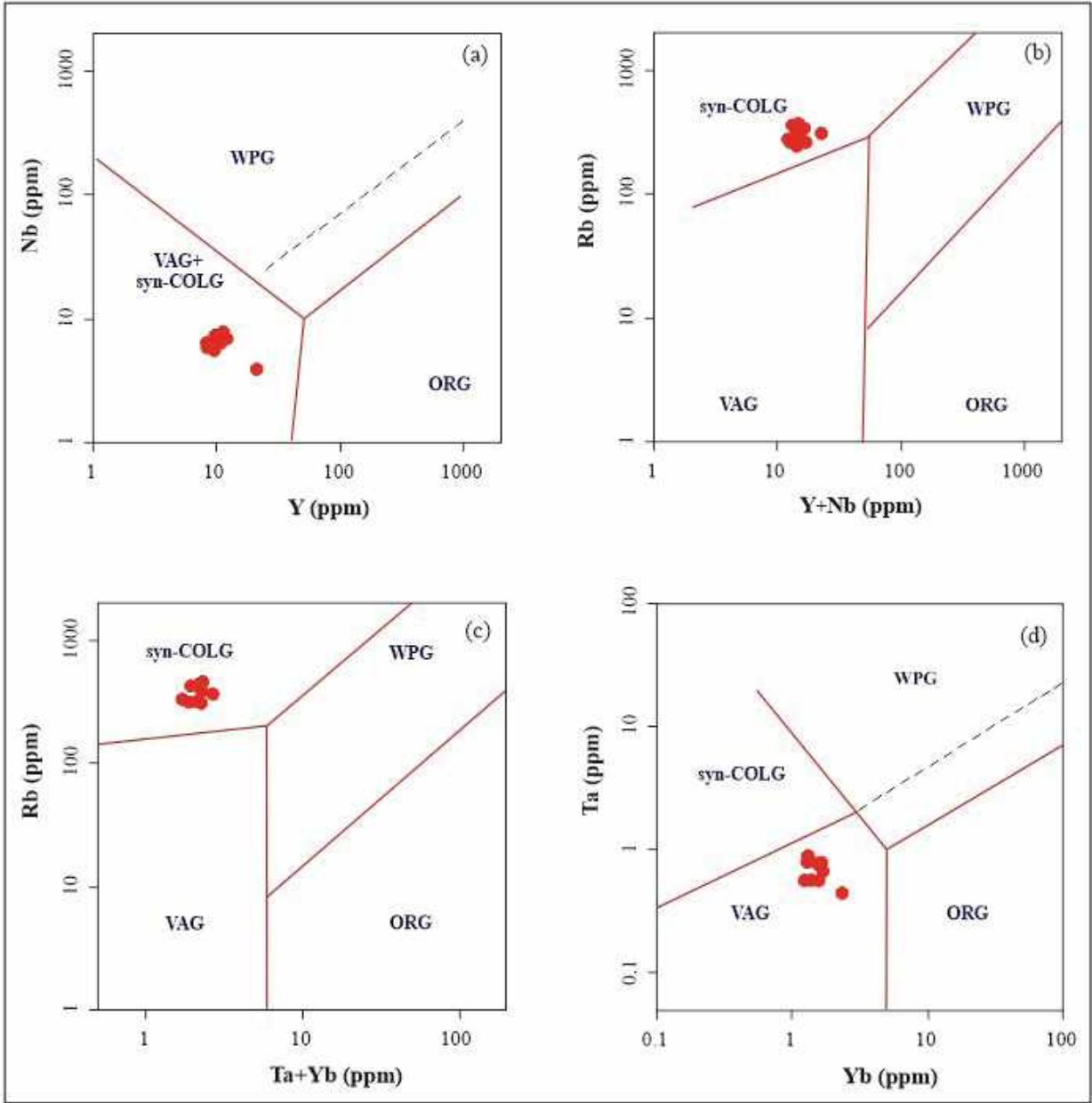
bakımından da fakirleştiği gözlenmektedir (Şekil 10b). Ayrıca, negatif Eu anomalileri K-feldispat ve plajiyoklasın fraksiyonlaşmasına bağlıdır. Bu durum, Eu tüketimine uğramış kıta kabuğu malzemesinin kirlenmesinden kaynaklanabilir. Eu anomalisinin varlığı veya yokluğu, genellikle magmanın plajiyoklaz ile dengelenme miktarıyla ilişkilidir (Arth, 1979).

### Tektonik Ayrım

Kestanelik granitoidine ait sondaj numunelerinden yararlanarak bu kayacın tektonik ortamına yaklaşımda bulunabilmek için çeşitli ayırım diyagramları (Pearce vd., 1984) kullanılmış ve ortam koşulları değerlendirilmiştir. Kestanelik granitoid numunelerinin Nb'a karşı Y diyagramı ve Rb'a karşı Y + Nb diyagramının VAG-syn-COLG alanında olduğu gözlenir (Şekil 11a ve b). Rb'a karşı Ta + Yb diyagramında numunelerin tümü çarpışmayla eş yaşlı granitler (syn-COLG) bölgesinde yer alır (Şekil 11c). Ta'ya karşı Yb diyagramında tümünün volkanik yay granitleri (VAG) alanında kümelendiği gözlenir (Şekil 11d).

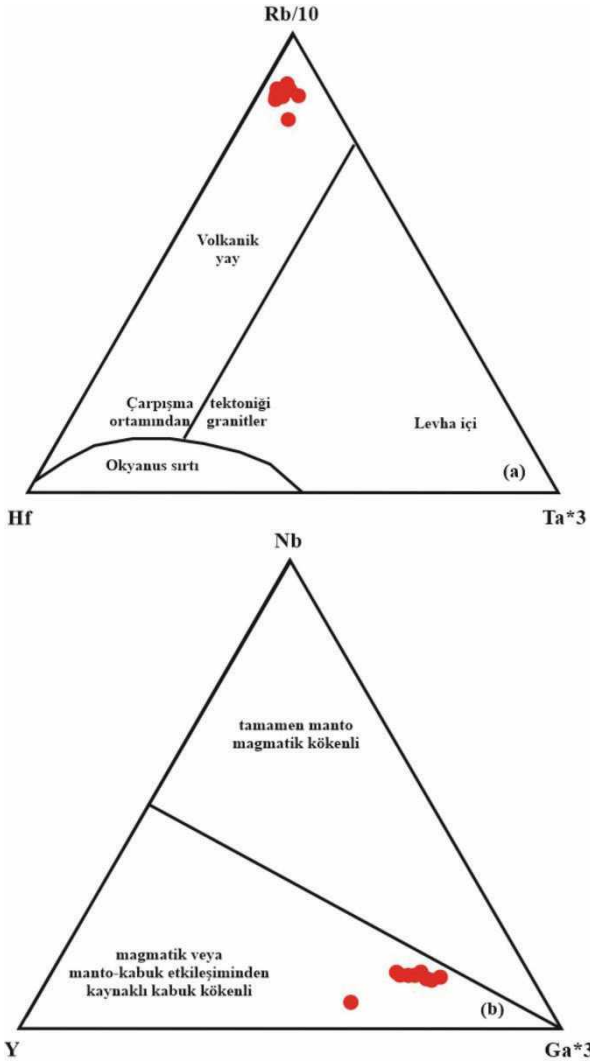
Kestanelik granitoidine ait karot numunelerinin tektonik ortamı Harris vd. (1986)'in Rb/10-Hf-Ta\*3 (Şekil 12a) ve Eby (1992)'in Nb-Y-Ga-3 (Şekil 12b) diyagramlarında yorumlanmıştır. Buna göre Kestanelik granitoid numuneleri volkanik yay ve magmatik veya manto-kabuk etkileşimi kaynaklı kabuk kökenli alana düşmektedir.

Çalışma alanındaki granitoide ait jeokimyasal veriler değerlendirildiğinde Kestanelik plütununun Eosen dönemde kabuğun sığ derinliklerine yerleşmiş olan bir intrüzif olduğu söylenebilir. Bu intrüzif çarpışma sırasında manto kökenli magmalardan türemiş ve metamorfik kayaçları içine yerleşmiştir.



**Şekil 11.** Kestanelik granitoidinin tektonik ortam sınıflandırması ve WPG, VAG, eşyaşlı-COLG, ORG diyagramlarındaki konumu (WPG: levha içi granitler, VAG: volkanik yay granitleri, eşyaşlı-COLG: çarpışmayla eş yaşlı granitler, ORG: okyanus sırtı granitleri, Pearce vd., 1984).

**Figure 11.** Tectonic environment classification for Kestanelik Granitoid and location on WPG, VAG, eşyaşlı-COLG, and ORG diagrams (WPG: within-plate granites, VAG: volcanic arc granites, eşyaşlı-COLG: syncollisional granites, ORG: ocean-ridge granites, Pearce et al., 1984).



Şekil 12. Numunelerin a) Rb/10-Hf-Ta\*3 (Harris vd., 1986) ve b) Nb-Y-Ga-3 (Eby, 1992) diyagramları.

**Figure 12. a)** Rb/10-Hf-Ta\*3 (Harris et al., 1986) and **b)** Nb-Y-Ga-3 (Eby, 1992) diagrams for the samples.

## SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Kestanelik granitoyidi stok şeklinde intrüzyif bir küttedir ve kuvars monzonit, kuvarsça zengin granitoyid bileşimli kayaçlardan oluşmuştur. Biga Yarımadası'ndaki Eosen yaşlı magmatik kütleler granit ve diyorit-granodiyorit bileşimli (Erenoğlu, 2014; Aydın vd., 2019), Oligo-Miyosen yaşlı kütleler ise diyorit, granodiyorit, monzonit ve kuvars monzonit bileşimli granitoyidlerdir (Genç ve Altunkaynak, 2007; Aydın vd., 2019).

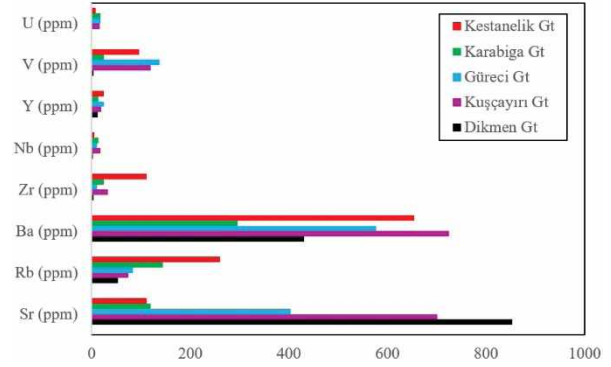
O'Connor (1965) diyagramına göre Karabiga granitoyidi (Güçtekin vd., 2004) ile Kestanelik granitoyidinin benzediği ve her ikisinin de granit alanına düştüğü gözlenmektedir. İncelenen granitoyid genel olarak şoşonit içeriğine sahip, kalkalkalin özellikli, metalümin karakterli ve I tipi magmadan türemiştir. Kestanelik granitoyidi, Biga yarımadası Eosen granitoyidleri ile magma kökeni ve bileşimi bakımından benzerlik göstermektedir (Güçtekin vd., 2004; Özdamar, 2018; Aydın vd., 2019, Akgündüz vd., 2012)

Kestanelik granitoyidinin sahaincelemelerinde açık grimsi-beyazımsı, sarımsı-kahve, bordonsu ayrışma renklerini gösteren alanlar killeşme, demirleşme, silisleşme alterasyonlarının varlığını işaret eder (Şekil 4). İnce-orta taneli, kristalli ve porfiritik dokuya sahip granitoyidik kayacın genel mineralojik bileşimi başlıca kuvars, plajiyoklas, K-feldispat, amfibol, biyotit, hornblend ile illit, serizit, klorit gibi ikincil mineral birlikteliğinden meydana gelmiştir (Şekil 5). Kuvarslarda silisleşme, K-feldispat ve iri kristalli zonlu plajiyoklaslar killeşme ve serizitleşme, biyotitler ve hornblendlerde kloritleşme alterasyonları gözlenmektedir. Aynı numunelerin detaylı X-ışını kırınımı (XRD) kil analizi yapılmıştır. Tüm kayaların mineralojik analiz sonuçları ve temsili desenlerine göre, Kestanelik granitoyidinin mineral bileşimi kuvars, feldspat, illit/mika, klorit, simektit, kaolinit ve alünitir (Çizelge 1). Ayrıntılı kil analizleri sonucunda bu altere kayaç numunelerinin mineral birlikteliklerinden sahada silisleşme, killeşme, serizitleşme ve kloritleşme alterasyon tipleri belirlenmiştir (Kıray, 2021). Kıray (2021) tarafından Kestanelik granitoyidi numunelerine ait major oksitler ile belirlenen hidrotermal alterasyon indeksleri (AI, CCPI, SI, CIA)' ne göre hidrotermal ayrışmanın olduğu, serizit-klorit-pirit alterasyon eğilimi, hidrotermal ayrışma ve arjilik, klorit, serizit, piropillitik ve K-silikat alterasyonları olduğu belirtilmiştir.

Kestanelik granitoyidinin jeokimyasal özellikleri (Ba, U, V, Y, Nb, Sr, Zr, Rb)



bakımından Güçtekin vd. (2004), Yücel-Öztürk vd. (2005), Akgündüz vd. (2012) ve Aydın vd. (2019) tarafından incelenen Biga yarımadasındaki granitoidler ile kısmen benzerlik göstermektedir (Şekil 13). Ana ve iz element değişim diyagramlarında granitoidin gelişiminde plajiyoklas ve hornblend, plajiyoklas ve K-feldispat fraksiyonelleşmesinin etkili olduğu ve Biga Yarımadası'ndaki granitoidlerde benzer fraksiyonelleşme gösterdiği belirtilmektedir (Erenoğlu, 2014; Özdamar, 2018; Aydın vd., 2019). Kestanelik granitoidine ait karot numunelerinden yapılan ilksel mantoya göre normalize edilmiş çoklu element diyagramında Th, U, Rb, Ba ve K gibi mobil uyumsuz elementlerin yüksek konsantrasyonlara sahip oldukları gözlenir. Buna karşılık, Ta, Nb, Zr ve Ti gibi elementlerin ilksel manto normalize element diyagramında negatif anomaliler sunmaktadır (Şekil 10). Aydın vd. (2019) Biga Yarımadası'ndaki tüm granitoidlerin ortak özelliğinin Nb, Ta, Zr ve Ti elementlerinde azalma, Pb ve U elementlerinde zenginleşme ve gözlenen bu değişimlerin adayayı magmatizmasının ortak kimyasal özelliği olduğunu ileri sürmüştür. Ayrıca, mantodan türeyen magmaların yukarı doğru yükselmesi sırasında kıtasal kabuk tarafından kirlenmenin bir sonucu olabileceği düşüncesindedir. Dahası, bu granitoidlerin Kestanelik intrüzyonu gibi manto-kabuk etkileşimi sonucu veya kabuk kökenli, volkanik yay ve çarpışma ile eş yaşlı granitler olduğunu belirtmişlerdir. Kestanelik granitoidi Sakarya zonunda yer alan Biga granitoidlerinin yanısıra, Doğu Pontid zonunda yer alan Sarıhan granodiyoriti (Arslan, 2005) ve Gümüşhane plütunu (Topuz vd., 2010) ile Güneybatı Borneo Bloğundaki Schwaner Dağlarının (Endonezya) Kuzey Schwaner Bölgesi (NSZ) ve Kuzeybatı Schwaner Bölgesi (NWSZ) (Ramadhan vd., 2021) granitoidlerinin magma bileşimi ve kökeni ile de benzerlik göstermektedir.



Şekil 13. Kestanelik granitoidi ile Biga Yarımadasındaki Eosen granitoidlerinin iz element içerikleri bakımından karşılaştırılması.

Figure 13. Comparison of Kestanelik and other Eocene Granitoids in Biga Peninsula in terms of trace element contents.

#### EXTENDED SUMMARY

The Kestanelik Granitoid, which is an intrusive mass in the form of a Middle-Late Eocene stock, is located in the Biga Peninsula in the Sakarya Zone and associated with Au-Ag mineralization. This granitoid cuts the Late Ediacaran-Early Cambrian Çamlıca metamorphics located in the basement of the Eocene Karabiga Massif in the Biga Peninsula. The Upper Cretaceous Çetmi mélangé overlies these metamorphics with a tectonic contact. The Soğucak Formation, consisting of clastic sedimentary rocks, covers the granitoid unconformably. The Şahinli Formation, including andesite-basalt fragmented pyroclastics, basalt dykes, lava flows and mudstone and Quaternary current deposits unconformably cover all units in the field.

Thin section analysis, XRD clay definitions and geochemical element analyses were performed on core samples selected from different depths in drillings from the Kestanelik Granitoid (KED6, KED 17, KED 135). Based on these analyses, the granitoid has fine-medium grained, porphyritic and crystalline texture. It contains quartz, K-feldspar, biotite, amphibole and hornblende.

Alteration minerals are chlorite, sericite and clay minerals. Quartz is usually anhedral, has fine and coarse crystals, and it crystallized by interfering with minerals. K-feldspar occurs as coarse crystals, and is mostly argillized and sericitized as a result of alteration. Biotite is subhedral and is the dominant dark-colored mica mineral in veins in rocks, but shows chloritization due to the effect of alteration. There are euhedral and subhedral amphiboles in the granitoid rocks. As a result of alteration, hornblende carbonated and turned into chlorite.

The QAP diagram prepared by Streckeisen (1967) and the total alkali-silica classification (TAS) diagram of Middlemost (1985) were used for classification and naming of the Kestanelik Granitoid according to mineral content. When the geochemical analyses were plotted on the QAP diagram, the Kestanelik Granitoid consists of rocks with granitoid composition rich in quartz (Figure 7a). According to the total alkali-silica ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ ) classification diagram, plutonic rocks are in subalkaline, quartz monzonite and granite areas (Figure 7b). An-Ab-Or compositions are located in the granite area in the O'Connor (1965) diagram (Figure 7c). In the AFM ( $\text{FeO}-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{MgO}$ ) triangular diagram proposed by Irvine and Baragar (1971), the samples fall into the calc-alkaline area (Figure 7d). The core samples belonging to the rocks forming the Kestanelik Granitoid generally have shoshonitic character on the  $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  diagram (Figure 7e).

In the molar A/CNK-A/NK diagram (Shand, 1943), when the samples from the Eocene Kestanelik Granitoid and the Karabiga, Güreçi, Kuşçayırı and Dikmen Granitoids are compared, it plots in the metaluminous field and originated from an I-type magma (Figure 8a). In the ASI- $\text{Fe}_{\text{tot}}$  (wt.) diagram (Norman, 1992), samples were mostly found in the I-type granite area, as in the molar A/CNK-A/NK diagram (Figure 8b).

Kiray (2021) used the Ishikawa alteration index (AI) (Ishikawa et al., 1976), chlorite-

carbonate-pyrite index (CCPI) (Large et al., 2001), and sericite index (SI) in order to determine hydrothermal alteration of the Kestanelik Granitoid samples. Alteration indices (Myers and Maclean, 1983) and chemical weathering index (CIA) (Nesbitt and Young, 1982) were used. In geochemical studies, the AI value of the altered samples in the granitoid in the study area was average 89.27 and the CCPI value was average 79.52. According to these values, hydrothermal decomposition and alteration trend is in the form of sericite-chlorite-pyrite, and according to this trend, mainly argillic and chlorite alteration are present. The fact that the SI was above 1, which is used to determine the efficiency of sericitization in granitoid samples, occurs in the presence of strong sericite alteration with the weathering of plagioclases. The granitoid samples with a CIA average of 61.67 contain muscovite, biotite, and smectite minerals and were affected by propylitic K-silicate alteration.

$\text{SiO}_2$  content against changes in major element oxides and some selected trace elements was interpreted on Harker diagrams. Accordingly,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , CaO, MgO,  $\text{K}_2\text{O}$ , Zr, Rb and Nb values decrease regularly with increasing  $\text{SiO}_2$ . There are variations in  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  and Sr values, but  $\text{P}_2\text{O}_5$  values show a horizontal trend based on the increase in  $\text{SiO}_2$ .

The sloping distributions observed in the diagrams suggest that the rocks have a common origin and have undergone fractional crystallization and/or partial melting. REE spider diagrams normalized to the primary mantle and chondrite were used to investigate the characteristics of the source for the magma forming the Eocene Kestanelik Granitoid. An enrichment of trace elements was observed in the trace element distribution diagram normalized with respect to the primary mantle for granitoid samples. These anomalies may indicate the presence of a subduction component in the development of the main magma and contamination by the continental


crust. In the rare earth element distribution diagram normalized according to chondrite, the rare earth element values were above the 1 ppm line, which is the chondrite value, and are parallel to each other. This similarity indicates that the rocks forming the granodiorite have the same origin. The rocks of Kestanelik Granodiorite are enriched in light rare earth elements (LREE) and depleted in heavy rare earth elements (HREE). The observed negative Eu anomalies are due to the fractionation of K-feldspar and plagioclase. This may be due to contamination of Eu-depleted continental crust material.

Various separation diagrams (Pearce et al., 1984; Harris et al., 1986; Eby, 1992) were used to approximate the tectonic environment of the rock by utilizing samples from the Kestanelik Granitoid and environmental conditions were evaluated. The Kestanelik Granitoid samples are in the VAG-syn-COLG area on the Nb vs. Y diagram and Rb vs. Yb + Ta diagram. In the Rb vs. Yb + Ta diagram, all of the samples were located in the field of syn-collision granites. In the Ta versus Yb diagram, all of them clustered in the area of volcanic arc granites. The tectonic environment of the core samples from the Kestanelik Granitoid was volcanic arc and magmatic or mantle-crust interaction on the Rb/10-Hf-Ta\*3 (Harris et al., 1986) and Nb-Y-Ga-3 diagrams (Eby, 1992). The samples from the Kestanelik Granitoid fall into an area with crustal origin (Figure 11a).

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Ofisi (BAP, proje no: 3574-D2-13) tarafından finanse edilen D. Kiray'ın doktora tezinin bir kısmını oluşturmaktadır. Yazarlar, saha çalışmalarına desteklerinden ve sondaj karot numunelerinin temini için Tümad-Madencilik A.Ş. ve Chesser Resources A.Ş.'ye teşekkür ederler.

## ORCID

Didem Kiray  <https://orcid.org/0000-0002-4187-7285>

Oya Cengiz  <https://orcid.org/0000-0003-1363-4638>

## KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akgündüz, S., Duru, O. & Elmas, M. A. (2012). KB Anadolu'da Eosen-Oligosen çarpışma sonrası magmatizma: Asartepe granitik ve Sarıkaya volkanik kayalarından jeokimyasal ve jeokronolojik veriler. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 25(2), 119-143.
- Aldanmaz, E., Pearce, J. A., Thirlwall, M. F. & Mitchell, J.G. (2000). Petrogenetic evolution of Late Cenozoic, post collision volcanism in Western Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 102, 67-95.
- Altunkaynak, Ş. & Dilek, Y. (2013). Eocene mafic volcanism in northern Anatolia: its causes and mantle sources in the absence of active subduction. *International Geology Review*, 55(13), 1641-1659.
- Altunkaynak, Ş. & Genç, Ş. C. (2008). Petrogenesis and time-progressive evolution of the Cenozoic continental volcanism in the Biga Peninsula, NW Anatolia. *Lithos*, 102(1), 316-340.
- Altunkaynak, Ş., Sunal, G., Aldanmaz, E., Genç, Ş. C., Dilek, Y., Furnes, H., Foland, K.A., Yang, J. & Yıldız, M. (2012b). Eocene granitic magmatism in NW Anatolia (Turkey) revisited: New implications from comparative zircon SHRIMP U-Pb and <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar geochronology and isotope geochemistry on magma genesis and emplacement. *Lithos*, 155, 289-309.
- Arth, J.G. (1979). Some trace elements in trondhjemites their implication to magma genesis and paleotectonic setting. *Developments in Petrology, Chapter 3, Volume 6*, 123-132p.
- Arslan, Z. (2005). Petrography and petrology of the calc-alkaline Sarihan granitoid (NE Turkey): an example of magma mingling and mixing. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 14(2), 183-207.
- Aydın, Ü, Pınar, Şen, P., Özmen, Ö. & Şen, E. (2019). Petrological and geochemical features of Biga Peninsula granitoids, NW Anatolia, Turkey. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 160(160), 81-115.

- Aysal, N. (2015). Mineral chemistry, crystallization conditions and geodynamic implications of the Oligo-Miocene granitoids in the Biga Peninsula, Northwest Turkey. *Journal of Asian Earth Science*, 105, 68-84.
- Aysal, N., Öngen, S. & Haniççi, N. (2012). Karadoru granitoid plütönu yan kayaçlarının petrografisi ve skarn zonunun özellikleri, Yenice-Çanakkale. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 19(2), 183-194.
- Bingöl E, Delaloye, M. & Atama, G. (1982). Granitic intrusions in Western Anatolia: A contribution of the geodynamic study of this area. *Eclogae Geologicae Helvetica*, 75, 437-446.
- Birkle, P. & Satır, M. (1995). Dating, geochemistry and geodynamic significance of the tertiary magmatism of the Biga Peninsula, NW-Turkey. In: A. Erler, T. Ercan, E. Bingöl, S. Örçen (Eds.), *Geology of the Black Sea Region* (pp. 171-180). MTA, Ankara.
- Boynton, W.V. (1984). Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies. Chapter 3. *Development of Geochemistry*, 2, 63-114.
- Chesser Resources Co. (2012). *Chesser Resources Limited. annual report*. Çanakkale.
- Çakır, Ş. & Karakaş, A. (2018). Biga-Karabiga (Çanakkale) çevresinin jeolojisi. *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, 17(1), 27-38.
- Delaloye, M. & Bingöl, E.(2000). Granitoids from western and northwestern Anatolia: Geochemistry and modeling of geodynamic evolution. *International Geology Review*, 42, 241-268.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Okay, A.İ., Şentürk, Y. & Kar, H. (2012). *Biga Yarımadası'nın Tersiyer öncesi jeolojisi. Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi*. MTA Özel Yayın Serisi-28, 7-77.
- Eby, G. N. (1992). Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications. *Geology*, 20(7), 641-644.
- Erenoğlu, O. (2014). *Dededağ Çevresindeki (Beyçayır-Çanakkale) Eosen, Oligo-Miyosen volkaniklerinin krono-stratigrafik konumu ve Biga Yarımadası'nda bölgesel volkanizma içindeki önemi* [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Erenoğlu, O. & Bozcu, M. (2021). Geological features and lithostratigraphy of Eocene-Oligocene magmatic rocks in the Dededağ area-Biga Peninsula, NW Turkey. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8(4), 435-449.
- Genç, S. C. (1998). Evolution of the Bayramiç magmatic complex, Northwestern Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 233-249.
- Genç, Ş. C. & Altunkaynak, Ş. (2007). Eybek graniti (Biga yarımadası, KB Anadolu) üzerine: Yeni jeokimya verileri ışığında yeni bir değerlendirme. *Yerbilimleri*, 28(2), 75-98.
- Göncüoğlu, M.C. (2010). *Introduction to the geology of Turkey: Geodynamic evolution of the Pre-Alpine and Alpine Terranes*. Jeoloji Müh.Bölümü, 06531, Ankara.
- Güçtekin, A., Köprübaşı, N. & Aldanmaz, E. (2004). Karabiga (Çanakkale) granitoidinin jeokimyası. *Yerbilimleri*, 25(29), 29-38.
- Harris N.B.W., Pearce, J.A. & Tindle, A.G. (1986). Geochemical characteristics of collision zone magmatism. In M.P. Coward, & A. C. Ries (Eds.), *Collision Tectonics*, Geological Society, London, *Special Publication*, 19(1), 67-81.
- Hedenquist, J.W.(2011). *Observations on the Kestanelik and Karaayi prospects, Biga Peninsula, Turkey*. Unpublished report for Chesser Resources.
- Irvine, T. N. & Baragar, W.A.R. (1971). A guide to chemical classification of common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8, 523-547.
- Ishikawa, Y., Sawaguchi, T., Iwaya, S. & Horiuchi, M. (1976). Delineation of prospecting targets for Kuroko deposits based on models of volcanism of underlying dacite and alteration haloes. *Mining Geology*, 26, 105-117.
- Karacık, Z. & Yılmaz, Y. (1998). Geology of the ignimbrites and the associated volcano-plutonic complex of the Ezine area, northwestern Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85(1-4), 251-264.
- Karacık, Z., Yılmaz, Y., Pearce, J. A. & Ece, Ö. I. (2008). Petrochemistry of the south Marmara granitoids, northwest Anatolia, Turkey. *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)*, 97, 1181-1200.

- Karaoğlu, Ö. & Helvacı, C. (2014). Isotopic evidence for a transition from subduction to slab tear related volcanism in western Anatolia, Turkey. *Lithos*, 192-195, 226-239.
- Ketin, İ. (1966). Anadolu'nun tektonik birlikleri. *MTA Dergisi*, 66, 20-34. [https://dergi.mta.gov.tr/dosyalar/images/mtadergi/makaleler/tr/20151020143258\\_862\\_227ff53f.pdf](https://dergi.mta.gov.tr/dosyalar/images/mtadergi/makaleler/tr/20151020143258_862_227ff53f.pdf)
- Kıray, D. (2021). *Şahinli (Lapseki-Çanakkale, Batı Türkiye) bölgesindeki Kestanelik Au-Ag cevherleşmesinin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelemeler ile kökeninin belirlenmesi* [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Köprübaşı, N. & Aldanmaz, E. (2004). Geochemical constraints on the petrogenesis of Cenozoic I-type granitoids in Northwest Anatolia, Turkey: Evidence for magma generation by lithospheric delamination in a post-collisional setting. *International Geology Review*, 46, 705-729.
- Large, R. R., Gemmill, J. B., Paulick, H. & Huston, D. L. (2001). The alteration box plot: A simple approach to understanding the relationship between alteration mineralogy and litho-geochemistry associated with volcanic-hosted massive sulfide deposits. *Economic Geology*, 96(5), 957-971.
- Middlemost, E.A.K.(1985). *Magma and magmatic rocks*. Longman Group Limited, Essex, 266 p.
- MTA, (2012). *General and economic geology of the Biga Peninsula* (Eds.:E. Yüzer & G. Tünay]. Special Publication Series 28, p. 326 (in Turkish).
- Myers, R. E. & MacLean, W. H. (1983). The geology of the New Inso copper deposit, Noranda district, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 20, 1291-1304.
- Nesbitt, H. W. & Young, G. M. (1982). Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, 299, 715-717.
- Norman, M. D., Leeman, W. P. & Mertzman, S. A. (1992). Granites and rhyolites from the northwestern USA: Temporal variation in magmatic processes and relations to tectonic setting: Transactions of the Royal Society of Edinburgh. *Earth Science*, 83, 71-81.
- O'Connor, J. T. (1965). A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. In: *US Geological Survey Professional Paper B525*. USGS, 79-84.
- Okay, A. İ., Siyako, M. ve Bürkan, K. A. (1990). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi. *TPJD Bülteni*, 2(1), 83-121.
- Okay, A. İ., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R. & Akyüz, S. (1996). Paleo-and Neotethyan events in Northwest Turkey. In: A, Yin, & M. Harrison (Eds.), *Tectonics of Asia* (420-441). Cambridge University Press, Cambridge.
- Okay, A. İ. & Satır, M. (2000). Coeval plutonism and metamorphism in a latest Oligocene metamorphic core complex in northwest Turkey. *Geological Magazine*, 137(5), 495-516.
- Okay, A. İ. & Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. In: B. Durand, L. Jolivet, F. Horvath, M. Seranne, M. (Eds.), *The Mediterranean Basin: Tertiary Extension within the Alpine Orogen*, 156 (pp. 75- 515). Geological Society, Special Publications, London.
- Özdamar, Ş. (2018). Evciler Plütonu'nun (KB Türkiye) petrolojisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(2), 149-165.
- Pearce J. A. (1983). Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: C. J. Hawkesworth, & M. J. Norry, (Eds). *Continental Basalts and Mantle Xenolites*. Nantwich, Shiva, 230-249.
- Pearce, J. A., Harris, N. B. W. & Tindle, A. G. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25, 956-983.
- Peccerillo, A. & Taylor, S. R. (1976). Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contributions to mineralogy and petrology*, 58(1), 63-81
- Ramadhan, I. A. A., Darmaputra, M. K. M., Najah, M. B. & Sucipta, I. G. B. E. (2021). Geochemical characteristics of Schwaner Mountains Granitoids and their relationship to magmatism in the Southwest Borneo Block. *Proceedings Joint Convention Bandung (JCB), December 1-3, 2021*, 3-6

- Shand, S. J. (1948). Eruptive rocks: their genesis, composition, classification, and their relation to ore deposits, with a chapter on meteorites. *Journal of Geology*, 56(6), 593-593.
- Streckeisen, A. I. (1967). Classification and nomenclature of igneous rocks. *Neues Jahrbuch für Mineralogie – Abhandlungen*, 107, 144-240.
- Sun, S. S. & McDonough, W. F. (1989). Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: A.D. Saunders, M. J. Norry, (Eds.), *Magmatism in Ocean Basins*, 42 (pp.: 313–345). Geological Society Special Publication.
- Şengör, A. M. C. & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengör, A. M. C., Lom, N., Sunal, G., Zabcı, C. & Sancar, T. (2019). The Phanerozoic palaeotectonics of Turkey. Part I: an inventory. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 1, 91-161.
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W. H., Zack, T., Hasözbeğ, A., Mathias, B., Satır, M. & Şen, C. (2010). Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: the Gümüşhane pluton (NE Turkey). *Lithos*, 116(1-2), 92-110.
- Tunç, İ. O., Yiğitbaş, E., Şengün, F., Wazecck, J., Hofmann, M. & Linnemann, U. (2012). U-Pb zircon geochronology of Northern metamorphic massifs in the Biga Peninsula (NW Anatolia-Turkey): New data and a new approach to understand the tectonostratigraphy of the region. *Geodinamica Acta*, 25(3-4), 202-225.
- Tümad Madencilik (2020). *Tümad Madencilik San. ve Ltd.Şti. Yıllık rapor*,10, Çanakkale.
- Wilson, M. (1989). *Igneous petrogenesis*. Unwin Hyman Press, London, 456 pp.
- Yılmaz Şahin, S., Örgün, Y., Güngör, Y., Göker, A., Gültekin, A. H. & Karacık, Z. (2010). Mineral and whole-rock geochemistry of the Kestanbol Granitoid (Ezine-Çanakkale) and its mafic microgranular enclaves in northwestern Anatolia: evidence of felsic and mafic magma interaction. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 19(1), 101-122.
- Yılmaz Y. (1990). Comparison of young volcanic associations of western and eastern Anatolia under compressional regime; A review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 69–87.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Karacık, Z. & Altunkaynak, Ş. (2001). Two contrasting magmatic associations of NW Anatolia and their tectonic significance. *Journal of Geodynamics*, 31, 243-271.
- Yiğitbaş, E. ve Tunç, İ. O. (2020). Biga Yarımadası'nda Sakarya Zonunun Prekambriyen metamorfik kayaları; Geç Ediyakaran Gondwanaland Aktif Kıta Kenarı. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 63(3) 277-302. <https://doi.org/10.25288/tjb.589144>
- Yücel-Öztürk, Y., Helvacı, C. & Satır, M. (2005). Genetic relations between skarn mineralization and petrogenesis of the Evciler Granitoid, Kazdağ, Çanakkale, Turkey and comparison with World skarn granitoids. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 14(3), 255-280.