

Geç Kretase Yaşlı Bozat (Giresun, KD Türkiye) Plütönu'nun Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özellikleri

Petrographical, Geochemical and Petrological Characteristics of Late Cretaceous aged Bozat (Giresun, NE Turkey) Pluton

İrfan TEMİZEL^{*a}, Ayşe KURT^b

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon

• Geliş tarihi / Received: 09.01.2019 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 27.02.2019 • Kabul tarihi / Accepted: 05.03.2019

Öz

Doğu Pontidler Orojenik Kuşağı'nda (KD Türkiye) farklı boyut ve bileşimlerde olan Geç Kretase yaşlı plütönlere yaygın olarak yüzeylemektedir. Bunlardan Bozat Plütönu (Giresun) yaklaşık KD-GB uzanımlı olup, Üst Kretase volkanik ve sedimanter kayalar içerisine yerleşmiştir. Petrografik olarak, incelenen plütön ince-orta taneli olup, monzogabro bileşimlidir. Plütön kayaları, genel olarak plajiyoklas (An_{53-88}), ortoklas (Or_{59-74}), kuvars, klinopiroksen ($Wo_{40-45}En_{42-44}Fs_{12-17}$), biyotit (Mg#: 0.66-0.70), Fe-Ti oksit, apatit ve zirkon içermekte olup, genellikle monzonitik, poikilitik, nadiren pertitik doku gösterirler. Petrokimyasal olarak, incelenen plütön I-tipi, metalümin ($A/CNK=0.76-0.93$) ve şoşonitik karakterdedir. Ana ve iz element verileri, incelenen plütönün gelişiminde fraksiyonel kristallenme \pm asimilasyonun önemli bir rol oynadığına işaret etmektedir. İncelenen plütönün ilksel mantoya normalize edilmiş iz element dağılımları, büyük iyon yarıçaplı litofil element, Th, Ce zenginleşmesi ve negative Nb, Ta ve Ti anomalisi göstermekte olup, bu kayaların petrojenezinde yitim bileşeninin etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca, incelenen plütön kayalarının kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımlarında karakteristik olarak gözlenen konkav şekilli desen ve negatif Eu anomalisi, gelişiminde K-feldispat \pm plajiyoklas ve klinopiroksen ayrımlaşmasının etkili olduğuna işaret etmektedir. Elde edilen tüm veriler, Geç Kretase yaşlı Bozat Plütönu'nun gerilmeli kıtasal yay ortamında oluştuğunu ve ana magmasının litosferik manto ve alt kabuktan türeyen ergiyiklerin karışımından türediğini ve kabuk içerisindeki magma odasında farklılaşarak yerleştiğini işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler: Bozat, Jeokimya, Mineral kimyası, Monzogabro, Giresun, Türkiye

Abstract

Late Cretaceous aged intrusions in the Eastern Pontides Orogenic Belt in NE Turkey are common in varying sizes and compositions. Of these, Bozat Pluton (Giresun) extends nearly in the orientation of NE-SW and was emplaced into the Upper Cretaceous volcanic and sedimentary rocks. Petrographically, the studied pluton is compositionally fine to medium grained monzogabbro. The rocks of the pluton consist of plagioclase (An_{53-88}), orthoclase (Or_{59-74}), quartz, clinopyroxene ($Wo_{40-45}En_{42-44}Fs_{12-17}$), biotite (Mg#: 0.66-0.70), Fe-Ti oxide, apatite and zircon with generally monzonitic, poikilitic, rare perthitic textures. Petrochemically, the studied pluton shows I-type, metaluminous ($A/CNK=0.76-0.93$) and shoshonitic features. The major and trace element data suggest that fractional crystallization \pm assimilation has played a significant role in the evolution of the studied pluton. Primitive mantle-normalized trace element patterns of rocks samples from the pluton exhibit enrichment in large ion lithophile element, Th, Ce and negative Nb, Ta and Ti anomalies, all of which suggest subduction component in their petrogenesis. Moreover, chondrite-normalized rare earth element (REE) plots of rocks from the pluton show characteristic concave-shaped patterns with negative Eu anomalies, all of which imply significant K-feldspar \pm plagioclase and clinopyroxene fractionations in evolution of the pluton. All obtained data suggest that the Late Cretaceous aged Bozat Pluton has formed in an extensional continental arc, and parental magma of the pluton evolved from mixing of lithospheric mantle and lower crust-derived melts, and evolved differently within crustal level.

Keywords: Bozat, Geochemistry, Mineral chemistry, Monzogabbro, Giresun, Turkey

^{*a} İrfan TEMİZEL; itemizel@ktu.edu.tr; Tel: (0462) 377 27 41; orcid.org/0000-0002-6293-8649

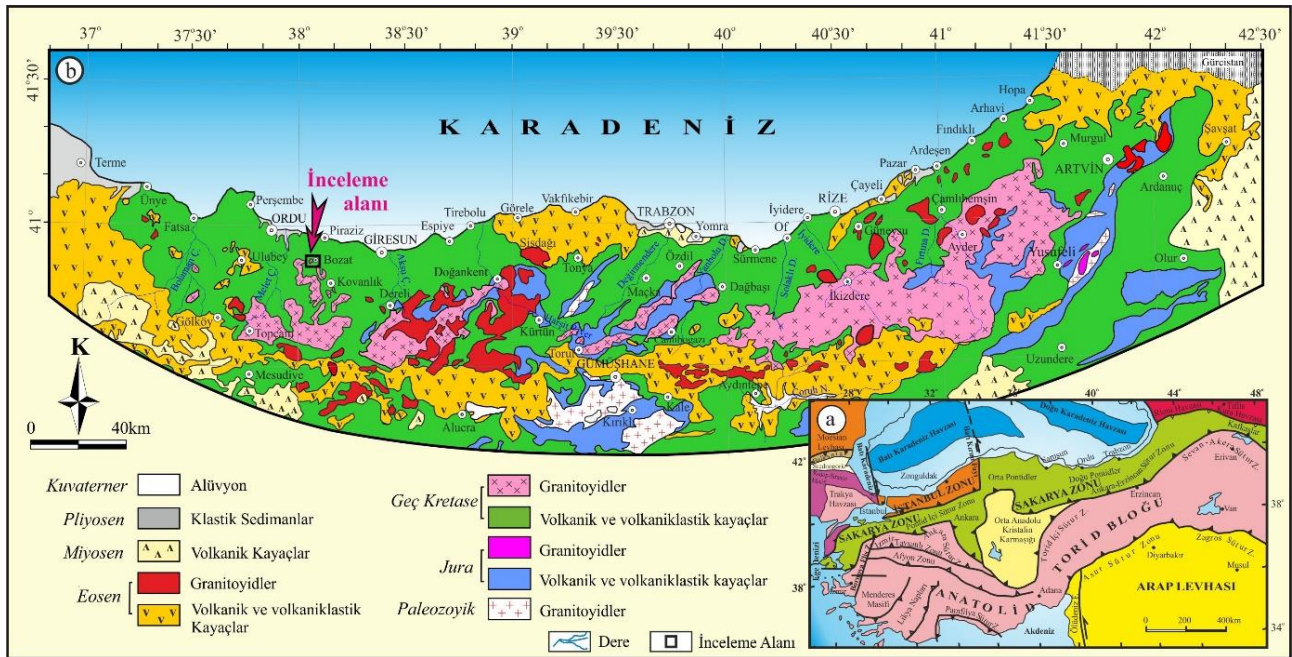
^b orcid.org/0000-0003-2981-8335

1. Giriş

Doğu Pontidler Orojenik Kuşağı (DPOK)'nda Paleozoyik'den Tersiyer dönemi sonuna kadar geniş bir yaş aralığında gözlenen plütonlar; gabrodan granit kadar değişen bileşimde olup, başlıca Permo-Karbonifer, Erken-Orta Jura, Geç Kretase ve Eosen döneminde sokulum yapmışlardır (Şekil 1). Permo-Karbonifer yaşlı granitoidler (Örn, Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz vd., 2012, 2016) metamorfik kayaları keserek yerleşmiştir. Bu granitoidler, Gümüşhane, Köse ve Artvin civarında (Örn, Topuz vd., 2010; Dokuz, 2011), Tonya güneyinde, Maçka güneyinde (Soğuksu) ve Özdil (Trabzon) yöresinde (Kaygusuz vd., 2012, 2016) gözlenmektedir. Ayrıca, metamorfik temel kayalar, mafik ve daha az oranda felsik kayalardan oluşan Erken Jura granitoidleri tarafından da kesilmiştir (Dokuz vd., 2010; Ustaömer vd., 2013; Karşlı vd., 2017; Dokuz vd., 2017) (Şekil 1). Geç Kretase granitoidleri, yitimle ilişkili volkanik ve/veya volkanoklastik kayalarla dokanak ilişkisindedir (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Karşlı vd., 2010; Kaygusuz vd., 2008, 2009, 2010, 2011, 2012; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Kaygusuz ve Şen, 2011; Karşlı vd., 2012a; Kaygusuz vd., 2013, 2014; Sipahi vd., 2018). Eosen ve sonrası granitoidleri ise dar alanlarda yüzeylemekte olup, tüm serileri

keserek yerleşmiştir (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Aslan vd., 1999; Topuz, 2002; Arslan ve Aslan, 2006; Karşlı vd., 2007, 2011, 2012b; Temizel, 2014; Kaygusuz ve Öztürk, 2015; Sipahi vd., 2017; Temizel vd., 2018; Şekil 1).

DPOK'nın doğusunda Geç Kretase yaşlı bazı plütonların petrografisini, jeokimyasını ve petrojenezini içeren birçok çalışma yapılmıştır (ör., Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Karşlı vd., 2010; Kaygusuz vd., 2008, 2009, 2010, 2011, 2012; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Kaygusuz ve Şen, 2011; Karşlı vd., 2012a; Kaygusuz vd., 2013, 2014; Sipahi vd., 2018). Bölgede gözlenen Geç Kretase yaşlı plütonik kayaların yaşları ile ilgili yapılan radyometrik çalışmalar belirtildiği gibi bazı plütonlarda ve sınırlı alanlardadır. Genel olarak plütonların yaşı stratigrafik ilişkilerle göreceli olarak saptanmaya çalışılmıştır. Ayrıca, bölgenin batısındaki Bozat (Piraziz, Giresun) yöresi ve çevresinde yer alan Geç Kretase yaşlı plütonlarla ilgili detaylı petrografik, jeokimyasal ve petrolojik çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, Piraziz (Giresun) güneydoğusunda Bozat beldesinde yüzeyleme veren, Geç Kretase yaşlı Bozat plütonunun detaylı petrografik ve mineral kimyası özelliklerinin belirlenmesi, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin ortaya konulması ve tektonik ortamları hakkında literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır.



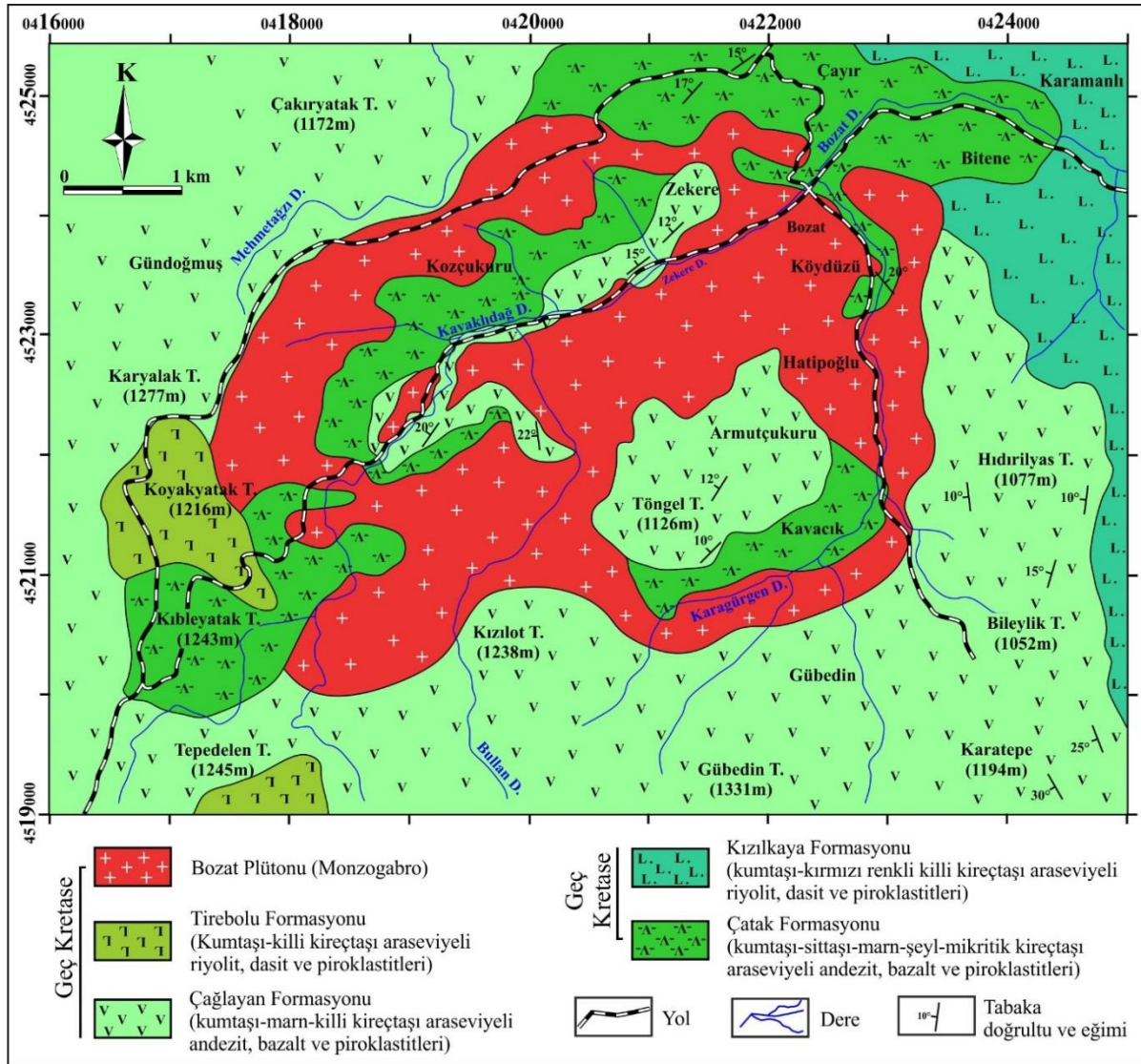
Şekil 1. a) Türkiye'nin tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999'dan değiştirilerek), **(b)** Doğu Pontidler'deki plütonik kayaların dağılımını gösteren jeoloji haritası (Güven, 1993; MTA, 2002; Arslan vd., 2013; Temizel vd., 2016; Yücel vd., 2017'den değiştirilerek).

2. Jeolojik Konum ve Bozat Plütununun Saha Özellikleri

DPOK’de Giresun İli Bozat İlçesinde yer alan ve genelde volkanik, plütönik ve tortul kayaların egemen olduğu çalışma alanının temelini; Turoniyen-Koniasiyen-Santoniyen (Geç Kretase) yaşlı Çatak Formasyonu (Güven, 1993)’na ait bazalt, andezit ve piroklastitleri ile kumtaşı, silttaşı, marn, şeyl ve mikritik kireçtaşı araseviyeleri oluşturur (Şekil 2). Bu birim, Santoniyen (Geç Kretase) yaşlı riylit, dasit ve piroklastitleri ile kumtaşı ve kırmızı renkli killi kireçtaşlarından oluşan Kızılkaya Formasyonu (Güven, 1993) tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir (Şekil 2). Kızılkaya Formasyonu üzerine uyumlu olarak Santoniyen-Kampaniyen (Geç Kretase) yaşlı andezit, bazalt ve piroklastitleri ile kumtaşı, marn ve killi kireçtaşı araseviyelerinden oluşan Çağlayan Formasyonu

(Güven, 1993) gelmektedir (Şekil 2). Bu birim üzerine uyumlu olarak Kampaniyen-Maastrichtiyen (Geç Kretase) yaşlı riylit, dasit ve piroklastitleri ile kumtaşı ve killi kireçtaşı araseviyelerinden oluşan Tirebolu Formasyonu (Güven, 1993) gelmektedir (Şekil 2).

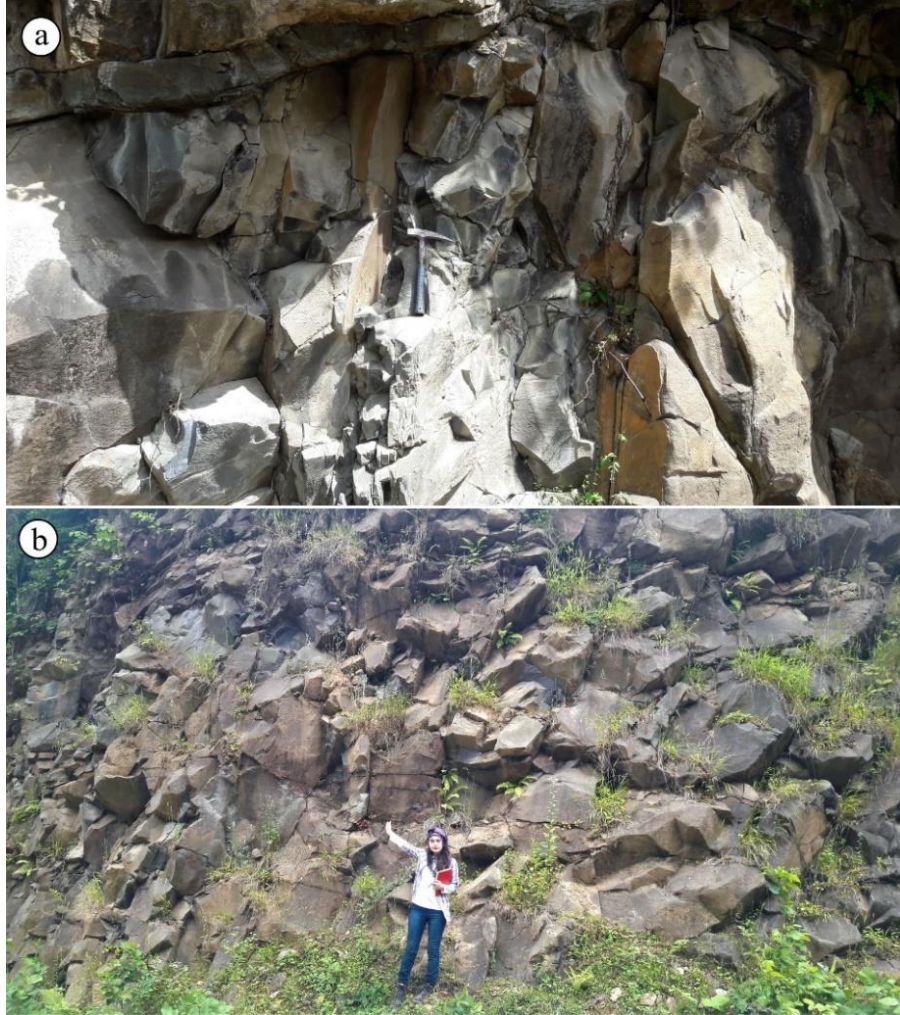
İncelenen Bozat plütönu, yaklaşık 15 km²’lik bir alanda Giresun İli, Piraziz İlçesi, Bozat Beldesi güneybatısında Hatipoğlu, Köydüzü, Koççukuru ve çevresinde, özellikle de Zekere Dere, Kavaklıdağ Dere, Bullan Dere ve Karagürgen Dere boyunca yüzeyleme vermektedir (Şekil 2). Bozat Plütönu, Turoniyen-Koniasiyen-Santoniyen yaşlı Çatak Formasyonu’nu, Santoniyen yaşlı Kızılkaya Formasyonu, Santoniyen-Kampaniyen yaşlı Çağlayan Formasyonu ve Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı Tirebolu Formasyonu’na ait volkanik ve volkano-tortul kayalarını keserek yerleşmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Bozat Plütönu ile çevre kayalarını gösteren jeoloji haritası (Güven, 1993; MTA, 2002’den değiştirilerek).

Saha gözlemleri, dokanak ve yan kayaç ilişkilerine göre plütonun yaşı Geç Kretase olarak kabul edilmektedir (Güven, 1993). Plütonun uzun eksenini kuzeydoğu-güneybatı istikametinde uzanım göstermekte olup, genelde elips şekillidir (Şekil 2). Genel olarak oldukça sert, çatlaklı ve

kırıklı yapı sunarlar ve küçük bloklar şeklinde yüzeyleme vermektedirler (Şekil 3a, b). Sahada renkleri genellikle gri-koyu ve sarımsı gri olup ve orta-ince tanelidirler (Şekil 3a, b). Plütonun yan kayaç ile olan dokanak zonlarında az oranda silisleşme ve epidotlaşma gözlenmiştir.



Şekil 3. Bozat Plütonu'na ait bol çatlaklı ve kırıklı yapıya sahip, ince-orta taneli monzogabroların arazi görünümü (a, b).

3. Analitik Metod

Saha çalışmalarında öncel jeolojik haritalardan (Güven, 1993; MTA, 2002) faydalanılarak yörenin 1/25000 ölçekli detay jeolojik haritası revize edilmiş ve incelenen Bozat Plütundan petrografik ve jeokimyasal amaçlı kayaç örnekleri alınmıştır.

Kayaç incekesitleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İncekesit Laboratuvarı'nda hazırlanmıştır. İncekesitler polarizan mikroskopta incelenmiş, kayaçların mineralojik bileşimleri,

dokusal-petrografik özellikleri ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Modal analiz için Swift nokta sayacı kullanılmıştır. Sayım genellikle 0.4 mm aralığı, tane boyutuna göre bazen de 0.2 mm aralığında gerçekleştirilmiş ve her bir kesitte yaklaşık 400-500 nokta sayılmıştır.

Mineral kimyası analizleri Universite de Bretagne Occidentale (Brest, Fransa) Geoscience Marines (IFREMER) Elektron Mikroprob Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Karbon kaplı parlak kesitler üzerindeki mineral kimyası çalışmaları, CAMECA-SX-100 WDS marka bir elektron mikroprob aleti ile gerçekleştirilmiştir. Aletin

çalışma şartları 15 kV voltaj ve 20 nA'dır. Analizler 10 µm'lik bir ışın çapında yapılmış ve Si, Al, Ti, Fe, Mn, Mg, Ca, Na ve K elementleri için sayılma zamanı 10 sn olarak belirlenmiştir. 1 µm'lik bir nokta ışını piroksen, hornblend ve Fe-Ti oksit analizleri için kullanılmıştır. Feldispat ve mika analizlerinde sodyum buharlaşması nedeniyle oluşacak kayıpları önlemek için çok hafif defokuslanmış (10 µm) ışın kullanılmıştır. Analizlerdeki doğal mineral standartları forsterit, diyopsit, ortoklas, albit, anortit, biyotit, apatit, vollastonit ve magnetittir. Analitik hata ana elementler için %1'den ve iz elementler için ise 200 ppm den daha azdır.

Petrografik incelemeler sonucuna göre incelenen plütondan seçilen ayrışmamış ve taze kayaç örnekleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Örnek Hazırlama ve Öğütme Laboratuvarı'nda önce çelik çeneli kırıcı ile kırılmıştır. Daha sonra çelik halkalı öğütücü içinde yaklaşık 200 mesh boyutuna kadar öğütülerek toz haline getirilmiştir.

Plütönlara ait kayaç tozlarından itibaren tüm-kaya analizleri ACME Analitik Laboratuvarı'nda (Vancouver, Kanada) yaptırılmıştır. Ana ve iz element analizleri, 0.2 gr toz kayaç örneğinin 1.5 gr LiBO₂ ile çözdürülmesi ve daha sonra 100 ml %5 HNO₃ de çözülmesinden sonra indüksiyonlu eşleşmiş plazma atomik emisyon spektrometresi (ICP-AES) ile ölçülmüştür. Nadir toprak element (NTE) içerikleri 0.25 gr toz kayaç örneğinin dört farklı asit içerisinde çözdürülmesinden sonra indüksiyonlu eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) ile analiz edilmiştir. Ateşte kayıp (AK), örnekler 1000°C'de yakıldıktan sonra ağırlık farkından hesaplanmıştır. Toplam demir içeriği, Fe₂O₃ cinsinden ifade edilmiştir. Ana elementler % ağırlık, iz ve nadir toprak elementler ise ppm olarak ölçülmüştür.

4. Bulgular

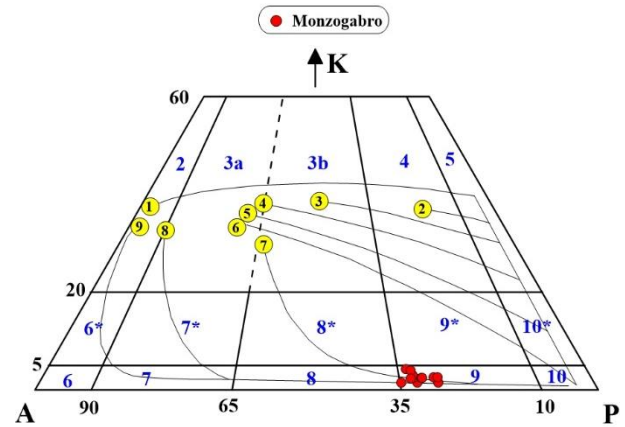
4.1. Petrografi

İncelenen plütöna ait 12 adet örneğin modal analiz sonuçlarına (Tablo 1) göre, KAP (Kuars-alkali Feldispat-Plajiyoklas) diyagramında (Streckeisen, 1976) monzogabro/monzodiyorit alanına düşmektedir (Şekil 4). Plütönu oluşturan kayaçlar, genellikle monzonitik, poikilitik ve nadiren de pertitik doku gösterirler. Açık renkli mineraller plajiyoklas, ortoklas ve kuvars ile temsil edilirken, ferromagnezyen mineralleri klinopiroksen ve

biyotit oluşturur (Şekil 5a-d). Plütöna ait örneklerin bazılarında klinopiroksen fazlayken, biyotit mineralleri daha az orandadır. Bol olarak bulunan opak mineraller ile aksesuar mineral olarak gözlenen apatit ve zirkon diğer mineralleri oluşturur. Bazı örneklerde yer yer plajiyoklaslarda serisitleşme ve epidotlaşma, ortoklaslarda killeşme ve ferromagnezyen minerallerden itibaren kloritleşme izlenmiştir.

Tablo 1. Bozat Plütönu kayaçlarının genel petrografik özellikleri ile modal bileşimleri.

Plütön Adı	BOZAT PLÜTONU		
Kayaç Türü	Monzogabro		
Doku	Monzonitik, poikilitik, pertitik		
Tane Boyu	Orta-ince		
Modal Min. (%)	Ort.	Min.	Mak.
Plajiyoklas	47.0	40.8	53.8
Kuars	0.9	0.1	2.1
Ortoklas	21.7	20.1	22.7
Piroksen	19.8	13.1	25.4
Biyotit	3.9	1.5	5.7
Tali Min.	0.8	0.7	0.9
Opak Min.	3.4	2.3	4.3
İkincil Min.	2.7	1.5	3.6



Şekil 4. Bozat Plütönu kayaçlarına ait K-A-P diyagramı. Eğriler; plütönik tip serilerinin yönlerini göstermekte olup; 1- toleyitik seriler, 2- kalk-alkali trondjemitik seriler, 3-6- değişken kalka-alkali granodiyorit serileri, 7- monzonitik seriler, 8-9- değişken alkali seriler (Lameyre ve Bonin, 1991). Alanlar; (2) alkali feldispat granit, (3a) siyenogranit, (3b) monzogranit, (4) granodiyorit, (5) tonalit, (6*) kuvars alkali feldispat granit, (7*) kuvars siyenit, (8*) kuvars monzonit, (9*) kuvars monzodiyorit/ kuvars monzogabro, (10*) kuvars diyorit/ kuvars gabro/ kuvars anortozit, (6) alkali feldispat granit, (7) siyenit, (8) monzonit, (9) monzodiyorit/ monzogabro, (10) diyorit/ gabro/ anortozit (Streckeisen, 1976).

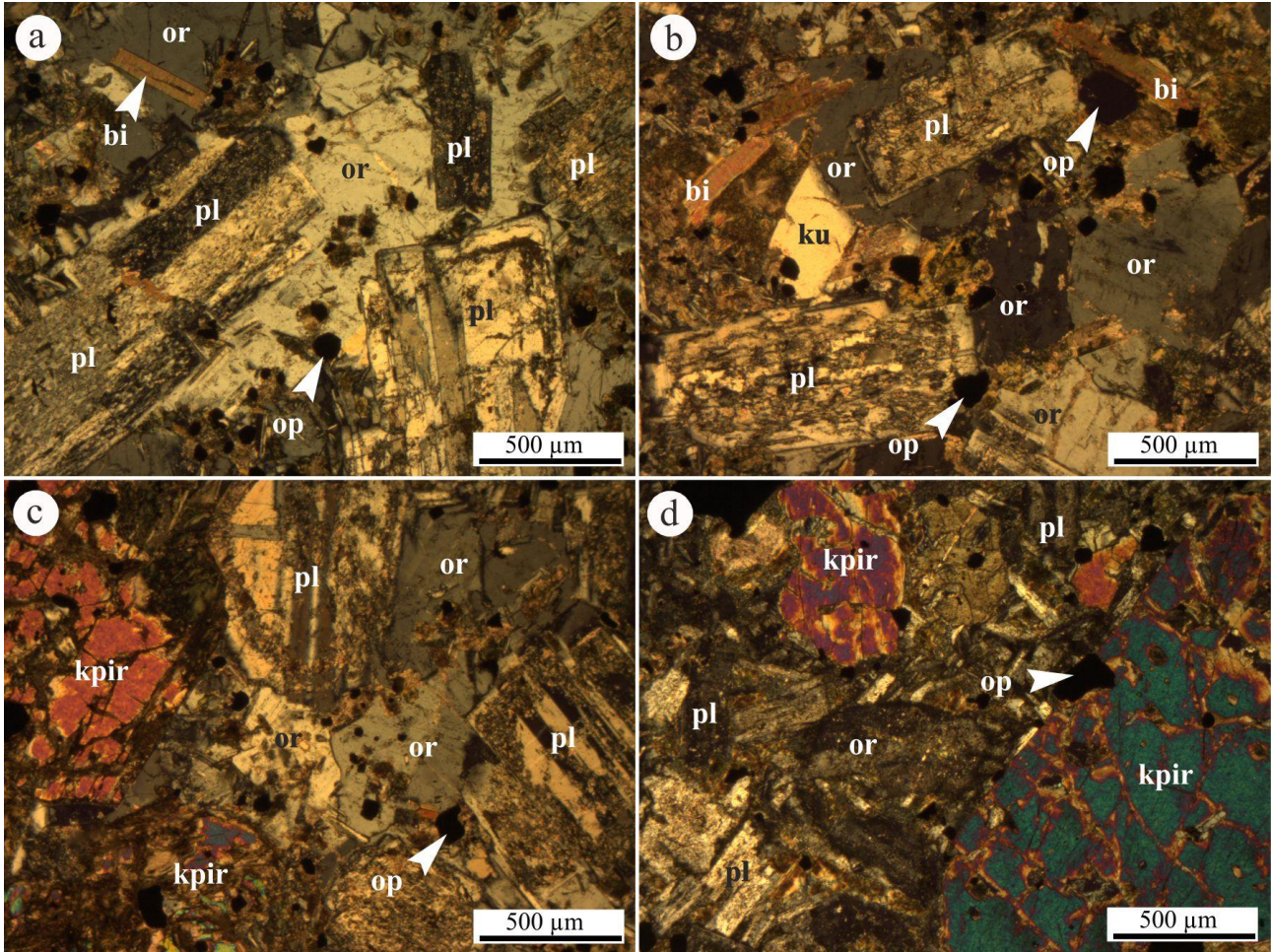
Plajiyoklas (% 41-54), kayaçta yaygın olarak öz ve yarı özşekilli, iri ve küçük prizmatik kristaller halinde gözlenmekte olup, genellikle albit polisentetik ikizlenmesi, nadiren karlsbad ikizi ve halkalı zonlanma gösterirler (Şekil 5a-d). Bazı kristallerde ikizlenme ve zonlanma birlikte görülür. Yalnızca zonlu yapı gösteren plajiyoklaslarda büyüme düzensizlikleri mevcuttur. Ayrıca, özşekilli plajiyoklaslarda yer yer elek dokusu hâkimdir.

Ortoklas (% 20-23), genelde özşekilsiz olup, hem iri ve hem de küçük kristaller halinde gözlenirler. Ortoklaslardan bazılarında karlsbad ikizlenmesi belirlenmiştir. Ayrıca, ortoklas içerisinde albit kusmaları ile karakteristik olan pertit oluşumları da saptanmıştır. Yer yer büyük ortoklas kristalleri, poikilitik olarak plajiyoklas, biyotit ve opak mineral kapanımları içerirler (Şekil 5a, c). Bazı

kesitlerde ortoklas mineralleri plajiyoklasların etrafını kısmen çevreleyerek monzonitik dokuyu oluştururlar (Şekil 5b). Bazıları kırıklı ve kısmen killeşmiştir (Şekil 5d).

Kuvars (% 1-3), özşekilsiz ve irili ufaklı kristaller halinde gözlenirler (Şekil 5b). Genel olarak kırıklı ve çatlaklı yapı sunarlar ve bazı kesitlerde dalgalı sönme gösterirler.

Klinopiroksen (% 13-25) yarı özşekilli iri fenokristaller halinde gözlenirler ve bol olarak opak mineral inklüzyonları içerirler (Şekil 5c, d). Genelde kırıklı ve çatlaklı yapı sunan iri klinopiroksenlerde, kenarlarından itibaren yenme ve kemirilme gözlenmektedir. Bazıları kısmen kloritleşmişlerdir.



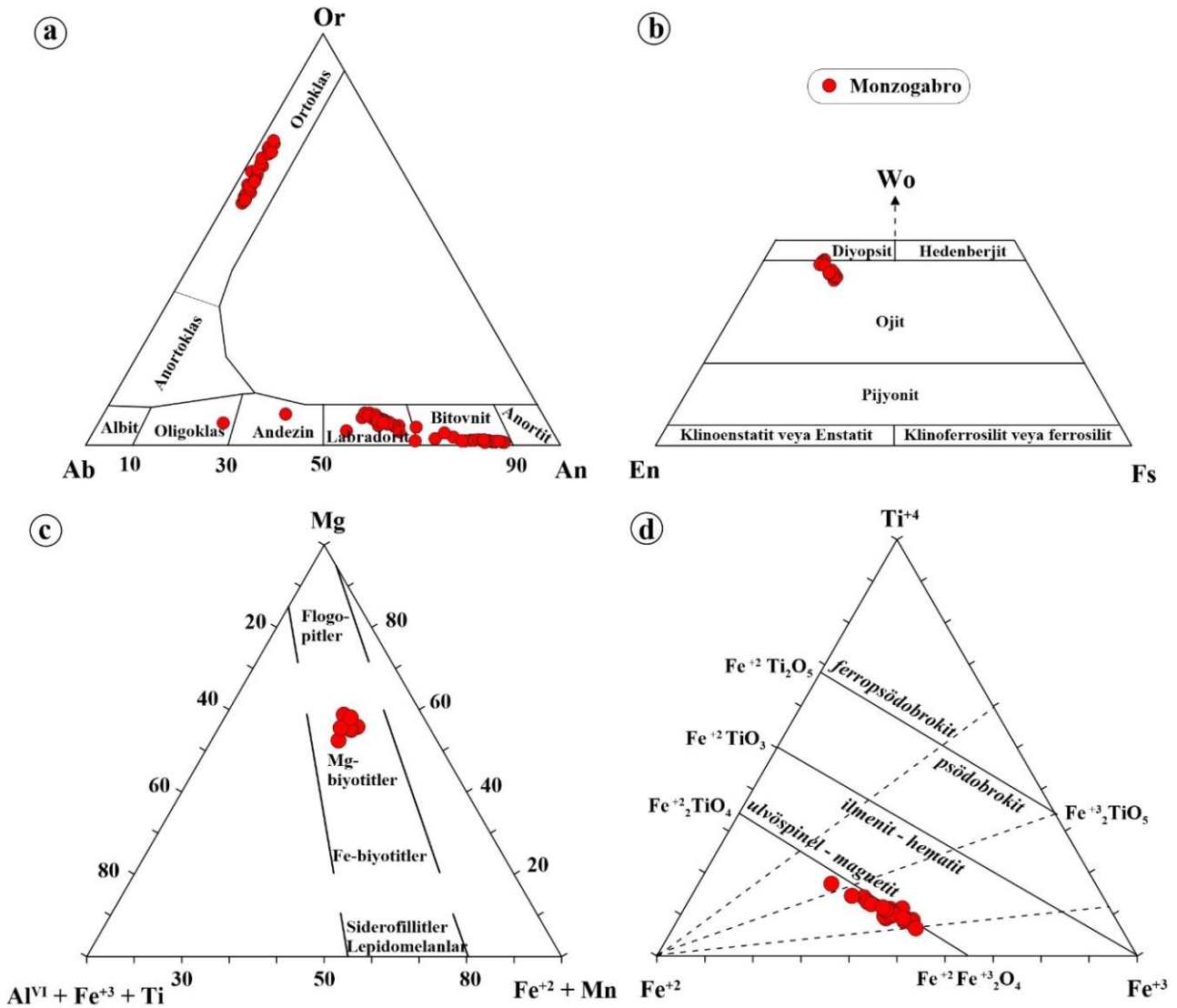
Şekil 5. Bozate Plütönu monzogabroyik kayaçlarına ait mikrofotografılar; (a) ortoklasın plajiyoklası çevrelemesi ile oluşan monzonitik doku ve biyotit ve opak mineralleri poikilitik olarak içermesi, (b) özşekilli plajiyoklas ve özşekilsiz ortoklas mineralleri ile küçük lata şekilli biyotit mineralleri, (c) opak mineral kapanımları içeren yuvarlağımsı ortoklaslar ve kenarları korrode olmuş, bol çatlaklı ve kırıklı özşekilsiz klinopiroksen mineralleri, (d) yarı özşekilli iri klinopiroksen minerali (Örnek No: BT-1, BT-8; Ç.N.) (Açıklamalar; Ç.N., çapraz nikol; kpir, klinopiroksen; bi, biyotit; pl, plajiyoklas; ku, kuvars; or, ortoklas; op, opak mineral).

Biyotit (% 2-6) genellikle yarıözşekilli ve özşekilli ince uzun kristaller halindedir ve (001) yüzeyine paralel dilinimi belirgindir (Şekil 5a, b). Nadiren küçük kısa latalar halinde gözlenirler. Opak mineraller (% 2-4) yarı öz ve özşekilsiz irili ufaklı kristaller halindedir (Şekil 5a-d). Opak mineraller genellikle mafik minerallerin nadiren de açık renkli minerallerin çevresinde ve bazen de içerisinde kapanımlar halinde gözlenirler.

4.2. Mineral Kimyası

Kayaçlardaki plajiyoklaslar; labradorit ve bitovnit olup, labradoritlerin bileşimleri $An_{53-69}Ab_{28-43}Or_{1-8}$ arasında, bitovnitlerin bileşimleri ise $An_{73-88}Ab_{11-}$

${}_{26}Or_{1-3}$ arasında değişmektedir. Bu kayaçlar içerisindeki K-feldispatlar; ortoklas olup, bileşimleri $An_{2-4}Ab_{23-38}Or_{59-74}$ arasında değişmektedir (Şekil 6a, Tablo 2). Klinopiroksenler; Morimoto vd. (1988)'nin yaptığı sınıflamaya göre diyopsitik ojit ve ojit olarak isimlendirilmiş olup, bileşimleri $Wo_{40-45}En_{42-44}Fs_{12-17}$ arasında, $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranı ise 0.70-0.78 arasında değişmektedir (Şekil 6b, Tablo 2). Biyotitler, $Mg-(Al^{VI}+Fe^{+3}+Ti)/(Fe^{+2}+Mn)$ üçgen diyagramında Mg-biyotitler alanına düşmekte olup, $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranları 0.66-0.70 arasında değişmektedir (Şekil 6c, Tablo 2). Fe-Ti oksitler; magnetit ve titano-magnetit olarak adlandırılmıştır (Şekil 6d, Tablo 2).



Şekil 6. Boztaş Plütunu kayaçlarına ait; (a) feldispatların An-Ab-Or üçgen diyagramı (Deer vd., 1992), (b) klinopiroksenlerin Wo-En-Fs üçgen diyagramı (Morimoto vd., 1988), (c) biyotitlerin $Mg-(Fe^{+2} + Mn)-(Al^{VI} + Fe^{+3} + Ti)$ (apfu) diyagramı (Foster, 1960), (d) Fe-Ti oksitlerin $Ti^{+4}-Fe^{+2}-Fe^{+3}$ (Bacon ve Hirschmann, 1988) diyagramı.

Tablo 2. Bozat Plütönu kayaçlarına ait feldispat, klinopiroksen, biyotit ve Fe-Ti oksitlerin seçilmiş mikroprob analiz sonuçları.

Örnek No.	Plajiyoklas										K-Feldispat								
	BT-1 merkez	BT-1 kenar	BT-1 Pl-10-1 merkez	BT-1 Pl-10-1 kenar	BT-1 Pl-1-3 kenar	BT-1 Pl-2-1 merkez	BT-8 Pl-3-1 kenar	BT-8 Pl-6-1 merkez	BT-1 K.F.-1-3 merkez	BT-1 K.F.-2-1 merkez	BT-1 K.F.-3-1 merkez	BT-1 K.F.-9-2 merkez	BT-1 K.F.-9-3 merkez	BT-4 K.F.-3-2 merkez	BT-4 K.F.-9-1 merkez	BT-8 K.F.-5-1 merkez	BT-8 K.F.-9-1 merkez		
SiO ₂	45.72	55.05	47.15	47.17	47.71	61.91	53.54	53.18	54.18	54.57	66.18	65.80	65.80	65.50	65.59	65.80	65.30	65.01	65.17
Al ₂ O ₃	33.58	28.13	32.83	33.04	32.76	23.51	28.80	28.81	27.87	28.02	19.08	19.20	19.21	19.23	19.02	18.94	19.15	18.94	18.86
FeO(t)	0.67	0.52	0.82	0.76	0.80	0.47	0.69	0.69	0.64	0.60	0.18	0.25	0.20	0.17	0.24	0.02	0.21	0.26	0.21
CaO	17.87	10.85	17.15	17.17	17.01	5.53	11.95	12.12	11.05	11.31	0.74	0.68	0.76	0.83	0.78	0.36	0.69	0.44	0.54
Na ₂ O	1.29	4.88	1.82	1.76	1.75	7.97	3.94	3.83	4.16	4.06	4.34	3.88	4.23	3.96	4.12	3.65	3.58	2.98	2.73
K ₂ O	0.13	0.60	0.18	0.11	0.23	0.95	0.94	1.04	1.32	1.33	10.32	11.05	10.31	10.69	10.16	11.60	11.56	11.34	13.08
Toplam	99.26	100.03	99.95	100.01	100.26	100.34	99.86	99.67	99.22	99.88	100.84	100.87	100.31	100.39	99.92	100.37	100.50	100.91	100.58

Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	8.51	9.95	8.71	8.70	8.77	11.00	9.75	9.71	9.91	9.92	11.91	11.88	11.87	11.86	11.90	11.93	11.86	12.02	11.89
Al	7.37	5.99	7.15	7.18	7.10	4.93	6.18	6.20	6.01	6.00	4.05	4.08	4.10	4.10	4.07	4.05	4.10	4.01	4.05
Fe ²⁺	0.10	0.08	0.13	0.12	0.12	0.07	0.10	0.10	0.10	0.09	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.00	0.03	0.04	0.03
Ca	3.57	2.10	3.39	3.39	3.35	1.05	2.33	2.37	2.17	2.20	0.14	0.13	0.15	0.16	0.15	0.07	0.13	0.09	0.11
Na	0.47	1.71	0.65	0.63	0.62	2.75	1.39	1.36	1.48	1.43	1.52	1.36	1.48	1.39	1.45	1.28	1.26	1.04	0.96
K	0.03	0.14	0.04	0.03	0.05	0.22	0.22	0.24	0.31	0.31	2.37	2.54	2.38	2.47	2.35	2.68	2.68	2.60	3.04
Toplam	20.05	19.97	20.07	20.05	20.01	20.02	19.97	19.98	19.98	19.95	20.01	20.03	20.01	20.02	19.96	20.02	20.06	19.79	20.09
An % mol.	87.81	53.21	82.98	83.78	83.17	26.24	59.14	59.74	54.83	55.89	3.53	3.27	3.67	4.00	3.83	1.73	3.29	2.29	2.57
Ab % mol.	11.46	43.27	15.97	15.56	15.49	68.38	35.33	34.15	37.35	36.28	37.64	33.67	36.98	34.60	36.64	31.79	30.97	27.92	25.04
Or % mol.	0.73	3.52	1.05	0.66	1.35	5.39	5.53	6.11	7.82	7.82	58.82	63.07	59.36	61.40	59.53	66.47	65.73	69.79	72.07

* Fe²⁺ toplam Fe olarak alınmıştır. An: Anortit, Ab: Albit, Ort: Ortoklas, Pl: Plajiyoklas, K.F.: K-Feldispat.

Tablo 2. devamı

Örnek No.	Klinopirotksen						Biyotit						Fe-Ti oksit								
	BT-1	BT-1	BT-4	BT-4	BT-4	Örnek No.	BT-1	BT-1	BT-1	BT-1	BT-1	BT-1	Örnek No.	BT-1	BT-1	BT-1	BT-4	BT-4	BT-4	BT-8	
Kpir-3-1	Kpir-8-1	Kpir-1-1	Kpir-2-1	Kpir-6-1			BT-1	BT-1	BT-1	BT-1	BT-1	BT-1	Örnek No.	BT-1	BT-1	BT-1	BT-4	BT-4	BT-4	BT-8	
51.02	51.54	51.42	51.74	51.50	SiO ₂	SiO ₂	39.11	39.37	39.72	39.72	38.55	39.33	SiO ₂	1.66	2.90	2.42	2.42	5.13	0.99	0.99	
0.42	0.39	0.40	0.43	0.44	TiO ₂	TiO ₂	4.26	4.10	3.67	3.91	4.76	4.76	TiO ₂	10.75	16.93	8.36	8.36	8.49	8.33	8.33	
3.38	2.40	2.86	2.60	2.70	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	11.98	12.32	11.63	12.71	12.55	12.55	Al ₂ O ₃	0.31	0.50	0.31	0.31	0.73	0.15	0.15	
8.03	7.77	10.13	10.74	9.51	FeO(t)	FeO(t)	12.97	12.87	14.85	14.65	13.84	13.84	Fe ₂ O ₃	43.65	27.08	47.21	47.21	40.38	50.06	50.06	
0.26	0.31	0.32	0.43	0.43	MnO	MnO	0.14	0.09	0.16	0.18	0.17	0.17	FeO	41.42	48.32	39.81	39.81	40.23	39.80	39.80	
14.72	15.40	14.61	14.75	14.81	MgO	MgO	17.12	17.22	16.20	16.30	15.43	15.43	MnO	1.06	0.39	0.08	0.08	0.19	0.00	0.00	
21.95	21.60	20.54	19.36	20.77	K ₂ O	K ₂ O	9.40	9.59	9.39	8.54	9.40	9.40	MgO	0.08	0.10	0.04	0.04	0.02	0.01	0.01	
0.27	0.21	0.26	0.28	0.27	-	-	-	-	-	-	-	-	CaO	0.41	0.83	1.82	1.82	4.52	0.13	0.13	
100.06	99.62	100.52	100.34	100.43	Toplam	Toplam	94.98	95.57	95.63	94.85	95.47	95.47	Toplam	99.34	97.05	100.04	100.04	99.69	99.48	99.48	
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.						Formül 11 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.						Formül 4 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.									
Si	1.89	1.91	1.90	1.92	1.90	Si	2.98	2.98	3.03	2.96	3.01	3.01	Si	0.06	0.11	0.09	0.09	0.19	0.04	0.04	
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	Ti	0.24	0.23	0.21	0.23	0.27	0.27	Ti	0.31	0.49	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	
Al	0.15	0.10	0.12	0.11	0.12	Al ^{IV}	0.77	0.79	0.76	0.81	0.71	0.71	Al	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	
* Fe ⁺²	0.17	0.17	0.25	0.29	0.22	Al ^{VI}	0.30	0.31	0.29	0.34	0.42	0.42	* Fe ⁺³	1.25	0.78	1.33	1.33	1.12	1.44	1.44	
* Fe ⁺³	0.08	0.07	0.07	0.04	0.07	**Fe ⁺²	0.83	0.81	0.95	0.94	0.89	0.89	* Fe ⁺²	1.31	1.55	1.25	1.25	1.24	1.27	1.27	
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	Mn	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	
Mg	0.81	0.85	0.81	0.82	0.82	Mg	1.95	1.94	1.84	1.87	1.76	1.76	Mg	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Ca	0.87	0.86	0.81	0.77	0.82	K	0.91	0.93	0.91	0.84	0.92	0.92	Ca	0.02	0.03	0.07	0.07	0.18	0.01	0.01	
Na	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toplam	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	Toplam	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	
* Mg#	0.77	0.78	0.72	0.71	0.74	**Mg#	0.70	0.70	0.66	0.66	0.67	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-	
Wo	45.07	44.00	42.11	40.11	42.57	X _{amit}	0.27	0.26	0.31	0.30	0.29	0.29	-	-	-	-	-	-	-	-	
En	42.06	43.64	41.68	42.53	42.22	X _{logopit}	0.63	0.63	0.60	0.59	0.57	0.57	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fs	12.87	12.36	16.21	17.36	15.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

* Fe⁺² ve Fe⁺³ ayrımı stokiyometrik olarak yapılmıştır. Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺² + Fe⁺³). Wo: Vollaistonit, En: Enstatit, Fs: Ferrosilit Kpir: Klinopirotksen.
 ** Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır. Mg# (Mg-numarası) = Mg / (Mg + Fe⁺²). Bi: Biyotit.

4.3. Tüm-Kayaç Jeokimyası

Bozat Plütönu'nu oluşturan kayaçların ana, iz ve nadir toprak element analizleri Tablo 3'de verilmiştir. Middlemost (1994)'un TAS (Toplam Alkali-Silis) sınıflama diyagramına göre plütöna ait örneklerin monzodiyorit alanında yer aldığı görülmektedir (Şekil 7a). Ayrıca, yine bu diyagram üzerinde Miyashiro (1978)'nin alkali-subalkali ayırımına göre; plütöna ait örnekler alkali karaktere sahiptir (Şekil 7a).

Plütöna ait kayaçların, Le Maitre vd. (2002)'nin SiO₂ (%) karşı K₂O (%) diyagramında (Şekil 7b) şoşonitik, Hastie vd. (2007)'nin Co (ppm) karşı Th (ppm) diyagramında (Şekil 7c) ise yüksek-K ve şoşonitik karakterli olduğu görülmektedir. İncelenen plütön örnekleri, Maniar ve Piccoli (1989)'nin A/NK karşı A/CNK diyagramına (Şekil 7d) aktarıldığında, örneklerin I-tipi alanda yer aldığı ve metalümin karakterli olduğu belirlenmiştir.

İncelenen plütönu oluşturan kayaçların ilksel mantoya (Sun ve McDonough, 1989) normalize iz element dağılımları incelendiğinde; her iki plütönün genel olarak büyük iyon yarıçaplı litofil element (BİLE; Sr, K₂O, Rb ve Ba), Th ve Ce konsantrasyonları bakımından zenginleşme, bazı yüksek çekim alanlı element (YÇAE; Y ve TiO₂), Nb ve Ta içerikleri bakımından fakirleşme göstermektedirler (Şekil 8a). Plütöna ait kayaçların kondrite (Taylor ve McLennan, 1985) normalize nadir toprak element dağılımları (La_N/Lu_N=8.61-9.98, La_N/Yb_N=8.40-10.22), Eu anomalisinin (Eu_N/Eu* = 0.73-0.80) varlığı ile karakterize edilen kaşık şekilli bir yönseme ile tanımlanır (Şekil 8b). Bu kayaçların gösterdiği hafif negatif Eu anomalisi, magmalarının gelişiminde feldispat ayrımlaşmasının az da olsa etkili olduğuna işaret etmektedir.

5. Tartışma

5.1. Ana Magmaların Kökeni

Genel olarak granitik-monzonitik magmaların kökenlerine ilişkin birçok petrojenetik model önerilmektedir. Bu magmalar; (1) manto kökenli bazaltik ana magmalardan fraksiyonel kristallenmesi (FC) ve/veya asimilasyon + fraksiyonel kristallenmesi (AFC) ile türeyebilir (Li vd., 2009; Aghazadeh vd., 2010, 2011), (2) mafik-ortaç meta-magmatik kabuk kayaçlarının kısmi ergimesiyle türeyebilir (Roberts ve Clemens, 1993; Köksal vd., 2013), (3) manto kökenli mafik magma ile kabuk kökenli felsik

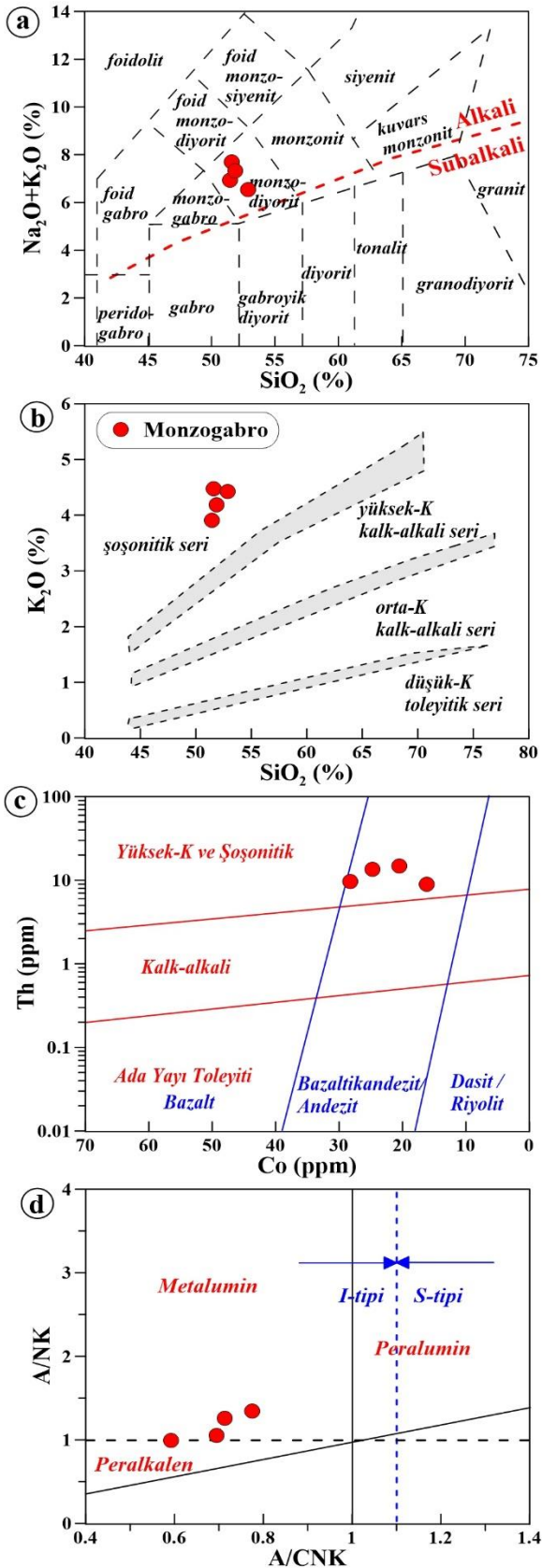
Tablo 3. Bozat Plütönu kayaçlarının ana (%), iz (ppm), nadir toprak element (ppm) analizleri.

Bozat Plütönu (Monzogabro)					
Örnek No:	Saptama Limitleri	BT-1	BT-4	BT-8	BT-11
SiO ₂	0.01	51.46	51.61	52.9	51.86
TiO ₂	0.01	0.61	0.7	0.64	0.64
Al ₂ O ₃	0.01	19.41	16.71	16.3	15.04
Fe ₂ O ₃ (t)	0.04	6.61	8.53	7.65	8.26
MnO	0.01	0.16	0.14	0.13	0.15
MgO	0.01	2.7	4.47	3.44	5.52
CaO	0.01	7.48	5.72	6.99	7.17
Na ₂ O	0.01	3.02	3.23	2.12	3.14
K ₂ O	0.01	3.91	4.47	4.43	4.19
P ₂ O ₅	0.01	0.37	0.32	0.31	0.27
A.K.	-	4	3.8	4.8	3.4
Toplam	-	99.73	99.7	99.7	99.64
Zr	0.1	104.9	124.8	140	113.1
Y	0.1	19.6	19.4	19.4	21
Sr	0.5	593.4	486.6	504	573.5
Rb	0.1	126.6	150.5	137	137.1
Th	0.2	9	13.5	14.9	9.7
Ta	0.1	0.4	0.5	0.4	0.4
Sc	1.0	13	21	19	25
V	8.0	169	245	207	223
Pb	0.1	5	4.2	8.4	15.3
Ni	0.1	4.7	11.9	12	17.7
Co	0.1	16.2	24.7	20.5	28.2
Cr	20	20	30	30	120
Cs	0.1	1.2	1.8	4.6	0.6
Ba	1.0	820	836	766	779
Nb	0.1	7.1	6.9	7.6	5.9
Hf	0.1	2.6	3.1	3.5	2.9
La	0.1	28.3	28.2	29.8	27.1
Ce	0.1	47.4	51.5	54.3	48.4
Pr	0.02	5.89	6.03	6.34	5.79
Nd	0.3	21.4	24.1	24.2	21.9
Sm	0.05	4.61	4.74	4.74	4.56
Eu	0.02	1.13	1.06	1.1	1.15
Gd	0.05	4.09	4.14	4.23	4.28
Tb	0.01	0.61	0.62	0.61	0.67
Dy	0.05	3.28	3.39	3.49	3.88
Ho	0.02	0.71	0.69	0.74	0.78
Er	0.03	2.01	2.04	1.98	2.19
Tm	0.01	0.3	0.3	0.31	0.32
Yb	0.05	1.99	2.01	1.97	2.18
Lu	0.01	0.3	0.34	0.31	0.32
Eu _N /Eu*	-	0.80	0.73	0.75	0.80
La _N /Lu _N	-	9.79	8.61	9.98	8.79
La _N /Yb _N	-	9.61	9.48	10.22	8.40
Mg#	-	26.05	31.12	27.94	36.56

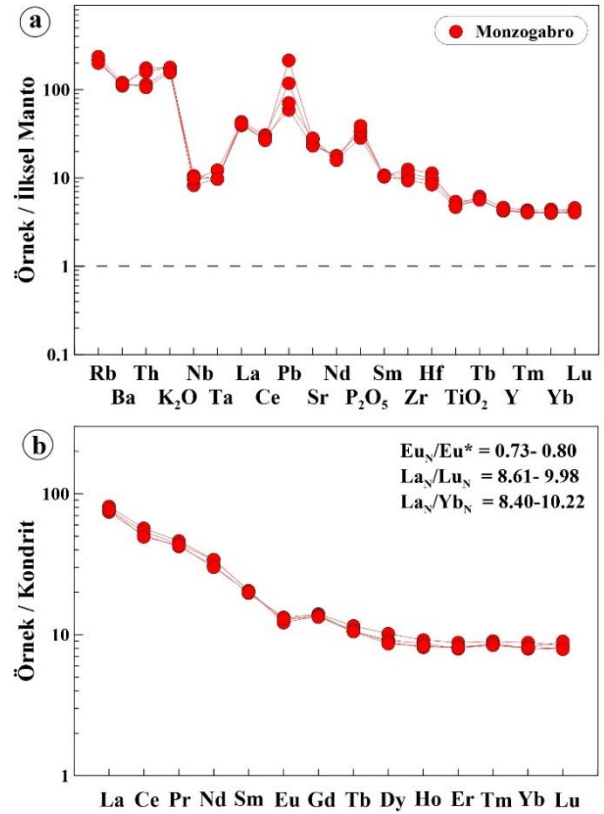
Fe₂O₃(t), Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. Eu* = √(Sm_N*Gd_N).

Mg # = 100*molar MgO / (MgO + FeO).

A.K. (Ateşte Kayıp): Toplam uçucu içeriği.



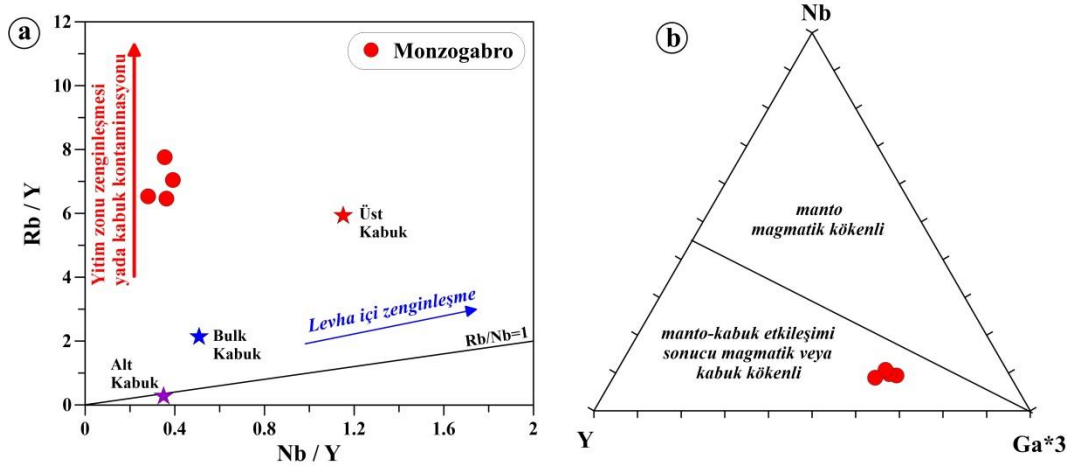
Şekil 7. Bozat Plütönu kayalarına ait; (a) $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (%) karşı SiO_2 (%) (TAS) sınıflama diyagramı (Middlemost, 1994) (Alkali-subalkali ayırım çizgisi, Miyashiro (1978)'e göredir), (b) SiO_2 (%) karşı K_2O (%) diyagramı (Le Maitre vd., 2002), (c) Th (ppm) karşı Co (ppm) diyagramı (Hastie vd., 2007), (d) molar A/NK karşı molar (A/CNK) diyagramı (Maniar ve Piccoli, 1989).



Şekil 8. Bozat Plütönu kayalarına ait; (a) ilksel mantoya (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş iz element dağılımları, (b) kondrite (Taylor ve McLennan, 1985) normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları.

magmaların karışımıyla türeyebilir (Ackerman vd., 2010; Liu vd., 2014), (4) manto kökenli bazaltik magmaların kabuk kayalarını ergitmesi için ısı sağlaması esas alınmakta olup (Roberts ve Clemens, 1993; Guffanti vd., 1996), yay magmaları mafik-ortaç bileşimli meta-magmatik (Rapp ve Watson, 1995; Singh ve Johannes, 1996) ya da meta-sedimanter (Patiño Douce ve Beard, 1996; Stevens vd., 1997) kayaların kısmı ergimesinden türeyebilmektedir.

İncelenen Bozat Plütönu'nu oluşturan monzogabroyik kayalar (SiO_2 : % 51.5-52.9 ve Mg#: 26-37); I-tipi, metalümin ($\text{A}/\text{CNK}=0.59-0.77$) ve şoşonitik karakterli olup, çoğunlukla dar bir aralıkta değişen Nb/Y oranlarıyla nispeten yitim zenginleşmesi yönsemesi göstermektedirler (Şekil 9a). Ayrıca, plütöna ait kayalar, Eby (1992)'nin Nb-Y-Ga*3 diyagramına göre manto-kabuk etkileşimi sonucu magmatik veya kabuk kökenli alanında yer aldıkları görülmektedir (Şekil 9b).



Şekil 9. Bozat Plütönu kayaçlarına ait (a) Nb/Y - Rb/Y ve (b) Nb-Y-Ga*3 (Eby, 1992) diyagramları.

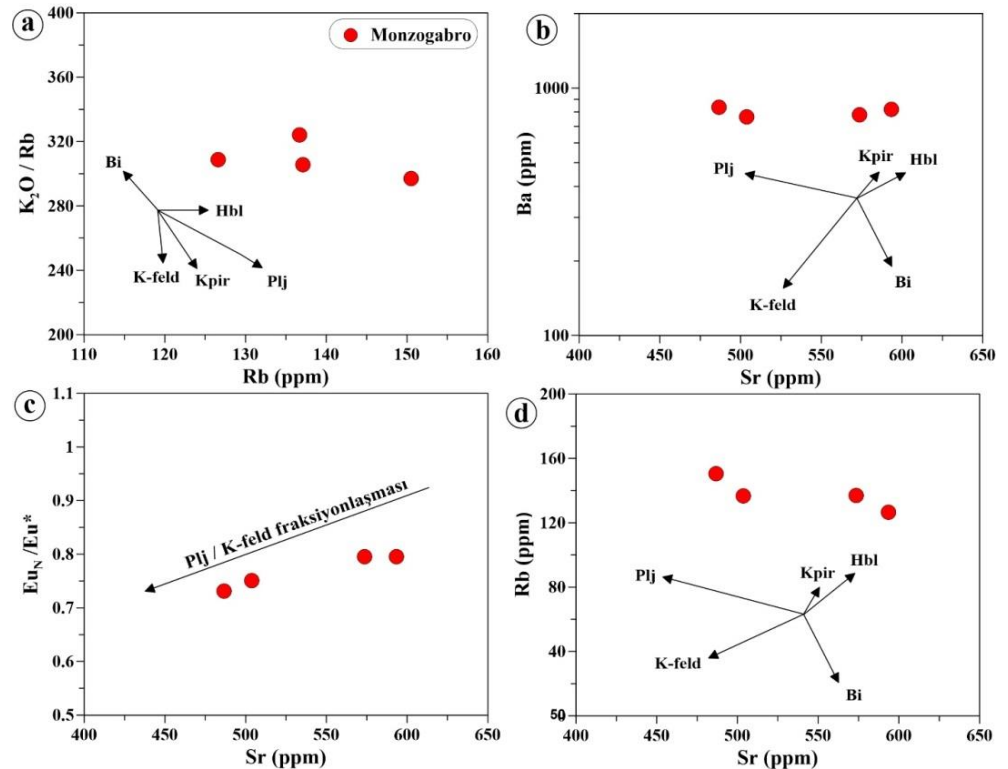
İncelenen plütönu kayaçlarının ilksel mantoya normalize iz element diyagramlarındaki negatif Nb, Ta ve TiO_2 anomalileri ve Sr, Rb, K_2O , Th, Ce ve La zenginleşmeleri ile yüksek BİLE/YÇAE oranları, plütönu oluşturan kayaçların (a) ana magmanın(ların) yitimle ilişkili farklı derecedeki akışkan \pm ergiyik zenginleşmesi, (b) ana magmanın(ların) kabuk magma odalarındaki farklı ayırılma \pm asimilasyon yolları ile açıklanabilir. Bunlara ilave olarak, plütönün kondrite normalize NTE dağılımlarında hafif-orta derecede zenginleşmeye (La_N/Lu_N : 8.61-9.98, La_N/Yb_N : 8.40-10.22) sahip olması, Bozat Plütönu'nun ana magmasının alt kıtasal kabuk ve zenginleşmiş

litosferik manto ergiyiklerinden türediğini ve kıtasal magma odasında farklılaşarak yerleştiğine işaret etmektedir.

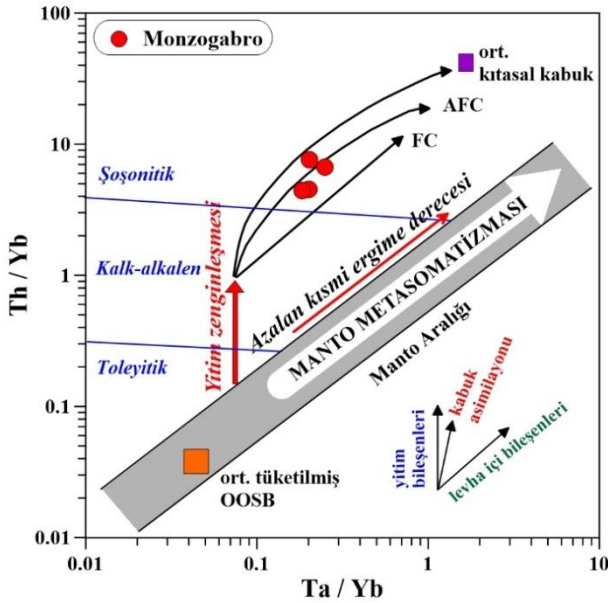
5.2. Fraksiyonel Kristallenme (FC) ve Asimilasyon-Fraksiyonel Kristallenme (AFC)

İncelenen plütönu oluşturan kayaçların bazı iz element değişimlerinde gözlenen korelasyonlar (Şekil 10a-d), bu kayaçların gelişiminde plajiyoklas + K-feldispat + klinopiroksen \pm biyotit fraksiyonlaşmasının etkili olduğuna işaret etmektedir.

Şekil 10. Bozat Plütönu kayaçlarına ait mineral fraksiyonlaşma yönlerini gösterir; (a) Rb (ppm) karşı K_2O/Rb , (b) Sr (ppm) karşı Ba (ppm), (c) Sr (ppm) karşı Eu_N/Eu^* ve (d) Sr (ppm) karşı Rb (ppm) diyagramları (plj: plajiyoklas, kpir: klinopiroksen, hbl: hornblend, bi: biyotit, K-feld: K-feldispat).



İncelenen plüton kayaçlarının NTE dağılımlarında konkav şekilli bir desen sunması gelişimlerinde klinopiroksen fraksiyonlaşmasının (Thirlwall vd., 1994) etkili olduğunu doğrulamaktadır. Ayrıca, kayaçlarda gözlenen hafif negatif Eu anomalisi (Eu_N/Eu^* : 0.73-0.80), plütonun gelişiminde muhtemelen K-feldispat \pm plajiyoklas fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu ifade etmektedir. Bazı iz element değişimlerinde gözlenen düzensiz korelasyonlar ile petrografik olarak gözlenen dengesizlik dokuları, incelenen plütonun gelişiminde etkili olan fraksiyonel kristalleşmenin yanı sıra kabuk asimilasyonu \pm magma karışımı olaylarına da işaret edebilmektedir. İncelenen plütonun gelişiminde kıtasal kabuk asimilasyonunun (AFC) varlığı, Ta/Yb karşı Th/Yb diyagramıyla da (Şekil 11) açıklanabilir (Pearce, 1983). Bu diyagramda, incelenen plütonik kayaç örnekleri, yüksek Th/Yb ve Ta/Yb oranları ile ortalama kıtasal kabuk değerine doğru bir yönseme göstermektedir (Şekil 11). Buna göre, incelenen plütonun ana magmasının yitim bileşenlerince zenginleşmiş bir kaynaktan itibaren türediği ve daha sonra da AFC ile geliştiği söylenebilir (Şekil 11).



Şekil 11. Bozat Plütonu kayaçlarına ait fraksiyonel kristallenme (FC) ve/veya asimilasyon-fraksiyonel kristallenme (AFC) yönlerini gösterir Ta/Yb'a karşı Th/Yb (Pearce, 1983) diyagramı. FC (fraksiyonel kristallenme), AFC (asimilasyon+fraksiyonel kristallenme), yitim zenginleşmesi ve manto metazomatizmasını gösterir vektörler Pearce vd. (1990)'den alınmıştır.

5.3. Plütonların Oluştugu Magma-Tektonik Ortam

DPOK'de yitimin yönü, yitimin sonlanma zamanı, Torid-Anatolid Platformu ve Avrasya levhasının çarpışma zamanı ile ilgili görüş farklılıklarından dolayı farklı jeodinamik modeller öngörülmüştür. Bu nedenle, Doğu Pontidlerin yitim polaritesi ve jeodinamik gelişimi hala tartışmalı olup, tartışmalar başlıca üç gurup altında toplanmaktadır: (1) Paleozoyik'ten Eosen sonlarına kadar süregelen kuzeye doğru olan bir yitim (Gedikoğlu, 1983; Ustaömer ve Robertson, 1995; Okay ve Tüysüz, 1999; Ustaömer ve Robertson, 2010; Ustaömer vd., 2013; Topuz vd., 2013; Okay vd., 2013), (2) Paleotetis'in Pontidler'in kuzeyinde olduğu ve Paleozoyik sonundan Eosen sonuna kadar devam eden güney yönlü bir yitim (Dewey vd., 1973; Bektaş vd., 1984, 1999; Chorowicz vd., 1998; Eyüboğlu vd., 2011), (3) Dogger'e kadar güneye, Üst Kretase'den Eosen sonuna kadar ise kuzeye doğru olan çift yönlü bir yitim (Şengör ve Yılmaz, 1981) modelleri ileri sürülmüştür.

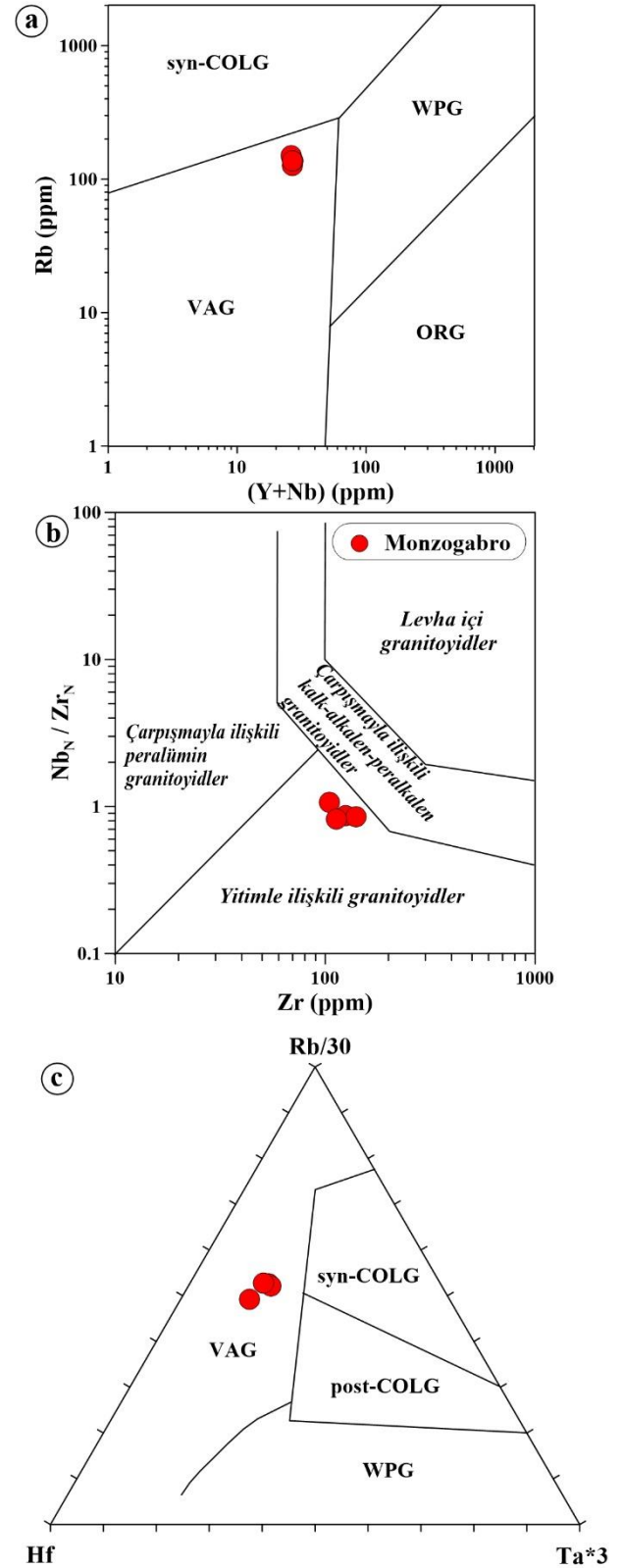
Doğu Pontidlerin, Mesozoyik döneminde Neotetis okyanusu kuzey kolunun Avrasya levhası altına doğru yitimiyle gelişen kıtasal yay olduğu kabul edilmektedir (Okay ve Şahintürk, 1997; Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz vd., 1997). Neotetis okyanusunun güney kenarı Torid-Anatolid platformu (TAP) pasif olduğundan, kuzey yönlü Üst Kretase yitim modelinde (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Tüysüz, 1999; Şengör vd., 2003; Altherr vd., 2008), yiten kabuk zaman içerisinde soğur ve yaşlanır. Ayrıca, Üst Kretase döneminde Pontid kıtasal yayının, yay gerisi havzada (Karadeniz'in açılması) gelişen gerilme sebebiyle de hızlı bir şekilde incelendiği ileri sürülmektedir (Robinson vd., 1995; Okay ve Şahintürk, 1997). Bu nedenle, Pontidler'deki Mesozoyik magmatizmasının ürünleri, yitimle ilişkili gerilmeli yay ortamında oluşan kalk-alkaliden yüksek-K'lu kalk-alkaliye kadar değişen karaktere sahip volkanik kayaçlarla temsil edilmektedir (ör., Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz ve Boztaş, 1996; Okay ve Tüysüz, 1999; Altherr vd., 2008; Sipahi vd., 2014; Sipahi ve Sadıklar, 2014; Aydınçakır, 2016; Gülmez vd., 2016; Sipahi, 2017). Ayrıca, bölgede Üst Kretase döneminde gelişmiş yitimle ilişkili I-tipi, kalk-alkali, yüksek K'lu-şoşonitik karakterli plütonik kayaçların (~90-65 My) da yaygın olduğu iyi bilinmektedir (ör., Dokuz vd., 2006; Karlı vd., 2010; Kaygusuz ve Aydınçakır, 2009, 2011; Kaygusuz vd., 2008, 2009, 2013, 2014).

İncelenen Bozat Plütünü'nün magma-tektonik ortamını belirlemek için plütönik kayalar için geliştirilen ayırtman diyagramları kullanılmıştır. Pearce vd. (1984)'nin Rb-(Y+Nb) diyagramına (Şekil 12a) göre incelenen plütöna ait örnekler, volkanik yay granitleri (VAG) alanına düşmektedirler. Ayrıca, plütöna ait kayalar Thiéblemont ve Tégyey (1994)'in Zr (ppm) karşı Nb_N/Zr_N diyagramında yitimle ilişkili granitoidler alanında, Harris vd. (1986)'nin Rb/30-Hf-Ta*3 (Şekil 12b) üçgen diyagramına göre de yay granitleri alanında yer aldıkları görülmektedir (Şekil 12c). Ayrıca, Doğu Pontidler kıtasal yayının, Üst Kretase (Senoniyen) döneminde denizaltı ortamında gelişen yoğun bimodal volkanizma ürünlerinin (mafik-felsik) olması nedeniyle gerilmeli bir yay olduğu bilinmektedir (ör., Bektaş vd., 1995; Arslan vd., 1997; Okay ve Şahintürk, 1997). Dolayısıyla, diğer jeolojik ve jeokimyasal veriler de dikkate alındığında, Geç Kretase yaşlı I-tipi, metalümin, şoşonitik karakterli Bozat Plütünü'nün tektono-magmatik gelişimi, kıtasal yay ortamında yitim akışkanları/sedimanları ile zenginleşmiş litosferik manto ve alt kabuktan türeyen ana magmanın gerilmeli yay ortamında yerleşmesiyle açıklanabilir.

6. Sonuçlar

Geç Kretase yaşlı Bozat Plütünü monzogabro bileşimli kayalardan oluşmaktadır. Petrografik olarak, incelenen plütön kayaları ince-orta taneli ve genellikle monzonitik, poikilitik, nadiren pertitik dokulu olup, plajiyoklas, ortoklas, kuvars, klinopiroksen, biyotit, Fe-Ti oksit içermektedir. Ayrıca, bu plütönda dengesiz kristallenmeye işaret eden; klinopiroksenlerin kenarlarının kemirilmesi ve yenmesi, ortoklas minerallerinde gözlenen poikilitik doku gibi bazı dokusal özellikler gözlenmektedir.

Tüm-kaya jeokimya verileri incelenen plütönün I-tipi, metalümin ve şoşonitik karaktere sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, ana ve iz element değişimleri, plütönün kıtasal kabuktaki bir magma odasının gelişimi sırasında önemli derecede fraksiyonel kristallenme ve daha az oranda kabuk asimilasyonu ile geliştiklerini ortaya koymaktadır. Plütönü oluşturan ana magmanın gerilmeli bir yay ortamında, litosferik manto kökenli ergiyikler ile alt kabuk kökenli ergiyiklerin karışımından oluştuğu ileri sürülebilir.



Şekil 12. Bozat Plütünü kayalarına ait magma-tektonik ortam ayırtman diyagramları; (a) Rb (ppm) karşı (Y+Nb) (ppm) (Pearce vd., 1984), (b) Nb_N/Zr_N karşı Zr (ppm) (Thiéblemont ve Tégyey, 1994) ve (c) Rb/30-Hf-Ta*3 (Harris vd., 1986) diyagramları. syn-COLG, çarpışma ile eş yaşlı granitler; VAG, volkanik yay granitleri; WPG, levha-içi granitleri; ORG, okyanus sırtı granitleri; post-COLG, çarpışma sonrası granitleri.

Katkı Belirtme

Bu çalışma, FBA-2018-7747 No'lu Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (KTÜ-BAP) ile desteklenmiştir. Yazarlar, makaleye yapıcı eleştiri ve görüşleriyle katkı sağlayan dergi editörleri ve hakemlere teşekkür eder.

Kaynaklar

- Ackerman, L., Krňanská, M., Siebel, W. ve Strnad, L. 2010. Geochemistry of the Drahotín and Mutěnin intrusions, West Bohemian shear zone, Bohemian massif: contrasting evolution of mantle-derived melts. *Mineralogy and Petrology*, 99, 185-199.
- Aghazadeh, M., Castro, A., Omran, N.R., Emami, M.H., Moinvaziri, H. Ve Badrzadeh, Z. 2010. The gabbro (shoshonitic)-monzonite-granodiorite association of Khankandi pluton, Alborz Mountains, NW Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 38, 199-219.
- Aghazadeh, M., Castro, A., Badrzadeh, Z. ve Vogt, K. 2011. Post-collisional polycyclic plutonism from the Zagros hinterland. The Shaivar-Dagh plutonic complex Alborz belt, Iran. *Geological Magazine*, 148, 980-1008.
- Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H.P. ve Satır, M. 2008. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic characteristics of Paleocene plagioclinites from the Eastern Pontides (NE Turkey). *Lithos*, 105, 149-161.
- Arslan, M. ve 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.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H. 1997. Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide Volcanic Rocks, Northeast Turkey. *Chemi der Erde*, 57, 157-187.
- Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., Yücel, C., Boztuğ, D. ve Şen, C. 2013. ⁴⁰Ar-³⁹Ar dating, whole-rock and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey): Implications for magma evolution in extension-induced origin. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 166, 113-142.
- Aslan, Z., Arslan M. ve Şen, C. 1999. Doğu Pontidlerin Kuzey ve Güney zonlarında yüzeylenen Eosen yaşlı granitik sokulumların karşılaştırmalı jeolojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri.

Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, 223-230.

- Aydınçakır, 2016. Subduction related Late Cretaceous high K volcanism in the Central Pontides orogenic belt Constraints on geodynamic implications. *Geodinamica Acta*, 28 (4), 379-411.
- Bacon, C. R. ve Hirschmann, M. M. 1988. Mg/Mn partitioning as a test for equilibrium between coexisting Fe-Ti oxides. *American Mineralogist*, 73, 57-61.
- Bektaş, O., Pelin, S. ve Korkmaz, S. 1984. Doğu Pontid yay gerisi havzasında manto yükselimi ve polijenetik ofiyolit olgusu. *TJK Ketin Sempozyumu*, 175-188.
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taslı, K., Akdağ, K. ve Özgür, S. 1995. Cretaceous rifting of the Eastern Pontide carbonate platform, NE Turkey: The formation of carbonate breccias and turbidites as evidence of a drowned platform. *Geologia*, 57, 233-244.
- Bektaş, O., Şen, C., Atıcı, Y. ve Köprübaşı, N. 1999. Migration of the Upper Cretaceous subduction-related volcanism towards the back-arc basin of the Eastern Pontide magmatic arc (NE Turkey). *Geological Journal*, 34, 95-106.
- Chorowicz, J., Collet, B., Bonavia, F., Mohr, P., Parrot, J.F. ve Tesfaye, K. 1998. The Tana basin, Ethiopia: Intra-plateau uplift, rifting and subsidence. *Tectonophysics*, 295, 351-367.
- Deer, W.A., Howie, R.A. ve Zussman, J. 1992. An introduction to the Rock Forming Minerals (second edition), London, Longman, 696.
- Dewey, J.F., Pitman, W., Ryan, W. ve Bonnin, I. 1973. Plate tectonics and the evolution of the Alpine system, *Geological Society American Bulletin*, 84, 3137-3180.
- Dokuz, A. 2011. 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*, 19, 926-944.
- Dokuz, A. ve Tanyolu, E. 2006. Geochemical constraints on the provenance, mineral sorting and subaerial weathering of lower Jurassic and upper Cretaceous clastic rocks from the Eastern Pontides, Yusufeli (Artvin), NE Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 15, 181-209.
- Dokuz, A., Karlı, O., Chen, B. ve Uysal, İ. 2010. Sources and petrogenesis of Jurassic granitoids in the Yusufeli area, Northeastern Turkey: Implications for pre- and postcollisional

- lithospheric thinning of the Eastern Pontides. *Tectonophysics*, 480, 259-279.
- Dokuz, A., Aydıncakır, E., Kandemir, R., Karşlı O., Siebel, W., Derman, A.S., Turan, M., 2017. Late Jurassic Magmatism and Stratigraphy in the Eastern Sakarya Zone, Turkey: Evidence for the Slab Breakoff of Paleotethyan Oceanic Lithosphere. *Journal of Geology*, 125, 1-31.
- Eby, G.N. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications. *Geology*, 20, 641-644.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Dudas, F.O., Santosh, M. ve Akaryalı, E. 2011. Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the eastern Pontides, NE Turkey: implications for slab window melting. *Gondwana Research*, 19, 413-429.
- Foster, M.D., 1960. Interpretation of the composition of trioctahedral micas. US Geological Survey Professional Paper, 354-B, 11-49.
- Gedikoğlu, A. 1983. Doğu Pontid'lerdeki metalik maden yataklarının plaka tektoniği ile olan ilişkileri, 37. T.J.K. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Bildiri Özetleri, 86-87. Ankara.
- Guffanti, M., Clynne, M. A. ve Muffler, L.J.P. 1996. Thermal and Mass İmplications of Magmatic Evolution in the Lassen Volcanic Region, California, and Constraints on Basalt Influx to the Lower Crust. *Journal of Geophysical Research*, 101, 3001-3013.
- Gülmez, F., Genç, Ş.C., Prelević, D., Tüysüz, O., Karacık, Z., Roden, M.F., Billor, Z., 2016. Ultrapotassic volcanism from the waning stage of the Neotethyan subduction: a key study from the İzmir–Ankara–Erzincan Suture Belt, Central Northern Turkey. *Journal of Petrology*, 57, 561-593.
- Güven, İ.H. 1993. Doğu Pontidler'in 1/250000 Ölçekli Kompilasyonu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Harris, N.B.W., Pearce, J.A. ve Tindle, A.G. 1986. Geochemical characteristics of collision- zone magmatism. In: Coward M.P, Ries A.C. (eds.), *Collision Tectonics*. Geological Society of London Special Publication, 19, 67-81.
- Hastie, A.R., Kerr, A.C., Pearce, J.A. ve Mitchell, S.F. 2007. Classification of Altered Volcanic Island Arc Rocks using Immobile Trace Elements: Development of the Th-Co Discrimination Diagram. *Journal of Petrology*, 48, 12, 2341-2357.
- Karşlı, O., Chen, B., Aydın, F. ve Şen, C. 2007. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sarıçiçek 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.
- Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Bin, C., Kandemir, R.ve Wijbrans, R.J. 2010. Relative contributions of crust and mantle to generation of Campanian high-K calc-alkaline I-type granitoids in a subduction setting, with special reference to the Harşit pluton, Eastern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 160, 467–487.
- Karşlı, O., Uysal, İ., Ketenci, M., Dokuz, A., Kandemir, R. ve Wijbrans, J. 2011. Adakite-like granitoid porphyries in the Eastern Turkey: potential parental melts and geodynamic implications. *Lithos*, 127, 354-372.
- Karşlı, O., Caran, Ş., Dokuz, A., Çoban, H., Chen, B. ve Kandemir, R. 2012a. A-type granitoids from the Eastern Pontides, NE Turkey: Records for generation of hybrid A-type rocks in a subduction-related environment. *Tectonophysics*, 530-531, 208-224.
- Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Ketenci, M., Chen, B. ve Kandemir, R. 2012b. Deciphering the shoshonitic monzonites with I-type characteristic, the Sıdağı pluton, NE Turkey: magmatic response to continental lithospheric thinning. *Journal of Asian Earth Sciences*, 51, 45-62.
- Karşlı, O., Dokuz, A., Kandemir, R., 2017. Zircon Lu-Hf isotope systematics and U-Pb geochronology, whole-rock Sr-Nd isotopes and geochemistry of the early Jurassic Gokcedere pluton, Sakarya Zone-NE Turkey: a magmatic response to roll-back of the Paleo-Tethyan oceanic lithosphere. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 172, 31.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E. 2009. Mineralogy, Whole-Rock and Sr-Nd Isotope Geochemistry of Mafic Microgranular Enclaves in Cretaceous Dağbaşı Granitoids, Eastern Pontides, NE Turkey: Evidence of Magma Mixing, Mingling, and Chemical Equilibration. *Chemie der Erde/Geochemistry*, 69, 247-277.
- Kaygusuz, A. ve Aydınçakır, E. 2011. Petrogenesis of a Late Cretaceous composite pluton from the eastern Pontides: the Dağbaşı pluton, NE Turkey. *Neues Jahrbuch Für Mineralogie*, 188, 3, 211-233.
- Kaygusuz, A. ve Şen, C. 2011. Calc-alkaline I-type plutons in the eastern Pontides, NE Turkey: U-Pb zircon ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions. *Chemie der Erde Geochemistry*, 71, 59-75.

- Kaygusuz, A. ve Öztürk, M. 2015. Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Eocene Bayburt intrusions, Eastern Pontide, NE Turkey: implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in the high-K calc-alkaline magmatism. *Journal of Asian Earth Sciences*, 108, 97-116.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., Şen, C. ve Satir, M. 2008. Petrochemistry and petrology of I-type granitoids in an arc setting: the composite Torul pluton, Eastern Pontides, NE Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 97, 739-764.
- Kaygusuz, A., Chen, B., Arslan, Z., Siebel, W. ve Şen, C. 2009. U-Pb zircon SHRIMP ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions of the Early Cretaceous I-type Sariosman pluton, Eastern Pontides, NE Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 18, 549-581.
- Kaygusuz, A., Siebel, W., İlbeyli, N., Arslan, M., Satir, M. ve Şen, C. 2010. Insight into magma genesis at convergent plate margins – a case study from the eastern Pontides (NE Turkey). *Neues Jahrbuch Für Mineralogie*, 187, 3, 265-287.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W. ve Şen, C. 2011. Geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of post-collisional calc-alkaline volcanics in the eastern Pontides (NE Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 20, 137-159.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W., Sipahi, F. ve İlbeyli, N. 2012. Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, eastern Pontides. *Turkey, International Geology Review*, 54, 15, 1776-1800.
- Kaygusuz, A., Sipahi, F., İlbeyli, N., Arslan, M., Chen, B. ve Aydınçakır, E. 2013. Petrogenesis of the Late Cretaceous Turnagöl intrusion in the eastern Pontides: Implications for magma genesis in the arc setting. *Geoscience Frontiers*, 4, 423-438.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Wolfgang, S., Sipahi, F., İlbeyli, N. ve Temizel, İ. 2014. LA-ICP MS zircon dating, whole-rock and Sr-Nd-Pb-O isotope geochemistry of the Camiboğazı pluton, Eastern Pontides, NE Turkey: implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in arc-related I-type magmatism. *Lithos*, 192-195, 271-290.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Sipahi, F. ve 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.
- Köksal, S., Toksoy-Köksal, F., Göncüoğlu, M.C., Möller, A., Gerdes, A. ve Frei, D. 2013. Crustal source of the Late Cretaceous Satansarı monzonite stock (central Anatolia-Turkey) and its significance for the Alpine geodynamic evolution. *Journal of Geodynamics*, 65, 82-93.
- Lameyre, J. ve Bonin, B., 1991. Granites in the main plutonic series. In: Didier, J., Barbarin, B. (Eds), *Enclaves and Granite Petrology*. Amsterdam, Elsevier, 3-17.
- Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M.J., Bonin, B., Bateman, P., Bellieni, G., Dudek, A., Efremova, S., Keller, J., Lamere, J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H. ve Woolley, A.R. 2002. *Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms, Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommission of the Systematics of Igneous Rocks*. Cambridge University Press., 236p.
- Li, X.H., Li, W.X., Li, Z.X., Lo, C.H., Wang, J., Ye, M.F. ve Yang, Y.H. 2009. Amalgamation between the Yangtze and Cathaysia Blocks in South China: constraints from SHRIMP U-Pb zircon ages, geochemistry and Nd-Hf isotopes of the Shuangxiwu volcanic rocks. *Precambrian Research*, 174, 117-128.
- Liu, L., Qiu, J.S., Zhao, J.L. ve Yang, Z.L. 2014. Geochronological, geochemical, and Sr-Nd-Hf isotopic characteristics of Cretaceous monzonitic plutons in western Zhejiang Province, Southeast China: new insights into the petrogenesis of intermediate rocks. *Lithos*, 196-197, 242-260.
- Maniar, P.D. ve Piccoli, P.M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society of America Bulletin*, 101, 635-643.
- Middlemost, E.A.K. 1994. Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth Science Reviews* 37, 215-224.
- Miyashiro, A. 1978. Nature of alkalic volcanic rock series. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 66, 91-104.
- Morimoto, M., Fabries, J., Ferguson, A.K., Ginzburg, I.V., Ross, M., Seifert, F.A., Zussman, J., Aoki, K. ve Gottardi, G. 1988. Nomenclature of pyroxenes. *Mineralogical Magazine*, 52, 535-550.
- MTA, 2002. 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Samsun ve Trabzon Paftaları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Okay, A.İ. ve 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, 291-311.
- Okay, A.İ. ve Tüysüz, O. 1999. Tethyan sutures of northern Turkey, In: Durand, B., Jolivet, L., Hovarth, F., Séranne, M. (eds), The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen Tethyan Sutures of Northern Turkey. Geological Society London. Special Publications, 156, 475-515.
- Okay, A.İ., Sunal, G., Sherlock, S., Altner, D., Tüysüz, O., Kylander-Clark, A.R.C. ve Aygül, M. 2013. Early Cretaceous sedimentation and orogeny on the active margin of Eurasia: Southern Central Pontides, Turkey. *Tectonics*, 32, 1247-1271.
- Patiño Douce, A.E. ve Beard, J.S. 1996. Effects of P, f (O₂) and Mg/Fe Ratio on Dehydration Melting of Model Metagreywackes. *Journal of Petrology*, 37, 999-1024.
- Pearce, J.A. 1983. The Role of Sub-Continental Lithosphere in Magma Genesis at Destructive Plate Margins. In: Continental Basalts and Mantle Xenoliths, (eds): Hawkesworth, C.J., Norry, M.J., Shiva Publishing, Cheshire, 230-249.
- Pearce, J.A, Haris, N.B.W. ve Tindle, A.G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25, 956-983.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S. ve Mitchell, J.J. 1990. Genesis of collision volcanism in eastern Anatolia Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 189-229.
- Rapp, R.P. ve Watson, E.B. 1995. Dehydration Melting of Metabasalt at 8–32 kbar: Implications for Continental Growth and Crust-Mantle Recycling. *Journal of Petrology*, 36, 891-931.
- Roberts, M.P. ve Clemens, J.D. 1993. Origin of High-Potassium, Calcalkaline, I-Type Granitoids. *Geology*, 21, 825-828.
- Robinson, A.G., Banks, C.J., Rutherford, M.M. ve Hirst, J.P.P. 1995. Stratigraphic and structural development of the eastern Pontides, Turkey. *Journal of the Geological Society, London*, 152, 861-872.
- Singh, J. ve Johannes, W. 1996. Dehydration Melting of Tonalites: Part II. Composition of Melts and Solids. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 125, 26-44.
- Sipahi, F., 2017. Kalınçam (Tonya-Trabzon, KD Türkiye) Yöresi Geç Kretase Yaşlı Volkanitlerin Jeokimyası ve Petrojenezi. *Gümüşhane Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7 (2), 102-127.
- Sipahi, F., Akpınar, İ., Saydam Eker, Ç., Kaygusuz, A., Vural, A., Yılmaz, M., 2017. Formation of the Eğrikar (Gümüşhane) Fe–Cu skarn type mineralization in NE Turkey: U–Pb zircon age, litho-geochemistry, mineral chemistry, fluid inclusion, and O–H–C–S isotopic compositions. *Journal of Geochemical Exploration*, 182 (Part A), 32-52
- Sipahi, F., ve Sadıklar, M.B., 2014. Geochemistry of dacitic volcanics in the eastern pontides (NE Turkey). *Geochemistry International*, 4, 329-349.
- Sipahi, F., Kaygusuz, A., Saydam Eker, Ç., Vural, A., Akpınar, İ., 2018. Late Cretaceous arc igneous activity: the Eğrikar Monzogranite example. *International Geology Review*, 60 (3), 382-400.
- Sipahi, F., Sadıklar, M.B., Şen, C., 2014. The Geochemical and Sr Nd isotopic Characteristics of Murgul Artvin Volcanics in the Eastern Black Sea Region NE Turkey. *Chemie Der Erde/Geochemistry*, 74 (3), 331-342.
- Stevens, G., Clemens, J.D. ve Droop, G.T.R. 1997. Melt Production during Granulite Facies Anatexis: Experimental Data from ‘Primitive’ Metasedimentary Protoliths. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 128, 352-370.
- Streckeisen, A. 1976. To Each Plutonic Rock its Proper Name. *Earth Science Review*, 12, 1-33.
- Sun, S. ve McDonough, W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: Implications for mantle composition and processes. In: A.D. Saunders, M.J. Norry, (eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*, Geological Society of London. Special Publication, 42, 313-345.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz Y. 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Genç, T. ve Zor, E. 2003. East Anatolian high plateau as a mantle supported, north–south shortened domal structure. *Geophysical Research Letters*, 30(24), 8045.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M. 1985. *The Continental Crust, Its Composition and Evolution*. Blackwell, Oxford, 312.
- Temizel, İ. 2014. Petrochemical evidence of magma mingling and mixing in the Tertiary

- monzogabbroic stocks around the Bafra (Samsun) area in Turkey: implications of coeval mafic and felsic magma interactions. *Mineralogy and Petrology*, 108, 353-370.
- Temizel, İ., Arslan, M., Yücel, C., Abdioğlu, E. ve Ruffet, G. 2016. Geochronology and geochemistry of Eocene-aged volcanic rocks around the Bafra (Samsun, N Turkey) area: Constraints for the interaction of lithospheric mantle and crustal melts. *Lithos*, 258-259, 92-114.
- Temizel, İ., Abdioğlu Yazar E., Arslan, M., Kaygusuz, A. ve Aslan, Z. 2018. 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*, 157, 121-152.
- Thirlwall, M.F., Smith, T.E., Graham, A.M., Theodorou, N., Hollings, P., Davidson, J.P. Arculus, R.J. 1994. High field strength element anomalies in arc lavas; source or process?. *Journal of Petrology*, 35, 3, 819-838.
- Thiéblemont D., Téguey M. 1994. Une discrimination géochimique des roches différenciées témoin de la diversité d'origine et de situation tectonique des magmas calcio-alcalins. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 319, 87-94.
- Topuz, G. 2002. Retrograde P-T path of anatectic migmatites from the Pulur Massif, Eastern Pontides, NE Turkey: petrological and microtextural constraints. 1st International Symposium of the Faculty of Mines (İTÜ) on Earth Sciences and Engineering Abstracts, Istanbul, Turkey, 110 p.
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasözbeç, A., Barth, M., Satır, M., 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., Çelik, Ö.F., Şengör, A.M.C., Altıntaş, İ. E., Zack, T., Rolland, Y. ve Barth, M. 2013. Jurassic Ophiolite Formation and emplacement as backstop to a subduction-accretion complex in Northeast Turkey, The Refahiye Ophiolite, and relation to the Balkan Ophiolites. *American Journal of Science*, 313, 1054-1087.
- Ustaömer, T. ve Robertson, A.H.F. 1995. Palaeo-Tethyan tectonic evolution of the north Tethyan margin in the Central Pontides, N. Turkey. In: *Geology of the Black Sea region* (eds). Erler, A., Ercan, T., Bingöl, E., Örcen, S., MTA/JMO, 24-32.
- Ustaömer, T. ve 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. In Stephenson, R.A., Kaymakçı, N., Sasson, M., Starostenko, V., Bergerat, F. (eds). *Sedimentary Basin Tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform*. Geological Society, London. Special Publications, 340, 281-327.
- Ustaömer, T., Robertson, A.H.F., Ustaömer, P.A., Gerdes, A. ve 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. in Robertson, A.H.F., Parlak, O., Ünlügenç, U.C. (eds). *Geological Development of Anatolia and the Easternmost Mediterranean Region*. Geological Society, London. Special Publications, 372, 49-74.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D. 1996. Space and time relations of three plutonic phases in the Eastern Pontides, Turkey. *International Geology Review*, 38, 10, 935-956.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C. ve Şengör, A.M.C. 1997. Geology and tectonics of the Pontides. in Robinson, A.G. (eds.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 68, 183-226.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E. ve Ruffet, G. 2017. 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*, 45, 65-86.