



MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi

<https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri/>



Tuzla Gölü ve Pınarbaşı (Kayseri) bölgelerindeki Neojen yaşlı volkanik kayaların jeolojik ve jeokimyasal özellikleri

Sait Kenan KAYALI^a, Ömer Faruk ÇELİK^{a*}, Rahmi Melih ÇÖRTÜK^b, Mutlu ÖZKAN^c ve Andrea MARZOLI^d

^aKocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 41001 İzmit, Kocaeli, Türkiye

^bBalıkesir Büyükşehir Belediyesi, Ne10 Şehir Araştırmaları ve Teknoloji Geliştirme Merkezi Balıkesir, Türkiye

^cKocaeli Üniversitesi, Çevre Koruma Teknolojileri Bölümü, 41285, Kocaeli, Türkiye

^dDipartimento di Scienze Terra, Università degli Studi di Milano, Via Luigi Mangiagalli, 34, 20133 Milano MI, Italy

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:

Orta Anadolu Volkanik Bölgesi, Kayseri, Bazalt, Jeokimya, Volkanizma.

ÖZ

Bu çalışmada, Orta Anadolu'da yer alan Pınarbaşı (Kayseri doğusu) ve Tuzla Gölü (Kayseri kuzeyi) çevresindeki Neojen volkanitlerinin jeolojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Tuzla Gölü Pliyosen volkanitleri kalk-alkalin nitelikli plato bazaltlardan oluşmaktadır. Pınarbaşı Pliyosen volkanitleri kalk-alkalin bazaltik andezit ve andezit bileşimine sahiptirler. Aynı bölgedeki, Miyosen volkanitleri alkali bazalt, traki-bazalt ve kalk-alkalin bazaltik andezitlerle temsil edilmektedirler. Her iki bölgedeki volkanitler, ağır nadir toprak elementlerine kıyasla hafif nadir toprak elementlerinde belirgin bir zenginleşme sunmakla birlikte zenginleşmiş bir manto kaynağından türediklerini gösterirler. Tuzla Gölü volkanitleri ilksel mantoya göre normalize edilmiş çoklu element diyagramında pozitif Nb-Ta ve Pb anomalileri göstermektedir. Pınarbaşı bölgesindeki Pliyosen volkanitleri hafif nadir toprak elementlerinde ve büyük iyon çaplı litofil elementlerinde, kalıcılığı yüksek elementlere göre belirgin bir zenginleşme sunmakla birlikte yitimle ilişkili kökene işaret eden belirgin negatif Nb-Ta anomalisi sunmaktadır. Pınarbaşı Miyosen volkanitleri ise zayıf negatif Nb-Ta anomalileri göstermektedir. Sonuç olarak, Pınarbaşı bölgesindeki volkanitler yitim süreçleriyle modifiye edilmiş metasomatize manto kaynağını yansıtan jeokimyasal özellikler sunmakta iken, Tuzla Gölü volkanitlerinde akışkanlarla hareketlilik kazanabilen iz element içerikleri haricinde yitimle ilişkili jeokimyasal özellikler daha az belirgindir. Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerindeki Pliyosen yaşlı volkanitlerin benzer oluşum yaşlarına sahip olmalarına karşın farklı jeokimyasal karakteristikler sunmaları, heterojen bir manto kaynağının varlığına işaret ettiği şeklinde değerlendirilmiştir.

Gönderim Tarihi: 26.10.2023

Kabul Tarihi: 09.01.2024

Keywords:

Central Anatolia Volcanic Province, Kayseri, Basalt, Geochemistry, Volcanism.

ABSTRACT

The study focused on the geological, petrographic, and geochemical characteristics of Neogene volcanic rocks from the Pınarbaşı (east of Kayseri) and the Tuzla Lake (north of Kayseri) in the Central Anatolia. Pliocene volcanic rocks from Tuzla Lake consist of calc-alkaline plateau basalts. On the other hand, Pınarbaşı Pliocene volcanic rocks have calc-alkaline basaltic andesite and andesite compositions. Miocene volcanic rocks in the same region are represented by alkali basalts, trachy-basalts, and calc-alkaline basaltic andesites. The volcanic rocks in both regions show significant enrichment in the light rare earth elements compared to the heavy rare earth elements, suggesting an enriched mantle source. In the primitive mantle normalized multi-element diagram, the volcanic rocks from Tuzla Lake exhibit positive Nb-Ta and Pb anomalies. Pliocene volcanic rocks from Pınarbaşı show significant enrichment in light rare earth elements and large

Received Date: 26.10.2023

Accepted Date: 09.01.2024

Atf Bilgisi: Kayalı, S. K., Çelik, Ö. F., Çörtük, R. M., Özkan, M., Marzolia, A. 2024. Tuzla Gölü ve Pınarbaşı (Kayseri) bölgelerindeki Neojen yaşlı volkanik kayaların jeolojik ve jeokimyasal özellikleri. MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi 5, 1-24.

*Başvurulacak yazar: Ömer Faruk ÇELİK, celikfrk@gmail.com.tr

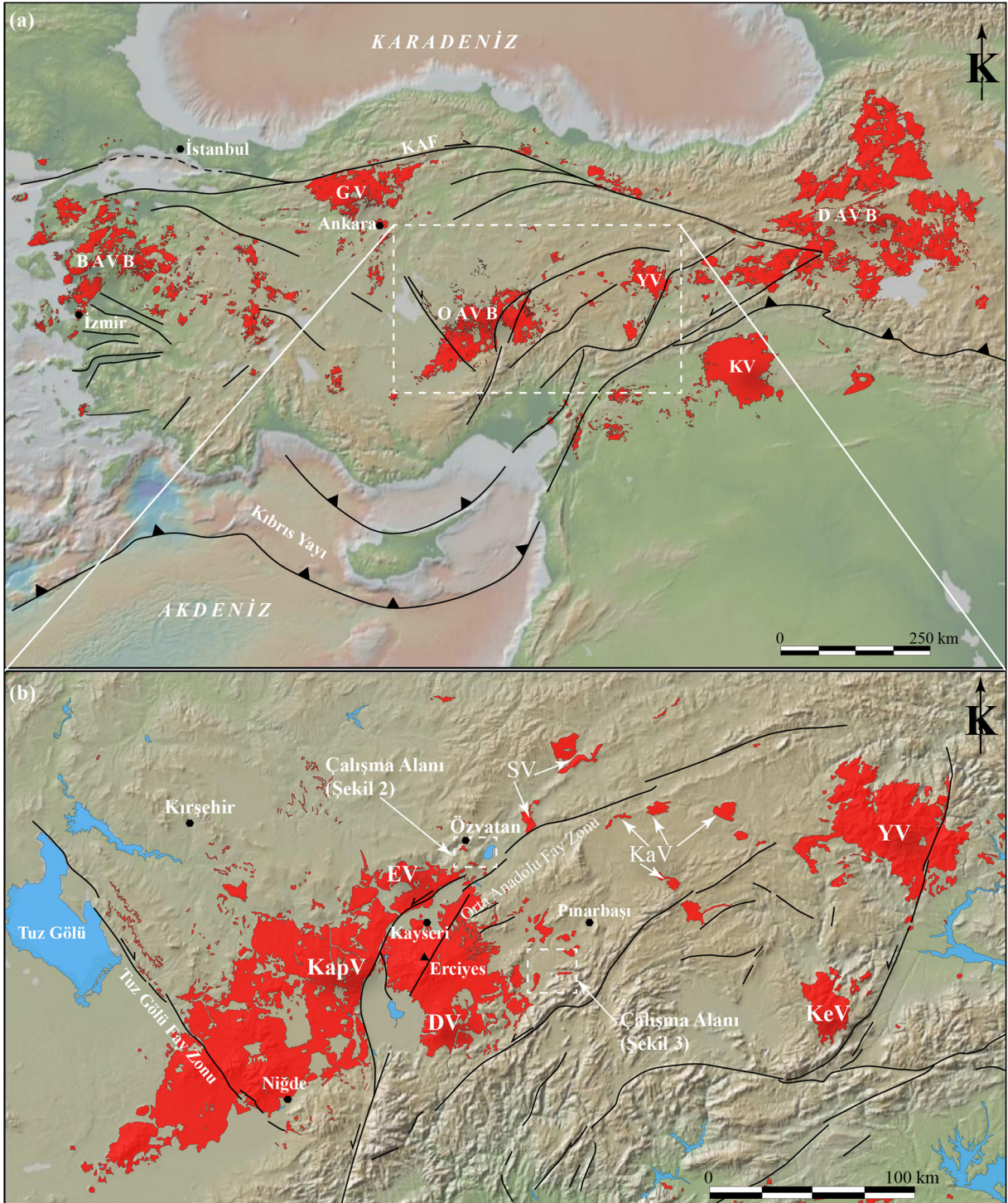
ion lithophile elements compared to high field strength elements, and exhibit negative Nb-Ta anomalies, suggesting a subduction-related origin. On the other hand, the Pınarbaşı Miocene volcanic rocks show weak negative Nb-Ta anomalies. As a result, the geochemical characteristics of the Miocene and Pliocene volcanic rocks from Pınarbaşı reflect a subduction-related metasomatized mantle source, whereas subduction-related geochemical features (except for fluid-mobile trace element contents) are less pronounced for the volcanic rocks from Tuzla Lake. The Pliocene volcanic rocks around the Tuzla Lake and Pınarbaşı regions have similar formation ages and distinct geochemical characteristics, suggesting the existence of a heterogeneous mantle source.

1. Giriş

Türkiye, Neojen'den günümüze kadar kendine özgü jeolojik ve jeokimyasal özellikleriyle öne çıkan, çarpışma ve çarpışma sonrası etkin olmuş volkanik oluşumlarla dikkat çekmiştir (Şekil 1a). Bu volkanik oluşumlar, başlıca Batı Anadolu volkanik bölgesi, Galatya volkanik bölgesi, Orta Anadolu volkanik bölgesi ve Doğu Anadolu volkanik bölgesi olarak adlandırılmakta olup oluşumları kökensel olarak farklı tektonik (dilim kopması, astenosferik yükselim, gerilmeli tektonizma, damlama benzeri mekanizma) unsurlar tarafından denetlenmektedir (Aldanmaz, 2002; Keskin, 2003; Ersoy vd., 2008; Kürkçüoğlu vd., 2015; Delph vd., 2017; Göğüş vd., 2017; Di Giuseppe vd., 2018; Rabayrol vd., 2019; Uslular ve Gençaliolu-Kuşcu, 2019; Göçmengil vd., 2022; Oyan vd., 2023). Orta Anadolu volkanik bölgesinde, Miyosen'den Holosen'e kadar olan süreçte çarpışma sonrası oluşan ve bazalt bileşiminden riyolit bileşimine kadar değişen çeşitli volkanik kayalar bulunmaktadır (Innocenti vd., 1975; Toprak ve Göncüoğlu, 1993; Deniel vd., 1998; Temel vd., 1998; Dönmez vd., 2003; Schmitt vd., 2011; Aydar vd., 2012; Doğan-Külahçı vd., 2018; Schleiffarth vd., 2018). Bu bölgedeki büyük ölçekli stratovulkan (ör. Hasan Dağı, Erciyes Dağı) oluşumlarının genel olarak Orta Anadolu bölgesini şekillendiren transtansiyonel fay sistemleri boyunca gözlemlendiği ve bu fay sistemlerinin volkanizmanın gelişiminde önemli bir role sahip olduğu vurgulanmaktadır (Toprak ve Göncüoğlu, 1993; Dhont vd., 1998; Kürkçüoğlu vd., 1998, 2004; Alıcı-Şen vd., 2004; Gençaliolu-Kuşcu ve Genel, 2010; Gençaliolu-Kuşcu, 2011; Uslular vd., 2021). Bölgedeki volkanik kayaların genel olarak metasomatik olarak zenginleştirilmiş manto karakteristiği ile uyumlu iz element yansımaları

sunduğu ve radyojenik izotop davranışları gösterdikleri rapor edilmiştir (Gençaliolu-Kuşcu, 2011; Aydın vd., 2014, 2022; Kocaarslan ve Ersoy 2018; Reid vd., 2017). Bununla birlikte, bölgedeki volkanik kayaların kökenleri, kaynak alanları, denetleyen mekanizmanın niteliği ve magmanın evrimi ile Orta Anadolu bölgesinin manto yapısı hakkında farklı fikirler ve görüşler önerilmiştir (Deniel vd., 1998; Schildgen vd., 2014; Göğüş vd., 2017; Reid vd., 2017; Koçarslan ve Ersoy, 2018; McNab vd., 2018; Gall vd., 2021). Örneğin, araştırmacıların bir bölümü tarafından, Orta Anadolu volkanizmasının gelişiminde güneydeki Kıbrıs yayının etkili olduğu ve volkanik kayaların jeokimyasal özelliklerine göre manto kaynağının önemli oranda Kıbrıs yayı boyunca yitime uğramış okyanusal levhadan türeyen akışkanlarla şekillendirilmiş olduğu ifade edilmektedir (Notsu vd., 1995; Temel vd., 1998; Aydar ve Gourgaud, 2002; Alıcı-Şen vd., 2004; Ekici vd., 2009; Reid vd., 2017; Rabayrol vd., 2019). Buna karşın, volkanik kayaların Kıbrıs yayının etkisinden ziyade daha eski yitim süreçleriyle modifiye edilmiş manto kaynağından veya yaygın olarak kabuksal kirlenme süreçlerinden etkilendikleri de ifade edilmektedir (Parlak vd., 2001; Kürkçüoğlu, 2010; Gençaliolu-Kuşcu ve Genel, 2010; Kürkçüoğlu vd., 2004, 2015; Kocaarslan ve Ersoy, 2018). Dolayısıyla, Orta Anadolu volkanik bölgesindeki volkanik kayalar için gerçekleştirilecek olan her bir petrolojik çalışma, tartışma konusu olan hususların aydınlatılmasına katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada, Orta Anadolu volkanik bölgesinin doğusunda Erciyes Dağı'nın (Kayseri) kuzeydoğusundaki Tuzla Gölü ve doğusundaki Pınarbaşı bölgelerinde (Şekil 1b) yer alan volkanik kayaların jeolojik, mineralojik-petrografik, tüm kaya ve mineral kimyası özellikleri incelenmiştir.



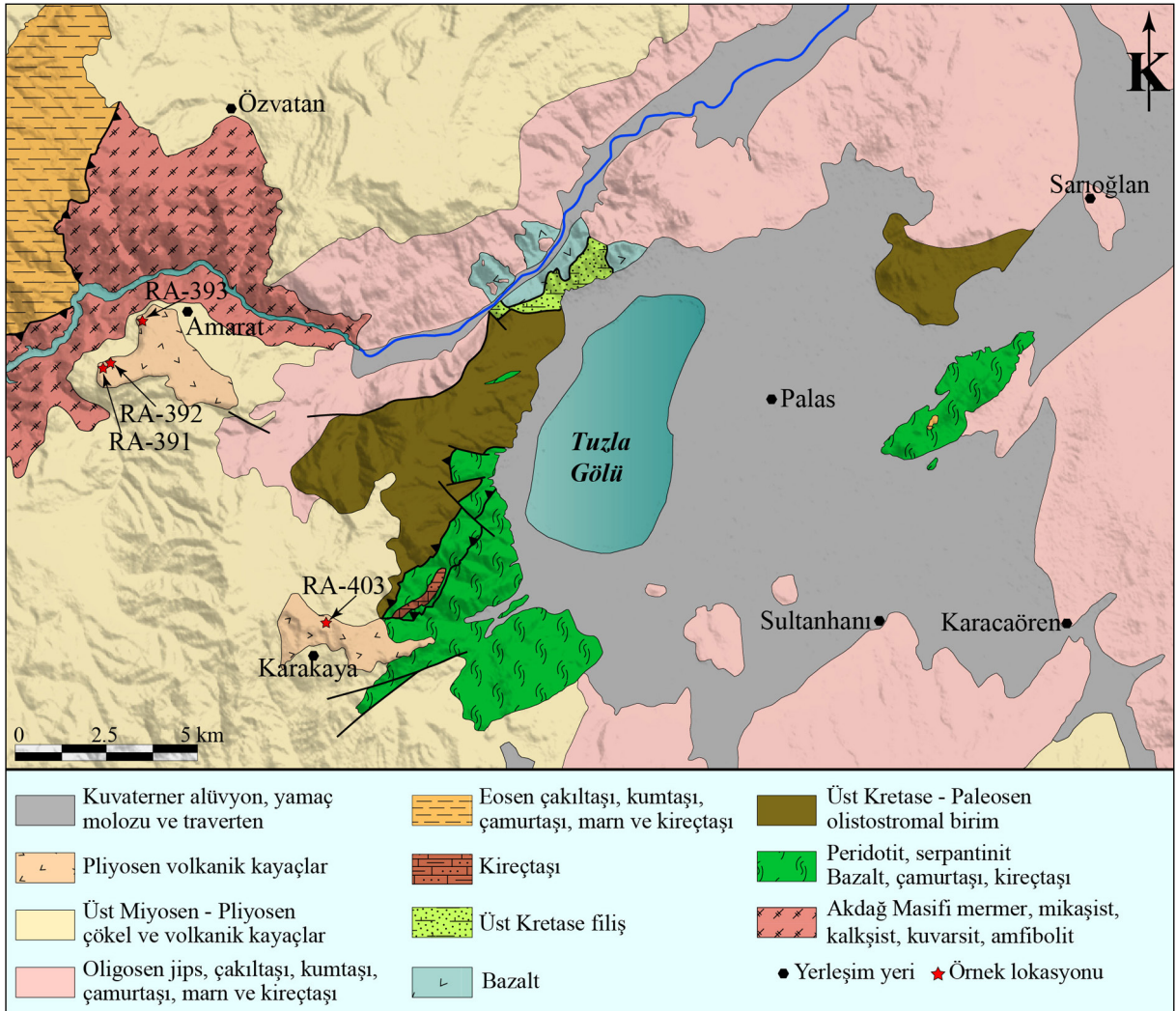
Şekil 1- a) Türkiye'deki Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların yayılımını ve b) İç ve Doğu Anadolu bölgelerinin başlıca fay zonlarını ve Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların yayılımını ve çalışma alanını gösterir harita (Konak vd., (2015)'den değiştirilerek alınmıştır). Kısaltmalar: BAVB, Batı Anadolu Volkanik Bölgesi; DAVB, Doğu Anadolu Volkanik Bölgesi; DV, Develidağ Volkanikleri; EV, Erkilet Volkanikleri; GV, Galatya Volkanikleri; KAF, Kuzey Anadolu Fayı; KV, Karacadağ Volkanikleri; KaV, Kangal Volkanikleri; KapV, Kapadokya Volkanikleri; KeV, Kepez Volkanikleri; OAVB, Orta Anadolu Volkanik Bölgesi; SV, Sivas Havzası Volkanikleri; YV, Yamadağ Volkanikleri. Küresel yükseklik altlık haritası GeoMapApp uygulamasından (www.geomapapp.org) derlenmiştir.

Elde edilen veriler, yakın bölgedeki diğer Neojen volkanik kayalarla kıyaslanarak, çalışma alanındaki Neojen volkanik kayaların kökensel özellikleri değerlendirilmiştir.

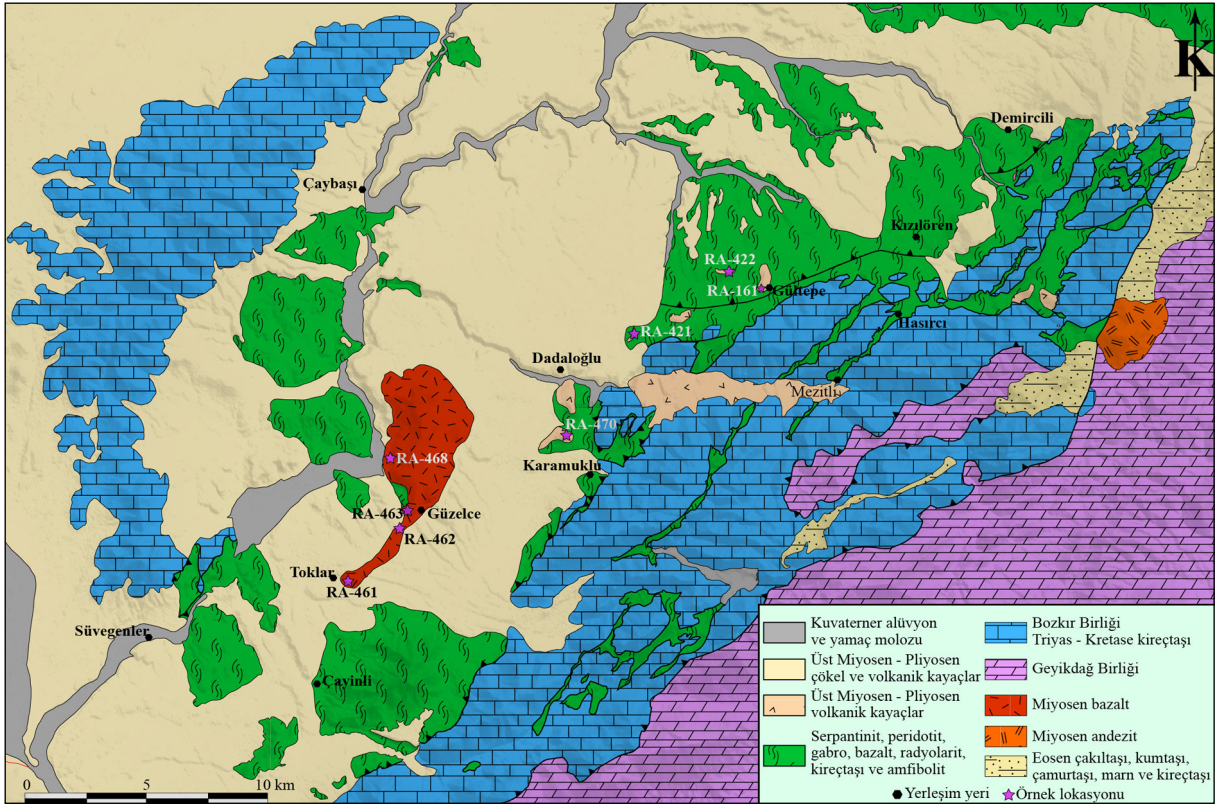
2. Jeolojik Konum

Türkiye, farklı jeolojik dönemlerde Avrasya ve Gondwana kıtaları arasındaki Tetis okyanusuna ait kolların kapanarak bir araya gelmesiyle günümüzdeki haline kavuşmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981; Göncüoğlu vd., 1997; Okay ve Tüysüz, 1999; Robertson vd., 2012; Çelik vd., 2011, 2019). Bu süreçte, yaklaşık doğu-batı doğrultulu uzanımlara sahip kenet kuşakları ile kıtasal bloklar bir araya gelmiş, yitim ve çarpışma süreçleriyle de ilişkili magmatizma evreleri gelişmiştir (Keskin, 2003; Çelik vd., 2011; Gülmez vd., 2016;

Göçmengil vd., 2019; Okay vd., 2022). Doğu Toroslar ile Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı arasındaki İç Toros okyanusunun Paleosen'de kapanmasıyla birlikte yüksek-basınç metamorfik sahalarını temsil eden Tavşanlı ve Afyon zonları oluşmuş (Görür vd., 1984; Pourteau vd., 2010; Çelik vd., 2023) ve takip eden süreçte ise Paleosen – Eosen yaşlı çarpışma sonrası volkanizma meydana gelmiştir (Clark ve Robertson, 2002; Darin ve Umhoefer 2021). Oligosen sonrasında ise Orta Anadolu bölgesini karakterize eden hem volkanik aktivite hem de transtansiyonel fay sistemleri gelişmiştir (Şekil 1a, b) (Deniel vd., 1998; Temel vd., 1998; Dirik vd., 1999; Alıcı-Şen vd., 2004; Kürüm vd., 2008; Kürkçüoğlu, 2010; Uslular vd., 2021). Çalışma alanlarındaki (Pınarbaşı ve Tuzla bölgeleri; (Şekil 2 ve 3) volkanik kayalar batıda Orta



Şekil 2- Tuzla Gölü bölgesindeki çalışma alanının jeoloji haritası (Çörtük, 2021'den alınmıştır).



Şekil 3- Pınarbaşı bölgesindeki çalışma alanının jeoloji haritası (Çörtük, 2021'den alınmıştır).

Anadolu volkanik bölgesinin doğu bölümü ile Kangal volkanik alanı ve Yamadağ volkanik alanları arasında yer almaktadır (Şekil 1b). İnceleme alanındaki Neojen yaşlı volkanik kayaların temeli, Kayseri kuzeyinde Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'na ait metamorfik ve magmatik sokulum kayaları ile Üst Kretase yaşlı ofiyolitik kayalardan meydana gelmekte iken, Kayseri doğu ve güneydoğusundaki volkanik kayalar ise Toros Kuşağına ait karbonatlar ve ofiyolitik kayalardan oluşmaktadır. (Erkan vd., 1978; Çörtük vd., 2023a, b) (Şekil 2 ve 3). Aşağıda, Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerinin genel jeolojik özellikleri ve volkanik kayaların jeolojik özellikleri sunulmuştur.

2.1. Tuzla Gölü Bölgesi

Tuzla Gölü bölgesindeki volkanik kayalar Erciyes stratovolkanının ~ 60 km kuzeydoğusunda yüzeylemekte olup Erciyes volkanizması ile ilişkilendirilen Pliyosen yaşlı Erkilet volkanitlerinin ~ 25 kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1b). Sivas havzasının güneybatısındaki Orta Miyosen yaşlı (~17 – 13 My) Şarkışla bazaltik kayaları (Parlak vd., 2001;

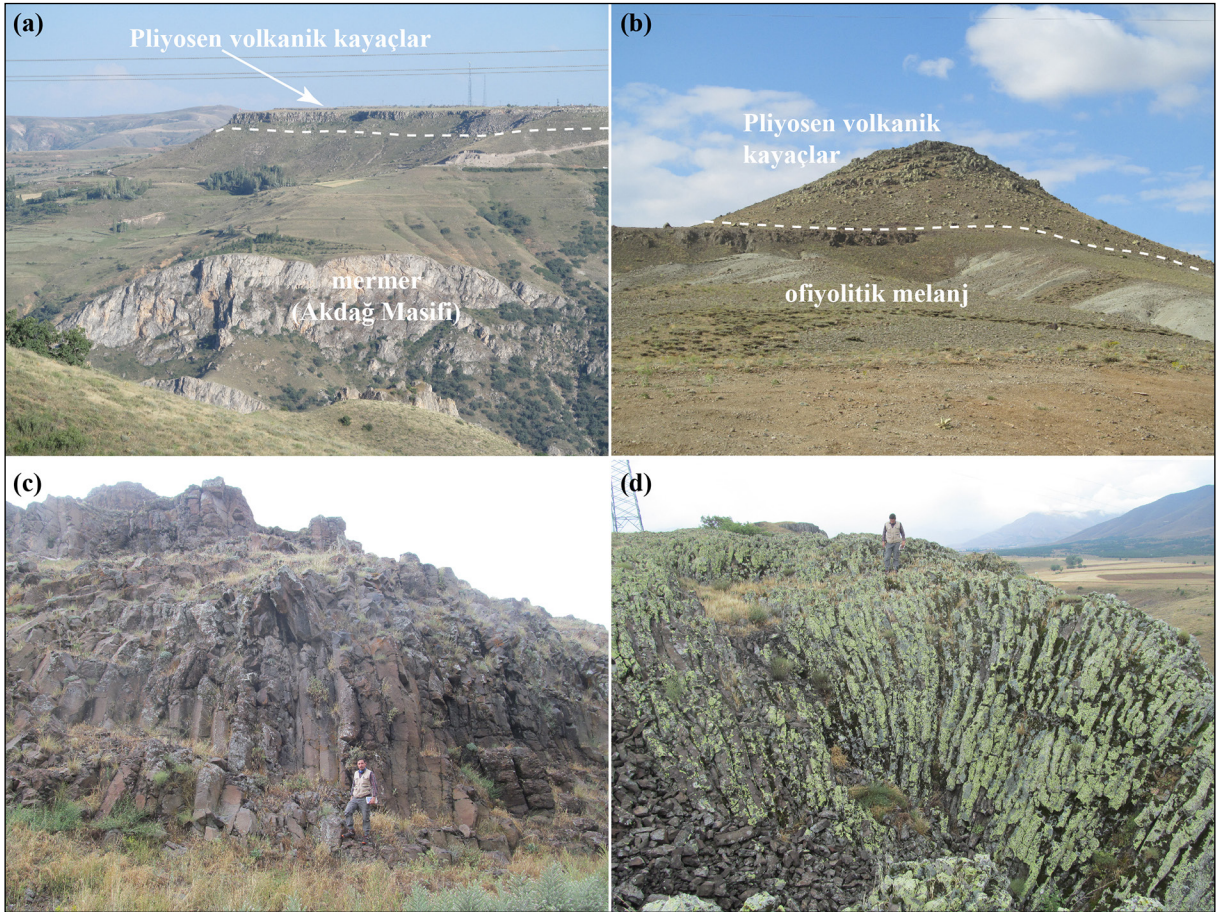
Kürkçüoğlu vd., 2015; Reid vd., 2019), Tuzla Gölü volkanik kayalarının ~30 km kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1b). Tuzla Gölü volkanitleri doğuda sol yönlü Orta Anadolu fay zone ile sınırlanmaktadır (Şekil 1b) (Dirik vd., 1999). Tuzla Gölü bölgesindeki temel kayalar, Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'nın Akdağ masifi ile Üst Kretase yaşlı ofiyolitik kayalar ile temsil edilmektedir (Çörtük vd., 2023b); (Şekil 2). Bu alandaki Akdağ Masifi, Üst Kretase döneminde bölgesel başkalaşıma maruz kalmış olan başlıca mikaşist, kalkışist, mermer ve amfibolit türü kayalardan meydana gelmektedir (Çörtük vd., 2023b). Ofiyolitik kayalar ise farklı oranlarda serpantinitleşmiş ultramafik kayalar, bazaltlar, pelajik çökeller ve bu kayaları kesen dolerit ve plajiyogranit dayklarından oluşmaktadır (Çörtük, 2021). Ofiyolitik kayaların üzerine ise Üst Kretase – Paleosen yaşlı (Dirik vd., 1999) olistostromal nitelikteki birim tektonik olarak gelmiştir. Tuzla Gölü bölgesindeki haritalanabilir boyutlardaki volkanik kayalar esasen iki bölgede yüzlek verirler (Şekil 2). Bunlardan ilki, Tuzla Gölü batısındaki Amarat köyü civarında, ikincisi ise Tuzla Gölü güneybatısındaki Karakaya

köyü civarındadır (Şekil 2). Her iki alandaki volkanik kayalar saha görünüşleri açısından birbirlerine benzer olup plato-tipi küçük ölçekli (~4-5 km²) masif lav akıntıları şeklinde gözlenmektedir (Şekil 4a). Amarat köyü civarında yüzlek veren volkanik kayalar Üst Miyosen – Pliyosen yaşlı karasal çökellerini yatay ve yataya yakın konumda örtmektedir. Brocard vd. (2021) tarafından Amarat ve Karakaya köyleri civarındaki volkanik kayalardan tüm kayaç ⁴⁰Ar/³⁹Ar yöntemiyle sırasıyla 4,22 ± 0,02 My ve 4,23 ± 0,02 My oluşum yaşları elde edilmiş olup bu yaş verisi bölgedeki volkanik kayaların Erken Pliyosen (Cohen vd., 2013) döneminde oluştuklarını göstermektedir.

2.2. Pınarbaşı Bölgesi

Pınarbaşı bölgesi Üst Kretase yaşlı ofiyolit ve yığışım karmaşıkları ile Toros kuşağının farklı

istiflerinin (ör. Geyik Dağ ve Bozkır birlikleri) gözlemlenebildiği bir bölgedir (Şekil 3) (Erkan vd., 1978; Çörtük vd., 2023a). Bu temel niteliğindeki kayaç birimlerini ise Neojen yaşlı karasal örtü çökelleri ve volkanik kayalar örtmektedir. Bölgedeki volkanik kayalar oluşum yaşlarına göre iki başlık altında incelenmiştir. Brocard vd. (2021) tarafından Güzelce köyü civarındaki volkanik kayaç istifinin yaklaşık orta ve üst bölümünden tüm kayaç ⁴⁰Ar/³⁹Ar yöntemiyle sırasıyla, 12,23 ± 0,11 My ve 11,92 ± 0,05 My oluşum yaşları elde edilmiş olup bu yaş verisi volkanik kayaların Orta Miyosen (Cohen vd., 2013) döneminde oluştuklarını göstermektedir. Diğer volkanik kayalar ise Pliyosen yaşlı volkanitler olup bu kayaların oluşum yaşları stratigrafik olarak tanımlanmıştır (Erkan vd., 1978; Metin vd., 1990; Dalkılıç vd., 2009).



Şekil 4- a) Tuzla Gölü bölgesinde, Akdağ Masifi'ne ait metamorfik kayalar üzerindeki yatay konumlu plato tipi Pliyosen yaşlı volkanik kayaların genel görünümü. b) Pınarbaşı bölgesinde, ofiyolitik melanj üzerindeki konik biçimli görüntüye sahip Pliyosen yaşlı volkanik kayaların genel görüntüsü. c, d) Pınarbaşı bölgesinde, Miyosen yaşlı volkanik kayalarda gözlenen soğuma çatlak yapılarının görünüşleri.

Çalışma alanındaki haritalanabilir ölçekteki Pliyosen volkanitler Gültepe ve Dadaloğlu köyleri civarında yüzlek vermektedir (Şekil 3). Bölgede gözlenen volkanik kayaçların morfolojik görüntüleri konik şekillidir (Şekil 4b). Ayrıca, Mesozoyik platform karbonatlarından oluşan vadi tabanındaki volkanik kayaçlar ise genellikle yatay konumlu masif lav akıntıları şeklindeki istiflerden oluşmaktadır. Yakın bölgedeki benzer özelliklere sahip Pliyosen yaşlı (~6–4 My) volkanik kayaçlar Kangal Havzası'nda (Kürkçüoğlu vd., 2015; Kocaarslan ve Ersoy, 2018; Reid vd., 2019) ve Develidağ (Erciyes Dağı güneyi) bölgesinde (Kürkçüoğlu, 2010; Akkaş ve Çubukçu, 2023) gözlenmektedir.

Çalışma alanındaki Miyosen yaşlı volkanik kayaçların tabanında Üst Kretase yaşlı ofiyolitik kayaçlar yer almakta ve bu kayaçlar daha genç (Üst Miyosen – Pliyosen) çökel ve volkanik kayaç oluşumları tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir. Miyosen yaşlı volkanik kayaçlar Güzelce köyü civarında yaklaşık 18 km²'lik bir alanda gözlenmekte olup masif lav akıntıları ve sütun yapıları bazaltik kayaçlardan meydana gelmektedir (Şekil 4c, d). Bu alandaki, bazaltik kayaçlarda iyi gelişmiş soğuma çatlağı yapıları gözlenebilmektedir (Şekil 4c, d). Bölgedeki benzer Miyosen yaşlı volkanik kayaçlar çalışma alanının doğu kesimindeki Yamadağ ve Kepez volkanik (~19–10 My; Ekici, 2016; Kürüm vd., 2008; Kocaarslan ve Ersoy, 2018) alanlarında bulunmaktadır (Şekil 1b).

3. Analitik Yöntemler

Bu çalışmada toplam on üç kayaç örneği derlenmiş ve bu kayaçlardan on ikisi petrografik analizler için ince kesit yapımında kullanılmıştır. Petrografik analizler sonrasında on üç örnekten tüm kayaç Ana, İz ve NTE analizleri ve seçilen iki adet örnek üzerinden mineral kimyası analizleri yapılmıştır.

Mineral kimyasal analizleri Milan Üniversitesi'nde (İtalya) JEOL JXA 8200 Superprobe ile gerçekleştirilmiştir. Analizlerde, ışın akımı 5 nA, hızlandırma voltajı 15 kV ve sayım süreleri pikte 10 sn ve arka planda 5 sn olarak ayarlanmıştır. Enstrümantal kalibrasyon için doğal ve sentetik standartlar kullanılmıştır. Analitik belirsizlikler, ana

ve iz elementler için sırasıyla %1 ve %5 olarak tahmin edilmektedir. Analiz edilen minerallere ait sonuçlar Çizelge 1, 2 ve 3'te sunulmuştur.

Volkanik kayaç örneklerinin ana ve iz element içerikleri Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Analitik Jeokimya Laboratuvarı'nda X-ışını floresansı (XRF) ve indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) ile analiz edilmiştir. Ana elementler SKAYRAY EDX3600B model XRF spektrometresi kullanılarak, 0,6 g kaya tozu 3 g LiBO₂ ile karıştırılmış ve yaklaşık 15 dakika boyunca 1100 °C'de ergitilmiş diskler üzerinde ölçülmüştür. Ateşte kayıp değerleri ise kayaç tozlarının 900 °C'de yaklaşık 2 saat ısıtılmasıyla belirlenmiştir. İz ve nadir toprak elementleri Perkin Elmer Elan DRC-e model ICP-MS kullanılarak, 0,2 g kaya tozunun 1,4 g LiBO₂ ile ergitilmesi ve sonrasında 50 ml %5 HNO₃ içinde çözülmesiyle oluşturulan çözeltilerden analiz edilmiştir. Analitik belirsizlik %2'den küçüktür. Tüm kaya ana, iz ve nadir toprak elementleri analiz sonuçları Çizelge 4'te sunulmuştur.

4. Mineraloji ve Petrografi

Tuzla Gölü bölgesindeki Pliyosen yaşlı volkanik kayaçlar olivin, klinopiroksen, plajiyoklaz ve opak minerallerden oluşmakta olup mineralojik olarak bazaltik bileşime sahiptirler. Bu kayaçlar genel olarak trakitik akma dokusuna sahip olup, intersertal/intergranüler ve glomeroporfitik dokular da tipiktir (Şekil 5a, b). İncelenen örneklerde, olivin fenokristalleri modal bileşim açısından piroksenlere kıyasla daha baskındır. Olivinler genellikle yarı özşekilli ve özşekilli fenokristaller şeklinde gözlenmekte ve bazı olivin fenokristallerinin kenar kısımlarından itibaren iddingsitleşme gelişimleri mevcuttur (Şekil 5a). Klinopiroksen mineralleri hem özşekilli, yarı özşekilli fenokristaller hem de hamur içerisinde mikrolitler şeklindedir (Şekil 5b). Bazı örneklerde (ör. RA-393), klinopiroksen ve olivin mineralleri yığınlar halinde gözlenmekte ve glomeroporifitik dokuyu oluşturmaktadır (Şekil 5b). Plajiyoklaz mineralleri çoğunlukla ince uzun mikrolitik kristaller halinde gözlenmekte olup polisentetik ikizlenme olağandır (Şekil 5a, b).

Çizelge 1- Pınarbaşı bölgesindeki bazaltik andezit örneklerine ait (RA-463 ve RA-470) olivin analizleri.

Örnek	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-470	RA-470	RA-470
SiO ₂	39,32	38,55	39,53	39,00	39,92	40,01	39,79	38,42	39,97	39,85	39,94	
TiO ₂	0,02	0,03	0,04	0,04	0,00	0,02	0,05	0,00	0,06	0,06	0,02	
Al ₂ O ₃	0,03	0,04	0,06	0,05	0,09	0,01	0,02	0,00	0,02	0,05	0,03	
FeO	17,63	24,79	19,97	21,02	16,07	16,11	16,78	23,67	18,02	18,08	18,82	
MnO	0,21	0,31	0,25	0,24	0,20	0,16	0,16	0,30	0,24	0,22	0,25	
MgO	44,19	38,39	42,17	40,94	44,87	44,32	43,98	38,62	43,22	42,76	42,38	
CaO	0,19	0,27	0,20	0,24	0,20	0,20	0,21	0,28	0,21	0,20	0,21	
Na ₂ O	0,02	0,02	0,01	0,02	0,00	0,04	0,03	0,02	0,02	0,07	0,00	
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	
Cr ₂ O ₃	0,07	0,07	0,03	0,06	0,01	0,07	0,00	0,05	0,06	0,04	0,08	
Toplam	101,67	102,46	102,26	101,61	101,36	100,95	101,05	101,37	101,83	101,34	101,73	
Si	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fe ₂ ⁺	0,37	0,53	0,42	0,45	0,33	0,34	0,35	0,51	0,38	0,38	0,39	
Mn	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	
Mg	1,65	1,47	1,58	1,55	1,66	1,65	1,64	1,49	1,61	1,60	1,59	
Ca	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Toplam	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	3,00	3,00	3,01	3,00	3,00	3,00	
Fo	81,53	73,16	78,80	77,44	83,10	82,92	82,23	74,17	80,84	80,64	79,84	
Fa	18,25	26,50	20,93	22,30	16,70	16,91	17,60	25,50	18,91	19,13	19,89	
Teph	0,22	0,33	0,26	0,26	0,21	0,17	0,17	0,32	0,25	0,23	0,27	
Mg#	82	73	79	78	83	83	82	74	81	81	80	

Pınarbaşı bölgesindeki, Pliyosen yaşlı volkanik kayalar başlıca olivin, klinopiroksen, plajiyoklaz ve opak minerallerden meydana gelmekte ve mikrolitik porfiritik doku hâkim olmakla birlikte trakitik, kümülat ve glameroporfirik dokular da gözlenmektedir (Şekil 5c, d). Kayalardaki, plajiyoklazlar büyük oranda mikrolitler halinde olup, yer yer zonlu ve elek dokular sunan fenokristaller halinde de görülmektedir (Şekil 5c). Olivin fenokristallerinin boyları 2 mm'ye kadar ulaşabilmekte ve iddingsitleşme gelişimleri yaygınca görülmektedir. Klinopiroksen fenokristallerinde olasılıkla magma mineral etkileşimi neticesinde kemirilmiş oldukları ve bazı piroksen minerallerinin yuvarlaklaşmış kristal yapılarına sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 5c). Ana fenokristal fazlar

genellikle özşekilli ila yarı özşekilli klinopiroksen ve plajiyoklaz mineralleriyle temsil edilmekte olup genellikle plajiyoklaz, klinopiroksen ve opak minerallerden oluşan mikrokristalin bir hamur içinde yer alırlar (Şekil 5c). Bazı örneklerde, volkanik kayaların kristallenme sürecinde farklı evrelerde kristalleştğini işaret eden plajiyoklaz, piroksen ve olivin minerallerinde kümelenmeler gözlenmektedir. Bununla birlikte, RA-161 numaralı örnekte plajiyoklaz fenokristalleri klinopiroksen mineral kapanımları içermekte ve kümülat dokusu sergilemektedirler (Şekil 5d).

Miyosen yaşlı volkanik kayalarda mikrolitik porfirik ve trakitik akma dokuları hâkim olup kayalar başlıca olivin, klinopiroksen, plajiyoklaz

Çizelge 2- Pınarbaşı bölgesindeki bazaltik andezit örneklerine ait (RA-463 ve RA-470) piroksen analizleri.

Örnek	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-470	RA-470
SiO ₂	50,21	50,60	50,81	50,22	50,38	49,95	49,87	50,53	52,87
TiO ₂	1,72	1,42	1,62	1,75	1,85	1,64	1,77	1,05	0,66
Al ₂ O ₃	3,01	3,34	2,79	3,49	3,47	2,78	2,98	4,93	3,29
FeO	9,99	8,80	9,75	9,24	9,19	9,16	9,58	7,27	7,89
MnO	0,18	0,18	0,23	0,20	0,08	0,20	0,19	0,18	0,21
MgO	13,87	14,51	14,01	14,12	14,06	13,83	14,15	15,61	17,54
CaO	20,40	20,07	20,26	20,21	20,51	20,54	20,40	19,38	17,83
Na ₂ O	0,49	0,37	0,41	0,44	0,40	0,35	0,46	0,50	0,40
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,14	0,43	0,17	0,12	0,18	0,14	0,18	0,54	0,46
Toplam	100,01	99,72	100,05	99,78	100,12	98,59	99,58	100,00	101,14
Si	1,88	1,89	1,90	1,88	1,88	1,89	1,88	1,86	1,92
Ti	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,02
Al	0,13	0,15	0,12	0,15	0,15	0,12	0,13	0,21	0,14
Cr	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01
Fe ²⁺	0,31	0,27	0,30	0,29	0,29	0,29	0,30	0,22	0,24
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	0,78	0,81	0,78	0,79	0,78	0,78	0,79	0,86	0,95
Ca	0,82	0,80	0,81	0,81	0,82	0,83	0,82	0,77	0,69
Na	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	4,02	4,00	4,01	4,01	4,01	4,01	4,02	4,01	4,00
Wo	42,16	42,00	42,12	42,23	42,75	43,18	42,15	40,64	36,31
En	39,89	42,25	40,53	41,05	40,78	40,45	40,68	45,55	49,70
Fs	16,12	14,37	15,82	15,07	14,95	15,03	15,45	11,90	12,54
Mg#	71,22	74,61	71,92	73,15	73,17	72,91	72,47	79,29	79,85

ve opak minerallerden meydana gelmektedir (Şekil 5e, f). Kayaçlardaki fenokristaller olivin ve klinopiroksen minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 5e, f). Fenokristaller halindeki olivinlerin bir bölümü özşekilli olarak gözlenebilmektedir (Şekil 5e). Olivin fenokristallerinin bazılarında ergiyik tarafından ornatılmış olup iskeletsel körfez yapısı gelişimleri mevcuttur (Şekil 5e, f). Plajiyoklaz mineralleri ağırlıklı olarak mikrolitler halinde görülmektedir (Şekil 5e, f). Bununla birlikte bazı örneklerde (RA-463) intergranüler doku gelişimleri mevcuttur ve hamuru oluşturan plajiyoklaz mikrolitleri arasında klinopiroksen mikrokristalleri bulunmaktadır (Şekil 5f).

5. Mineral Kimyası

Pınarbaşı bölgesindeki Miyosen (RA-463) ve Pliyosen (RA-470) yaşlı kayaçlardan seçilen örneklerin mineral kimyası analizlerinde olivin, klinopiroksen ve feldspat minerallerinin bileşimsel özellikleri araştırılmıştır.

5.1. Olivin

RA-463 numaralı bazaltik andezit örneğindeki olivin minerallerinin forsterit içerikleri 73 ile 83 arasında değişen değerlere sahiptir (Çizelge 1). Bu minerallerin CaO ve MnO içerikleri ise sırasıyla

Çizelge 3- Pınarbaşı bölgesindeki bazaltik andezit örneklerine ait (RA-463 ve RA-470) feldspat analizleri.

Örnek	RA-463	RA-470	RA-470	RA-470	RA-470	RA-470	RA-470	RA-470
SiO ₂	53,46	53,63	52,35	52,72	51,87	53,15	52,54	52,89
TiO ₂	0,10	0,15	0,07	0,02	0,07	0,10	0,14	0,05
Al ₂ O ₃	28,06	27,57	29,02	28,67	29,43	28,69	28,58	29,01
FeO	0,79	0,94	0,45	0,56	0,67	0,62	0,63	0,45
MnO	0,01	0,04	0,01	0,00	0,02	0,03	0,00	0,03
MgO	0,48	0,07	0,12	0,11	0,07	0,07	0,10	0,10
CaO	12,06	11,45	13,18	13,16	13,34	12,44	12,76	12,93
Na ₂ O	4,18	4,69	3,86	4,07	3,80	4,24	4,23	4,07
K ₂ O	0,26	0,33	0,22	0,22	0,21	0,29	0,24	0,25
Cr ₂ O ₃	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,07	0,03	0,00
Toplam	99,40	98,90	99,28	99,53	99,47	99,71	99,25	99,78
Si	2,44	2,46	2,40	2,41	2,37	2,42	2,41	2,41
Ti	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	1,51	1,49	1,57	1,54	1,59	1,54	1,54	1,56
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,00	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
Ca	0,59	0,56	0,65	0,64	0,65	0,61	0,63	0,63
Na	0,37	0,42	0,34	0,36	0,34	0,37	0,38	0,36
K	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Toplam	4,99	4,99	4,99	5,00	4,99	4,99	5,00	4,99
Ab	37,95	41,75	34,20	35,42	33,59	37,51	36,97	35,76
An	60,51	56,32	64,54	63,29	65,16	60,81	61,63	62,77
Or	1,54	1,93	1,26	1,29	1,25	1,68	1,40	1,47

% ağı. 0,19-0,28 ve % ağı. 0,16-0,31 arasında değişim sunmaktadır (Çizelge 1).

RA-470 numaralı bazaltik andezit örneğindeki olivin mineralleri forsterit içeriği açısından zengin olup dar bir aralıkta değişim (Fo₈₀₋₈₁) sunar (Çizelge 1). CaO içerikleri % ağı. 0,20-0,21 arasında değişim gösterirken, MnO içerikleri ise % ağı. 0,22-0,25 arasında değişmektedir (Çizelge 1).

5.2. Klinopiroksen

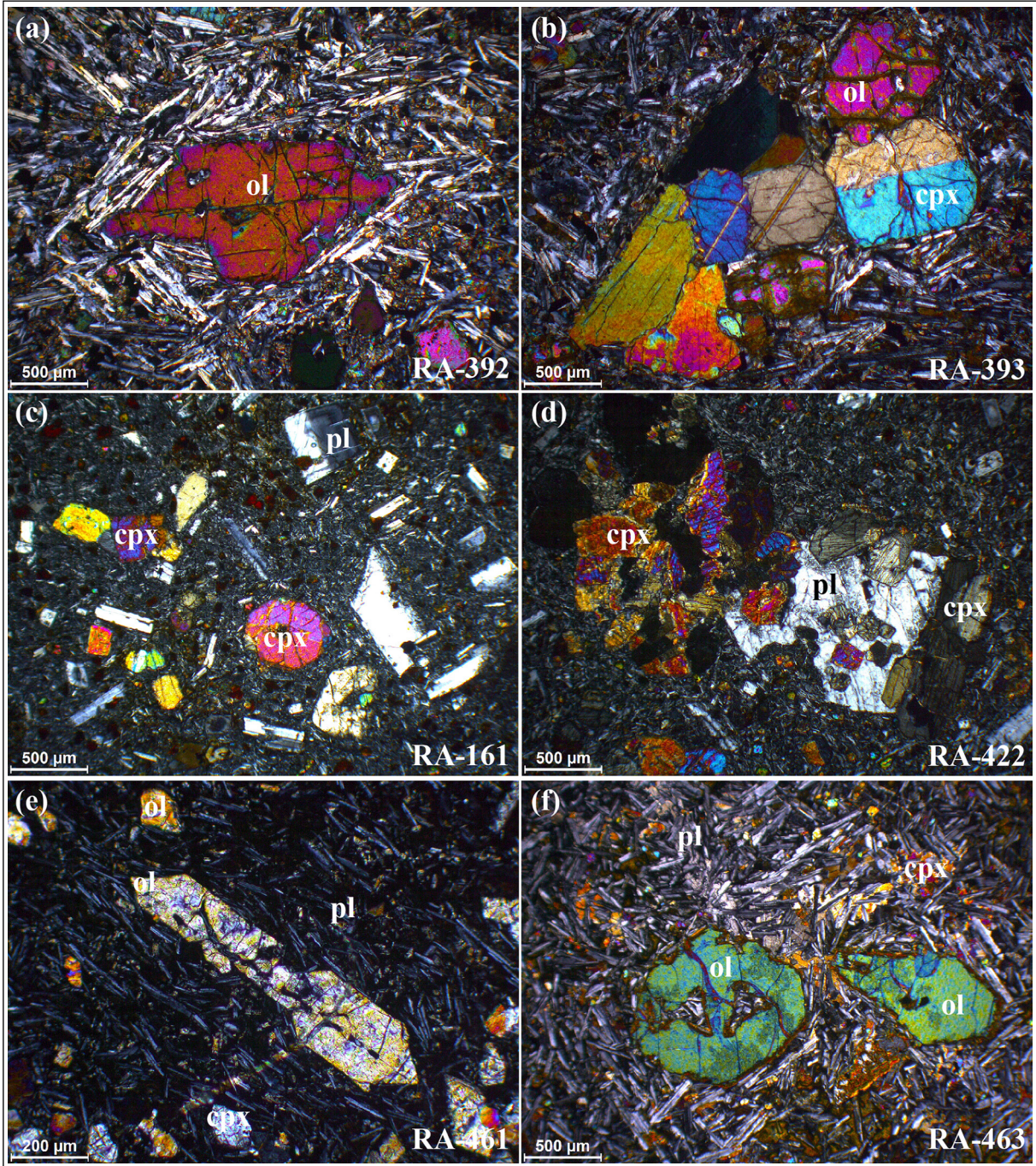
RA-463 numaralı bazaltik andezit örneğindeki klinopiroksen mineralleri plajiyoklaz mineralleriyle birlikte mikrolitler halinde gözlenmektedir ve

kayaçtaki intergranüler dokuyu oluşturmaktadır (Şekil 5f). Kayaçtaki klinopiroksen mineralleri ojit bileşiminde (Şekil 6a; Wo₄₂₋₄₃En₄₀₋₄₂Fs₁₄₋₁₆) olup Mg# değerleri 71-75 arasındadır (Çizelge 2). Klinopiroksen mineralleri göreceli yüksek Al₂O₃ ve TiO₂ içerikleriyle sırasıyla % ağı. 2,8-3,5 ve % ağı.1,6-1,8 arasında değişim sunmaktadır (Çizelge 2).

RA-470 numaralı bazaltik andezit örneğindeki klinopiroksen mineralleri çoğunlukla mikrolitler halinde gözlenmekte olup Wo₃₆₋₄₁En₄₆₋₅₀Fs₁₂₋₁₃ bileşimlerine sahiptirler. Ojit olarak sınıflandırılmış (Şekil 6a) olan klinopiroksen minerallerinin Mg# değerleri 79-80 olup TiO₂ ve Al₂O₃ içerikleri

Çizelge 4- Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerindeki volkanik kayaların ana, iz ve nadir toprak element analiz sonuçları.

Örnek	Tuzla Gölü (Pliyosen)				Pınarbaşı (Miyosen)					Pınarbaşı (Pliyosen)			
	RA-391	RA-392	RA-393	RA-403	RA-461	RA-462	RA-463	RA-468	RA-469	RA-161	RA-421	RA-422	RA-470
Koordinat	36S 729172 D 4324633 K	36S 729566 D 4324795 K	36S 730547 D 4326064 K	36S 735824 D 4317744 K	37S 239918 D 4256107 K	37S 242189 D 4258544 K	37S 242503 D 4258822 K	37S 241715 D 4261448 K	37S 241524 D 4363932 K	37S 257123 D 4268269 K	37S 251917 D 4266260 K	37S 255972 D 4269040 K	37S 248971 D 4262832 K
Kayaç	bazalt	bazalt	bazalt	bazalt	bazalt	bazaltik andezit	bazaltik andezit	traki- bazalt	bazaltik andezit	bazaltik andezit	bazaltik andezit	andezit	bazaltik andezit
SiO ₂	50,58	50,85	50,60	49,69	47,83	54,38	52,94	50,17	54,69	52,61	52,60	57,51	55,73
TiO ₂	1,74	1,80	1,73	1,77	2,05	1,58	1,49	1,97	1,54	1,75	1,60	1,36	1,58
Al ₂ O ₃	15,92	15,88	15,28	15,43	14,91	15,97	15,05	15,85	15,61	16,48	15,14	15,92	15,78
Fe ₂ O ₃ (t)	10,49	10,87	10,37	11,64	10,82	9,95	10,40	9,86	9,58	10,13	9,67	8,14	9,47
MnO	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,05	0,10	0,08	0,12	0,07	0,07	0,08
MgO	7,57	7,65	7,34	6,79	8,92	7,09	8,21	7,33	6,68	4,43	7,21	4,85	5,64
CaO	8,59	8,78	7,96	9,58	7,93	6,32	6,49	7,57	7,06	7,57	7,86	6,26	7,24
Na ₂ O	3,21	3,11	2,61	3,21	2,62	2,49	2,60	3,48	2,73	3,55	3,36	2,74	2,85
K ₂ O	0,93	0,89	0,80	0,80	1,54	0,91	0,51	1,86	0,92	1,64	1,76	1,32	0,96
P ₂ O ₅	0,34	0,13	0,11	0,25	0,10	0,41	0,19	0,44	0,23	0,27	0,52	0,22	0,25
Cr ₂ O ₃	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04
AKD	0,10	0,10	2,46	1,02	2,69	1,59	2,88	1,18	0,88	2,05	0,20	1,19	0,44
Toplam	99,64	100,22	99,39	100,33	99,54	100,81	100,85	99,84	100,05	100,65	100,03	99,62	100,07
İz Elementler (ppm)													
V	250,63	284,25	245,34	243,64	181,56	179,43	170,36	208,06	170,07	224,26	197,01	196,79	196,54
Co	52,45	59,28	48,69	50,02	47,12	45,00	48,40	47,93	40,41	29,07	40,26	34,57	41,38
Ni	129,90	150,73	121,02	129,71	169,51	182,44	169,13	171,82	101,16	73,51	114,28	74,69	69,35
Cu	51,02	50,84	54,80	50,40	37,74	40,30	40,54	45,05	30,67	31,01	48,26	38,71	34,29
Zn	108,35	123,29	107,09	108,41	98,41	89,44	90,24	100,72	78,14	82,60	85,23	93,18	89,26
Rb	10,92	13,20	12,25	10,36	23,00	18,22	11,20	21,06	-	38,25	40,80	42,88	23,91
Sr	434,20	506,61	490,22	401,27	991,57	500,45	350,22	814,62	19,90	478,36	558,99	443,86	414,33
Y	19,96	22,87	19,66	20,39	19,08	20,58	18,39	19,16	379,57	22,45	20,64	23,81	22,11
Zr	132,36	159,08	136,22	121,86	88,24	60,11	119,13	78,07	19,52	180,05	59,27	175,14	148,11
Nb	20,62	23,69	19,89	17,91	44,63	26,94	15,03	44,20	130,16	18,47	22,58	17,84	18,17
Mo	1,72	2,47	1,57	1,19	5,69	1,52	1,06	3,60	18,05	3,31	2,17	1,86	3,12
Cs	0,14	0,18	0,12	0,06	0,34	0,09	0,10	0,39	225,03	0,58	0,52	0,75	0,24
Ba	164,21	250,37	161,52	191,04	297,90	287,93	158,18	424,62	1,53	380,37	390,26	384,41	215,58
Sn	1,28	2,66	1,39	1,19	1,41	1,60	1,67	1,65	0,15	1,74	2,19	1,87	2,08
Sb	0,12	1,25	0,38	0,17	0,10	0,30	0,43	0,46	1,31	-	0,31	0,05	0,62
Pb	1,80	4,48	2,37	1,80	2,87	3,30	3,09	3,84	0,86	6,58	4,32	8,20	3,97
U	0,44	0,50	0,48	0,27	1,30	0,53	0,34	1,26	3,82	1,34	1,48	1,43	0,92
Ta	1,53	1,70	1,46	1,33	2,97	1,80	0,99	2,99	3,58	1,56	1,56	1,26	1,20
W	29,13	35,85	9,97	21,46	35,62	22,80	12,13	34,53	1,18	22,34	30,85	21,64	27,44
Hf	3,86	4,50	3,85	3,57	2,43	2,45	3,41	2,30	0,25	5,28	2,34	4,97	4,20
Th	1,42	1,82	1,41	1,35	4,68	4,83	3,33	4,86	2,29	6,62	5,70	5,64	3,70
Nadir Toprak Elementleri (ppm)													
La	13,96	16,87	13,38	14,54	39,30	28,03	18,12	37,50	-	23,50	29,97	26,61	20,80
Ce	31,32	37,51	29,89	29,35	77,83	53,23	37,58	73,25	21,27	46,60	59,97	51,60	42,57
Pr	4,12	4,86	3,93	4,18	9,19	6,38	4,46	8,63	41,01	6,39	7,18	6,80	5,15
Nd	17,54	20,48	16,87	17,82	34,89	24,63	17,75	33,08	4,90	25,89	27,57	27,56	21,01
Sm	4,29	5,05	4,11	4,48	6,69	5,15	4,01	6,47	19,43	5,88	5,47	5,87	4,69
Eu	1,60	1,88	1,55	1,61	2,18	1,66	1,35	2,14	4,18	1,90	1,65	1,72	1,53
Gd	3,98	4,60	3,90	4,01	5,72	4,67	3,64	5,75	1,37	6,27	4,77	4,93	4,27
Tb	0,67	0,75	0,65	0,66	0,81	0,73	0,59	0,80	4,09	0,91	0,71	0,79	0,70
Dy	3,47	4,02	3,54	3,55	3,82	3,82	3,19	3,80	0,67	4,86	3,56	4,08	3,88
Ho	0,66	0,75	0,66	0,68	0,68	0,71	0,63	0,69	3,61	0,95	0,68	0,79	0,75
Er	1,87	2,11	1,86	1,83	1,74	2,04	1,77	1,74	0,71	2,61	1,94	2,21	2,08
Tm	0,24	0,28	0,25	0,24	0,22	0,28	0,24	0,23	2,01	0,38	0,27	0,31	0,29
Yb	1,50	1,75	1,49	1,52	1,37	1,72	1,54	1,37	0,27	2,31	1,66	1,91	1,90
Lu	0,22	0,26	0,22	0,21	0,19	0,25	0,22	0,20	1,66	0,33	0,25	0,28	0,27
Mg#	58,83	58,24	58,36	53,61	62,02	58,56	61,00	59,56	57,98	46,40	59,61	54,14	54,14
Eu*	1,18	1,19	1,19	1,16	1,08	1,03	1,08	1,08	1,01	0,96	0,99	0,98	1,04
La _{kn} /Yb _{kn}	6,85	7,32	6,55	6,90	21,10	11,87	8,79	20,22	9,19	7,31	13,26	9,76	8,17
La _{kn} /Sm _{kn}	2,10	2,16	2,10	2,09	3,79	3,51	2,92	3,74	3,29	2,58	3,54	2,93	2,86
Gd _{kn} /Y _{kn}	2,25	2,30	2,20	2,19	3,54	2,28	2,04	3,58	2,04	2,25	2,43	2,08	1,94
Nb/Nb*	1,57	1,45	1,55	1,37	1,12	0,78	0,66	1,11	0,70	0,50	0,59	0,49	0,70



Şekil 5- Çalışma alanlarındaki volkanik kayaların polarize ışık altındaki görüntüleri. Tuzla Gölü bölgesindeki a) özşekli olivin fenokristali içeren örneğin görüntüsü, b) glomeroporfitik dokulu örneğin görüntüsü. Pınarbaşı bölgesindeki Pliyosen yaşlı volkanik kayalarına ait c) mikrolitik porfirik ve d) kümülat dokulu volkanik kayac örneklerinin görüntüsü. Pınarbaşı bölgesindeki Miyosen yaşlı volkanik kayac örneklerindeki e) özşekli olivin fenokristallerinin ve f) körfez yapılarının gözlemediği olivin fenokristallerinin görüntüleri.

ise sırasıyla %ağ. 0,7-1,1 ve % ağ. 3,3-4,9'dur (Çizelge 2).

5.3. Feldspat

RA-463 numaralı bazaltik andezit örneğindeki plajiyoklaz minerallerinin tamamı hamuru oluşturan

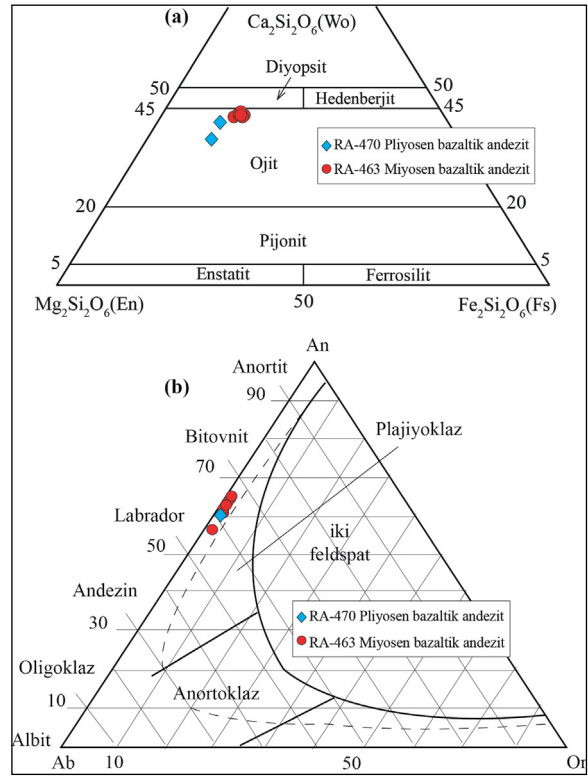
mikrolitler şeklinde gözlenmekte iken, RA-470 numaralı bazaltik andezit örneğindeki plajiyoklazların modal bolluk olarak yaklaşık %2'si fenokristaller şeklinde, diğer bölümü ise mikrolitler şeklinde gözlenmektedir. Her iki kayac örneğindeki feldspat

mineralleri benzer bileşimlere sahip olup labrador bileşimli (Ab_{34-42}) plajiyoklazlar ile temsil edilmektedir (Şekil 6b; Çizelge 3).

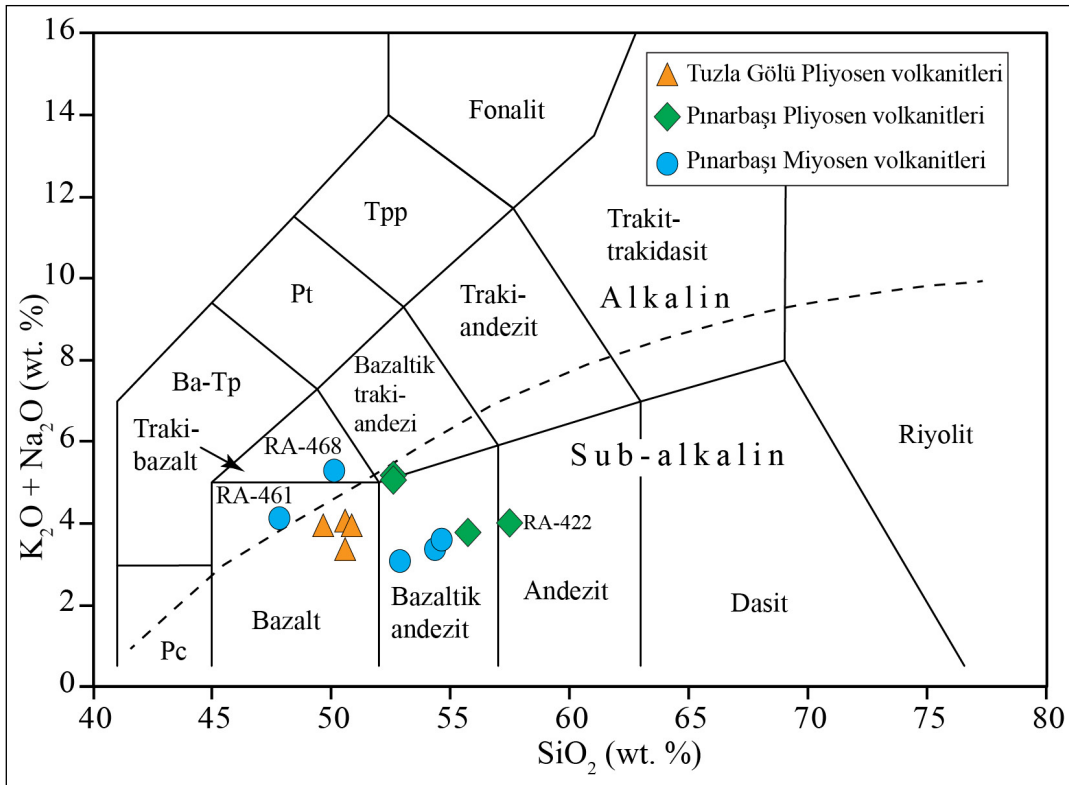
6. Tüm Kayaç Jeokimyası

6.1. Ana Element Jeokimyası

Tuzla Gölü bölgesindeki Pliyosen yaşlı volkanik kayaç örnekleri toplam alkali (K_2O+Na_2O % ağı.) içeriklerine karşı SiO_2 içeriklerinin (TAS) kıyaslandığı diyagrama göre sub-alkalin bazalt bileşimine sahiptirler (Şekil 7). Bu kayaçların ana oksit bileşimlerine göre hesaplanan normatif mineralojik bileşimlerine (Çizelge 5) göre zayıf kuvars-normatif bileşim (%1,6 normatif kuvars) sunan RA-393 numaralı örnek hariç diğer örnekler olivin normatif bileşime (%7,6 – 10,5 normatif olivin) sahip olup ve silise doymamış özellik sunmaktadır. Bazalt örnekleri dar bir bileşim aralığında değişim sunan 49,7 ile 50,9 (% ağı.) arasındaki SiO_2 , 6,8 ile 7,7 (% ağı.) arasında değişen MgO içeriği ile karakterize edilmektedir (Çizelge 4). Mg# değerleri ise 53,6-58,8 arasındadır. Bazalt örnekleri Na_2O-K_2O



Şekil 6- RA-463 ve RA-470 numaralı volkanik kayaç örneklerindeki a) piroksen ve b) plajiyoklaz minerallerinin türleri.



Şekil 7- Çalışma alanındaki volkanik kayaç örneklerine ait TAS diyagramı (Le Maitre vd., 2002). Şekildeki, alkali/sub-alkalin alanlarını ayıran çizgi Irvine ve Baragar (1971)'den alınmıştır.

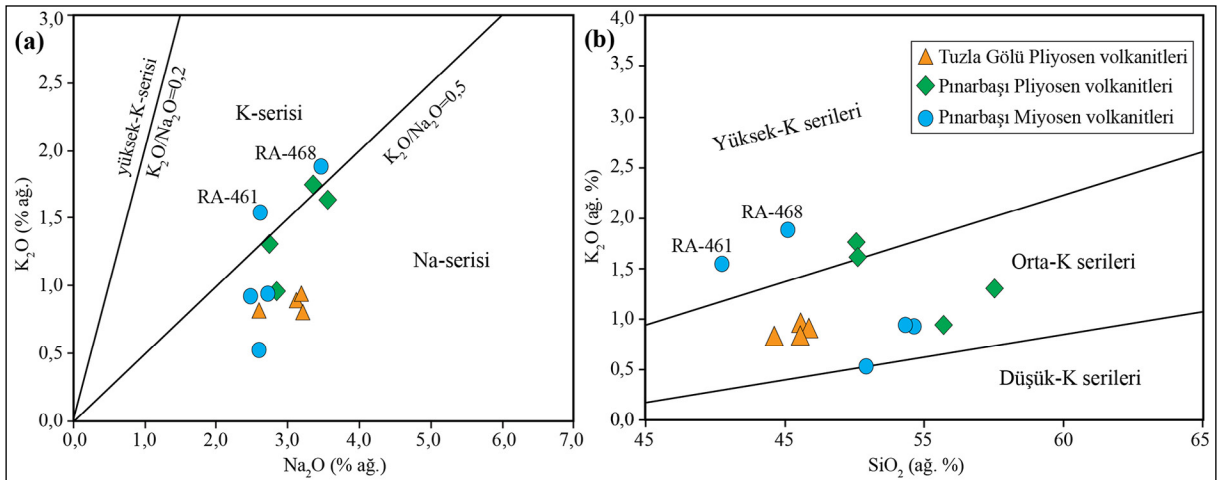
Çizelge 5- Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerindeki volkanik kayaç örneklerine ait normatif mineralojik bileşimleri.

Örnek	Tuzla Gölü (Pliyosen)				Pınarbaşı (Miyosen)					Pınarbaşı (Pliyosen)			
	RA-391	RA-392	RA-393	RA-403	RA-461	RA-462	RA-463	RA-468	RA-469	RA-161	RA-421	RA-422	RA-470
Kayaç	bazalt	bazalt	bazalt	bazalt	bazalt	bazaltik andezit	bazaltik andezit	traki-bazalt	bazaltik andezit	bazaltik andezit	bazaltik andezit	andezit	bazaltik andezit
Kuvars	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	8,9	6,1	0,0	7,8	1,5	0,0	13,6	9,5
Plajiyoklaz	54,2	53,5	51,8	53,4	48,6	50,5	51,4	52,7	51,6	55,5	50,0	51,6	52,2
Ortoklaz	5,6	5,3	4,9	4,9	9,5	5,5	3,1	11,3	5,6	9,9	10,5	8,0	5,7
Korundum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diyopsit	11,6	13,1	9,4	17,2	12,1	0,0	2,6	10,4	4,9	9,8	11,9	1,9	5,7
Hipersten	16,3	16,1	25,5	9,3	9,3	28,4	31,1	5,6	24,6	17,0	18,0	19,9	21,2
Olivin	5,9	5,8	0,0	8,6	13,8	0,0	0,0	12,9	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0
Nefelin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
İlmenit	3,4	3,4	3,4	3,4	4,1	3,1	2,9	3,8	3,0	3,4	3,1	2,6	3,0
Manyetit	2,3	2,4	2,4	2,6	2,5	2,2	2,3	2,2	2,1	2,3	2,1	1,8	2,1
Apatit	0,8	0,3	0,3	0,6	0,2	1,0	0,5	1,0	0,5	0,7	1,2	0,5	0,6
Toplam	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

diyagramında (Middlemost, 1975) sodik karakteristik sunar (Şekil 8a). Örnekler, K_2O içeriklerine göre ise orta-K serileri karakteristiğine sahiptirler (Şekil 8b). Pınarbaşı bölgesindeki Pliyosen yaşlı volkanik kayaç örnekleri TAS diyagramına göre sub-alkalin bazaltik andezit ve andezit bileşimine sahiptirler (Şekil 7). Ayrıca, bu bölgedeki örnekler göreceli olarak yüksek SiO_2 içeriklerine (52,6-57,5 % ağı.) sahip olup düşük MgO (4,4 – 7,2 % ağı.) ve $Mg\#$ (46,4-59,6) değerleriyle karakteristiktirler (Çizelge 4). Bu kayalar, normatif mineralojik bileşimlerine (Çizelge

5) göre, kuvars (%1,5-13,6) normatif ve düşük olivin (%3,2) normatif değerlere sahiptirler. Örneklerin K_2O ve Na_2O içeriklerine göre Na- ve K-serileri özelliği ve SiO_2 ve K_2O içerikleri kıyaslandığında ise örneklerin orta- ve yüksek K-serileri karakteristiği sunmaktadır (Şekil 8a, b).

Miyosen yaşlı volkanik kayaç örnekleri TAS diyagramına göre iki örnek (RA-461 ve RA-468) alkali bazalt ve traki-bazaltik bileşimine sahip iken diğer örnekler sub-alkalin bazaltik-andezit bileşime



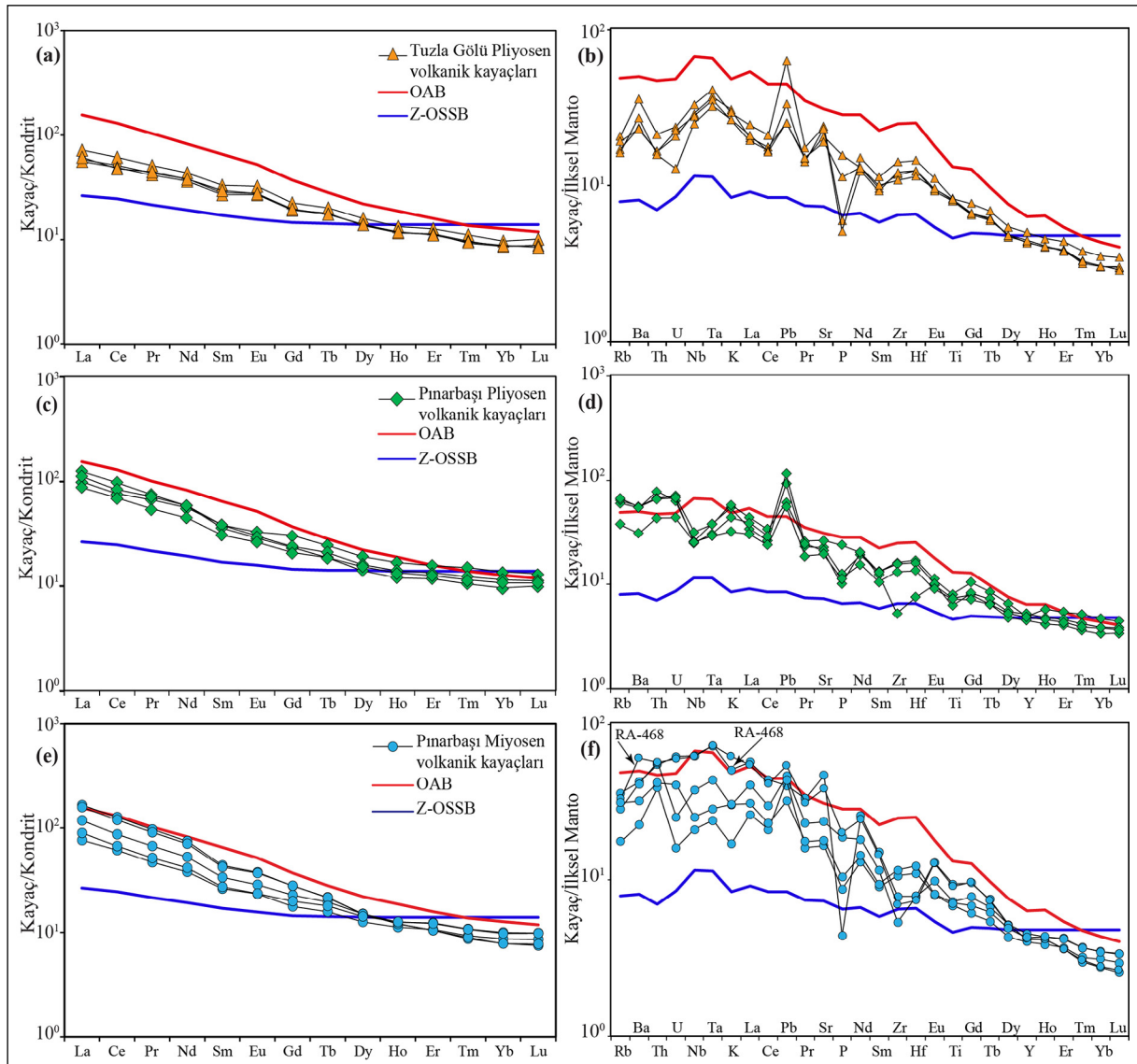
Şekil 8- Çalışma alanındaki volkanik kayaç örneklerine ait a) Na_2O (% ağı.) içeriklerine K_2O (% ağı.) içeriklerinin (Middlemost, 1975) ve b) SiO_2 (% ağı.) içeriklerinin K_2O (% ağı.) içerikleri ile kıyaslanması (Peccerillo ve Taylor, 1976).

sahiptirler (Şekil 7). RA-461 numaralı alkali bazalt örneği, diğer örneklerle kıyasla daha düşük SiO_2 (% ağı. 47,8) ve daha yüksek MgO (% ağı. 8,9) içeriği ile kısmen ilksel magma bileşimini yansıtan özellik sunmaktadır (Çizelge 4). Diğer örneklerin SiO_2 içerikleri % ağı. 50,2 ile 54,2 arasında, MgO içerikleri % ağı. 6,7 ile 8,2 arasındadır (Çizelge 4). Kayaçların ana oksit bileşimlerine göre hesaplanan normatif mineralojik bileşimlerine (Çizelge 5) göre alkali örnekler (RA-461 ve RA-468) olivin normatif bileşimde silise doymuş, diğer örnekler ise kuvars normatif bileşimde silise aşırı doymuş olarak sınıflandırılmıştır. RA-461 ve RA-468 numaralı örnekler Na_2O ve K_2O içeriklerine

göre yüksek K'lu özelliğe sahip iken, diğer örnekler Na-serisi ve orta K-serileri alanına iz düşmektedir (Şekil 8a, b).

6.2. İz ve Nadir Toprak Element Jeokimyası

Tuzla Gölü bölgesindeki Pliyosen yaşlı volkanik kayaçların kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) diyagramında hafif nadir toprak (HNT) elementlerinde, ağır nadir toprak (ANT) elementlerine göre göreceli olarak bir zenginleşme ve HNT elementlerinden ANT elementlerine negatif yönelim sunmaktadırlar (Şekil 9a). Okyanus adası



Şekil 9- a, c, e) Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerindeki volkanik kayaç örneklerin kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramları ve b, d, f) aynı kayaçların ilksel manto bileşimine göre normalize edilmiş çoklu element diyagramları (Diyagramlardaki normalize değerleri Sun ve McDonough, 1989'a göredir).

bazalt (OAB) bileşimine göre kıyaslandıklarında, daha fakir zenginleşme oranına sahip oldukları anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazalt (Z-OOSB) bileşiminden ise HNT elementlerindeki zenginleşme ($La_{(kn)}/Sm_{(kn)}=2,1-2,2$; kn ifadesi kondrit normalize değerleri temsil etmektedir), ortaç nadir toprak (ONT) elementlerinden ANT elementlerine doğru azalış ($Gd_{(kn)}/Yb_{(kn)}=2,2-2,3$) ile farklılık sunmaktadır (Şekil 9a). Aynı örneklerin, ilksel mantoya (İM; İlksel manto değerleri Sun ve McDonough, 1989'a göredir) göre normalize edilmiş çoklu element diyagramında pozitif Pb anomalileri dikkat çekerken negatif P anomalisi sunmaktadır (Şekil 9b). Söz konusu örnekler Nb-Ta elementlerinde belirgin pozitif anomaliler sunmakta (Şekil 9b) olup 1,37-1,57 arasında değişen Nb/Nb* ($Nb_{IM}/(Th_{IM} \times La_{IM})^{0.5}$) değerleri ile karakterize edilmektedir.

Pınarbaşı bölgesi Pliyosen yaşlı volkanik kayaçları HNT elementlerinde, ANT elementlerine göre göreceli olarak bir zenginleşme ve HNT elementlerinden ANT elementlerine göre negatif yönelim sunmaktadırlar (Şekil 9c). $La_{(kn)}/Yb_{(kn)}$ ile $La_{(kn)}/Sm_{(kn)}$ oranları sırasıyla 6,5-21,1 ve 2,1-3,8 arasında değişmektedir. Ayrıca, OAB'ye göre kıyaslandıklarında benzer dağılım desenine sahip olmalarına karşın nispeten daha düşük ONT element bollukları ($La_{(kn)}/Sm_{(kn)}=2,1$) ile farklılık göstermektedirler (Şekil 9c). İlksel mantoya göre normalize edilmiş çoklu element diyagramında Pınarbaşı Pliyosen volkanik kayaçları büyük iyon çaplı litofil (LIL) elementlerinde (ör. Rb, Ba, Sr, ve K) OAB bileşimine benzer bir zenginleşme sunmakla birlikte, belirgin pozitif Pb anomalisi ve Nb, Ta, P ve Ti elementlerindeki negatif anomaliler ile OAB bileşiminden belirgin farklılıklar sundukları anlaşılmaktadır (Şekil 9d).

Pınarbaşı bölgesindeki Miyosen yaşlı volkanik kayaçlar kondrite göre normalize edilmiş NTE diyagramında, OAB bileşimine ($La_{(kn)}/Sm_{(kn)}=2,4$, $Gd_{(kn)}/Yb_{(kn)}=2,9$; Sun ve McDonough, 1989) benzer şekilde HNT elementlerinden ANT elementlerine doğru azalan dağılım deseni ($La_{(kn)}/Sm_{(kn)}=2,9-3,8$, $Gd_{(kn)}/Yb_{(kn)}=2,0-3,6$) sunmaktadırlar (Şekil 9e). Bununla birlikte, aynı diyagramda alkali bazalt örnekleri, kalk-alkalin bazaltik andezit örneklerine

kıyasla HNT elementlerinde ANT elementlerine göre zenginleşme oranları daha yüksek olduğu dikkati çekmektedir ($La_{(kn)}/Yb_{(kn)}=20,2-21,2$ alkali örnekler için, $La_{(kn)}/Yb_{(kn)}=8,8-11,9$ kalk-alkali örnekler için). Pınarbaşı Miyosen volkanik kayaçlarının ilksel mantoya göre normalleştirilmiş çoklu element desenleri farklı oranlarındaki yüksek alan kuvvetli (HFS) (ör. Nb, Ta, Zr, Y ve Ti), LIL elementlerinde (ör. Rb, Ba, K, Pb) zenginleşmeler sunmaktadır (Şekil 9f). Aynı diyagramda, alkali bazalt örnekleri pozitif Nb anomalileriyle ($Nb/Nb^* = 1,11-1,12$) karakterize edilmekte iken kalk-alkalin bazaltların örnekleri negatif Nb anomalilerine ($Nb/Nb^* = 0,66 - 0,78$) sahiptirler (Şekil 9f).

7. Tartışma ve Sonuçlar

Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerindeki volkanik kayaçlar değişken derecelerde fraksiyonel kristalleşme süreçlerinden etkilenmiş olup genel itibarıyla ilksel magmaları temsil etmemektedir. Tuzla Gölü bölgesindeki bazalt örneklerinin silika ve ferromagnezyen element içerikleri açısından dar bir aralığı göstermelerine rağmen, ilksel bazaltik ergiyükler için varsayılandan daha düşük MgO (% ağı. 6,8-7,3), Mg# (53,6-58,8) ve Ni (121-151 ppm) içeriklerine sahip olmaları, evrimleşmiş olabileceklerine işaret etmektedir. Benzer şekilde, Pınarbaşı Pliyosen volkanik örneklerin de ortaç SiO_2 (% ağı. 52,6-57,5) içerikleri ile düşük MgO (%ağı. 4,4-7,2), Mg# (46-60), ve Ni (69-114 ppm) içerikleri birincil kaynaktan türemediklerini ve kıtasal seviyelerde fraksiyonel kristallenme veya kıtasal kirlenmeden etkilendiklerine işaret etmektedir. Pınarbaşı Miyosen volkaniklerinden iki alkalin karakterdeki bazalt örnekleri (RA-461 ve RA-468) hariç diğer örneklerin nispeten düşük Ni (101-182 ppm) ve Cr (234-268 ppm) içerikleri de bu kayaçların ilksel bir magma bileşiminden ziyade fraksiyonel kristallenme süreçlerine maruz kaldığını işaret etmektedir. Göreceli olarak kısmen yüksek MgO içeriklerine (%ağı. 8,9 – 8,2) sahip Miyosen alkali bazalt örneklerinin ise fraksiyonel kristallenme veya kıtasal kirlenme süreçlerinden daha az etkilendiklerine işaret etmektedir. Her iki bölgedeki volkanik kayaç örneklerinin Al_2O_3/CaO oranı ile MgO içerikleri arasındaki korelasyon klinopiroksen fraksiyonasyonunun plajiyoklaz fraksiyonasyonundan

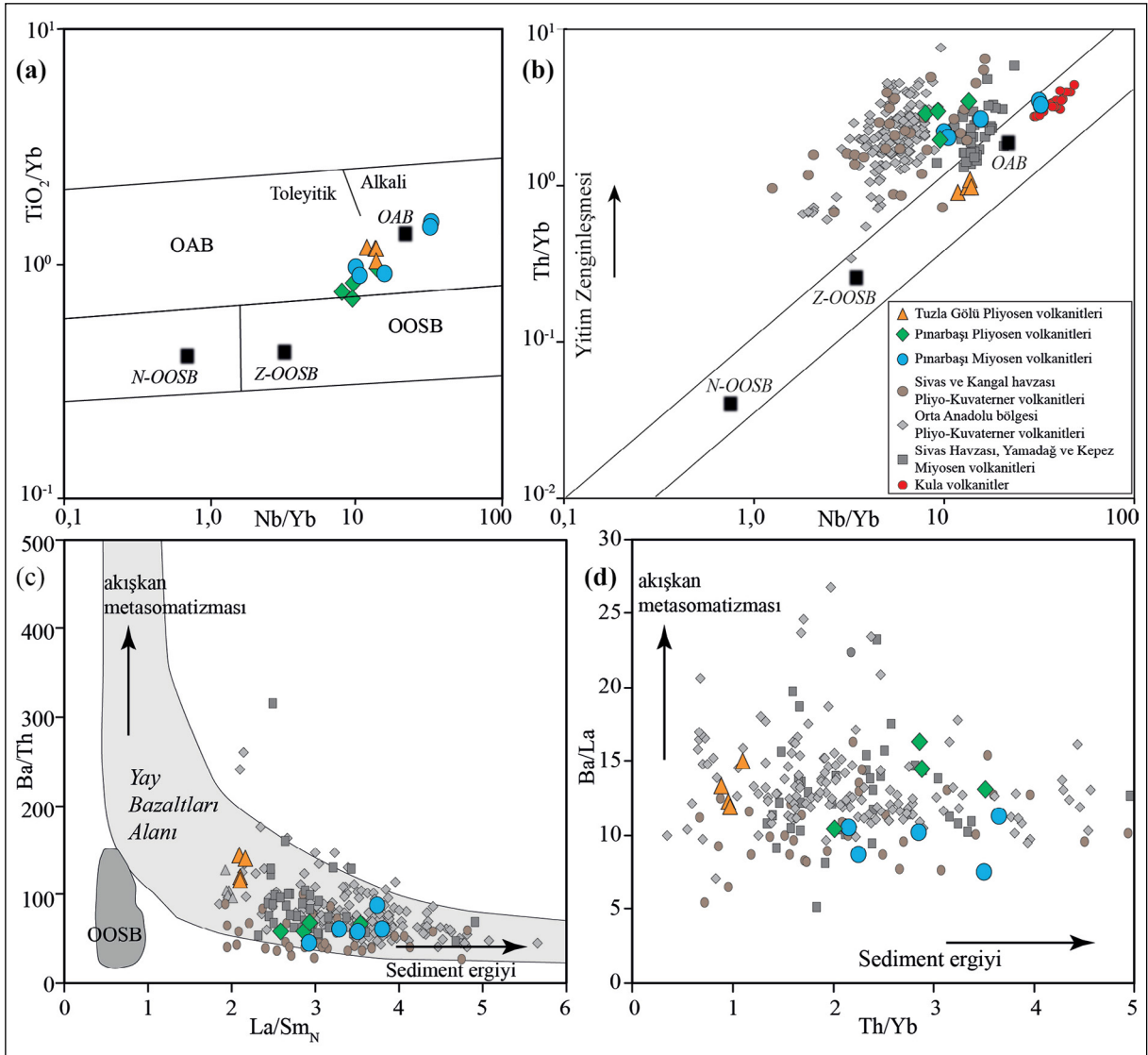
daha etkili olduğu ifade edilebilir. Öte yandan, her iki bölgedeki volkanik kayaç örneklerinin Eu/Eu^* oranları 1,0 ile 1,2 arasında değişmesi, kayaçların oluşumunda plajiyoklaz minerallerinin fraksiyonel kristallenmesinin önemli bir unsur olmadığına işaret etmektedir.

Tuzla Gölü Pliyosen volkanik kayaçlarının kıtasal kabuğun tipik olarak kuvvetli negatif Nb-Ta anomalileri (ör. üst kıtasal kabuk; Rudnick ve Gao, 2003) aksine pozitif Nb-Ta anomalileri sunması, önemli bir kabuksal kirlenme etkisinin olmadığını işaret etmektedir. Ancak, manto kaynağı zenginleşmesinin ve/veya kabuk kirlenmesinin olası göstergesi olarak yorumlanabilecek belirgin pozitif Pb anomalileri sunmaktadırlar (Şekil 9b). Öte yandan, Tuzla Gölü volkanik kayaçlarının toplam kıtasal kabuk bileşiminin (Rudnick ve Gao, 2003) düşük olan Ce/Pb (3,91) ve Nb/U (6,15) oranlarına göre daha yüksek Ce/Pb (8,4-17,4) ve Nb/U (41,8-66,4) oranlarına sahip olması aynı zamanda ihmal edilebilir kabuk kirliliğine de işaret etmektedir. Bu açıdan, Tuzla Gölü bazaltlarının oluşumunda kabuksal kirlenmenin ihmal edilebilir etkisi olduğu düşünülürse, Pb değerlerinin olası zenginleşmiş manto kaynağının varlığından dolayı kaynaklandığı düşünülebilir. Pınarbaşı Pliyosen volkanik kayaçlarının ilksel mantoya göre normalize edilmiş çoklu element diyagramında HFS elementlerine kıyasla LIL elementlerindeki zenginleşme, negatif Nb-Ta-Ti anomalileri ve pozitif Pb artışı sunması, kabuk kirlenmesine ve/veya yitim süreçlerinin (manto kaynağı zenginleşmesinin) izleri olarak değerlendirilebilir. Göreceli olarak düşük Ce/Pb (6,3-13,9) ve Nb/U (12,5-19,8) oranlarıyla Pınarbaşı Pliyosen volkanik kayaçları, kıtasal kabuk değerlerine (Taylor ve McLennan 1995; Rudnick ve Gao, 2003) yakınlık sunmakta ve kabuksal kirlenmenin etkisine dikkat çekmektedir. Pınarbaşı Miyosen örneklerinden alkali özellik sunan bazalt örnekleri (RA-461 ve RA-468) pozitif Nb ($Nb/Nb^*=1,11-1,12$) anomalileri sunmakta iken diğer örnekler negatif Nb ($Nb/Nb^*=0,66-0,78$) anomalisine sahiptir. Bu kayaçların göreceli olarak yüksek Ce/Pb (12,1-27,1) ve Nb/U (21,0-50,4) oranları, magma-kabuk etkileşiminin sınırlı olduğuna işaret etmektedir. Buna ek olarak, toplam kıtasal kabuk bileşiminin (Rudnick ve Gao, 2003) Th/Ce (0,13) ve La/Nb (2,5) oranlarına göre daha düşük

Th/Ce (0,06-0,09) ve La/Nb (0,85-1,21) oranları ile karakterize edilmektedirler. Dolayısıyla bu durum, Pınarbaşı Miyosen örneklerinde LIL elementlerindeki zenginleşmelerinin ve HFS elementlerindeki tüketilmelerinin, esas olarak manto kaynaklarından miras kalan ilksel özellikler olduğu değerlendirilebilir.

Çalışma alanındaki volkanik kayaçları oluşturan manto kaynağına ait özellikler hakkında bilgi elde edilebilmesi için, kayaçların iz ve nadir toprak element bileşimlerinin kullanıldığı çeşitli jeokimyasal diyagramlardan (Şekil 10a-d) ve element oranlarından faydalanılmıştır. Önceki bölümde değinildiği gibi, incelenen volkanik kayaçlar ilksel magmaları temsil etmemektedir, ancak özellikle Tuzla Gölü volkaniklerinin oluşumunda kabuksal kirlenme süreçlerinin sınırlı olduğu varsayılırsa, türetildikleri mantonun doğası hakkında bazı bilgiler sağlamaktadır. Pınarbaşı bölgesindeki Miyosen ve Pliyosen volkaniklerinin de bu özellikleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

TiO_2/Yb ve Nb/Yb oranları, ikincil alterasyon ve yitimle ilişkili zenginleşme süreçlerinden bağımsız olarak volkanik kayaçların ilksel manto kaynağı bileşimlerini incelemek için kullanılabilir (Pearce, 2008). Buna göre, Şekil 10'da çalışma alanlarındaki volkanik kayaçların ağırlıklı olarak OAB dizisinde yer aldığı ve OAB ile Z-OOSB bileşim alanları arasında genel bir eğilim oluşturdukları ve zenginleşmiş bir manto kaynağından türedikleri anlaşılmaktadır. Ayrıca, Tuzla Gölü volkanik kayaçlarının ilksel mantoya göre normalize edilmiş çoklu element diyagramında (Şekil 9b) HFS elementleri için negatif anomaliler belirgin olmayıp aksine pozitif Nb anomalisine ($Nb/Nb^*=1,37-1,57$) sahip olması zenginleşmiş bir manto kaynağından türediğini desteklemektedir. Buna karşın, Pınarbaşı Pliyosen volkaniklerindeki negatif Nb-Ta-Ti anomalileri ($Nb/Nb^*=0,49-0,70$) ve pozitif Pb anomalileri kabuk kirlenmesinden ve/veya yitimle ilişkili zenginleşmeden farklı derecelerde etkilenmiş olabileceğini düşündürmektedir. Benzer şekilde, Pınarbaşı Miyosen bazaltları da yüksek LIL elementlerinde zenginleşme ve Nb-Ta, P, Zr ve Hf gibi elementlerdeki negatif anomaliler ve pozitif Pb anomalileriyle temsil edilmektedir.



Şekil 10- Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerindeki volkanik kayaç örneklerinin a) Nb/Yb – TiO₂/Yb (Pearce, 2008), b) Nb/Yb – Th/Yb (Pearce, 2008), c) La/Sm_N – Ba/Th ve d) Th/Yb – Ba/La kıyaslama diyagramları üzerinde değerlendirilmesi. Pliyo-Kuvaterner yaşlı Sivas ve Kangal havzası volkaniklerine ait kayaç verileri Kürkcüoğlu vd. (2015), Kocaarslan ve Ersoy (2018), Di Giuseppe vd. (2021), Furman vd. (2021)'den, Orta Anadolu bölgesi Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkaniklerine ait kayaç verileri Güçtekin ve Köprübaşı (2009), Gençlioğlu-Kuşcu (2011), Doğan vd. (2013), Doğan (2015) Di Giuseppe vd. (2018), Doğan-Külahçı vd. (2018), Reid vd. (2017), Uslular ve Gençlioğlu-Kuşcu (2019), Furman vd. (2021), Gall vd. (2021), Akkaş ve Çubukçu (2023)'dan, Miyosen yaşlı Sivas havzası, Yamadağ ve Kepez volkaniklerine ait kayaç verileri Kürüm vd. (2008), Ekici vd. (2009), Ekici (2016), Kocaarslan ve Ersoy (2018), Di Giuseppe vd. (2021)'den ve Kula volkaniklerine ait veriler Aldanmaz (2002) ve Aldanmaz vd. (2015)'den alınmıştır.

Bu durum, yitim süreçleriyle modifiye olmuş mantodan türeyen magmatik kayaçlar için oldukça yaygındır (Pearce, 1982; Hawkesworth vd., 1993; Elliott, 2003; Marschall ve Schumacher, 2012; Zheng vd., 2020). Dolayısıyla, bu kayaçların dalan levhadan türeyen akışkan ve/veya ergiyiklerle (ör. dalan sedimanların ergimesi) metasomatize olarak zenginleşmiş manto kaynağından türemiş oldukları düşünülebilir (Pearce

ve Parkinson, 1993; Lustrino ve Wilson, 2007). Th/Yb oranları ile Nb/Yb oranları arasındaki ikili değişim grafiği (Pearce, 2008; Şekil 10b), çalışma alanlarındaki incelenen volkanik kayaç örneklerinin manto kaynağı özelliklerini değerlendirmek için kullanılabilir. Şekil üzerinde aynı zamanda kıyaslama amacıyla Orta ve Doğu Anadolu bölgelerindeki diğer volkanik kayaçlara ait veriler de sunulmuştur. Fraksiyonel

kristallenmenin ve kabuksal kirlenmenin etkilerini en aza indirgeyebilmek için, literatürdeki SiO_2 içeriği % ağı. 58'den az olan ve MgO içeriği % ağı. 4'den fazla olan örnekler dikkate alınmıştır. Burada, yitimle ilişkili metasomatizma süreçlerinden etkilenmiş manto kaynağından türemiş ve bu yönde jeokimyasal özellikler taşıyan magmatik kayalar, N-OOSB, Z-OOSB ve OAB bileşimleri tarafından tanımlanan manto dizisinin üzerinde yer alan Th/Yb oranları ile temsil edilmektedir. Şekil 10b'de görüldüğü gibi, Orta Anadolu Volkanik Bölgesi'ndeki volkanik kayalar genel olarak Nb/Yb oranlarına kıyasla yüksek Th/Yb oranlarına sahip olup manto dizisinin oldukça üzerinde yer almaktadır. Nitekim, Pınarbaşı bölgesindeki Pliyosen bazaltlarının yüksek Th/Yb değerlerine sahip olmasıyla manto dizisi üzerinde yer almaktadır. Bu durum, Pınarbaşı Pliyosen volkanik kayalarının manto kaynak alanında yitim bileşenin varlığına işaret etmektedir. Ancak, Tuzla Gölü volkanik kayaları manto dizisi üzerinde Z-OOSB ile OAB arasındaki alanda yer almakta ve daha çok OAB benzeri bir kaynak özelliğine sahiptir. Pınarbaşı Miyosen volkanik kayalarından alkali özellikler sunan iki örnek OAB benzeri manto dizisini yakın alana iz düşmektedir. Bu da yitimle modifiye edilmiş bir kaynağın rolünün bu iki örnek (RA-461, RA-468) durumunda sınırlı olduğunu göstermektedir. Diğer Miyosen örnekleri ise, Orta Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerindeki Miyosen yaşlı volkanik kayalar için tipik olan manto dizisinin üzerindeki alana iz düşmektedir. Bu durum, özellikle Pınarbaşı bölgesindeki Miyosen ve Pliyosen yaşlı volkanik kayaların oluşumunda değişken miktarlarda yitim bileşeni içeren bir manto kaynağının rol oynadığını kuvvetle düşündürmektedir. Yitim sonucu dalan okyanusal levhadan türeyen akışkanlarla zenginleştirilmiş bir kaynak ile dalan sedimanların ergimesi ile zenginleştirilmiş bir kaynak arasında farklılıklar olabilmektedir (Hawkesworth vd., 1997; Elliott vd., 1997; Elburg vd., 2002; Elliott, 2003). Örneğin, Ba/Th oranları ile ilksel mantoya göre normalize edilmiş La/Sm_N oranlarının kıyaslandığı ikili değişim grafiğinde (Şekil 10c), manto kaynağından aktarılan elementlerin kaynak türünün belirlenmesindeki yaklaşım için sıklıkla kullanılmaktadır (Elliott, 2003; Marschall ve Schumacher, 2012; Li vd., 2022). Yüksek Ba/Th ve

düşük La/Sm_N oranları, manto kaynağında yitimle ilişkili sediman ergiyiğinin sonucunda olduğu düşünülmektedir (Elliott vd., 1997; Pearce vd., 2005). Pınarbaşı bölgesindeki Miyosen ve Pliyosen yaşlı volkanik kaya örnekleri düşük Ba/Th (<90) ve nispeten yüksek La/Sm_N (>3) oranlarına sahip olup sediman ergiyiklerinin daha büyük bir orandaki katkısını göstermektedir (Şekil 10c). Benzer şekilde, düşük Ba/La ve Yüksek Th/Yb değerleri sediman kaynaklı ergiyin rolüne işaret etmektedir (Şekil 10d; Elliott vd., 1997; Woodhead vd., 2001). Ancak, bu diyagramlarda Tuzla Gölü bölgesindeki volkanik kayaların Pınarbaşı bölgesindekilere göre göreceli olarak yitimle ilişkili sediman ergiyiklerinden daha az etkilenmiş oldukları dikkat çekmektedir. Buna ek olarak, Tuzla Gölü volkaniklerinin magma kaynağındaki sediman bileşenin varlığını işaret eden Th/La oranlarının (0,09-0,11), Plank (2005) tarafından yukarıda verilen referans aralıklarından daha düşük ve alt sınır değerine yakın (0,09-0,34) olduğu görülmektedir. Buna karşın, Pınarbaşı bölgesindeki Miyosen ve Pliyosen volkanik kayaları beklenildiği üzere, Miyosen volkanik kayalar için 0,12-0,18 ve Pliyosen volkanik kayalar için 0,18-0,28 arasında değişen yüksek Th/La oranları ile karakterize edilmektedir. Dolayısıyla, Th/La oranları da Tuzla Gölü volkaniklerinin magmasının yitimle ilişkili sediman ergiyiklerinden daha az etkilendiklerine işaret etmektedir. Bununla birlikte, Tuzla Gölü volkanik kayaların kısmen yüksek Ba/Th (114-142) ve Sr/Th (279-347) oranları, bu kayaların oluşumunda yitimle ilişkili akışkanlarla metasomatize olan manto kaynağının rolünü vurgulamakta (Turner vd., 1996; Hawkesworth vd., 1997) olup, bu kayalarda gözlenen pozitif Pb anomalilerinin de olasılıkla akışkan metasomatizmasının ve/veya kabuksal kirlenmenin olası etkisi olarak değerlendirilebilir.

Sonuç olarak, Pınarbaşı bölgesindeki Pliyosen yaşlı volkanik kayalarının jeokimyasal özellikleri, Orta Anadolu Bölgesi'ndeki diğer benzer ve daha genç yaşta oluşumlardaki ayrıntılı izotopik çalışmalarına da desteklendiği gibi (Güçtekin ve Köprübaşı, 2009; Gençalioglu-Kuşcu ve Genel, 2010; Aydın vd., 2014; Reid vd., 2017; Uslular ve Gençalioglu-Kuşcu, 2019), tipik olarak yitim

süreçleriyle modifiye edilmiş manto kaynağından türeyen magma özellikleri göstermektedir (Şekil 10b-d). Aynı bölgedeki Miyosen yaşlı volkanikler ise jeokimyasal olarak kalk-alkaliden alkaliye geçişli karakter sunmakta ve LIL elementleri bakımından zenginleşmesiyle birlikte zayıf Nb ve Ta anomalileri göstermektedir. Dolayısıyla, Pınarbaşı bölgesindeki Miyosen ve Pliyosen yaşlı volkanik kayalar yitimle ilişkili jeokimyasal özellikleri sunarken, Tuzla Gölü volkaniklerinde akışkanlarla hareketlilik kazanabilen elementler hariç, bu özellik daha az belirgindir. Nitekim, Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerindeki Pliyosen volkanik kayalar benzer oluşum yaşlarına sahip olmalarına karşın, farklı jeokimyasal özellikler sunmaları dikkat çekicidir. Benzer durum, Orta Anadolu bölgesindeki Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar için de rapor edilmektedir (Gençalioglu-Kuşcu ve Geneli, 2010; Aydın vd., 2014; Reid vd., 2017; Uslular ve Gençalioglu-Kuşcu, 2019; Gall vd., 2021). Dolayısıyla, her ne kadar ayrıntılı radyojenik izotop jeokimyası çalışmalarıyla da desteklenmeye ihtiyaç olsa da Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerindeki volkanik kayaların Orta Anadolu Bölgesinin altındaki heterojen manto kaynağından türedikleri ifade edilebilir.

Katkı Belirtme

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından (Proje No: 117Y392) tarafından desteklenmiştir. Yazarlar makalenin değerlendirme aşamasında yapıcı öneri ve düzeltmeleri ile katkı sağlayan Mustafa Açlan, Selim Özalp, Ali Ergen ve ismi belirtilmeyen hakem ve editörlere teşekkür eder.

Değinen Belgeler

- Akkaş, E., Çubukçu, H. E. 2023. Magmatic differentiation within the transcrustal magma reservoir of Develidağ volcano, Central Anatolia (Turkey). *Journal of Asian Earth Sciences* 252, 105688.
- Aldanmaz, E. 2002. Mantle source characteristics of alkali basalts and basanites in an extensional intracontinental plate setting, western Anatolia, Turkey: implications for multi-stage melting. *International Geology Review* 44 (5), 440-457.
- Aldanmaz, E., Pickard, M., Meisel, T., Altunkaynak, Ş., Sayıt, K., Şen, P., Hanan, B. B., Furman, T. 2015. Source components and magmatic processes in the

genesis of Miocene to Quaternary lavas in western Turkey: constraints from HSE distribution and Hf-Pb-Os isotopes. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 170, 1-20.

- Alıcı-Şen, P. A., Temel, A., Gourgaud, A. 2004. Petrogenetic modelling of Quaternary post-collisional volcanism: a case study of central and eastern Anatolia. *Geological Magazine* 141 (1), 81-98.
- Aydar, E., Gourgaud, A. 2002. Garnet-bearing basalts: an example from Mt. Hasan, central Anatolia, Turkey. *Mineralogy and Petrology* 75, 185-201.
- Aydar, E., Schmitt, A. K., Çubukçu, H. E., Akin, L., Ersoy, O., Sen, E., Duncan, R. A., Atıcı, G. 2012. Correlation of ignimbrites in the central Anatolian volcanic province using zircon and plagioclase ages and zircon compositions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 213, 83-97.
- Aydın, F., Schmitt, A. K., Siebel, W., Sönmez, M., Ersoy, Y., Lermi, A., Dirik, K., Duncan, R. 2014. Quaternary bimodal volcanism in the Niğde Volcanic Complex (Cappadocia, central Anatolia, Turkey): age, petrogenesis and geodynamic implications. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 168, 1-24.
- Aydın, F., Sönmez, M., Siebel, W., Karsli, O., Lermi, A. 2022. Slab break-off-related magnesian andesites and dacites with adakitic affinity from the early Quaternary Keçiboyduran stratovolcano, Cappadocia province, central Turkey: Evidence for slab/sediment melt-mantle interaction and magma mixing. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 177 (7), 65.
- Brocard, G. Y., Meijers, M. J., Cosca, M. A., Salles, T., Willenbring, J., Teyssier, C., Whitney, D. L. 2021. Fast Pliocene integration of the Central Anatolian Plateau drainage: Evidence, processes, and driving forces. *Geosphere* 17 (3), 739-765.
- Clark, M., Robertson, A. 2002. The role of the Early Tertiary Ulukışla Basin, southern Turkey, in suturing of the Mesozoic Tethys ocean. *Journal of the Geological Society* 159 (6), 673-690.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, L., Fan, J.-X. 2013. The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes* 36:199-204.
- Çelik, Ö. F., Çörtük, R. M., Özkan, M., Davies, J. H. F. L., Marzoli, A., Sherlock, S.C., Risplendente, A., Halton, A. M., Perrot, M. 2023. New evidence for the presence of the Inner Tauride Ocean: Lithological, geochronological and PT correlations with the Tavşanlı and Afyon zones of Central Anatolia (Türkiye). *Lithos* 462, 107409.

- Çelik, Ö. F., Marzoli, A., Marschik, R., Chiaradia, M., Neubauer, F., Öz, İ. 2011. Early–middle Jurassic intra-oceanic subduction in the İzmir-Ankara-Erzincan Ocean, northern Turkey. *Tectonophysics* 509 (1-2), 120-134.
- Çelik, Ö. F., Özkan, M., Chelle-Michou, C., Sherlock, S., Marzoli, A., Ulianov, A., Altıntaş, İ. E., Topuz, G. 2019. Blueschist facies overprint of late Triassic Tethyan oceanic crust in a subduction–accretion complex in north-central Anatolia, Turkey. *Journal of the Geological Society* 176 (5), 945-957.
- Çörtük, R. M. 2021. İç Toros Okyanusu Sorunu. Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 668990.
- Çörtük, R. M., Çelik, Ö. F., Özkan, M., Marzoli, A., Alkan, A. 2023a. The origin and PT conditions of the metamorphic sole rocks beneath the Late Cretaceous Pınarbaşı Ophiolite, Eastern-Central Anatolia. *International Geology Review* 65 (2), 296-316.
- Çörtük, R. M., Çelik, Ö. F., Özkan, M., Marzoli, A., Halton, A., Sherlock, S. 2023b. Late Cretaceous–Paleogene tectonothermal evolution of the Akdağ Massif in the Central Anatolian Crystalline Complex (northern Kayseri, central Turkey). *Journal of Asian Earth Sciences* 105775.
- Dalkılıç, H., Dönmez, M., Akçay, A. E. 2009. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Kayseri-L35 paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Darin, M. H., Umhoefer, P. J. 2021. Palaeogene stratigraphy and chronology of the western Sivas Basin, central Anatolia (Turkey): Tectono-sedimentary evolution of a well-preserved basin along the northern Neotethys suture zone. *Basin Research* 33 (2), 903-932.
- Delph, J. R., Abgarni, B., Ward, K. M., Beck, S. L., Özacar, A. A., Zandt, G., Sandvol, E., Türkelli, N., Kalafat, D. 2017. The effects of subduction termination on the continental lithosphere: Linking volcanism, deformation, surface uplift, and slab tearing in central Anatolia. *Geosphere* 13 (6), 1788-1805.
- Deniel, C., Aydar, E., Gourgau, A. 1998. The Hasan Dağı stratovolcano (Central Anatolia, Turkey): Evolution from calc-alkaline to alkaline magmatism in a collision zone. *Journal of volcanology and Geothermal Research* 87 (1-4), 275-302.
- Dhont, D., Chorowicz, J., Yürür, T., Froger, J.L., Köse, O., Gündoğdu, N. 1998. Emplacement of volcanic vents and geodynamics of Central Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85(1-4), 33-54.
- Di Giuseppe, P., Agostini, S., Lustrino, M., Karaoğlu, Ö., Savaşçın, M. Y., Manetti, P., Ersoy, Y. 2018. Transition from compression to strike-slip tectonics revealed by Miocene–Pleistocene volcanism west of the Karlıova triple junction (East Anatolia). *Journal of Petrology* 58 (10), 2055-2087.
- Di Giuseppe, P., Agostini, S., Di Vincenzo, G., Manetti, P., Savaşçın, M. Y., Conticelli, S. 2021. From subduction to strike slip-related volcanism: Insights from Sr, Nd, and Pb isotopes and geochronology of lavas from Sivas–Malatya region, Central Eastern Anatolia. *International Journal of Earth Sciences* 110 (3), 849-874.
- Dirik, K., Göncüoğlu M. C., Kozlu, H. 1999. Stratigraphy and pre-Miocene tectonic evolution of the southwestern part of the Sivas Basin, Central Anatolia, Turkey. *Geological Journal* 34, 303-319.
- Doğan, A. U., Peate, D. W., Doğan, M., Yesilyurt-Yenice, F. I., Unsal, O. 2013. Petrogenesis of mafic–silicic lavas at Mt. Erciyes, central Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 256, 16-28.
- Doğan-Külahçı, G. D. 2015. Chronological, magmatological and geochemical study of post-collisional basaltic volcanism in Central Anatolia and its spatio-temporal evolution (Doctoral dissertation, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II).
- Doğan-Külahçı, G. D., Temel, A., Gourgau, A., Varol, E., Guillou, H., Deniel, C. 2018. Contemporaneous alkaline and calc-alkaline series in Central Anatolia (Turkey): Spatio-temporal evolution of a post-collisional Quaternary basaltic volcanism. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 356, 56-74.
- Dönmez, M., Türkecan, A., Akçay, A. E. 2003. Kayseri-Niğde-Nevşehir yöresi Tersiyer volkanitleri. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 10575, Ankara (yayımlanmamış).
- Ekici, T. 2016. Collision-related slab break-off volcanism in the Eastern Anatolia, Kepez volcanic complex (TURKEY). *Geodinamica Acta* 28 (3), 223-239.
- Ekici, T., Alpaslan, M., Parlak, O., Uçurum, A. 2009. Geochemistry of the Middle Miocene collision-related Yamadağı (Eastern Anatolia) calc-alkaline volcanics, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* 18 (4), 511-528.
- Elburg, M. A., Van Bergen, M., Hoogewerff, J., Foden, J., Vroon, P., Zulkarnain, I., Nasution, A. 2002. Geochemical trends across an arc-continent collision zone: magma sources and slab-wedge transfer processes below the Pantar

- Strait volcanoes, Indonesia. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 66 (15), 2771-2789.
- Elliott, T. 2003. Tracers of the slab. *Geophysical Monograph-American Geophysical Union* 138, 23-46.
- Elliott, T., Plank, T., Zindler, A., White, W., Bourdon, B. 1997. Element transport from slab to volcanic front at the Mariana arc. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 102 (B7), 14991-15019.
- Erkan, E., Özer, S., Sümengen, M., Terlemeç, T. 1978. Sarız - Şarkışla - Gemerek - Tomarza arasındaki temel jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 6546, Ankara (yayımlanmamış).
- Ersoy, Y., Helvacı, C., Sözbilir, H., Erkül, F., Bozkurt, E. 2008. A geochemical approach to Neogene-Quaternary volcanic activity of western Anatolia: An example of episodic bimodal volcanism within the Selendi Basin, Turkey. *Chemical Geology* 255 (1-2), 265-282.
- Furman, T., Hanan, B. B., Sjoblom, M. P., Kürkcüoğlu, B., Sayit, K., Şen, E., Alıcı-Şen, P., Yürür, T. 2021. Evolution of mafic lavas in Central Anatolia: Mantle source domains. *Geosphere* 17 (6), 1631-1646.
- Gall, H., Furman, T., Hanan, B., Kürkcüoğlu, B., Sayit, K., Yürür, T., Sjoblom, M. P., Şen, P. A. 2021. Post-delamination magmatism in south-central Anatolia. *Lithos* 398, 106299.
- Gençalioğlu-Kuşcu, G. 2011. Geochemical characterization of a Quaternary monogenetic volcano in Erciyes volcanic complex: Cora Maar (Central Anatolian volcanic province, Turkey). *International Journal of Earth Sciences* 100, 1967-1985.
- Gençalioğlu-Kuşcu, G., Genel, F. 2010. Review of post-collisional volcanism in the Central Anatolian Volcanic Province (Turkey), with special reference to the Tepeköy Volcanic Complex. *International Journal of Earth Sciences* 99, 593-621.
- Göçmengil, G., Karacık, Z., Genç, Ş. C., Prelević, D., Billor, Z. 2019. ⁴⁰Ar-³⁹Ar ages and petrogenesis of middle Eocene post-collisional volcanic rocks along the İzmir-Ankara-Erzincan suture zone, NE Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 173, 121-142.
- Göçmengil, G., Gülmez, F., Karacık, Z., Aysal, N. 2022. Petrogenesis of Early Cenozoic Sarıcakaya-Nallıhan Volcanism in NW Turkey: Implications for the Geodynamic Setting and Source Characterization of the Balkanatolia Magmatic Realm. *Minerals* 12 (12), 1572.
- Göğüş, O. H., Pysklywec, R. N., Şengör, A. M. C., Gün, E. 2017. Drip tectonics and the enigmatic uplift of the Central Anatolian Plateau. *Nature communications* 8 (1), 1538.
- Göncüoğlu, M. C., Dirik, K., Kozlu, H. 1997. Pre-Alpine and Alpine terranes in Turkey: Explanatory notes to the terrane map of Turkey. In *Annales géologiques des pays helléniques* 37, 515.
- Görür, N., Oktay, F. Y., Seymen, I., Şengör, A. M. C. 1984. Palaeotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, Central Turkey: Sedimentary record of a Neo-Tethyan closure. *Geological Society, London, Special Publications* 17 (1), 467-482.
- Güçtekin, A., Köprübaşı, N. 2009. Geochemical characteristics of mafic and intermediate volcanic rocks from the Hasandağ and Erciyes volcanoes (Central Anatolia, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences* 18 (1), 1-27.
- 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 (3), 561-593.
- Hawkesworth, C. J., Gallagher, K., Hergt, J. M., McDermott, F. 1993. Mantle and slab contributions in arc magmas. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 21 (1), 175-204.
- Hawkesworth, C. J., Turner, S. P., McDermott, F., Peate, D. W., Van Calsteren, P. 1997. U-Th isotopes in arc magmas: Implications for element transfer from the subducted crust. *Science* 276 (5312), 551-555.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Di Brozolo, F. R., Villari, L. 1975. The Neogene calcalkaline volcanism of Central Anatolia: Geochronological data on Kayseri-Nigde area. *Geological Magazine* 112 (4), 349-360.
- Irvine, T. N., Baragar, W. R. A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences* 8 (5), 523-548.
- Keskin, M. 2003. Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: An alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Geophysical Research Letters* 30 (24).
- Kocaarslan, A., Ersoy, E. Y. 2018. Petrologic evolution of Miocene-Pliocene mafic volcanism in the Kangal and Gürün basins (Sivas-Malatya), central east Anatolia: Evidence for Miocene anorogenic magmas contaminated by continental crust. *Lithos* 310, 392-408.

- Konak, N., Alan, İ., Bakırhan, B., Bedi, Y., Dönmez, M., Pehlivan, Ş., Sevin, M., Türkecan, A., Yusufoglu, H. 2015. 1/1.000.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Kürkçüoğlu, B. 2010. Geochemistry and petrogenesis of basaltic rocks from the Develidağ volcanic complex, Central Anatolia, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 37 (1), 42-51.
- Kürkçüoğlu, B., Sen, E., Aydar, E., Gourgaud, A., Gündoğdu, N. 1998. Geochemical approach to magmatic evolution of Mt. Erciyes stratovolcano Central Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85 (1-4), 473-494.
- Kürkçüoğlu, B., Pickard, M., Şen, P., Hanan, B. B., Sayit, K., Plummer, C., Şen, E., Yürür, T., Furman, T. 2015. Geochemistry of mafic lavas from Sivas, Turkey and the evolution of Anatolian lithosphere. *Lithos* 232, 229-241.
- Kürkçüoğlu, B., Sen, E., Temel, A., Aydar, E., Gourgaud, A. 2004. Interaction of asthenospheric and lithospheric mantle: the genesis of calc-alkaline volcanism at Erciyes Volcano, Central Anatolia, Turkey. *International Geology Review* 46 (3), 243-258.
- Kürüm, S., Önal, A., Boztuğ, D., Spell, T., Arslan, M. 2008. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age and geochemistry of the post-collisional Miocene Yamadağ volcanics in the Arapkir area (Malatya Province), eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 33 (3-4), 229-251.
- Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M. J., Bonin, B., Bateman, P., Bellieni, G., Dudek, A., Efremova, S., Keller, J., Lameyre, J., Sabine, P. A., Schmid, R., Sørensen, H., Woolley, A. R. 2002. *Igneous rocks. A Classification and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks*, Cambridge University Press, Cambridge, 2.
- Li, H., Hermann, J., Zhang, L. 2022. Melting of subducted slab dictates trace element recycling in global arcs. *Science Advances* 8 (2), eabh2166.
- Lustrino, M., Wilson, M. 2007. The circum-Mediterranean anorogenic Cenozoic igneous province. *Earth-Science Reviews* 81 (1-2), 1-65.
- Marschall, H. R., Schumacher, J. C. 2012. Arc magmas sourced from mélange diapirs in subduction zones. *Nature Geoscience* 5 (12), 862-867.
- Middlemost, E. A. 1975. The basalt clan. *Earth-Science Reviews* 11 (4), 337-364.
- McNab, F., Ball, P. W., Hoggard, M. J., White, N. J. 2018. Neogene uplift and magmatism of Anatolia: Insights from drainage analysis and basaltic geochemistry. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 19 (1), 175-213.
- Metin, S., Ayhan, A., Papak, İ. 1990. 1/100.000 ölçekli açınısama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi Elbistan-İ22 paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Notsu, K., Fujitani, T., Ui, T., Matsuda, J., Ercan, T. 1995. Geochemical features of collision-related volcanic rocks in central and eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 64 (3-4), 171-191.
- Okay, A. I., Tüysüz, O. 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. Geological Society, London, Special Publications 156 (1), 475-515.
- Okay, A. I., Topuz, G., Kylander-Clark, A. R., Sherlock, S., Zattin, M. 2022. Late Paleocene–Middle Eocene magmatic flare-up in western Anatolia. *Lithos* 428, 106816.
- Oyan, E., Oyan, V., Özdemir, Y., Güleç, N. 2023. Origin and Petrogenesis of Magmatism in Collision-Related Environments: Evidence from the Melikler Volcanics on the Kars Plateau-Turkey in the Turkish-Iranian High Plateau. *Journal of Petrology* 64 (4), egad018.
- Parlak, O., Delaloye, M., Demirkol, C., Can Ünlügenç, U. 2001. Geochemistry of Pliocene/Pleistocene basalts along the Central Anatolian fault zone (CAFZ), Turkey. *Geodinamica Acta* 14 (1-3), 159-167.
- Pearce, J. A. 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: THORPE, R.S. (Ed), *Andesites*. Wiley and Sons, New York, 525-548.
- Pearce, J. A. 2008. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos* 100 (1-4), 14-48.
- Pearce, J. A., Parkinson, I. J. 1993. Trace element models for mantle melting: application to volcanic arc petrogenesis. Geological Society, London, Special Publications 76 (1), 373-403.
- Pearce, J. A., Stern, R. J., Bloomer, S. H., Fryer, P. 2005. Geochemical mapping of the Mariana arc-basin system: Implications for the nature and distribution of subduction components. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 6 (7).
- Peccerillo, A., Taylor, S. R. 1976. Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from the Kastamonu

- area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58, 63-91.
- Plank, T. 2005. Constraints from thorium/lanthanum on sediment recycling at subduction zones and the evolution of the continents. *Journal of Petrology* 46 (5), 921-944.
- Pourteau, A., Candan, O., Oberhänsli, R. 2010. High-pressure metasediments in central Turkey: Constraints on the Neotethyan closure history. *Tectonics*, 29 (5).
- Rabayrol, F., Hart, C. J., Thorkelson, D. J. 2019. Temporal, spatial and geochemical evolution of late Cenozoic post-subduction magmatism in central and eastern Anatolia, Turkey. *Lithos* 336, 67-96.
- Robertson, A. H., Parlak, O., Ustaömer, T. 2012. Overview of the Palaeozoic–Neogene evolution of neotethys in the Eastern Mediterranean region (southern Turkey, Cyprus, Syria). *Petroleum Geoscience* 18 (4), 381-404.
- Reid, M. R., Schleiffarth, W. K., Cosca, M. A., Delph, J. R., Blichert-Toft, J., Cooper, K. M. 2017. Shallow melting of MORB-like mantle under hot continental lithosphere, Central Anatolia. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 18 (5), 1866-1888.
- Reid, M. R., Delph, J. R., Cosca, M. A., Schleiffarth, W. K., Kuşcu, G. G. 2019. Melt equilibration depths as sensors of lithospheric thickness during Eurasia-Arabia collision and the uplift of the Anatolian Plateau. *Geology* 47 (10), 943-947.
- Rudnick, R. L., Gao, S. 2003. The Composition of the Continental Crust (ed. Rudnick, R.L). *Treatise on Geochemistry* 3, 1-64p.
- Schmitt, A. K., Danišik, M., Evans, N. J., Siebel, W., Kiemele, E., Aydın, F., Harvey, J. C. 2011. Acıgöl rhyolite field, Central Anatolia (part 1): High-resolution dating of eruption episodes and zircon growth rates. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 162, 1215-1231.
- Schildgen, T. F., Yıldırım, C., Cosentino, D., Strecker, M. R. 2014. Linking slab break-off, Hellenic trench retreat, and uplift of the Central and Eastern Anatolian plateaus. *Earth-Science Reviews* 128, 147-168.
- Schleiffarth, W. K., Darin, M. H., Reid, M. R., Umhoefer, P. J. 2018. Dynamics of episodic Late Cretaceous–Cenozoic magmatism across Central to Eastern Anatolia: New insights from an extensive geochronology compilation. *Geosphere* 14 (5), 1990-2008.
- Sun, S. S., McDonough, W. F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. *Geological Society, London, Special Publications* 42 (1), 313-345.
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics* 75 (3-4), 181-241.
- Taylor, S. R., McLennan, S. M. 1995. The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews of Geophysics* 33 (2), 241-265.
- Temel, A., Gündoğdu, M. N., Gourgaud, A., Le Penneç, J. L. 1998. Ignimbrites of Cappadocia (central Anatolia, Turkey): Petrology and geochemistry. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85 (1-4), 447-471.
- Toprak, V., Göncüoğlu, M. C. 1993. Tectonic control on the development of the neogene-quaternary central anatolian volcanic province, Turkey. *Geological Journal* 28 (3-4), 357-369.
- Turner, S., Hawkesworth, C., Van Calsteren, P., Heath, E., Macdonald, R., Black, S. 1996. U-series isotopes and destructive plate margin magma genesis in the Lesser Antilles. *Earth and Planetary Science Letters* 142 (1-2), 191-207.
- Uslular, G., Gençalioğlu-Kuşcu, G. 2019. Mantle source heterogeneity in monogenetic basaltic systems: A case study of Eğrikuyu monogenetic field (Central Anatolia, Turkey). *Geosphere* 15 (2), 295-323.
- Uslular, G., Le Corvec, N., Mazzarini, F., Legrand, D., Gençalioğlu-Kuşcu, G. 2021. Morphological and multivariate statistical analysis of quaternary monogenetic vents in the Central Anatolian Volcanic Province (Turkey): Implications for the volcano-tectonic evolution. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 416, 107280.
- Woodhead, J. D., Hergt, J. M., Davidson, J. P., Eggins, S. M. 2001. Hafnium isotope evidence for 'conservative' element mobility during subduction zone processes. *Earth and Planetary Science Letters* 192 (3), 331-346.
- Zheng, Y. F., Xu, Z., Chen, L., Dai, L. Q., Zhao, Z. F. 2020. Chemical geodynamics of mafic magmatism above subduction zones. *Journal of Asian Earth Sciences* 194, 104185.