

## Cip, Harput, Yeniköy Çevresindeki Elazığ Volkanitlerinin Petrografisi ve Mineral Kimyası

Sevcan KÜRÜM<sup>1\*</sup>, Safiye AYDEMİR<sup>2</sup>, İsmail YILDIRIM<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

<sup>2</sup> Fen Bilimleri Enstitüsü, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

<sup>1\*</sup> skurum@firat.edu.tr, <sup>2</sup> saydemir2300@gmail.com, <sup>3</sup> iyildirim@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 18/01/2024;

Kabul/Accepted: 10/09/2024)

**Öz:** Doğu Anadolu Volkanik Provensi içerisinde tanımlanan Elazığ volkanitleri, Elazığ merkezi yakın çevresinde üç bölgede (Cip, Harput, Yeniköy) yayılım gösterir. Efüzif ve eksploziv volkanizma ürünlerinden oluşan volkanitlerin lavları kalın istifler oluşturmazken, genellikle bazaltik cüruf konileri oluşturan piroklastitler görece daha fazla kalınlığa sahiptir. Kayaçların petrografik incelemeleri, ana mineral bileşiminin plajiyoklas, olivin, piroksen mineralinden oluşmuş, zayıf alterasyonlu, porfirik, veziküler ve akıntı dokulu bazalt, olivin bazalt ile nefelin ve lösit içeren alkali bazaltlardan oluştuğunu göstermiştir. Mineral kimyası analiz verilerine göre, tüm örneklerde labradorit en yaygın plajiyoklas minerali iken, Yeniköy örneklerinde anortit, Harput örneklerinde ise andezinden sanidine kadar değişim gözlenmektedir. Piroksen mineralleri ise ağırlıklı olarak bronzit ve diopsit bileşimli olup, Mg ve Ca içeriği yüksek bir sistemden kristalleşmiştir. Minerallerle ilgili varyasyon diyagramlarında bölgelere göre mineral bileşimlerine bağlı olarak zayıf farklılıklar görülmektedir. Cip Köyü örnekleri olivin mineral içeriği bakımından, Harput örneklerine göre özellikle Mg bakımından zayıf, Ca bakımından zengindir. Buna karşın, piroksen minerallerine göre Al, Mn ve Ca bakımından görece daha fakir ancak Fe ve Mg'ca daha zengindir. Petrografik ve mineral bileşimlerinin element içerikleri, bu volkanitlerin fraksiyonlaşmayla beraber magma karışımından etkilenen farklılaşmış iki magmanın düşük basınç koşullarında oluşmuş ürünü olabileceğini işaret etmektedir. Amfibollerin de magmatik ve metamorfik özellikte bulunmaları, metasomatizma ve buna etken olan yitim bileşenlerinin magma farklılaşmasında önemli olabileceğini düşündürmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Elazığ volkanitleri, alkali bazalt, bazaltik cüruf, mineral kimyası.

### Petrography and Mineral Chemistry of Elazig Volcanites around Cip, Harput and Yenikoy

**Abstract:** Elazığ volcanites, defined within the Eastern Anatolian Volcanic Province, are distributed in three regions (Cip, Harput, Yeniköy) around the center of Elazığ. While the lava of volcanites consisting of effusive and explosive volcanism products do not form thick stacks, pyroclastics, which generally form basaltic slag cones, have a relatively much thicker thickness. Petrographic examinations of the lavas have shown that the main mineral composition consists of weakly altered, porphyritic, vesicular and flow-textured olivine basalts consisting of plagioclase, olivine and pyroxene minerals, and alkaline basalts containing nepheline and leucite. According to mineral chemistry analysis data, while labradorite is the most common plagioclase mineral in all samples, a change from anorthite to sanidine is observed in Yeniköy samples and from andesine to sanidine in Harput samples. Pyroxene minerals have a bronzite and diopside composition and appear to crystallize from a system with high Mg and Ca content. In the variation diagrams related to minerals, weak differences are observed between the samples depending on their mineral composition. In terms of olivine mineral content, Cip village samples are relatively poorer in Al, Mn and Ca than pyroxene minerals, but richer in Fe and Mg, although they are particularly weak in Mg and rich in Ca content, compared to Harput samples. The orientations of the element contents of petrographic and mineral compositions indicate that these volcanics may be the product of two differentiated magmas formed under low pressure conditions, affected by the magma mixture along with fractionation. The fact that amphiboles also have magmatic and metamorphic properties suggests that metasomatism and the subduction components that because it may be important in magma differentiation.

**Key words:** Elazığ volcanics, alkali basalt, basaltic slag, mineral chemistry.

#### 1. Giriş

Volkanizma, yerkürenin evrimi süresince, meydana gelen farklı jeolojik süreçlerin izlerini yansıtan önemli bir olgudur [1-3]. Doğu Anadolu'daki yaygın volkanizma, genellikle çarpışma kuşaklarına özgü volkanizmayı ve dolayısıyla çarpışma sonrası jeodinamik sistemin bileşenlerini karakterize etmektedir [4-7]. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki volkanizmanın jeodinamik gelişiminin Avrasya, Afrika ve Arabistan gibi üç ana levhanın göreceli hareketi tarafından yönetildiği [8,9] ancak genel anlamda, bu bölgenin tektonik çerçevesinin, Neotetis'in kapanmasını takiben, Arap ve Anadolu levhalarının çarpışması ve sıkışmanın devamıyla ilgili olduğu kabul edilmektedir [9,5]. Dünyadaki kıtasal çarpışma örneklerinin en iyi görüldüğü yerlerden birisi olarak kabul edilen [10] Doğu Anadolu Bölgesi'nde sıkışmanın etkisiyle farklı zamanlarda farklı jeodinamik etkiler ile ve

\* Sorumlu yazar: skurum@firat.edu.tr. Yazarların ORCID Numarası: <sup>1</sup>0000-0001-6121-5564, <sup>2</sup>0000-0002-8966-1424, <sup>3</sup>0000-0001-5588-1210

çoğunluğunun çarpışma-çarpışma sonrası oluştuğu ileri sürülen oldukça yoğun volkanizma olayları gelişmiştir. Bu olayların bazı bölgelerde ~ 1 km kalınlığa varan volkanik istifler oluşumuna sebep olduğu belirtilmektedir [11].

Elazığ volkanitleri yakın kuzeyindeki Geç Miyosen Tunceli bazaltlarının, Avrasya-Arabistan yakınsamasına bağlı yay volkanizmasını temsil ettiği kabul edilir. Elazığ volkanitlerinin ise bölgenin jeodinamik sisteminin göstergelerinden olan magmatik aktivite sonucu ve bölgedeki en son magmatizma ürünü olan Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay sistemlerini oluşturan doğrultu atımlı hareketin başlamasından sonra yerleştiği belirtilir [7]. Buna bağlı olarak Elazığ volkanitlerinin 1,4 ile 1,9 My (Kuvaterner) yaş verisiyle, geç Miyosen (16,3–15,5 My) yaşlı Karabakır Formasyonu/Tunceli bazaltlarından farklı olduğu bilinmektedir [5,12,13]. Birbirinin coğrafik devamı şeklinde bulunan ve morfolojik olarak da benzeyen Elazığ volkanitleri için, bazı çalışmalar hariç genel olarak son yıllardaki çalışmalara kadar Karabakır Formasyonu tanımı benimsenmiştir [5,7,14,15,16,17].

Bu çalışmada, Elazığ volkanitleri olarak tanımlanan ve Elazığ il merkezinin yakın çevresinde Cip Köyü, Harput-Karataş Tepe ve Yeniköy çevresi olmak üzere üç farklı lokasyonda yayılım gösteren volkanizmanın; yayılım özellikleri ile mineralojik-petrografik ve mineral kimyası özellikleri incelenmiş aynı jeolojik dönem içerisinde meydana gelmiş bu volkanizmanın birbirleriyle denestirmesi yapılarak, mineral-petrografik özellikleri ortaya konmuştur.

## 2. Materyal ve Yöntem

Arazi çalışmaları sırasında tüm bölgeyi kapsayacak ve araziye en iyi temsil edecek şekilde alınan 64 el örneğinin kesitleri Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği İnce Kesit Laboratuvarında yapılmıştır.

Çalışma konusu volkanitlerin Cip-Harput ve Yeniköy çevresindeki yayılımlarından alınan dört örneğin mineral kimyası analizleri, Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM)'de yaptırılmıştır. Bu analizlerin yapımında kullanılan ince kesitlerin hazırlanması ve parlatılması bu merkezde yapılmış ve Zeiss Evo 50 marka taramalı elektron mikroskopunda incelenmiştir. Mineral kimyası analizleri JEOL marka JXA 8230 Model cihaz kullanılarak 20Kv voltaj ve 15NA akım altında belirlenmiştir. EPMA'dan (Elektron Prob Mikro Analiz) oksit formunda elde edilen mineralin majör ve minör elementleri katyon değerlerine (apfu= atoms per formula unit) dönüştürülerek mineral bileşimleri tespit edilmiştir.

## 3. Stratigrafi

Çalışma bölgesinin stratigrafisi temelde Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfileri ile başlayıp, Elazığ Magmatitleri (Geç Kretase), Harami Formasyonu (Üst Kampaniyen-Maastrichtiyen) ve Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen-Oligosen) ile devam etmekte ve Pleyistosen yaşlı Elazığ volkanitleri ile sonlanmaktadır (Şekil 1a, b).

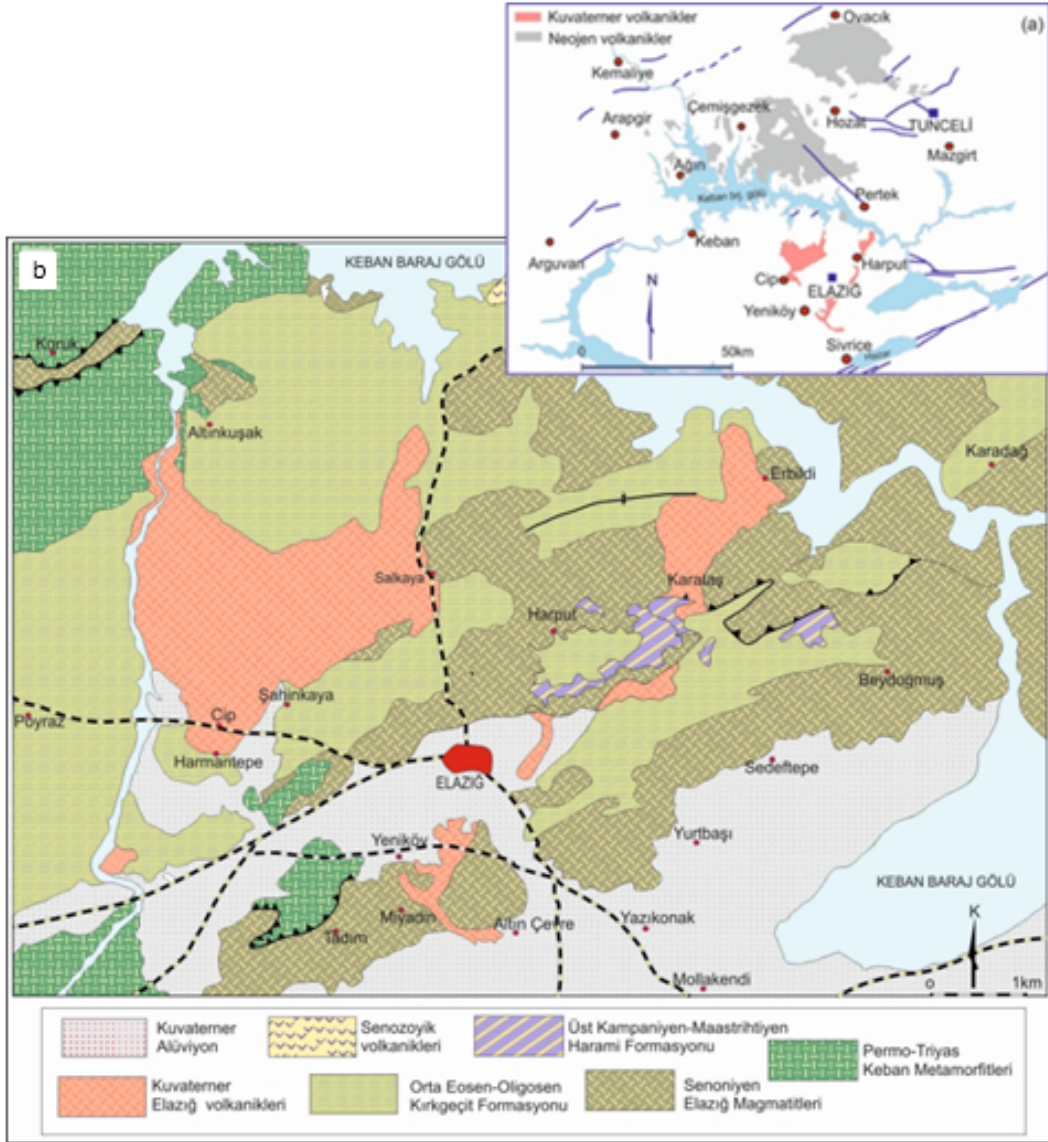
Keban Metamorfileri, ilk kez Özgül [18] tarafından tanımlanmıştır. Elazığ'ın kuzeybatısında Keban ilçesi ve çevresinde oldukça geniş yüzeyleme vermektedir (Şekil 1b). Birimi oluşturan ve oldukça kalın istif sunan, sıg denizel ortam çökellerinin Erken Permiyen-Geç Triyas'ta çökeldiği [19] ve Jura-Alt Kretase'de bölgesel metamorfizmaya uğradığı [20] bilinmektedir. Metamorfitler, Elazığ güneyinde Yeniköy ve Tadım çevresinde Üst Kretase yaşlı Elazığ Magmatitleri üzerine bindirme fayı ile yerleşmiştir.

Elazığ Magmatitleri, ilk kez Perinçek [22] tarafından Yüksekova Karmaşığı olarak adlandırılan birimin Elazığ çevresindeki kesimi için kullanılmıştır. Turan vd. [23] tarafından Elazığ Magmatitleri olarak tanımlanan Geç Kretase yaşlı bu magmatik kayalar, çalışma bölgesinde, granit, diyorit bileşimli plütonik kayalar ile bazikten asidik bileşime değişen volkanik kayaç ve piroklastik kayaç litolojisinde gözlenmektedir. Bu magmatitlerin oluşum mekanizması bakımından yay volkanitleri ürünleri olduğu genel kabul görmeye birlikte [24-29], farklı olarak okyanus içi yitim zonu üzerinde oluşan ofiyolitik istif ve yay volkanitleri ile bunların üzerinde gelişen ensimatik ada yayı ürünü olduğu da ileri sürülmektedir [30,15]. Elazığ Magmatitleri, çalışma bölgesinde Cip Köyü volkanitlerinin Elazığ-Pertek karayolu güzergâhı doğu tarafı ile Harput ve Yeniköy volkanitlerinin hemen tüm yayılım alanlarında görülmektedir (Şekil 1b).

Elazığ Magmatitlerini uyumlu olarak üzerleyen Harami Formasyonu [31], Harput çevresinde yüzeyleme vermektedir. Birim, Harput çevresinde Kırkgeçit Formasyonu ile tektonik dokanaklı veya uyumsuz ilişkilidir (Şekil 1b).

Elazığ il merkezinin yakın çevresinde geniş yüzeyleme alanına sahip Kırkgeçit Formasyonu (Şekil 1b), Cip Köyü volkanitleri yayılım alanında, Harmantepe köyü doğusunda volkanik kayalar tarafından örtülmüş ve bu kayalarla arasında ince bir pişme zonu oluşmuştur (Şekil 2a).

Bölge stratigrafisinin en genç birimini oluşturan Elazığ volkanitleri, aşağıda detaylı olarak irdelenmiştir.

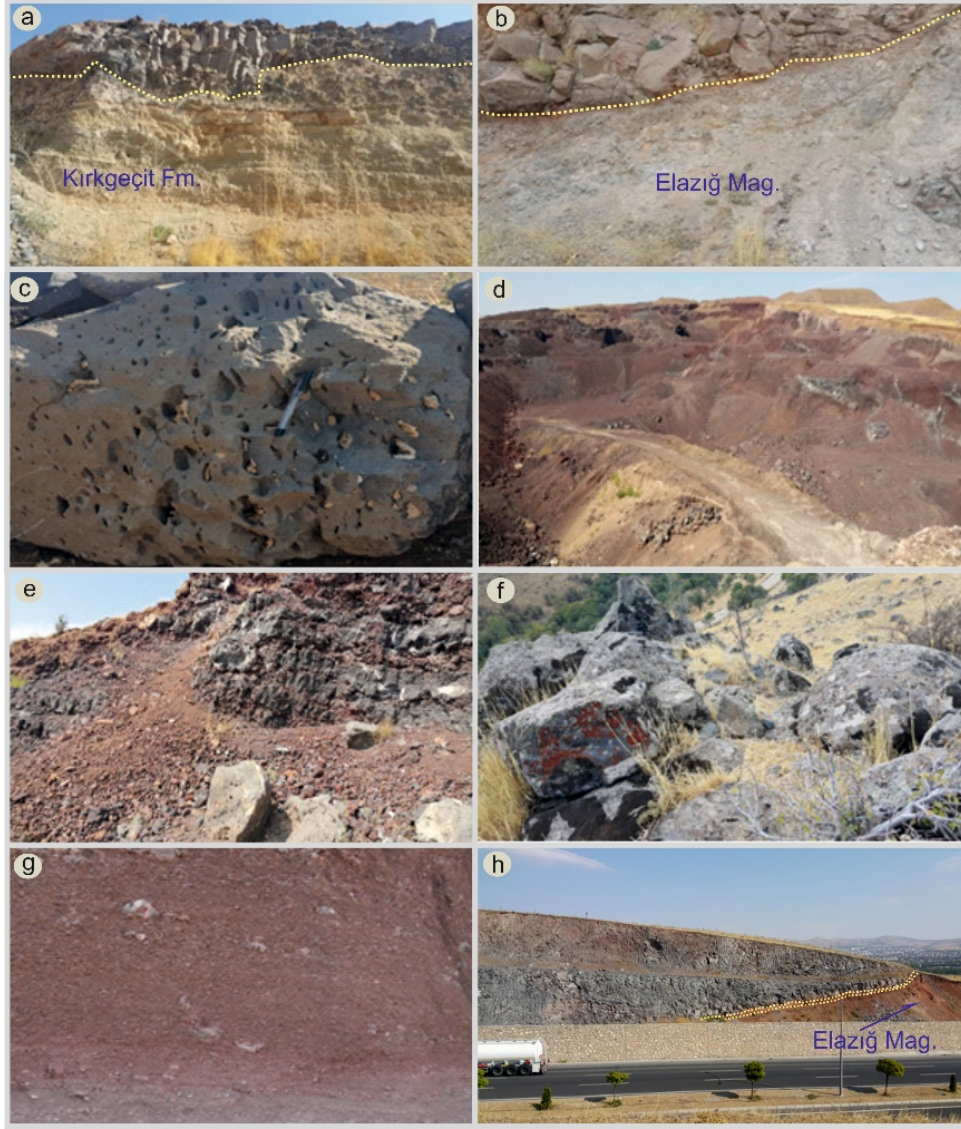


Şekil 1. (a) Elazığ ve çevresinin lokasyon ve (b) jeolojik haritası (MTA [21]'den sadeleştirilmiştir).

#### 4. Bulgular

##### 4.1 Elazığ volkanitleri yayılım özellikleri

Doğu Anadolu'daki yaygın Neojen volkanizmasının batıdaki devamını oluşturan Pleistosen (1,45 – 1,9 My) yaşlı [5,7,12,13] Elazığ volkanitleri, Elazığ merkez ve yakın çevresinde üç farklı lokasyonda efüzif ve eksploziv volkanizma ürünleri olarak yayılım göstermektedir (Şekil 1a, b). Kuzeyde bulunan Çip, Harmantepe ve Salkaya köyü çevresinde yüzeyleyen volkanitler en geniş yayımlı iken güneyde Yeniköy - Güney çevreyolu arasında yüzeyleyen volkanitler ise daha sınırlı alanda yayılmıştır. Doğuda, Harput-Beşoluk-Beydalı yerleşimi çevresinde bulunan volkanitler çok kalın bir piroklastik istif oluşturmalarından dolayı hem morfolojik hem de volkanik aktivite bakımından diğer volkanitlerden farklılık göstermektedir.



**Şekil 2.** Cip Köyü çevresindeki volkanitlerin (a) Kırkeçit Formasyonu ve (b) Elazığ Magmatitleri ile dokanakları ve (c) gaz boşluklu bazik volkanik kayaçlar ile (d) bazik cüruf yığılmasının görünümü. (e) Harput çevresi volkanitlerinin Karataş Tepe’de bazik cüruflar ve (f) bloklanmış volkanik kayaçların görünümü. (g) Yeniköy çevresindeki volkanizmanın bazaltik cüruftan oluşan piroklastik ürünleri ve (h) güney çevreyolu güzergâhında volkanik kayaçlar ile Elazığ Magmatitleri dokanağında gözlenen paleosol oluşumları.

Elazığ volkanitlerinin en yaygın bulunduğu Cip Köyü volkanitleri, Harmantepe köyünden başlayıp kuzeye doğru yayılarak Salkaya ve Toraman köylerinden sonra Keban Barajı göl alanına kadar yayılım göstermektedir. Bu bölgedeki volkanitlerin Kırkeçit Formasyonu (Şekil 2a) ve Elazığ Magmatitleri (Şekil 2b) ile dokanaklarında pişme zonları gelişmiştir. Ayrıca volkanitlerin Elazığ magmatitleri ile olan dokanaklarında ise bazen yaklaşık 40cm’ye kadar kalınlıklarda paleosol seviyeleri bulunmaktadır. Bölgede volkanizma genellikle lav akma yapısı şeklinde -efüzif volkanizma ürünleri- olup daha az olarak volkanik breş ve skorya (bazik cüruf) depolanması litolojisindedir. Efüzif volkanizma ürünü olan lav akma yapıları siyah renkli, ince taneli, veziküller ve amigdoloidal dokuludur. Gaz boşlukları genellikle uzamış elipsoid şekilli olup, bazı bölgelerde daha yoğun olmak üzere tüm istifte gözlenmektedir (Şekil 2c). Arazide genellikle alterasyonsuz, sert ve dayanımlı olarak bulunmalarına karşın yer yer alterasyonlu ve dayanımsız olarak da bulunurlar. Lav akma yapıları çatlaklar nedeniyle genellikle bloklar şeklinde görülürken, Cip Köyü güney sınırlarında yaklaşık 25° güneye eğimli, düzgün ve devamlı olmayan tabakalanma benzeri yapılar gösterir. Cip Köyü doğusunda yayılım gösteren volkanik breşler

oldukça sıkılaştırılmış, açık grimsi renkli, yüzeyde tamamen farklı boyutlardaki bloklardan oluşmuş bir şekilde ve birkaç metre kalınlıklarda bulunurlar. Bazik cüruf konisi şeklinde bulunan piroklastik istif, Şahinkaya köyü kuzeyi ile Altınkuşak köyü yakınında taban yayılımı oldukça geniş, yaklaşık 30m kalınlığında, bordo renkli genellikle eş boy-lapilli- taneli, yer yer birkaç metrelik merceğimsi gri renkli yine piroklastik malzemeler içeren bir görünümündedir (Şekil 2d). Bu bölgedeki lav akma yapıları eksplozif volkanizma ürünlerine göre çok daha geniş yayımlı ve genellikle birkaç metre veya daha az kalınlık oluşturur. Ancak, paleotopoğrafyaya bağlı olarak normal yayılımından daha kalın olarak da bulunabilmekte ve bu bölgelerde karasal efüzif volkanizmanın karakteristik özelliklerinden olan soğuma çatlakları gözlenmektedir.

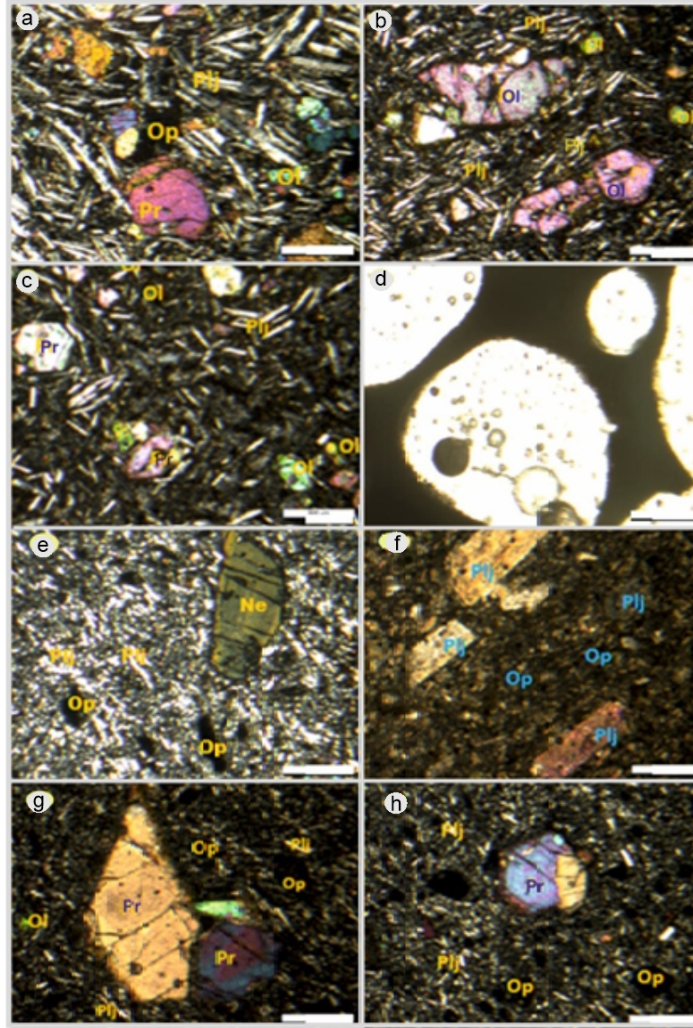
Harput çevresindeki volkanizma, Harput doğusunda Karataş Tepe'den başlayıp yine doğuya doğru Beşoluk, Karataş, Erbildi, Beydalı köyleri çevresinde Keban Barajı göl alanına kadar yayılım gösterir. Efüzif ve eksplozif volkanizmanın birlikte görüldüğü en iyi yerlerden birisidir. Bu nedenle bölge volkanizması polijenetik volkanizma olarak tanımlanmıştır [32]. Piroklastik ürünlerin yaklaşık 100 m. kalınlık oluşturduğu Karataş Tepe'nin, bu bölge volkanitlerinin çıkış merkezi olabileceği öngörülmüştür. Bazik bileşimli magmanın oluşturduğu volkanizma ürünleri olan blok ve bombaların geri düşme ürünleri şeklinde, özellikle burada yoğunlaşması bu görüşümüzü desteklemektedir (Şekil 2e). Karataş Tepe'de kalın bir istif oluşturacak şekilde bulunan piroklastik malzeme olan iri blok ve bombalarla beraber tuf gibi daha ince malzemeler de bulunmaktadır.

Harput-Karataş Tepe'deki piroklastikler kahverengimsi kırmızı, koyu gri-siyah renklidir. Özellikle istifin üst kısmına doğru oksitlenme çok belirgindir. Bu seviyelerde sıklıkla izlenen ve devamlı olmayan merceğimsi yapılar oluşturan blok ve/veya lav akmalarıyla birlikte yuvarlaklaşmış ve değişik boyutta tekil bloklar bulunmaktadır. Bu bölgede piroklastiklerin çok kalın bir istif oluşturması ve piroklastik malzemelerle lav akma yapılarının birlikte toplanma-yapışma yapısı oluşturması [32], özellikle piroklastik bombalarda soğan kabuğu ayrışmanın oluşması gibi fiziksel özelliklere dayanarak polijenetik volkanizma olabileceği belirtilmektedir [32]. Bu bölgede piroklastikler üzerinde yaklaşık 2 -3m kalınlık oluşturacak şekilde bulunan lav akma yapıları koyu siyah renkli, yoğun çatlaklı ve yer yer yuvarlağimsi bloklanmalı, genellikle alterasyonlu ve dayanımsızdır. Ancak Beşoluk Köyü çıkışında; çok sert ve ince taneli, alterasyon göstermeyen, bloklanmış şekilde ve günlenmiş yüzeyleri genellikle yosunla kaplı ve bundan dolayı farklı renkler gösteren, kırık yüzeyleri siyah veya koyu gri renkli kayalar da bulunmaktadır (Şekil 2f).

Elazığ volkanitlerinin yayılımının en az gözleendiği yer Yeniköy-güney çevreyolu bölgesidir. Bu bölgedeki volkanitler, litolojik olarak bazaltik cüruf yığılımlarından oluşan yoğun piroklastik ürünlerle birlikte bazik bileşimli volkanik kayalar içerir. Skorya depolanması olarak tanımlanan [33] bu bölgedeki piroklastik ürünler daha yerel olarak bulunur ve genellikle bazaltik cüruftan oluşmuştur (Şekil 2g). Bu özellikler ile Cip bölgesindeki volkanitlere benzerlik gösterir. Yaklaşık 50 m kalınlığa sahip bu skorya depolanmasının genellikle eş boy taneli, iyi boylanmış ancak az da olsa yaklaşık 1m'ye kadar değişen tekil volkan blokları içerdiği gözlenir. Daha küçük boyutlu ve genellikle iğ ve elipsoid şekilli olan volkan bombaları soğan kabuğu soğuma (eksfoliyasyon) şekilleri göstermektedir. Bu piroklastik istif içerisinde bulunan bazı volkan bombalarının çok yoğun gaz boşluklu ve alterasyonlu olması bu bölge volkanizmasını oluşturan magma veya oluşum sürecinde magmatik bir farklılaşmanın olabileceğini işaret etmektedir. Yeniköy çevresindeki volkanizmanın oluşturduğu lav akma yapıları, genellikle 2-3m'lik kalınlıklar oluşturacak şekilde ve alterasyon göstermezler. Cip Köyü çevresindeki volkanitlerde görüldüğü gibi bu bölge volkanitlerinde de alttaki birimi oluşturan Elazığ Magmatitleri dokanağında paleosol oluşumları gözlenmektedir (Şekil 2h).

## 4.2. Petrografi

Cip Köyü volkanitleri; ana mineral bileşenlerini plajiyoklas, olivin, daha az olarak piroksenlerin oluşturduğu genellikle akıntı dokulu ve daha az porfirik ve intergranüler dokuların görüldüğü bazik bileşimli kayalardır (Şekil 3a,b). Plajiyoklaslar, boyutları değişmekle beraber ince prizmatik kristalli, ikizlenmeli ve çoğunlukla uzamış latalar halinde ve genellikle yönlenmiş olarak bulunur (Şekil 3a). Bu kayalardaki fenokristal fazı oluşturan olivinler kayaç içerisinde çok daha baskın olup piroksenler ile genellikle yüksek girişim renkleri bakımından benzerdir. Olivinler yarı özşekilli ve yuvarlaklaşmış ve yer yer magma karışımının göstergesi olarak kabul edilen iskeletimsi doku gösterir (Şekil 3b). Ayrıca, bölgedeki kayaların genelinde çok yaygın olmamakla beraber bazen özellikle minerallerin kenarları ve çatlaklarında, bazı örneklerde ise nispeten küçük olivin kristallerinin tamamen iddingsitleştiği görülmektedir. Bu kayalardaki diğer mafik mineral bileşenini oluşturan piroksen fenokristalleri ise yoğun çatlaklıdır (Şekil 3a). Fenokristal fazını oluşturan bu mineraller aynı zamanda opak minerallerle beraber kayacın hamur malzemesini oluşturmaktadır. Plajiyoklasların latalar halinde bulunması ve zonlanma göstermelerinden dolayı tür tespiti yapılamamıştır. Ancak bu kayaların mineral bileşimi ve dokusal özelliklerinden olivin bazalt bileşimli olduğu söylenebilir.



**Şekil 3.** Volkanik kayaların mikroskop görüntüleri. Cip Köyü örneklerinin (a) genel dokusal görünümü (b) iskeletimsi olivinler. Harput volkanitleri bazaltik kayalardaki (c) porfirik ve (d) veziküler doku. Yeniköy çevresi volkanitlerinde (e) nefelin ile (f) yönlenmeli ve alterasyonlu plajiyoklas ve (g) piroksen fenokristalleri ile (h) korona dokulu piroksen minerali. Mikroskop görüntüleri çift nikolde 4,5x büyütmede çekilmiştir.

Harput Karataş Tepe volkanitleri esas olarak plajiyoklas, piroksen ve olivin bileşimli kayalardır (Şekil 3c). Genellikle porfirik, akıntı ve veziküler dokunun gözleendiği bu kayalarda alterasyon yaygın olup kalsit ve epidot gibi ikincil oluşumlar bulunmaktadır. Plajiyoklas mineralleri genellikle mikrokristal boyutunda olup, uzamış prizmatik latalar şeklinde, zonlanmalı ve ikizlenmeli, plajiyoklas mikrolitleri ise bazen zayıf da olsa yönlenmelidir. Bu bölgedeki volkanik kayalarda bulunan piroksenler ana fenokristal fazını oluşturmaktadır. Öz - yarıözşekilli olarak bulunan piroksen fenokristalleri canlı polarizasyon renkli ve genellikle çok çatlaklıdır. Olivin mineralleri ise fenokristalden mikrolitik boyuta kadar değişken olup, yarı özşekilli ve özşekilsiz kristalli ve bazen zayıf iskeletimsi dokulu olarak gözlenir. Olivinlerde gözlenen iddingsitleşme çoğunlukla fenokristallerin çatlak ve kenarlarında gözlenirken, hamurda bulunan mikrolitik olivinler de ise tamamını etkilemiş olarak görülmektedir. Bölgedeki bazı kayalarda tamamen yuvarlaklaşmış gaz boşlukları (vezikül) ve soğumanın çok hızlı gelişmesine bağlı olarak hamur malzemesinin camsı bir özellikte olduğu görülmektedir (Şekil 3d). Harput Karataş Tepe bölgesindeki volkanik kayalar için mineral bileşimleri ve dokusal özellikler dikkate alınarak bazalt tanımlaması yapılmıştır.

Yeniköy çevresindeki volkanik kayaların, Cip ve Harput volkanik kayalarıyla benzer mineral içeriği ve dokusal özellikler göstermesine karşın, bu kayalarda yer yer yaklaşık %5 oranında nefelin ve lösit mineral fenokristallerinin bulunması (Şekil 3e), diğer bölge kayalarıyla arasındaki en büyük farkı oluşturmaktadır.

Ayrıca, Yeniköy çevresindeki volkanik kayalarda plajiyoklas minerallerinin çoğunlukla hamur malzemesini oluşturacak şekilde mikrolitik boyutlarda ve daha az olarak bulunan plajiyoklas fenokristallerinin de özşekilli prizmatik kristaller şeklinde bulunması da diğer bölge volkanik kayalarından farklıdır. Bu plajiyoklas mineralleri genellikle yönelmeli olup çok yoğun alterasyon gösterirler (Şekil 3f). Bu bölge volkanik kayalarının mafik mineral bileşimini oluşturan olivin ve piroksenlerin kayada bulunma oranları yaklaşık aynıdır. Yüksek girişim rengine sahip ve farklı boyut ve şekillerdeki fenokristal olarak bulunan bu mineraller kırık-çatlaklıdır. Genellikle kayalardaki fenokristallerde özellikle kenarlar ve çatlaklar boyunca gözlenen alterasyon, mikrolitik hamur malzemesinde de yoğun olarak gözlenmektedir. Ayrıca bu bölge volkanik kayalarındaki piroksenlerde gelişmiş korona dokusu (Şekil 3g), magma karışımının işareti olarak kabul edilebilir. Yeniköy çevresindeki volkanik kayalar, mineral içeriklerinden dolayı alkali bazalt olarak tanımlanmıştır.

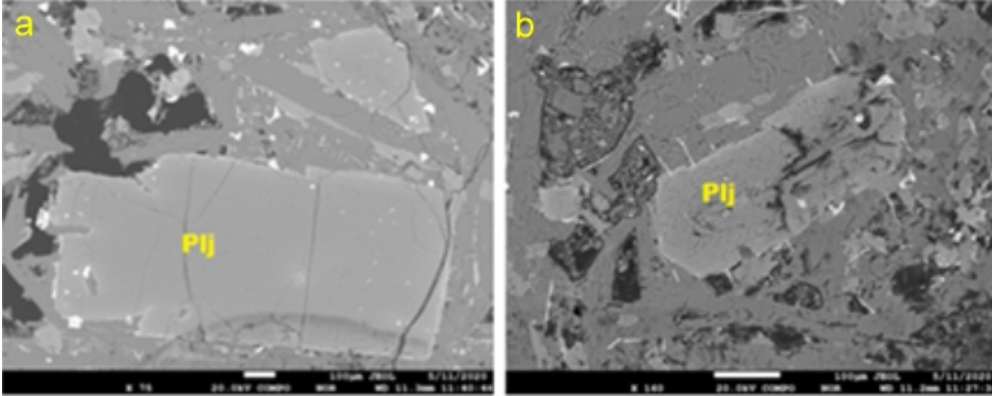
#### 4.3. Mineral kimyası

Çalışma konusu Cip (S4), Harput (S20) ve Yeniköy (S11, S14) çevresindeki volkanik kayalardan alınan dört örnekte, plajiyoklas, olivin, piroksen ve amfibol minerallerinde kimyasal analizler gerçekleştirilmiş ve volkanizmanın oluşumunda etkili olan süreçler araştırılmıştır.

##### 4.3.1. Plajiyoklas

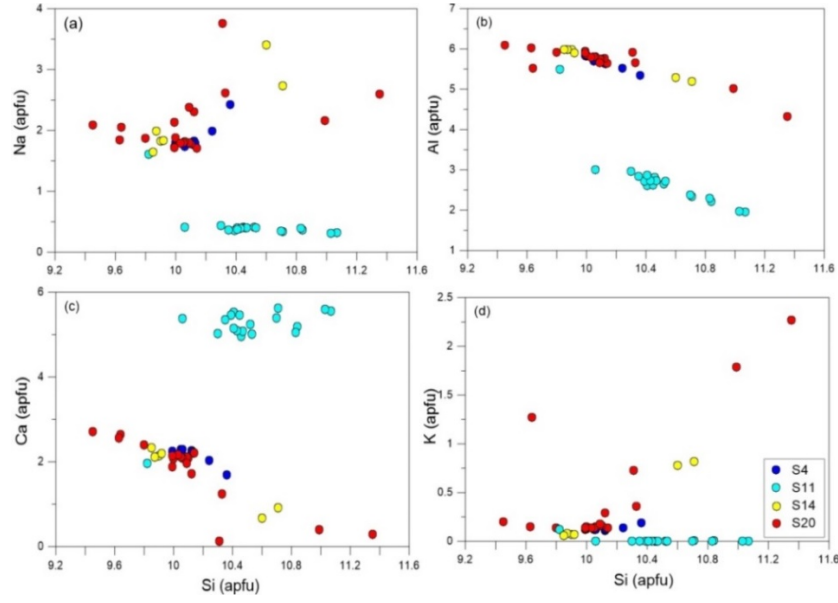
Belirtilen dört örnekte, analizleri yapılan farklı sayıdaki plajiyoklas minerallerinin mineral bileşimleri tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo Ek1-4’de verilmiştir. 32 oksijen atomuna dayanarak yapılan hesaplamalarda Yeniköy S11 nolu örneğin element ve mineral bileşimlerinin diğer örneklerden farklı olduğu ve buna karşın diğer örneklerdeki tüm minerallerin kimyasal bileşimlerinin benzer bileşim aralıklarına sahip olduğu ve bu örneklerde Fe ve Ba’un kimyasal bileşimlerinin ihmal edilebilir miktarlarda olduğu belirlenmiştir (Tablo Ek1-4).

Cip Köyü volkanitlerinin olivin bazalt bileşimli S4 örneğinde, plajiyoklas mineralleri tipik olarak fenokristal boyutundan mikro kristal boyutuna değişim gösterir. Bu kayaç örneğinde dört farklı plajiyoklas minerali üzerinde toplam 10 noktada ölçüm yapılmıştır (Şekil 4a) (Tablo Ek-1). Harput volkanitleri kayalarından olan S20 nolu bazalt örneğinde (Şekil 4b), dört farklı plajiyoklas mineralinde toplam 19 noktada analiz yapılmıştır (Tablo Ek-2). Volkanitlerin Yeniköy çevresindeki yayılımından alkalibazalt bileşimli iki örnekte (S11 ve S14) yapılan analizlerde ise S11 nolu örnekte dört farklı plajiyoklas mineralinde toplam 19 nokta ile S14 nolu örneğe ait tek bir plajiyoklas mineralinde toplam altı noktada ölçüm yapılmıştır. Sonuçlar Tablo Ek-3 ve Tablo Ek-4’te verilmiştir.



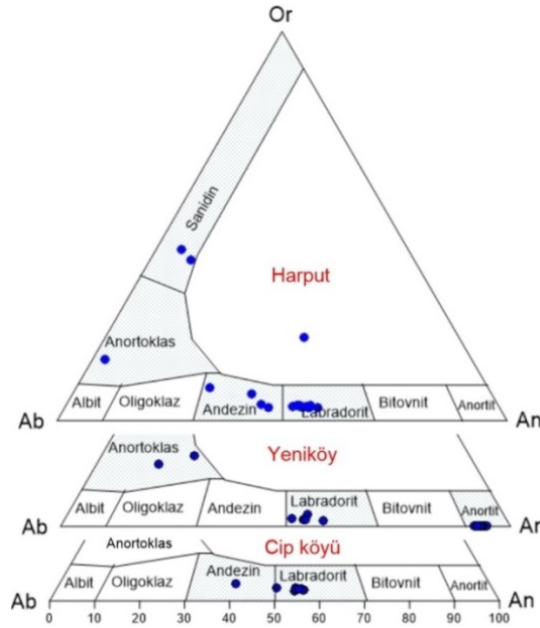
Şekil 4. (a) S4 ve (b) S20 örneğinin BSE-geri yansımali elektron mikroskobu görüntüleri (Plj: Plajiyoklas).

Plajiyoklas minerallerinin elementel ilişkilerini belirlemek için Na (apfu), Al (apfu), Ca (apfu) ve K (apfu)'a karşı Si (apfu) ikili değişim grafiği çizilmiştir (Şekil 5). Örneklerin Al ve Ca içeriklerinin Si içeriğiyle negatif ilişkili (Şekil 5a, b), ancak artan Si içeriğine bağlı olarak Na ve K içeriklerinin zayıf pozitif eğilim gösterdiği görülmektedir (Şekil 5c, d). Elementlerin bu yönsemleri normal fraksiyonlaşmaya işaret ederken, S11 nolu plajiyoklas minerallerinin diğer örneklerden farklı bileşimlere sahip olduğu gözlenmektedir.



Şekil 5. Plajiyoklas minerallerinde elementlerin Si (apfu)'e göre değişim diyagramları.

Feldispatların sınıflandırılmasında  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  (albit),  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  (anortit) ve  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$  (K-feldispat) arasındaki ilişkilerden yararlanıldığı bilinmektedir. Buna göre, Cip Köyü volkanitleri, olivin bazalt bileşimli S4 örneğinde, plajiyoklas mineralleri üzerinde yapılan analiz ve hesaplamalardan (Tablo Ek-1), albit ( $\text{Ab}_{44-56}$ ), anortit ( $\text{An}_{54-39}$ ) ve ortoklas ( $\text{Or}_{2-3}$ ) içeriklerine göre çoğunlukla labradorit daha az andezin bileşimli olduğu belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Elazığ volkanitlerine ait feldispatların Ab-Or-An diyagramı [34].

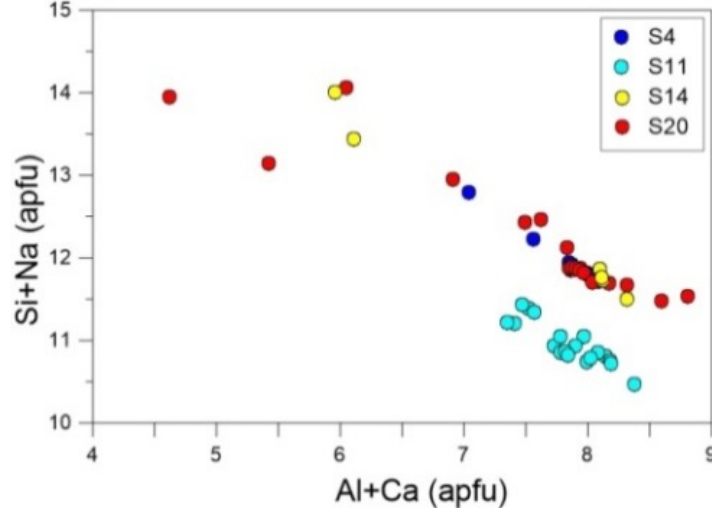
Harput S20 nolu bazalt örneğinde yapılan analizlerde (Tablo Ek-2) minerallerin albit ( $\text{Ab}_{34-81}$ ), anortit ( $\text{An}_{9-56}$ ) ve ortoklas ( $\text{Or}_{3-44}$ ) içeriklerine göre, büyük çoğunluğunun labradorit, daha az olarak andezin, sanidin ve anortoklas bileşimli olduğu belirlenmiştir (Şekil 6).

Elazığ volkanitlerinin Yeniköy çevresindeki yayılımından alkali bazalt bileşimli iki farklı (S11 ve S14) örnekte yapılan plajiyoklas analizlerinden S11 nolu örnekte yapılan hesaplamalar sonucunda bu örneğe ait



feldispat minerallerinin genellikle anortit bileşiminde ( $An_{53-94}$ ,  $Ab_{6-44}$ ,  $Or_{03-3}$ ) olduğu, S14 nolu mineralin ise daha düşük anortit ( $An_{14-58}$ ,  $Ab_{41-70}$ ,  $Or_{2-18}$ ) içeriğine bağlı olarak anortoklas ve labradorit bileşimli (Şekil 6) olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçların değişim diyagramındaki dağılımlarla da uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 5).

Tüm örneklerdeki plajiyoklasların Al + Ca (apfu) ve Si + Na (apfu) değişim diyagramında negatif ilişkili olduğu görülmektedir (Şekil 7). Elementler arasındaki negatif ilişki Na ve Ca'un yer değiştirmesinin yanı sıra Al ve Si arasında da yer değiştirmenin var olduğunu açıklamaktadır.



Şekil 7. Elazığ volkanitlerine ait feldispatların Al + Ca (apfu) karşın Si + Na (apfu) değişim diyagramı.

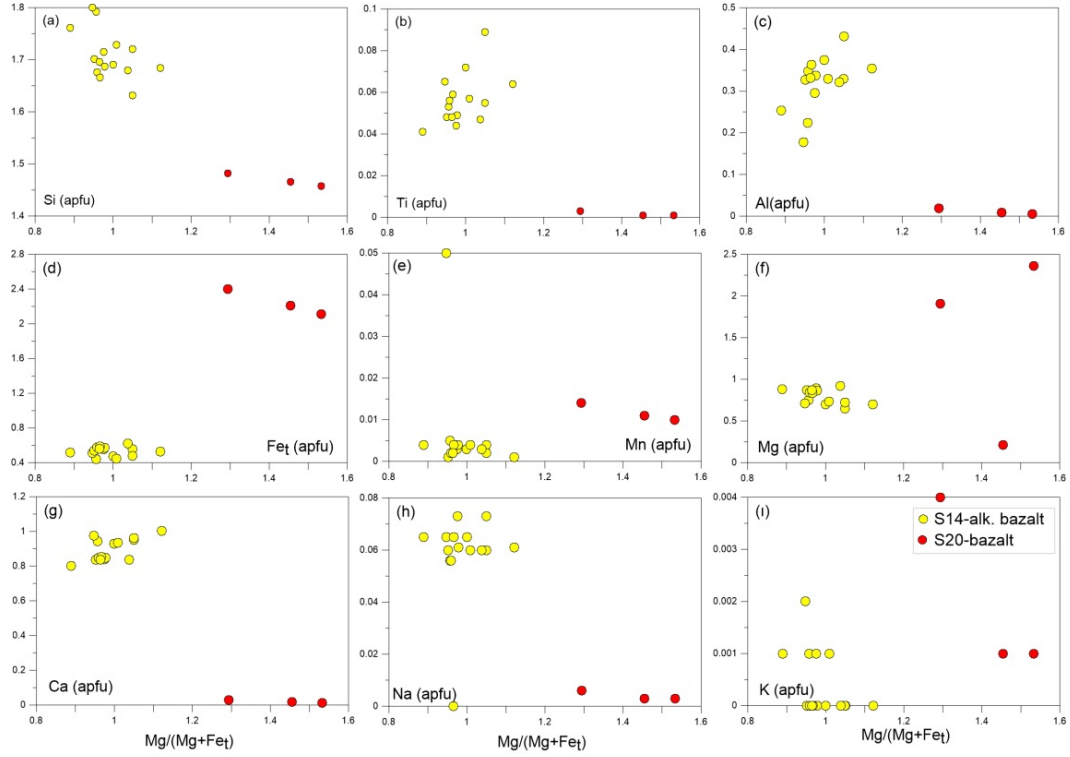
#### 4.3.2. Piroksen

Harput (S20) ve Yeniköy (S14) volkanik kayalarından yapılan piroksen analizlerinde, Harput örneklerinin  $Mg\#_{1.29-1.53}$ , Yeniköy örneklerinin  $Mg\#_{0.89-1.05}$  arasında değiştiği ve aralarında belirgin bir farklılık olduğu görülür (Tablo Ek-5,6). Piroksenlerin bileşimsel değişikliklerini görmek için  $Mg\#$ 'na karşın element (katyon, apfu) içeriklerinin ikili grafikleri çizilmiştir (Şekil 8). Şekilde, Harput ve Yeniköy örneklerin hemen tüm elementlerinin birbirinden farklı dağılımı görülmektedir.

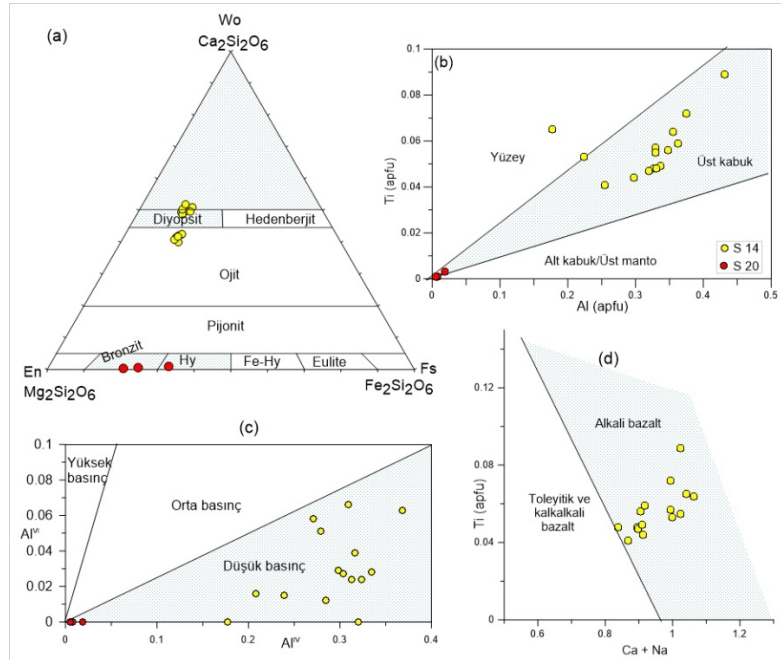
Cip Köyü volkanitleri ile ilgili piroksen analizleri yapılamadığı, Harput örneklerinden de ancak 3 adet analiz yapılabildiği için piroksen minerali analiz verilerine dayanarak genel anlamda volkanitlerin bütünüyle ilgili yorumların çok net olamayacağı bilinmektedir. Harput örneklerinin çoğu element içerikleri bakımından Yeniköy örnekleriyle benzer değerlerde olmasına karşın, Fe ve Mg bakımından Yeniköy örneklerinden düşük, Ca ve Al'ca daha yüksek değerlere sahip olduğu görülür (Şekil 8d, f, g). Bu verilerle, Cip Köyü volkanitlerini temsil eden piroksenlerin kimyasal bileşimlerine göre Ca içeriği düşük bir sistemden kristalleştigi ve zayıf da olsa iki farklı sistemin varlığına işaret ettiği söylenebilir.

Piroksenlerin ana element içeriklerinden hesaplanan  $Mg_2Si_2O_6$  (Enstatit) -  $Ca_2Si_2O_6$  (Vollastonit) -  $Fe_2Si_2O_6$  (Ferrosillit) değerlerine göre, sınıflandırma diyagramında [35] Harput örneklerinin Mg'ca zengin bronzit-hipersten, Yeniköy örneklerinin ise Ca'ca daha zengin diyopsit-Ojit bileşimli oldukları görülmektedir (Şekil 9a).

Piroksenlerde özellikle Al ve Ti elementlerinin mineralin kristalleştigi basınç koşullarına sınırlama getirdiği kabul edilmektedir [36]. Bu amaçla karasal alkali bazaltlar üzerinde yapılan deneylerden kalibre edilmiş olan ve geliştirilen diyagram, bazaltik magma ile denge halindeki piroksenler için Al-Ti oranının basınca bağımlılığını göstermektedir [36]. Bazik bileşimli magmadan kristalleşen piroksenler, yüksek basınç koşullarında oluştuklarından yüksek Al-Ti oranlarına sahip olması gerekmektedir. Buna göre, çalışma konusu örneklerin Al-Ti diyagramında çok düşük Al-Ti oranına sahip olduğu (Şekil 9b), dolayısıyla her iki bölge volkanitlerindeki piroksenlerin farklılık göstermeden düşük basınç koşullarında kristalleştigi görülmektedir (Şekil 9c). Harput örneklerinin düşük Ca içeriği toleyitik veya kalkalkali bazalt kaynağını verirken, Yeniköy örnekleri alkali bazalt kaynağıdır (Şekil 9d).



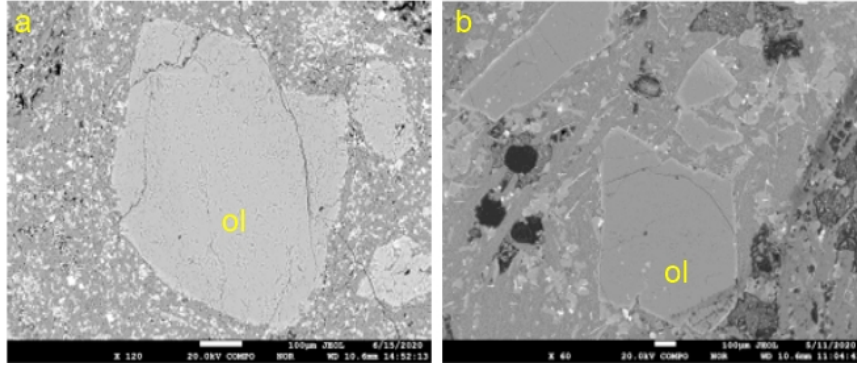
Şekil 8. Piroksenlerin ana element bileşimlerine ilişkin değişim diyagramları.



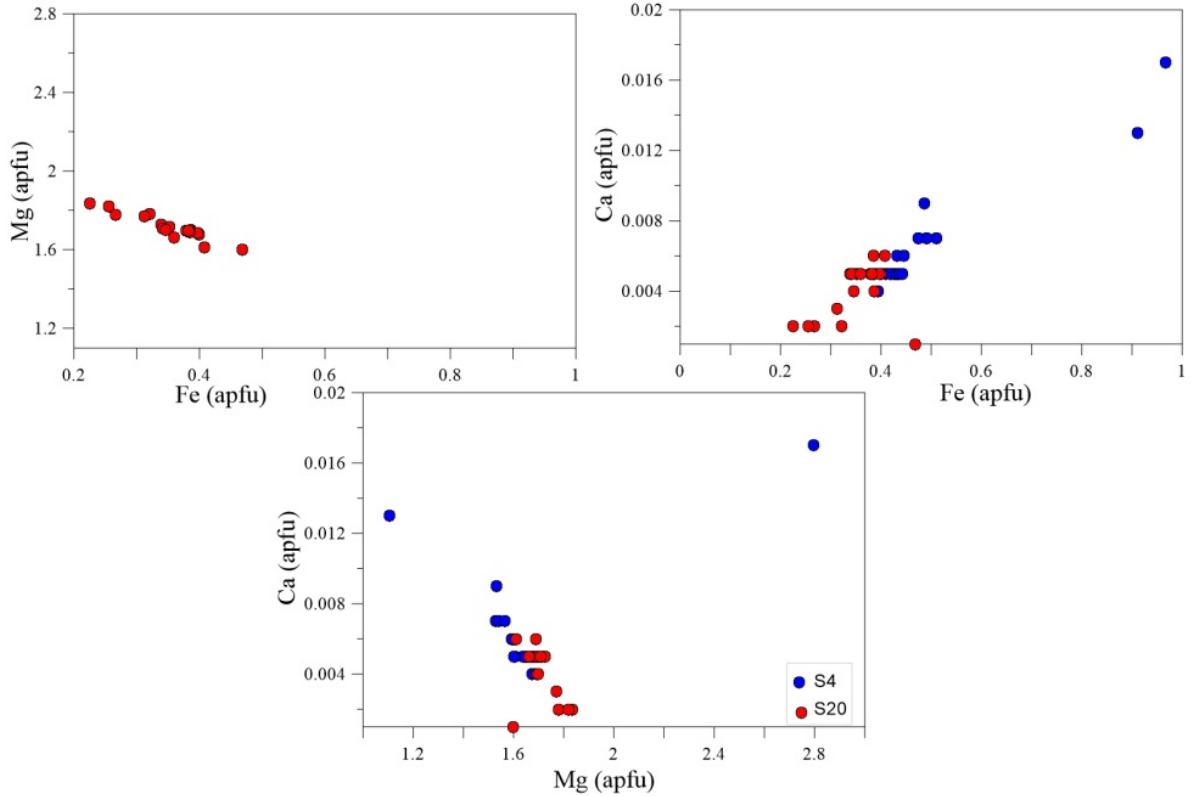
Şekil 9. (a) Harput ve Yeniköy volkanitleri piroksenlerinin isimlendirme [35], (b) Al-Ti içeriklerine kristalleşme derinlik modeli [36] ve (c) Basınç belirleme diyagramı [37] ile (d) Ca+Na – Ti diyagramı [38].

### 4.3.3. Olivin

Çalışma bölgesindeki Cip Köyü ve Harput volkanitlerden analiz yapılan örneklerdeki (S4 ve S20) olivin minerallerinde (Şekil 10) farklı sayıda noktalarda analiz yapılmış ve sonuçlar Tablo Ek-7 ve 8'de verilmiştir. Olivin minerallerinde ana element bileşenlerini oluşturan Mg, Fe, Si ve Ca'un değişimlerini belirlemek için oluşturulan Fe-Ca, Mg-Ca ve Fe-Mg ikili diyagramlarda Mg ile Ca arasında belirgin bir korelasyonun olmadığı gözlenir (Şekil 11). Harput ve Cip Köyü örnekleri element değerlerinin genellikle birbirleriyle uyumlu olmasına karşın Cip Köyü örneklerinden bazılarının en yüksek Mg, Fe ve Ca'a sahip olduğu görülür. Ancak genel anlamda Harput örnekleri Mg'ca, Cip Köyü örnekleri ise Ca'ca daha zengindir. Cip Köyü ( $Fo=79,15-80,73$ ,  $Fa=19,04-21,66$ ) ve Harput örneklerinde ( $Fo=61,67-88,87$ ,  $Fa=10,92-37,95$ ) Mg ile Fe arasında çok belirgin negatif ilişki gözlenmektedir. Elementlerdeki bu değişimler genel anlamda homojen bir magmayı karakterize etmektedir.



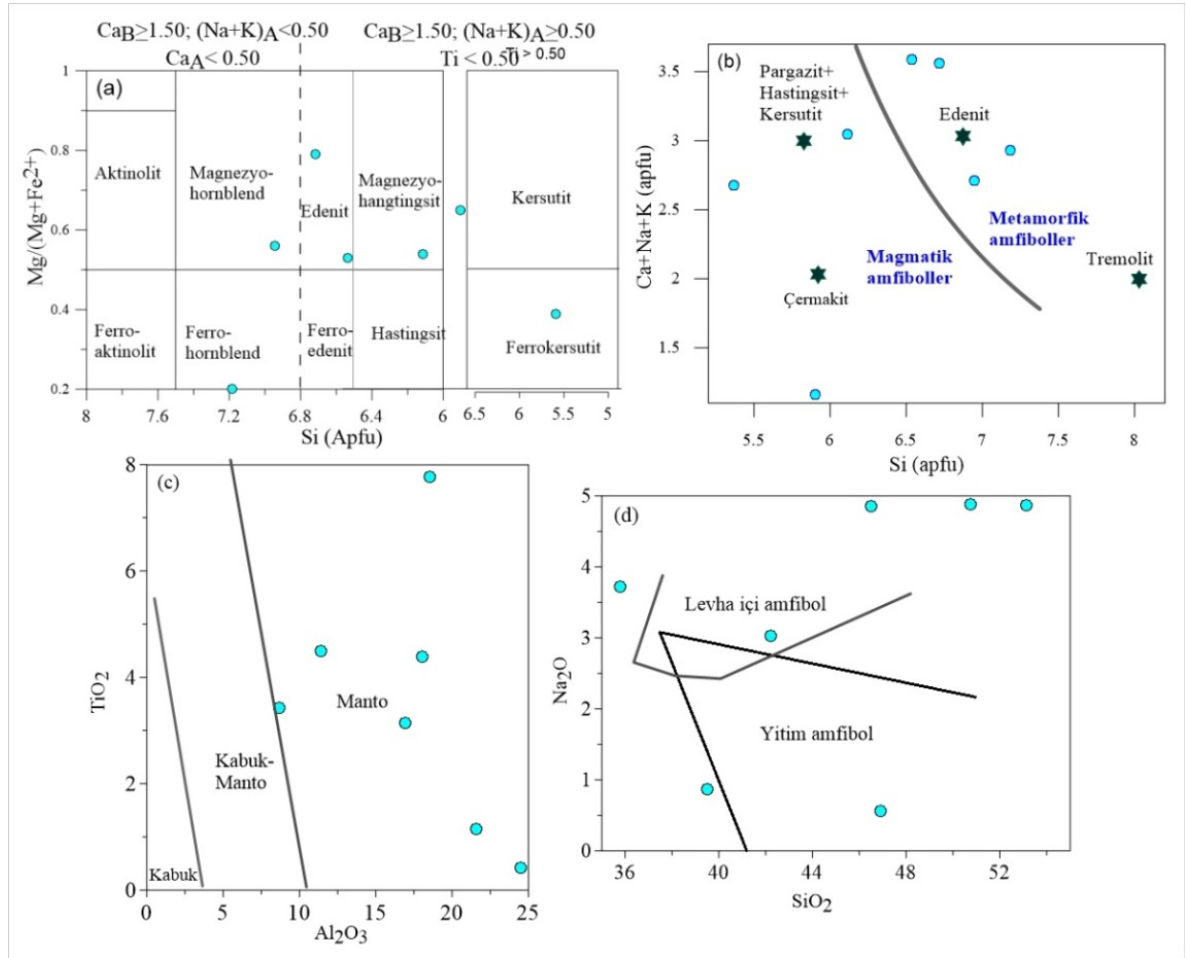
Şekil 10. (a) Yeniköy (S11), (b) Harput (S20) volkanitlerinde olivin minerallerinin BSE görüntüleri.



Şekil 11. Elazığ volkanitlerine ait olivinlerin Fe-Mg, Fe-Ca ve Mg-Ca diyagramları.

#### 4.3.4. Amfibol

Yeniköy çevresindeki S11 nolu alkali bazalt örneğinde bir amfibol mineralinde yapılan analiz verileri Tablo Ek-9'da verilmiştir. Örneklerin  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$  ( $Mg\# = 0,2-0,79$ ) değerleri oldukça düşük ve dar bir aralıkta değişirken, mineralin Ca (1,36-3,39), Mg (0,91-2,66) ve Al değerlerinin (1,47-3,91) yüksek olduğu, bu değerlere sahip amfibollerin ise farklı bileşimlerde olduğu görülmektedir (Şekil 12a). Ayrıca amfibolün, Leake [39] tarafından magmatik amfibollerin silis içerik sınırını temsil eden  $Si=7,500$  (apfu) değerlerini aşmadığı görülmektedir. Yine amfibolün  $(Ca + Na + K) - Si$  diyagramında [39] magmatik-metamorfik amfiboller alanında dağılım sergilemesi dolayısıyla bu magmatizmanın metasomatizmadan etkilendiğinin işareti olarak kabul edilebilir (Şekil 12b). Ana oksit bileşenlerinin dağılımına göre Yeniköy volkanitlerindeki amfibol manto kökenli (Şekil 12c) ancak hem levha içi hem de yitim etkili tektonik ortamı işaret etmektedir (Şekil 12d).



**Şekil 12.** (a) Yeniköy çevresindeki amfibolün sınıflandırması [40] ile (b) magmatik-metamorfik amfibol dağılımları [39], (c) köken [41] ve (d) tektonik oluşum ortamlarını [42] gösterir diyagramlar.

#### 5. Sonuçlar

Elazığ çevresinde yayılım gösteren Kuvaterner yaşlı volkanitler Cip, Harput ve Yeniköy çevresi volkanitleri olarak ayrı incelenmiştir. Farklı lokasyonlarda yayılım gösteren bu volkanitler efüzif ve eksploziv volkanizma ürünüdürler. Efüzif volkanizma ürünü olan bazik bileşimli lavlar, paleotopografyaya bağlı olarak yer yer birkaç metre kalınlıklar göstermelerine rağmen genellikle daha incedir. Altersyonsuz örnekleri koyu gri renkli, sert, dayanımlı ve değişken oranlarda gaz boşlukludur. Her üç bölgede de eksploziv volkanizma ürünü olan bazaltik cüruf depolanmaları bulunmaktadır. Cip ve Yeniköy örnekleri daha çok lapilli boyutundaki piroklastlardan oluşurken, Harput piroklastitlerini oluşturan volkanik malzemeler ağırlıklı olarak tüf ve yer yer volkanik bloklar

da içermektedir. Harput – Karataş Tepe’de bazaltik cürüflar içerisinde merceğimsi ya da ardalanmalı olarak bulunan lav akma yapıları içeren bu kayaçlar bu bölgedeki volkanizmanın farklı olarak çok evreli olduğuna işaret eder.

Cip, Harput ve Yeniköy çevresinde efüzif volkanizma ürünü olan bazik bileşimli bu kayaçların genel olarak benzer petrografik özelliklere sahip olduğu ve plajiyoklas, olivin, piroksen mineral bileşimiyle porfirik, akma ve veziküler doku gösterdiği belirlenmiştir. Cip Köyü örneklerinde olivin minerallerinde iskeletimsi doku görülürken, Harput örneklerinde plajiyoklasların genellikle mikrokristal boyutunda, uzamış prizmatik latalar şeklinde, zonlanmalı ve ikizlenmeli olduğu belirlenmiştir. Yeniköy çevresindeki volkanik kayaçlarda ise mafik minerallerin fenokristal fazında daha baskın olduğu ve ayrıca farklı olarak bu kayaçlarda yer yer yaklaşık %5 oranında nefelin ve lösit minerallerinin bulunduğu belirlenmiştir.

Çalışma konusu volkanitleri oluşturan magmatizma süreçlerinin anlaşılması bakımından, özellikle piroksen ve plajiyoklas fenokristallerinin davranışları önemlidir. Ancak analitik verilerin az ve çok kısıtlı (yalnızca mineral kimyası analizleri) olması ve analizlerin zonlanmayı belirleyecek şekilde olmaması bu konuda sadece genel sınırlamalar yapılmasına izin vermektedir. Buna göre, plajiyoklas mineralleri bakımından, Yeniköy volkanitleri Ca’ca en zengin plajiyoklasları içermesi bakımından diğer örneklerden ayrılmasına karşın, Na ve K içeren anortoklas içermesi ile Harput volkanitlerine benzerlik göstermektedir. Tüm örneklerdeki plajiyoklasların element ve buna bağlı olarak mineral bileşimlerine bakarak, benzer magmatik sisteme sahip oldukları ancak, Yeniköy volkanitlerinin fraksiyonel kristalleşmenin etkisiyle beraber Na ve K bakımından zengin olan alkalın bir magma tarafından beslediği kabul edilebilir. Bu durum, petrografik olarak da belirlenen lösit ve nefelinin varlığıyla da uyumludur. Benzer farklılık piroksen mineral değişimlerinde de gözlenmektedir. Harput örneklerinin Mg’ca daha zengin olmasına karşın, Yeniköy örneklerindeki Ca zenginleşmesi magmanın beslenmesine ya da magma karışımının işareti olarak kabul edilebilir. Ayrıca piroksen minerallerinin düşük Al-Ti içeriğine sahip olması bu minerallerin oluşumunun düşük basınç koşullarında, magmanın yükselme evresinde kristalleştiklerine işaret etmektedir. Olivin minerallerinde de Mg ve Fe oranlarında zayıf da olsa değişimlerin gözlenmesi magma karışımı/kirlenmeyi göstermektedir. Ayrıca bu volkanitlerin Mg açısından zengin olivin fenokristalleri (Fo=62-89) içermeleri, onların yüksek derecede magnezyumlu ana eriyiklerden kristalleşmelerini ima eder. Analizi yapılan tüm örneklerdeki plajiyoklasların Al + Ca (apfu) ve Si + Na (apfu) değişim diyagramlarında gözlenen negatif ilişkiler ve buna sebep olan elementler arasındaki yer değiştirmenin magma karışımı ya da olasılıkla yitimle bağlantılı magma etkileşiminin olabileceğini göstermektedir. Amfibollerin de çok farklı bileşimlerde ve magmatik-metamorfik amfiboller alanında bulunmaları ana ergiyiklerde H<sub>2</sub>O’nun varlığıyla birlikte magma karışım/etkileşim sonucu destekler niteliktedir.

Sonuç olarak, çalışma konusu volkanitlerdeki petrografik gözlemler ve sınırlı sayıda örnekle yapılan mineral kimyası analizleri-varyasyon diyagramları birlikte dikkate alındığında, farklılaşan iki grup olduğu ancak bu volkanitlerin oluşum ve gelişim süreçlerinin daha iyi anlaşılması için jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalarla desteklenmesi gerektiği düşünülmektedir.

### **Teşekkür**

Bu çalışma “FÜBAP-MF.19.42” protokol numaralı proje ile Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (FÜBAP) tarafından desteklenmiştir. Yazarlar, makalenin inceleme ve değerlendirme aşamasında yapmış oldukları katkılardan dolayı Editör ve hakemlere teşekkür ederler.

### **Kaynaklar**

- [1] Innocenti F, Agostini S, Di Vincenzo G, Doglioni C, Manetti P, Savaşçın MY, Tonarini S, Neogene and Quaternary volcanism in western Anatolia: magma sources and geodynamic evolution. *Mar Geol*, 2005; 221, 397–421.
- [2] Karaoğlu Ö, Helvacı C, Ersoy EY, Petrogenesis and 40Ar/39Ar Geochronology of the Volcanic Rocks of the Uşak Güre basin, western Türkiye. *Lithos*, 2010; 119, 193-210.
- [3] Lustrino M, Duggen S, Rosenberg CL, The Central-Western Mediterranean: anomalous igneous activity in an anomalous collisional setting. *Earth-Science Reviews*, 2011; 104, 1–40.
- [4] Aktaş A, Öztüfekçi Önal A, Sayit K, Geochemistry of the post-collisional Miocene mafic Tunceli Volcanics, Eastern Turkey: implications for the nature of the mantle source and melting systematics. *Chem der Erde*, 2019; 79, 113–129.
- [5] Di Giuseppe P, Agostini S, Lustrino M, Karaoğlu Ö, Savaşçın MY, Manetti P, Ersoy Y, Transition from compression to strike-slip tectonics revealed by Miocene-Pleistocene volcanism west of the Karlıova Triple Junction (East Anatolia). *Journal of Petrology*, 2017; 58 (10), 2055-2087.
- [6] Di Giuseppe P, Agostini S, Di Vincenzo G, Manetti P, Savaşçın MY, Conticelli S, 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*, 2021; 110, 849–874.
- [7] Agostini S, Savaşçın MY, Di Giuseppe P, Di Stefano F, Karaoğlu Ö, Lustrino M, Manetti P, Ersoy Y, Kürüm S, Öztüfekçi-Önal A, Neogene volcanism in Elazığ-Tunceli area (eastern Anatolia): geochronological and petrological constraints. *Italian Journal of Geosciences*, 2019; 138, 435-455.
- [8] Şengör AMC, Yılmaz Y, Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. *Tectonophy*, 1981; 75, 181-241.

- [9] Dilek Y, Sandvol E, Seismic structure, crustal architecture and tectonic of the Anatolian-African Plate Boundary and the Cenozoic Orogenic Belts in the Eastern evolution Mediterranean Region. Geological Society of London Special Publications, 2009; 327, 127-160.
- [10] Keskin M, Domal uplift and volcanism in a collision zone without a mantle plume: Evidence from Eastern Anatolia. 2005; <http://www.MantlePlumes.org/Anatolia.html>.
- [11] Lin YC, Chung SL, Bingöl AF, Yang L, Okrostsvardize A, Pang KN, Lee HY, Lin TH, Diachronous initiation of postcollisional magmatism in the Arabia-Eurasia collision zone. *Lithos*, 2020; 356-357,105394.
- [12] Seyrek A, Demir T, Pringle M, Yurtmen S, Westaway R, Bridgland D, Beck A, Rowbotham G. Late Cenozoic uplift of the Amanos Mountains and incision of the Middle Ceyhan river gorge, southern Turkey: Ar-Ar dating of the Duzici basalt. *Geomorphology*, 2008; 97(3/4), 321-355.
- [13] Trifonov V, Çelik H, Trikhunkov YI, Simakova AN, Ozherelyev DV, Kolesnichenko AA, The Lower Pleistocene in The Euphrates Valley of Eastern Turkey and inhabitation of earliest hominine in the Caucasus region. XIX INQUA Congress Quaternary Perspectives on Climate Changes, Natural Hazards and Civilization, Poster Presentation, Nagoya, Japan. 2015.
- [14] Naz H, 1979. Elazığ-Palu dolayının jeolojisi. TPAO Rapor No. 1360. 1979.
- [15] Herece Eİ, Acar Ş, Upper Cretaceous-Tertiary geology/stratigraphy of Pertek and its vicinity (Tunceli, Turkey). *Bulletin of Mineral Research and Exploration*, 2016; 153, 1-44.
- [16] Önal A, Akkuş A, Tunceli-Pertek Jeotermal Alanındaki Sıcak ve Soğuk Suların Hidrojeokimyasal Özellikleri. *Int J Pure Appl Sci*, 2019; 5(1), 53-71.
- [17] Balaban TÖ, Okan ÖÖ, Sançar T, Önal AÖ, Pertek (Tunceli) jeotermal alanının antropojenik kirliliğinin değerlendirmesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 2020; 63, 83-96.
- [18] Özgül N, Torosların bazı temel jeoloji özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 1976; 19, 65-78.
- [19] Kaya A, Keban (Elazığ) civarındaki metamorfiteğin yapısal analizi ve tektonik evrimi. Doktora Tezi. FÜ Fen Bil Enst, 133s.(yayımlanmamış), 2001.
- [20] Akgül B, Piran köyü (Keban) çevresindeki magmatik kayaların petrografik ve petrolojik özellikleri. Doktora Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 125s. (yayımlanmamış), 1993.
- [21] MTA, 1/500.000 Türkiye Jeoloji Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, 2002.
- [22] Perincek D, Palu-Karabegon-Elazığ-Sivrice-Malatya alanının jeolojisi ve petrol imkânları. TPAO Rap No 1361, 1979a.
- [23] Turan M, Aksoy E, Bingöl AF, Doğu Torosların jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimlerinin 25. Yılı Sempozyumu Bildiriler, 15-18 Kasım, 1993.
- [24] Kürüm S, K-Ar age, geochemical, and Sr-Pb Isotopic compositions of Keban magmatics, Elazığ, Eastern Anatolia, Turkey. *Natural Science*, 2011; 3/9, 750-767.
- [25] Kürüm S, Akgül B, Öztüfekçi-Önal A, Boztuğ D, Harlavan Y, Ural M, An Example for Arc-Type Granitoids along Collision Zones: The Pertek Granitoid, Taurus Orogenic Belt, Turkey. *International Journal of Geoscience*, 2011, 2, 214-226.
- [26] Lin YC, Chung SL, Bingöl AF, Beyarslan M, Petrogenesis of late Cretaceous Elazığ magmatic rocks from SE Turkey: New age and geochemical and Sr-Nd-Hf isotopic constraints. *Goldschmidt Conference*, 2015.
- [27] Lin YC, Chung SL, Bingöl AF, Beyarslan M, Li XH, Yang JH, Lee HY, Short-lived late Cretaceous arc magmatism in SE Turkey: Temporal geochemical variations and tectonic implications, *Goldschmidt Conference*, 2016.
- [28] Sar A, Pertek (Tunceli) güneydoğusundaki granitoidlerin petrolojisi. Yüksek Lisans Tezi. FÜ Fen Bil Enst, 84s, 2016.
- [29] Beyarslan M, Bingöl AF, Zircon U-Pb age and geochemical constraints on the origin and tectonic implications of late cretaceous intra-oceanic arc magmatics in the Southeast Anatolian Orogenic Belt (SE-Turkey). *Journal of African Earth Sciences*, 2018; 147, 477-497.
- [30] Ural M, Arslan M, Göncüoğlu MC, Tekin UK, Kürüm S, Late Cretaceous arc and back-arc formation within the southern Neotethys: whole-rock, trace element and Sr-Nd-Pb isotopic data from basaltic rocks of the Yüksekova complex (Malatya-Elazığ, SE Turkey). *Ofioliti*, 2015; 40(1), 57-72.
- [31] Aksoy E, Türkmen İ, Turan M, Meriç E, Harami Formasyonu'nun (Üst Kampaniyen-Maastrichtiyen) stratigrafik konumu ve çökelme ortamı ile ilgili yeni bulgular, *Elazığ Güneyi, Türkiye Petrol Jeolog D Bül*, 1999; 11(1), 1-15.
- [32] Kürüm S, Özbulut E, Ural M, Polijenetik bir volkanizma ve petrografik-jeokimyasal özellikleri: Harput (Elazığ) Karataş Tepe volkanizması. *Yerbilimleri/Geosound*, 2007; 50-51, 47-64.
- [33] Kürüm S, Tanyıldızı Ö, Geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of Upper Cretaceous (calc-alkaline) and Miocene (alkaline) volcanic rocks: Elazığ, Eastern Taurides, Turkey. *J of African Earth Sciences*, 2017; 134, 332-344.
- [34] Deer WA, Howie RA, Zussman J, An introduction to the rock forming minerals (second): London, Longman, 1992; 696 pp.
- [35] Morimoto N, Fabrice J, Ferguson A, Ginzburg IV, Ross M, Seifert FA, Zussman J, Akoi KI, Gottardi G, Nomenclature of pyroxenes. *Mineralogical Magazine*, 1988; 52, 535-555.
- [36] Nekvasil H, Dondolini A, Horn J, Filiberto J, Long H, Lindsley DH, The origin and evolution of silica-saturated alkalic suites: an experimental study. *Journal of Petrology*, 2004; 45, 693-721.
- [37] Aoki KI, Shiba I, Pyroxenes from Iherzolite inclusions of Itinome-gata, Japan, *Lithos*, 1973; 6, 41-51.
- [38] Leterrier J, Maury RC, Thonon P, Girard D, Marchal M, Clinopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series. *Earth and Planetary Science Letters*, 1982; 59, 139-154.
- [39] Leake BE, On aluminous and edenitic amphiboles. *Mineralogical Magazine*, 1971; 38, 389-407.

- [40] Leake EB, Wooley AR, Arps CES, Birch WD, Gilbert MC, Grice JD, vd, Nomenclature of Amphiboles Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Comission on New Minerals and Mineral Names. European Journal of Mineralogy, 1997; 9, 623- 651.
- [41] Jiang CY, An SY, On chemical characteristics of calcic amphiboles from igneous rocks and their petrogenesis significance. J Mineral Petrol, 1984; 3, 1-9;
- [42] Coltorti M, Bonadiman C, Faccini B, Gre goire M, O'reilly SY, Powell W, Amphibole from suprasubduction and intra-plate litospheric mantle. Lithos, 2007; 99(1), 68-84.