

## Yemişlik Civarında (Elazığ Güneyi) Elazığ Magmatitleri'nin Mineralojisi ve Jeokimyasal Özellikleri

Dicle BAL AKKOCA, Sevcan KÜRÜM, Zülfü BAKIR

Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye  
dbal@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 21.12. 2017; Kabul/Accepted: 10.09.2018)

### Özet

Bu çalışmada Elazığ İli'nin yaklaşık 5 km güneyinde Yemişlik civarında Üst Kretase Elazığ Magmatitleri'ne ait volkanik kayalardan alınan örneklerin jeokimyasal özellikleri çalışılmıştır. İnceleme konusu olan Elazığ Magmatitlerini oluşturan volkanitler; bazalt, andezit ve daha asidik karakterli dasit bileşimindeki lavlar ile bunların piroklastitlerinden oluşmaktadır. XRD incelemelerine göre volkanitlerde serizit (illit) ve klorit şeklinde alterasyon mineralleri tespit edilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemelerine göre illitler çoğunlukla birbirine paralel, yer yer ışınal dizilimli ince-uzun filamentler biçiminde iken, kloritler ince ve kalın levhamsı şekilli olarak tespit edilmiştir. Zr/Y oranlarına göre, bazik bileşimli örnekler toleyitik magma özellikli, daha asidik örnekler ise toleyitik-kakalkali arasında geçiş göstermektedir. MORB'a ve Kondrite göre normalize nadir toprak element diyagramında örnekler yitim zonu magmatizması özelliği gösterdiği görülmüştür. Zr/Nb ve Ce/Zr ve Rb/Zr gibi iz element oranları, volkanitlerin oluşumunda fraksiyonel kristalleşme yanında, kabuksal kirlenme sürecinin de etkili olduğu göstermektedir. Yüksek La/Ta ve düşük Nb/La oranlarına sahip örneklerin litosferik mantodan türediği, La/Nb ve Ba/Nb oranlarına göre yay volkanitlerine uyduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yemişlik, Elazığ, Üst Kretase Elazığ Magmatitleri, XRD incelemeleri, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) incelemeleri, jeokimya.

## Mineralogy and Geochemical Characteristics Of Elazığ Magmatics Around Yemislik (East of Elazığ)

### Abstract

In this study, geochemical characteristics of volcanic rocks from Upper Cretaceous Elazığ Magmatites were studied, around Yemişlik which is situated about 8 km south of Elazığ. The volcanic rocks are composed of basalt, andesite and more acidic dacite and their pyroclastites. Sericite (illite) and chlorite alteration minerals were detected in volcanics. According to scanning electron microscope (SEM) examinations, illites are mostly thin and long filaments which are parallel to each other, whereas chlorites occur in thin or thick plates. According to the Zr / Y ratios, the basic samples show tholeiitic magma compositions, while the more acidic ones show the transition from tholeiitic to calcalkaline. In the MORB and Kondrite normalized multi-element diagram, the specimens show arc related magmatic features. The trace element ratios such as Zr / Nb and Ce / Zr and Rb / Zr show fractional crystallization, and the crustal contamination process is also effective in the formation of volcanics. High La / Ta and low Nb / La ratios of samples show that the volcanics were derived from lithospheric mantle, and It was found that the samples comply with arc volcanics according to the ratios of La / Nb and Ba / Nb.

**Keywords:** Yemişlik, Elazığ, Upper Cretaceous Magmatics, XRD investigations, Scanner electron microscopies, geochemistry.

### 1.Giriş

Elazığ İl'inin yaklaşık 5 km güneyinde yer alan Üst Kretase Elazığ Magmatitleri'ne ait altere volkanik kayalar bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır (Şekil 1). Üst Kretase

Magmatitleri doğuda Hakkari'den batıda Kahramanmaraş'a kadar Bitlis Sütur Zonu Kuşağı'nın kuzeyinde yer yer geniş yayılım göstermektedir [1]. İnceleme konusu olan Elazığ Magmatitleri bu magmatitlerin bir devamı olarak kabul edilmektedir.

Geniş yayılıma sahip olması ve Neo - Tetis'in evrimiyle bağlantılı olması dolayısıyla şimdiye kadar bu magmatitler üzerinde önemli çalışmalar yapılmıştır. Elazığ civarında da bu magmatitlerle ilgili ayrıntılı jeolojik, petrografik ve jeokimyasal çalışmalar mevcuttur [1-10]. Aktaş ve Robertson [3], Üst Kretase yaşlı kalkalkalen intrüzifler ile mafik volkanik-piroklastik kayalar ve sedimentlerin Yüksekova ensimatik ada yayı biriminin batıdaki devamı olduğunu belirtirler. Hempton ve Savcı [2] ise birimi etkin bir kıta kenarının magmasal ürünleri yerine ada yayı sistemine bağlı olan ilkel-ensimatik ada yayı olarak yorumlamıştır.

Bu görüşlerden farklı olarak Yazgan [1], Elazığ volkanik karmaşığı olarak incelediği birimi, Malatya-Elazığ arasında etkin kıta kenarı magmasal ürünleri olarak yorumlarken, daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda birim, ada yayı topluluğu olarak belirtilmiştir [11]. Görüldüğü üzere birimin oluşumu ile ilgili değişik görüşler ve Aktaş ve Robertson'ın [3] belirttiği "Volkanik Yay Kompleksi" gibi farklı isimlendirmeler mevcuttur. Bununla birlikte Elazığ civarında geniş yayılım sunan bu kayaç grubunun tüm kayaç ve kil minerallerinin tespiti daha önce yapılmamıştır. Yapılan X-ışınları difraktometri ve taramalı elektron mikroskop incelemeleri ilk defa bu çalışmada verilmiştir. Yemişlik ve çevresinden alınan Elazığ Magmatitleri'ne ait örnekler üzerinde yapılan jeokimyasal çalışmaların yanında kil minerallerinin tespiti de ilk defa bu çalışma ile ortaya çıkarılmıştır.

Metamorfite, Üst Kretase yaşlı Elazığ Magmatitleri, Harami Formasyonu, Orta Eosen-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu, Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Karabakır Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır (Şekil 2).

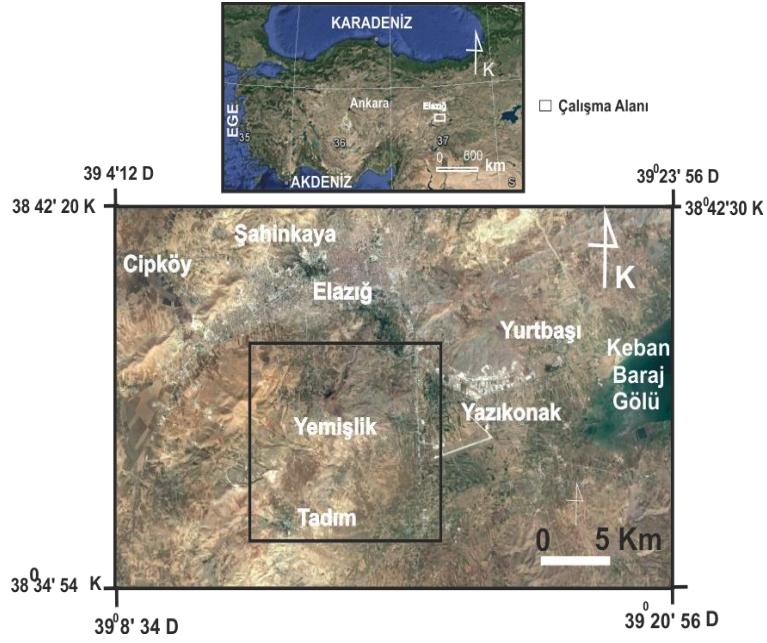
## 2. Jeoloji

İnceleme alanında yüzeyleyen birimler yaşlıdan gence doğru Keban Metamorfite, Harami Formasyonu, Elazığ Magmatitleri, Kırkgeçit Formasyonudur.

Çalışma alanında yeralan Keban Metamorfite'nin dış yüzeyleri kırmızımsı

renkli, taze yüzeyleri ise grimsi beyaz renklidir (Şekil 3a). Sert ve dayanıklı yapıda mermer özelliğindeki kayalardan oluşmaktadır. Keban Metamorfite'nin yaşı Kipman [12] tarafından Permo-Karbonifer, Özgül [13, 14] tarafından ise Permo-Triyas olarak verilmiştir. İnceleme alanında Harami Formasyonu Tepeköy ve Tohumlu civarında yaygın olarak yüzeylenmektedir. Elazığ Magmatitleri'nin üzerinde masif kireçtaşları olarak bulunmaktadır (Şekil 3b). Harami Formasyonu Elazığ Magmatitleri'ni oluşturan adayı volkanizmasının etkin olmadığı Geç Maastrichtiyen'de dar sığ depolanma havzasında Elazığ Magmatitleri'nin üzerinde çökelmiş bir birim olarak kabul edilir [15]. Aynı bölgede Herece vd. [16] ve Herece [17] tarafından yapılan ayrıntılı çalışmalarda birim, geç Maastrichtiyen yaşlı olarak belirlenmiştir.

Kırkgeçit Formasyonu Yemişliğin güneyinde Altınçevre ve Sarıyakup civarında yüzeylenmektedir. Bu formasyonun litolojisi, sarımsı bej veya boz renkli olan kumtaşı çamurtaşı ardalanmasından oluşan fliš fasiyesinde gelişmiş olan kayalardan oluşmaktadır (Şekil 3c). İçerdiği fosil topluluğuna göre Turan [18], İbilioglu [19], Özkul ve Üşenmez [20] yaşını Orta-Üst Eosen olarak belirtmiştir. Elazığ ve çevresinde magmatitler üzerinde ayrıntılı petrografik ve petrolojik incelemeler yapan Bingöl [21], karmaşığın genel olarak gabro, diyorit, monzonit, tonalit ve granodiyorit gibi derinlik kayaları ile bazalt, andezit, dasit ve genellikle andezitik piroklastitler ve tüm bunları kesen granitik kayalar ve volkanosedimanlardan oluştuğunu belirtmiştir. Benzer şekilde Savcı [22] ile Turan ve Bingöl [23] de, Elazığ Magmatitlerinin tabanda gabro-diyorit bileşimli derinlik kayaları ve dasit dayklarından oluştuğunu belirtmiştir. Yine Turan ve Bingöl [23], birimdeki ortaç ve felsik dayklarca kesilen bazik volkanitler ve bunları üzerleyen piroklastik - volkanoklastik sediment stratigrafisine dayanarak, hem plütonik hem volkanik kayalardan ibaret birimi adayı topluluğu olarak kabul etmişlerdir.



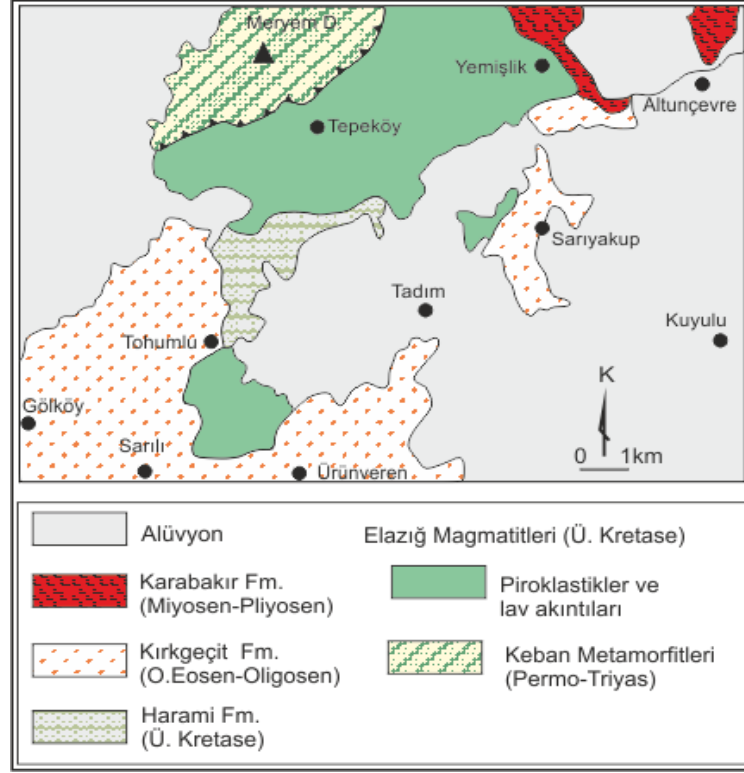
Şekil 1. İnceleme alanının yerbulduru haritası

İnceleme alanındaki magmatitler, kuzeyde Meryem Dağında yüzeyleyen Keban Metamorfite ile tektonik dokanak oluştururken diğer tüm birimlerle diskordan ilişkili olarak bulunmaktadır (Şekil 2). Harita alanı içerisinde volkanik kayalarla temsil edilen Elazığ Magmatitleri, Sarıyakup batısında daha çok yer yer ayrışmamış sivri küçük kafalar şeklinde lavlar, Yemişlik yakınlarında ise piroklastitler olarak bulunmaktadır (Şekil 3 d-e). Genellikle yoğun çatlaklı ve çok ayrışmış olan lavların, spilitik bazalt, andezit, dasit bileşiminde olduğu belirlenmiştir. Yastık lavlarda kalsit, klorit, epidot, zeolit gibi ikincil mineraller gözlenmiştir. Andezitik ve daha asidik bileşimli Elazığ Magmatitleri'ne ait kayalar yoğun alterasyondan dolayı daha yumuşak

topoğrafyalar oluşturmaktadır (Şekil 3f). Daha önce belirtildiği gibi bu birimin yaşı ile ilgili farklı görüşler mevcuttur. Perinçek [24], Turan ve Bingöl [23], Bingöl [21] birimin yaşı Üst Kretase ve/veya Senoniyen olarak değerlendirmişlerdir.

Karabakır Formasyonu harita alanında, Meryem Dağı doğu yamacında, Yemişlik Köyü kuzeyi ve doğu-güneydoğusu ile Altınçevre Köyü'nün kuzeyinde yayılım göstermektedir (Şekil 2).

Piroklastik istif ve lav akıntıları şeklinde yüzeylenmektedir. Bu bölgede Elazığ Magmatitleri piroklastikleri üzerinde bulunan Karabakır Formasyonu lav akıntıları koyu siyah renkli, sert, oldukça ince taneli bazaltik lavlardan oluşur.



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (Baykendi'den [25] değiştirilerek)

Sirel ve diğ. [26], Türkmen [27] birime Üst Miyosen yaşını önermiştir.

### 3. Materyal ve Yöntem

İnceleme alanında Yemişlik ve Sarıyakup civarındaki lavlar ve altere tüflerden örneklemeler yapılmıştır. Taze veya az altere lavlardan alınan örnekler üzerinde polarizan mikroskop, Yemişlik Köyü'nden alınan 9 örnekte (YE 1, 5, 7, 9, 11, 16, 20, 25, 29) X-ışınları difraktometri (XRD) çalışmaları ve 15 örnekte ICP analizi yapılmıştır.

Polarizan mikroskop incelemeleri örneklerin mineralojik bileşimlerinin saptanması ve dokusal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

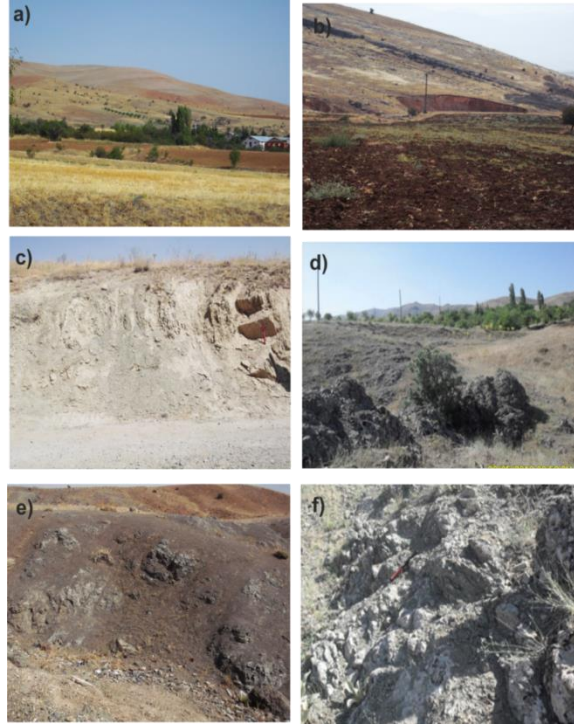
Taramalı elektron mikroskop incelemeleri (SEM) Fırat Üniversitesi Elektronik Mikroskop Laboratuvarında (FÜEMLAB) Jeol JSM-7001f

marka Field Emission marka elektron mikroskopta yapılmıştır.

Tüm kayaç fraksiyonu XRD çözümlemesi Bruker D8 Advance, Panalytical X'Pert Powder ve Philips PW 1830 marka model X-ışınları difraktometresinde (MTA) yapılmıştır.

Tüm kayaç bileşenleri Uluslararası Difraksiyon Veri Merkezi'nin (ICDD) 2004 yılı toz difraksiyon verilerinden yararlanarak çözümlenmiştir. Örneklerin major, iz element içerikleri ICP-AES ile, Nadir Toprak Elementleri (NTE)'ler ICP-MS ile ACME Analitik Laboratuvarında (Kanada) yapılmıştır. Ana, iz ve nadir toprak elementler 1150 °C'de platin-altın krozeve 1/5 oranında numune ve lityumtetraborat ( $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ )

katılmasıyla elde edilmiş cam pelletlerde ICP-AES ve ICP-MS tekniği ile ölçülmüştür.



**Şekil 3.** (a) Kırmızımsı renkli Keban Metamorfitleri'nden görünüm, (b) Tohumlu civarında gözlenen masif kireçtaşları özelliğindeki Harami Formasyonu, (c) Tadım'ın güneyinde yüzeylenen sarımsı bej veya boz renkli olan kumtaşı çamurtaşı ar dalanmasından oluşan Kırkgeçit Formasyonu, (d) ve (e) Sarıyakup ve Tohumlu civarında ayrıışmamış sivri küçük kafalar şeklinde yüzeylenen lavlardan görünüm, (f) Yemişlik civarında gözlenen dasitik bileşimli altere piroklastitler.

#### 4. Mineraloji-Petrografi

##### 4.1. XRD incelemeleri

Şekil 4a'da jeokimyasal olarak bazalt özelliği gösteren YE1 örneğine ait XRD tümkayaç ve kil fraksiyonu difraktogramı görülmektedir. Tüm kayaç çekimlerinde feldispat  $3.17 - 3.20 \text{ \AA}$ , kalsit  $3.01 \text{ \AA}$ , kuvars  $3.34 \text{ \AA}$ , piroksen  $4.45 \text{ \AA}$  daki pikleri ile tanımlanmıştır. Klorit minerali  $13.89 \text{ \AA}$  (001),  $7.01 \text{ \AA}$  (002),  $4.69 \text{ \AA}$  (0.03),  $3.52 \text{ \AA}$  (002),  $2.82 \text{ \AA}$  (005) pikleri ile tanımlanmıştır. İllit minerali  $10 \text{ \AA}$  (001),  $4.95 \text{ \AA}$  (002),  $2.55 \text{ \AA}$  (0.04) pikleri ile tanımlanmıştır (Şekil 4). YE 1, 9, 11, 23 örneklerinde yalnızca illit ve klorit mevcut iken, diğer örneklerde klorit mineraline rastlanılmıştır. Şekil 4b'de jeokimyasal olarak bazalt özelliği gösteren YE7 örneğinde feldispat, kalsit, kuvars, piroksen pikleri görülüyorken, kil fraksiyonunda yalnızca klorit görülmektedir.

Volkanitlerde gözlenen en yaygın alterasyonlar serizit (illit) ve klorittir. Kil fraksiyonunda bu iki mineralin bulunması magmatik bir kökene işaret etmektedir. Serizit (illit) oluşumu plajiyoklazların alterasyonu ile gerçekleşmektedir. Optik mikroskop incelemelerinde serizitleşmelere rastlanılmıştır. Serizitleşme (illitleşme) olayı alkali değişimini kapsamakta ve denizaltı volkanizması sırasında  $\text{K}_2\text{O}$  ilâvesini gerektirmekte veya K'lu kaynak kayalar (biyotit içeren) varlığında oluşturabilmektedir [28, 29]. Buna göre kayalarda plajiyoklazların alterasyonuna bağlı olarak  $\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}$  azalması ve kütle kaybı,  $\text{K}_2\text{O}$  artışına bağlı olarak da serizitleşme meydana gelmektedir. Serizit (illit) oluşumu plajiyoklazların alterasyonu ile de gerçekleşmektedir [30, 31, 32].

Kloritler, tüm jeolojik zamanlarda ve ortamlarda, farklı kayaç gruplarında farklı mekanizmalar ile oluşabilen minerallerdir. Magmatik kayalarda trioktahedral mika ve

ferromagnezyen minerallerden itibaren bozunma (negatif dönüşüm veya degradasyon; ikincil) şeklinde oluşabilmektedir [33]. Optik mikroskop incelemeleri, kloritin mafik mineraller ve volkanik camın alterasyonu sonucu geliştiğini göstermektedir. Volkanik cam klorit dönüşümünün bir sulu MgFeAl-silikat jeli ara fazından geçerek gerçekleştiği bilinmektedir (volkanik cam + iyonlar → sulu MgFeAl-silikat jeli → klorit + su) [34].

Aynı şekilde Sipahi ve Sadıklar [35] Zigana (Gümüşhane, KD Tükiye) Volkanitleri'nin alterasyon mineralojisini incelemiş ve buradaki yay ortamında gelişmiş Geç Kretase andezit, bazalt ve dasitten oluşan kayalarda serizit illit mineraline rastlamışlardır. Araştırmacılar, serizit/illitlerin feldispatların alterasyon ürünü olduğunu belirtmişlerdir. Tetiker ve Yalçın [36] da Sivas-Ulaş havzasında yaptıkları çalışmada, Eosen yaşlı volkanik ve volkanosedimanlara bağlı olarak oluşmuş klorit ve illit minerallerine rastlamışlardır.

## 4.2.Petrografi

### 4.2.1.Taramalı elektron mikroskop incelemeleri

Ye7 örneğinde klorit mineralleri levhalar biçiminde kümecikler oluşturmaktadır (Şekil 5a-b-c-d). Illitler ise çoğunlukla birbirine paralel,

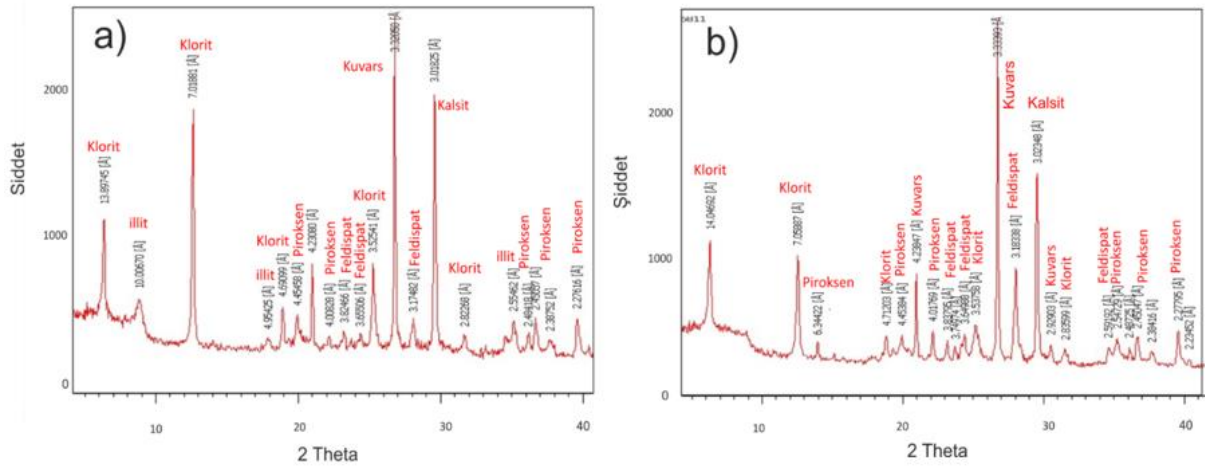
yer yer ışınal dizilimli ince-uzun filamentler (2-30 µm) biçimindedir (Şekil 5b-c-d).

### 4.2.2.Optik mikroskop incelemeleri

Bu çalışmada Yemişlik köyü çevresinde yüzeyleyen lavlardan alınan örneklerin mineralojik

bişimleri esas alındığında bazalt, bazaltik andezit, andezit ve dasit bişiminde olduğu belirlenmiştir. Bu kayalarda yapılan optik mikroskopik incelemeler aşağıda anlatılmıştır.

Bazaltlar, İntergranüler, intersertal, porfirik, amigdaler ve subofitik doku gibi farklı dokusal özellikler gösterirler (Şekil 6a). Esas olarak plajiyoklas, piroksen, olivin minerallerinden oluşmuş bu kayalarda, minerallerin bolluk ve şekilleri dokusal özelliklere bağlı olarak değişmektedir. Alterasyonun yaygın olduğu bu kayalarda, epidotlaşma, karbonatlaşma, killeşme, kloritleşme ve serpantinleşme gibi ikincil oluşumlarla beraber değişik oranlarda opak mineraller bulunur. Bazaltik andezitler, porfirik dokulu olup plajiyoklas ve piroksen minerallerinden oluşmuştur. Yoğun çatlaklı olan bu kayalarda, karbonat ve silis (kalsedon) oluşumları gözlenmiştir. Hiyalopilitik ve amigdoloyidal dokunun görüldüğü bu lavlarda farklı boyutlu ve genellikle elipsoidal gaz boşluklarında kalsit, epidot klorit gibi ikincil mineraller gelişmiştir (Şekil 6a, b).



Şekil 4. (a) YE1 ve (b) YE7 örneklerinin X-Işınları difraktometri grafiği



Genellikle porfirik doku gösteren andezitler plajiyoklas ve amfibol mineralinden oluşmuştur. Fenokristal ve mikrolitik boyutlarda olan plajiyoklas mineralleri kayacın esas mineralini oluşturmaktadır. Plajiyoklas fenokristalleri genellikle öz / yarı özşekilli prizmatik ve iri – orta tanelidir.

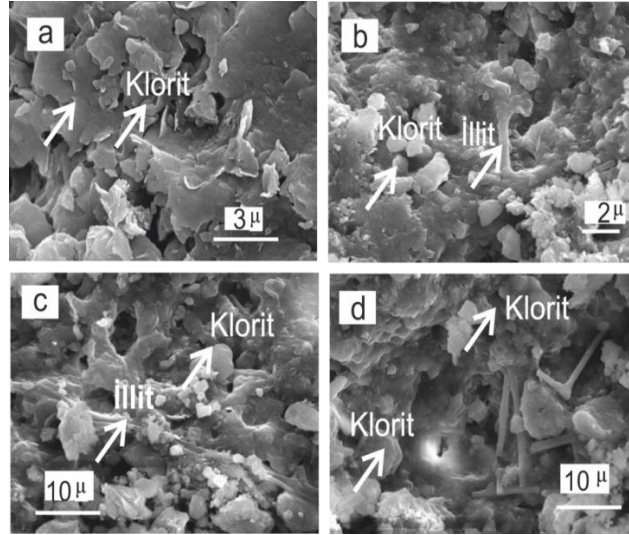
Çoğunlukla polisentetik ikizlenme, ve daha az oranda zonlu dokunun gelişmiş olduğu plajiyoklas fenokristallerinde killeşmeler tespit edilmiştir. Hornblend türünde olan amfiboller özşekilli-yarı özşekilli, çatlaklı ve genellikle opaklaşmıştır (Şekil 6c).

Bazen hornblendler tamamen opaklaşmış olduğundan psödomorf olarak bulunmaktadır. Kayaç genelinde çok yaygın olan opak mineraller özşekilsiz küçük kristaller halinde bulunmaktadır.

Mikroporfirik dokulu dasitlerde mikrolitik felsik minerallerden oluşmuş hamur malzemesinde plajiyoklas, kuvars, sanidin, biyotit ve amfibol fenokristal /mikrofenokristalleri bulunur (Şekil 6d).

Plajiyoklaslar, genellikle özşekilli fenokristal ve mikrolitik olarak, genellikle zayıf ikizlenmeli, yer yer zonlanma ve yoğun alterasyon göstermektedirler. Plajiyoklaslarda bazen serizitleşmelerle birlikte epidot kapanımları da görülmektedir. Bu kayaçlarda yaygın olarak bulunan kuvarlar, mikrolitik plajiyoklas öz şekilsiz, yuvarlaklaşmış ve kemirilmiş fenokristaller ve mikrokristaller halinde hamur malzemesinde bulunmaktadır.

Kayaçta az oranda bulunan sanidin, yarı öz şekilli fenokristaller halindedir. Biyotit ve amfibollerin oluşturduğu mafik mineraller, farklı



**Şekil 5.** (a) Levhamsı klorit kümeciklerinden görünüm, (b-c-d) Levhamsı kloritler ve illit filamentleri, Örnek No: Ye7 (Chl=Klorit, I=İllit).

boyut ve şekillerde ve az oranda bulunmaktadır. Kayaçlarda yer yer serizitleşme, epidotlaşma ve kloritleşme gibi ikincil bozunma ürünleri görülür.

## 5. Jeokimya

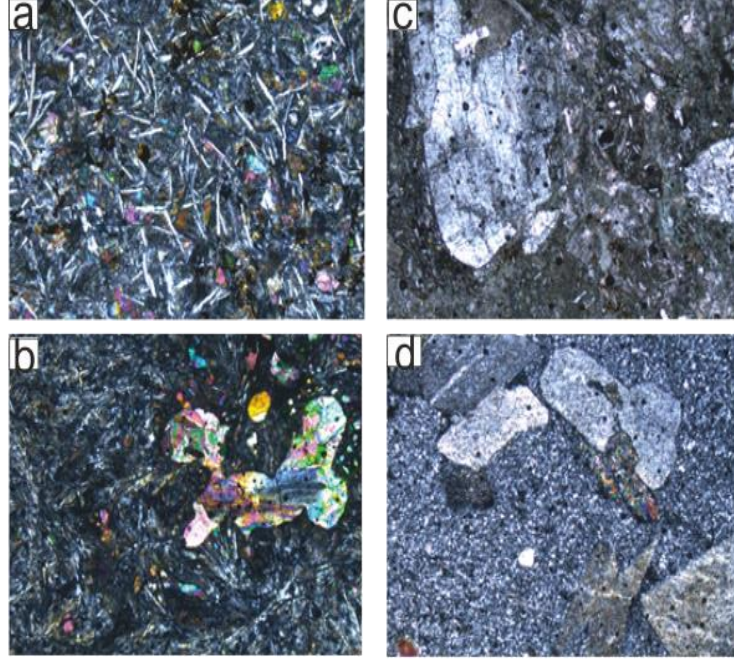
İnceleme alanından alınmış olan Üst Kretase yaşlı Elazığ Magmatitleri'nin jeokimyasal özelliklerini belirlemek için, tüm kayaç jeokimya analizlerine ait ana oksit ve iz element sonuçları

Tablo 1'de, nadir toprak element sonuçları ise Tablo 2'de verilmiştir.

Genel olarak örneklerin ateşte kayıp (Loss-on ignition, LOI) oranları % 4.4 - 17.5 arasında ve oldukça yüksek değerlerdedir. Jeokimyasal verilerde yüksek ateşte kayıp oranları, elementlerin alterasyondan etkilendiklerine işaret etmektedir. Alterasyonun kimyasal etkileri CaO, K<sub>2</sub>O, Rb ve Sr ile birlikte yüksek LOI ve Na<sub>2</sub>O içeriği şeklinde görülmektedir [37, 32]. Bu sonuçlar, petrografik incelemelerde kayaçlarda belirtilen değişen oranlardaki ayrışma

(karbonatlaşma, kloritleşme ve serizitleşme) etkisi ile uyumluluk göstermektedir. Kayaçlardaki  $\text{SiO}_2$  %43.89-70.59 arasında değişmektedir. Buna göre örnekler toplam alkali-silis içeriğine göre isimlendirildiğinde [38], değişen silis içeriğine göre dasit ve bazalt bileşimli olmak üzere iki farklı alanda yoğunlaşmışlardır (Şekil 7a). Bu sonuçların

petrografik verilerle uyumlu olduğu görülmektedir. Ancak kayaçlardaki değişen oranlardaki ayrışmayı dikkate aldığımızda ve genel kabul görmesi açısından yüksek LOI değerlerine sahip örneklerin, ayrışma sürecinde daha az hareketli olarak kabul edilen Ti, Zr, Nb ve Y [38, 39] gibi elementlerin kullanıldığı diyagramda değerlendirilmelidir.



**Şekil 6.** Yemişlik köyü güneyi Sarıyakup civarındaki Elazığ Magmatitleri volkanitlerinin mikroskobik görünümleri. Tüm fotolar analize ışık görünümüdür. (a) Bazaltta plajiyoklas lataları ile birlikte olivin ve piroksen mikrofönokristallerinin görünümü, (b) Andezitte plajiyoklas fenokristalli migrogranüler porfirik doku (c) Veziküler ve amigdaler doku ile amigdaler dokuyu oluşturan epidot, klorit mineralleri görünümü, (d) Dasitte fenokristal ve mikrolitik hamur malzemesi ve alterasyondan etkilenmiş olan plajiyoklas fenokristalinin görünümü.

**Tablo 1.** İncelenen Üst Kretase yaşlı Elazığ Magmatitleri volkanitlerine ait örneklerin ana oksit (% ağırlık), ve iz elementlerinin (ppm) analiz sonuçları.

Örnek	YE1	YE5	YE7	YE9	YE11	YE14	YE16	YE17	YE20	YE22	YE23	YE25	YE26	YE27	YE29
$\text{SiO}_2$	49,39	43,73	43,89	47,27	52,41	66,93	70,59	46,70	47,79	43,67	69,20	51,77	47,00	45,34	48,26
$\text{Al}_2\text{O}_3$	15,70	16,14	18,03	15,87	17,63	14,01	13,97	16,09	14,97	15,13	14,47	14,18	14,65	14,40	16,24
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	10,41	7,97	8,32	8,22	8,55	3,74	3,65	7,44	7,53	7,34	3,53	7,71	8,64	8,50	7,87
$\text{MgO}$	3,68	3,98	4,40	3,45	3,65	1,32	1,38	3,04	3,10	3,38	1,15	3,85	4,44	4,31	3,25
$\text{CaO}$	6,23	9,66	8,23	7,97	3,89	2,70	0,53	8,69	9,29	10,36	0,81	7,10	8,32	9,88	6,82
$\text{Na}_2\text{O}$	0,54	0,63	1,73	1,24	1,92	2,16	1,07	1,12	1,07	0,77	0,24	1,16	0,99	1,04	0,72
$\text{K}_2\text{O}$	2,09	1,40	1,38	2,24	2,08	2,75	3,56	1,58	1,31	0,71	3,73	1,26	0,97	0,57	1,14
$\text{TiO}_2$	0,75	0,81	0,81	0,77	0,79	0,46	0,47	0,76	0,70	0,70	0,48	0,64	0,69	0,64	0,74
$\text{P}_2\text{O}_5$	0,14	0,14	0,17	0,19	0,19	0,12	0,12	0,14	0,13	0,16	0,12	0,10	0,12	0,13	0,12
$\text{MnO}$	0,53	0,43	0,17	0,22	0,17	0,13	0,10	0,14	0,20	0,12	0,19	0,11	0,13	0,16	0,10
LOI	9,6	14,9	12,7	12,3	8,6	5,6	4,4	14,2	13,8	17,5	5,9	12,0	13,9	14,9	14,6



<b>Top.</b>	99,12	99,82	99,83	99,80	99,85	99,92	99,83	99,86	99,89	99,86	99,81	99,86	99,85	99,85	99,85
<b>Ni</b>	31,5	42,8	28,0	35,4	23,1	2,1	1,5	30,1	30,8	27,5	2,9	26,8	42,8	32,7	33,3
<b>Ba</b>	295	193	127	152	157	184	445	114	71	136	312	114	123	96	171
<b>Co</b>	21,8	29,0	25,9	26,9	18,6	6,1	3,4	19,8	20,6	24,0	6,3	20,0	26,8	22,0	19,1
<b>Cs</b>	0,7	1,2	1,4	0,5	0,4	0,2	0,3	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,4	2,1
<b>Ga</b>	14,9	15,9	15,3	15,0	16,0	13,6	13,0	13,8	13,2	13,8	13,6	12,3	13,3	12,6	13,5
<b>Hf</b>	2,1	1,8	2,3	2,2	2,4	3,8	3,5	2,3	2,4	2,3	3,8	2,0	2,2	2,0	2,2
<b>Nb</b>	3,1	3,1	3,0	3,4	3,9	4,0	3,7	4,0	3,5	3,9	3,7	3,2	3,2	3,1	3,4
<b>Rb</b>	40,0	29,0	24,7	39,9	30,4	46,1	47,1	26,9	23,0	14,7	51,6	21,5	19,2	10,1	29,2
<b>Sr</b>	59,7	89,9	138,5	94,8	101,7	82,3	40,1	115,0	72,9	143,9	26,1	115,6	111,3	138,0	135,6
<b>Th</b>	1,9	1,7	2,0	2,0	2,1	3,3	3,5	2,1	2,1	1,9	3,4	1,9	2,2	1,8	2,0
<b>U</b>	1,0	1,1	1,1	1,0	1,1	1,4	1,3	0,9	0,9	1,2	1,3	0,7	0,8	0,9	0,9
<b>V</b>	205	233	218	218	221	51	65	187	172	167	81	148	174	160	189
<b>Zr</b>	74,5	66,4	80,2	72,8	85,8	134,2	133,2	82,1	78,1	83,2	131,3	71,9	75,5	72,4	77,4
<b>Y</b>	21,4	21,3	20,8	19,1	22,2	27,0	25,0	20,4	21,2	23,2	26,0	18,9	19,7	20,1	18,8
<b>Cu</b>	577,6	27,5	53,3	58,3	22,4	33,8	46,3	38,8	34,8	41,1	33,4	28,6	36,1	37,9	42,6
<b>Pb</b>	3,7	4,2	3,0	26,3	6,0	5,3	53,2	4,6	2,7	2,1	501,9	6,9	2,8	2,1	1,9
<b>Zn</b>	5649	198	115	411	90	59	541	80	59	61	496	69	68	53	75
<b>Sc</b>	22	25	24	23	22	10	10	19	20	19	11	17	19	18	22
<b>La/Ta</b>	41	39	22	25	26,66	58	40,33	31,33	48	48,5	56,5	40	43,5	44,5	39,5
<b>Zr/Y</b>	3,48	3,11	3,85	3,81	3,86	4,97	5,32	4,02	3,68	3,58	5,05	3,80	3,83	3,60	4,11

Buna göre  $\text{SiO}_2\text{-Zr/TiO}_2$  diyagramında [40] benzer olarak bazik örneklerin bazalt, subalkali bazalt ve dasit alanında yoğunlaştığı görülür (Şekil 7b). Analiz verilerine göre subalkalin özellikte olduğu belirlenen örneklerin magma karakterini belirlemek için Y-Zr diyagramı [29] kullanılmıştır. Buna göre örneklerin Zr/Y oranları %2-7 arasında değişmekte olup, bazik bileşimli örnekler toleyitik magma özellikli iken daha asidik örneklerin ise toleyitik-kakalkali geçiş özelliği gösterdiği görülmektedir (Şekil 8).

Örneklerin majör ve bazı iz elementlerin  $\text{SiO}_2$ 'ye göre değişimleri Şekil 9'da verilmiştir. Bazik bileşimli kayalardaki pozitif ve negatif değişimler daha belirgindir.

Ana elementlerin genel değişimleri fraksiyonlaşmayı işaret etmektedir. CaO, MgO, MnO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  ile negatif yönde azalan bir eğilim görülmektedir (Şekil 9).  $\text{K}_2\text{O}$  ise pozitif yönde eğilim göstermektedir.  $\text{SiO}_2$  ile CaO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  azalması önemli ölçüde plajiyoklas ve piroksen ayrımlaşmasını yansıtmaktadır.

$\text{SiO}_2$ 'ye karşı  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , MgO ve MnO azalması biyotit ve amfibol ayrımlaşmasına işaret eder.  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı Rb, Ba artması feldispatların ve amfibollerin ayrımlaşmasını ifade eder.  $\text{SiO}_2$  ile Ni ve Co negatif yönde değişmesi de bu elementlerin klinopiroksen yapısındaki Mg, Fe ve Al'un yerini alması nedeniyle klinopiroksen ayrımlaşmasını destekler (Şekil 10) [41].

**Tablo 2.** İncelenen Üst Kretase yaşlı Elazığ Magmatitleri volkanitlerine ait örneklerin nadir toprak elementlerinin (ppm) analiz sonuçları

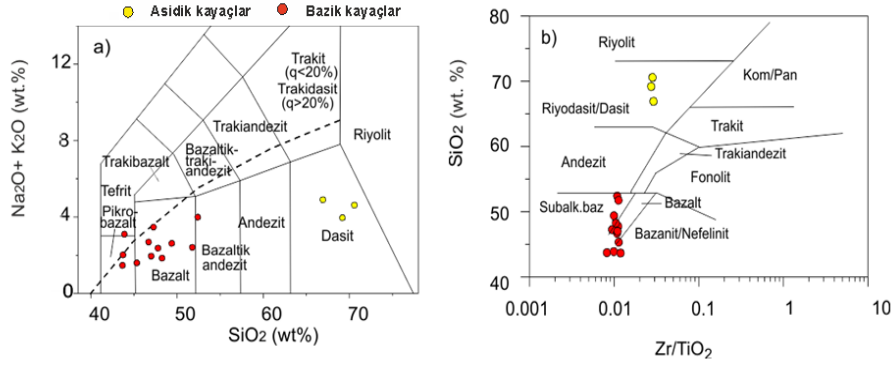
Örnek	YE1	YE5	YE7	YE9	YE11	YE14	YE16	YE17	YE20	YE22	YE23	YE25	YE26	YE27	YE29
<b>La</b>	8,2	7,8	6,6	7,5	7,7	11,6	12,1	9,4	9,6	9,7	11,3	8,0	8,7	8,9	7,9
<b>Ce</b>	16,5	15,0	14,4	15,0	15,8	23,9	22,8	18,6	19,1	19,4	23,0	16,7	17,8	19,0	15,0
<b>Pr</b>	2,36	2,15	2,09	2,09	2,30	3,21	3,34	2,61	2,71	2,76	3,27	2,31	2,61	2,61	2,16
<b>Nd</b>	11,0	10,1	10,6	9,6	10,8	13,5	13,7	11,6	12,3	12,6	13,9	10,3	11,5	11,0	10,3
<b>Sm</b>	2,59	2,59	2,69	2,48	2,84	3,19	3,18	2,98	3,10	3,08	3,22	2,53	2,65	2,70	2,45
<b>Eu</b>	0,87	0,87	0,83	0,80	0,81	0,99	0,85	0,91	1,00	1,02	0,89	0,88	0,93	0,95	0,84
<b>Gd</b>	3,28	3,13	3,12	2,88	3,31	3,85	3,62	3,24	3,31	3,50	3,61	3,02	3,04	3,10	2,74
<b>Tb</b>	0,59	0,56	0,56	0,50	0,59	0,68	0,63	0,55	0,59	0,62	0,66	0,51	0,55	0,55	0,49
<b>Dy</b>	3,75	3,43	3,55	3,21	3,66	4,31	4,05	3,63	3,62	3,91	4,25	3,39	3,33	3,60	3,45

Ho	0,85	0,86	0,88	0,73	0,88	0,99	0,94	0,77	0,84	0,86	0,96	0,71	0,76	0,77	0,75
Er	2,55	2,36	2,46	2,10	2,75	3,23	2,89	2,33	2,55	2,71	2,96	2,27	2,22	2,24	2,11
Tm	0,40	0,36	0,40	0,32	0,41	0,50	0,48	0,37	0,38	0,40	0,48	0,32	0,34	0,36	0,31
Yb	2,61	2,37	2,54	2,36	2,80	3,37	3,18	2,49	2,48	2,65	3,18	2,21	2,36	2,33	2,12
Lu	0,41	0,38	0,42	0,35	0,45	0,57	0,52	0,40	0,38	0,41	0,55	0,35	0,36	0,37	0,33

MORB'a normalize edilmiş çoklu element diyagramında, örneklerin genel olarak benzer dağılımlı olduğu görülmüştür (Şekil 11a). Bu da bu volkanitleri oluşturan kayaçların benzer manto kaynağından türediklerini belirtmektedir. Tüm örnekler Rb, Ba gibi büyük iyon yarıçaplı elementler (BİYE) ve Th, U gibi geçiş elementleri bakımından zenginleşmişken, Nb, Ta bakımından tüketilmişlerdir. Çoklu element

diyagramında ortaya çıkan bu dağılım, yitim zonu magmatizmasına uyar [42].

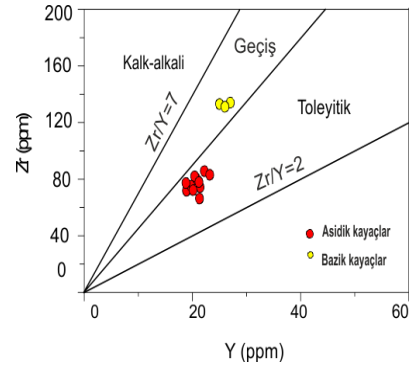
Ayrıca Rb ve Th elementlerinde görülen zenginleşmelerin kabuk kirlenmesinden kaynaklanmış olabileceğini gösterir. Kondrite normalize [43] nadir toprak element diyagramında bütün örneklerin element dağılımları benzerdir. Ancak dasitik/riyolitik bileşime sahip örneklerin



Şekil 7. Yemişlik çevresi Üst Kretase Magmatitleri'ne ait volkanik birimlerin (a) toplam alkali-silis [37], (b) SiO<sub>2</sub>-Zr/TiO<sub>2</sub> [40] diyagramlarındaki dağılımları.

Diyagramda, genel olarak tüm örneklerin hafif zenginleştiği, nadir toprak elementlerce özellikle de La ve Eu elementinde ise hafif bir tüketilme görülmektedir. La ve Ce zenginleşmeleri ana magmanın kabuk malzemesi Bilindiği gibi volkanitleri oluşturan ana magmadaki ayrımlaşma ve kısmi ergime gibi magmatik süreçlerin etkilerini birbirinden ayırt etmek oldukça zordur. Bunun için, jeokimyasal verilerin kullanıldığı diyagramlardan yararlanılmaktadır.

Bu amaçla Yemişlik çevresindeki volkanik kayaçların kökenini ve oluşumunda hangi magmatik süreç ve/veya süreçlerin etkili olduğunu belirlemek için oluşturulan ikili ve çoklu element diyagramlarıyla beraber modelleme yöntemlerinden de yararlanılmıştır.



Şekil 8. Elazığ Magmatitleri volkanik kayaçlarının Y-Zr diyagramındaki [29] dağılımı.

Yemişlik çevresi volkanik kayaçlardaki BİYE ve HNTE'lerinde gerçekleşen zenginleşmeler (Şekil 11), dalma-batma sürecinin etkisi, kabuksal kirlenme veya kaynak

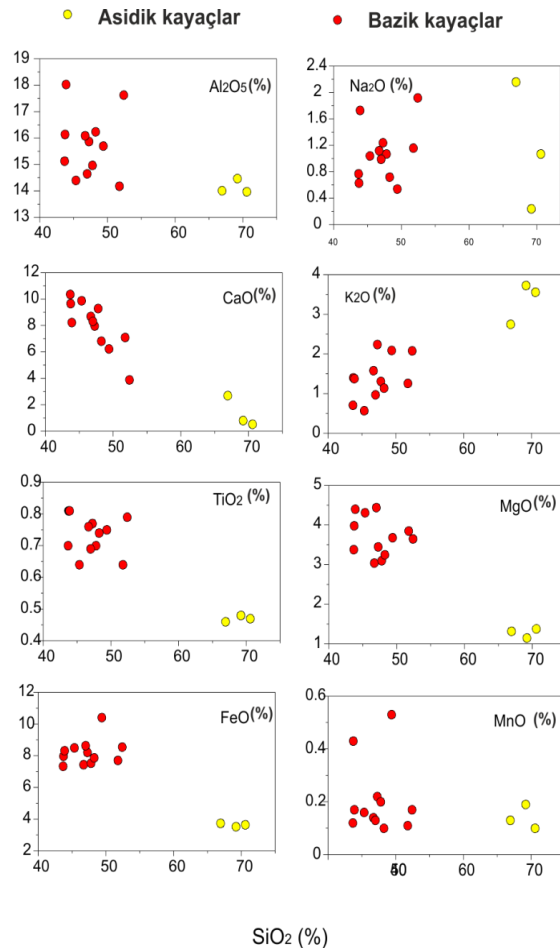
bölgesindeki düşük dereceli kısmi ergime olayları ile açıklanabilir [44]. Bu durum kaynak bölgesinde düşük dereceli bir kısmi ergime yada dalma-batma zonlarındaki kabuksal bileşenlerin etkisinden kaynaklanmıştır. Ayrıca bu volkanitlerin, ilksel bileşime yakın bazaltik kayalarındaki MgO (~%8 veya Mg sayısı %68-75), Ni (250-300/400 ppm), Cr (500-600/1000 ppm) [45] gibi bazı element değerleri ile uyumlu olmadığı görülmektedir (Tablo 1 ve 2).

Bu ise bu volkanitlerin, yitim zonu ortamlarında, yiten litosferin veya metasomatize olmuş üst manto kaynağının, belli şartlar altında, kısmi ergimesiyle oluştuğunu belirtmektedir [46].

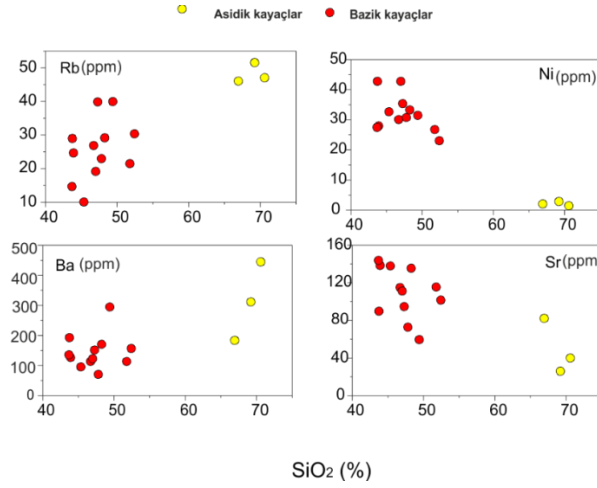
Şekil 9'da görüldüğü gibi bölgedeki volkanik kayaların oluşumunda, SiO<sub>2</sub> Harker diyagramlarında genel olarak fraksiyonel kristalleşme sürecinin etkili olduğu görülmüştür.

Bu tür değişim diyagramlarında gözlenen düzgün eğimler tek bir ana magma ve fraksiyonel kristalleşmeyi düşündürürken [47], örneklerinin nispeten dağınık halde bulunması, fraksiyonel kristalleşme yanında başka oluşum süreçlerinin de etkili olduğunu göstermektedir. Wilson'a [42] göre Zr/Nb ve Ce/Zr ve Rb/Zr gibi iz element oranları, kayaların oluşumunda fraksiyonel kristalleşme sürecinin olduğunu göstermektedir. Bu amaçla örneklerde bu element oranlarının Zr'a karşın Ce/Zr, Rb/Zr, Zr/Nb diyagramları çizilmiştir.

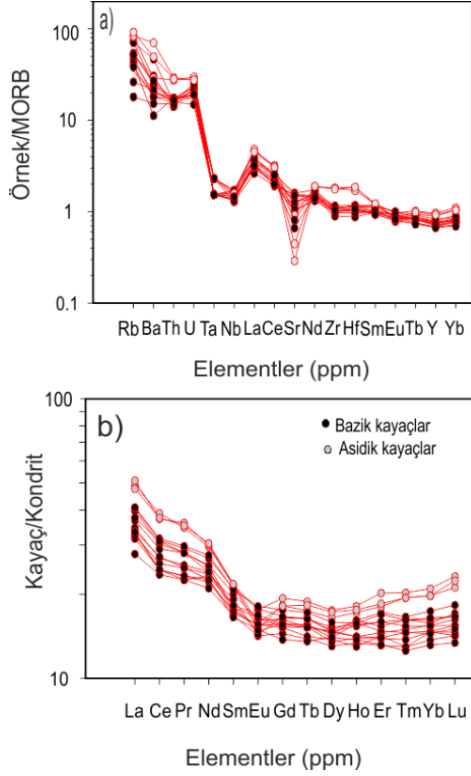
Volkanik kayalarda kaynak bölgesini belirlemek açısından astonesferden türeyen magmaların La/Ta içeriğinin yaklaşık 10 civarında olduğu kabul edilir.



Şekil 9. Elazığ Magmatitleri volkanik kayalarının major elementlerinin SiO<sub>2</sub> içeriğine göre değişim diyagramları.



Şekil 10. Elazığ Magmatitleri volkanik kayaların iz elementlerinin SiO<sub>2</sub> içeriğine göre değişim diyagramları.



Şekil 11. Elazığ Magmatitleri volkanik kayalarının MORB ve Kondrite normalize edilen çoklu element diyagramları. Normalleştirilme değerleri Sun and McDonough'dan [43] alınmıştır.

Benzer şekilde litosferik manto kaynaklarında Nb, Ta gibi HFSE'lerin LREE'lere göre tüketilmiş olduğu ve buna bağlı olarak Nb/La oranının litosferik mantoda düşük ( $\sim <0.5$ ), astenosferik manto kaynaklı OIB'lerde ise

bu oranın daha yüksek ( $\sim >1$ ) olduğu kabul edilir [49]. Buna göre volkanitlerin çoğunluğunun litosferik manto alanına düştüğü görülmektedir (Şekil 13). La/Yb-Nb/La oranlarının esas alındığı bu diyagramda ayrıca örneklerin düşük Nb/La ( $<0.5$ ) oranlarına bağlı olarak litosferik manto özelliği vermesine karşın, kaynaktaki metasomatik olaylara işaret eden La zenginleşmesi de görülmektedir. Tüm bu veriler, bu kayaları oluşturan magmanın kabuksal kirlenme ile zenginleşmiş olduğunu göstermektedir.

İncelenen volkanitler okyanus ortası sırtı bazaltları (OOSB), OAB (ortalama okyanus adası bazaltı) ve kıtasal volkanitlerle karşılaştırıldığında yüksek La/Nb (2-6) ve Ba/Nb (30-287) oranlarına sahip olup, bu özellikleriyle yay volkanitlerine benzerlik sunarlar (Şekil 14).

Kampaniyen Alt Maastrichtiyen yaşını verdiği doğuda Hakkari'den başlayıp batıda gösteren magmatitleri Perinçek [24] tarafından Kahramanmaraş'a kadar yer yer değişiklikler incelemiş ve bunların ilkel okyanus içi (intra-oceanic) bir adayayı temsil ettiğini belirtilmiştir. Hempton ve Savcı [2] inceleme alanına yakın Sivrice-Diyarbakır Karayolu'nda Üst Kretase Magmatitleri'ne ait volkanitlerinin Elazığ volkanik karmaşığının tavanını, bölgede ada yayı volkanizmasının yüksek oranda farklılaşmaya (differentiation) uğramış, asitik son aşamasını olduğunu savunmuştur. Elazığ Volkanitleri'ni ilkel ensimatik adayayı volkanitleri olarak tanımlamıştır.

Ada yayı gelişimindeki ilk aşamada toleyitik bazalt, bazaltik andezit ve andezitlerin oluştuğunu, olgunlaşmış ada yaylarında önemli oranlarda farklılaşma sonucu oluşmuş kayaç toplulukları dasit, riyolit, riyodasit gibi kayaçların egemen olduğunu belirtmiştir. Yazgan [1] ise, Elazığ Volkanik Karmaşığı'nı, Malatya-Elazığ arasında etkin kıta kenarı magmasal ürünleri olarak yorumlamıştır.

Herece ve Acar [50] Elazığ ve kıtasal karakter sunan Baskil Magmatitleri'nin yaş ve kaya türü açısından benzer olduğunu birbirlerinin yanal eşdeğeri olduğunu, yay-magmatitleri Koniasiyen-Santoniyen Kampaniyen'de oluştuğunu ve geç Kampaniyen-erken Maastrichtiyen'de yay-kıta çarpışması olduğunu belirtmiştir.

Bingöl [21] ve Akgül [51] 'de , Elazığ Magmatitleri'nin kısmen okyanusal, kısmen de kıtasal kabuk üzerinde gelişen ada yayı ürünleri olduğunu ileri sürmektedirler.

Araştırmacılara göre Geç Kretase'de Anadolu-Arabistan Neotetis güney kolu açılmaya başlamış, Santonien-Kampanien 'de kuzeye doğru olan dalma batmaya bağlı birimler oluşmuştur

İnceleme konusu volkanitlerin de bu yitim zonuna bağlı olarak oluştuğu ve kabuk malzemesinden zenginleştiği düşünülmektedir. Bu İnceleme konusu volkanitlerin de bu yitim zonuna bağlı olarak oluştuğu ve kabuk malzemesinden zenginleştiği düşünülmektedir. Bu sonuçlar da Perinçek [24], Turan ve Bingöl [23], Bingöl [21] bulgularına uyum sağlamaktadır.

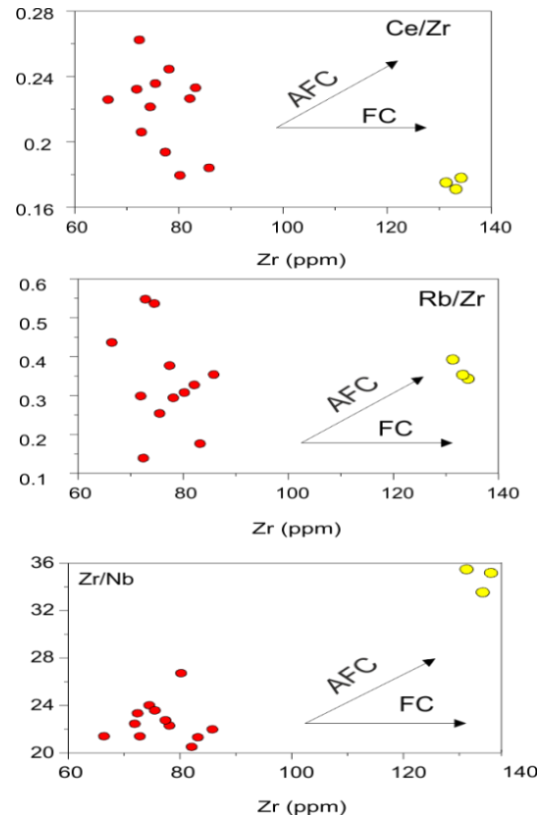
## 6. Sonuçlar

İnceleme alanındaki tüm veriler değerlendirildiğinde şu sonuçlara varılmıştır.

İnceleme konusunu oluşturan Elazığ Magmatitleri volkanitlerinin bazalt, andezit ve

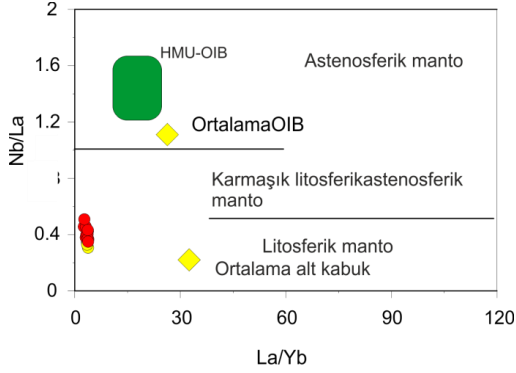
daha asidik karakterli dasit bileşimindeki lavlar ile bunların piroklastitlerinden oluştuğu belirlenmiştir.

Yapılan XRD incelemelerine göre volkanitlerde serizit (illit) ve klorit şeklinde alterasyon minerallerine rastlanılmıştır. YE 1,9,11 ve 23 nolu örneklerde illit ve klorite rastlanılmış iken, diğer örneklerde yalnızca klorit minerali mevcuttur

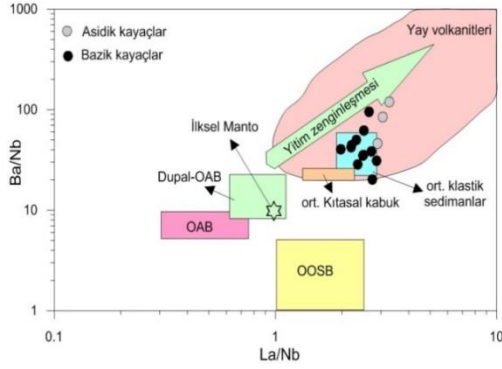


**Şekil 12.** İnceleme alanındaki volkanitlerin Zr'a karşın Zr/Nb, Ce/Zr ve Rb/Zr element oranlarına göre asimilasyon ve fraksiyonel kristalleşme etkisini gösteren diyagramlar. FC; Fraksiyonel kristalleşme, AFC; Asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme. Simgeler Şekil 10 gibidir.





**Şekil 13.** Örneklerin Nb/La-La/Yb diyagramında dağılımı [52]. HIMU: yüksek U/Pb oranlı manto (yüksek  $\mu$  değeri), OIB: Okyanus ada bazaltları Simgeler Şekil 10 gibidir.



**Şekil 14.** Örneklerin La/Nb a karşı Ba/Nb diyagramında dağılımı [53]. OAB: ortalama okyanus adası bazaltı, OOSB: Okyanus ortası sırtı bazaltları. Yay volkanitleri alanı [54], İlksel manto değeri [55], ort. kıtasal kabuk değeri [56] ve [57], OOSB ve OAB alanları [58]'den alınmıştır.

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) çalışmalarında illitler çoğunlukla birbirine paralel, yer yer ışınal dizimli ince-uzun filamentler biçiminde iken, kloritler ince ve kalın levhamsı şekillidirler. Yemişlik örneklerinin petrografik incelemelerinde bazalt, andezit ve dasit, jeokimyasal bileşime göre bazalt, bazaltik andezit ve dasittir. İnceleme alanındaki volkanitlerin gelişiminde piroksen, hornblend, plajiyoklas ayrışması saptanmıştır.

MORB'a göre Rb, Ba, Th, U gibi elementlerin zenginleşmesi Nb, Ta bakımından tüketilmesi, Kondrite göre La, Ce zenginleşmesi yitim zonu volkanik kayaları özelliği sunar ve

aynı zamanda ana magmanın kabuk malzemesi ile kirlendiğine işaret eder

La/Ta, Nb/La oranlarına göre örneklerin astenoferik bir kaynaktan ziyade litosferik manto özelliği gösterdiği de ortaya çıkarılmıştır.

La/Nb ve Ba/Nb oranları, inceleme konusu volkanitlerin yay volkanitlerine benzerlik sunduğunu göstermiştir. Buna göre, incelenen volkanitlerin kaynağı yitim sonucu metasomatizmaya uğramış ve zenginleşmiş litosferik mantodur denilebilir.

## 7. Katkı Belirtme

Bu çalışma MF. 14.09 nolu Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (FÜBAP) tarafından desteklenmiştir. Makalenin incelenmesi sırasında yapmış oldukları katkılarından dolayı hakemlere teşekkürlerimizi sunarız.

## 8. Kaynaklar

1. Yazgan, E. (1981). Doğu Toros'larda etkin bir paleokıta kenarı etüdü (Üst Kretase- Orta Eosen), Malatya-Elazığ, Doğu Anadolu. *Yerbilimleri*, **7**: 83-104.
2. Hempton, M.R., Savcı, G. (1982). Elazığ volkanik karmaşığının jeolojik, yapısal özellikleri. *TJK Bülteni*, **25(2)**: 143-151.
3. Aktaş, G. and Robertson, A.H.F. (1984). The Maden complex, SE Turkey: evolution of a Neotethyan continental margin. *Geological Society of London*, **17**: 375-402.
4. Yazgan, E., Chessex, R. (1991). Geology and tectonic evolution of the southeastern Taurides in the region of Malatya. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, **3**: 1-42.
5. Rızaoğlu, T., Parlak, O., İşler, F., Höck, V. (2005). Geochemistry and tectonic significance of the cumulate rocks of the Kömürhan ophiolite in southeast Anatolia (Elazığ-Turkey). *Proceedings of the International Symposium*, D. Stumbea (Editörler) Romania, 35-38.
6. Parlak, O. (2006). Geodynamic significance of granitoid magmatism in the southeast Anatolian orogen:
7. geochemical and geochronological evidence from Göksun- Afşin (Kahramanmaraş, Turkey) region. *International Journal of Earth Sciences*, **95**: 609-627.
8. Robertson, A.H.F., Usta, Mer, T., Parlak, O., Ünlügenç, U.C., Taşlı, K and İnan, N. (2006).

- The Berit transect of the Tauride thrust belt, S Turkey: Late Cretaceous-Early Cenozoic accretionary/collisional processes related to closure of the Southern Neotethys. *Journal of Asian Earth Sciences*, **27**: 108-145.
9. Ural M., Göncüoğlu M.C., Arslan M., Tekin U.K. and Kürüm S. (2014). Petrological and paleontological evidence for generation of a arc-back arc system within the closing southern branch of Neotethys during the Late Cretaceous. 20th CBGA Congre, A. Begiraj et al. (Editörs), Albania, 51-54.
  10. Kürüm, S., Tanyıldızı, Ö. (2017). Geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of Upper Cretaceous (calc-alkaline) and Miocene (alkaline) volcanic rocks: Elazığ, Eastern Taurides, Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, **134**: 332-344.
  11. Turan, M, Aksoy E ve Bingöl A.F. (1995). Doğu Toroslar'ın jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, **7(2)**: 177- 199.
  12. Kipman, E. (1976). Keban'ın jeolojisi ve volkanitlerinin petrolojisi. Doktora tezi İstanbul Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, 91s.
  13. Özgül, N. (1976). Toroslar'ın bazı temel jeoloji özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, **19(1)**: 65-78.
  14. Çelik H. (2003). Mastar Dağı (Elazığ GD'su) Çevresinin Stratigrafik ve Tektonik Özellikleri Doktora tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 95s.
  15. Aksoy, E. (1993). Elazığ batı ve güneyinin genel jeolojik özellikleri. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **2**: 113-123.
  16. Herece, E., Akay, E., Küçümen, Ö. ve Sarıaslan, M. (1992). Elazığ-Sivrice Palu dolaylarının Jeolojisi. MTA Raporu, Rapor No: 9634
  17. Herece, E. (2008). Doğu Anadolu Fayı (DAF) atlası, MTA Özel Yayın Serisi-13, Ankara.
  18. Turan, M. (1984). Baskil-Aydınlar yöresinin stratigrafisi ve tektoniği. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , 180s.
  19. İbilioğlu D. (2010). Bağlarca (Elazığ GB'sı) yöresindeki eosen istifinin ostrakod içeriği ve ortamsal yorumu, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi **23**: 59-70.
  20. Özkul, M., Üşenmez, S. (1986). Elazığ kuzeydoğusunda derin deniz konglomeralarının sedimantolojik incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **1(2)**: 53-57.
  21. Bingöl, A. F. (1988). Petrographical and petrological features of the intrusive rocks of Yüksekova Complex in the Elazığ region (Eastern Taurus- Turkey). *Journal of Fırat University*, **3(2)**: 1-17.
  22. Savcı, G. (1980), Doğu Anadolu volkanizmasının neotektonik önemi: Yeryuvarı ve insan, **5(3-4)**: 46-49.
  23. Turan, M. ve Bingöl, A.F. (1991). Kovancılar-Baskil (Elazığ) arası bölgenin tektono-stratigrafik özellikleri. Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu Bildirileri, C.Yetis (Editör), Adana, 211-226.
  24. Perinçek, D., 1979, Geological investigation of the Çelikhhan-Sincik-Koçalı area (Adıyaman province): İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, **44**: 127-147.
  25. Baykendi, O. (1998). Tadım, Dedeyolu, Badempınarı (Elazığ) köyleri ve çevresinin jeolojisi ve magmatik kayaların petrografik özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 70s.
  26. Sirel, E. Metin, S. ve Sözeri, B. (1975). Palu (KD Elazığ) denizel Oligosenin stratigrafisi ve mikropaleontolojisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, **18(2)**: 175-180.
  27. Türkmen, İ. (1991). Elazığ Doğusunda Çaybağı Formasyonu (Üst Miyosen Pliyosen?) stratigrafisi ve sedimantolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **34**:45-53.
  28. Barrett, T.J., Cattalani, S. and MacLean, W.H. (1993). Volcanic lithochemistry and alteration at the delbridge massive sulphide deposits, Noranda Quebec, *Journal of Geochemical Exploration*, **48**: 135-173.
  29. Barrett, T.J., MacLean, W.H. (1994). Mass changes in hydrothermal alteration zones associated with VMS deposits in the Noranda area. *Exploration and Mining Geology*, **3**:131-160.
  30. Date, J., Watanabe, Y. and Saeki, Y. (1983). Zonal alteration around the Fukazawa Kuroko deposits, Akita Prefecture, northern Japan. *Economic Geology Monograph*, **5**: 365-386.
  31. Eastoe, C.J., Solomon, M. and Walshe, J.L. (1987). District-scale alteration associated with massive sulfide deposits in the Mount Read Volcanics, western Tasmania, *Economic Geology*, **82**: 1239-1258.
  32. Large, R.R., Allen, R.L., Blake, M.D. and Herrmann, W. (2001). Hydrothermal alteration and volatile element halos for the Rosebery K. Lens Volcanic-Hosted Massive Sulfide Deposit, Western Tasmania. *Economic Geology*, **96**:1055-1072.
  33. Millot, G. (1970). *Geology of clays*. Springer-Verlag, New York, 429s.
  34. Tetiker, S., Yalçın, H. ve Bozkaya, Ö. (2015). Karakaya Karmaşığı'nın düşük dereceli metamorfik tarihçesine klorit mineralojisi ve jeokimyası ile yaklaşımlar. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, **58(2)**:55-83.

35. Sipahi, F., Sadıklar, B. (2010). Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) volkanitlerinin alterasyon mineralojisi ve kütle değişimi. Türkiye Jeoloji Bülteni, **53(2-3)**: 97-128.
36. Tetiker, S., Yalçın, H. (2017). Alteration mineralogy of Eocene volcanic and volcanoclastic rocks from Sivas basin in Turkey. Lithology and Mineral Resources, **52(6)**: 522-538.
37. Floyd, P.A., Winchester, J.A. (1975). Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements. Earth and Planetary Science Letters, **27**: 211-218.
38. McLennan, S. M. and Taylor, S. R. (1991). Sedimentary rocks and crustal evolution: tectonic setting and secular trend. Journal of Geology, **99**: 1-21.
39. Pearce, J. A., Cann, J. R. (1973). Tectonic setting of basaltic volcanic rocks determined using trace element analysis. Earth Planet Science Letter **19**: 290-300.
40. Winchester, J.A., Floyd, P.A. (1977). Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology, **20**: 325-343.
41. Aydınçakır, E. (2017). Taşhyayla (Çaykara, Trabzon, KD Türkiye) civarı Geç Kretase yaşlı kalk-alkali volkanik kayaların petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, **7 /1**:51-78.
42. Wilson, M. (1989). Igneous Petrogenesis. A Global Tectonic Approach. Chapman and Hall, London, 466s.
43. Sun, S.S., McDonough, W.F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Geological Society of London, **42**: 313-345.
44. Pearce, J.A., Bender, J.F., DeLong, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moor bath, S. and Mitchell, J.G. (1990). Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. Journal of Volcanology and Geothermal Research, **44**: 189-229.
45. Best, M.G. (2006). Igneous and metamorphic petrology, Blackwell, USA, 728p.
46. Peacock, S.M. (1990). Fluid processes in subduction zones. Science, **248**: 329-337.
47. Peccerillo, A., Dallai, L., Frezzotti, M. L. and Kempton, P. D. (2004). Sr-Nd-Pb-O isotopic evidence for decreasing crustal contamination with ongoing magma evolution at Alicudi volcano (Aeolian Arc, Italy): implication for style of magma-crust interaction and mantle source compositions. Lithos, **78**: 217-233.
48. Thompson, R.N., Morrison, M.A. (1988). Asthenospheric and lower lithospheric mantle contributionsto continental extensional magmatism: an example from the British Tertiary Province. Chemical Geology, **68**:1-15.
49. Smith, D.R., Noblett, J., Wobus, R.A., Unruh, D. and Chamberlain, K.R. (1999). A review of the Pikes Peak batholith, front Range, central Colorado: a "type example" of Atype granitic magmatism. Rocky Mountain Geology, **34**:93-116.
50. Herece, E.İ., Acar, Ş. (2016). Upper Cretaceous-Tertiary geology/stratigraphy of Pertek and its vicinity (Tunceli, Turkey). Bulletin of Mineral Research and Exploration, **153**: 1-44.
51. Akgül, B. (1993). Piran (Elazığ) köyü çevresindeki magmatik kayaların petrografik ve petrolojik özellikleri, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 128s.
52. Kaygusuz, A., Aslan, Z., Siebel, W. and Şen, C. (2011). Geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of post-collisional calc-alkaline volcanics in the Eastern Pontides (NE Turkey). Turkish Journal of Earth Sciences, **2**: 137-159.
53. Jahn, B.M., Wu, F.Y., Lo and C.H. (1999). Crustmantle interaction induced by deep subduction of the continental crust: geochemical and Sr-Nd isotopic evidence from post-collisional maficultramafic intrusions of the northern Dabie Complex, Central China, Chemical Geology, **157**: 119-146.
54. Jahn, B.M., Zhang, Z.Q. (1984). Archean granulite gneisses from eastern Hebei Province, China: rare earth geochemistry and tectonic implications. Contribution to Mineralogy and Petrology, **85**: 224-243.
55. Sun, S.S., McDonough, W.F. (1989). Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts: Implications for Mantle Composition and Processes. In: Saunders, A.D., Norry, M.J., Eds., Magmatism in the Ocean Basins, Geological Society, London, Special Publications, **42**: 313-345.
56. Taylor, S.R., McLennan, S.M. (1985). The Continental Crust, Its Composition and Evolution. Blackwell, Oxford, 312s
57. Condie, K.C. (1993). Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales. Chemical Geology, **104**: 1-37.
58. Le Roex, A.P. (1987), "Source regions of mid-ocean ridge basalts; evidence for enrichment processes" in: Mantle Metasomatism, Menzies, , (Editor) Hawkesworth, C.J., Academic Press, London, 389-422.