



Yerbilimleri, 2019, 40 (1), 72-91, DOI:10.17824/yerbilimleri.509982

Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni

Bulletin of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University

Karlıca Volkanitlerinin (Hamur-Ağrı) Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri

Petrographic and Geochemical Features of the Karlıca Volcanites (Hamur-Ağrı)

MUSTAFA AÇLAN^{1*}, NURSELİ DAVRAN^{1B}

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080 Van

Geliş (received): 8 Ocak (January) 2019 Kabul (accepted) 13 Nisan (April) 2019

ÖZ

Bu çalışma, Demirkapı (Hamur-Ağrı) dolaylarındaki volkanik kayaların petrografik ve jeokimyasal özelliklerini ortaya çıkarmak amacıyla yapılmıştır. Çalışma alanındaki volkanitler subalkali, kalkalkali, yüksek K'lu seri ve şoşonitik özelliklere sahip olup andezit, dasit, ignimbrit ve tüflerden meydana gelirler. Bu volkanik kayalar hafif nadir toprak elementleri (HNTE) ve büyük iyonlu litofil elementler (BİLE) (Cs, Rb, Ba, K) açısından zenginleşme gösterirler. Karlıca volkanitlerinin Nb/Yb and (Th/Nb)_N oranları sırasıyla 8.56-15.52 ve 12.59-15.43 arasında değişir. Ortalama Sr ve Ba değerleri 505.15ppm ve 626.16 ppm olup bu değerler ortalama kıtasal kabuk değerlerinin üzerindedir. Karlıca volkanitlerindeki bu zenginleşmeler ve yüksek Sr ve Ba değerlerinden bu kayaların oluşumu ve evrimi sırasında fraksiyonel kristallenme ile birlikte kabuksal kirlenmenin de etkili bir süreç olduğu sonucu çıkarılabilir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Anadolu, Ağrı, Karlıca volkanitleri, andezit, ignimbrit.

ABSTRACT

This study was carried out to reveal the petrographic and geochemical features of the rocks around Demirkapı (Hamur-Ağrı). The volcanites in the study area have subalkaline, calc-alkaline, high-K calc-alkaline and shoshonitic features and consist of andesite, dacite, ignimbrite and tuffs. These volcanic rocks show enrichments in

<https://doi.org/10.17824/yerbilimleri.509982>



Mustafa AÇLAN maclan@yyu.edu.tr

^A Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Müh. Fak., Jeoloji Müh. Böl., 65080 Van, ORCID 0000-0002-2131-8646, maclan@yyu.edu.tr

^B Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Müh. Fak., Jeoloji Müh. Böl., 65080 Van, ORCID 0000-0003-2646-3305, nurselidavran@hotmail.com

light rare earth elements (LREE) and large ion lithophile elements (LILE) (Cs, Rb, Ba, K). The Nb/Yb and (Th/Nb)_N ratios of the Karlıca volcanites range between 8.56-15.52 and 12.59-15.43, respectively. Average Sr and Ba values are 505.15ppm and 626.16ppm, respectively, and these values are higher than average Sr and Ba values of the continental crust. These enrichments in Karlıca volcanites, and high Sr and Ba values suggest that crustal contamination is an effective process with fractional crystallization during the formation and evolution of the these rocks.

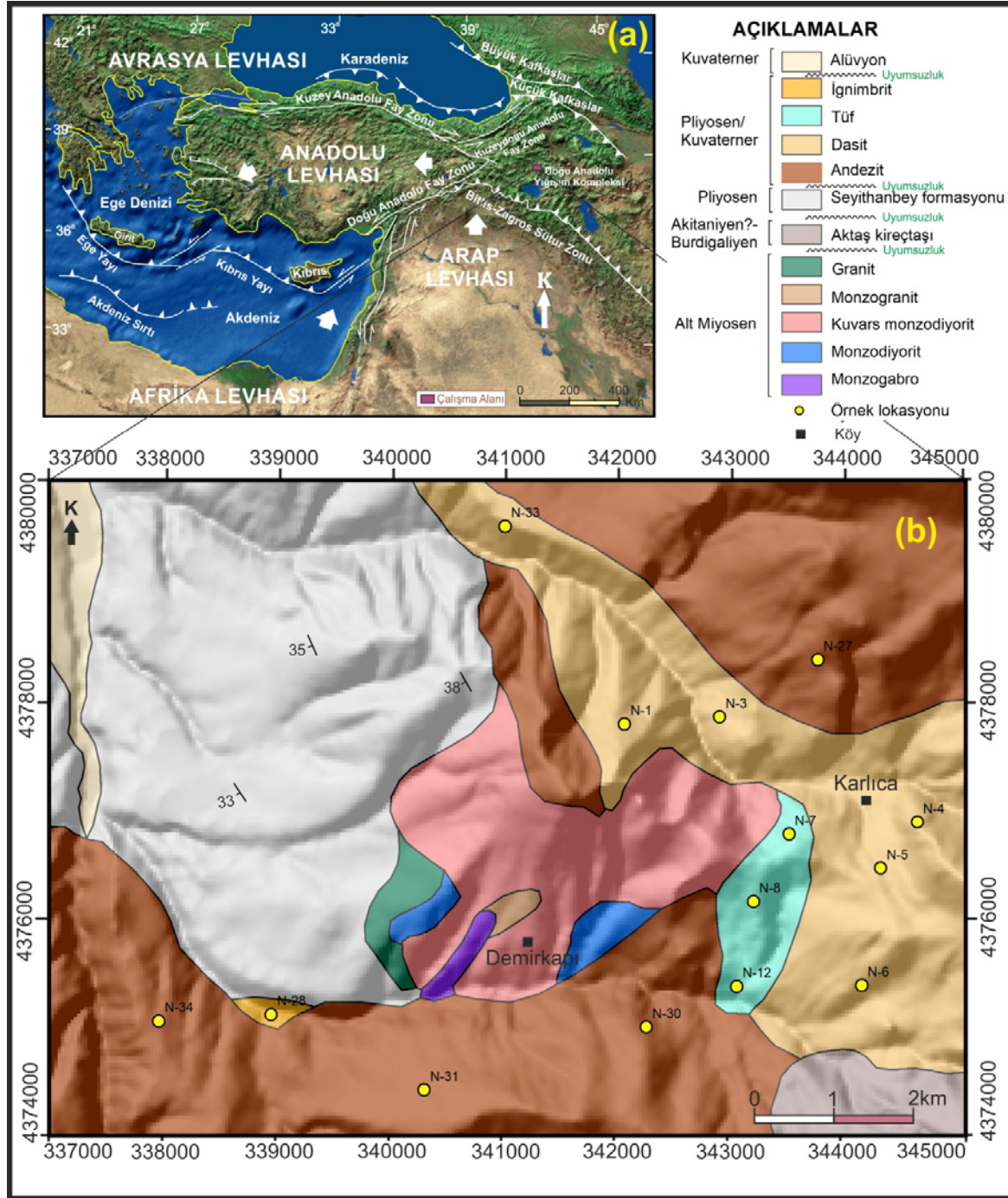
Keywords: Eastern Anatolia, Ağrı, Karlıca volcanites, andesite,ignimbrite.

GİRİŞ

Arabistan ve Avrasya levhaları arasındaki çarpışma sonucu meydana gelen kıtasal çarpışma kuşağı içindeki Doğu Anadolu Yığışım Kompleksi (DAYK) (Şengör ve ark. 2003) içinde yer alan çalışma alanı, Doğu Anadolu Bölgesi'nde, Ağrı ilinin 23 km güneydoğusunda bulunmaktadır (Şekil 1).

Çalışma alanını da kapsayan bölgede volkanizma ve volkanik kayalara yönelik jeoloji, jeokimya, köken, jeokronoloji ve volkanostratigrafi içerikli birçok çalışma mevcuttur. Innocenti vd. (1976) bölgede magmatizmanın kalk-alkalin özellikte başlayıp, yüksek K'lu kalk-alkalin ve alkalin ile devam ettiğini belirtmişlerdir. Kıral ve Çağlayan (1980) Kağızman (Kars) - Taşlıçay (Ağrı) dolayının jeolojisini, Öner (1985) Ağrı-Eleşkirt-Kilisedere dolayının jeolojisini çalışmışlardır. Yılmaz vd. (1987) Arap ve Avrasya levhalarının Miyosen'de yakınlaşmaya başladığını; Pearce vd. (1990) bölgede çarpışma ile ilgili volkanizmanın başlangıcının 20 my olduğunu ileri sürmüşlerdir. Türkecan vd. (1992) Patnos-Tutak-Hamur (Ağrı) yöresinin jeolojisi ve volkanik kayaların petrolojisini çalışmışlardır. Keskin vd. (1998) Erzurum-Kars platosundaki volkanik kayaların stratigrafik ve jeokimyasal özelliklerini belirlemişlerdir. Şengör vd. (2003 ve 2008) Doğu Anadolu'nun Arap ve Avrasya levhalarının çarpışması sonucu oluşan bir yığışım kompleksi (Doğu Anadolu Yığışım Kompleksi) ve kuzey-güney yönünde kısalma ile meydana gelen bir yüksek plato olduğunu ifade etmişlerdir. Çolakoğlu vd. (2014) bölgedeki yitimle ilgili volkanizmayı Türk-İran sınırının karşısındaki volkaniklerle korele etmişlerdir. Rolland (2017), bölgede yapılan çalışmaların incelemesine dayanarak, Kafkasya dağ kuşağının Paleozoyik'ten günümüze jeodinamik evrimini özetlemiştir. Açlan ve Turgut, 2017; Açlan ve Altun, 2018; Açlan ve Duruk, 2018 Van gölü kuzeyinde Taşlıçay ve Diyadin yöresindeki volkaniklerin jeokimyasal özelliklerini belirlemek için yaptıkları

çalışmalarda bölgedeki volkaniklerin kalk-alkalin özellikle olduklarını ortaya koymuşlardır.



Şekil 1. a) Çalışma alanının yer bulduru haritası (yer bulduru haritası üzerindeki tektonik hatlar Bozkurt (2001) ve Koçyiğit (2013)'ten modifiye edilmiştir) b) Çalışma alanının jeoloji haritası (Davran, 2018).

Figure 1. a) The location map of the study area (tectonic lines on the location map modified from Bozkurt (2001) and Koçyiğit (2013)) b) Geological map of the study area (Davran, 2018).

DAYK içinde dört farklı ana kaya grubu dikkat çekmektedir. Birinci grup Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı metamorfik kayalardan meydana gelir (Perinçek, 1980; Yılmaz vd., 1993) ve bu gruptaki kayalar bölgedeki temel litolojiyi temsil ederler. İkinci grup, Üst Kretase-Oligosen yaşlı ofiyolitik melanj (Ketin, 1977; Yılmaz vd., 1993) ve Tetis'in okyanusal litosferinin güney kolunun tükenmesiyle oluşan flişlerdir (Şengör ve Yılmaz, 1981). Eosen-Alt Miyosen yaşlı okyanusal sedimanter kayalar (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör vd., 2008) ve Orta Miyosen ve daha genç kalk-alkalin - alkalin volkanik kayalar bu kompleks içinde üçüncü kaya grubunu oluştururlar (Innocenti vd., 1980; Yılmaz vd., 1987; Keskin, 2003). Son grup Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar ile temsil edilmektedir (Özdemir vd., 2006; Şengör vd., 2008; Oyan vd., 2016; Açlan ve Turgut, 2017).

Çalışma alanınının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası Şekil 1'de, genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti Şekil 2'de verilmiştir. Çalışma alanında temel Demirkapı granitoidi olarak isimlendirilen, monzogabro, kuvars monzogabro monzodiyorit, monzogranit ve granit türü kayalardan oluşan birim tarafından temsil edilmektedir. Akitaniyen?-Burdigaliyen yaşlı Aktaş Kireçtaşı (Davran, 2018), Demirkapı Granitoidi üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı içerikli Pliyosen yaşlı Seyithanbey formasyonu (Çakır vd., 1994) Aktaş kireçtaşı üzerine uyumsuz olarak gelir. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı Karlıca volkanikleri Seyithanbey formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunur. Bölgedeki en genç litoloji Kuvaterner yaşlı alüvyonlar olup diğer birimler üzerine uyumsuzlukla gelir (Şekil 2).

Bu çalışma, Demirkapı (Hamur-Ağrı) dolaylarında gözlenen volkanik kayaların petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma ile bölgede bulunan volkanik kayaların petrografik ve jeokimyasal özellikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla çalışma alanında gözlenen kayalardan 14 adet kayaç örneği derlenmiştir. Araziden derlenen kayaç örneklerinin tamamının petrografik ince kesitleri Yüzüncü Yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü incekesit laboratuvarında hazırlanmıştır. Kayaların petrografik tanımlanmaları Jeoloji Mühendisliği Bölümünde polarizan mikroskop ile yapılmıştır.

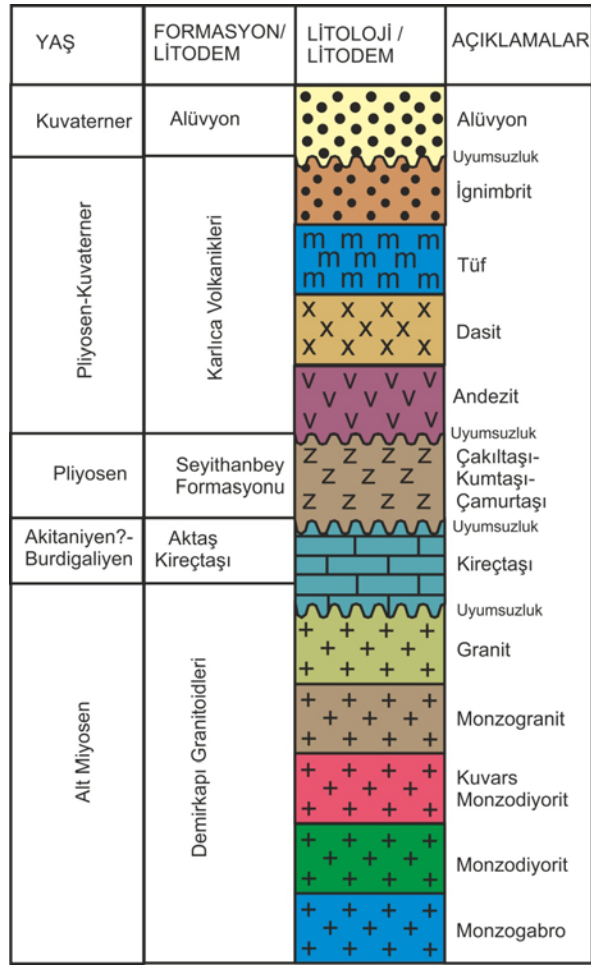
Mikroskopik incelemeler sonucunda jeokimyasal analiz için uygun olan 7 adet kayaç örneğinin tüm kayaç ana, iz ve nadir toprak element analizleri ACME laboratuvarlarında (Vancouver-Kanada) yaptırılmıştır.

Ana elementler, LiBO₂ ile füzyondan sonra İndüktif Eşleşmiş Plazma-Atomik Emisyon Spektroskopisi (ICP-AES-Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy) ile ölçülmüştür. Ana element saptama limitleri yaklaşık % 0,001-0,04 arasındadır. İz ve nadir toprak elementleri için, 0.2 g numune tozu ve 1.5 g LiBO₂ eritkeni grafit potada karıştırılmış ve ardından 15 dakika boyunca 1.050°C'ye kadar ısıtılmıştır. Erime numune daha sonra % 5 HNO₃ içinde çözülmüştür. Sonraki aşamada numune çözeltileri bir İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresine (ICP-MS- Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer) aspire edilmiştir. Element konsantrasyonları, STD GS 311, STD GS910–4, STD OREAS45EA, STD DS10, STD SO 18 standartlarına göre belirlenmiştir. Tespit sınırları, 0.01 ila 0.5 ppm aralığındadır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Petrografi

Çalışma alanında andezitler; arazide koyu kahverengi tonlarda gözlenmiş olup, yer yer sütunlar halinde bulunurlar (Şekil 3a). Dasitler krem-kahverengi ve açık gri tonlarda görülmekte olup birimler büyük sütunlar (~20-30m) halinde gözlenmiştir (Şekil 3b). Çalışma alanında gözlenen ignimbritler kahverengi tonlarda olup sınırlı bir alanda yayımlıdır ve sütunsal debiye sahiptirler (Şekil 3c). Tüfler arazide grimsi boz renklerde gözlenmiştir (Şekil 3ç). Çalışma alanındaki volkanik ve piroklastik birimlere ait kayaç örneklerinin petrografik özellikleri, modal mineralojik bileşimleri ve lokasyon koordinatları Çizelge 1'de verilmiştir.

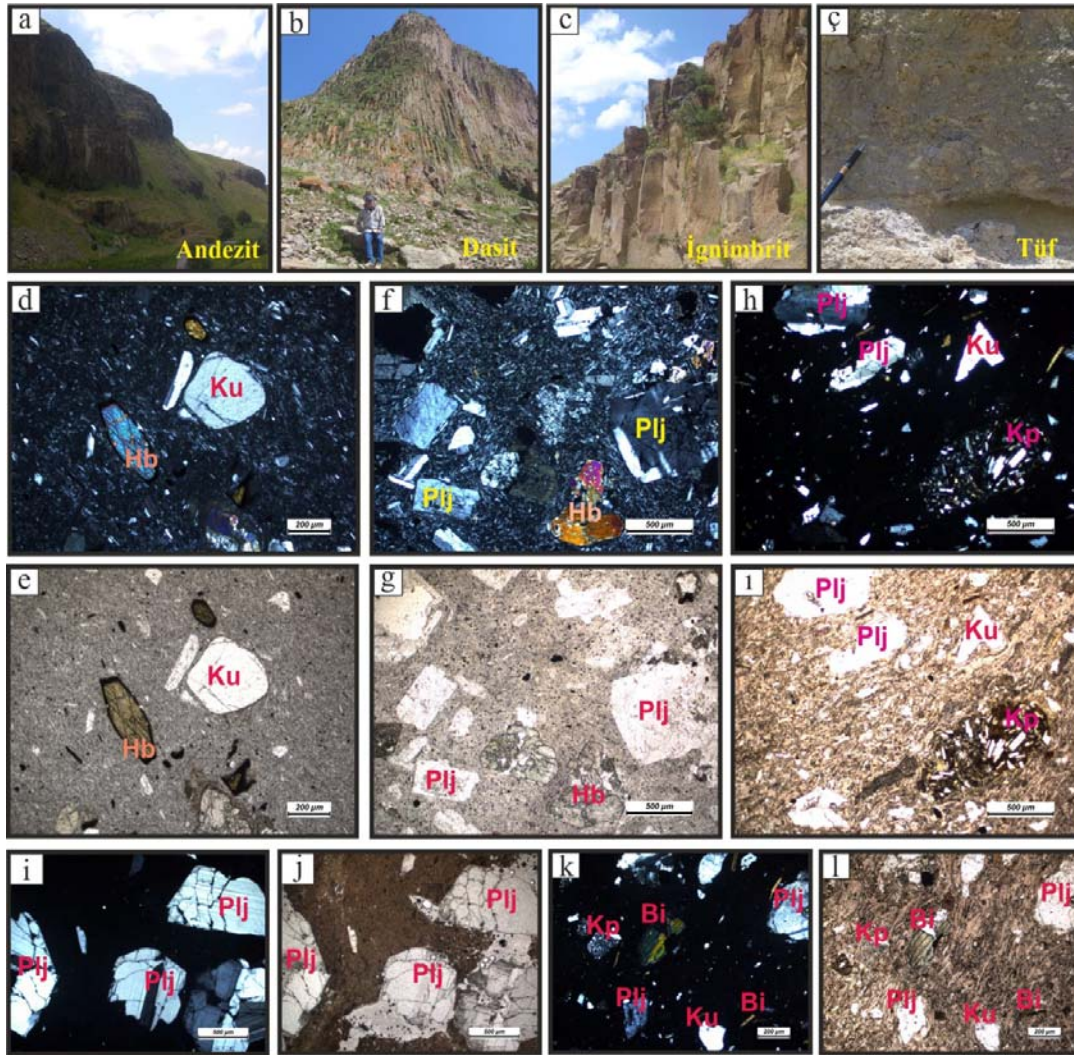


Şekil 2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (ölçeksiz) (Davran, 2018).
Figure 2. Generalized stratigraphic section of the study area (not scaled) (Davran, 2018).

Örnek No	Kayaç Adı	Doku	Modal Mineralojik Bileşim	Örnek GPS Koordinatları	
				X	Y
N-1	Dasit	Mikrogranüler porfirik	Plj, Hb, Bi, Ku, Or	341384	4378128
N-3	Dasit	Mikrogranüler porfirik	Plj, Hb, Bi, Ku, Or	342108	4378181
N-4	Dasit	Mikrogranüler porfirik	Plj, Hb, Bi, Ku, Or	343615	4377383
N-5	Dasit	Trakitik	Plj, Hb, Bi, Ku, Or	343336	4377035
N-6	Dasit	Glomeroporfirik	Plj, Hb, Bi, Ku, Or	343191	4376146
N-7	Kristal Tüf	Hyaloporfirik	Plj, Ku, Hb, Pir	342638	4377294
N-8	Kristal Tüf	Hyaloporfirik	Plj, Ku, Hb, Pir	342366	4376781
N-12	Vitrik Tüf	Hyaloporfirik	Plj, Ku, Hb, Bi	342237	4376139
N-27	Andezit	Mikrolitik porfirik	Plj, Hb, Kl.Pir	342856	4378615
N-28	İgnimbrit	Hyaloporfirik	Plj, Ku, Hb,Pir	338692	4375926
N-30	Andezit	Mikrolitik porfirik	Plj, Hb, Kl.Pir	341551	4375830
N-31	Andezit	Trakitik	Plj, Hb, Kl.Pir	339858	4375354
N-33	Dasit	Mikrolitik porfirik	Plj, Hb, Bi, Ku, Or	340474	4379627
N-34	Andezit	Glomeroporfirik	Plj, Hb, Kl.Pir	337834	4375876

Çizelge 1. Karlıca volkanitlerinin modal mineralojisi, petrografik özellikleri ve GPS koordinatları (Plj:Plajiyoklaz, Hb: Hornblend, Bi: Biotit, Ku: Kuvars; Or: Ortoklaz, Kl.Pir:Klinopiroksen, Pir: Piroksen) .

Table 1. Modal mineralogy, petrographic features and GPS coordinates of the Karlıca volcanites (Plj:Plagioclase, Hb:Hornblende, Bi:Biotite, Ku:Quartz, Or:Ortoclase, Kl.Pir:Clinopyroxene, Pir:Pyroxene) .



Şekil 3. Karlıca volkanitlerine ait arazi (a: Andezit; b: Dasit; c: İgnimbrit; ç: Tüf) ve polarizan mikroskop görüntüleri. d-e) Andezit (ÇN-TN); f-g) Dasit (ÇN-TN); h-ı) İgnimbrit (ÇN-TN); i-j) Kristal tüf (ÇN-TN); k-l) Vitrik tüf (ÇN-TN). (Plj: plajiyoklaz, Hb: hornblend, Bi: biyotit, Ku: kuvars, Kp: kayaç parçası, ÇN: çift nikol, TN: tek nikol).

Figure 3. Field images (a: Andesite; b: Dacite; c: Ignimbrite; ç: Tuff) and polarizing microscope images of the Karlıca volcanites d-e) Andesite (XPL-PPL), f-g) Dacite (XPL-PPL); h-ı) Ignimbrite (XPL-PPL); i-j) Crystal tuff (XPL-PPL); k-l) Vitric tuff (XPL-PPL). (Plj: plagioclase, Hb: hornblende, Bi: biotite, Ku: quartz, Kp: rock fragment, XPL: cross polarized light, PPL: plane polarized light).

Volkanik birimlerden andezitler, mikrolitik porfirik, glomeroporfirik ve trakitik dokulara sahip olup plajiyoklaz, hornblend ve klinopiroksen minerallerini içerirler (Şekil 3d, e). Anortit içerikleri %38-%45 arasında değişen andezin türü ile temsil edilen plajiyoklazlar fenokristal ve hamur içinde yaklaşık %60-75 oranında, hornblendler %5-10, klinopiroksen ise %5 civarındadır. Dasitler, mikrogranüler porfirik,

glomeroporfirik ve trakitik dokuya sahiptirler. Kayaçta bulunan plajiyoklaz, kuvars, hornblend, biyotit ve ortoklaz mineralleri kayaç yapıcı bileşenlerdir (Şekil 3f, g). Plajiyoklazlar kayaçta %60-70 oranında bulunur ve %20-%28 arasında anortit içerikli oligoklaz ile temsil edilirler. Kayaçta kuvars %10-15, hornblend %10, biyotit % 5 civarında bulunur. Piroklastik birimlerden ignimbitlerde hyaloporfirik doku gözlenir, plajiyoklaz, kuvars, hornblend ve piroksen kayaç yapıcı bileşenlerdir (Şekil 3h, ı). Çalışma alanındaki tüfler ise kristal tuf ve vitrik tuf bileşimindedir. Tüflerde hyaloporfirik doku gözlenir. Kristal tüfler başlıca plajiyoklaz, kuvars, hornblend ve piroksen kristallerini (Şekil 3i, j), vitrik tüfler ise plajiyoklaz, kuvars, hornblend ve biyotit kristallerini içerirler (Şekil 3k, l).

Jeokimya

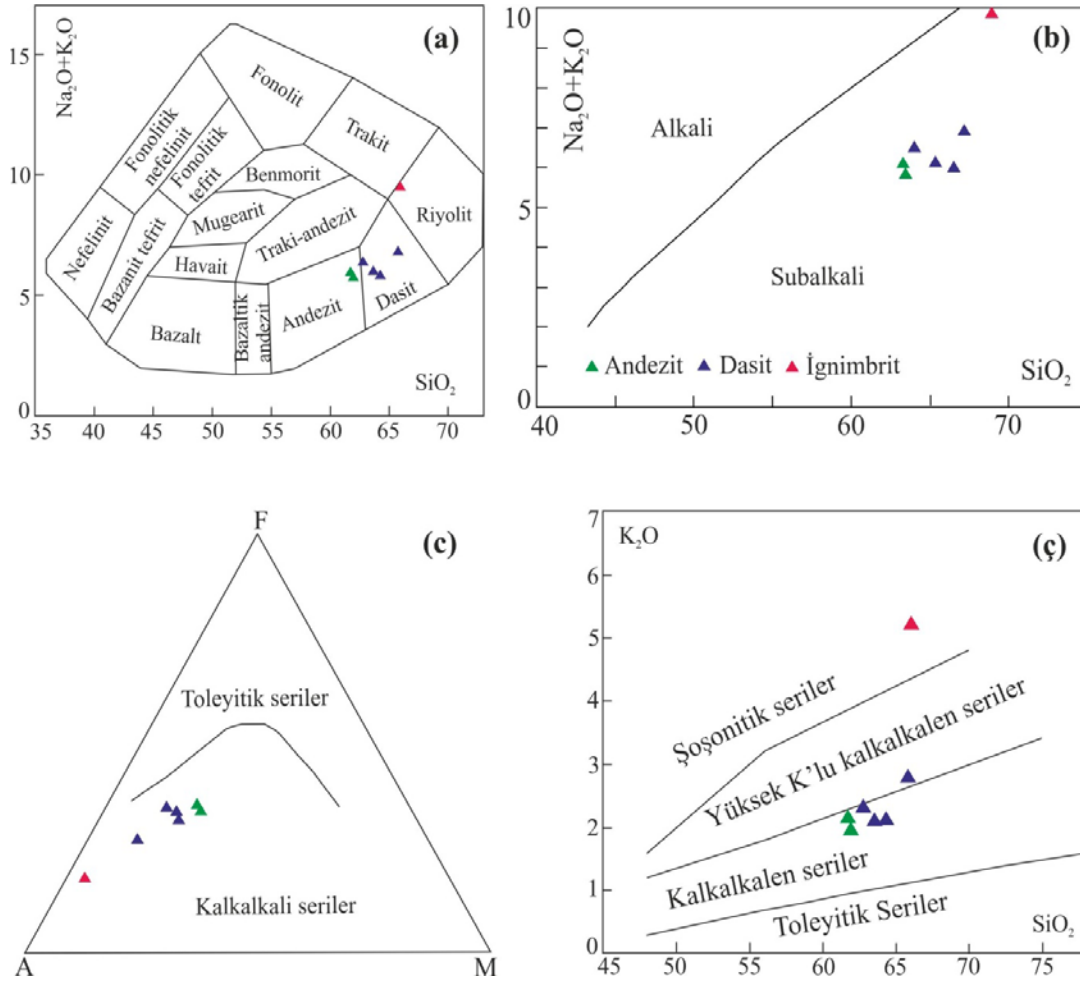
Çalışma alanında bulunan volkanik kayaçlara ait ana ve eser element analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Ana element analiz sonuçlarına dayalı olarak hazırlanan toplam alkali (%Na₂O+K₂O)-silis (SiO₂) (TAS; Cox vd., 1979) diyagramında çalışma alanındaki volkanik kayaçlar andezit, dasit ve riyolit (arazi ve mikroskop incelemesi sonucu riyolit alanına düşen örneğin ignimbit olduğu tespit edilmiştir) alanına düşmektedirler (Şekil 4a). Kayaç örnekleri Irvine ve Baragar (1971)'in TAS diyagramında tamamen subalkali (Şekil 4b); Irvine ve Baragar (1971)'in AFM diyagramında kalkalkalen bölgede yer alırlar (Şekil 4c). Peccerillo ve Taylor (1976)'nın SiO₂-K₂O diyagramında yüksek kalkalkalen, yüksek K'lu kalkalkalen ve şoşonitik özellikli alanda yer alırlar (Şekil 4ç).

Örnek no	N-27	N-34	N-33	N-3	N-4	N-6	N-28
Kayaç adı	Andezit	Andezit	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	İgnimbit
SiO ₂	61.96	61.71	63.66	65.78	64.27	62.77	66.01
Al ₂ O ₃	16.28	16.10	16.63	16.44	16.85	16.80	15.32
Fe ₂ O ₃	4.88	4.92	4.38	3.24	4.30	4.34	2.33
MgO	2.44	2.79	1.90	1.20	1.47	2.18	0.55
CaO	5.78	5.50	4.42	3.94	3.54	5.05	1.47
Na ₂ O	3.72	3.76	3.88	3.99	3.68	4.04	4.23
K ₂ O	1.98	2.16	2.09	2.78	2.12	2.32	5.23
TiO ₂	0.62	0.65	0.58	0.50	0.58	0.60	0.60
P ₂ O ₅	0.28	0.26	0.19	0.22	0.19	0.26	0.11
MnO	0.06	0.07	0.06	0.06	0.04	0.08	0.08
AK (LOI)	1.7	1.8	2.0	1.6	2.8	1.3	3.8
Toplam	99.82	99.77	99.83	99.85	99.86	99.80	99.79
Eser elementler							

Ba	900	616	584	562	547	548	941
Co	13.2	17.5	13.4	8.6	10.5	13.4	1.6
Cs	2.0	1.3	1.6	3.4	1.8	2.9	8.3
Nb	15.1	16.5	13.0	18.0	12.2	15.9	46.2
Rb	56.8	65.9	64.5	81.6	62.2	70.5	209.7
Sr	537.7	550.2	511.3	469.9	411.9	549.9	159.4
Sc	11	11	9	6	9	7	7
Th	10.1	10.7	9.2	14.3	9.1	10.5	34.1
U	3.0	3.1	2.2	3.8	2.4	3.1	9.5
Zr	165.2	182.0	170.8	206.5	165.5	205.6	593.6
Y	18.4	20.2	15.1	13.6	12.9	16.1	50.7
La	43.2	38.9	33.5	41.1	32.0	39.0	90.6
Ce	61.9	64.9	55.7	67.5	50.8	65.1	169.4
Pr	7.64	7.15	6.28	7.21	5.97	7.07	18.24
Nd	26.4	26.2	22.5	24.3	20.7	25.5	62.8
Sm	4.57	4.28	3.99	4.23	3.95	4.32	10.54
Eu	1.23	1.26	1.13	1.05	1.06	1.16	2.09
Gd	4.15	4.28	3.66	3.30	3.28	3.65	9.85
Hf	4.1	4.2	4.0	5.0	4.2	4.7	13.8
Dy	3.27	3.40	2.76	2.65	2.62	2.75	8.99
Ho	0.61	0.64	0.56	0.48	0.48	0.53	1.84
Er	1.74	1.95	1.53	1.27	1.42	1.54	5.89
Tm	0.23	0.26	0.22	0.18	0.18	0.22	0.83
Yb	1.56	1.71	1.36	1.16	1.13	1.33	5.40
Lu	0.21	0.24	0.20	0.18	0.18	0.21	0.83
Ga	16.9	18.4	19.8	19.5	18.6	19.4	19.7
V	85	92	81	53	79	74	20
(Th/Nb) _N	15,43	12,82	14,48	12,99	14,33	13,74	12,59
Zr/Nb	0,76	1,01	1,06	1,22	1,10	1,16	1,22
Y/Nb	0,76	1,01	1,06	1,22	1,10	1,16	1,22
Nb/Yb	15,52	11,95	10,80	9,68	8,56	9,56	9,65
Nb/Th	1,26	1,51	1,34	1,50	1,35	1,41	1,54

Çizelge 2. Çalışma alanındaki volkanik ve piroklastik birimlerin ana ve eser element jeokimyasal analiz sonuçları (ana element sonuçları % oksit cinsinden, eser element sonuçları ppm cinsinden verilmiştir; Th/Nb normalize değerleri Pearce ve Parkinson, 1993'den alınmıştır).

Table 2. Major and trace element geochemical analysis results of the volcanic and pyroclastic units in the study area (major element results given as %oxide, trace element result given as ppm; Th/Nb normalizing values from Pearce and Parkinson, 1993).



Şekil 4. Volkanik birimlere ait kayaç örneklerinin a) TAS adlandırma diyagramındaki (Cox vd., 1979) b) Irvine ve Baragar'ın (1971)'in TAS diyagramındaki c) AFM (A; Na₂O+K₂O, F; FeO, M; MgO) diyagramındaki (Irvine ve Baragar, 1971) ç) K₂O – SiO₂ diyagramındaki (Peccerillo ve Taylor, 1976) konumları.

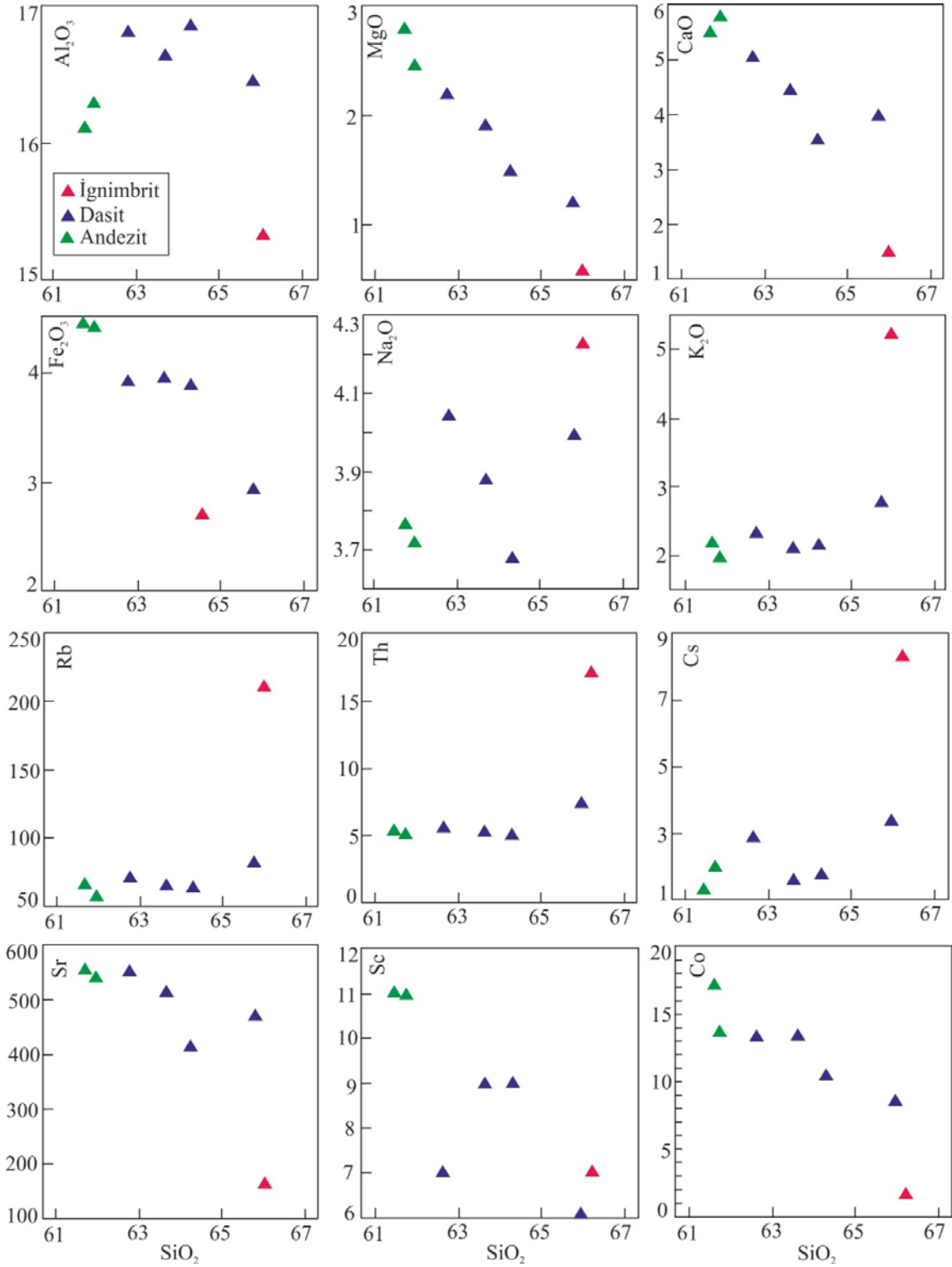
Figure 4. Locations of the rock samples of volcanic units a) in TAS nomenclature diagram (Cox et al., 1979) b) In TAS diagram of Irvine and Baragar (1971) c) AFM (A; Na₂O+K₂O, F; FeO, M; MgO) diagram (Irvine ve Baragar, 1971) ç) K₂O–SiO₂ diagram (Peccerillo ve Taylor, 1976).

Volkanik kayaçların ana element oksitlerinin SiO₂'ye göre ikili değişim diyagramlarında Al₂O₃, MgO, CaO, Fe₂O₃ değerleri SiO₂ artışına bağlı olarak azalmaktadır (Şekil 5). Na₂O ve K₂O değerlerinde alterasyon nedeniyle dağınık bir desen gözlenmektedir. Al₂O₃ içeriği silis oranının artışı ile plajiyoklaz kristalizasyonu nedeniyle düzenli bir azalma gösterir (Şekil 5). MgO ve Fe₂O₃ değerlerinde piroksen, hornblend ve biyotit kristallenmesinden dolayı negatif trend gözlenir (Şekil 5). CaO içeriği piroksen ve kalsik plajiyoklazların kristallenmesi nedeniyle negatif trend

gösterir (Şekil 5). Na_2O içeriğinde SiO_2 artışına bağlı olarak artış gözlenir (Şekil 5). K_2O içeriği K'un uyumsuz element davranışı sergilemesinden ötürü SiO_2 artışı ile artar (Şekil 5).

Volkanik kayaç örneklerine ait eser elementlerden Rb, Th, Cs, Sr, Sc ve Co'nun SiO_2 'ye göre değişimleri incelendiği zaman bu elementlerden SiO_2 ile Rb, Th ve Cs arasında pozitif, SiO_2 ile Sr, Sc ve Co arasında ise negatif bir ilişki gözlenir (Şekil 5). SiO_2 ile uyumsuz özelliğe sahip Rb, Th ve Cs arasındaki pozitif trend ve SiO_2 ile uyumlu özelliğe sahip eser elementlerden Sr, Sc ve Co arasındaki negatif trendler bu elementlerin fraksiyonel kristalleşme sırasındaki davranışlarına benzemektedir. Sr'un fraksiyonel kristallenme sırasında negatif trend sergilemesi Sr'un plajiyoklazlarda Ca'un yerine geçmesi ve kalsik plajiyoklazların fraksiyonlanması ile ilgilidir. Sc ve Co'nun negatif trend göstermesi ise klinopiroksen ve mikalardaki Mg, Fe ve Al'un yerini alması nedeniyledir.

İyonik yarıçapının K elementinin iyonik yarıçapına benzerliğinden ötürü onun yerini alan Rb elementi fraksiyonel kristallenmede K-feldispat, hornblend, biyotit minerallerinin yapısına girer. Bu mineraller bir ergiyikte geç evrede kristallendikleri için SiO_2 ile pozitif trend sunarlar. Ba, Th ve Cs elementlerinin iyonik yarıçaplarının Rb'a yakın oluşu nedeniyle geç evre kristallerinin bünyesinde yer alarak SiO_2 ile pozitif trend gösterirler (Şekil 5).

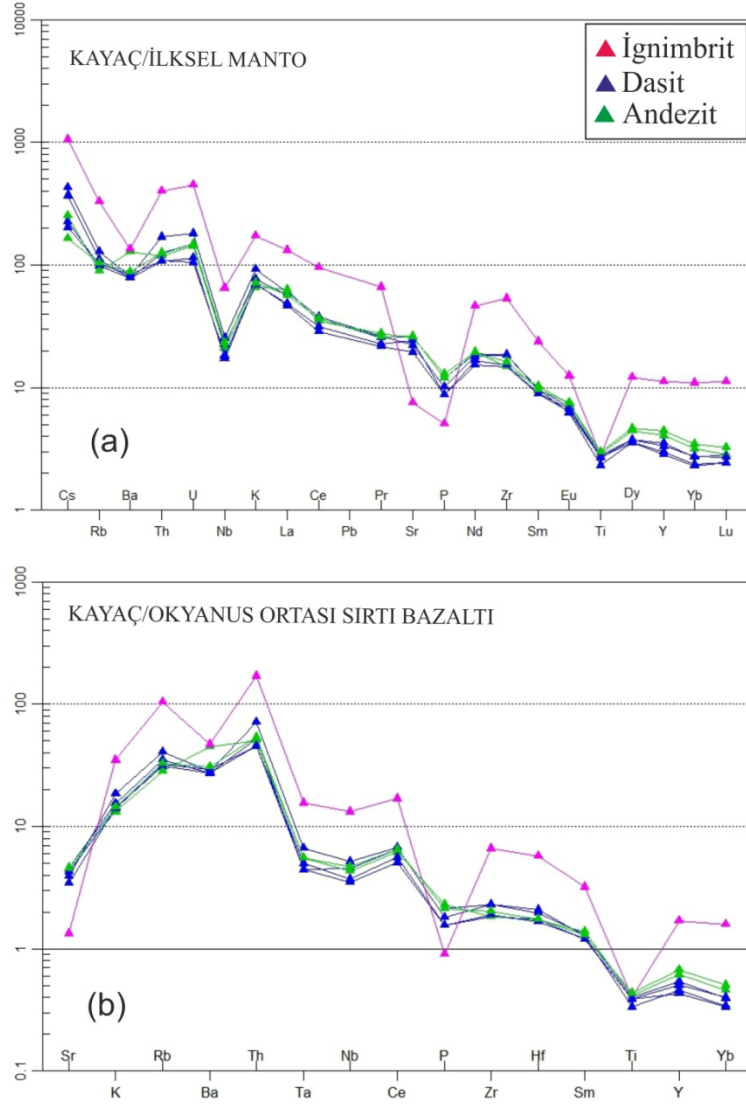


Şekil 5. Volkanik birimlerin SiO₂-ana ve eser element ikili değişim diyagramlarındaki konumları.

Figure 5. Locations of the volcanic units in the SiO₂-major and trace element binary variation diagrams.

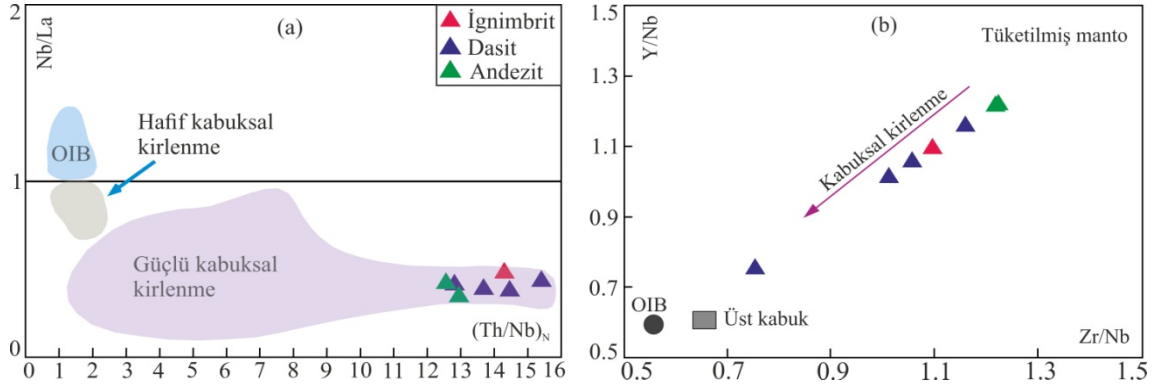
İksel manto (İM) ve okyanus ortası sırtı bazaltlarına (OOSB) göre normalize edilerek hazırlanan iz element ve nadir toprak elementleri örümcek diyagramlarında (Şekil 6a, b) Cs, Rb, Ba, K gibi büyük iyonlu litofil elementler (BİLE) ve hafif nadir toprak elementlerinde (HNTE) zenginleşme; Th, U ve Nb gibi yüksek değerlikli katyonlar (YDK) ve ağır nadir toprak elementlerinde ise (ANTE) tüketilme söz konusudur. Nb/Yb and Th/Nb_N oranları sırasıyla 8.56-15.52 ve 12.59-15.43 arasında değişir. Kıtasal kabuğun ortalama Sr ve Ba değerleri sırasıyla 348ppm ve 259ppm dir (Rudnick ve Gao, 2003). Çalışılan volkanik kayaların ortalama Sr ve Ba değerleri 505.15ppm ve 626.16ppm olup bu değerler ortalama kıtasal kabuk değerlerinin çok üzerindedir. Bu BİLE ve HNTE açısından gözlenen zenginleşmeler bu kayaların oluşumları sırasında kıtasal kabuktan kirlenmeye maruz kaldıklarına bir işaret olarak kabul edilebilir. Kabuksal kirlenmenin varlığı Nb/La'a karşılık (Th/Nb)_N ve Nb/La'a karşılık Zr/Nb diyagramlarında da gözlenebilir (Şekil 7a, b). CaO ve CaO/Al₂O₃ arasındaki doğrusal trend (Şekil 8a) başlangıçta klinopiroksenin ana farklılaşma fazı olduğuna, Al₂O₃, Na₂O ve K₂O içeriklerinin MgO ile negatif trend sergilemeleri (Şekil 8b, c, ç) ve ilksel mantoya göre normalize edilmiş örümcek diyagramında önemli negatif Eu anomalisinin görülmemesi (Şekil 6a) alkali feldispatların başlangıçtaki kristal fraksiyonlanmasında etkili olmadığına işaret eder.

Kayaçlar Wood (1980)'e göre hazırlanan tektonik ayırtlanma diyagramlarının tamamında (Şekil 9a, b, c) kalkalkali yay bazaltı (CAB) alanında, Swinden vd. (1990)'a göre hazırlanan tektonik sınıflandırma diyagramında da yay (ARC) volkanikleri alanında yer almaktadırlar (Şekil 9ç).



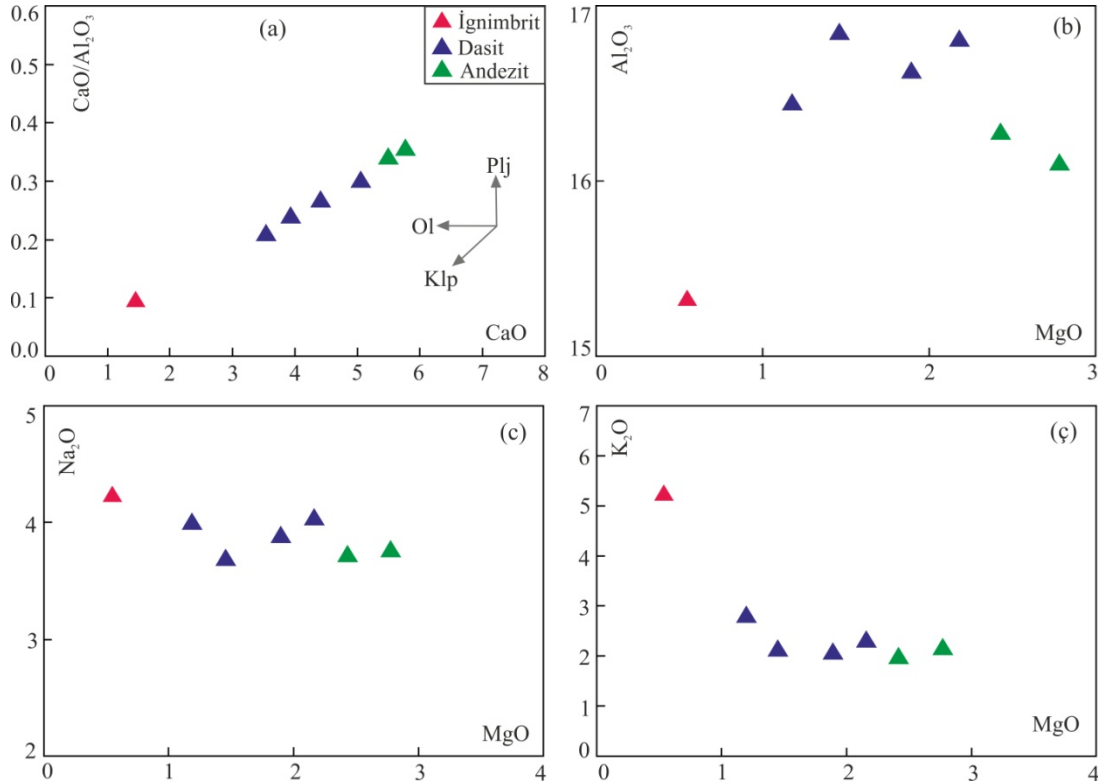
Şekil 6. Volkanik birimlerin a) Kayaç/İlksele Manto'ya göre normalize edilmiş eser element değişim diyagramı (Normalize değerleri Sun ve Mc Donough, 1989'dan alınmıştır) b) Kayaç/Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı'na göre normalize edilmiş eser element değişim diyagramı (Normalize değerleri Pearce, 1983' den alınmıştır).

Figure 6. a) Rock/PRIM normalized trace element spider diagram of the volcanic units (normalize values from Sun and Mc Donough, 1989) b) Rock/MORB normalized trace element spider diagram of the volcanic units (normalize values from Pearce, 1983).



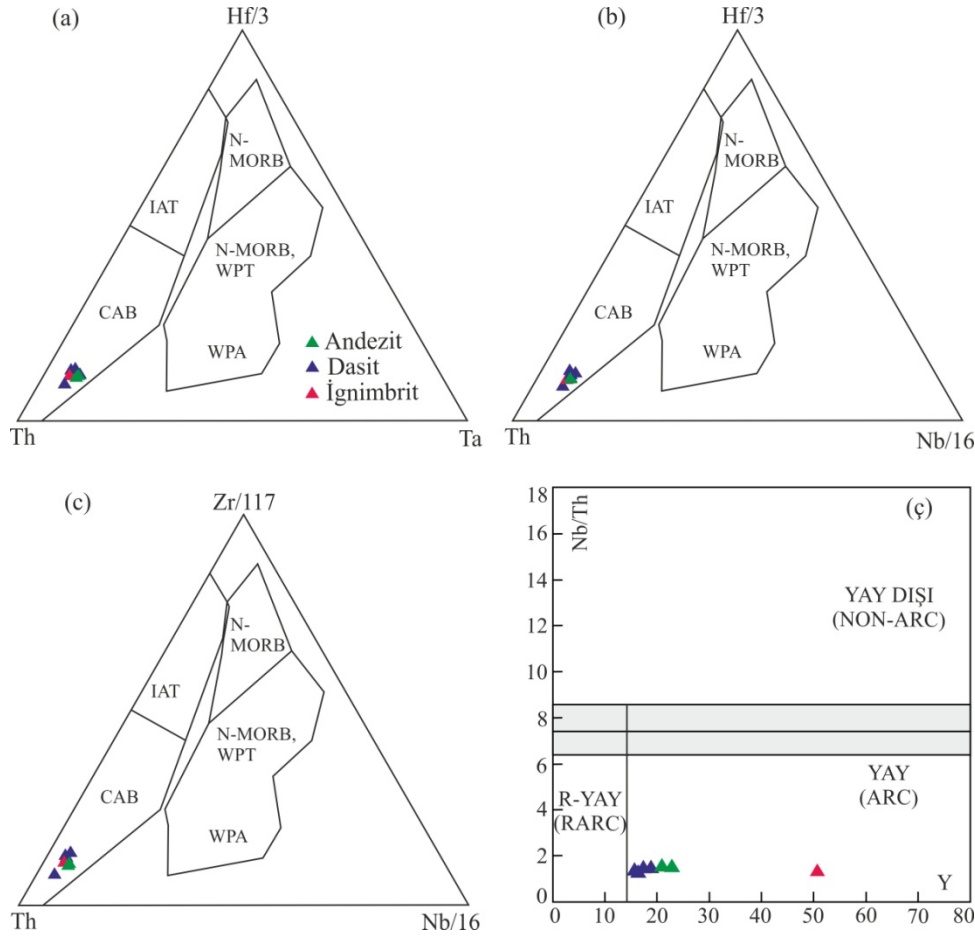
Şekil 7. Karlıca volkanitlerinin a) Nb/La'a karşı $(Th/Nb)_N$, b) Y/Nb'a karşı Zr/Nb diyagramlarındaki konumları.

Figure 7. a) Nb/La vs. $(Th/Nb)_N$, b) Y/Nb vs. Zr/Nb plots for Karlıca volcanites.



Şekil 8. Karlıca volkanitlerinin a) CaO'e karşı CaO/Al_2O_3 , b) MgO'e karşı Al_2O_3 , c) MgO'e karşı Na_2O , ç) MgO'e karşı K_2O değişim diyagramlarındaki konumları.

Figure 8. Locations of the Karlıca volcanites in a) CaO vs. CaO/Al_2O_3 , b) MgO vs. Al_2O_3 , c) MgO vs. Na_2O , ç) MgO vs. K_2O variation diagrams.



Şekil 9. a-b-c) Vokanik birimlere ait Wood (1980)'e göre yapılmış tektonik ayırtlama diyagramları (Th-Hf-Ta-Zr-Nb) (CAB: Kalk-alkali yay bazaltları, IAT: Ada yayı toleyitleri, N-MORB: Normal okyanus ortası sırt bazaltları, E-MORB: Zenginleşmiş okyanus ortası sırt bazaltları, WPT: Levha içi toleyitleri, WPA: Levha içi alkali), ç) Nb/Th'a karşı Y tektonik ayırtlama diagram (Swinden et al., 1990) (RARC: Refrakter yay volkanik alanı).

Figure 9. a-b-c) Tectonic discrimination diagrams of Wood (1980) for the volcanic units (Th-Hf-Ta-Zr-Nb) (CAB: Calc-alkaline arc basalts, IAT: Island arc tholeiites, N-MORB: Normal mid ocean ridge basalts, E-MORB: Enrichment mid ocean ridge basalts, WPT: Within plate tholeiites, WPA: Within plate alkaline), ç) Nb/Th vs. Y tectonic discrimination diagram (Swinden et al., 1990) (RARC: Refractory arc volcanic field).

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

İnceleme alanındaki volkanik birimlerin andezit, dasit; piroklastik birimlerin ise başlıca ignimbrit ve tuf türü kayalardan meydana geldikleri tespit edilmiştir.

Volkanik kayalar subalkali, kalkalkali, yüksek K'lu seri ve şoşonitik özelliklere sahiptirler. İkili değişim diyagramlarında SiO₂ artışına bağlı olarak andezitten dasite doğru Fe₂O₃, MgO, TiO₂, CaO değerlerindeki azalma, toplam alkali (Na₂O+K₂O); Rb ve Ba oranının andezitten dasite doğru artışı bu kayaların oluşumu sırasında fraksiyonel kristallenme sürecinin etkili olduğunu; hafif nadir toprak elementleri (HNTE), büyük iyonlu litofil elementlerdeki (BİLE) zenginleşmeler kayaların oluşumu ve evrimi sırasında kıtasal kabuktan kirlenmenin de fraksiyonel kristallenme ile birlikte etkili bir süreç olduğuna işaret etmektedir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FYL-2017-6368 No'lu yüksek lisans tez projesi olarak desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Açlan M, Turgut İK, 2017. Şekerbulak (Diyadin-Ağrı) Dolaylarında Yüzeyleyen Volkanik Kayaların Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(4), ss. 163-174, Aralık 2017.
- Açlan M, Altun Y, 2018. Syn-collisional I-type Esenköy Pluton (Eastern Anatolia-Turkey): An indication for collision between Arabian and Eurasian plates. Journal of African Earth Science, 142: 1-11.
- Açlan M, Duruk, Hİ, 2018. Geochemistry, zircon U-Pb geochronology and tectonic setting of the Taşlıçay Granitoids, Eastern Anatolia, Turkey. Arabian Journal of Geosciences (2018) 11:336.
- Barazangi M, Sandvol E, Seber D, 2006. Structure and Tectonic Evolution of the Anatolian Plateau in Eastern Turkey. In: Dilek, Y., Pavlides, S. (Eds.), Geological Society of America Special Paper, 409, 463–473.

- Cox KG, Bell JD, Pankhurst RJ, 1979. The Interpretation of Igneous Rocks. George Allen & Unwin.
- Çakır Y, 1994. Ağrı Diyadin ve Iğdır Dolayının Jeoloji Etüdü, MTA Raporu, (yayınlanmamış).
- Çolakoğlu AR, Günay K, Göncüoğlu MC, Oyan V, Erdogan K, 2014. Geochemical Evaluation of the Late Maastrichtian Subduction-related Volcanism in the Southern Neotethys in Van area, and a Correlation Across the Turkish-Iranian Border. *Ofioliti* 39 (2), 51e65.
- Davran N, 2018. Demirkapı (Hamur–Ağrı) dolaylarında yüzeyleyen kayaçların mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelenmesi. Yüksek lisans tezi. 83s. (yayınlanmamış).
- Innocenti F, Mazzuoli R, Pasquare G, Radicati di Brozolo F, Villari L, 1976. Evolution of Volcanism in the Area of Interaction between the Arabian, Anatolian and Iranian Plates Lake Van, Eastern Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 1, 103–112.
- Innocenti F, Mazzuoli R, Pasquare G, Serri G, Villari L, 1980. Geology of the volcanic area north of Lake Van, Turkey. *Geologischen Rundschau*, 69, 292–322.
- Irvine TN, Baragar WRA, 1971. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8, 523-548.
- Keskin M, Pearce JA, Mitchell JG, 1998. Volcano-stratigraphy and geochemistry of collision-related volcanism on the Erzurum Kars plateau, north eastern Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 355-404.
- Keskin M, 2003. Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction accretion complex: an alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Geophysical Research Letters*, 30, 8046–8050.
- Keskin M, 2006. Doğu Anadolu: Manto sorgucu olmadan çarpışma zonu içindeki sıcak nokta. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 122-132.
- Ketin İ, 1977. Türkiye'nin başlıca orojenik olayları ve paleocoğrafik evrimi. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 88:1-4. Ankara.
- Kıral K, Çağlayan A, 1980. Kağızman (Kars)-Ağrı-Taşlıçay (Ağrı) dolayının jeolojisi: MTA Rap. (yayınlanmamış), Ankara.

- Koçyiğit A, 2013. New field and seismic data about the intraplate strike-slip deformation in Van region, East Anatolian plateau, E. Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*. 62:586-605. doi: 10.1016/j.jseaes.2012.11.008.
- Oyan V, Keskin M, Lebedev VA, Chugaev AV, Sharkov EV, 2016. Magmatic evolution of the Early Pliocene Etrüsk stratovolcano, Eastern Anatolian Collision Zone, Turkey, *Lithos*. vol.256-257, pp.88-108.
- Öner A, 1985. Ağrı-Eleşkirt-Kilisedere ve Ağrı Eleşkirt-Kilisedere sahalarına ait jeoloji raporu. MTA Raporu, No: 21.
- Özdemir Y, Karaoğlu Ö, Tolluoğlu AÜ, Güleç N, 2006. Volcano stratigraphy and petrogenesis of the Nemrut stratovolcano (East Anatolian High Plateau): the most recent post-collisional volcanism in Turkey. *Chemical Geology*, 226 (3–4), 189–211. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemgeo.2005.09.020>
- Pearce JA, and Parkinson IJ, 1993. Trace element models for mantle melting: application to volcanic arc patrogenesis; in Prichard, H.M., Alabaster, T., Harris, N.B.W., and Neary, C.R., eds., *Magmatic Processes and Plate Tectonics*. Geological Society Special Publications, no. 76, p.
- Pearce JA, Bender JF, DeLong SE, Kidd WSF, Low PJ, Güney Y, Şaroğlu F, Yılmaz Y, Moorbath S, Mitchell JG, 1990. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey, In: P.LeFort JA Pearce, A. Pecher (eds); *Collision Magmatism*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 184 – 229.
- Peccerillo A, Taylor SP, 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58, 63-81.
- Perinçek D, 1980. Bitlis metamorfitlelerinde volkanitli Triyas. *TJK Bült.* 23, 201–211 (in Turkish).
- Rolland Y, 2017. Caucasus Collisional History: Review of Data from East Anatolia to West Iran. *Gondwana Research*. doi: 10.1016/j.gr.2017.05.005.
- Rudnick RL, Gao S, 2003. Composition of the continental crust. See Holland & Turekian 2003, pp. 1–64
- Sun SS, McDonough WF, 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes: In: Saunders, A.D., Norry, M.J. (Eds.), *Magmatism in Ocean Basins*. Geological Society of London Special Publication, 42, 313-345.

- Swinden HS, Jenner GA, Fryer BJ, Hertogen J, Roddick JC, 1990. Petrogenesis and paleotectonic history of the Wild Bight Group, an Ordovician rifted island arc in central Newfoundland. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 105, 219–241.
- Şengör AMC, Yılmaz Y, 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics* 75 (1981) 181–241.
- Şengör AMC, Özeren S, Zor E, Genç T, 2003. Doğu Anadolu litosfer mekaniğine yeni bir yaklaşım. IV. Kuvaterner Çalıştayı, İstanbul, 101-110.
- Şengör AMC, Özeren MS, Keskin M, Sakıncı M, Özbakır AD, Kayan I, 2008. Eastern Turkish high plateau as a small Turkic-type orogen: implications for post-collisional crust-forming processes in Turkic-type orogens. *Earth Science Review*, 90, 1-48.
- Türkecan A, Dönmez M, Özgür B, Mutlu G, Sevin D, Bulut V, 1992. Patnos-Tutak-Hamur (Ağrı) yöresinin jeolojisi ve volkanik kayaların petrolojisi. MTA Raporu, No:9434 (yayınlanmamış).
- Wood DA, 1980. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters*, 50, 11-30.
- Yılmaz Y, Şaroğlu F, Güner Y, 1987. Initiation of the Neomagmatism in East Anatolia. *Tectonophysics* 134, 177–199.
- Yılmaz Y, Yiğitbaş E, Genç SC, 1993. Ophiolitic and metamorphic assemblages of southeast Anatolia and their significance in the geological evolution of the orogenic belt. *Tectonics* 12, 1280–1297.