



Kadınhanı (Konya) K'ca zengin metatrakiandezitinin jeokimyası ve petrojenezi: Devoniyen(?) volkanizmasının gelişimi

Geochemistry and petrogenesis of Kadınhanı (Konya) K-rich metatrachyandesite: The evolution of Devonian (?) volcanism

Hüseyin Kurt
Mehmet Arslan

Selçuk Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 42100 Konya.
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon.

Öz

Kadınhanı (Konya) yöresinde yüzeyleyen K'ca zengin metavolkanitler, serisitlenme, kloritleşme ve albitleşme ile karakterize edilen düşük dereceli metamorfizmaya maruz kalmışlardır. Bu metavolkanitler, alkali-toleyitik geçiş karakterli, trakiandezit bileşimli ve levha-içi lavlarının kimyasal özelliklerini yansıtır. Kayaçlar, aşın derecede K'ca zengin (%6,5-11.1 K₂O) olup, büyük iyonlu litofil ve hafif nadir toprak elementleri bakımından zenginleşme göstererek, muhtemelen zenginleşmiş bir kaynağa işaret ederler. Ayrıca, Nb fakirleşmesi ana magma kaynağında bir dalma-batma bileşiminin varlığını belirtir. Söz konusu element zenginleşmeleri, ana magmanın oluşumundan önce muhtemelen kaynak bölgesinde meydana gelmiştir. Ana magma, ekstansiyonel bir rejimde oluşmuş olup, az oranda dalma-batma bileşeni içeren kıta-altı litosferden türemiştir. Ana magmanın türediği manto kaynağının, jeokimyasal olarak K'ca zengin materyal sağlayabilecek kapasitede olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimelec: Kadınhanı, metatrakiandezit, metavolkanit; Orta Anadolu

Abstract

The K-rich metavolcanites of Kadınhanı (Konya) have undergone low grade metamorphism characterized by sericitization, chloritization and albitization. The rocks are transitional between alkaline and tholeiitic, trachyandesite in composition and have within-plate lava characteristics. They are extremely K-rich (6.5-11.1 wt. % K₂O) and show also strong enrichments in LILE and LREE, implying possibly an enriched source. In addition, depletion in Nb indicates the presence of a subduction component in magma genesis. These enrichments probably occurred in the source region prior to magma generation. The parental magma of the rocks was formed in an extensional regime and derived from subcontinental lithosphere involving a small amount of subduction component. Their mantle source was geochemically capable of supplying the K-rich material.

Key Words: Kadınhanı, metatrachyandesite, metacolcanics, Central Anatolia

GİRİŞ

İnceleme alanı, Kadınhanı (Konya) ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Ketin (1966)'e göre "Anatolidler", Özgül (1976)'e göre "Toridler" içindeki "Bolkardağ Birliği", Okay (1986)'a göre geniş ölçüde "Afyon-Bolkardağ zonu" ve Özcan vd. (1988)'ne göre ise "Kütahya-Bolkardağ kuşağı" içinde yer alan inceleme alanı

nda yeşilşist-mavişist fasiyesinde gelişen metamorfik ve metamagmatik kayaçlar bulunmaktadır. Afyon-Bolkardağ kuşağının kayaçları, tabanda kuyars-feldispat gnayslar ve bunları örten yer yer metabazik ve kalsit mermer seviyeleri içeren 1500 m'den fazla kalınlığı olan metapsammit ve pelitlerden oluşmaktadır. Metaklastiklerin alt seviyelerinde, Devoniyen fosilleri bulunmakta

buna karşın istif yukarı doğru tedrici olarak Karbonifer ve Permiyen kireçtaşlarına geçiş göstermektedir. Bunların üzerindeki Mezozoyik kay açları, tabanda Triyas klastikleri olan esasen platform karbonatlarından oluşmaktadır. Karbonatlar erken Maastrichtiyen'e kadar uzanmaktadır. Geç Maastrichtiyen ve Paleosen, Permiyen, Jura ve Kretase kireçtaşı bloklarıyla vahşi-fliş özelliğinde gelişmiştir. Yoğun bir şekilde deforme olmuş volkano-sedimanter kompleks ve peridotit napı tektonik olarak Afyon-Bolkardağ Zonu kayaçlarını üzerler (Okay, 1984).

Yörenin geniş ölçekli stratigrafisi (Özcan vd., 1988; Eren, 1993; Kurt, 1994), metamagmatik kay açların petrografik ve jeokimyasal özellikleri (Kurt, 1996) önceki araştırmacılar tarafından verilmiştir. Kurt (1996) tarafından yöredeki metavolkanitler iki gruba ayrılmıştır; kıtasal yay lavlarının özelliğini gösteren metabazaltik andezitler ve levha-içi lavlarının karakteristiklerine sahip olan metatrakiandezitler. Bu çalışmada, iki grubu metavolkanitlere ilaveten Kadınhanı (Konya) ilçesinin güneybatısında K'ca zengin metatrakiandezitlerin varlığı ortaya çıkartılmış olup, bu kayaçların petrografisi, jeokimyası, petrojenezi ve yörenin diğer metavolkanitleriyle ilişkisini dikkate alarak gelişimi açıklanmıştır.

GENEL JEOLJİ

İnceleme alanında, Bağnkurt Formasyonu en yaşlı birim olup, fillit, şist, mermer, kuvarsit, metaçört, psammit, kuvars damarları, metakonglomera ve metakireçtaşı bloklarından oluşmaktadır. Bu birim, Devoniyen Alt Karbonifer fosilleri içeren Bozdağ Formasyonunun metakarbonatları tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Şekil 1). Bu nedenle, önceki araştırmacılar Bağnkurt Formasyonunun muhtemelen Devoniyen yaşlı olduğunu ileri sürmüşlerdir (Eren, 1993; Kurt, 1994).

Bağnkurt Formasyonu içerisinde küçük alanlarda yayılım gösteren metavolkanitler bulunmaktadır (Şekil 1). Bunlardan metabazaltik andezitler, çevre kayacın ana şistozitesine uygun bir şekilde sil olarak gözlenmektedir. Bu çalışmaya konu olan K'ca zengin tipi de içine alan metatrakiandezitler ise yankayaçla uyumlu olarak iyi foliasyon sunarlar. Metavolkanitlerin, arazi ilişkilerine göre Devoniyen yaşında olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, inceleme alanının dışında yüzey ley en KB uzanımlı Devoniyen-Erken Karbonifer yaşlı Bozdağ Formasyonuna ait metakarbonatları kesen metagabro ve metadolerit daykan bulunmaktadır (Kurt, 1996). İnceleme alanındaki, metamorfik kayaçlar, ayırtman stratigrafik ve metamorfik özellikler gösterirler. Kil, tuf, kumtaşı,

konglomera, marn ve killi kireçtaşlarından oluşan Geç Pliyosen-Kuvaterner yaşlı Topraklı Formasyonu tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.

ANALİTİK METODLAR

K'ca zengin metatrakiandezit örneklerinin tüm kay ana ve iz element içerikleri X-ışınları floresans (XRF) yöntemi ve mineral analizleri Cambridge Instrument Microscan 5 (EDS) mikroprob aleti kullanılarak, Glasgow Üniversitesi, Jeoloji ve Uygulamalı Jeoloji Bölümünde gerçekleştirilmiştir. Nadir toprak element içerikleri ise ICP-MS aletiyle İskoç Üniversiteleri Araştırma ve Reaktör merkezi (SURRC)'nde yapılmıştır.

PETROGRAFI

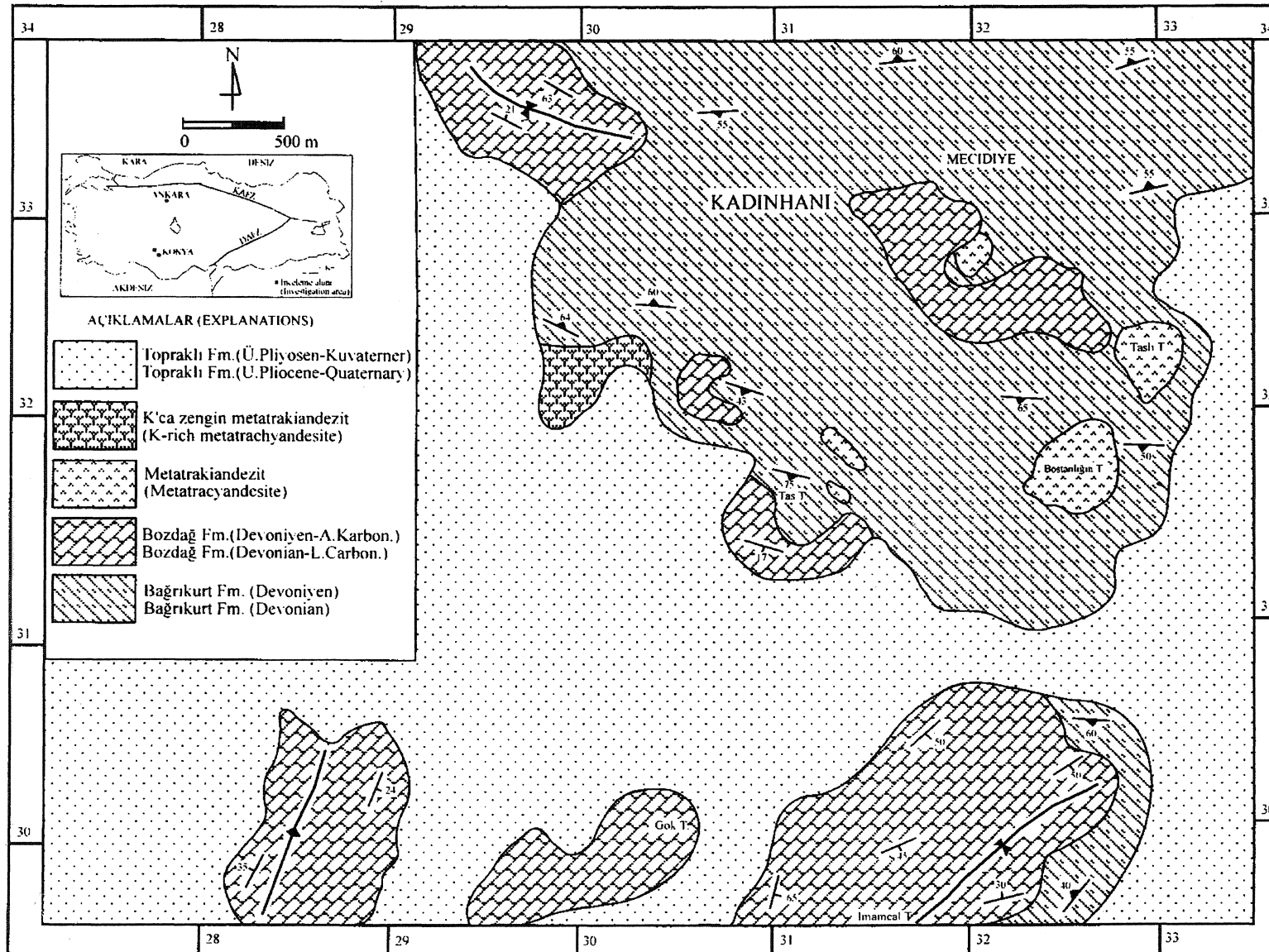
İncelenen kayaçlar, yeşilimsi renkli, ince taneli olup, belirgin bir şistozite gösterirler. Modal mineralojisinde sanidin, plajiyoklas, hornblend, aktinolit, muskovit, serisit, klinopiroksen, kuvars, kalsit, epidot, opak mineraller ve aksesuar sfen, zirkon ve apatit içerirler. Hamur, ince lif si açık yeşil amfibol, açık yeşil-renksiz klorit, sanidin, kalsit, serisit, epidot, sfen ve opak minerallerden oluşmaktadır.

Plajiyoklas kristalleri rezorbe olmuş ve bol miktarda inklüzyon içermektedir (Şekil 2). Yaygın olarak bulunan büyük sanidin kristalleri (Çizelge 1) kısmen serisite dönüşmüştür. Beyaz mika, sanidin ve açık yeşil klorit kristalleri, kalsit, sefen ve demir oksitlerle birlikte gözlenmektedir. Beyaz mikalar fenjitik olup, bileşimi paragonit (0-3.4), margarit (0-0.7) ve muskovit (92.2-97.8) arasında değişmektedir (Çizelge 2). Fe-Ti oksitler, yarı özsekilli-özsekilli taneler oluştururlar.

Kayaçlar, yoğun bir metamorfizma göstermelerine karşın bazı primer mineraller halen ayrılabilirler. En iyi korunmuş mineral, 1 cm'ye varan fenokristaller şeklinde gözlenen klinopiroksendir. Bunlar, opak mineral inklüzyonları içermekte ve bazen diğer mineraller tarafından sarılmaktadır. Apatit, magnetit ve ilmenit diğer primer mineralleri oluşturur. Primer feldispatlar genelde sanidine dönüşmüştür. Sanidin kristalleri, hamur içerisinde uzayarak büyümüş ve poikloblastik olarak hamur minerallerini içine almıştır (Şekil 2). Mineraller arası dokusal ilişkiler gözönüne alındığında bunların çoğunun, bölgesel metamorfizmanın son safhasında geliştikleri düşünülmektedir.

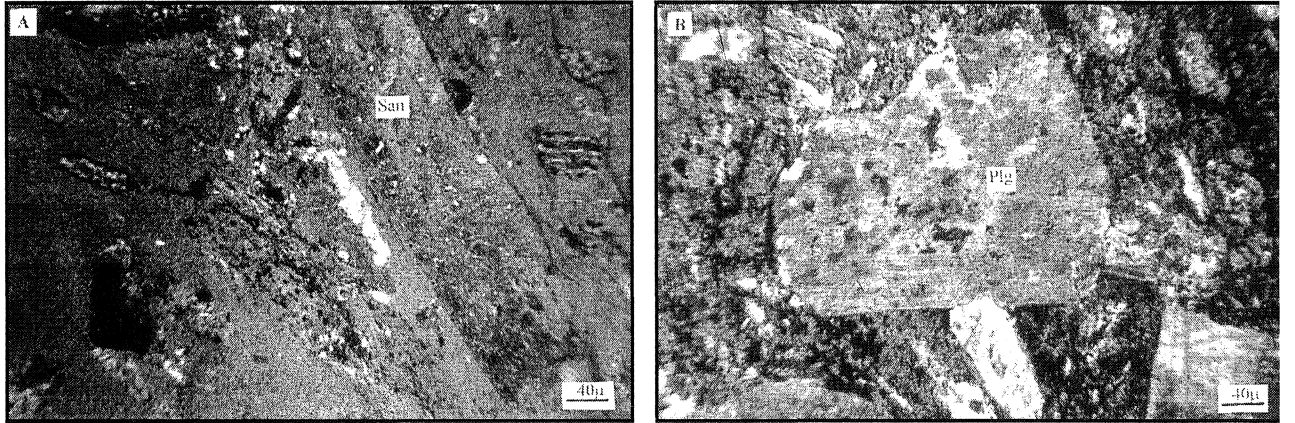
JEOKİMYA

İncelenen kayaçların kimyasal analizleri (Çizelge 3)



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru ve jeolojik haritası (Kurt, (1994)'dan değiştirilerek alınmıştır).

Figure 1. Location and geological map of the investigation area (modified from Kurt, (1994)).



Şekil 2. a) İnce taneli klorit, serisit, fenjit, kalsit ve opak minerallerden oluşan bir hamur içerisinde poikloblastik doku gösteren iri uzamış sanidin (San) kristali. **b)** İnce-orta taneli mika, kalsit, klorit ve opak minerallerden oluşan bir hamur içerisinde kısmen rezorbe olmuş iri plajiyoklas (Plg) kristali.

Figure 2. a) Poikloblastic, large sanidine (San) crystal within the fine-grained matrix containing chlorite, sericite, phengite, calcite and opaque minerals. **b)** Partially resorbed, large plagioclase (Plg) crystal within the fine medium-grained matrix of mica, chlorite and opaque minerals.

Çizelge 1. Kayaçlardaki feldispatların mikroprob analizleri.

Table 1. Microprobe analyses of feldspars in the rocks.

Örnek (Sample)	446	446	446	446	446	446	446	446	446
SiO ₂	64.00	65.14	64.86	63.76	62.77	64.00	64.72	64.67	63.34
TiO ₂	0.11	0.24	0.52	0.62	0.98	0.89	0.50	0.31	0.90
Al ₂ O ₃	18.39	18.62	18.37	18.52	19.33	19.81	19.00	18.73	19.00
FeO	0.71	0.07	0.71	0.08	0.20	0.17	0.06	0.04	0.60
MnO	0.00	0.03	0.02	0.07	0.07	0.17	0.00	0.00	0.02
MgO	0.55	0.17	0.16	0.89	0.00	0.08	0.03	0.04	0.94
CaO	0.08	0.00	0.02	0.01	0.68	0.73	0.22	0.03	0.22
Na ₂ O	0.50	0.74	0.58	0.40	1.75	3.18	4.20	0.28	0.65
K ₂ O	15.77	14.09	14.13	14.63	13.32	10.83	10.47	16.30	14.13
P ₂ O ₅	0.06	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.03	0.12	0.00
Toplam	100.17	99.12	99.42	99.04	99.09	99.87	99.23	100.54	99.80
Formül 32 oksijen üzerindedir (Formula on the basis of 32 oxygens)									
Si	2.96	3.00	2.99	2.96	2.91	2.92	2.96	2.97	2.97
Ti	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01
Al	1.00	1.01	0.99	1.01	1.06	1.06	1.02	1.02	1.02
Fe ⁺²	0.03	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Mg	0.03	0.01	0.01	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04	0.01	0.00	0.00
Na	0.05	0.06	0.05	0.04	0.16	0.28	0.37	0.06	0.03
K	0.93	0.83	0.83	0.87	0.79	0.63	0.61	0.96	0.96
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Toplam	5.02	4.93	4.89	4.97	4.99	4.98	5.00	4.99	4.99
An	0.40	0.00	0.10	0.00	3.40	3.60	1.10	0.10	1.10
Ab	4.50	6.70	5.20	3.60	15.70	28.10	37.06	2.50	5.80
Or	93.10	82.80	83.10	86.60	78.90	63.00	60.87	95.60	83.20

KADINHANI METATRAKİANDEZİTİNİN JEOKİMYASI, PETROJENEZİ

Çizelge 2. Kayaçlardaki fenjitik mikaların mikroprob analizleri.

Table 2. Microprobe analyses of phengitic micas in the rocks.

Örnek (Sample)	444	444	444	444	444	445	445	445	446
SiO ₂	53.48	52.38	52.12	49.01	52.38	55.50	54.14	54.63	54.10
TiO ₂	0.13	0.21	0.17	0.58	0.11	0.09	0.16	0.20	0.23
Al ₂ O ₃	18.64	19.5	18.90	17.05	18.70	19.70	19.12	19.10	18.98
FeO ₃	4.90	4.52	4.72	6.46	4.49	4.91	5.34	5.38	5.72
FeO	0.78	0.72	0.75	1.03	0.71	0.78	0.85	0.86	0.91
MnO	0.00	0.00	0.00	0.03	0.07	0.05	0.04	0.01	0.04
MgO	4.65	4.73	4.46	6.38	4.58	4.95	5.11	4.98	3.97
CaO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.10	0.06	0.00
Na ₂ O	0.11	0.14	0.00	0.00	0.26	0.09	0.05	0.22	0.19
K ₂ O	11.01	11.00	10.98	10.07	10.94	11.39	11.23	11.38	11.67
P ₂ O ₅	0.13	0.00	0.03	0.09	0.06	0.09	0.07	0.00	0.09
Toplam	93.51	92.85	91.66	90.08	92.06	97.23	96.02	96.38	95.37
Formül 32 oksijen üzerindedir (Formula on the basis of 32 oxygens)									
Si	7.32	7.22	7.28	7.03	7.29	7.29	7.24	7.27	7.29
Ti	0.01	0.02	0.02	0.06	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Al ^{IV}	0.69	0.78	0.72	0.97	0.71	0.70	0.76	0.73	0.71
Al ^{VI}	2.32	2.40	2.39	1.91	2.36	2.35	2.25	2.27	2.31
Fe ⁺³	0.51	0.47	0.49	0.69	0.47	0.49	0.54	0.54	0.58
Fe ⁺²	0.09	0.08	0.09	0.12	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Mg	0.95	0.97	0.93	1.36	0.95	0.97	1.02	0.99	0.79
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00
Na	0.03	0.04	0.00	0.00	0.07	0.02	0.01	0.06	0.05
K	1.92	1.93	1.96	1.84	1.94	1.91	1.92	1.93	2.01
P	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Toplam	13.86	13.92	13.88	14.02	13.92	13.87	13.91	13.93	13.89
Mus	95.41	96.70	97.80	92.15	93.58	95.55	95.80	94.74	93.27
Par	1.44	1.90	0.00	0.00	3.42	1.15	0.65	2.79	2.28
Mar	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.75	0.39	0.00

*Fe⁺³, Schumacher (1991)'e göre oranla hesaplanmıştır. Mus: Muskovit; Par: paragonit; Mar: margarit.

*Fe⁺³ is calculated by ratio according to Schumacher (1991). Mus: muscovite; Par: paragonite; Mar: margarite.

dikkatle yorumlanmalıdır. Zira kayaçların maruz kaldığı düşük dereceli metamorfizma ve alterasyon gibi olaylar bazı element (özellikle ana elementler) hareketlenmelerine neden olmuş olabilir. Söz konusu kayaçlar, genel olarak epidotlaşma, serisitleşme, silisleşme ve kloritleşme ile karakterize olunan metamorfizma etkisinde kaldıklarından element zenginleşmeleri gerçekleşebilir. Örneğin, serisitleşme kuvvetli K, Rb ve Ba, kloritleşme ise orta derecede Mg zenginleşmeleri ile karakterize edilir

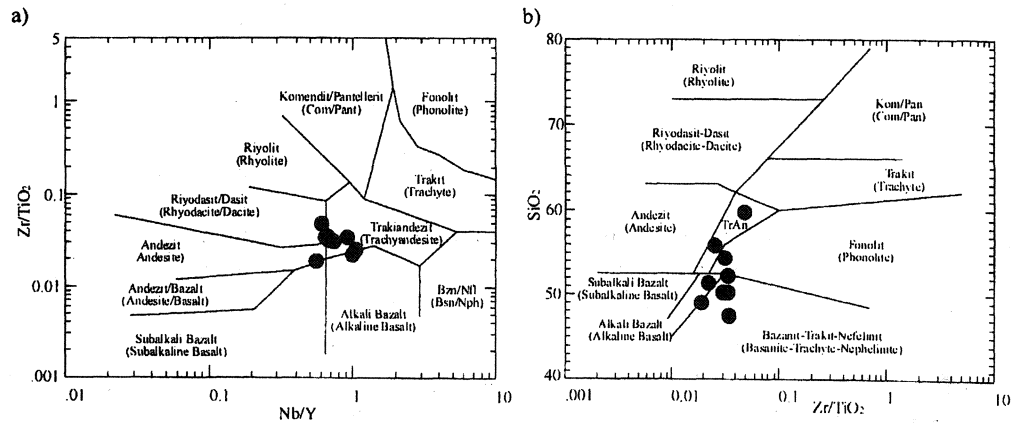
(Hard vd., 1974); Humphrist vd., 1978). Bu nedenle, metamorfizma ve/veya alterasyon esnasında az hareketli olarak bilinen Zr, Y, Nb, Ti, Ga, Cr, Ni, P, Th ve nadir toprak elementleri jeokimyasal ve petrolojik amaçlı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Pearce ve Cann, 1973; Floyd ve Winchester, 1975). Bununla beraber, bazı çalışmalar TH (Wood vd., 1979) ve nadir toprak elementlerinin de (Hellman, vd., 1979) belli şartlar altında hareketli olabileceklerini göstermiştir.

Çizelge 3. Kayaçların ana (% ağırlık) ve iz (ppm) element analizleri.

Table 3. Major (wt.%) and trace element (ppm) analyses of the rocks.

Örnek (Sample)	437	438	439	441	442	443	444	445	446
SiO ₂	50.29	54.34	51.42	49.06	50.23	47.53	59.80	55.79	52.11
TiO ₂	1.10	0.80	0.98	1.27	0.90	0.70	0.67	0.96	0.7
Al ₂ O ₃	15.11	14.63	14.08	15.28	15.28	12.19	10.95	15.60	14.53
FeO	1.28	1.20	1.95	1.00	2.56	0.80	3.63	3.20	2.03
FeO ₃	1.32	0.65	5.99	4.55	3.10	0.44	1.58	3.40	3.11
MnO	0.07	0.04	0.09	0.06	0.28	0.03	0.03	0.03	0.03
MgO	2.90	5.45	3.05	3.51	3.51	2.37	1.75	4.32	1.81
CaO	6.18	7.53	3.97	4.54	5.55	13.78	5.95	1.91	4.21
Na ₂ O	0.72	1.05	0.14	0.49	0.50	0.82	0.44	0.14	0.31
K ₂ O	11.01	11.13	8.63	10.28	10.28	9.66	6.50	8.86	9.01
P ₂ O ₅	0.75	0.54	0.69	0.72	0.72	0.61	0.52	0.57	0.51
LOI	8.40	3.00	8.38	8.59	7.68	10.46	7.62	4.90	11.01
Toplam	99.13	100.36	99.37	99.35	99.87	99.39	99.44	99.68	99.81
Co	13	4	10	6	23	3	18	19	14
Cr	141	236	194	240	193	139	137	158	161
Ce	123	90	163	166	127	131	110	103	158
Ba	2506	2520	1252	3015	1802	1394	1390	891	2659
La	56	48	83	79	56	64	50	49	71
Zr	336	252	219	242	307	244	322	241	243
Nb	22	21	20	22	16	16	18	21	20
Y	30	31	20	40	25	24	30	20	22
Sr	225	84	182	179	356	127	60	81	256
U	3	4	7	11	5	11	8	8	5
Rb	135	53	65	10	146	61	198	122	259
Th	44	40	37	45	51	37	38	42	51
Pb	11	4	bdl	9	bdl	13	bdl	8	16
Ga	15	13	16	13	22	13	21	23	17
Zn	11	18	14	3	49	bdl	48	29	30
Cu	3	bdl	bdl	bdl	bdl	1	1	bdl	76
Ni	24	15	21	9	34	4	23	34	22

bdl= aletin ölçüm sınırının altında (below the detection limit).

Şekil 3. Kayaçların a) Zr/TiO₂-Nb/Y ve b) SiO₂-/TiO₂ diyagramları (Winchester ve Floyd, 1977).Figure 3. a) Zr/TiO₂ versus Nb/Y and b) SiO₂ versus Zr/TiO₂ plots of the rocks (Winchester and Floyd, 1977).

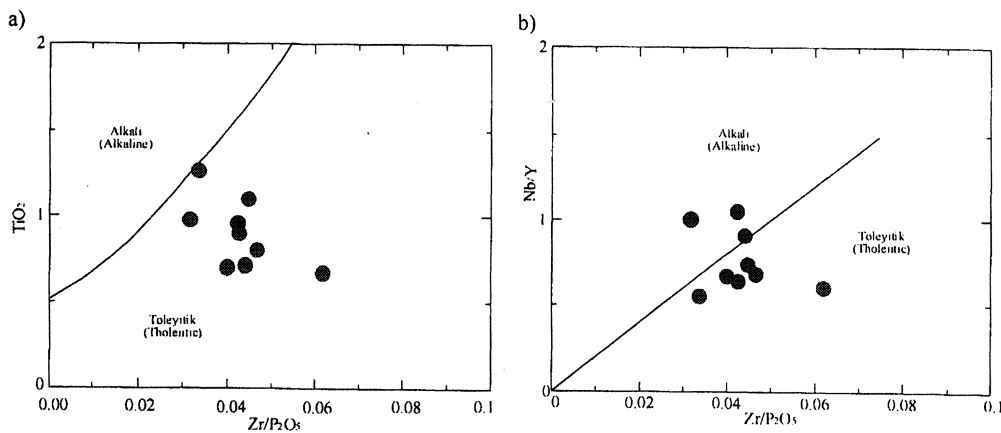
KADINHANI METATRAKİANDEZİTİNİN JEOKİMYASI, PETROJENEZİ

Çizelge 4. Kayaçların nadir toprak element (ppm) analizleri.

Table 4, Rare earth element analyses (ppm) of the rocks.

Ö.No (S.No)	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
408	36.1	85.0	9.4	37.2	7.8	2.5	6.8	0.9	4.4	0.7	2.0	0.3	1.7	0.2
323	52.0	134.5	15.7	57.0	9.8	2.8	7.6	0.9	4.4	0.7	1.9	0.2	1.6	0.2
445	47.8	100.0	12.9	47.2	9.0	2.2	6.3	0.8	3.9	0.7	1.8	0.3	1.6	0.3

Metabazaltik andezit (408) ve metatrakiandezit (323) örnekleri Kurt (1996)'dan, K'ca zengin metatrakiandezit (445) ise bu çalışmadandır. Samples are metabasaltic andesite (408), metatracyandesite (323) from Kurt (1996), and K-rich metatracyandesite (445) from this study.

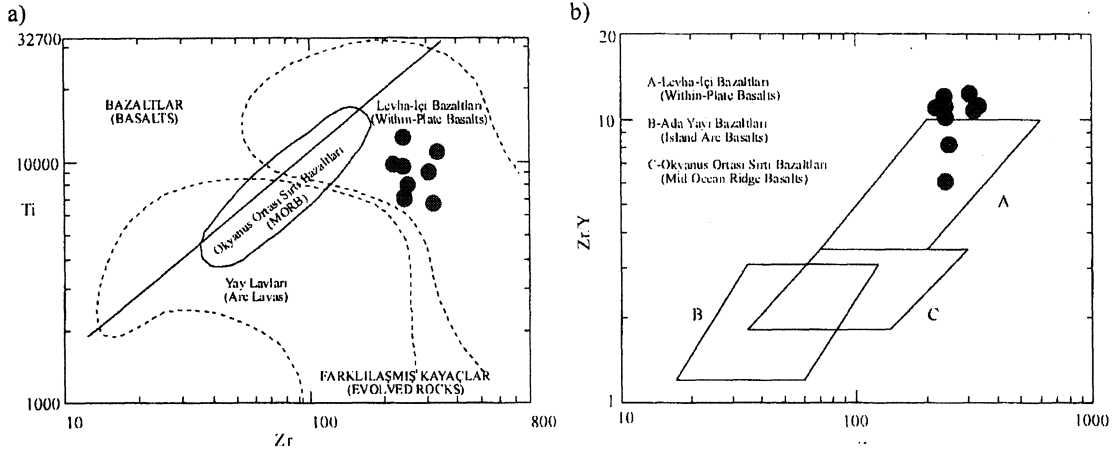


Şekil 4. Kayaçların a) Zr/P_2O_5 göre TiO_2 ve b) Nb/P_2O_5 diyagramları (Floyd ve Winchester, 1975; Winchester ve Floyd, 1976).
Figure 4. a) Zr/P_2O_5 versus TiO_2 and b) Nb/P_2O_5 plots for the rocks (Floyd and Winchester, 1975; Winchester and Floyd, 1976).

Kay açlarda, yukarıda değinildiği üzere düşük dereceli de olsa metamorfizma etkisi altında element hareketlenmeleri olması nedeniyle volkanik kayaçların kimyasal olarak sınıflandırılmasında ve adlandırılmasında yaygın olarak kullanılan SiO_2 'ye karşı toplam alkali diyagramı (Le Maitre vd., 1989) uygulanamamıştır. Ancak daha az hareketli veya hareketsiz olarak bilinen iz elementler kullanılarak kayaç adlandırılmasına gidilmiştir. Buna göre $Zr/TiO_2-Nb/Y$ adlama diyagramında (Winchester ve Floyd, 1977), örnekler trakiandezit alanında yer almaktadır (Şekil 3a). Ancak SiO_2-Zr/TiO_2 diyagramında (Winchester ve Floyd, 1977) ise trakiandezit ve buna yakın alanlarda dağılım göstermektedir (Şekil 3b). Örneklerin yüksek K_2O (% 6.5-11.1) içeriklerine sahip olmaları ve bu özellikleriyle yöredeki diğer metavolkanitlerden farklılık göstermeleri nedeniyle de bu çalışmada K'ca zengin metatrakiandezit olarak tanımlanmıştır. TiO_2-Zr/P_2O_5 diyagramında (Winchester ve Floyd, 1976) kay açlar toleyitik alanda gözlenmektedir (Şekil 4a). $Nb/Y-Zr/P_2O_5$ diyagramında ise alkali-toleyitik ayırım çizgisine yakın düşmektedirler (Şekil 4b). Winches-

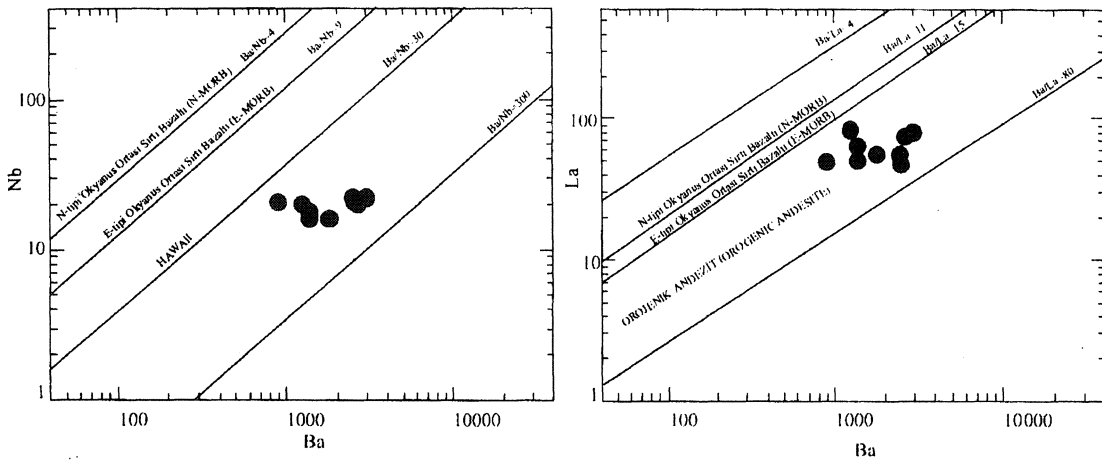
ter ve Floyd (1976) Zr/P_2O_5 oranının, P'nin mobilitesi nedeniyle progresif alterasyon sonucu değişebileceğini ortaya koyarak aşırı derecede altere kayaçlara TiO_2-Zr/P_2O_5 diyagramının uygulanması konusunda dikkatli olunması gerektiğini belirtmişlerdir. Buna ilaveten Morrison (1978) zeolit ve yeşilist fasiyesinde metamorfize olmuş bazaltlarda TiO_2-Zr/P_2O_5 ve $Nb/Y-Zr/P_2O_5$ diyagramlarının alkali-toleyitik ayırımında başarısız olduğunu buna karşın Smith ve Smith (1976) ise prehnit-pumpellyit fasiyesinde metamorfize olan bazaltların alkali-toleyitik ayırımında $Nb/Y-Zr/P_2O_5$ diyagramının uygulanabileceğini ortaya koymuştur. Bu nedenlerden dolayı iki ayırtman diyagram göz önüne alındığında kayaçların afinitesinin alkali-toleyitik geçişli olduğunu belirtmek daha doğru olacaktır.

$Ti-Zr$ diyagramında (Pearce, 1982), kay açlar levha içi (WP) lavları alanında yer almaktadırlar (Şekil 5a). Benzer yorumlar $Zr/Y-Zr$ diyagramında (Pearce ve Norry, 1979) da elde edilmiştir (Şekil 5b). Bununla beraber $Ti-Zr-Yx3$ diyagramında, kayaçlar oldukça potasik olmaları nedeniyle tanımlanan alanların dışında kalmış-



Şekil 5. a) Kayaçların Ti-Zr diyagramında (Pearce, 1982) bileşimleri. Kalın çizgi, bazaltlar ve farklılaşmış kayaçlar arasındaki sınırı belirlemektedir. b) Kayaçların Zr-Zr/Y diyagramı (Pearce ve Norry, 1979).

Figure 5. a) Compositions of the rocks on Ti-Zr diagram (Pearce, 1982). Solid line marks boundary between basalts and evolved rocks. b) Zr versus Zr/Y plot (Pearce and Norry, 1979) of the rocks.



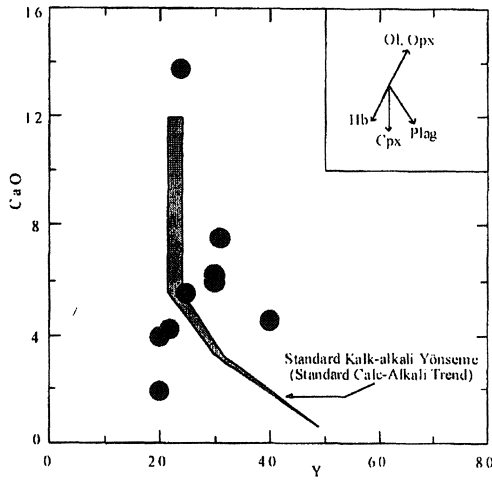
Şekil 6. K'ca zengin metatrakiandezitlerin Ba/Nb ve Ba/La değişimi. Alanlar, Perfit vd. (1980) ve Gill (1981)'e göre belirtilmiştir. Figure 6. Ba/Nb and Ba/La variation of the K-rich metatrachyandesites. Fields are from perfit et al. (1980) and Gill (1981).

lardır. Kayaçlar, genel olarak yüksek Ba/La (>15) ve Ba/Nb (>25) oranlarıyla orojenik volkanitlere (Gill, 1981) benzerlik sunmaktadırlar (Şekil 6). Ayrıca, düşük Nb (16-22 ppm) ve Nb/Y (0.55-0.90) oranlarıyla da subalkalin volkanik kayaçların Nb/Y<1.1 (Pearce ve Cann, 1973) veya 1.2 (Floyd ve Winchester, 1975) tipik özelliğini gösterirler.

Lambert ve Holland (1974) kalkalkali seriler standardına göre Y zenginleşmesini ve fakirleşmesini dikkate alarak J- ve L-tipi yönsmeler tanımlamıştır (Şekil 7). Buna göre J- ve L-tipi yönsmeler sırasıyla hornblend-(±granat) ve piroksen-kontrollü diferansiyasyona işaret etmektedir. İncelenen kayaçlar, standart kalkalkali seri-

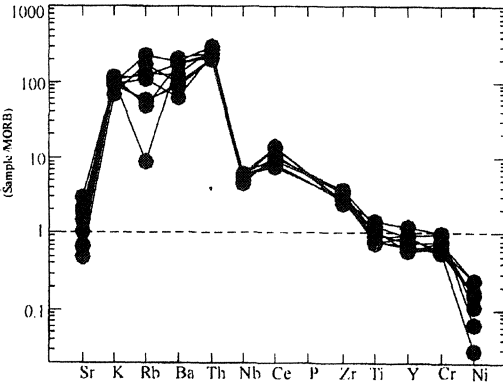
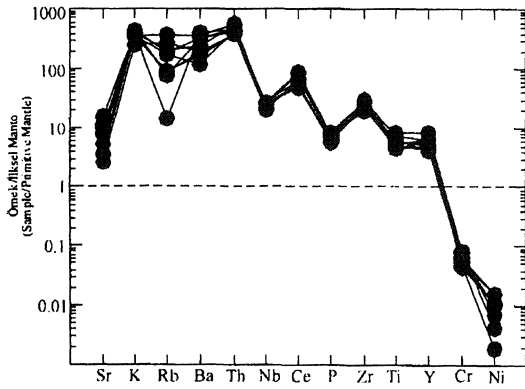
ye yakın veya düşük oranda bir Y zenginleşmesi ile J-tipi bir yönseme göstererek kayaçların gelişiminde klinopiroksen ve hornblend kontrollü fraksiyonlaşmanın etkili olduğunu belirtmektedir (Şekil 7). Ayrıca kayaçların genel olarak düşük Y içerikleri (22-40 ppm) ve yüksek La/Y oranları (1.5-4.1) dikkate alındığında ana magmada granatın fraksiyonlaşan veya kalıntı bir faz olarak önemli bir rol oynamadığı söylenebilir.

Kayaçların iz element ortalamasının Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı (MORB) ve İlkel Manto (PM) değerlerine oranlanmasıyla elde edilen dağılımlarında, büyük ionlu litofil elementlerde (LILE) kuvvetli bir zenginleşme olduğu görülmektedir (Şekil 8). Buna ilaveten, MORB'la-



Şekil 7. Kayaçların CaO'e karşı Y diyagramı (Lambert ve Holland, 1974).

Figure 7. CaO versus Y plot the rocks, following Lambert and Holland (1974).



Şekil 8. Kayaçların ilksel manto ve okyanus ortası sırtı bazaltlarına göre normalleştirilmiş iz element dağılımları. Normalleştirme değerleri Sun ve McDonough (1989) ve Pearce (1982)'den alınmıştır.

Figure 8. Primitive Mantle-and MORB-normalised trace element patterns of the rocks. Normalising values are from Sun and McDonough (1989), and Pearce (1982).

ra göre Sr, K, Rb ve Th'da genel, Ce ve P bakımından ise seçici bir zenginleşmeyle karakterize edilirler. Bu zenginleşmeler dalan okyanusal kabuktan gelen sıvıların girişine bağlanabilir (Pearce, 1982). Dağılımlarda ortaya çıkan negatif Nb anomalisi, dalma-batmayla ilişkili kaynak materyalinin bileşimini temsil etmektedir. LILE zenginleşmesi kabuk kontaminasyonundan da meydana gelebilir (Pearce, 1983). Bununla beraber, dalan levhanın dehidratasyonu sırasında türeyen LILE'ce zengin sıvılar ve/veya alkalik, düşük sıcaklık kısmi ergiyikleri tarafından manto kamasının metazomatizması (Pearce, 1983; Sun ve McDonough, 1989) ile söz konusu zenginleşmelerin olduğu düşünülmektedir. Çünkü dalan okya-

nusal levha, yüksek LILE/LREE (Ba/La) ve yüksek LILE/HFSE (Ba/Nb) oranlarıyla karakterize edilmektedir (Rogers vd., 1985).

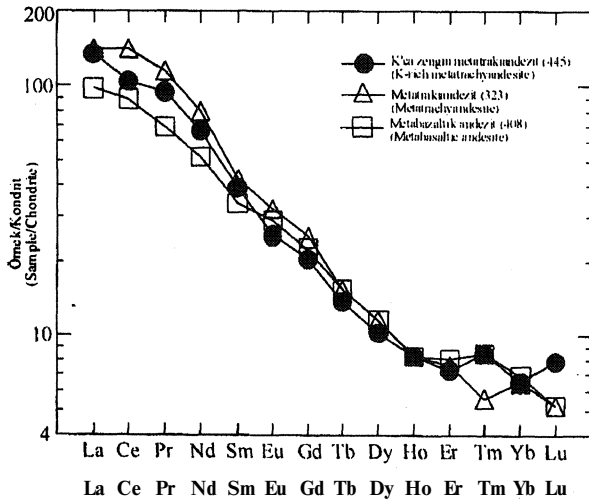
Kayaçların kondrite göre normalleştirilmiş nadir toprak elementleri, $(La/Lu)^j=20$ oranıyla kuvvetli fraksiyonlaşmış bir dağılım sergileyerek, yöredeki diğer metavolkanitler olan metabazaltik andezit ve metatrakiandezitlere (Kurt, 1996) benzerlik sunmaktadırlar (Şekil 9). Kayaçlar, belirgin bir şekilde hafif nadir toprak element (LREE) zenginleşmesi ve daha az derecede ağır nadir toprak element (HREE) zenginleşmesi göstermektedir. Böyle bir nadir toprak element dağılımı amfibol ve piroksen fraksiyonlaşmalarının etkili olduğu bir differansiyasyona işaret etmektedir. Diğer bir ifadeyle incelenen kayaçlar daha bazik bir ana magmanın differansiyasyonu sonucu oluşmuşlardır. Bu nedenle ana magma LREE, LILE ve HFSE'ce zenginleşmiş bir kıta altı litosferik kaynaktan türemiş olmalıdır. Söz konusu zenginleşme-

ler, ana magmanın oluşumundan önce genel olarak kaynak bölgesinde gerçekleşmiştir.

VOLKANİZMANIN GELİŞİMİ VE PETROJENEZ

İncelenen K'ca zengin metatrakiandezitler, yapısal, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri bakımından homojen bir grup oluştururlar. Fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından Kurt (1996) tarafından ayırt edilen metatrakiandezitlere benzerlik sunarlar. Bu metavolkanitlere eşlik eden benzer yaşlı metasedimanter kayaçlar bölgede yaygın bir şekilde gözlenmektedir (Kurt, 1997).

Metavolkanik kayaçların tamamı, muhtemelen De-



Şekil 9. Kayaçların kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları, metabazaltik andezit ve metatrakiandezitle (Kurt, 1996) karşılaştırılmıştır. Normalleştirme değerleri ise Sun ve McDonough (1989)'dan alınmıştır.

Figure 9, Chondrite-normalised rare element patterns of the rock, compared with metabasaltic andesite and metatrachyandesite from Kurt (1996). Normalising values are from Sun and McDonough (1989).

voniyen yaşlı olan Bağkurt Formasyonunun metasedimenter kayaçları ile birlikte bulunmaktadır. Bu nedenle yöredeki metavolkanitler en erken Devoniyen'de gelişmiş olmalıdırlar. Bu dönem muhtemelen kıta altı litosferden türeyen volkanitlerin de yaygın olarak yerleştiği sedimantasyonla karakterize edilmekteydi. Metavolkanitlerin jeokimyasal özelliklerinin tekdüzeliği ve kısmen ince taneli karakterleri, bunların hızlı bir şekilde yükseldiğini, aşırı derecede fraksiyonlaşma ve kabuk kontaminasyonu altında kalmadıklarını ortaya koymaktadır. Bu düşüncelere dayanarak, bölgenin Devoniyen'de ekstansiyonel bir rejimde sürekli dolan bir havza ile temsil edilmekte olduğu söylenebilir. Söz konusu havza, kıtasal tip bir volkanik-sedimenter istifin gelişmesiyle belirgin bir açılma evresine girmiştir.

Daha önce belirtildiği gibi kayaçların jeokimyasal özellikleri bunların kıta altı litosferden, büyük bir ihtimalle de bir zamanlar yay magmatizmasma yolaçan dalma/batma olayından etkilenmiş ve halen bunun izlerini taşıyan bir manto kaynağından türediği sonucuna götürmektedir. Bu özellikleriyle, incelenen K'ca zengin metatrakiandezitler ile yöredeki diğer metavolkanitlerin (metabazalt ve metatrakiandezit) ortak bir kaynaktan geldikleri düşünülmektedir. Söz konusu volkanitler kısa bir zaman aralığında ana bir magmadan fraksiyonel kris-

talleşmenin etkili olduğu ayrılaşma ile birbirlerini takiben gelişmiş olmalıdırlar. Metavolkanitlerle metasedimentlerin stratigrafik olarak birlikteliği, iki litolojik grubun aynı metamorfik-yapısal olaylara maruz kaldıklarını göstermektedir.

SONUÇLAR

İncelenen K'ca zengin metatrakiandezitler, yöredeki diğer metavolkanitlerle birlikte düşük dereceli metamorfizmaya maruz kalmış olup, yaygın olarak serisitleşme, kloritleşme ve epidotlaşma göstermektedirler. Kay açlar, alkali-toleyitik geçiş karakterli olup, levha-içi lavlarının jeokimyasal özelliğini göstermektedirler. Jeokimyasal analizler sonucunda yüksek oranda LILE (Rb, Ba) ve LREE içerdikleri saptanmıştır ki, bu özellikler esasen kaynak zenginleşmesine dayandırılmaktadır. Volkanitlerin ana magması yay magmatizmasma yolaçan dalma/batma olayından etkilenmiş bir kıta altı litosferden türemiştir. Diğer bir ifadeyle bunlar, manto içerisinde veya kabuk-manto sınırına yakın zenginleşmiş bir kaynaktan türeyen ana magmanın ekstansiyonel rejimdeki bir havza içine yerleşen ayrılaşma ürünleri olarak gelişmişlerdir.

KATKI BELİRTME

XRF ve mikroprob analizlerinin yapılmasını sağlayan Glasgow Üniversitesi (İngiltere) Jeoloji ve Uygulamalı Jeoloji Bölümü personeline ve nadir toprak elementleri analizlerinin yapılmasındaki yardımları için ise İskoç Üniversiteleri Araştırma ve Reaktör Merkezi (SURRC) laboratuvarı (İngiltere) görevlilerine teşekkür ederiz.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Eren, Y., 1993. Eldes-Debent-Tepeköy-Söğütözü (Konya) arasının jeolojisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Doktora Tezi, 224s (yayımlanmamış).
- Floyd, P. A. ve Winchester, J. A., 1975. Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements. *Earth and Planetary Science Letters*, 27,211-218.
- Gill, J. B., 1981. *Orogenic andesites and plate tectonics*. Springer-Verlag, New York, 370 pp.
- Hart, S. R., Erlant, A. J. ve Kable, E. J. D., 1974. Sea floor basalt alteration: some chemical and Sr isotopic effects. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 44, 219-230.
- Hellman, P. L., Smith, R. E. ve Henderson, P., 1979. The mobility of the rare earth elements: evidence and implica-

:ADINHANI METATRAKİANDEZİTİNİN JEOKİMYASI, PETROJENEZİ

- tions from selected terrains affected by burial metamorphism. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 71,23-44.
- lumphris, S. E., Morrison, M. A. ve Thompson, R. N., 1978. Influence of rock crystallization history upon subsequent lanthanide mobility during hydrothermal alteration of basalts. *Chemical Geology*, 28,125-137.
- Çetin, L., 1966. Anadolunun Tektonik Birlikleri. *MTA Dergisi*, 66,20-34.
- Curt, H., 1994. Petrography and Geochemistry of Kadınhanı (Konya) area, Central Turkey. *Glasgow Üniversitesi, Glasgow, Doktora Tezi*, 19İs (yayımlanmamış).
- Curt, H., 1996. Geochemical characteristics of meta-igneous rocks near Kadınhanı (Konya), Turkey. *Geosound*, 28,1-22.
- Curt, H., 1997. Geochemistry of meta-sedimentary rocks of the Kadınhanı (Konya) area, Turkey. *Geosound*, 31,1-21.
- ^ambert, R. J. ve Holland, J. G., 1974. Yttrium geochemistry applied to petrogenesis utilizing calcium-yttrium relationships in minerals and rocks. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 38,1393-1414.
- ue Maitre, R. W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M. J., Sabine, P. A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Wooley, A. R. ve Zanettin, B., 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms. *Blackwell, Oxford*, 193pp.
- Morrison, M. A., 1978. The use of "immobile" trace elements to distinguish the paleotectonic affinities of metabasalts: applications to the Paleocene basalts of Mull and Skye, northwest Scotland. *Earth and Planetary Science Letters*, 39,407-416.
- Okay, A., 1984. Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschist. In: J. E. Dixon and A. H. F. Robertson (eds). *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*. Geological Society Special Publication, 17,455-466.
- Okay, A., 1986. High-pressure/low temperature metamorphic rocks of Turkey. In: B. W. Evans and E. H. B. Brown (eds). *Blueschists and Eclogites*. The Geological Society of America Memoir, 164,338-348.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M. Cu., Turan, N., Uysal, Ş., Şentürk, K. ve Işık, A., 1988. Late Paleozoic evolution of the Kütahya-Bolkardağ Belt. *METU Journal of Pure and Applied Sciences*, 21,211-220.
- Özgül, N., 1976. Toroslar'ın bazı temel jeolojik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 19,65-78.
- Pearce, J. A., 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe R. S. (ed). *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*. Wiley, Chichester, 525-548.
- Pearce, J. A., 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Pearce J. A. and Norry M. J. (eds). *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*. Shiva, Cheshire, 230-249.
- Pearce, J. A. ve Cann, J. R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. *Earth and Planetary Science Letters*, 19, 290-300.
- Pearce, J. A. ve Norry, M. J. G., 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 69, 33-47.
- Perfit, M. R., Gust, D. A., Bence, A. E., Arculus, R. J. ve Taylor, S. R., 1980. Chemical characteristic of island-arc basalts: Implications for mantle sources. *Chemical Geology*, 30,227-256.
- Rogers, N. W., Hawkesworth, C. J., Parker, R. J. ve Marsh, J. S., 1985. The geochemistry of potassic lavas from Vulturni, central Italy and implications for mantle enrichment processes beneath the Roman region. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 90,244-257.
- Schumacher, Ö. C., 1991. Empirical ferric iron correction: necessity, assumptions, and effects on selected geothermobarometers. *Mineralogical Magazine*, 55, 3-18.
- Smith, R. E. ve Smith, S. E., 1976. Comments on the use of Ti, Zr, Y, Sr, K, P and Nb in classification of basaltic magmas. *Earth and Planetary Science Letters*, 32,114-120.
- Sun, S. S. ve McDonough, W. F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: A. D. Saunders and M. J. Norry (eds). *Magmatism in Ocean Basins*. Geological Society Special Publication, 42, 313-345.
- Winchester, J. A. ve Floyd, P. A., 1976. Geochemical magma type discrimination application to altered and metamorphosed basic igneous rocks. *Earth and Planetary Science Letters*, 28,459-469.
- Winchester, J. A. ve Floyd, P. A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation product using immobile elements. *Chemical Geology*, 20,325-343.
- Wood, D. A., Gibson, I. L. ve Thompson, R. N., 1979. Elemental mobility during zeolite facies metamorphism of the Tertiary basalts of Eastern Iceland. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 55,241-254.

Makalenin geliş tarihi: 20.04.1997

Makalenin yayma kabul edildiği tarih: 04.10.1998

Received: April 20, 1997

Accepted: November 04, 1998

