

GÖRDES NEOJEN HAVZASININ ASİTİK TÜFLERİNDE ZEOLİTLEŞME (HOYLANDİT - KLİNOPTİLOLİT TİP) İLE MEYDANA GELEN KİMYASAL DEĞİŞİMLER

The chemical changes during zeolitization (Heulandite - Clinoptilolite type) of the acidic tuffs in the Gördes Neogene basin.

Fahri ESENLİ

İ. T. Ü., Maden Fakültesi Maslak, İstanbul.

ÖZ: Gördes yakın çevresindeki Neojen havzanın tüfleri hacımlanmış yaklaşık 2/3'lük bölümünde yüksek oranda zeolitli, yayılım alanının kuzeydoğu kenarındaki zonda ise çok az zeolitli ve Zeolitsizdirler. Alt tüfler klinoptilolit, üst tüfler ise höylandit tipte zeolit mineraline sahiptirler ve bu farklılık iki tuf biriminin tüm kaya kimyalarında yansımıştır. Kimyasal elemanların bozulmamış ve zeolitlenmiş kaya gruplarındaki büyüklükleri karşılaştırıldığında, hemen tümünün, az veya çok mobil olduğu anlaşılır. Birincil malzemeden itibaren bazıları tüketilmiş ama sistem içerisinde kalarak zeolitlenme veya diğer alterasyon ürünleri için kullanılmış, Mg ve Ca ise sisteme muhtemelen dışardanda dahil olmuşlardır. Zeolitik olsun veya olmasın, diagenetik bir alterasyona fazlaca maruz kalmamış kayadan büyük oranda zeolitli (höylandit - klinoptilolitli) altere kayaya geçişte SiO_2 , Na_2O , K_2O kayıpları, Al_2O_3 , MgO ; CaO , HgO kazançları meydana gelmiştir. Gerek kayıp yönündeki gerekse kazanç yönündeki bu değişimler, höylanditli alterasyonda klinoptilolitli olana göre daha yüksek oranlarda gerçekleşmiştir.

ABSTRACT: The tuffs of Neogene basin around the Gördes Region have high content of zeolite about 2/3 magnitude of their volume and contain less or not in some zones. Zeolite mineral type is clinoptilolite in the lower tuffs and heulandite is present in the upper tuffs. This difference is seen clearly on the whole rock chemistry of two tuff units. The geochemical relations between chemical elements and the quantity of zeolitization were examined and it is found that all the major chemical elements are mobile. Some elements were been liberated from fresh glasses and used again for zeolitization or other alterations in the same system. Although, some of the major elements may have come from out of the system. Lossing of SiO_2 , Na_2O and K_2O , and gaining of Al_2O_3 , MgO , CaO and HgO have been determined when we compared unaltered rock with zeolite - rich rock. These changes show more increasing in both the loss and gain in the heulandite alteration than in the clinoptilolite alteration.

GİRİŞ

Gördes çevresindeki (Şekil 1) Neojen çökellerin tanımı Esenli (1992) ve Esenli ve Özpeker (1993) tarafından verilmiştir. Menderes Masifi'nin kristalen kayaları ve İzmir - Ankara Zonu'na dahil birimler üzerine uyumsuz gelen Neojen istif, altta kaba ve ince taneli (bloktaşı, çakıldaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, çamurtaşı) birimlerden oluşan bir flüviyatil seri ve onun üzerinde kumtaşı, killi - kumlu kireçtaşı, kireçtaşı, çamurtaşı, şeyi, tuf, kumlu tuf litolojilerini içeren volkanoklastik gölsel seriden meydana gelmiştir. Bu üst serinin tüfleri,

altta 85 m., üstte 70 m. en fazla kalınlığa ulaşan iki seviye halindedirler (alt ve üst tüfler) (Şekil 1).

Beyaz, bej, gri, mavimsi yeşil renkli, riyolit - ri-yodasit karakterli tüfler kül ve daha iri boyutlu olduklarında beyaz, sarı, kumlu sarı ve yeşilimsi renklerde pumis parçalıdır. Alt tüfler genelinde kuzeyden güneye boyut ufalmalı, camı, kristal ve yerel olarak litik özellikte, boyutsal açıdan ise toz, kül ve kısmi lapilli tuf geçişli; üst tüfler genelinde de yer yer yüksek altere - silisifiye, camı - kristal, toz - kül tüflerdir. Kuvars, feldspatlar (albit - oligoklaz ve sanidin) ve biotit ortak

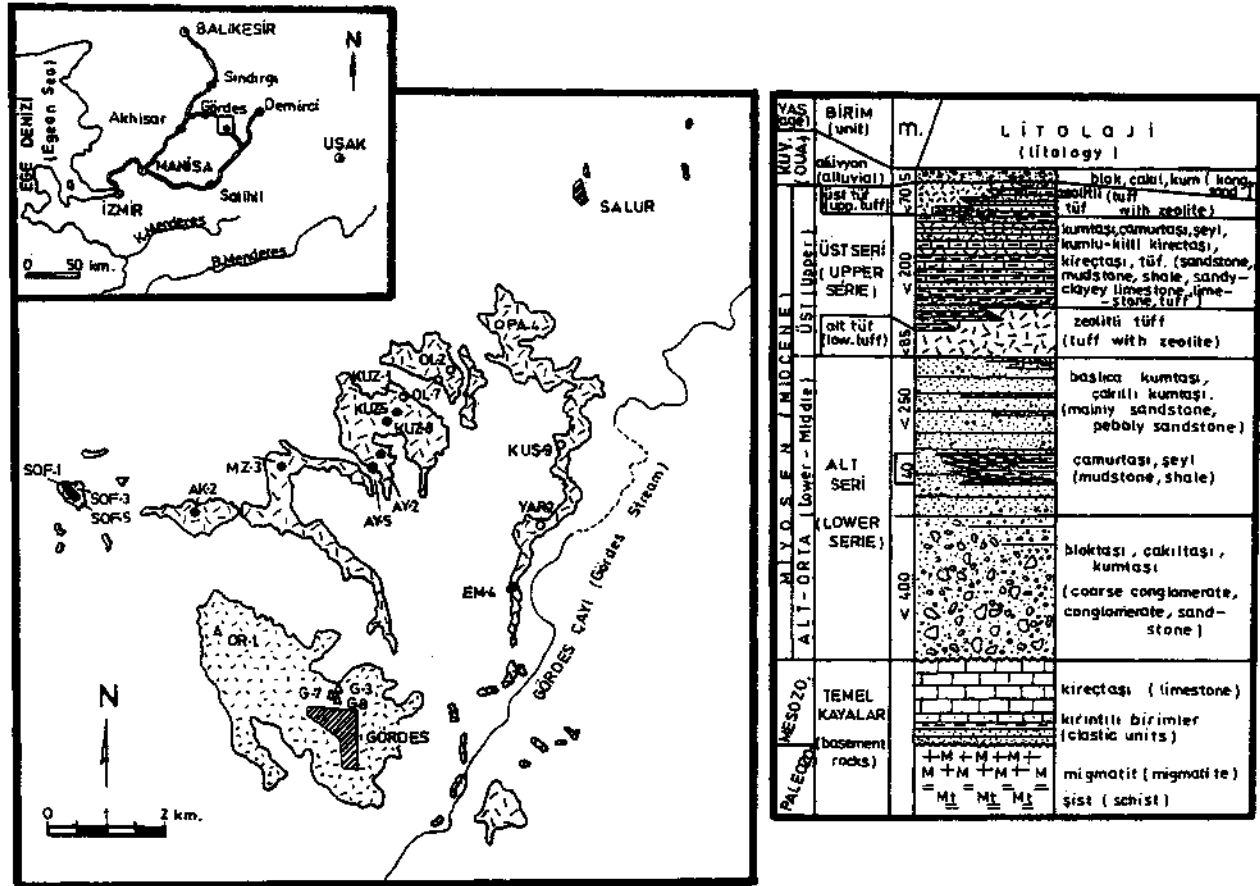
fenokristallerdir. Alt tüfler içinde bol ve bozulmamış cam parçalarından oluşmuş özgün bir zon bulunmaktadır. İki tüf birimi genelindeki otijen mineraller ise zeolitler (başlıca höylandit - klinoptilolit grubu), kil mineralleri (smektitler, illit - seladonit), K - feldspat, silis mineralleri (opal - CT, kuvars) ve karbonatlar (kalsit, dolomitedir.

Bu çalışmada Gördes bölgesindeki tüflerin zeolitleşmesi ana kaya kimyalarından itibaren meydana gelen değişimler açısından incelenmiştir. Tüm kaya içerisindeki zeolit miktarları iç standartlı x - ışınlan kantitatif analiz yönteminin (Brindley, 1980; Snyder ve Bish, 1989) bir uygulaması ile Philips difraktometre, Cu (Ni), Kot radyasyon cihaz ve şartında saptanmıştır

(Esenli, 1992). Tüm kaya kimyasal analizleri ise x - ışınlan floresan yöntemi ile yapılmıştır.

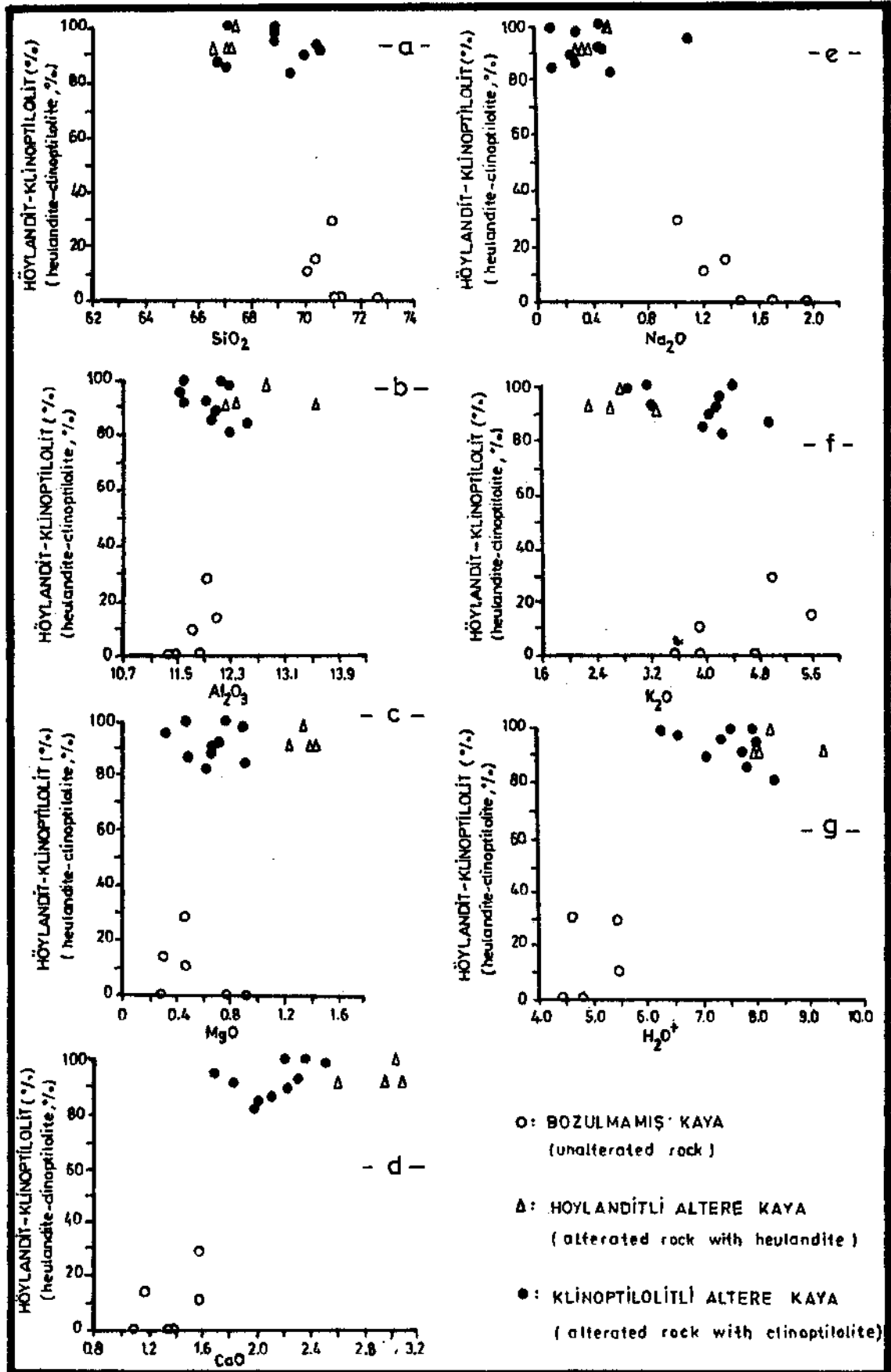
TÜFLERİN DİYAJENETİK ALTERASYONU VE KİMYASI

Alt tüfleri iki kesimde ele almak mümkündür (Şekil 1). Kuzey kesim alt tüfleri yüksek oranda bozulmamış cam parçaları içeren, zeolitik veya diğer bir alterasyona fazlaca maruz kalmamış kayalardır. Güneyde ise yaygın bir zeolitik diyajenez egemen olmuş ve bu kesim kayalarının boşluklarında, cam ve pumice parçalarında ve tüm bağlayıcı malzemelerinde höylandit - klinoptilolit grubu zeolit mineralleri gelişmiştir. Bu



Şekil 1. Çalışma alanının yeri ve alt ve üst tüflerin yayılımı, istif içerisindeki konumları ile örnek lokasyonları (Esenli, 1992'den basitleştirilerek).

Figure 1. Location of the studied area, the outcrops and position in the stratigraphic section of the lower and upper tuffs and sample locations (simplified from Esenli, 1992).



Şekil 2. Tüm kaya içerisindeki, sırasıyla SiO₂ (a), Al₂O₃ (b), MgO (c), CaO (d), Na₂O (e), K₂O (f), H₂O (g) değerlerinin höylandit - klinoptilolit içeriği ile ilişkileri.

Figure 2. The relationships between heulandite - clinoptilolite content and SiO₂ (a), Al₂O₃ (b), MgO (c), CaO (d), Na₂O (e), K₂O (f), H₂O (g) in whole rock, respectively.

Çizelge 1. Alt ve üst tüflerden, hoylandit - klinoptilolit içeriklerine göre seçilmiş bazı örneklerin tüm kaya kimyasal analiz değerleri (%).

Table 1. The whole rock chemical values (%) of some selected samples according to the heulandite - clinoptilolite contents from the lower and upper tuffs.

Birim (unit)	ÖRNEK (Sample)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	SO ₃	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	HÖY-KLİ. İÇERİSİ % (Heu-cl. Content %)
Alt Tüf (Low. Tuff)	OL-2	70.31	12.06	0.96	0.09	1.16	0.29	1.35	5.59		0.05	4.59	3.55	30
	OL-7	72.63	11.86	0.97	0.10	1.07	0.78	1.46	3.89		0.04	4.43	2.77	-
	KUŞ-9	70.01	11.73	1.10	0.11	1.56	0.46	1.20	3.90		0.10	5.42	4.41	10
	PA-4	71.26	11.36	1.03	0.10	1.33	0.28	1.69	4.70	0.03	0.03	4.80	3.40	-
	YAR-2	71.02	11.45	1.03	0.10	1.36	0.92	1.94	3.53	0.01	0.04	4.80	3.80	-
	KUZ-1	70.95	11.96	1.05	0.11	1.57	0.46	1.02	4.98		0.05	5.41	2.44	29
	KUZ-5	69.40	12.29	1.08	0.13	1.98	0.62	0.55	4.24		0.04	6.19	3.48	98
	KUZ-8	68.87	11.55	1.10	0.11	1.69	0.32	1.12	4.21		0.09	7.40	3.54	95
	EM-4	66.70	12.04	0.96	0.10	2.10	0.48	0.29	4.97		0.05	7.86	4.45	86
	AY-2	69.09	12.14	0.67	0.10	2.22	0.67	0.29	4.05		0.05	7.08	3.64	89
	AY-5	67.11	12.20	1.14	0.12	2.20	0.48	0.47	4.40		0.06	7.50	4.38	100
	MZ-3	70.38	11.59	0.77	0.11	1.83	0.68	0.48	4.15			6.50	3.45	97
	AK-2	67.05	12.59	1.14	0.11	2.02	0.92	0.13	3.97			8.32	3.75	80
	SOF-1	68.83	11.62	0.53	0.10	2.37	0.77	0.11	3.17		0.04	7.94	4.52	100
	SOF-3	68.76	12.29	0.69	0.11	2.51	0.91	0.30	2.87		0.04	8.01	3.51	95
SOF-5	70.31	11.96	0.74	0.11	2.30	0.72	0.46	3.23		0.04	7.72	2.41	92	
Üst Tüf (Upp. Tuff)	G-3	67.46	12.85	1.24	0.18	3.04	1.35	0.51	2.74	0.11		8.26	2.26	98
	G-7	67.22	12.41	1.55	0.21	3.10	1.41	0.36	2.62	0.07	0.05	8.00	3.00	90
	G-8	66.64	12.24	1.74	0.18	2.60	1.45	0.37	3.32	0.05		8.01	3.40	90
	OR-1	67.33	13.57	0.52	0.13	2.96	1.25	0.32	2.30		0.03	9.29	2.30	90

otijenler kadar olmasada smektit, opat - CT ve K - feldspat açısından zenginleşen zonlarda ayırtdılır. Üst tüfler ise K - feldspat ana bileşenli değişimler hariç tutulduğunda yine yüksek oranda aynı grup zeolit minerallerini içerirler. Gurup mineral tipleri birim hücre kimyasal bileşimler, ısıl kararlılıklar, x - ışınlan difraktogramlarındaki $d = 5.11 \text{ \AA}$ ve $d = 5.24 \text{ \AA}$ yansıma şiddetlerinin farklılıklar ile ortaya konmuş olup (Esenli, 1992), alt tüflerde büyük oranda klinoptilolit, üst tüflerde ise tümüyle hoylandit (hoylandit - 2) tiptedirler.

İki tüf birimi tüm kaya kimyalarında farklılık gösterirler (Çizelge 1). Biri hariç tüm alt tüf örneklerinde $K_2O + Na_2O$ toplamı $CaO + MgO$ toplamından fazla iken üst tüf örneklerinde tersi durum sözkonusudur. Genel olarak üst tüflere ait örnekler daha düşük SiO_2 , K_2O , Na_2O ve daha yüksek Al_2O_3 , CaO , MgO ve H_2O değerlerine sahiptir.

Alt ve üst tüflerin benzer petrografik özellikte olması, bileşimlerindeki farklılığın alterasyon türleri ile ilgili olduğunu gösterir. Bu savı destekleyen veriler bulunmaktadır. Gerek taze gerekse altere kaya grup-

larındaki fenokristaller cins ve oran olarak benzerdir ve tüm kaya kimyalarında önemli bir değişime kaynak teşkil edemezler. Öte yandan, alterasyonun zeolitleşmeden ziyade silis veya K - feldspat lehine geliştiği örneklerin kimyalarında sadece bu minerallerin doğasından kaynaklanan farklılıklar bulunmuş ve nihayet zeolit ve yanısıra diğer tip aberasyonların birlikte etkilediği kaya örneklerinde de bu dönüşümlerle orantılı kimyasal farklılaşmalar tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada kullanılan alt tüf altere örneklerinin yüksek miktarda klinoptilolitli, üst tüf örneklerinin ise yine yüksek miktarda ama bu kez hoylanditli oldukları düşünüldüğünde aralarındaki kimyasal farklılığın bu minerallerden kaynaklandığı anlaşılır. Alt tüflerin, özellikle güney kesimde, klinoptilolit tipi alterasyona uğraması birime ait tüm kaya örneklerini yüksek Si/Al ve $Na + K/Ca + Mg$ oranlarına sahip olan klinoptilolit bileşimine yaklaştırmış, halbuki üst tüflerdeki alterasyonun düşük Si/Al ve $Na + K/Ca + Mg$ oranlı hoylandit lehine gelişmesi bu birimin tüm kaya örneklerini hoylandit bileşimine yaklaştırmıştır.

GÖRDES NEOJEN HAVZASI

Çizelge 2. Bozulmamış (veya çok az altere) kaya ve yüksek oranda altere (höylanditli ve klinoptilolitli) kaya gruplarında kimyasal ortalamalar ile kayıp ve kazançlar.

Table 2. The average chemical analysis with loss and gains in unaltered (or less altered) and highly altered heulandite and clinoptilolite types) rock groups.

% OKSİT (% OXIDE)	BOZULMAMIŞ KAYA (6 örnek ortalaması) (unaltered rock, average for 6 samples)	HÖYLANDİTLİ ALTERE KAYA (4 ÖRNEK) (altered rock with heulandite, 4 samples)		KLİNOPTİLOLİTLİ ALTERE KAYA (10 ÖRNEK) (altered rock with clinoptilolite, 10 samples)	
		ORTALAMA (average)	% KAYIP (loss)(-) KAZANÇ (gain)(+)	ORTALAMA (average)	% KAYIP (loss)(-) KAZANÇ (gain)(+)
SiO ₂	71.03	67.16	5.45 (-)	68.65	3.35 (-)
Al ₂ O ₃	11.74	12.77	8.77 (+)	12.03	2.47 (+)
Fe ₂ O ₃	1.02	1.26	23.53 (+)	0.88	13.73 (-)
CaO	1.01	2.93	190.10 (+)	2.12	109.90 (+)
MgO	0.53	1.37	158.49 (+)	0.66	24.53 (+)
Na ₂ O	1.44	0.39	72.92 (-)	0.42	70.83 (-)
K ₂ O	4.43	2.75	37.92 (-)	3.93	11.29 (-)
H ₂ O	4.91	8.39	70.88 (+)	7.45	51.73 (+)
ORT.ZEOLİT İÇERİĞİ % (average zeolite content, %)	12	93		92	

ZEOLİTLEŞME İLE MEYDANA GELEN
KİMYASAL DEĞİŞİMLER

Çizelge 1'de analiz değerleri verilen ve alt tüflerin kuzey kesim kayalarına ait 6 örnek (OL - 2, OL - 7, KUŞ - 9, PA - 4, YAR - 2, KUZ - 1) yüksek oranda ve bozulmamış cam parçaları içerirler ve zeolit, silis, kil

tipi cüajenetik alterasyona çok düşük oranlarda maruz kalmışlardır. Örneklerin höylandit - klinoptilolit içerikleri % 0 - 30 değişim aralığında ve ortalaması % 12'dir. Bu örnekler bozulmamış veya çok az altere örnekler olarak gruplandırılabilirler.

Zeolitik alterasyonu temsil edecek örnekler, içerisindeki höylandit-klinoptilolit miktarı % 80 - 100

arası oranlarda saptanmış olanlardan derlenmiştir. Bu tip örneklerin 10 adeti (EM - 4, KUZ - 5, KUZ - 8, AY - 2, AY - 5, MZ - 3, AK - 2, SOF - 1, SOF - 3, SOF - 5) klinoptilolüü olmak üzere alt tüllere ve 4 adeti (G - 3, G - 7, G - 8, OR - 1) höylanditli olmak üzere üst tüllere aittirler. 10 adet klinoptilolüü altere örneğın ortalama klinoptilolüü altere örneğın ortalama klinoptilolit içeriğı % 93, değişim aralığı % 80 - 100 ve 4 adet höylanditli altere örneğın ortalama höylandit içeriğı ise % 92 ve değişim aralığı % 90 - 98'dir.

Guruplandırmalarda, kısmen altere örneklerdeki kimyasal değişimide incelemek için zeolit oranı orta düzeyde olan örneklerde çalışılabilir. Ancak, bunun yanılıcı sonuç vereceğı kuvvetle muhtemeldir. Çalışma alanında, zeolit içeriğı % 30 - 79 arasında tespit edilmiş örneklerde bulunmaktadır. Eđer bu örneklerin zeolit haricindeki bileşeni sadece volkanik cam ve fenokristaller olsaydı, kısmen zeolitik alterasyona maruz kalmış kayada taze kayadan itibaren oluşan kimyasal değişim incelenebilirdi. Ancak, mineralojik çalışmalar bu tip örneklerde diğer bazı otijenlerinde (kil mineralleri, silis mineralleri, K - feldspat) önemli miktarlarda bulunduğunu göstermiş ve bu nedenle % 30 - 79 arasında höylandit - klinoptilolit içeriğli örnekler taze kaya - altere kaya arasındaki kimyasal değişimleri incelemek için kullanılmamıştır.

Şekil - 2, a, b, c, d, e, f, g'de sırasıyla SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O ve H_2O değerlerinin zeolitlenme (% ağırlık) ile olan ilişkileri görülmektedir. Guruplar arasındaki kayıp ve kazançlar ise Şekil. 2'deki diyagramların özeti ve rakamsal ifadesi olarak Çizelge. 2'de verilmiştir. Bu verilere göre, taze kaya - altere kaya arasında tüm elemanlar açısından farklılıklar bulunmaktadır. Özellikle kationlar ve su molekülleri açısından bu değişim oldukça belirgindir. Öte yandan, höylanditli ve klinoptilolüü altere örnekler arasında da değişim farklılıkların bulunmakta olup tüm bileşenler höylanditli alterasyonda taze kayadan itibaren daha fazla değişime uğramıştır. Höylanditli tüm kayalarda, klinoptilolüü olanlara göre daha fazla SiO_2 , K_2O kaybı ve Al_2O_3 , MgO , CaO , K_2O kazanç meydana gelmiştir. Na_2O açısından ise her iki tipte benzer oranlarda kayıp bulunur. İki mineral arasındaki kimyasal farklılıklar Mump-ton, 1960; Maşon ve Sand, 1960; Alietti, 1972; Boles, 1972; Alietti ve diğer, 1977 tarafından araştırılmıştır.

Gördes bölgesi höylandit - klinoptilolitlerinin bu makalede konu edilmeyen - tek kristal analizleri ise iki tip arasındaki başlıca farkın K ve Ca kationları tarafından denetlendiğini ortaya koymuştur.

Ana kayada zeolitlenme ile meydana gelen, değişim, volkanik cama ve zeolit kristallerine ait nokta analizleri ile incelenebilirdi. Ancak, elektron mikroskop çalışmalarında volkanik cam üzerinden hem az sayıda hemde sağlıklı olmasından tereddüte düşülen analizler alınmıştır. Öte yandan, taze ve altere kaya gruplarına ait örneklerin mineralojik bileşimlerinin oransal olarak biliniyor olması ve aralarında hemen tümüyle zeolitten ibaret olanlarında bulunması, kimyasal değişimleri ortaya koymak için tüm kaya örneklerinin kullanılmasına olanak vermiştir. Çok yüksek oranda höylandit - klinoptilolüü örnekleri ait tüm kaya analizleri, höylandit - klinoptilolitler üzerinde alınan tek kristal analizlerine oldukça yakın değerlerde bulunmuştur.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Gördes yakın çevresindeki Neojen havzanın asi-tik tüflerinde höylandit - klinoptilolit türü zeolit minerallerinin yüksek miktarda bulunduğu zonlar, bu tip kayalardaki zeolitli diyajenetik alterasyonu temsil eden özelliktedir. Bunun yanısıra, belirgin bir alterasyona uğramamış zonlarında bulunuyor olması, buna ait örneklerinde taze kaya grubu içersinde değerlendirilebilmelerini mümkün kılmaktadır. Havzanın tüflerinde birincil bileşenler benzerdir. Zeolitlenme tümüyle camsal parçalarda ve bağlayıcı malzemede gelişmiştir. Fenokristallerin taze ve altere kaya gruplarındaki oranlarına benzerdir ve belirgin herhangi bir alterasyona uğramamışlardır.

Zeolitli diyajenetik alterasyonda meydana gelebilecek kimyasal değişimler hem birincil malzemenin bileşimine hemde bu malzemenin (çoğu kez volkanik camdır) çözünmesi ve zeolit kristalleşmesi arasındaki sürede, bulunduğu ortamın kimyasına bağlı olacaktır. Ortam kimyasını ve farklılaşmasını hem denetleyerek hemde bundan etkilenen şekilde, pH, tuzluluk, alkalinite gibi parametrelerde birinci derecede rol oynayacaklardır. Barrows (1980), latit ve andezit tipi kayalarda diyajenez sürecindeki kimyasal değişimleri incelemiş ve

GÖRDES NEOJEN HAVZASI

tüm kaya örneklerinde, taze kayadan klinoptilolüü altere kayaya geçişte andezitlerin kısmen SiO_2 kazandığını, Na^+O ve K^+O kaybettiğini, CaO 'ın önemli oranda değişmediğini; latit tipi kayalarda ise düşük SiO_2 , yüksek Na_2O kaybı, düşük K^+O ve CaO kazancı meydana geldiğini, kuvars latiflerin ise latitlerden farklı olarak K_2O 'ide kaybettiklerini açıklar. Andezitlerin (Devecikonağı - Bursa Bölgesi) klinoptilolüü alterasyonda SiO_2 ve CaO kazançları gösterdiği Esenli (1990) tarafından da vurgulanmıştır. Bu kez, riyolitik birincil malzeme ile benzer çalışmayı yapan Walton (1975) ise taze kayadan klinoptilolüü ve az oranda da montmorillonitli altere kayaya geçişte önemli oranda SiO_2 ve K^+O kaybından, CaO ve Na^+ kazancından bahseder. Çalışmacı Na^+ kazancının aslında Na^+ - mlonmorillonitden kaynaklandığını ayrıca belirtir. Iijima (1970)'da yine riyolitik tüflerde, taze cam - klinoptilolit arasında yüksek SiO_2 , Na_2O , K^+O ve çok düşük CaO kayıpları, Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO ve H_2O kazançları tespit etmiştir. Gördes'teki asitik tüflerin zeolitleşmesinde belirgin olan özellik Si , Ca , Na ve K 'un yüksek derecede mobil, Mg 'un, hatta Al 'unda özellikle höylanditli alterasyonda mobil olduklarıdır. Ayrıca H^+O molekülleride yüksek derece mobil bileşenlerdendir ve taze kayadan altere kayaya geçişte büyük ölçüde fazlaşır.

Si 'un az veya çok kaybı bu tip alterasyonlarda ortaktır. Ancak birincil kaya bileşimi veya diğer ifadeyle birincil cam bileşimi Si 'daki değişimi etkileyecektir. Dolayısıyla riyolit - riyodasit tip kayalardan itibaren gelişen höylandit - klinoptilolit türü zeolitleşme latit - andezit benzeri tiptekilerden gelişene göre daha fazla Si kaybı ile neticelenecektir. Gördes höylandit - klinoptilolüünün birim hücre bileşimlerinden yüksek Si içerdikleri hatta höylanditlerde $\text{Si}/\text{Al} = 4$ sınırının üzerinde değerlere sahip oldukları belirlenmiştir. Bunda, birincil malzemenin riyolitik bileşimde, dolayısıyla yüksek Si içerikli olmasında payı olduğu düşünülebilir. Öte yandan camın hidrolizi ve çözünmesi ile çözeltiye geçebilecek Si 'un silis asit olarak taşınmış ve sistem dışarısına çıkmadan, bir kısmının opal - CT ve kuvars otijenlerinin oluşmasında tüketilmiş olması muhtemeldir. Havzada yaygın sayılabilecek silis otijenezi mevcuttur ve özellikle bazı zonlarda kaya içersinde zeolit miktarı kadar opal - CT varlığı tespit edilmiştir.

Al 'un mobil olması tartışılabilir. Çözeltiye zor

geçebilmesine karşın Gördes havzası üst tüflerinde meydana gelen höylanditli alterasyon da azda olsa bir Al kazancı bulunmuştur. Bunun nedeni alt tüflerdekenden farklı olarak üst tüflerin diyajenezinin yüksek karbonat - kil içerikli sedimanlar üzerinde gerçekleşmiş olmasına, dolayısıyla bu ikincisinde sistemde daha fazla Al kaynağı bulunmasına bağlanabilir. Buna karşın, üst tüflerde belirgin bir kil otijenezi bulunmaktadır. Bu yüzden Al 'un fazla tüketilmeden alüminat olarak zeolit tetrahedr yapısına girebileceği beklenebilir. Bir diğer farklılık ise höylanditli alterasyonun geliştiği üst tuf yüzeylemelerinin pH, tuzluluk ve alkalitenin daha yüksek olduğu havzanın merkezi kesimine tekabül etmesidir. Bu parametreler zeolitin $\text{Si} - \text{Al}$ içeriğini etkiler ve bu içeriğin çözeltideki $\text{Al}(\text{OH})_4 / \text{H}_4\text{SiO}_4$ oranı ile kontrol edildiği Mariner ve Surdam (1970) tarafından verilmiştir.

Na kaybı höylandit ve klinoptilolüü alterasyonlarda benzer oranlardadır. Volkanik camdan tüketilen Na , smektit oluşumunda bir miktar kullanılmış ama daha fazla olarak, havzanın merkez kesiminde, alt ve üst tüfler arasındaki çökeller içersinde, analsim oluşumu ile kendini gösteren yüksek Na lu zonda toplanmıştır. Na 'un göl veya yeraltısuyunda karbonat ve bikarbonat olarak taşınmış olması muhtemeldir.

K kaybı iki tip alterasyon arasında önemli oranda farklılık gösterir. Üst tüflerin höylanditli alterasyonunda bu kayıp çok daha fazladır ve aynı birim içersinde yüksek miktarda $\text{K} - \text{feldspat}$ otijeni oluşturmaya kaynak sağlamıştır. Birimin $\text{K} - \text{feldspat}$ lı ve zeolüü zonları içice gelişmiştir ve zeolitleşme sürecinde zaman ve alan olarak sabit şartların hüküm sürmediğini gösterir. Havzanın merkezi kesiminde olmalarına rağmen üst tüfler içersinde analsimin olmayıp bol $\text{K} - \text{feldspat}$ bulunması, aynı zamanda ergiyikteki K/Na oranında yüksek olduğunu ve bir bakımda diyajenez sürecindeki iklimin nemli olduğunu gösterir. Nemli iklimde yeraltı suları daha çok CO_2 kazanacak ve tampon hale gelecektir. Bu durum ise Na 'un kil oluşumu ile tüketilmesini ve daha sonra, yükselen pH döneminde, ergiyikteki K/Na oranının artmış olacağı için analsim yerine $\text{K} - \text{feldspat}$ oluşumunu sağlayacaktır.

Önemli ölçüde Ca ve Mg iki tip alterasyonda da, ama özellikle höylanditli olanda fazlaşmıştır. Alt tüflerin zeolitleşmesi (klinoptilolüü tip) sürecinde bu

elemanların büyük oranda çevre temel kayalardan getirilmiş olması muhtemeldir. Özellikle İzmir - Ankara Zonu'na ait yaygın kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve serpantinlerin olması bunu düşündürür. Havzada, alt tüflerin üzerindeki bol karbonatlı ve killi sediman çökelişi neticesinde; bunların üstündeki üst tüflerin diyajenezinde etkili olabilecek miktarda Ca - Mg kaynaklı temel meydana gelmiştir. Ca - Mg'ca doymuş hale gelen bir ortamda ise höylanditli tip bir alterasyonun gelişimi kolaylaşmıştır.

Bölgedeki tüm zeoliti altere örneklerde meydana gelmiş yüksek 1° kazancı volkanik camın yüksek altere ve hidrate olduğunun delilidir. HgO moleküllerindeki artış höylanditli örneklerde klinoptiloliti olanlara göre daha fazladır. İki mineral arasındaki bu farklılık höylanditin Ca'ca zengin olmasının ve diğer katyonlara oranla Ca'a daha fazla sayıda su molekülünün bağlı olmasının sonucudur. Boles (1972), genel bir ifade ile höylandit birim hücresinde 23 - 26 Kfi bulunduğunu, bu sayının klinoptilolitlerde 19 - 22 HgO olduğunu, Merkle ve Slaughter (1968) ise Ca iyonuna 5 Kfi molekülünün bağlı olduğunu, bu sayının Na ve K için daha düşük olduğunu vennektediler.

Gördes Neojen havzasındaki iki tuf biriminin riyolit - riyodasit bileşimli olduktan düşünülürse açıklanan kayıp ve kazançların bu tip ana kayalarda meydana gelen değişimleri temsil edebilecekleri beklenebilir. Sonuç olarak; höylanditli ve klinoptilolitli alterasyonlarda hernekadar önemli farklılıklar olsada, genel bir tanımlama ile Gördes asitik tüfleri maruz kaldıkları zeolitik diyajenezlerinde SiO_2 , Na^+ ve K_2O kaybetmişler, Al_2CO_3 , CaO, MgO ve HgO kazanmışlardır.

DEĞİNİLEN BÉLGELER

- Alietti, A., 1972, Polymorphism and crystal - chemistry of heulandites and clinoptilolites. Amer. Mineralogy, 57,1437. -1451.
- Alietti, A., Brigatti, M.F., Poppi, L., 1977, Natural Ca - rich clinoptilolite (heulandites of Group 3). New data and review. Min. Mh., 11, 493 - 501.
- Barrows, K., 1980, Zeolitization of Miocene volcaniclastic rocks, Southern Desatoya Mountains,

Nevada. Geol. Soc. of Amer. Bull., 99,199 - 210.

- Boles, J.R., 1972, Composition, optical properties, cell dimensions and thermal stability of some heulandite group zeolites. Amer. Mineralogy, 57,1463-1493.
- Brindley, G.W., 1980, Quantitative X - Ray mineral analysis of Clays. Mineral. Soc., Monograph No. 5, edited by G.W. Brindley and G. Brown. Chapter 7, p. 411 - 439.
- Esenli, R., 1990, Zeolitik diyajenez ve bu süreçte gelişen kimyasal olaylar; dünyadan ve Türkiye'den örnekler. İ.T.Ü. Dergisi, 48,69 - 76.
- Esenli, F., 1992, Gördes çevresindeki Neojen serilerin ve zeolitleşmenin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi. Doktora tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış, 208 s.
- Esenli, F., Özpeker, I., 1993, Gördes çevresindeki Neojen havzanın zeolitik diyajenezi ve höylandit - klinoptilolitlerin mineralojisi. 46. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı, s. 63.
- Iijima, a., 1970, Composition and origin of clinoptilolite in the Nakanosawa tuff of Rumoi, Hokkaido. Molecular Sieve Zeolites -1,334 - 341.
- Mariner, R.H., Surdam, R.C., 1970, Alkalinity and formation of zeolites in saline, alkaline lakes. Science, 170,977-980.
- Mason, B., Sand, L.B., 1960, Clinoptilolite from Patagonia the relationship between clinoptilolite and heulandite. Amer. Mineralogy, 45, 341 - 350.
- Merkle, A.B., Slaughter, M., 1968, Determination and refinement of the structure of heulandite. Amer. Mineralogy, 53,1120 -1138.
- Mumpton, F.A., 1960, Clinoptilolite redefined. Amer. Mineralogy,45,351-369.
- Snyder, R.L., Bish, D.L., 1989, Quantitative phase analysis by x - ray powder diffraction. Reviews in Mineralogy, V. 20, p. 101 -143.
- Walton, a., 1975, Zeolitic diagenesis in oligocene volcanic sediments, Trans - Pecos, Texas. Geol. Soc. of Amer. bull., 86,615 - 624.