

GÖRDES ÇEVRESİNDEKİ ZEOLİTLİ TÜFLERDE HOYLANDİT-KLİNOPTİLOLİT MİKTARLARININ X-IŞINLARI DİFRAKSİYONU İLE KANTİTATİF TAYİNİ

Quantitative analysis of Heulandites-Clinoptilolites in Zeolite containing tuffs from Gördes region by X-Ray Diffraction

Fahri ESENLİ İTÜ Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Maslak, İSTANBUL

ÖZ: Gördes çevresinde, Miyosen istif içerisindeki tüfler, yayılım gösterdikleri alanların yaklaşık 2/3'ünde %80'in üzerinde zeolitlidirler. Kaya örneklerindeki hoylandit-klinoptilolit miktarları "dolomit iç standartlı x-ışınları kantitatif analiz yöntemi" ile tayin edilmiş ve diğer bir yöntem ile ayrıca kontrol edilmiştir. Sonuçlar, herbiri 4 tablet olarak hazırlanmış 18 standart örneği ve dolayısıyla 72 noktayı temsil eden kalibrasyon doğrusundan elde edilmiştir. Hesaplamalarda hoylandit-klinoptilolitlerin $d=3.98 \text{ \AA}$ ve dolomitin $d=2.89 \text{ \AA}$ mesafe değerli ve en yüksek şiddetli yansıma çizgileri ile çalışılmıştır. Yöntemin toplam-ortalama hata payı %4.35 olup, %5'in altında zeolit içerikli örnekler uygulanamaz bulunmuştur.

Toplam 95 adet tüf örneğinin bu yöntem ile hesaplanan zeolit içeriklerine göre Gördes Bölgesinde, Aynaalan Tepe çevresi, Hacıali Dere ve Softalar Mevkilerindeki yüzeylemeler en yüksek hoylandit-klinoptilolitli zonlardır. Öte yandan tek tek pumis tanelerindeki zeolit içeriği tüm kaya zeolit içeriklerinden %40 daha düşük bulunmuştur.

ABSTRACT: The tuffs in Miocene sequence around Gördes show zeolite contents up to 80% in 2/3 of the outcrop area. Heulandite-clinoptilolite contents in rock samples have been calculated by the method of quantitative x-ray diffraction with dolomite internal standart. This technique has been verified by known additions method. Standard samples were prepared with 4 slides each. Heulandite-clinoptilolite contents were obtained from the calibration line which represents 18 standard samples and 72 points. Highest integrated peaks of heulandite-clinoptilolite and dolomite (d spacing of 3.97 \AA and d spacing of 2.89 \AA) have been used in the calculations. The error involved in this method is 4.35%. The method was found to be applicable to samples assaying only more than 5% zeolite.

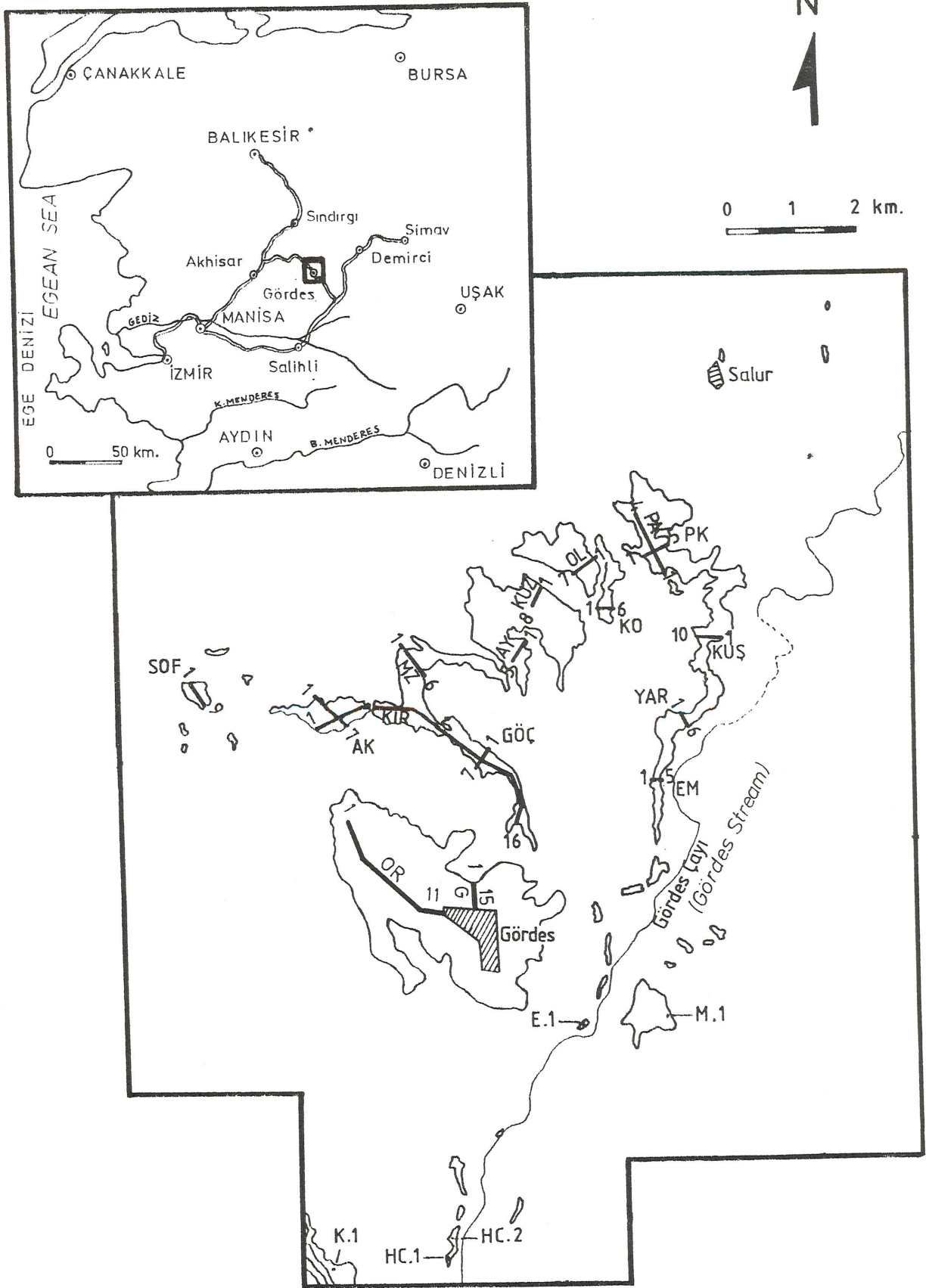
The tuffs in Gördes, Aynaalan, Hacıalidere and Softalar Regions exhibit the highest heulandite-clinoptilolite contents based on 95 tuff samples calculated by this method. The zeolite contents in pumice fragments were found to exhibit 40% less zeolite than the whole rock.

GİRİŞ

Bu çalışma ile Gördes çevresindeki zeolitli (hoylandit-klinoptilolit) tüflerde tüm kaya içerisindeki zeolit miktarlarının (ağırlıkça) kantitatif tayini ve buna bağlı olarak yüksek zeolit içerikli zonların belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın konusunu oluşturan tüfler Gördes(Manisa) ilçe merkezinin yakın çevresinde yer alır (Şekil 1) ve litostratigrafik olarak iki seviye halinde konumlandıkları. Bölgedeki Neojen istifin jeolojisi, mineralojisi ve zeolitlenmesi Esenli (1992) ve Esenli ve Özpeker (1993) tarafından incelenmiştir. Bunlara göre, Menderes Masifinin kristalen kayaları ve İzmir-Ankara Zonuna ait kaya birimleri üzerine uyumsuz olarak gelen, 1000 m.'ye ulaşan kalınlıktaki Miyosen çökel istifi altında bir fluyiyatlı

seri (alt kaba ve ince taneli birimler; bloktaşı-çakıltaşı-kumtaşı ve bunlar üzerinde kumtaşı-çakıllı kumtaşı-yerel çamurtaşı ve şeyl) ile üstte bir volkanoklastik gölsel seriden ibarettir. Bu üst seri içerisinde ise altta ve en üstte (sırasıyla en fazla 80 ve 70 m. kalınlıklarda) iki tüf seviyesi ile aralarında kumlu, killi, karbonatlı, tüflü ve bunların karışık tiplerinden oluşan ardalanmalı bir birim yer alır. İki tüf seviyesi de riyolit-riyodasit karakterli, alt tüfler için camsı-kristal-kısmen litik geçişli, kuzeyden güneye lapilli-kül-toz tüf dizilimidir. Üst tüfler ise camsı-kristal, kül-toz tüflerdir. Fenokristaller kuvars, plajyoklaz (albit-oligoklaz), sanidin ve düşük oranlardaki biotitlerdir. Tüflerin saha genelindeki otijen mineralleri ise zeolitler (başlıca hoylandit-klinoptilolitler, yerel olarak analim ve nadiren flipsit), silis mineralleri (opal-CT ve



Şekil 1. Çalışma alanını ve alt ve üst tüflere ait kesit lokasyonları ile örnek no'larını gösterir harita.
Figure 1. Map of the investigated area including section locations and sample numbers of the lower and upper tuffs.

kuvars), kil mineralleri (smektitler ve 10 Å killeri; illitseladonit), K-feldspat ve karbonat mineralleri (kalsit, nadiren dolomit)'dir.

Volkanoklastik serinin zeolitik diyajenezi sonucu yaygın bir zeolitlenme meydana gelmiş ve özellikle hoylandit-klinoptilolit tip grup mineralleri, başlıca tüfler içerisinde ve onların cam parçaları, boşlukları, pumis lifleri ve tüm bağlayıcı malzemesinde gelişmişlerdir. Grup mineral tipleri alt tüflerde büyük oranda klinoptilolit, üst tüflerde ise tümüyle hoylandit-2 tipindedirler (Esenli, 1992; Esenli ve Özpeker, 1993).

Alt tüflerde 14 kesitte toplam 75 örnek, üst tüflerde ise 2 kesitte toplam 20 örnek üzerinde hoylandit-klinoptilolit miktar tayinleri yapılmıştır. Örneklem haritası Şekil 1'de verilmiştir. X-ışınları difraksiyon çalışmaları Philips difraktometre, CuK α radyasyon, Ni filtre kullanılarak, çekim hızı 2 θ =1°/dak. ve duyarlılık=1000 şartlarında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, çeşitli kontroller ve özel çekimler için değişik çekim hızı ve duyarlılıklarda da çalışılmıştır.

YÖNTEM SEÇİMİ

Kil gibi çok ince malzemelerin, buldukları bütün içerisindeki oranlarını, optik mikroskopta nokta sayımını kullanarak uygulanan klasik modal analiz yöntemi ile belirlemek olanaksızdır. X-ışınları difraksiyonunu kullanan kantitatif modal analiz ise hem ince taneli bileşenlere başarıyla uygulanabilir hemde oldukça hızlı bir yöntemdir (Cosgrove ve Sulaiman, 1973; Davis ve Walawender 1982; Pawloski, 1985; Maniar ve Cooke, 1987; Synder ve Bish, 1989). Bu yöntem sonucu meydana gelebilecek hata payı ise dikkatli bir örnek hazırlama ile çok düşük oranda gerçekleştirilebilir.

X-ışınları kullanan modal analiz yöntemleri, karışım (kaya) içerisindeki bileşen (mineral) sayısına, bileşen ve karışım arasındaki kütle soğurma katsayılarının (mass absorption coefficients veya attenuation coefficients) benzerliğine ve çalışmacıların uygulama biçimlerine göre farklılıklar gösterir (Klug ve Alexander, 1954; Moore, 1969; Chung, 1974; Zevin, 1977; Brindley, 1980; Pawloski, 1985). Bu farklılıkların uygulamaya yansımış biçimleri ise standart kullanılıp kullanılmaması, kullanılan standartın analiz edilen karışımın içerisinde veya harici bir bileşen olması ve kütle soğurma katsayılarının kullanılıp kullanılmaması şeklinde tariflenebilir. Seçilen yöntem hangisi olursa olsun, x-ışınları ile kantitatif analizin esasını, bir karışımındaki bileşenlerin x-ışınları yansıma şiddetlerinin onların

karışım içerisindeki oranlarına önemli derecede bağlı olması prensibi oluşturur.

Bu çalışmada, Gördes Neojen havzasındaki alt ve üst tüflere ait örneklerde hoylandit-klinoptilolit oranlarını (ağırlıkça) belirlemek için iç standartlı (internal standart) x-ışınları kantitatif analiz yöntemi kullanılmış ve iç standart olarak dolomit minerali seçilmiştir. Uygulamada hoylandit-klinoptilolitlerin d=3.97 Å, dolomitin ise d=2.89 Å mesafe değerli ve en yüksek şiddetli yansıma çizgileri ile çalışılmış, ağırlıkça hoylandit-klinoptilolit miktarlarını, W (HOY.-KLİ.), veya % oranlarını saptamak için bu çizgi şiddetlerinin oranları, I (d=3.97 Å) HOY.KLİ. / I (d=2.89 Å) DOL., kullanılmıştır. Formülden hesaplama yapılacaksa kullanılacak denklemler,

$$\frac{I(d=3.97 \text{ \AA}) \text{ HOY.-KLİ}}{I(d=2.89 \text{ \AA}) \text{ DOL.}} = K \frac{W(\text{HOY.-KLİ.})}{W(\text{DOL.})}$$

olup, burada K, kalibrasyon eğrisinden (veya doğrusundan) bulunacak sabit bir değerdir.

Kullanılan standart mineral dolomit, düşük soğurma katsayısına sahiptir ve hoylandit-klinoptilolit önemli çizgileri ile örtme yapmaz. Hoylandit-klinoptilolit en yüksek şiddetli, 2 θ = 22.40° civarında (CuK α) gözlenen çizgisine yakın bir yansımaya sahip standart seçilmemesinin nedeni, örneklerimizin birçoğunda, zeolit mineralinin yanısıra opal-CT, kuvars, feldspat, kil minerali içerikleri nedeniyle, yaklaşık 2 θ = 18°-30° arasında çok fazla çizginin bulunması ve dolayısıyla bu aralıktaki bir standart çizginin kullanılmasının hata payını arttıracığı düşüncesidir. Kantitatif analiz için örneklerimizde bulunan bir bileşenin değıilde, harici bir mineralin (dolomit) standart seçilmesinin nedeni ise önemli sayıda örnekte hoylandit-klinoptilolit tek faz olarak saptanmış olmasıdır. Böyle bazı örneklerde zeolit mineralinin dışında başka bir bileşenin bulunmaması, düşük miktarlardaki bazı diğer minerallerin x-ışınları ile saptanabilme sınırlarının (dedection limit) altındaki oranlarda olmalarından kaynaklanabilir. Bu çalışmada çeşitli standart örneklerin denemesi sonucu hoylandit-klinoptilolit bu sınırı %4 olarak bulunmuştur.

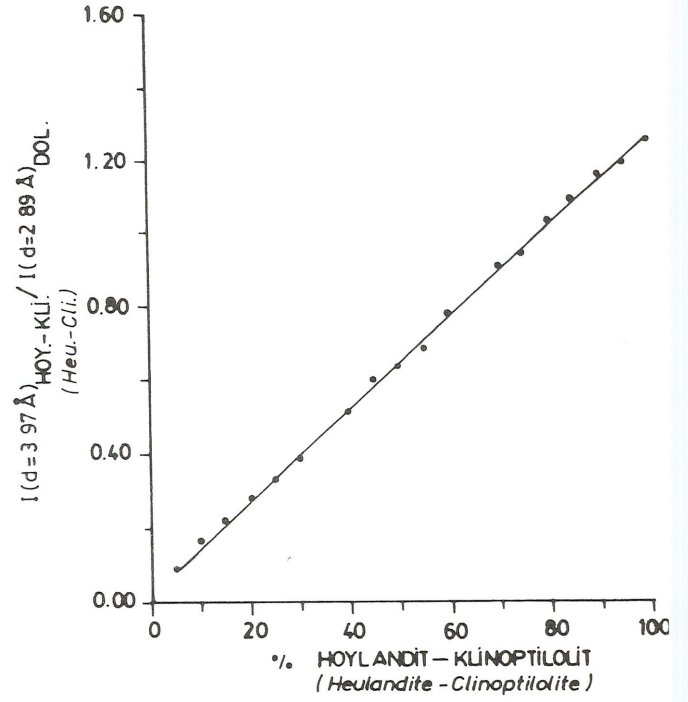
UYGULAMA

Örnek Hazırlama ve Standartların Oluşturulması

DeneySEL standart örneklerin hazırlanmasında öncelikle saf hoylandit-klinoptilolit elde edilmiş ve bunun için

çalışma alanına ait bir karışım örnekte, ağır sıvı (bromofom+karbontetraklorür karışımı, $d= 2.10 \text{ gr/cm}^3$) içerisindeki yüzdürme-batırma işlemi uygulanmış ve daha sonra yüzen kısım kurutularak değişik akım şiddetleri ve açılarda manyetik ayırıcıdan (Franz Isodynamic) geçirilmiştir. Saflaştırma sonrası; x-ışınları difraktogramında başka bir mineral tespit edilmediği, hoylandit-klinoptilolite ait çizgi şiddetlerinin yükselmiş olduğu hatta daha önce çekimleri yapılmış (ayni şartlarda) tüm örneklerinkinden yüksek olduğu ve nihayet, amorf malzemenin meydana getirdiği $2\theta= 19^\circ\text{-}35^\circ$ ler arasındaki horgüçlenmenin (hump) giderilmiş olduğu için örneğimizi tamamen saf olarak kabul edilmiştir.

Daha sonra, saf zeolit minerali ile karıştırılacak bir malzeme oluşturulmuştur. Bu malzeme, içerisinde hiç hoylandit-klinoptilolit bulunmayan doğal ve bozulmamış tüf örneklerimize benzer şekilde, özel hazırlanmış, bunun için %25 oranında kuvars+feldspat+biotit+opal-CT+kalsit+smektit ve %75 amorf (saf cam) içerikli bir karışım meydana getirilmiştir. Nihayet, bu özel malzeme, saf hoylandit-klinoptilolit ve saf dolomit (safılığı x-ışınları difraksiyonu ile kontrol edilmiş), ayrı ayrı 325 mesh elek altına geçecek tane boyutunda öğütülerek örnek hazırlamanın ilk aşaması tamamlanmıştır. Tane boyutunun bu küçüklükte seçilmesi mikroşöğürmeyi ve sönmeyi önleyecek ve dolayısıyla bunlardan kaynaklanabilecek hatayı ihmal edilebilir düzeye indirecektir. Pawloski (1985) içerisinde klinoptilolitin bulunduğu tüflerle çalışmış, en



Şekil 2. %5-100 arası hoylandit-klinoptilolit içerikli 18 standart örnek ile oluşturulan kalibrasyon doğrusu.

Figure 2. The calibration line represented by 18 standard samples containing 5-100% heulandite-clinoptilolite contents.

STANDART ÜRNEK (Standard sample)	STANDART KARIŞIMDAKİ ELEMANLARIN AĞIRLIKLARI (gr). (The weight of elements in standard)			STANDART İÇİNDEKİ HOY.-KLİ. ORANI (%) (Heu.-Cli.content in standard)	I (d= 3.97Å)HOY.-KLİ. / I (d= 2.89Å) DOL. (I(d=3.97 Å)Heu.-Cli. / I(d=2.89Å) Dol.)				
	HOY.-KLİ. (Heu.-Cli.)	ÖZEL MALZEME (Special material)	DOLOMİT (Dolomite)		1	2	3	4	ORT. (Aver)
1	0.05	0.95	0.2	05	0.080	0.084	0.092	0.092	0.087
2	0.10	0.90	0.2	10	0.155	0.160	0.164	0.173	0.163
3	0.15	0.85	0.2	15	0.200	0.209	0.224	0.226	0.215
4	0.20	0.80	0.2	20	0.261	0.266	0.290	0.290	0.277
5	0.25	0.75	0.2	25	0.321	0.325	0.336	0.338	0.330
6	0.30	0.70	0.2	30	0.370	0.375	0.392	0.395	0.383
7	0.40	0.60	0.2	40	0.485	0.494	0.528	0.530	0.509
8	0.45	0.55	0.2	45	0.586	0.593	0.593	0.596	0.592
9	0.50	0.50	0.2	50	0.621	0.621	0.636	0.638	0.629
10	0.55	0.45	0.2	55	0.660	0.672	0.690	0.696	0.680
11	0.60	0.40	0.2	60	0.753	0.756	0.785	0.794	0.772
12	0.70	0.30	0.2	70	0.889	0.894	0.910	0.916	0.902
13	0.75	0.25	0.2	75	0.929	0.935	0.936	0.949	0.937
14	0.80	0.20	0.2	80	1.006	1.023	1.035	1.041	1.026
15	0.85	0.15	0.2	85	1.080	1.087	1.087	1.099	1.088
16	0.90	0.10	0.2	90	1.144	1.149	1.164	1.178	1.159
17	0.95	0.05	0.2	95	1.167	1.179	1.205	1.207	1.190
18	1.00	-	0.2	100	1.226	1.254	1.277	1.280	1.259

Çizelge 1. Kalibrasyon doğrusu için kullanılan veriler.

Table 1. The data used for calibration line.

iyi verileri 5-60 mikron boyutlarında elde etmiştir. Yine, Parker (1978), Pumis örneklerindeki analisim içeriğini incelediği çalışmada da 400 mesh altı boyutları salık vermektedir. Bu çalışmada da, çeşitli örnekler üzerine yapılan denemeler sonucu en iyi x-ışınları verilerinin 44 mikron (325 mesh) altında elde edildiği anlaşılmıştır.

Son olarak, saf hoylandit-klinoptilolit+özel malzeme=1 gr. olacak şekilde ve zeolit minerali oranı %5-100 arasında değişen 18 adet karışım hazırlanmıştır (Çizelge 1). Bu karışımların herbirine 0.2 gr. dolomit iç standart olarak katılmış ve sonuç örnek karışımlar 8 saat süre ile titreşim ve döndürmek suretiyle karıştırılarak, $2\theta = 20^\circ - 33^\circ$ ler arasında x-ışınları çekimine tabi tutulmuşlardır. Hata payını belirlemek amacıyla herbir sonuç örnekten iki ayrı tablette iki kez olmak üzere 4 çekim yapılmış ve sonuç olarak 72 adet I (d= 3.97 Å) HOY.-KLİ. / I (d= 2.89 Å) DOL. değeri elde edilmiştir. Herbir standart örneğe ait 4 adet şiddet oranı değerinin ortalaması ise kalibrasyon doğrusunun oluşturulmasında kullanılmıştır.

Kalibrasyon Doğrusunun Oluşturulması

Kalibrasyon doğrusu x ekseninde % HOY. KLİ. veya W(HOY.-KLİ.), Y ekseninde ise I (d= 3.97 Å) HOY.-KLİ. / I (d= 2.89 Å) DOL. olacak şekilde oluşturulmuştur. Doğru, 18 adet noktadan (Çizelge 1) en küçük kareler yöntemine göre seçilmiştir (Şekil 2). Nispi hatası %0.04'dür ve eğiminden bulunan K sabit değeri ise 1.2387'dir.

YÖNTEMİN KULLANILABİLİRLİĞİ

Bu çalışmada kullanılan metodun başarısı herşeyden önce yeterli küçüklükte tane boyutunda çalışmaya ve gayet homojen karışımda örnek hazırlamaya bağlıdır. Herhangi bir örnek için kalibrasyon doğrusunda bulunacak zeolit miktarının hata payı, başlıca bu unsurlara ve yanısıra aletsel hatalar ile doğrunun kendi hatasına bağlıdır. Kalibrasyon doğrusunun hatası yukarıda verildiği gibi %0.04'dür. Mikro soğurma ve sönme (extinction) hataları 44 mikron altı gibi küçük tane boyutunda çalışıldığında ihmal edilebilir düzeydedir ve sıfır kabul edilmiştir. Örnek hazırlamadan ötürü meydana gelebilecek hataları enaza indirmek amacıyla herbir standart örnek iki ayrı karışım olarak hazırlanmış ve her karışım için iki tablet hazırlanarak 4 kez değerlendirilmiştir. Böylece, tek tek standartlar için standart sapmalar hesaplanmış ve buradanda standart sapmaların nispi hataları bulunmuştur (Çizelge 2). 18 standart için bulunan nispi standart sapmaların ortalaması alındığında, örnek hazırlamadan dolayı meydana gelen hata %2.76'dır. Bu değer

literatürdeki benzerlerinden çok daha düşük olup, örnek hazırlamanın homojenliği ile eleman seçimleri ve karışım paylarının doğruluğunu gösterir. Bu hata payı, örneklerdeki hoylandit-klinoptilolit oranı azaldıkça büyümektedir ancak, sadece %5 hoylandit-klinoptilolitli örneklerde bile bulunabilecek örnek hazırlama hatası %6.9'dur. %25-40 zeolit içerikli örneklerde bu oran %2.5-4.5 ve %45-100 zeolit içerikli örneklerde ise %0.7-2.7 aralıklarındadır.

Yöntemin diğer bir hata payı aletsel parametrelere

STANDART ÖRNEK (Standard sample)	ORTA AMA I (d= 3.97Å) HOY.- KLİ. / I (d= 2.89Å) DOL. (Average I (d= 3.97Å) Heu.- Cl. / I (d= 2.89Å) Dol.)	STANDART SAPMA (Standard deviation)	NİSPİ STANDART SAPMA (Relative standard deviation)
1	0.087	0.0060	0.0690
2	0.163	0.0076	0.0466
3	0.215	0.0124	0.0577
4	0.277	0.0154	0.0556
5	0.330	0.0083	0.0252
6	0.383	0.0124	0.0324
7	0.509	0.0231	0.0454
8	0.592	0.0042	0.0071
9	0.629	0.0093	0.0148
10	0.680	0.0165	0.0245
11	0.777	0.0206	0.0267
12	0.902	0.0100	0.0111
13	0.957	0.0084	0.0090
14	1.026	0.0154	0.0150
15	1.088	0.0079	0.0073
16	1.159	0.0154	0.0133
17	1.190	0.0198	0.0166
18	1.259	0.0250	0.0199

Çizelge 2. Standartlar için hesaplanan örnek hazırlama hataları.

Table 2. The sample preparation errors for standards.

ÖRNEK (Sample)	HOYLANDİT - KLİNOPTİLİT İÇERİĞİ (%) (Heulandite-Clinoptilolite content %)	
	DOLOMİT İÇ STANDARTLI YÖNTEM İLE (By the method of internal standard with dolomite)	BİLİNEN EKLENME YÖNTEMİ İLE (By the method of known additions)
KÜŞ-2	14	15
TM-1	77	75
KÜ-6	55	47
KÜ-5	98	99
AY-3	100	100
M-5	97	98
AK-2	80	80
GÜÇ-4	78	71
SÖL-3	95	92
G-6	78	75
G-12	88	91

Çizelge 3. Çalışma alanına ait 11 tuf örneğinde, dolomit iç standartlı ve bilinen ilave yöntemler ile hesaplanmış hoylandit-klinoptilolit içerikleri.

Table 3. The heulandite-clinoptilolite contents calculated by the method of internal standard with dolomite and the method of known additions in 11 tuff samples.

bağlı olarak ortaya çıkan sayma hatasıdır (counting statistics). Yukarıda sonuçları verilen hazırlama hataları içerisinde, bir miktar, ama her zaman bu sayma hatasında bulunmaktadır. Öte yandan, sadece sayma hatasının tespiti amacıyla ayrı bir çalışma yapılmış ve 5 adet örnekte çekim yapılarak, aynı örneğin aynı tabletteki tozunda hiçbir değişiklik yapılmadan, üstüste 8 x-ışınları çekimi sonucu, tüm örnekler genelinde maksimum %1.55 sapma hatası bulunmuştur.

Kalibrasyon doğrusundan bulunacak herhangi bir hoylandit-klinoptilolit miktarı için buraya kadar verilen hatalara-eğer formülden hesaplama ile miktar tayini yapılacaksa-K sabitinin doğruluğunda etki edecektir. Bu çalışmada doğrudan veya formülden bulunacak hoylandit-klinoptilolit miktarları arasında % (-0.11)-(+3.15) mutlak (absolute) hata bulunmuştur. Bu ise zeolit içeriğindeki artışa karşılık, azalan bir nispi hataya tekabül etmektedir. Bu nispi hata; hoylandit-klinoptilolit içeriği %10'un altındaki örneklerde %30'un üzerinde, %15-20 içerikli örneklerde %10-15 arasında, %25-40 içerikli örneklerde %2.5-6.5 arasında ve %45-100 arasındaki örneklerde ise %0.2-4 arasındadır.

Gördes alt ve üst tüf birimlerine ait örneklerin bazılarında, yukarıda tariflenen iç standartlı yöntemin haricinde-bir karşılaştırma yapmak amacıyla-diğer bir yöntem daha kullanılarak hoylandit-klinoptilolit miktar tayini yapılmıştır. Burada kullanılan yöntem aslında iç standartlı aynı zamanda analiz edilen bileşenin kendisidir (Brindley, 1980). Genellikle tek bileşenli sistemlere uygulanan bu yöntemde:

$$W(HOY-KLİ.) = \frac{W(St.) (I_1/I_2)}{1+W(St.) - (I_1/I_2)}$$

formülü kullanılır. Burada,

W(HOY-KLİ.) : Test edilen bileşenin (bu çalışmada hoylandit-klinoptilolit) karışım içerisindeki ağırlık fraksiyonu.

W(St.) : 1 gr. karışıma ilave edilen standartın (bu çalışmada saf hoylandit-klinoptilolit) ağırlık fraksiyonudur ve 0.2 gr. olarak seçilmiştir.

I₁ : Bileşenin seçilmiş bir çizgisinin (bu çalışmada hoylandit-klinoptilolit d= 3.97 Å değerli yansıma çizgisi) doğal çekimdeki yüksekliği (mm).

I₂ : Aynı çizginin standart ilavesinden sonraki çekiminden bulunan yüksekliği (mm).

11 adet tüf örneğinde, bu yöntem ile belirlenen hoylandit-klinoptilolit % oranları dolomit iç standartlı yöntem ile belirlenen değerlere oldukça yakındır (Çizelge 3).

SONUÇLAR

Gördes çevresine ait tüf örneklerinin hoylandit-klinoptilolit içeriklerinin tespiti için kullanılan iç standartlı x-ışınları kantitatif analiz yöntemi düşük hata paylı ve oldukça hızlı bir metodudur. Kalibrasyon doğrusundan bulunacak %5-100 arasındaki bir hoylandit-klinoptilolit içeriği, ortalama %2.76 örnek hazırlama hatası, maksimum %1.55 aletsel hata ve %0.04 kalibrasyon doğrusunun hatası olmak üzere toplam %4.35 nispi hataya sahip olacaktır. Bu metodu yaklaşık %5'in altında hoylandit-klinoptilolit içeriğine sahip örneklerle uygulamak olanaksızdır.

Çalışma alanından 95 adet tüf örneğinin hoylandit-klinoptilolit içeriklerinin tayini için dolomit iç standartlı

ÖRNEK (Sample)	% HOY.-KLİ. Heu.-Clı.	ÖRNEK (Sample)	% HOY.-KLİ. Heu.-Clı.	ÖRNEK (Sample)	% HOY.-KLİ. Heu.-Clı.
ALTI TÜFLER (Lower Tuffs)					
OL-1	27	KO-1	95	KIR-1	75
OL-2	30	KO-2	89	KIR-2	78
OL-5	-	KO-5	85	KIR-3	68
OL-6	29	KO-6	55	KIR-4	79
OL-7	-	ORTALAMA	81	KIR-5	53
ORTALAMA	17	KUZ-1	29	KIR-6	76
KUŞ-2	14	KUZ-2	72	KIR-7	68
KUŞ-4	12	KUZ-3	80	KIR-8	58
KUŞ-6	-	KUZ-4	73	KIR-10	64
KUŞ-9	10	KUZ-5	98	KIR-12	90
KUŞ-10	-	KUZ-6	74	KIR-13	90
ORTALAMA	7	KUZ-7	85	KIR-14	80
PA-2	26	KUZ-8	95	ORTALAMA	71
PA-3	13	ORTALAMA	76	GÜÇ-2	81
PA-4	-	AY-2	89	GÜÇ-4	78
ORTALAMA	13	AY-3	100	GÜÇ-5	90
PK-1	17	AY-5	100	GÜÇ-6	93
PK-3	38	AY-6	92	GÜÇ-7	85
PK-5	40	ORTALAMA	95	ORTALAMA	85
ORTALAMA	32	MZ-1	74	SOF-1	100
YAR-1	-	MZ-2	77	SOF-2	79
YAR-2	-	MZ-3	97	SOF-3	95
YAR-3	15	MZ-4	77	SOF-5	92
YAR-4	14	MZ-5	78	SOF-6	78
YAR-5	44	MZ-6	80	SOF-8	56
YAR-6	60	ORTALAMA	81	ORTALAMA	90
ORTALAMA	22	AK-2	80	HC-1	97
EM-1	77	AK-4	78		
EM-4	86	AK-5	59		
EM-5	91	AK-7	69		
ORTALAMA	85	ORTALAMA	72		
ÜST TÜFLER (Upper Tuffs)					
G-3	98	G-11	60	OR-4	-
G-4	65	G-12	88	OR-6	-
G-5	-	G-13	67	OR-9	79
G-6	78	G-14	80	OR-10	40
G-7	90	G-15	90	OR-11	85
G-8	90	ORTALAMA	73	ORTALAMA	52
G-9	81	OR-1	90		
G-10	65	OR-3	69		

Çizelge 4. Gördes çevresindeki tüflere ait örneklerde iç standartlı x-ışınları difraksiyonu ile saptanan hoylandit-klinoptilolit içerikleri.

Table 4. The heulandite-clinoptilolite contents calculated by the method of x-ray diffraction with internal standard in tuff samples from Gördes area.

kantitatif analiz yöntemi ve standart örnekler ile oluşturulan kalibrasyon doğrusu kullanılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir.

Alt tüflerin Oğulduruk ve Kuşluk köyleri çevresine ait örnekleri düşük miktarda hoylandit-klinoptilolit içerirler. Bu yöreye ait 16 örneğin değer aralığı %0-40 arasında olup, ortalaması %17'dir (OL, KUŞ, PA ve PK kodlu örnekler). Bu yöre tüfleri zeolit minerallerinden ziyade, bozulmamış volkanik cam ve kil minerallerince zengindir. Aslında, birimin bu özellikteki zonu KUZ-1 ve YAR-1-4 arası kodlu örnekleride içerir. Bu örnekleride dahil ettiğimizde, alt tüflerin, çalışma alanının kuzeybatısına tekabül eden bu zonu toplam 21 örnek için ortalama %18 hoylandit-klinoptilolit içeriğine sahiptir. Çok düşük zeolit içerikli bu zon, aynı zamanda çeşitli çalışmacılar tarafından modellenmiş diyajenetik mineral fasiyes alanlarının bozulmamış cam fasiyesine karşılık gelir (Sheppard ve Gude, 1968; 1973; Surdam, 1981; Hay, 1981) ve Gördes kuzeyinde bir "volkanik cam+smektit" fasiyesi olarak Esenli (1992) tarafından ayrılanmıştır. Güney kesimde, esasen zeolitli bir ana fasiyese ait tüm diğer kesit örneklerinin ortalaması ise %80 ve değişim aralığı %44-100'dür. En yüksek hoylandit-klinoptilolitli yöreler Aynaalan Tepe civarı (AY kodlu örnekler, ortalaması %95), Hacıali Dere mevki (HC kodlu örnek, %97) ve Softalar mevkidir (SOF kodlu örnekler, ortalaması %90).

Üst tüflere ait örnekler ortalama %66 hoylandit-klinoptilolit içeriğine ve örnek bazında %0-98, kesit bazında da %52-73 arasında değişime sahiptirler. Alt tüflerdeki zeolitli altere örneklere göre, daha düşük ortalamanın nedeni, bu tüf birimi içersinde önemli oranda K-feldspatdan oluşmuş ve hiç zeolit içermeyen örneklerin bulunmasıdır. Eğer, bu tip 3 örnek (G-5, OR-4, OR-6) hariç tutulursa üst tüflerin ortalama hoylandit-klinoptilolit içeriği %77 olacaktır.

ÜRNEK (Sample)	TÜM KAYADA HOY.-KLI. (%) (% Heu.-Cli. in whole rock)	PUMİS TANESİNDE HOY.-KLI. (%) (% Heu.-Cli. in pumice fragment)
OL-2	30	16
KUŞ-2	14	05
KO-1	95	69
KUZ-6	74	55
AK-4	78	50

Çizelge 5. Çalışma alanından 5 adet örnekte tüm kaya ve salt pumis tanelerindeki hoylandit-klinoptilolit içeriklerinin karşılaştırılması

Table 5. The comparison of the heulandite-clinoptilolite contents in whole rock and pumice fragments in 5 samples from investigated area.

Nihayet tüm inceleme alanı gözönüne alındığında, alt ve üst tüflere ait 95 adet örneğin ortalama hoylandit-klinoptilolit içeriği %62'dir. Ancak tüflerin alansal dağılımları dikkate alındığında, yaklaşık bir ifade ile Gördes Çevresindeki tüflerin 2/3'ü %80'nin üzerinde hoylandit-klinoptilolit ortalama içeriğine sahiptir.

Tek tek pumis tanelerindeki hoylandit-klinoptilolit miktarları tüm kaya miktarlarından düşük bulunmuştur. 5 adet örnekte pumis taneleri ayrılanarak kantitatif analizleri yapılmış ve ait oldukları tüm kaya hoylandit-klinoptilolit içerikleri ile birlikte Çizelge 5'de verilmiştir.

Tüm kaya analizlerine göre, pumis tanelerindeki hoylandit-klinoptilolit içeriği nispi olarak ortalama %40 düşük bulunmuştur. Bunun nedeni, muhtemelen pumis tanelerinin dar hacimlerinden dolayıdır. Diğer bir ifade ile pumis liflerinde gelişen zeolitlenme, taze cam ve kil kınlarından sonra kendisine dar bir hacim bulabilirken kayanın geri kalan boşlukları ve cam parçalarındaki zeolitlenme daha geniş hacimlerde ve diğer otilenlere göre daha yüksek oranlarda gelişebilmiştir. Bu varsayım, daha bol ve iri pumis tüflerin daha düşük zeolit içeriğine sahip olacağı sonucunu getirirki, gözlemlenen birçok örnek için bu sonuç geçerli olmuştur.

DEĞİNİLEN BELGELER

- 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.
- Chung, F. H., 1974, Quantitative Interpretation of X-Ray Diffraction Patterns. 1. Matrix-Flushing Method of Quantitative Multicomponent Analysis. J. Appl. Cryst. 7, p. 519-525.
- Cosgrove, M. E., Sulaiman, A. M., 1973, Rapid Method for the Determination of Quartz in Sedimentary Rocks by X-Ray Diffraction. Clay Minerals 10, p. 51-55.
- Davis, B. L., Walawender, M. J., 1982, Quantitative Mineralogical Analysis of Granitoid Rocks. A Comparison of X-Ray and Optical Techniques. Amer. Mineral. 67, p. 1135-1143.
- Esenli, F., 1992, Gördes Çevresindeki Neojen Serilerin ve Zeolitlenmenin Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi. Doktora Tezi, İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 210 s. yayınlanmamış.
- Esenli, F., Özpeker, I., 1993, Gördes Çevresindeki Neojen Havzanın Zeolitik Diyajenezi ve Hoylandit-Klinoptilolitlerin Mineralojisi. 46. T. J. Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, s. 63, 15-19 Şubat, Ankara.

- Hay, R. L., 1981, Geology of Zeolites in Sedimentary Rocks. *Reviews in Mineralogy*, V. 4, p. 53-64.
- Klug, H. P., Alexander, L. E., 1954, *X-Ray Diffraction Procedures for Polycrystalline and Amorphous Materials*. John Wiley and Sons, New York.
- Maniar, P. D., Cooke, G. A., 1987, Modal Analysis of Granitoids by Quantitative X-Ray Diffraction. *Amer. Mineral.*, 72, p. 433-437.
- Moore, A. C., 1969, A Method for Determining Mineral Compositions by Measurement of the Mass Absorption Coefficient. *The Amer. Mineralogist*. V. 54, p. 1180-1189.
- Parker, R. J., 1978, Quantitative Determination of Analcime in Pumice Samples by X-Ray Diffraction. *Mineral Mag.* 42, p. 103-106.
- Pawloski, G. A., 1985, Quantitative Determination of Mineral Content of Geological Samples by X-Ray Diffraction. *Amer. Mineral.*, 70, p. 663-667.
- Sheppard, R. A., Gude, A. J., 1968, Distribution and Genesis of Authigenic Silicate Minerals in Tuffs of Pleistocene Lake Tecopa Inyo County, California. *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.* 597, 38 p.
- Sheppard, R. A., Gude, A. J., 1973, Zeolites and Associated Authigenic Silicate Minerals in Tuffaceous Rock of the Big Sandy Formation, Mohave County, Arizona. *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.* 83, 36 p.
- Snyder, R. L., Bish, D. L., 1989, Quantitative Phase Analysis by X-Ray Powder Diffraction. *Reviews in Mineralogy*, V. 20, p. 101-143.
- Surdam, R. C., 1981, Zeolites in Closed Hydrologic Systems. *Reviews in Mineralogy*, V. 4, p. 65-91.
- Zevin, L. S., 1977, A Method of Quantitative Phase Analysis Without Standards. *Journal of Appl. Cryst.* 10, p. 147-150.