

ÖNSÖZ

Yerbilimleri/Geosound'un 37. sayısını öngörülen süre içerisinde yayınlayabildiğimiz için kendimizi şanslı正在说. Çünkü son 5 yıldır günden güne bozulan ekonomik durum madencilik sektörünü de derinden yaraladığından yillardır bize maddi destek veren şirket ve kurumların bu desteklerini zorluk içinde sürdürmeleri gelecek sayılarımızın yayınlarını geciktirebilir. Ancak biz elimizden gelen tüm gayret ve çabaları göstererek Yerbilimleri/Geosound'u sonsuza dek yaşıtmak istiyoruz.

Bu sayımızda çeşitli üniversitelere mensup araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen 13 adet makale ve 1 adet tartışmaya yer verilmiştir. Bu sayımızda makaleleri yayınlanan yazarlarımızın bildiği gibi ücretsiz sayfa adeti 8'e çıkarılmış ve bu sayımızdan itibaren uygulama başlatılmıştır. Kısa ve özgün makalelere yönelikleri yazarlarımızın avantajına olup, yabancı dildeki makalelere de öncelik tanındığını bir kez daha hatırlatalım.

Bu sayımızdan itibaren yazarlarımız tüm makalelerini zorunlu hallerde internet aracılığı ile gönderebileceği gibi, bazı düzeltmeler ve yazışmaları da yine aynı adresse mail çekerek yapabilirler. Yazım kurallarımız her sayıda yayınlandığı için yazarlarımızın da bu kurallara harfiyen uymaları baskı süresini kısaltmaktadır. Özellikle şekil ve levhaları net, koyu fontlu ve siyah-beyaz olarak göndermeleri baskı kalitesini olumlu yönde etkilemektedir.

38. sayımız Haziran 2001'de yayınlanacağından dergimize makale gönderecek araştırmacıların bu tarihe kadar yetişecek şekilde hazırlıklarını yapmaları ve düzeltme için kendilerine makaleleri gönderilen yazarların eksikliklerini biran önce tamamlayarak geri göndermeleri gerekmektedir. Derin ekonomik kirize rağmen bizi destekleyen firma ve kurumlar ile dergimize makale göndererek yayın hayatımıza aksaksız sürdürmememize imkan tanıyan tüm yazarlarımıza şükranlarımı sunuyoruz.

Saygılarımla,

Yayın Kurulu Adına
Mesut ANIL
Baş Editör

WILSON AND REED





YERBİLİMLERİ

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Batı Anadolu'da Peralumino, S-Tipi ve Çarpışmayla Eş Zamanlı Karakteristikler Sergileyen Bir Volkanizma : Hacılar Dasiti/ <i>The Hacilar Dacite : A Chracteristic Volcanism Representing Peraluminous, S-Type and Syn-Collisional Volcanism in Western Anatolia</i>	Musa ALPASLAN, Ahmet EFE	1
Sistehan II : Sismik Tehlike Analiz Programı / <i>Sistehan II : A Computer Program for Seismic Hazard Analysis</i>	Kamil KAYABALI	15
Kahramanmaraş İli Termomineral Kaynaklarının Hidrojeokimyasal İncelemesi <i>Hydrogeochemical Investigation of Thermomineral Resources in Kahramamaraş City</i>	Şaziye ABACI	43
Gölsel Bitümlü Kayaçların Organik Jeokimyasal Özellikleri ve Ekonomik Kullanım Olanakları/ <i>Organic Geochemical Characteristics and Economic Usability of Lacustrine Bitimionus Shales</i>	Ali SARI, Nurettin SONEL.....	55
Meydan Yaylası (Niğde) Civarı Karbonatlı Çinko-Kurşun Yataklarının Mineralojisi ve Jeokimyasal Özellikleri/ <i>Miralogy and Geochemical Properties of Meydan Yaylası (Niğde) Carbonaceu's Lead Deposits</i>	M. Gürhan YALÇIN, Sinan ALTUNCU	73
Sıvı Kapanım İncelemeleriyle Sifil Tepe (Keban-ELAZIĞ) Civarı Au-Ag Cevherleşmeleriyle İlişkili Kuvars Damarlarının Jenetik Açıdan İrdelenmesi <i>Genetic Interpretation Using Fluid Inclusion Studies, of the Quartz Veins Associated with Sifil Tepe (Keban-Elazığ) Au-ag</i>	Leyla KALENDER, Şahin HANELÇİ	87
Serince-Harput-(Elazığ) Çevresindeki Granitik Kayaçlar ve Kökeni/ <i>The Granitic Rocks and Their Origin Around the Serince- Harput-Elazığ</i> Malahat BEYARSLAN.....	105	

Derin Deniz Güncel Çökellerinin Sedimentolojik ve Jeokimyasal Özelliklerine Bir Örnek; Kuzey Ege Denizi Çukurluğu / <i>Sedimentological and Geochemical Characteristics of Recent Deep Sea Sediments, an Example from the North Aegean Through</i>	117
Fulya YÜCESOY ERYILMAZ, Mustafa ERYILMAZ	
Computer Unterstützte Diffuse Reflexion Infrared Spektroskopie (Drift) Verfahren Zur Qualitative Und Quantitative Analyse Von Karbonatgesteinen <i>Bilgisayar Destekli Ultraviole Difüz Yansıma Spektroskopi (Drift) Yöntemiyle Karbonatların Nitel ve Nicel Analizleri</i>	127
Fevzi ÖNER, Gunter MATHEIS.....	
Afşin-Elbistan Linyit Havzası, Çöllolar (B) Sektörünün İstatistiksel Analizi <i>Statistical Evaluation of the Çöllolar (B) Sector Lignite Deposit of Afşin-Elbistan (Turkey)</i>	139
Ümit ÖZER, Mesut ANIL	
Turgutlu, Şile ve Kula Killerin Reolojik Özelliklerinin Elektrolit Katkısı ile Değişimi/ <i>The Effect of Electrolyte Addition on the Rheological Properties of Turgutlu, Şile and Kula Clays</i>	151
Ufuk MALAYOĞLU, Ali AKAR.....	
Darbeli Delmede Gevreklilik Analizi/ <i>An Analysis of Brittleness on Percussive Drilling</i>	161
Raşit ALTINDAĞ.....	
Some Factors Influencing the Gold Recovery by Oil Agglomeration/ <i>Yağ Aglomerasyonu ile Altın Kazanımına Bazı Faktörlerin Etkisi</i>	171
Ata AKÇİL, Ali AKAR	
TARTIŞMA/ <i>Seyitoğlu, G. ve Şen, Ş (1999) in "Discussion on Akgün, F. and Akyol, E., 1999, Palynostratigraphy of the coal bearing Neogene deposits in Büyük Menderes graben, Western Anatolia. Geobios, 32, 6, 915. " balıklı yazısına yanıt</i>	179
Erol AKYOL, Funda AKGÜN.....	

**BATI ANADOLU'DA PERALUMİNO, S-T İPİ VE ÇARPIŞMAYLA EŞ
ZAMANLI KARAKTERİSTİKLER SERGİLEYEN BİR VOLKANİZMA:
HACILAR DASITİ**

Musa ALPASLAN

Mersin Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mersin/Türkiye

Ahmet EFE

C.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sivas/Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada Hacilar (Selendi-Manisa) yöresinde yüzeyleyen ve dasit olarak adlandırılan volkanik kayaçların mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve bu kayaçların oluşum mekanizmasının tartışılması amaçlanmıştır.

Hacilar dasiti, Paleozoyik yaşı Menderes Masifi metamorfitlerini, Üst Kretase yaşı Muratdağı Melanjini ve Alt-Orta Miyosen yaşı Yeniköy Formasyonunu kesmekte ve Pliyosen yaşı Çökeller ile Pliyo-Kuvaterner yaşı volkanik kayaçlar tarafından örtülmektedir.

Hacilar volkaniti, makroskopik olarak kirli sarı-bej renkli olup iri plajiyoklaz ve kuvars fenokristallerinin varlığı ile karakterize edilen porfirik doku göstermektedir. Mikroskopik olarak vitrofırıkk-porfirik dokulu olan Hacilar dasitinde fenokristal olarak plajiyoklaz-kuvars-biyotit izlenmektedir.

Ana ve iz element verileri Hacilar dasitinin kalkalkalen karakterli ve peralüminyumlu S-tipi bir magmadan gelişğini belirtmektedir. MORB'a göre normalize edilmiş iz element profili Hacilar dasitinin büyük iyon yarıçaplı elementler açısından zenginliğini, kalıcılığı yüksek elementler açısından ise tüketildiğini göstermektedir. Jeotektonik konumu belirlemeye yönelik diyagramlar Hacilar dasitinin çarışma ile eş zamanlı bir karakterde olduğunu tanımlamaktadır.

Hacilar dasitinin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri jeolojik konumu ile birlikte değerlendirildiğinde, bu volkanitin sıkışma rejiminin sonucunda kalınlaşan kitasal kabuğun anateksisiyle oluşan çarışmayla eş zamanlı, S-tipi peralümino katakterli bir magmadan kaynaklandığı söyleneilmektedir.

**THE HACILAR DACITE: A CHARACTERISTIC VOLCANISM
REPRESENTING PERALUMINOUS, S-TYPE AND SYN-COLLISSIONAL
VOLCANISM IN WESTERN ANATOLIA**

ABSTRACT : This study deals with mineralogical-petrographical and geochemical features of the Hacilar volcanics, which are named as dacite on the basis of the microscopy and trace element geochemistry, outcropping in Hacilar (Selendi-Manisa) area.

Hacılar dacite intrudes the metamorphics belonging to Menderes massif, Upper Cretaceous Muratdağ melange and Lower-Middle Miocene Yeniköy Formation. On the other hand, Pliocene aged sediments and Plio-Quaternary volcanics unconformably overlay the Hacılar dacite.

Hacılar dacite has the porphyritic texture, which is characterized by the presence of the quartz and plagioclase phenocrysts. Microscopically, they have vitrophyric-porphyritic texture and include the plagioclase+quartz+biotite phenocrysts.

Major and trace element data show that the Hacılar dacite was developed from the calkalkaline-peraluminous S-type magma. MORB normalized element profile of the Hacılar dacite reveals the large ion lithophile element enrichments and high field strength element depletions. The diagrams based on the R1-R2 parameters and trace element data, determining the geotectonic environment, imply that the Hacılar dacite related to syn-collisional magmatism.

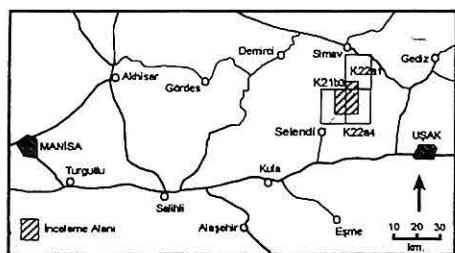
The geological setting, mineralogical-petrographical and geochemical aspects indicate that the Hacılar dacite originated from a magma, having syn-COLG, S-type and peraluminous character, was formed by the anatexis of the thickened continental crust under the compressional regime.

1.GİRİŞ

Hacılar dasiti, Batı Anadolu Bölgesinde, Manisa iline bağlı Selendi ilçesinin 15 km kadar kuzeydoğusunda, Hacılar Köyü ile Çakırlar Köyü arasında bulunmaktadır ve 1/25 000 ölçekli Uşak K21-b3, K22-a1 ve K22-a4 paftalarının sınırları içinde kalmaktadır (Şekil 1).

Çalışma alanının içerisinde bulunduğu

Batı Anadolu yöresinde Senozoyik yaşı volkanik ürünler geniş alanlar kapsamaktadır. Batı Anadolu'da yapılan çalışmalarla (Borsi ve diğ., 1972; Bingöl, 1977; Ercan ve diğ., 1978; 1983; Ercan ve Öztunalı, 1983; Savaşçın, 1982; Innocenti ve Mazzuoli, 1972; Kaya ve Savaşçın, 1982; Ercan, 1981; 1982; Ercan ve Günay, 1981; Savaşçın ve Güleç, 1990; Nuhoğlu, 1992; Ercan ve diğ., 1985) kalkalkalen karakterli volkanizmanın Orta-Üst Miyoseni de yaygın olarak olduğu ve Pliyosen'de de devam ettiği; alkalen volkanizmanın ise genleşme tektoniğine bağlı olarak (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz ve Şengör, 1982) Kuvaterner'de olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmaların tümünde, Üst Miyosen yaşı kalkalkalen karakterli volkaniklerin kıtasal kabuğu



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

**BATI ANADOLU'DA PERALUMİNO, S-TİPİ VE ÇARPIŞMAYLA EŞ
ZAMANLI KARAKTERİSTİKLER SERGİLEYEN BİR VOLKANİZMA:
HACILAR DASITİ**

Musa ALPASLAN

Mersin Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mersin/Türkiye

Ahmet EFE

C.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sivas/Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada Hacilar (Selendi-Manisa) yöresinde yüzeyleyen ve dasit olarak adlandırılan volkanik kayaçların mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve bu kayaçların oluşum mekanizmasının tartışılması amaçlanmıştır.

Hacilar dasiti, Paleozoyik yaşı Menderes Masifi metamorfiterini, Üst Kretase yaşı Muratdağı Melanjini ve Alt-Orta Miyosen yaşı Yeniköy Formasyonunu kesmekte ve Pliyosen yaşı Çökeller ile Pliyo-Kuvaterner yaşı volkanik kayaçlar tarafından örtülmektedir.

Hacilar volkaniti, makroskopik olarak kirli sarı-bej renkli olup iri plajiyoklaz ve kuvars fenokristallerinin varlığı ile karakterize edilen porfirik doku göstermektedir. Mikroskopik olarak vitrofırıksı-porfirik dokulu olan Hacilar dasitinde fenokristal olarak plajiyoklaz-kuvars-biyotit izlenmektedir.

Ana ve iz element verileri Hacilar dasitinin kalkalkalen karakterli ve peralüminyumlu S-tipi bir magmadan gelişliğini belirtmektedir. MORB'a göre normalize edilmiş iz element profili Hacilar dasitinin büyük iyon yarıçaplı elementler açısından zenginliğini, kalcılığı yüksek elementler açısından ise tüketildiğini göstermektedir. Jeotektonik konumu belirlemeye yönelik diyagramlar Hacilar dasitinin çarışma ile eş zamanlı bir karakterde olduğunu tanımlamaktadır.

Hacilar dasitinin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri jeolojik konumu ile birlikte değerlendirildiğinde, bu volkanitin sıkışma rejiminin sonucunda kalınlaşan kitasal kabuğun anateksisiyle oluşan çarışmayla eş zamanlı, S-tipi peralümino katakterli bir magmadan kaynaklandığı söylenebilmektedir.

**THE HACILAR DACITE: A CHARACTERISTIC VOLCANISM
REPRESENTING PERALUMINOUS, S-TYPE AND SYN-COLLISSIONAL
VOLCANISM IN WESTERN ANATOLIA**

ABSTRACT : This study deals with mineralogical-petrographical and geochemical features of the Hacilar volcanics, which are named as dacite on the basis of the microscopy and trace element geochemistry, outcropping in Hacilar (Selendi-Manisa) area.

Hacılar dacite intrudes the metamorphics belonging to Menderes massif, Upper Cretaceous Muratdağ melange and Lower-Middle Miocene Yeniköy Formation. On the other hand, Pliocene aged sediments and Plio-Quaternary volcanics unconformably overlay the Hacılar dacite.

Hacılar dacite has the porphyritic texture, which is characterized by the presence of the quartz and plagioclase phenocrysts. Microscopically, they have vitrophyric-porphyritic texture and include the plagioclase+quartz+biotite phenocrysts.

Major and trace element data show that the Hacılar dacite was developed from the calc-alkaline-peraluminous S-type magma. MORB normalized element profile of the Hacılar dacite reveals the large ion lithophile element enrichments and high field strength element depletions. The diagrams based on the R1-R2 parameters and trace element data, determining the geotectonic environment, imply that the Hacılar dacite related to syn-collisional magmatism.

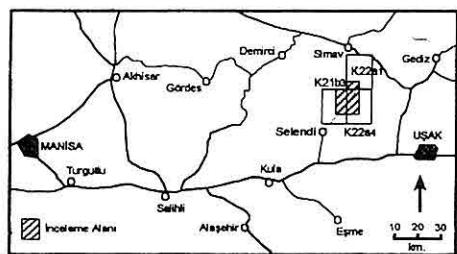
The geological setting, mineralogical-petrographical and geochemical aspects indicate that the Hacılar dacite originated from a magma, having syn-COLG, S-type and peraluminous character, was formed by the anatexis of the thickened continental crust under the compressional regime.

1.GİRİŞ

Hacılar dasiti, Batı Anadolu Bölgesinde, Manisa iline bağlı Selendi ilçesinin 15 km kadar kuzeydoğusunda, Hacılar Köyü ile Çakırlar Köyü arasında bulunmaktadır ve 1/25 000 ölçekli Uşak K21-b3, K22-a1 ve K22-a4 paftalarının sınırları içinde kalmaktadır (Şekil 1).

Çalışma alanının içerisinde bulunduğu

Batı Anadolu yöresinde Senozoyik yaşı volkanik ürünler geniş alanlar kapsamaktadır. Batı Anadolu'da yapılan çalışmalarla (Borsi ve dig., 1972; Bingöl, 1977; Ercan ve dig., 1978; 1983; Ercan ve Öztunalı, 1983; Savaşçın, 1982; Innocenti ve Mazzuoli, 1972; Kaya ve Savaşçın, 1982; Ercan, 1981; 1982; Ercan ve Günay, 1981; Savaşçın ve Güleç, 1990; Nuhoglu, 1992; Ercan ve dig., 1985) kalkalkalen karakterli volkanizmanın Orta-Üst Miyoseni de yaygın olarak olduğu ve Pliyosen'de de devam ettiği; alkalen volkanizmanın ise genleşme tektonigine bağlı olarak (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz ve Şengör, 1982) Kuvaterner'de olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmaların tümünde, Üst Miyosen yaşı kalkalkalen karakterli volkaniklerin kıtasal kabuğu



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

BATI ANADOLU'DA PERALUMİNO, S-TİPİ VE ÇARPIŞMAYLA EŞ ZAMANLI KARAKTERİSTİKLER SERGİLEYEN BİR VOLKANİZMA : HACILAR DASITİ

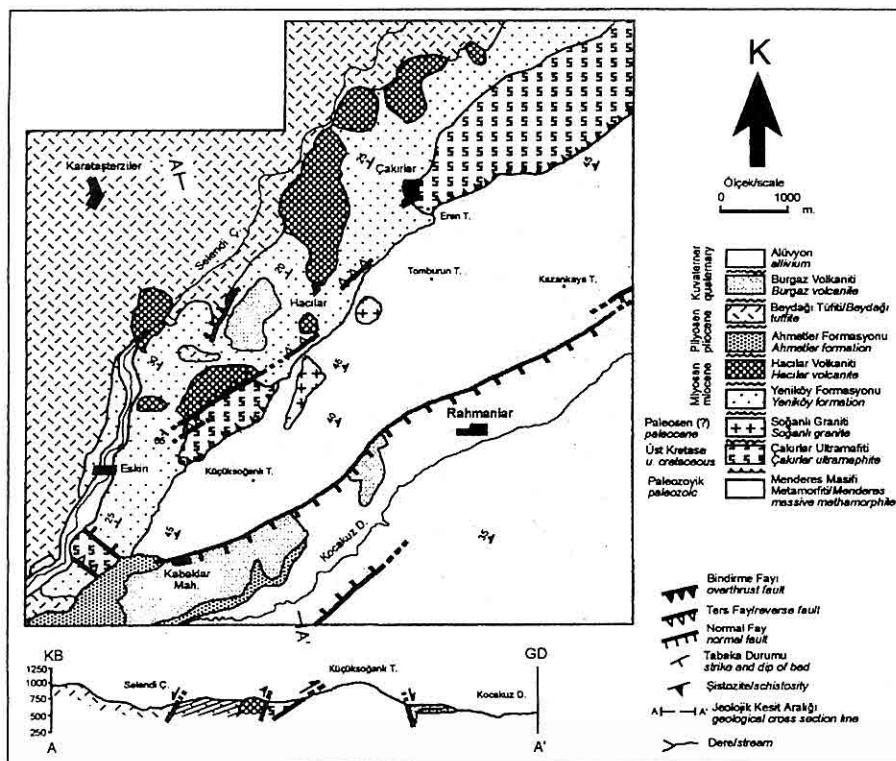
karakterize eden izotopik bileşimlerde olduğu belirtilmektedir (Innocenti ve Mazzuoli, 1972; Borsi ve dig., 1972, Ercan ve dig., 1985).

Bu çalışmada, Batı Anadolu'da yüzeyleyen Senozoyik yaşılı volkanik alanın doğu kesiminde yer alan Üst Miyosen yaşılı Hacilar Dasitinin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve petrojenez mekanizmasının tartışılması amaçlanmıştır.

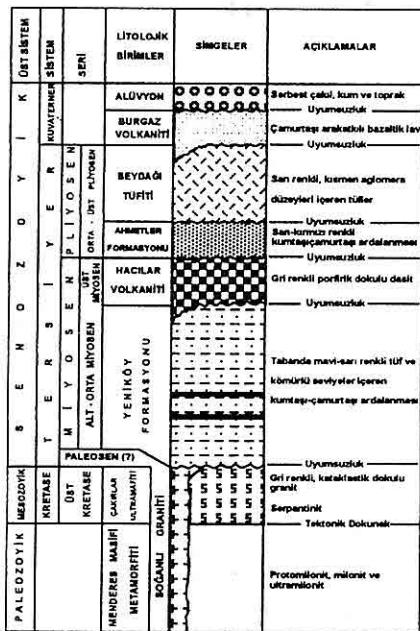
2. STRATİGRAFİ

İnceleme alanı içerisinde Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar değişik yaş aralığına sahip metamorfik, ofiyolitik, granitik, sedimanter ve volkanik kayaçlar yüzeylemektedir (Şekil 2 ve 3).

İnceleme alanı içerisinde temeli Paleozoyik yaşılı Menderes Masifi Metamorfitleri oluşturmaktadır. Bu metamorfitler yörede protomilonit, milonit ve ultramylonit gibi kataklastik kayaçlar tarafından temsil edilmektedir.



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası.



Şekil 3. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.

Metamofitler, Üst Kretase yerleşim yaşı Muratdağı Melanjı (Bingöl, 1977) olarak tanımlanan ve inceleme alanında oldukça bireşik yapıya sahip ağ dokulu serpentinitlerden oluşan Çakırlar Ultramafiti tarafından KD-GB doğrultulu bir hat boyunca tektonik olarak üzerlenmektedir. Bu birimler, oldukça dar alanda yüzlek veren, mineralojik bileşimi olarak kuvars + ortoklaz + biyotit + muskovit ± granat ± apatit ± zirkon mineralerinden oluşan ve kataklastik doku gösteren Paleosen yaşı (?) Soğanlı Graniti (Efe, 1993) tarafından kesilmektedir. Bütün bu birimler, Ercan ve diğ. (1978) tarafından Alt-Orta Miyosen yaşı olarak tanımlanan Yeniköy Formasyonu tarafından açılı

uyumsuzlukla örtülmektedir. Yeniköy Formasyonu, tabanda mavi-kırkı sarı-kırkı beyaz renkli tüflerden ve bu tüflerin üzerinde de yer yer ince kömür bantları içeren sarı-gri ve turuncu renkli kumtaşçıcamurtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Yeniköy Formasyonunu, bu çalışmanın ana konusunu oluşturan ve Hacilar Dasiti olarak tanımlanan kalkalkalen karakterli volkanik kayaçlar kesmektedir. Hacilar Dasitinin stratigrafik konumu ve diğer litolojik birimlerle ilişkisi göz önüne alınarak, bu birimin yaşıının olasılıkla Üst Miyosen olabileceği düşünülmektedir. Hacilar Dasitinin üzerinde Alt-Orta Pliyosen yaşlı, yatay ve yataya yakın durumlu, yer yer organik maddece zengin seviyeler içeren marn-tüp-karbonat ardalanmasından oluşan Ahmetler Formasyonuna ait Gedikler Üyesi (Ercan ve diğ., 1978) ve kumtaş-çamurtaşı ardalanmasından oluşan Kabaklar çökelleri (Efe, 1993) uyumsuz olarak yer almaktadır. Inceleme alanı ve yakın çevresinde Pliyosen döneminde etkin olan volkanik faaliyetlerin sonucunda ise, tabanda aglomera ve tüflerden üst kesimlerde ise alkalin karekterli lav akıntılarından oluşan Beydağı Volkanitleri (Ercan ve diğ., 1978) yer almaktadır. Yöredeki en genç birim ise, Kuvaterner yaşı Kula Volkanitlerinin ilk evresi olarak düşünülen ve bazaltik lav akıntılarından oluşan Burgaz Volkanitleridir (Ercan ve diğ., 1978).

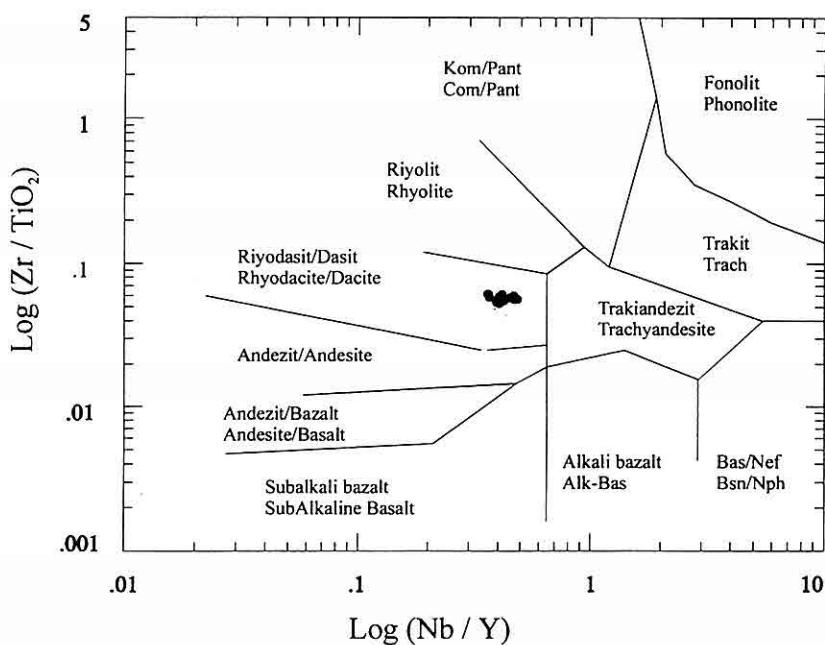
3. MİNERALOJİ-PETROGRAFİ

Arazi çalışmaları sırasında derlenen

BATI ANADOLU'DA PERALUMİNO, S-TİPİ VE ÇARPIŞMAYLA EŞ ZAMANLI KARAKTERİSTİKLER SERGİLEYEN BİR VOLKANİZMA : HACILAR DASITİ

kayaç örnekleri alttan aydınlatmalı polarizan mikroskopta incelenerek, birime ait örneklerin mineral bileşimleri ve petrografik özellikleri belirlenmiş ve dasit olarak adlandırılmıştır. $Zr/TiO_2-Nb/Y$ adlandırma diyagramında (Winchester ve Floyd, 1977) Hacilar dasitine ait örneklerin tamamı riyodasit/dasit alanında yer almaktadır (Şekil 4).

izlenmektedir. Küçük fenokristal olarak biyotit, plajiyoklaz ve kuvars gözlenmektedir. Tali bileşen olarak zirkon, apatit ve az miktarda opak mineral bulunamaktadır. Hamur, genellikle volkanik camdan oluşmuş olup yer yer devitrifikasiyon görülmektedir. Ayrıca hamur içerisinde plajiyoklaz mikrolitleri ve opak mineral mikrolitleri



Şekil 4. Hacilar dasiti örneklerinin $Zr/TiO_2-Nb/Y$ adlandırma diyagramı
(Winchester ve Floyd, 1977)

Birime ait örnekler, makroskopik olarak kirli sarı-bej renkli olup, iri plajiyoklaz ve kuvars fenokristallerinin varlığı ile belirgin olan porfirik doku göstermektedirler.

Mikroskopik olarak vitofirik-porfirik dokuludurlar. İri fenokristal olarak plajiyoklaz, kuvars ve biyotit

yer almaktadır. Kayaç içerisindeki boşluklar yer yer kalsit minerali tarafından doldurulmuştur.

Hacilar dasitinde gözlenen minerallerin tipik özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

Plajiyoklaz: İri fenokristal, küçük fenokristal ve hamur içerisinde mikrolitler halinde gözlenmektedir.

Polisentetik ikizlenmeli olup zonlu doku göstermektedirler. İçerisinde yer yer biyotit ve zirkon kapanımları içermektedir. Serisitleşme ve killeşme türü bozunmalar gözlenmektedir.

Kuvars: İri, yuvarlağımısı fenokristaller ve küçük fenokristaller halindedir. Bazı kuvars kristalleri kenarlarından itibaren kemirilmiş durumdadır.

Biyotit: Levhamsı iri fenokristaller ve küçük fenokristaller halindedir. Sarımsı kahverengi-kahverengimsi siyah renkli olup kuvvetli pleokroizma göstermektedirler. Bol miktarda zirkon kapanımları içermektedir. Ayrıca, plajiyoklazlar içerisinde kapanım halinde de gözlenmektedir. Bunlar, özşekilli olup sarımsı-kahverengi-kahverengimsi siyah renklidirler ve kuvvetli pleokroizma göstermektedir.

Zirkon: Genellikle biyotitler içerisinde kapanımlar halinde, ayrıca küçük, prizmatik, özşekilli kristaller halinde gözlenmektedir.

Apatit: İgnemsi kristaller ve eşboyutlu bileşenler halindedir.

Opak mineral: Genellikle mikrolitler halinde hamur içerisinde dağınık durumda, nadiren de küçük kristaller halindedir.

Kalsit: İkincil oluşumlar şeklinde kayaç içerisindeki boşluklarda gözlenmektedir.

(Tablo 1) Cumhuriyet Üniversitesi Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal Araştırma Labortauvarında bulunan RIGAKU 3270 EDS model XRF spektrometresinde USGS ve CRPG kayaç standartları (Govindaraju, 1989) eşliğinde gerçekleştirilmiş ve sonuçlar ilişkili diyagramlara aktarılarak değerlendirilmiştir.

Hacılar volkaniti kayaç örnekleri, magmatik kayaçların kimyasal karakterini belirlemeye yönelik toplam alkali-silis diyagramında subalkalen alanda yer almaktadırlar (Şekil 5). Subalkalen kayaçların toleyitik-kalkalkalen karakterli olup olmadıklarını belirlemeye yönelik AFM diyagramında ise (Şekil 6) kalkalkalen alana düşmektedirler. Magma karakterini I ve S tipi magmaları birbirinden ayırt etmeye yönelik olarak hazırlanan $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})[\text{molar}]\text{-SiO}_2$ diyagramında peralümino karakterli S-tipi bir magmayı tanımlamaktadır (Şekil 7). Ana element verilerinden gidilerek hazırlanan R1-R2 diyagramında (Batchelor ve Bowden, 1985) ise Hacılar dasiti kayaç örnekleri sin-COLG bölgesine yakın bir alanda konumlanmaktadır (Şekil 8). Pearce ve dig. (1984) tarafından hazırlanan ve granitoyidlerin tektonik ortamlarını belirlemeye yönelik olan iz elementlere dayalı diyagramlarda (Şekil 9) ise Hacılar dasiti kayaç örnekleri çarışma+volkanik yay granitoyidleri alanına (Şekil 9a) ve volkanik yay granitoyidleri alanının plaka içi ve çarışma granitoyidleri alanının birleşikleri kısma yakın yere düşmektedirler (Şekil 9b). Bu özellikler

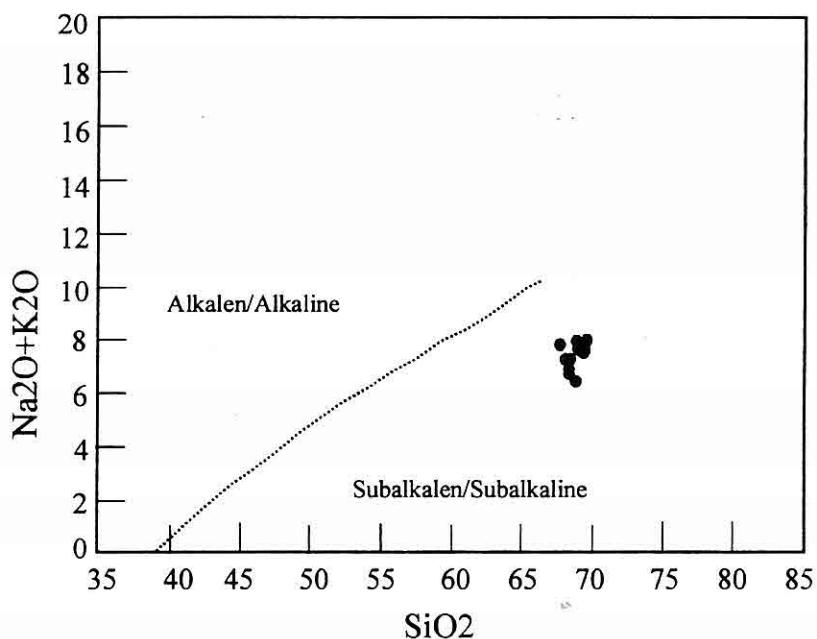
4. HACILAR VOLKANİTİNİN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Birime ait örneklerin taze ve karakteristik olanlarından 15 adetinin tüm kayaç ana ve iz element analizleri

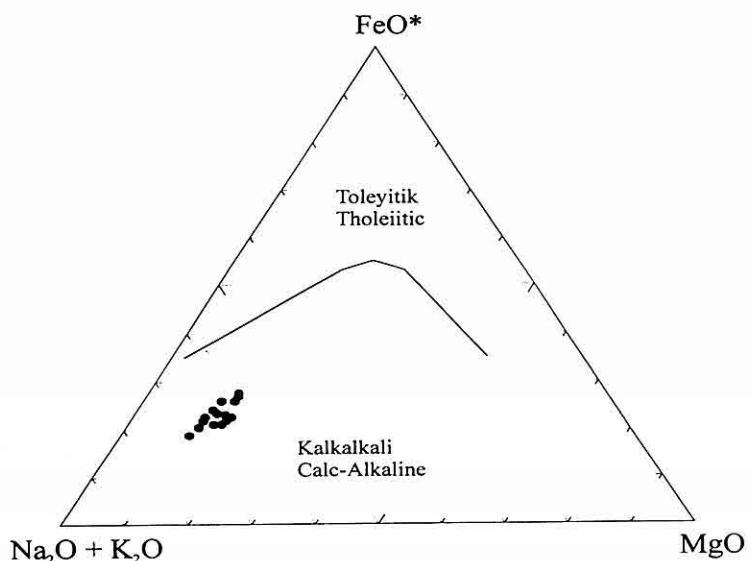
*BATI ANADOLU'DA PERALUMİNO, S-TİPİ VE ÇARPIŞMAYLA EŞ ZAMANLI
KARAKTERİSTİKLER SERGİLEYEN BİR VOLKANİZMA : HACILAR DASITI*

Tablo1. Hacilar clasiti kayaç ömeklerinin ana ve iz element analizleri
(Ana oksitler %, iz elementler ppm olarak verilmiştir.Fe₂O₃ ferrik demir cinsinden toplam
demir oksiti gösterir; L.O.I.: ateşte kayıp)

Örnek/ Element	2	3	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	20	21	
SiO ₂	69.00	68.02	68.23	68.05	68.25	68.43	67.86	68.87	68.42	68.43	69.49	69.09	69.65	67.91	69.38	
TiO ₂	0.53	0.53	0.54	0.53	0.54	0.53	0.54	0.52	0.53	0.52	0.52	0.52	0.52	0.55	0.52	
Al ₂ O ₃	16.15	15.96	16.05	15.76	15.78	15.95	16.44	15.68	15.59	14.85	14.86	15.12	16.56	16.42	15.18	
Fe ₂ O ₃	2.82	3.00	3.41	2.98	3.25	2.92	2.94	3.26	3.51	2.90	2.93	2.80	2.26	3.14	2.48	
MnO	0.02	0.09	0.03	0.05	0.03	0.06	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02
MgO	1.62	1.68	1.71	1.47	1.38	1.29	1.33	1.57	1.62	1.79	1.80	1.75	1.14	1.48	1.25	
CaO	1.99	2.17	2.33	2.62	2.38	2.47	2.50	2.32	2.12	2.96	2.41	2.36	2.41	2.08	2.09	
Na ₂ O	2.99	3.04	2.78	3.17	3.16	3.28	3.41	3.12	2.91	3.06	2.77	2.89	3.24	2.59	2.86	
K ₂ O	4.85	4.27	4.26	4.10	4.55	4.48	4.31	4.03	4.51	4.07	4.75	4.73	4.61	6.00	4.52	
P ₂ O ₅	0.06	0.03	0.16	0.17	0.17	0.18	0.07	0.07	0.17	0.07	0.07	0.05	0.17	0.17	0.04	
LOI	1.08	1.11	1.19	0.85	0.97	0.83	1.08	0.84	1.23	1.42	1.09	1.01	0.86	0.72	1.30	
Total	101.11	101.51	100.69	99.75	100.46	100.42	100.60	100.32	100.54	100.20	100.72	100.35	101.43	101.08	99.64	
Rb	174	161	176	107	132	141	148	121	131	111	103	107	125	205	174	
Ba	948	992	864	798	945	1849	1057	958	1119	851	1114	947	970	1031	772	
Sr	266	287	291	311	293	346	310	312	286	299	186	289	311	255	309	
Nb	15	15	13	15	15	15	15	14	14	15	15	15	15	15	16	
Zr	187	188	175	186	184	186	186	181	176	177	179	181	191	174	183	
Y	37	36	33	32	37	36	41	31	33	32	32	36	37	34		
Th	16	14	18	12	15	13	17	19	16	14	12	12	18	16	19	

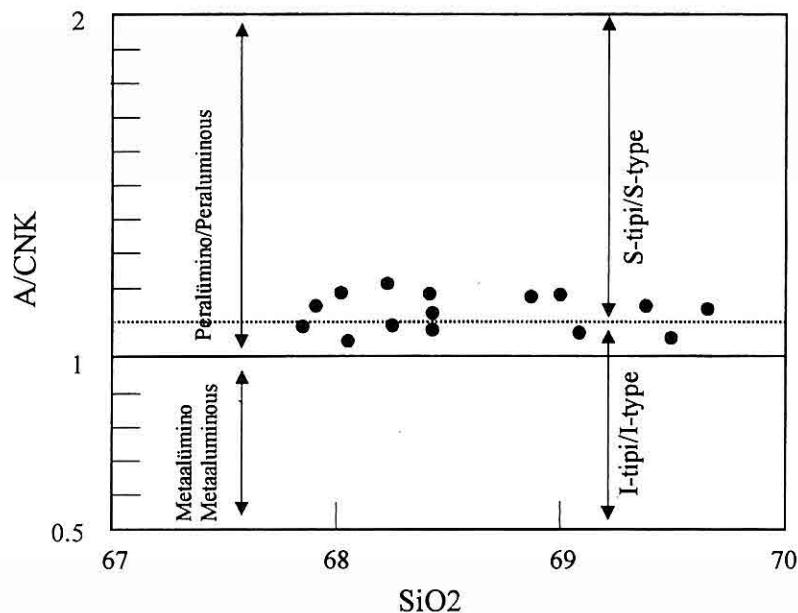


Şekil 5. Hacılar dasiti kayaç örneklerinin toplam alkali-silis diyagramındaki [ayırırm çizgisi Rickwood (1989)'dan] konumu

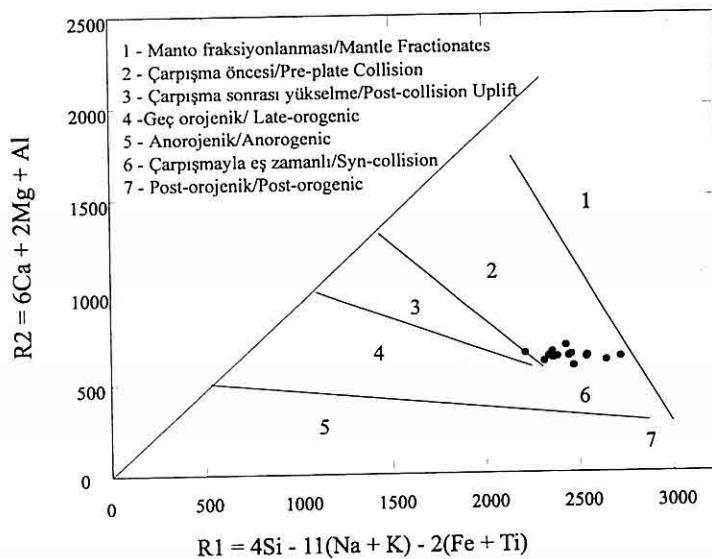


Şekil 6. Hacılar dasiti kayaç örneklerinin AFM diyagramındaki (Irvine ve Baragar, 1971) konumları

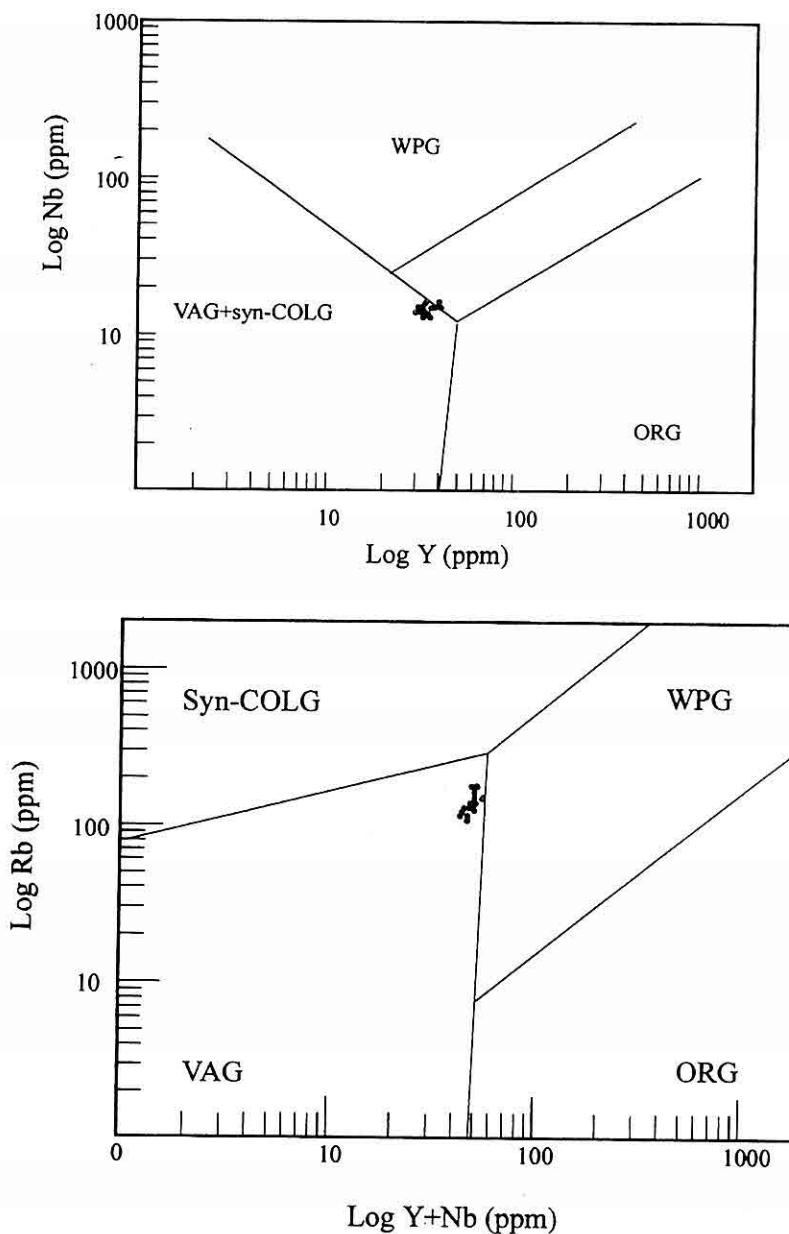
BATI ANADOLU'DA PERALUMİNO, S-TİPİ VE ÇARPIŞMAYLA EŞ ZAMANLI KARAKTERİSTİKLER SERGİLEYEN BİR VOLKANİZMA : HACILAR DASITİ



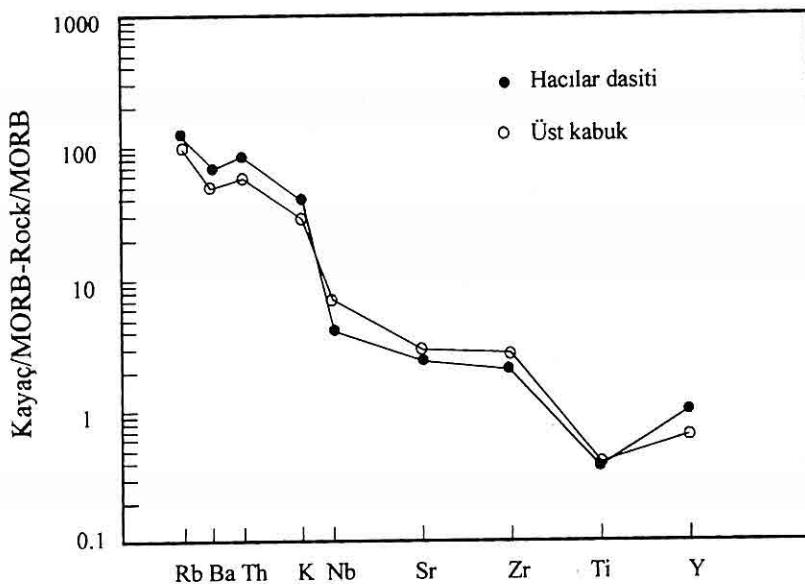
Şekil 7. Hacilar dasiti kayaç örneklerinin A/CNK-SiO₂ diyagramındaki konumları
(I- ve S-tipini ayıran sınır Chappell ve White (1974)'ten alınmıştır)



Şekil 8. Hacilar dasiti kayaç örneklerinin R1-R2 diyagramındaki (Batchelor and Bowden, 1985) konumları



Şekil 9. Hacılar dasiti kayaç örneklerinin jeotektonik ortam ayırtman diyagralarındaki (Pearce ve dig., 1984) konumları a: log Nb-log Y ve b: log Rb-log Y+Nb. (syn-COLG: Çarpışma ile eş zamanlı granitoyidler; VAG: volkanik yay granitoyidleri; WPG: Plaka içi granitoyidler; ORG: Okyanus sırtı granitoyidleri)



Şekil 10. Hacılar dasiti ve üst kıtasal kabuğun MORB'a göre normalize edilmiş element diyagramı [Normalize değerler: Bevins ve diğ. (1984); Üst kıtasal kabuk: Taylor ve McLennan (1981)].

dikkate alındığında; Hacılar dasitinin, başlıca çarpışma ile ilişkili granitoyidlere benzerlik gösterdiği söylenebilmektedir.

Kayaç/MORB diyagramında (Şekil 10), Hacılar dasiti kayaç örneklerinin büyük iyon yarıçaplı elementler (LILE) açısından önemli ölçüde zenginleşmeler gösterirken, kalıcılığı yüksek elementler açısından (Ti ve kısmen Y) bir tüketilme sergilemektedir. Hacılar dasiti ile üst kıtasal kabuk iz element desenleri karşılaştırıldığında Hacılar dasitinin bu elementler açısından üst kabuğa göre zenginleştiği gözlenmektedir (Şekil 10). Hacılar dasitinin çarpışmaya eş zamanlı benzerlik gösterdiği ve bu granitoyidlerin kabuksal kökenli eriyiklerden

oluşabileceği düşünülsürse bu durum eriyiğe geçme eğiliminde olan bu elementlerin davranışları ile de uyumluluk sergilemektedir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Hacılar (Rahmanlar-Selendi-Manisa) yöresinde yüzeyleyen volkanik kayaçların mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özelliklerini belirlemiş ve elde edilen bulgular volkanitlerin jeolojik konumu ile birlikte değerlendirilerek petrojenez mekanizmasına yaklaşımada bulunmaya çalışılmıştır.

Hacılar dasiti Zr/TiO₂-Nb/Y adlandırma diyagramında (Şekil 3) dasit ve riyolit alanında yer almaktadır.

Petrografik kriterler de göz önüne alınarak bu volkanitler dasit olarak adlandırılmıştır. Hacılar dasiti yüksek potasyumlu kalkalkalen bir özellik göstermektedir. A/CNK değerleri bu volkanitlerin peralüminyumlu karakterde ve S-tipi bir magma olduğunu tanımlamaktadır (Şekil 7). Bilindiği gibi bu karakterdeki magmalar kıtasal kabuğun anateksisiyle oluşmaktadır (Chappell ve White, 1974; Chappell, 1984; Boztuğ, 1986). Ana element verilerinden gidilerek hazırlanan R1-R2 diyagramı ise Hacılar dasitinin çarşisma ile eş zamanlı bir karakterde olduğunu göstermektedir. Nitekim, Batı Anadolu da yapılan çalışmalarda Miyosen yaşı kalkalkalen karakterli volkanizmanın kabuksal kökenli olduğu belirtilmektedir (Ercan ve diğ., 1985; Borsi ve diğ., 1972; Innocenti ve Mazzuoli, 1972). İz element verilerine dayalı jeotektonik ortam ayırtman diyagramları ise Hacılar dasitinin çarşisma sonrası granitoyidlere benzerlik gösterdiğini tanımlamaktadırlar. Hacılar dasiti kayaç örnekleri ile üst kıtasal kabuk iz element içeriklerinin MORB'a göre normalize edilmiş element profilleri ise Hacılar dasiti örneklerinin büyük iyon yarıçaplı elementler (LILE) açısından zenginleştiğini, kalıcılığı yüksek elementler (Ti ve kısmen Y) açısından ise tüketildiğini göstermektedir. Hacılar dasitinin büyük iyon yarıçaplı elementler açısından üst kıtasal kabuğa göre zenginleşmesi, eriyiğe geçme eğiliminde olan bu elementlerin davranışları ile uyumluluk göstermeyecektir ve Hacılar

dasitini oluşturan magmanın kıtasal kabuktan türeyebileceğini akla getirebilmektedir. Kalıcılığı yüksek elementler açısından ise üst kıtasal kabuk değerlerine benzer bir dağılım göstermektedir.

Bütün bu veriler birlikte değerlendirildiğinde Hacılar Dasitini oluşturan magmanın Üst Kretase'den itibaren bölgede etkin olan sıkışma rejiminin (Şengör ve Yılmaz, 1981) sonucunda kalınlaşan kıtasal kabuğun bölgüsel ergimesi sonucu oluşan S-tipi, peralümino ve çarşisma ile eş zamanlı (sin-COLG) bir magmadan itibaren geliştiği söylenebilmektedir.

6. KATKI BELİRTME

Bu çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma fonu tarafından desteklenmiştir. Yazarlar, desteklerinden dolayı C.Ü. Araştırma fonuna ve makalenin kritik edilmesi aşamasında eleştirileyiyle katkıda bulunan Prof.Dr. Durmuş BOZTUĞ' a (C.Ü.) ve Prof. Dr. Halil BAŞ'a (N.Ü.) teşekkür ederler.

7. KAYNAKLAR

- Batchelor, R.A. and Bowden, P., 1985, Petrogenetic interpretation of granitoidic rock series using multicationic parameters, Chemical Geology, 48, 4355*
- Bevins, R.E., Kokelaar, B.P. and Dunkley, P.N., 1984, Petrology and geochemistry of Lower-Middle Ordovician igneous rocks in Wales: a volcanic arc to marginal basin transition. Proc. Geol. As., 95, 337-347*
- Bingöl, E., 1977, Muratdağı jeolojisi ve*

BATI ANADOLU'DA PERALUMİNO, S-TİPİ VE ÇARPIŞMAYLA EŞ ZAMANLI KARAKTERİSTİKLER SERGİLEYEN BİR VOLKANİZMA : HACILAR DASITI

- ana kayaç birimlerinin petrolojisi. TJK Bült., c. 20, s.2, 13-66
- Borsi, S., Ferrara, G., Innocenti, F. Ve Mazzuoli, R., 1972, Gechronology and petrology of recent volcanics of Eastern Aegea Sea. Bull. Volcanologie, 36-1, 473-496
- Boztuğ, D., Granitoyidler, Jeokimya-Ortamlar (Ed. Ayhan Erler), s. 93-176
- Chappell, B.W. and White, A.J.R., 1974, Two contrasting granite types. PAC GEOL, 8, 173-174
- Chappell, B.W., 1984, Source rocks of I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt, Southeastern Australia, Philos Trans R. Soc. London, A310, 693-707
- Efe, A., 1993. Rahmanlar (Selendi-Manisa) Kurşun-Çinko Yataklarının Jeolojisi, Oluşumu ve Kökeni. Doktora tezi, Cum. Üniv. Fen Bil. Enst., (yayınlanmamış), 152s.
- Ercan, T., 1981, Batı Anadolu Tersiyer volkanitleri ve Bodrum yarımadasındaki volkanizmanın durumu. İ.Ü. Yerbilimleri Dergisi, 2/3-4, 263-282
- Ercan, T., 1982, Kula yöresinin jeolojisi ve volkanitlerin petrolojisi. İ.Ü. Yerbilimleri Dergisi, 3, 77-124
- Ercan, T., Dinçel, A., Metin, S., Türkan, A. ve Günay, E., 1978. Uşak yöresindeki Neojen havzalarının jeolojisi. T.J.K. Bülteni, C. 21, S. 2, 97-106.
- Ercan, T. ve Günay, E., 1981, Söke yöresindeki Tersiyer volkanizması ve bölgesel yayılımı: Jeomorfoloji Dergisi, 10, 117-137
- Ercan, T. ve Öztunalı, Ö., 1983. Demirci-Selendi (Manisa) Çevresindeki Senozoyik yaşılı volkanitlerin petrolojisi ve kökensel yorumu. H.Ü. Yerbilimleri, 10, 1-15.
- Ercan, T., Türkecan, A., Dinçel, A. ve Günay, E., 1983. Kula-Selendi (Manisa) dolaylarının jeolojisi. Jeoloji Mühendisliği (TMMOB JMO yayını) S. 17, 3-28.
- Ercan, T., Satır, M., Kreuzer, H., Türkecan, A., Günay, E., Çevikbaş, A., Ateş, M. ve Can, B., 1985, Batı Anadoludaki volkanik kayaclarda yapılan kimyasal analizlerin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ölçümelerinin ve radyometrik yaş belirlemelerinin yorumu, TJK Kurultayı Bildiri Özleri, s.34
- Govindaraju, K., 1989, Compilation of working values and sample description for .272 geostandards: Geostandard Newsletter, 13,1-113
- Innocenti, F. and Mazzuoli, R., 1972, Petrology of the İzmir-Karaburun volcanic area. Bull. Volc., 36-1, 83-103
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can. J. Earth Sci., 8, 523-548
- Kaya, O. and Savaşçın, Y., 1982, Petrologic significance of the Miocene volcanic rocks in Menemen, West Anatolia, Aegean Earth Sciences, 1, 45-58
- Keller, J. and Villari, L. 1972, Rhyolitic ignimbrites in the region of Afyon. Bull. Volc., 36-4, 342-358
- Nuhoglu, İ., 1992, Rahmanlar (Selendi-Manisa) Cu-Pb-Zn yatağının çevresindeki volkanitlerin petrojenetik incelenmesi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 35,2, 51-62

- Pearce, J.A., Harris, M.B. and Tindle, A.G., 1984, Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitoidic rocks, *J. Petrol.*, 25, 956-983
- Rickwood, P.C., 1989, Boundary lines within petrological diagrams which use of major and minor elements, *Lithos*, 22, 247-263
- Savaşçın, Y., 1982, *Batı Anadolu Neojen magmatizmasının yapısal ve petrografik ögeleri: Batı Anadolunun genç tektoniği ve volkanizması panel kitabı*, Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, 22-38
- Savaşçın, M.Y. and Güleç, N., 1990, *Neogene volcanism of western Anatolia, IESCA publication Nr. 3*
- Şengör, A.M.C. and Yilmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M., 1981, The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks. *Phil. Trans. R. Soc.*, A301, 381-399
- Winchester, J.A. and Floyd, P.A., 1977, Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chem. Geol.*, 20, 325-343
- Yılmaz, Y. ve Şengör, A.M.C., 1982, Egedeki kabuk evrimi ve neomagmatizmasının kökeni. *Türkiye Jeoloji Kurumu, Bildiri Özleri*, 64-65

SISTEHAN II : SİSMİK TEHLİKE ANALİZ PROGRAMI

Kamil KAYABALI

A.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara/Türkiye

ÖZET: *SISTEHAN II bilgisayar programı SISTEHAN'ın geliştirilmiş versiyonu olup belirli dönüş periyodu ve aşılma ihtimaline karşılık gelen kuvvetli yer hareketini hesaplamak amacıyla yazılmıştır. SISTEHAN II ile SISTEHAN arasındaki temel farklar: 1) SISTEHAN'da bir sismik kaynağın depremselliği uniformdur; yer ivmesi değerleri kaynak alan sınırlarda ani değişim gösterir. SISTEHAN II ise deprem lokasyonu belirsizliği prensibine göre yazılmış olup deprem episanturları sismik kaynak içinde normal dağılım gösterir. Kaynak alan sınırlarda yer ivmesi değerleri yumuşak geçiş gösterir. 2) SISTEHAN'da kartezyen koordinat sistemi; SISTEHAN II'de küresel koordinat sistemi kullanılmıştır. 3) SISTEHAN'da sismik tehlike analizi bir tek nokta için yapılmaktadır. SISTEHAN II'de çok sayıda noktalar ağı (grid) için sismik tehlike analizi yapılmaktadır. Elde edilen verilerle eş ivme haritalarının çizimi mümkün olabilmektedir.*

SISTEHAN II : A COMPUTER PROGRAM FOR SEISMIC HAZARD ANALYSIS

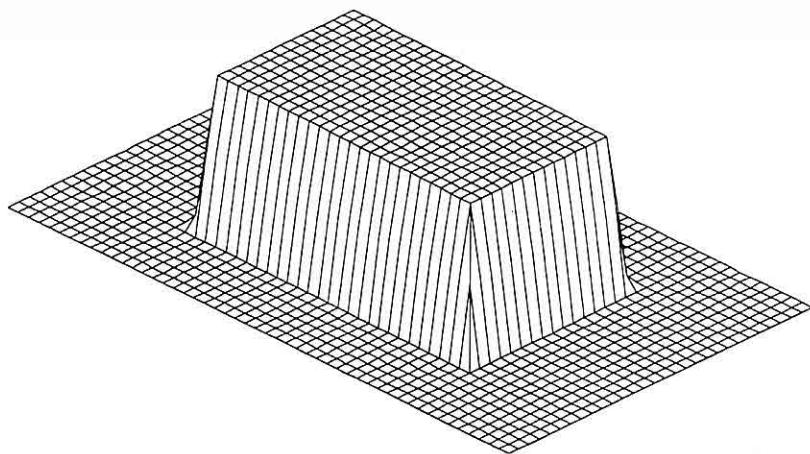
ABSTRACT : *SISTEHAN II is a revised version of SISTEHAN which computes the strong ground motion for a specified return period and probability of exceedance. The principal differences between SISTEHAN II and SISTEHAN are: 1) SISTEHAN assumes that seismicity within a source zone is uniform. Ground acceleration values show abrupt changes at the seismic zone borders. SISTEHAN II allows earthquakes within a zone to be normally distributed. This allows the seismicity to vary smoothly across the seismic source zone boundaries. 2) SISTEHAN employs rectangular coordinate system whereas SISTEHAN II does the global coordinate system. 3) SISTEHAN computes seismic hazard for a single point whereas SISTEHAN II is able to perform computation for a number of grid points facilitating the construction of iso-acceleration maps.*

1. GİRİŞ

Çoğu sismik tehlike analizlerinde deprem episantırları sismik olarak homojen olan alansal kaynaklar içinde bir tek nokta olarak modellenmektedir. Gelecekte olacak depremlerin büyüklükleri ve episantırları belli olmadıgından sismik tehlike analizinde bu belirsizlikleri hesaba katan probabilistik yöntem kullanılmaktadır. Deprem kaynak zonlarının homojen kabul edildiği yöntemlerde zon içindeki her noktanın gelecekte bir deprem episantırı olma olasılığı aynıdır.

Bir alansal kaynak içerisindeki depremselliğin üniform kabul edilmesi deprem tehlikesinin herbir kaynak sınırlarında aniden değişmesi demektir. Bender (1986) bu değişimin yer ivmesi değerlerinde % 50-80 düzeyinde olduğuna işaret etmektedir.

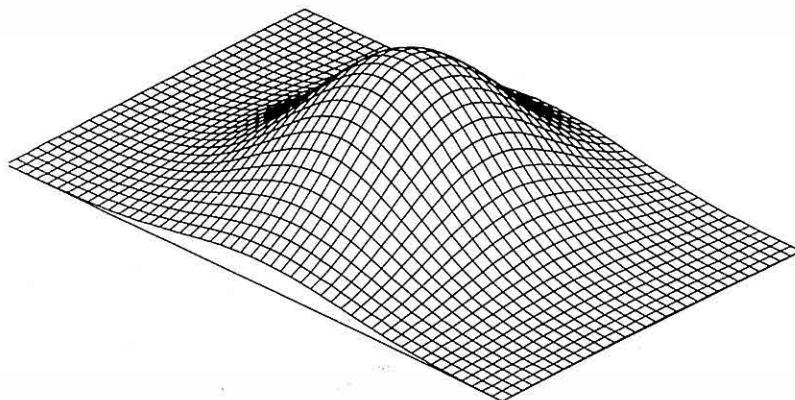
Kaynak sınırlarında deprem tehlikesinin bu ani değişimini ortadan kaldırmak için SISTEHAN II programında Bender ve Perkins (1987) tarafından geliştirilen deprem lokasyonu belirsizliği kavramından yararlanılmıştır. SISTEHAN II'nin önceki versiyonu olan SISTEHAN'da (Kayabali, 1995) deprem kaynak zonları üniform kabul edilmiştir. Başka bir deyişle, sismik kaynak içindeki her bir noktanın gelecekte deprem episantırı olma olasılığı aynıdır (Şekil 1). Deprem lokasyonu belirsizliği kavramının gözönüne alındığı durumda ise kaynak içindeki herbir noktanın deprem olma olasılığı normal dağılım prensibine dayanmaktadır. Bu durumda, kaynak zon içindeki herbir nokta gelecekte deprem episantırı olma açısından ortalama bir değer taşımaktadır veya en muhtemel lokasyondur (Bender



Şekil 1. Üniform bir deprem kaynak zonu ve sınırlarındaki ani değişimi gösteren blokdiyagram.

ve Perkins, 1987). Bu özellik, deprem tehlikesinin sismik kaynak sınırında ani bir düşüş göstermesi yerine tatlı bir geçiş şeklinde karşımıza çıkmaktadır (Şekil 2).

dairesel-normal dağılım gösterir. σ bu lokasyonun standart sapmasıdır. Kaynak alan içinde gelecekte olması beklenen depremin koordinatlarını X_b , Y_b olarak



Şekil 2. Kaynak zon ile çevresi arasındaki yumuşak geçişe işaret eden blokdiagram.

Bu çalışmada, başta deprem lokasyonu belirsizliği kavramı olmak üzere SISTEHAN programında yapılan değişiklikler tanıtılmış ve önceki versiyonuna göre çok daha fonksiyonel olan SISTEHAN II adlı sismik tehlike analiz programının çalışma prensipleri takdim edilmiştir.

2. DEPREM LOKASYONU BELİRSİZLİĞİNİN MODELLENMESİ

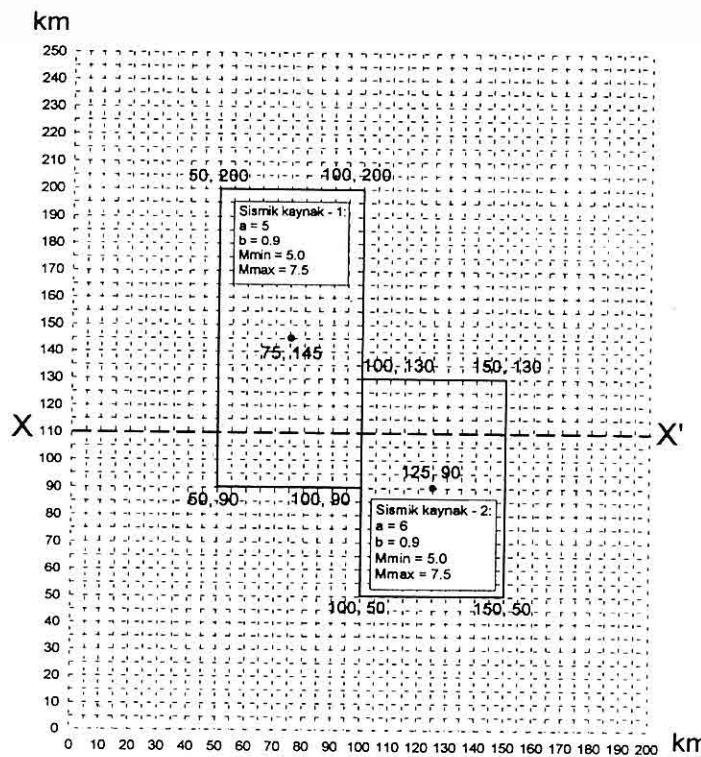
Esasları Bender ve Perkins (1987) tarafından ayrıntılı olarak tarif edilen deprem lokasyonu belirsizliği SISTEHAN II programında şu şekilde modellenmiştir:

Kaynak alanındaki herbir noktanın depremselliği o nokta etrafında bir

alalım. Gelecekte oluşacak depremin bu nokta etrafındaki küçük bir alanda (A) olasma olasılığı ($X_b + \Delta_x$, $Y_b + \Delta_y$) aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir:

$$P_A(\Delta_x, \Delta_y) = \frac{A}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{\Delta_x^2 + \Delta_y^2}{2\sigma^2}\right)$$

Şekil 3'de birbirine komşu iki sismik kaynak verilmiştir. 2 nolu sismik kaynağın depremselliği birincisinin on katıdır. SISTEHAN'da ve kartezyen koordinat sistemine göre modellenen bu kaynak zonlarında depremsellik uniform olduğu için deprem tehlikesi bir kaynak zondan diğerine Şekil 4'de görüldüğü gibi X-X' hattı boyunca keskin bir geçiş göstermektedir. Şekil 4'de 10, 50, 250 ve 1000 yıllık dönüş periyodları için hesaplanan yatay yer ivmelerinde lokasyon standart sapması (σ) sıfırdır.

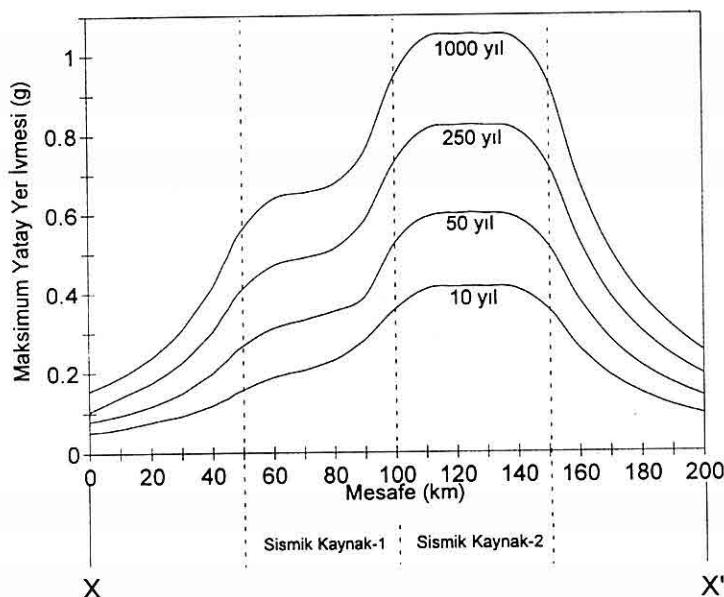


Şekil 3. SİSTEHAN'da irdelenen ve kartezyen koordinat sistemine göre hazırlanmış sismik tehlike analizi problem örneği.

Aynı bölgenin SİSTEHAN II' ye göre ve global koordinat sistemine göre pozisyonu Şekil 5'de verilmiştir. Y-Y' hattı boyunca yatay yer ivmesinin dönüş periyodlarına göre değişimi Şekil 6'da görülmektedir. Lokasyon standart sapmasının 0.15 derece alındığı bu durumda deprem tehlikesinin sismik kaynak sınırlarındaki değişimi veya komşu kaynağa geçerken değişimi çok daha yumuşaktır.

SİSTEHAN II'de gerek maksimum yatay yer ivmesinin dönüş periyodu ve gerekse aşılma ihtimali, aralarında $dx=dy$

uzaklığı bulunan grid şeklindeki noktalar için hesaplanmaktadır. Herbir noktanın deprem tehlikesi uniform kaynak alana göre hesaplanmaktadır; ancak, deprem lokasyonu belirsizliğini hesaba katmak için o noktaya komşu belirli sayıdaki noktanın o noktaya uzaklığuna göre bir ağırlık fonksiyonu elde edilmektedir. Şöyle ki: başlangıçtaki noktanın koordinatları X_1, Y_1 olsun. $X_1 + k_1 dx, Y_1 + k_2 dy$ noktasında ve $a_{j-1} < a < a_j$ aralığında yatay yer ivmesine (a) tayin edilen ağırlık katsayı ;



Şekil 4. Şekil 3'deki X-X' hattı boyunca SISTEHAN programı ile değişik dönüş periyodları için hesaplanan yer ivmesi değerleri.

$$\omega(k_1, k_2) = \frac{dxdy}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{k_1^2 dx^2 + k_2^2 dy^2}{2\sigma^2}\right)$$

bağıntısı ile ifade edilmektedir.

Deprem lokasyonu belirsizliğinin hesaba katıldığı durumda $a_{j-1} < a < a_j$ aralığında yatay yer ivmesinin büyüklüğü;

$$D = \frac{\sum k_1 \sum k_2 \omega(k_1, k_2) \rho[(X_1 + k_1 dx, Y_1 + k_2 dy), j]}{\sum k_1 \sum k_2 \omega(k_1, k_2)}$$

bağıntısı ile ifade edilmektedir. Burada $\rho[(X_1 + k_1 dx, Y_1 + k_2 dy), j] = a_{j-1} < a \leq a_j$ aralığında üniform kaynak alan durumunda $X_1 + k_1 dx, Y_1 + k_2 dy$ noktasında hesaplanan yer ivmesi değeridir.

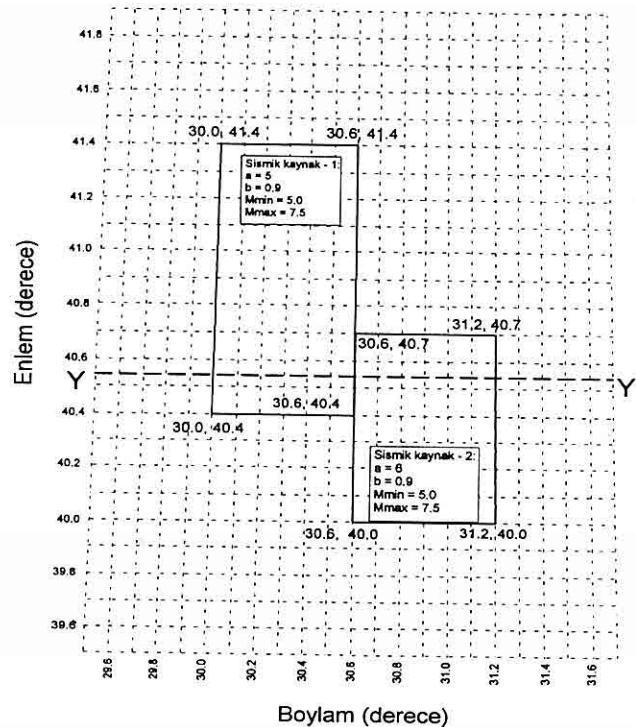
3. SISTEHAN II PROGRAMININ

ÇALIŞMA ŞEKLİ

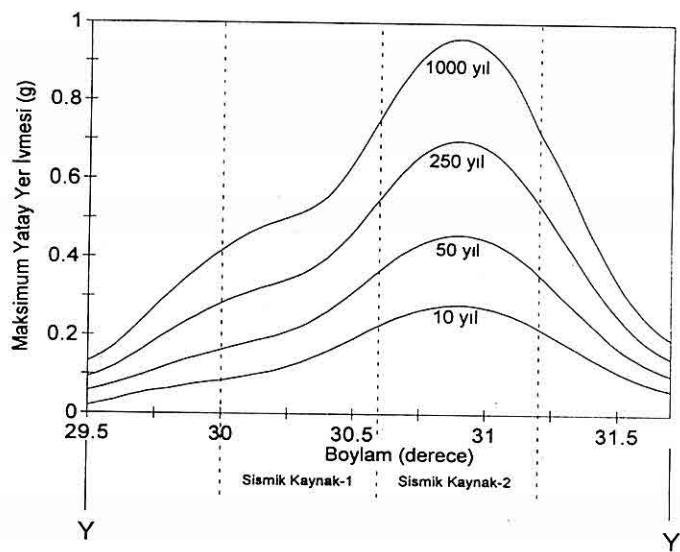
Sismik tehlike analiz programı

SISTEHAN II'de sismik kaynak sayısı maksimum 20 olarak alınabilir. Sismik kaynak kenar sayısı en çok 9 (dokuzgen) olabilir. Program 3 adet sönümlenme göre hesaplama yapmaktadır. Programın kaynak kodunda (Ek-1) gerekli düzenlemeler yapılmak kaydıyla yukarıda belirtilen parametrelerin sayısı artırılabilir.

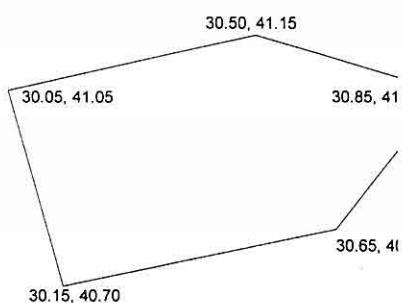
Program önce girdi (input) dosyasını okumakla işe başlamaktadır. Daha sonra, birinci kaynak alandan başlamak üzere herbir kaynak alan kare (gerçekte trapezoid) şekilli hücrelere bölünmektedir. Bunun için, önce kaynak alanı (Şekil 7) içine alacak en küçük dikdörtgen teşkil edilir ve bu dikdörtgen girdi dosyasında belirtilen hücre boyu (hcby) kadar aralıklarla bölümlendirilir (Şekil 8). Bu durumda, kaynak alanı içine



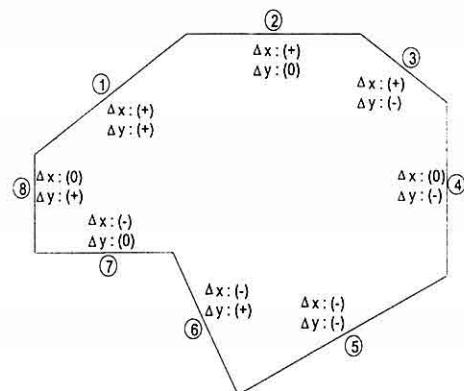
Şekil 5. Şekil 3'deki problemin küresel koordinatlara göre hazırlanmış durumu.



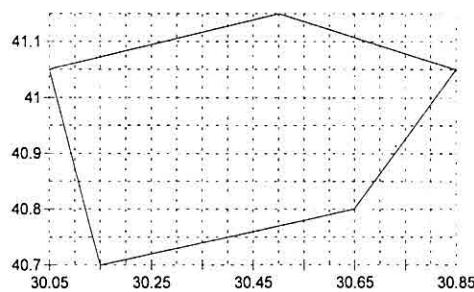
Şekil 6. Şekil 5'deki Y-Y' hattı boyunca SISTEHAN II programı ile değişik dönüş periyodları için hesaplanan yer ivmesi değerleri



Şekil 7. Bir sismik kaynak alanının geometrisi ve köşe koordinatları



Şekil 9. Hangi şartlarda hücre merkezinin sismik kaynak alan içinde kalacağıının tanımlanması.



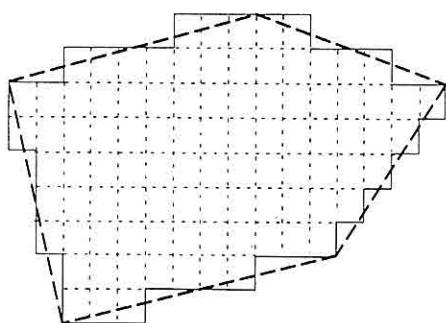
Şekil 8. Sismik kaynak alanını içine alan en küçük dikdörtgenin çizilmesi, hücrelere bölünmesi.

alan en küçük dikdörtgen içindeki hücrelerin bir kısmı kaynak alanın içinde; bir kısmı ise dışındadır. Kaynak alanın içindeki hücrelerin tutulup, dışındakilerin atılması Şekil 9'da ve Tablo 1'deki prensiplere göre yapılır. Şekil 9'da verilen sekizgende bir kaynak alanının sahip olabileceği bütün kenar pozisyonları kapsamıştır. Kenarların hemen yanında işaretlenen Δx ve Δy değerleri bir kenarın iki ucundaki noktaların X ve Y koordinatları arasındaki farkı işaret eder (bir kenarın ucundaki iki noktadan hangisinin birinci,

hangisinin ikinci olduğu saat ibresi dönüş yönüne göre belirlenir). Şekil 8'deki hücrelerin merkezlerinin koordinatları ile kaynak alanın kenarlarının pozisyonları Tablo 1'deki açıklamalarda olduğu gibi dikkate alınarak kaynak alanındaki hücrelerin tutulması sağlanmış olur. Bu işlemden sonra, Şekil 7'de verilen kaynak alanın hücrelere bölünmüş hali Şekil 10'daki gibi olur.

Tablo 1. Şekil 9'a göre kaynak alanındaki hücrelerin hangi durumlarda tutulduğu şartları gösterir harita.

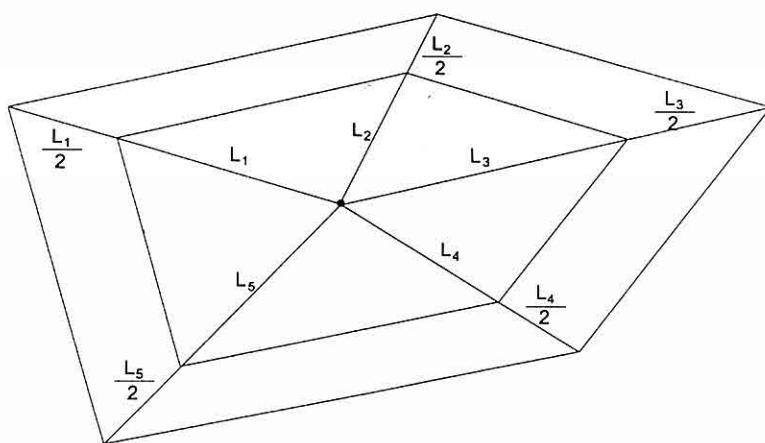
Kenar No.	Δx	Δy	Hücre merkezi kenarın
1	+	+	altında ise tut
2	+	0	"
3	+	-	"
4	0	-	solunda ise tut
5	-	-	üstünde ise tut
6	-	+	"
7	-	0	"
8	0	+	sağında ise tut



Şekil 10. Sismik kaynak alanının hücrelere bölünmüş hali.

Buradaki genişletmenin büyüklüğü olarak yaklaşık % 100 civarındadır. Bundan sonra yapılan işlem, genişletilmiş sismik kaynak alanındaki hücrelerin tutulmasından ibarettir ki, bu kısımda yapılacak işlem sırası aynen başlangıçtaki sismik kaynak alanda olduğu gibidir. Genişletilmiş kaynak alanın son durumu Şekil 12'deki gibi belirlenmiş olur.

Kaynak alanı genişletip hücrelere böldükten sonra yapılan işlem herbir

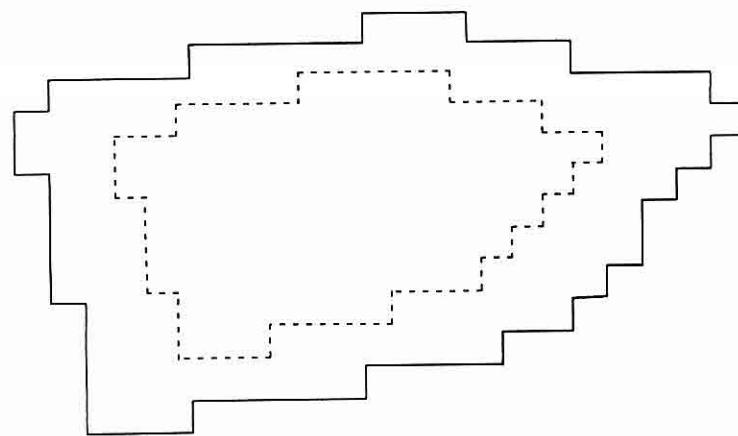


Şekil 11. Sismik kaynak alanının genişletilmesinde kullanılan metod.

Deprem kaynak lokasyonu belirsizliğini hesaba katmada sismik kaynak alanın ister istemez genişletilmesi zorunluluğu vardır. SISTEHAN II'de bunun için önce kaynak alanın ağırlık merkezi (sentroidi) bulunmaktadır. Kaynak alanın genişletilmesi, sentroidi köşelere birleştiren doğru parçalarının (Şekil 11'de L_1, L_2, \dots, L_5) yarısı kadar dışarıya doğru uzatıldıktan sonra yeniden kenar teşkil edilmesi şeklinde gerçekleştirilmektedir.

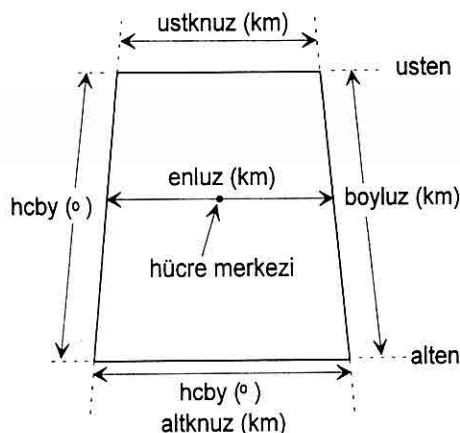
hücrenin merkezinin sentroidden olan uzaklığına göre ağırlık fonksiyonunun hesaplanmasıdır. Burada hesaba katılan lokasyon standart sapması (σ) kaynak alan için en büyük $L/2$ değerinin yarısına eşit olarak alınmıştır. σ nin büyütülmesi kaynak alan sınırdaki geçişlerin daha da yumuşak olmasını sağlamaktadır; ancak, hesaplama zamanında son derece fazla uzamaya neden olmaktadır.

Kaynak alan (lar) içindeki hücrelerin ağırlık fonksiyonlarının



Şekil 12. Kaynak alanının başlangıçtaki ve genişletilmiş durumunu gösterir kroki.

hesaplanmasından sonra herbir hücrenin alanı hesaplanır. Boylam aralıklarının kutuplara doğru daralmasından dolayı hücreler trapezoid şekillidir (Şekil 13).



Şekil 13. Kaynak alanındaki hücrelerin boyutlandırılması ile ilgili terimler.

Herbir hücredeki yıllık deprem oluşum sayısının hesaplanması SISTEHAN'da olduğu gibi yapılır. Bundan sonra herbir hücre merkezinin proje alanına uzaklığı

hesaplanır. Eğer bir tek coğrafi nokta için deprem tehlikesi hesaplanacaksa bir tek proje alanının varlığı söz konusudur.

En son olarak herbir hücrenin proje alanındaki sismik tehlikeye katkısı hesaplanır. Buradaki hesaplama hücrelerin ağırlık fonksiyonu da hesaba katılır.

4. GİRDİ (INPUT) DOSYASININ HAZIRLANMASI

Sismik tehlike analiz programı SISTEHAN II üç değişik durum için hesaplama yapabilmektedir:

1. Tek bir nokta için sismik tehlike analizi (MODEL=1). Bu nokta (proje alanı) için dönüş periyodu-yer ivmesi sonuçları SONUC1 dosyasında; aşılma ihtimali-yer ivmesi sonuçları da SONUC2 dosyasında saklanır.
2. Çok sayıda nokta için belirli bir dönüş periyoduna karşılık gelen yer ivmesinin hesaplanması (MODEL=2). Sonuçlar SONUC1 dosyasında saklanır;

hesaplama sırasında ayrıca ekrana da yazdırılır.

3. Çok sayıda nokta için belirli bir zaman dilimi içinde ve belirli bir aşılma ihtimaline karşılık gelen yer ivmesinin hesaplanması (MODEL=3). Sonuçlar yine SONUC1 dosyasında saklanır ve ekrana da yazdırılır.

Programda üç adet sönüüm denklemi (ATDEN) kullanılmıştır:

ATDEN = 1 : İnan vd. (1996)'nin,

ATDEN = 2 : Joyner ve Boore (1988)'un,

ATDEN = 3 : Sabetta ve Pugliese (1987)'in geliştirdiği denklemelerdir.

Girdi dosyasındaki herbir satır ve o satırı oluşturan elemanların ayrıntılı tanıtımı şu şekildedir:

* Birinci kart:

model atden siglna

Model ve atden girdilerinin ayrıntıları yukarıda sunulmuştur. siglna (σ_{lna}) kullanılan sönüüm denkleminin standart sapmasıdır. Joyner ve Boore (1988)' unki 0.645; Sabetta ve Pugliese (1987)' inki 0.4'dür. İnan vd. (1996) bağıntısı için henüz bir standart sapma geliştirilmemiştir. siglna'nın sıfır alınması durumunda program hata verir. Yapılan denemeler sonucunda İnan vd. (1996) bağıntısı için siglna'nın 0.1 olarak alınmasının uygun olduğu anlaşılmıştır.

* İkinci kart:

zaman asih

zaman: Yer ivmesinin kaç yıllık dönüş periyoduna karşılık olarak hesaplanacağını belirler.

asih: Yer ivmesinin % aşılma ihtimalini belirler. Model=2 durumunda asih = 0

alınmalıdır.

* Üçüncü kart:

kysys hcby dm

kysys: İncelemeye konu olan sismik kaynak sayısı

hcby: Hücre boyu. 0.05 derece alınması uygundur. Kaynak alanının boyutlarının çok büyük olması durumunda (örnek, bir kenarı 2 derece gibi) 0.1 derece alınabilir.

dm: Magnitüd artış miktarı. 0.25 alınması uygundur.

* Dördüncü kart:

mnby mxby byar mnen mxen enar

mnby: sismik tehlike analizinin yapılacağı alanın en küçük boylam değeri

mxby: " " " "

" " büyük " "

byar: mnby ile mxby arasındaki artış miktarı

mnen: sismik tehlike analizinin yapılacağı alanın en küçük enlem değeri

mxen: " " " "

" " büyük " "

enar: mnen ile mxen arasındaki artış miktarı

Eğer sismik tehlike analizi bir tek nokta için yapılacaksa (Model=1)

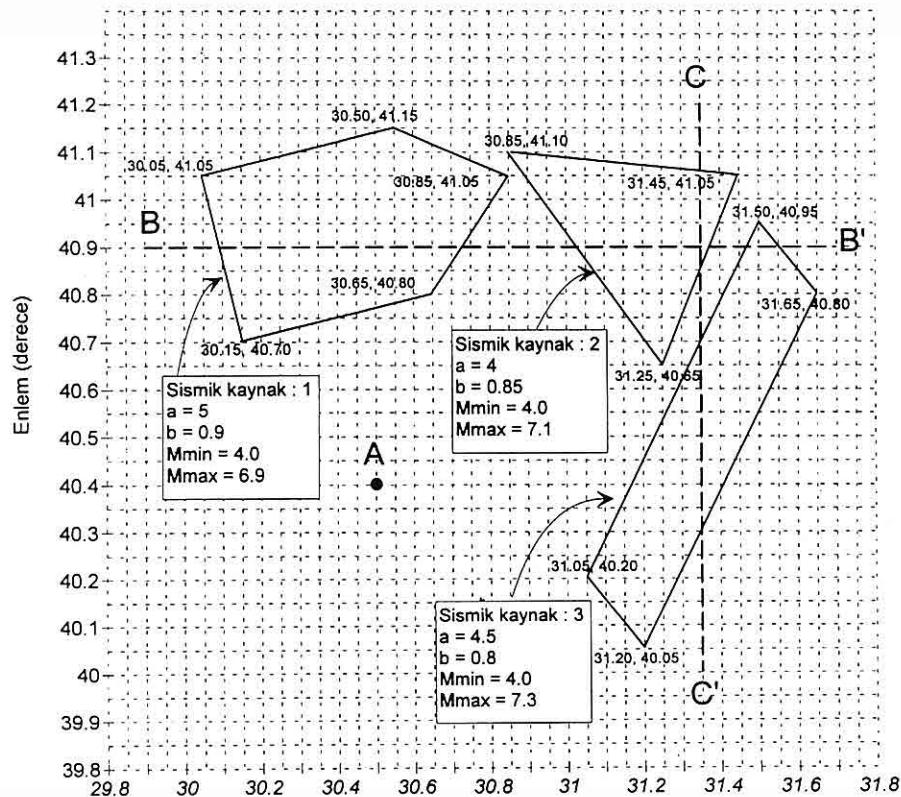
mnby=mxby=byar= proje alanının boylam değeri; **mnen=mxen=enar=** proje alanının enlem değeri olmalıdır (Örnek;

Şekil 14'deki A noktası için yapılacaksa **mnby=mxby=byar=30.5;** **mnen=mxen=**

enar= 40.4 alınır). Bir hat boyunca hesaplama isteniyorsa (Model=2 veya 3 durumunda) bu girdiler şu şekilde alınır:

Şekil 14'deki B-B hattı boyunca sismik tehlike analizi yapılacaksa **mnby=29.9,**

mxby=31.7, **byar=(istege bağlı olmakla**



Şekil 14. Örnek çözümlerde kullanılan probleme ilgili sismik kaynakların coğrafi, geometrik ve simik özelliklerini gösterir harita.

birlikte) 0.1; mnen=mxen=enar=B-B' hattının enlem derecesi=40.9. Eğer C-C' hatti boyunca analiz yapılacaksa mnby=mxby=byar=C-C hattının boylam değeri=31.35; mnen=40, mxen=41.2, enar=(istege bağlı olmakla birlikte) 0.1.

* Beşinci kart:

mniv mxiv ivar

mniv: sismik tehlikenin yapılacak minimum yer ivmesi değeri (cm/s^2)
 mxiv: " " " maksimum " " " (cm/s^2)
 ivar: mniv ile mxiv arasındaki artış

değeri (cm/s^2)

* Altıncı kart:

kksys(1) kynkx(1,1) kynky (1,1) ... kynkx(1,i) kynky (1,i)

i = kksys(1)

kksys(n) kynkx(n,1) kynky (n,1) ... kynkx(n,i) kynky (n,i)

i = kksys(n)

kksys: sismik kaynak köşe sayısı

kynkx: " " " kölesi boylam koordinatı

kynky: “ “ “ enlem koordinatı

Altıncı karttaki satır sayısı sismik kaynak sayısı (kysys) kadar tekrar edilir.

* Yedinci kart:

ktsa(i) ktsb(i) mnmg(i) mxmg(i)

ktsa(n) ktsb(n) mnmg(n) mxmg(n)

(Parantez içi i'den n'e kadar olan rakamlar sismik kaynak numarasıdır.)

ktsa: sismik kaynak için a katsayı (Gutenberg-Richter bağıntısından)

ktsb: “ “ “ b “ (Gutenberg-Richter bağıntısından)

mnmg: sismik kaynak için minimum magnitüd değeri

mxmg: sismik kaynak için maksimum magnitüd değeri

Yedinci kart da sismik kaynak sayısı kadar tekrarlanır.

5. ÇÖZÜLMÜŞ ÖRNEKLER

Birinci örnekte Şekil 14'deki üç sismik kaynak alandan oluşan problemin 50 yıllık dönüş periyoduna karşılık gelen yatay yer ivme değerleri hesaplanmıştır. Bu problemin girdi dosyası aşağıdaki gibidir: (kaynak alanlarının köşe koordinatlarını girerken saat ibresi yönünde olmasına dikkat ediniz)

2 2 0.645 (1. kart)

50 0 (2. kart)

3 0.05 0.25 (3. kart)

29.8 31.8 0.1 39.8 41.4 0.1 (4. kart)

25 1000 25 (5. kart)

5 30.05 41.05 30.5 41.15 30.85 41.05 30.65 40.8 30.15 40.7 (6. kart 1. sa.)

3 30.85 41.1 31.45 41.05 31.25 40.65 (6. kart 2. sa.)
4 31.5 40.95 31.65 40.8 31.2 40.05 31.05 40.2 (6. kart 3. sa.)
5 0.9 4 6.9 (7. kart 1. sa.)
4 0.85 4 7.1 (7. kart 2. sa.)
0.8 4 7.3 (7. kart 3. sa.)

SISTEHAN II programı koşturulduktan sonra SONUC1 dosyasındaki yer ivmesi değerlerinin (g cinsinden) konturlanmış hali ve üç boyutlu görünümü sırasıyla Şekil 15 ve 16' daki gibi elde edilmiştir (bu şekillerin elde edilmesinde ayrı bir program kullanılmıştır). Pentium-III işlemcili bir bilgisayarda 29.8° - 31.8° boylam ve 39.8° - 41.4° enlem dereceleri arasında 0.1° lik grid ağı oluşturulmak suretiyle oluşan toplam 357 nokta için sismik tehlikenin hesaplanması süresi yaklaşık iki saattir.

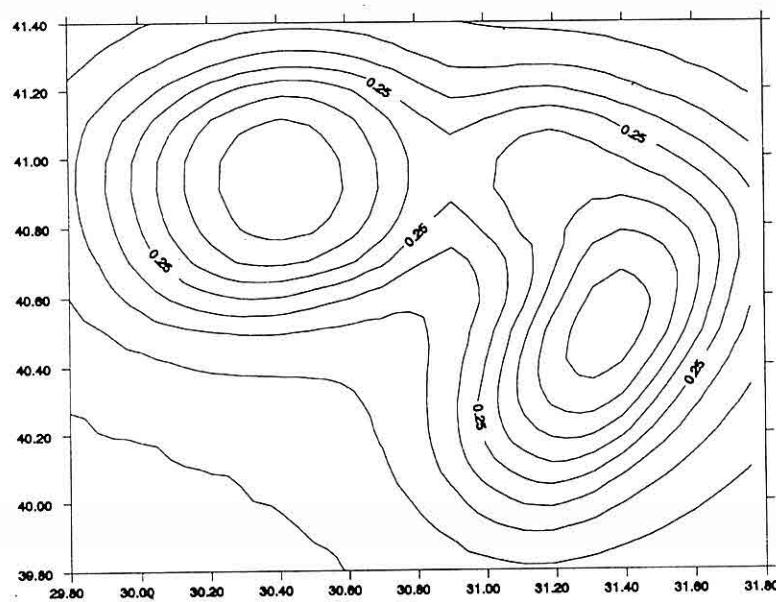
İkinci örnekte yine Şekil 14'deki problem bu sefer 50 yılda % 10 aşılma ihtimali açısından irdelenmiştir. Girdi dosyası iki istisna dışında birinci örnekteki dosya ile aynıdır (burada Model=3 ve asih=0.1 alınmıştır):

```

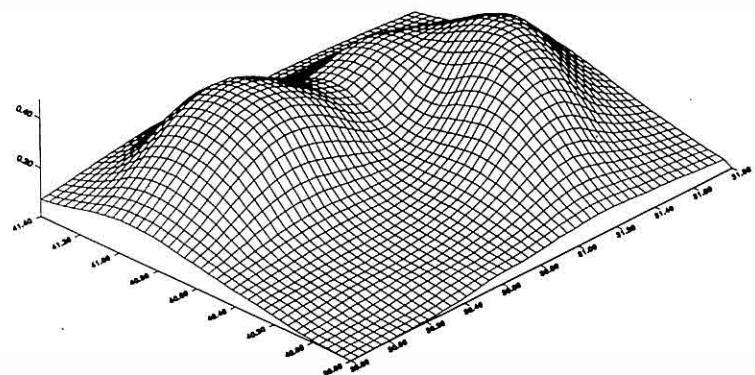
3 2 0.645
50 0.1
3 0.05 0.25
29.8 31.8 0.1 39.8 41.4 0.1
25 1000 25
5 30.05 41.05 30.5 41.15 30.85 41.05 30.65 40.8 30.15 40.7
3 30.85 41.1 31.45 41.05 31.25 40.65
4 31.5 40.95 31.65 40.8 31.2 40.05 31.05 40.2
5 0.9 4 6.9
4 0.85 4 7.1
4.5 0.8 4 7.3

```

İkinci örnek için SISTEHAN II koşturulduktan sonra sonuçlar yine SONUC1 dosyasında saklanmaktadır. Bu dosyadaki sonuçların başka bir programla proses edilmesinden sonra oluşan 50



Şekil 15. SISTEHAN II programının Model = 2 ve Joyner ve Boore (1988) denklemi kullanılarak elde edilen 50 yıllık dönüş periyodu-eş ivme haritası (kontur aralığı =0.05 g.)

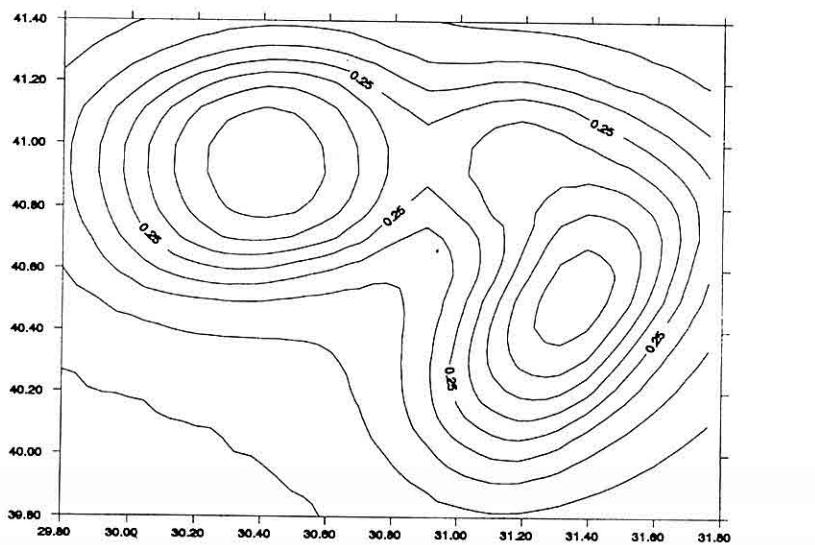


Şekil 16. Şekil 15'de verilen haritanın üç boyutlu modeli.

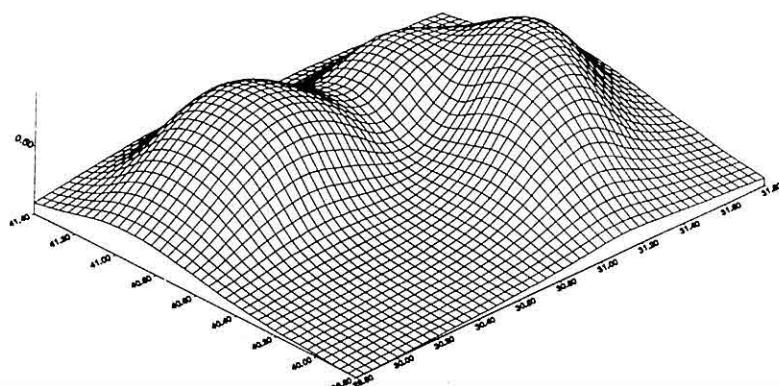
yilda % 10 aşılma ihtimalinin eş-ivme haritası ve blok diyagramı Şekil 17 ve 18'deki gibi elde edilmiştir. Bu analizin de aynı özellikteki bir bilgisayarda

hesaplama süresi yaklaşık iki saatir.

Üçüncü örnekte Şekil 14'deki A noktası için sismik tehlike analizi yapılmıştır. Bu problemin girdi dosyası aşağıdaki gibidir:



Şekil 17. SISTEHAN II sonuçlarına göre çizilmiş, 50 yılda %10 aşılma ihtimali-eş ivme haritası (Model=3, sönüüm denklemi: Joyner ve Boore, 1988).



Şekil 18. Şekil 17'de verilen haftanın üç boyutlu modeli.

1 2 0.645	5 30.05 41.05 30.5 41.15 30.85 41.05 30.65 40.8 30.15 40.7
0 0	3 30.85 41.1 31.45 41.05 31.25 4 0.65
3 0.05 0.25	4 31.5 40.95 31.65 40.8 31.2 40.05 31.05 40.2
30.5 30.5 30.5 40.4 40.4 40.4	5 0.9 4 6.9
25 1000 25	4 0.85 4 7.1
	0.8 4 7.3

Üçüncü örneğe ait sonuçlar SONUC1 ve SONUC2 dosyalarında dönüş periyodu-yer ivmesi ve aşılma ihtimali-yer ivmesi şeklinde saklanmaktadır.

6. SONUÇ

Gerek bir tek noktadaki sismik tehlikenin dönüş periyodu ve aşılma ihtimali şeklinde ve gerekse belirli dönüş periyodu veya aşılma ihtimali için eş-ivme haritalarının hazırlanmasına esas teşkil edecek yer ivmesi değerlerinin hesaplanması için önceki versiyonuna göre çok daha fonksiyonel olan bir bilgisayar programı yazılmıştır. Program sadece alansal kaynakların irdelenmesine izin vermektedir. Noktasal ve çizgisel kaynakların (bkz. Kayabaklı, 1995) bu programla irdelenebilmesi için alansal kaynağa dönüştürülmesi zorunludur. SISTEHAN programı, kaynak alan sınırlarında sismik tehlikeyi yumuşak geçişle sağlayan deprem lokasyonu belirsizliği dikkate alınarak, kartezyen koordinat sistemi yerine küresel koordinat sistemi kullanılarak yeni versiyonunda daha kullanışlı hale getirilmiştir.

7. KAYNAKLAR

- Bender, B., 1986, *Modeling source zone boundary uncertainty in seismic hazard analysis*. Bull. Seism. Soc. Ame., 76, 329-341.
- Bender, B. and Perkins, D. M., 1987, *SEIRISK III: A computer program for seismic hazard estimation*. U.S. Geological Survey Bulletin, 1772, 48 p.
- İnan, E., Çolakoğlu, Z., Koç, N., Bayülke, N. ve Çoruh, E., 1996, 1976-1996 yılları arası ivme kayıtları olan deprem katalogu. Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, 98 s.
- Joyner, W. B. and Boore, D. M., 1988, *Measurement, characterization, and prediction of strong ground motion*. Earthquake Engineering and Soil Dynamics, 2, Recent Advances in Ground Motion Evaluation, 43-102.
- Kayabaklı, K., 1995, *Sismik tehlike analizi: teori ve uygulama*. Jeoloji Mühendisliği, 46, 28-43.
- Sabetta, F. and Pugliese, A., 1987, *Attenuation of peak horizontal acceleration and velocity from Italian strong ground motion records*. Bull. Seism. Soc. Ame., 77, 1491-1513.

EK-1 : SISTEHAN II programının kaynak kodu.
 (Yazardan ücretsiz temin edilebilir)

S I S T E H A N I I

PROGRAMDA KULLANILAN DEĞİŞKEN VE SABİTLERİN TANIMI

```

*
* siglna : sönüm denkleminin standart sapması
* zaman : sismik tehlike analizi için esas alınan süre (yıl)
* asih : aşılma ihtimali
* heby : hücre boyu (derece)
* dm : magnitüd artış miktarı
* mnby : minimum boylam değeri
* mxby : maksimum " "
* byar : boylam artış miktarı
* mnen : minimum enlem değeri
* mxen : maksimum " "
* enar : enlem artış miktarı
* mniv : sismik tehlike analizin için minimum ivme değeri (gal)
* mxiv : " " " maksimum " " "
* ivar : ivme artış miktarı (gal)
* kynkx : sismik kaynak alanının köşe boylam koordinatı
* kynky : " " " enlem "
* ktsa : Gutenberg-Richter bağıntısındaki a katsayısı
* ktsb : Gutenberg-Richter bağıntısındaki b katsayısı
* mnmg : Sismik kaynak alanı için minimum magnitüd değeri
* mxmg : " " " maksimum "
* minx : Sismik kaynak köşelerinin en küçük boylam değeri
* mksx : " " " büyük "
* miny : " " " küçük enlem "
* mksy : " " " büyük "
* hcsyx : Sismik kaynak alanını (ve genişletilmiş olanını) içine alan
*       en küçük dikdörtgenin yatay kenarı boyunca hücre sayısı
* hcsyy : Sismik kaynak alanını (ve genişletilmiş olanını) içine alan
*       en küçük dikdörtgenin düşey kenarı boyunca hücre sayısı
* hcx : Sismik kaynak alanını (ve genişletilmiş olanını) içine alan
*       en küçük dikdörtgen içindeki hücre merkezlerinin boylam koord.
* hcy : Sismik kaynak alanını (ve genişletilmiş olanını) içine alan
*       en küçük dikdörtgen içindeki hücre merkezlerinin enlem koord.
* hctutx : sadece sismik kaynak alanı (ve genişletilmiş olanı) içinde
*       kalan hücre maekezlerinin boylam koordinatı
* hctuty : sadece sismik kaynak alanı (ve genişletilmiş olanı) içinde
*       kalan hücre merkezlerinin enlem koordinatı

```

* hcreln : hücre alanı
 * tplaln : sismik kaynak alanı içindeki hücrelerin toplam alanı
 * xbraln : ağırlık merkezi (sentroid) hesabında xbar çarpı alan
 * ybraln : " " " " ybar "
 * tpxbraln : " " " " toplam xbar çarpı alan
 * tpybraln : " " " " ybar "
 * sentrx : sismik kaynak alanı ağırlık merkezinin (sentroid) boylamı
 * sentry : " " " " (") enlemi
 * sgm : deprem lokasyonu belirsizliğinin hesaba katılması
 * : kullanılan standart sapma
 * w : ağırlık fonksiyonu
 * wtplm : genişletilmiş sismik kaynak alanı içindeki bütün hücrelerin
 * : ağırlık fonksiyonları toplamı
 * boyluz : trapezoid şekilli hücrenin gerçek alanının belirlenmesinde
 * : kullanılan düşey kenar uzunluğu
 * usten : hücrenin üst kenarını temsil eden enlem
 * alten : " alt " " "
 * ustknuz : " üst kenar uzunluğu (km)
 * altknuz : " alt " " "
 * enluz : " alt ve üst kenar uzunlukları ortalaması (km)
 * hcrelan : trapezoid şekilli hücrenin gerçek alanı (km^2)
 * kytplaln : genişletilmiş sismik kaynağın toplam alanı (km^2)
 * r : hücre merkezinin proje alanına uzaklığı (km)
 * altmg : magnitüd aralığı alt değeri
 * ustmg : " " üst "
 * almgsy : " " alt değeri için yıllık deprem sayısı
 * usmgsy : " " üst " " "
 * maror : " " orta değeri
 * lamda : " " için herbir hücreye ait yıllık deprem sayısı
 * mgn : magnitüd
 * ivtop : ağırlık fonksiyonu ile çarpılan ivmeleri kümülatif olarak
 * : toplayan değişken
 * yerivm : mesafe ve magnitüden sönum denkleminde kullanılmasıyla elde
 * : edilen yer ivmesi (gal)
 * rhip : proje alanının içmerkezden (hiposantırdan) uzaklığı (km)
 * hcuz : deprem lokasyonu belirsizliğinin hesaba katılması sırasında baz
 * : alınan hücrenin merkezine, genişletilmiş sismik kaynak alanı
 * : içindeki diğer hücrelerin uzaklığı
 * bysay : minimum boylam ile maksimum boylam arasındaki nokta sayısı
 * ensay : " enlem " " enlem " " "
 * lksx : proje alanının boylam koordinatı
 * lksy : " " enlem "
 * ivsay : minimum ivme değeri ile maksimum ivme değeri arasındaki
 * : ivme sayısı
 * a : dönüş periyodu veya aşılma ihtimali hesabında kullanılan
 * : ivme değeri (gal)
 * qij : belirli bir ivme değerinin azalım ilişkisi ile belirlenen ivme

* değerinden küçük olma ihtimali
 * kumlam : lamda değerini kümülatif olarak toplayan değişken
 * dp : dönüş periyodu (yıl)
 * probiv : belirli ivme değeri için aşılma ihtimali
 * ag : g cinsinden yer ivmesi (a)
 * u : normal dağılım random değişkeni
 * dpiv : belirli ivme değeri için dönüş periyodu (yıl)
 * asihiv : önceden belirlenmiş aşılma ihtimali (asih) için yer ivmesi (g)
 * model : sismik tehlike analizinin nasıl hesaplanacağını belirleyen
 * parametre
 * atden : sönüm denklemi
 * kysys : sismik kaynak sayısı
 * kksys : " köşe sayısı
 * saymar : " için magnitüd aralık sayısı
 * mgarsy : sismik kaynak için minimum ve maksimum deprem büyüklükleri
 * arasında dm'ye göre hesaplanmış magnitüd aralık sayısı

* * * * *

```

program SISTEHAN
real siglna,zaman,asih,hcby,dm,mnby,mxby,byar,mnen,mxen,enar,
+ mniv,mxiv,ivar,kynkx(20,9),kynky(20,9),ktsa(20),ktsb(20),
+ mnmg(20),mxmg(20),minx,mksx,miny,mksy,hcsyx,hcsyy,hcx(20000),
+ hcy(20000),zz,x1,x2,y1,y2,dx,dy,hx,hy,ykts,hctutx(20,20000),
+ hctuty(20,20000),hcraln,tplaln,xbraln,ybraln,txbraln,
+ tpybraln,sentr(20),sentry(20),uzat,xfyf,xfrk,yfrk,sgm(20),
+ pi,tplm,kx,ky,w(20,20000),wtplm(20),boyluz,alten,usten,
+ altnuz,ustknuz,enluz,hcralan(20,20000),kytplaln(20),
+ r(20,20000),altnmg,ustmg,almgsy,usmgsy,maror(20,25),
+ lamda(20,20000,25),ivtop,mgn,yerivm(20,20000,25),rhip,hcuz,
+ bysay,ensay,lksx,lksy,ivsay,a(50),qij,kumlam(50),dp(50),
+ probiv(50),ag(50),u,dpiv,asihiv
integer model,atden,kysys,kksys(20),say1,say2,sayhc(20),
+ saymar(25),mgarsy
character*25 denk(3)
data denk/'INAN(1996)', 'JOYNER-BOORE(1988)',
+ 'SABETTA-PUGLIESE(1987)'/
open(10,file='sonuc1')
open(11,file='sonuc2')
open(12,file='datagir')

```

PROGRAM İÇİN GEREKLİ BİLGİLERİN "DATAGIR" DOSyasından OKUNMASI

* * * * *

```

read(12,*)model,atden,siglna
read(12,*)zaman,asih
read(12,*)kysys,hcby,dm

```

```

read(12,*)mnby,mxby,byar,mnen,mxen,enar
  read(12,*)mniv,mxiv,ivar
  do 110 i=1,kksys
    read(12,*)kksys(i),(kynkx(i,j),kynky(i,j),j=1,kksys(i))
  110 continue
  do 120 j=1,kksys
    read(12,*)ktsa(j),ktsb(j),mnmg(j),mxmg(j)
  120 continue
*
* Seçilen model ve sönüm denklemi ile ilgili
* bilgilerin çıktı dosyasına yazdırılması
*
  if(model.eq.1)then
    if(atden.eq.1)then
      write(10,130)denk(1)
      write(11,140)denk(1),zaman
    elseif(atden.eq.2)then
      write(10,130)denk(2)
      write(11,140)denk(2),zaman
    else
      write(10,130)denk(3)
      write(11,140)denk(3),zaman
    endif
  elseif(model.eq.2)then
    if(atden.eq.1)then
      write(10,150)denk(1),zaman
    elseif(atden.eq.2)then
      write(10,150)denk(2),zaman
    else
      write(10,150)denk(3),zaman
    endif
  else
    if(atden.eq.1)then
      write(10,160)denk(1),zaman,asih
    elseif(atden.eq.2)then
      write(10,160)denk(2),zaman,asih
    else
      write(10,160)denk(3),zaman,asih
    endif
  endif
  130 format(1x,'KULLANILAN SONUM DENKLEMİ: ',A,/1x,
  +'YERİVMESİ-DONUS PERİYODU (YIL) DEGERLERİ'/1x,
  +'a (cm/s^2)',4x,'a (g)',6x,'DONUS PERİYODU (YIL)')
  140 format(1x,'KULLANILAN SONUM DENKLEMİ: ',A,/1x,
  +'YERİVMESİ-ASILMA İHTIMALI DEGERLERİ, SURE=',f6.0,'YIL'/1x,
  +'a (cm/s^2)',4x,'a (g)',5x,'ASILMA İHTIMALI')
  150 format(1x,'KULLANILAN SONUM DENKLEMİ: ',A,/1x,

```

```
+ 'DONUS PERIYODU= ',f6.0,'YIL ICIN YERIVMESI DEGERLERİ'/1x,
+ 'BOYLAM',6x,'ENLEM',5x,'YERIVMESI(g)')
160 format(1x,'KULLANILAN SONUM DENKLEMI: ',A,/1x,
+ f6.0,'YIL VE ASILMA IHTIMALI= ',f5.3,1x,'ICIN YERIVMESI DEGERLERİ'
+ /2x,'BOYLAM',5x,'ENLEM',5x,'YERIVMESI(g)')
170 format(1x,f7.2,5x,f7.5,8x,f10.3)
180 format(1x,f7.2,5x,f7.5,11x,f7.5)
190 format(1x,f7.4,4x,f7.4,6x,f7.5)
*****
```

SİSMİK KAYNAKLARIN HÜCRELERE BÖLÜNEREK HERBİR HÜCRENİN

a) KOORDİNALTLARI *

b) ALANI, c) AĞIRLIK FONKSIYONUNUN HESAPLANMASI

```
*****
```

```
do 380 nn=1,kysys
do 200 i=1,kksys(nn)
if(i.eq.kksys(nn)) then
  kynkx(nn,i+1)=kynkx(nn,1)
  kynky(nn,i+1)=kynky(nn,1)
endif
200 continue
```

* Sismik kaynak alanın köşeleri arasında minimum boylam ve minimum enlem
* değerine sahip nokta ile maksimum boylam ve maksimum enlem değerine sahip
* noktanın belirlenmesi
*

```
minx=kynkx(nn,1)
miny=kynky(nn,1)
mksx=kynkx(nn,1)
mksy=kynky(nn,1)
do 210 j=1,kksys(nn)
  if(kynkx(nn,j).lt.minx) minx=kynkx(nn,j)
  if(kynky(nn,j).lt.miny) miny=kynky(nn,j)
  if(kynkx(nn,j).gt.mksx) mksx=kynkx(nn,j)
  if(kynky(nn,j).gt.mksy) mksy=kynky(nn,j)
210 continue
```

* Sismik kaynak alanını içine alacak en küçük dikdörtgenin oluşturulması
*

```
hcsyx=(mksx-minx)/hcby
hcsyy=(mksy-miny)/hcby
```

* Sismik kaynak alanını içine alan en küçük dikdörtgen içindeki hücrelerin
* orta noktalarının x (boylam) ve y (enlem) koordinatlarının belirlenmesi
*

```
say1=0
```

```

do 230 L=1,hcsyy
    do 220 m=1,hcsyx
        say1=say1+1
        hcx(say1)=(minx-hcby/2)+m*hcby
        hcy(say1)=(miny-hcby/2)+L*hcby
220    continue
230    continue

```

* Sismik kaynak alanın dışındaki hücrelerin atılması;
* kaynak alan içindeki hücrelerin tutulması

```

say2=0
do 260 i=1,say1
    zz=1
240    x1=kynkx(nn,zz)
        x2=kynkx(nn,zz+1)
        y1=kynky(nn,zz)
        y2=kynky(nn,zz+1)
        dx=x2-x1
        dy=y2-y1
        hx=hcx(i)
        hy=hcy(i)
        if(dx.eq.0)then
            if(dy.lt.0.and.hy.le.y1.and.hy.ge.y2.and.hx.gt.x1.or.
+               dy.gt.0.and.hy.ge.y1.and.hy.le.y2.and.hx.lt.x1)then
                go to 260
            else
                go to 250
            endif
        else
            ykts=y1+(dy/dx)*(hx-x1)
            if(dx.gt.0.and.hx.ge.x1.and.hx.le.x2.and.hy.gt.ykts.or.
+               dx.lt.0.and.hx.le.x1.and.hx.ge.x2.and.hy.lt.ykts)then
                go to 260
            else
                go to 250
            endif
        endif
250    zz=zz+1
        if(zz.le.kksys(nn)) go to 240
        say2=say2+1
        sayhc(nn)=say2
        hctutx(nn,sayhc(nn))=hcx(i)
        hctuty(nn,sayhc(nn))=hcy(i)
260    continue

```

* Sismik kaynak alanının ağırlık merkezinin (sentroid) bulunması

```

hcraln=hcby**2
tplaln=0
xbraln=0
ybraln=0
tpxbraln=0
tpybraln=0
do 270 L=1,say2
    xbraln=hctutx(nn,L)*hcraln
    ybraln=hctuty(nn,L)*hcraln
    tpxbraln=tpxbraln+xbraln
    tpybraln=tpybraln+ybraln
    tplaln=tplaln+hcraln
270 continue
sentrx(nn)=tpxbraln/tplaln
sentry(nn)=tpybraln/tplaln

```

* Deprem lokasyonu belirsizliğini hesaba katmak için deprem kaynak alanının
 * genişletilmesi; herbir kaynak alanının standart sapmasının belirlenmesi

```

uzat=0
do 280 m=1,kksys(nn)
    xfrk=sentrx(nn)-kynkx(nn,m)
    yfrk=sentry(nn)-kynky(nn,m)
    kynkx(nn,m)=kynkx(nn,m)-xfrk/2
    kynky(nn,m)=kynky(nn,m)-yfrk/2
    xfyf=(xfrk**2+yfrk**2)**0.5
    if(xfyf.gt.uzat)uzat=xfyf
280 continue
sgm(nn)=uzat/2
do 290 i=1,kksys(nn)
    if(i.eq.kksys(nn)) then
        kynkx(nn,i+1)=kynkx(nn,1)
        kynky(nn,i+1)=kynky(nn,1)
    endif
290 continue

```

* Genişletilmiş deprem kaynak alanının köşelerinin en küçük
 * ve en büyük koordinat değerlerinin bulunması

```

minx=kynkx(nn,1)
miny=kynky(nn,1)
mksx=kynkx(nn,1)
mksy=kynky(nn,1)
do 300 j=1,kksys(nn)
    if(kynkx(nn,j).lt.minx) minx=kynkx(nn,j)
    if(kynky(nn,j).lt.miny) miny=kynky(nn,j)
    if(kynkx(nn,j).gt.mksx) mksx=kynkx(nn,j)

```

```

if(kynky(nn,j).gt.mksy) mksy=kynky(nn,j)
300 continue

* Genişletilmiş sismik kaynak alanını içine alacak en küçük
* dikdörtgenin oluşturulması

hesyx=(mksx-minx)/hcby
hesyy=(mksy-miny)/hcby

* Genişletilmiş sismik kaynak alanını içine alan en küçük
* dikdörtgenin içindeki hücrelerin orta noktalarının x (boylam)
* ve y (enlem) koordinatlarının belirlenmesi

say1=0
do 320 L=1,hcsyy
do 310 m=1,hcsyx
    say1 = say1+1
    hcx(say1)=(minx-hcby/2)+m*hcby
    hcy(say1)=(miny-hcby/2)+L*hcby
310 continue
320 continue

* Genişletilmiş kaynak alanın dışındaki hücrelerin atılması;
* genişletilmiş kaynak alanındaki hücrelerin tutulması

say2=0
do 350 i=1,say1
    zz=1
330   x1=kynkx(nn,zz)
      x2=kynkx(nn,zz+1)
      y1=kynky(nn,zz)
      y2=kynky(nn,zz+1)
      dx=x2-x1
      dy=y2-y1
      hx=hcx(i)
      hy=hcy(i)
      if(dx.eq.0)then
          if(dy.lt.0.and.hy.le.y1.and.hy.ge.y2.and.hx.gt.x1.or.
+          dy.gt.0.and.hy.ge.y1.and.hy.le.y2.and.hx.lt.x1)then
              go to 350
          else
              go to 340
          endif
      else
          ykts=y1+(dy/dx)*(hx-x1)
          if(dx.gt.0.and.hx.ge.x1.and.hx.le.x2.and.hy.gt.ykts.or.
+          dx.lt.0.and.hx.le.x1.and.hx.ge.x2.and.hy.lt.ykts)then

```

```

go to 350
else
  go to 340
endif
endif
340  zz=zz+1
if(zz.le.kksys(nn)) go to 330
say2=say2+1
sayhc(nn)=say2
hctutx(nn,sayhc(nn))=hcx(i)
hctuty(nn,sayhc(nn))=hcy(i)
350 continue

```

* Genişletilmiş kaynak içindeki hücrelerin ağırlık fonksiyonunun hesaplanması

```

pi=3.141592654
tplm=0
do 360 m=1,sayhc(nn)
  kx=(hctutx(nn,m)-sentrx(nn))/hcby
  ky=(hctuty(nn,m)-sentry(nn))/hcby
  w(nn,m)=hcby**2/(2*pi*sgm(nn)**2)*exp(-(kx**2*hcby**2
+   +ky**2*hcby**2)/(2*sgm(nn)**2))
  tplm=tplm+w(nn,m)
360 continue
wtplm(nn)=tplm

```

* Genişletilmiş kaynak içinde ve gerçekte trapezoid
* Şekilli herbir hücrenin alanının hesaplanması

```

tplm=0
boyluz=(6378*2*pi)/360*hcby
do 370 i=1,sayhc(nn)
  alten=hctuty(nn,i)-hcby/2
  usten=hctuty(nn,i)+hcby/2
  altknuz=(cos(alten*pi/180)*6378*2*pi)/360*hcby
  ustknuz=(cos(usten*pi/180)*6378*2*pi)/360*hcby
  enluz=(altknuz+ustknuz)/2
  hcralan(nn,i)=enluz*boyluz
  tplm=tplm+hcralan(nn,i)
370 continue
kytplaln(nn)=tplm
380 continue

```

SİSMİK KAYNAKLAR İÇİNDEKİ HÜCRELERİN MAGNİTÜD KATKISININ HESAPLANMASI

* *

* Kaynak alan için verilen minimum ve maksimum deprem büyüklüğü

* arasındaki aralık sayısının dm'ye göre belirlenmesi

```

do 410 i=1,kysys
mgarsy=((mxmg(i)-mnmg(i))/dm)
if((dm*mgarsy).lt.(mxmg(i)-mnmg(i)))then
    saymar(i)=mgarsy+1
else
    saymar(i)=mgarsy
endif
do 400 j=1,sayhc(i)
do 390 k=1,saymar(i)
if((mnmg(i)+k*dm).gt.mxmg(i))then
    ustmg=mxmg(i)
else
    ustmg=mnmg(i)+k*dm
endif
altrmg=mnmg(i)+(k-1)*dm
maror(i,k)=(altrmg+ustmg)/2
almgsy=10***(ktsa(i)-ktsb(i)*altrmg)
usmgsy=10***(ktsa(i)-ktsb(i)*ustmg)
lamda(i,j,k)=(almgsy-usmgsy)*hcralan(i,j)/kytplaln(i)
390  continue
400  continue
410 continue

```

GENİŞLETİLMİŞ SİSMİK KAYNAK ALANLARI İÇİNDEKİ HÜCRELERİN PROJE ALANINA (lksx,lksy) UZAKLIĞININ HESAPLANMASI

* *

```

bysay=(mxby-mnby+byar)/byar
ensay=(mxen-mnen+enar)/enar
do 560 mm=1,ensay
do 550 LL=1,bysay
lksx=mnby+(LL-1)*byar
lksy=mnen+(mm-1)*enar
do 430 i=1,kysys
do 420 j=1,sayhc(i)
alten=abs((cos(lksy*pi/180)*6378*2*pi/360)*(hctutx(i,j)
+
-lksx))

```

```

usten=abs((cos(hctuty(i,j)*pi/180)*6378*2*pi/360)*
+      (hctutx(i,j)-lksx))
enluz=(alten+usten)/2
boyluz=(hctuty(i,j)-lksy)*111.32
r(i,j)=(enluz**2+boyluz**2)**0.5
420   continue
430   continue

```

SİSMİK KAYNAK İÇİNDEKİ HÜCRELERİN PROJE ALANINA UZAKLIĞI VE MAGNİTÜD KATKISINI KULLANARAK PROJE ALANINDAKİ YER İVMESİİNİN

```

* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
do 470 i=1,kysys
do 460 j=1,sayhc(i)
do 450 k=1,saymar(i)
mgn=maror(i,k)
if(atden.eq.1)then
  if(r(i,j).le.10)r(i,j)=10
  yerivm(i,j,k)=10***(0.65*mgn-0.9*alog10(r(i,j))-0.44)
elseif(atden.eq.2)then
  rhip=(r(i,j)**2+64)**0.5
  if(rhip.le.10) rhip=10
  yerivm(i,j,k)=(10***(0.43+0.23*(mgn-6)-alog10(rhip)-
+          0.0027*rhip))*981
else
  if(r(i,j).le.10)r(i,j)=10
  yerivm(i,j,k)=(10***(-1.562+0.306*mgn-alog10((r(i,j)-
+          **2+33.64)**0.5)))*981
endif
ivtop=0
do 440 L=1,sayhc(i)
hcuz=((hctutx(i,j)-hctutx(i,L))**2+(hctuty(i,j)-
+      hctuty(i,L))**2)**0.5
if(hcuz.le.(2*sgm(i)))then
  ivtop=ivtop+yerivm(i,j,k)*w(i,L)
endif
440   continue
yerivm(i,j,k)=ivtop/wtplm(i)
450   continue
460   continue
470   continue

```

PROJE ALANINDAKİ SİSMİK TEHLİKENİN HESAPLANMASI

```

* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
ivsay=(mxiv-mniv+ivar)/ivar

```

```

do 510 n=1,ivsay
    if(n.eq.1)then
        a(n)=1.
    else
        a(n)=mniv+(n-1)*ivar
    endif
    kumlam(n)=0
    do 500 i=1,kysys
        do 490 j=1,sayhc(i)
            do 480 k=1,saymar(i)

```

* Normal dağılım random değişkeninin (u) hesaplanması

$$u=(\log(a(n)) - (\log(yerivm(i,j,k)) - .5 * \text{siglna}^{**2})) / \text{siglna}$$

* $P(A>=a)=q_{ij}$ ya da $P(A<a)=1-q_{ij}$ ihtimalinin hesaplanması

$$q_{ij}=1-f_i(u)$$

* Lamdanın kümülatif olarak hesaplanması

```

        kumlam(n)=kumlam(n)+lamda(i,j,k)*qij
480      continue
490      continue
500      continue
        ag(n)=a(n)/981

```

* Dönüş periyodunun hesaplanması

```

        if(kumlam(n).eq.0)go to 510
        dp(n)=1./kumlam(n)
        if(dp(n).gt.1000000)dp(n)=1000000

```

* Aşılma ihtimalinin hesaplanması

```

        probiv(n)=exp(-kumlam(n)*zaman)
        probiv(n)=1-probiv(n)
510      continue
        n=1
520      if(model.eq.1)then
            write(10,170)a(n),ag(n),dp(n)
            write(11,180)a(n),ag(n),probiv(n)
        elseif(model.eq.2.and.dp(n).gt.zaman)then
            go to 530
        else
            if(model.eq.3.and.probiv(n).lt.asih)then
                go to 540
            endif

```

```

endif
n=n+1
if(n.le.ivsay)go to 520
go to 550
530  dpiv=ag(n-1)+(zaman-dp(n-1))/((dp(n)-dp(n-1))/(ag(n)-ag(n-1)))
      write(10,190)lksx,lksy,dpiv
      write(*,*)lksx,lksy,dpiv
      go to 550
540  asihiv=ag(n-1)+(asih-probiv(n-1))/((probiv(n)-probiv(n-1))/
      +      (ag(n)-ag(n-1)))
      write(10,190)lksx,lksy,asihiv
      write(*,*)lksx,lksy,asihiv
550  continue
560 continue
stop
end

```

FUNCTION FI

```

* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
real function fi(u)
sp=.2316419
b1=.3193815
b2=-.3565638
b3=1.781478
b4=-1.821256
b5=1.330274
if(u.lt.0)then
  sx=-u
else
  sx=u
endif
zx=1./sqrt(44./7.)*exp(-.5*sx**2)
if(sx.le.6.)then
  t=1./(1+sp*sx)
  s=1-zx*(t*(b1+t*(b2+t*(b3+t*(b4+b5*t))))) 
else
  s=1-1./sx*zx
endif
if(u.lt.0.)s=1-s
fi=s
return
end

```

KAHRAMANMARAŞ İLİ TERMOMİNERAL KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL İNCELEMESİ

Şaziye ABACI

Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET: Termomineral kaynaklar, kimyasal ve fiziksel özellikleri nedeniyle insanlar tarafından çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Kahramanmaraş ve çevresinde de, solunum, sindirim, dolaşım, romatizmal ve cilt hastalıkları nedeniyle kullanılan mineralli su kaynakları bulunmaktadır. Bu çalışmada Kahramanmaraş ve çevresinde bulunan mineralli su kaynaklarının dağılımı saptanmış, kimyasal analizleri yapılmış ve önceki araştırcılara ait analiz sonuçları ile birlikte değerlendirilmiştir.

Araştırmaya konu olan 9 kaynaktan alınan su örneklerinin kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri kaynak başında ve laboratuvara analiz edilerek, elde edilen sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır. Mineralli suların kimyasal açıdan bikarbonatlı, kalsiyumlu ve magnezyumlu sular sınıfında olduğu, fiziksel yönden hipotermal-hipotenik sınıfında yer aldığı gözlenmiştir. Suların sıcaklıkları ise 12°C ile 43°C arasında değişmektedir.

Ayrıca bölgedeki su kaynaklarının kullanılabilirliği çeşitli diyagramlar yardımıyla sınıflandırılmış ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ile Türk Standartları (TS)'na göre karşılaştırılmaları yapılmıştır.

HYDROGEOCHEMICAL INVESTIGATION OF THERMOMINERAL RESOURCES IN KAHRAMANMARAS CITY

ABSTRACT: Termomineral resources are used by human beings for treatment of several diseases. In Kahramanmaraş and surroundings, there are several mineral water resources which are used for treatment of digestion, respiration, blood circulation, rheumatism and skin disease. In this study, distribution of mineral water resources are determined in the area, chemical composition of waters are analysed and results of analysis are evaluated together with previous studies on the topics.

Water samples are taken from 9 resources, their physical and chemical properties are conducted in the field and laboratory and results of analysis are evaluated. Mineral waters in region are chemically classified in bicarbonate, calcium and are physically classified in hipothermic -hipotonic. Temperature of resources vary between 12°C - 43°C.

Utilization of water is classified by using several diagrams and results are correlated according the World Health Organization (WHO) and Turkish Standards (TS).

1. GİRİŞ

Çalışmanın temelini oluşturan termomineral (sıcak ve mineralli) sular yerkürenin derinliklerinden yeryüzüne enerji taşıyan doğal su kaynaklarıdır. Bunlar belli ısı derecesine sahip oldukları gibi birçok kimyasal reaksiyon verebilen mineral ve gazlar bakımından da zengindirler. Bu özelliklerinden dolayı doğal, sıcak ve mineralli yeraltısu kaynaklarının temizlik amacından ziyade sağlıklı yaşam için kullanım olanaklarının bilimsel yöntemlerle araştırılması da gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

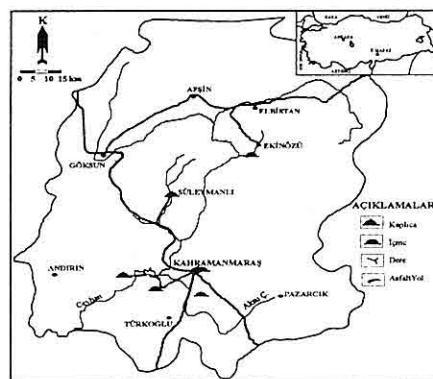
Türkiye termomineral kaynaklarından son derece zengin bir ülke olup, 3000'in üzerinde farklı fizikokimyasal özellikler içeren doğal su kaynaklarına sahiptir. Bu kaynaklardan yaklaşık 370 tanesi ayrıntılı olarak incelenebilmiştir (Başak ve Karagülle, 1991). Türkiye'deki sıcak su kaynaklarından olan boşalım günde 200.000 m^3 , mineralli su kaynaklarından boşalım miktarı ise günde 32.000 m^3 dür (Başak ve Canik, 1983; Çakar, 1996). Bu mineralli su kaynaklarının bir kısmı ticari olarak işlanelenmektedir. Ayrıca Türkiye jeotermal kaynaklar yönünden dünya ülkeleri sıralamasında 7. sıradadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

Kahramanmaraş bölge sınırları içerisinde gerçekleştirilen bu araştırmada, bölgede faal olarak kullanılmakta olan sıcak ve mineralli su kaynakları ile ilgili önceki araştırmalar incelenmiş, kaynakların dağılımları saptanmış ve suların kimyasal analizleri yapılarak

önceki araştırcıların analiz sonuçları ile birlikte değerlendirilmiştir. Ayrıca bölgedeki su kaynaklarının kullanılabilirliği çeşitli diyagramlar yardımıyla sınıflandırılmış ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ile Türk Standartları (TS)'na göre karşılaştırılmaları yapılmıştır.

Kahramanmaraş meteoroloji istasyonunun verilerine göre bölgedeki yıllık ortalama yağış 73 mm, ortalama sıcaklık ise 17°C dir.

Kahramanmaraş il sınırları içerisinde halen kullanılmakta olan 13 adet termomineral su kaynaklarının varlığı belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Yer bulduru haritası

Bunlardan 9 tanesi soğuk su, 4 tanesi sıcak su kaynağı olup bu kaynaklardan 2 tanesi Sır barajı suları altında kalmıştır. Bunun dışında ulaşım zorluğu nedeniyle 2 kaynaktan da örnekleme yapılamamış ancak önceki araştırcıların değerleri kullanılmıştır. Araştırmaya konu olan diğer 9 kaynaktan alınan su örneklerinin kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri

kaynak başında ve laboratuvara analiz edilerek, elde edilen sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. JEOLOJİ

Önalan (1988) in belirttiğine göre Kahramanmaraş bölgesi Arap ve Toros levhaları arasında Jura'dan başlayan ve Alt Kretase ortalarına kadar devam eden bir açılma rejimini takiben bir dalma-batma rejimi başlamıştır. Arap levhasının kuzeye doğru dalması Üst Kretase'ye kadar devam etmiş ve Miyosen'den itibaren bölge de bir kenar havza gelişimi olmuştur. Arap levhası ile Toros platformu arasında gelişen bu kenar havzasındaki çökeller havzanın kuzey ve güney kesiminde farklı istiflenme gösterirler. Bölgenin basitleştirilmiş jeoloji haritası Şekil 2' de verilmiştir. Stratigrafik durum ve çökelme ortamlarındaki değişimler bölgede Üst Kretase'den bu yana yedi sıkışma veya ilerlemenin olduğunu belirtmektedir (Önalan, 1988).

Bölgede itilme ve sıkışmalara bağlı olarak genç bir tektonizmayı oluşturan ters faylar, bindirmeler ile çatlak ve kırık sistemleri izlenmektedir. Kaynaklar, özellikle sıcak sular, bu faylara bağlı olarak boşalmaktadır.

3. TERMOMİNERAL KAYNAKLARI

Doğal termomineral kaynakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olması nedeniyle bazı hastalıkların tedavisinde kullanıldığı çok eski çağlardan beri bilinmektedir. Bu suların

balneolojik amaçlarla değerlendirilebilmesi için aranan fiziko-kimyasal özellikleri şu şekilde sıralamak mümkündür:

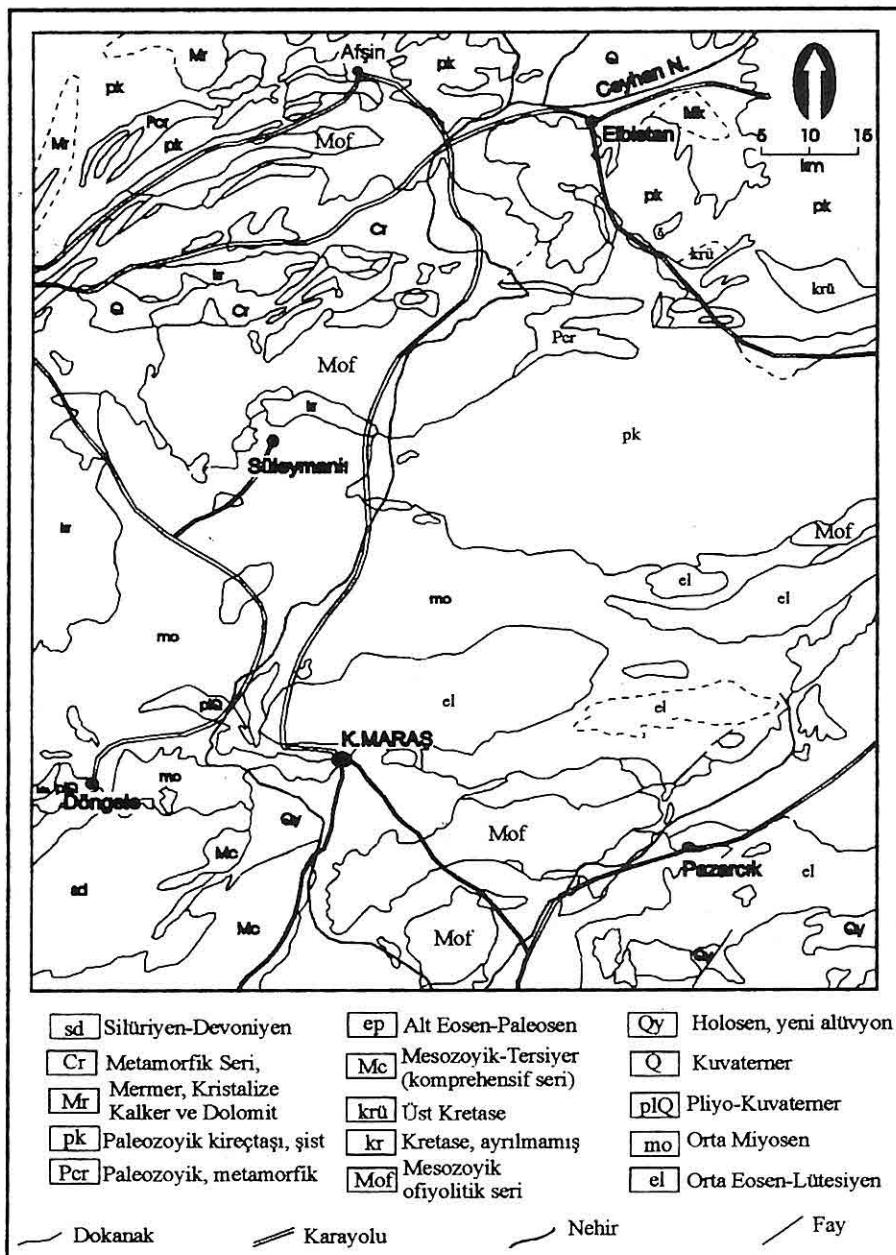
1. Yeraltından 20°C den fazla doğal sıcaklıkta yeryüzüne çıkmaktadır (termal sular).
2. Litresinde çözünmüş olarak toplam 1 gramın üzerinde iyon içermesi (maden suları).
3. Belli değerlerde CO₂, kükürtlü hidrojen ve radon gazı taşımalarıdır.

Kahramanmaraş bölgesinde, bu amaçla incelenen, termomineral kaynakların kimyasal analiz sonuçları ve iyon dağılımları Tablo 1' de verilmiştir. Kaynak sularının genel olarak kimyasal bileşimlerinin fazla değişmediği tablodan da görülmektedir.

Kaynak sıcaklıkları 12-43 °C, elektriksel iletkenlik (EC) 177-2500 mmho/cm, pH 6-12 arasında olup sertlikleri ise 12-122 °FS arasında değişmektedir.

Suların anyon ve katyon değerleri genellikle düşük olup yalnızca Ekinözü-Elbistan içmelerinde fazla miktarda Ca, Mg, HCO₃ ve SO₄ iyonu bulunmaktadır. Ayrıca CO₂ gazı bakımından da zengindir. Süleymanlı ilçesi suları ise kükürt tortulu ve gazlı bir su özelliği taşımaktadır. Kimyasal bileşimleri bakımından incelendiğinde Şerefoğlu sularının (karbonatlı, kalsiyum ve magnezyumlu) dışındaki tüm kaynakların bikarbonatlı, kalsiyum ve magnezyumlu sular oldukları belirlenmiştir.

Ayrıca termomineralli sular çeşitli şekillerde sınıflandırılabilirler.



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (MTA 1/500.000 ölçekli haritadan).

KAHRAMANMARAŞ İLİ TERMOMİNERAL KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL İNCE.

Tablo 1. Kahramanmaraş termomineral kaynaklarının kimyasal analiz sonuçları.

No	Yıl	T°C	pH	EC	Katyon (mg/l)				Anyon (mg/l)				Kaynak	
					K	Na	Ca	Mg	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl		
2	1995	21,10	12	673	1,9	18	56	8,4	*	82	10	14	M.Çakar	
	1996	17,40	11	331	2,1	14	46	13	*	72	12	21	M.Çakar	
2a	1999	23,00	9,9	840	3,5	17	68	0,5	14	*	14	25	Ş.Abacı	
2b	1999	23,00	10	800	2	15	46	8	*	82	14	15	Ş.Abacı	
3	1995	15,70	7,5	744	14	18	132	9,3	350	*	45	39	M.Çakar	
	1996	15,40	7	747	18	18	98	20	341,6	*	39	39	M.Çakar	
	1999	17,00	7,4	710	14	20	125	15	353,8	*	50	41	Ş.Abacı	
4	1995	13,30	6,3	1730	2,1	12	320	90	1350	*	67	11	M.Çakar	
	1996	13,00	6,1	1692	2,9	13	304	63	1256	*	43	18	M.Çakar	
	1999	14,00	6,2	1700	3	15	320	65	1350	*	67	11	Ş.Abacı	
5	1995	13,10	6,2	1476	2	12	245	74	950	*	135	14	M.Çakar	
	1996	13,00	6	1189	2,3	10	190	42	762,5	*	68	18	M.Çakar	
	1999	14,00	6,2	1800	3	14	260	64	1100	*	58	14	Ş.Abacı	
6	1992	15,00	7		9,2	98	560	134	2220	*	306	55	Öktü ve Dilemre	
	1995	14,00	6,4	2860	9,4	54	340	108	1500	*	384	32	M.Çakar	
	1996	14,00	6,1	2910	12	69	320	115	1464	*	400	28	M.Çakar	
	1999	15,00	6,4	2500	11	72	290	121	1300	*	380	30	Ş.Abacı	
7-1	1982	44,00	8,5	390	1,3	17	34	24	201	9	28	12	Envanter	
	-2	40,00	8,2	420	1,1	15	35	22	201	*	30	14	Envanter	
	-3	43,50	8,2	405	1,2	13	54	23	268	*	40	15	Envanter	
	-4	1991	43,00	7,1	400	1,2	13	48	25	274	<1	37	3	Envanter
		1995	43,00	7,5	442	1	10	62	26	305	*	39	14	M.Çakar
		1996	41,00	7	526	1,7	9,7	48	24	286,7	*	32	14	M.Çakar
7a	1999	43,00	7	600	1,3	12	63	25	290	*	32	15	Ş.Abacı	
8	1999	40,00	7	620	1,2	12	67	30	300	*	34	18	Ş.Abacı	
9	1995	15,50	7,5	177	0,6	1,4	18	16	103,7	*	35	7,1	M.Çakar	
	1999	17,00	7,6	180	1	3	22	13	108	*	25	7,2	Ş.Abacı	
10	1995	12,50	3,9	366	1,1	0,6	34	37	*	*	313	7,1	M.Çakar	
	1996	12,50	3,7	354	1,6	1,6	20	14	*	*	184	7,1	M.Çakar	
	1995	24,50	12	1600	10	529	12	1,5	*	94	*	178	M.Çakar	
11	1996	8,00	11	1290	9,4	490	8	2,4	*	54	*	89	M.Çakar	
12	1989	40,00	7,5	700	3	27	64	30	384	<1	15	24	Envanter	

2 (a,b) : Şerefoğlu

7 (1-4, a), 8 : Süleymanlı, İlıca

3 : Uyuzpinarı

9 : Dereboğazı

4 : Ekinözü-Yukarı İçme,

10 : Göksun-Büyükkızılıçık

5 : Ekinözü-Orta İçme

11 : Pazarcık-Çınarlı

6 : Ekinözü-Aşağı İçme

12 : Döngele

Uluslararası Tıbbi Hidroloji Birliği (ISMH) tarafından, suyun sıcaklık değerlerine ve toplam iyon konsantrasyonlarına bağlı olarak, yapılan fiziksel sınıflandırmaya göre Süleymanlı ilacı hipertermal-hipotonik (sıcaklık $> 38^{\circ}\text{C}$), diğer su kaynakları ise hipermal-hipotonik (sıcaklık $< 20^{\circ}\text{C}$), olarak gruplanmaktadır.

TS 8363 tarafından tanımladığı şekilde kimyasal yönden şifali sular olarak kabul edilmiş ve 4 ayrı grupta (A, B, C, D) değerlendirilen sınıflandırma da ele alınmıştır. Bir termomineral su kaynağı sınıflandırma kriterlerine bu 4 şifali su gruplarından (A, B, C, D) birisi ile ifade edildiği gibi, birkaç ile de tanımlanabilir (AB, BC, ABC, vb).

A grubu: 1 litre suda en az 1 gram çözünmüş madde veya % milival değeri %20 yi aşan katyon ve anyon içeren sudur. Bunlarda kimyasal karakterlerine göre klorürlü, bikarbonatlı, karbonatlı ve sülfatlı sular olarak adlandırılırlar.

B grubu: 1 litre suda 1 gramdan az erimiş mineral içeren fakat eşik değerin üzerinde etkin madde taşıyan sulardır. Sınır değerlerin üzerinde bulunan etkin elemanlara göre demirli, arsenikli, iyotlu, kükürtlü, karbondioksitli ve radonlu sular olarak sınıflandırılırlar.

C grubu: doğal sıcaklığı 20°C 'nin üzerinde olan termal sulardır. Az miktarda çözünmüş mineral içeren bu termal sulara Akroterm sular da denmektedir.

D grubu ise, fazla erimiş mineral içermeyen ve sıcaklıklarının normal sınırlar içerisinde olan fakat klinik çalışmalarla

tedavi edici nitelikte oldukları saptanmışlardır.

Kahramanmaraş bölgesi termomineral kaynaklarla ilgili olarak daha önceki yıllarda ve bu çalışmada yapılmış olan kimyasal analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde termomineral suların 4 tanesi A grubu (1 gram erimiş mineral içeren), tamamı etkili eleman nedeniyle B grubu, doğal sıcaklığı 20°C 'den fazla olmasıyla da 4 tanesi C sınıfında yer almaktadır (Tablo 2).

Bölgedeki kaynakların dağılımına bakıldığına ise 4 tanesinin ilacı, 9 tanesinin içme özelliğinde olduğu gözlenmiştir (Tablo 2). Ilacı olarak tanımlanan 2 kaynak suyu baraj suları altından kalması nedeniyle değerlendirilmeye alınmamıştır.

3.1. Kaynakların Kullanılabilirliği

3.1.1. İçme Amaçlı Kullanma

İnceleme alanında yer alan termomineral kaynak sularının içilebilirliği SCHOLLER içilebilirlik diyagramı ile değerlendirilmiştir. Bu diyagramda sular (EC, dH, Na, Cl, SO₄-mg/l değerlerine göre), içilebilen, zorunlu durumlarda içilebilen ve içilemeyen sular olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Kahramanmaraş kaynaklarının analiz sonuçları Şekil 3'de verilen diyagrama göre değerlendirildiğinde tüm termomineral suların devamlı içilebilen sular sınıfında toplandığı gözlenmiştir. Ancak suların kalite açısından değerlendirilmesi yapıldığında aşağıdaki gruplaşmaların olduğu saptanmıştır.

(1) Dereboğazı suları Na, Cl, SO₄, EC

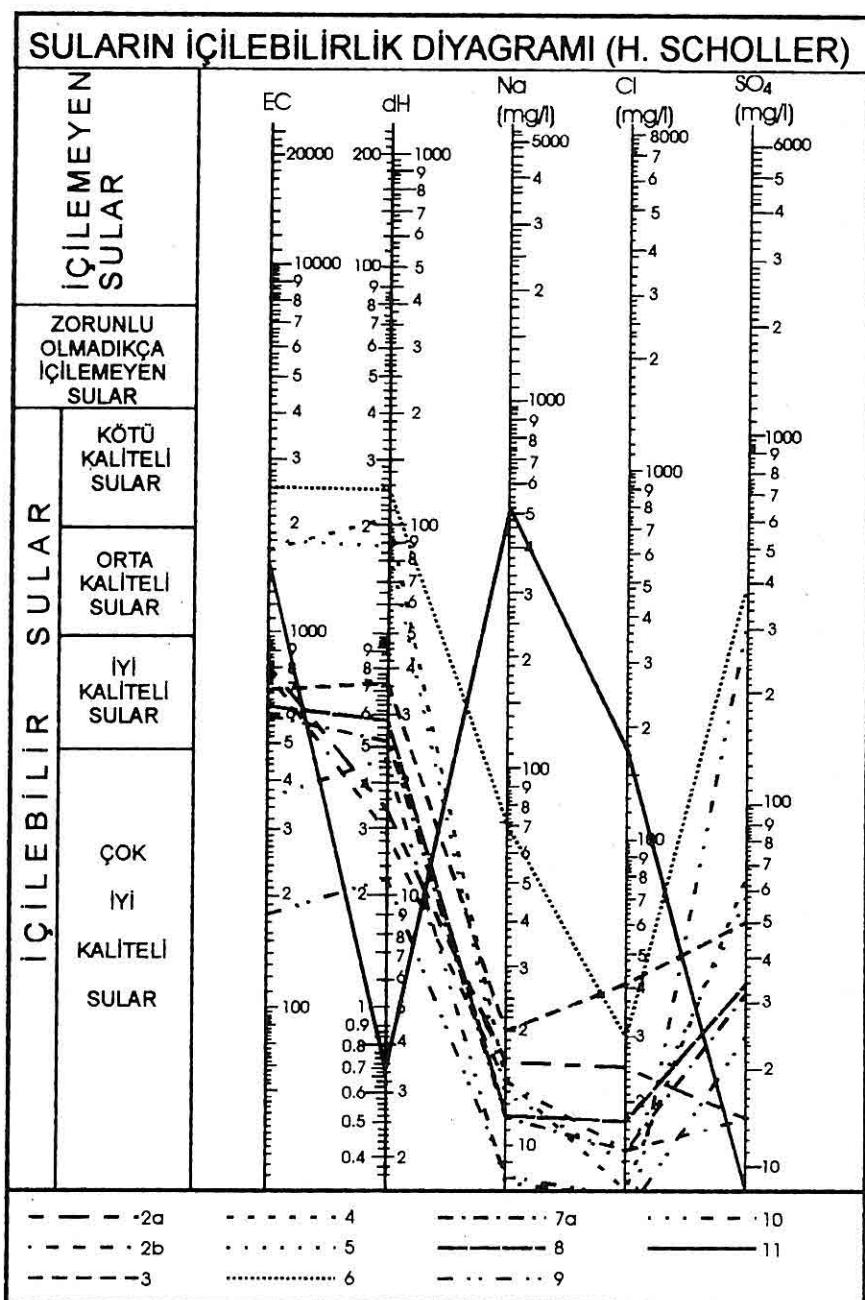
Tablo 2. Kahramanmaraş bölgesi termomineral kaynaklarının dağılımı ve fiziko-kimyasal özelliklerine göre şifalı su grupları.

İçmeler	Sıcaklık °C	Toplam Mineral (g/l)	Katyon (%20)	Anyon (%20)	Şifalı Su Grubu
Şerefoğlu-kaynak (2a)	23	0.15	Ca ⁺²	SO ₄ ⁻² , Cl ⁻	B
Şerefoğlu-banyo (2b)	23	0.18	Ca ⁺²	SO ₄ ⁻² , Cl ⁻	B
Uyuzpinarı (3)	17	1.1	Ca ⁺²	HCO ₃ ⁻	AB
Ekinözü-Yukarı içme (4)	14	1.8	Mg ⁺² , Ca ⁺²	HCO ₃ ⁻	AB
Ekinözü-Orta İçme (5)	14	1.5	Mg ⁺² , Ca ⁺²	HCO ₃ ⁻	AB
Ekinözü-Aşağı İçme (6)	15	2.2	Mg ⁺² , Ca ⁺²	HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ⁻²	AB
Dereboğazı (9)	17	0.4	Mg ⁺² , Ca ⁺²	HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ⁻²	B
Göksun-Büyükkızılçık	13	1.05	Mg ⁺² , Ca ⁺²	SO ₄ ⁻²	AB
Pazarcık-Çınarlı	24.5	0.97	Na ⁺¹	Cl ⁻ , CO ₃ ⁻	B
Kaplıcalar					
Süleymanlı-Ilica (7a)	43	0.44	Mg ⁺² , Ca ⁺²	HCO ₃ ⁻	BC
Süleymanlı-Ilica (8)	43	0.47	Mg ⁺² , Ca ⁺²	HCO ₃ ⁻	BC

ve dH(Fr) a göre çok iyi kaliteli, (2) Süleymanlı-Ilica ve Uyuzpinarı suları EC ve dH yönünden iyi kaliteli, Na, Cl, SO₄ bakımından çok iyi kaliteli, (3) Şerefoğlu suları EC yönünden iyi kaliteli, Na, Cl, SO₄, dH bakımından çok iyi kaliteli, (4) Ekinözü-Yukarı ve Orta İçme EC ve dH yönünden orta kaliteli, Na, Cl, SO₄, bakımından çok iyi kaliteli, (5) Ekinözü-Aşağı İçme dH yönünden kötü kaliteli, SO₄ değeri açısından orta kaliteli ve Na, Cl, , EC bakımından çok iyi kaliteli, (6) Göksun-Büyükkızılçık suyu SO₄ yönünden orta kaliteli, EC, Na, Cl, bakımından çok iyi kaliteli, (7) Pazarcık-Çınarlı suyu ise EC yönünden orta kaliteli, Na değeri açısından kötü kaliteli, Cl, SO₄, dH bakımından çok iyi kaliteli sular şeklinde gruplanmıştır.

1988 tarihli ve 19919 sayılı resmi

gazetede yayınlanmış olan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği kta içi su kaynaklarının sınıflandırılmasında kullanılan parametrelere göre bu çalışma kapsamında incelenen Kahramanmaraş termomineralli kaynaklardan Ekinözü-Yukarı, Orta ve Aşağı İçme suları dışındaki suların genellikle yüksek kaliteli (sınıf 1) sular sınıfında yeraldığı izlenmiştir (Tablo 3). Ekinözü İçmeler suları Mn, Pb, Cd bakımından düşük kaliteli ve kötü kaliteli sular sınıfıdır. Bunun dışında Dereboğazı suları da Mn, Cu, Fe değerleri açısından su kalite sınıfı 3'e kadar çıkmaktadır. Örneklemeye yapılmayan kaynaklar önceki araştırcıların analiz sonuçlarına göre değerlendirildiğinde sular Fe bakımından çok kötü kaliteli (sınıf 4), Pazarcık-Çınarlı kaynağı Na yönünden çok kötü



Şekil 3. Termomineralli suların içilebilirlik diyagramı

Tablo 3. Çevre Kanunu Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre Kahramanmaraş bölgesi kaynaklarının su kalite sınıfları.

Kaynak Adı	İyonlar											
	Mn	Zn	Cu	Pb	Al	Cd	Na	SO ₄	Cl	NO ₃	Fe	
Şerefoğlu-kaynak (2a)		I	I		I		I	I	I		I	
Şerefoğlu-banyo (2b)		I			I		I	I	I		I	
Uyuzpinarı (3)		I			I		I	I	II	II	I	
Ekinözü-Yukarı içme (4)	III	I	I	III		III	I	I	I		I	
Ekinözü-Orta İçme (5)	II	IV	I	III	I	IV	I	I	I	I	I	
Ekinözü-Aşağı İçme (6)	II	I	I	IV		III	I	I	II	I	I	
Süleymanlı-Ilica (7a)		I	I		I		I	II	I		I	
Süleymanlı-Ilica (8)		I	III				I	I	I		I	
Dereboğazi (9)	III	I	III		I		I	I	I	I	III	
Göksun-Büyükkızılçık							I	III	I		IV	
Pazarcık-Çınarlı							IV	I	II		IV	

(I, II, III, IV kalite sınıflarını göstermektedir)

kaliteli, Göksun-Büyükkızılçık suyu ise SO₄ içeriği dolayısıyla 3. Sınıf sular grubunda yer almaktadır.

3.1.2. Sulama Amaçlı Kullanma

İnceleme alanında yeralan termomineral kaynakların sulama suyu olma özellikleri bakımından incelenmesi ABD Tuzluluk ve Wilcox diyagramları yardımıyla yapılmıştır. ABD Tuzluluk diyagramına göre sular 16 grupta, Wilcox diyagramına göre 5 grupta toplanır. Kaynak sularının sulama suyu olabileme kalitesi yönünden sınıflandırılmak amacıyla örneklerin sodyum yüzdesi (%Na), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve elektriksel iletkenlik (EC) parametreleri hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 4 ve 5 de verilmiştir.

Kahramanmaraş bölge suları Wilcox diyagramına göre 4 grubta, ABD tuzluluk diyagramına göre ise 2 grup, 5 sınıfta

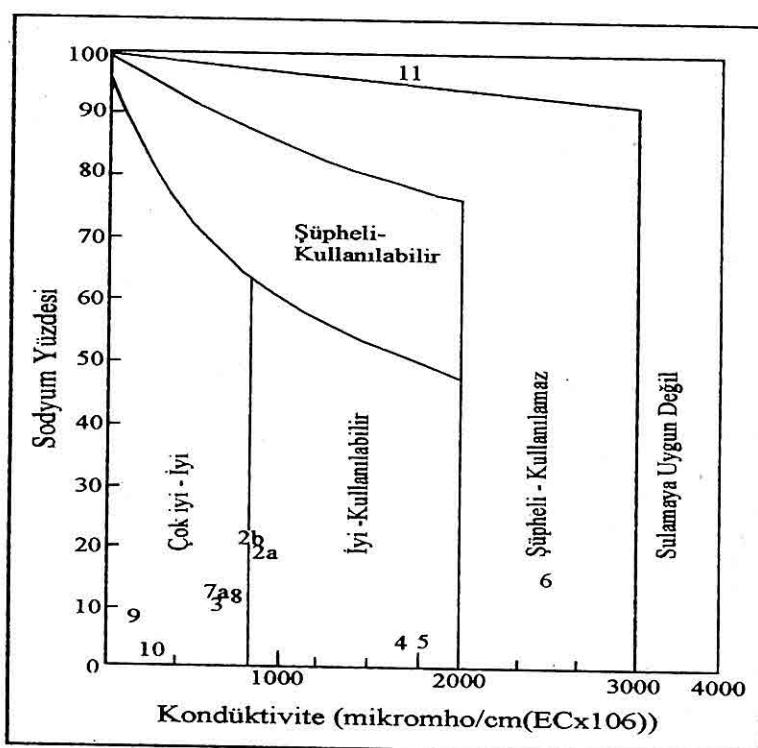
toplannmıştır.

Wilcox diyagramına göre bölge suları;
 (1) Şerefoğlu, Uyuzpinarı, Süleymanlı-Ilica, Dereboğazi, Göksun-Büyükkızılçık suları çok iyi-iyi, (2) Ekinözü-Yukarı ve Orta İçme suları iyi kullanılabılır, (3) Ekinözü-Aşağı İçme suları ise şüpheli kullanılamaz sular sınıfında yer almaktır, buna karşın (4) Pazarcık-Çınarlı suları ise sulamaya uygun değildir.

ABD tuzluluk diyagramına göre ise;

- Her türlü sulamada kullanılabilir: Dereboğazi suları C1S1 sınıfı (Az tuzlu, az sodyumlu), Uyuzpinarı, Süleymanlı-Ilica ve Göksun-Büyükkızılçık suları C2S1 sınıfı (Orta tuzlu, az sodyumlu), Şerefoğlu, Yukarı İçme, Orta İçme suları C3S1 sınıfı (Yüksek tuzlu, az sodyumlu) özelliğindedir.

- Bazı özel koşullarda kullanılabilir: Ekinözü-Aşağı İçme suları C4S1 (Çok fazla tuzlu, az sodyumlu) sınıfı sulardır.



Şekil 4.Termomineralli suların Wilcox diyagramı.

3. Sulamada kullanılamaz: Pazarcık-Çınarlı suları ise C3S4 (Yüksek tuzlu, çok fazla sodyumlu) sular sınıfında yer almaktadır.

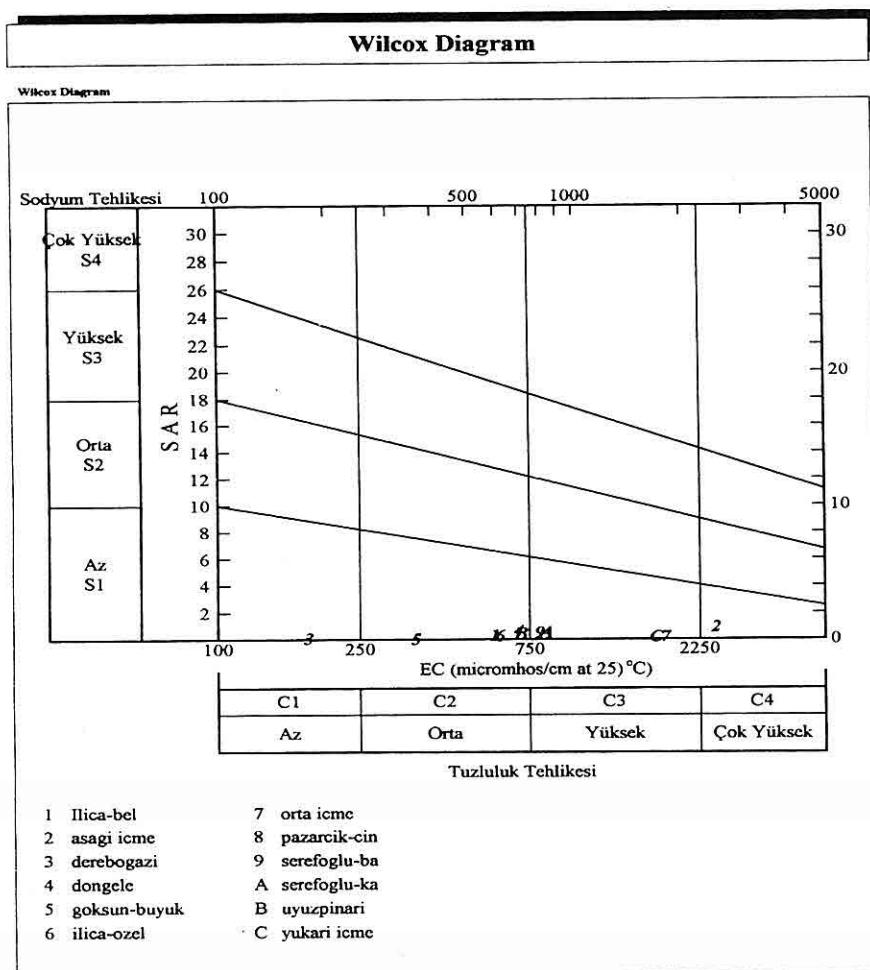
3.1.3. Tedavi Amaçlı

Sular bünyesinde bulunan iyon türleri ve miktarları hem insan hem de çevre sağlığı üzerinde farklı etkiler gösterirler. Kahramanmaraş bölgesinde çok uzun yıllardan beri kullanılmakta olan termomineral kaynakların insan sağlığına olan etkilerini araştırmak amacıyla kimyasal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmıştır.

Bu inceleme amacıyla Dünya Sağlık

Örgütü (WHO 1971; Tebbutt, 1977) ve Türk Standartlar Enstitüsü'nün (TS) maden ve kaynak suları için izin verdiği limit değerlerle, Kahramanmaraş bölgesi termomineral kaynaklarının kimyasal analiz sonuçları karşılaştırılarak sonuçlar Tablo 4 de sunulmuştur. Tablodan da görüleceği üzere standartlara göre limit değerlerin üzerinde insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek iyonlar fazla değildir. Sadece Ekinözü içmelerinde sınır değerinin üzerinde Cd ve Ca saptanmış ancak bu saptaların kimyasal analiz hatasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Süleymanlı-IIlica sıcak suları kaplıca



Şekil 5. Termomineral suların ABD tuzluluk diyagramı.

hekimliğinde kullanılabilir. Romatizmal ve ağır hastalıklarda ve jinekolojik tedavide etkilidir. CO_2 gazlı sular özellikle Ekinözü Yukarı, Orta ve Aşağı içme suları sindirim sistemi hastalıklarının tedavisinde yararlıdır.

4. SONUÇ

Termomineral kaynaklar kimyasal ve

fiziksel özellikleri nedeniyle şifalı sular olarak tanımlanmakta ve çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Bu amaçla Kahramanmaraş il sınırları içerisinde bulunan termomineral kaynaklardan alınan örnekler üzerinde yapılan kimyasal analizler sonucunda aşağıda özetlenen sonuçlar elde edilmiştir.

Kaynak sıcaklıkları 12-43 °C, elektriksel iletkenlik (EC) 177-2500mmho/cm, pH 6-12 arasında olup sertlikleri ise 12-122 °FS arasında değişmektedir.

Şerefoğlu suları karbonatlı, kalsiyum ve magnezyumlu diğer kaynaklar bikarbonatlı, kalsiyum ve magnezyumlu sular sınıfındadır.

Fiziksel sınıflandırma yapıldığında Süleymanlı-İlicası hipertermal-hipotonik, diğer su kaynakları ise hipotermal-hipotonik grubunda toplandığı gözlenmiştir.

Scholler içilebilirlik diyagramına göre tüm termomineral sular devamlı içilebilen sular sınıfındadır. Kaynakların içilebilirliği Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre değerlendirildiğinde Ekinözü-Yukarı, Orta ve Aşağı içme ve Dereboğazı sularının kalite sınıfı 3 ve 4 ü veren iyonlar içeriği, bunların dışındaki suların genellikle yüksek kaliteli (sınıf 1) sular sınıfında yeraldığı izlenmiştir.

Wilcox ve ABD tuzluluk diyagramlarına göre Ekinözü-Aşağı İçme suları dışındaki termominerali sular kaliteli ve her türlü sulamada kullanılabilir.

Sonuç olarak Kahramanmaraş bölgesindeki kaynaklar insan sağlığı yönünden olumsuz etkisi olmayan sular olarak kabul edilebilir ve şifalı sular olarak kullanılabılır. Ancak hem kaynaklara ulaşım zorluğunun olması hem de kaynak civarındaki alıcı yapı yetersizliği yönünden bu doğal potansiyel değerler yeteri kadar ilgi görememektedir.

5. KAYNAKLAR

Başak, E. ve Karagülle, M. Z., 1991, *Maden Suları ve Termal Suların Sınıflandırılması ve Türkiye'deki dağılımı*, II. Ulusal Balneoloji ve Tibbi Biyometeoroloji Kongresi, İstanbul, s. 27-32

Çakar, M., 1996, *Kahramanmaraş ve çevresindeki şifalı suların özelliklerin araştırılması*: Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fak., Kahramanmaraş, 60s.(yayınlanmamış).

Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1987, *Yeraltı Suları Jeolojisi*, İ.T.Ü. Maden Fak. İstanbul, 339s.

Erişen, B., Akkuş, Y., Uygur, N. ve Koçak, A. 1996, *Türkiye Jeotermal Envanteri*: MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 480s.

Ölmez, E., 1983, *K.Maraş-Süleymanlı İlicası Hidrojeoloji Etüdü*: MTA, Ankara, 23s.

Önalan, M., 1988, *Kahramanmaraş Tersiyer Kenar Havzasının Jeolojik Evrimi*: Türkiye Jeoloji Bülteni, V.31, 1-10.

Resmi Gazete, 1988, *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği*, Ankara.

Tebbutt, T.H.Y., 1975, *Principles of water quality control.*, Pergamon Press Ltd., Oxford, England. s.1-179.

Türk Standartları, 1990. *Termal Kaynakları Sınıflandırma, TS 8363*, Ankara.

GÖLSEL BİTÜMLÜ KAYAÇLARIN ORGANİK JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE EKONOMİK KULLANIM OLANAKLARI

Ali SARI ve Nurettin SONEL

A.Ü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara/Türkiye

ÖZET: *Himmetoğlu/Bolu (Miyosen), Seyitömer/Kütahya (Miyosen), Ulukişla/Niğde (Miyosen) ve Kabalar/Bolu (Paleosen-Eosen) gölsel havzalarına ait bitümlü kayaç örnekleri organik jeokimyasal, organik petrografik, gaz kromatografik analizlerine ve yakma deneylerine tabi tutularak ekonomik kullanılabılırlikleri yönünden değerlendirilmiştirlerdir. Elde edilen sonuçlar bitümlü kayaçların içermiş olduğu organik maddelerin kerogen tipi, olgunlaşma, hidrokarbon potansiyeli, enerji hammaddesi olarak termik santrallerde yakma, gübre sanayiinde kullanılmalari yönünden yorumlanmışlardır.*

Organik maddeler çoğunlukla petrol ve gaz türeterecek kerogen (Tip I ve Tip II) tiptedir. İsisal olgunlaşmaları; spor renk indeksi (SCI), Tmax ve üretim indeksi (PI) ile belirlenmiş olan birimlerden; Himmetoğlu, Seyitömer ve Ulukişla (Miyosen) Formasyonları diyajenetik, Kabalar (Paleosen-Eosen) Formasyonunun ise diyajenetik ve erken petrol türüm evresinde olduğu belirlenmiştir. Bütün havzalara ait bitümlü kayaçlar organik karbon yönünden mükemmel bir kaynak kaya potansiyeline sahiptir, ancak Kabalar/Bolu (Paleosen-Eosen) bitümlü kayaçları dışında diğer havzalara ait sisal olgunlaşmaların düşük olması nedeniyle birimlerin hidrokarbon üretme potansiyelleri bulunmamaktadır.

İncelenen bitümlü kayaçlara ait alt ısı değerleri 0 kcal/kg, üst ısı değerleri ise 3184 kcal/kg 'a ulaşmasına rağmen, damar kalınlıkları ve yayılmışlarının yeterli olmaması bitümlü kayaçların ekonomik olarak işletilemeyeceğini gösterir.

ORGANIC GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND ECONOMIC USABILITY OF LACUSTRINE BITIMINIOUS SHALES

ABSTRACT: *Organic geochemistry and economical usability of bituminous rock samples collected from lacustrine basins of Himmetoğlu/Bolu (Miocene), Seyitömer/Kütahya (Miocene), Ulukişla/Niğde (Miocene) ve Kabalar /Bolu (Paleocene-Eocene) regions were evaluated using geochemical, organic petrographical, and gas chromatographical analyses.*

The results were interpreted as to the kerogen type of the organic matter content of bituminous rock, maturation, hydrocarbon potential, raw material for fire plants and fertilizer industry.

Organic matter is mostly of type to produce oil and gas (Type I and Type II

kerogenes). The thermal maturation of the units was determined through the spor colour index (SCI), Tmax, and production index (PI) and Hımmetoğlu/Bolu, Seyitömer/Kütahya, Ulukışla/Niğde (Miocene) Formations fall into the diagenetic zone whereas, Kabalar / Bolu (Paleocene-Eocene) formation falls into the diagenetic zone and at the beginning of oil generation. Bituminous rock of all formations bears perfect source rock potential in regard to their organic carbon contents, however, except Kabalar /Bolu (Paleocene-Eocene) Formation, their thermal maturations are low, therefore they do not have the potential to yield hydrocarbon.

Although the lower calorific value of bituminous rocks is 0 kcal/kg and the upper calorific values as high as 3184 kcal/kg, they are not found to be exploitable given that their thickness and areal distribution are restricted.

1. GİRİŞ

Türkiye bitümlü şeyl yatakları yönünden oldukça zengin olmasına rağmen günümüzde ekonomik yönden henüz değerlendirilmemektedir. Ham petrol üretiminden, çimento hammaddesine, gübre sanayiinden, kıymetli metal eldesine ve termik santrallerde katı yakıt olarak kullanılmalarına kadar pek çok alanda değerlendirilebilen bu yeraltı zenginliğinin yakın bir gelecekte Türkiye

ekonomisine kazandırılması gerekmektedir. Türkiyedeki belli başlı bitümlü şeyl yatakları Bolu-Mengen, İzmit-Bahçecik, Balıkesir-Burhaniye, Ankara-Beypazarı, Ankara-Beydili, Çorum-Dodurga, Amasya-Çeltek, Kastamonu-Boyalı, Manisa-Demirci, Çankırı-Ihsilık, Kastamonu-Aspiras sahalarıdır. Bu sahalarдан Kütahya-Seyitömer, Bolu-Kabalar, Bolu-Hımmetoğlu, Niğde-Ulukışla sahalarında ayrıntılı çalışmalar yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Örnekleme haritası

GÖLSEL BITÜMLÜ KAYAÇLARIN ORGANİK JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE EKONOMİK KULLANIM OLANAKLARI

Bu makalede bu sahalarda elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir.

Ülkemizde bugüne kadar bitümlü şeyllerin organik jeokimyasal ve katı yakıt olarak incelenmelerine yönelik olarak yapılan çalışmalar son derece sınırlıdır. Bunların başlıcaları şunlardır: Akkuş (1981), Sarı ve Sonel (1995), Sarı (1999), Sarı ve Çelik (1999), Sarı ve diğ., (1999), Sonel ve diğ., (1999), Şener ve Sengüler (1998), Şengüler (1985), Şengüler (1994), Şengüler (1999), Şengüler ve Sonel (1999), Tekin ve Sarı (1999), Ünalan (1976), Ünalan (1978), Yoldaş (1973). Dünyada bitümlü şeyller üzerinde yapılan çalışmalar oldukça eski olup, 1800'lü yıllara kadar uzanır. II. Dünya Savaşı yıllarında (1945) bitümlü şeyllerden sentetik petrol eldesi çalışmalarına önem verilmiştir. Bitümlü şeyller, 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizi ile bir kez daha gündeme gelmiş olup, bu dönemde sentetik petrol eldesine ve elektrik üretimine yönelik yoğun çalışmalar yapılmıştır. Bugün de bitümlü şeyller üzerinde yoğun çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmalardan bazıları şunlardır: Bozdemir (1991), Hall ve Douglas (1983), Hufnagel (1991), Jones, (1987), Powel (1986). Türkiyedeki bitümlü şeyl araştırmaları 1928 yılında başlamıştır. Türkiyedeki bitümlü şeyl aramaları ilk yıllarda ham petrol üretme amacı ile sürdürülmüştür. Fakat şeyllerin petrol eldesi için ekonomik olamayacakları sonucuna varılarak araştırmalarına ara verilmiştir.

Bu araştırmancın amacını ülkemizde çok zengin bir rezervi olan gölsel

bitümlü kayaçların organik jeokimyasal ve ekonomik yönünden değerlendirilmesi oluşturmaktadır. İncelenen gölsel tortullar şeyl ve marn litolojilerini yansımaktadır. Araştırmanın amacına yönelik olarak organik jeokimyasal analizler, gaz kromatografisi, organik petrografik ve yakma deneyleri gerçekleştirılmıştır. İlkemizde Paleosen-Eosen ve Miyosen göl tortulları içinde çok yaygın olarak bitümlü seviyeler mevcuttur. Bahis konusu bitümlü kayaçların hangi yönde değerlendirilebileceklerine yönelik çalışmalar yok denecek kadar azdır. Dolayısı ile bu araştırma ileriye yönelik çalışmalara ışık tutacak olması bakımından önem arzetmektedir.

2. MATERİYAL VE METOD

Bu çalışmada organik jeokimyasal analizler ve yakma deneyleri için Paleosen-Eosen ve Miyosen yaşı gölsel bitümlü kayaç örneklerinden çukur kazma yöntemiyle (yaklaşık 30 cm derinliğinde) alınan örnekler kullanılmıştır.

Toplam organik karbon (TOC) WR-12 tipindeki cihazda tayin edilmiştir. TOC analizlerinin devamında kayaç örneklerinden Piroliz cihazı kullanılarak (Oil Show Analyzer) S_1 , S_2 , T_{max} , ve Hidrojen İndeksi (HI) değerleri elde edilmiştir.

Doymuş ve aromatik fraksiyonlar VARIAN 3700 tipindeki gaz kromatogramında doymuş hidrokarbonlar için Yakma İyonlaştırma Dedektörü (FID); aromatik hidrokarbonlar için ise

Yakma Fotometri Dedektörü (FPD) kullanılarak elde edilmiştir.

Petrografik incelemeler geçirilmiş ışık mikroskopunda yapılmıştır. Bitümlü kayaçlar MTA Laboratuvarlarında ısı değerleri, nem ve kül yüzdeleri ile yoğunluk tayinlerine tabi tutulmuşlardır. Isı değerleri DuPont 9900 ısisal analiz sistemine bağlı olarak çalışan "Türevsel Taramalı Kalorimetre" ile yapılmıştır. Tayinler sonucunda her numune için üst ve alt ısı değerleri hesaplanmıştır.

3. ORGANİK JEOKİMYASAL İNCELEMELER

Bu çalışmada kaynak kaya potansiyeline sahip 42 adet örnek üzerinde Toplam Organik Karbon (% TOC) ve Piroliz analizleri yapılmıştır. Bitümlü kayaçların sentetik petrol üretim potansiyellerinin belirlenebilmesi için içermiş oldukları organik madde miktarı, organik madde tipi ile birimin ısisal olgunlaşmasının mutlaka bilinmesi gereklidir.

3.1. Organik Madde Miktarı

Petrol üretken kaynak kayaların sahip oldukları organik madde miktarlarının karbonatlar için (0.3 % ve şeyller için (0.5 olması gereklidir (Peters ve Moldowan, 1993). Bununla birlikte çok yüksek organik karbon içeriği mutlaka o birimin iyi bir petrol kaynak kayası olacağını göstermez. Şayet birimin olgunlaşması diyajenez aşamasında ise birimin petrol potansiyeli bulunmaz.

Himmetoğlu / Bolu (Miyosen), Seyitömer / Kütahya (Miyosen), Ulukışla

/ Niğde (Miyosen) ve Kabalar / Bolu (Paleosen-Eosen) havzalarına ait bitümlü kayaç örneklerinin organik madde miktarları % 0.15 ile 57.16 arasında olup, zayıftan mükemmel kadar değişen derecede petrol üretebilecek bir potansiyele sahip olduklarına işaret eder (Tablo 1).

3.2. Organik Madde Tipi

İncelenen havzalara ait bitümlü kayaçların organik madde tipleri piroliz analizlerinden (HI ve Tmax) elde edilen HI-Tmax diyagramı ve organik petrografik yöntemlerle belirlenmiştir. HI-Tmax diyagramına göre incelenen örneklerden otuziki adedinin kerojen tipi Tip I, sekiz adedinin Tip II, iki adet örneğin ise Tip III kerojenden ibarettir (Şekil 2). Organik petrografi yöntemi ile yirmidört adet örneğin kerojen tipi tanımlaması yapılmıştır (Tablo 2). Bunlardan onbeş adet örneğin kerojen tipi % 100 Alg / Amorf, üç adet örneğin kerojen tipi % 70-80 Alg / Amorf + Otsu, beş adet örneğin kerojen tipi % 55-100 Odunsu + Kömürsü organik maddelerden oluşmaktadır.

İncelenen Himmetoğlu/Bolu, Seyitömer / Kütahya, Ulukışla / Niğde ve Kabalar / Bolu gölsel havzalarına ait yirmidört adet bitümlü şeyl örneği; % Amorf Kerojen+ Exinit, % İnertinit ve % Vitrinitten oluşan kerojen tipi - hidrokarbon türüm potansiyeli üçgen diyagramında (Şekil 3) yorumlandıklarında da dört adet örneğin gaz türeten kerojenden, yirmi adet örneğin ise petrol türeten kerojenden

*GÖLSEL BİTÜMLÜ KAYAÇLARIN ORGANİK JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE
EKONOMİK KULLANIM OLANAKLARI*

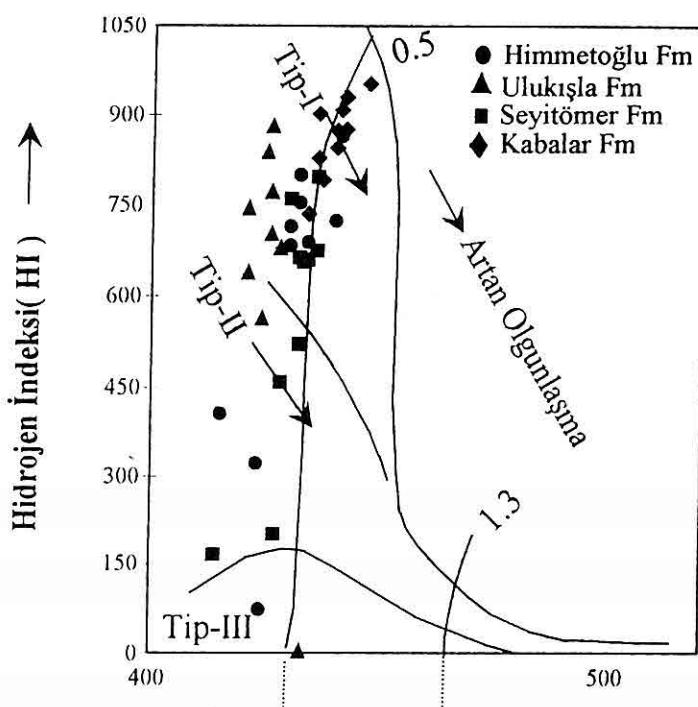
Tablo 1. Organik jeokimya analiz sonuçları.

Formasyon	Yaş	Örnek	TOC %	S1 ppm	S2 ppm	Tmax (°C)	HI	PI	GP
Hımmetoğlu	Miyosen	HM2	6.83	0.31	5.00	424	73	0.07	5.31
	“	HM9	32.46	11.99	232.16	430	715	0.05	244.15
	“	HM11	35.84	10.49	259.70	440	724	0.04	270.19
	“	HM12	56.34	17.82	487.90	441	865	0.04	505.72
	“	HM15	7.70	1.11	31.45	415	408	0.03	32.56
	“	HM17	34.42	13.90	235.53	430	684	0.06	249.43
	“	HM20	40.34	10.85	322.81	432	800	0.03	333.66
	“	HM21	13.58	1.03	43.74	423	322	0.02	44.77
	“	HM22	42.68	10.32	321.92	432	754	0.03	332.24
	“	HM23	57.16	9.40	394.01	434	689	0.02	403.41
Ulukışla	UK7	0.20	0.01	0.01	433	5.0	0.50	0.02	
	“	UK9	5.74	3.05	48.24	425	840	0.06	51.29
	“	UK10	11.42	3.98	73.11	421	640	0.05	77.09
	“	UK12	16.76	5.28	114.08	428	680	0.06	119.36
	“	UK15	17.28	7.18	121.75	426	704	0.06	128.93
	“	UK20	26.88	13.18	208.22	426	774	0.60	221.40
	“	UK21	22.26	10.65	166.5	421	747	0.06	177.15
	“	UK22	13.76	10.19	121.51	426	883	0.08	131.70
	“	UK31	5.74	2.93	32.71	424	565	0.08	35.64
	“	KK1	4.58	0.52	40.15	439	876	0.01	40.67

Tablo 1'in devamı

60

Formasyon	Yaş	Örnek	TOC %	S1 ppm	S2 ppm	S3 ppm	T _{max} (°C)	HI	OI	PI	GP
Seytömer		Miyosen									
"	"	AS1	21.43	2.73	112.06	7.46	432	522	34	0.02	114.79
"	"	AS2	14.77	4.33	98.05	4.85	432	663	32	0.04	102.38
"	"	AS3	26.57	4.55	122.05	11.40	428	459	42	0.04	126.6
"	"	AS4	7.66	0.21	15.46	3.21	427	201	41	0.01	15.67
"	"	AS5	11.53	0.29	19.23	4.28	414	166	37	0.01	19.52
"	"	AS6	3.33	0.62	25.36	1.74	430	761	52	0.02	25.98
"	"	AS7	44.60	10.68	300.96	11.84	436	674	26	0.03	311.64
"	"	AS8	14.94	3.40	98.15	5.26	433	656	35	0.03	101.55
"	"	AS9	34.67	9.02	229.07	9.49	434	660	27	0.04	238.09
"	"	AS10	30.12	7.34	240.15	6.83	436	797	22	0.03	247.49
Kabalar	Paleo.-Eosen	KK2	9.69	-	-	-	-	-	-	-	-
"	"	KK3	8.44	0.46	78.56	-	442	930	-	0.01	79.02
"	"	KK4	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-
"	"	KK5	9.61	0.73	87.29	-	441	908	-	0.01	88.02
"	"	KK6	5.02	0.47	41.58	-	436	828	-	0.01	42.05
"	"	KK7	3.55	0.23	31.05	-	440	874	-	0.01	31.28
"	"	KK8	1.79	-	-	-	-	-	-	-	-
"	"	KK9	7.52	0.43	65.80	-	442	875	-	0.01	66.23
"	"	KK10	4.09	0.60	32.42	-	437	792	-	0.02	33.02
"	"	KK11	10.78	2.13	91.17	-	440	845	-	0.02	93.30
"	"	KK12	4.53	1.24	33.37	-	434	736	-	0.04	34.61
"	"	KK13	7.92	2.66	71.50	-	436	902	-	0.04	74.16
"	"	KK14	5.53	1.47	52.72	-	447	953	-	0.03	54.19



Şekil 2. HI-T_{max} diyagramı (Espitalie ve diğ., 1977).

oluştuğu görülmektedir. Yine aynı havzalara ait bitümlü şeyl örnekleri HI-TOC diyagramı (Şekil 4) üzerinde değerlendirildiklerinde içermiş oldukları organik madde tiplerinin büyük bir çoğunlukla petrol türümüne uygun oldukları görülmektedir.

3.3. İsisal Olgunlaşma

Himmetoğlu / Bolu, Seyitömer / Kütahya, Ulukışla / Niğde ve Kabalar / Bolu gölsel havzalarından derlenen 40 adet bitümlü kayaç örneğine ait ısisal olgunlaşma; piroliz analizleri (T_{max} , PI) ve organik petrografik yöntemle (spor renk indeksi) belirlenmiştir.

Üretim İndeksi ($PI < 0.1$) ve $T_{max}(<435^{\circ}\text{C})$ 'in düşük değerleri

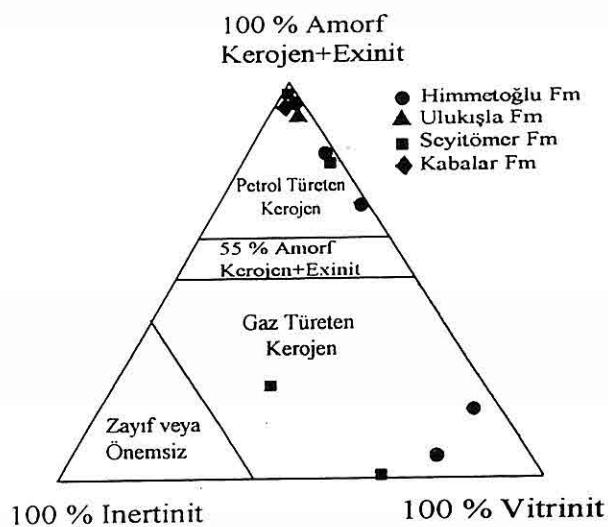
olgunlaşmamış organik maddeyi, PI (> 0.4) ve $T_{max} (> 465^{\circ}\text{C})$ 'ın yüksek değerleri ise aşırı olgun organik maddeyi (gaz zonu) işaret eder (Peters, 1986).

İncelenen örneklerde ait PI değerleri 0.01 - 0.6 ve T_{max} değerleri ise 414 - 447 °C arasında değişmektedir (Tablo 1). Kabalar / Bolu (Paleosen-Eosen) bitümlü kayaçlarına ait T_{max} değerleri 434-447 °C arasında değişmekte olup, bu değerler birimin olgunlaşmasının petrol türüm evresi başlangıcında olduğunu gösterir. Ulukışla / Niğde (Miyosen) bitümlü kayaçlarına ait UK-7 ve UK-20 nolu örneklerde $T_{max}(433-426^{\circ}\text{C})$ değerlerinin düşük, PI değerlerinin (0.5-0.6) yüksek olmasının sebebi örneklerdeki kil içeltilerinin yüksek

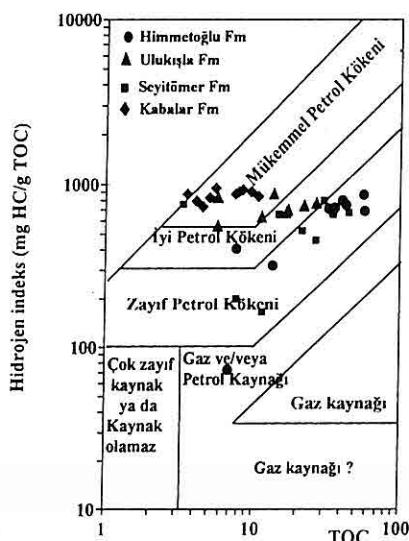
Tablo 2. Organik petrografi analiz sonuçları

Formasyon	Yaş	Örnek	%Alg/Amorf)	% Otsu	% Odunsu	% Körmürsü	SCI
Hımmetoğlu Miyosen	HM-2	-	5	80	15	4.0-5.0	
"	“	HM-9	100	-	-	3.0-4.0	
"	“	HM-17	100	-	-	3.5-4.0	
"	“	HM-21	10	5	80	5	
"	“	HM-23	60	10	30	-	
Seyitömer	AS-1	60	20	20	-	4.0-4.5	
"	“	AS-3	60	20	20	3.0-40	
"	“	AS-4	-	70	30	3.5-5.0	
"	“	AS-5	40 (Karasal)	5	50	3.0-4.0	
"	“	AS-8	100	-	-	4.0-4.5	
"	“	AS-10	100	-	-	3.0-5.0	
Ulukışla	UK-7	5	-	-	-	3.0-5.0	
"	“	UK-9	100	-	-	2-3	
"	“	UK-12	100	-	-	3-3.5	
"	“	UK-15	100	-	-	3	
"	“	UK-20	100	-	-	2.5-3	
"	“	UK-21	100	-	-	2.5-3	
"	“	UK-31	Cök Az Algal Kökenli Organik Madde	-	-	2-2.5	
Kabalar	Paleo.-Eosen	KK-1	100	-	-	4.0-4.5	
"	“	KK-5	100	-	-	4.0-4.5	
"	“	KK-7	100	-	-	3.5-4.0	
"	“	KK-9	100	-	-	3.5-4.0	
"	“	KK-11	100	-	-	4.0-4.5	
"	“	KK-14	100	-	-	4.0-4.5	

*GÖLSEL BİTÜMLÜ KAYAÇLARIN ORGANİK JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE
EKONOMİK KULLANIM OLANAKLARI*



Şekil 3. Maseral grup bileşimi ve hidrokarbon türüm potansiyeli üçgen diyagramı



Şekil 4. HI-TOC diyagramı (Jackson ve dig., 1985).

olması nedeniyedir.

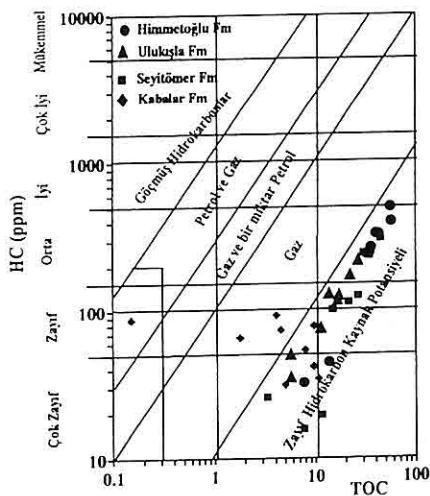
İncelenen havzalara ait yirmidört adet

bitümlü şeyl örneğinin spor renk indeksi (SCI) değerleri ise 2.0-5.0 arasında değişmektedir (Tablo 1). Olgunlaşma değerlerine (T_{max} , PI ve spor renk indeksi) göre; Kabalar / Bolu (Paleosen-Eosen) havzasına ait bitümlü şeyl örneklerinin olgunlaşmasının diyajenez ile bitüm/petrol türüm evresi başlangıcında olduğu; Hımmetoğlu / Bolu, Seyitömer / Kütahya, ve Ulukışla / Niğde havzalarına ait bitümlü şeyl örneklerinin ise henüz diyajenez aşamasında oldukları görülmektedir.

3.4 Hidrokarbon Türüm Potansiyeli

Hımmetoğlu / Bolu, Seyitömer / Kütahya, Ulukışla / Niğde ve Kabalar / Bolu havzalarına ait bitümlü şeyl örneklerinin hidrokarbon türüm potansiyelleri HC-TOC diyagramı (Şekil 5) üzerinde yorumlandıklarında Kabalar /

Bolu havzasına ait bir adet örneğin petrol, üç adet örneğin ise gaz üretmiş olduğu diğer havzalara ait örneklerin ise olgunluklarının çok düşük olmaları nedeniyle petrol ve gaz üretmedikleri görülmektedir.



Şekil 5. HC-TOC diyagramı (Wehner, 1989).

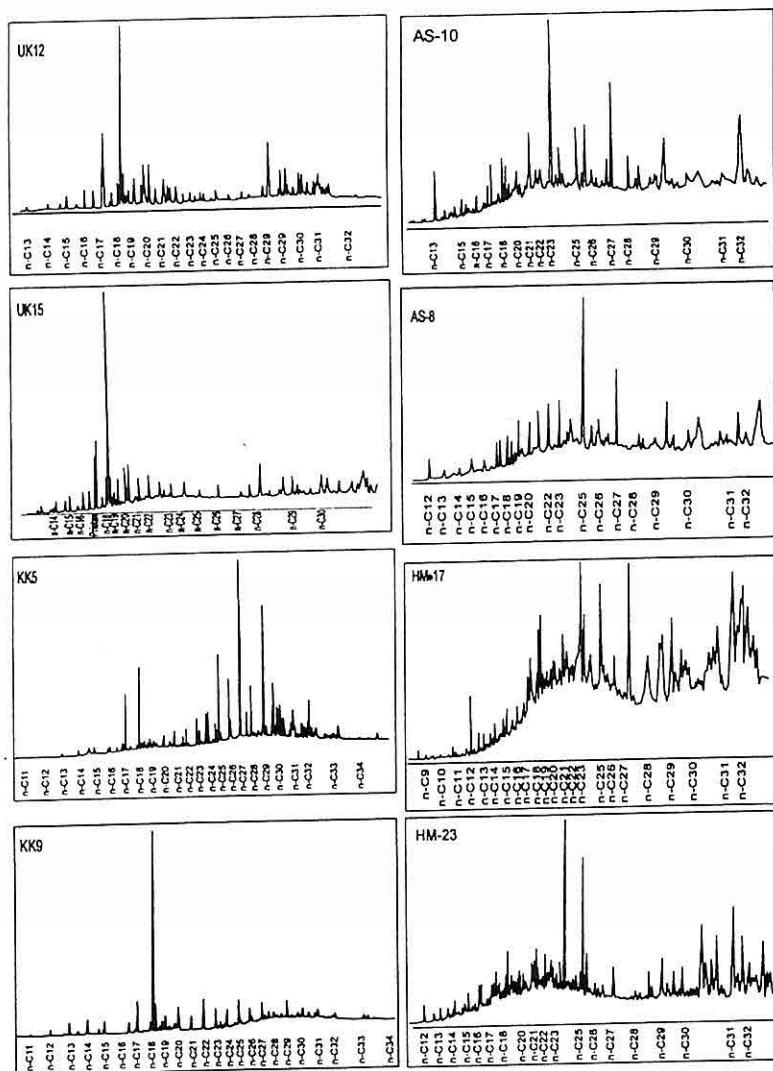
3.5 . Gaz Kromatografi Analizleri

Himmetoğlu / Bolu (Miyosen), Seyitömer / Kütahya (Miyosen), Ulukışla / Niğde (Miyosen) ve Kabalar / Bolu (Paleosen-Eosen) gölsel havzalardan derlenen 8 adet bitümlü şeyl örneğine ait n-alkan dağılımları, isoprenoid (Pr/Ph) oranları ve karbon tercih indeks değerleri (CPI) Şekil 6' da verilmektedir. Bu kromatogramların göze çarpan özellikleri düşük değerlikli n-alkanların, fitanın (Ph) maksimum pikler sunması ve büyük oranda çözülmemiş kompleks organik madde karışımının

bulunmasıdır. Çözülmemiş kompleks organik madde maddenin olgun olmayan karakterini yansıtır. İzoprenoid (Pr/Ph) oranları incelenen 8 adet örneğinin Pr/Ph oranları (0.15-0.68) 1' den küçüktür (Şekil 6). Pr/Ph oranı ya organik maddenin depolanma ortamının anoksik ($\text{Pr}/\text{Ph} < 1$) yada oksik ($\text{Pr}/\text{Ph} > 1$) olduğunu gösterir (Tissot and Welte, 1984, Didik ve diğ., 1978). Pristan ve Fiton'ın her ikisi de Fiton' den türerler ve anoksik ortamlarda Fiton' den Fiton, oksitleyici ortamlarda ise Pristan oluşur.

Himmetoğlu/Bolu, Seyitömer/Kütahya, Ulukışla/Niğde ve Kabalar/Bolu havzalarına ait örneklerin Pr/Ph oranlarının (0.15-0.68) 1' den küçük olması örneklerin anoksik koşullarda çökeldiğini göstermektedir. Şekil 6 dan da görüldüğü gibi çift karbon sayılı n-alkanlar tek karbon sayılılardan daha baskındır. Karbon Tercih İndeksi (CPI) değerleri Cruiale (1983)' e göre $C_{16}-C_{24}$ ve $C_{26}-C_{32}$ arasında dağılım gösteren n-alkanlara göre hesaplanmış olup, bu değerler Seyitömer / Kütahya (Miyosen) örnekleri dışında genellikle 1' den küçük ya da 1'e yakındır. Bu durum çift sayılı n-alkanların tek sayılı n-alkanlardan daha baskın olduğuna işaret eder. CPI değerlerinin 1.2 den yüksek değerleri genellikle olgunlaşmamış organik maddeyi yani bitümü temsil eder. Bazı olgunlaşmamış organik maddelerin CPI değerleri 1.0' e çok yakın olabilir. Bu durum ya organizmanın kaynağından ya da düşük sıcaklık proseslerinden kaynaklanabilir (Waples, 1981). İncelenen gölsel havzalardan derlenen 8

*GÖLSEL BİTÜMLÜ KAYAÇLARIN ORGANİK JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE
EKONOMİK KULLANIM OLANAKLARI*



Şekil 6. Gaz kromatografi analiz sonuçları

adet bitümlü kayaç örneğinin CPI değerleri genellikle 1.0'den yüksek olup, bu durum organik maddelerin henüz yeterince olgun olmadığına işaret eder. CPI değerlerinin C₂₆-C₃₂ arası n-alkanlarda 1' den küçük oluşu organik maddenin lipidlerce zengin olduğunu işaret eder. Ulukışla / Niğde (Miyosen)

örneklerinde C₂₆-C₃₂ arası n-alkanlarda CPI değerleri 1' den küçüktür. Diğer bölgelerden alınan örneklerde ait C₂₆-C₃₂ arası n-alkanlarda ise CPI değerleri 1.2 - 4.2 arasında değişmekte olup, bu durum karadan taşınmış organik maddelerin varlığına işaret eder (Simoneit, 1982). C₁₆-C₂₄ arası n-alkanlardaki CPI

değerlerinin 1' den büyük olması genellikle denizel planktonlardan türeyen organik maddeleri gösterir (Hunt, 1979).

4. BITÜMLÜ KAYAÇLARIN KULLANIM OLANAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu incelemede Hımmetoğlu/Bolu bitümlü kayaçları dışında kalan diğer havzalardan alınan örnekler çeşitli yakma analizlerine tabi tutulmuşlardır. Nem % sinden kuru olarak gösterilen numuneler havada kuru anlamını taşımaktadır. Bu tip numuneler % 2 - 4 arası nem ihtiyacını etmektedir. Kimyasal analizler sonucu yüzey numunelerin derinlik numunelerine oranla daha yüksek ısı değerine sahip oldukları görülmüştür.

Seyitömer / Kütahya, Ulukışla / Niğde ve Kabalar / Bolu gölsel havzalarından derlenen bitümlü kayaçlara ait orijinal numunelerde alt ısı değeri sıfır (0) kcal/kg, üst ısı değeri ise 3184 kcal/kg' a kadar ulaşmaktadır. Kül oranları orijinal numunelerde % 48.54 ile 67.10 % arasındadır (Tablo 3). İncelenen havzalara ait örneklerin kimyasal analiz sonuçları bitümlü kayaçların kullanılabilme limitlerinde olduğunu göstermektedir. Ancak söz konusu seviyelerin üst ısı değerleri havza genelinde homojen bir yayılım göstermemektedir. Harmanlanmış örneklerde ortalama ısı değerlerinin son derece düşük olması (100-700 kcal/kg), ekonomik kullanımları açısından olumsuzluk teşkil etmektedir. Bitümlü kayaçlar kullanım olanakları açısından değerlendirildiğinde en önemli

ozelliklerinden bir tanesi ısıtma yolu ile petrol elde edilebilmesidir. Bitümlü kayaçların ekonomik ve teknolojik kullanımında kabul edilen minumun petrol içeriği sınırı olan % 4, yaklaşık 750 kcal/kglik ısı değerine karşılık gelir. Şeyl petrolünün özgül ağırlığı 0.87-0.97 gr/cm³ arasında değişmekte olup, olsunlaşmanın düşük oluşu nedeniyle oksijen, azot ve kükürt oranları ham petrole göre daha yüksektir. Bitümlü şeyllerden ısıtma yoluyla petrol üretiminde, şeyller bulundukları yerde veya bulundukları yerden çıkarıldıkta sonra piroliz edilerek yapılır.

Dünyadaki şeyl petrolü rezervleri ton başına en az 42 litre petrol içeriği ile 530 000 109 m³ dır. Bu da bugün bilinen ham petrol rezervlerinden fazladır (Burger, 1973).

Kukersit tipindeki bitümlü şeyllerden Estonya'da elektrik, gaz, sivilaştırılmış hidrokarbon ve diğer kimyasal ürünlerin eldesinde yararlanılmakta olup, Leningradın büyük bir bölümünde buradan elde edilen gaz kullanılmaktadır (Knutson ve diğ., 1987).

Bitümlü kayaçların en önemli kullanım olanaklarından biriside toz haline getirildikten sonra katı yakıt olarak termik santrallarda kullanılabilirler. Uluslararası standartlara göre bitümlü kayaçlar 700-800 kcal/kg'lık ısı değerleri ile termik santrallarda linyit ile karıştırılarak katı yakıt olarak kullanılabilirler. Akişkan yataklı yakma sisteminde, Seyitömer (Kütahya) sahasından elde edilen bitümlü şeyller linyit ile karıştırılarak kullanılmıştır.

**GÖLSEL BITÜMLÜ KAYAÇLARIN ORGANİK JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE
EKONOMİK KULLANIM OLANAKLARI**

Tablo 3. Yakma analizi sonuçları

ULUKIŞLA/NİĞDE		Orijinal Num.	Havada Kuru Num.	Kuru Num.	Susuz., Külsüz Num.
UK 9	Su %	2.89	-	-	-
	Kül %	50.36	-	51.86	-
	Alt Isı Değeri kcal/kg	30.25	-	3133	-
	Üst Isı Değeri kcal/kg	3177	-	3272	-
Örnec No		Orijinal Num.	Havada Kuru Num.	Kuru Num.	Susuz., Külsüz Num.
UK 10	Su %	6.29	4.02	-	-
	Kül %	59.73	61.18	63.74	-
	Aşağı kal. kcal/kg	1614	1667	1761	-
	Üst Isı Değeri kcal/kg	1749	1791	1866	-
Örnec No		Orijinal Num.	Havada Kuru Num.	Kuru Num.	Susuz., Külsüz Num.
UK 11	Su %	8.36	4.34	-	-
	Kül %	59.71	62.33	65.16	-
	Alt Isı Değeri kcal/kg	1403	1491	1585	-
	Yukarı kal. kcal/kg	1544	1612	1685	-
Örnec No		Orijinal Num.	Havada Kuru Num.	Kuru Num.	Susuz., Külsüz Num.
UK 15	Su %	7.97	3.82	-	-
	Kül %	58.37	61.01	63.43	-
	Alt Isı Değeri kcal/kg	1386	1475	1557	-
	Üst Isı Değeri kcal/kg	1530	1599	1663	-
Örnec No		Orijinal Num.	Havada Kuru Num.	Kuru Num.	Susuz., Külsüz Num.
UK 16	Su %	6.33	4.11	-	-
	Kül %	55.71	57.03	59.47	-
	Alt Isı Değeri kcal/kg	1712	1766	1867	-
	Üst Isı Değeri kcal/kg	1858	1902	1984	-
Örnec No		Orijinal Num.	Havada Kuru Num.	Kuru Num.	Susuz., Külsüz Num.
UK 21	Su %	2.46	1.93	-	-
	Kül %	48.54	48.80	49.76	-
	Alt Isı Değeri kcal/kg	3028	3048	3119	-
	Üst Isı Değeri kcal/kg	3184	3201	3264	-
KABALAR/BOLU		Orijinal Num.	Havada Kuru Num.	Kuru Num.	Susuz., Külsüz Num.
*BG 2	Su %	-	-	-	-
	Kül %	-	-	-	-
	Alt Isı Değeri kcal/kg	613	-	-	-
	Üst Isı Değeri kcal/kg	1130	-	-	-

Tablo 3.'ün devamı

Örnek No		Orijinal Num.	Havada Kuru Num.	Kuru Num.	Susuz,Külsüz Num.
*BG 5	Su %	-	-	-	-
	Kül %	-	-	-	-
	Alt Isı Değeri kcal/kg	535	-	-	-
	Üst Isı Değeri kcal/kg	1834	-	-	-
Örnek No		Orijinal Num.	Havada Kuru Num.	Kuru Num.	Susuz,Külsüz Num.
*BG 7	Su %	-	-	-	-
	Kül %	-	-	-	-
	Alt Isı Değeri kcal/kg	0	-	-	-
	Üst Isı Değeri kcal/kg	2017	-	-	-
Örnek No		Orijinal Num.	Havada Kuru Num.	Kuru Num.	Susuz,Külsüz Num.
*BG 9	Su %	-	-	-	-
	Kül %	-	-	-	-
	Alt Isı Değeri kcal/kg	0	-	-	-
	Üst Isı Değeri kcal/kg	2080	-	-	-
SEYİTÖMER/ KÜTAHYA		Orijinal Num.	Havada Kuru Num.	Kuru Num.	Susuz,Külsüz Num.
KT 5	Su %	-	-	-	-
	Kül %	67.1	-	77.0	-
	Alt Isı Değeri kcal/kg	350	300	-	-
	Yukarı kal. kcal/kg	690	601	-	-
Örnek No		Orijinal Num.	Havada Kuru Num.	Kuru Num.	Susuz,Külsüz Num.
KT 7	Su %	-	-	-	-
	Kül %	62.0	-	72.6	-
	Alt Isı Değeri kcal/kg	275	178	-	-
	Üst Isı Değeri kcal/kg	772	661	-	-
KT 9		Orijinal Num.	Havada Kuru Num.	Kuru Num.	Susuz,Külsüz Num.
KT 9	Su %	-	-	-	-
	Kül %	67.1	-	77.0	-
	Alt Isı Değeri kcal/kg	350	300	-	-
	Yukarı kal. kcal/kg	690	601	-	-
Örnek No		Orijinal Num.	Havada Kuru Num.	Kuru Num.	Susuz,Külsüz Num.
KT 12	Su %	-	-	-	-
	Kül %	62.0	-	72.6	-
	Alt Isı Değeri kcal/kg	275	178	-	-
	Üst Isı Değeri kcal/kg	772	661	-	-

*BG nolu örnekler Şener ve Şengüler'den (1998) alınmıştır

GÖLSEL BİTÜMLÜ KAYAÇLARIN ORGANİK JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE EKONOMİK KULLANIM OLANAKLARI

Linyit ile belirli oranda karıştırılarak yakılan bitümlü kayaçlar için en uygun karışımın % 80 linyit ve % 20 bitümlü şeyl olduğu belirlenmiştir. Bu karışım yakıldığında, bitümlü kayaçlar bileşiminde bulunan karbonat nedeniyle emici bir özellik göstererek baca gazlarının desülfirizasyonuna yardımcı olmakta, ayrıca kükürtten kaynaklanan çevresel etkileri de en aza indirmektedir. Böyle bir uygulama ile ayrıca termik santrallarda kullanılan kömürden % 20 tasarruf sağlanacaktır (Şengüler, 1999).

Bitümlü kayaçların termik santrallerde kullanımı söz konusu olduğunda çevresel etkileri gündeme gelmekte ve atık kül problemi tartışılmaktadır. Ancak entegre bir tesis ile atık küllerden çimento hammaddesi üretiminde yararlanmak mümkündür. Böylece bitümlü kayaçlardan, hem enerji hammaddesi olarak yararlanılmakta hem de atık küller kullanarak çimento üretilmektedir. Ayrıca aynı kompleks içinde, atık küllerden kıymetli metalik bileşenler de (Vanadyum, Uranyum vb.) elde edilmektedir.

Yerküre de en çok bulunan Si, Fe, Al, Ca, K, Mg, Na, ve Ti ana elementleri oluşturmaktadır. Bu elementler organik sedimanter kayaçlar içerisinde önemli bir yer tutan bitümlü şeyllerde önemli oranda yer almaktadır. Bu elementler yanma sırasında küle geçmeye ve bunların bir kısmı S, P ve N gibi elementlerle bileşikler oluşturarak pirit ve fosforit şecline dönüştürmektedir. Yanma sırasında alkali elementlerin büyük bir kısmı külde kaldığından, alkali elementlerce zengin

bu küller çimento hammaddesi olarak kullanılabilirler. Dotterhausen'de (Almanya) % 70 portland çimentosunun, % 30 yanma artıyla karıştırılmasıyla bitümlü şeyl çimentosu diye bilinen bir çimento üretilmektedir. Bu çimentonun hammaddesini yakılarak enerji elde edilen bitümlü kayaçlar oluşturmaktadır. Bu çimento, normal portland çimentosuyla aynı özellikte olup, küçük hidrasyon ısısına sahiptir. Bitümlü şeylden üretilen diğer yapı malzemeleri hesaba katılmadan, yılda 30.000 ton bitümlü şeyl çimentosu üretilmektedir.

Seyitömer/Kütahya sahasından alınan toplam 150 ton linyit ve bitümlü marn örneği akışkan yataklı yakma sistemine sahip 2 MW 'lık bir pilot santralda değişik oranlarda karıştırılarak yakılmıştır. Yakma havası değişik yollardan ısıtılarak verilmekte olup, santralde yakma işlemlerinde doğal gaz kullanılmaktadır. Denemeler sonucunda en uygun karışımın % 80 linyit ve % 20 bitümlü marn olduğu belirlenmiştir (Şengüler ve Sonel, 1999; Şengüler, 1999).

5. SONUÇLAR

Bu makalede elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur;

1. Bitümlü kayaçların toplam organik madde miktarları % 0.15 ile 57.16 arasında değişmekte olup, bu da incelenen havzalara ait örneklerin zayıftan mükemmelle kadar değişen derecede petrol üretebilecek bir potansiyele sahip olduklarına işaret eder.

2. Havzalara ait bitümlü kayaç

örneklerinin kerojen tipleri çoğunlukla Tip I ve Tip II olup, yalnızca iki adet örneğin ise Tip III kerojenden ibarettir.

3. Olgunlaşma değerlerine (T_{max} , PI ve SCI) göre; Kabalar / Bolu havzasına ait örneklerin diyajenez ile petrol türüm evresi başlangıcında olduğu, diğer havzalara ait bitümlü kayaç örneklerinin ise henüz diyajenez aşamasında oldukları görülmektedir.

4. Gaz kromatografi analizlerine göre bitümlü kayaç örneklerinde Pr/Ph oranlarının (0.15 - 0.68) 1' den küçük olması örneklerin anoksik koşullarda çökeldiğini göstermektedir.

5. Kabalar/Bolu göl havzasına ait kayaçların gerek organik madde miktarları, tipi ve gerekse olgunlaşmaları bu havzaya ait bitümlü şeyllerin petrol kaynak kaya potansiyellerinin bulunduğuunu göstermektedir.

6. Himmetoğlu/Bolu, Seyitömer/Kütahya, Ulukışla/Niğde havzalarına ait kayaçların gerek organik madde miktarları ve gerekse organik madde tipleri bu havzalara ait bitümlü kayaçlardan petrol elde edilmesine uygun oldukları görülmektedir. Ancak Ulukışla bitümlü kayaçlarının damar kalınlıkları ve yayılımlarının sınırlı olması petrol eldesi için olumsuzluk teşkil eder.

7. Seyitömer/Kütahya ve Kabalar/Bolu havzasına ait bitümlü kayaçların üst ısı değerlerinin 2080 kcal/kg olması termik santrallarda katı yakıt olarak kullanılabileceğini gösterir. Ulukışla/Niğde havzasına ait bitümlü kayaçların üst ısı değerlerinin 3184 kcal/kg'a ulaşmasına rağmen, damar kalınlıkları ve

yayılımlarının yeterli olmaması bitümlü kayaçların termik santrallarda katı yakıt olarak yararlanılamayacağını gösterir.

6. KATKI BELİRTME

Bu araştırma A.Ü. Araştırma Fonu Tarafından desteklenen 98050101 ve 98050108 nolu projeler kapsamında gerçekleştirılmıştır. A.Ü. Araştırma Fon Müdürlüğü ve çalışan elemanlarına bu projelerin her aşamasındaki katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

7. KAYNAKLAR

Akkuş, M.F., 1981, Bitümlü Şeyl ve Türkiyedeki Bitümlü Şeyl Yataklarından Yararlanma Olanakları. Yeryuvari ve İnsan, Cilt: 6, Sayı: 1-2

Bozdemir, M., 1991, Günümüz Türkîyesinde alternatif bir yakma sistemi olarak aşıksan yataklı yakma. Standart Dergisi, Mart, TSE Yayıncılık, Ankara.

Burger, J., 1973, L exploitation des pyroschistes on schistes biumeux: Rev. Int. Fr. Petr., 3, 315-372

Cruiale, A. J. 1983, Petroleum occurrence and source rock potential of the Quachita Mountains Southeastern Oklahoma. Oklahoma Geological Survey Bull., 135, 1-65.

Didik, M. D., Simoneit, B. R. T. , Brassel, S. C. and Eglington, G., 1978, Organic geochemical indicators of paleoenvironmental conditions of sedimentation. Nature, 272, 216-222.

Espitalie, J., Madec, M., Tissot, J., Menning, J. and Leplat, P., 1977, Source rock characterization method for petroleum exploration. Proc., 9th Annual

**GÖLSEL BİTÜMLÜ KAYAÇLARIN ORGANİK JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE
EKONOMİK KULLANIM OLANAKLARI**

- Offshore Technology Conf.*, 3, 439-448.
Hall, P. B. and Douglas, A. G., 1983,
The distribution of cyclic alkanes in two lacustrine deposits. In *Advances in Organic Geochemistry 1981*, (Edited by Bjroy, M. et al.), pp.576-587, Wiley.
- Hufnagel, H., 1991, *Investigation of oil shale deposits in western Turkey*. Technical report part 2, project No. 84. 2127.3. BRG, Hannover.
- Hunt, J.M., 1979, *Petroleum Geochemistry and Geology*. pp. 617, Freeman, W. H. and Company, San Francisco.
- Hutton, A.C., 1987, *Petrographic classification of Oil shales*. International Journal of Coal Geology, 8, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, pp: 203-231.
- Jackson, K. S., Hawkins, P. J. and Bennett, A. J. R., 1985, *Regional facies and geochemical evaluation of southern Denison Trough*. APEA Jour. 20, 143 - 158.
- Jones, R.W., 1987, *Organic facies*, in J. Brooks and D. Welte, eds, *Advances in petroleum geochemistry*: New York, Academic, pp. 1-9.
- Knutson, C.F., Dana, G.F., Solt;, G., Hutton, A.C., Russel, P.L., Macauley and Gand Piper E.M., 1987, *Developments in Oil Shale in 1986*. Then American Association of Petroleum Geologists Bulletin World Energy Developments, v. 71, no. 10 B, p. 374-383.
- Peters, K.E. 1986, *Guidelines for evaluating petroleum source rocks using programmed pyrolysis*: AAPG Bulletin, 70, 318-329.
- Peters, K.E., and Moldowan, J.M., 1993, *The biomarker guide: interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments*: Englewood Cliffs. New Jersey, Prentice Hall, 363.
- Powel, T. G., 1986, *Petroleum geochemistry and depositional setting of lacustrine source rocks*. Marine Petrol. Geol., 3, 200-219.
- Sarı, A. ve Sonel, N., 1995, *Kayabaşı (Göynük-Bolu) Bölgesinin Bitümlü Şeyl İncelemeleri*. Türkiye Enerji Bülteni. c. 2, s 1.
- Sarı, A., 1999, *Himmetoğlu formasyonu (Göynük-Bolu) bitümlü şeyllerinin organik jeokimyasal incelemesi*. 1. Batı Anadolu Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı. s.143-150.
- Sarı, A. ve Çelik, M.Y., 1999, *Seyitömer formasyonu (Aslanlı-Kütahya) bitümlü şeyllerinin organik jeokimyasal incelemesi*. 1. Batı Anadolu Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s 8-14.
- Sarı, A., Sütçü, B.ve Sonel, N., 1999, *Mezgit formasyonu (Ş.Koçhisar) bitümlü Şeyllerinin hidrokarbon potansiyeli*. 11. Mühendislik Haftası Yerbilimleri Sempozyumu Bildiri Özleri, 20-23 Ekim, Isparta.
- Simoneit, B. R. T., 1982, *The composition, sources and transport of organic matter to marine sediments*. In: Thomson, J.A.J. and Jameison, W. D . (eds). *The Organic Geochemical Approach; Marine Chemistry in to the Eighties*. National Res. Coun. Canada, Ottawa., 82-112.
- Sonel,N., Sarı, A., Toprak, Ö. ve Sengüler, İ., 1999, *Ulukişla (Niğde)*

Bitümlü Şeyllerinin organik jeokimyası ve ekonomik kullanım olanakları. Yerbilimleri Sempozyumu. 11. Mühendislik Haftası Yerbilimleri Sempozyumu Bildiri Özleri, 20-23 Ekim, Isparta.

Sener, M. and Sengüler, İ., 1998, Geological, mineralogical and geochemical characteristics of oil shale bearing deposits in the Hatıldag oil shale field, Göynük, Turkey. Fuel, v. 8, p.871-880.

Sengüler, İ., 1994, Bitümlü Şeyl, Türkiye Enerji Bülteni, Cilt:1, Sayı:1, Ankara.

Sengüler, İ., 1985, Bitümlü Şeylden Yararlanma. Yeryuvarı ve İnsan, Cilt: 10, Sayı: 4.

Sengüler, İ., 1999, Seyitömer (Kütahya) yöresi petrollü şeyllerinin ekonomik kullanım olanaklarının araştırılması. Doktora tezi (yayınlanmamış), Ank. Üni. Fen Bilimleri Ens., 193, Ankara.

Sengüler, İ. ve Sonel, N., 1999, Enerji hammaddesi olarak bitümlü kayaçlar:

seyitömer bitümlü marnlarının katı yakıt olarak kullanımı. 1. Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Bildiriler kitabı, 136-142, İzmir.

Tekin, E. ve Sarı, A., 1999, Kabalar formasyonu (Göynük-Bolu) bitümlü şeyllerinin petrografik ve mikrodokusal özellikleri. 11. Mühendislik Haftası Yerbilimleri Sempozyumu Bildiri Özleri, 20-23 Ekim, Isparta.

Tissot, B.P., and Welte, D.H., 1984, Petroleum formation and occurrence; second revised and enlarged edition, Springer-Verlag, Berlin, 699 p.

Ünalan, G., 1976, Bitümlü Şistlerden Petrol Üretme Yöntemleri, Yeryuvarı ve İnsan, Cilt:1, Sayı:3.

Ünalan, G., 1978, Bitümlü Şistlerden Enerji Ham Maddesi olarak yararlanma olanakları: Türkiye 3. Genel Enerji Kongresi 1. Bölüm. Ankara.

Waples, D., 1981, Organic Geochemistry for Petroleum Geologist, Burgess Publishing Company, 151 p.

Wehner, H., 1989, Organic-Geochemical studies in the Visayan basin, Philippines. Gol. Jb. 70, 317-348.

MEYDAN YAYLASI (NİĞDE) CİVARI KARBONATLI ÇINKO-KURŞUN YATAKLARININ MİNERALOJİSİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**M. Gürhan YALÇIN ve Sinan ALTUNCU***N.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde/Türkiye*

ÖZET: İnceleme alanı, Orta Toroslarda, nap tektoniğinin kırık ve faylarının yoğun olduğu bir alan içerisinde yer almaktadır. Devoniyen-Alt Kretase zaman aralığında oluşan çeşitli özelliklerdeki karbonatlı kayaçlar içerisinde, irili ufaklı çok sayıdaki kurşun-çinko cevherleşmesi, damar ve damarcık şeklinde, fay zonları boyunca genellikle K-G, D-B ve KD-GB yönlerindeki tektonik kırıklarla, karst boşluklarında gözlenmektedir.

Söz konusu yataklarda birincil cevher minerali olarak galenit, sfalerit, yanında eser miktarda pirit, kalkopirit, fahlerz (frayberjite), pirotin; ikincil mineral olarak serütit, anglezit, smitsonit, götit, malakit, azurit, hemimorfitt, hidrozinkit, lepidokrosit, gang minerali olarak ise, kalsit, dolomit, kuvars belirlenmiştir. Cevher parejenezlerine ait oluşan bu mineraller ve bunların optik özellikleri ile sfaleritte %5-7 Fe, % 0.13 Cd, 78-210 ppm Mn; galenitte 30-75 ppm Ag, 44.25 ppm Bi ve pirit/markasitte ancak 45 ppm Co ve 87.5 ppm Ni ($Co/Ni=0.51$ ppm) element oranlarının varlığı bize cevherleşmenin düşük sıcaklıklı epijenetik-hidrotermal olarak oluştuğuna işaret etmektedir. Cevherin kaynağını, levha hareketlerine göre oluşan ve inceleme alanın yakın civarında görülen Paleosen-Alt Eosen yaşı Yahyalı Granotoidine bağlı metal iyonları bulunduran cevherli çözeltilerin zayıf zonları kat ederek, yankayaçaların kırık ve çatlaklarına yerleşmiş olabileceği düşünülmektedir. Söz konusu cevherin yerleşimininden sonra, atmosferik şartlar ve hidrotermal etkileşim sonucu karstlaşma, remobilizasyon ve damarlar içerisinde tekrar gökelim gibi süreçlerle cevherleşme son halini almıştır.

MINERALOGY AND GEOCHEMICAL PROPERTIES OF MEYDAN YAYLASI (NIGDE) CARBONACEOU'S LEAD-ZINC DEPOSITS

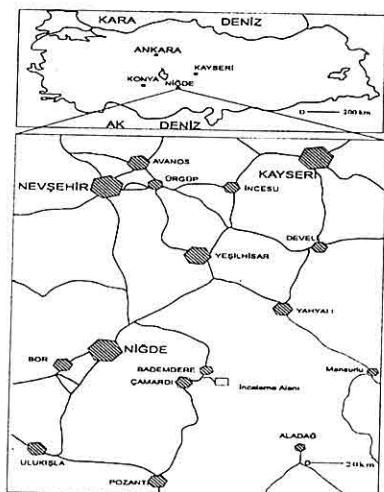
ABSTRACT: The study area is located within a district, which is highly folded and faulted. A great number of lead-zinc mineralizations with varying magnitude are observed in carbonated rocks of Devonian-Lower Cretaceous age. Those mineralizations are mainly in the form of veins and veinlets and they are restricted to the major fault zones that strike N-S, E-W, NE-SW and carstic structures present in the region.

Major primary ore minerals are galena and sphalerite with minor pyrite, chalcopyrite, fahlerz (freibergite), pyrrhotite; and secondary minerals are cerisite, anglesite, smithsonite, goethite, malachite, azurite, hemimorphite, hydrozinkite, and

lepidocrochite. Gangue minerals observed are calcite, dolomite, and quartz. Analytical data indicated that sphalerite contained 5-7 wt. % Fe, 0.13 wt. % Cd, 78-210 ppm Mn, galena contained 30-75 ppm Ag, 44.25 ppm Bi and pyrite/marcasite included only 45 ppm Co and 87.5 ppm Ni ($Co/Ni=0.51$). In conjunction with the optical data, this indicates that the ore mineralization took place at relatively lower temperatures, which could be considered under epigenetic-hydrothermal conditions. This investigation is suggest that the Yahyalı Granitoid of Paleocene-Lower Eocene age is genetically related to the ore mineralizations of the district. This geological set up could result in such mineralizations along with previously formed fractures and faults during and shortly after the emplacement of the granitoid body. Later events, such as atmospheric and hydrothermal interactions, should have shaped the mineralizations resulting in the formation of karstic structures and remobilizations.

1. GİRİŞ

İnceleme alanı, Zamantı Kurşun Çinko Kuşağı içinde Çamardı ilçesinin 20-25 km. kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

Aladağlar ve yakın çevresinde jeoloji ve maden yatakları konularında bir çok inceleme yapılmıştır. Bu çalışmaları genel jeoloji ve maden jeolojisi

çalışmaları şeklinde gruplandırabiliriz. Genel jeolojiye yönelik çalışmaların önemlilerini sıralayacak olursak; Blumenthal (1952), Siyah Aladağ, Çataloturan, Beyaz Aladağ napları ve radyolaritli zonları ayırt etmiştir. Özgül (1976), Torosların Kambriyen-Tersiyer aralığında oluşmuş kaya birimlerini Bolkardağı Birliği, Aladağ Birliği, Geyikdağı Birliği, Alanya Birliği, Bozkır Birliği ve Antalya Birliği olarak adlandırmıştır. Ayrıca birliklerin birbirleri ile uyumsuz dokanaklı olduğunu ve çoğu yerde birbirleri üzerinde allokon örtüler oluşturduğunu belirtmiştir. Yetiş (1978), Ecemış Fayı boyunca bölgenin jeolojik harmasını yapmış ve jeotektoniğini incelemiştir. Tekeli (1980), Toroslarda Aladağların yapısal evrimini yorumlamış ve bu evrimde üç farklı dönemin etkin olduğunu açıklamıştır. Bunlardan birinci evre, Üst Triyas-Alt Kretase zaman aralığını kapsayan duraylı kıta kenarı dönemidir. İkinci evre, Senonye'de kıta kenarının bozulmasını ve ilk ofiyolit

**MEYDAN YAYLASI (NİĞDE) CİVARI KARBONATLI ÇINKO-KURŞUN YATAKLARININ
MİNERALOJİSİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

yerleşmesini kapsayan dönemdir. Üçüncü evre de ise kita kenarının naplanması, peridodit napının yerleşmesi olaylarına bağlı olmuştur. Tekeli ve Erler (1980), bölgedeki allokton ve otokton birimleri incelemişlerdir. Tekeli ve diğerleri (1981), Aladağlar bölgesinde Yahyalı, Siyah Aladağ, Minaretepeler, Çataloturan, Beyaz Aladağ ve Aladağ Ofiyolit Nap birimlerini ayırmışlardır. Ayhan ve Lengeranlı (1986 a ve b), Aladağlarda yaptıkları çalışmalarda naplı seviyeleri Yahyalı napı (Devoniyen ve hatta Siluriyen-Triyas), Siyah Aladağ napı (Üst Devoniyen-Kretase), Çatal oturan napı (Karbonifer Permiyen), Minaretepeler napı (Üst Triyas) ve Beyaz Aladağ napı (Üst Triyas-Kretase) şeklinde açıklamışlardır.

Zamanti provensindeki Pb-Zn cevherleşmelerinin yataklanması, mineralojisi ve jenezine yönelik çalışmalarдан bazıları şu şekilde sıralanabilir; Metag ve Stolberger (1971), tüm Zamanti kuşağı Pb-Zn yataklarının arasındaki ilişkilerini ve karstlaşma evrelerini inceleyerek karbonatlı cevherlerin oluşumunu oksidasyona bağlamışlardır. Ayhan (1983), Aladağlar (Yahyalı-Çamardı) bölgesinde karbonatlı Pb-Zn yataklarında cevherin kaynağını Paleosen-Alt Eosen yaşılı Yahyalı Granitoidi olduğunu belirtmiştir. Ayhan ve Erbayar (1985), Aladağlar yöresinde birbirini izleyen beş ayrı nap içindeki toprak oluşuklarından, yamaç molozu yelpazelerinden ve ezik zonlardan alınan toprak örneklerini jeokimyasal olarak değerlendirmiştir. Bu çalışmaya göre

Siyah Aladağ, Minaretepeler ve Beyaz Aladağ naplarına ait bazı karbonatlı kayaçlar üzerindeki toprakların Pb ve Zn içerikleri anomali toplulukları vermiştir. Ayhan ve Lengeranlı (1986), Pb-Zn ve Fe zuhurlarını kendi arasında korele etmiş, Jura-Kretase napının alt bölgeleri ile napın bitişinde yer alan Siyah Aladağ napının değişik birimlerinin cevherleşme açısından önemli olduğunu saptamış ve yataklanmaların fay doğrultularını KD-GB şeklinde olduğunu bulmuştur. Çevrim (1986), Bölgedeki Pb-Zn cevherleşmelerinin taşınma (mobilizasyon) neticesinde oluştuğunu savunmuştur. Çopuroğlu (1996), ise bölgedeki Pb-Zn cevherleşmelerinin ilk oluşumunun hidrotermal olduğunu belirtmiş daha sonra cevherleşmenin remobilizasyon sonucu kırık ve karstik boşluklara yerlestiğini açıklamıştır.

Meydan yaylasında yaptığımız bu çalışmada Karbonatlı Pb-Zn cevherleşmesinin mineralojik ve jeokimyasal özelliklerine açıklık getirilmeye çalışılmıştır. Çalışma alanından derlenen örneklerde 50 adet parlak kesitte cevher mikroskop incelemeleri ile cevher mineral parajenezi, yapı ve dokuları belirlenmiştir. Aynı parlak kesitler üzerinde scanning elektronmikroskopu ile (TPAO, JEO-JSM-840A, SEM-EDS) Nokta analizleri gerçekleştirilmiştir. Bazı örnekler üzerinde de X-Ray Diffraktometri incelemeleri yapılmıştır. Ayrıca aynı örneklerin kimyasal analizleri AAS yöntemiyle yapılarak ana ve iz element dağılımları belirlenmiştir.

2. BÖLGESEL JEOLOJİ

Blumenthal (1952), inceleme alanındaki birimleri yaşıdan gence doğru sırasıyla Siyah Aladağ, Çataloturan, Beyaz Aladağ Napları ve radyolaritli zon isimlerini vermiştir. Tekeli (1980) ve Tekeli ve diğ. (1981), Aladağların yapısal evrimini inceleyerek allokton ve otokton birimlerin yaşını Üst Devoniyen-Alt Kretase yaşı aralığında oluştugunu açıklamış ve çoğunlukla platform tipi karbonatlı kayaçları içeren Aladağ Naplarını alttan üste doğru Yahyalı, Siyah Aladağ, Üst Kuşak, Çataloturan, Minaretepeler, Beyaz Aladağ ve Aladağ Ofiyolitli Melanj istifleri şeklinde sıralamışlardır. Ayrıca bu çalışmacılara göre bölgede Üst Triyas-Alt Kretase zaman aralığını kapsayan duraylı kita kenarı, Senonyen de kita kenarının bozulması (faylı yapıların gelişimi) ile devam etmiş ve ilk ofiyolitler yerleşmişlerdir. Maestrihiyen de ise kita kenarının naplanması şeklinde dağ oluşum dönemi sonuçlanmıştır.

İnceleme alanının batısından geçen Ecemî Fayı yaklaşık 80 ± 10 kmlik sol yanal atım göstermektedir (Yetiş, 1978). Bölgedeki tektonik deformasyonlar genellikle bu faya paralel doğrultulu fay sistemleri, küçük kırıklar ve ezilme zonlarıyla karakterize edilmektedir. Bölgenin tektonostratigrafik sınıflamasında nap dizinlerinin en alt seviyesinde Yahyalı Nap'ı yer almaktadır (Ayhan ve Lengeranlı, 1986). Yahyalı Napı, Devoniyen-Üst Permyen yaşı aralığındaki düşük dereceli metamorfizma izleri taşıyan, şistli ve

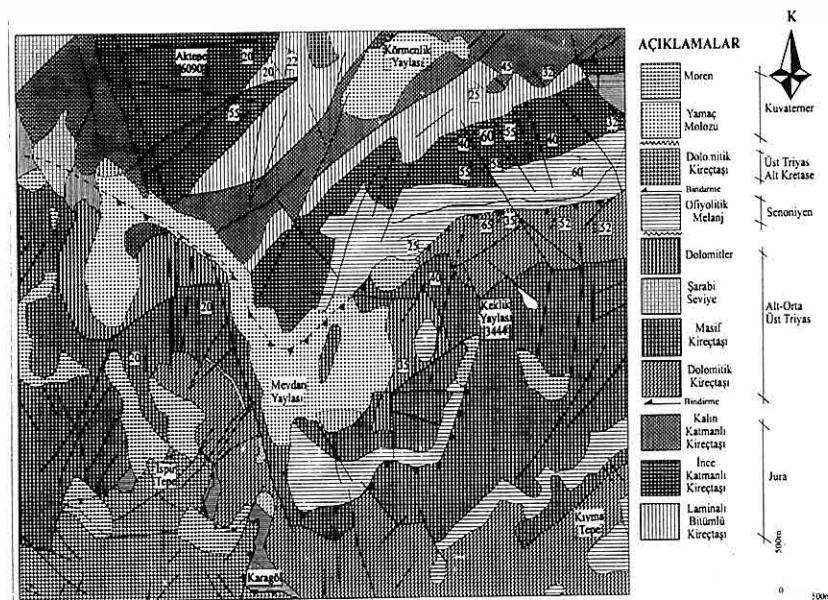
kireçtaşı ardalanmalı birimlerden oluşmuştur. Siyah Aladağ Nap'ı, Üst Devoniyen-Orta Triyas yaşı aralığında karbonatlı ve kırintılı malzemeleri içermektedir. Minaretepeler Napı, Üst Triyas yaşı kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı seviyeleri ile temsil edilmektedir. Çataloturan Napı, Alt Karbonifer-Alt-Orta Triyas yaşı karbonatlı kayaçlar ve volkanik bileşenli ara katkılardan oluşmaktadır. Beyaz Aladağ Nap'ı ise Üst Triyas-Jura yaşı kireçtaşı-dolomitik kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Aladağ ofiyolitli melanji kita şelfi üzerinde Senonyen havzasında gelişmiştir. Tekeli ve diğerleri (1981)'e göre Aladağlarda Üst Paleozoyik boyunca sığ kita içi basen, Triyas-Alt Kretase boyunca Resif ve Resif gerisi ortamın gelişimi söz konusudur (Şekil 2).

3. MEYDAN YAYLASI

ÇEVRESİNİN YEREL JEOLOJİSİ VE CEVHERLEŞMELERİN KONUMU

Cevherleşme İspir tepe'nin yaklaşık 1.5 km. D ve KD'da, vadinin doğu yamaçlarında süreksiz zon halinde yüzeylerler. Bu yatakların çevresini Minaretepeler istifinin şarabi renkli seviyeleri ile dolomitik kireçtaşı seviyeleri kaplar. Minaretepeler istifine ait Üst Triyas yaşı dolomitik kireçtaşları ile açık sarı renkli birimler arasında çoğulukla D-B doğrultulu damarlar şeklinde, galenit ve simitsonit ardalanmasının yaygın olduğu gözlenmektedir.

**MEYDAN YAYLASI (NİĞDE) CİVARI KARBONATLI ÇINKO-KURŞUN YATAKLARININ
MİNERALOJİSİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**



Şekil 2. Meydan Yaylası ve civarının jeolojik haritası (Ayhan, 1983'den faydalanılmıştır)

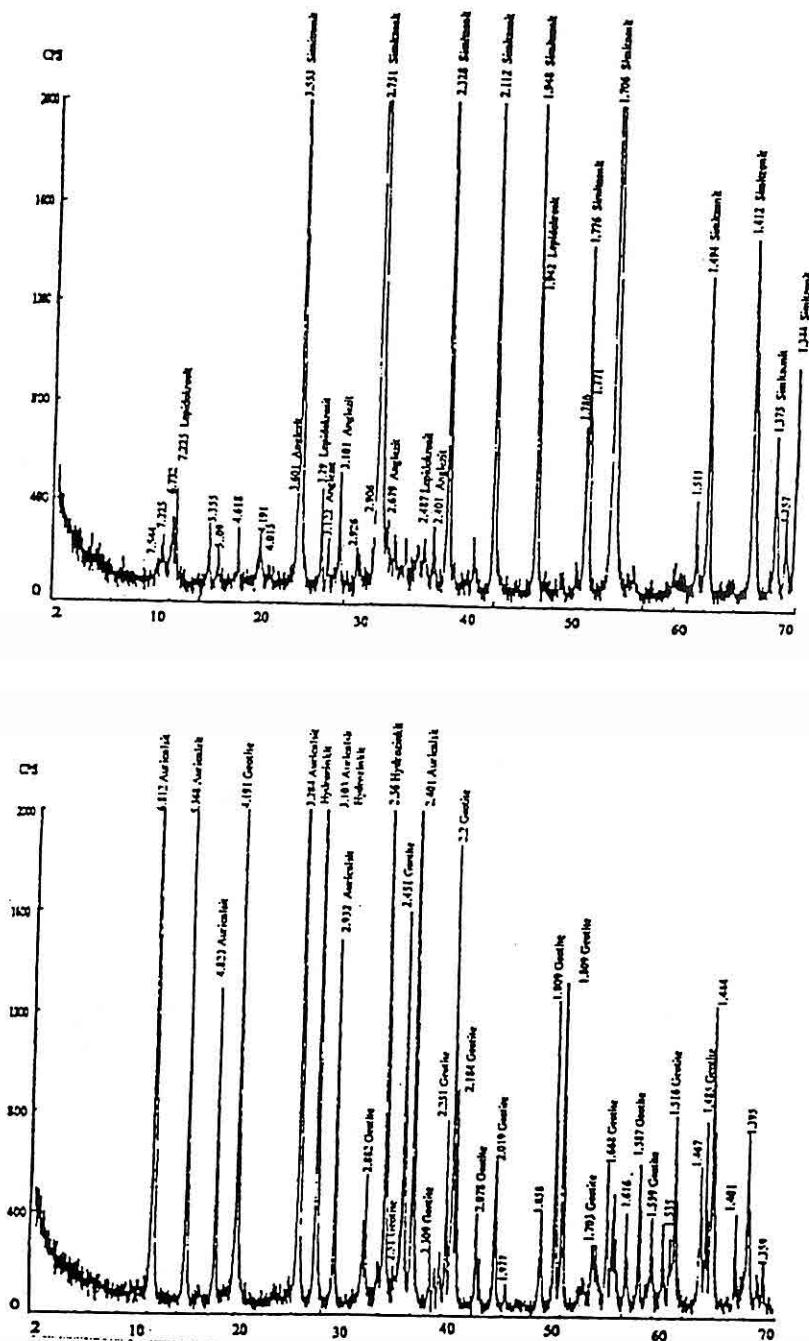
Zuhurlar tektonik kontrollü olup ve çoğunlukla D-B ve D-KD ile B-GB yönü kırık sistemlerine bağlıdır. Cevherlerin yerlestiği yankayaçlar genellikle dolomitize ve dolomitik kireçtaşlarıdır. Ayrıca kırıklardan yanlara doğru cevher damarlarının girmesiyle yankayaçların tabaka düzlemlerine yerleşerek bir ölçüde stratabound konum kazanmışlardır.

4. MİNERALOJİK ÖZELLİKLER

Cevher mikroskopisi ve X-Ray difraktometre (Şekil 3) ile yapılan incelemeler sonucu, sülfürlü cevher mineralleri; galenit, sfalerit, pirit ve freiberijitten; ikincil cevher mineralleri ise, smitsonit, serüzit, anglezit, götit, lepidokrosit, hemimorfit ve hidrozinkit ten oluşmaktadır. İnceleme alanında

oksitli cevher minerallerine göre sülfürlü cevher mineralleri daha az oranda ve genellikle bölgedeki cevherleşmenin alt kotlarında yeralmaktadır.

Galenit, gri metalik parlaklığa, düşük sertliği, parlak beyaz, bazen gümüş grisi renginde, sfalerit yanında beyaz veya mavimtrak renk tonları, izotrop özelliği ile mikroskopta kolayca tanılmaktadır. Dilinimleri oldukça güzel gelişmiş olan galenit mineralleri 200-400 μ boyutlarındadır (Resim 1). Galenitler kırık-çatlak ve dilinimleri boyunca yer yer ileri derecede altere olarak serüzit ve anglezite dönüşmüştür. Galenit bazen bu mineraller içinde artık (relikt) halinde gözlenmektedir. Ayrıca smitsonit içinde de boyutları 5-30 μ arasında değişen galen kristallerine rastlanmaktadır. Galenitçe zengin örneklerin içinde damalar



Şekil 3. Meydan yayları cevherleri örneklerinin X-Ray Difraktogramları

**MEYDAN YAYLASI (NİĞDE) CİVARI KARBONATLI ÇINKO-KURŞUN YATAKLARININ
MİNERALOJİSİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

şeklinde, boyutları 50-100 μ arasında değişen freiberjite rastlanmaktadır. Parlak kesitlerde galenitlerde kama şeklinde kırılma boşlukları oldukça yaygındır (Resim 2). Kırılma boşluklarının kenarları dilinim boşluklarına paralellik göstermektedir.

Sfalerit, sülfürlü cevher minerallerinden bir diğeri olup, parlak kesitlerde küçük kristaller oluştuğunda iyi bir parlaklık, iri kristallerinde ise, güçlükle parlayabilen bir özelliğe sahiptir. 0,8-1,3 mm boyutlarında ve genellikle özsekilsiz veya yarı özsekillidir. Alterasyon sonucu çatlak ve dilinimleri boyunca smitsonite dönüşmüştür. Saf olduğunda parlak gri, demir içerme oranına göre açık sarıdan kahverengiye kadar değişen tonlarda iç yansımı göstermektedir. İçermiş olduğu demir nedeniyle parlak kesit örneklerinde iç yansımalar, kahverengi tonlarında görülür (Resim 3).

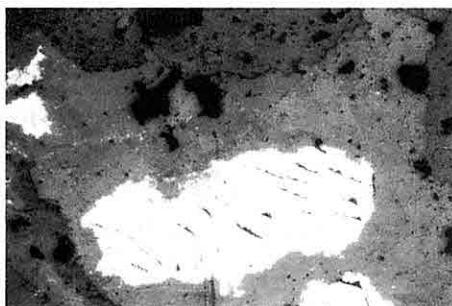
Pirit, miktarca az olup, galen içinde 10-40 μ boyutlarında bulunmakta, smitsonit içinde de bazen öz şekilli kristallerine rastlanılmaktadır. Ayrıca parlak kesit örneklerinde genellikle ayrılmış ve demir oksitli minerallere dönüşmüş halde izlenmektedir. İri taneli pirit kristalleri genellikle kataklastik yapılarda olup, bölgedeki tektonizmanın etkilerini yansıtmaktadır (Resim 4-5).

Smitsonit, inceleme alanımızda sülfürlü mineraller yanında oksit-karbonat türünde en çok görülen minerallerdir. Parlak kesit örneklerinde cevher yapı ve renkleri çok çeşitlidir. Bu çeşitlilik numunelerinin içindeki Zn tenörüne

bağlıdır. Zn tenörü arttıkça hem sertlik artmaka, hem de değişik renkler ortaya çıkmaktadır. İnceleme alanında görülen smitsonit cevherleri açıktan-koyuya kadar kahverenginin bütün tonlarında görülmektedir. Kahverengi renkli smitsonitler önemli oranlarda demir içerirler. Saf veya safın yakın olan cevherler kirli beyazimsi renklidirler. Parlak kesit incelemelerinde bazen kolloform yapı gözlenmeye ayrıca smitsonit minerali içinde boyutları 10-100 μ arasında değişen sfalerit kristallerine rastlanmaktadır.

Hidrozinkit, cevher numunelerinde smitsonite eşlik eden diğer yaygın bir mineral olup, genellikle donuk beyaz renkli ve yuvarlağımsı kümeler halinde, küçük boşlukların çevresinde bol miktarda izlenmektedir. Bu boşluklarda hidrozinkit ile beraber serüzit ve anglezit mineralleride gözlenmektedir. Galenitler kenarları ve çatlakları boyunca önce anglezite, daha sonra da serüzite dönüşmüştür (Resim 6-7). Ayrıca tanecikler şeklinde mavimtrak-gri freiberjite minerallerinede rastlanılmaktadır (Resim 8).

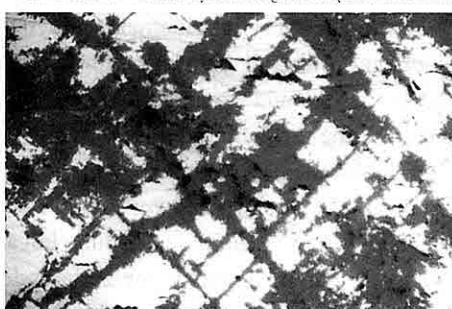
Hemimorfitt, $Zn_4(Si_2O_7)(OH)_2 \cdot H_2O$ ortorombik (2mm) kristal sisteminde, (110) düzlemine paralel kanallar içerisinde su molekülleri yer almaktır ve bu doğrultuda mükemmel dilinimlerine sahiptir. Coğunlukla işinsal yapılı, kabuk, böbrek ve sarkıt-dikit görünümü olup, masif taneli veya toprağımsı kitleler halindedir. Kristallerin her iki ucu farklı yüzeylidir. Sertlik 4-4,5, yoğunluğu 3,4-3,5, ultraviyole ışık altında turuncu-



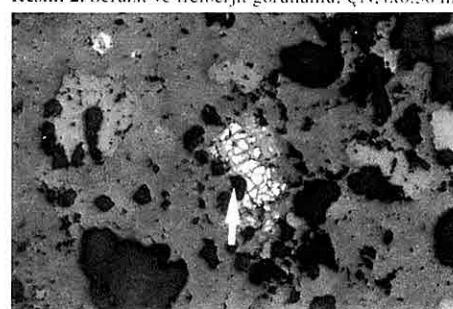
Resim 1. 200-400m boyutunda galenit ÇN, 4x0.2 mm



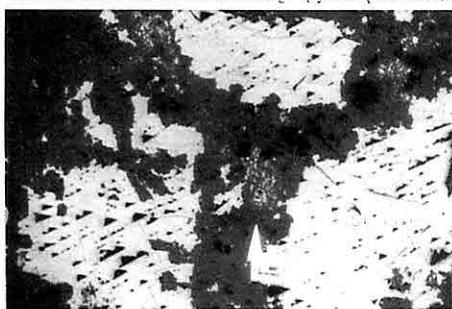
Resim 2. Serüzit ve freiberjite görünümü, ÇN, 4x0.36 mm



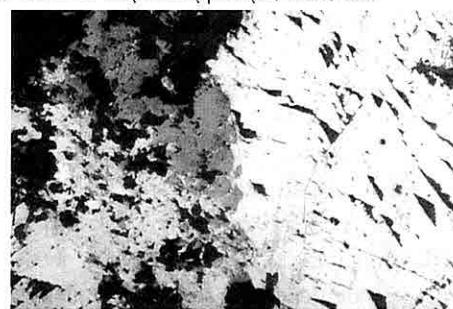
Resim 3. Sfaleritin FE' in kahverengi iç yans. ÇN, 4x0.45mm



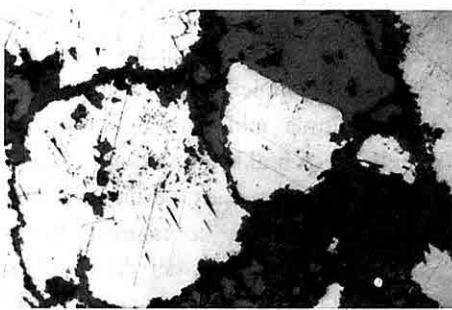
Resim 4. Parçalanmış pirit ÇN, 4x0.15 mm



Resim 5. Freiberjit ve kerfaflarında pirit TN, 4x0.09 mm



Resim 6. Serüzit ve anglezite dönüşümü galenit ÇN, 4x0.09 mm



Resim 7. Simitsonit, serüzit ve anglezit ÇN, 4x0.03 mm



Resim 8. Sfaleritler arasında Freiberjit ÇN, 4x0.36 mm

MEYDAN YAYLASI (NİĞDE) CİVARI KARBONATLI ÇINKO-KURŞUN YATAKLARININ MİNERALOJİSİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

mavimsi, beyaz floresans özelliği göstermektedir. Rengi beyaz, bazen mavi veya yeşildir. Isıtıldığında kuvvetli piroelektriklenme ve basınç altında piezoelektrik özelliği göstermektedir. Kuvvetli asitlerde çözülmerek silis jelı bırakmaktadır. Çinko yataklarının oksidasyon zonlarında smitsonit, sfalerit, galenit, serizit, anglezit ve hidrozinkit ile birlikte gözlenmektedir.

5. JEOKİMYASAL ÖZELLİKLER

İnceleme alanından derlenen cevherlerin örnekler üzerinde Fe, Si, Pb, Zn, Cu, Mn, Cd, Co, Ge, Ga, Ag, Ni, Cr, ve Bi analizleri yapılmıştır (Tablo 1). Elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları hesaplanmıştır. Buna göre Zn konsantrasyonları aritmetik ortalaması % 24.93, Pb konsantrasyonları aritmetik ortalaması % 18.01, Zn ve Pb ortalamalarının oranı ise 1.38 kadardır. Genel olarak Zn/Pb oranları düşük sıcaklıklı epigenetik-hidrotermal damarlar için karakteristik özelliktedir. Bu oran dasitik ve andezitik lav proklastlarda, damar veya stokwerk tipinde bulunan yataklarda 2, sedimanter kayaçlar içinde yer alan ve görünürde plütonik kayaçlarla ilişkisi olmayan yataklarda ise bu oran 1' in altındadır. Asitik plütonlara bağlı hidrotermal damarlarda ise Zn/Pb oranı değişken olup kaynaktan uzaklaşıkça küçülmektedir (Aslaner, 1977). Kuzey Irak'daki Serguza Zn-Pb yatağında Zn ve Pb ortalamalarının oranı 1.71 olup, yatağın kökeni sedimanter veya düşük sıcaklıklı epigenetik-hidrotermal olarak yorumlanmaktadır (Al-Bassan ve

diğ.,1982). Volkano-sedimanter kökenli Mc.Arthur (Avustralya) yatağında Zn/Pb oranı 0.4 kadardır (Lambert, 1976). Horzum (Kozan-Adana) yöresi piritli Zn-Pb yataklarının oluşumu işe hipojen, mezotermal-epitermal geçişli olarak yorumlanmakta ve Zn/Pb oranlarının ortalaması 5.9, Zn ve Pb ortalamalarının oranları ise 3.6 olarak verilmektedir (Temur 1986). Hidrotermal kökenli Cafana (Malatya) Zn-Pb yataklarında ise bu oran 9'un üzerindedir (Ünal ve
diğ.1991).

İnceleme alanından alınan numunelerden yapılan analiz sonucunda Cu konsantrasyonlarının aritmetik ortalamasının 476.25 ppm gibi bir değer vermektedir (Tablo 1). Genellikle Pb-Zn yataklarında Cu oranının artmasıyla oluşum sıcaklığı da artmaktadır. Volkanik ve subvolkanik kayaçlarda bulunan Pb-Zn yataklarında ve asidik plütonlara bağlı Pb-Zn yataklarında ana bileşenlerden birini oluşturan Cu (Aslaner 1977), kontakt metasomatik oluşumlu Balya madeninde 5300 ppm'e (Gümüş, 1964) ulaşırken sedimanter veya düşük sıcaklıklı hidrotermal oluşuma sahip Serguza (Irak) yatağında 443ppm'e kadar düşmektedir ve bu durum oluşum sıcaklığının düşük olması gereği şeklinde yorumlanmaktadır (Al-Bassan ve
diğ.1982). Meydan Yaylası Pb-Zn cevherleşmesinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarının Cu konsantrasyonlarının aritmetik ortalaması bu değerler ile uyum göstermiştir. Buna göre cevherleşmenin düşük sıcaklıklı

Tablo 1. Meydan yaylası cevherli numunelerinin AAS yöntemi ile ana ve iz elementler.

Örn/ Ele	Pb %	Zn %	Zn/Pb %	Fe %	SiO ₂ ppm	Cu ppm	Cd ppm	Ni ppm	Co ppm	Ge ppm	Ga ppm	Ag ppm	Bi ppm	Cr ppm	Mn ppm	TiO ₂ ppm
MP1	29.88	28.19	0.036	5.67	12.13	500	1100	80	60	6	7	31	18	2	210	174
MP2	17.89	27.26	1.52	7.16	18.89	500	1576	90	60	6	8	28	73	3	190	169
MP7	18.51	25.13	1.36	7.55	15.32	480	1346	90	40	7	8	30	40	5	90	170
MP9	5.77	19.13	3.32	7.98	5.58	425	1268	90	20	10	6	34	46	8	78	189
Ort	18.01	24.93	1.38	7.09	12.98	476.25	1322.5	87.5	45	7.25	7.25	30.75	44.25	4.5	167	175.5

hidrotermal oluşuma işaret ettiği görülmüştür. Orta sıcaklıklı bir oluşumu yansıtın Horzum (Kozan-Adana) piritli Zn-Pb yataklarında 717 ppm Cu değeri (Temur, 1986) elde edilirken Karbonatlı kayaçlar içinde yer alan Aladağ-Delikkaya Pb-Zn yataklarında 25 ppm (Ayhan,1983), Bakırdağı yataklarında 90 ppm'dir (Vache,1964), hidrotermal oluşumlu Cafana (Malatya) yataklarında 36 ppm'dir (Ünal ve dig.1991), Yüksek sıcaklıklı, hipojen-hidrotermal Aladağlar-Çamardı-Niğde 263.57 ppm'dir (Çopuroğlu, 1996). Bu nedenle inceleme alanımızdaki yatakların düşük sıcaklıklı, hipojen-hidrotermal yataklara ait bir oluşumu yansıldığı düşünülmektedir.

Sülfürlü cevher minerallerinde yapılan jeokimyasal araştırmaların değerlendirilmesi yapıldığında, Meydan Yaylası'nda incelenen Pb-Zn cevherleşmelerinin son şeklinin, damarlar içerisindeki cevherin sedimentasyon sonucu remobilizasyon ile son haline geldiği sonucunu çıkarmıştır. Örneğin

ortalama olarak sfaleritte % 5-7 Fe, % 13 Cd, 78-210 ppm Mn; galenitte 30-75 ppm Ag, 44.25 ppm Bi, 100 ppm'den az oranda Sn ve pirit/markasitte ancak 45 ppm Co ve 87.5 ppm Ni (Co/Ni=0.51 ppm) olarak saptanmıştır (Tablo 1). Bu şekilde düşük oranlarda eser element içeren sülfid mineralleri düşük ısında oluşan cevherleşmelerde rastlanır (Çevrim ve dig. 1986).

50 adet cevherli örnekte cevher mikroskopisi ile yapılan çalışmaların yanında incelenen galenit ve sfaleritlerin oluşum özelliklerini belirlemek üzere SEM nokta analizleri ile kristal yapılarını oluşturan ana elementlerle birlikte kafes yapılarında Mn, V, Ni, Cu, Fe, Ag, Ir, W, Co, Cd, Sc ve Ge'den oluşan elementler belirlenmiştir (Tablo 2).

4. SONUÇLAR

Cevherli numunelerden yapılan 50 adet parlak kesit incelenmiş, sülfürlü ve oksitli mineral parajenezleri ortaya konmuştur. Sülfürlü mineral

**MEYDAN YAYLASI (NİĞDE) CİVARI KARBONATLI ÇINKO-KURŞUN YATAKLARININ
MİNERALOJİSİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Tablo 2. Meydan yaylası cevherleşmesine ait numunenin SEM analiz değeri
(Çopuroğlu, 1996)

Elementler	Atom %	Ağırlık %
S	59.70	19.06
Pb	39.19	79.17
Ir	1.11	1.77
TOPLAM	100.00	100.00
<i>Diger iz elementler: Mn, V, Ni, Cu, Fe, Ag, Ir, W, Co, Cd, Sc ve Ge</i>		

parajenezinin galenit, sfalerit, pirit, kalkopiritden, X-Ray diffraktometre analizleri ile oksitli ve hidroksitli ikincil cevher parajenezinin de smitsonit, serüsit, anglezit, hidrozinkit ve hematitten olduğu belirlenmiştir. Oksitli ve karbonatlı ikincil parajeneze ait smitsonit, serüsit ve anglezitin hakim olduğu bazı karstik boşlukların içinde genellikle merkezi bölgelerde birincil galen+sfalerit kristalleri, bunların kenar zonlarından itibaren smitsonit ve serüsite dönüştüğü görülmüştür.

Sfalerit ve galenitlerden SEM ile nokta analizleri yapılarak söz konusu cevherlerin element içerikleri S, Pb ve Ir olarak belirlenmiştir. Örneğin ortalama olarak sfaleritte % 5-7 Fe, % 13 Cd, 78-210 ppm Mn; galenitte 30-75 ppm Ag, 44.25 ppm Bi, 100 ppm'den az oranda Sn ve pirit/markasitte nüak 45 ppm Co ve 87.5 ppm Ni (Co/Ni=0.51 ppm) olarak saptanmıştır (Tablo 1). Cevher parajenezlerine ait minerallerin optik özelliklerinde görülen yapı ve dokular sfalerit ve galenitin bünyesinde bulunan Fe, Cu, Mn, Al, Ni, Ti, Co, Cd ve Gd elementlerinin varlığı, bize cevherleşmenin ilk oluşumunun düşük

sıcaklıklı epigenetik - hidrotermal olduğuna işaret etmektedir. Cevherin kaynağı, levha hareketlerine göre oluşan ve inceleme alanın yakın civarında görülen Paleosen-Alt Eosen yaşlı Yahyalı Granatoid'ine bağlı metal iyonları içeren cevher mağmasının zayıf zonları kat ederek yankayaçların kırık ve çatlaklarına yerleşmiş olabileceği düşünülebilir. Söz konusu cevherin yerleşiminden sonra, atmosferik şartlar ve hidrotermal etkileşim sonucu karstlaşma, ortaya çıkışın daha sonra ise damarlar içerisinde yeniden çökelmeler sonucu remobilizasyon ile cevherleşme son haline gelmiştir.

5. KAYNAKLAR

Al-Bassam, K.S., Hak, J. ve Watkinson, D.H., 1982, Contribution to the origin of the Serguza lead-zinc-pyrite deposits, Northern Irak; Mineralium Deposita, 17, 133-149.

Aslaner, M., 1982, Türkiye Bakır-Kurşun-Çinko Yataklarının Jeolojik Bölgesel Sınıflamasıyla Plaka Tektoniği Yönünden İncelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayın No:85, Trabzon
Ayhan, A., 1983, Aladağ (Yahyalı-

- Çamardı) Yöresim Karbonatlı Kurşun-Çinko Yatakları, T.J.K. Bülteni, C. 26, S. 2, 107-116.
- Ayhan, A., Lengeranlı, Y., Çeltek, N., Aksoy, E., 1984, Aladağlar (Batı Zamantı) Yöresinin (Yahyalı-Çamardı) Jeolojisi ve Çinko-Kurşun Etüdleri: M.T.A. Derleme, Rapor No:7501, 196 s. (Yayınlanmamış).
- Ayhan, A., Erbayar, M., 1985, Batı Zamantı(Aladağlar-Yahyalı) Karbonatlı Kurşun-Çinko Yataklarının Jeokimyasal Prospektiyonu MTA, 312. 75-84 Ankara
- Ayhan, A., Lengeranlı, Y., 1986, Yahyalı-Demirkazık (Aladağlar yöresi) Arasının Tektonostratigrafik Özellikleri, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 27. 31-45, Ankara
- Blumenthal, M., 1952, Toroslarda Yüksek Aladağ Silsilesinin Coğrafyası,Stratigrafisi ve Tektoniği Hakkında Yeni Etüdler, MTA yayınları No:6 179 s. Ankara.
- Blumenthal, M., 1956, Yüksek Bolkardığının Kuzey Kenar Bölgesinin ve Batı Uzantılarının Jeolojisi, MTA yayınları No:7 136 s. Ankara.
- Çalapkulu,F., 1980, Horoz Granitoidinin Jeolojik Öğncelemesi TJK Bülteni C.23, 59-68 Ankara.
- Çevrim, M., Echle, W., Friedrich, G., 1986, Aladağlarda Paleokarstlaşmaya Bağlı Pb-Zn Mineralizasyonu, TJK Bülteni C.29, 27-41, Ankara.
- Çopuroğlu, İ., 1996, Yahyalı (Kayseri) Demirkazık (Niğde-Çamardı) Yöresi Çinko-Kurşun Yataklarının Mineralojisi ve Jenezi, MTA, No:118, 35-46 Ankara.
- Gökçe, A., 1995, Metalik Maden Yatakları, Cumhuriyet İnv. Yayl., No 59, 307 s.
- Gökçe, A., Spiro, B. ve Miller, M. F., 1993, Kurşunlu (Koyuhisar-Sivas) Damar Tipi Pb-Zn-Cu Yataklarında Mineral Oluşturan Hidrotermal Çözeltilerin Kararlı 0ğzotoplар (O, H ve C) Jeokimyası ve Kökeni Türkiye Jeoloji Bült., 36,273-79.
- Gümüş, A., 1964, Important lead-zinc deposits of Turkey Sympsium on mining geology and the base metals,UNESCO, 155-165, Ankara.
- Lambert, I. B., 1976, The McArthur zinc-lead-silver deposits, Features, metallogenesis and comparisons with some other stratiform ores; Handbook of strat-bound and stratiform ore deposits (Ed.: K.H. Wolf), Elsevier, Amsterdam, 6, 535-585.
- Lengeranlı, Y., Dinçer, T., Battı, H., 1986, Yahyalı (Kayseri) Doğusu ile Hoşa-Çataloluk (Kayseri-Develi) Köyleri Güneyinin Jeolojisi ve Çinko-Kurşun Cevherleşmeleri Etüd Raporu MTA, Derleme Rapor No: 8026, 125 s. (yayınlanmamış).
- Metag ve Stolberger, 1971 Zamantı Kurşun-Çinko Projesi Nihai Raporu, Maden Sahalarının Jeolojisi ve Paleontoloji Ekleri, DPT. Müsteşarlığı Raporu C.IV 191 s. (yayınlanmamış).
- Ünal, M., Tuzcu, N. ve Helvacı, C., 1991, Geological Setting, Mineralogy and Origin Of The Cafana (Malatya) Zn-Pb Sulfide and Carbonate Deposit, Eastern Anatolia, Turkey; International Earth Sciences Congress on Aegean Regions (Ed: M.Y. Savaşçı and A.H.

**MEYDAN YAYLASI (NİĞDE) CİVARI KARBONATLI ÇINKO-KURŞUN YATAKLARININ
MİNERALOJİSİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

- Erond), V-1, 52-59.*
- Özgül, N., 1976, Toroslar'ın Bazı Temel Jeoloji Özellikleri TJK. Bülteni C.19 65-78.*
- Tekeli, O., 1980, Toroslarda Aladağların Yapısal Evrimi, TJK. Bülteni C:23, S:1, 11-14.*
- Tekeli, O., Aksay, A., Evren, E., 0ğ., İrün, B., M., 1981, Toros Ofiyolit Projeleri, Aladağ Projesi, M.T.A. Derleme No:6976, 132 s.*
- Temur, S., 1992, Bolkar Dağı Yöresi (Ulukışla-Niğde) Çinko-Kurşun Yataklarının Jeokimyasal İncelemesi TJK No:35 100-112.*
- Vache, R., 1964, Antitoroslardaki Bolkar Dağı Kurşun-Çinko Yatakları (Kayseri):MTA Derg., 62, 87-98 Ankara*
- Yetiş, C., 1978, Çamardı (Niğde) Yakın ve Uzak Dolayının Jeoloji İncelemesi ve Ecemis Yarılım Kuşağı' nin Maden Boğazı-Kamışlı Arasındaki Özellikleri, İ.J.F.F. Doktara Tezi, 164 s.*

**SIVI KAPANIM İNCELEMELERİYLE SİFTİL TEPE (Keban- ELAZIĞ)
CIVARI Au-Ag CEVHERLEŞMELERİYLE İLİŞKİLİ KUVARS
DAMARLARININ JENETİK AÇIDAN İRDELENMESİ**

Leyla KALENDER ve Şahin HANELÇİ

Fırat Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ/Türkiye

ÖZET : Keban (Elazığ) yöresi Siftıl Tepe civarı, Keban Metamorfitleri (*Permo-Karbonifer*) ve Keban Magmatitleri (*Üst Kretase*)'nin yer aldığı stratigrafik bir istifie sahiptir.

İnceleme alanında K 65 G doğrultuda gelişmiş kırık sistemlerine yerleşmiş yer yerde serizit - klorit şistler içerisinde şistozite yüzeyleri arasına girmiş Au-Ag içeren kuvars ve oksitli cevher damarları bulunmaktadır.

Au-Ag içeren cevherleşmelerinin mineralojik ve dokusal özelliklerini araştırmak amacıyla cevherli küttelelerden alınan örneklerde, cevher parajenezini, esas olarak pirit ve kalkopirit yanında limonit, karbonat mineralleri, hematit, nabit altın gibi oksidasyon zonunda gelişen mineraller ile kovellin, kalkozin, kuvars, sfalerit, galen, arsenopirit ve enarjitten oluşan sementasyon kuşağı mineralleri temsil etmektedir.

Cevherleşme, ortalama olarak 1.52 ppm Au, 6.98 ppm Ag ve % 1.08 Cu içermektedir. Elementler arasındaki ilişki incelenmiş, Au/Ag arasında ($r=+0.25$), Au/Cu arasında ($r=+0.74$), Ag/Cu arasında ise yüksek olmamasına karşın ($r=+0.42$) pozitif bir ilişkinin varlığı gözlenmiştir.

Elementlerin sıklık dağılımında, Au, Cu ve Ag log-normal bir dağılım sunmaktadır. Cevherleşmeler Keban Magmatitlerine ait siyenit porfirlerle ilişkilidir. Kuvars damarları bu porfirlerden 150-200 m uzaklıkta yüzeylemektedir. Bu damarların kalınlığı 25-50 cm ve uzunluğu ise 2-5 m aralığında değişmektedir.

İntrüzif kütleye olan uzaklığa göre üç farklı kuvars damarından alınan örnekler içerisinde bulunan birincil ve ikincil sıvı kapanımlardan ayrıntılı mikrotermometrik ölçümler yapılmıştır. Mikrotermometrik ölçümler birincil ve ikincil sıvı kapanımlarında yapılmıştır. Kapanımların çoğunda üç yada dört fazı birarada görmek mümkündür. Birincil sıvı kapanımların oluşum sıcaklıkları, ortalama 318-367°C değişirken, ikincil sıvı kapanımlarda, ortalama tuzluluk değeri 21,5-23 %NaCl eşdeğeri aralığında ve ikincil sıvı kapanımlarda ortalama tuzluluk değeri 5-9,5 %NaCl eşdeğeri aralığındadır.

Birincil sıvı kapanımlarda tuzluk değerlerinin ikincil sıvı kapanımlara göre yüksek oluşu, birincil hidrotermal çözeltilerin, denizel sedimanlar içerisinde hareket ettiğini düşündürmektedir. Ancak ikincil sıvı kapanımlardaki düşük tuzluluk değerlerinin,

kuvars damarlarındaki kırık ve çatlaklarda dolaşan ikincil hidrotermal gözeltilerin meteorik sular tarafından zamanla seyreltiği fikrini desteklemektedir.

Sıvı kapanım çalışmaları sonucu kuvars damarlarının katatermal evrede oluştuğu belirlenmiştir.

GENETIC INTERPRETATION USING FLUID INCLUSION STUDIES, of the QUARTZ VEINS ASSOCIATED WITH SIFTİL TEPE (KEBAN-ELAZIĞ) Au-Ag MINERALIZATIONS

ABSTRACT : *The stratigraphy of the Keban (Elazığ) Siftıl Tepe area is composed mainly Keban Metamorphites (Permo-Carboniferous) and Keban Magmatic rocks (Upper Createous). The auriferous and Au-Ag quartz veins are observed NE-SW strike tension fractures in sericite - chloryte shists.*

Ore samples have been studied mineralogical and texture features of Au-Ag ores. The associated minerals assamblage is made of pyrite, chalcopyrite, low fluorite, covellite, enargite, arsenopyrite, sphalerite, galenite, and native Au; oxite minerals hematite, limonite, carbonate minerals. The avarage of ore content is Au 1,52ppm, Ag 6,98ppm, Cu 1,08%.

The possitive correlation between Au and Ag, Au and Cu, Ag and Cu and this values distribution is log-normal.

Microthermometric measurements made on primary and secondary fluid inclusions of quartz in three different quartz veins. Mineralization is connected with Keban Magmatit's syenite porphyries. Quartz veins are distant 150-200m from this porphyrs. The quartz veins are regularly developed, 25-50cm thick and 2-5m long. In primary fluid inclusions of quartz homogenization temperatures have interval average 318-366°C and in secondary fluid inclusions 326-355°C. In addition to primary fluid inclusions of quartz have salinity values interval average 21,5-23 wt %NaCl eq. In secondary fluid inclusions salinity values interval average 4-9,5 wt %NaCl eq. In primary fluid inclusions salinity values are high, implying circulations of primary hydrothermal fluids marine origin sediments. In secondary fluid inclusions salinity values are lower than primary fluid inclusions values. It is conciderated that meteoric fluids may have circulated in fault and fissure in quartz veins .

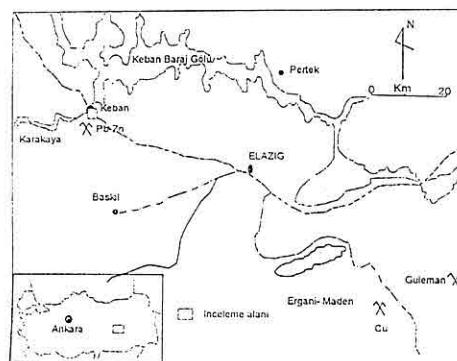
In secondary fluid inclusions salinity values are low because, hydrothermal fluids have effected by meteoric water. In prymary fluid inclusion salinity values are high implying circulations of hydrothermal fluids in the marine sediments. All of the fluid inclusion studies are investigations on mineralization, suggest that quartz is mineralized in catathermal system.

*SIVI KAPANIM İNCELEMELERİYLE SİFTİL TEPE CİVARI Au-Ag CEVHERLEŞİ İLİŞKİSİ
KUVARS DAMARLARININ JENETİK AÇIDAN İRDELENMESİ*

1. GİRİŞ

İnceleme alanı, Elazığ İlinin 40 km batısında Keban İlçe sınırları içinde bulunmaktadır (Şekil 1). Keban bölgesi polimetallik bir cevher provensi olup, Çalışma bölgesinde bir çok araştırmacı tarafından (Kineş, 1971; Köksoy, 1972, 1975; Kipman, 1976, 1981, 1982; Yazgan, 1983; Asutay, 1988; Hanelçi ve dig., 1989, Yazgan ve Chessex 1991; Çelebi ve Hanelçi, 1998) yapılmış bölgenin jeolojisi ve maden yataklarına yönelik çalışmalar mevcut iken ancak asıl elementler ile ilişkili kuvars damarlarına yönelik herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. İnceleme alanında ise asıl metal içeren, çekme gerilmesi etkisiyle gelişmiş kırık sistemleri içerisinde girmiş kuvars ve diğer cevher damarları bulunmaktadır. Berger (1996), çekme gerilmesi etkisiyle gelişmiş kırık ve çatlaklar gibi deformasyon sonucu oluşan tektonik yapılara bağlı boşlukları izleyen, tektonizmaya eş yaşı magmatizma ile ilişkili hidrotermal çözeltilerin, düşük dereceli ıslarda gelişmiş cevherleşmelerde bulunan kuvars damarlarının varlığının önemini olduğunu belirtmiş, bu nedenle inceleme sahasında bulunan Üst Kretase yaşı Keban Magmatitleri ile ilişkili kuvars damarlarının tektonik konumlarını ortaya çıkarmak amacıyla öncelikle kırık ve şistozite yüzeyleri arasında girmiş irili ufaklı tüm kuvars damarlarının boyut ve yönelimleri tespit edilip, bu kuvars damarlarından incelemeye elverişli farklı üç kuvars damarı belirlenmiş, bu damarların ayrıntılı sıvi kapanım

çalışmaları yapılip, mineral oluşturucu çözeltilerin fizikokimyasal özelliklerinden yola çıkılarak kökeni araştırılmıştır. Ayrıca gerek kuvars damarlarından ve gerekse de diğer cevher damalarından alınan örneklerden mineralojik ve jeokimyasal analizler yapılarak Au-Ag gibi asıl metal içerikleri tespit edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.

2. JEOLOJİ

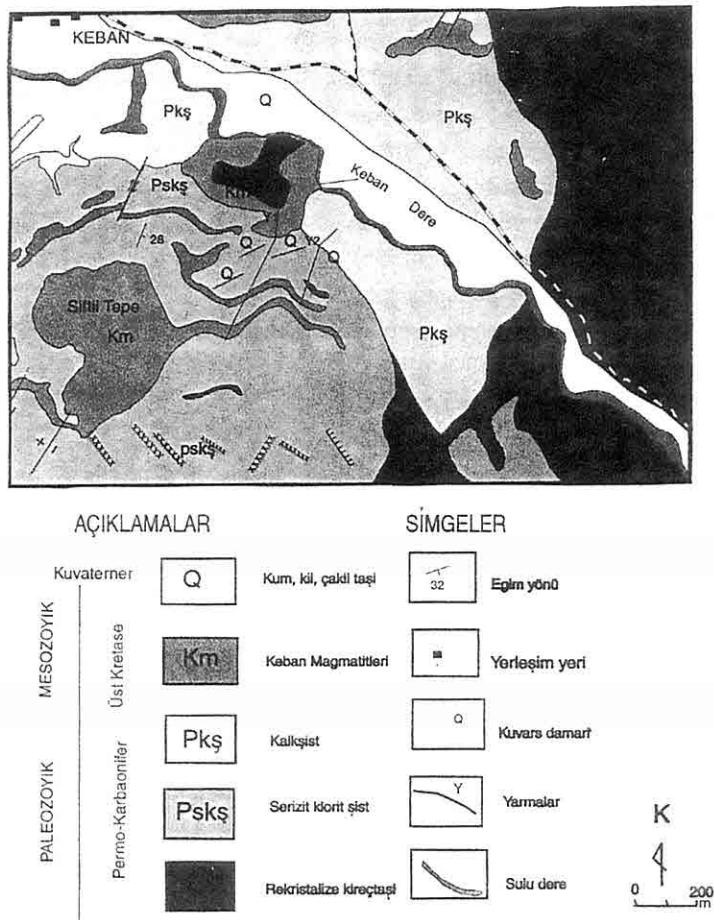
İnceleme alanında Keban Magmatitleri (Üst Kretase) ve kalksist, serizit-klorit şist ve masif kristalize kireçtaşlarından oluşan Keban Metamorfitleri (Perm-Karbonifer) olmak üzere iki farklı birim yüzeylemektedir (Şekil 2). Subvolkanik karakterli Keban magmatitlerine ait kayaçlar Sıftıl Tepe civarında Keban metamorfitlerini kesen sil ve dayklar şeklinde görülmektedir. Birim, oldukça altere olmuş pembemsi renkli, belirgin ve farklı tane boyuna sahip alkali feldispat kristallerinden oluşan porfirik dokulu, siyenit, kuvars siyenit ve kuvars

monzonit karakterindedir. Keban magmatitleri, K-feldspat, albit ve kuvarsdan oluşmaktadır. Tali mineraller, biyotit, epidot, klorit olarak belirlenmiştir. Ayrıca kalıntı eriyiklerden epijenetik olarak oluşmuş, pirit, kalkopirit, molibdenit, hematit, az manyetit de içermektedirler.

Keban Metamorfitlerine ait, inceleme alanında en yaşlı birim olan masif rekristalize kireçtaşları ile kalk şistler arasındaki dokanak, masif rekristalize

kireçtaşlarının, güney ucunun tabakalı kristalize kireçtaşları tarafından sarılmış olması bu birimin tektonik değil olistolit olduğu fikrini doğurmuştur (Hanelçi, 1991).

Keban Magmatitlerine bağlı olarak gelişmiş kuvars damarlarının yaygın olarak bulunduğu birim serizit-klorit şistlerdir. İnceleme alanında, serizit-klorit şistler ile kalkşistler arasındaki dokanağın yanal ve düşey yönde geçişli olduğu görülmektedir.



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası.

3. CEVHERLEŞME

Polimetallik cevher provensi olarak kabul edilen (Öztunalı, 1989) Keban bölgesindeki inceleme alanında kırık sistemleri içerisinde girmiş kuvars ve oksitli cevher ile dissemine cevherleşmelerine bağlı olarak gelişmiş Au-Ag cevherleşmeleri gözlenmektedir. Kuvars ve diğer cevher damarlarının kalınlıkları 5-25 cm, uzanımları ise 20-30 m arasında değişmektedir. Şıtozite aralarına girmiş damarların kalınlıkları 5-10 cm, uzanımları ise 10-15 m civarındadır. Kuvars damarları özellikle magmatik kayaca yakın zonlarda ve yan kayaç içerisinde yoğunlaşmışlardır. Kuvars dışındaki cevherli damarlar ve dissemine cevherleşmeler magmatik kayaç ve yankayaç içerisinde gözlenmektedir.

Gözlenen Au-Ag cevherleşmelerinin mineralojik ve dokusal özelliklerini araştırmak amacıyla cevherli kütlelerden alınan örneklerde, cevherleşmenin parajenezinde pirit, kalkopirit, kovellin, kalkozin, enarjıt, arsenopirit, sfalerit, galen; oksit minerallerden ise limonit, nabit altın ve karbonat mineralleri bulunmaktadır.

İnceleme alanındaki Au cevherleşmelerinin, içerisinde zenginleştiği magmatitlerde ve yankayaçta saçılımlı ve damar tipinde yerleşmiş cevherleşmelerin en yaygın minerali olan piritlerin içerisinde kapantı halinde bulunan kalkopiritler, parlak sarı renkli ve hafif anizotropi göstermektedir. İdyomorf, lamelli ikizli ve ekigranülerdir. Tektonik deformasyon sonucu gelişmiş

kataklastik doku gözlenmektedir. Kalkopiritler içerisinde ayrılmalar halinde, antimuan (Sb)'ca zengin kırmızımsı ve arsenik (As)'ce zengin sarımsı basınç ikizlenmesi gösteren enarjıt (Cu_3AsS_4) bulunmaktadır. Kovellin (CuS) ve kalkozin (Cu_2S) genellikle enarjitle birlikte ve ksenomorf kristaller halindedir.

Pirit (FeS_2), krem, açık sarı ve sarımsı beyaz renkli yer yer yüksek sıcaklık ve düşük gerilme basıncında pirotine dönüşmüştür

Arsenopiritler ($AsFeS_2$), sfalerit ve galen mineralleri ile birlikte gözlenmekte, ikizlenme ve dilinime rastlanmamıştır

Kalkopirit mineralleri ile birlikte bulunan lölinjıt [$(Fe, Co, Ni) As_2$] mineralleri beyaz, bazen açık krem veya yeşilimsi renkli, çoğulukla idiomorf kristaller halinde bulunmaktadır. Kuvarsla, flüorit minerali kontağında gelişen lölinjitler, kuvarslarla gelen yüksek sıcaklık minerallerini temsil etmektedir.

Koyu gri renkli, yüksek anizotropisi, dağılganlığı ve düşük rölyefi ile galenden kolayca ayrılan molibdenit (MoS_2), hipidyomorf veya ksenomorf kristaller halindedir.

Galen (PbS), hipidyomorf ve ksenomorf kristaller halinde, düşük rölyefi, gri rengi, kama şeklindeki dilinim izleri ve hafif anizotropisi ile sfaleritten ayrılmaktadır. Sfalerit (ZnS) ise, hipidyomorf ve ksenomorf kristaller halinde bulunmaktadır. Sfaleritin içinde kapantı halinde idiomorf pirit ve

arsenopirit yer almaktadır. Galen ve sfalerit pek yaygın değildir.

Hematit (Fe_2O_3) ve limonit ($\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{OH})$, çatlak sistemleri içerisinde ikincil olarak, pirit ve kalkopiritin dönüşümü sonucu oluşmuşlardır. Hematit ve limonit çoğunlukla şekilsiz yiğisimlar halindedir

Malakit ($\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$) ve Azurit ($\text{Cu}_2(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$), yüzeysel koşullarda kalkopiritin oksidasyonu sonucu oluşmuştur.

İnceleme sahasında kırık sistemleri ve şistozite yüzeyleri arasında girmiş irili ufaklı kuvars damarları bulunmaktadır. Damarlardaki kuvars (yer yer kalsedon şeklinde) kristalleri amorf veya kriptokristal şeklinde ve tarak, bantlı veya bazen de masif yapı sunmaktadır. Kuvars damarlarındaki kuvars kristallerinin arasında malakit veya malakit-azurit mineralerinin yer almaktadır. Özellikle malakit-azurit mineralerinin bulunduğu kuvars damarları Au açısından önem kazanmaktadır (Öztunalı, 1989).

4. CEVHER JEOKİMYASI

İnceleme alanında kuvars ve demir oksitli damarlardan alınan 20 adet örneğin Au-Ag-Cu Etibank Maden Arama Müdürlüğü laboratuvarında Fire-Assey yöntemi ile Au-Ag ve AAS yöntemi ile de Cu analizleri yapılarak elementlerin arasındaki ilişki araştırılmış ve elementlerin sıklık dağılımları incelenmiştir (Tablo 1).

20 adet örneğin analiz sonucuna göre Au ppm: 0,5-5,35, Ag ppm: 1-20,04 ve Cu %: 0,18-3,68 arasında değişmekte,

ortalama Au: 1,52 ppm, Ag: 6,98 ppm ve Cu ise % 1,08 civarındadır.

Tablo 1. İncelenen cevher örneklerinin Au-Ag-Cu analiz değerleri (n=20).

Num. No	Au ppm	Ag ppm	Cu%
SKY-1	1,5	6,5	0,72
SKY-2	2,9	6,8	2,08
SKY-3	2,65	8,7	1,44
SKY-4	0,83	8,6	0,82
SKY-5	1,25	6	0,98
SKY-6	1,16	8,5	0,7
SKY-7	2,04	9,8	3,68
SKY-8	5,35	20,04	1,24
SKY-9	1,43	9,9	2,08
SKY-10	0,92	9,2	0,68
SKY-11	0,96	0	0,48
SKY-12	0,9	2,74	0,18
SKY-13	1,32	18	1,16
SKY-14	1,5	1	0,18
SKY-15	1,36	3,19	0,34
SKY-16	0,94	4,1	1,04
SKY-17	0,78	4,3	0,68
SKY-18	1,22	3,81	0,92
SKY-19	0,5	3,5	0,28
SKY-20	1,93	4,93	2
Toplam	31,44	139,61	21,68
Ort. Değ.	1,57	6,98	1,08

Tablo 2. İnceleme sahasındaki Au-Ag-Cu içeren kuvars ve oksitli cevher damarlarındaki element korelasyon katsayıları (n=15).

	Au	Ag	Cu
Au	1		
Ag	0,25	1	
Cu	0,74	0,42	1

*SIVI KAPANIM İNCELEMELERİYLE SİFTİL TEPE CIVARI Au-Ag CEVHERLEŞ. İLİŞKİLİ
KUVARS DAMARLARININ JENETİK AÇIDAN İRDELENMESİ*

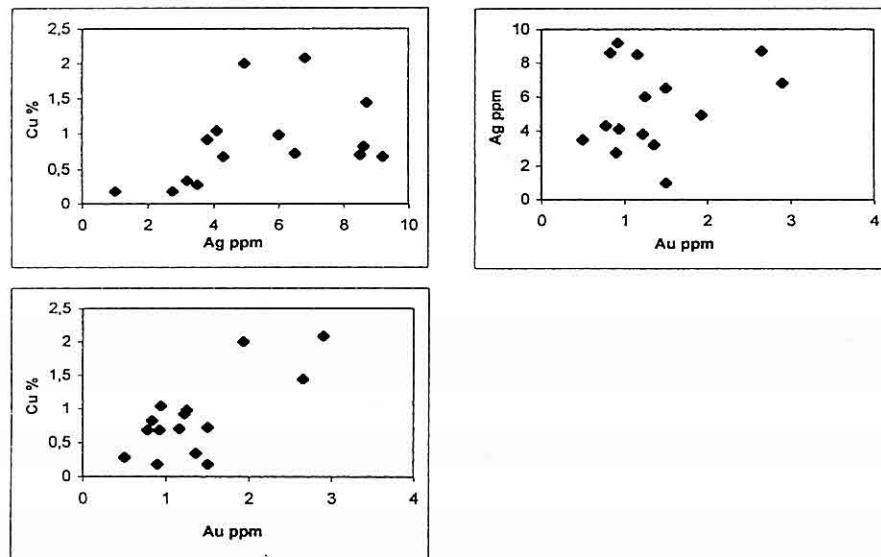
Elementler arasındaki ilişki incelenmiş ve korelasyon katsayıları hesaplanırken ortalama değere göre sapma gösteren 5 örnek elemine edilerek korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Au/Ag arasında ($r=+0.25$) hemen hemen hiçbir ilişki gözlenmemektedir, Au/Cu arasında ($r=0.74$) gibi pozitif ve yüksek bir ilişki gözlenmektedir. Ag/Cu arasında ise yüksek olmamasına karşın ($r=+0.42$) pozitif bir ilişkinin varlığı gözlenmektedir.

Ag'nin Au ve Cu'a göre inceleme alanında daha fazla zenginleştiğini göstermektedir.

5. SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARI

Materiyal ve Metod

Sıvı kapanım çalışmaları, üç farklı kuvars damarından incelemeye uygun 5 örnek alınarak gerçekleştirılmıştır. İki yüzü parlatılmış kesitlerde birincil ve ikincil tip kapanımlarda ölçümler yapılmıştır. Roedder (1984)'e göre belirlenen 60 adet birincil ve 22 adet

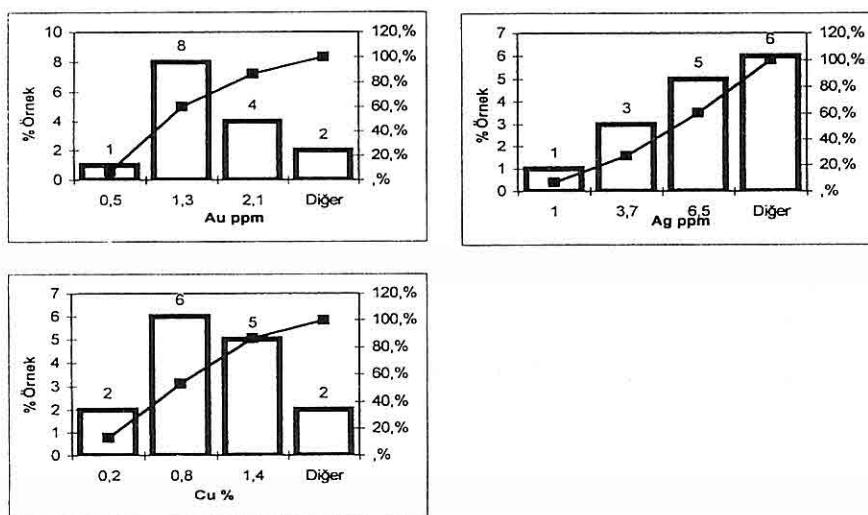


Şekil 3. Au-Ag, Ag-Cu, Au-Cu element çiftleri arasındaki bağıntı.

Elementlerin sıklık dağılımına bakıldığı zaman Au ve Cu sol asimetrik bir dağılım göstermektedir. Au ve Cu'in benzer dağılım göstermesi, Au/Cu korelasyon katsayısının ($r=+0.74$) olması Au'nın Cu'a bağlı olarak yerleştiğini ifade etmektedir. Ag'ün log-normal dağılım sunduğu gözlenmektedir (Şekil 4).

ikincil kapanımın çeşitli özellikleri, Cumhuriyet Üniversitesi laboratuvarlarında incelemeye çalışılmıştır.

Kapanımların genel özelliklerinin incelenmesinde James Swift alttan aydınlatmalı mikroskopta $\times 100$ büyütmeli objektiflerle ile öncelikle



Şekil 4. Au, Ag ve Cu sıkılık diyagram (n=15).

kapanımların büyülüklük, dağılım, morfolojik görünüm, faz durumu ve doldurma oranı gibi genel özellikler incelenmiştir.

Termometrik ölçümlerde ise Nikon Labophot-pol mikroskoba monte edilmiş Linkam THMS 600 ve HFS 91 sistemleri kullanılarak (sistem - 180 °C ile + 600 °C aralığında soğutma ve ısıtma kapasitesine sahiptir. Hata payı = 0.5 °C., 300 °C de ise 10 °C' dir), mikrometrik incelemelerin yapıldığı iki yüzü parlatılmış kesitler, oda sıcaklığında sistemin içerisine yerleştirilmiş ve 100°C civarına kadar soğutma başlatılmıştır. Soğutma işlemleri genellikle sivilastırılmış susuz (kuru) azot gazı kullanılarak yapılmıştır. Daha sonra dondurulup ısıtılarak ilk ergime sıcaklığı (TFM), son buz ergime sıcaklığı (TICE) ve sıvı-gaz fazı homojenleşme Öncelikle sıcaklığı (TH) gibi termometrik ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlerden yararlanarak hesaplanmış

ortalama değerler ile ortalama tuzluluk değerleri hesaplanmıştır (Bodnar, 1993).

Kapanımların Genel Özellikleri

Kapanımlar morfolojik özelliklerine göre dört farklı tipte gelişmişlerdir (Tablo 3). Termometrik ölçümler yapılrken düzgün geometrik şekilli özellikle II. tip ve III. tip sıvı kapanımlar tercih edilmiştir. Bu kapanımlar kendi içlerinde birincil ve ikincil olarak ayrılmış ve her birinde ölçümler yapılmıştır. Kuvars damarlarındaki kuvars kristalleri içinde birincil sıvı kapanımlar ikincil sıvı kapanımlara oranla daha yaygın olarak izlenmektedir. İkincil sıvı kapanımlar kuvarları kesen ince kırık ve çatlaklar boyunca sıralanmış kapanım dizileri şeklindedirler. Bu kapanımların birincili yoksa ikincili oldukları Rodder (1984) tarafından ortaya koyulan kriterlere göre değerlendirilmiştir.

I. tip kapanımlar; boyutları 15 µm - 80 µm arasında değişmektedir. Gaz fazları

**SIVI KAPANIM İNCELEMELERİYLE SİFTİL TEPE CİVARI Au-Ag CEVHERLEŞ. İLİŞKİLİ
KUVARS DAMARLARININ JENETİK AÇIDAN İRDELENMESİ**

kapanım içindeki büyülüğu %20-%60 arasında değişmektedir. Sıvı ve gaz fazdan oluşan bu kapanımlar oldukça şekilsiz ve büyütürler. Doughter (ikincil) mineraller yaygın değildirler. Sıcaklığa bağlı olarak sıvının hacmi katı faza göre daha fazla küçüldüğünden kapanım içinde gaz boşlukları oluşmuştur. II. tip sıvı kapanımlar; boyutları 15 μm - 40 μm arasında değişmektedir. Sıvica ve gazca zengin olmak üzere iki şekilde bulunmaktadır. Bunlar diğer tiplere oranla daha düzgün şekillidirler. Mikrotermometrik ölçümler için oldukça uygundur (Tablo 3).

III. tip sıvı kapanımlar; boyutları 16 μm - 40 μm arasında değişmektedir. Sıvı, katı ve gaz faz içermekte ve multifazlı kapanımlar olarak adlandırılmaktadır (Tablo 3).

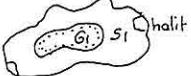
Daha çok sıvı ve gaz fazlarca zengindir. Katı fazlar yaygın olarak görülmemektedir. Katı fazlar halit (NaCl) kristallerinden oluşmaktadır. Bu tip sıvı kapanımlar da tipki II. Tip kapanımlar gibi düzgün şekilli olmaları nedeniyle mikrotermometrik ölçümlerin yapılması için elverişlidir.

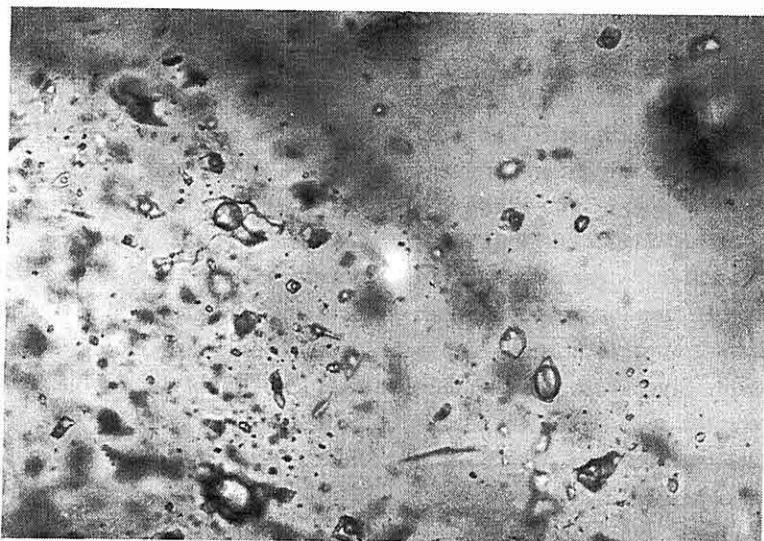
IV. tip sıvı kapanımlar; Boyutları 30 μm - 40 μm arasında değişmektedir. Bu sistem iki farklı sıvı faz ve bir gaz faz içermektedir (Şekil 5). Çözeltinin doygun olması halinde tuz kristalleri de oluşabilmektedir.

*Kuvars Damarlarındaki Kuvarların
Sıvı Kapanım Özellikleri*

İlk Ergime Sıcaklığı (TFM) Ölçümleri; İlk ergime sıcaklığı ölçümleri ile kapanlanmış su içindeki su-tuz sistemlerinin ötektik noktaları dikkate

Tablo 3. Kuvars minerallerindeki sıvı kapanımların geometrik şekillerine göre sınıflaması (G1: Birinci gaz fazı, G2 :İkinci gaz fazı, S1: Birinci sıvı faz, S2: İkinci sıvı faz).

Sıvı kapanım	Sıvı kapanımların geometrik şekilleri	Sıvı kapanımların Boyutları	Gaz hacmi	İkincil mineral (Doughter min.)
Tip I		>15 μm - <80 μm	%30	
Tip II		>15 μm - <40 μm	%50	
Tip III		16 μm - 40 μm	%70	Halit-opak mineral (NaCl)
Tip IV		30 μm - 40 μm	%5-10	



Şekil 5. Tip II, tip III' ün mikroskopik görünüsü (T.N.100x10).

alınarak suyun içinde bulunan tuzun bileşimi hakkında bilgi edinilebilmektedir (Shepherd ve diğ.1985 ; Gökcé, 1994' den). Tablo 4' de verilen değerler, çeşitli H_2O -tuz sistemleri ile karşılaştırıldıklarında, 1.kuvars damarı örneğinde; kuvars kristallerindeki birincil kapanımlarda ölçülen (ortalama $-53 \pm 0,8^\circ C$) değerlerin H_2O -MgO-CaCl₂ sisteminin ötektik sıcaklıklarına yakın olduğu ve çözelti içinde bu tuzların bulunabileceğini, ikincil kapanımlarda ölçülen (ortalama $-23 \pm 4^\circ C$) değerlerin ise H_2O -NaCl-Na₂CO₃.10H₂O tuz sistemini, katı fazın ise buz+NaCl.2H₂O sisteminin ötektik sıcaklığına yakın olup su içinde NaCl, Na₂CO₃ gibi tuzların bulunabileceğine işaret etmektedir. 2.kuvars damarı örneğinde; kuvars kristallerindeki birincil kapanımlarda ölçülen (ortalama $-52 \pm 0,51^\circ C$)

değerlerin H_2O -NaCl-CaCl₂ tuz sisteminin ötektik sıcaklıklarına yakın olduğu ve çözelti içinde bu tuzların bulunabileceğini, ikincil kapanımlarda ölçülen (ortalama $-26 \pm 3^\circ C$) değerlerin ise H_2O -MgCl₂ Na₂CO₃ tuz sisteminin ötektik sıcaklık değerlerine yakın olduğu ve su içinde NaCl, CaCl₂ ve MgCl₂ gibi tuzların bulunabileceğini göstermektedir. 3.kuvars damarı örneğinde; birincil kapanımda ölçülen (ortalama $-54 \pm 2^\circ C$) değerlerin H_2O -NaCl-CaCl₂ tuz sisteminin ötektik sıcaklıklarına yakın olduğu ve çözelti içinde bu tuzların bulunabileceğini, ikincil kapanımlarda (ortalama $-23 \pm 2^\circ C$) değerlerin H_2O -NaCl-KCl tuz sisteminin ötektik sıcaklık değerlerine yakın olduğu NaCl-CaCl₂ ve KCl gibi tuzların bulunabileceğine işaret etmektedir.

Ölçülen bu sıcaklık değerleri su-tuz

**SIVI KAPANIM İNCELEMELERİYLE SİFTİL TEPE CİVARI Au -Ag CEVHERLEŞ. İLİŞKİLİ
KUVARS DAMARLARININ JENETİK AÇIDAN İRDELENMESİ**

sisteminin ötektik sıcaklığını vermektedir. Değişik su-tuz sisteminin ötektik sıcaklıklarını deneysel olarak belirlenmiş olup, Shepherd ve diğ. 1985 deki değerlerle karşılaştırılarak kapanım içindeki sıvının bileşiminde bulunan tuz cinsi saptanmıştır (Roedder, 1984; Gökcé, 1994 den). Bu incelemede genellikle ötektik sıcaklığı en düşük tuzu saptamak kolay olmaktadır. Birden fazla tuz olduğu takdirde onların varlığını ve yaklaşık olarak cinsini tespit etmek biraz zor ve tecrübe isteyen bir iştir.

Yukarıda belirlenen tuz cinsi, özellikle cevherleşmeyi oluşturan metal iyonlarının taşınma şekli (klorlu, bisülfatlı, sülfürlü, bikarbonatlı, iyon kompleksleri gibi), kapanım içindeki sıvının kökeni, kapananmadan önce içinden geçtiği kayaçlar ve ortamlar hakkında bilgi vermektedir.

Yukarıda üç ayrı kuvars damalarından alınan örnekler değerlendirilmiş ve; birincil kapanımların NaCl ağırlıklı bir tuz bileşimine sahip olduğu, ikincil kapanımlarda ise yankayaç karbonat içerdiginden karbonatlı çözeltilerin yoğunlaşlığı gözlenmektedir.

Son Buz Ergime Sıcaklığı (T_{ICE}):

İlk ergime sıcaklığı ötektik sıcaklık olduğundan tüm tuz kristalleri eriyinceye kadar sıcaklık sabit kalır. Daha sonra buz kristalleri erimeye başlar ve sıvının tuzluluğuna bağlı olarak saf suyun donma sıcaklığı olan 0°C'nin altında olacak şekilde erime sona erer. Erimenin sona erdiği gaz kabarcığının ani hareketi ile fark edilir. Erimenin sona erdiği bu

sıcaklık son buz ergime sıcaklığıdır ve bileşimdeki tuz miktarı dolayısıyla sıvının tuzluluğu hakkında bilgi verir. Tuzluluk tuz cinsi belirtilmeden % NaCl eşdeğeri şeklinde ifade edilmektedir. Tuzluluk değerleri Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiştir.

$Wt\% \text{NaCl} = (-1,78x(-T_{ICE}) - (0,0442x(-T_{ICE})^2 - (0,000557x(-T_{ICE})^3;$
formülünden yararlanılarak % NaCl eşdeğeri olarak hesaplanmıştır.

1.kuvars damarında, birincil kapanımlarda, ortalama T_{ICE} $-21,12^\circ\text{C} \pm 3,1$, ikincil kapanımlarda, $-6 \pm 2^\circ\text{C}$;

2.kuvars damarında, birincil kapanımlarda, ortalama T_{ICE} $-20 \pm 1^\circ\text{C}$, ikincil kapanımlarda, $-6 \pm 9^\circ\text{C}$; 3. kuvars damarında birincil kapanımda T_{ICE} $-19 \pm 5^\circ\text{C}$; İkincil kapanımlarda ortalama $-4 \pm 1^\circ\text{C}$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre, birincil kuvars damarında tuzluluğun birincil kapanımlarda %23 NaCl eşdeğeri, ikincil kapanımlarda, %9 NaCl-CaCl₂ eşdeğeri, ikincil kuvars damarında, birincil kapanımlarda tuzluluğun %22 NaCl eşdeğeri, ikincil kapanımlarda %5 NaCl eşdeğeri ile üçüncü kuvars damarında birincil kapanımlarda %22 NaCl eşdeğeri, ikincil kapanımlarda ise %7 NaCl eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Tablo 4). Kuvars damarlarında saptanan birincil kapanımlardaki tuzluluk değerlerinin, ikincil kapanımlardaki tuzluluk değerlerinden yüksek oluşu, bu düşük tuzluluk değerlerinin, kuvars damarlarındaki kırık ve çatlaklıarda dolaşan ikincil hidrotermal çözeltilerin meteorik sular tarafından zamanla

Tablo 4. Kuvars kristallerindeki sıvı kapanımların özellikleri.

Ör No	1.kuvars damarı birincil kapanımlar						2.kuvars damarı birincil kapanımlar						3. Kuvars damarı birincil kapanımlar						
	TFM	TICE	TH	%NaCleşd.	Ör	TFM	TICE	TH	%NaCleşd.	Ör N	TFM	TICE	TH	% NaCleşd.					
	L1	-51,5	-19,1	302		L5	-51,2	-21,7	310		M4	-52,5	-14,9	340,5	18,54				
K1	-52,4	-21,9	340	23,64	L1	-51,5	-19,1	302	21,75	M4	-52,5	-14,9	340,5	18,54					
	-53,3	-20	340,5	22,37		-51,5	-20,4	306	22,72		-52,4	-14,3	353,4	18					
	-54,7	-19,7	340,6	21,95		-51,7	-20	308	22,37		-52,7	-14,4	385,9	18,1					
	-54,4	-18,8	340,6	21,74		-52	-19,9	308	21,9		-52,8	-25,7	374,9	26,14					
	-52,4	-20,3	340	22,58	L5	-51,2	-21,7	310	21,8		-52,3	-14,7	385	18,3					
	-52,4	-20,2	341	22,51		-52	-18,9	310	22,5		-52,7	-15,5	353	19,07					
	-53,5	-19,7	341,7	21,95		-51,5	-20,4	311	23,5		-52,3	-15,2	353,7	19					
	-52,9	-21,5	341,7	23,6		-52,8	-19,8	314	21,74	M1	-56,4	-27,9	360	27,6					
	-52,4	-24,3	342	26,3		-51,5	-21,7	314	23,4		-56,6	-28,6	362	27,75					
	-52,3	-19,8	342	21,95		-52,4	-20,5	315	22,5		-56,6	-28,5	385,8	27,82					
K8	-52,7	-20,4	343,8	22,5		-52,4	-20,1	317	22,5		-56,5	-18,6	375,4	22,5					
	-52,9	-20,5	344	21,9	L17	-51,7	-21,1	317	23,2		-55,1	-17,5	374	20,69					
	-52,5	-23,7	346,8	25,7		-51,5	-21,4	318	22,5	M8	-52,6	-20,4	360	21,5					
	-54,5	-19,8	350,4	21,9		-52,9	-21,9	318	23,64		-53,8	-17,2	368	20,1					
	-52,6	-21,3	351,1	23,4		-52,4	-18,5	319	21,5		-54,8	-16	372	19,38					
K11	-52,5	-21,5	352,5	22,5		-52,3	-19,7	320	21,9										
	-52,5	-20,1	356,2	21,3		-52,4	-18,7	321	21,74										
	-52,6	-19,7	361	21,9		-52,7	-21,6	333	21,5										
	-52,8	-18,7	362	21,74		-51,9	-18,8	333	21,2										
	-52,5	-18,5	362,4	21,32	L9	-52,5	-19,1	345	21,75										
	-52,4	-33,1	365	30,68		-52,6	-21,7	346	21,8										
						-51,8	-20,1	351	22,3										
StSp	0,74	3,11	8,64	2,18		0,513	1,135	11,8	22,19		1,79	5,52	13,69	21,63					
Ort	-52,914	-21,12	347,9	23,02		-52,1	-20,2	318	22,25		-54,01	-19,29	366,91	21,6					

Ör No	ikincil kapanımlar						ikincil kapanımlar						ikincil kapanımlar						
	TFM	TICE	TH	% NaCleşd.	TFM	TICE	TH	% NaCleşd.	TFM	TICE	TH	% NaCleşd.							
K1	-21,1	-5,8	316,5	8,94	L5	-23,7	-3,2	321	5,03	M1	-22,5	-6,7	325	10,1					
	-22	-5	316,8	7,8		-23,5	-3,3	334	5,41		-21	-4,2	345	6,73					
	-22,1	-6	317,5	9,3		-31,2	-2,3	335	3,86		-26,4	-5,6	352	8,67					
	-21	-5,2	317,5	7,9		-25,6	-3,3	336	5,41	M8	-24	-3,8	365	6,26					
	-33,2	-5,8	332,5	8,94	L17	-22,1	-3,2	340	5,03		-21,3	-3,7	367	6,12					
	-21,3	-4,3	332,5	6,8		-25,6	-3,2	341	5,03		-22,3	-4,3	375	6,69					
	-21,3	-10,5	338,5	13,85		-21,5	-3,2	342	5,03		-24	-3,9	362	6,29					
	-23,4	-7,1	339,9	12,2		-27,5		347											
	Ort.	-23,175	-6,213	326,5	9,46		-25,1	-3,1	337	4,9		-23,07	-4,6	355,86	7,2				
	st.sp	4,13	1,9164	10,36		3,161	0,356	7,96			1,88	1,13	16,817	1,5					

*SIVI KAPANIM İNCELEMELERİYLE SİFTİL TEPE CIVARI Au-Ag CEVHERLEŞ. İLİŞKİSİ
KUVARS DAMARLARININ JENETİK AÇIDAN İRDELENMESİ*

seyreltiği, buna bağlı olarak tuzluluğun azaldığı fikrini desteklemektedir.

Homojenleşme Sıcaklığı (T_H)

Dondurulmuş kapanımlar son ergime sıcaklığı ölçümü tamamlandıktan sonra daha yüksek sıcaklıklara doğru ısıtılmaya devam edildiğinde önce $+10^{\circ}\text{C}$ civarında gaz kabarcığının kenarındaki CO_2 zonunun eridiği gözlenir. Isıtma ilerledikçe gaz kabarcığı küçülür ve sonunda kaybolur. Gaz kabarcığının kaybolduğu sıcaklık değeri homojenleşme sıcaklığı olarak tanımlanır ve kapanım oluşum sıcaklığı hakkında bilgi verir. Homojenleşme genellikle gaz fazının sıvı faz içinde çözülmesi şeklinde gelişir. Gaz fazının fazla olduğu kapanımlarda ise sıvı fazın gaz içinde çözülmesi şeklinde gelişebilir. 1. kuvars damarında, kuvarslarda birincil kapanımlarda ortalama $347,5 \pm 8,5^{\circ}\text{C}$, 2. kuvars damarında, kuvarslarda birincil kapanımlarda ortalama $318 \pm 11,5^{\circ}\text{C}$, 3. kuvars damarında, kuvarslarda birincil kapanımlarda ortalama $367 \pm 13,5^{\circ}\text{C}$ (Şekil 6), 1. kuvars damarında kuvarslarda ikincil kapanımlarda, ortalama $326,5 \pm 10^{\circ}\text{C}$, 2. kuvars damarında kuvarslarda, ikincil kapanımlarda ortalama $337 \pm 8^{\circ}\text{C}$, 3. kuvars damarında kuvarslarda, ikincil kapanımlarda ortalama $356 \pm 17^{\circ}\text{C}$, Tablo 4'de görüldüğü gibi en yüksek homojenleşme sıcaklığı 360°C ile 380°C arasında yoğunlaşmaktadır. Diğer iki damarda da oluşum sıcaklığının yüksek değerlerde seyretmesi 300°C katatermal evrede oluşturuklarının işaretini sayılabilir.

Kalın kenarlı kapanımlarda yapılan deneyel çalışmalarla T_{FM} değerinin $-56,5^{\circ}\text{C}$, T_{ICE} değerinin $-28,5^{\circ}\text{C}$ ve T_{H} 100°C ile 315°C arasında değiştiği görülmektedir. Bu kapanımlarda $-0,4^{\circ}\text{C}$ de ergime bitmektedir. Burada görülen kalın kenarlı kapanımlar T_{FM} değerlerine bağlı olarak CO_2 ve H_2O içerdikleri tespit edilmiştir.

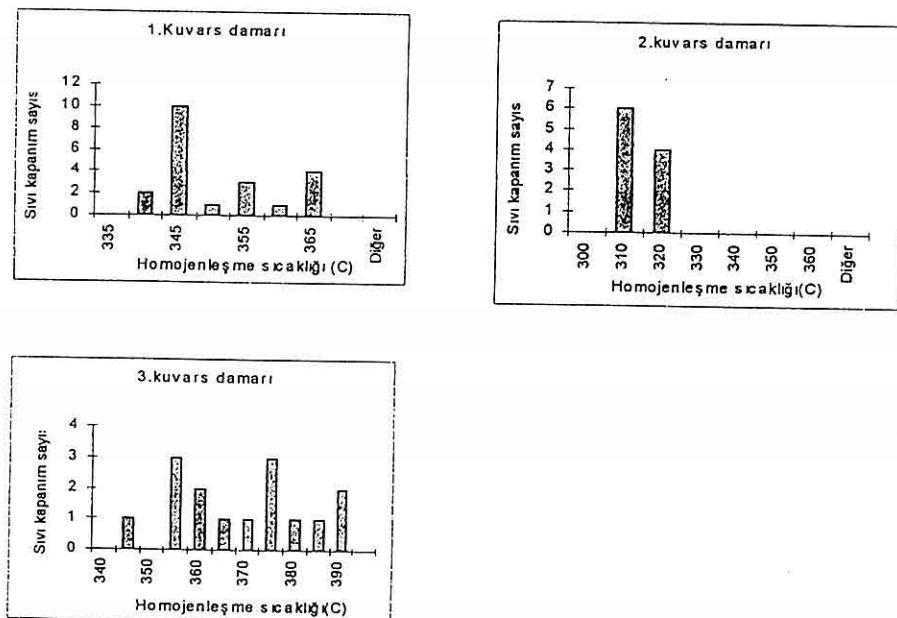
Yukarıda üç ayrı kuvars damalarından alınan örnekler değerlendirilmiş ve; birincil kapanımların NaCl ağırlıklı bir tuz bileşimine sahip olduğu, ikincil kapanımlarda ise yankayaç karbonat içerdiginden karbonatlı çözeltilerin yoğunlaşlığı gözlenmektedir.

Son Buz Ergime Sıcaklığı (T_{ICE}):

İlk ergime sıcaklığı ötektik sıcaklık olduğundan tüm tuz kristalleri eriyinceye kadar sıcaklık sabit kalır. Daha sonra buz kristalleri erimeye başlar ve sıvının tuzluluğuna bağlı olarak saf suyun donma sıcaklığı olan 0°C 'nin altında olacak şekilde erime sona erer. Erimenin sona erdiği gaz kabarcığının ani hareketi ile fark edilir. Erimenin sona erdiği bu sıcaklık son buz ergime sıcaklığıdır ve bileşimdeki tuz miktarı dolayısıyla sıvının tuzluluğu hakkında bilgi verir. Tuzluluk tuz cinsi belirtilmeden % NaCl eşdeğeri şeklinde ifade edilmektedir. Tuzluluk değerleri Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiştir.

$\text{Wt \% NaCl} = (-1,78x(-T_{\text{ICE}})) - (0,0442 x (-T_{\text{ICE}})^2 - (0,000557x(-T_{\text{ICE}})^3);$
formülünden yararlanılarak % NaCl eşdeğeri olarak hesaplanmıştır.

1. kuvars damarında, birincil



Şekil 6. Kuvarslardaki sıvı kapanımlarının homojenleşme sıcaklıklarının dağılımını gösteren grafikler.

kapanımlarda, ortalama T_{ICE} $-21,12^{\circ}\text{C} \pm 3,1$, ikincil kapanımlarda, $-6 \pm 2^{\circ}\text{C}$; 2. kuvars damarında, birincil kapanımlarda, ortalama $T_{ICE}-20\pm1^{\circ}\text{C}$, ikincil kapanımlarda, $-6\pm9^{\circ}\text{C}$; 3. kuvars damarında birincil kapanımda T_{ICE} $19\pm5^{\circ}\text{C}$; İkincil kapanımlarda ortalama $-4\pm1^{\circ}\text{C}$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre, birincil kuvars damarında tuzluluğun birincil kapanımlarda %23 NaCl eşdeğeri, ikincil kapanımlarda, %9 NaCl-CaCl₂ eşdeğeri, ikincil kuvars damarında, birincil kapanımlarda tuzluluğun %22 NaCl eşdeğeri, ikincil kapanımlarda %5 NaCl eşdeğeri ile üçüncü kuvars damarında birincil kapanımlarda %22 NaCl eşdeğeri, ikincil kapanımlarda ise %7 NaCl eşdeğeri

100

olarak hesaplanmıştır (Tablo 4). Kuvars damarlarında saptanan birincil kapanımlardaki tuzluluk değerlerinin, ikincil kapanımlardaki tuzluluk değerlerinden yüksek oluşu, bu düşük tuzluluk değerlerinin, kuvars damarlarındaki kırık ve çatlaklarda dolaşan ikincil hidrotermal çözeltilerin meteorik sular tarafından zamanla seyreltiği, buna bağlı olarak tuzluluğun azaldığı fikrini desteklemektedir.

Homojenleşme Sıcaklığı (T_H)

Dondurulmuş kapanımlar son ergime sıcaklığı ölçümü tamamlandıktan sonra daha yüksek sıcaklıklara doğru ısıtılmaya devam edildiğinde önce $+10^{\circ}\text{C}$ civarında gaz kabarcığının kenarındaki CO₂

*SIVI KAPANIM İNCELEMELERİYLE SİFTİL TEPE CİVARI Au-Ag CEVHERLEŞİ İLİŞKİSİ
KUVARS DAMARLARININ JENETİK AÇIDAN İRDELENMESİ*

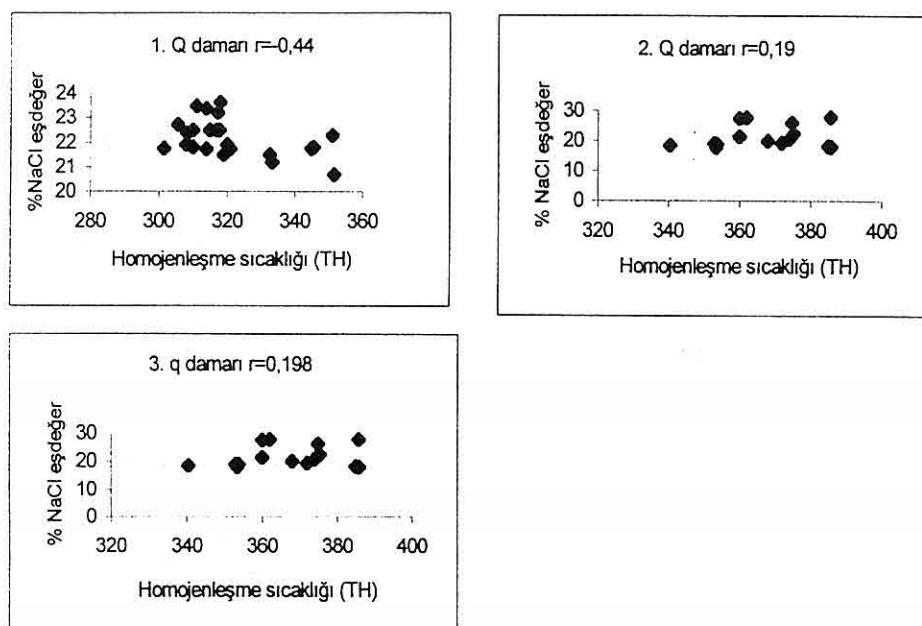
zonunun eridiği gözlenir. Isıtma ilerledikçe gaz kabarcığı küçülür ve sonunda kaybolur. Gaz kabarcığının kaybolduğu sıcaklık değeri homojenleşme sıcaklığı olarak tanımlanır ve kapanım oluşum sıcaklığı hakkında bilgi verir.

Birincil sıvı kapanımlarda %NaCl eşdeğeri değerleri ile T_H değerleri arasında korelasyon katsayıları Temur (1995)'e göre yorumlanmıştır. 1. kuvars damarında $r=-0,44$ olarak hesaplanmıştır. Bu örnekte zayıf negatif korelasyonun varlığı, 2. ve 3. Kuvars damarında ise, korelasyon ilişkisinin olmadığı görülmektedir (Şekil 7).

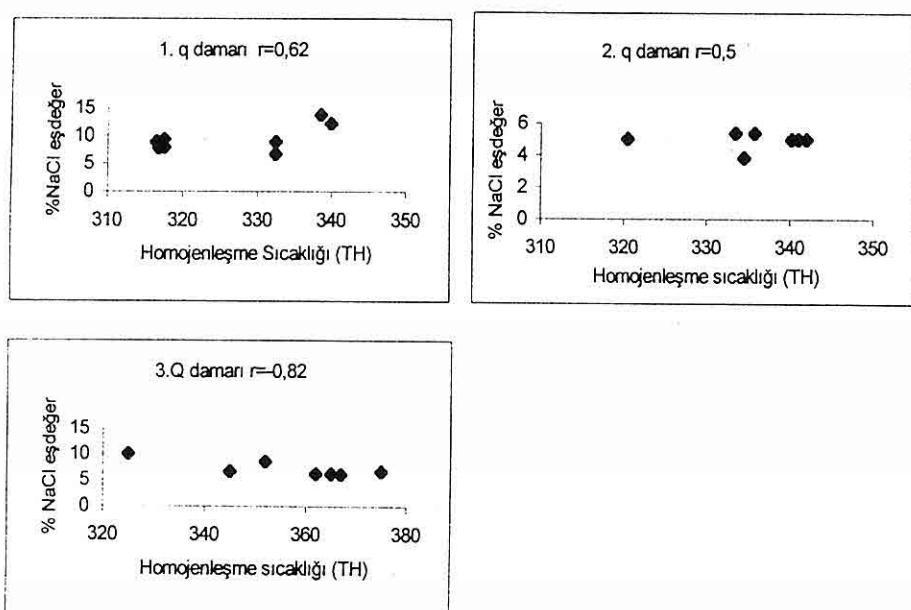
İkincil sıvı kapanımlarda ise, 1.kuvars damarında $r=0,62$, 2. Kuvars damarında $r=0,5$ ve 3. Kuvars damarında $r=0,82$ gibi pozitif bir korelasyonun varlığı (Şekil 8), yüksek sıcaklıklara sahip birincil hidrotermal suların yüksek tuzluluk değerlerinin, daha sonra ortama giren meteorik sularla hem ısının ve hem de tuzluluk değerlerinin düşüğünü göstermektedir.

4. SONUÇLAR

İnceleme alanında magmatik kayaca yakın zonlarda yoğunlaşmış kırık sistemleri (kalınlıkları 5-25 cm., uzanımları ise 20-30 m.) ile şistozite



Şekil 7. Birincil sıvı kapanımlarda homogenleşme sıcaklığı (TH) ile %NaCl eşdeğeri tuzluluk oranı korelasyon diyagramı.



Şekil 8. İkincil sıvı kapanımlarda homogenleşme sıcaklığı (TH) ile %NaCl eşdeğer tuzluluk oranı korelasyon diyagramı.

düzlemleri boyunca yerleşmiş (kalınlıkları 5-10 cm., uzanımları ise 10-15 m.) kuvars damarları ve oksitli cevher damarlarında dissemine cevherleşmelerle bağlı olarak gelişmiş Au-Ag derişimleri gözlenmektedir.

Gözlenen Au-Ag cevherleşmelerinin mineralojik ve dokusal özelliklerini araştırmak amacıyla cevherli kütlerlerden alınan örneklerde, cevher parajenezini, esas olarak pirit ve kalkopirit ikincil limonit, karbonat mineralleri, hematit, nabit altın gibi oksidasyon zonunda gelişen mineraller ile kovellin, kalkozin, kuvars, sfalerit, galen, arsenopirit ve enarjitten oluşan sementasyon kuşağı mineralleri temsil etmektedir.

Damarlardaki kuvars (yer yer kalsedon) kristalleri amorf veya

kriptokristalen şeklinde ve tarak, bantlı veya bazen de masif yapı sunmakta, kristallerin arasında malakit veya malakit-azurit mineralleri eşlik etmektedir. Özellikle malakit-azurit minerallerinin bulunduğu kuvars damarları Au açısından önem kazanmaktadır.

20 adet örneğin analiz sonucuna göre Au: 1.52 ppm, Ag: 6.98 ppm ve Cu ise % 1.08 civarındadır.

Elementler arasındaki ilişki incelenmiş, Au/Ag arasında ($r=+0.25$), Au/Cu arasında ($r=+0.74$), Ag/Cu arasında ise yüksek olmamasına karşın ($r=+0.42$) pozitif bir ilişkinin varlığı gözlenmiştir.

Elementlerin sıkılık dağılımında, Au, Cu ve Ag sağ asimetrik log-normal bir dağılım sunmaktadır. Au, Ag ve Cu'ın

SIVI KAPANIM İNCELEMELERİYLE SİFTİL TEPE CIVARI Au-Ag CEVHERLEŞ. İLİŞKİSİ KUVARS DAMARLARININ JENETİK AÇIDAN İRDELENMESİ

benzer dağılım göstermesi, Au/Cu korelasyon katsayısının ($r=+0.74$) olması Au'ın Cu'a ve Ag'e bağlı olarak yerleştiğini göstermektedir.

İnceleme konusunu oluşturan kuvars damarlarında birincil sıvı kapanımlarının oluşum sıcaklığı değerleri 318-366°C aralığındadır. Bu değerler kuvars damarlarının yüksek ısılı hidrotermal eriyikler tarafından oluşturduğunu göstermektedir. Gökçe (1995)'e göre, bu değerler hidrotermal sistemin, katatermal evresini işaret etmektedir. İkincil sıvı kapanımların oluşum sıcaklığı değerleri 326-355 °C aralığında olup, biraz daha düşük olduğu görülmektedir.

Birincil sıvı kapanımların, 21,5-23 %NaCl eşdegeri tuzluluk değerleri ile homojenleşme sıcaklığı değerleri arasında pozitif ilişkinin olması, tuzluluğun hidrotermal kökenden kaynaklandığını düşündürmektedir. İkincil sıvı kapanımlarında düşük 4-9,5 %NaCl eşdegeri tuzluluk değerleri, kuvars damarlarındaki kırık ve çatlaklarda dolaşan meteorik kökenli suların tuz derişimini azalttığı şeklinde yorumlanmaktadır.

İnceleme sahasında yer alan fazla yüksek olmayan ıslarda olmuş Au-Ag içeren kuvars ve oksitli cevher damarları ile dissemine cevherleşmeler özellikle Au-Ag açısından bir potansiyel olabileceğiğini göstermiştir. Bu nedenle bu bölgede, Au-Ag cevherleşmesinin oluşum modeli ve ekonomikliliği açısından daha ayrıntılı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

5. TEŞEKKÜR

Sıvı kapanım incelemeleri sırasında yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Ahmet GÖKÇE ile Yrd. Doç. Dr. Fuat CEYHAN'a ve Prof. Dr. Ahmet SAĞIROĞLU'na teşekkür ederim.

6. KAYNAKLAR

Asutay, H. J., 1988. *Baskıl (Elazığ) çevresinin jeolojisi ve petrografik incelenmesi*. MTA Dergi., 107,38-60.

Berger, B.R., 1996. *Constraining structural environments during fault motion inversion: Requisite for Bonanza orebody formation, Comstock lode, Virginia, city, Nevada. Denver' 96. Meeting Abstracts. Abs. No:50360.*

Bodnar, R. J., 1993. *Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solution: Geochemical Acta*, 57,683-684.

Çelebi, H., ve Hanelçi, dig., 1998. *Geochemische und geostatistische Untersuchungen an Mn-Erzen des Lagerstättendistriktes Keban, Provinz Elazığ/Turkey. Geologisches Jahrbuch. Hannover, Heft 108, 3-33 s.*

Gökçe, A., 1994. *Maden yataklarının köken ve oluşum koşullarının araştırılması*. (yayınlanmamış), 11s.

Gökçe, A., 1995. *Maden Yatakları. Cumhuriyet Üniv. Yayımları. No:59. 307s.*

Hanelçi, Ş., Taşçı, İ., ve Söylemez, M., 1989. *Keban Dere skarn cevherleşmesinin ön etüt raporu. (Yayınlanmamış), Etibank Maden Arama Müd. 30 s.*

Hanelçi, Ş., 1991. *Zeryan Dere-Siftıl*

- Tepe (Keban-Elazığ) metalojenisinin incelenmesi. Doktora tezi. (Yayınlanmamış). İ.Ü. 91 s.İstanbul.
- Kineş, T., 1971. Vanadinit ve deklozit üzerine bir çalışma. TJK Bült. 14/2. 201-225.
- Kipman, E., 1976. Keban'ın Jeolojisi ve volkanitlerinin petrolojisi. Doçentlik Tezi. İst. Üniv. (yayınlanmamış).
- Kipman, E., 1981. Keban'ın jeolojisi ve Keban şariyajı. İst. Üniv. Yerbilimleri Dergi., 1,1-2, 75-81.
- Kipman, E., 1982. Keban volkanitlerinin petrolojisi., İst. Üniv. Yerbilimleri Dergi., 3-4, 203-230.
- Köksoy, M., 1972. Keban madeni civarında cevherleşme ile ilgili elementlerin dağılımları. Etibank Raporu. 983 (yayınlanmamış). Ankara.88s.
- Köksoy, A., 1975. Keban madeni dolayındaki jeokimyasal sizıntı anomalileri. TJK Bült. 18,5-2.
- Öztunalı, Ö., 1989, Keban maden sahaları durum tespit raporları 1985-89 (Yayınlanmamış). Etibank Maden Arama Müd., Ankara, 30 s.
- Roedder, E., 1984. Fluid inclusions. Reviews in mineralogy, 12, Mineralogical Society of America, Washington.
- Temur, S., 1995. Jeolojide Veri Analizleri Ders Notları, Selçuk Ün. Müh. Mim. Fak.Yayın No:21 147s. Konya.
- Yazgan , E., ve Chessex, R., 1991. Geology and tectonic evolution of the Southeastern Taurides in the region of Malatya. TPJD. Bült., 3,1,1-41.
- Yazgan, E., 1983. A Geotraverse between the Arabian Platform and the Munzur Nappes. Guide book for excursion V, 17pp., Int. Symp. on the geology of the Taurus Belt., Sept. 26-29, MTA . Enst. Ankara.

SERİNCE-HARPUT-(ELAZIĞ) ÇEVRESİNDEKİ GRANİTİK KAYAÇLAR VE KÖKENİ

Melahat BEYARSLAN

F. Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ/Türkiye

ÖZET: İnceleme konusu olan granitik kayaçlar Üst Kretase yaşı Elazığ Mağmatitleri içerisinde yer almaktadır. Bunlar, uyumsuz olarak Üst Maestrichtiyen yaşı Harami Formasyonu, Orta Eosen- Oligosen yaşı Kırkgeçit Formasyonu ve Üst Miyosen-Pliyosen yaşı volkanik Karabakır Formasyonu ile örtülmektedir. Elazığ çevresinde geniş yayılım sunan Elazığ Magmatitleri dioritik, tonalitik derinlik kayaçları, bazaltik-andezitik volkanik ve volkanoklastik kayaçlarla tüm bunları kesen granitik kayaçlardan oluşmaktadır.

Granitik kayaçlar Elazığ Mağmatitlerinin diorit ve tonalitleri içerisinde intrüzif kütteлер halinde bulunurken, volkanit ve volkanoklastitleri içerisinde dayk ve siller halinde görülür. İnceleme alanının doğusunda ise Elazığ Mağmatitlerinin üzerinde geliştiği okyanus kabuğuna ait gabro ve diyabazları kesmektedir.

Açık renkli granitik kayaçlar intrüzyonun ve daykların kenar kısımlarında ince taneli dokular gösterirken, iç kısımlarında orta-iri taneli, pegmatitik ve porfirik dokulara sahiptirler. Esas olarak kuvars, plajiyoklas (oligoklas, andezin), ortoklas, biyotit ve yeşil hornblendden oluşmuşlardır. QAP sınıflamasında bu kayaçların çoğunlukla granodiyorit, daha az oranda ise granit bölgesine düştüğü görüldür. Jeokimyasal veriler granitik kayaçların kalkalkalen serisiye ait yay granitoyidleri ortamına düştüğünü vermektedir.

Elazığ Magmatitleri, Elazığ civarında yaygın biçimde yüzeyleyen ve yitim zonu üzerindeki levhada oluşan açılmaya bağlı (supra-subduction zone) olarak gelişen ofiyolitler (Guleman, Kömürhan, İspendere Ofiyolitleri) üzerinde oluşmuş tipik ada yayı malzemesidir.

THE GRANITIC ROCKS AND THEIR ORIGIN AROUND THE SERİNCE-HARPUT-ELAZIĞ

ABSTRACT: The granitic rocks which are subject of this study, take part in Upper Cretaceous Elazığ Magmatics. These are discordantly covered by Upper Maastrichtian Harami Formation, Middle Eocene-Oligocene Kırkgeçit Formation and Upper Miocene-Pliocene volcanics of Karabakır Formation.

While the granitic rocks form intrusive masses in the diorites and tonalites of Elazığ magmatics, they are in form of dikes and sills in the volcanics and volcaniclastics of the same magmatics. They intrude into the gabbros and diabases belonging to the oceanic

rust on which the Elazığ magmatics have been developed.

The granitic rocks display fine grained textures at the margins of intrusions and dikes and they have medium-coarse grained, porphyric and pegmatitic textures in the inner parts. They are composed of quartz, plagioclase (oligoclase, andesine), orthoclase, biotite and green hornblend. The mineralogical composition of granitic rocks indicate that they are mostly granodiorite and in less proportion of granite.

The geochemical data indicate that the granitic rocks belong to calc-alkaline serie of an island arc. Elazığ Magmatics including granitic rocks are products of an island arc developed on ophiolites (Guleman, Kömürhan, İspendere ophiolites) that formed in a Supra-subduction Zone during Upper Cretaceous.

1. JEOLOJİK KONUM

Elazığ çevresinde farklı yaşlara sahip, değişik litolojiler gösteren birimler yüzeylemektedir. İnceleme alanının en yaşlı birimi bu makalenin konusu olan granitik kayaçları da içeren Üst Kretase yaşı Elazığ Magmatitleri ve üzerinde geliştiği kabul edilen ofiyolitlerin üst kısmıdır. Bunların üzerinde uyumsuz olarak olarak duran Harami Formasyonu, Kırkçeşit Formasyonu, Karabakır Formasyonu ve Genç alüvyonlar bulunmaktadır (Şekil 1,2). Ayrıca, inceleme alanının kuzey sınırı dışında Pertek çevresinde Elazığ Magmatitleri üzerinde tektonik olarak bulunan ve tektonik kontağında Kırkçeşit Formasyonu ile örtülüdüğü Keban Metamorfitleri yer almaktadır (Bingöl, 1984).

İnceleme alanının doğu kesiminde yer alan ve eski çalışmaların çoğunda (Bingöl, 1984; 1988) Elazığ Magmatitleri'ne ait olduğu kabul edilen, az oranda klinopiroksen, esas olarak bantlı ve izotrop gabrolarla diyabaz dayklarından oluşan birim Bingöl ve Beyarslan (1996) tarafından Elazığ

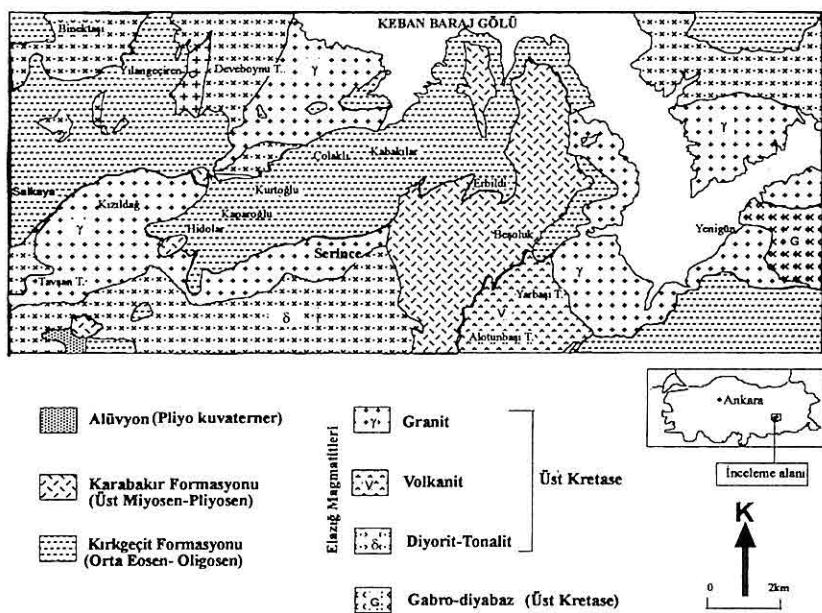
106

Magmatitleri'nin üzerinde geliştiği okyanus kabuğu kalıntıları olarak kabul edilmiştir. Gabro-diyabaz birimi kuzeyde Elazığ Magmatitleri'nin granitik kayaçları tarafından kesilir. Güneyde ise bazaltik yastık lavlar tarafından üzerlenir.

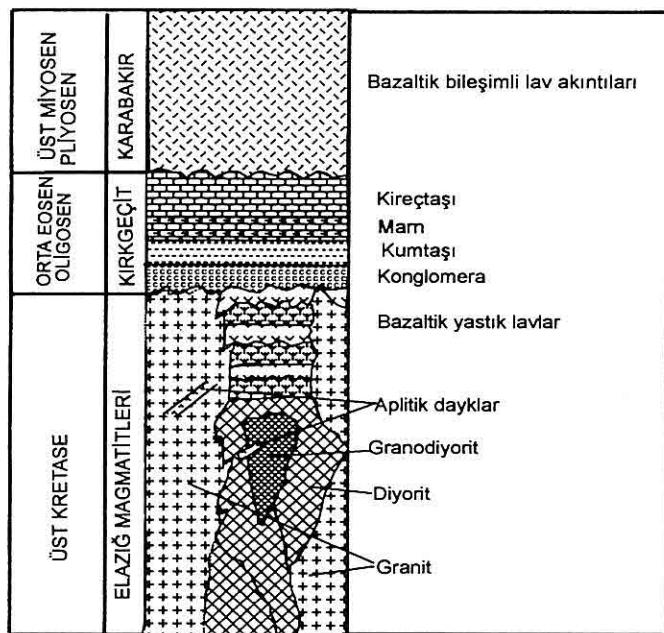
Elazığ Magmatitleri tabanda diyorit-monzodiyorit ve tonalit ile bunların üzerinde yer alan bazaltik yastık lavlar, andezitik lav akıntıları ve piroklastitler ve bunlarla ardalanmalı volkanosedimanlarla tüm bunları kesen granodiyoritik ve granitik derinlik kayaçları ve dasit dayk ve damarlarından oluşmuştur (Bingöl ve Beyarslan, 1996). Diyorit – monzonit ve tonalitler içerisinde en yaygın olanı diyoritlerdir, inceleme alanının kuzeyinde yaygın olarak yüzeylerler. Ayrıca, Harput'un kuzeyinde de önemli yüzeklere sahiptirler (Şekil 1,2).

Arazide farklı tane boyuna sahip diyoritler, koyu ve açık renkli mineral yüzdelerine göre melanokrat ve lökokrat olabilmektedirler. Diyoritlere göre daha açık renkli olan tonalitler yer yer önemli miktarlarda mafik anklav içermektedirler.

SERİNCE-HARPUT-(ELAZIĞ) ÇEVRESİNDEKİ GRANİTİK KAYAÇLAR VE KÖKENİ



Şekil 1. İnceleme alanının jeoloji haritası (Bingöl, 1984; 1988 ve İnceöz, 1994'den derlenmiştir).



Şekil 2. İnceleme alanının stratigrafik kesiti(ölçeksiz).

İnceleme alanının güneyinde Harput çevresinde yastık lavlar, lav akıntıları, az oranda piroklastitler ve volkanosedimanlar yüzeyler. Tüp ve elipsoidal şekilli yastık lavlar 1-2m. büyüklüğünden 5-6m büyülüğüne kadar değişirler.

İnceleme konusu olan granitik kayaçlar, esas olarak inceleme alanının ortasında yaklaşık Doğu-Batı uzanımlı Kızıldağ-Serince-Yenigün Köyleri civarında yayılım sunmaktadır (Şekil 1). Doğu kesiminde yaklaşık 4,5-5 km genişliğinde olan intrüzyon batıda Kırgeçit Formasyonu ile kaplı olması nedeni ile görünür genişliği 1-1,5 km civarındadır. Uzunluğu ise yaklaşık 16 km dir. Granitik kayaçlar doğuda ofiyolitlere ait olduğu kabul edilen gabro ve diyabazları keserken, diğer kesimlerde Elazığ Magmatitleri'ne ait diyorit ve tonalitleri ve hatta volkanik kayaçları kesmektedir. Pekinik Köyü kuzeyinde ve Harput çevresinde granitik kayaçlar volkanik ve volkanosedimanter kayaçlar içerisinde dayk ve siller halinde bulunurlar. Bazı yerlerde dayklar bir ağ oluşturmaktı ve volkanik kayaçları sarmakta ve büyük volkanik kayaç anklavlari içermektedir. Benzer ilişkiler Elazığ çevresinde farklı yerlerde gözlelmektedir. Granitik kayaçlarla volkanik kayaçlar arasındaki dokanaklarda epidot, klorit, yer yer granat parajenezininoluğu albit-epidot-hornfels fasiyesi metamorfizması gelişmiştir. Elazığ-Keban karayolu kuzeyinde granitik kayaçlar Keban Metamorfitlerini kesmekte, Pertek batısında ise granitler Keban

Metamorfitleri'nin Elazığ Magmatitleri üzerine bindirdiği tektonik hattıda kesmektedir. Harput civarında Elazığ volkanitlerini kesen granitik kayaçlar, Üst Maestrihiyen yaşı Harami Formasyonunu kesmemektedir. Bu duruma göre granitik kayaçların yaşı Üst Maestrihiyen öncesi Üst Kretase dir.

2. PETROGRAFİ

İnceleme alanındaki kayaçlar, granitler, diyoritler, bunlar içerisindeki anklavlalar ve yine bunları kesen aplitlerden oluşuyor.

2.1.Granit / Granodiyoritler

Elazığ Magmatitleri'ne ait granit/granodiyoritler esas olarak k-feldspat, kuvars, plajiyoklas, hornblend, az oranda biyotit ve opak minerallerden oluşmuştur.

Genellikle özsekilsiz kristaller halinde ve dalgalı sönme gösteren kuvarslar, diğer kristallerin ara boşluklarını doldurmaktadır. Kayaç içerisinde yaklaşık %20-25 arasında değişmektedir. Diğer felsik minerallere göre daha fazla orana sahip plajiyoklaslar, öz, yarıözşekilli olup, albit, karlsbad, albit-karlsbad ve periklin ikizleri karekteristiktir. Ayrıca, plajiyoklaslarda normal zonlanma sıkça izlenmektedir. Albit ikizli kristallerde 10-17°lik sönme açılarına göre plajiyoklas türü oligoklastır. Bu kayaçlarda plajiyoklaslarda alterasyon yoğun olarak izlenir. Hemen hemen bütün örneklerin plajiyoklaslarında yoğun serizitleşme, karbonatlaşma, bazı örneklerde ise iç kısmın sosürütlentiği görülür.

Plajiyoklaslarda aynı kristal içerisinde, özsekilli albit ikizi gösteren bir plajiyoklas kristalinde orta kısım üzerinde gelişmiş farklı kenarlara sahip, ancak, ikitizlerin sürekli olduğu farklı kristal şekilleri gelişmiştir. Yani iç içe farklı plajiyoklas kristallerinin gelişimi söz konusudur. Plajiyoklaslar, yaklaşık olarak %35-45 oranında kayaç içerisinde bulunmaktadır.

Alkali feldspatlar, özsekilsiz kristaller halinde olup, ara boşlukları doldurmaktadır. Bazı kristallerde çok belirgin olmasa da ince dilinim izlerine de rastlanmaktadır. Yer yer plajiyoklasları sarar durumdadır. Alkali feldspatların oranı %20-30 civarındadır.

Mafik mineral olarak en fazla amfiboller ve daha az oranda da biyotitler izlenmektedir. Levhamsı-prizmatik ve çubuksu kristaller halinde bulunan biyotit mineralleri tek yönlü dilinimi, kahverengi tonlarda pleokroizması ve D-B yönündeki maksimum karanlık durumunu alması ile diğer minerallerden ayrılır. Biyotitler kısmen veya tamamen kloritleşmişlerdir. Amfiboller, yeşil-kahverengi pleokroizma gösterirler. Bazı kristallerinde ikitizlenmeye rastlanmaktadır. Yer yer kloritleşme izlenmektedir. Kayaç içerisinde % 8-10 civarındadırlar. Granitlerde genellikle subhedral granüler doku izlenmektedir.

2.2 Diyortitler

Granitlerin içerisinde sokulduğu diyortitik kayaçlar, esas olarak plajiyoklas, hornblend ve opak minerallerden oluşmuşlardır.

Plajiyoklaslar, öz, yarı özsekilli olup, albit, karlsbad ve periklin ikitizleri karakteristikdir. Aynı zamanda zonlu plajiyoklaslara da rastlanmaktadır. Bazı durumlarda bir plajiyoklas kristali, başka bir plajiyoklas kristali içerisinde bulunabiliyor. Plajiyoklaslar, küçük kristaller halinde olabileceği gibi, fenokristaller halinde de bulunabiliyorlar. Yer yer serizitleşen plajiyoklasların orta kısımları yamalar halinde bulunuyor. Plajiyoklaslar kayacın yaklaşık % 60-65 ini oluşturuyor.

Amfiboller, genelde özsekilsiz kristaller halinde ve yeşilin tonlarında bir pleokroizmaya sahiplerdir. Bazen plajiyoklaslar hornblendler içerisinde izlenirken, bazende hornblendler plajiyoklaslar içerisinde yer almaktadır. Kayacın yaklaşık % 25-30unu oluştururlar.

Opak mineraller %1 civarında, ayrıca bazı örneklerde alkali feldspat ve kuvarsa (%2-3) az oranda rastlanmaktadır.

Diyortitlerde fenokristallerini plajiyoklasların oluşturduğu porfirik doku ve subhedral granüler dokular izlenmektedir.

2.3. Anklavlар

Çalışma alanında yüzeyleyen granitler içerisinde çok sık olarak magmatik kökenli anklavlار görülmektedir. Mineralojik olarak kuvars diyortit bileşiminde olan bu anklavlın taşıyıcı kayaçtan farklı dokusal özelliğidir. Subhedral mikrogranüler doku izlenmektedir. Bunlar Didier (1973) tarafından tanımlanan Mikrogranüler

anklavlар olup, Barbarin (1988a) tarafından tanımlanan Mafik Mikrogranüler anklavlara karşılık gelmektedir. Çalışma alanında anklavlарın şekilleri yer yer değişebildiği gibi, yine de tipik olarak yuvarlak, elips şekillidirler ve köşeli şekil göstermezler. Bu durum Didier ve Barbarin (1991)'ın Mafik Mikrogranüler Anklavları ile benzerlik göstermektedir. Kuvars mikrodiyorit bileşimindeki bu anklavlарın esas bileşenlerini plajiyoklas(yaklaşık olarak %40-45) ve amfibol mineralleri oluşturmaktadır. % 5-6 kuvars ve % 6-7 alkali feldspat mineralleri bileşime katılmaktadırlar. Plajiyoklaslar öz, yarıözşekilli, albit, karlsbad ikizli ve bazen alkali feldspat kristalleri ile sarılmışlardır. Genel olarak küçük kristaller halinde iken, bazen mega kristaller halinde görürlürlar. Bazı mega kristallerin iç kısmı ikizlenmeli dış kısmı ise feldspat veya yine plajiyoklas minerali ile sarılmıştır. Dış kısmında ikizlenmenin olmayışı, kenarlarının girintili çıkışlı, yenilmiş olması, bu mega kristallerin taşıyıcı ana kayaçtan gelen elementel göç ile oluştuğuna işaret etmektedir. Alterasyondan etkilenmiş olan fenokristallerin iç kısmında yamalar halinde görülen serizitleşme de iç kısmına k-feldspat enjeksiyonunun gerçekleşmiş olabileceği düşüncesini desteklemektedir.

Mafik mineral olarak görülen en önemli bileşen amfiboldür. Genelde küçük kristalli, bazen büyük kristalli olan hornblendler öz, yarıöz ve şeiksiz kristaller oluştururlar. Yer yer kloritlere dönüşüm izlenmektedir. Büyük

hornblend kristallerinde ikizlenmeye de rastlanmaktadır.

Bazen hornblendler içerisinde plajiyoklaslar görülürken, bazende plajiyoklas içerisinde hornblendler izlenir. Bu da kristalleşmenin eş zamanlı olduğunu verir.

2.4. Aplitler

İnceleme alanındaki derinlik kayaçları içerisinde lökokrat minerallerce zengin olan aplitler granitleri ve diyoritleri kesmektedirler.

Mineralojik olarak kuvars, k-feldspat (ortoklas) ve plajiyoklas minerallerinden oluşmaktadır.

Kuvarslar, özsekilsiz, oldukça bol miktarda ve ara boşlukları doldurmaktadır. Yer yer dalgalı sönme göstermektedirler. Bazen plajiyoklaslarla iç içe büyümeye göstererek mirmekitik dokuyu oluştururken, bazen de alkali feldspatlarla iç içe büyümeye göstererek grafik dokuyu oluştururlar. Yaklaşık olarak %28 kuvars içerirler.

Alkali feldspatlar, kayacı oluşturan diğer minerallere göre daha büyük özsekilsiz kristaller halinde izlenmektedir. Alterasyondan etkilenmiş olan ortoklas kristallerinden karbonatlaşmanın olduğu açıkça görülmektedir. Normatif olarak % 40 alkali feldspat içerirler.

Plajiyoklaslar, özsekilsiz bazen yarıözşekilli, albit ve karlsbad ikizi karakteristikdir. Plajiyoklaslarda karbonatlaşma ve serizitleşme izlenmektedir. Yaklaşık olarak % 25 plajiyoklas içerirler.

Aplitlerde mafik mineral olarak hornblendler yaklaşık olarak % 7 civarında bir değere sahiplerdir. Şekilsiz kristaller halinde ve yer yer kloritleşmişlerdir.

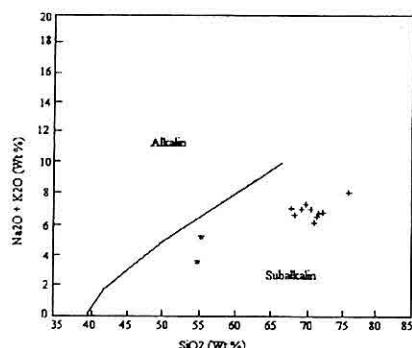
Bu kayaçlarda aplitik, grafik, mirmekitik dokular izlenir.

3. JEOKİMYA

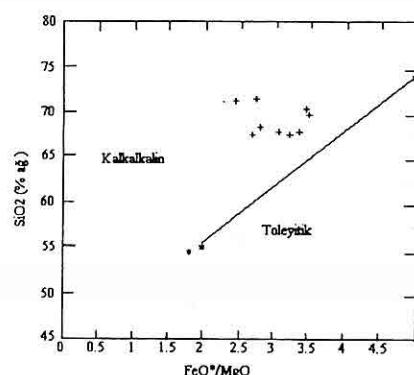
İnceleme alanından seçilen 12 adet örneğin, ana ve bazı iz element içerikleri XRF ile analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 1 de gösterilmiştir (İskoçya, Edinburgh Üniversitesi Jeoloji ve Jeofizik Laboratuvarı).

Analizi yapılan örneklerin 10 adedi granit grubuna, 2 adedi diyoritik anklavlara aittir.

Çalışma alanındaki kayaçların, seri karakterlerinin tayininde Irwin ve Baragar (1971)'in toplam alkaliler ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) ve SiO_2 diyagramı esas alınmıştır (Şekil 3).



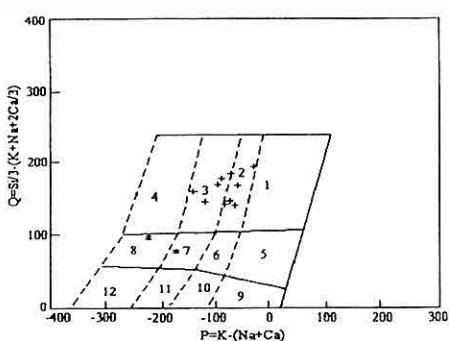
Şekil 3. İnceleme alanındaki örneklerin $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ - SiO_2 diyagramındaki dağılımları. (+: granitik kayaç, *: diyoritik anklav).



Şekil 4. Örneklerin SiO_2 - FeO^*/MgO diyagramındaki (Miyashiro, 1974) dağılımları. (+: granitik kayaç, *: diyoritik anklav).

Diyagramda da görüldüğü gibi, inceleme alanına ait örneklerin tamamı subalkalen bölgede yer almaktadır. Artan SiO_2 miktarıyla orantılı olarak, toplam alkali oranında da bir zenginleşme görülmektedir. Toleyitik ve kalkalkalen serilerin ayrimında da Miyashiro (1974)'nun SiO_2 - FeO^*/MgO diyagramı kullanılmıştır (Şekil 4). Bu diyagram orta derece demir zenginleşmesi gösteren toleyitik ile kalkalkalen seriler arasındaki demir zenginleşmesinin birbirine yakın olması nedeniyle ayrimda faydalı olmaktadır. Çalışma alanındaki kayaçların SiO_2 - FeO^*/MgO diyagramındaki dağılımları incelendiğinde granitik kayaçların tamamının kalkalkalen bölgeye, diyoritik kayaçların SiO_2 oranlarının daha düşük kalkalkalen bölgeye doğru düşükleri görülmektedir. Bu kayaçların Al_2O_3 içeriklerinin fazla olması nedeni ile kalkalkalen bölgeye düşükleri söylenebilir.

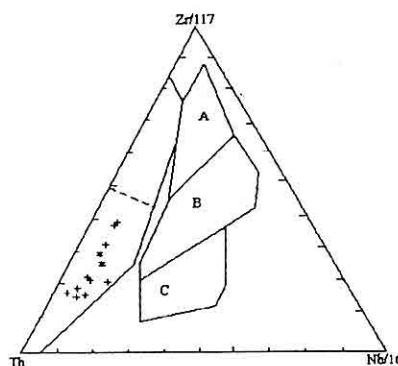
Petrografik incelemeler sonucunda mineralojik sınıflandırma ile granit, granodiyorit, diyorit olarak ayrımlanan magmatik kayaçlar, Debon ve Le Fort (1982,1988) tarafından önerilen ve kayaç oluşturan ana felsik minerallerin (kuvars, alkali feldspat, plajiyoklas) ana element içeriklerine dayalı Q-P diyagramında da benzer alanlara düşmektedir (Şekil 5).



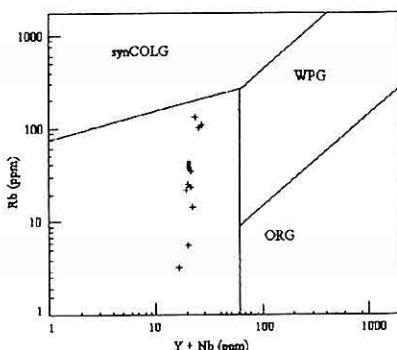
Şekil 5. Örneklerin Q-P diyagramındaki (Debon ve Le Fort, 1982; 1988) dağılımları +: granitik kayaç, *: diyoritik anklav.

Wood (1980) tarafından geliştirilen Zr/117-Th-Nb/16 diyagramında örneklerin dağılımları incelendiğinde, tamamının Th bakımından zenginleşme gösterip, yaklaşan levha sınırları alanına düşülmektedir (Şekil 6).

Rb-Y+Nb diyagramındaki dağılımları incelendiğinde de örneklerin tamamının volkanik yay granitoidleri alanına düşükleri izleniyor (Şekil 7; Pearce et al., 1984).



Şekil 6. İnceleme alanındaki örneklerin Zr/117-Th-Nb/16 diyagramındaki (Wood, 1980) dağılımları.+:granitik kayaç, *: diyoritik anklav. A: N tipi MORB, B: E tipi MORB ve toleyitik levha içi bazalt, C: Alkalın levha içi bazalt, D: Yaklaşan levha sınırı bazaltları.



Şekil 7. İnceleme alanındaki örneklerin Rb-Y+Nb diyagramındaki (Pearce et al., 1984) dağılımları +: granitik kayaç, *: diyoritik anklav.

Çalışma alanındaki magmatik kayaçların bazı ana ve iz element içeriklerinin değişik diyagamlarda değerlendirilmesi sonucu, bunların

Tablo 1. İnceleme alanındaki granitik kayaçların ana oksit ve iz element analizleri

Ö. no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	68.00	68.75	70.13	70.30	68.11	66.78	76.31	70.85	70.64	66.34	55.52	54.86
TiO ₂	0.35	0.32	0.24	0.28	0.43	0.28	0.11	0.24	0.27	0.45	0.68	0.85
Al ₂ O ₃	14.42	15.02	14.54	14.16	15.91	15.86	13.22	14.23	13.80	15.07	18.30	18.47
Fe ₂ O ₃	2.67	2.86	2.21	3.25	3.20	3.50	0.93	2.71	2.35	3.52	8.01	8.62
MnO	0.07	0.07	0.06	0.05	0.12	0.08	0.03	0.13	0.07	0.1	0.20	0.25
MgO	0.79	0.94	1.12	0.82	0.86	0.97	0.01	0.69	0.78	1.18	3.60	4.30
CaO	2.35	2.54	1.21	2.67	2.97	3.40	0.42	2.98	2.77	2.09	7.67	8.05
Na ₂ O	3.56	3.12	4.02	3.12	3.84	3.12	3.75	3.43	3.81	3.63	3.69	3.01
K ₂ O	3.82	3.81	4.15	3.42	3.47	3.32	4.54	3.54	4.37	3.24	1.50	0.63
P ₂ O ₅	0.09	0.10	0.09	0.06	0.08	0.10	0.02	0.06	0.08	0.11	0.30	0.27
A.K.	3.82	1.97	1.27	1.73	0.37	0.17	0.22	0.65	0.71	1.54	0.98	1.45
Top.	100.14	99.50	99.04	99.86	99.36	99.58	99.56	99.51	99.65	99.27	100.45	100.76

İz element												
Sr	128	195	137	194	171	127	26	264	150	213	225	215
Rb	6	22	35	3	118	125	137	6	22	25	40	36
Zr	109	165	159	92	64	67	75	123	104	157	95	108
Nb	4	4	5	4	7	8	7	4	5	4	5	4
Ba	210	73	325	88	524	485	136	255	216	312	397	247
Th	3	2	3	3	4	3	2	2	3	2	2	2
La	7	4	8	6	20	48	24	7	11	8	10	9
Ce	14	12	15	15	43	41	48	20	19	16	17	15
Nd	9	11	8	8	15	16	18	11	8	7	11	9
Y	18	17	15	14	18	18	16	16	15	25	15	16

yaklaşan levha sınırlarında dalma-batma zonu üzerinde gelişmiş yay magmatizması ürünlerini olduğu söylenebilir.

4. SONUÇLAR

İnceleme konusu olan granitik kayaçlar (granit-granodiyorit), esas olarak diyorit-tonalit grubu plütonik kayaçlar, bazalt, andezit ve andezitik piroklastitlerden

oluşan volkanik kayaçlar ve volkanosedimanlardan oluşan Elazığ Magmatitlerine aittir. Granitik kayaçlar Elazığ Magmatitlerinin diğer birimlerini kestiği gibi, bu birimler üzerine Üst Kretase sonuna doğru tektonik olarak gelen Keban Metamorfitlerini de kesmektedir (Akgül, 1993; Bingöl, 1984; 1988; Bingöl ve Beyarslan, 1996), ancak aynı granitik kayaçlar inceleme alanının

güneyinde Harput civarında yüzeyleyen Üst Maastrichtiyen yaşılı Harami Formasyonuna ait kristalize kireçtaşlarını kesmemektedir. Bu durum granitik kayaçların Elazığ Magmatitlerinin son evresinde olduğunu ve Üst Maastrichtiyen öncesi yerleşiklerini vermektedir.

Elazığ Magmatitlerini ve bunların üzerinde geliştiği ofiyolitleri petrolojik olarak inceleyen araştırmacılar (Bingöl ve Beyarslan, 1996; Beyarslan, 1996; Beyarslan ve Bingöl, 2000), Elazığ yöresindeki ofiyolitlerin Üst Kretase'de gelişen kuzeye doğru okyanus içi yitim sonucu üstteki levhada oluşan açılma ürünlerini (supra-subduction zonu ofiyolitleri) olduğunu, Elazığ Magmatitlerinin ise bu ofiyolitler üzerinde gelişen magmatitler olduklarını kabul etmektedirler. Beyarslan ve Bingöl (2000), yay oluşumunun son evresinde yay kabuğunun kalınlaştığını, sıkışmaya bağlı olarak, kuzeydeki kıtasal kabuğun güneye doğru yay üzerine itildiğini, yay magmatizmasının son evresinde oluşan kayaçların hem yayın diğer birimlerini, hem de bindirme hattını ve kıtasal kabuğu kestiğini kabul etmektedirler.

Arazi ve jeokimyasal veriler granitik kayaçların kalkalkalın, I tipi yay granitoidleri alanında yer aldığı göstermektedir.

İnceleme alanındaki granitik kayaçlar, ada yayları veya aktif kita kenarlarında olmuş kalkalkalı granitoidlerin özelliği (Didier, 1973) olan çok sayıda Mafik Mikrogaranüler Anklavlalar (MME) içermektedirler. Mafik Mikrogaranüler

Anklavlalar (MME) ana kayacla karşılaştırıldıklarında ya daha mafik, ya da daha felsik özelliklere sahiptirler. Bunlar mafik ve felsik magma arasındaki karışımının ürünüdürler. Diğer bir deyişle Mafik Mikrogaranüler Anklavlalar (MME), asit magma içerisinde bazik magmanın sokulumu ve magma mingling olayı ile oluşmaktadır (Didier ve Barbarin, 1991). Çalışma alanındaki granit-granodioritlerde gözlenen MME oluşumları bu fazların magma kaynaklarının oluşumundan etkin olan eş yaşılı mafik ve felsik magma karışımının sağ derinliklerdeki heterojen evresini, yani magma mingling evresini temsil etmektedirler.

Sonuç olarak, inceleme konusu olan granitik kayaçlar, Üst Kretase'de kuzeye doğru dalımlı okyanus içi yitim sonucu oluşan ada yayının son ürünlerini olup, bu kayaçları veren asit magma ile üst mantodan türeyen bazik magmanın karışımı söz konusudur.

5. KAYNAKLAR

Akgül, B., 1993. *Piran Köyü (Keban) Çevresindeki Mağmatik Kayaçların Petrografik ve Petrolojik Özellikleri: F.Ü. Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi*, 118s. (yayınlanmamış).

Barbarin, B., 1988a. Field evidence for successive mixing and mingling between the Piolard Diorite and the Saint-Julien-la-Vêtre Monzogranite (Nord-Forez, Massif Central, France). *Can. J. Earth Sci.*, 25: 49-59.

Beyarslan, M. 1996. *Kömürhan Ofiyolit Birimi'nin Petrografik ve Petrolojik*

- Özellikleri. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi* (yayınlanmamış).
- Bingöl, A.F. 1984. *Geology of Elazığ area in the Eastern Taurus region. In the geology of the Taurus Belt. Edited by O. Tekeli and M.C. Göncüoğlu. Proceedings International Symposium, MTA, Ankara, pp.209-216.*
- Bingöl, A.F. 1988. *Petrographical and petrological features of the intrusive rocks of Yüksekova Complex in the Elazığ region (Eastern Taurus - Turkey). Journal of Fırat University, 3/2: 1 - 17.*
- Bingöl, A.F., and Beyarslan, M. 1996. *Elazığ Mağmatitleri'nin jeokimyası ve petrolojisi. In Proceedings of KTÜ 30. yıl sempozyumu. Edited by S.Korkmaz and M. Akçay, Trabzon, Turkey, pp.208-224.*
- Beyarslan, M. and Bingöl, A.F. 2000. *Petrology of a supra -subduction zone ophiolite (Elazığ- TURKEY). Canadian Journal of Earth Science. 37: 1411-1424.*
- Debon, F. and Le Fort, P., 1982. A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Trans. R. Soc. Ed. Earth Sci., 73, 135-149.*
- Debon, F. Ve Le Fort, P., 1988. A cationic classification of common plutonic rocks and their magmatic associations: Principles, method, applications. *Bull. Mineral., 5, 111, 493-510.*
- Didier, J., 1973. *Granites and Their Enclaves: The Bearing of Enclaves on the Origin of Granites. Development in Petrology, 3.Elsevier, Amsterdam,393 pp.*
- Didier, J. and Barbarin, B.,1991. *Enclaves and Granite Petrology: Elsevier Sci. Publ., New York, 624s.*
- İnceöz, M., 1994. *Harput (Elazığ) Yakin Kuzeyi ve Doğusunun Jeolojik Özellikleri. Doktora Tezi. F.Ü. Fen Bilimleri Enst. (yayınlanmamış). 112 s.*
- Irvine, T.N., and Barager, W.R.A. 1971. *A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences. 8, 523-548.*
- Miyashiro, A., 1974. *Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. Am. J. Sci., 274: 321-355.*
- Pearce, J.A., Lippard, S.J., and Roberts, S. 1984. *Caracteristics and tectonics significance of supra - subduction zone ophiolites. In marginal basin geology. Edited by B.P. Kokelaar and M.F. Howells. Geological Society of London, Special Publication, 16: pp. 77 - 94.*
- Wood, D.A. 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.*

**DERİN DENİZ GÜNCEL ÇÖKELLERİNİN SEDİMANTOLOJİK VE
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNE BİR ÖRNEK; KUZEY EGE DENİZİ
ÇUKURLUĞU**

Fulya YÜCESOY ERYILMAZ

Mersin Ü., Çevre Mühendisliği Bölümü, Mersin/Türkiye

Mustafa ERYILMAZ

Mersin Ü., Silifke Meslek Yüksekokulu, Mersin/Türkiye

ÖZET: *Su derinliği denizel çökellerin taşınım, çökelim ve birikiminde önemli bir etkeni oluşturmaktadır. Kuzey Ege çukurluğundan 989 ve 792 m su derinliğinden alınan iki güncel, kepçe çökelinde sedimentolojik ve jeokımyasal çalışmalar yapılmıştır. Standart metodlar kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada çökellerde çamur %99; CaCO₃ %18; organik karbon %0.60 ve kum boyu tanelerde yüksek oranda planktonik foraminifer bulunmuştur. Ağır metal konsantrasyonlarından Co ve Cr ortalama seyl konsantrasyonuna yakın bulunurken, Pb ve Zn konsantrasyonu seyl değerinin biraz üstünde; Ni, Cu, Al ve Fe konsantrasyonları ise ortalama seyl konsantrasyonundan düşük bulunmuştur. Mn ise 5629-4858 ppm ile derin deniz çökel özelliğinin en belirgin özelliğini göstermiştir.*

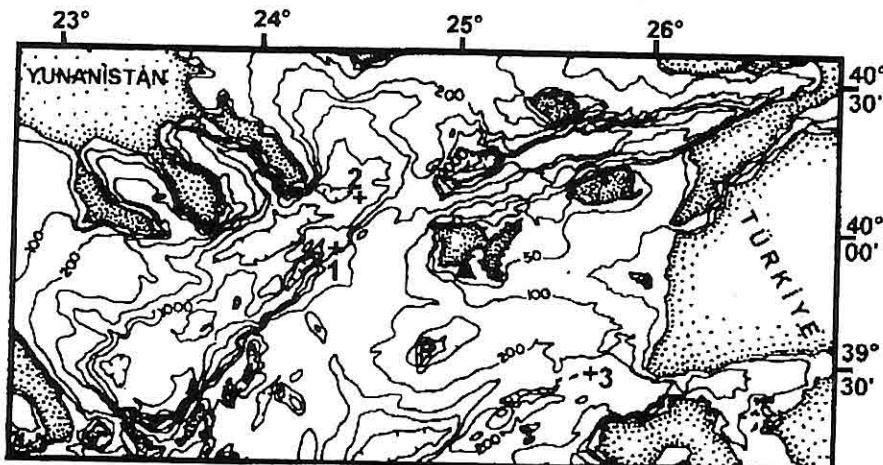
**SEDIMENTOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF
RECENT DEEP SEA SEDIMENTS, AN EXAMPLE FROM THE NORTH
AEGEAN THROUGH**

ABSTRACT : *The solid particles from various source accumulates by precipitating at the sea bottom. The content of the settled particles change due to the sources of the materials carried and the particle size. It is tried to investigate the content of sediments from the two surface sediment samples, taken from North Aegean Sea Trough. The samples were analysed by standard methods. It is found that the samples, 1 and 2 taken at 989 m and 792m water depth, contain 99% mud, 18% CaCO₃ and 0.60% organic carbon by mass. The heavy metal concentrations show the similar results for Co and Cr with shale; Pb and Zn concentrations are somewhat higher than the concentrations in shale. In addition, Mn concentration is between 5629 and 4858 ppm that is similar with the Mn concentrations in other deep sea sediments. Planktonic foraminifer, are most abundant in the sand size particles. From the findings it can be concluded that the sediments in the North Aegean Sea shows the similar content with the sediments of the other deep sea sediments.*

1. GİRİŞ

Ege Denizi'nin tabanı genel morfolojik yapısı ile denizaltı platosuna benzetilebilir. Bu platonun hakim topografik yapısı, derinliği 90-125 m'yi aşmayan çok hafif eğimli, yer yer denizaltı kanyonları ile yarılmış şelf düzlikleri ve şelfin içine dik yamaçlarla gömülü oluk şekilli derin çukurlukları ve çanakları oluşturmaktadır. Bunların tabanı genel olarak düz veya hafif engebelidir. Ege Denizi'nin derin kısımlarını oluşturan bu çukurluklar, genellikle 500 m, bazı yerlerde 1000 m den fazla derinliğe sahiptir (TR-20, 1974; Maley & Johnson, 1971) (Şekil 1).

tuzluluk ile irdelenen ara suyun bu bölgelerde gözlenmesi oldukça zordur. Ancak Kuzey Ege Denizi'nin daha derin bölgelerinde farklı su kütelerinin ve atmosferik şartların etkisiyle yüzeyde oluşan yoğun suların derinlere doğru veya derinlerdeki suların yüzeye doğru olan hareketleri sonucu yüzey altında yüksek tuzluluk değerli su küteleri oluşmaktadır (Oran, 1994). Plakhin (1973), Kuzey Ege Denizi'nde dip suyunun (ort. 12.70 °C ve 38.80 ppt) deniz tabanındaki yükseltilerin yalıtım etkisi nedeniyle diğer bölgelerden daha soğuk olduğunu belirtmiştir. Kuzey Ege Denizi'ndeki bu tür topografik yalıtım;



Şekil 1. Kuzey Ege Denizi batimetri haritası ve çalışılan çökel örneklerinin konumları

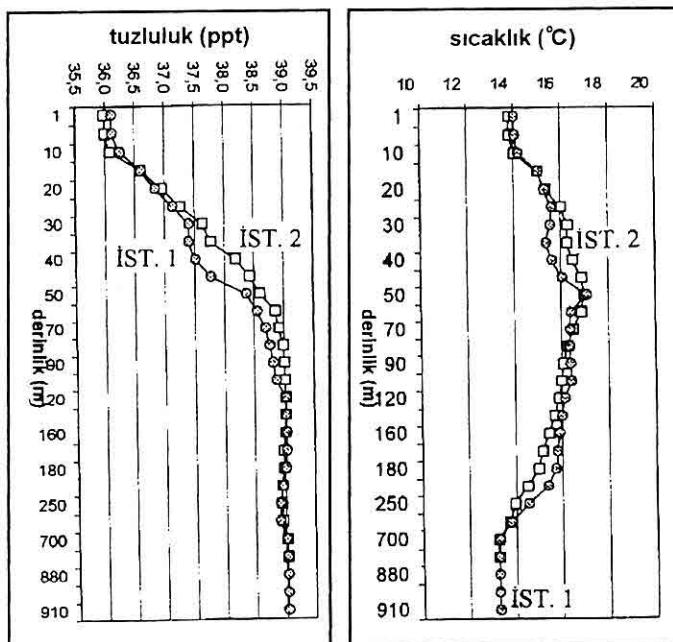
Kuzey Ege Denizi büyük ölçüde Çanakkale Boğazı yolu ile bölgeye giren kuvvetli akıntıların etkisi altında bulunduğuundan yüzey suları- mevsimsel değişim olmakla birlikte- özellikle sıç bölgeerde tabana kadar homojen olarak yayılırlar. Bu nedenle maksimum

basendeki dip suyunun Ege Denizi'nin diğer basenlerinde oluşan dip sularından bağımsız bir kaynağı olduğunun göstergesi olarak düşünülmektedir. Kuzey Ege bölgesinin hakim rüzgar yapıları da dip su oluşumunu mevsimsel olarak etkilemektedirler (Oran, 1994).

**DERİN DENİZ GÜNCEL ÇÖKELLERİNİN SEDİMENTOLOJİK VE JEOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNE BİR ÖRNEK; KUZEY EGE DENİZİ ÇUKURLUĞU**

Çalışılan 1 ve 2 no lu istasyonların yüzeyden derine doğru sıcaklık, tuzluluk dağılımı Şekil 2'de verilmiştir.

Derin deniz güncel çökel özelliklerini kita yamacı örneği ile kıyaslamak için, KD Ege Denizi kita yamacından (su



Şekil 2. İstasyon 1 ve 2 de yüzeyden derine doğru su sıcaklığı ve tuzluluk değişimi

2. ÖRNEKLEME VE ANALİZ YÖNTEMLERİ

Kuzey Ege Denizi Çukurluğu'ndan 989 ve 792 m su derinliğinden alınan iki yüzey çökel örneğinde (1 ve 2) tane boyu (Folk, 1974, Lewis, 1984), toplam karbonat (Martin, 1972), organik karbon (Martin, 1972), ağır metal analizleri (Loring and Rantala, 1988; UNEP/IAEA, 1986), X-Ray difraktometre ile mineralojik çalışmaları ve çökellerin kum boyu tanelerinde içerik tayini gerçekleştirılmıştır. Şekil 1'de çalışılan örneklerin istasyonları belirtilmiştir.

derinliği 290 m) (Yücesoy-Eryılmaz, 1998) bir örnek (3 nolu) bu çalışmaya dahil edilmiştir.

3. BULGULAR VE SONUÇLAR

3.1. Çökellerin Sedimentolojik Özellikleri

Tane boyu analizleri sonucunda, 1 ve 2 nolu çökellerde çakıl bulunamazken, kum miktarı yaklaşık %1 dir. 1 nolu çökelde silt ve kil %35; %64; 2 nolu çökelde %42; %57 aralığındadır. Kuzey Ege Denizi Çukurluğu (KEÇ) dan alınan çökeller yoğun kil içeren çamurdan

(%99-%98) oluşmaktadır (Şekil 3; Tablo 1) (Yücesoy-Eryılmaz ve Eryılmaz, 2000). KD Ege Denizi kita yamacı çökelinde (no 3) çakıl, kum, silt ve kil; %2, %29, %64, %5, çamur %69 olarak hesaplanmıştır (Yücesoy-Eryılmaz, 1998) (Şekil 3). Derin deniz çökelleri (1 ve 2) sediment türü Folk (1974) üçgen diyagramına göre çamur; kita yamacı örneği (3) sediment türü cinsi az çakılı kumlu çamur olarak belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Örneklerde tane boyu (%), sediment türü, toplam karbonat (%) ve orgC(%) değerleri

İST	derin.m	çakıl	kum	silt	kil	çamur	Sed.türü	CaCO ₃	Corg
1	989	0	1	35	64	99	M(çamur)	18	0.60
2	792	0	1	42	57	98	M (çamur)	18	0.62
3	290	2	29	64	5	69	(g)sM (az çakılı kumlu çamur)	42	0.44

1 ve 2 nolu çökellerde mikroskopla yapılan kum içerik çalışmasında, terijenik tane yüzdesi %0.8-7.6 civarında iken biyojenik tane miktarı %92-99'a varmıştır. Biyojenik matoryaller içinde foraminifer önemli yüzdeyi oluşturmaktadır (%65-52) (Tablo 2). Foraminifer türleri, örnek derinliği ile uyumlu derin deniz türleridir.

Derin denizi temsil eden çökel 2 nin X-ışınları difraksiyonu analizi sonucunda kuvars + kalsit + smektit - illit - kaolinit + feldspat mineralleri; şelfi temsil eden çökel 3 de kalsit+kuvars+illit+ kaolinit mineralleri bulunmuştur (Şekil 4-5).

3.2. Toplam Karbonat ve Organik Karbon

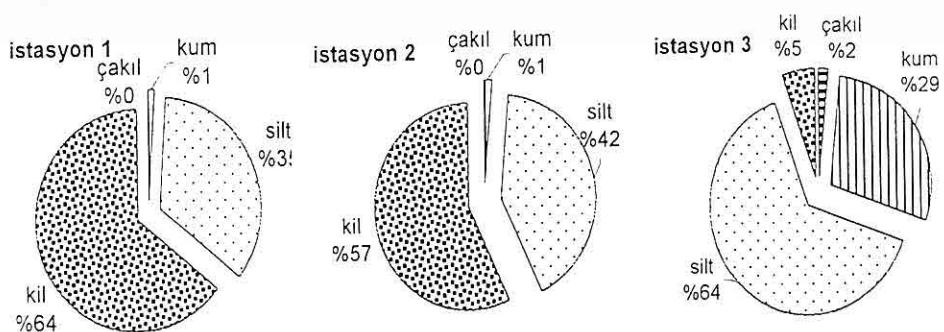
Toplam karbonat ve organik karbon parametreleri çökellerin asıl bileşenleridir.

Çökellerin toplam karbonat içeriğini daha çok aragonit, kalsit ve yüksek magnezyum kalsit minerallerinin oluşturduğu kavkı oluşturur. Çökellerde organik madde miktarını etkileyen faktörler, su kolonunda organik madde

üretimi (daha çok birincil üretim), oksijen miktarı, sedimentasyon hızı, su derinliği ve biyolojik etkinlidir (Ibach, 1982; Peterson & Calvert, 1990).

Yapılan çalışmada toplam karbonat ve organik karbon değerleri çökel 1de %17; %0.6, çökel 2de %18; %0.6, 3 nolu çökelde %42; %0.44 bulunmuştur (Yücesoy-Eryılmaz ve Eryılmaz, 2000) (Şekil 6; Tablo 1). Ege Denizi ve Marmara Denizinde derin çökellerinde elde edilen tane boyu organik karbon ve toplam karbonat sonuçları bu çalışmada sonuçlarla uyum sağlamaktadır (Sarı, 1997; Bodur, 1991; Aksu vd., 1995).

*DERİN DENİZ GÜNCEL ÇÖKELLERİNİN SEDİMENTOLOJİK VE JEOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNE BİR ÖRNEK; KUZEY EGE DENİZİ ÇUKURLUĞU*

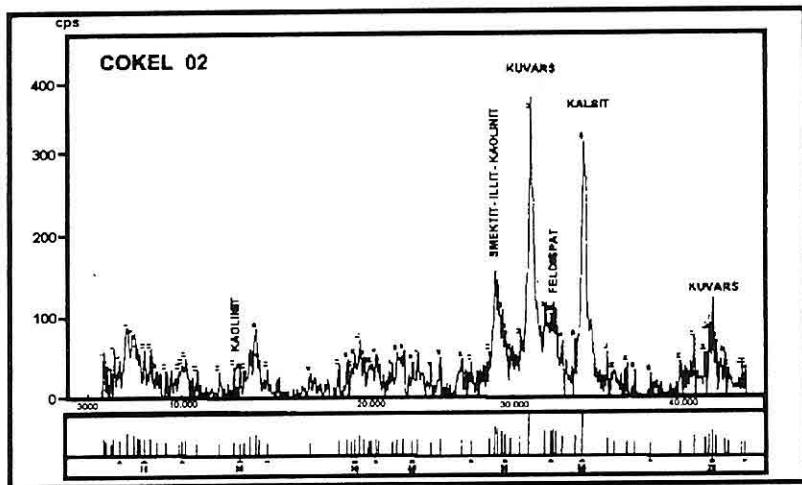


Şekil 3. Çalışılan üç çökelin tane boyu dağılımı

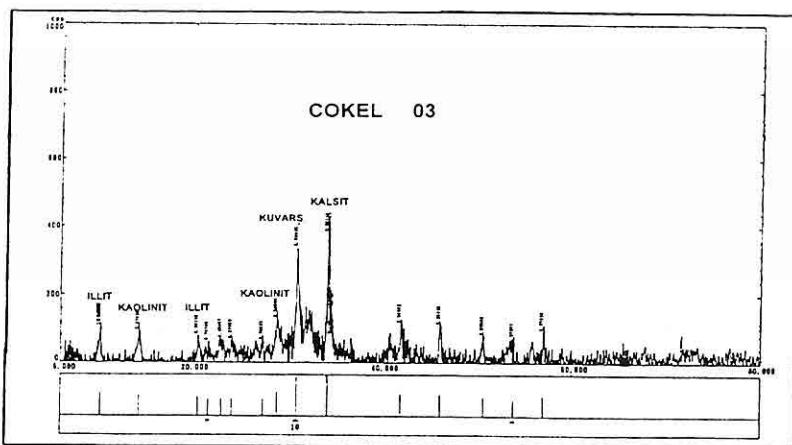
Tablo 2. Örneklerde kum içeriği yüzde dağılımı (%)

İST.	Gas	Pel.	For.	Ostr	Bryz	W	Ek	Alg	D. B	Ter.	K	TBM	TTM
1	0	0.8	65.0	0	0	0	1.6	0	32	0	0.8	=99.2	0.8
2	3.8	0.9	52.4	0	0	0	0	0	35.2	5.7	1.9	=92.4	7.6
3	2.1	6.6	36	1.5	6.8	1.8	0.2	4.9	32.0	6.2	1.9	= 91.9	8.1

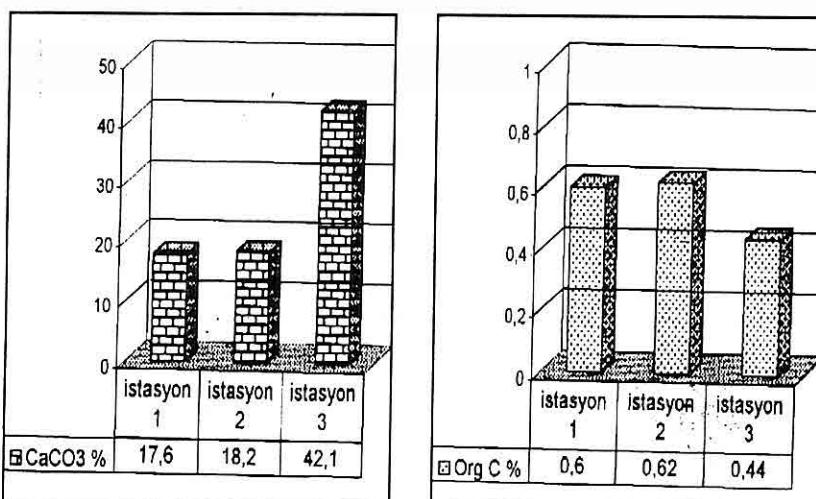
Gas: gastropod Pel: pelecypod For: Foraminifer Ostr: ostrakod Bryz: brayzoa
W: warm tüp Ek: Ekinid Alg: alg D.B: diğer biyojenik kıvrıtı Ter: terijenik
tane K: Kuvars TBM: Toplam Biyojenik Malzeme TTM: Toplam Terijenik
Malzeme



Şekil 4. Kuzey Ege Denizi Çukurluğu 2 nolu yüzey çökelinin XRD diffraktogramı



Şekil 5. KD Ege Denizi 3 nolu yüzey çökelinin XRD diffraktogramı



Şekil 6. Çalışılan 3 çökelde toplam karbonat ve organik karbon miktarı

3.3. Ağır Metal

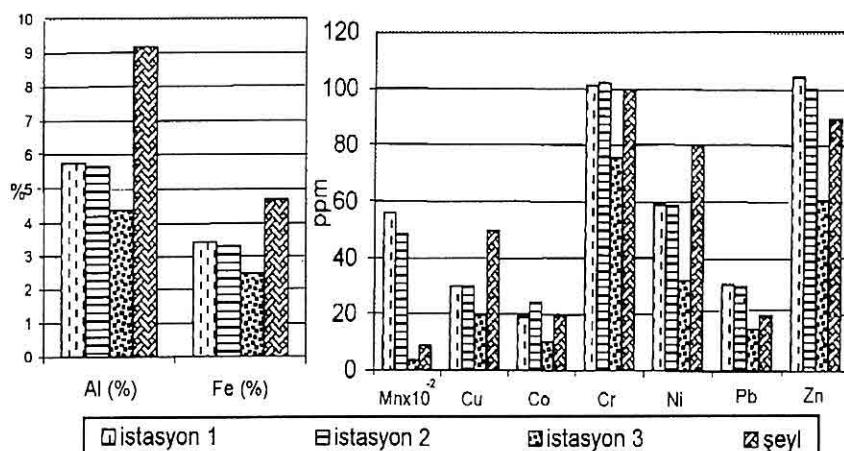
Karadan ve su koloşundan deniz tabanına ulaşan doğal ve antropojenik kökenli kirletici ağır metaller; çökel üzerinde soğurulmuş olarak taşınırlar ve depolanırlar (Loring ve Rantala, 1988). Çökellerde metal miktarı çeşitli

faktörlerin etkisi altında değişkenlik gösterir. Bunlar çökelin tane boyu, organik madde miktarı, karbonat miktarı, ortamın oksijen miktarı, suyun akıntı ve dolaşım özellikleri, denize ulaşan karasal suların kimyası ve debisi, çökeldeki mineral ya da bileşiklerin kaynağıdır.

*DERİN DENİZ GÜNCEL ÇÖKELLERİNİN SEDİMENTOLOJİK VE JEOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİ İNİR ÖRNEK; KUZEY EGE DENİZİ ÇUKURLUĞU*

Tablo 3. Çalışılan örneklerde ağır metal değerleri, Ortalama şeyl değerleri Krauskopf, (1985) ten alınmıştır.

İST	Al (%)	Fe (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	5.78	3.44	5629.27	29.74	19.04	101.13	59.03	30.87	104.19
2	5.68	3.32	4858.39	29.78	24.08	102.29	58.72	30.27	100.05
3	4.39	2.51	343.73	19.61	10.15	75.56	32.17	15.03	60.69
Ort şeyl.	9.2	4.7	850	50	20	100	80	20	90



Şekil 7. Çalışılan 3 çökelin ve şeyl'in ağır metal miktarı

(Loring & Rantala, 1992). Metaller, çökellerin ince tane boyu olanlarında birikme eğilimi gösterirler.

Kuzey Ege Denizi Çukuru (KEÇ) çökellerinde (1 ve 2) yapılan ağır metal analizi sonuçları, KD Ege Denizi kıl yamacı örneğinden (3) oldukça yüksektir (Şekil 7; Tablo 3). Kuzey Ege Denizi Çukurluğundan (KEC) alınan çökellerde (1 ve 2) Co (19.04-24.08 ppm) ve Cr (101.13-102.29 ppm) ortalama şeyl değerine (Co:20; Cr:100 ppm) yaklaşık

es iken, Pb (31-30 ppm) ve Zn (104-100 ppm) ortalama şeyl değerinin (Pb:20; Zn:90 ppm) biraz üstündedir. Ni, Cu, Al ve Fe konsantrasyonları ortalama şeyl konsantrasyonundan düşüktür (Şekil 7; Tablo 3).

Deniz suyunda çözünmüş demir ve mangan bileşikleri yükseltgenerek çözünmeyen oksid ve hidroksidler oluştururlar. Zor çözünen bu bileşikler, organik artıklar ya da katı parçacıklar aracılığıyla dip çökellerine katılırlar.

Deniz tabanındaki metallerin bir kaynağı da çökel gözeneklerindeki sudur. Bu tip bir oluşum diyajenetik olarak adlandırılır. Diyajenetik oluşum, fizikokimyasal reaksiyonlarla birlikte yeniden kristallenme ve sıkışma gibi süreçleri birlikte kapsar. Diyajenetik çökellere genellikle organik maddenin yüksek olduğu indirgeyici şartların hüküm sürdüğü ortamlarda rastlanır (Förstner and Wittmann, 1983; Yeats vd., 1979; Buscial vd., 1997). Çökeldeki organik maddenin bozunması ve adım adım oksidasyonu gözenek suyundaki çözünmüş oksijeni azaltır ve çökel yüzeyinin altında indirgen şartları yaratır. Demir ve mangan içeren parçacıklar belirli bir düzeye eriştiği zaman adım adım çökel içine gömülüdürlerinden, bu şartlar altında yeniden çözünürler. Böylece, demir ve mangan çökelin gözenek suyunda son derece derişikleşir ve iyonlar difüzyonla çökelin yükseltgen olabilen bölgесine doğru hareket ederler. Bu bölgede yeniden yükseltgenerek katı tanecik halinde toplanırlar. Bu yolla, yükseltgenmiş ve indirgenmiş bölge arasındaki sınır, bazı metal iyonları için bir filtre gibi davranışır ve sonuç olarak iyonlar sınırın hemen üstünde derişikleşmiş olurlar. Sınır, çökelle suyun ara yüzeyine yakınsa, çökel yüzeyi üzerinde metal içeren kabuk ve kütleler oluşur (Förstner and Wittmann, 1983; Yeats vd., 1979).

Kuzey Ege Denizi Çukurundan alınan güncel çökellerde Mn konsantrasyonu (5629,27-4858,39 ppm) seyl konsantrasyonundan (840 ppm) çok

fazladır. 1 nolu çökelde (derin deniz örneği) Fe/Mn:6 ; 2 nolu çökelde (derin deniz örneği) Fe/Mn:7 ; 3 nolu çökelde (şelf örneği) Fe/Mn:73 hesaplanmıştır. Bu durum manganezin derin su çökellerinde diyajenetik ve belkide hidrojenetik olaylarla artmış olabileceğini göstermektedir.

4. SONUÇLAR

Çalışma sonucunda 1 ve 2 nolu çökellerin verileri derin deniz çökellerinin özelliklerine uyum göstermektedir. Özellikle yüksek Mn konsantrasyonu derin deniz ortamında birikimin belirgin bir örneğidir. KD Ege Denizi kitä yamacından alınan örnekte ise karasal girdilerin taşınınım izlerini görmek mümkündür.

Uluslararası deniz sınırlarında yer alan derin deniz çökellerinin çeşitli özelliklerini ve ekonomik değerlerini belirlemek amacıyla örnek alımında ve çeşitli parametrelerin ölçümünde uluslararası ortak çalışmalara destek verilmelidir.

5. KAYNAKLAR

Aksu, A.E., Yaşar, D., Mudie, P.j. and Gillespie, H., 1995: Late glacial-Holocene paleoclimatic and paleoceanographic evolution of the Aegean Sea: micropaleontological and stable isotopic evidence. *Marine Micropaleontology* 25, 1-28

Bodur, M.N., 1991: Sedimentology and geochemistry of the late Holocene Sediments from the Sea of Marmara and its straits. Doktora tezi. ODTÜ Den. Bil.

**DERİN DENİZ GÜNCEL ÇÖKELLERİNİN SEDİMENTOLOJİK VE JEOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNE BİR ÖRNEK; KUZEY EGE DENİZİ ÇUKURLUĞU**

- Ens. Erdemli-İçel, 247 sayfa
Buscail, R., Ambatsian, P., Monaco, A.
And Bernat, M., 1997; 210Pb, manganese and carbon: indicators of focusing processes on the northwestern Mediterranean continental margin. *Marine Geology.* 137, 271-286
- Folk, 1974: *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publ. Co., Austin, 182 p
- Förstner, U. and Witmann, G., 1983: *Metal pollution in the Aquatic Environment*. Second Revised edition. Springer-Verlag, Berlin
- Ibach, L.I.J., 1982: Relationship between sedimentation rate and total organic carbon in ancient marine sediments. *Amer. Assoc. Petrol Geol. Bull.* 66, 170-188
- Krauskopf, K.B., 1985: *Introduction to Geochemistry*, 2nd ed. McGraw-Hill, 617 s
- Lewis, D.W., 1984: *Practical Sedimentology*, Hutchinson Ross, Pennsylvania 229 p.
- Loring and Rantala, 1988: An Intercalibration Exercise for trace metals in marine sediments. *Marine Chemistry*. Vol. 24, 13-28
- Loring, D.H. and Rantala, R.T.T., 1992; Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. *Earth-Science Reviews*.32, 235-283
- Maley ,T.S. and Johnson, G.L., 1971; Morphology and structure of the Aegean Sea. *Deep-Sea Research*. 18, 109-122
- Martin, D.F., 1972: *Marine Chemistry*, Vol.1. Marcel Dekker Inc. NewYork 389p.
- Unepliaea, 1986: Determination of total iron in marine sediments in flame atomic absorption spectrophotometry.
- Reference methods for marine pollution studies. 37-39
- Oran, M., 1994: *Kuzey Ege Denizi su küteleri ve dağılım özellikleri*. İÜ. Deniz Bil. ve İşl. Enst. Doktora tezi, İstanbul, 170 sayfa
- Peterson, T.F. and Calvert, S.E., 1990: Anoxia vs productivity: what controls the formation of organic carbon rich sediments and sedimentary rocks? *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 74, 454-466
- Plakhin, A., 1973; Some remarks on the deep waters of the eastern basin of the Mediterranean Sea. *Vestn. Mosk. Gos. Univ., ser. Geograf. No.5*
- TR-20, 1974; 1:100 000 ölçekli Ege Denizi seyir haritası, Dz. K. K. Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı, İstanbul
- Sarı, E., 1997: Saros Körfezi'nin geç Kuvaterner çökellerinin jeokimyasal ve sedimentolojik özellikleri. Yüksek Lisans tezi. İÜ Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Ens. İstanbul. 101 sayfa
- Yeats, P.a., Sundby, B. And Bewers, J.M., 1979; Manganese recycling in coastal waters. *Marine Chemistry*, 8,43-55
- Yücesoy-Eryılmaz, F., 1998: *Kuzeydoğu Ege Denizi ve Çanakkale Boğazı Geç Kuvaterner çökellerinin sedimentolojisi ve jeokimyası*. Doktora tezi. İÜ Deniz Bilimleri ve İş. Enst. 212 sayfa
- Yücesoy Eryılmaz, F. Ve Eryılmaz M., 2000; *Kuzey Ege Denizi Çukurluğu Güncel çökelleri sedimentolojik ve jeokimyasal özellikleri*. 1. Ulusal Deniz Bilimleri Konferansı 30 Mayıs-2 Haziran 2000 ODTÜ Ankara. Bildiri özleri. 113-114.

**COMPUTER UNTERSTÜTZTE DIFFUSE REFLEXION INFRARED
SPEKTROSKOPIE (DRIFT) VERFAHREN ZUR QUALITATIVE UND
QUANTITATIVE ANALYSE VON KARBONATGESTEINEN**

Fevzi ÖNER

M. Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mersin/Türkiye

Gunter MATHEIS

*Technische Universität Berlin, Fachgebiet Lagerstaettenforschung,
Berlin/ Deutschland*

ZUSAMMENFASSUNG: Karbonate gehören neben Kohle, Erdöl, Bauxiten und Phosphoriten zu den wichtigsten Rohstoffen des sedimentären Bereiches. Sie finden häufig als Bausteine Anwendung oder werden in der chemischen Industrie (Papier-, Plast-, Elast- und Lack- und Farbenindustrie) als Füll-, Träger- und Farbstoff eingesetzt. Sie können in diesen Industrien nur dann eingesetzt werden, wenn sie bestimmte mineralogische und chemische Charakteristika aufweisen. Um diese Eigenschaften zu ermitteln, werden häufig XR, XRF, AAS, DTA und mikroskopische Analyseverfahren eingesetzt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde zur qualitativen und quantitativen Charakterisierung der Karbonate ein auf digitalisierter Diffusen Reflexion Infrarotspektroskopie (DRIFT) basierendes Auswerteverfahren entwickelt. Mit dem Verfahren können sowohl Mineralkonzentrationen als auch Oxidengehalte und Glühverlust ermittelt werden. Um die Genauigkeit der entwickelten Methoden zu testen, wurden Karbonatproben, welche mittels konventioneller Verfahren (XRD und XRF) untersucht wurden, analysiert. Die Präzision der entwickelten Methode ist mindestens vergleichbar mit XRD und XRF-Verfahren. Während man unter Verwendung von herkömmlichen Methoden zur Bestimmung mineralogischer, chemischer Zusammensetzung und Glühverlust einer Karbonatprobe einige Stunden Zeit benötigte, nimmt die Analyse einer Probe durch die neu entwickelte DRIFT-Methode nur 10 Minuten in Anspruch. Ein anderer Vorteil der neuen Methode im Gegensatz zur XRD ist die Erfassung von amorphen Bestandteilen von Karbonatproben.

**BİLGİSAYAR DESTEKLİ ULTRAVIOLE DİFÜZ YANSIMA
SPEKTROSKOPI (DRIFT) YÖNTEMİYLE KARBONATLARIN NİTEL VE
NİCEL ANALİZLERİ**

ÖZET: Karbonatlar, petrol, boksit, kömür ve fosfatla beraber sedimenter ortamda oluşmuş en yaygın endüstriyel hammaddedir. Çimento sektörünün yanısıra kimya endüstrisinde de boyalı, taşıyıcı ve dolgu maddesi olarak kullanılmaktadırlar. Bu

sektörlerde kullanılacak karbonatların belirli mineralojik ve kimyasal bileşimde olmaları gereklidir. Bu tür malzemenin mineralojik içeriği mikroskop, XRD, DTA ve boyama yöntemleriyle, kimyasal bilesimi ise XRF ve AAS yöntemleriyle saptanmaktadır. Karbonatların önemli bir özelliği olan ateş kaybını belirlemek için ise ayrıca bir işlem uygulanır.

Bu çalışmada, karbonatların kimyasal ve mineralojik bilesimi ile ateşte kaybını belirlemek için bilgisayar destekli ultra-viole difüz yansima spektroskopisi kullanılarak yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde elde edilen sonuçlar, XRD ve XRF yöntemleriyle elde edilen verilerle iyi bir uyum sergilemektedirler. Klasik yöntemlerle karbonatların kimyasal-mineralojik ve ateşte kaybını belirlemek için birkaç saatlik bir zaman gereklidir, oysa geliştirilen bu yöntemle tüm bu analizler 10 dakikalık bir süre içinde yapılmaktadır. Yöntemin XRD'ye göre diğer bir avantajı ise örneklerdeki amorf malzeme içeriğinin de saptanamamasıdır.

1. EINFÜHRUNG

Zahlreiche Industrieerzeugnisse enthalten feinkörnige mineralische Rohstoffe. Die Karbonate gehören neben Kohle, Erdöl, Bauxiten und Eisenerzen zu den wichtigsten Rohstoffen des sedimentären Bereiches. Sie finden häufig als Bausteine Anwendung oder werden in der chemischen Industrie (Papier-, Plast-, Elast- und Lack- und Farbenindustrie) als Füll-, Träger- und Farbstoff eingesetzt. In diesen Industriezweigen können sie nur dann eingesetzt werden, wenn sie bestimmte physikalische und chemische Eigenschaften (Zusammensetzung, Pulverhelligkeit, Partikelgröße, Teilchenform, Dichte usw.) aufweisen. Vor allem der Einfluss der mineralischen und chemischen Zusammensetzung auf die Qualität der Rohstoffe ist von grosser Bedeutung. Die Anforderungen an Calciumkarbonat, das als Füllstoff eingesetzt wird, sind wie folgt; mindestens

97.5 % CaCO_3 , höchstens 0.8 % SiO_2 , 0.2% Fe_2O_3 , salzaureunlöslicher Anteil höchstens 2 % (Langbein et al. 1982). Die in der Papierindustrie eingesetzten Karbonatrohstoffe sollen eine bestimmte Korngrosse, eine hohe Pulverhelligkeit und vor allem keine Mineralien wie Quarz und Opal usw. enthalten.

Um die mineralogische Zusammensetzung der Karbonate qualitativ zu bestimmen, werden häufig Anfaerbe-, Mikroskopie-, Differentialthermo-, Röntgendiffraktometrische Verfahren eingesetzt. Die elementarische Zusammensetzung wird mittels Atomabsorptionspektroskopie (AAS) Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF) und nasschemischer Verfahren ermittelt. Um die mineralogische Aufbau der Karbonate quantitativ zu erfassen, werden meist Röntgendiffraktometri (RD) kombiniert mit der RFA eingesetzt.

Die Infrarotspektroskopie (IR) wird ebenfalls häufig neben anderen

**COMPUTER UNTERSTÜTZTE DIFFUSE REFLEXION INFRARED SPEKTROSKOPIE
(DRIFT) VERFAHREN ZUR QUALITATIVE UND QUANTITATIVE**

Methoden zur qualitativen und quantitativen Bestimmung von Mineralphasen sowie zur Analyse einer grossen Anzahl von industriellen Rohstoffen eingesetzt. Die ersten IR-Spektren von reinen Mineralien wurden durch Hunt & Turner (1953), Lyon 1967, Moenke 1962 & 1966, Van der Marel und Beutelspacher 1976 repräsentiert. Die ersten quantitativen Mineralanalysen von Sedimentgesteinen auf der Basis der IR-Spektroskopie wurden von Hunt & Turner (1953), Estep et al. (1968), Flehmig & Kurze (1973) durchgeführt. Durch spontane Weiterentwicklung der IR-Spektroskopie wurden in der letzten Jahren auch neue Verfahren zur Mineralanalyse entwickelt. Tamish (1987) entwickelte eine neue IR-Methodik zur Charakterisierung von aegptischen Phosphoriten. Fredricks et al. (1985) haben mittels FTIR (Fourier Transform Infrared Spektroskopie) eine schnelle Methode zur Charakterisierung der Eisenerzmineralien ausgearbeitet.

**2. PROBENPRAEPARATION,
METHODENENTWICKLUNG
UND AUSWERTUNG**

Die Infrarot-Spektroskopie ist eine physiko-chemische Analysenmethode, mit deren Hilfe die Wechselwirkung zwischen infraroter Strahlung und der Materie ermittelt werden kann. Die Energie der Infrarotstrahlung reicht aus, um die Atome und Atomgruppen eines Moleküls anzuregen. Wird eine Substanz der Infrarotstrahlung ausgesetzt, so werden die Atome in

Schwingungszustand versetzt und aus der eingestrahlten Energie wird dieser Teil von der zu untersuchenden Substanz aufgenommen. Der Betrag und Art dieser selektiven Schwächung der IR-Strahlung gibt Auskunft über den Art und Konzentration der am Aufbau des bestrahlten Materials beteiligten Atom- und Molekülgruppen. Diese Beziehung wird durch das sogenannte LAMBERT-BEER'sche Absorptionsgesetz beschrieben.

In der letzten Zeit werden anstatt der herkömmlichen Infrarotspektroskopie (Gitter-, Prismengeräte) zunehmend Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie gekoppelt mit Diffusen- Reflexion Technik (DRIFT) eingesetzt. Zur Messung von mineralischen Pulverproben wird bei der alten IR-Tecnik grundsätzlich die sogenannte Presstechnik angewendet. Zur diffusen Reflexionsmessung wird ca 100 mg KBr mit 5 mg Probenmaterial einfach mit KBr homogenisiert und gemessen. Die diffuse Reflexionmethode bietet zur Analyse der Pulverpräparate messtechnisch wesentliche Vorteile, stellt darüberhin aus kaum Ansprüche an die Probenvorbereitung. Die Auswertung der FTIR-Spektren erfolgt als Multikomponenten System in Anlehnung an die Kubelka-Munk-Theorie.

Die qualitative Erfassung der einzelnen Mineralgruppen in Sedimentgesteinen ist mit Hilfe der DRIFT-Spektren relativ einfach. Bestimmte Molekülgruppen wie z.B. CO_3^{2-} für Karbonat, SO_4^{2-} für Sulfat- und SiO_2 für Silikatminerale

weisen sehr spezifische Absorptionsbereiche auf, deren Banden oft wenig Überlagerungen zeigen (siehe Abb.1). Es kann z.B. anhand der sogenannten Karbonatbande im Wellenbereich um 1400 cm^{-1} und durch die als Silikatbande bezeichneten Absorptionsbereich bei der Wellenzahl um 1000 cm^{-1} sehr leicht ermittelt werden, ob eine Probe Karbonat- oder Silikatminerale enthaelt. Es können bis zu 0.5 % Karbonat- und Silikatgehalte in der gesamten Probe ermittelt werden. Im Abb.1 sind zwei DRIFT-Spektren von einer Karbonatprobe mit 0.6 % SiO_2 (Quarz) und einer silikatischen Gesamtprobe mit 1.4 % Calcitgehalt dargestellt.

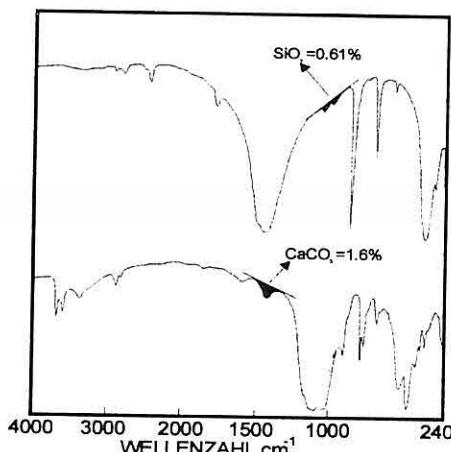


Abb. 1. DRIFT Spektren einer Karbonatprobe mit 0.61 % SiO_2 und einer Silikat-ischen Probe mit 1.6 % CaCO_3 Gehalt.

Die mineralische Hauptkomponente der Karbonate Calcit, Dolomit, Siderit und Magnesit zeigen im Bereich der

130

niedrigeren Wellenzahlen sehr charakteristische Banden (Abb.2) und können durch deren genaue Lage voneinander sehr leicht unterschieden werden. Der Calcit wird durch die Bande 712 cm^{-1} , Dolomit bei 728 cm^{-1} , Siderit bei 738 cm^{-1} und der Magnesit durch die Bande bei 748 cm^{-1} qualitativ ermittelt.

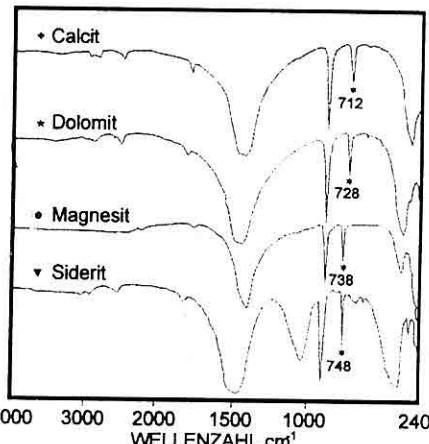


Abb. 2. DRIFT Spektren von wichtigsten Karbonatmineralien.

Die quantitative Erfassung der Mineralphasen erfolgt bei der herkömmlichen IR-Methoden entweder mit Hilfe eines iterativen Nahrungsverfahren oder durch Vergleiche mit synthetischen Eichmischungen. Im Unterschied zu herkömmlichem IR-Analyse werden bei dieser neuen Methode die Spektren in digitalisierter Form aufgenommen und von den Fredericks et al. (1984, 1985) entwickelte CIRCOM (Computerized InfraRed Characterization of Materials ausgewertet. Hierbei können sowohl die einzelnen Absorptionsberiche als auch das gesamte Spektrum für die Analyse

**COMPUTER UNTERSTÜTZTE DIFFUSE REFLEXION INFRARED SPEKTROSKOPIE
(DRIFT) VERFAHREN ZUR QUALITATIVE UND QUANTITATIVE**

verwendet werden. Jedes digitalisierte Spektrum im Wellenbereich von 4000 bis 240 cm^{-1} wird durch 3760 Frequenzen (Datenpunkte) beschrieben. Durch ein mathematisch-statistisches Verfahren werden die Daten auf wenige, wichtige hypothetische Größen (Faktoren, Faktorwichtungen) reduziert. Durch Korrelation und anschliessende Regressionanalyse werden Veränderungen in Spektren und Eigenschaften des zugehörigen Probenmaterials ermittelt. Der Vorteil ist es, dass Probeneigenschaften wie z.B. Mineralanteile, Elementgehalte und Glühverlust aus Spektrum ermittelt werden können, ohne zuvor dafür im Spektrum Banden finden zu müssen.

Wie für jede quantitative Analyse ist auch bei diesem Verfahren eine grosse Anzahl von Kalibrierungsproben erforderlich, deren Eigenschaften bekannt sind. Die Kalibrierungsproben müssen für die zu erwartende Zusammensetzung und mögliche Variationen der zu analysierenden Gesteine repräsentativ sein. Zu diesem Zweck wurden mehr als 30 synthetische Referenzproben mit den wichtigsten und am Aufbau der Karbonate häufig vertretene Mineralphasen (Calcit, Dolomit und Quarz) hergestellt (siehe Tab.1). Die Kalibrierungsproben enthielten sowohl einzelne als auch mehrere Mineralphasen nebeneinander. Für die Ermittlung der Oxitgehalte und Glühverlust dienten 40 Proben, deren chemische Zusammensetzung bekannt waren, als Kalibriersatz (siehe Tab. 2). Die Methodenbildung beginnt mit der

Eingabe der Eigenschaften von Kalibrierungsproben mit Konzentrationangaben, wie z.B. Quarz =10%, $\text{Al}_2\text{O}_3= 0,4\%$ usw.. Als nächstes wurden die signifikanten und gewünschten Spektralintervalle definiert, die für die Analyse benutzt wurden. Die nicht zu berücksichtigenden Spektralbereiche wurden als Blankregionen bezeichnet und bei der Auswertung nicht verwendet (siehe

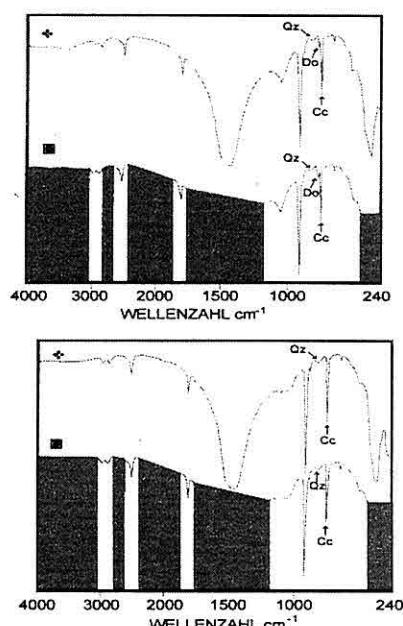


Abb. 3. Originalgemessene DRIFT Spektren und durch neue Methoden berechneten Spektren ■ (Blankregion), Cc:Calcit, Do: Dolomit und Qz: Quarz.

Um die Zusammensetzung der unbekannten Proben zu ermitteln, werden zunächst mit Hilfe der bei der

Methodenentwicklung festgestellten Daten, die Faktoren für unbekannte Analysespektrum bestimmt. Dann werden sie in die Regressionsgleichung, die während der Kalibrierung ermittelt wurde, eingesetzt und daraus die Kenndaten der unbekannten Proben bestimmt und rechnerisch dazu ein Spektrum reproduziert (Abb.3)

Um die optimalen Bedingungen für die Methodenentwicklung herauszuarbeiten, wurden Vorversuche durchgeführt und anschließend zwei unterschiedliche Methoden entwickelt. Während mittels der ersten Methode die mineralogische Zusammensetzung der Proben bestimmt wird, dient das zweite Verfahren zur Ermittlung der chemischen Parameter wie z.B. Oxidengehalte und Glühverlust.

3. ERGEBNISSE DER ENTWICKELTEN METHODEN

Um die Genauigkeit der entwickelten Methoden zu testen, wurden synthetisch hergestellte Mischproben und originale Karbonatproben, deren mineralogische- und elementare Zusammensetzung durch klassische Methoden (XRD und XRFA) qualitativ und quantitativ ermittelt wurde, untersucht. Die Ergebnisse der neu entwickelten Methoden sind in der Abb.4 und in der Tab. 3 dargestellt. In Abb. 3 sind die original gemessenen Spektren von den zwei unbekannten Proben sowie ihre durch neue Verfahren rekonstruierten Spektren dargestellt. Es ist eine gute Übereinstimmung der Spektren zu beobachten. Wie aus der Abb.4 hervorgeht, stimmen die

132

Mineralgehalte von bekannten Proben mit der neuen Methode ermittelten Anteile sehr gut überein (r -Werte siehe Abb.4: 0.94, 0.96, 0.96, 0.97, 0.77, 0.92, 0.97). Die Abweichungen für Soll- und Istwerte sind sogar im Bereich der Nachweisgrenze (bei Konzentrationen <5%) ausreichend genau.

Die Resultate der Element- und Glühverlustbestimmung von Karbonatproben mittels DRIFT Methode sind in der Tab. 3 und Abb.4 dargestellt.

Um die Ergebnisse der unterschiedlichen Analyseverfahren für gleiches Probenmaterial miteinander zu vergleichen, werden in der Statistik verschiedene Tests durchgeführt. Bei dieser Auswertung wurden die Daten der DRIFT und XRF-Analyse mit t-Tests miteinander verglichen. Die t-Prüfung erfolgte bei 95% statistischer Sicherheit und einer Freiheitsgrad von 24 (N=25). Der theoretische t-Wert beträgt bei diesem Freiheitsgrad 2.06. Bei der Auswertung wurden für alle Oxide und Glühverlust, t-Werte <1 ermittelt. Diese Ergebnisse weisen darauf hin dass, statistisch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Werten der DRIFT und XRF-Analyse vorliegen.

4. SCHLUSSFOLGERUNG

Zur Bestimmung der mineralogischen und chemischen Zusammensetzung von Karbonaten werden häufig Methoden wie XRD, DTA, Polarisationsmikroskopie und Anfarbmethoden eingesetzt, die sehr zeitaufwendig sind. Zur chemischen Analyse und Glühverlustbestimmung sind

*COMPUTER UNTERSTÜTZTE DIFFUSE REFLEXION INFRARED SPEKTROSKOPIE
(DRIFT) VERFAHREN ZUR QUALITATIVEN UND QUANTITATIVEN*

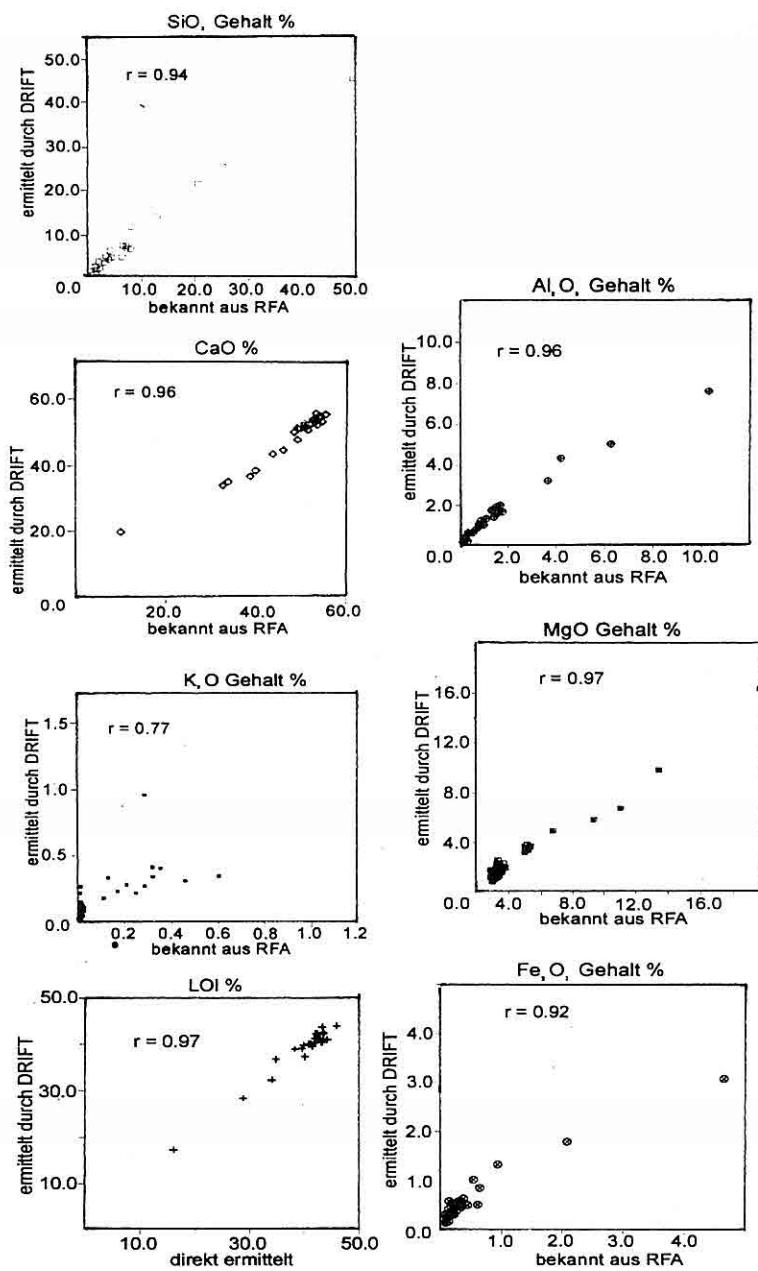


Abb. 4. Die durch DRIFT-Analyse bestimmten Daten im Vergleich zu bekannten Werten aus Röntgenfluoresanz (RFA).

Table 1. Zur Methodenbildung hergestellte syntetischen Kalibrierungsproben mit unterschiedlichen Mineralphasen

Standart Nr.	% Calcit	% Dolomit	% Quarz
MST001	96.0	1.5	2.5
MST002	95.0	5.0	5.0
MST003	92.0	2.5	5.5
MST004	90.0	1.0	9.0
MST005	88.1	6.0	5.9
MST006	84.5	10.0	5.0
MST007	81.7	6.9	11.0
MST008	78.3	16.7	5.0
MST009	88.1	5.1	4.9
MST010	89.8	2.5	6.7
MST011	85.5	5.6	6.4
MST012	70.4	29.6	-
MST013	58.9	40.0	-
MST014	49.0	49.5	-
MST015	39.3	59.5	-
MST016	29.3	90.3	-
MST017	10.0	94.0	-
MST018	2.5	97.5	-
MST019	98.9	0.5	-
MST020	0.5	99.0	-
MST021	8.0	86.5	5.3
MST022	10.0	82.5	7.5
MST023	12.5	71.0	15.7
MST024	5.0	75.0	20.2
MST025	4.0	93.0	3.0
MST026	2.5	96.4	4.5
MST027	98.0	-	2.0
MST028	94.0	-	6.0
MST029	98.0	2.1	-
MST030	96.5	3.2	-

*COMPUTER UNTERSTÜTZTE DIFFUSE REFLEXION INFRARED SPEKTROSKOPIE
(DRIFT) VERFAHREN ZUR QUALITATIVE UND QUANTITATIVE*

Tabel 2. Die Röntgenfluoresanz (XRFA)-Daten von Kalibrierungsproben

Stan.Nr.	%SiO ₂	%Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	% K ₂ O	% MgO	% CaO	% LOI
ST001	0.61	0.23	0.08	0.05	21.06	30.72	46.48
ST002	1.44	0.53	0.21	0.13	19.83	31.23	45.79
ST003	2.24	0.82	0.39	0.11	2.10	51.40	45.18
ST004	2.01	0.62	0.27	0.12	13.67	37.62	44.85
ST005	0.38	0.19	0.09	0.02	20.88	31.44	46.64
ST006	0.42	0.17	0.07	0.02	20.38	31.73	46.53
ST007	4.65	3.20	0.96	0.70	13.35	27.86	41.75
ST008	0.32	0.20	0.04	0.03	21.40	31.05	46.41
ST009	0.29	0.16	0.05	0.03	21.31	31.41	46.72
ST010	2.30	0.71	0.33	0.16	19.98	30.32	45.44
ST011	2.35	0.68	0.27	0.03	22.04	30.04	45.39
ST012	2.04	0.46	0.19	0.03	0.69	52.4	46.99
ST013	1.63	0.18	0.04	0.03	0.52	52.8	46.52
ST014	0.49	0.23	0.06	0.02	0.57	52.7	46.47
ST015	0.28	0.13	0.02	0.04	0.68	52.3	46.88
ST016	0.07	0.09	0.00	0.04	0.87	52.1	46.42
ST017	0.67	0.25	0.17	0.02	4.36	48.45	45.78
ST018	3.83	1.09	1.28	0.06	6.30	45.42	44.56
ST019	0.67	0.31	0.09	0.04	20.55	31.43	46.89
ST020	1.22	0.44	0.18	0.02	0.78	52.00	46.54
ST021	2.83	0.42	0.12	0.07	0.63	53.87	42.26
ST022	1.98	0.49	0.14	0.10	0.68	54.56	42.62
ST023	5.90	0.24	0.16	0.03	0.57	52.54	40.84
ST024	5.15	0.23	0.16	0.03	0.58	53.12	40.95
ST025	2.32	0.95	0.24	0.19	0.86	54.13	42.13
ST026	3.02	1.14	0.28	0.26	0.82	53.22	41.67
ST027	4.31	0.95	0.27	0.19	0.85	52.75	41.11
ST028	12.5	1.94	2.28	0.29	6.07	37.65	37.46
ST029	41.68	25.12	1.16	0.93	4.71	24.63	0.99
ST030	40.40	23.05	1.06	0.84	6.0	25.26	1.52
ST031	1.26	0.37	0.15	0.02	1.6	53.05	42.82
ST032	41.68	25.12	1.16	0.93	4.71	24.63	1.0
ST033	0.71	0.19	0.09	0.02	1.29	53.4	42.8
ST034	1.31	0.32	0.14	0.01	1.95	52.3	42.7
ST035	1.32	0.30	0.14	0.0	1.46	53.14	42.9
ST036	1.22	0.37	0.14	0.0	0.94	53.52	42.9
ST037	0.00	0.09	0.12	0.0	0.60	55.25	43.6
ST038	24.2	5.94	0.78	0.03	2.88	34.62	28.9
ST039	2.65	0.63	0.24	0.0	0.98	52.49	41.97
ST040	0.29	0.15	0.13	0.0	0.71	54.78	43.52

Tabel 3. Die durch neue Methoden ermittelten Gehalte an Oxiden im Vergleich zu den XRF-Analysedaten

Pr. Nr	% SiO ₂	% Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	% MgO	% CaO	% K ₂ O	% LOI			
	RFA	DRIFT	RFA	DRIFT	XRF	DRIFT	XRF	DRIFT	*	DRIFT
IR001	1.33	0.79	0.25	0.15	0.13	0.19	1.24	1.28	55.70	55.40
IR002	1.47	1.92	0.34	0.49	0.16	0.32	1.36	1.81	55.10	54.85
IR003	1.51	1.63	0.46	0.67	0.21	0.42	1.29	2.41	52.60	52.90
IR004	4.10	4.84	1.63	2.03	0.56	1.02	7.29	5.83	45.90	44.50
IR005	20.40	22.10	3.69	3.31	0.97	1.32	1.54	2.12	39.30	37.70
IR006	49.91	45.60	10.26	7.59	4.67	3.07	9.08	6.81	9.78	19.40
IR007	8.17	11.30	1.57	1.93	0.37	0.62	11.31	9.83	38.90	37.00
IR008	2.59	3.40	0.88	1.23	0.65	0.85	17.73	16.41	32.40	33.80
IR009	4.47	5.10	0.16	0.13	0.15	0.24	3.12	3.41	51.50	50.80
IR010	3.88	3.60	0.72	0.89	0.23	0.48	1.35	1.21	53.60	53.10
IR011	4.32	3.64	0.88	0.93	0.27	0.36	1.04	1.09	50.06	51.56
IR012	6.05	4.30	1.43	1.43	0.43	0.49	0.98	0.93	48.40	50.20
IR013	7.61	6.39	1.74	1.67	0.61	0.51	1.13	0.92	50.00	51.10
IR014	4.13	4.04	1.01	1.12	0.35	0.49	1.08	1.06	53.60	53.00
IR015	2.71	2.76	0.53	0.67	0.22	0.42	3.14	3.58	49.20	51.00
IR016	4.23	4.51	0.77	0.89	0.25	0.48	1.46	1.46	51.50	52.20
IR017	4.88	4.48	1.08	1.29	0.32	0.57	1.06	1.21	51.20	52.40
IR018	25.31	25.70	6.28	5.03	2.11	1.81	3.08	3.15	33.50	34.80
IR019	1.06	0.09	0.27	0.36	0.09	0.23	0.87	1.09	54.40	54.30
IR020	1.00	0.77	0.19	0.26	0.05	0.26	1.51	1.92	54.20	54.20
IR021	1.91	1.36	0.53	0.65	0.11	0.36	4.75	4.95	54.00	53.10
IR022	0.85	1.25	0.31	0.53	0.08	0.11	1.04	1.62	53.30	55.40
IR023	7.41	8.90	1.37	1.84	0.07	0.14	1.13	1.22	48.80	47.70
IR024	6.92	6.78	1.46	1.69	0.14	0.55	1.66	2.12	50.20	51.10
IR025	12.92	13.80	4.23	4.31	0.16	0.21	1.11	0.96	43.60	43.20

COMPUTER UNTERSTÜTZTE DIFFUSE REFLEXION INFRARED SPEKTROSKOPIE
(DRIFT) VERFAHREN ZUR QUALITATIVE UND QUANTITATIVE

zusaetzliche Analysen und Arbeiten erforderlich. Die auf der Basis der IR-Spektroskopie neu entwickelte DIRFT-Methode nimmt für die Analyse einer Probe nur wenige Minuten in Anspruch. Durch dieses Verfahren können neben der mineralogischen Zusammensetzung auch Oxid- und Glühverlustgehalte ermittelt werden. Die hier vorgestellte Methoden können erfolgreich zur Qualitaetskontrolle beim kontinuerlichen Abbau der Karbonatrohstoffe vor Ort eingesetzt werden.

Der Anwendungsbereich der DRIFT-Technik kann durch Kopplung eines FT-IR Gerätes mit einem Mikroskop erweitert werden. Hierbei könnte von einer Phase, die unter Mikroskop betrachtet wird, sofort ein DRIFT-Spektrum aufgenommen und somit kann man neben der qualitativen Phasenanalyse auch zusaetzliche Informationen über den molekularen Aufbau der beobachteten Komponenten erhalten.

5. LITERATURVERZEICHNIS

- Estep, P. A., Kovach, J.J and Karr, C. Jr., 1968, Quantitative infrared multicomponent determination of minerals occurring in coal. -Anal. Chem., 40, 358-363, London.
- Fhlemig, W. & Kurze, R., 1973, Die quantitative infrarotspektroskopische Phasenanalyse von Mineralmengen. - N. Jb. Miner. Abh., 119, 101-112, Stuttgart.
- Fredricks, P. M., Osborn, P. R. &
- Swinkels, A.J., 1985, Rapid characterisation of iron ore by fourier transform infrared spectroscopy. -Anal. chem., 57, 1947-1950, Washington.
- Hunt, J. M. & Turner, D. S., 1953, Determination of mineral constituents of rocks by infrared spectroscopy. -Anal. Chem., 25, 1169-1174, London.
- Langbein, R., Peter, H., Schwahn, J., H., 1982, Nutzbare Gesteine und Industrie-minerale, Karbonat- und Sulfatgesteine, Kalkstein-Dolomit-Magnesit-Gips-Anhydrit. VEB-Deutscher Verlag für Grundstoff-industrie Leibzig.
- Lyon, R.J.P., (1967), Infrared Absorption Spectroscopy. -In: ZUSSMAN, J. (edit.), Physical Meyhods in Determinative Mineralogy, 371-403, Academic Press, London and New York.
- Lyon, R. J. P., Tuddenham, W. M. & Thmpson, C. S., 1959, Quantitative Mineralogy in 30 Minutes.- Econ. Geol., 54, 1047-1055, Lancaster.
- Moenke, H., 1962 & 1966, Mineralspektren I und II . - Akad. Verlag, Berlin
- Tamisch, M., 1987, Geomathematical and geochemical studies on Egyptian phosphorite deposits. -Berl. Geowiss. Abh. (A) 98, 97 pp., Berlin
- Van der Marel, H. W. & Beutelsbacher, H., 1976, Atlas of Infrared Spectroscopy of Clay Minerals and their Admixtures, 396 S., Elsevier Scientific Pub. Comp., Amsterdam- Oxford-New York.

AFŞİN-ELBİSTAN LİNYİT HAVZASI, ÇÖLLOLAR (B) SEKTÖRÜNÜN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

Ümit ÖZER ve Mesut ANIL

Ç.Ü. , Maden Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada, Afşin-Elbistan'da kurulması düşünülen 4x340 MW kapasiteli Termik Santral-B' nin linyit ihtiyacını karşılayacak olan Çöllolar (B) sektörü linyit yatağı, istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bu amaçla, Çöllolar sektöründe yapılmış olan 305 adet sondaja ait veriler kullanılarak yatak geometrisi ve linyit kalitesi hakkında bilgi verebilecek olan damar kalınlığı, örtü kalınlığı, kalori değeri, kül oranı, nem oranı, arakesme kalınlığı, topografik kot ve sondaj koordinat bilgileri değerlendirilmiştir. Buna göre, kalori değerinin 1213,9 kcal/kg lik bir ortalama ile 888-2200 kcal/kg arasında değişmesi, ve linyit tavan kotu, taban kotu ve örtü kalınlığının sırası ile 150, 200 ve 140 m'lik değişimler göstermesi bakımından yatağın homojen olmadığı ortaya konmuştur.

STATISTICAL EVALUATION OF THE ÇÖLLOLAR (B) SECTOR LIGNITE DEPOSIT OF AFŞİN-ELBİSTAN (TURKEY)

ABSTRACT: In this study, the lignite deposit of Çöllolar (B) Sector has been statistically analyzed for the lignite supply to the power plant that will be constructed with a capacity of 4x340 MW in Afşin-Elbistan.

In this aim, 305 boreholes have been studied to determine the seam thickness, overburden, calorific value, percentage of ash, moisture content, dirt band thickness, topography and drill hole coordinates data. Than, according to the data obtained, deposit geometry and the quality of lignite have been evaluated. The calorific value of the lignite is varying between 888-2200 kcal/kg with a mean value of 1213.9 kcal/kg. The overburden thickness, upper and lower boundaries of the lignite seam presents 140, 150 and 200 m differences.

1. GİRİŞ

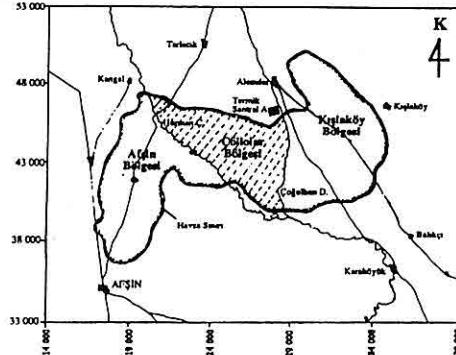
Madencilik çalışmalarının ilk aşamalarından birisi olan projelendirme çok önemlidir, zira yapılacak olan madencilik yatırımlarını ve üretim yönteminin seçimini etkiler. Bu nedenle her şeyden önce yatağın bütün karakteristik özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Bunun yapılabilmesi için ilk aşama sondaj bilgilerinin değerlendirilmesidir. Sondaj bilgilerinin doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi için istatistikî çalışma yapılmalıdır.

2. ÇÖLLOLAR (B) SEKTÖRÜNÜN TANITIMI

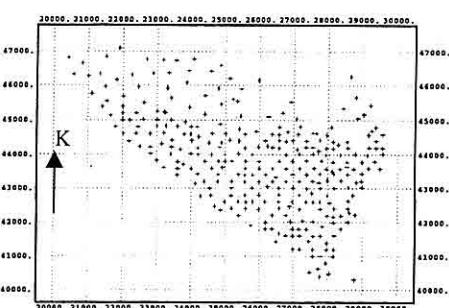
Afşin-Elbistan B projesi kapsamında Çöllolar sektörü yakınına 4x340 MW kapasite ile kurulması düşünülen Termik Santral-B, ülkemiz için yaklaşmakta olan enerji krizinin çözümüne ve ülke ekonomisine büyük katkılar sağlayacaktır. Çöllolar sektörünün deniz seviyesinden yüksekliği 1154 m - 1205 m arasındadır ve Çöllolar sektörü, Afşin – Elbistan havzasının merkezinde yer almaktadır (Şekil 1). Üzerinde çalışma yapılan 305 adet sondajın coğrafik konumları Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 3'de ise çöllolar sektörünün 305 adet sondaja göre çizilmiş olan topografik görüntüsü sunulmuştur.

3. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

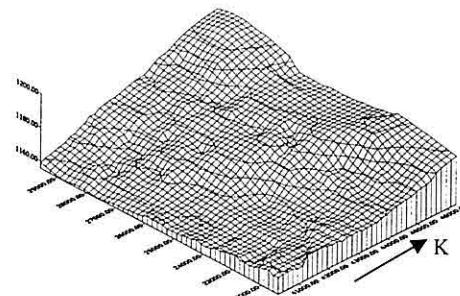
Kömür üretim projelerinde genel olarak kömürün fiziksel ve kimyasal özellikleri dikkate alınır. Örneğin, kömür damarının kalınlığı, kalori değeri, kül oranı, nem



Şekil 1: Afşin-Elbistan Linyit Havzası (Dağ ve Anıl, 1995).



Şekil 2: Çöllolar Sektörü Sondaj Lokasyon Haritası.



Şekil 3: Çöllolar Sektörü Topografik Görünüşü.

oranı, kükürt oranı gibi. Bunlar yerinde ve üretilebilir kömür rezervi hesabında etkili olan parametrelerdir (Chico-Olmo, 1983).

3.1. Verilerin Tanımı

Çöllolar sektöründeki sondaj çalışmaları 1969 yılında başlamış olup toplam 305 adet sondaj yapılmıştır. Sondajlar arasındaki mesafe birinci seri sondajlar için 200-300 m, ikinci seri sondajlar için 300-400 m arasındadır. Karot randımanı % 92 ve sondaj çapı 11,75 cm dir (TEK, 1978).

3.2. Teknik Kriterler

Halen linyit üretiminin yapıldığı Kışlaköy sektöründeki üretim yöntemi, döner kepçeli ekskavatör + band konveyör sistemidir. Basamak yüksekliği 25 m, basamak genişliği 56 m'dir. Basamak şev açısı 58° dir. İşletmede 6 adet Döner kepçeli ekskavatör için yıllık 20 milyon ton linyit üretimi öngörülmüştür. Çöllolar sektörü içinde aynı yöntemin uygulanması düşünülmektedir. Eğer damar kalınlığı 0,5 m'nin altında ise döner kepçeli ekskavatör selektif üretim yapamamaktadır. Bu nedenle döner kepçeli ekskavatör kullanılırsa üretim sırasında damarın üst ve alt kısımlarından 0,15 m'lik bir kısım kaybedilecektir. (TEK, 1978).

3.3. Linyit İle İlgili Kriterler

Üretilicek olan linyit, sektör yakınına kurulacak olan termik santrale satılacaktır. Literatür bilgilerine göre

termik santral B, termik santral A ile aynı özellikte olacaktır. Yani bu, satılacak linyit özelliğinin A sektörü ile aynı olması demektir. Bu özellikler hakkında daha fazla bilgi literatürlerde (TEK, 1978; Kumar ve Ural , 1998) mevcuttur.

Buna göre ; linyit kalitesi ile ilgili olarak aranacak özellikler şöyledir :

- * Kalori değeri ; maximum=1600 kcal/kg, minimum=950 kcal/kg, ortalama=1050 kcal/kg (ortalama ; 30 gün içinde 1000 kcal/kg'in altına düşmeyecek (orijinal linyitte)).

- * Kül oranı ; % 8 - %23 arasında (orijinal linyit).

- * Nem oranı ; %50 - %64 arasında (orijinal linyit).

- * 1000 kcal/kg'lık kalori değerine göre, kabul edilebilir maksimum kül oranı % 20'dir.

- * Orijinal linyit için kalori değeri ve kül oranı arasındaki ilişki ise ; minimum (1000 kcal/kg) / %20 = 50 olması istenmektedir.

- * Kuru linyit için ise (1000kcal/kg) / %40 = 25 olması istenmektedir.

Bu çalışmada bütün sondaj değerleri birlikte değerlendirilmiş olup, incelenen değişkenlerin listesi aşağıda verilmiştir.

- * X ve Y koordinatları ; her sondajın koordinatını verir (metre),

- * Topografya ; her bir sondajın topografik kotunu verir (metre),

- * Tavan kotu ; sondajın linyite giriş kotu (metre),

- * Taban kotu ; sondajın linyitten çıkış kotu (metre),

- * Örtü ; linyit üzerindeki örtü tabakasının kalınlığı (metre),

* Damar kalınlığı ; linyit damarının kalınlığı (metre),

* Kalori değeri ; linyitin kalori değeri (kcal/kg),

* Kül (%) ; kül oranı (%),

* Nem (%) ; nem oranı (%).

Çöllolar sektöründeki linyitin kalitesini belirlemek için eldeki kriterleri de göz önünde bulundurarak yeni değişkenler oluşturulmuştur. Bunlar ;

* Dkal+Akesme ; linyit damarı ile arakesme'nin toplam kalınlığı (metre),

* Kaloritop ; kalori değeri ile damar kalınlığının çarpımıdır,

* Kalori/Kül ; kalori değerinin kül oranına bölümünü ifade eder.

* T/C ; örtü kalınlığının damar kalınlığına oranını ifade eder.

Yatağın geometrisi ile ilgili değişkenlere ait istatistikî değerler Tablo 1'de ve Şekil 4'de verilmiştir. Şekil 4'de "+" işaretinin boyutu her sondajdaki incelenen değişkenlerin büyüklüğünə bağlıdır.

4. İSTATİSTİKİ ANALİZ

İstatistiksel analize başlamak için ilk önce seçilen değişkenler üzerinde genel istatistikî değerlendirme yapılmalıdır, bunun için ortalama, varyans, korelasyon sabiti, maksimum, minimum ve standart sapmalar hesaplanır, histogramlar ve değişken dağılım grafikleri çizilir (Armstrong, 1995). Buna göre, etüde başlamak için orijinal sondaj değerleri kullanılarak incelenen değişkenler için histogramlar oluşturulmuştur (Şekil 5).

Genellikle bütün değişkenlerin normal dağılıma uyduğu ancak tavan kotu ve

taban kotunun log normal dağılım gösterdiği görülmüştür. Arakesme ise negatif (exponansiyel) üstel dağılıma uymaktadır.

Tablo 1, 2, 3 ve 4'de değişkenlere ait genel istatistikî değerleri görmek mümkündür.

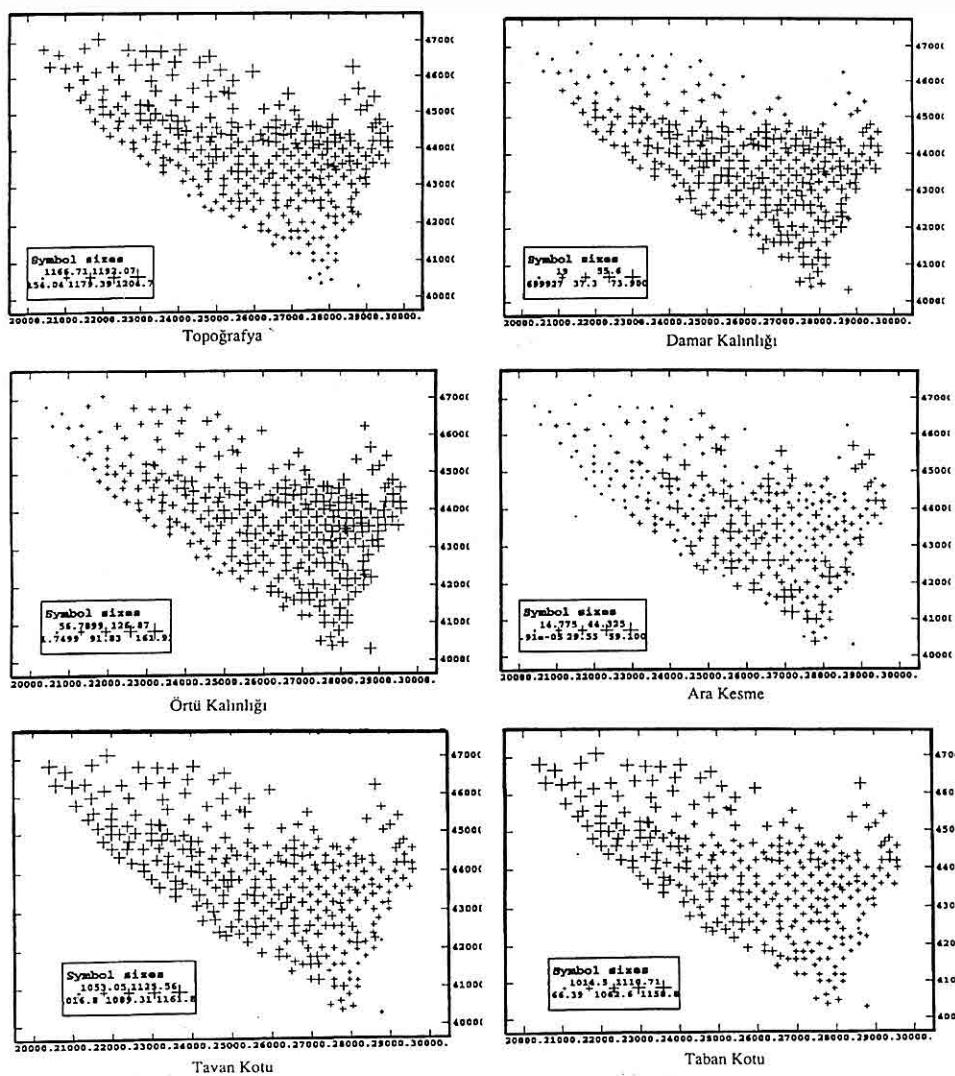
Kullanılan sondajlara ait verilere göre yatağın geometrisi hakkında bir fikir edinebilmek için, yatağın tavan kotu ve taban kotlarına ait kontur diyagramı ve bu kotlara göre perspektif görünüşleri Şekil 6, 7, 8 ve 9'da verilmiştir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışma sonucu, Tablo 1 ve 2'ye göre B sektörünün geometrik olarak homojen olmadığını söylemek mümkün değildir (150 m'lik bir değişimle tavan kotu ve 200 m'lik bir değişimle taban kotu ve 140 m'lik bir değişimle örtü kalınlığının homojenite'ye sahip olmadığı görülmüştür).

Diğer bir problemdede, 12,9 m ile oldukça yüksek bir değere sahip olan, toplam ara kesme kalınlığının ortalama değeridir. Topografya ve Y koordinatı arasında 0,89 lik bir korelasyon vardır.

Yine aynı şekilde taban kotu ile Y koordinatı arasında 0,7 lik bir korelasyon gözlenmiştir. Bu geometrik dağılımdan da görüleceği gibi, üretim esnasında selektif kazı ve kazı geometrisi bakımından problemler oluşabilir. Linyitin kalitesi hakkında ; linyit kalori değeri 880 – 2200 kcal/kg arasında, kül oranı, %14 ila %28 arasındadır. Burada, termik santral yakma ünitelerinde olusabilecek bir problemden söz etmek

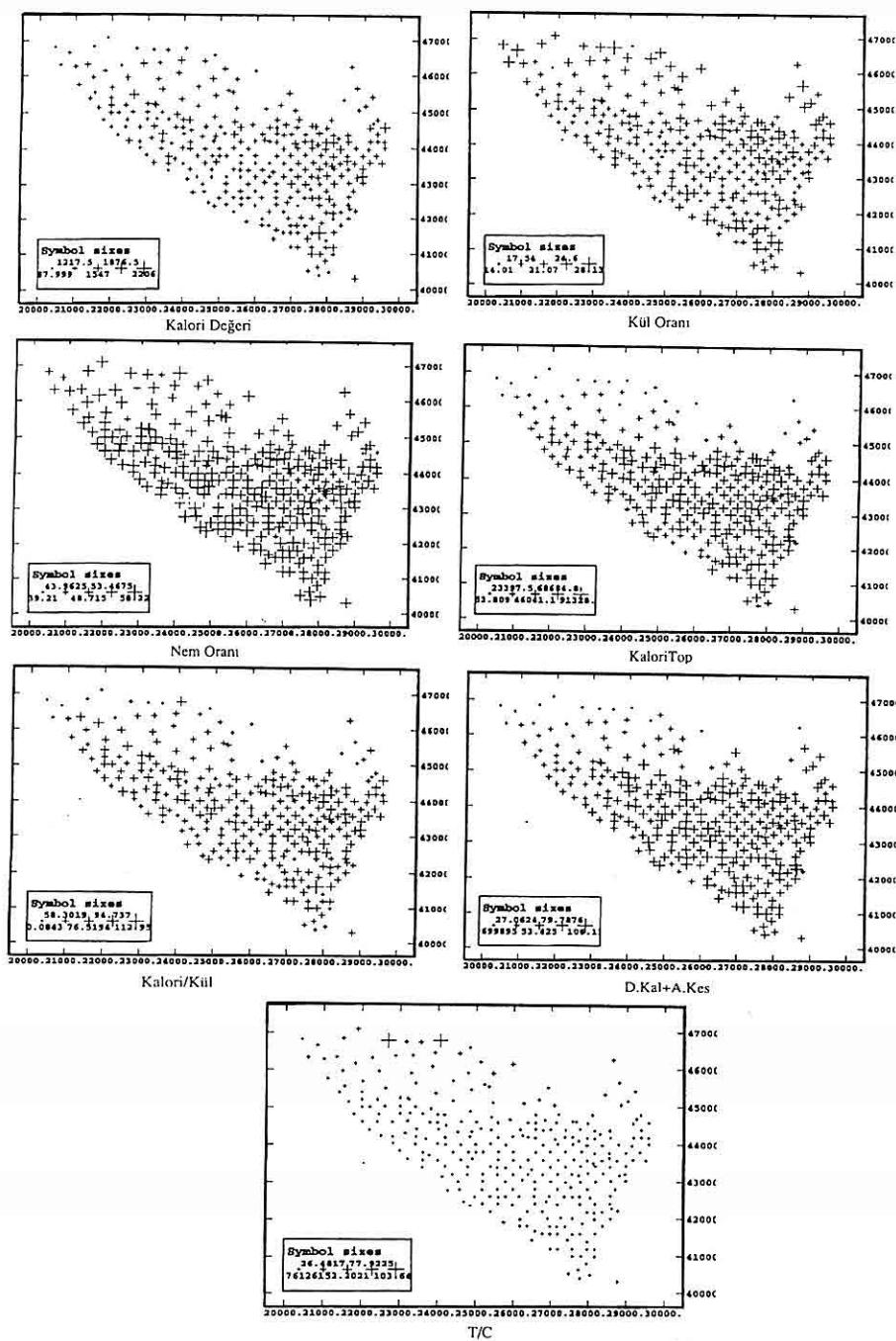


Şekil 4-a. İncelenen bölgede değişkenlerin dağılımı. (“+” İşaretinin büyütüğü, incelenen değişkenin büyütüğünü ifade eder.)

mümkündür; çünkü termik santral, ortalama kalori değeri 1000 kcal/kg olan ve maksimum %20 kül içeren linyiti yakabilmektedir, % 20 nin üzerindeki bir kül içeriğine sahip linyiti termik santral kabul etmeyecektir. Bu sonuçlara göre

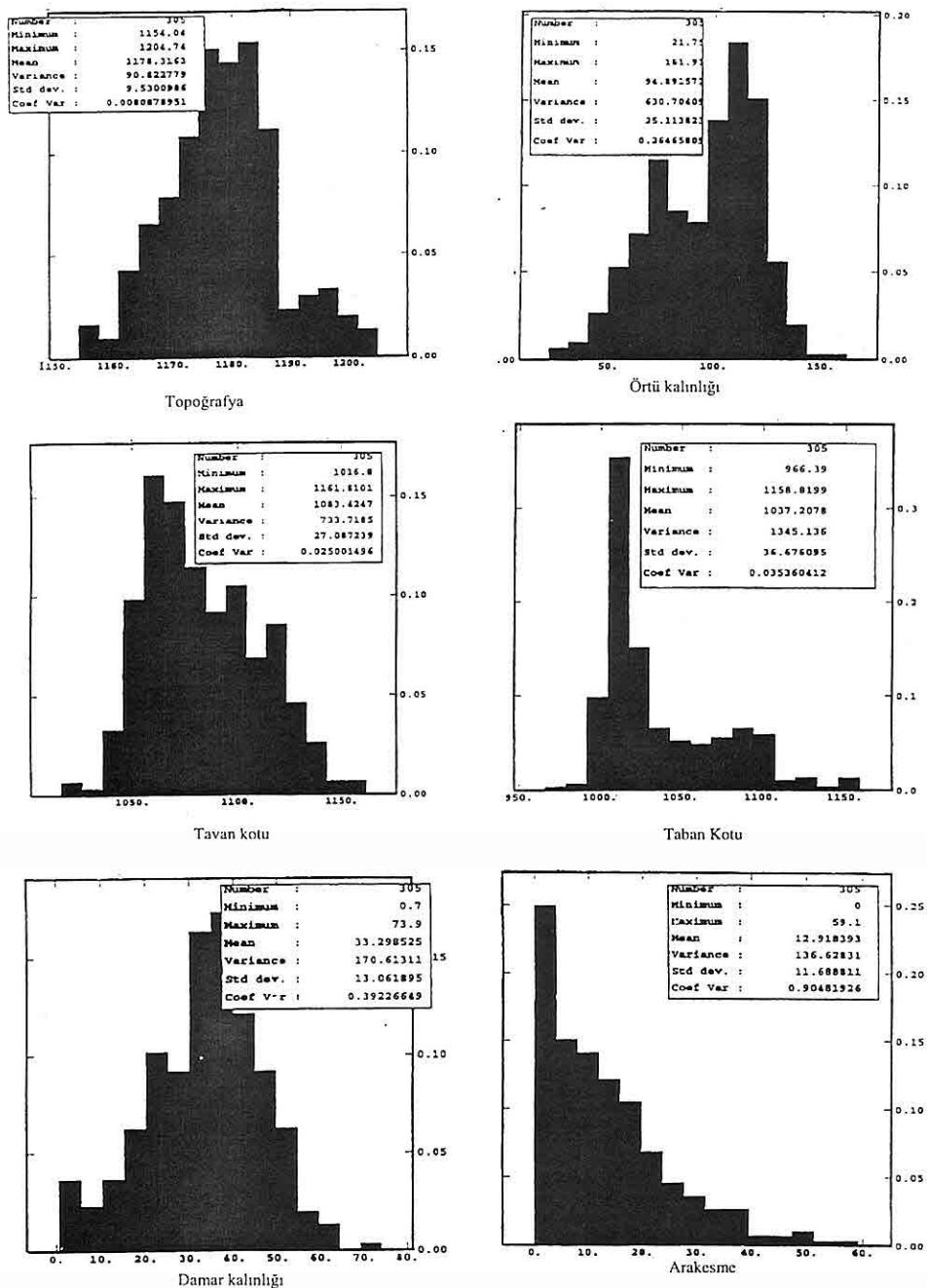
olması muhtemel bazı problemlerin varlığı gözlenmiştir.

Rapor (TEK, 1978), T/C (örtü kalınlığı/damar kalınlığı)ının 2,7 :1 olduğunu belirtmiştir, fakat bu çalışmada T/C'nin ortalama 4,22 olduğu tesbit edilmiştir

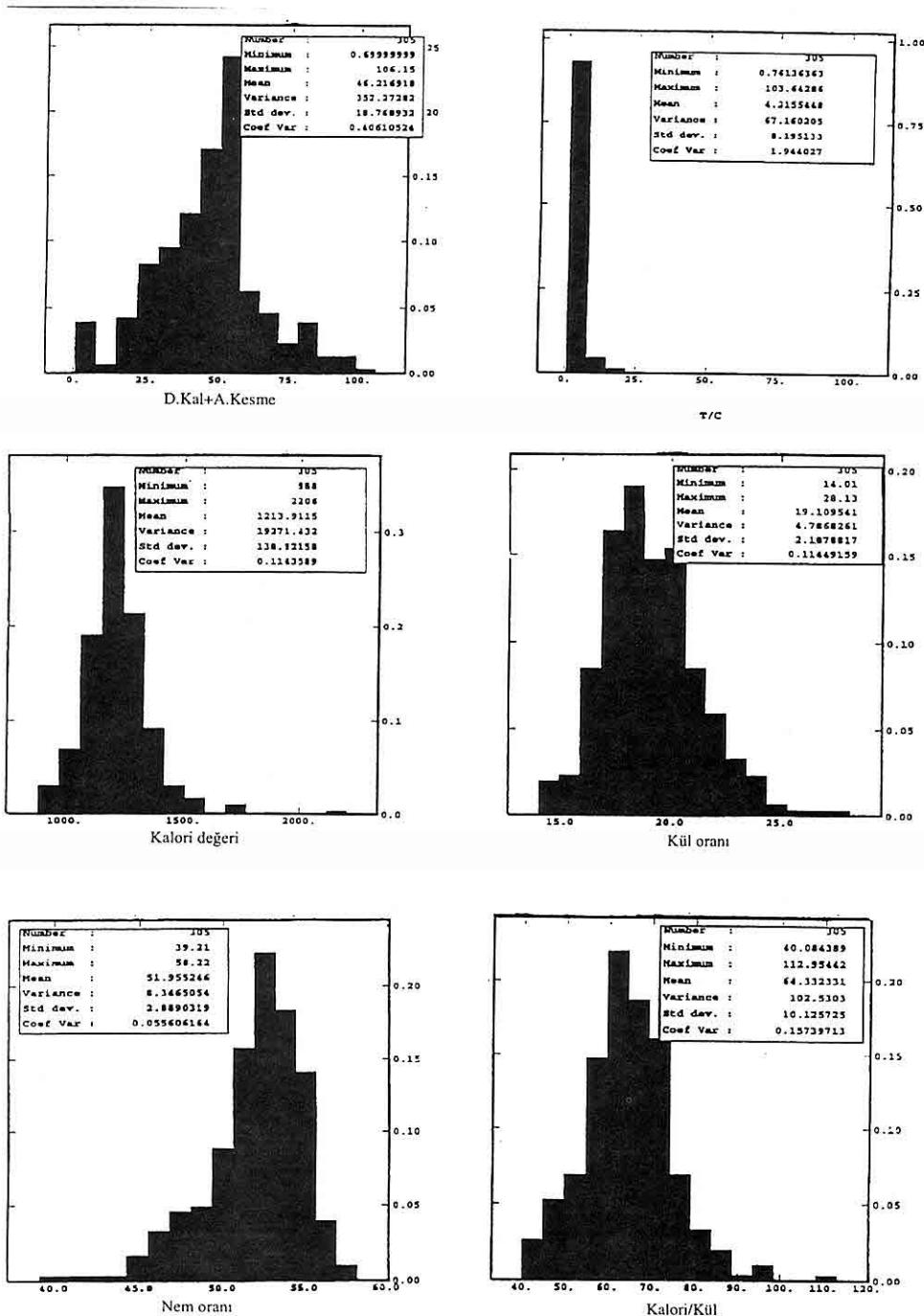


Şekil 4-b . İncelenen bölgede değişkenlerin dağılımı. (“+” İşaretinin büyüğünü ifade eder.)

ÇÖLLOLAR (B) SEKTÖRÜNÜN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ



Şekil 5-a : Değişkenlere ait histogramlar.



Şekil 5-b . Değişkenlere ait histogramlar.

Tablo 1 . Yatağın Geometrisi Hakkındaki Genel İstatistik Sonuçları (Özer, 1999).

Parametre	Sondaj Sayısı	Minimum	Maximum	Ortalama	Standart	Varyans	Beklenen Değer (Max-Min)
X koordinatı (m)	305	20426.62	29585.46				
Y koordinatı (m)	305	40304.2	47091.38				
Taban kotu (m)	305	966.39	1158.82	1037.21	36.68	1345.14	192.43
Tavan kotu(m)	305	1016.8	1161.81	1083.43	27.09	733.72	145
Örtü kalınlığı (m)	305	21.75	161.91	94.89	25.11	630.70	140.16
Damar kalınlığı (m)	305	0.7	73.9	33.3	13.06	170.61	73.2
Arakesme (m)	305	0	59.1	12.92	11.69	136.63	59.1
Topografya (m)	305	1154.04	1204.74	1178.32	9.53	90.82	50.7

Tablo 2 . Yatağın Geometrisi Hakkındaki Korelasyon Matrisi (Özer, 1999).

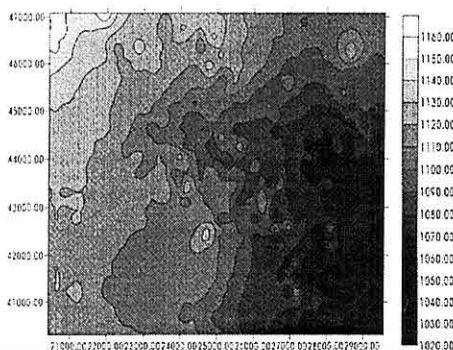
Parametre								
X koordinatı	1							
Y koordinatı	-0.53	1						
Taban Kotu	-0.81	0.70	1					
Tavan Kotu	-0.83	0.61	0.87	1				
Örtü kalınlığı	0.82	-0.32	-0.77	-0.94	1			
Damar kalınlığı	0.34	-0.50	-0.69	-0.38	0.26	1		
Arakesme	0.22	-0.25	-0.36	0.02	-0.06	0.15	1	
Topografya	-0.21	0.89	0.45	0.38	-0.03	-0.4	-0.11	1

Tablo 3 . Linyit Kalitesi Hakkındaki Genel İstatistik Sonuçları (Özer, 1999).

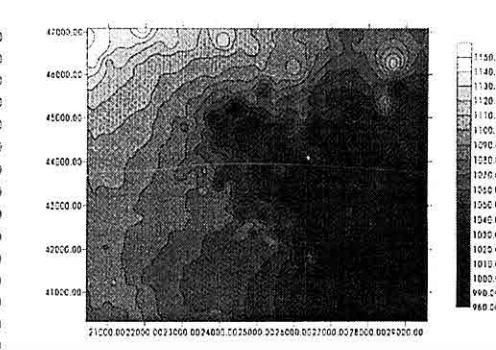
Parametre	Sondaj Sayısı	Minimum	Maximum	Ortalama	Standard	Varyans	Beklenen değer (Max-Min)
Damar kalınlığı (m)	305	0.7	73.90	33.299	13.06	170.61	73.2
Kalori değeri (kcal/kg)	305	888	2206	1213.90	138.82	19271.4	1318
T/C	305	0.76	103.64	4.22	8.20	67.16	102.88
Kül oranı (%)	305	14.01	28.13	19.11	2.19	4.79	14.12
Nem oranı (%)	305	39.21	58.22	51.96	2.89	8.35	19.01
Dkal+Akesme (m)	305	0.70	106.15	46.22	18.77	352.27	105.45
Kalori/Kül (kcal/kg)	305	40.08	112.95	64.33	10.13	102.53	72.87

Tablo 4. Linyit Kalitesi Hakkındaki Korelasyon Matrisi (Özer, 1999).

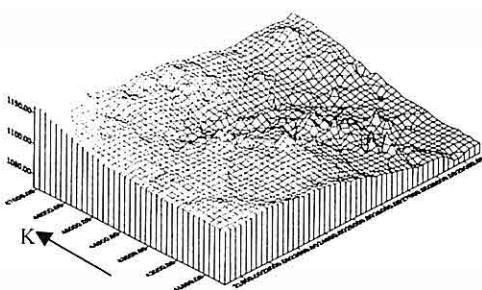
Parametre							
Damar kalınlığı (m)	1						
Kalori değeri (kcal/kg)	0.133	1					
T/C	0.43	-0.08	1				
Kül oranı (%)	-0.36	-0.01	0.12	1			
Nem oranı (%)	0.06	-0.47	0.04	-0.66	1		
Dkal+Akesme (m)	0.79	0.11	-0.38	-0.26	0.05	1	
Kalori/Kül ((kcal/kg)%)	0.31	0.71	-0.10	-0.70	0.14	0.23	1



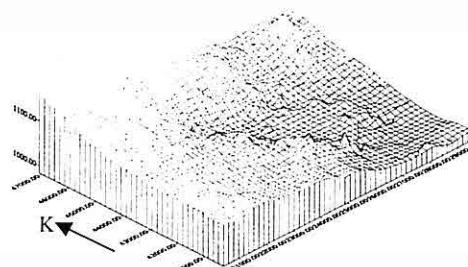
Şekil 6. Tavan kotu kontur diyagramı.



Şekil 8. Taban kotu kontur diyagramı.



Şekil 7. Tavan Kotu Perspektif Görünüşü.



Şekil 9. Taban Kotu Perspektif Görünüşü.

ancak bu değer hesaplanırken çalışma şev açısı ve nihai şev açısı göz önüne alınmamıştır, dolayısı ile gerçek T/C oranının bu değerden daha yüksek olması gerekmektedir. Bu oran madencilik operasyonları bakımından çok önemlidir.

Termik santrale satılacak kömürde aranan özellikler göz önüne alındığında; yerinde linyitte kabul edilebilir kül oranı maksimum %20 olmalı idi, fakat bu çalışmada ortalama kül oranının %19,11 olduğu ve maksimum %28,13 lük bir değere sahip olduğu görülmüştür. Bu durum sektörün bazı bölgelerindeki linyitin direct olarak termik santrale satılamayacağı anlamını taşımaktadır yani bir harmanlama modelinin ve buna uygun olacak bir üretim planlamasının yapılması gerekmektedir. Bölüm 3.2.'de Üretilebilir linyit damarı kalınlığının minimum 0,5 m olduğu belirtilmiştir (Döner kepçeli ekskavatör özelliğinden dolayı), bu çalışmada minimum linyit damarı kalınlığının 0,7 m olduğu tespit edilmiştir ancak bu değer toplam damar kalınlığı değeridir, yani 0,7 m lik damar kalınlığı birden fazla damara ait olabilir bu da sektörün bazı bölgelerinde döner kepçeli ekskavatörün selektif üretim yapamayacağı anlamını ifade eder. Bu durumda bu bölgelerde döner kepçeli ekskavatör uygulamasının uygun olamayacağını söylemek mümkündür. Bu sonuçlara göre, incelenen bu değişkenler göz önünde bulundurularak sektör için daha sağlıklı bir yaklaşım yapabilmek ve optimum bir üretim planlaması yapabilmek için sondaj stemplarının ve bu sondajlara ait kimyasal analiz

sonuçlarının detaylı bir şekilde irdelenmesi ve buna bağlı olarak tajoististiksel bir çalışmanın mutlak suretle yapılması gereği görülmüştür.

7. TEŞEKKÜR

Yazarlar, "burada bir bölüm sunulan Özer,1999" çalışmasının yapılmasına olanak tanıyan Fransız Hükümetine, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris Öğretim Üyelerinden başta Prof.Dr. Marcel ARNOULD, Dr. Jean du MOUZA, Dr. Isabelle THENEVIN ve Dr. Hans WACKENARGEL'e teşekkür ederler.

8. KAYNAKLAR

Armstrong, M., 1995, 'CFSG Course notes: mining geostatistics', Ecole des Mines de Paris, Centre de Géostatistique., C-159, 119 p.

Chico-Olmo, M., 1983., « Approche géostatistique de la caractérisation des ressources en charbon », Thèse de doctorat, L'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 132 p.

Dağ ve Anıl, 1995, 'Afsin-Elbistan Linyit İşletmesi (TEAŞ) Çöllolar Sektörünün Optimum Açık İşletme Sınırının Belirlenmesi', Mühendislikte 20. Yıl Sempozyumu, ZKÜ Müh. Fak., 5-6 Ekim, Zonguldak, 8 sayfa.

Kumar, R. ve Ural, S., 1998., « Evaluation de la qualité du lignite d'Afsin Elbistan en relation avec les besoins de la centrale thermique et optimisation des opérations minières., Mémoire., CGI-CESECO, Ecole des Mines de Paris., 55 p.

Özer, Ü., 1999, 'Etude statistique de la qualité du lignite d'Afsin-Elbistan, project de Çöllolar (TURQUIE)', Mémoire, CGI-CESECO, Ecole des Mines de Paris., 48 p.

Tek General Management (Turquie), Fichtner (Stuttgart), Rheinbraun (Koln) et Sofrelec (Paris)., 1978, « Afsin-Elbistan B (Collolar) Integrated Project », Volume 1,123 p.

TURGUTLU, ŞİLE VE KULA KİLLERİNİN REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN ELEKTROLİT KATKISI İLE DEĞİŞİMİ

Ufuk MALAYOĞLU ve Ali AKAR

D.E.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

ÖZET: Seramik üretiminde dökümle şekillendirmede döküm çamurunun viskozitesi önemlidir. Kil - su karışımının uygun viskozitede ve tiksotropi oluşturmadan döküm çamurunda kullanımı killerin reolojik özellikleri ile ilgilidir.

Kil - su karışımında su oranı önemlidir. Döküm çamurunun akışkanlığı ortama ilave edilen elektrolit yardımıyla sağlanmaktadır. Killerin çeşidine göre kullanılan elektrolit tür ve miktarı değişmektedir. Bu çalışmada üç farklı (Turgutlu, Şile, Kula) kilin optimum viskozite değerleri elektrolit miktarı değiştirilerek bulunmuş ve değerlendirilmiştir.

THE EFFECT OF ELECTROLYTE ADDITION ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF TURGUTLU, ŞİLE AND KULA CLAYS

ABSTRACT: *The viscosity of casting mud is of great importance in casting aided shaping in ceramic production.*

The use of clay - water mixture in casting mud, at appropriate viscosity and without forming any tixotropy, is related to the rheological properties of clays. The content of water is important in clay - water mixtures. The fluidity of the casting mud is obtained with the help of the electrolyte added into the medium. The sort of clays is effected using type and quantity of the electrolyte. In this study the optimal viscosity values of three different clays type (Turgutlu, Şile, Kula) have been found and calculated by changing.

1. GİRİŞ

Seramik üretiminde kil süspansiyonlarının stabilitesinin tam kontrolü oldukça önemlidir (Olphen, 1977). Seramik sanayiinde kullanılan killerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tam olarak saptanması; üretim prosesi için gerekli olduğu gibi; ürün kalite ve standardisasyonu için de önemlidir. Üretimi etkileyen ham madde parametrelerinin belirlenmesinde reolojik özelliklerin; viskozite ve tiksotropinin önemli etkileri vardır. Bu nedenle seramik üretiminde kullanılacak killerin reolojik özelliklerinin önceden tesbit edilmesi gerekmektedir. Kil minerallerinin çok büyük ve karmaşık bir mineral dizisine sahip olmaları, içerdikleri minerallerin varlığı, yapısal özellikleri gibi farklılıklar; seramik endüstrisinde ham madde açısından sürekliliği belirleyici etmenlerdir. Killerin yatak, oluşum yeri farklılıklarına ve yapısal özelliklerine bağlı olarak mineralojik ve reolojik özelliklerinin, fizikokimyasal davranışlarının değiştiği dikkate alınır; seramik üretiminde kullanılacak killerin üretim sürecindeki davranışının önceden saptanması bir zorunluluğtur. Bu açıdan killerin viskozite ve tiksotropi özelliklerinin bilinmesi üretimin kalite ve ekonomisini etkileyen bir parametredir. Bu çalışmada Turgutlu, Kula ve Şile yöresi killeri ile yapılan viskozite ölçümleri ile seramik sektöründe kullanım olanakları araştırılmıştır.

152

2. SERAMİK ÜRETİMİNDE REOLOJİK PARAMETRELERİN ÖNEMİ

Seramik endüstrisinde bazı seramik ürünler kil süspansiyonlarının döküm metodu ile kalıplar içine dökülmesi ile elde edilir. Seramik endüstrisinde dökümle şekillendirme olarak adlandırılan bu yöntem yaklaşık 200 yıldan beri kullanılan önemli bir yöntemdir (Ateş, 1996). Bu yöntemde kullanılan çamur akışkan bir çamurdur ve burada kil-su sistemlerinin yapısal özellikleri ön plandadır. Dökümle şekillendirmeyi etkileyen üretim parametreleri arasında döküm çamurunun reolojik yönden akışkan olabilmesi özelliği gelmektedir. Bu da; çamuru oluşturan suyun oranı, fiziksel ve kimyasal yapısı, akışkanlığı sağlayacak elektrolit türü ve miktarı ile değişmektedir (Acarsoy, 1985). Yaş yöntem ile şekillendirmede döküm çamurunun akışkanlığını fazla su kullanmaksızın elde etmek gereklidir. Fazla sulu bir döküm çamuru kalıpları ıslatır, kalıptan çıkışma süresini uzatır ve kalıp içinde çatlar. Döküm çamurunda akıcılığı suyu artırarak elde etmek olanaksızdır. Ayrıca, kapilar olgusu ile suyundan uzaklaştırılan kil, döküm kalıbı için filtre keki olarak depolanır. Kalıp içinde depolanmış son kil tabakalarının akışkanlık ve flokulasyon özellikleri sonuç ürün kalitesini etkiler. Bu nedenlerle kaliteli bir ürün eldesi için döküm çamurunun akışkanlığı elektrolit eklenmesiyle arttırılır. Her kil veya döküm çamurunun elektrolitlerle akışkan

duruma gelmesi farklıdır. Elektrolit türü, katkı oranı ve etki süresi akışkanlıkta büyük rol oynar. Bu nedenle döküm çamurunu oluşturacak hammaddelerin herbirinin ayrı ayrı, hangi tür elektrolit ile hangi oranda akışkanlık yaptığı önceden saptanmalıdır. Ayrıca, döküm çamurunun hazırlanmasında kullanılan elektrolit türü ve oranı, çamurun da özelliklerini ile birleşerek, döküm çamurunun az veya çok tiksotropik olmasına neden olur. Çok tiksotropik döküm çamurları uygulamada, kalıptan akmamakta, geri boşaltma sırasında büyük sorunlar çıkarmaktadır. Hiç tiksotropik olmayan döküm çamurları da alçı kalıp içinde çok zor kalınlık almaktadır. Bu nedenlerden dolayı döküm çamurlarında tiksotropinin varlığı az da olsa gereklidir. Döküm çamurunda viskozite ve tiksotropinin özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkan döküm hataları ile ilgili değerlendirmeler Tablo 1'de verilmektedir.

3. KİLLERİN REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN ELEKTROLİT KATKISI İLE DEĞİŞİMİ

Akışkanların hareketini ortaya koyan yasalar (Newton Yasası) kil süspansiyonlarının akış hareketlerinin tanımlanmasında farklılık göstermektedirler. Newton kanunlarının geçerli olduğu koşullarda viskozite eşitlikleri için kullanılan sabitler ve akışkanlık tanımlamaları; kil süspansiyonlarının viskozite eşitliklerinde kullanılmamaktadır (Olphen, 1977). Kil süspansiyonlarının

Tablo 1. Akışkanlık karakteristiğinin döküm ile ilişkisi

AKİŞ KARAKTERİSTİĞİ	DÖKÜM HATALARI
Akışkanlık çok yüksek	Düşük döküm verimi Çatlama Sarmalama
Akışkanlık çok düşük	Kötü akıcılık Sıkışma, yapışma
Tiksotropi çok yüksek	Sarkma, gevşeme Kötü akıcılık Yavaş kuruma
Tiksotropi çok düşük	Dökülmüş malzemede kırılma Zor şekil verme Düşük döküm verimi Sarmalama Kırılma

belirli şartlar altında (basınç, karıştırma) akış hareketinde ortam özelliklerine bağlı olarak (kil-su oranı, yoğunluk, kılın yapısı) ifade edilen akış eşitlikleri ve viskozite sabitleri söz konusudur. Newton yasasındaki eşitliklerden farklı olan bu viskozite değerleri; görünür viskozite olarak tanımlanmaktadır (Worral, 1982). Killerin yapısal özelliklerine bağlı olarak akışkanlıklarının veya tiksotropi özelliklerinin farklılık göstermesi akışkanlık değişimlerinin tanımlanmasını daha da karmaşık bir konuma getirmektedir.

Kil-su sistemlerinde kullanılan elektrolit ile kil içine verilen iyonların bir

kısımları, kil tabakaları arasında iyonlarla yer değiştirir. Kilin iyon dağılımının değişmesi sonucu, karışımın viskozitesi artar veya azalır. Bu nedenle kilin viskozitesi ortama ilave edilen elektrolit ile kontrollü olarak sağlanır. Killerin akışkanlıkları; ortama ilave edilen elektrolit katkısının oranı, etki süresi, elektrolit türü ile değiştirilebilmektedir.

Kil süspansiyonlarının karışım olmadan zaman içinde akışkanlık değişimini ifade eden tiksotropi değerlendirmesi elektrolit ilavesi ile akışkanlık kontrolünde bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Döküm çamurunun hazırlanmasında kullanılan elektrolitin türü ve oranı, kilin özellikleri ile birleşerek, döküm çamurunun az veya çok tiksotropik olmasına neden olur. Akışkanlık ile tiksotropun uygun dengelerde olması döküm başarısı için gerekli koşuldur. Killerde akışkanlık (viskozite), tiksotropi ve elektrolit miktarının değişimi ile elde edilen bulgular Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Kil – su sisteminin reolojik özelliklerinin değişimi

İlave Edilecek Materyal	Akıshanlık	Tiksotropi
Su	Artar	Biraz Azalır
Elektrolit	Artar	Azalır
Kil	Azalır	Artar

Kil – su sistemlerinde elektrolit ilavesi ile akıcılığın ve tiksotropinin değişiminde su oranının düşük tutularak uygun

akıcılığın elektrolit ilavesi ile sağlanması gerekmektedir. Bu arada kil partiküllerinin yüzey özelliklerinden dolayı tiksotropi oluşturması akıcılığı olumsuz etkilediğinden istenmeyen bir özellik olarak ortaya çıkmaktadır. Akıcılığı sağlamak için kil-su sistemlerindeki su oranının arttırılması akışkanlığı artırır. Ancak karışımındaki su oranı arttıkça killin plastiklik özelliği artacak, viskozite ve eşik kayma gerilimi (akma noktası) düşecektir. Eşik kayma gerilimi ne kadar fazla olursa, yaşı mukavemet de o derece artacaktır. Bu nedenle karışma ilave edilen su oranı kritiktir. Aynı su oranında, içerdikleri iyonlara bağlı olarak killerin değişken akış özelliği göstermesi yapısal bir özellik olarak ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda kil-su karışımındaki birim konsantrasyonunda karışım içinde tane sayısı taneler arası çekim kuvvetini etkilediğinden, farklı viskozite değerleri verebilmektedirler. Bu özellik aynı zamanda karışımı oluşturan kil türü ile ilgili bir değişken parametredir.

3. TURGUTLU, ŞİLE VE KULA KİLLERİNİN AKIŞKANLIK DEĞERLERİNİN SAPTANMASI

3.1. Materyal ve Yöntem

Seramik sanayiinde kullanılan üç farklı yöreye ait kilin döküm çamurundaki davranışını ve akışkanlık değişimini saptamak için kil-su karışımının viskozite ölçümleri yapılmış ve optimal akışkanlık değerini sağlamak için kil – su karışımına ilave edilmesi gereken elektrolit miktarı araştırılmıştır. Elektrolitin kil

TURGUTLU, ŞİLE VE KULA KİLLERİNİN REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN ELEKTROLİT KATKISI İLE DEĞİŞİMİ

süspansiyonlarındaki akışkanlık değişim etkisini saptamada akma süresinin elektrolit miktarı ile değişimini ifade eden akma eğrilerinden yararlanılır. Akma karakteristikleri, elektrolit miktarı, akışkanlık intervali ve akma süresine göre değerlendirmede en uygun kil türü, elektrolit tür ve miktarı irdelenerek belirlenir.

Bu çalışmada üç farklı tip (Turgutlu, Şile, Kula) numunesinin Brookfield viskozimetresi kullanılarak akışkanlığının değişimi ortama elektrolit olarak Na_2SiO_3 ilave edilerek saptanmış ve akma eğrileri çıkarılmıştır.

Turgutlu bölgesi, Şile bölgesi ve Kula bölgesi killerinden alınan kil numuneleri ile 105 °C de kurutulmuş ve tane boyutu tamamı – 63 mm olacak şekilde hazırlanmıştır. Kil numuneleri 1/1 oranında su ile yüksek devirli bir karıştırıcıda 1 saat karıştırılarak viskozite ölçümleri için hazırlanmıştır. Her test için 500 gr kil numunesi kullanılmıştır.

Viskozite ölçümleri Brookfield RTV tip viskozimetre ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümler; viskozimetre 0,5 – 1 - 2,5 – 5 – 10 – 20 – 50 – 100 d/dak dönme hızlarında, 5 ve 6 nolu spinler kullanılarak alınmıştır. Ölçümler süresince ortam sıcaklığı 18 °C sabit olarak tutulmuştur.

Akışkanlığı değiştirici elektrolit olarak Turgutlu kili için %5, %10 ve %15 diğer killer için % 10 luk Na_2SiO_3 çözeltisi kullanılmıştır. Bu çözeltiler kil – su karışımına 0,5 – 1 – 1,5 – 2 – 2,5 ml olmak üzere aşamalı olarak ilave edilmiş ve her miktar değişiminin kil – su

karışımındaki akıcılığının Brookfield viskozimetresinde ölçülmüş ve akış eğrileri bulunmuştur.

Her üç kilin de içindeki safsızlıklardan dolayı dilalant akış özelliği gösterdiği saptanmıştır.

Deneylede kullanılan killerin XRD analizlerinde her üç tür kilin de Kalsiyum (Ca) Montmorillonit türü kil olduğu saptanmıştır.

3.2. Turgutlu Kilinin Akışkanlık Değişimini Saptanması

Turgutlu kilinin akış özelliklerinin saptanması için yapılan deneylerde; akış hareketinin değişimi; ilave edilen elektrolit derişimi ve elektrolit miktarı yönünden incelenmiş ve deney sonucundaki optimum bulgulara göre diğer killerde uygulacak testlerdeki derişim miktarı saptanmıştır. Bu amaçla ilk olarak kullanılan Na_2SiO_3 derişimi % 5, % 10 ve % 15 olarak değiştirilmiş ve her üç derişimde de ortama 0,5, 1, 1,5, 2 ve 2,5 ml'lik ilaveler yapılarak kil süspansiyonundaki akma değişimi saptanmıştır (Tablo 3). Turgutlu kilinin Şekil 1'de verilen akışkanlık eğrileri incelendiğinde tiksotropi oluşturmadan en uygun akışkanlığın % 10 Na_2SiO_3 derişim miktarında sağladığı görülmektedir. Bu çalışmada uygulanan tüm deneylerde akışkanlık değişiminin tesbiti % 10'luk Na_2SiO_3 çözeltisi kullanılarak yapılmıştır.

3.3. Şile Kilinin Akışkanlık Değişimini Saptanması

Şile kili akışkanlığı en yüksek kil

Tablo 3. Turgutlu kilinin Brookfield viskozimetresi ile ölçülen viskozimetre değerleri

Çözelti Miktarı (ml)	Viskozite (pascal.sn)		
	% 5 lik Na ₂ SO ₃ ile	% 10 luk Na ₂ SO ₃ ile	% 15 lik Na ₂ SO ₃ ile
0,5	16218,1	13835,66	13520,72
1	13273,94	10303,86	11776,05
1,5	11561,12	9183,32	10495,42
2	10715,19	9549	12618,27
2,5	13645,63	10964,78	16634,12

olarak saptanmıştır. Bu kilde en yüksek akışkanlık değerine en düşük elektrolit ilavesi ile ulaşılmıştır (Tablo 4). Şekil 2 de verilen akış eğrisi incelendiğinde 2 ml elektrolit ilavesinden sonra viskozite değerlerinin düşmekte olduğu buna karşın 1 ml'den az elektrolit ilavesinde ise tiksotropinin varlığı gözlemlenmiştir. Burada sadece çözelti miktarı değiştirilmiş ancak çözelti derişimi sabit tutulmuştur.

Tablo 4. Şile Kilinin Brookfield viskozimetresi ile ölçülen viskozimetre değerleri

Çözelti Miktarı (ml)	Viskozite (pascal.sn) % 10 luk Na ₂ SO ₃ ile
0,5	44977,98
1	46344,6
1,5	46233,81
2	46773,4
2,5	37411

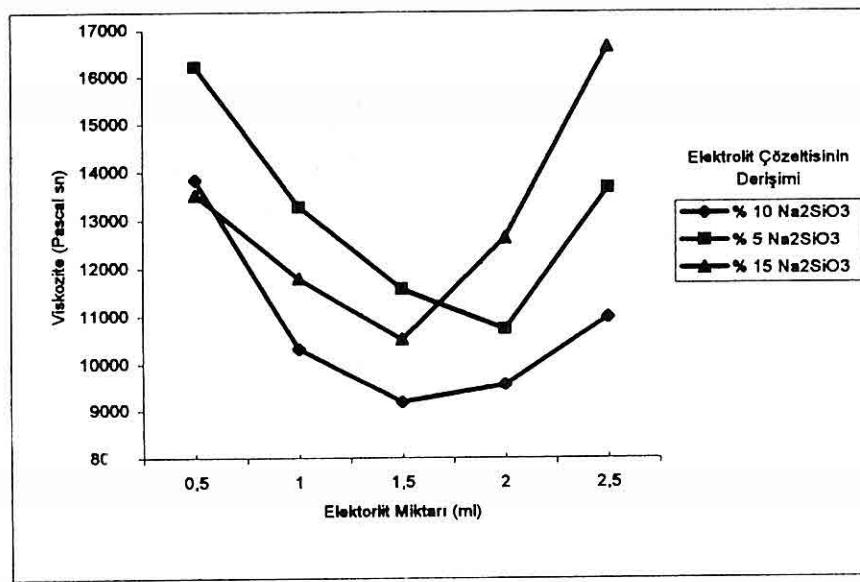
3.4. Kula Kilinin Akışkanlık Değişiminin Saptanması

Kula kilinin farklı miktarlarındaki elektrolit ilavesine göre viskozite değişimleri yine aynı temel metodlar esas alınarak araştırılmış ve döküm çamuru oluşturmada elektrolit ilavesi ile viskozite değişimi özelliği saptanmıştır (Tablo 5). Şekil 3'deki akışkanlık değişim grafiği incelendiğinde akışkanlığın 1,5 ml % 10 luk Na₂SiO₃ ilavesinden sonra düşüğü bu arada tiksotropinin arttığı gözlemlenmiştir.

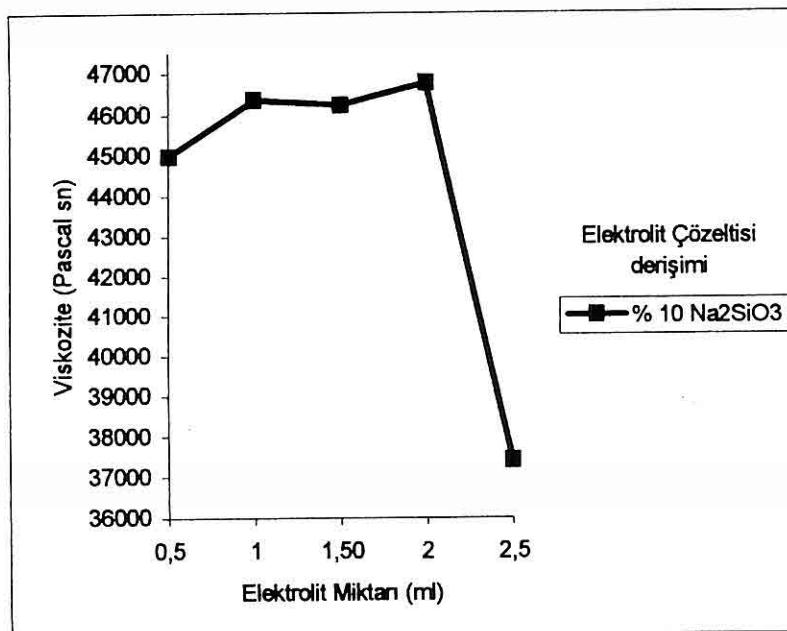
Tablo 5. Kula Kilinin Brookfield viskozimetresi ile ölçülen viskozimetre değerleri

Çözelti Miktarı (ml)	Viskozite (pascal.sn) % 10 luk Na ₂ SO ₃ ile
0,5	22233,098
1	21877,6
1,5	22335,72
2	11194,37
2,5	14757

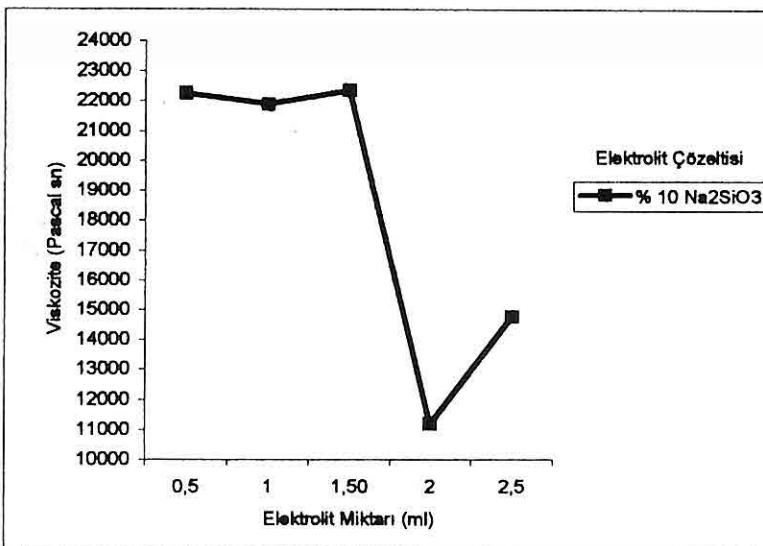
TURGUTLU, ŞİLE VE KULA KİLLERİNİN REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN ELEKTROLİT KATKISI İLE DEĞİŞİMİ



Şekil 1. Turgutlu kilinin akışkanlık değerlerinin değişimi



Şekil 2. Şile kilinin akışkanlık değerlerinin değişimi



Şekil 3. Kula kilinin akışkanlık değerlerinin değişimi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kil, yapısından kaynaklanan değişken özelliğinden dolayı seramik üretiminde döküm çamurunun akışkanlığını ve şekillendirme özelliğini etkiler. Döküm çamurunda su oranının kritik bir ölçüt olması nedeniyle, akışkanlık elektrolit ilavesi ile sağlanmaktadır. Killerin reolojik özellikleri ile ilgili olan bu işlemde, elektrolit tüketimi kullanılan kil türü ile de değişim göstermektedir. Bu nedenle döküm çamuru hazırlanmasında standardizasyon ve verimlilik için viskozite testlerinin yapılması zorunludur.

Bu çalışmada Turgutlu, Şile ve Kula killerinin elektrolit katkısı ile viskozite değişimleri incelenmiştir. Üç kil dilalant akış özelliği gösterdiği halde; üç kil

arasında Turgutlu kilinin döküm çamurunun verimi açısından optimum değerler verdiği görülmektedir. Bu da aynı tür (Ca – montmorillonit) farklı yörelerde yataklanmış killerde elektrolit ilavesinin farklı sonuçlar verdiği göstermektedir.

* % 5 ve %15 Na_2SiO_3 derişimlerinin, akışkanlık değerini % 10'luk Na_2SiO_3 derişimine göre daha yüksek değerde sağladığı, buna karşın tiksotropi oluşturduğu bu nedenle seramik üretiminde döküm hatalarına yol açabileceği sonucuna varılmıştır. Böylece optimum Na_2SiO_3 derişiminin %10 olduğu saptanmıştır.

* Turgutlu kili akışkanlık eğrisi incelendiğinde (Şekil 1) en düşük akış değerini veren 1.5 ml elektrolit ilavesi ile

TURGUTLU, ŞİLE VE KULA KİLLERİNİN REOLOJİK ÖZELLİKLERİİNİN ELEKTROLİT KATKISI İLE DEĞİŞİMİ

elde edilen akış değeri döküm çamurunda tiksotropi oluşumuna neden olduğu buna karşın elektrolit miktarının azaltılması ile

elde edilen kil - su karışımında ise daha optimal sonuçların alındığı saptanmıştır.

* Şile kilinin viskozite ölçümlerinde yüksek akış değerlerine ulaşmasına rağmen tiksotropinin varlığı görülmektedir. En iyi sonuç ise 2.5 ml elektrolit ilavesinde sağlanmıştır.

* Kula kili akış özelliği Turgutlu kili akışkanlık eğrisine özdeş görünümekte ve akışkanlık ise Turgutlu kiline göre daha yüksek degerdedir. Buna ilaveten Kula kilinde Şile kilinden daha düşük değerde bulgular elde edilmiştir. Sözkonusu bu

kilde de tiksotropi oluşturmadan uygun akış elde etmek daha kolay olmuştur.

* Farklı üç kil içinde viskozite değerinin en düşük olduğu kil Turgutlu kilidir. Ancak tiksotropi oluşturma özelliği en az olan kil de Turgutlu kili olduğu da gözlemlenmiştir.

Elde edilen bu bulgularda; killerde viskozite değerleri ortama ilave edilecek elektrolit ile değişimileceği ve bu

değişimde döküm çamurunun istenilen özellikte olması için kullanılabileceği saptanmıştır.

Ancak Turgutlu, Şile ve Kula killeri seramik sanayiinde kullanım açısından döküm özelliklerini elektrolit ilavesi ile değiştirebilir olmasına karşın kil su karışımı yapılarak kullanılabilecek yapıdadırlar. Bunun yanında Turgutlu kili akış ve tiksotropi kontrolü daha kolay bir özellik göstermektedir.

5. KAYNAKLAR

Acarsoy, A., 1985, *Seramik Teknolojisi*, Marmara Univ. Güzel Sanatlar Fak. Yayın, İstanbul.

Ateş, R., Vitrifiye Seramik Üretiminde yeni bir teknoloji yüksek basınçlı döküm, *Metalurji Dergisi, TMMOB Metalurji Müh. Yayınu, Haziran 1996, pp 64 –70.*

Van Olphen, H., 1977, *Clay Colloid Chemistry*, A Wiley-Interscience publication, New York, pp 130 - 149.

Worral, W.E., 1982, *Ceramic Raw Materials*, Pergamon Press, Oxford.

DARBELİ DELMEDE GEVREKLİK ANALİZİ**Raşit ALTINDAĞ***S.D.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta/Türkiye*

ÖZET: Kayaçların delinebilirliğine etki eden bir çok kayaç özelliğinden birisi de kayacın gevrekliğidir. Kayaç gevrekliğinin artmasının delme hızının artmasına diğer bir ifadeyle delme veriminin artmasına neden olacağı kabul edilmektedir. Buna karşın ise henüz kayaçların delinebilirlik analizlerinde kullanılan universal bir gevreklik ölçütü bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, literatürde gevreklik ölçütü olarak kabul edilen iki tane gevreklik ölçütü ele alınarak, darbeli delme performans analizlerinde kullanılabilirlikleri irdelenmiştir. Bu amaçla, çeşitli araştırmacılar tarafından arazide ve laboratuvara yapılan delme analizlerinden elde edilen işlenmemiş deney verileri kullanılarak, gevreklik ile delme hızı arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Literatürden alınan iki gevreklik ölçütlerinin yanısıra yazar tarafından önerilen yeni bir gevreklik ölçütü ile delme hızları arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Kullanılan diğer iki ölçüte nazaran, önerilen yeni gevreklik ölçütü ile delme hızı arasındaki ilişkiler çok daha anlamlı bulunmuştur. Söz konusu bu ölçüt kullanılarak kayaçların delinebilirlik özelliklerinin yorumlanması veya değerlendirilmesinin daha kolay olacağı düşünülmektedir.

AN ANALYSIS OF BRITTLENESS ON PERCUSSIVE DRILLING

ABSTRACT: The brittleness of rock is one of the most important rock properties which affect rock drillability. But there is not a universally accepted definition and measurement principle for rock brittleness used in drillability analysis.

In this study, two brittleness measurements used in literature were taken into consideration, the useability of these brittleness were examined in percussive drilling analysis. The relationships between brittleness and penetration rates were examined by using raw-data obtained from the test results of (applied in laboratory and in field) some researchers in the literature. Besides two rock brittleness taken from the literature, the relationships between drilling rates and proposed brittleness measurement which is proposed by author were evaluated. These relations are more reliable than other two brittleness measurements. The comments and evaluations of the drillability property of rocks can be easy by using of this proposed rock brittleness measurement.

1. GİRİŞ

Kayacın delinebilirliğinin belirlenmesinde etkin olabilecek birçok kayaç özelliklerinin etkisini belirlemek için arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılmaktadır. Bir çok araştırmacı (Schmidt,1972; Paone vd.,1969; Tandanand ve Unger,1975) kayaçların delinebilirlik analizlerinde, darbeli delme hızları ile kayacın fiziksel özellikleri arasındaki ilişkileri incelemiştir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarında, kayacın bir tek özelliğini dikkate alarak delme hızlarının tahminini yapmak sağılıklı neticeler vermemektedir. Çünkü, kayacın delinebilirliğine, kayacın fiziko-mekanik özelliklerinin yanı sıra mineralojik özellikler ve jeolojik yapısı (makro-mikro süreksızlıklar, tabakalanma durumu vb.) gibi diğer faktörler de etki etmektedir.

Kayacın önemli mekanik özelliklerinden biri olan gevrekliğin, delinebilirlik analizlerindeki etkinliği tam olarak açıklanamamıştır.

Kayaç gevrekliğini ölçmek için, literatürde çok sayıda gevreklik kavramı ve ölçüyü kullanmasına rağmen, delinebilirlik analizlerinde kullanılabilen universal bir gevreklik ölçüyü bulunmamaktadır. Ancak, genel olarak kayacın basınç dayanımının çekme dayanımına oranı olarak tanımlanan gevreklik ölçüyü kullanılmaktadır. Bu çalışmada da, bu ölçütün kayaç delinebilirlik analizlerinde kullanılabilirliği iddelenecektir.

2. GEVREKLİK

Kayacın bir mekanik özelliği olan gevreklik kavramının tanımı hala tam olarak yapılamamıştır. Kayaç gevrekliğini ölçen veya tanımlayan universal bir ölçüt veya kavram, standart hale getirilemediğinden, literatürde çok geniş şekilde gevreklik ölçütleri önerilmekte ve/veya kullanılmaktadır (Becker vd.,1984; Evans ve Pomeroy,1966; Göktan,1988; Göktan,1992; Hucka ve Das,1974; Inyang ve Pitt,1991; Inyang,1991; McFeat-Smith,1977; Reichmuth,1968; Selmer-Olsen ve Bleindheim,1971; Shimada ve Matsui,1994; Singh,1986).

Bu çalışmada ise ele alınan gevreklik ölçütleri aşağıda verilmiştir.

1- Basınç dayanımının çekme dayanımına oranından gevrekliğin belirlenmesi

$$B1 = \frac{\sigma_c}{\sigma_r} \quad (1)$$

2- Basınç ve çekme dayanımından gevrekliğin belirlenmesi

$$B2 = \frac{\sigma_c - \sigma_r}{\sigma_c + \sigma_r} \quad (2)$$

3- Basınç ve çekme dayanımının çarpımından gevrekliğin belirlenmesi

$$B3 = \frac{\sigma_c \times \sigma_r}{2} \quad (3)$$

Aynı B1 gevreklik değerine sahip farklı mukavemet özelliği gösteren kayaçların kesilebilirlik/delinebilirlik işlemlerinde farklı spesifik enerji (SE) ve delme hızları elde edildiği bilinmektedir (Tablo

2' den; 1 ve 7 nolu kayaçlar, 2 ve 1' nolu kayaçlar).

Göktan (1992), B1 gevreklik değerleri ile delme hızları arasında anlamlı bir ilişki bulamamıştır. Söz konusu bu gevreklik ölçütünü darbeli delme analizlerinde dikkate almanın bir sonuç vermeyeceğini vurgulamaktadır.

Mekanik mukavemeti farklı olan kayaçların hiç şüphesiz farklı gevreklik değerler göstermeleri beklenirken, aynı gevreklik değerini göstermeleri, B1 gevreklik ölçütünün sağlıklı bir göstergesi olmadığını işaret etmektedir. Kayacın B1 gevreklik değeri, basınç dayanımı - çekme dayanımı ilişkili grafiğindeki (Şekil 1-a) dorunun yatayla yapmış olduğu açının tanjant ($\tan \theta$)'na eşittir. Aynı açı değerine sahip farklı mekanik mukavemetteki kayaçlar da aynı gevreklik değeri gösterebildiğine göre, kayacın mekanik mukavemetlerinin büyülüğünün delme işlemindeki etkinliği gevreklik açısından yok gibi görülmektedir. Kayaçların mekanik mukavemetlerinin artması durumunda, delme hızlarının düşüğü bilindiğine göre, böyle bir gevreklik ölçütü kullanıldığında mekanik büyülüklüklerin önemi azalmaktadır. Bu durumda, B1 gevreklik ölçütünün delme analizlerinde kullanılması sağlıklı görülmemektedir.

Kayacın tek eksenli basınç dayanımı - çekme dayanımı ilişkili doğrusunun eğimi $\tan \theta$ (Şekil 1-a) yerine, doğrunun altında kalan alan (Şekil 1-b) dikkate alındığında, aynı B1 gevreklik değerine sahip iki kayaç farklı alanlara sahip olacağın bu alanın dikkate alınmasını

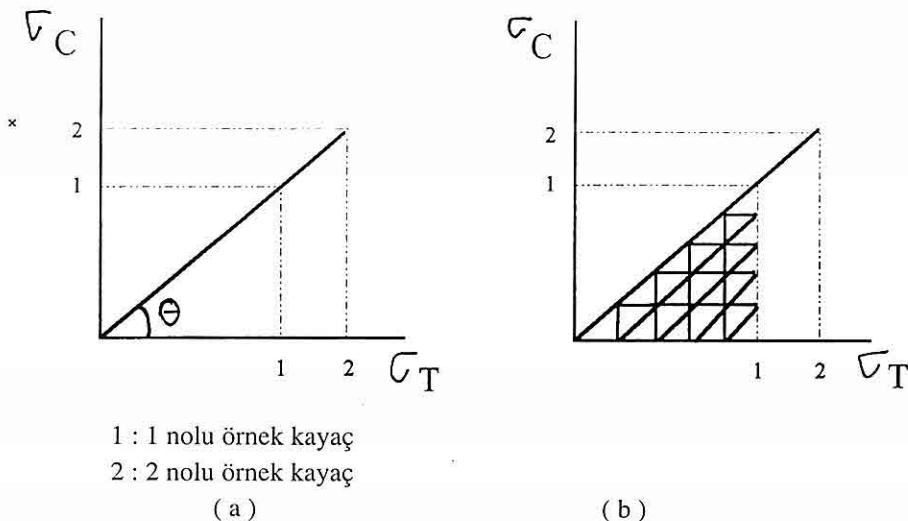
daha güvenilir olacağ düşünülmektedir. Böylece, kayacın mekanik mukavemetlerinin gevreklik üzerine etkileri dikkate alınmış olacaktır. Bu düşünceden yola çıkarak; eğrinin altında kalan alan, basınç dayanımının çekme dayanımı ile çarpımının 2'ye bölümyle elde edilmiş ve bu "alan"ın, kayaç gevrekliğinin (B3) bir ifadesi olarak kullanılabılırlığı irdelenmiştir.

3. DELİNEBİLİRLİK

Bir kayacın delinebilirliği, delici ucun delme hızı,burgu ömrü (Birinci ve Akçin,1990), delme işleminde harcanan spesifik enerji (SE) (Teale,1965) gibi bir çok şekilde basitçe tanımlanabilmektedir. Delme hızını artırmak için farklı delme metodları ve makinaları farklı kayaç tipleri için kullanılmaktadır. Öncelikle delici makinanın seçimi için delinecek kayacın orijinin (magmatik, metamorfik, sedimanter), sertliğinin, aşındırıcılığının, fiziksel ve mekanik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Yüksek sertlikte ve aşındırıcı özellikteki kayaçlar için ağır darbeli deliciler, orta dayanımlı kayaçlar için orta ağırlıktaki darbeli veya ağır döner deliciler, aşındırıcı ve gevrek kayaçlar için hafif darbeli deliciler veya döner delici makinalar kullanılmaktadır (Tamrock, 1986).

Delinebilirliği ölçmek veya delme hızını tahmin etmek için çeşitli deney yöntemleri ve delinebilirlik göstergeleri geliştirilmiştir. En yaygın olanları ise delinebilirlik indeksi olarak bilinen delme hızı indeksi (DRI), uç aşınma



Şekil 1. Tek eksenli basınç dayanımı - çekme dayanımı ilişkisi

indeksi (BWI) (Tamrock,1986) ve kayaç dayanım katsayısı (CRS) dır (Tandanand ve Unger,1975).

Bu çalışmada, kayaç delinebilirliğinin ifadesi olarak delme hızları seçilmiştir.

4. DENEYSEL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Gevreklik ile delme hızı arasındaki ilişkiyi incelemek için, laboratuvar ve arazi çalışmalarından elde edilen darbeli delme verileri değerlendirilmiştir. Bu amaçla, daha önceki çalışmalarlardan (Akçin vd, 1994; Inyang ve Pitt, 1990; Howarth, 1987 ve Howarth vd, 1986) alınan deney verileri Tablo 1 - 3 'de sırasıyla verilmiştir. Bu araştırmalarda sedimanter, metamorfik ve mağmatik kökenli, basınç dayanımı 35.1 - 464.2 MPa ve çekme dayanımı 2.4 - 30.5 MPa arasında değişen kayaç türleri yer almaktadır.

Alınan bu üç araştırmadaki deney

koşulları birbirinden farklı olduğundan, her çalışmanın verileri kendi içinde değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada, çeşitli araştırmacıların sonuçlarından alınan verilerden, literatürde bulunan diğer gevreklik ölçütleri (B1,B2) ve önerilen gevreklik ölçütü (B3) dikkate alınarak kayaçların gevreklik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan B1, B2 ve B3 gevreklik değerleri ile delme hızları (PR) arasındaki ilişkiler grafiksel olarak incelenmiştir (Şekil 2-4).

B1 ve B2 gevreklik değerleri ile PR arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki görülmez iken (Şekil 2-3), B3 gevreklik değerleri ile PR arasında daha anlamlı korelasyon katsayılı ilişkiler görülmüştür (Şekil 4). Kayaçların delinebilirlik analizlerinde gevrekliğin etkisinin belirlenebilmesi için B3 gevreklik ölçütünün dikkate alınmasının daha sağlıklı sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

Tablo 1. Kayaçların mekanik özellikleri (Akçin vd, 1994)

Kayaç No	Kayaç Tipi	σ_C (MPa)	σ_T (MPa)	PR (cm/dak)	B1	B2	B3
1	Kireçtaşı (Armutcuk)	139.4 ± 10.6	10.33 ± 1.87	22	13.50	0.862	720.0
2	İnce Tn.Kmts. (Armutcuk)	61.7 ± 3.20	4.14 ± 0.35	30	14.90	0.874	127.7
3	Orta Tn. Kmts (Armutcuk)	40.2 ± 2.43	2.29 ± 0.30	34	17.55	0.892	46.0
4	İnce Tn Kmts. (Gelik)	99.2 ± 5.57	7.18 ± 0.28	25	13.82	0.865	356.1
5	İnce Tn.Kmts. (Asma)	105.2 ± 6.86	6.23 ± 0.49	25	16.89	0.888	327.7

σ_C = Tek eksenli basınç dayanımı; σ_T = Çekme dayanımı (Brazilian deneyi); PR = Delme hızı;
B1, B2, B3 = Gevreklilik ölçütleri; Delik çapı = 38 mm

Tablo 2. Kayaçların mekanik özellikleri (Howarth vd, 1986; Howarth, 1987)

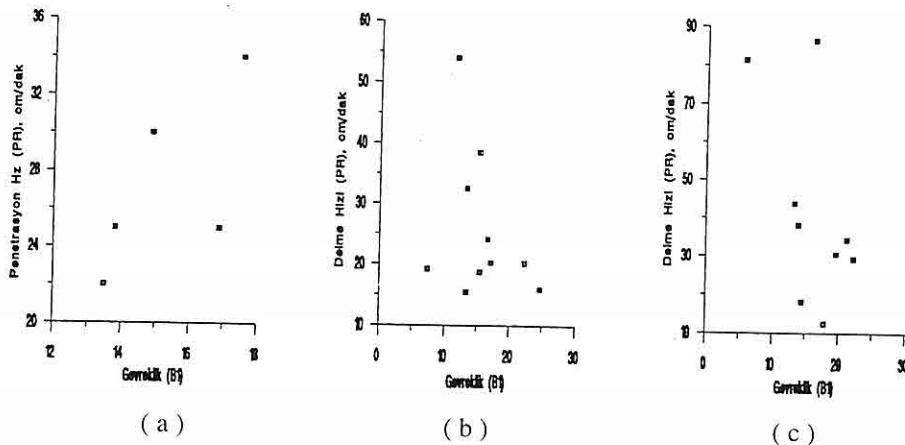
Kayaç No	Kayaç Tipi	σ_C (MPa)	σ_T (MPa)	PR (cm/dak)	B1	B2	B3
1	Gosford Kumtaşı	44.1 ± 6.7	3.3 ± 0.3	32.39	13.4	0.861	72..8
2	Mt.Crosby Kumtaşı	36.6 ± 1.0	2.4 ± 0.1	38.51	15.3	0.877	43.9
3	Helidon Kumtaşı	35.1 ± 1.3	3.0 ± 0.2	53.96	11.7	0.843	52.7
4	Carrara Mermer	93.6 ± 15.3	4.2 ± 1.2	20.15	22.3	0.914	196.6
5	Ulan Mermer	49.9 ± 5.8	3.0 ± 0.5	24.10	16.6	0.887	74.9
6	Beenleigh Hornfels	100.5 ± 26.9	13.5 ± 2.7	19.16	7.4	0.763	678.4
7	Mt.Morrove Bazalt	219.8 ± 94.9	16.4 ± 2.0	15.38	13.4	0.861	1802.4
8	Caboolture Trakit	202.4 ± 41.3	8.2 ± 1.5	15.90	24.7	0.960	829.9
9	Moogerah microsiyenit	137.1 ± 19.0	8.0 ± 1.9	20.20	17.1	0.890	548.4
10	Ashgrove Granit	234.0 ± 18.0	15.2 ± 2.1	18.64	15.4	0.879	1778.4

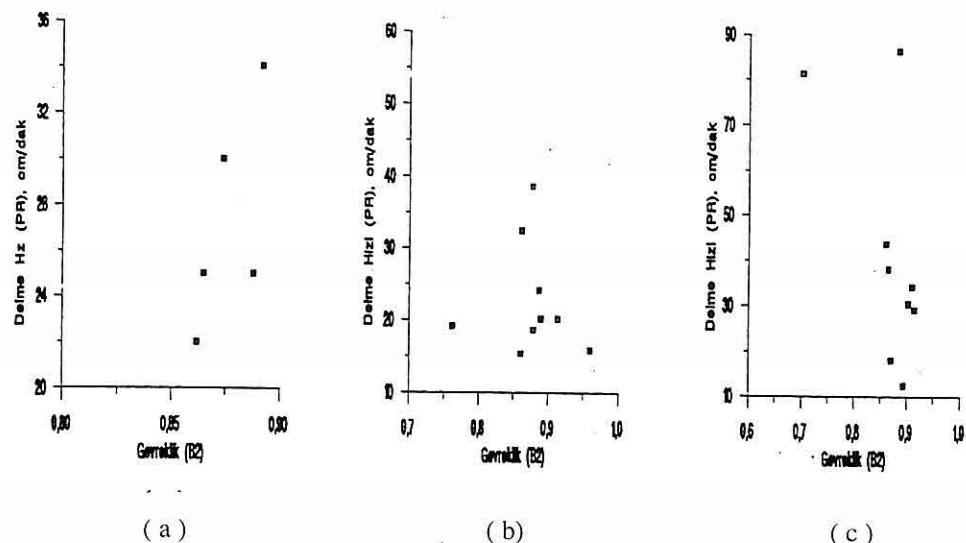
σ_C = Tek eksenli basınç dayanımı; σ_T = Çekme dayanımı (Brazilian testi); PR = Delme hızı;
B1, B2, B3 = Gevreklilik ölçütleri; Delik çapı = 29 mm; Baskı kuvveti (thrust force) = 44 kg

Tablo 3 . Kayaçların mekanik özellikleri (Inyang ve Pitt, 1990)

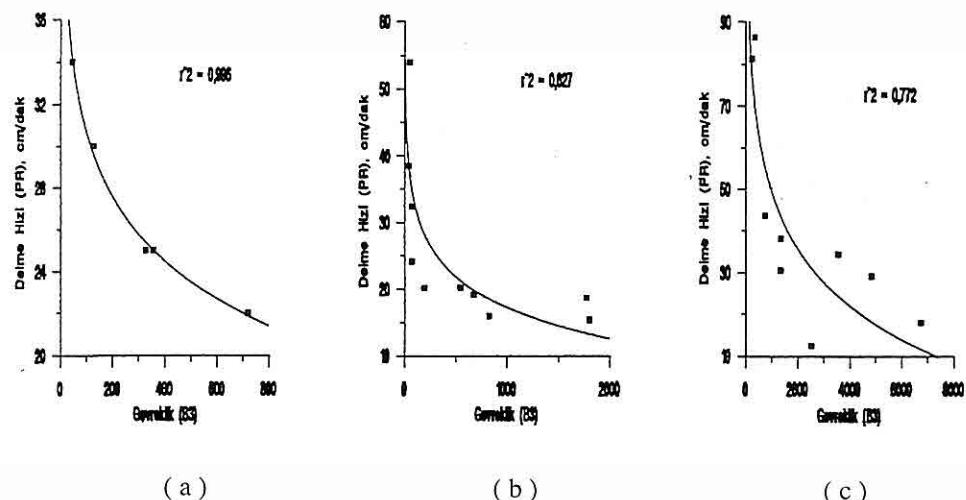
Kayaç No	Kayaç Tipi	σ_C (MPa)	σ_T (MPa)	PR (cm/dak)	B1	B2	B3
1	Mankato						
2	Stone	53	9.3	81.28	5.7	0.701	246.4
	Kasota						
3	Stone	101.6	6.3	86.36	16.1	0.883	348.4
	Rockville						
4	Granit	141.3	10.6	43.69	13.3	0.860	750.0
5	Rainbow						
6	Granit	194	14.0	38.1	13.9	0.865	1358.0
7	Charcoal						
8	Granit	229.6	11.7	30.48	19.6	0.903	1343.2
9	Dresser						
10	Bazalt	306.7	17.1	12.45	17.9	0.894	2622.3
11	Jasper						
12	Kuvarsit	388.7	18.3	34.29	21.2	0.910	3556.6
13	Taconite A	442.4	30.5	18.04	14.5	0.871	6746.6
14	Taconite B	464.2	20.9	29.21	22.2	0.914	4850.9

σ_C = Tek eksenli basınç dayanımı; σ_T = Çekme dayanımı; PR = Delme hızı;
B1, B2, B3 =: Gevreklik ölçütleri; Delik çapı = 38.1 mm; Baskı kuvveti (thrust force) = 90.6 kg

**Şekil 2 .** Gevreklik (B1) ile delme hızı (PR) arasındaki ilişkiler
(Şekil a: Tablo 1, Şekil b . Tablo 2 ve Şekil c : Tablo 3'deki verilerden çizilmiştir)



Şekil 3. Gevreklik (B2) ile delme hızı (PR) arasındaki ilişkiler
(Şekil a: Tablo 1, Şekil b . Tablo 2 ve Şekil c : Tablo 3'deki verilerden çizilmiştir.)



Şekil 4 . Gevreklik (B3) ile delme hızı (PR) arasındaki ilişkiler
(Şekil a: Tablo 1, Şekil b . Tablo 2 ve Şekil c : Tablo 3'deki verilerden çizilmiştir.)

Şekil 2-4'deki a grafikleri Tablo 1, b grafikleri Tablo 2 ve c grafikleri de Tablo 3'deki verilere göre hazırlanmıştır.

B3 gevreklik ölçütleri ile PR arasındaki ilişki denklemleri aşağıda verilmiştir. İlişkilerin korelasyon katsayıları (r); 0.792 ile 0.998 aralığındadır.

$$PR = 185.730 - 45.472 \log(B3), \\ r = -0.998 \quad (4)$$

$$PR = 63.352 - 15.381 \log(B3), \\ r = -0.792 \quad (5)$$

$$PR = 51.238 - 10.278 \log(B3), \\ r = -0.878 \quad (6)$$

4, 5 ve 6 nolu eşitlikler sırasıyla, Şekil 4-a-b-c' deki grafiklere aittir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Aynı B1 gevreklik değerine sahip kayaçların farklı delme hızları göstermeleri, söz konusu bu gevreklik ölçütünün delme hızlarıyla bir ilişkisinin olmadığını diğer bir ifadeyle, gevrekliğin kayaç delinebilirliğine etkisinin bulunmadığını göstermektedir. Aynı şekilde B2 gevreklik değerlerinin de delme hızları ile bir ilişkisinin olmadığı görülmüştür.

B3 gevreklik ölçütünün ise PR değerleriyle, korelasyon katsayıları 0.792 ile 0.998 arasında logaritmik bir ilişkinin varlığı belirlenmiştir. Dolayısıyla, aynı B1 gevreklik değerine sahip fakat farklı B3 gevreklik değeri gösteren kayaçların delme hızlarının birbirleriyle mukayesesinde, B3 değerleri dikkate

alındığında delinebilirlik analizleri daha rahat yapılmaktadır. Kayaç gevrekliğinin delme hızına veya delinebilirliğe etkisi, diğer gevreklik ölçütlerine nazaran önerilen B3 gevreklik ölçütü dikkate alındığında daha güvenilebilir delinebilirlik analizlerinin yapılabileceği görülmüştür.

Böyle bir gevreklik ölçütü (B3) dikkate alındığında, kayacın mekanik mukavemetlerinin gevreklik üzerine etkileri diğer iki gevreklik ölçütüne göre daha rahat anlaşılmakta ve kayaç gevrekliğinin delinebilirlikle ilişkisi daha açık gözlenebilmektedir.

6. KAYNAKLAR

Akçin, N.A., Müftüolu,Y.V., Baş,N., 1994, Prediction of drilling performance for electro-hydrolic percussive drills , Proceedings of Mine Planning and Equipment Selection (Ed,Paşamehmetolu), 483-487.

Becker, H., Lemmes, F., Schommer, M., 1984, Testing of rock mechanics as a basis for improved cutting technology, Glückauf + Translation 120,N.8,122-124.

Birinci, A., Akçin,N.A.,1990, Asma işletmesi yeraltılık delme işlerinde kullanılan burguların performansını etkileyen faktörler, Türkiye 7. Kömür Kongresi,51-64.

Evans,I., Pomeroy,C.D.,1966, The strength, Fracture and workability of coal, Pergamon Press, ss.227.

Göktan R.M., 1988, Kayaç sökülebilirliğinin teorik ve uygulamalı analizi , ITÜ Fen Bil. Enst., (Doktora

- Tezi), ss.108.
- Göktan, R.M., 1992, Kayaç kırılganlık oranının darbeli delme performans analizlerinde kullanılabilirliği, Anadolu Üniv., Müh. Mim. Fak. Dergisi, C. VIII, Sayı 1, 89-99.
- Howarth, D.F., Adamson,W.R., Berdt, J.R., 1986, Correlation of model tunnel Borring and Drilling Machine Performances with rock propertiesî, Int.J.Rock Mech. Min. Sci. ve Geomech. Abstr.V.23,171-175.
- Howarth,D.F.,1987, The effect of pre-existing microcavities on mechanical rock performance in sedimentary and Crystalline rocks, Int. J. Rock Mech. Min.Sci. ve Geomech. Abstr. V.24, N.4, 223-233.
- Hucka, V., Das,B., 1974,'Brittleness determination of rocks by different methods', Int. J.Rock Mech.Min.Sci. & Geomech. Abstr.V.11,389 - 392.
- Inyang, H.I., Pitt, J. M., 1990, Standardization of a percussive drill for measurement of the compressive strength of rocksî, Rock Mech. Contributions and Challenges (Eds., Hustrulid and Johnson), 489-496.
- Inyang.H.I.,1991,' Development of a preliminary rock mass classification scheme for nearsurface excavationî, Int.J.Surface Min. and Reclamation,5,65-74.
- McFeat-Smith,I.,1977, Rock property testing for the assesment of tunnelling machine performance, Tunnels and Tunnelling, March, 23-33.
- Paone, J. ,Madson, D., Bruce,W.,1969 i Drillability studies- laboratory percussive drilling, BuMines RI 7300, 20.
- Reichmuth,R.D.,1968, Point load testing of brittle materials to determine tensile strength and relative brittleness, Proc.9th. Symp. Rock. Mech., Univ. of Colorado,134-159.
- Selmer-Olsen, R., Blindheim.D.T., 1970, On the drillability of rock by percussive drilling, 2nd. Congress of the Int. Socif or rock mech., Belgrade, 65-70.
- Shimdt, R.L.,1972, Drillability studies-percussive drilling in field, BuMines RI 7684,31.
- Shimada, H., Matsui, K., 1994, Prediction of machine performance in mine tunnel drive, Proceedings of mine planning and equipment selection Symp., 509-514.
- Singh, P.S., 1986,'Brittleness and the mechanical wining of coal', Min.Sci. and Tech.,V.3,173-180.
- Tamrock, 1986, Handbook of underground drilling, 2nd Edition, Tampere, Finland, ss.328
- Tandanand,S., Unger, H.F., 1975, Drillability determination - Adrillability index for percussion drills, Bu Mines RI 8073, 20.
- Teale,R.,1965, The concept of specific energy in rock drilling, Int.J.Rock Mech. Min.Sci. ve Geomech. Abstr.V.2,57-73.

**SOME FACTORS INFLUENCING THE GOLD RECOVERY BY OIL
AGGLOMERATION**

Ata AKÇİL

Suleyman Demirel University, Mineral Processing Division, Isparta/Turkey

Ali AKAR

Dokuz Eylül University, Mineral Processing Division, Izmir/Turkey

ABSTRACT: *The aim of study is to investigate the gold recovery possibilities of Izmir/Karşıyaka - Arapdağı epithermal gold deposit by oil agglomeration. On this aim with the samples taken from Arapdağı gold deposit run-of-mine ore stock experimental studies were carried out. In the experimental studies laboratory sub-aeration cell which is designed and reconstructed specially. Oil flotation and oil agglomeration tests showed in figures were compared the concentrate which obtained at the laboratory conditions. Results of laboratory studies showed that gold can be effectively recovered from the Arapdağı ore using a combination of agglomeration and flotation processes. This type of gold ore is most suitable for oil agglomeration. However this process will be easier and cleaner the production of gold ore from the concentrate product obtained by the oil agglomeration.*

**YAĞ AGLOMERASYONU İLE ALTIN KAZANIMINA BAZI
FAKTÖRLERİN ETKİSİ**

ÖZET : *Bu çalışmanın amacı, İzmir/Karşıyaka-Arapdağı epitermal altın yatağının yağı aglomerasyonu ile altın kazanım imkanlarını araştırmaktır. Bu amaçla, Arapdağı altın yatağının tüvenan cevher stogundan alınan örneklerle deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarında, özel olarak yeniden imal edilen laboratuar tipi flotasyon selülü dizayn edilmiştir. Yağ flatosyonu ve yağ aglomerasyon testleri, laboratuar şartlarında yapılarak, elde edilen konsantre şekillerle kıyaslanmaktadır. Laboratuar çalışmalarının sonuçları, aglomerasyon ve flotasyon proseslerinin kombinasyonu kullanılarak, Arapdağı cevherinden altının verimli bir şekilde kazanılabilirliğini göstermiştir. Bu tip altın cevheri yağ aglomerasyonu ile elde edilen konsantre ürünlerden altın cevheri üretimi daha kolay ve daha temiz olacaktır.*

1. INTRODUCTION

Recent developments point to the potential for greatly increased plant performance through a separation process that combines the cyanide and flotation processes. Whether this proves successful in comparison with traditional gold recovery processes remains to be seen, but certainly something needs to be done to attempt to reduce the environmental risks of current small-scale mining and gold recovery.

Up to 80s, cyanide and amalgamation processes were updated in order to maximise gold extraction in most gold recovery plants. After these years, some alternative processes have been investigated on gold deposits located in areas with particular environmental sensitivities.

Oil agglomeration is one of the alternative processes which was applied in 1920. In 80s, it was developed for laboratory scale and pilot scale. The process has been applied successfully on gold recovery in some pilot plants (House, Townsend and Veal, 1988).

Agglomeration is based on spherical agglomeration or oil agglomeration. The principle of spherical agglomeration has been successfully used for the recovery of various minerals. Spherical agglomeration is a wet process in which size enlargement occurs among particles suspended in liquid phase (Puddington & Sparks 1975).

Oil agglomeration has been applied for fractionation of tin containing ore (Meadus, Mykytiuk, Puddington & Mac

Lead, 1966), beneficiation of gold ore (Fernand, Meadus, Goodhue & Puddington, 1969), selective agglomeration and beneficiation of low grade coal (Capes, 1979) (Cheh & Naguyen, 1980), (Demirel & Özdağ, 1977), (Akar, 1981), (Akar, 1983), (Uçbaş, 1991), (Kılınç, 1996) are few examples of the selective agglomeration.

2. EXPERIMENTAL ANALYSES

2.1. Procedure

Laboratory tests were carried out by the laboratory equipments in two steps.

** Flotation and oil flotation tests*

Some parameters (grinding times and collectors) were tested for finding of the optimum grade and recovery on gold flotation. Various oil types and collectors were tested for finding the optimum grade and recovery on oil flotation.

** Oil agglomeration tests*

After the froth flotation and the oil flotation methods, agglomeration tests were done and it is observed that the methods were successfully applied in laboratory scale. In the tests, collectors and oils were examined on optimum conditions. Graphite was taken as an agglomerate. During the tests, surface tension, graphite / oil ratio and agglomerate / ore ratio were examined as important parameters.

2.2. Equipment Used

Tests were carried out in laboratory conditions and various researchers have carried out studies using laboratory equipment. The dried samples were

mixed thoroughly and the required quantity of samples was crushed by jaw and roll crushers. Grinding tests were done by ball mill. Samples were classified by standard Retch sieves.

In the flotation and oil flotation tests, Denver (D - 12) flotation cell with rotation speed control was used. Flotation cell was of 2.0 liter capacity. In all tests IKA - Werk (RW 20 DZM) type conditioner with rotation speed control was used. Hanna type pH meter was used during the all tests. Same flotation conditions and other laboratory equipments were used during the oil agglomeration tests. Moreover, 2 liter capacity - round cornered - flotation cell was used, and cell content was tested without whirlpool during the agglomeration.

Kruss type surface tension instrument was used for the determination of surface tension values of collectors and oils. The results of tests were analysed by wet chemical analysis set and Perkinelmer Atomic Absorption Spectrophotometer (A.A.S.).

2.3. Material Used

In this study, gold sample which was taken from Izmir - Karşıyaka / Arapdağı epithermal gold deposit, weights 500 kg. Ore sample consists of illite, montmorillonit, vermiculite, caolinite as clay minerals and gypsum, barit, pyrite, siliceous gel. Additionally, gold, sphalerite, quartz, galena, chalcopyrite, marcasite, hematite and limonite minerals were found in the sample.

Gold ore grades were assayed from 4 - 15 g Au / t in quartz veins. Results of characterization studies showed the gold liberation size to be 10 - 25 microns.

3. FLOTATION AND OIL

FLOTATION TESTS

Flotation is most suitable for precious metals ore in which the gold is finely divided and closely associated with sulfides. Flotation as preconcentration process can be very simple and compact with relatively low installation costs. This process has still been investigated with other processes.

Oil flotation was confined to the study of different oil types. It was investigated with the variable parameters that the effect of different oil types which was given detailed information.

3.1. Effect of some collectors

The gold was recovered from gangue minerals by different collectors. Four different collectors and their all effects were investigated on gold flotation.

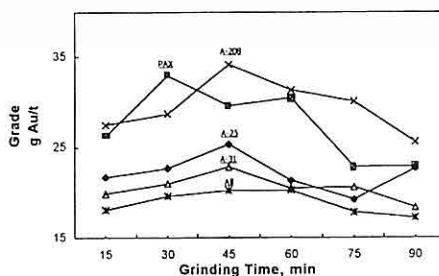


Figure 1. Change of grade of the concentrate depending on optimum conditions

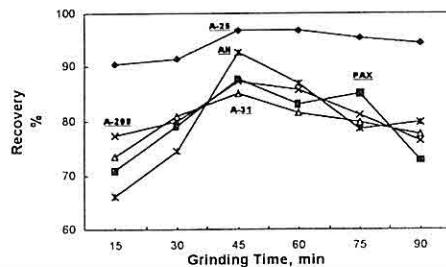


Figure 2. Change of recovery of the concentrate depending on optimum conditions

If we look at the results for all the flotation tests, the grade and recovery of gold follows the same trend. Under the conditions of the flotation tests, Aerofloat - 208 show high grade and recovery in the optimum grinding time (45 min).

Using Aerofloat - 208, optimum concentrate grade and optimum recovery are 34.15 g Au / t and 87.36 % respectively. For the tailing, grade and loss of gold are 1.94 g Au / t and 12.64 % respectively.

3.2. Effect of Surface Tension and Oil Types

Surface tension is responsible for the formation of spherical droplets, the rise of water in a capillary, and the movement of a liquid through a porous solid.

Surface tension changes between 1 dyne / cm and 1000 dyne / cm in the liquids. Surface tension of the organic liquids is between 20 dyne / cm and 40 dyne / cm and surface tension of the inorganic liquids is between 73 dyne / cm and 200 dyne / cm. When the using of

organic materials, surface tension of water is decreased. On the other hand, when the using of inorganic salts, this value is increased. During the oil agglomeration, surface tension was increased by graphite and oils as agglomerates.

Table 1. Surface tensions for reagents and oils

Reagent Type / Mixing	Surface Tension (dyne / cm)
Distilled water	71.25
Kerosene	37.48
Olive oil	34.22
Soya oil	36.55
Com oil	37.08
Aerofloat - 208	50.50
Na_2SiO_3	40.05
Pine oil	45.25
Distilled water + Kerosene + Aerofloat-208 + Na_2SiO_3 + Pine oil	36.85
Distilled water + Olive oil + Aerofloat-208 + Na_2SiO_3 + Pine oil	36.00
Distilled water + Soya oil + Aerofloat-208 + Na_2SiO_3 + Pine oil	36.55
Distilled water + Com oil + Aerofloat-208 + Na_2SiO_3 + Pine oil	37.15

In this method, surface tensions of the reagents and distilled water (20 °C - 25 °C) were measured by Kruss surface tension instrument. Sarkar et al (1976) have concluded that oils with medium surface tension (30 - 35 dyne / cm) and medium viscosity are most effective and that oils with lower and higher surface tensions (and viscosities) are not as effective.

Oil agglomeration provides an attractive process for recovering gold particles in the form of coal or graphite-oil bonded compact spherical pellets. Oil agglomeration can be used for one or more purposes of gold recovery. Preferential wetting of the particles by oils forms the fundamental basis of the oil agglomeration process.

Oil agglomeration, in fine size ranges, gives better recovery than does froth flotation. Thus, higher operating costs for oil agglomeration are offset to a degree by higher recovery. By oil agglomeration, it is possible to treat slurries with much higher solids content than are treatable by froth flotation.

In the laboratory studies, various lignites are used as agglomerates during the oil agglomeration. But graphite was used in this research due to the high carbon content. Prior to tests, several materials were tested to form agglomerates, namely graphite and some types of oils. Graphite was ground to 100 %, - 150 microns for each step and oils (Kerosene-Olive oil-Soya oil-Corn oil) were tested for each step.

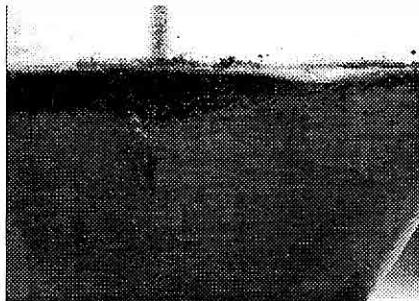


Figure 3. View of oil flotation cell

During the oil agglomeration, agglomerates were prepared in a separate step and further added in the pulp. The oil was distributed over oleophilic / hydrophobic surfaces and particle impact caused inter - particle liquid bridges to form resulting in agglomeration. It was possible to enhance the oleophilicity of

the material to be recovered by the use of different oil types. Oil agglomeration involved the selective recovery of oleophilic gold particles from an aqueous slurry into agglomerates. The agglomerates were allowed to build up to a high gold loading and were then separated from the slurry.

Series of oil flotation tests were carried out to determine the optimum oil type. First, the experiment were carried out at the optimum oil type which were determined to be the suitable test before, were evaluated.

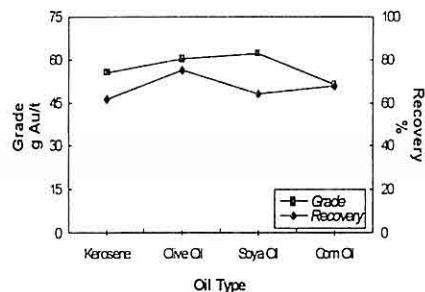


Figure 4. Change of grade and recovery of the concentrate depending on oil types

It is seen from figure 3, the optimum concentrate grade and recovery by using olive oil increased to 60.50 g Au / t and 75.02 %, respectively. For the tailing, grade and loss of gold by using olive oil obtained to 3.18 g Au / t and 24.98 %, respectively.

4. OIL AGGLOMERATION TESTS

4.1. Effect of some oil types

The tests were repeated for different oil

types (Kerosene, Olive oil, Soya oil and Corn oil). The test details, levels of the variables maintained and the samples used for the tests are given below.

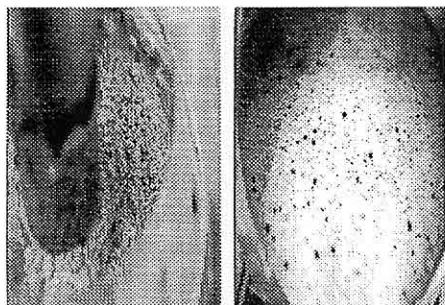


Figure 5-6. Views of agglomerated particles during the oil agglomeration

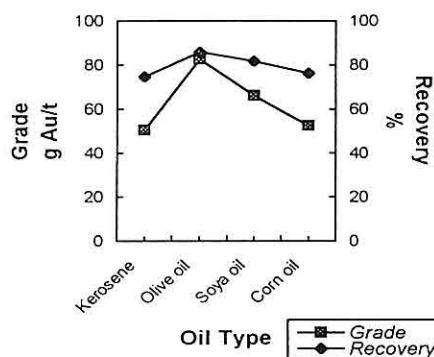


Figure 7. Change of grade and recovery of the concentrate depending on oil types in oil agglomeration

The oil agglomeration tests were carried out at constant conditions (grinding time, pH, collector) and at different oil types.

It is seen from the figure 6, the optimum concentrate grade and recovery

by using olive oil increased to 60.50 g Au / t and 75.02 %, respectively.

For the tailing, grade and loss of gold by using olive oil obtained to 3.18 g Au / t and 24.98 %, respectively. Initial tests were performed to determine how the gold particles were agglomerated by oil and graphite.

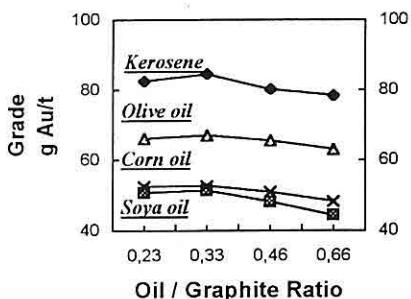


Figure 8. Change of grade of the concentrate depending on oil / graphite ratio

Figure 7 shows the effect of oil / graphite ratio on the oil agglomeration process 10 / 30 = 0.33 ratio was obtained for the gold grade and the gold recovery as the best result of this test.

In this process, the optimum result was reached by olive oil. The 12.45 % of the product having a concentrate grade of 82.55 g Au / t with 85.92 % concentrate recovery was obtained for olive oil. The tailing grade decreased until 1.77 g Au / t and the tailing loss decreased 14.08 % for olive oil.

5. CONCLUSIONS

By the tests done, it was seen that the gold ore was recovered by the flotation oil

flotation and oil agglomeration methods. The optimum conditions were determined for the gold ore to be recovered by these methods.

To determine the optimum grinding time, systematic flotation tests were done with different collectors. The better collector for gold flotation was found as Aerofloat - 208 (Cyanamid). Oil flotation tests were applied for supporting of oil agglomeration tests. Olive oil showed high grade and recovery for gold concentrate.

The tests were repeated for different oil types. Olive oil and graphite were found as an optimum agglomerate. Oil / graphite ratios (0.23 - 0.33 - 0.46 - 0.66) were tested under optimum conditions. And optimum oil / graphite ratio was found as 0.33.

Finally oil agglomeration gives a product that is much easier to handle and transport than the froth flotation product. In this process, the cost of oil is the significant portion of the total operating cost. Therefore, a process that provides an oil recovery step will provide an impetus for faster commercialization.

Oil agglomeration can significantly reduce the amount of refuse from preparation plants, thus lowering disposal costs. Oil agglomeration can provide a free - flowing, nonfreezing and dust - free product. This aspect of oil agglomeration is of particular value when the proportion of fines is high and some treatment is necessary.

6. ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank the OR Mining Corp., Izmir, Turkey for providing financial support and sponsorship of the research.

7. REFERENCES

- Akar, A., Seyrankaya, A. & Akcıl A. 1998. *Gold Recovery by Flotation and Oil Agglomeration. VII. International Mineral Processing Symposium, Istanbul, 515-518.*
- Akar, A. 1981. *Ödemiş- Halıköy Emirli Arsenikli Antimonit Cevherinin Zenginleştirilmesi ve Arsenikten Arındırılması Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 7. Kongresi, Ankara, 239-274.*
- Akar, A. 1983. *Selektif Küresel Aglomerasyon Yöntemi ile Antimonit Cevherinin Zenginleştirilmesi ve Arsenikten Arındırılması. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 8. Kongresi, Ankara.*
- BP Australia Limited. 1984. *Recovery of metal values from mineral ores by incorporation in coal-oil agglomerates, Int. Patent pct/au 84/00071, Australia.*
- Capes, C.E. 1979. *Agglomeration. Coal Preparation (Chap.-10), Leonard, J.W. (Ed.)*
- Cheh, C.H. & Naguyen, Y.V. 1980. *73rd Annual Meet. Of Air Pollution Control Association. Cleaning a Western Canadian Coal by Spherical Agglomeration.*
- Demirel, H. & Özdağ, H. 1977. *Küresel Aglomerasyon Yöntemindeki Gelişmeler. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 5.*

- Kongresi, Ankara.
- Fernand, J.R. & Puddington, I.E. 1969. Oil phase agglomeration of Germanium-bearing vitrain coal in shaly sandstone deposit. *Spherical agglomeration of Can. Inst. Min. Metall. Bull.* 267-271.
- House, I., Townsend, I. & Veal, C. 1988. Coal gold agglomeration. *International Mining*, 17-19.
- Kılınç, E. 1996. İzmir Arapdağı Altın Cevherinin, Kömür - Yağ Aglomerasyon Flotasyon Yöntemi ile Zenginleştirilmesi. Bitirme Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Fak. Maden Müh. Böl. , Bornova / İzmir.
- Meadus, F.W., Mykytiuk, A., Puddington, I.E. and Mac Leod, W.D. 1966. The upgrading of tin ore by continuous agglomeration. *Can. Inst. Min. Met. Bull.*, 59, 968-970.
- Puddington, I.E. & Sparks, B.D. 1975. Spherical agglomeration process. *Mineral Sci., Eng.*, 7, 282-288.
- Sarkar, G. G. Et al. 1976. Demineralization of coals by oil agglomeration. Part I : Studies on the applicability of the oil agglomeration technique to varous coal beneficiation problems, *Pellets and Granules Symposium*.
- Ucbaş, Y. 1991. Manyezit Cevherinin Yağ Aglomerasyonu Yöntemi ile Zenginleştirilmesi, Doktora Tezi (Ph. D. Thesis), Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Seyitoğlu, G. ve Şen, § (1999) in "Discussion on Akgün, F. and Akyol, E., 1999,
**Palynostratigraphy of the coal bearing Neogene deposits in Büyük Menderes
graben, Western Anatolia.** Geobios, 32, 6, 915." başlıklı yazısına yanıt.

Erol AKYOL ve Funda AKGÜN
D.E.Ü., Jeoloji Müh. Bölümü, İzmir/Türkiye

Seyitoğlu ve Şen'in karşı görüşlerine yanıt vermeden önce Benda (1971 a,b) tarafından yaratılmış ve adlanmış Eskihisar ve Yeni Eskihisar polen toplulukları hakkında eleştirilerimize yer vermek gereklidir:

Yazara göre Eskihisar topluluğu, oldukça yüksek yüzdeli *Quercoidites henrici-microhenrici*, asper grup, *Alnipollenites verus*, *Picea* ve *haploxylon* tip *Pinus* içerir. Aynı zamanda yüksek yüzdelerde *Engelhardtioipollenites coryphaeus*, *myricoides-bituitius-rurensis* grup, *Castanea*, *villensis* tip, *Caprifoliipites microreticulatus*, *Cyrillaceaeipollenites megaexactus*, *C. exactus*, *Gramineae*, *Cyperaceae*, *Chenopodiaceae* içerir ve *Nyssa* ile *Liquidambar* yer yer boldur. Benda ve Meulenkamp (1990), bu topluluğun 19-20 ila 14-15 my. yaşında olduğunu ve bunun Üst Burdigaliyen - Alt Serravaliyen aralığına karşı geldiğini belirtirler.

Benda böylece Anadolu'da birçok Orta Miyosen (Serravaliyen) yaşlı kömür havzalarının sunduğu pollinik spektrayı tanımlamıştır. Örneğin Batı Anadolu'da Soma km 1-2 kömür damarına (Akgün ve diğ., 1986), aynı havzada kp1 kömür damarına (Akgün, 1993), Yatağan'a (Nakoman, 1967), Bigadiç, Kestelek, Emet ve Kırka alt topluluklarına (Akyol ve Akgün, 1990), Çitak-Akhisar'a (Akgün ve Akyol, 1987) ve Tire-Izmir'e (Gemici ve diğ., 1992), Büyük Menderes vadisi içinde, Söke'ye, Şahinalı'ye, Kuloğulları'na, İncirliova'ya, Köşk-Başçayır'a, Köşk-Kızılçayer'e ve Nazilli-Hasköy alt topluluğuna ait pollinik spektralar incelendiğinde, bazlarının *Laevigatosporites haardti*, *simpliformis-labraferus* grup, *Caryapollenites simplex*, *Intratriporopollenites instructus*, *Ulmipollenites undulosus*, *Polyporopollenites stellatus*, *Carpinipites carpinoides*, (*Tricolpopollenites densus*, *T. liblarensis*, *Tricolporopollenites pacatus*, *T. porasper*) *Sapotaceidaepollenites obscurus*, *S. manifestus* ve *Inaperturapollenites emmaensis* dışında inaperturat polen de içerdikleri gözlenir.

Bir örnek Serravaliyen başına ait ise, *Punctatisporites*, *Baculatisporites primarius*, *Leiotriletes microadriennis*, *Cingulatisporites macrospeciosus*, *Lusatissporites*, *Punctatosporites*, *Gleicheniidites*, *Verrucatosporites scutulum* ve *Corsinipollenites oculus noctis* gibi türlerden bazılarını çok düşük yüzdelerde (% 1 civarı) içerir. Bu Başçayır ve Kuloğulları'ndaki durumdur (Makalemizde Şek. 6 ve 7). Bu listeye, Batı Anadolu'nun aynı yaşlı diğer örneklerine bakarak *Leiotriletes neddeni* ve *L. sinuosus* türleri de eklenebilir. Bu cins ve türlerin sayısı, Köşk-Kızılçayer (alt damar), Nazilli-Hasköy (alt damar), Şahinalı, Söke ve İncirliova'da (Makalemizde Şek. 6,7 ve 8)

göründüğü gibi, Serravaliyen ortalarına doğru azalır. Serravaliyen sonunda *Pityosporites (silvestris tip)*, Gramineae ve Chenopodiaceae, çok düşük yüzdelerle (%1 civarı) ortaya çıkar.

O halde Serravaliyen'in palinolojik özellikleri, düşey dağılımı geniş mezofil formlar içermesi, tabanında, çok düşük yüzdeli, Oligosen'de daha bol bulunan bazı spor ve polenleri sunması ve bunların Serravaliyen sonuna doğru yerlerini aynı düşük yüzdelerle Pliyosen'in habercisi formlara bırakmalarıdır.

Erken Miyosen yaşlı bir örnek, yukarıda sıraladığımız Erken Serravaliyen formları yanısıra, *Leiotriletes adriennis*, *Verrucatosporites favus*, *V. alienus* gibi sporlar ile *Inaperturapollenites emmaensis*, *Monocolpopollenites areolatus*, *Dicolpopollenites kalewensis*, *Subtritoropollenites anulatus /nanus*. gibi polenler içerir. Oligosen'de bol olan bu spor ve polenler, geniş düşey dağılımlı mezofil formlara, düşükçe yüzdelerle katılırlar.

Eskihisar topluluğu, o halde alt kesimde Geç Burdigaliyen ve Langiyen'i örtemez ve üst sınırının da Serravaliyen sonuna kadar yükseltilmesi gereklidir.

Diğer yandan Benda, Yeni Eskihisar topluluğunu tanımlayarak aşağıdaki özellikleri sunduğunu belirtir:

Triplanosporites sinuosus, *Cicatricosisporites dorogensis*, *Leiotriletes neddeni* ve *Corrugatisporites solidus* gibi Eskihisar topluluğunda gözlenen sporlar ortadan kalkar.

Asper tip ve *Quercoidites microhenrici* boldur, ancak ilk tür ikincisinden daha fazla oranda görülür.

Monocolpopollenites areolatus, *Polyporopollenites undulosus* ve Gramineae boldur.

Pinus silvestris tip ortaya çıkar ve *haploxyylon / silvestris tip* oranı % 8-10 / 1 dolayındadır.

Benda ve Meulenkamp (1990) bu topluluğu 14.8 ile 11.1 my. arasında (s.3 ve lev. 1) yaşlandırmıştır. Bu Orta Serravaliyen başı – Tortoniyen başı arasına karşılık gelir. Fakat metin içinde (s.5) Serravaliyen sonu – Tortoniyen başından (latest Serravalian – earliest Tortonian) sözederler.

Bize göre Benda, bu toplulukta Köşk-Kızılcayer (üst damar), Nazilli-Hasköy (üst damar) ve Sarıköy-Sazak'ta (Makalemizde Şek. 7 ve 8) görülen, Serravliyen sonu – Erken Tortoniyen yaşlı kömür örneklerini simgelemek istemiştir. Çünkü Serravaliyen sonunda iklim değişimeye başlar ve böylece, sayıları Pliyosen ortalarına doğru gittikçe artan kurak elemanlar, çok düşük miktarda ortaya çıkar. Buna bağlı olarak Türkiye'de kömür oluşumu, Tortoniyen'den itibaren büyük ölçüde azalır.

Bu topluluğun özellikleri de eleştirilmeye layıktır:

Avrupa'da Erken ve Orta Oligosen'de bulunan (Krutzsch, 1957 ve 1967; Nickel, 1996), Türkiye'de Eosen kömürlerinde bol olan (Nakoman, 1966; Akyol, 1980) *Cicatricosisporites dorogensis*, ne Trakya Oligosen'inde (Nakoman, 1964;

Corsin ve Nakoman, 1967; Akyol, 1971; Batı, 1996), ne de Kale-Denizli molásında (Akgün ve Sözbilir, baskında) hiç görülmemiştir. O halde onu daha genç tortullar içinde bulmak olanaksızdır.

Asper tipi ve *Quercoidites microhenrici* ve *Polyporopollenites undulosus* türlerinin gerçek ve göreceli bolluklarının, Türkiye Tersiyer kömürlerinde hiçbir önemi yoktur. Bunlar daima yan (aksiyon) tiplerdir ve bollukları bir kömür damarı içinde bile, aşağıdan yukarıya doğru değişebilir.

Monocolpopollenites areolatus Eosen ve Oligosen'in bir yan türüdür. Onu Erken Miyosen'de bulabilmek çok zordur ve daha sonra sıfırlanır.

Gramineae (kurak iklim formu), Serravaliyen'in sonunda çok az miktarda ortaya çıkar ve Tortoniyen başından itibaren yavaş yavaş artmaya başlar. Bu düzeyde bol bulunamazlar. Bu sayıca artış Pliyosen'e doğru ve Pliyosen boyunca, gittikçe kuvvetlenerek gerçekleşecektir. Gramineae türlerine eşlik eden diğer kuraklık formlar arasında Chenopodiaceae, Compositae ve Umbelliferae anımlmalıdır.

Şimdi Seyitoğlu ve Şen'in eleştirilerini tartısalım:

Yazarlar birinci topluluğumuzu Eskihisar, ikinci topluluğumuzu da Yeni Eskihisar toplulukları ile eşdeğer kabul ettiğimizi iddia etmektedirler. Yukarıda bu iddianın kabul edilebilir olmadığını gösteren tüm ayrıntıları açıkladık. Burada bir kez daha belirtelim ki, Benda ve Meulenkamp (1990) Yeni Eskihisar topluluğu için iki yaş önermişlerdir.

Birincisi Orta Serravaliyen – Tortoniyen başı, ikincisi ise Serravaliyen sonu – Tortoniyen başı. İkinci öneriyi gözönüne alarak eşdeğerliği, bu topluluğun palinolojik özellikleri hakkında yaptığımız eleştirileri de gözönünde tutarak kabul ediyoruz.

Makalemizin 2 numaralı şeklinde Büyük Menderes grabeninin basitleştirilmiş jeolojik haritası ve örnek alım yerlerindeki stratigrafik dikme kesitler verilmiştir. Bu dikme kesitler tarafımızdan oluşturulmadığı için referansları belirtilmiştir. Yazarlar bunların Sözbilir ve Emre (1990)'a uyarlanması önermektedirler. Türkiye Neojen'indeki gibi çok geniş alanlara yayılan karasal tortullar arasında korelasyon yapmak çok güçtür. Aynı güçlük, Büyük Menderes vadisinde, değişik noktalar arasında da vardır. Korelasyon yapmak için stratigrafik ve özellikle de paleontolojik bulgular gereklidir. Yazarların bu önerisini doğru bulmuyoruz. Biz incelediğimiz kömürlü düzeyler arasında palinolojik korelasyon yaptık. Dikme kesitler arasında korelasyon yapmayı, araştırmacılara bırakıyoruz.

Örneklerimizin yüzde değerleri sayısal olarak makalemizde yer almazı. Çünkü Geobios onları yayınlamak istemedi.

Seyitoğlu ve Şen, aynı zamanda, elde ettiğimiz sonuçların memeli biyostratigrafisi, denizel tortullarla stratigrafik karşılaştırma ve izotopik yaş tayinleri ile doğrulayamadığını iddia etmektedirler:

Bati Anadolu'da, birinci

topluluğumuzla aynı özelliklerini sunan birçok kömür havzası vardır. Bu havzalarda, pek ender olarak memeli fosilleri bulunur. Akçaşehir (Tire-İzmir) bunlardan biridir. Bu havza kömürleri, makalemiz yazarlarının biri tarafından (Gemici, Akgün ve Yılmazer, 1992) Orta Miyosen olarak yaşılandırılmıştır. Becker-Platen ve diğ. (1975) *Dinotherium* sp., *Gomphotherium* sp., *Anchitherium* sp., Rhinoceratidae sp., Artiodactyla sp., Kaya (1987) ise *Anchitherium aurelianense*, *Aceratherium tetradactylum* varlığı ile aynı yaşı vermişlerdir. Kaya bize sözlü olarak, örneklerin kömür damarı içinden elde edildiğini belirtmiştir.

Memeli fosilleri içeren diğer bir havza Eskihisar (Yatağan-Muğla) havzasıdır. Burada Turgut ve Sekköy birimleri, birbirlerini uyumlu olarak izlerler. Her iki birim, kömür damarı veya damarcıkları içerir. Gemici ve diğ. (1990) kömürlerden birinci topluluğumuzu elde etmişlerdir. Sarıçay-Milas'ta Turgut biriminden, Yenieskihisar-Yatağan ve Çatakbağyaka-Yerkesik'te Sekköy biriminden elde edilen memeliler de Orta Miyosen yaşını verir (Atalay, 1980). Kayada (baskıda) Kultak (Ören-Milas) lokalitesinde Turgut biriminden aldığı memelilerle Orta Miyosen yaşını vermektedir.

Batı Anadolu'da, ikinci topluluğumuzun yaşını memelilerle denetleyebileceğimiz herhangi bir lokasyon yoktur. Fakat Düzyayla'da (Hafik-Sivas), ikinci topluluğumuzla aynı özellikler sunan paleomikroflora ile kömür damarından toplanan memeliler

arasında çok güzel bir paralellik vardır (Akgün, Kaya, Forsten ve Atalay, baskıda).

Bununla birlikte, Batı Anadolu'da, bazı havzalarda yapılan mikromemeli incelemeleri, palinoloji ile uyumlu sonuçlar vermemiştir. Örneğin Ünay ve Göktaş (1999), Söke-Aydın'da MN4 zonunun (Erken Miyosen sonu), Kınık, Gördes-Akhisar'da (baskıda) MN2 veya MN3 zonunun varlığını bildirmiştir. Mikromemeliler ve palinoloji ile elde edilen yaşlar arasındaki uyumsuzluk, Türkiye'nin diğer Miyosen havzalarında da vardır; Inci ve diğ (1988) Beypazarı-Ankara havzasında Hırka birimi linyitlerinde birinci topluluğumuzu bulmuşlardır. Whateley ve Tuncalı (1995) aynı lokasyonda, aynı sonuca dechinirler. Fakat Türkecan ve diğ. (1991) Bolu ve Çerkeş-Çankırı'da yeralan Hırka biriminde buldukları mikromemelilerin listesini vererek (s. 86), Erken Miyosen yaşını belirlemiştir.

Türkiye'de mikromemeli incelemelerinin geçmişi kısadır. Dolayısıyla araştırmacının, henüz Türkiye için geçerli olabilecek bir biyostratigrafi ortaya koyabildiklerini zannetmiyoruz. Bu amacı gerçekleştirmek için yapılan incelemelerde, bazı hataların da yapıldığı görülmektedir. Örneğin Çandır, Kalecik-Çankırı'da Tekkaya ve diğ. 1975 (burada Ünay, E. dördüncü yazardır) Orta Miyosen yaşı bir memeli listesi ile bir pollinik spektra vermişlerdir (s. 78). Fakat Ünay bir yıl sonra, aynı lokalitede yaptıkları çalışmada, "Alloptox" mikromemeli cinsinin yaşını tartışmak

için, aynı memeli listesinin (s.178), hiçbir referans vermeden Tortoniyen yaşı olduğunu iddia etmiştir (Ünay ve Şen, 1976).

Batı Anadolu Neojen'i karasaldır. O halde, aynı yaşı denizel tortullarla karşılaşlaştıramazlar. Fakat Menderes Masifi'nin GD'sunda molâs havzaları bulunmaktadır. Bu havzalarda karasal Neojen, molâs birimleri üzerinde uyumsuzdur. Örneğin Denizli çevresinde, tabanda Turgut birimi bulunan Neojen, Burdigaliyen kireçtaşları üzerine uyumsuz olarak oturmuştur (Becker-Platen, 1970 ve 1971). Gökçen, 1982 ve Hakyemez, 1989'e göre, Kale-Denizli havzasında, Neojen tabanında Sekköy birimi bulunmaktadır ve bu birim, birbiri ile yanal ve geçişli olan ve denizel olanın (Kale birimi) Burdigaliyen yaşı foraminifer, gastropod, lamellibrans ve mercan içeriği, Kale-Künar birimlerini uyumsuzlukla örter. Akgün ve Sözbilir (baskıda), palinolojik yolla Mortuma birimini Şattiyen ve Yenidere birimini de Akitaniyen olarak yaşlandırmışlardır. Ayrıca Kale-Künar birimlerinin, Yenidere birimini uyumlu olarak üzerlediğini ve Sekköy birimi ile başlayan Neojen'in, tüm bu birimler üzerinde uyumsuz olduğunu belirtirler.

GB Anadolu molâs havzaları, molâsının denizel Miyosen'i ile Neojen'in karasal Miyosen'i arasında göreceli stratigrafik verilerin elde edilebileceği özel havzalarıdır. Neojen, bize göre Orta Miyosen ile başlar. Çünkü uyumsuzluk yüzeyinin biraz üstünde, bizim birinci topluluğumuzu veya Benda'nın Eskihisar

topluluğunu içeren kömür damarı veya damarcıkları bulunmaktadır. Bu Neojen, Burdigaliyen üzerinde uyumsuz bulunmaktadır. O halde Eskihisar topluluğu, Erken Miyosen'i de örtemez, Orta Miyosen yaşıdır.

Izotopik yaşı tayinleri, palinolojik yaşı tayinleri ile kesin uyumsuzdur. Bunun en iyi örneği makalemizde yer almıştır; Birinci topluluğumuzun varlığını saptadığımız Kuloğulları'nda, Becker-Platen ve diğ. 1977, 21.1 ± 0.4 my. saptamışlardır.

Izotopik analizler, genelde sağlıklı sonuçlar vermektektir. Bu konuda mükemmel bir örnek Becker-Platen ve diğ. 1977 içinde bulunmaktadır. Bu makalede, iki birimin stratigrafik durumlarına rağmen, Turgut biriminden $8.85 \pm 0.3 - 9.3 \pm 0.25$ my., Sekköy biriminden 17.3 ± 0.4 my. yaşıları elde edilmiştir (s. 156). K-Ar analizleri ile sağlıklı sonuca ulaşabilmek için, analiz sayısını çoğaltmak ve ortalamasını almak gereklidir.

Seyitoğlu ve Şen Çitak-Akhisar havzası kömürlerinin yaşına da degenmişler ve K-Ar yöntemi ile izotopik yaşı tayini yapılan merkez volkanitlerinin (Seyitoğlu ve diğ. 1994) ve lökogranit dayının (Seyitoğlu ve diğ. 1992; Seyitoğlu ve diğ. 1994) yaşlarını hatırlatmışlardır.

Bu iki makalenin birinci yazarı olan Seyitoğlu'na iki sorumuz bulunmaktadır:

1. K-Ar yöntemini, merkez volkanitleri ve lökogranit dayından kaçar örnek üzerinde uyguladınız ?
2. Aynı kayaçlardan yeni örnek alınırsa, aynı sonuçların elde edileceğine

kendileri inanıyorlar mı?

Hatta Seyitoğlu'na, "Seyitoğlu, Benda ve Scott, 1994" makalesinde yeralan pollinik spektralar hakkında bir üçüncü sorumuz daha bulunmaktadır. Bu makalede 7 örneğe ait pollinik spektra (s.140-141) verilmiştir ve *Osmunda* grup, *neddini* grup ve *pseudomaximus* tip sporlar, %1 düzeyindedir. Bu kadar düşük yüzdeli sporlara büyük bir önem atfedilerek Eskihisar topluluğunun alt sınırı Miyosen tabanına çekilmiştir. Ancak *Pinus silvestris* grup, *Cedrus* tip ve *Gramineae* polenlerinin de aynı yüzdelerle varoldukları gözlenmektedir. Bu düşük yüzdeli polenlerin varlığına aynı önemi verip, bu topluluğun üst sınırı niçin Miyosen sonuna yazarlarca yükseltilmemiştir?

Seyitoğlu ve Şen'e bize birinci ve ikinci topluluklarımızın palinolojik özellikleri hakkında daha ayrıntılı bilgi verme ve Benda'nın kriterlerini eleştirmeye fırsatı yarattıkları için teşekkür ederiz. Fakat eleştrilerinin sonunda okuyucuya verdikleri öğüt hakkında düşüncemizi "araştırcıların kendi kararlarını kendilerinin vermesi gerektiğine inanıyoruz" şeklinde belirtiyoruz.

KAYNAKLAR

Akgün, F., 1993, Palynological age revision of the Neogene Soma coal basin. *Bull. Geol. Soc. Greece*, Vol. XXVIII/3, 151-170.

Akgün, F. ve Akyol, E., 1987,- Palynological investigations Akhisar (Çitak) lignite. *Bull. Geol. Soc. Turkey* 30, 35-50.

Akgün, F. ve Sözbilir, H. - A palynostratigraphic approach to the SW Anatolian molasse basin: Kale-Tavas molasse and Denizli molasse. *Geodinamica Acta*. (baskıda).

Akgün F., Alişan C. ve Akyol E. 1986 , Soma Neojen stratigrafisine palinolojik bir yaklaşım. *Türkiye Jeol. Kur. Bült.* , 29, 13-25.

Akgün, F., Kaya, T., Forsten, A. & Atalay, Z., Biostratigraphic data (Mammalia-Palynology) for the Late Miocene Incesu Formation in Düzce (Hafik-Sivas). *Turkish Jour. Earth Sci.* (baskıda).

Akyol, E., 1971, Microflore de l'Oligocène inférieur recoltée dans un sondage près d'Avcıkoru, Şile - İstanbul Pollen Spores XIII, 1, 117 -133.

Akyol, E., 1980, Etude palynologique de l'Eocène de Bayat (Corum-Turquie) et essai de corrélation entre Karakaya et Emirşah. *Bull. Min. Res. Exp. Inst. Turkey* 91, 39-53.

Akyol, E. ve Akgün, F., 1990,- Palynology and correlation of the borate bearing Neogene sediments in Bigadiç, Kestelek, Emet and Kirka region, Northwestern Anatolia. *Bull. Min. Research Expl.* 111, 165-173 .

Atalay, Z., 1980, Stratigraphy of Continental Neogene in the region of Muğla-Yatağan, Turkey. *Bull. Geo. Soc. Turkey*, 23, 1, 93-99.

Bati, Z., 1996, Palynostratigraphy and coal petrography of the Upper Oligocene lignites of the Northern Thrace basin, NW Turkey. The Middle East Technical Univ., Ph. D Thesis, 341 p.

- (yayınlanmamış).
- Becker - Platen, J.D. 1970, *Lithostratigraphische Untersuchungen im Känozoikum Südwest-Anatoliens (Türkei)*. Beih. Geol. Jb., 97, 244 p.
- Becker - Platen, J.D. 1971, *Stratigraphic division of the Neogene and oldest Pleistocene in Southwest Anatolia*. Newsł. Stratigr., 1 (3), 19-22.
- Becker - Platen, J. D., Benda, L. & Steffens, P., 1977, *Litho- und biostratigraphische Deutung radiometrischer Altersbestimmungen aus dem Jungtertiär der Türkei (Känozoikum und Braunkohlen der Türkei. 18.)*. Geol. Jb., B 25, 139-167.
- Becker - Platen J. D., Sickenberg, O &, Tobien, H., 1975, *Vertebraten - Lokalfaunen der Türkei und ihre Altersstellung*. In: Sickenberg, O. : die Gliederung des höheren Jungtertiärs und Altquartärs in der Türkei nach Vertebraten und Ihre Bedeutung für die internationale Neogen-Stratigraphie. Geol. Jb., B15, 47-100.
- Benda , L., 1971 a, *Principles of the palynologic subdivision of the Turkish (Känozoikum und Braunkohlen der Türkei. 3.)* Newsł. Stratigr. 1(3), 23-26.
- Benda, L., 1971 b, *Grundzüge einer pollen analytischen Gleiederung des türkischen Jungetertiars (Känozoikum und Braunkohlen der Türkei. 4.).* Beih. Geol. Jb. 113, 46 p..
- Benda, L. & Meulenkamp, J. E., 1990 , *Biostratigraphic correlations in the Eastern Mediterranean Neogene 9. Sporomorph associations and event stratigraphy the Eastern Mediterranean*.
- Newsł. Stratigr. 23 (1), 1-10.
- Corsin, P.M. & Nakoman, E., 1967 , *Contribution à l'étude palynologique des formations tertiaires du Bassin de Thrace II-Etude quantitative*. Ann. Soc. Geol. Nord. LXXXVII, 1, 39-53.
- Gemici, Y., Akgün, F. and Yilmazer, Ç., 1992 , *Macro and micro fossil flora of the Akçaşehir (Tire-İzmir) Néogène basin*. Doğa Türk Jour. Botany, 16, 383-393.
- Gemici, Y., Akyol, E., Akgün, F. & Seçmen, Ö., 1990, *Macro et microflore fossile du bassin Néogène d' Eskihisar (Yatağan -Muğla) .* Jour. Faculty Science Ege Uni., B, 12, 1, 29-41.
- Gökçen, N., 1982, *Denizli ve Muğla çevresi Neojen istifinin Ostrakod Biostratigrafisi, Yerbilimleri (H. Ü. Yerbilimleri Enst. Bült.).* 9, 111-131.
- Hakyemez, H.I., 1989, *Kale-Kurbanık (Güney Batı Denizli) Bölgesindeki Senozoyik yaşı Çökel Kayaların Jeolojisi ve Stratigrafisi*. Maden Tekt. Arama Derg., 109, 9-21.
- Inci, U., Helvacı, C. & Yağmurlu, F., 1988, *Stratigraphy of Beypazarı Neogene Basin, Central Anatolia, Turkey*. Newsł. Stratigr., 18 (3), 165-182.
- Kaya, T., 1987, *Middle Miocene Anchitherium and Aceratherium found in Tire (İzmir)*. Jour. Fac. Sci. Ege Uni., B, 9, 11-16.
- Kaya, T., *A new middle Miocene Mammalian fauna from Kultak (Muğla-Ören)*. Turkish Jour. Earth Sci., (baskida)
- Krutzsch, W., 1957, *Sporen-und Pollengruppen aus der Oberkreide und*

- dem Tertiär Mitteleuropas und ihre stratigraphische Verteilung. *Z. Angew. Geol.*, 3, H. 11/12, 509-548.
- Krutzsch, W., 1967, *Atlas der mittel- und jungtertiären dispersen Sporen- und Pollen sowie der Mikroplanktonformen des nördlichen Mitteleuropas, Lief. 4 u. 5. Weitere azonotrilete (apiculate, murornate), zonotrilete, monolete und alete Sporenformen.* 232p.
- Nakoman, E., 1964, *Etude Palynologique de Quelques Echantillons de Lignite provenant du Bassin de Thrace (Turquie).* Lille Ann. Soc. Geol. Nord, LXXIV, 289-302 p.
- Nakoman, E., 1966, *Contribution à l'étude palynologique des formations tertiaires du bassin de Thrace. I. Etude qualitative.* Ann. Soc. Geol. Nord. LXXXIV, 65-107.
- Nakoman, E., 1967, *Microflore des dépôts Tertiaires du Sud -Ouest de l'Anatolie. Pollen Spores*, IX, 1, 121 -142.
- Nickel, B., 1996, *Palynofazies und Palynostratigraphie der Pechelbronn Schichten im nördlichen oberrhein talgraben. Palaeontographica, Abt. B,* 240, 1-151.
- Seyitoğlu, G. ve Scott, B., 1992, *The age of the Büyük Menderes graben (west Turkey) and its tectonic implications:* *Geol. Mag.*, 129 (2), 239 - 242.
- Seyitoğlu, G., Benda, L. & Scott, B., 1994, *Neogene palynological and isotopic age data from Gördes basin, West Turkey.* *Newsl. Stratigr.*, 31 (3), 133-142.
- Sözbilir, H. ve Emre, T., 1990, *Neogene stratigraphy and tectonics of the northern rim of the Büyük Menderes Graben.* *Int. Earth Sci. Cong. Aegean Reg., Izmir, Proceedings II*, 314 - 322.
- Tekkaya, I., Atalay, Z., Gürbüz, M., Ünay, E. and Ermumcu, M., 1975 *Biostratigraphical research of the continental Neogene of the Çankırı-Kalecik region.* *Bull. Min. Res. Exp. Inst. Turkey*, 18, 77-80.
- Türkecan, A., Dincel, A., Hepşen, N., Papak, I., Akbaş, B., Sevin, M., Özgür, I.B., Bedi, I., Mutlu, G., Sevin, D., Ünay, E., Saracoğlu, G. and Karataş S., 1991, *Stratigraphy and petrology of the Neogene volcanics between, Bolu and Çankırı (Köroğlu Mountains).* *Bull. Geol. Cong. Turkey*, 6, 85-103.
- Ünay, E. & Göktas, F., 1999, *Late Early Miocene and Quaternary small mammals in the surroundings of Söke (Aydın). Preliminary results.* *Geol. Bull. Turkey*, 42, 2, 99-113.
- Ünay, E. ve Göktas, F., *Kınık (Gördes) çevresindeki Erken Miyosen yaşı linyitli çökellerin küçük memeli biyokronolojisi: ön sonuçlar.* *Türkiye Jeoloji Bülteni*, (baskıda).
- Ünay, E. ve Şen, Ş., 1976, *Anadolu Tortoniyen'inde yeni bir Alloptox (Lagomorpha, Mammalia) türü.* *Mad. Tetk. Ara. Enst. Derg.*, 85, 178-182.
- Whateley, M.K.G. and Tuncali, E., 1995, *Origin and distribution of sulphur in the Neogene Beypazarı Lignite Basin, Central Anatolia, Turkey.* *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 82, 307-323.

GEO SOUND / YERBİLİMLERİ

YAZIM KURALLARI

Yerbilimleri / Geosound, yerbilimleri dalında teorik veya araştırma sonuçlarını içeren ve özgün sonuçları olan Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca makaleleri kabul eder. Dergide ayrıca tanınmış bilim adamlarının güncel yenilikleri içeren tercüme yazılarına da yer verilebilir.

Makalelerin Türkçe olanlarına İngilizce, yabancı dillerde olanlarına da Türkçe özetler konulmalıdır. Makaleler şekil, çizelge veya tablo, fotoğraflı levhalar dahil 6 sayfayı geçemez. Ancak yazarları tarafından ısrar edilen ve kısaltılamayacak makaleler her yıl sayfa başına tesbit edilen katkı payı miktari kadar ödeme yapılarak yayınlanabilir. Yazilar A4 ebadındaki kağıtların bir yüzüne çevresine 2.5 cm boşluk bırakılarak yazılmalı, harita, kesit ve levhalar da aynı boyutta hazırlanmalıdır. Yazilar Macintosh bilgisayarda herhangi bir program dilinde hazırlanarak makale ekinde yazı disketi ile verilmelidir. Macintosh imkanı olmayan yazarlar ücret ödeyerek yazılarını yayın sekreterliğine yazdırabilirler.

Makaleler Türkçe başlık; Yazar adı soyadı ve kısa adresi; Özeti; İngilizce başlık; Abstract; Giriş; Bölümler ve alt bölümler; Sonuçlar veya Tartışmalar ve sonuçlar; Teşekkür; Kaynaklar şeklinde olmalı, ayrıca Bölümler ve Alt Bölümler 1., 1.1., 2., 2.1., vs. şeklinde numaralanmalıdır.

Kaynaklara metin içerisinde yazar soyadı ve tarih sırasıyla atıfta bulunulmalı, bunlarla ilgili bilgiler ise Kaynaklar başlığında "Soyadı, Adının ilk harfi veya harfleri, Tarih, Makalenin başlığı, Derginin kısaltılmış adı, Cilt No, Başlangıç ve bitiş sayfası" şeklinde verilmelidir.

Dergide yayınlanmayan yazılar geri gönderilir. Yayınlananlardan yazarlarına 20'şer adet ayrı baskı verilir. Çok yazarlı makalelerde bu sayı yazarlar arasında bölüşürülür. Yayınlanan yazılar için telif hakkı ödenmez.

Şekiller, haritalar, grafikler aydinger üzerine çini mürekkep kullanılarak, koyu bir şekilde çizilmeli, fotoğraf ve levhalar 13x19 cm boyutundaki çerçeve dışına çıkarılmadan hazırlanmalıdır. Yerbilimleri / Geosound ofset metoduyla basıldığı için yazıların mizanpajı yazarlar tarafından yapılmalı, şekiller, tablolar, fotoğraflar metin içine yerleştirilmeli ve alt yazılar tek dilde yazılmalıdır.

Makaleler, biri orjinal olmak üzere 3 nüsha halinde aşağıdaki adrese disketiyle birlikte gönderilmelidir.

Yerbilimleri / Geosound Editörlüğü
Ç.Ü.Müh.Mim.Fakültesi
Jeoloji ve Maden Mühendisliği Bölümleri
01330 - Balcalı / ADANA / TÜRKİYE
Tel (Fax) : 338 67 11 veya 338 63 57 (Tel) 338 61 26 (Fax)
e-mail: yerbilimleri@yahoo.com

INSTRUCTION TO CONTRIBUTORS

Yerbilimleri / Geosound accepts theoretical work or results of a research together with original articles written in Turkish, English, French and German. Translated papers of any article written on the latest developments of a specific subject by known authors can also be accepted.

Turkish articles English, English, French and German articles should have a Turkish summary. Papers to be submitted should not exceed 6 pages including figures, tables, plates and photographs. The ones which are insisted by their authors not to be shortened can be published by charging for each additional page on the amount defined by editorial committee. Papers should be written on one side of A4 sheets leaving a blank space of 2.5 cm at each side of the sheet and maps, plates, cross sections must be prepared in the same form. Any wordprocessor compatible with Macintosh computer system should be used to type the papers and diskets including articles should be attached to the papers. It is possible for the editorial committee to get the articles written with an available Macintosh system but this has to be charged.

The papers should be organised as follows: Title in Turkish; Author's name and address; Summary; Title in English; Abstract; Introduction; Sections and Sub-sections; Conclusions or Discussions and Conclusions; Acknowledgement; References; Appendices. Sections and Sub-sections should be enumerated in the form of 1., 1.1., 2., 2.1., etc.

References in the main text should be cited on the basis of Author's name and date. The information related to these should be given in the References section as: "Surname, Initial(s), Date, Title of Article, Abbreviated Name of the Journal, Volume No, First page-Last page".

Articles which are not published in the Journal are returned. 20 copies of the published papers are sent to the authors. In the joint papers this number is divided between the authors. Copy right is not paid for the published papers.

Figures, maps, graphics should be drawn by black Indian ink on transparent drawing paper, photographs and plates should be prepared such that they can be placed in the frame of 13x19 cm. Yerbilimleri / Geosound is printed with offset printing method that's why coordination of the articles should be done by their authors; figures, tables and photographs should be organised in the text and all explanations about these should be written in one language.

Papers should be sent in three copies, one being the original, to the following address together with the disket containing the article.

Yerbilimleri / Geosound Editörlüğü
Ç.Ü.Müh.Mim.Fakültesi
Jeoloji ve Maden Mühendisliği Bölümleri
01330 - Balcalı / ADANA / TÜRKİYE
Tel (Fax) : 338 67 11 veya 338 63 57 (Tel) 338 61 26 (Fax)
e-mail: yerbilimleri@yahoo.com