

- ▶ Mineraloji
- ▶ Maden Yatakları
- ▶ Doğal Jeolojik Yapılar
- ▶ Yerbilimleri
- ▶ Petrol Jeolojisi
- ▶ Çevre Jeolojisi
- ▶ Hidrojeoloji
- ▶ Doğal Gaz
- ▶ Mühendislik Jeolojisi

**TMMOB**  
**JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI**

**YÖNETİM KURULU**

Hikmet TÜMER	Başkan
Tahir ÇEBİ	İkinci Başkan
Erçin TÜRKEL	Yazman
Aydın Bülent BAŞ	Sayman
Bahadır ŞAHİN	Mesleki Uygulamalar Üyesi
Erdem ÇÖREKÇİOĞLU	Yayın Üyesi
Oğuz DEMİRKİRAN	Sosyal İlişkiler Üyesi

**JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**YAYIN KURULU**

<b>Editörler</b>	<b>Sekreter</b>	<b>Teknik Yönetmen</b>
Kemal TÜRELİ - Ferda ÖNER Tamer Yiğit DUMAN	Ercan BAYRAK	Semih GÜRSU

**MAKALELERİ İNCELEYENLER (Sayı 49)**

Zeynel DEMİREL (MTA)	Orhan ÇERİT (C.Ü.)
Jerf ASUTAY (MTA)	Hakan SAKA (MTA)
Mehmet EMEKÇİ (H.Ü.)	Zeki ÇAMUR (ODTÜ)
Bahadır ŞAHİN (MTA)	Reşat ULUSAY (H.Ü.)
Asuman TÜRKMENÖĞLU (ODTÜ)	

**SAHİBİ ve YAYIN SORUMLUSU**

*Hikmet TÜMER*

**YÖNETİM YERİ** - Bayındır sok. No: 7/1 Kat :1 Kızılay - ANKARA

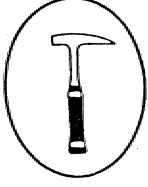
**YAZIŞMA ADRESİ** - P.K. 464- 06424 Kızılay - ANKARA

**REKLAM FİYATLARI**

Arka Dış Kapak (Renkli).....	40.000.000 TL.
Arka Dış Kapak (S/B) .....	25.000.000 TL.
Arka İç Kapak (Renkli).....	30.000.000 TL.
Arka İç Kapak (S/B).....	25.000.000 TL.
İç Sayfa (S/B).....	10.000.000 TL.
1/2 Sayfa (S/B).....	5.000.000 TL.
1/4 Sayfa (S/B).....	2.500.000 TL.
Özel Renk.....	2.500.000 TL.
Renk Süzümü .....	2.500.000 TL.

Tescilli bürolara ve sürekli reklam yayınlanması isteminde % 10 indirim yapılır. Bu sayı 1000 adet basılmıştır.

**JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ TMMOB** Jeoloji Mühendisleri Odası yayınıdır. Yılda iki kez yayınlanır. Dergi Odanın amaç, ilke ve yayım koşullarına uygun bilimsel ve teknik yazılara açıktır. Yayınlanan yazılardaki fikir ve teknik sorumluluk yazarlara ait olup, Jeoloji Mühendisleri Odası ve Dergi sorumlu değildir.



# JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını

Mayıs 1996 Sayı 48

ISSN 1016-9172

## İÇİNDEKİLER

- <sup>1</sup> Uranyum serisi ile yaş saptama yöntemlerinin hidrojeolojide kullanım olanakları  
*Mehmet EKMEKÇİ*
- <sup>16</sup> Indikator temel bileşenler Kriging Yöntemi ile yeraltısuyu kirliliğinin saptanması ve yöntemin Eskişehir ovasına uygulanması  
**Cem SARAÇ, A.Erhan TERCAN, Deniz MAMUREKU ve Fikret KAÇAROĞLU**
- <sup>2:2</sup> Türkiye'deki bazı kromitlerin ana bileşen kimyası özellikleri  
*Osman KOPTAGEL*
- <sup>27</sup> Su kuyusu: Çamurlu delgiye karşı akışkan teknolojisi  
*İlyas YILMAZER*
- <sup>32</sup> Gördes zeollitli (Klinoptilolit) tüllerinin mineralojisi ve bitki yetiştirme ortamında kullanımı  
**A Cihat KÜTÜK Mahmut YÜKSEL, Sonay SÖZÜDOĞRU, Ferda ÖNER ve İsrail KAYABAU**
- <sup>40</sup> Doğal salamurlarda mineral çökelim ve çözünürünün termodinamik değerlendirmesini içeren bilgisayar programı  
*M. Zeki ÇAMUR*
- <sup>57</sup> Şevlerde hareketlerin izlenmesi için inklinometre aletinin kullanımı ve bir örnek uygulama  
**Engin ERTÜRK**
- <sup>63</sup> 17 Ocak 1995 Hyogo Ken Nanbu depreminde (Japonya) gözlenen faylanmalar ve oluşan deprem dalgalarının özellikleri  
**Ömer AYDAN**
- <sup>78</sup> Schmidt Sertlik Çekici kullanılarak tahmin edilen tek eksenli sıkışma dayanım verilerinin güvenilirliği üzerine bir değerlendirme  
**Candan GÖKÇEOĞLU**
- <sup>82</sup> Jeoteknik çalışmalarda doğru adlandırmanın önemi  
*İlyas YILMAZER*
- <sup>88</sup> Sağlığı zararlı mineral tozlarının genel özellikleri ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri  
**Mine ŞENOĞLU**
- <sup>91</sup> Niçin Poster?  
*Selim İNAIŞ,*
- <sup>94</sup> Jeoloji Panorama  
**Sefer ÖRÇEN**

• kapak fotoğrafı

Otoyol ve Demiryolu geçicilerinin belirlenmesine bir örnek:  
Otoyol ve Demiryolu eksenleri, dereyi de öteleyen büyük bir kaymanın eksenini ile çakıştırmıştır.  
*İlyas YILMAZER*



Değerli Üyelerimiz,

"Doğal kaynaklarımızın gerçek sahibi halkımızdır" Odamız örgütlü olduğumuz yıldan beri bu ilkeyi bu güne kadar savunmuştur..

Yeni hükümetle birlikte ard .arda açılan PAKETLER zincirinde Madencilik Sektöründen 10 Milyar Dolar gelir bekleyenler hemen gündeme Yeni Maden Yasasını getirdiler.., Odamız yıllardır Madencilik Sektöründe önerdiklerini, Yeni Yasa düzenleme çalışmalarına katılarak dile getirmiş ayrıca bunları Enerji Bakanlığına yazılı olarak da iletmiştir;.. Yasa çalışmaları Ödamızca yakından ve ilkelerimizden ödün vermeden izlenmektedir. Yeni Yasa Çalışmaları ile birlikte gündeme getirilen Madencilik. Bakanlığı kurulmasına Odamız olumlu bakmaktadır. Ancak yeni Bakanlığı sadece siyasal kadrolaşma olarak gören anlayışa da sonuna kadar' karşı çıkılacaktır.

Değerli meslektaşlarımız örgütlülüğümüzün 50., yılı olan 1997 yılı içinde, Odamız 50. yıl etkinliklerine Jeoloji Mühendislerinin toplumdaki işlevi açısından özel bir önem vermektedir. Daha önceki sayılarımızda da duyurduğumuz gibi GEOENV'97 JEOLojİ ve ÇEVRE 1-5 Eylül 1997'de İstanbul'da gerçekleştirilecektir... Sempozyum etkinliklerimiz tüm yoğunluğu ile devam etmektedir..

Ayrıca, 50. yıl etkinlikleri kapsamında, Antalya Şubemiz 28-30 Kasım 1996'da Akdeniz Zemin Sempozyumunu gerçekleştirecektir.

Adana Şubemiz 1 Kasım 1996'da Mersin'de Yerleşim Yerlerinde Zemin Etütleri Panelini gerçekleştirecektir.

İstanbul Şubemiz 1997 Haziran'ında Su ve Çevre konulu Sempozyum düzenlemektedir.

17-19 Şubat 1997'de Ankara'da Jeoloji Mühendisliği ve Sondaj Uygulamaları Sempozyumunu, 2-4 Nisan. 1997'de Ankara'da Yeraltı Suları Sempozyumunu, 28-30 Nisan 1997'de Ankara'da Maden Jeolojisi Sempozyumunu gerçekleştirecektir.

Siz değerli üyelerimizin tüm bu çalışmalara büyük katılımlar koyacaklarına eminiz, Bu etkinliklerin başarıya ulaşması hem mesleğimize, hem ülkemize büyük faydalar sağlayacaktır.

50. Yılımız tüm arkadaşlarımıza kutlu olsun.

Berberer üretelim ve üretmeye devam edelim....

Saygılarımızla,  
**Yönetim Kurulu**



# Uranyum serisi ile yaş saptama yöntemlerinin hidrojeolojide kullanım olanakları

Mehmet Ekmekçi, H.Ü., Jeoloji Müh. Böl. Beytepe, Ankara

*Kuvaterner yaşlı karasal ortamlarda çökeltilen litolojik malzemelerin yanal ve düşey devamlılıklarının az olması, bu tür ortamlarda, klasik litostratigrafik yöntemle yapılan denetim çalışmaları, özellikle, bölgesel araştırmalar söz konusu olduğunda, güvenilir sonuç vermesini engellemektedir... Kuvaterner dönemini çalışan yerbilimciler, bu sorunu, belli bir döneme ait fauna ve flora örneklerinden yararlanarak aşmaya çalışmışlardır: Ancak, biyolojik evrimin çok yavaş olması, bu yöntemlerle 1 milyon yıldan daha genç yaşların belirlenebilmesine olanak vermemektedir. Kaldı ki, benzer paleoklimsel koşullarda aynı toplulukların, farklı dönemlerde ortaya çıkması da olasıdır. Bu durum da, sağlıklı yaş verme ve denetim olanağını kısıtlamaktadır, Kuvaterner jeolojisinde olduğu kadar, arkeometri, jeomorfoloji, jeotermal sistemler, jeokimyasal araştırmalar ve karst evriminin belirlenmesinde de kullanım, potansiyeli yüksek olan Uranyum- Serisi Yaş Saptama Teknikleri, bu tür sorunlara sayısal, güvenilir ve hassas çözümler getirmektedir.*

*Öte yandan, hidrolojik bir havzanın hidrodinamik yapısının ortaya konması, karst hidrojeolojisi incelemelerinde öngörülen amaçların başında gelmektedir, Sistemin hidrodinamik yapısı, karşılığının zaman içinde üç boyuttaki gelişmesine bağlıdır, Söz konusu gelişme, karşılığın etkileyen koşullara (iklimsel, kimyasal, stratigrafik, yapısal vb.) bağlı olarak hızlanır, yavaşlar veya durur.. Çözünme ve çökeltmenin jeolojik zaman cetvelinde kısa sürelerde meydana gelmesi ve bu tür çökeltim aralarında düzenli, sürekli ve*

*yaygın iitostratigrafik bir ilişki bulunmayışı, özellikle bölgesel anlamda yapılacak denetim, değerlendirme ve yorumun sağlıklı ve hatalı olmasına neden olmaktadır.. Bu tür sorunlar, Kuvaterner dönemi için, büyük oranda Uranyum Serisi ile Yaş Saptama Teknikleri ile çözülebilmektedir. Sunulan çalışmada, yaş saptama tekniklerinin temel ilkeleri verildikten sonra bu tekniklerden özellikle karst hidrojeolojisinde yararlanma olanakları konusu tartışılmıştır..*

## Giriş

Uranyum Serisi (U - Serisi) ile Yaş Saptama Yöntemleri, 1 milyon yıl yaşına kadar olan çok çeşitli jeolojik, malzemelere uygulanabildiklerinden, özellikle Kuvaterner jeolojisi çalışmaları açısından büyük önem taşımaktadırlar, Ivanovic ve Harmon (1992)"nin bildirdiğine göre, ilk uygulamalar, Joly (1908)'in derin denizel çökeltim radyum (Ra) içeriğinin, sığ denizel çökeltiminden yüksek olduğu yolundaki gözlemleriyle başlamıştır. Daha somaları, Figgot ve Uray (1942) Ra fazlasının, yine yüksek oranda, bulunan 230Tl (toryumdan kaynaklandığını ortaya, koymuştur. H. Dünya Savaşından sonra, radyoaktivitenin daha sağlıklı ve hassas bir şekilde saptanabilmesini sağlayan tekniklerin geliştirilmesi derin, deniz, çökeltimlerinin kronolojilerinin oluşturulmasını sağlamıştır. U - Serisi ile Yaş Saptama Tekniklerini, karasal karbonatlı çökelelere (mağara çökeltimi ve tcavertenler) ilk Arak Rosholt ve Antal (1962) uygulamışlardır (Ivanovic and Harmon, 1992).

Özellikle Kuvaterner jeolojisi jeokimyasal ve jeotermal prospeksiyon, paleoklimsel yorumlamalar ve jeomorfolojik evrim gibi çalışmalara sayısal veriler sağlayan bu tekniklerin karst evriminin ortaya konmasına yönelik olarak önemli bir kullanım alanı bu-

hunnaktadır. Karst. hidrojeolojisi incelemelerinin ilke-miz için önemi, 'Türkiye'nin yüzölçümünün yaklaşık, üç-tebirinin karsilaşabilen karbonatlı kayalarla kaplı ol-masından kaynaklanmaktadır. Karmaşık bir hidrodinamik, yapı sunan karstik alanlarda bulunan ye-raltısuyu araştırmaları, klasik yöntemler dışında, özel bazı yöntem ve teknikler' gerektirmektedir.. Türkiye'de bu tür alanlarda bulunan yeralüsuyu potansiyelinin önemli bir bölümünden halen yararlanılamamaktadır. Bugün sayısal, olarak ortaya, konamayan birçok, para-metre arasında karsüaşma evrimine ilişkin parametrele-rin de bulunması, yeraltısu akımının meydana geldi-ği yolların sağlıklı, bir şekilde belirlenebilmesini engellemektedir. Bu amaçla yapılan speleoloji çalış-malarına büyük katkılar<sup>1</sup> sağlayacak olan Uranyum Serisi Yaş Saptama. Tekniklerini uygulama, çalışmaları, bu alanda, büyük, bir eksikliği tamamlamış olacaktır;. Sayı-sal sonuçlar veren Uranyum Serisi. Yaş Saptama Tek-nikleri, Kuvaterner yaşlı malzemelerde kronostratigrafi,, paleo.ikli.msel yorum ve deniz seviyesindeki alçalma - yükselm.ele.rin belirlenmesi., buradan giderek karsüaşma evrimi ve sistem (akiferin) hidrodinamiğinin ortaya konmasında, büyük, yararlar sağlayacaktır.

## Kuvaterner donemi yaş saptama yöntemleri

Colma et al (1987) ve Smart and Frances (1991) Kuvaterner dönemi yaş. saptama yöntemlerini, kullandıkları teknik ve- verdikleri sonuçlara bağlı, olarak iki tür sınıflama önermişlerdir (Çizelge 1).

1- *Sayısal Yöntemler:* Bu tür yöntemler, "belli bir ha-ta payı ile salt (absolut) yaş verirler. Yöntemde yaş, beEi bir ölçek kullanılarak sayısal olarak verilmektedir., Radyokarbon ve diğer<sup>2</sup> izotopların kullanıldığı yöntemler bu gruba girerler.

2- *Kalibrasyon Yöntemleri:* Herhangi bir parametre-nin zaman içerisinde sistematik olarak, meydana gelen değişimlerinin ölçüldüğü yöntemlerdir.. Ancak, burada değişimin ölçülmesinde kullanılan ölçüt yine başka (ve çoğu durumda, bilinmeyen) bir- değişkendir., Bu nedenle, bağımsız bir 'kronolojik parametre ile kalibrasyon yapılmaktadır. Yapılış tarihi bilinen mezar taşları, duv.ai.ai" ve binalar özerinde likenometri. ve radyokarbonlu mo-renler kalibrasyon. için kullanılabilirlerdir.

3- *Bağıl Yöntemler:* Adından da anlaşıldığı gibi, bağıl yaşlar veren bir grup yöntemlerden ancak, yakla-şık büyüklükler elde edilebilmektedir. Bağıl yaşı gös-teren bu büyüklükler, bağımsız kronoloji bir parametre bulunduğu takdirde kalibrasyon yöntemlerinin verdiği, yaşa dönüştürülebilirler.. Aminoasit. teknikleri bu yön-temlere örnek oluştururlar. Bu tekniklerde hesaplaması

güç olan. parametre., epimerizasyon hızıdır.. Çünkü, epi-merizasyon hızı büyük ölçüde geçmişte hüküm süren. iklim koşullarına bağlıdır.

4- *Korelasyon Yöntemleri:* Bu yöntemler' sadece,, herhangi, bir olaya eşdeğerlik kanıtları sağlarlar. Derin deniz karotlanndan elde edilen foraminiferlerdeki <sup>18</sup>O içeriği buna bir örnektir.

Bunların dışında, temel ilkeler, kabul edilen, varsay-ımlar, kullanılan teknikler ve uygulama alanlarına gö-re altı grup yöntem belirlenmiştir (Çizelge 1)' Herhangi bir çalışmada kollanılacak, yöntem., yaş verilecek mal-zemenin türüne., incelenen, zaman, aralığına ve sonuçta, istenen duyarlılığa bağlı olarak seçilmelidir. Eldeki la-boratuvar olanakları, da yöntem seçiminde önemli para-metrelerden birini oluşturmaktadır. Uygulanacak yön-temde izlenen fiziksel ve kimyasal süreçlere bağlı olarak ancak belli, yöntemlerle 'belirli jeolojik malzeme-lere, yaş verilebilmektedir<sup>1</sup> (Çizelge 2). Öte yandan her yöntemin etkin olduğu bir<sup>1</sup> minimum, ve maksimum yaş. sınırı, bulunmaktadır. Çizelge 3'te çeşitli, yöntemlerin etkin olarak kullanılabilirdiği yaş aralığı verilmiştir.

## U - serisi ile yaş saptama tekniklerinin temel ilkeleri

### Dinamik. Denge Kavramı

Kütle Spektrometrisinin gelişmesine bağlı olarak, ilk yıllarda yaş saptamada uranyum serisinin ancak ya-nılanma ömrü ( $T_{1/2}$ ) uzun olan izotopları.  $C^{128}!!$ ,  $^{235}U$  ve  $^{232}Th$  (Şekil 1) kullanılabilirdi. Yarılanma ömürleri-nin çok ozon olması ise bu tekniğin bir milyon yıldan daha yaşlı örneklerle uygulanabilmesini sağlamıştır. Spektrometrik tekniklerin gelişmesi, son 35 yılda, yarı-lanma, ömürleri dala kısa olan U - serisi izotoplarının yaş saptamada kullanılabilmesine olanak sağlamıştır.

U - Serisi yardımıyla yaş saptama teknikleri, uran-yumun ve radyoaktif bozunma sonucunda oluşan, ürün-lerinin aktiviteilerinin ölçülmesine dayanmaktadır. Bir-kaç milyon yıl boyunca her türlü fiziksel, kimyasal, jeolojik vb. olaya kapalı bir durumda kalmış olan ve uranyum içeren herhangi bir doğal malzemede., bozun-maya uğrayan izotop ile bu izotopun bozunması sonu-cunda oluşan ürünler .arasında dinamik bir denge oluş-maktadır. Radyoaktif bozunma zincirini oluşturan izotoplardan birinin ortamdaki uzaklaştırılması veya orta-ma katılması, sözkonusu dinamik dengeyi bozar. İşte bu şekilde oluşan denge bozulması uranyum serisi yaş saptama tekniklerinin temelini oluşturmaktadır,.

Uranyumun, doğal olarak oluşan iki bozunma serisi vardır. Bozunma serilerinin ana. izotopları  $^{238}U$  ve.  $^{235}U$  olup her iki izotopun da. yarılanma ömrü çok ozundur



Çizelge 1. *Kuvaterner Dönemi Yaş Saplama Yöntemleri (Smart and Frances, 1991 "den)..*

### Sonuç Türü\*

Sayısal

; = = Kalibrasyon — = - - = = = = = = = =  
 . - - - - - z z r - 1 1 z : - Bağlı z z z z

. 1 1 Korelasyon i i

		İyonizasyon	Kimyasal ve Biyolojik	Jeomorfik	Korelasyon
Takvimsel	İzotopsal	Radyojenik	Kimyasal ve Biyolojik	Jeomorfik	Korelasyon
Tarihsel kayıtlar	<sup>14</sup> C	Yarımlama - İzi	Aminoasit epimerizasyon	Toprak profili gelişimi	Litostratigrafi
Dendro-kronoloji	K-Ar ve <sup>39</sup> Ar- <sup>40</sup> Ar	Lumüüsans	Obsidiyeo ve lefra hidrasyon	Kayaç ve mineral ayrışması	Tefrokronoloji
Lamina-kronolojisi	Uranyum serisi.	Elektron-spin rezonans-	Likeometri	Yeryüzü yapısı değişimleri	Paieomagmetizma
	Uranyum-treod		Toprak kimyası	Çökelme hızı	Fosiller ve tarihi eserler
	Kozmojenik izotoplar ( <sup>210</sup> Pb, <sup>10</sup> Be, <sup>36</sup> Cl, vb.)		Kayaç cila kimyası.	Defonnasyon oranı.	Duraylı izotoplar
				Jeomorfik kom m	Yörüngesel. değişimler Tekât ve mikrotektiler

\*:KeskiSdl çift çizgilerin arasındaki sonuç türü, çizgilerin uzandığı kesimin altında kalan yöntemlerden genellikle elde edilen sonuç türünü göstermektedir. Kesikli tek çizgiler arasındaki sonuç türü, çizgilerin, altında kalan yöntemlerden ancak belli durumlarda elde edilebilecek sonuç türüdür.

(Şekil. 1). <sup>238</sup>U izotopu, yanlanma ömrünün görel olarak kısa oluşu, (2,4 x 10<sup>7</sup> yıl) nedeniyle, artık doğada bulunmamaktadır. Fakat bozunma ürünü olan <sup>232</sup>Th, 1,39 x 10<sup>10</sup> yıllık bir yanlanma ömrüne sahiptir. BE nedenle doğada yaygın olarak bulunur. <sup>238</sup>U izotopunun bozunması sonucunda oluşan ürünler Şekil 1'de gösterilmiştir. <sup>238</sup>U izotopunun a - taneciği yayarak bozunması sonucu oluşan <sup>234</sup>U izotopu, görel olarak daha. kısa yanlanma ömrü nedeniyle (2,48 x 10<sup>5</sup> yıl) doğada görel olarak az bulunan uranyum izotoplanndadır.

Bununla birlikte, Şekil 1'den de görüldüğü gibi bozunmaya uğrayan ana izotoplar (başka bir deyişle seri başındaki, izotoplar), bozunma sonucu oluşan izotoplardan çok daha. uzun, yanlanma ömürlerine sahiptirler. Bu durum, seri başı. izotopunun atom sayısının,, bozunma

ürünü izotopun birkaç kal yarı ömrü kadar<sup>1</sup> bir süre boyunca sabit kalması anlamına gelmektedir. Bozunma ürünü izotopun aktivitesi, kendi, bozunma katsayısına bağlı olup üstel bir fonksiyona uygun bir şekilde artar.

Sözkonusu artış

$$N_2 I_2 = N_1 A_1 (1 - e^{-\lambda_1 t})$$

eşitliği ile ifade edilmektedir (Smart and Frances, 1991).

- Eşitlikte

N<sub>1</sub> = bozman atomların, sayısı

I<sub>1</sub> = bozunun izotopun (birincil izotop)<sup>2</sup> bozunma katsayısı

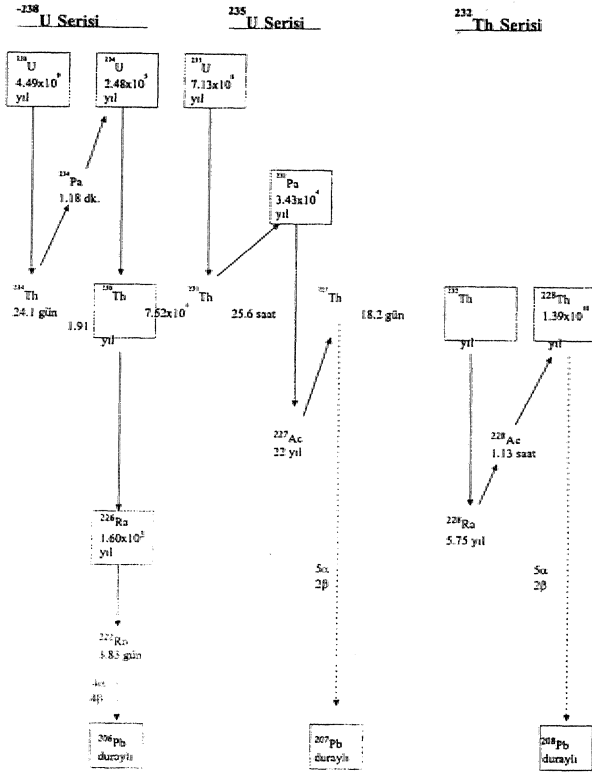
N<sub>2</sub> = bozunma ürünü atomların sayısı

**Çizelge 2. Yaş Saptama Yöntemleri ve uygulanabildikleri jeolojik malzemeler. Yöntemin güvenilirliği dörtgenin kapalılık oranı ile artmaktadır. Soru işaretleri yöntemin uygulanabilirliği konusunda yeterli bilgi bulunmadığını göstermektedir. Çizgi ise yöntemin uygulanamadığı malzemeleri göstermektedir (Smart and Frances, 1991).**

	Deniz Karotları	Mercan	Volkanik	Sediman	Tufa	Mağara Çökeli	Kabuk	Kemik	Diş	Oğun ve bitki kalıntısı
Radyokarbon	■	■	—	—	■	■	■	■	■	■
Potasyum-Argon	□	—	■	—	—	—	—	—	—	—
Uranyum Serisi	■	■	■	□	■	■	■	■	■	■
Helyum-Uranyum	—	■	????	—	—	????	—	—	—	—
Luminisans	□	■	■	■	????	■	—	—	—	—
Electron spin Rezonans	□	■	■	□	■	■	■	■	■	—
Yarımlama İzi	—	—	■	—	—	—	—	—	—	—
Amino Asit	—	????	—	—	—	—	■	■	■	—
Paleomagnetizma	■	—	■	■	—	□	—	—	—	—
Yörünge Ayarı	■	—	—	—	—	—	—	—	—	—

**Çizelge 3. Çeşitli yaş saptama tekniklerinin etkin oldukları yaş aralığı ( $\alpha$  = alfa spektrometresi ile analiz, MS = kütle spektrometresi ile analiz). Parantez içindeki rakamlar, belirli uygun koşullarda erişilebilen eşiği göstermektedir (Smart and Frances, 1991).**

Yöntem	Yaş Aralığı (x 1000 yıl)
Radyokarbon	0.3 - 45
Potasyum - Argon	(1) 30 -> 20 000
Uranyum Serisi	$^{234}\text{U} / ^{238}\text{U}$ ( $\alpha$ ) 100 - 1 500
	$^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}$ ( $\alpha$ ) 3 - 350
	$^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}$ (MS) 0.05 - 500
	$^{231}\text{Pa} / ^{235}\text{U}$ ( $\alpha$ ) 5 - 150
Helyum - Uranyum	100 -> 2 000?
Uranyum trend	10 - 1 000?
Termoluminisans	0.1 - 100 (500)
Elektron spin rezonans	(1) 5 - 900
Fizyon - İzi	(0.1) 50 -> 2 000
Paleomagnetizma	0.05 -> 2 000
Yörüngesel ayar	1 -> 2 000



Şekil 1. Uranyum Serisi İzotopları ve Yarılanma Ömürleri.

$\lambda_2 =$  bozunma ürünü izotopun (ikincil izotop) bozunma katsayısı

t = zaman ve

$\lambda = \ln 2/T_{1/2}$

$T_{1/2} =$  yarılanma ömrü

t'nin, bozunma ürünü izotopun yarılanma ömrünün birkaç katı. büyük, olması durumunda, bozunma ürünü izotopun (ikincil izotop)' aktivitesinin bozulan izotopun (birincil izotop) aktivitesine oran. 1'e yaklaşır ve böylece dinamik denge oluşur.

#### Ayrılanma (Fracilonation) Kavramı

Kimyada, bir' kanşımdan farklı özelliklere sahip bileşenlerin ayrılması çeşitli yöntemlerle sık yapılan bir işlemdir. Sıcaklık parametresi değiştirilerek, örneğin farklı, kaynama noktasına sahip iki sıvı birbirinden ayrılabilir. İzotopların ayrılması ise biraz farklı bir olaydır,. Herhangi bir fiziksel, veya, kimyasal süreç içinde izotoplarda görülen ayrılma kısmı, bir ayrılma. Farklı izotoplar içeren, moleküllerin, fiziko - kimyasal özelliklerindeki küçük farklılıklardan kaynaklanan bu temin ayrılma,, kuramsal olarak 1947 yılında. Bigeleisen,, Ma' yer ve Urey tarafından, incelenmiştir (Ivanovic and Harmon,, 1992),

Uranyum serisine ait izotopların farklı fiziksel ve kimyasal, özellikler göstermesi, sonucunda, bazı izotop-

lar ortamda kalırken,, bazıları ortamdan ayrılırlar. Bu ayrılma, fiziksel ve kimyasal özelliklere bağlı olması nedeniyle, bir' tür tercihli, 'seçilerek' ayrılma şeklinde gerçekleşmektedir.. Bu nedenle bu olay burada, "aynılanma" kavramı ile ifade edilmiştir. Aynılanma, ortamdaki dinamik dengeyi bozmakta ve radyoaktif dengeye neden, olmaktadır.

Uranyum (U), toryum (Tt), protaktinyum (Pa) ve radyum (Ra) elektropozitif elementler olup kuvvetli iyonik bağ kurmaya eğilimlidirler,.. Buna. karşın, radon (Rn) bir soy gaz. olup iyonlaşmamakta ve doğal, koşullarda tepkimeye girmemektedir;. Doğal solarda, Ra<sup>2+</sup>, Th<sup>2+</sup> ve Pa<sup>5+</sup> genellikle renksiz çözeltiler oluştururlar. U<sup>4+</sup> ve U<sup>6+</sup> derişik, çözeltilerine, dış yörüngede bir veya daha, fazla elektrona sahip olmalarından dolayı genellikle yeşil, ve san renkler verirler (Ivanovich and Harmon,, 1992),,

#### U ve Th'im kaynakları

Toryum ve uranyum yerkabuğunda Th/U oran yaklaşık olarak 3,5 olacak şekilde, bulunurlar (Roger and Adams» 1969; Ivanovich and Harmon» 1992), Magmatik kayalarda bu oran genellikle değişmemesi, Th ve Win. magmanın soğuması sırasında aynılanmaya uğramadığını göstermektedir. Goldschmidt (1954) Th ve U'un iyon, yarıçaplarını« büyük olması nedeniyle kristallenmenin son. evrelerinde kristal, yapısına girdiğini., dolayısıyla, olivin ve piroksenlerde nadiren,, buna karşın genellikle granit ve pegm.atitlerde bol miktarda bulduklarını belirtmiştir.

Çizelge 4'te, uranyum ve toryumun çeşitli kayalarındaki bollukları listelenmiştir. Görüldüğü gibi kırıntılı çökellerin büyük, bir çoğunluğu 0,5 - 4 ppm oranında U içerirler. Organik maddece zengin siyah, şeyller ile denizel fosfatlar ise 3 - 1200 ppm. düzeyinde U içerebilmektedir.

Öle yandan toryumun doğal sularındaki çözünürlüğü çok düşük olduğundan çoğu kmntli. çökekle, ana. kayaçta bulunduğu kadar bol miktarlarda bulunabilmektedir. Kireçtaşları genellikle 2 ppm dolayında, uranyum içerirken,, toryum, içerikleri çok düşüktür veya. hiç toryum, içermezler.

Çökelerde kil oranı ve kireçtaşında ağır metal içeriği arttıkça toryumun, bulunma olasılığı artmaktadır;. Dolomitlerin uranyum içerikleri kireçtaşlarından daha düşüktür. Uranyumun büyük bir kısmı dolomiüleşme sırasında kaybolmaktadır.

Metamorfik kayalarda, U ve Th. bolluğu,, ana kayadaki U ve Th miktarına ve metamorfizma sırasında meydana, gelen U - Th kaybına bağlıdır,.. Metamorfizma derecesi yükseldikçe,, U - Th miktarı azalmaktadır. Bunun, başlıca, nedeni, Heier and Adams (1965) tarafından, metamorfizma sırasındaki sıvı - gaz kaybı ve bu

Çizelge 4. Uranyum ve Toryumun Kaynakları ve Bulunma Bollukları (Ivanovich and Harmon, 1992).

Kayaç Türü	Adı	U(ppm)	Th(ppm)	Th/U
Magmatik	granit granodiyorit riyolit dasit	2.2-6.1	8-33	3.5-6.3
	gabro	0.8	3.8	4.3
	bazalt	0.1-1	0.2-5	1-5
	ultramafik	<0.015	<0.05	değişken
	eklojit granolit gnays şist fillit sleyt	0.3-3 4.9 2.0 2.5 1.9 2.7	0.2-0.5 21 5-27 7.5-19 5.5 7.5	2-4.3 4.3 1-30 ≥3 2.9 2.8
Sedimanter	ortokuvarsit	0.45-3.2	1.5-9	1.6-3.8
	grovak	0.5-0.2	1-7	~2
	şeyl: gri - yeşil	2-4	10-13	2.7-7
	kırmızı-sarı	2-4	10-13	2.7-7
	siyah	3-1250	-	düşük
	boksit	11.4	49	~5
	kireçtaşı	~2	0-2.4	<1
	dolomit	0.03-2	-	-
	fosfat	50-300	1-5	<0.1
	evaporit	<0.1	<1	-
	mağara çökeli	<0.03-100	0-10	-
	yaşayan mollusk	<0.01-0.5	düşük	-
	fosil mollusk	0.5-8	düşük	-
	mercan	2-4	düşük	-
	manganez nodülleri	2-8	10-130	~7
	denizel kumlar ve killer	0.7-4 1-12	1-30	0.4-10
	turba	<50-80	1-5	<1
	linyit	<10	-	-
	kömür	<6000	-	-
	asfalt	10-3760	-	-
petrol	4-77	-	-	

elementlerin yüksek, basınç ve sıcaklık koşullarında hareket edebilme (göçebilme) yetilerinin artışı ile açıklanmıştır.

Uranyum, özellikle linyit, kömür gibi hümk madde-lerden oluşan organik çökellerde büyük miktarlarda bulunmaktadır. Hümk maddeler, sudaki, (çözümlenir) U ve W tutabilme (absorbe) yetileri nedeniyle bu tür çalışmalarda büyük önem taşımaktadırlar. Hümk maddelerin uranyumu uranil olarak iyon - değişimi ile tutması veya doğrudan doğruya, adsorplaması genellikle

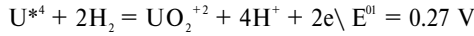
bitkinin ölümünden sonra meydana gelen olaylar olarak bilinmektedir. Bu olaylar birlikte, planktonlar ve tatlı - su alglerinin de buldukları sulu ortamdan  $10^3 - 10^6$  kat fazla uranyum içerebildikleri gösterilmiştir (Mann and Fyfe, 1985).

Deniz, suyunda 33 ppb oranında uranyum bulunurken, tatlı suların uranyum içerikleri uranyum içeren kayaç veya malzeme ile temas sürelerine, bu kayaçların veya malzemelerin uranyum içeriklerine, buharlaşma oranına, ve uranyumun çözeltiye geçmesini sağlayan iyonların varlığına bağlıdır.

Yüzeysel solarda, genellikle 0.01 - 5 ppb olan uranyum derişimi, yeraltısularında 0,1 ile 50 ppb arasında değişir. Ancak, yeraltısulan için bu oramı. 2000 ppb'ye yükelebildiği de belirtilmektedir., Yeratasulanndald bu geniş aralıktaki değişimin akım, yolu boyunca uranyumun çökmesine neden olabilen. Eh - pH koşullarına, bağlı, olduğunu açuamışlardır. Buna karşın Th'un doğal sulardaki miktarı yok denecek kadar azdır (Ivanovich and Harmon, 1992).

U ve W i m jeokimyasal özellikleri

Uranyum, ve toryum yükleri +4 iken, yüzeeye yakın ortamlarda ve düşük sıcaklıklarda kimyasal olarak hemen, hemen duradırlar, Ancak,, uranyum, yükseltileyerek IT<sup>6</sup> haline geldiğinde ortam değiştirebilmektedir.. Be durumu Langmuir (1978), aşığıdaki tepkime ile ifade etmiştir.



Buradaki UO<sub>2</sub><sup>+2</sup>, uranil iyonu, olarak, adlandırılmaktadır., Karbonatlı kayaçlarda bulunan uranyum, genellikle uranil iyonu, şeklindedir. Uranil iyonunun. doğal sulardaki çözünlüğü yüksek olup, karbonat ve fosfatlarla, anyon kompleksleri oluşturmaktadır. Bina karşın toryum,, kil mineralleri, 'hidroksitler veya. başka katı madde yzeyerince tutulur (adsorplanır). Uranil içeren çözeltiden, itibaren, biyojenik veya kimyasal olarak, çökme meydana geldiğinde, uranyum da kristal yapısına, girer... Çözeltide toryum, bulunmadığından, bu cokel.de de toryum, bulunmaz. Bu durum, yeni. çökelen malzemede <sup>74</sup>U izotopunun, bol miktarda,, buna. karşın bu izotopun bozunma urun olan <sup>230</sup>Th izotopunun hiç bulunmaması anlamına gelmektedir. Çökmeden, itibaren zaman geçtikçe <sup>230</sup>Th / <sup>234</sup>U oranı artar ve sonunda, dinamik dengeye ulaşılır...

Uranyum, ve toryumun jeokimyasal çevriminde etken olan. indirgenme- - yükseltgenme ortamları, yeraltısuyunun tuzluluğu, organik: madde varlığı,, taşınma ortamları (kolloid, gaz, sediman vb.) inorganik - biyojenik çökme, tutulma (adsorplanma), sedimentasyon, diyajenez gibi olaylar<sup>1</sup> bu çalışmanın amacına bağlı olarak burada incelenmemiştir. Bu tür bilgiler<sup>1</sup> Goldschmidt (1.954),» Yılmaz (1988) ve Ivanovich .and Harmon (1992)'de bulunabilir.

## Uranyum serisi ile yaş saptama yöntemleri

U - Serisi ile yaş saptama,, kullanılan izotoplara bağlı olarak çok sayıda, yöntemle gerçekleştirilebilmektedir, Ancak, kullanılan izotoplar ne olursa olsun, bütün, yöntemler dayandıkları temel ilkeye göre ikiye ayrılırlar; ortamda ikincil (bozunma ürünü) izotopun denge durumundan *eksik* miktarlarda bulunmasına dayanan.

yöntemler ve ikincil izotopun *fazla* miktarlarda bulunmasına dayanan yöntemler. İkincil izotopun *eksik* olmasına, dayanan yöntemlerde,, çökme sırasında ortamda sadece birincil izotopun varolduğu, zamanla birincil izotopun bozunması ile- ikincil izotopun oluşturu varsayımı geçerlidir. Radyoaktif bozunma. özellikleri bilinen bu izotoplar' arasındaki oran.» çökmenin bugünden ne kadar zaman önce meydana geldiğini, göstermektedir. Karbonatlı çökellein yaşlarının, saptanmasında kullanılan <sup>230</sup>Th / <sup>234</sup>U ve <sup>231</sup>Fa / <sup>235</sup>U bu tür yöntemlere örnek olarak verilebilir.,

İkincil izotop fazlalığına dayanan yöntemlerde ise, ikincil izotop, başlangıçta,, birincil izotoptan daha büyük miktarlarda, bulunmaktadır. Malzemenin yaşı, çökme anından, itibaren,, bu fazlalıktan meydana gelen bozunmanın ölçülmesi ile saptanmaktadır. Derin, deniz çökellerinin yaşlarının, saptanmasında kullanılan <sup>230</sup>Th ve <sup>231</sup>Pa fazlalığına, dayanan yöntemler bu gruba girmektedirler.

Karbonatlı çökellerio yaşlarının saptanmasında, en yaygın olarak kullanılan yöntem Çizelge 2'den de görüldüğü, gibi <sup>23</sup>Th / <sup>234</sup>U yöntemidir. Bu nedenle, U - Serisi yaş saptama yöntemlerinin,, karst hidrojeolojisindeki uygulamaları açısından incelendiği bu çalışmada,, <sup>230</sup>Th / <sup>234</sup>U yöntemi, ele alınmıştır.

### U Yöntemi

Mağara çökelleri,, traverten, kaiiçi mollu.sk, mercan, kemik,, diş, gösel çökeller, evaporit, fosforit ve- turba gibi çok çeşitli malzemelerin yaşlarının, saptanmasında kullanılan <sup>230</sup>Th / <sup>234</sup>U yöntemi, U - serisi yöntemleri .arasında en yararlı olanı olarak görülmektedir... Be yöntemin mağara, çökellerinde geçerli sonuçlan •verdiğini ilk. olarak Thompson (1973) göstermiştir (Ivanovich and Harmon, 1992). Thompson., Virginia'daki bir mağaradan aldığı bir dikit, örneğinde 137 ile 35 bin yıl (hin yıl = ky) arasında değişen sekiz ayrı yaş bulmuştur. Bulduğu bütün bu yaşların stratigrafik dizilimle uyumlu olduğunu göstermiştir. Harmon (1.975) (Smart and Frances,, 1991'de) ise <sup>230</sup>Th / <sup>234</sup>U yöntemini Kuzey Amerika'da, paleoklimsel çalışmalarında .kullanılmıştır..

Bu yöntem,, alfa spektrometresi ile 350.000 yıl (350 ky), kütle spektrometresi ile 500 ky önce oluşturu çökeller için güvenilir sonuçlar vermektedir (Ivanovich and Harmon, 1992). Yöntem, <sup>234</sup>U izotopu ile bu izotopun kaynağı olan <sup>238</sup>U ve ürünü <sup>234</sup>Th arasındaki denge-sizlikten yararlanarak,, çökelin yaşının, saptanmasına olanak sağlamaktadır. <sup>238</sup>U izotopunun radyoaktif bozunmasından kaynaklanan ikincil ve üçüncül .izotoplar sırasıyla <sup>234</sup>Th ve <sup>234</sup>Pa,, çok kısa yarılanma ömürlerine sahip olduklarından (Şekil 1), bu yöntemde bu izotoplar dikkate alınmamaktadırlar.

$^{234}\text{U}$  ile  $^{238}\text{U}$  arasındaki dengesizliğin yansıması  $^{238}\text{Th} / ^{234}\text{U}$  oranı çok düşük oranda da olsa artmaktadır. Şekil 2'de verilen, ve  $^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}$  ile  $^{234}\text{U} / ^{238}\text{U}$  oranları arasındaki ilişkiyi zamana bağlı olarak gösteren, eşyaş eğrilerinde (isochron) bu artış görülebilmektedir.. Şekilde- gösterilen eşyaş eğrileri, başlangıç  $^{238}\text{U} / ^{234}\text{U}$  oranları, farklı, ancak  $^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}$  başlangıç oranı sıfır olan kapalı bir sistem için oluşturulmuşlardır (Smart, and Frances, 1991).

Eşyaş eğrilerinin matematiksel ifadesi;

$$^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U} = [(1 - e^{-\lambda_{230}t}) / (\lambda_{234} / \lambda_{238} + 1)] + [1 - (1 / \lambda_{234} / \lambda_{238})]$$

Şeklinde.

$^{234}\text{U} / ^{238}\text{U}$  ve  $^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}$  oranları belli olan  $M_i$  ÖTİK için bu denklem iteratif yöntemlerle çözülebilir.

$^{231}\text{Th} / ^{234}\text{U}$  Yöntemi'ndeki varsayımlar ve kısıtlar

Yöntem, çökeltme sırasında kristal yapısında  $^{231}\text{Th}$  izotopu bulunmadığı varsayımına dayanmaktadır.  $^{230}\text{Th}$  izotopunun büyük bir kısmı,  $^{232}\text{Th}$  izotopu çok uzun yarılanma ömrüne sahip olduğundan yerli olmayan (veya sedimanlarla gelmiş) toryum katkısı (toryum, kirlenmesi) çeşitli yöntemlerle belirlenebilmektedir. Kısıtlı malzemelerden itibaren uranyum katkısı da sözkonusu olabilir. Bu nedenlerden dolayı kısıtlı malzeme içeren kayaç veya malzemelerin yaşlarının bu yöntemle saptanması amacıyla örnek olarak, seçilmemelidir (Çizelge 5).

Yöntemin dayandığı bir başka, varsayım., çökeltme sona erdikten sonra, ortamın uranyum ve toryum göçüne (giriş - çıkışına) kapalı olduğudur. Bu durum, aynı yaşta örneklerde  $^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}$  oranı (>1) ile  $^{238}\text{U} / ^{234}\text{U}$  arasında pozitif bir korelasyonun varlığı ile belirlenebilir. Ayrıca, örnek yaşları  $^{231}\text{Pa} / ^{235}\text{U}$  yöntemi ile elde edilen yaşlarla uyumlu değilse, sistem, kapalı değildir. Sistemin kapalı olmadığı, fiziksel olarak, örneğin dış görünüşünden de belirlenebilmektedir.. Yendi- den kristalleşme, çözünme, ikincil çökeltme veya yüksek gözeneklilik açık sistemin kanıtlarıdır. Bu tür örneklerden kaçınmak gerekir.

**$^{231}\text{Th} / ^{234}\text{U}$  ve  $^{231}\text{Pa} / ^{235}\text{U}$  aktivite oranlarının ölçülmesi**

Uranyum, serisi izotoplarının aktivitelerinin ölçülmesinde kullanılan en yaygın yöntem alfa - spektroskopisidir.  $^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}$  birbirlerine çok yakın enerji düzeylerinde alfa (K) parçacığı yayarlar.. Bu nedenle analizden önce-  $^{231}\text{Th}$  ve  $^{234}\text{U}$  izotoplarının kimyasal yollarla birbirlerinden ayrılması gerekmektedir.. Bu izotoplar, kimyasal özellikleri farklı olduğundan dolayı çözeltiden farklı oranlarda alınabilmektedirler. Kimyasal, yollarla

çözeltiden  $^{231}\text{Th}$  ve  $^{234}\text{U}$  izotoplarının ne kadar etkin bir şekilde alınabildikleri (kimyasal verim) ayırma işleminden önce çözeltiye, örnekte bulunmayan  $^{231}\text{Th}$  ve  $^{234}\text{U}$  izotoplarından belli bir derişimde izleyici (spike) eklenerek belirlenebilmektedir.

Ayrıştırma işlemi yapıldıktan sonra K - spektrometre- siyle izleyici izotopların derişimlerinden yola çıkarak örnekteki  $^{231}\text{Th}$  ve  $^{234}\text{U}$  izotoplarının kimyasal verimleri hesaplanabilmektedir.

İzleyici olarak kullanılacak izotopların alfa enerjile- ri., örnekte bulunan ve analiz edilecek olan izotoplardan -tamamen farklı olmalıdır. İzotoplar arasında ay- nılaşma olmamalıdır. Karbonatlı kayaçlar için kullanılan izleyici  $^{229}\text{Th}$  ve  $^{236}\text{U}$ 'd.ur. Sayımdan gelecek hatanın %1 dolayında tutulabilmesi için spektrometrede en. az  $10^4$  sayım yapılmalıdır. Bunun için gereken zaman., kaynağın, (örnekteki  $^{231}\text{Th}$  ve  $^{234}\text{U}$ ) aktivitesine bağlıdır. Elde edilen piklerin altında kalan alan izotopun ak- tiviteleri vermektedir.

$^{231}\text{Th}$  ve  $^{234}\text{U}$  derişimlerinin hesaplanması

$W$  (g) ağırlığındaki bir örnekteki uranyum ve tor- yum, izotoplarının derişimleri ppm olarak aşağıdaki şek- ilde bulunabilir.

$$[^{238}\text{U}] = C^B \cdot W^{236}\text{U} / 0.747 W(^{236}\text{U}) \text{ ve } [^{231}\text{Th}] = (C^M \cdot W^{229}\text{Th}) / 0.246 W(^{229}\text{Th})$$

Burada  $W_s$  çözeltiye, eklenen, izleyici ağırlığı;  $[ ]$  ise derişimi göstermektedir. ( ), spektrometrede okunan piklerin altında kalan, alanı belirtmektedir. Aktivite oranları  $^{234}\text{U} / ^{238}\text{U}$ ,  $^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}$  ve  $^{229}\text{Th} / ^{236}\text{U}$  okumalar- dan doğrudan elde edilebilmektedir. Ancak,  $^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}$  aktivite oranı., farklı spektrallardan elde edildiği için ;aşağıdaki şekilde düzeltilmelidir.

$[^{231}\text{Th}] = W^{229}\text{Th} / W^{236}\text{U} \cdot [^{236}\text{U}]$  burada  $m$ , ölçülen izotopun aktivitesini göstermektedir.

**$^{231}\text{Th} / ^{234}\text{U}$  yaşının belirlenmesi**

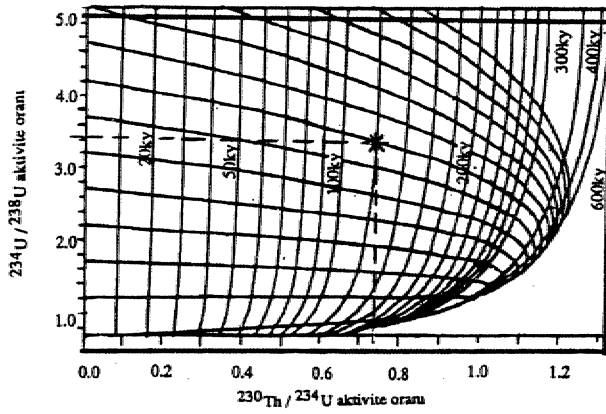
Düzeltilmiş  $^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}$  ve  $^{231}\text{Th} / ^{234}\text{U}$  aktivite oran- ları belli olan bir örnek için yukarıda verilen, denklem kullanılarak yaş saptanabilmektedir. Yaş saptama, gra- fiksel veya sayısal yöntemlerle yapılabilmektedir.. Gra- fiksel yöntemde kullanılan diyagram Şekil 2'de gösteril- miştir. Görüldüğü gibi eşyaş eğrilerinin eğimleri yaş arttıkça düşmektedir. 50 ky'dao. genç örnekler için eş- yaş eğrileri hemen hemen dik olup genç örnekler için  $m$  /  $U$  assy  $^1$ iyjig oramnm etkisi çok düşüktür. Yaş- lar, eşyaş eğrileri, arasında entepolasyon ile- saptanabil- mektedir\* Sayısal yöntem ise iterasyon tekniğine dayan- maktadır., terasyonun Newton - Raphsoe'a göre yapıldığı. UTA.GE - 3 programı Thompson (1973) tara- findan yeniden düzenlenip düzeltilmiştir. Program

'background' hesaplamalarına dayanarak düzeltme yapmakta, doğal kirlenmeyi, ikincil izotopların uranyum - toryum ayırımından somaki bozunma sonucunda oluşan miktarlarını ve kimyasal, verimi 'de dikkate almaktadır. Program. - Mstesi Ivanovich and Harmon (1992)'de verilmiştir.

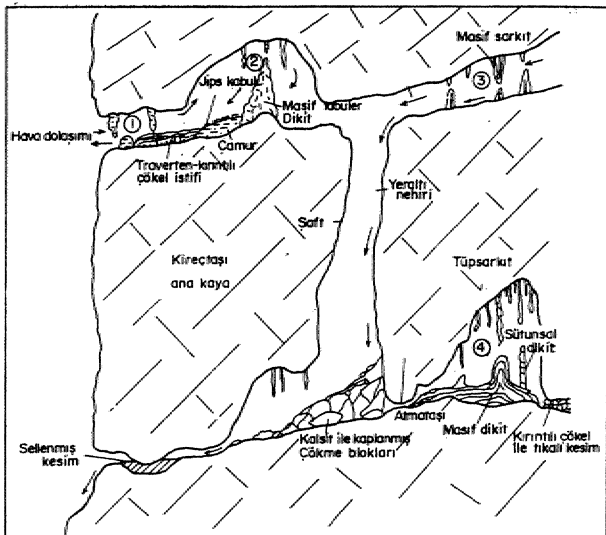
## Hidrojeolojide kullanım olanakları

### Mağaraların oluşum yaşlarının saptanması

Mağara çekellerinden en yaygın olanları sarkıtlar, diktler ve akma - taşlardır. Bu çekeller, gençlikle kalsit, bazen de aragonitten oluşmaktadır., Karbonatlı mağara, çekelleri, yeraltısulunun mağaralara ulaştıkları anda  $CaCO_3$ 'ca doymun hale gelmeleriyle çekelmeye başlamaktadırlar. Çökeltme ya topraklan kaynaklanan  $CO_2$ 'in, mağara atmosferi, ile dengeye gelmesi için kaybolması (uçması)<sup>1</sup> ve/veya yeraltısuyunun buharlaşması sonucunda oluşmaktadır. Buharlaşma genellikle görel



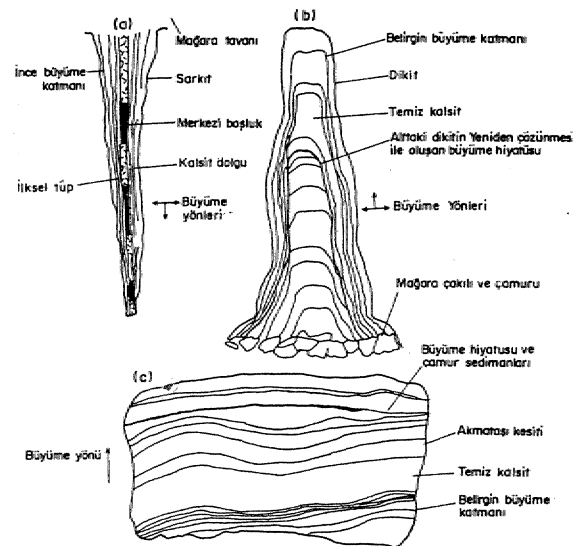
Şekil 2. Grafıksel Yöntem ile Yaş Saptama Örneği.



Şekil 3. Bir Mağaranın Genel Kesiti ve Oluşan Mağara Çökelleri (hanovich and Harmon, 1992'den).

nem. oranının düşük, olduğu ortamlarda görülmektedir.  $CO_2$  gazı uçuşu ile oluşan çekellerde büyüme yavaştır. Bu tür çekeller sıvı kapanunlar da içerdiklerinden, hern kalsitten hem de bu sıvı kapauımlandaki duraylı izotop içeriklerinden yararlanılarak paleoildimsel yorumlanmalarla kullanılabilirler. Şekil 3te gösterilen mağara kesitinde mağara, çekelleri ve oluşum, yerleri görülmektedir. Mağara tavanından süzülen sular, tavanda  $CaCO_3$  çekeltmeye başlarlar: Çökeltme- yavaş " yavaş bir tüp şeklinde büyüerek tabiiler veya pipet şeklinde sarkıtlar oluşturur. Tipin, tıkanması sonucunda sarkıtın etrafında çekeltme devam eder. Diktler ise mağara tabanında, tavandan damlayan sulardan itibaren, çekelirler. Genellikle sarkıtlardan daha kalın olan diktler suyun yere çarparak yayılması sonucunda daha geniş alanlar kaplarlar. Akma taşları ise ince katmanlı çekeller olup sızan, suların mağara, duvarında veya tabanında, akmaları sonucunda oluşurlar. Her üç tür mağara çekelinde de kristaller genellikle dış yüzeye dik olarak büyürler. İç yapılarında büyüme katmanları,, renk,, doku, saflık ve sıvı kapanım yoğunluklarındaki farklılardan, ayırdedilebilirler (Şekil 4). Sediman. içermeyen, saf karbonattan oluşan çekeller, beyaz, turuncu, kırmızı, kahverengi - siyah arasında, değişen, renklerde görülebilmektedir. Renk farklılıkları, çoğunlukla organik madde içeriğine bağlıdır. Bazı durumlarda, herhangi bir elementin bol miktarda bulunması da çekelin belli bir renk almasına neden olmaktadır.

Mağara çekellerinin büyümesine etki eden birçok faktör arasında en önemlisi, hava ile dolu ortamlara (boşluklara) yavaş ancak sürekli bir su akışının varlığıdır., Eğer büyüme sn. alasının kesilmesi veya ortamın



Şekil 4. Karbonatlı Mağara Çökellerinin İç Yapısı a: sarkıt b: dikit c: akmatası (Ivanovich and Harmon, 1992'den).

**Çizelge 5.** <sup>230</sup>Th - <sup>232</sup>U Yaş Saptama Yönteminin, karasal malzemelerin kapalı sistemden sapma derecelerine ve kırıntılı maizemelelere kirlenme oranlarına, bağlı olarak güvenilirlik sınırları.

Güvenirlilik Malzeme	Kapalı sistem ?	, Kiri mi ?
Güvenilir	Bozulmamış mercan Temiz mağafâ çökeli Volkanik kayalar Kirli mağara çökeli	Kapalı Temiz Temiz, Kirli
Muhtemelen Güvenilir	Demirli bileşikler Tufa Yumuşakça kabuğu Fosfatlar	Muhtemelen kapalı Kirli Kirli Kirli Kirli
Genellikle Güvenilir değil	Di.yajeo.ez sonucu Bozunmuş mercan Kemik Evaporitler Kalis Stromatolüer Turba ve. odun	Açık Temiz ? Kirli Kirli Kirli

se ile dolması sonucunda durursa,, çekeldeki kristal sürekliliği (büyümesi) de sona erer. Çökelin yüzeyi toz,, çamur veya kum. gibi ince bir sediman katmanıyla kap.. **laor.** Daha sonra çökeltme yeniden başladığında bu katman tamamen kaybolmadığı için iki büyüme evresi arasında belirleyici bir seviye olarak kullanılabilir. Bu seviye "Myatiis'i temsil eder ve bazı durumlarda bölgedeki, iklimsel değişimi '(buzul ve kurak koşullar) ifade eder. Bununla birlikte, mağaraların derinliklerinde (iç tasımlarında) ve sellerime düzeyinin üzerinde oluşan mağara çökelleri klasik sediman içermemeleri nedeniyle uranyum serisi yaş saptama teknikleri için. ideal örnekler<sup>1</sup> oluşturmaktadırlar.

Büyüme katmanları, genellikle büyüme eksenini boyunca kesilen çökellerde kolayca ayırdedilebilmektedir. Bu tür örneklerde,» belli büyüme katmanından alt örnek alınıp eksen boyunca, birden, fazla yaş saptanabilmektedir. Böylece, mağaranın gelişme evrimi,, dolayısıyla karşılaşma evrimi konusunda önemli bilgiler elde edilmiş olmaktadır.

Mağara, çökelleri genellikle masif,, gözenekleri bulunmayan kalsitten, oluştuklarından, izotop göçü (kayıp - kazanç) veya yemden kristaüenme gibi sorunlarla pek karşılaşmamaktadır.. Ancak,, büyüme seviyeleri arasında, kalsit içinde tutulan sedimanların neden olduğu uranyum ve toryum katkısı yaygın olarak karşılaştırılan bk sorundur. Alt örnek alınırken bu seviyelerden mümkün olduğunca kaçınmak gerekir. Elde edilen yaşlar ile çökelin içsel stratigrafisi uyum içinde olmalıdır. Örneğin dikitlerin tabanında en. büyük,, tavanında en. küçük yaşın, elde edilmesi gerekir.

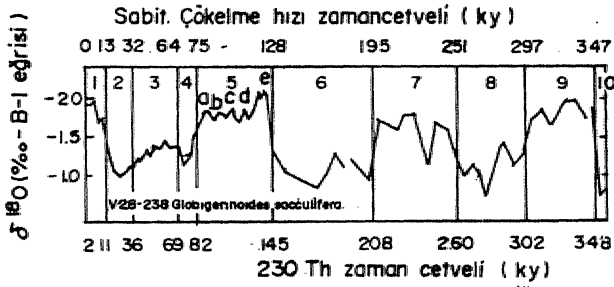
Sarkıtlar, ekselelerindeki boşluktan su. akımı sürdüğünden ve merkezde oluşan yeniden kristallenmeden dolayı, uygun örnek oluşturmazlar. Bu açıdan dikitler ve .akma taşları yaş saptama çalışmaları açısından, daha uygundur.

#### Traverten ve **tu&lann oluşum yaşlarının saptanması**

Traverten sözcüğü yüzeysel, türeyen bütün, masif Ca-00<sub>3</sub> çökellerinin tanımı için kullanılmaktadır. Tufa, ise bu tür malzemelerden, çok daha. yüksek oranda gözenekli, ve bitki kalıntılarının etrafında görülen çökeller için kullanılmaktadır (Chafetz and. Folk, 1984).. Bu tür malzemelerin yaşlarının saptanması, fluvial erozyon, buzul veya fluvial çökeltme, yağışlı - kurak dönemlerin belirlenmesi, genç tektonik hareketlere yaş verilmesi gibi özel amaçlarla yapılmaktadır.

Travertenleri.11 genel olarak fiziksel yapısı, bu tür malzemelerin yaşlarının U - Serisi ile sağlıklı bir şekilde, saptanmasını engellemektedir. Özellikle, yosun,, alg veya diğer bitki kalıntıları üzerinde çökeltmeleri ve bu bitki kalıntıları ve yosunların daha. sonra çürüyerek çökellerin gözenekli ve geçirimi, bir yapı kazanmalarını sağlamaları izotop göçüne {ortama, katılması veya ayrılmasına) neden, olmaktadır. Ayrıca, atmosfere açık olarak meydana geldiği için çökeltme sırasında- rüzgarla, akarsularla vb., gibi etkenlerle getirilen sedimanlar» hataya neden olan toryum kirlenmesi yaratmaktadırlar. Buna bağlı olarak fosil travertenlerin pek. çoğunun bk kısmı klastik sedim.au hamuru ile dolmuştur. Bir kısmı da CaO<sub>3</sub> açısından doygun suların ikincil kalsit .kristalleri





Şekil 5. Derin deniz çökellerinden alınan örneklerin  $^{18}\text{O}$  izotopu içeriklerinden yararlanılarak hazırlanan Buzul - Buzularası Devreler (Smart and Frances, 1991'den).

ile doldurulmuşlardır. Böylece, genç traverten ile yaşlı traverten karışmış olar. Bu da sağlıklı sonuç anlamına gelmektedir. Bu nedenle, ilksel gözenekliliği çok düşük örnekler üzerinde çalışmak sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için zorunludur. Mikroskop altında inceleme bu tür örnek seçiminde izlenen yöntemlerden birisidir. Traverten çökeltten kaynakların\* periyodik olarak daha az gözenekli ve daha yoğun katmanlar çökeltmesi, bu katmanların, yaş saptamada kullanılabilirliğini sağlamaktadır.

#### Paleoklimsel yorum ve demiz seviyesi değişimleri

Kuvaterner dönemi, jeolojik yapısı, çökeltme ortamları, biyotası, hidrosfer ve atmosferdeki değişimleri ile farklı bir özellik taşımaktadır. Bu özelliği, dünya Minide bo dönemde- sık: sık meydana gelen değişimlerle kazanmıştır. Büyük buz kütleleri zaman zaman ilerlemiş, zaman zaman da kıta içlerine çekilmişler, böylece deniz seviyesinde yükselme ve alçalmalara neden olmuşlardır. Bu iklimsel değişimler, bıraktıkları jeolojik ve jeomorfolojik izlerden belirlenebilmekte, böylece: denizel veya karasal paleoklimsel tarihçe bu dönem için yeniden, oluşturulabilmektedir. Söz konusu olayların meydana geldiği zaman, ölçeğinin görece olarak çok kısa olması, bilinen, Masik yaş saptama yöntemlerinin bu alanda yetersiz kalmasına neden olmaktadır.

Uranyum serisi, ile tarihlendirme, genellikle 40 bin yıldan (ky) daha gence malzemeler için kullanılabilen radyokarbon yöntemi ile 500 ky'dan yaşlı malzemeler için kullanılabilen Potasyum - Argon ve  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  gibi yöntemler arasındaki boşluğu doldurmuştur. Ancak uranyum serisi ile yaş saptanacak malzemenin, iklimsel değişimi yansıtacak çökeltme özelliklerine sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle, Kuvaterner jeolojisi ile ilgili çalışmalar genellikle kara ve kıyılarda gözlenen, jeomorfolojik yapılar üzerinde yoğunlaşmıştır,

Öle yandan, iklimsel değişimlerin kronolojisi, deniz çökellerin, özellikle derin deniz çökellerindeki foraminiferalarıD incelenmesi ile ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu çökellerin üst kesiminin yaşı doğrudan

doğruya  $^{14}\text{C}$  ile saptanmıştır. Ancak çökei kesitinin büyük bir kısmı için, paleomagnetik terslenme ile desteklenen uranyum, serisi, yardımıyla yaş saptama mümkün olmuştur. Derin deniz çökellerindeki beotik foraminiferalarda  $^{18}\text{O}$  izotopundaki değişimler karalardaki buzulların hacmindeki değişimlere bağlıdır. Bu nedenle,  $^{18}\text{O}$  izotopu, eo azından teorik olarak, paleoklimsel değişimlerin tarihlenmesinde kullanılabilir. B» konusunda begöne kadar yapılmış olan çalışmalar henüz genel bir geçerlik kazanmamıştır. Bu nedenle derin deniz çökellerinden yararlanılarak oluşturulan  $^{18}\text{O}$  izotopu devreleri (Şekil 5) henüz tam olarak klasik buzul devreleri yerine kullanılamamaktadır. Buzulların ilerlemesi veya gerilemesi yerel ölçekte makro (global) ve mikro (yerel)- İklim koşullarının etkileşimi sonucunda meydana gelmektedir. Bu da genel yapı hakkında bilgi toplarken dikkate alınması gereken bir konudur. Bununla birlikte son yıllarda, foraminiferalardan elde edilen izotopik kayıtlar ile denizel karbonatlar arasında  $^{14}\text{C}$ , U - Serisi ve  $^{18}\text{O}$  kullanılarak doğrudan bir korelasyon karan çalışmalar yaygınlaşmaktadır (Smart and Frances, 1991).

Sunulan çalışmanın amacı doğrultusunda paleoklimsel yorumlama çalışmalarının denizel çökellerle ilgili kısmı yerine karasal çökellerle ilgili kısmı incelenmiştir. Paleoklim yorumlamaları, karst akilcilerinin gelişmesi ve evrimi ile ilgili, önemli bilgiler vermektedir. Paleoklimsel değişimlere bağlı olarak deniz seviyesinde meydana gelen yükselme ve alçalmalar, karşılama evriminin temel ögesi olan karstlaşma tabanını belirlemesi nedeniyle karst hidrojeolojisi çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Bu tür ortamlarda inşaa edilecek barajlarda, örneğin enjeksiyon perdesinin inmesi gereken derinliğin belirlenmesinde önemli bilgiler bu yolla sağlanabilecektir. Özellikle Türkiye'de bazı karst yapılarının bugünkü deniz seviyesinin de altında kaldığı Toras Karst Kuşağında akifer hidrodinamiğinin açıklanmasında bu tür bilgiler büyük yararlar sağlayacaktır. Kuvaterner sırasında oluşmuş iklimsel değişimlerle ilgili bilgiler çeşitli karasal çökellerde saklı bulunmaktadır. Aşağıda bu çökellere ilişkin bilgiler özetlenmiştir.

#### Göller

Yan kurak bölgelerde, yağışın, buharlaşma ve yüzeysel akışla, meydana gelen kayıplara oranla, artı... , göl seviyesinin yükselmesine neden olmaktadır. Bu durumda göl hacminde oluşan artış, yerel olarak tuzlanmayı azaltmakta (aksi halde kapalı havza koşulları geçerli, olacağından tuzlanma artacaktır) ve ayrıca kıyı şeridinin büyümesine neden olmaktadır. Bu tür bir olay, göl ve kıyı çökellerinden edinilecek bilgilerden yararlanılarak belirlenebilmektedir. U - Serisi yöntemi ile yaş saptanabilecek malzeme bu tür çökellerden elde

edilebilmektedir. Buradan, giderek paleoiklimsel yorumlamalar yapılabilir.

#### Akarsular

Akarsu, vadilerinde aşınma - derinleşme oranları, yine büyük oranda iklimsel değişimlere bağlı olarak gelişmektedir. İklimsel değişim, akarsu akımını ve bazı durumlarda buzulların erime oranını etkilemektedir. Fluviyal malzemeler her ne kadar U - Serisi ile tarihlenemezlerse de, bu malzemeleri özetleyen kaynaklardan itibaren çökelen tufa gibi malzemelerin yaş saptanabilmektedir. Böylece, dolaylı olarak fluviyal malzemelerin yaş saptanmış olmaktadır. Bu tür malzemelerin vadilerdeki konumları, saptanan yaşlarla birlikte değerlendirilerek paleoiklimsel yorum yapılabilmesini sağlamaktadır.

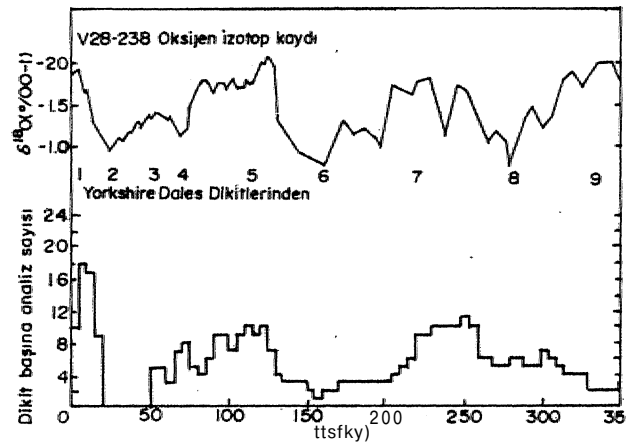
#### Kaynaklar

Kaynak, akımı genellikle yağıştaki değişimler tarafından denetlenmektedir. Yağış ise atmosferik, dolaşma bağlıdır. Kurak bölgelerde kaynak akımı ancak yerel akiferin yağışla beslendiği dönemlerde yani fluviyal dönemlerde görülebilir. Çeşitli dönemlerde, buzul etkisi altında kalan bölgelerde kaynakların boşalttığı akiferin beslenmesi buzullaşma ile kesilmektedir. Biz örtüsü ve permafrost bu olaya neden olan başlıca etkenlerdir. Karbonatlı kayaç akiferlerini boşalttıklarında kaynaklar tufa ve traverten çökeltmektedirler. Karbonatlı kayaç akiferlerini boşalttıklarında kaynaklar tufa ve traverten çökeltmektedirler. Temiz, sediman içermeyen ve gözenekliliği yüksek olmayan tufa, ve travertenlerin yaş  $^{14}\text{C}$  veya Uranyum Serisi yöntemleriyle saptanabilmektedir. Bu karbonatlı çökeller genellikle paleoiklim konusunda önemli bilgi veren buzul tilleri, morienler, lössler, paleosoller, polen içeren alüvyon, köyüvüm gibi malzemeleri örtmekte veya bu malzemelerden oluşan ana katmanlar içerebilmektedirler. Ayrıca erozyona bağlı olarak oluşmuş yerçekilleri ile travertenler arasında ilişkiler de yorumlamada kullanılan önemli bilgiler sağlamaktadırlar. Be şekilde, kaynakların hidrolojik rejimleri ve paleoiklim konusunda yorumlamalar yapılabilir.

#### Mağara çökelleri

Karstik mağaralar, yerel karbonatlı çökellerin bozulmadan uzun süre kalabildikleri ortamlar sağlamaktadırlar. Bu nedenle iklimsel yorumlamalar için eşsiz örnekler barmaktadırlar. Mağara çökelleri, çeşitli kırıntılı çökeller arasında veya üzerinde oluşabilmektedir. Genellikle kalsit veya aragonit şeklinde çökelen kalsiyumkarbonat çok düşük oranlarda uranyum içerir. Hiç toryum içermemesi nedeniyle U - Serisi yöntemi için önemli malzeme - oluşturmaktadır. Karbonatlı mağara, çökellerinin izotopsal ve kimyasal değişimleri

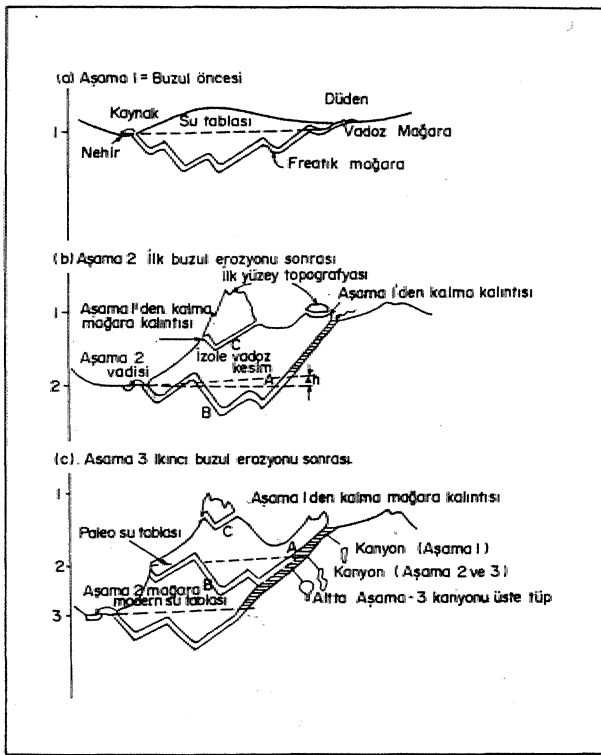
de önemli paleoiklimsel bilgiler sağlamaktadırlar. Eğer, suyun  $^{18}\text{O}$  içeriği açısından denge koşulları sağlanmış halde iken bu malzemeler çökelmişlerse, oluşum döneminin ortam sıcaklığı ve suyun izotopik bileşimi konusunda da önemli bilgiler elde edilebilmektedir. Mağara çökelleri, kristallenme sonrasında kristal aralarında, oluştukları suda küçük miktarlarda kapanlar da içerebilmektedirler. Bu suyun izotopsal bileşimi de yine yerel sıcaklık ve iklimsel yorumlamalarda kullanılabilir. Kurak bölgelerde, mağara çökelleri fluviyal dönemlerde oluşabilirler. Buzullarla kaplı alanlarda çökeltme mümkün olmamaktadır. Mağara çökellerinin yaşlarına ilişkin yoğunluk, analizleri, buzlanma - fluviyal Mim dönemleri konusunda bilgiler verebilir. Bu tür bir çalışmaya örnek Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Mağara çökellerinin yoğunluğunu analiz ve buzlanma - fluviyal dönem yorumlamalarına bir örnek (Ivanovich and Hormon, 1992'den).

#### Yeraltı suları ve jeotermal sistemler'

U - Serisi kullanılarak yeraltı sularının ve çözünmüş maddelerin geçiş süreleri, çatlak ve kırıkları dolduran damar dolgularının yaşları, hidrotermal faaliyet, süresi, element taşınım mekaniizmaları, kırık boyutu ve akım mutan gibi hidrojeolojik karakteristikler konusunda bilgiler elde edilebilmektedir. Bununla beraber, bu konularda bugüne kadar yapılan çalışmaların ancak, bir kısmı başarılı sonuçlar vermiştir. Bunun nedeni, izotopların tutulması (adsorplanması), çökeltme ile ilgili fizikokimyasal süreçlerin çok karmaşık olması ve bu karmaşıklıkların önerilen modellerde dikkate alınmamasıdır. Be da, modellerden elde edilen bazı parametrelerin yanlış yorumlanmasına neden olmaktadır. Öte yandan, tankların geometrisi, kırıklara yakın bölgelerde kayaçtaki heterojen yapının etkisi, henüz çözümlenememiş olduğundan dolayı çeşitli varsayımlara dayanmaktadır. Bu nedenle kayaç - su etkileşimi net bir şekilde açıklanamamaktadır.



Şekil 7. Vadi tabanı derinleşmesinin Ü - serisi teknikleri ile analizi (Ford and Williams, 1989'dan).

### Jeomorfolojik evrim

#### Vadi tabanı derinleşmesi

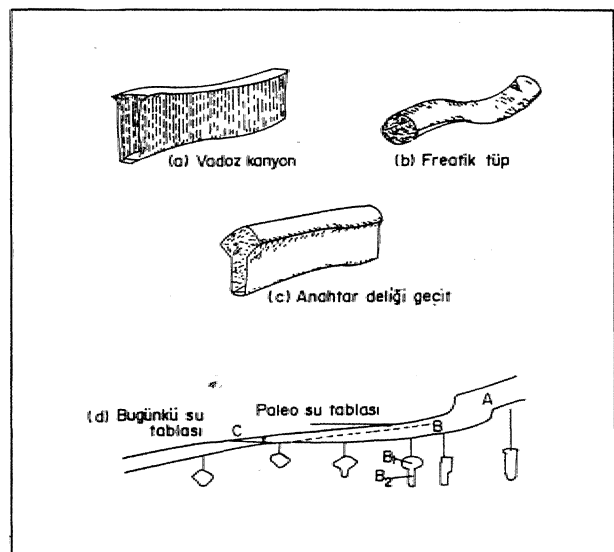
U - Serisi kullanılarak vadi tabanındaki aşınma oranının belirlenmesi düşüncesi ilk olarak Ford et al (1972) tarafından ileri sürülmüş, Ford et al (1981) tarafından geliştirilmiştir (Ford and Williams, 1989).. Akarsu alüvyonları gibi yumuşak çökellerin erozyonla kolaylıkla yok olması, öte yandan, vadi yamaçlarında bu malzemenin teraslar şeklinde korunabilmesi» önceki vadi tabanı seviyelerinin saptanabilmesine olanak vermektedir. Ancak,» bu tür malzemeler, genellikle yaş saptamaya uygun çökeller içermemektedirler. Öte yandan, vadi tabanlarının, bir diğer göstergesi yaş tayinine uygun, karbonatlı çökeller içeren mağaralardır. BE mağaralarının evrimi, vadi tabanı derinleşmesi ile ilgili bilgiler vermektedir.. Şekil 7'de görüldüğü gibi karbonatlı, kayalarla kaplı ve ortalama bir topografyaya sahip bir alanda bulunan mağara sistemi (a) suyunu vadi tabanındaki bir kaynaktan boşaltmaktadır. Daha sonra meydana gelen yükselme ve erozyon, örneğin bozul erozyonu,, önceki topoğrafik yüzeyin daha engebeli bir görünüm kazanmasına, neden olmaktadır (b)... Ancak yüzey altındaki mağaralar, yüzeyden daha iyi bir şekilde korunmuş olarak kalırlar,.. Yeni mağara sistemi, suyunu bu kez, yeni (derinleşen) vadi tabanındaki yeni kaynaktan boşaltmaya başlar. İkinci bir erozyon vadinin biraz da-

ha derinleşmesine neden olur<sup>1</sup> (c). Bu kez ikinci mağara sistemi de fosileşir ve yeni bir mağara sistemi, oluşur.. Tik mağara sisteminden kalıntılar artık daha da azalmıştır.. Görüldüğü gibi mağara sistemlerinin, gelişimi, yüzey şekillerinin evrimi ile yakından ilişkilidir,..

Şekil 7'de verilen jeomorfolojik evrimin ilk. aşamaları, mağaraların morfolojileri, kullanılarak yeniden oluşturulabilmektedir. Genel anlamda, mağaralar kırçtaşlarının, su tablası •üzlerinde: ve altında olmak üzere iki farklı koşul altında, çözünmeleri ile oluşurlar.,

Su tablası üzerinde, vadoz mağaralar oluşurlar. Çok tea bir süre sonra, mağaranın meydana geldiği kırıklar su ile dolar, yeraltı nehirleri mağara, tabanında akmaya ve böylece tabanı aşındırarak derinleştirmeye başlarlar. Sonuçta Şekil 8'de görülen vadoz kanyonlar oluşur. Bina karşılık, su tablasının altında kalan kırıklar, boyutları ne olursa, olsun sürekli olarak su ile dole kalırlar. Bu nedenle,» tabanda, duvarlarda, ve tavandaki aşınma oranı hemen hemen eşittir ve freatik tip olarak bilinen dairesel veya eliptik, kesitli erime boşlukları oluşur (Şekil 8),

Mağaralar ilk olarak freatik (suya doymun - dem) bölgede gelişirler., Daha sonra karstlaşma tabanının,, deniz, seviyesi değişimleri ve kıtasal yükselmeler gibi çeşitli, nedenlerle alçalması ile vadoz ortam koşullarında kalırlar. Bu durumda oluşan morfoloji, anahtar deliğine benzediğinden, anahtar deliği terimi ile anılmaktadır (Şekil 8). Aktif mağara sistemlerinde mağaranın kesiti,, su, tablasına yaklaşıkçça vadoz bölgede aldığı şekilden, freatik tüpe doğru değişen morfolojilerde görülür., Bu morfoloji değişimi paleo - su seviyesinin bir göstergesidir<sup>1</sup> (Şekil 8). Kireçtaşı katmanlarının yüksek

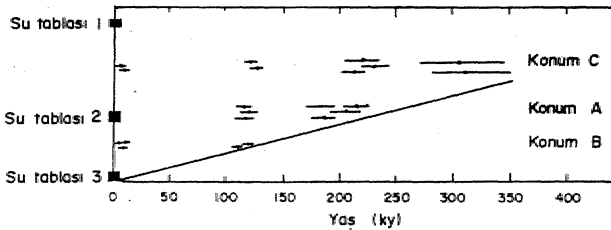


Şekil 8. Oluşum türüne göre mağara morfolojileri (Ford and Williams, 1989'dan).

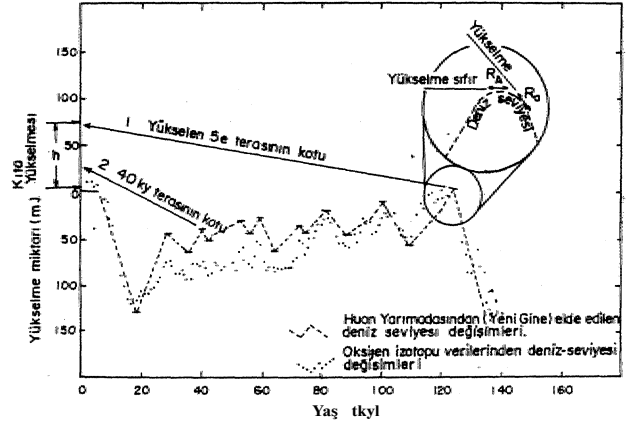
eğime sahip olduğu bölgelerde mağaralar düşey yönde zigzaglar çizerek gelişmektedirler (Ford ve Williams» 1989). İik çözünme katmanlanma düzlemi boyunca gelişmekte, daha sonra su, rastladığı eklem sisteminden yukarı doğru hareket etmekte ve yeniden katmanlanma düzlemi boyunca akmaya devam etmektedir. Böylece şekilde gösterilen freatik yükselme - alçalmalar görülmektedir. Bu dalgalanmanın üst kesimi, su tablasının konumunu temsil etmektedir. Bu nedenle, mağaraların ayrıntılı bir şekilde morfolojileri,, genel mağara geometrisi ile birlikte incelendiğinde paleo - su seviyeleri konusundan önemli bilgiler elde edilebilmektedir. Paleo - su seviyeleri, ise yüzeydeki, yerşekillerinin evrimini, denetleyen temel etkenlerdendir. Mağara sistemlerinin paleo - su seviyeleri ve yüzey yerşekillerinin evrimindeki önemi bu sistemlerin yaşlarının saptanmasını gerektiriyordu. Bu da U/Th yöntemi ile önceki kısımlarda anlatıldığı, şekilde yapılabilmektedir, Şekil 9, bu amaçla yapılmış yaş saptamalarının nasıl yorumlandığı konusunda bir örnek oluşturmaktadır. Şekildeki A seviyesinden alınan dikit en yaşlı dikit olup 225 fcky yaş vermiştir. Eğer vadi, fasa bir buzul döneminde hızlı bir şekilde B'den Cye derinleştiyse, bu durumda 225 ky, buzlanma çağının minimum yaşını verir. Öte yandan vadi tabanı derinleşmesi genellikle sabit bir oranla gelişir. Dikitlerden alınan yaşlar yorumlanacak olursa, vadi tabanı derinleşme oranı bitin noktalan içerecek en dik eğime sahip doğuran eğimi ile verilebilir: Ancak, bu oran, vadi tabanı derinleşmesinde etkili olan çeşitli faktörlerin gözardı edilmesinden dolayı oldukça kaba bir tahmine dayanmaktadır.

#### Kıtaların yükselme oranı

Mercan yaşlarının U - Serisi ile saptanması, tektonik etkilerle kıyıların yükselme oranlarının belirlenebilmesine olanak sağlamıştır. Mercanlar deniz, seviyesinin karaya göre kararlı olduğu tropik - subtropik alanlarda oluşmaktadır. Tektonik olarak kararlı kıyılarda, Pleistosen sırasında 'deniz seviyesinin birkaç bin yıl veya daha uzun sürelerde sabit kaldığı zamanlarda mercanlar yaygın olarak oluşmuştur. Yükselen kıyı şeritlerinde,, bölgesel deniz seviyesinin (eustatic) yükselme oranı ile karaların yükselme oranı eşit olduğunda resifler oluşmaya başlamaktadır\* Mercan resifleri sadece sığ sular-



Şekil 9. Mağaralarda Paleo - su seviyelerinin yorumlanması (Ivanovich and Harmon, 1992'den).



Şekil 10. Uranyum serisi analizleri yaramayla kıta yükselme oranının saptanmasına ilişkin bir örnek (Ivanovich and Harmon, 1992'den).

da, fotik (ışığın sızılabildiği) zonlarda oluşmakta ve eğer resif ve resife bağlı olarak tutulan sedimanlar iyi korunmuşsa, genellikle oluşum dönemlerindeki ortalama deniz seviyesinin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Hızlı yükselen kıyılarda» basamaklı resif teras oluşumu yaygın olarak gözlenmektedir. Bu terasların yaşlarının saptanması, son 250 ky için paleo - deniz seviyelerinin tarihçesinin belirlenebilmesini sağlamıştır. Ancak, basamaklı teraslanmanın, doğrudan deniz seviyesi ile bağlantılı olarak yorumlanmasından önce yerel tektonik yükselmenin belirlenmesi gerekir. Bu soran, terasın kotu (bugünkü deniz seviyesinde yüksekliği) ile oluşumu şurasındaki pakodeniz seviyesi arasındaki ilişki ile çözülebilmektedir (Şekil 10). İki yükselti arasındaki fark terasın oluşumundan be yana meydana gelen, yükselme miktarını vermektedir, Burada çözülmesi gereken bir döngü bulunmaktadır, yükselme miktarının belirlenebilmesi için paleodeniz seviyesinin belirlenmesi, gerekir; aynı anda, paleodeniz seviyesinin belirlenebilmesi için de yükselme miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu döngü, Bermuda veya Bahama adaları gibi tektonik açıdan oluşumundan bugüne kadar hep kararlı olduğu bilinen bölgelerde yapılan çalışmalarda çözülmüştür. Son buzularası dönemde paleodeniz seviyesinin bugünkü deniz seviyesinden 5 - -8 m. daha yüksek olduğu belirlenmiştir, U - Serisi ile yapılan analizler sonucunda, kararlı kıyılarda resif oluşumunun 125 ky önce gerçekleştiği belirlenmiştir,, Bu dönem <sup>15</sup>O oksijen - izotopu dönemine<sup>11</sup> karşılık gelmektedir. Bu bulgu,, bölgesel (global - eustatic) deniz seviyesinin Pleistosen sırasında ancak bir kez bugünkü deniz seviyesinden daha yüksek olduğu sonucunu, vermiştir<sup>1</sup> M bu sonuç derin deniz sedimanlarının izotop analizleri ile uyumlu bulunmuştur (Shackleton and Opdyke, 1973; Smart and Frances,, 1991),, Bu durumda, tektonik etkilerle yükselen kıyılarda, yerel yükselmeler, 5e dönemine ait terasların U - Serisi üe

saptanması ile betirlenebilmektedir. Teras yükseltisi ile 6.5 m olan 5e dönemi paleodeniz seviyesi arasındaki fark., kıta yükselme- miktarını vermektedir.

## Sonuçlar

Yer bilimcilerinin çeşitli dallarında değerlendirme ve yorumlanmaların sayısal verilere dayandırılmasına yönelik olarak yoğunlaşan çalışmalar, bu bilimin, uygulamada daha sağlıklı sonuçlar vermesini sağlamaktadır. Jeomorfoloji, jeokimya, tektonik gibi yer bilimlerinin diğer daları ile yakından ilişkili olan hidrojeoloji bilim dalı, yeraltısuyu hareketinin matematiksel olarak ifade edilebilmesi nedeniyle, ilgili olduğu alanda sayısal çözümler üretebilmektedir. Öte yandan, karst hidrojeolojisinde, klasik yöntemlerin, geçersiz olması, bu tür ortamlardaki yeraltısuyu dolaşım sisteminin ortaya konmasında büyük güçlükler neden olmaktadır. Karstlaşma evriminin nasıl geliştiği konusunda sayısal veri elde etme gücü, bu tür sorunların başında gelmektedir. Karbonatlı malzemelere, uranyum serisi ile yaş verme çalışmaları, karşılaşmayı denetleyen ana etmenlerin sayısallaştırılması konusunda büyük yararlar sağlamaktadır, Paleoklimsel değişimlerin ortaya konduğu izotopik yöntemlerle birlikte ele alındığında, uranyum serisi ile yaş saptama teknikleri karst evriminin açıklanmasında önemli sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır.  $^{230}\text{Tl} / ^{73}\text{U}$  yöntemi, bu amaçla izlenebilecek en uygun yöntem olarak kabul edilmektedir. Özellikle, toryem kirlenmesi ve ikincil kalsit çökmesi veya çözünmesi görülmeyen traverten - tufa malzemelerde sağlıklı sonuçlar veren- bu yöntem., Türkiye'deki mağaralarda bulunan çökelerin büyük bir kısmında sorunsuz uygulanabilir. Uranyum Serisi, kullanılarak, özellikle karasal karbonatlı çökellere yaş verme tekniklerinin gelişmesi, Kuvaterner döneminin paleoklimsel koşullarının belirlenebilmesini sağlamıştır. Paleoklimsel yorumlama ile birlikte jeomorfolojik evrim konusunda yapılan çalışmalar özellikle Kuvaterner Jeolojisi ve Jeomorfolojisi konularında önemli katkılar sağlamıştır. Paleödim ve jeomorfolojik yorumlamalara koşut olarak karstlaşma evriminin belirlenebilmesine olanak sağlayan bu teknikler, özellikle Türkiye'nin Toros Karst Kuşağında olduğu gibi, karstlaşmanın bugünkü deniz seviyesinin altında da gözlemlendiği bölgelerde, hidrodinamik yapının ortaya konmasında çok önemli bilgiler sağlamaktadır. Yeraltısuyu dolaşımının meydana geldiği karstik ortamlar, çözünme - çökme süreçleri sonucun-

da oluşmaktadırlar. Çözünme ve çökme farklı iklimsel koşulların göstergesi olarak ele alındığına göre paleoklimsel yorumlama., bu süreçlerin tarihçesinin belirlenebilmesini sağlamaktadır. Öte yandan, karşılaşmanın deniz seviyesine bağlı olarak, gelişmesi ve U - serisi teknikleri ile deniz seviyesindeki dalgalanmaların belirlenebilmesi, karstik akiferin gelişme evriminin açıklanabilmesinde kullanılan önemli bilgiler vermektedir,.. Böylece, akiferin bugünkü durumu ve yeraltısuyunun dolaşımı ile ilgili sağlıklı yorumlamalar yapılabilmektedir, Bugüne kadar, gözlemlere ve deneyime bağlı olarak yapılan bu tür yorum ve açıklamalar, uranyum serisi izotopları kullanılarak geliştirilen yaş saptama teknikleri ile sayısal bir karakter taşıyacaktır.

### KATKI BELİRTME

Bo çalışma, Hacettepe Üniversitesi Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi (HÜ - UKAM) ile Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) arasında yürütülen TUR / 88 / 007 kodlu proje kapsamında, Bristol Üniversitesi (İngiltere) Coğrafya Bölümü, Uranyum Serisi Yaş Saptama Laboratuvarında yazar tarafından yapılan kuramsal ve uygulamalı çalışmalar sonucunda hazırlanmıştır. Yazar, bu çalışmanın yapılabilmesi için gerekli, her türlü desteği sağlayan UKAM Merkez Müdürü, Prof. Dr. Gültekin Giray "a" ve Bristol Üniversitesi Vakfı çalışmalarını başlatıp yakından izleyen, tier türlü bilgi, ve ekipmanı sağlayan. Prof. Dr. Peter L. Smart'a teşekkür eder.

### DEĞİNİLEN BELGELER

- Goldschmidt, V.M., . 1954, Geochemistry, Clarendon Press, Oxford.
- Heir, K.S. and Aclams, J.A.S., 1965, Concentration of radioactive elements in deep coastal material... Geochim. Cosmochim. Acta, 29,, 53 - 61.
- Langnuir, D., 1978, Uranium solution - mineral equilibria at low temperatures with applications to sedimentary ore deposits. Geochim. Cosmochim. Acta, 42,547 - 69.
- Chafetz, H.S. and Folk, R.L., 1984, Travertines: Depositional Morphology and The Bacterially Constructed Constituents-, Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 54, No. 1, p. 289-316.
- Yılmaz, H» 1988, Uranyum : ve Toriyum Jeokimyası, M.T.A. Yayınları Eğitim Serisi, No, 29, Ankara..
- Ford, D.C and Williams, P.W., 1989, Karst Geomorphology and Hydrology, Unwin Hyman., London.
- Smart, P.L. and Frances, P.D., (eds) 1991, Quaternary Dating Methods - A User's Guide Quaternary Research Association» Technical Guide No. 4, Cambridge.
- Ivanovich\* M. and Harmon, R.S., (eds) 1992, Uranium. Series Disequilibrium, Applications to Earthy, Marine and Environmental Sciences, 2nd Edition, Clarendon. Press, Oxford..

# İndikatör temel bileşenler krîgîng yöntemi ile yeraltısuyu Mrlîliğinin saptanması ve yöntemin Eskişehir Ovası'na uygulanması

Cem Saraç

A. Erhan Temam

Deniz MamurekH

Fikret Kaçafoğlu

BLÜ. Jeoloji Müh. Böl. Beytepe, Ankara

H.Ü. Maden Müh., Böl. Beytepe, Ankara

H.İl Maden Müh. Böl. Beytepe, Ankara

C.Ü. Jeoloji Müh. Böl. Kampus, Sivas

*Kirlenmiş bir yeraltısuyu ortamında, kuyu yeri seçimi oldukça önemlidir. Gözönüne alınan kirleticinin kritik bir değeri aşma olasılığı bilirse, karar verme aşamasında çeşitli risklerden kaçınılabılır. İndikatör temel bileşenler krîgîng yöntemi, bu gibi durumlarda uygulanabilecek ideal bir yöntemdir. Araştırmada yöntem tanıtıldıktan sonra, Eskişehir Ovası'nda bir uygulaması verilmektedir. Eskişehir Ovası'ndan alınan yeraltısuyu örneklerindeki nitrat derişin/derine ilişkin İndikatör temel bileşenler variogramları hesaplanmakta ve ayrıca gerçek değerlerin, önerilen en yüksek nitrat değerlerinden daha büyük olma olasılıkları gösterilmektedir.*

## Giriş

Bağıl olarak dar bir sıcaklık ve kimyasal değişim aralığına sahip olan yeraltısuyu; içme, sulama ve endüstriyel amaçlar için kullanılan suların önemli bir bölümünü oluşturur. Ancak,, yeraltısuları tanım, sanayi ve evsel kökenli atık suların, nehirlere, sulama kanallarına boşaltılması ve doğnıdayı yeraltına sızma gibi faaliyetler sonece kirlenirler. Kirlenmiş bir akiferde kuyu yeri seçimi ise oldukça önemli bir konudur.

Burada problem, gözönüne alınan kirleticici maddeler tarafından kirlenmemiş ilgili, temiz bölgeleri, tanımla-

mak ve kuyu yerlerini bu alanlarda belirlemektir.. Bu, örneklenmemiş lokasyonlarda kirleticici maddenin değerleri hakkında belirsizliğin değerlendirilmesini gerektirecektir..

İncelenen kirleticici madde  $z(x)$ 'in krîg edilmiş bir değerini üretmek, ve bilinmeyen değer hakkındaki, belirsizliği, her bir kestirim değeri  $z^*(x)$  üzerinde

$$\Pr[z^*(x) - Z_{\alpha/2} \cdot C_k(x) < z(x) < z^*(x) + Z_{\alpha/2} \cdot C_k(x)] = 1 - \alpha$$

ile verilen  $\%(1 - \alpha)$ . 100 İlik bir güven aralığı oluşturarak değerlendirmek bu probleme bir çözüm oluşturacaktır. Yukarıdaki eşitlikte,  $z^*$ ; normal dağılım yoğunluk eğrisi altında  $\alpha/2$  Hk alam sağa bırakan  $z$  değeri ve  $C_k^2$ ; krîgîng varyansını göstermektedir. Bu yaklaşım, kestirim hatalarının ortalaması sıfır ve varyansı, kestirim •(krîgîng) varyansına eşit. olan normal bir dağılıma sahip olduğunu varsaymaktadır. Ancak düzensiz veri dağıtılarının varlığında, kestirim hatalarının dağılımı da düzensiz olacaktır ve krîgîng varyansı gerçekçi güven aralıklarını sağlayacaktır (Tercan and Dowd, 1993)\*

$x$  lokasyonundaki bilinmeyen  $z(x)$  değeri hakkındaki 'belirsizliği daha iyi karakterize etmek için. aşağıda verilen koşullu kimülatif dağılım fonksiyonu (kkdf) gözönüne alınabilir

$$F(x; z_c | Z_m) = F[x; z_c | Z(x_1) = z(x_1), \dots, Z(x_j) = z(x_j)] \\ = \Pr [Z(x) < z_c | Z(x_1) = z(x_1), \dots, Z(x_j) = z(x_j)]$$

Burada

$Z$ : rastlantı fonksiyonunu,,

$z$ : bölgesel değişkeni ve

$z_c$ : sınır değeri göstermektedir.

Boradaki koşnili kümülatif dağıtım fonksiyonu kullanılarak, çeşitli optimal kestirim değerleri ve herhangi bir sınır' değer z"yi aşma olasılıkları "türetilir.

Koşullu kümülatif dağılım fonksiyonlarının kestirimine ilişkin, parametrik ve parametrik olmayan şekilde iki farklı yaklaşım bulunmaktadır (Marcotte and David, 1985; Matheron, 1976; Joomei 1983). Matematiksel olarak basit olmalarından dolayı., parametrik olmayan yöntemler dala çok kabul görmektedirler. Literatürde koşullu kümülatif dağılım fonksiyonunun kestirimine ilişkin çok sayıda parametrik olmayan jeostatistiksel tekniğin geliştirildiği görülmektedir.. Indikator kokringing yöntemi., indikatörler arasındaki çapraz kovaryansları dikkate alan bir yöntem olmasına karşılık, uygulamalarında çok sayıda çapraz kovaryanslı modellenmesindeki güçlükler nedeni ile kullanılmamaktadır. Indikator kringing ve olasılık kringing bu güçlükler karşısında geliştirilmiş yöntemlerdir, ancak bu yöntemlerde de çapraz kovaryansların hepsi hiUanılmamaktadır. Indikator temel bileşenler kringing yöntemi., bo iki. uç / zıt yöntemi; indikatör kringing; ve. indikatör kokringing arasında olan. ve bunların iyi yönlerini. kıdanan bir yöntemdir, be teknik, indikatörler arasındaki çapraz bilgiyi kullanmakta ve daha az sayıda kestirim ve modelleme gerektirmektedir.

Bu çalışmanın amacı, indikatör temel bileşenler kringing yöntemini yeraltısuyu kirliliğinin değerlendirilmesine» özellikle kuyu yeri seçimine uygulanmaktır. Bu konuda ilk defa gerçekleştirilen bu çalışmada, ilk olarak, koşullu dağılımın tiritiminde kullanılan indikatör temel bileşenler yöntemine .kısa, değinilecek ve yöntem Eskişehir  vası'ndaki yeraltısuyu verilerine uygulanacaktır.

## Koşullu dağılımların türetimini ve E - tipi kestiriler

Belirli bir z<sub>c</sub> sınır değerine ilişkin indikatör' değerken aşağıdaki gibi tanımlanabilir,

$$I(x; z_c) \sim 1 \text{ değilse, } 0$$

Journal (1983), indikatör değerken i(x;Z<sub>c</sub>)'nin kringing ile kestirimi ve bu kestirilen değerin koşullu kümülatif dağılım fonksiyonuna bir yaklaşımı olarak kullanılması önermektedir:

$$F\{x; z_c | ZJ = [i(:x; z_c)]^*$$

x noktasında türetilen koşullu dağılımın beklenen değer, bu noktadaki bilinmeyen bir kestiricisini sağlayacaktır. Bu kestirimi E - tipi kestirim olarak adlandırılabilir (Suro - Perez and Journal, 1991).

$$Z^*_E(x) = \int_0^1 z G^*(x; z | Z) dz$$

By integral altta verildiği gibi. nümerik olarak değerlendirilir

$$k=1$$

borada z<sub>c</sub>, [z<sub>k+1</sub>, z<sub>j</sub>] sınıfı içindeki koşullu sınıf ortalamasıdır.

## Indikator temel bileşenlerin kestirimi ile koşullu dağılımların tiritimi

Eğer farklı sınır değerlerindeki indikatörler ilişkisiz ise., indikatör değerlerin bağımsız bir şekilde yapılan kringing fann bir kokringing gibi aynı sonucu verecektir. İndikatör değerkenleri ortogonal rastlantı değerkenlerine ( rneğin temel bileşenlere) dönüştürerek bu gerçekleştirilebilir, indikat rlerin\* temel "bileşenlerinin kovaryans matrisi bütün uzaklıklar için köşegen bir matris oluşturuyorsa, 'her bir' temel bileşenin kestirimi değerlerinden bağımsız, bir şekilde yapılabilir ve. ters dönüşüm ile gerekli indikatör' değerlerin bir kestiricisi sağlanabilir (Dowd, 1991).

Indikator temel bileşenlerin .kringingi ve indikatörlerin geri d ş n mle kestirimi., Suro - Perez and Journal (1991.) tarafından ortaya atılmıştır. Tekniğe ilişkin ayrıntılı bilgi aşağıda verilmektedir.,

### Temel Bileşenler Analizi (TBA)

Temel bileşenler analizi, veriler hakkında hiçbir istatistiksel varsayım gerektirmeyen bir ortogonaUeştirme işlemidir. Fakat, dönüştürülmüş değerkenler (Y; (x)) arasındaki çapraz kovaryansın değerine sifıra eşittir:

$$- M_i (Y_j (x) - M_j) = 0 \quad \forall j^* i$$

M<sub>i</sub>; Y<sub>i</sub> (x) bileşeninin ortalamasıdır. İlk dönüştürülmüş değerken. Y<sub>1</sub>(x) ya. da ilk temel bileşen en yüksek varyansa, ikinci temel bileşen Y<sub>2</sub>(x) ise- ikinci en yüksek varyansa sahiptir.

İndikatör değerkenlerin temel bileşenlere dönüştürülmesi x lokasyonundaki indikatör vektör

$$I(x; z) = [I_1(x; z_1), \dots, I_n(x; z_n)]^T$$

ile tanımlanır... h, uzaklık vektörü için oluşturulan indikatör kovaryans matrisi X<sub>1</sub> O<sub>1</sub>) aşağıda verilen eşitlikte görülmektedir:

$$C_1(h_1; z_1, z_2) \dots C_1(h_j; z_1, z_k) j$$

$$Q(h, \hat{\cdot}, Z_k) = \text{kov} [I(x; z_j, Kx+h, \hat{\cdot})]$$

Temel bileşenleri elde etmenin bir yolu  $Z_1(h)$ 'in spektral dekompozisyonunu göz önüne almaktır

$$I_1(h, \cdot) = AAA^T$$

Burada A ortonormal matris ve  $\hat{\Lambda}$  köşegen, matristir. Her' iki matris de belirli bir  $h_1$  vektörü için tanımlanır. A matrisinin sütunları  $Z_1(h)$ 'in özvektörleri ve  $\hat{\Lambda}$  köşegen, matrisinin elemanları. 'Er( $h$ )'i.o en büyükten küçüğe doğru sıralanmış ( $X_1 > X_2 > \dots > X_n > 0$ ) özdeğerleridir (Wilkinson, 1965),

A matrisi hesaplandıktan sonra» in.dik.ator temel bileşen vektörü., iki matrisin, çarpımı ile elde edilir:

$$Y(x) = A^T I(x; z)$$

$Y(x)$ 'in her elemanı

$$Y_k(x) = \sum_{k'=1}^n a_{k-k'} I(x; z_k)$$

olarak yazılır. Burada  $a_{k-k'}$  ve  $I(x; z_k)$  sırası ile A matrisi ve  $I(x; z)$  vektörünün elemanlarıdır,  $Y_k$ , orijinal, indikatörlerin doğrusal bileşenleridir. Bu bileşenlerin  $h = h_j$  için çapraz kovaryansları sifıra eşittir:

Ancak diğer uzaklıklar ( $h$  &  $h_j$ ) için bu garanti edilemez ve çapraz kovaryansları sifıra eşit olduğu varsayılır.

indikatör- Temel. Bileşenlerin Kriging ile: Kestirimi

$Y_{10}(x)$  temel bileşeninin koriging tipi kestiricisi aşağıdaki bağıntı ile verilebilir:

$$Y(x) = \sum_{k=1}^n \hat{E}_{ota} Y_k(x_a)$$

Ortogonalliğin bütün  $h$  uzaklıkları için geçerli olduğu varsayıldığında üstte verilen koriging kestiricisi, normal kriging kestiricisine indirgenir.

$$a=1$$

$X_a$  ağırlıkları aşağıda verilen kriging; sisteminin çözümünden elde edilir:

$$\hat{E} \setminus * C(x, -x^{\wedge} + \hat{\cdot} = C(x - x_k, ; k)$$

$$\hat{E}^n = \mathbf{1}, \quad \mathbf{a} = \mathbf{1}, \dots, n$$

Eşitlikte  $C_y(x_a - x_b; k_0) = \text{kov} [Y_{k_0}(x_a), Y_{k_0}(x_b)]$ .  $Y(x) = A^T I(x; z)$  dönüşümünün tersi  $Z(x)$  koşullu-kümülatif dağılım fonksiyonunun bir modelini verecektir:

$$F_{\text{irak}}(x; z | Z_{11}) = AY^*(x)$$

Eşitlikte  $F_{\text{irak}}(x; z | Z_{11})$  ve  $Y^*(x)$  vektörleri aşağıdaki gibi tanımlanabilir

$$F_{\text{irak}}(x; z | Z_n) = \sqrt{F_{mk}}(x; z | ZJ \dots F_{\text{irak}}(x; z_k | ZJ)^T$$

$$Y^*(x) = [Y^*(x), \dots, Y^*(x)]^T$$

## Yöntemin Eskişehir Ovası'na Uygulanması.

Çalışma alanının jeolojisi

Eskişehir ve çevresi ile ilgili jeoloji, çalışmaları. 1940'lı yıllarda başlamıştır,.. Be tarihten, bugüne kadar bölgede çeşitli amaçlarla, jeoloji çalışmaları, yapılmıştır. Eskişehir Ovası'nın ve çevresinin jeolojisi, konu alau en son çalışma, MTA Genel Müdürlüğü tarafından, "Ota Sakarya Güneyi ile Uludağ Güneyinin Jeolojik Sorunları ve Kompilasyonu Projesi" adı altında yürütülmüştür.

Eskişehir ili ve çevresindeki bölge, jeolojik evrimini Jura öncesi. (Triyas ?) ile Holosen arasında, tamamlamıştır (Kaçaroğlu, 1991). Bu alanda metamorfik ofiyolitik, metadetntik, volkanik ve sedimanter kayalardan. oluşan bir istif yeralır. Metamorfik. ve ofiyolitik kayalann oluşturduğu topluluk doğu - batı yönünde uzanır. Eskişehir civarının bugünkü jeolojik yapısı., bölgede Triyas sonundan günümüze kadar gelişen jeolojik olaylar sonucu ortaya çıkmıştır. Bölgedeki kuzey - güney yönlü sıkışmalar soeucu Eskişehir Ovası'nın kuzey ve güneyinde çoğunlukla' doğu - batı yönlü bindirme fayları ve- normal faylar oluşmuştur (Gözler ve dig.,, 1985).

İnceleme alanında Kuvaterner yaşlı birimler eski ve yeni alüvyonlardan oluşmaktadır. Eski alüvyon; ovanın baü. kesiminde, ova çevresindeki yükseltilerde ise teraslar şeklinde bulunmaktadır ve- genellikle daha yaşlı formasyonlara ait kil, silt. kem ve çakılların gevşek tutturulmuşları oluşmaktadır. Yeni alüvyon., inönü Ovası'nda gelen Sarısu Deresi ile Porsuk Çayı ve yan. kollannm getirip ovada biriktirdiği malzemenen oluşur. Eskişehir Ovası'nda geniş, bir alanı kaplayan yeni alüvyonu, kil, sili, kem. ve çakıl oluşturur.



## Su kirliliği incelemeleri

Eskişehir üi, Türkiye'deki hızla gelişen ve endüstrileşen şehirlerimizden biridir. Şehrin su ihtiyacı, çeşitli faaliyetlerle kirletilen Eskişehir Ovası'ndaki alüvyon akiferden sağlanmaktadır. Kütahya ilinin evsel atıkları ile Eskişehir ilinin evsel atıklarının, bir bölümü ve bo iki şehirdeki endüstri kuruluşlarının atık sular, özellikle Kütahya, ilindeki, azot fabrikası, herhangi bir arıtma işlemi yapılmaksızın, Kütahya'nın güneybatısından doğan,» Kütahya, ve .Eskişehir'den geçtikten, sonra Sakarya Nehri ile birleşen Porsuk Çayı'na boşaltılmaktadır. Eskişehir'de bütün şehri kapsayan bir kanalizasyon sistemi bulunmadığından, evsel atıkların bir bölümü Porsuk Çayı ve selama kanallarına boşaltılmakta, geriye kalan bölümü ise fosseptiklerde toplanmaktadır. Şehir yerleşim alanına yayılmış olan binlerce fosseptik çukur yeraltısuyu için önemli bir kirlilik kaynağını oluşturmaktadır.

Tarım, Eskişehir Ovası'nda önemli bir ekonomik aktiviteyi oluşturan aktardır. DSİ tarafından inşa edilmiş olan selama kanalları ile ovanın büyük bir kısmı sulanmaktadır. DSİ verilerine göre ortalama yıllık 115 000 hektar tarım alanında sulama yapılmaktadır (DSİ, 1987). Ovada yapılan tarımda, gübre ve ilaç kullanımı oldukça yaygın olarak görülmektedir.

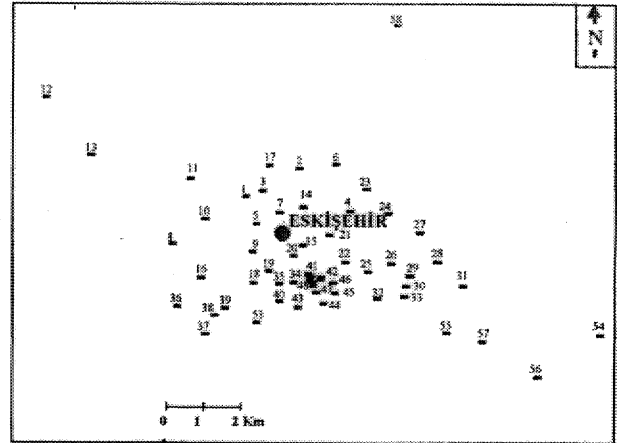
Yıkanda' verilen bilgiler doğrultusunda Eskişehir Ovası'ndaki yeraltısuyu kirliliğine neden olan kaynaklar aşağıdaki şekilde kısaca, özetlenilebilir:

- Porsuk Çayı ve sulama kanallarından yeraltısuyu beslenimi,
- Azot fabrikası atıldan,
- Evsel atıkların toplandığı fosseptik, çukurlardan sızıntılar ve
- Tarımsal amaçlı kullunılın gübre ve Maçlar.

Hızlı, bir gelişme ve endüstrileşmeye bağlı olarak, artan se gereksiniminin karşılanması amacı ile yeni pompajı kuyularının açılması gerekmektedir. Bununla birlikte, yeni açılacak kuyu yerlerinin akiferin kirlenmemiş bölümlerinde seçilmesi, kullanılabilir yeraltısuyu sağlanması açısından önemlidir.

## Verilerin değerlendirilmesi

Eskişehir Ovası'ndaki yeraltısuyu kirliliğini değerlendirmek amacı ile 58 adet mevcut içme suyu kuyusunda periyodik olarak 2 yıl süresince alınan yeraltısuyu örnekleri analiz edilmiştir (Kaçaroglu, 1991). Şekil 1'de yeraltısuyu örneklerinin lokasyonları gösterilmektedir. Örnekleme de; örnek noktalarına E1aşağılabiMik, alunac-ak örneğin o noktadaki su niteliklerini temsil edebilmesi» kuyuların arazideki konumları gibi özellikler



Şekil 1. Eskişehir Ovası'ndan alınan örneklerin lokasyonları.

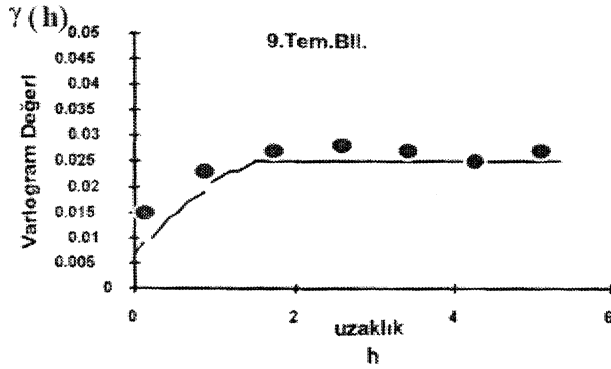
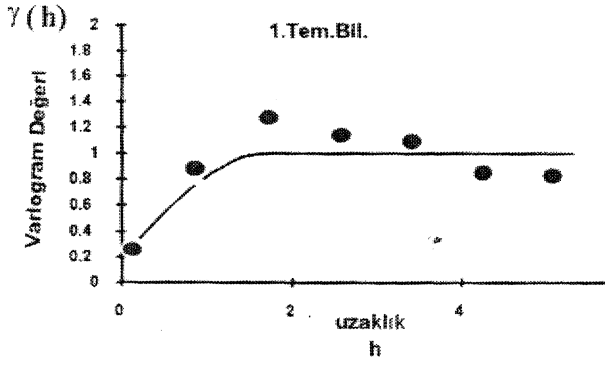
göz önünde tutulmuştur. Alman içme suyu örnekleri çeşitli değişkenler için test edilmiştir. Analiz edilen değişkenler arasında elektrik iletkenliği, pH., nitrat içeriği ve bulanıklık gibi. dağılımlar bulunmaktadır.

Eskişehir Ovasındaki yeraltısuyu kalitesi ve kirliliği mevsimsel değişimler<sup>1</sup> göstermektedir. Yeraltısuyunun beslenme koşulları, kirletici kaynaklardan gelen kirlilikteki mevsimsel değişimler, iklim koşulları, yeraltısuyu düzeyi değişimleri ve tarımsal çalışmalar gibi faktörlere bağlı olarak yeraltısularındaki nitrat içeriği, kurak ve yağışlı dönemler arasında 1 ile 10 kat arasında değişmektedir... Bu nedenle yöntemde, periyodik örnek alın. süresince ölçülen örnek değerlerinin ortalama nitrat içerikleri, kullanılmıştır. Çizelge 1'de nitrat değerlerine ait. istatistiksel bilgiler sunulmaktadır..

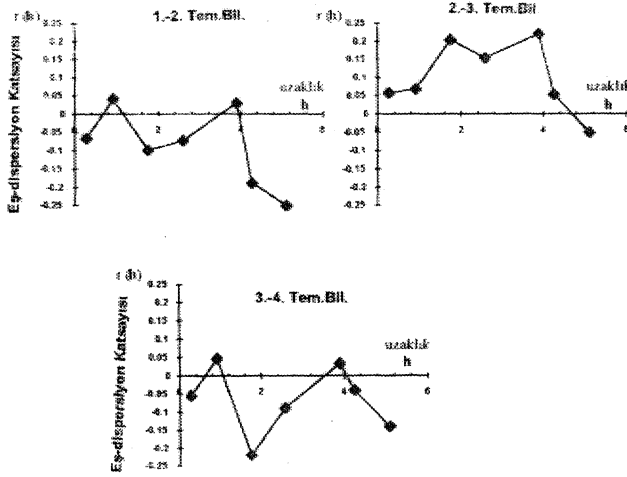
Uygulamada 9 temel bileşen, indikatör veriler ve İM = 0 adımıyla oluşturulan U matrisi kullanılarak hesaplanmıştır. 9 temel bileşenin herbirine göre yönsel varyogramlar hesaplanmış ve ortalama varyogram kullanılarak modelleme yapılmıştır. Şekil 2, ilk temel bileşen ve ayrıca son temel, bileşenin varyogramlarını göstermektedir. 1.7 km.'lik yapısal uzaklığa sahip küresel bir model ve nugget etkisi kullanarak, modellenen deneysel varyogramlarda, • yapısal uzaklıklar temel bileşenlerin her biri için aynıdır, Modellemenin geçerliliği Saraç ve

Çizelge 1. Eskişehir Ovası'ndan alınan örneklere ilişkin istatistiksel bilgileri.

Örnek Sayısı	:	58
Ortalama	:	39.99
Varyans	:	690.55
Minimum	:	5.44
Medyan	:	31.72
Maksimum	:	100.07
Varyasyon katsayısı	:	0.66



Şekil 2. İndikatör temel bileşenlerin otovariogramları (1. ve 9. bileşen)



Şekil 3. İndikatör temel bileşenlerin eş - dispersiyon katsayıları.

Tercan. (1992)'da verilen algoritmaya göre yapılmış ve model parametelerinin geçerli olduğu saptanmıştır.

İndikatör temel bileşenler kriging yönteminde, temel bileşenlerin uzamsal ortogonal olduğu varsayılmakta; belirli bir uzaklık için garanti edilen ortogonallığın bitlin uzaklıklar için geçerli olduğu kabul edilmektedir. Temel birleşenlerin herhangi bir çifti arasındaki uzaklığa bağlı korelasyonun büyüklüğünü değerlendirmek için, bu çalışmada, eş - dispersiyon katsa-

yısı  $r(h)$  kullanılmıştır. Bu katsayı Matheron (1965)'a göre, çapraz, varogramlara karşılık geio otovariogramların çarpımının, kareköküne oranı olarak tanımlanabilir. Şekil 3'de en önemli üç eş - dispersiyon katsayısı gösterilmektedir. Her grafik temel bileşenlerin ortogonallığının uzamsal olarak kabul edilebileceğini göstermektedir.

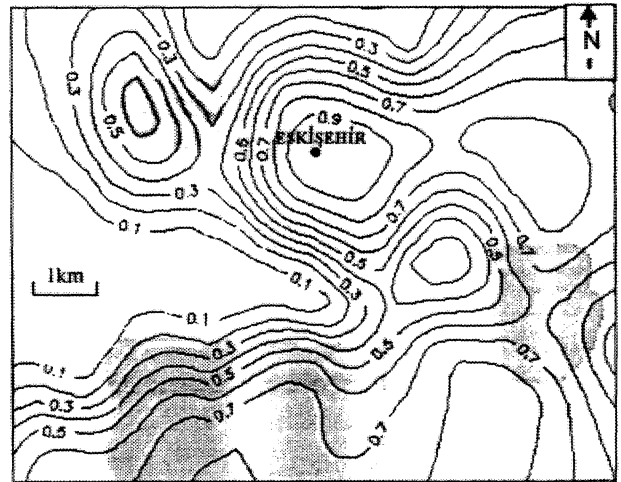
Koşullu dağılımların kestirimi

İndikatör temel bileşenler ayrı ayrı krig edildikten sonra, düzenli aralıkta 152 lokasyondaki koşullu dağılım kestirilmiştir. Kriging komşuluğu en çok 16 veri içermektedir ve koşullu dağılım, değerlerinin, geçerli bir dağılım fonksiyonunun özellikleri, sağlamadığı lokasyonlarda Deutsch and Journel (1992)'de verilen algoritma kullanılmıştır:

$$F(X; Z | Z_{jg} | [0,1])$$

$$F(x; z_k | Z_n) \leq F(x; z_{k+1} | Z_n), z_k \leq z_{k+1}$$

Sonuç olarak koşullu dağılımlardan, E - tipi kestirim değerleri, hesaplanmıştır. World Health Organisation - WHO (1984), nitratın insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini göz önüne alarak, nitrat derişimlerinin 45 mg/l  $NO_3$ 'de az olması gerektiğine işaret etmektedir. Lokasyonlardaki nitrat derişiminin bu sınır değeri aşması olasılığı hesaplanarak, Şekil 4'de sunulan kontur haritası hazırlanmıştır. Şekilde gölgeli olarak E - tipi kestirim değerlerinin 45 mg/l  $NO_3$ 'den daha büyük olduğu bölgeler gösterilmiştir. Dikkat edileceği üzere şekilde, kontur değerleri ile E - tipi kestirimle saptanılan kirlilik bölgelerinin farklı olduğu görülmektedir. Bu da uygulanan yöntemin klasik konturlamaya göre farklı-



Şekil 4» Eskişehir Ovası yeraltısularındaki nitrat konsantrasyonu koniwr haritası, nitrat değerleri 1/100 olarak verilmektedir. (E - tipi kestirimin 45 mg/l  $NO_3$ 'den fazla olduğu bölgeler gölgeli olarak gösterilmiştir..

lığını açıkça ortaya koymaktadır. Konturlama yönteminde herhangi bir kestirme işlemi yapılmaksızın sadece araziden, elde edilen, verilere göre eğriler geçirilmektedir. E - tipi bir kestirim uygulayarak izlenen yöntemde ise, İndikator temel bileşenlerin otovariogramları kullanılarak nitrat değişimleri modellenmiş ve Eskişehir Ovası'ndaki yapısal uzaklıklar dikkate alınarak kestirim gerçekleştirilmiştir. Şekilden açıkça görüldüğü gibi, WHO (1984) standartlarına göre E - tipi kestirim sonucu gölgeli olarak gösterilen bölgeler, kuyu yeri için uygun değildir. Ayrıca, bu bölgeler dışındaki çeşitli yerlerde kestirilen değerler, sınır değerlerinden daha az olduğu halde gerçek değerlerin bu sınır değeri aşma olasılığı oldukça yüksek gözlenmektedir. Böyle zonlar için ek bir örnekleme önerilebilir.

## Sonuçlar

İndikator temel bileşenler kriging yöntemi, daha az sayıda kestirim ve modelleme kullanarak, indikatörler arasındaki çapraz kovaryansın kullanıldığı bir yöntemdir. Yapılan çalışma sonuçları, yöntemin yeraltıyı kirliliği araştırmalarında, kolayca uygulanabileceği gösterilmiştir. Temel bileşenlerin çapraz varogramlarının bağlı büyüklüğü karşılık gelen otovariogram ile karşılaştırılarak yapılmıştır. İncelemede deneysel variogramlar hesaplanarak, bunlara küresel tip bir model, uyarlanmış ve yapısal, uzaklıklar saptanmıştır. Eskişehir Ovası yeraltısulundaki E - tipi kestirim değerlerinin 45 mg/l NO<sub>3</sub>'den fazla olduğu alanlar belirlenmiştir. Bu alanlar, standartlar çevresinde koyu açımı için uygun değildir. Ayrıca yöntemin konturlamaya göre farklılığını da göstermek amacıyla lokasyonlardan alınan örnek değerleri kullanılarak, nitrat konsantrasyonunu gösteren bir kontur haritası hazırlanmıştır.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Deutsch, C.V. and Journel, A.G., 1992, **GSUB/** -Geostatistical Software Library and User's Guide, Oxford. University Press.,
- Dowd, P.A., 1991, A Review of Recent Developments in, Geostatistics, Computer & Geosciences, 17, 10, 1481 - 1500.
- DSİ, 1987, Su Kalitesi Gözlem **Yılı**: DSİ içmesuyu ve Kanalizasyon Dairesi Yayını, 525 s.
- Goder, M.Z., Cevher, F. ve Küçükayman, A., 1985, Eskişehir Civanının Jeolojisi ve Sıcaksu Kaynakları, MTA Dergisi, 103/1.04, 40 - 54
- Journel, A.G.» **1983**» Nonparametric Estimation, of Spatial Distributions,, Mathematical. Geology, 15, 3,445 - 468.
- Kaçaroğlu, F., 1991, Eskişehir Ovası. Yeraltısuyu Kirliliği incelenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi,, Ankara.
- Marcotte, D. and David, M., 1985, The BiGaussian Approach, A Simple Method for Recovery Estimation, Mathematical Geology, 17,6» 625 - 644.
- Matheron, G., 1965, "Les Variables Régionalisées et Leur Estimation"» Mason, Paris.,
- Matheron, G., 1976, A Simple Substitute to Conditional Expectation: The Disjunctive Kriging, NATO ASLD. Reidel, Dordrecht., 221-236.
- Saraç, C ve Tercan, A.E., 1992, A Geostatistical Case Study of the Kızılyüksek - **Yataardıç** Chromram Qrebody, Geosotmd, Çukurova University., 2.0,219 - 230.
- Suro - Perez, V. and Journel, A.G., 1991, Indikator Principal Component Kriging., Mathematical Geology.» 23, 5, 7,59 -788.
- Tercan, A.E. and Dowd, P.A., 1993, Nonparametric Methods for Estimating Conditional Distributions and Local Confidence Intervals, DUMA, Leeds University Mining Association., 173 -183.
- Wilkinson, J.H., 1965, The Algebraic Eigenvalue Problem., Oxford University Press.
- World **Health** Organisation (**WHO**)» **1984**, "Guidelines for Drinking Water **Quality**, Volume 1, Recommendations" WHO publications, Geneva, Switzerland..

# Türkiye'deki bazı kromitlerin ana bileşen kimyası özellikleri

Osman Koptagel C.Ü., Jeoloji Müh. Böl. Kampus, Sivas

*Türkiye, sahip olduğu çok sayıdaki krom cevherleşmesi ile dünyada önemli bir yere sahiptir. Türkiye'deki krom cevherleşmeleri 6 ana bölgede dağılım göstermektedirler. Bu çalışmada, önceki yıllarda değişik araştırmacılarca kromitlerin kimyasal analizi yapılan ve 6 ana bölgenin Sine dağılmış 9 ayrı lokasyonda yer alan 10 cevherleşme kullanılmıştır.*

*Âna bileşen analiz sonuçları; oksit % ağırlığı, katyon % ağırlığı ve kromitlerin birim hücrelerindeki katyon sayısı cinsinden ele alınmış, oluşumlar kendi aralarında ve dünyadaki diğer oluşumlarla karşılaştırılmıştır. Sonuçta, incelenen kromitlerinin kompleks bir özellik sundukları, alpin tip - stratiform tip kromit sınıflamasında mükemmel ayrılım göstermedikleri izlenmiştir. Bu durumun nedeni olarak ya analizi yapılan örneklerin ofiyolitik serilerin farklı seviyesini yansıttığı olmasından ya da kullanılan parametrelerin bu tip çalışmalar için uygun olmadığından kaynaklandığı düşünülebilir.*

## Giriş

Kromun bir element olarak 1787 de Fransız kimyager N.L. Vauquelin tarafından, keşfinden, iki yıl sonra Urallar'da mineralojik anlamda ilk Kromit bulunmuştur (Simimov ve diğ. 1983). 19. yüzyıl başlarında sadece refrakter hammadde olarak kullanılan kromitte ancak aynı yüzyılın sonlarında, çelik litemi ile başlayan, metalürjide kullanım yaygınlaşır olmuştur. Türkiye'de ise ilk krom cevherleşmesi 1848 yılında Harmançık (Bursa)'da bulunmuş ve işletilmesine 1850 li yıllarda başlanmıştır (Enver, 1931 ve Tokta, 1947; Engin, 1986'dan).

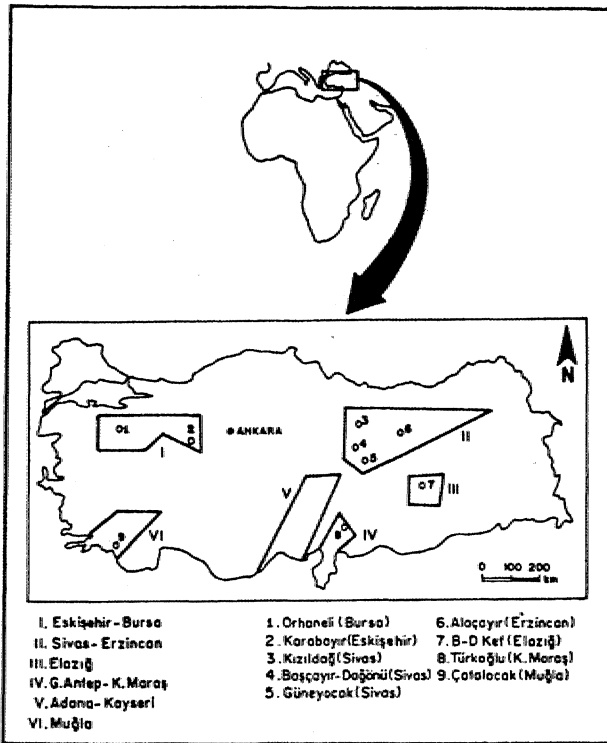
ilk krom cevherleşmesinin işletilmeye başlamasından itibaren son yıllara kadar, Türkiye, sahip olduğu çok sayıdaki krom cevherleşmesi ve kromit üretimi ile, dünyanın önde gelen ülkelerinden olmuştur. Yerkürede, bulunduğu gibi, oluşum, jeolojik konum, yerleşim, dış şekil, iç yapı, kimyasal özellik vb., bakımından farklılıklar gösteren krom cevherleşmeleri iki ana sınıfa ayrılmakta, alpin tip- (veya. podiform tip) ve stratiform tip (veya. Btishweld tipi) sınıflaması (bu iki tip arasında geçiş özelliği sunan ve kansantrik masiflerde gözlenen oluşumlar önemsiz bulunmaktadır) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu iki tip ana oluşumun birbirinden ayrılması oldukça kolay gözükmemektedir öncelikle yankayaçların jeotektonik konumu ve türü belirleyici kriter olarak kullanılmaktadır. Türkiye'deki krom cevherleşmelerinin tamamında ofiyolitik serilere ait ultramafik kayaçların yankayaç olarak gözlenmesi ve ülkemizin jeolojik özelliklerinin de uygunluğundan hareketle, Türkiye kromitleri Alpin Tip kromitler sınıfına dahil edilmektedir.

700 ün üzerinde krom cevherleşmesinin gözleendiği Türkiye'de, cevherleşmeler esas olarak 6 ana bölgede izlenmektedirler (Şekil 1). Türkiye'deki metalik, cevherleşmeler ele alındığında, cevherleşme sayısı bakımından demirden sonra ikinci sırada yer alan krom cevherleşmelerimizde maden jeolojisi amaçlı çalışmaların yaygın olarak yapılmış olmasına karşın kromitlerin kristal kimyası incelemeleri, çeşitli olanaksızlıklar nedeni ile, çok sınırlı sayıda kalmıştır,

Bu çalışmada, çeşitli araştırmacılarca kromitlerinin kristal kimyası incelemeleri yapılmış krom cevherleşmeler ele alınarak, kromitler birbirleri ile ve dünyanın tanınmış oluşumları ile karşılaştırmalı olarak incelenmeye çalışılmıştır.,,

## Metod

İncelemenin konusunu oluşturan ve 9 farklı lokasyonda yer alan toplam 10 krom cevherleşmesi 6 ana bölgenin 5 inde dağılım göstermektedir (Şekil 1). Bu çalış-

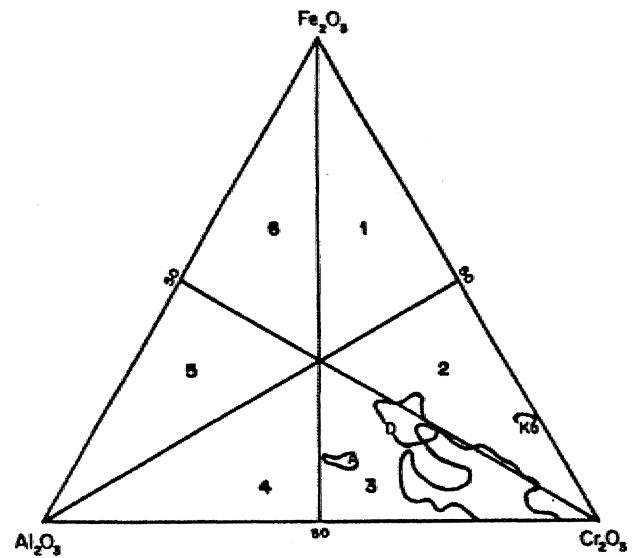


Şekil 1. Türkiye kromli bölgeleri (I'den VFya) (Engin, 1986'dan) ve bu çalışmada kullanılan cevherleşmelerin dağılımı (I'den 9\*a).

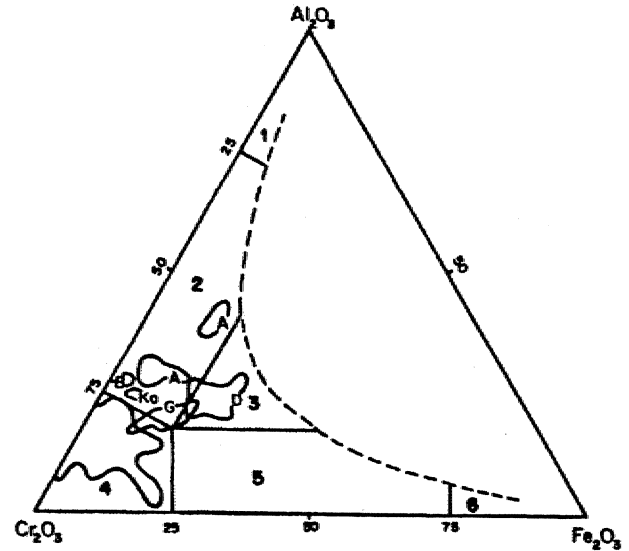
mada,, aşağıda İsim ve araştırmacıları yer alan oevherleşmelerdeki ferromiüerie analitik değerleri derlenmiş, onların oksit % ağırlık, katyoo % ağırlık, ve- kroniklerin "birim lücrelemdede kalyon sayılarından yararlanılmaya çalışılmıştır. İlgili cevherleşmeler,, ooların metin içi şekillerde kullanılan kısaltmaları ve araştırmacıların şöyle sıralanabilin Orhaneli. (O) (Tanket,, 1979); Karabayır (Ka)-.(Kjnköglu, 1987); Kızıldağ (Kz) (Koptagel ve Gökçe, 1987); Başçayır - Dağönü (U) {Koptagel ve Gökçe,, 1993}; Güneyocak (G) (Koptagel ve diğ,,, 1995); Aıaçayır (A) (Demir, 1990); Tirkoğta (T) (And, 1989); Çatalocak (Ç) (Paktunç, 1978); Doğu (D) ve Batı (B) Kef (Engin, 1985),,. Bu araştırmacılarca belirtildiğine göre ilgili kromitlerio kristal kimyası incelemelerinde analiz yöntemi olarak; Orhaneli'de mikroprob destekli XRF, Kızıldağ ve Çatalocak'da saflaştırılmış örneklerde- yaş kimyasal analizler,, diğerlerinde elektron mikroprob kullanılmıştır. Cevherleşmelerin tamamı ultramafik kayalar içinde yer almakta olup, yatak, bazında sadece Karabayır cevherleşmesi metaofiyoliüer içerisinde yer almaktadır.

## Bulgular

Kromitlerin isimlendirilmesi amacı ile kullanılan Stevens (1946)ın üçgen 'diyagramına göre kromitlerin

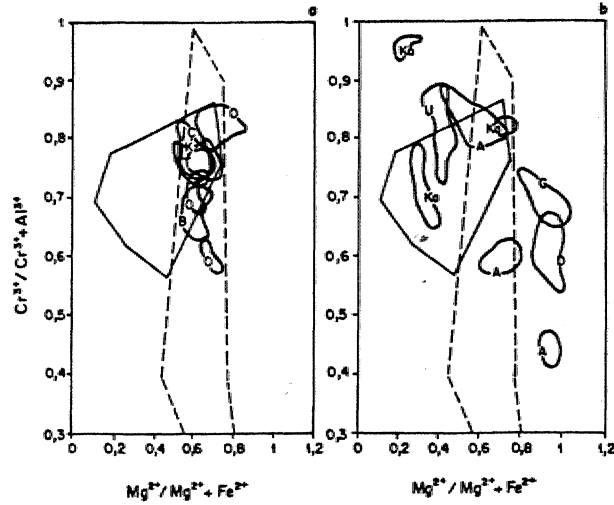


Şekil 2. Kromitlerin Stevens (1946)\*in üçgen diyagramındaki dağılımı (diyagram- Pakiunç, 1978'den alınmıştır). (1. Krom manyetit, 2. F emri kromit, 3. Alüminyum kromit, 4. Krom spinel, 5. Fern'spinel, 6., Alüminyum manyetit)..

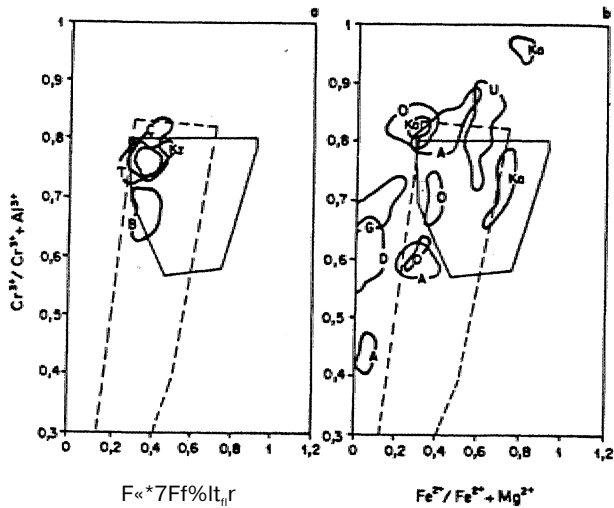


Şekil 3« Kromitlerin Sokolov (1948)\*un üçgen diyagramındaki konumları (diyagram. Simirnov, 1976\*dan basitleştirilmiştir). (1... Pikitit, 2. KroM pikitit, 3. Ferrokrom pikitit, 4. Kromit, 5. Ferrokromit, 6. sınırlı izomorfsahası).

büyük bir çoğunluğu Alüminyum Kromit, Karabayır ve Doğu Kef cevherleşmeleri ise kısmen Ferri Kromit olarak olarak adlandırılabilir özeliindedir (Şekil 2). Sokolov (1948)'on diyagramına göre ise Aıaçayır,, Batı Kef Karabayır ve kısmen Güneyocak kromitleri Krom Piko-



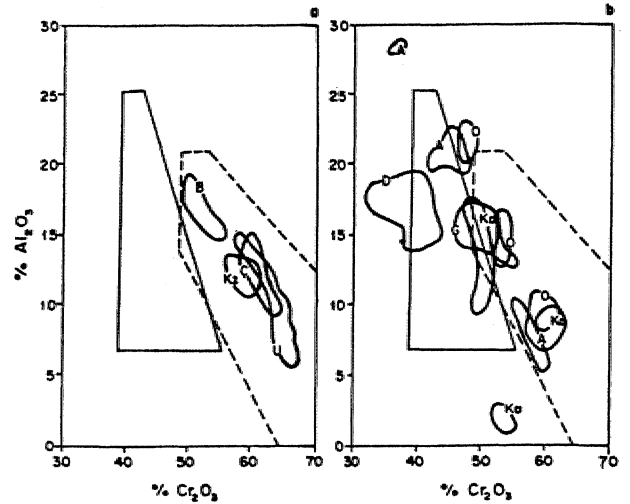
Şekil 4a, b. Kromitlerin Irvine (1967)'in alpin tip - stratiform tip sınıflama diyagramındaki konumları (diyagram Panayiotou ve diğ., 1986'dan alınmıştır) (kesik çizgi alpin tip, düz çizgi stratiform tip).



Şekil 5a, b. Kromitlerin Irvine ve Finlay (1972)'in diyagramında konumu (diyagram Paktunç, 1981'den alınmıştır) (kesik çizgi alpin tip, düz çizgi stratiform tip).

tit, Doğu Kef ve kısmen Güneyocak kromiüeri Ferrokrom Pikotit, diğer oluşumlar ise Kromit olarak isimlendirilmeye uygundur (Şekil 3).

Alpin Tip - Stratiform Tip kromitlerinin kimyasal açıdan sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılan diyagramlardan dört tanesi bu çalışmada kullanılmıştır. Bunlardan Irvine (1967) diyagramına göre Çatalocak, Kızıldağ, Batı Kef, Orhaneli ve Türkoğlu kromiüeri Alpin Tip kromit bölgesinde yer almışlardır (Şekil 4a, b). Ancak, Irvine ve Finlay (1972)'in daha sonra geliştirdikleri, diyagramda ise bir öncekine göre Orhaneli, kromiüeri alpin tip kromitlerin dağılım alanı dışında yer almıştır (Şekil 5a, b). Mussalam ve diğ. (1981)'in diyagramında ise sadece Çatalocak, Kızıldağ, Batı Kef ve Başçayır - Dağünü kromiüeri Alpin Tip kromit bölge-



Şekil 6a, b. Kromitlerin Mussalam ve diğ. (1981)'in alpin tip - stratiform tip sınıflama diyagramındaki konumu (diyagram Bonavia ve diğ., 1993'den alınmıştır) (kesik çizgi alpin tip, düz çizgi stratiform tip).

sinde yer alabilmişlerdir (Şekil 6a, b). Her üç diyagramda da diğer oluşumlar düzensiz dağılım göstermişlerdir. Ferrario ve Gamtti (1988) tarafından geliştirilen bir başka diyagramdan, ise kısmen yararlanılmış olup (diyagramda kullanılan % TiO<sub>2</sub> parametresinin ele alınan cevherleşmelerin tamamında analiz edilmemiş olması nedeniyle), kullanılabilen cevherleşmelerden sadece Türkoğlu kromiüerinin net bir şekilde Alpin Tip kromit bölgesinde konumlandığı gözlenmiştir (Şekil 7).

Bilindiği gibi, son yıllarda kromitlerin, kristal kimyası özelliklerinden hareketle ofiyolitik dizilimlerdeki yerleri konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Rammelmair (1986)'in Filipinlerde yaptığı ve çeşitli bulgularla (arazi, petrografi, kayaç - cevher kimyası, gibi) desteklediği diyagramda ofiyolitik dizideki kromitleri; derinlerdeki dürat diyapirleri içerisinde yer alan oluşumlar (I nolu bölge), kümülat alt dokunağında dünit diyapirlerindeki oluşumlar (H nolu bölge), taban, seviyelerde (kümülat alt dokunağı) uzanan dönitlerdeki oluşumlar (III nolu bölge), gabbroyik seviyelerdeki diüü kesimlerde izlenen ince mercekler şeklindeki oluşumlar (IV nolu bölge) sekinde ayırtlanabilmektedirler. Bu çalışmada ele alınan, cevherleşmelerin ise esas olarak I ve II. nolu bölgelerde yoğunlaşmakla birlikte tüm alanlarda konumlandıkları izlenmektedir (Şekil 8a, b).

## Tartışma

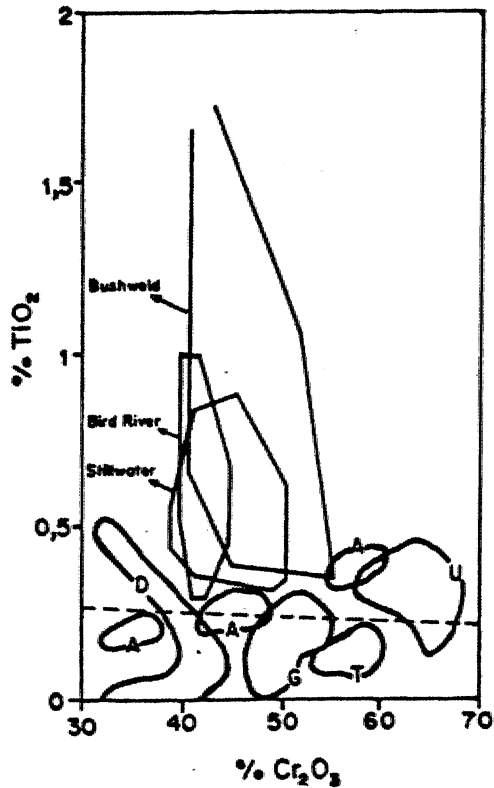
Bilindiği gibi kromitlerin, ana bileşen kimyası incelemelerinde, özellikle isimlendirme ve sınıflandırma amaçlı olarak çeşitli araştırmacılarca geliştirilmiş diyagramlardan yaygın bir şekilde yararlanılmaktadır. Bu diyagramlarda analizi yapılan bileşenler kullanılabilir hale getirilip parametre olarak değerlendirilmektedir.

Çizelge 1, Çalışılan kromitlerin korelasyon katsayıları (r) ve istatistiksel önem testleri (t), (r için açıklama; 0.00 - 050 zayıf ilişki; 050 - İM .kuvvetli ilişki; +• pozitif ilişki; - negatif ilişki, t için açıklama; \* anlamlı katsayı \*\* tesadüfi katsayı)..

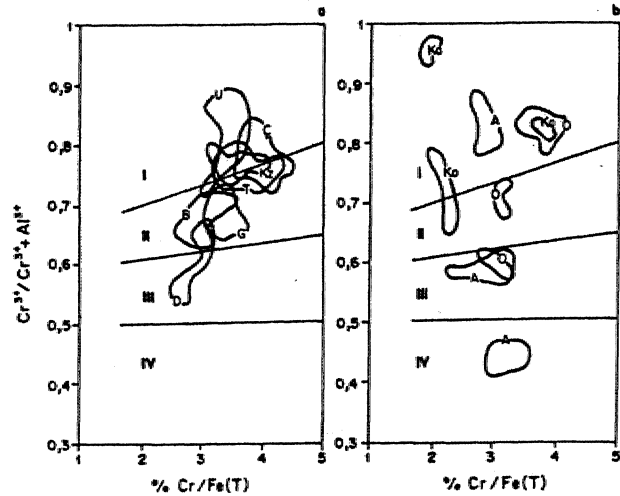
MINERALIZATION	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
	r	t	r	t	r	t
Orhaneli	-0.938	-12.358 *	-0.001	-0.003 **	-0.233	-1.096 **
Başç-Dağönü	-0.884	-5.975 *	+0.000	0.000 **	0.000	0.000 **
Kızıldağ	-0.493	-2.121 **	-0.019	-0.072 **	-0.072	-0.271 **
Çatalocak	-0.829	-6.103 *	-0.010	-0.042 **	-0.002	-0.008 **
Karabayır	-0.516	-2.256 *	+0.005	-0.019 **	-0.881	-6.953 *
Türkoğlu	-0.229	0.880 **	-0.005	0.017 **	-0.286	-1.115 **
Batı Kef	-0.903	-6.308 *	0.000	-0.001 **	+0.318	1.007 **
Doğu Kef	-0.354	-0.758 **	0.000	-0.001 **	-0.525	-1.234 **
Alaçayır	-0.979	-21.081 *	-0.001	-0.006 **	+0.312	1.431 **
Güneyocak	-0.695	-7.364 *	-0.001	-0.008 **	+0.453	3.871 *

MINERALIZATION	FeO-MgO		Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -FeO(T)		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -FeO(T)	
	r	t	r	t	r	t
Orhaneli	-0.880	-8.478 *	-0.517	-2.767 *	+0.410	2.062 **
Başç-Dağönü	-0.464	-2.676 *	-0.044	-0.138 **	-0.377	-1.285 **
Kızıldağ	-0.336	-1.336 **	-0.144	-0.546 **	-0.306	-1.204 **
Çatalocak	-0.223	-0.945 **	+0.372	1.651 **	-0.503	-2.400 *
Karabayır	-0.984	-20.781 *	-0.583	-2.667 *	-0.387	-1.566 **
Türkoğlu	-0.821	-5.388 *	-0.394	-1.603 **	-0.455	-1.910 **
Batı Kef	-0.963	-10.726 *	-0.542	-1.933 **	+0.172	0.524 **
Doğu Kef	-0.779	-2.483 **	+0.369	0.795 **	+0.189	0.384 **
Alaçayır	-0.993	-37.959 *	+0.731	4.669 *	-0.823	-6.321 *
Güneyocak	-0.962	-26.973 *	+0.602	5.744 *	-0.656	-6.623 *



Şekil 7.. Kromitlerin Ferrario ve Garuti (1958)'nin alpin tip (kesik çizgi altı) - stratiform tip (Bushweld, Stillwater, Bird River) sınıflama diyagramındaki konumu (diyagram Bonavia ve diğ., 1993'den alınmıştır).



Şekil 8a, b. Kromitlerin Rammimair (1986)'m ofiyolitik dizi diyagramındaki konumu (açıklama için metne bakınız).

Ancak, gerek isimlendirme gerekse de sınıflama diyagramlarında, I'r diyagramdan diğ'lerine geçildiğ'inde cevherleşmelerin diyagramlardaki konumunda farklılıkların olduğu,, bir diyagramda alpin ip olarak gözlenen oluşumun diğ' diyagramda aynı sınıfta konumlanmadığı izlenebilmektedir. Farklılık için çok çeşitli nedenleri ileri sürmek olasıdır. Bunların İlk akla gelenleri; 1) analitik yöntem farklılıkları, 2) laboratuvar ve teknoloji farklılığı, 3) analizlerde kullanılan örnek sayı-

suidakî azlıklar ve / veya yanlışlıklar / hatalar, 4) cevherleşmelerin oluşum ortamı farklılığı (ana magma bileşimlerindeki farklılıklar) ve/veya oluşum ortamlarının zaman, içerisindeki heterojenliği (oluşum sırasındaki termodinamik koşullardaki değişimler) şeklinde olup bu olasılıklar artırılabilir.

Ancak, parametre olarak kullanılan bazew, tekli, bazen fildi ve hatta uçlu gruplar olarak ele alınan bileşenler .arası ilişki çoğunlukla gözardı edilmektedir. Bu durumu değerlendirebilmek amacı ile bileşenlerin birbirleri ile eşleştirilip eşleştirilemeyecekleri veya parametre ile kullanılıp kullanılmayacağına tartışmaya açabilmek amacıyla istatistiksel yöntemlere başvurulmuş ve bu amaçla çalışmada kullanılan ve çeşitli parametrelerin temelini oluşturan oksit. % ağırlık değerleri kendi aralarında eşleştirilerek. korelasyon katsayıları ve korelasyon katsayılarının istatistiksel önem testleri hesaplanmıştır\*. Çizelge rde görüldüğü gibi ikili ilişkilerin çoğunluğu, zayıf bir korelasyon ve az sayıdaki pozitif ilişkinin, yamsıra çok sayıda, negatif ilişki sunmaktadırlar. Korelasyon katsayıları hesaplanan ikili parametrelerin istatistiksel önem testleri ise  $Cr_2O_3$  -  $Al_2O_3$  ve  $FeO$  -  $MgO$  parametreleri, hariç ikili parametrelerde çoğunlukla, tesadüfi çıkmıştır. Kızıldağ, Turkoğlu, Doğu Kef ve Çatalocak kromitlerinin  $Cr_2O_3$  -  $Al_2O_3$  ve  $FeO$  -  $MgO$  parametrelerinin tesadüfi olmasının nedenleri yıkanda değinilen ""diyagramlardaki farklı konumlanma nedenlerinde" tartışılan 4 sebepten ileri gelebilir. Genel anlamda, tesadüfi ilişkilere sahip parametrelerin, çeşitli diyagramlarda, kullanımı ise tesadüfi katsayıların taşıdığı uyumsuzluklar nedeniyle çeşitli problemleri gündeme getirmektedir.

Bunların yanısıra, iyi bilinen oluşumlardan hareketle hazırlanan diyagramların çeşitli uç oluşumları temsil etmesi için zoriayıcılık da bir diğer sakınca olarak değerlendirilmeli ve aslında her cevherleşme kendi oluşum ortamı koşullarının bir yansıması olarak düşünülmelidir.

#### KATKI BELİRTME

Yazar, yapıcı eleştiri ve yoralendiriç katkıları medeni ile Sayın Dr. Tandogan Engin'e (M.T.A.) teşekkür eder.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

Anl., M., 1989, Tütope - Şerefoglo Ç/L Maraş), Kromitler (G. Antep) arası ofiyolitlerin petrografisi ile bunlara bağlı krom yataklarının jeolojik, ve-jeokimyasal incelenmesi..

Yerbilimleri, CÜ Yay., 6 - 7/1 - 2, 55 - 64.

- ' Bonavía, F.F.» Diella, V. and Ferrara, A., 1993, Precambrian Podiform Chromitites From Kenlicha. Hill, Southern Ethiopia. Econ. Geol., 88, 195 - 202.
- Demir, A., 1990, Alaçayır (Refahiye - • Erzincan) Krom Yalağının Jeolojisi, Oluşumu ve Kökeni. Yük. Lis. Tezi. CÜ Fen Bil. Enst., 129 s (yayınlanmamış).
- Engin, T., 1985, Petrology of the Peridotite and Structural Setting of the Bah Kef - Doğa Kef Chromite Deposits., Guleman - Elazığ, Eastern Turkey. Metallurgical of Basic- and Ultrabasic Rocks. Ed. by MJ Gallagher et al, London., 229 - 240.
- Engin, T., 1986., Türkiye Maden Yatakları ve MTA'nın Maden Aramacılığında Yeri. MTA. Yay., No: 194, s 2 i.
- Kınkoku, M.S., 1987.» Karabayır Metaofiyolitli Krom Spinellerinin Mineral Kimyası. Yerbilimleri, İÜ Yay., 6/1 - 2, 20 - 36.,
- Koptagel, O. ve Gökçe, A., 1987, Kızıldağ (Zara - Sivas) Krom Yataklarının Jeolojisi., Kroniklerin Ana. Bileşen Kimyası ve Kökeni.. Yerbilimleri., CÜ Yay., 1/4., 43 - 56.
- Koptagel, O., ve Gökçe, A., 1993, Başçayır - Dağöna (Ulaş - Sivas) Yöresi Kromitlerinin Ana Bileşen Kimyası ve Kökeni. Yerbilimleri, MÜ Yay., 16, 1 - 17..
- Koptagel., O., Uçurum, A., Larson., L.T. ve Sjöberg, J.» 1995, Güneyocak Krom. Cevherleşmesi (Kangal - Sivas) Ana Bileşen Kimyası ve Ofiyolitik. Dizi. zilm.deki Yeri., TTK Bülteni, 10; 123 -126..
- Pakumç, D., 1978, Fethiye. - Göcek Yöresi Çatalocak - Sulnocak Krom. 'Cevherlerinin Mineralojisi ve Jeokimyası. Yık. Müh. Tezi. HÜ Yerbilimleri Enst., 62 s (yayınlanmamış)..
- Paktmç, D., 198-1, Alpin Tipi "Krom.' Yataklarının Oluşumu. Yeryuvarı ve İnsan. TJK Yay., Ağustos - Kasım, 33 - 39.
- Fanayiotou, A., Michalides, A.E. and Georgiou, E., 1986, The Chromite Deposits of the Torodos Ophiolite Complex, Cyprus. Chromites. IGCP - 197 Project Metallogeny of Ophiolites. Athens, Greece, 161 -199.
- Rammlak, D., 1986., Chromite in the Philipines: Its Relationship to the Tectonic Setting, of the Host. Ophiolites: Examples From Zambales and Palawan. Chorimetis, IGCP - 197 Project. MetaDogeny of ophiolites., Athens, Greece, 285 - 309..
- Simimov, V.L.» Ginzbtgr, AX» Grigone, V.M. and Yakovlev, G.R, 1983, Studies of Mineral Deposits. (English Trans. Ed, by A.A. Beus), Mir Publishers, Moscow, 287 p.
- Simimov, V.L., 1976, Geology • of Mineral Deposits., Mir Publishers» Moscow. 520p.
- Tanknt, A., 1979., The Orhaneli Massif, Turkey. Ophiolites. Int. Gph. Symp., Cyprus., 1979., 702 - 71.3.



# Se kuyusu: Çamurlu delgiye karşı akışkan teknolojisi

İfyas Yılmazzer Spektra Jeotek A.Ş. Kumkapı Sok. 20/1-2, Çankaya, Ankara

*Yüksek basınçlı hava ve köpük, su kuyusu açılmasında kullanılan akışkan teknolojinin temelini oluşturmaktadır. 1953'ten günümüze gelişmiş ülkelerde yaygın kullanım alanı bulmuştur. Çöküntü yapmayacak zeminlerde: zaman, gecikme cezasında içeren genel giderler ve kuyu verimi açısından büyük önem taşımaktadır,*

*Bütün bunların yanısıra, akışkan teknolojisi geçilen zemin türünün doğru tanımlanmasını kolaylaştırırken su tablası ve geçilen seviyelerin hidrojeolojik özelliklerinin belirlenmesine de olanak sağlamaktadır. Kars tik zeminlerde 50 m<sup>3</sup>lük bir boşluk, döngüyü ancak birkaç dakika durdurabilirken çamurlu sistemde birkaç günlük uğraşmayı gerektirmektedir:*

## Giriş

Akışkan (basınçlı hava + köpük) teknolojisi özellikle göçme yapmayacak zeminlerde su kuyusu açılmasında çağdaş bir teknolojidir. 1953'te petrol arama delgilerinde kullanılmaya başlanmış ve bu yöntemle 3000 m'lik delgiler gerçekleştirilmiştir. Se kuyularının açılmasında da üstünlük sağlayan bu sistem, gelişmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ülkemiz için yeni olan bu sistemden henüz gereği gibi yararlanmamaktadır. Sıradan (coventional) bir sistem olan çamurlu yöntem % 100'e yakın bir oranda kullanılmaktadır. Elinde çok sayıda havalı delgi makinası bulunduran ilgili devlet kurumlarımızda bu makinelerle çamurlu uygulamaların ağırlıklı olarak yapılıyor olması düşündürücü olduğu kadar da üzücüdür. Ankara karmaşığının Karakaya biriminde, çamurlu sistemle 40 günde tamamlanan 155 m'lik kuyunun akışkan teknolojisiyle 2 günde tamamlanabiliyor olması, bu tekniğin önemini daha iyi vurgulamaktadır,

Akışkanlı delgi, sistemi değişik boyutta makinalarla uygulanmaktadır. Yazar, araştırmalarını ve deneyimini

Tamrock 25K3W tipi makina üzerine yoğunlaştırmıştır. Bu bağlamda, konu içerisinde örnekler sunularak çamurlu ve akışkanlı sistemlerin özellikleri ve öncelikleri belirtmeye çalışılmıştır.

## Akışkanlı delgi sistemi

Yıkanda da belirtildiği gibi, T25K3W tipi makinayla gerçekleştirilen araştırma ve bulgular bu başlık altında verilmeye çalışılmıştır. Toplam ağırlığı 30 tona yaklaşan, çift çekerli ve 10 tekerlekli kamyon üzerine kurulan bir sistemdir. Hidrolik ve sıkıştırılmış hava (pneumatic) sistemi ileri derecede geliştirilmiştir. İlerleme takım borusu uzunluğu 6.1 m olup, toplam 122 m uzunluğunda takım borusunu üzerinde taşımaktadır. Kulesindeki vinç ve fakım değiştirici sistemler ile tim delgi sistemleri» komanda tablası önündeki tek kişi tarafından denetlenebilmektedir. Makinanın dengesi ayar komanda tablası üzerinden sağlanabilmektedir. Delme baskısı, delgi sırasında hidrolik olarak istenilen düzeyde tutulabilmektedir. Konuya açıklık getirmek için su basma yüksekliğinin 100 m'nin altında olduğu ve  $Q < 3 \text{ l/s}$  defoili su istenilen yerlerde, T25K3W ile Ankara çevresinde yapılan çalışmalardan birkaç örnek aşağıda sunulmuştur. Çapı 0,25 m, olan aşındırıcı matkapla (uçla) yapılan kuyularda ilerleme hızlan, yaklaşık, değerleriyle Çizelge 1'de verilmiştir,

Köpek ve basınçlı hava kullanılarak, 155 m derinliğindeki bir kuyu, 0,25 m çaplı olarak 30 saatte delinirken. aynı yerde yapılan ve SÖmçü metredeki karstik boşluğu geçemeyen, çamurlu, sistem, kuyusunda 600 saat harcanmış ve koyu terkedilmiştir. Ayrıca 350 m akış .aşağısında bulunan kuyulardaki solar hidrolik ilişkili boşluklar yardımıyla bentoniüleşmiştir (çamurlanmıştır). iki sene sonra, terkedilen bu kuyunun 15 m batısına akışkanlı sistemle açılan yeni kuyunun geliştirmesine geçildiğinde, ancak 10 saatlik bir surede bu bentonit kuyudan dışarıya atılabildiği, Yılmazzer (199.1) tarafından çalışılan bu alanda, yer yer çakıllı mil seviyeleri içeren Pliyosen yaşlı Kızıl formasyonun, (Pik) kalınlığı 27 m, Triyas yaşlı Karakaya formasyonun.(TRk) kireç-

Çizelge I. Ankara ve çevresinde gözlenen birimlerde akışkan delgi sistemiyle yapılan, kuyularda yaklaşık ilerleme hızı,

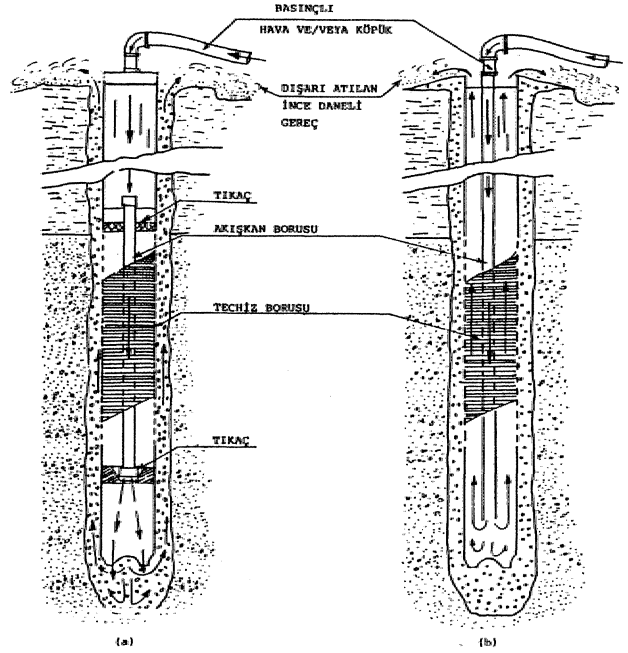
Formasyon Formation	Jeolojik birimin özellikleri Lithological properties	İlerleme hızı, m/saat Perforation speed, m/h
Alüvyon (Qa)	Pliyosen çökelim havzalarında sıkı killi kum - çakıl (kuyu derinliği < 36 m)	8
Kızıl formasyon (Plk)	Çökelim havzaları kenarında ve - püskürük kayalardan türemiş ise, - başkalaşmış kırıntılardan türemiş ise, veya Kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşından türemiş ise	7 8 10
Miyosen yaşlı	-Çökelim havzası ortası ise	9
Baraj formasyonu (Mib)	Andezit	6
	Bazalt, silisleşmiş tuf	7
	Agiomera	7
	Lapilli tuf,	15
	Kalkerli tuf	10
Oligo - Miyosen (Ol - Mij)	Jipsli çamurtaşı	17
	Jipsli şeyl	18
	Kvarz yoğun kırıntılı tortullar	11
Eosen filişi (Ef)	Kilitaşı	8
	Çamurtaşı - miltası - kumtaşı	12
	Çakıl kaya, iri taneli kumtaşı - kuvars taneli	4
	-kalker taneli	12
Kretase melanjı (Km)	Serpantin	6
	Spilit, çörtlü kireçtaşı	8
	Radyolarit (sağlam)	5
	Radyolarit çamuru, killi bağlayıcı	14
	Killi kireçtaşı	13
Triyas kamaşığı	Karbonlu (grafitik) dolomitik kireçtaşı	12
Karakaya Birimi (Trk)	Bej renkli dolomitik kireçtaşı	10
	Kayraktaşı	12
	Filit	14
	Metagrovak, Dolerit	9
	Tektonotortul bağlayıcı	12

taşı tektaşlarının (olistoliterio) toplam kalınlığı 101 m ve boşluk ve bağlayıcıların toplam kalınlığı 12 m olarak gözlenmiştir. Koyu siyah rengeyle grafitik şisti anımsatan kayraktaşına 140 inci metrede girilmiştir. Delgi çapı 0.25 m olması nedeniyle, 0.15 m lik teçhiz borı ile ve 0.10 m lik dalgıç pompa kullanılmıştır. Kuyunun emniyetli verimi 10 l/s olarak, bulunmuştur. Basma yüksekliğinin 75 m olması nedeniyle ancak 4 l/s lik su basılabilmektedir..

Aynı alanda, çamurlu sistemle açılan 3 ki.yo.ouoi ve rimsiz olmaları ( $Q < 0.4 V_s$ ) nedeniyle terkedildiği gerçeğine karşın,  $Q > 4$  l/s lik rakam oldukça çekici olmuştur. PİK'in 27 m lik örtüsünün altında karstik boşlukta kdsalze kireçtaşının oluşu, ve suyun bu birimden almıyor olması, kuyunun emniyetli verimini 10 l/s'ye yükseltmiştir. Bu tür kayada çakılılamaya gerek duyulmadığından« yüksek verim, istenseydi, 0.20 m. lik teçhiz ve 0.15 m lik pompa kullanılarak emniyetli verim olan 101/s'lik pompojda gerçekleştirilebilirdi.

Akışkanlı sistemle delgi işlemi tamamlandıktan sonra yapılan kuyu geliştirme işleminde, uygulanan yöntemlerin seçimi geçilen birimlerin özelliklerine bağlıdır. Gevşek ve taneli, zeminlerde Campbell ve Lehr (1973) ve Johnson (1975)'in yanısıra pek çok araştırmacı Şekil 1a'da sunulan yöntemi önermişlerdir,.. Ülkemizdeki uygulamalarda yaygın olarak ucu kapalı, 'boru

(Seki 1b) indirmekle giderilmesi, güç bir yanlışlık yapılmaktadır. Örneğin\* çamurlu sistemde açılan bir kuyunun geliştirilmesi için önerilen,  $t > 48$  saatlik süre akışkan teknolojisiyle açılan kuyuda. 2 saatten, daha kısa, bir süre almaktadır. Kuyu geliştiğince ilgili ayrıntılı bilgi Todd (1980) ve Johnson (1975)'de verilmiştir. Bunlardan, yaygın olarak kullanılanlarına aşağıda kısaca değinilmiştir.

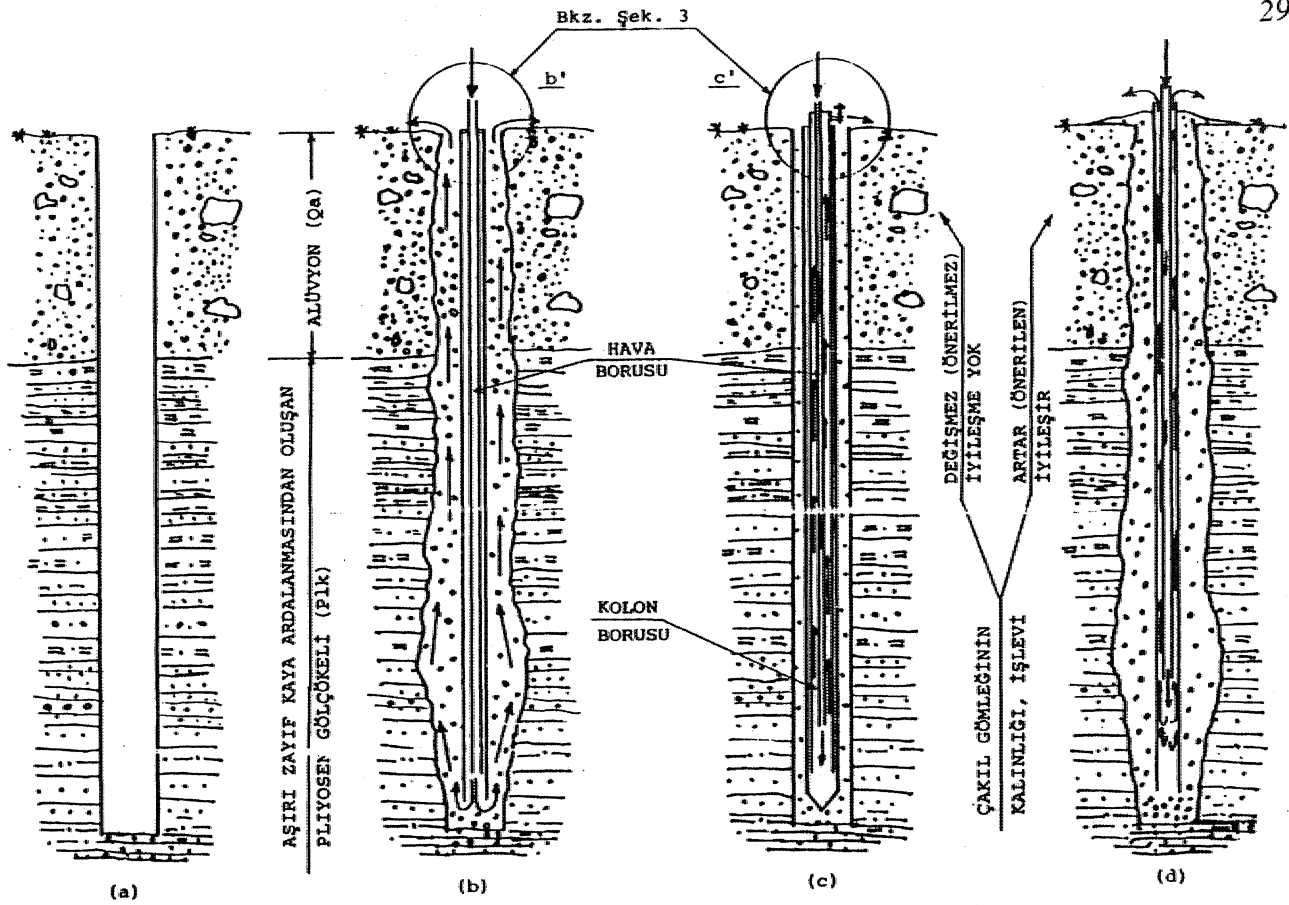


Şekil J. Gevşek ve az yoğun (pekişmiş) taneli bit' akifette ince taneli gerecin dışarı yıkanması sonucu doğal çakıl gömleğinin oluşturulması.

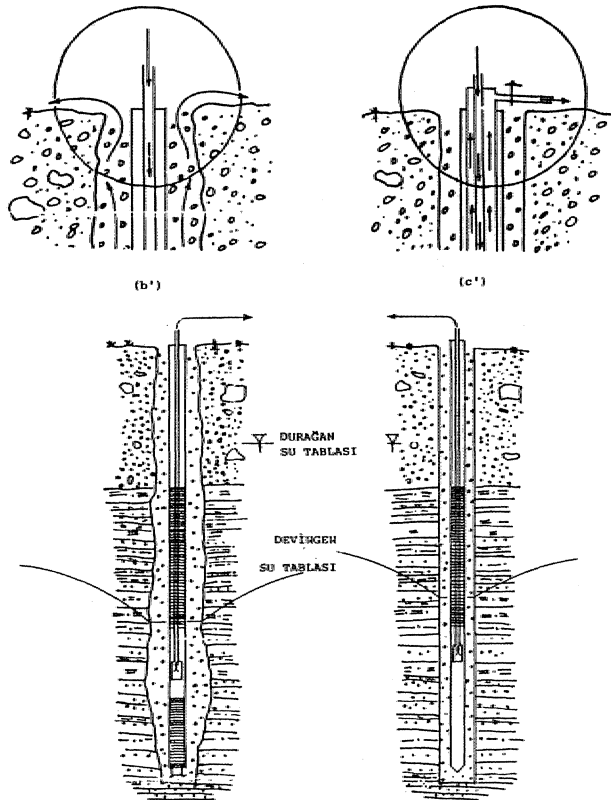
1. Pompaj: Düşük debiden oldukça yüksek debiye değişim gösteren, ardışık pompajla yapılır. Düşükte kum köprüleri kurdurulurken yüksek pompajda bu köprüler tozularak,, kum. ve milin kuyunun içerisine çekilip buradan atılmasına, çalışılır.

2., Yayıklama (surging): Filtre borusunun çapından 2 - 5 cm daha az çaplı, ve lastik veya benzeri, yumuşak gereçle kaplı silindri\* blokua (fişeğin) aşağı yokan hareketiyle yapılır. Böylece kum köprüleri yıkılıp serbestleşen ince taneli gereç kuyunun içersine çekilir' ve daha sonra yüksek debili pompajla dışarı, atılır.

3. Havalı yayıklama: Boşaltma ve hava basma, işlemlerini, gerçekleştirecek içice geçmiş boru, teçhizi ve çakıllaması tamamlanmış kuyuya indirilir. Boşaltma borusunun 2/3'ü su içerisindedir olmalı ve. yüksek basınçlı (10 - 20 atm) hava. borusu, delikli zonunun altına indirilmelidir. Hava basıncının azaltılıp çoğaltılmasıyla mil ve kum boyutundaki taneler önce kuyunun içine çekilir ve daha sonra, boşaltma borusundan dışarı atılır. Ülkemizde yaygın olarak kullanılmasına karşılık, son pa



Şekil 2. Açılmış bir su kuyusu (a), akışkanlı sistemle delinmiş bir kuyuda geliştirme (b ve d) ve kolon borusuyla geliştirme (c).



Şekil 3. Önerilen kuyu geliştirme ve teçhiz durumu (b) ve önerilen ancak yağın olarak kullanılan (c)

rağrafa verilen, nedenlerden dolayı, yazar tarafından önerilmemektedir. Ayrıca, her kuyu için birkaç günlük çalışmayı zorunlu kılmaktadır.

4. Havalı geri - **yayıklama**: Kuyu ağzının sızdırmazlığı sağlanır. Kuyu ağzında ve boşaltma borusu, içerisinde olmak üzere iki hava borusu bulunur. İç borudan basınçlı tava. gönderilerek, borusu içerisindeki su hızla, kuyunun içeni basılır. Daha sonra, ağız hava, borusundan basınçlı hava gönderilerek kuyunun içindeki suyun boşaltma borusu, içerisinde dışarıya boşaltılması sağlanır (bkz. Şekil 2 ve 3). Bu hareket, temiz su elde edilinceye kadar tekrarlanır.

5. Basınçlı, su **çarpıtma**: Yatay doğrultuda basınçlı, su sıkabilecek başlık kullanılır. Teçhizsiz (çıplak) koyular veya, geniş delikli filtre teçhizü kuyular için önerilebilir. Başlık, dönel ve yukarı - aşağı hareket ettirilerek kuyu kenarında, çakıl içerisinde ve / veya gevşek formasyon içerisinde akıntı yaratılır. Böylece, ince tanelerin kuyu içerisine akışı sağlanır. Daha sonra, yüksek debili pompajla kuyu içerisine çekilen malzeme dışarı atılır. Böylece, kum - çakıl köprüleri ortadan, kaldırılır ve kuyunun etki çapı artırılır.

6. Kimyasallar: Teçhizsiz (çıplak) kuyular için önerilir. Kireçtaşı ve dolomitik akiferlerde hidroklorik asit

(HO) ve silikatli akiferlerde hidroflorik asit (HF) kullanılarak koyu kenarında etkin boşluk oranının artması sağlanır. Killerin suda. asılı tutulmasını kolaylaştırmak için polifosfat kullanılabilir. Yukarıda sunulan yöntemlerle, birlikte uygulanmasında yarar<sup>1</sup> vardır.

Asitleme ve / veya. yayıklama yöntemleriyle, geliştirilmiş kuyularda kum buz (katı CO<sub>2</sub>) bloğu kuyu tabanına yerleştirilir. Kuyu içerisinde ve kenarında kopmuş ve kopmaya hazu\* tüm parçalar, yüksek basınçla dışarı atılır. Çöküntüsüz çıplak kuyular- için uygun 'bir yöntemdir.

7. Hidrolik **Kırıklama:** Çıplak kuyular<sup>1</sup> için önerilir. Akiferin seçilen bölümü alttan ve üstten lastik, balonlarla tıkanır., Bu bölüme su ve / veya kumlu su basılarak, yeni kırıklar ve / veya çatlaklar açılır. Böylece, etkin koyu çapı artırılmış olur,.

8, Patlayıcılar: Çıplak kaya kuyularında kuyunun etkin çapı ve akiferde çatlak oranı artırılarak kuyunun verimi artırılmaya çalışılır. Kuyu tabanında yapılacak bir- patlamayla, kuyu. tabanında, ve çevresinde bulunan • parçacıklar dışarı atılabilir,;

9» **Köpükle temizleme:** Akışkanh sistemde,, sistemin doğal sonucu, olarak kuyu delinirken temizlenmiş olur. Kuyu. tabanına ulaşıldığında takım 8 m yukarı çekilip 8 m aşağı indirilirken, P > 17 atm basınçla yoğun köpük, basılarak kuyu. kenarları ve tabanı iyice temizlenmiş, olur., Böylece, yukarıda önerilen yöntemlere gerek duyulmadan kuyu açılırken, temizlenmesi sağlanır.

Ancak., yukarıda Çizelge Fde verilen birimlerin %90'ından fazlasında, etkin, olarak uygulanabilecek yöntem Şekil 2 (a, b ve d)<sup>1</sup>de verilmeye çalışılmıştır. Şekilden, de anlaşılacağı, gibi. teçhiz borusunun ucu açık olup tabanda 1 - 2 m. yüksekliğinde çakıl dolgusu, üzerine oturtulmuştur. Yaklaşık 17 atın (1700 kPa) lik basınçlı ha.vanın (lastik tıpanın yardımıyla) çakıl, gömleği içerisinde geçmesi sağlanır.. Böylece., çakıl gömleği sağlıklı bir şekilde oturtulur, Kuyu kenarlarında oluşabilecek, çamur sıvamalarının yanısıra çakıl, gömleği ve formasyon içerisindeki ince taneli gereç kuyu dışına atılır. Daha sonra lastik tıpa açılıp, koyu içinin tabandan köpük ve basınçlı hava uygulanarak temizlenmesine geçilir. Böylece, uzun yıllar (t > 15 yıl) sağlıklı şekilde yeraltısuyu elde edilmesi sağlanmış olur. Şekil 3'te taban tabana **zıt** iki sistemin (Şekil 2b, c), kuyu geliştirme aşamasındaki kuyu ağız bölümü şeklin üst tarafında gösterilmiştir. Önerilen sistemde, tamamlanan kuyudaki teçhiz sistemi (Şekil 3b) diğerinden yadsınmayacak farklılık sunar. Bu durum, şeklin ali. tarafında

gösterilmeye çalışılmıştır. Önerilen durumda, gerek. görüldüğünde., kısa ve ucu açık. bir kılavuz kullanılabilir. Kuyuya su. gelişi küçük bir zondan değil, pompanın. yerleştirildiği bölümün altındaki delikli boradan da gelmesi sağlanır. Alt seviyeden ve geniş bir zondan giren suyun pompaya daha düşük, oranda ince taneli malzeme sunacağı gözardı edilmemelidir.

## Tartışma ve Öneriler

Akışkan (yüksek basınçlı hava + köpük) teknolojisi yığıntısız zeminlerde su kuyusu açılması konusunda, sıradan ve- çok eski bir yöntem olan çamurlu, sisteme göre üstünlükler sunmaktadır. Bu yöntemin kayadaki, delgi hızı çamurlu sistemden en az. 10 kal daha fazladır.

Delgi sırasında kaya. kuyusu temizlenerek ilerlendiği için, ayrıca bir geliştirmeye- gerek duyulmamaktadır. Kuyu tabanına inildiğinde tabandan 8 m yukarı ve aşağı 'yapılacak yayıklama sırasında, kullanılan yoğun köpük ve P > 17 atm basınçla, kopmuş, veya. kopmaya hazır parçacıkların tamamı dışarı alılır. Gerek görülürse, durağan su tablasının. 10 m .altında, kalmak koşuluyla, benzer işlem, daha yukarı seviyelerde de uygulanabilir. Böylece-150 m derinliğindeki bir kaya kuyusunda kuyu geliştirme işlemi 60 saatten 3 saate indirilebilmektedir,;

Pliyosen göl çökellerinden iyi derecelenmiş killi, alüvyona kadar uzanan aşın zayıf kaya ve sıkı - katı toprak zeminlerde de uygulanabilen bu, yöntem, oldukça geniş kullanım alanı bulmaktadır., Yazar ve ekibi denetiminde yapılan çalışmalarda ülke genelinde açılan su kuyularının bilgi kütükleri (bankası) ilgilenenlere sunulmak üzere kesintisiz tutulmaktadır. Bu tür bilgilerin belirli merkezlerde toplatılıp veri tabanı, olarak ilke genelinde kullanıma açılması sayısız yararlar sağlayacaktır.

Burada önerilen, ve karşı konulan iki. ayrı yöntem: çeşitli yönleriyle, irdelendiğinde, aralarındaki fark karşılaştırma yapılamayacak kadar büyüktür. Belediye kuyularının açılmasında denetim görevi alanların bir bölümü, ısrarla ucu kapalı boru. indirtmektedir,;. Yaptıklarını özümsemeden bir kuralmış; gibi dayatmak, bu bağlamda teknolojik ve bilimsel gelişmelere bilmeyerek engel olmaktadır.

### KATKI BELİRTME

Yazar, yapıcı eleştirilen ve önerileri, nedeniyle Metin Arkan ve. Levent Okaya, ayrıca düzenleme işlerindeki değerli, katkıları için Esin Demirbağ'a teşekkür eder.

## DEĞİNEREN BELGELER

- Campbell, M.D. and Lehr, J.H., 1973., Water well technology. Natural Water Well Association, McGraw - Hill, New York, 100 pp.
- Johnson, E.E., 1975, Groundwater and wells. Edward E. Johnson, St. Paul, Minn., 440 pp.
- Toed... D.H., 1980., Groundwater hydrology.. John Wiley and Sons
- Yihnazer, I., 1991, Ankara ve çevresinde yerel Pliyosen yataklarının çökeltim ortamı üzerine. Jeoloji. Mühendislik ve Jeolojik Araştırmalar Dergisi, 39, 43-50.

# Gördes zeolitli (klinoptilolit) tüflerinin mineralojisi ve bitki yetiştirme ortamında kullanımı

**A. Cihat Kütük**  
**Mahmut Yüksel**  
**Sonay Sözüdoğru**  
**.Ferda Ömer**  
**İsrafil Kayabah**

A.Ü. Ziraat. Fakültesi, Toprak Bölümü, Ankara  
 A.Ü. Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Ankara  
 A/Ü. Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Ankara  
 MTA Genel Müdürlüğü, MAT Dairesi, Ankara  
 MTA Genel Müdürlüğü, MAT Dairesi, Ankara

*Bu çalışmada Gördes zeolitli Eliflerinin mineralojik özellikleri ile sera koşullarında yetiştirilen fasulye ve şeker pancarında bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılma olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla bölgeyi temsil edecek şekilde alınan zeolit örnekleri M JA. Genel Müdürlüğü cevher zenginleştirme tesislerinde 1-2 mm ile 7-10 mm irilikte sınıflandırılmış ve mineralojik özellikleri incelenmiştir. %70ln üzerinde zeolit içerdiği belirlenen bu tüfler üzerinde ısı kararlılık deneyleri ve Taramak Elektron Mikroskobu (SEM) çalışmaları yapılmıştır. X-RD (tüm kayaç) çözümlenmeleri, ısı kararlılık testleri ve SEM çalışmaları sonucu bu zeolitlerin klinoptilolit olduğu ve başka tür zeolit içermediği saptanmıştır. Isıt kararlılık deneyleri bu zeolitlerin 700 Vye kadar kararlı kalabildiklerini göstermiştir. SEM çalışmaları ile zeolitleşmenin volkan camını direkt olarak yerinde alterasyonu ile oluştuğu belirlenmiştir: istenilen tane iriliğinde sınıflandırılan zeolit AJJZ.F. Toprak Bölümünde gerçekleştirilen sera deneylerinde killi tın tekstürlü deneme toprağıyla belirti oranlarda karıştırılarak bitki yetiştirme ortamına uygulanmıştır.*

*Serada Kick - Brown saksılarında yetiştirilen şeker pancarı ve fasulye bitkilerinin yetiştirme ortamına hacim esasına göre yüzde 0.5, 10 ve 15 oranlarında ince (1-2 mm) ve kaba (7-100 mm) fraksiyonlu zeolit karıştırılmıştır. Ayrıca temel gübreleme olarak kontrol dışın-*

*daki tüm saksılara NHJM'0/ian 50 fig/g azot, KHsPO/tan 60 jigtg fosfor ve 75 püg potasyum ekimden önce uygulanmıştır.*

*Fasulye bakisinden elde edilen ürünün yaş ve kuru ağırlığı ile toprak üstü aksamın kuru ağırlığı üzerine farklı oran ve fraksiyonlardaJd zeolitinin etkisi istatistiki yönden önemli bulunmuştur. Bu etki; Urun yaş ağırlığında kaba fraksiyonlu zeolitinin %5 uygulamasında: belirgin olmuştur. Şeker pancarı bitkisinden elde edilen ürünün yaş ve kuru ağırlığı ile toprak üstü aksamının kuru ağırlığı üzerine farklı oranlarda uygulanan zeolitinin etkisi önemli bulunmuştur.*

*Şeker pancarı ve fasulye bitkisinden elde edilen ürünün toplam azot kapsamı üzerine artan zeolit dozlarının ince ve kaba fraksiyonunun etkileri önemli (P < 0.01) bulunmuştur. Yetiştirme ortamına farklı oran ve fraksiyonlarda uygulanan zeolitinin toprakta çözünebilir bor kapsamına etkisi, fasulye bitkisinin yetiştirme ortamında etkisiz bulunmuş, şeker pancarında: önemli bulunmasına- karşın belirtilen sınır değerler arasında olduğu görülmüştür.*

*Bitki yetiştirildikten sonra topraktan ayrılan klinoptilolitli tüfler üzerinde tekrar SEM çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, Idinoptilolitlerin bitki yetiştirilmesi sırasında herhangi bir mineralojik değişikliğe uğramadığı, bununla birlikte volkan camında jtillenme şeklinde bir alterasyon başladığı belirlenmiştir.*

## Giriş

Gördes ve çevresinde yeralan beyaz renkli, tabakalı ve zeolit içeren tıflar; kol akması (ash flow) şeklindeki volkanik faaliyetin Neojen yaşlı göysel havzaya taşınması ve çökmesi ile oluşmuşlardır. Asidik (riyolitik) bileşimi dan kül akması tülleri (ash flow tuffs) gölse! alanda bazik bir ortamda, altere: olarak, zeolitlenmişlerdir. Volkanik, cam / kristal oranının oldukça büyük olması, alterasyonun ve aynı zamanda zeolitlenmenin miktarını yükseltmiştir.

Esenli (1.992) ve Öner (1993) tarafından mineralojik dağılımları incelenmiş zeolitli tıflar mineral içeriği, esas alınarak iki. sektöre ayrılmıştır.

1- Doğu Sektörü: Ortalama % 70 - 90 arasında klinoptilolit minerali içeren bu sektöre ait tefler az miktarda kuvars, feldspat., biyotit ve volkan camı içermektedir. Ayrıca çok çok az miktarda demiroksit (hematit) minerali de içerebilmektedir. Gerek Esenli ve gerek bu çalışmada, yapılan ısı kararlılık çalışmaları ile zeolitli tıfların ana minerali olan klinoptilolitlerin Na'lu olduğu ve 750°C ye kadar kararlı kalabildiği belirlenmiştir. Bunların kristal boyutları çok küçük olup optik mikroskopta saptanması mümkün değildir. Bunun dışında az miktardaki kuvars (0.3 - 0.7 mm.), feldspat, biyotit. (0.1 - 0.5) ve hematit (0.1 - 0.8 mm..) minerallerinin de parajeneze girdiği belirlenmiştir.

2- Batı Sektörü: Doğu. sektörü ile aynı zeolit mineralini (klinoptilolit) içermektedir. Doğu sektöründen ayrılabilen, en önemli, özelliği bunların daha fazla simektit türü kil minerali içermesidir. Diğer aksesuar mineralleri benzer oranlarda bulunmaktadır. Doğu sektörü tülleri gibi mineral, tane boyları da. genelde aynıdır.

Gördes zeolitli tıfieri Esenli (1992) tarafından ilk olarak "Alt Tüf Birimi" olarak tanımlanmıştır. Bu tıflar Neojen yaşlı Gördes Gölü'nün orta kesiminde çökelmiştir (Şekil 1). Göl, Gördes kuzeyinde yeralan (Güneşli - Kobaklar) volkanik faaliyetin eksplozif evresinin ürünü olan ignimbiritlerle kesilmiş ve o dönemde bir çukurluk olan bu gölün tabanı ignimbiritlerle kaplanmıştır. Genelde zeolitik aberasyona maruz kalan bu malzeme istifte bir stratigrafi: düzey oluşturmaktadır. Alt tüf birimi havzada yaklaşık. 150 km<sup>2</sup>lik alan içinde 5 - 90 m: arasında değişen bir kalınlıkla yayılmaktadır. Kuzeyden güneye doğru kalınlıkları azalan bu tıflar, Batı Anadolu'da örnekleri görülen (Bigadiç - Balıkesir, Kestelek - Bursa) diğer yataklanmalar gibi ekonomik oluşum sergilemektedir.

Günümüzdeki bitki yetiştirme ortamlarında kullanılan peat., torf gibi materyallerin, oldukça, pahalı olması

ve rezervlerinin özellikle ülkemizde sınırlı düzeyde bulunması, ideal bitki yetiştirme ortamı olarak nitelenen bu materyallerinin yerine sap., saman, talaş, yaprak kompostu gibi. bitkisel atıklarla birlikte perlit, volkanik tüf, kum, sentetik köpükler vb. bitki, yetiştirme ve düzenleme materyallerinin de kullanımını gündeme getirmiştir. Ancak organik kökenli, substartların ömürlerinin kısalığı ve bulaşma riskinin yüksek oluşu, diğer materyallerin ise pahalı ve yetersiz fiziksel özellikler göstermesi yeni ortam ve karışımlara yönelmenin, başlıca nedenini oluşturmaktadır. Bu. yüzden ülkemizde 45.8 milyar ton (Büyükkalyon 1988) gibi oldukça yaygın rezervi olan zeolitın tarımsal amaçlı kullanım olanaklarının, araştırılması son yıllarda üzerinde durulan, konulardan biri olmuştur..

Zeolitlerin taşıdıkları çeşitli özelliklerinden dolayı tarımda değişik, alanlarda kullanılabileceği ifade edilmektedir., Burriesci ve diğ. (1984)-, zeolitın ispanak üretiminde su ve gübre yararlılığını artırıp kolaylaştırdığını, Rivera - Gonzales ve. Rodriguez - Fuentes (1988) hidroponik ortamda doğal zeolitte yetiştirilen domates bitkisinde verimin yanısıra su ve gübre ekonomisi yönünden olumlu sonuçlar alındığını saptamışlardır.

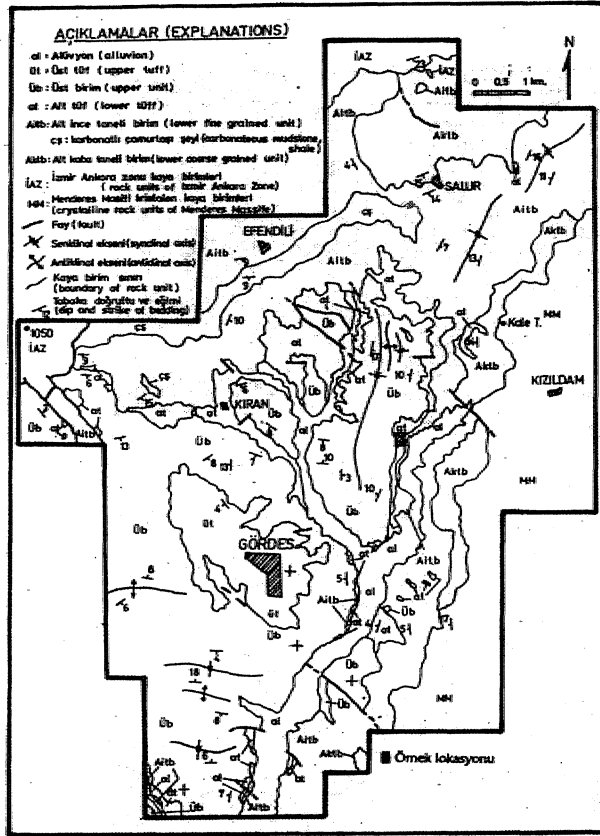
istenilen tane iriliğinde oldukça kolay sınıflandırılması ve yetiştirme ortamına elverişli fiziksel özellikler kazandırması gibi nitelikleri olan, zeolitın tarımda kullanım olanaklarının araştırılması, bu açıdan büyük önem taşımaktadır.,

Bu çalışmada: genelde borat yataklanmaları ile oluşumları nedeniyle yüksek bor içeren diğer zeolit. yataklanmalarının (örneğin Bigadiç - Balıkesir, Gündoğdu, 1932) aksine; havzada bor yataklanması olmaması ve bunların çok düşük oranda, bor içermeleri nedeniyle Gördes (Manisa) doğu sektöründe ekonomik yataklanma sunan zeolitli tıflar seçilmiş ve mineralojik özellikleri belirlenerek bitki yetiştirme- ortamında kullanım olanakları araştırılmıştır.

## Materyal ve Metod

Zeolit örneğinin alıtılması ve çözümlemeye hazırlanması

Araştırmadarbölgede en kalın ve en yüksek zeolit {klinoptilolit} içeren Dedeçam Tepeden (Şekil 1) yaklaşık 250 m'lik zonu temsil edecek şekilde 500 - 600 kg'lık örnekleme yapılmıştır. Daha sonra bu örnekler Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü cevher zenginleştirme tesislerinde kırma. - öğütme ve eleme işlemleri (Kayabalı vd. 1996) ile değişik fraksiyonlara ayrılmıştır.



Sekili. Gördes ve çevresinin jeolojisi haritası (Esenli 1992'den alınmıştır).

Fraksiyonlarına ayrılan örneklerin mineralojik özelliklerinin belirlenmesi, için. X - RD çözümlenmeleri, ısl. kararlılık testleri ve SEM (Scanning Electron. Microscope) çalışmaları yapılmıştır.

X - RB çözümlenmeleri Rigaku marka X - ışınları Diffraktometresinde yapılmıştır. Analiz şartları aşağıda verilmiştir.

Anod: Co, Filtre: Ni, Gerilim.: 40kV, Akım: 30mA,

Örneklerin zeolit cinsinin tayini için uygulanan ısl kararlılık testi Minato ve Nisliimura. (1994) nın önerdiği yöntemle yapılmıştır. Bu yöntemde cam üzerine sıvı pudra halindeki örnekler- 200 - 800°C arasında 1 Oför derece aralıklı olarak, fında 4'er saat bekletilmiş ve desikatörde soğutulduktan sonra X - RD çekimleri, yapılmıştır. B unların d (020) şiddet değerleri ölçülmüş ve ısl kararlılık değerleri, hesaplanmıştır.

Ayrıca örneklerde gerek, mineralojinin korelasyonu ve gerekse örneklerin içinde miktar olarak çok az olup X - RD ile saptan.ayan eriyiüt gibi. insan sağlığına zararlı (kanserojen) zeolit minerallerinin bulunup / bulunmadığı SEM çalışmaları ile denetlenmiştir.

Deneme toprağının alınması ve çözümlenmeye hazırlanması

Denemede kullanılan toprak; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü deneme tarlasından: Kaçar<sup>1</sup> (1994) tarafından bildirilen ilkelere uygun olarak 0 - 20 cm derinlikten alınmıştır. Hava. kını ağırlığa gelene kadar kurutulan ve 4 mmlik elekten elenen toprağın yaklaşık 1 kg'ı laboratuvar çözümlenmeleri için ayrılmış geri kalanı sera denemesinde kullanılmıştır. Deneme toprağı ve zeolitin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1 de verilmiştir.

Çizelge 1 Zeolit ve Deneme Toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

MATERIAL	ORGANİK MADDE%	SATURASYON EKSTRAKTINDA		KİREC %	KDK mg/10g	ÇÖZÜNÜR BOR µg/g	TEKSTÜR
		pH (1:2.5)	EC 25°C mmhos/cm				
Zeolit							
İnce	0.27	7.80	0.180	-	18.48	0.26	-
Kaba	-	7.48	0.100	-	17.39	0.19	-
Toprak	1.24	7.84	0.172	5.12	13.59	0.94	kilicün

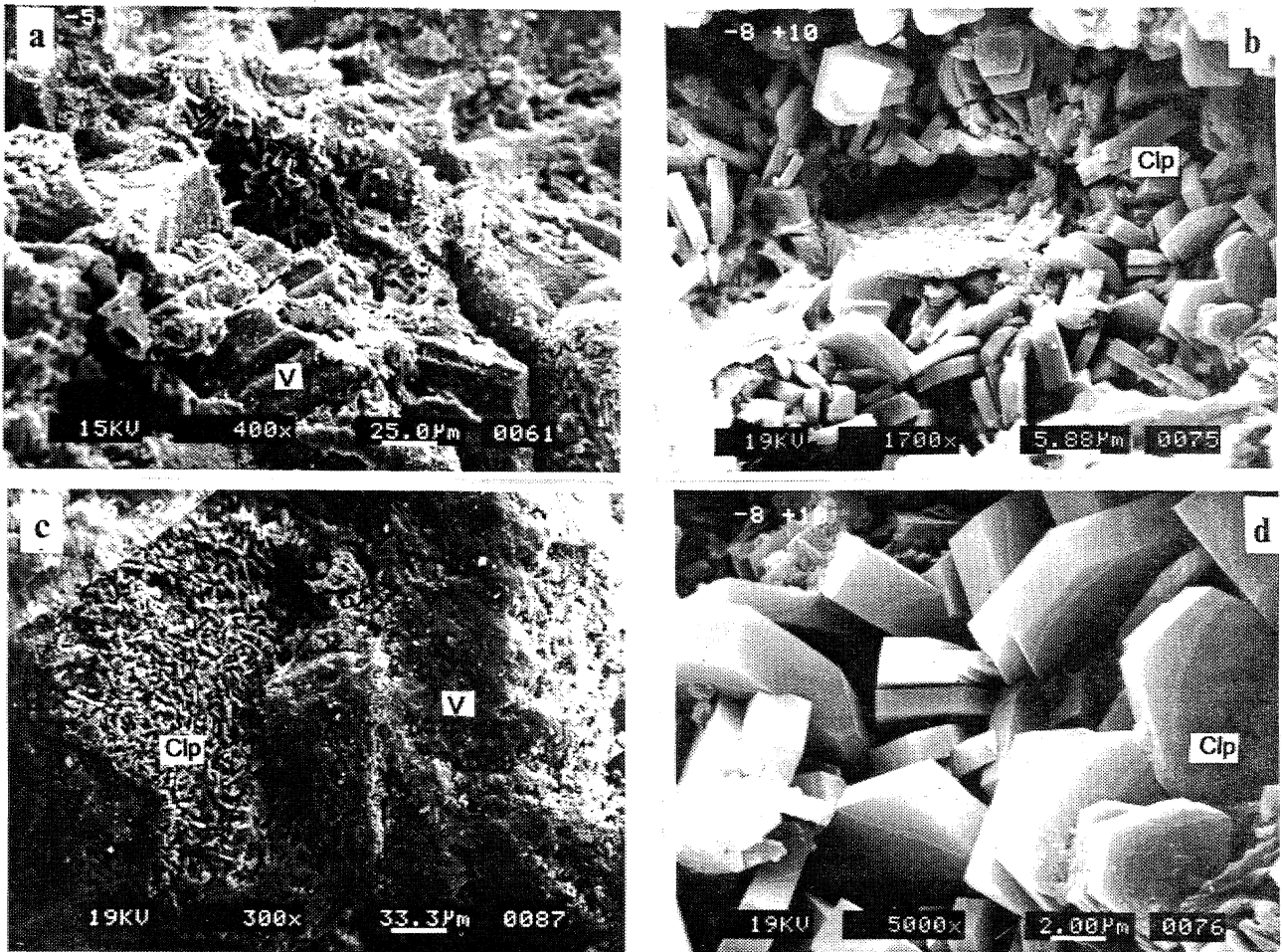
#### Sera Denemesi

Jenny ve diğ. (1950) tarafından gerçekleştirilen yöntem esas alınarak tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlamak olarak Toprak. Bölümü serasında gerçekleştirilen denemede; 8 litre hava karo toprak konulmuş Kick - Brown saksılarına zeolit, hacimsel olarak %0, %5, %10 ve %15 oranlarında, kaştırılmıştır. Saksılara üç adet bodur tip (Sazova) fasulye (Phaseolus vulgaris L.) ile beş adet şeker pancarı (Beta vulgaris saccharifera) tohumu ekilip, çıkış sonrasında, bire seyreltilmiştir.

Temel gübreleme olarak kontrol dışındaki saksılara NH<sub>4</sub>MtVtan 50 fig/g azot, KH<sup>1</sup>PO/tan 60 fig/g fosfor ve 75 kg/g potasyum, ekimden önce çözelti halinde uygulanmış ve kuruduktan sonra, toprakla iyice karıştırılmıştır. Deneme süresince saksılar<sup>1</sup> hergün tartılarak su düzeyi farla kapasitesinde tutulmuş, 16 haftalık gelişim süresi sonunda bitkiler hasat edilmiştir. Fasulye bitkisinin gövde kısmı toprak yüzeyinden, kesilerek hasat edilmiş, ürün belirli aralıklarda,, toplanma, büyüklüğüne eriştiğinde elle toplanmıştır. Şeker pancarı, bitkisinin toprak üstü kısmı, baş kısmından kesilmek suretiyle hasat edildikten, sonra toprak içinde kalan kök (yumnu) kısmı zedelenmeden çıkarılıp, basınçlı su ile toprak ve çamuru temizlenmiştir,

Deneme toprağında tekstür hidrometre yöntemiyle (Bouyoucos, 1951), organik madde Walkley - Black yöntemiyle (US, Salinity Staff Lab, 1954), 1:2,5 toprak su süspansiyonunda pH, cam. elektrotlu pH metre kullanılarak U.S. Salinity Lab. Staff a (1954)'e göre, elektriksel iletkenlik (EC) 1:2.5 toprak - su ekstraktında US., Salinity Lab, Staff a (1954) göre Wheatstone köprüsü ile, katyon • • değin, kapasitesi (KDK) U.S. Salinity Lab.,





Şekil 2, Gördes Zeolitli Teflerinin (-5 +5), (-5 +10), (-16 +24) mesh fraksiyonlarının SEM Fotoğrafları; a ve d. T lifler'in genel görüntüsü, b ve c: Klinoptilolit tabletleri. (B: Biyotit, Cip: Klinoptilolit, V: Volkan canıtı).

StafFa (1954) göre, % kireç Scheibler kalsimetresi kullanılarak Çağlaca (1958) göre, çözünebilir bor Azometin - H yöntemiyle (John ve diğ., 1975), bitki örneklerinde toplam azot Kacar'a (1972) göre belirlenmiştir.

## Bulgular ve tartışma

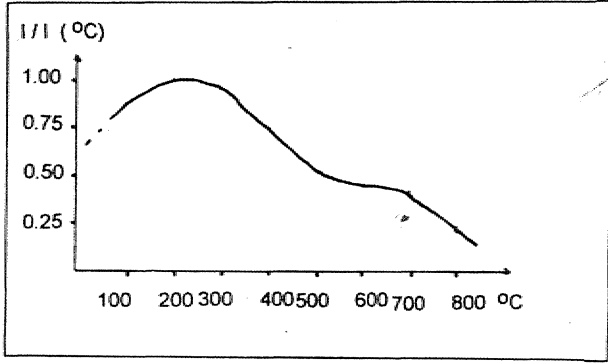
Zeolitte yapılan X - RD çözümlenmeleri sonucunda Gündoğdu (1982)"non önerdiği, yan, kantitatif mineral oranları metodu uygulanmış ve % 80 - 85 oranında Klinoptilolit, % 5 - 10 Kil (Simektif) ve % 5 - 10 oranında da diğer mineraller (Feldspat +Q+Öpal CT) belirlenmiştir (Şekil 4). Şekil 2b-c verilen SEM fotoğraflarından da görüldüğü üzere Klinoptilolitler genelde .5 - 6 mikron boyutunda tabletler şeklinde volkan camının altasyonu ile oluşmaktadır. Şekil 2a-d'de kayacın tamamı kristallenmiş olup,, volkan camı genelde transformasyonunu tamamlanmış olarak görülmektedir. Öte yandan Esenli (1992) tarafından, da belirlenmiş olmakla birlikte, bu çalışma için Alman temsili örneğin de ısı kararlılık çalışması, yapılmıştır. Buna göre, Minato ve

Nishimura (1994) tarafından önerilen metotla yapılan ısı kararlılık çalışmasındaki değerler Çizelge 2'de verilmiştir. Şekil 3'de verilen diyagramda görüldüğü gibi ısı kararlılık değerleri 300°C ye kadar nispi olarak artmıştır,. Bu artış örnekteki az. miktardaki kilin yıkılması ile oluşan yanıtıcı bir artıştır. Sonuç olarak 700 - 750°C ye kadar halen yapısını komyan (Şekil 4) bu zeolit türünün K - Klinoptilolit olduğu bu verilerle ortaya konulmuştur (Çizelge 3).

Gördes zeolitli tüllerinden bu çalışma için alınmış temsili, örnek ile ve Esenli (1992) tarafından aynı lokas-

Çizelge 2. Çalıtılan örneğin t sil kararlılık değerleri..

1200°C/1100°C	1300°C/1100°C	1400°C/1100°C	1500°C/1100°C	1600°C/1100°C
1.01	0.98	0.75	0.53	0.72
1700°C/1100°C	1800°C/1100°C	Polimorfizm	Sonuç	
0.42	0.20	A	Klinoptilolit	



Şekil 3. Zeolitli tüflerin ısı kararlılık diyagramı.

Çizelge 3. Gördes zeolitli tüfünün kimyasal analiz sonuçları.

	%SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%CaO	%MgO	%Na <sub>2</sub> O	%K <sub>2</sub> O	%H <sub>2</sub> O	Bppm
Bu çalışma	71.29	13.55	1.15	1.96	0.70	0.60	3.50	5.90	10
Esenli (1992)	67.83	11.63	0.94	2.35	1.59	0.28	1.59	7.36	?

yondan alınan örneğin kimyasal analiz değerleri karşılaştırılmalı olarak Çizelge 3'de verilmiştir.

Zeolitin bitki, yetiştirme ortamında kullanım olanağını belirlemek amacı ile serada yürütülen çalışma neticesinde şeker pancarı ve fasulye bitkilerinden elde edilen ürün kuru ağırlıkları üzerine değişik oranlarda toprağa karıştırılan zeolitin etkisi istatistikî yönden % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çizelge 4'de gösterildiği gibi yapılan duncan testi sonucunda şeker pancarının ürün yaş ağırlığında uygulamalar arasında genelde önemli bir farklılık belirlenemezken, kere ağırlıklar karşılaştırıldığında; kontrol ve NPK + % 0 (Zeolit uygulanmamış) uygulamasına göre ince zeolitin farklı dozlarının uygulanmasıyla elde edilen, ürün kuru ağırlıktan arasında önemli, farklılıklar olduğu saptanmıştır.

Şeker pancarında, toprak üstü aksamın kuru ağırlığına etkileri bakımından uygulanan zeolit doz ve fraksiyonları, arasında, genel olarak önemli bir farklılık, belirlenmemiş ancak kontrole oranla bu farklılıklar önemli çıkmıştır (Çizelge 4). Kontrole göre belirlenen artışların yetiştirme ortamına zeolitin yanısıra temel gübrelemeyle verilen bitki besinlerindeki kaynağı düşünülmemektedir. Smith ve diğ. (1973) şeker pancarı veriminin toprağa verilen azotlu gübre ile arttığını, Şiray (1968) Ankara şartlarında sulu şeker pancarı tarımında kullanılan azotlu, fosforlu ve potasyumlu gübrelerin verimi arttırdığını saptamışlardır.

Farklı fraksiyon ve dozlarda zeolit uygulanarak yetiştirilen fasulye bitkisinin ürün yaş ve kuru ağırlıkları ile toprak üstü aksamının kuru ağırlıklarına ilişkin ortamlar duncan testi ile karşılaştırılmış ve sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 4. Yetiştirme ortamına farklı fraksiyon ve dozlarda zeolit uygulanarak yetiştirilen şeker pancarı bitkisinin ürün yaş ve kuru ağırlıkları ile toprak üstü aksamı kuru ağırlıklarına ilişkin ortalamaların duncan testi ile karşılaştırılması.

Fraksiyon	Zeolit Dozları V/V	ÜRÜN		TOPRAK ÜSTÜ AKSAM
		Yaş Ağırlığı (g/saksı)	Kuru Ağırlığı (g/saksı)	Kuru Ağırlığı (g/saksı)
İNCE (1-2 mm)	KONTROL	72.89B	24.94E	16.40B
	NPK+%0	78.35A	33.75D	24.22A
	NPK+%5	78.79A	44.97AB	21.12AB
	NPK+%10	79.23A	46.95AB	20.45AB
	NPK+%15	79.03A	44.04AB	20.82AB
KABA (7-10 mm)	KONTROL	77.84A	28.76DE	17.45B
	NPK+%0	78.59A	44.79AB	25.30A
	NPK+%5	79.49A	50.79A	20.92AB
	NPK+%10	78.70A	41.78BC	23.44A
	NPK+%15	78.49A	35.70CD	20.66AB

LSD%1=4.15 LSD%1=7.62 LSD%1=4.81

Çizelge 5. Yetiştirme ortamına farklı fraksiyon ve dozlarda zeolit uygulanarak yetiştirilen fasulye bitkisinin ürün yaş ve kuru ağırlıkları ile toprak üstü aksamının kuru ağırlıklarına ilişkin ortalamaların duncan testi ile karşılaştırılması.

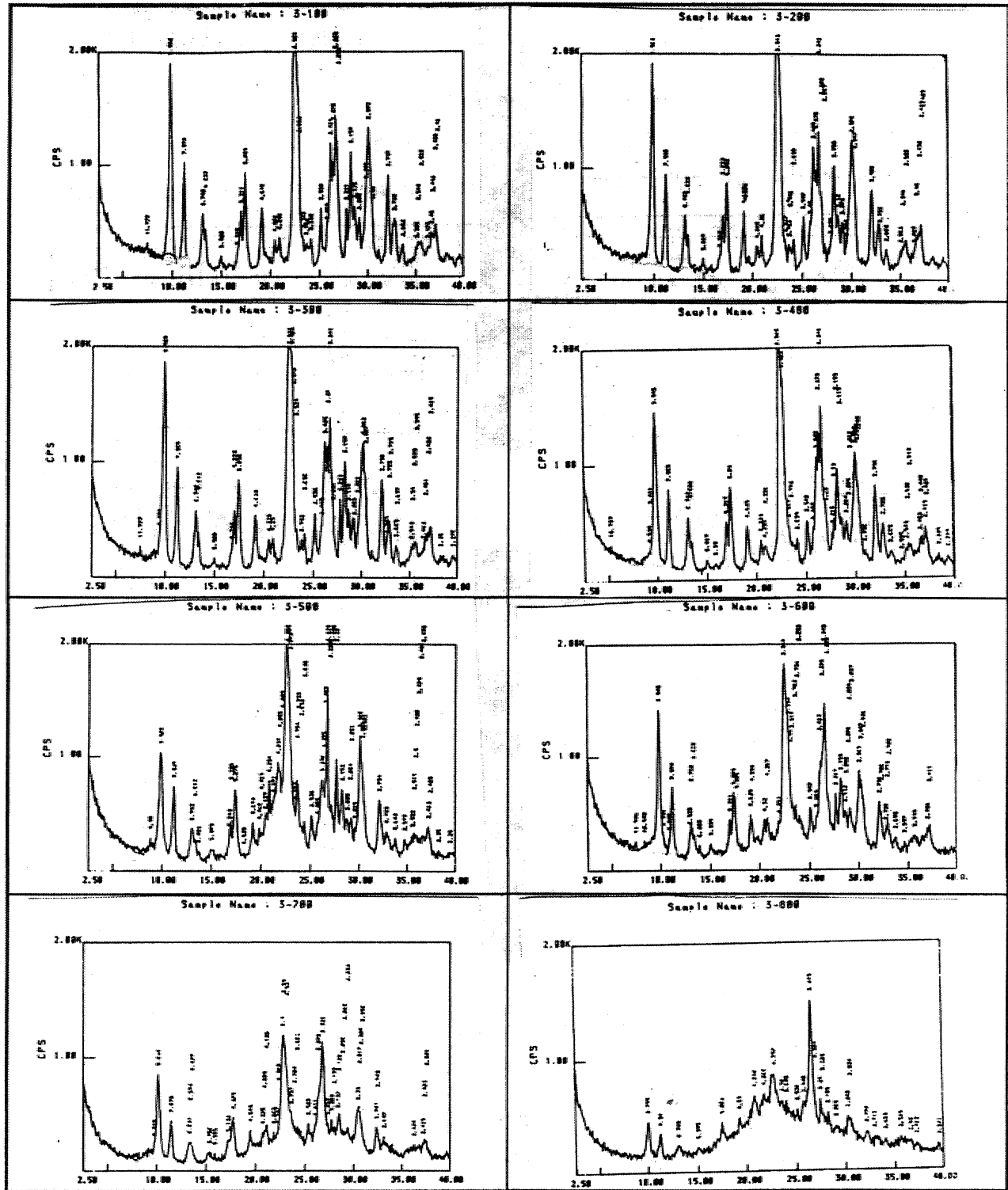
Fraksiyon	Zeolit Dozları V/V	ÜRÜN		TOPRAK ÜSTÜ AKSAM
		Yaş Ağırlığı (g/saksı)	Kuru Ağırlığı (g/saksı)	Kuru Ağırlığı (g/saksı)
İNCE (1-2 mm)	KONTROL	45.57D	7.94D	28.27E
	NPK+%0	61.55CD	13.11B	42.95BC
	NPK+%5	58.52CD	11.98BC	44.12BC
	NPK+%10	75.49BC	12.71BC	38.35CD
	NPK+%15	69.31C	10.16CD	49.77AB
KABA (7-10 mm)	KONTROL	63.42CD	12.36BC	29.85DE
	NPK+%0	95.05B	11.27BC	57.15A
	NPK+%5	126.20A	16.65A	57.19A
	NPK+%10	93.56B	12.55BC	58.24A
	NPK+%15	71.14C	10.92BC	49.90AB

LSD%1=21.37 LSD%1=2.44 LSD%1=8.81

Çizelgenin incelenmesinden fasulye bitkisinden elde edilen ürün yaş ağırlığı üzerine kaba fraksiyonu NPK+%5 zeolit uygulamasının, kontrol ve MPK+%0 (zeolit uygulanmamış) uygulamasına göre önemli etki- de bulunduğu anlaşılmaktadır. Benzer etki ürün kuru ağırlığında da görülmektedir. Bu durum zeolitin toprağın fiziksel özellikleri üzerine olumlu etkisinin (Baldar and Whitting, 1968; Ming and Dixon, 1986) yanısıra bitki besinlerinin yarıyışlılığını arttırmış olmasıyla açıklanabilir. Nitekim Burriesci ve diğ. (1984), zeolitin ıspanak, üretiminde su ve bitki besinleri yarıyışlılığını arttırıp, çıkışı kolaylaştırdığını saptamışlardır.

Breck (1979), değişik bitkilere farklı oranlarda uygulanan, zeolitin kontrole oranla ürün miktarında önemli artışlara neden olduğunu belirlemiş ve bu artışın, toprağa 1 ton/da zeolit uygulanarak yetiştirilen patlıcan (%55) ve havuç (%63)ta diğer ürünlere göre daha fazla olduğunu rapor etmiştir.

Şeker pancarı ve fasulye bitkilerinden elde edilen ürünün toplam azot kapsamına ilişkin değerler Çizelge 6'da verilmiştir. Çizelgeden şeker pancarı ve fasulye bitkilerinden elde edilen ürünün azot kapsamı üzerine artan zeolit dozları ile ince ve kaba fraksiyonlarının et-



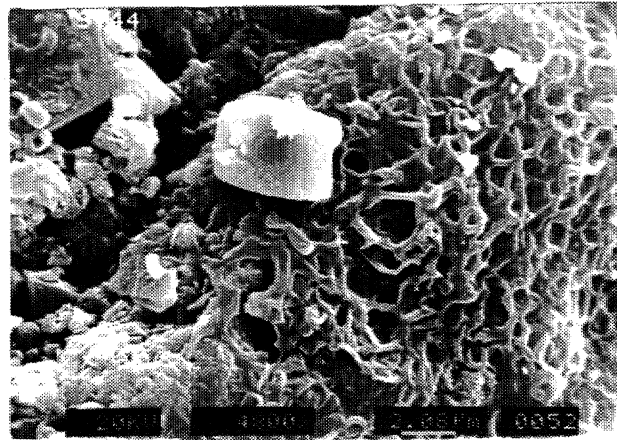
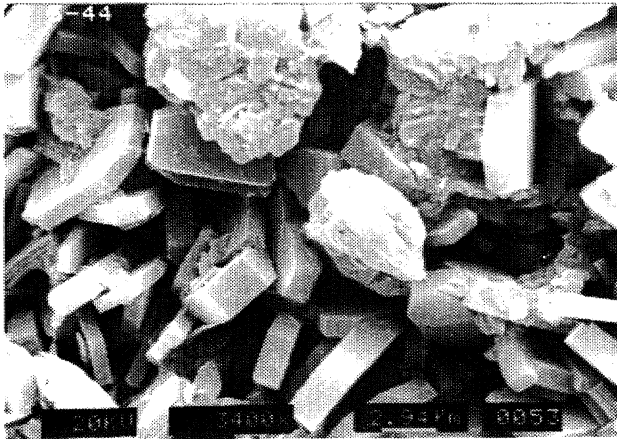
Şekil 4. Zeolitli tüflerin 100-800°C arasında X-RD'de çekilmiş ısı kararlılık difraktogramları.

**Çizelge 6.** Farklı fraksiyon ve dozlarda uygulanan zeolitın şeker pancarı ve fasulye bitkisi ürününün toplam azot kapsamına ilişkin ortalamalarının duncan testi ile karşılaştırılması.

Fraksiyon	Zeolit Dozları V/V	TOPLAM AZOT %	
		Şeker Pancarı ürün(g/saksı)	Fasulye ürün(g/saksı)
İNCE (1-2 mm)	KONTROL	3.69CD	3.71E
	NPK+%0	3.76CD	4.16DE
	NPK+%5	5.09AB	4.79BCD
	NPK+%10	4.34BCD	4.60CD
	NPK+%15	4.31BCD	5.25ABC
KABA (7-10 mm)	KONTROL	3.47B	4.84BCD
	NPK+%0	4.54BC	5.59A
	NPK+%5	4.66BC	5.32AB
	NPK+%10	4.50BCD	5.76A
	NPK+%15	5.76A	4.85BCD

LSD%1=0.95

LSD%1=0.64



**Şekil 5.** Bitki yetiştirildikten sonra klinoptiloliti tüflerin SEM görüntüleri.

kilerinin önemli olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan duncan testi sonucunda şeker pancarında NPK+%5 ince fraksiyonlu zeolit uygulamasının, kaba fraksiyonda da NPK+%15 zeolit uygulamasının kontrol ve NPK+%0 uygulamasına oranla ürünün, azot kapsamını önemli düzeyde arttırdığı belirlenmiştir. Diğer taraftan fasulye bitkisi ürününde NPK+%15 ince fraksiyonlu zeolit uy-

**Çizelge 7.** Şeker pancarının yetiştirme ortamının çözünebilir bor kapsamına ilişkin bor kapsamına ilişkin ortalamaların duncan testi ile karşılaştırılması.

Fraksiyon	Zeolit Dozları V/V	Çözünebilir Bor µg/g
İNCE (1-2 mm)	KONTROL	0.79C
	NPK+%0	1.30ABC
	NPK+%5	1.76A
	NPK+%10	1.50AB
	NPK+%15	0.82C
KABA (7-10 mm)	KONTROL	0.91C
	NPK+%0	1.00BC
	NPK+%5	0.89C
	NPK+%10	0.94C
	NPK+%15	1.59A

LSD%1=0.50

gulaması da azot kapsamını artırmış, kaba fraksiyonk zeolit uygulamalarının i.röüö azot. kapsamı üzerine etkileri ise kontrolle karşılaştırıldığında NPK+%15 zeolit uygulaması dışında önemli bulunmuştur.

Deneme toprağının çözünebilir bor (B) kapsamı 0.94 µg/g, araştırmada kullanılan Gördes zeolitli (klinikloptilolit) tütünün ince fraksiyonunun 0.26 µg/g ve kaba fraksiyonunda OL 19 µg/g olduğu saptanmıştır<sup>1</sup> (Çizelge 1). Bu veriler topraklar için bildirilen 0.4 - 5 µg/g B değerleri arasında olup herhangi bir toksidik yaratmayacak düzeydedir-(Gupta, 1979).

Çözünebilir bor kapsamı yönünden, şeker pancarı bitkisinin yetiştirme ortamından alınan zeolit - toprak, karışımları arasında farklılıkları belirlenirken,, fasulye bitkisinin yetiştirme ortamında istatistiki yönden önemli bir fark saptanmamıştır,.. Şeker pancarının yetiştirme ortamının çözünebilir bor' kapsamına ilişkin ortalamalar duncan testi ile karşılaştırılmış ve sonuçlar- Çizelge 7'de gösterilmiştir, Kontrol ve NPK+%0 uygulamasına (zeolit uygulanmamış) oranla; NPK+%15 kaba zeolit uygulamasında çözünebilir bor kapsamı farklılık göstermesine karşın topraklar' için bildirilen sınır değerler arasındadır.

Özkan vd. (1992) tarafından Bigadiç klinikloptiloliti tüllerinin zirai amaçlı kullanım olanaklarının belirlenmesiyle ilgili yapılan çalışma sonucunda ise; tane boyu derecesine bağlı olarak 50 - 62 µg/g arasında soda çözünebilir bor içeren klinikloptilolitin, yetiştirilen bitkiler üzerine- içerdiği yüksek bor nedeniyle toksik etki yaptığı ve bu şekliyle tarımsal amaçlı kullanımının mümkün olmadığı belirlenmiştir.,

Bu c-alısmalar' sonucunda 'klinikloptiloliti tüllerin. bitki yetiştirilmesinden sonra herhangi bir değişmeye- maraz kalıp kalmadığını araştırmak amacıyla topraktan ayrılan örnekler üzerinde tekrar SEM' çalışması yapılmıştır.. Şekil 5a'da görüldüğü, gibi klinikloptilolitleide herhan-

gi bir morfolojik bozunma gözlenmemektedir.. Şekil 5B'de ise klinoptilolitlerin. etrafında hamur olarak bulunan volkanik camie, kısmen bozulmaya başladığı ve killeşmeye benzer oluşumların geliştiği görülmektedir. Klooptilolitlerin toprak ortamında bozunmaması bitki için ' gerekli iyon .alışverişinin, .sürekliliğini sağlaması açısından önemlidir,

Araştırmadan elde edilen bulgular Gördes zeoliti ü tffferinin bitki yetiştirme- ortamında, kullanılabileceğini göstermiştir.. Gördes ve çevresinde geniş rezerv Manı bulunan ve işletilmesi fazla emek ve harcama gerektirmeyen zeolitie tanında yoğun olarak., bitki, yetiştirme ortamının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin düzenlenmesinde, kullanılmasının ilke ekonomisine önemli katkılar sağlayacağı kuşkusuzdur.

#### KATKI BELİRTME

Bu çalışına MTA. Genel Müdürlüğü'nce yürütülen Teknolojik Araştırmalara İlgili Bilimsel Etütler (Zeolitli Tiflerin Jeolojik., Mineralojik, Kimyasal incelemesi ve Sanayide- KulllanılabilirliMiMerinin Araştırılması Projesi) kapsamında MTA - MAT Dairesi ve A.Ü.Z.F. Toprak. Bölümü, aragtumacılan tarafından gerçekleştirilmiştir..

#### DEĞİNTLEN BELGELER

- Baldar, N.A. and Whitting, L.D., 196«, Occurence and synthesis of soil zeolites. SSSAP, 32: 235 - 238.
- Bouyoucos, G.J., 1951, A recallbration of the hydrometer for making mechanical, analysis of soil. Agron. J. 43: 434 -437..
- Breck, D.W., 1979, The properties and application of zeolites. The city university, London» April,, 18th - 20th..
- Burriescd, N., Valante., S., Qttana\* R., Cımino, G. and Zipelli, C» 1984» Utilization of zeolites, in. spinach, growing. Zeolites, 4: 5 - 8.
- Biyükakyol, M., 1988,, Doğal ZeolMer Ellbank Bülteni., 108 -109:: 30 - 32, Ankara..
- Çağlar, K.Ö., 1958, Toprak timi., Ant. Univ., Zir. Fak. Yay., Ankara, 258 s.
- Esenli., F., 1992, Gördes çevresindeki Neojen serileri ve zeolitleşmenin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal, incelenmesi: Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gupta,, U.C., 1979, Boron nutrition of crops.. Adv. Ag- ran. 31,273 -307,
- Oündogdu, M.N., 1982, Neojen yaşlı Bigadiç sediman- ter baseninin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelenme- si: H.Ü. doktora, tezi, 386 s.
- John, M.K., Ghuah, H.H. and Neufeld, J.H., 1975, App- lication of Improved, azotomethine - H method to the determi- nation of boron in soils and plants.. Anal. Lett. 8; 559 -568.,
- Jenny, H.J., Valamis, J. and Martin, W JB., 1950, Green- house assay of California soils. Hilgantia, 20:1 - 8.
- Kacar, B., 1972,, Bitki ve. Toprağı Kimyasal .Analizleri IL Bitki Analizleri, A.Ü.ZJF. Yayınları 453. Uygulama Kıla- vuzu 155., A..0. Basımevi, Ankara.
- Kaçar, B» 1994, Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. Toprak Analizleri. A.Ü..Z.F. Eğitim Araştırma ve Geliş- me. Vakfı Yayınlan No; 3. S. 705. Bizim. Büro Basımevi, Ankara.
- Kayabah, K., Albayrak, M., Okabe., K., Terzi, E., Gür- pınar., E., 1996., Bentonit ile ıslah edilmiş Doğal zeolitın katı atık sahalarında astar malzemesi olarak kullanılabilirliği, 49. Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özetleri, 5, 8 Ankara.
- Ming, M.G. and Dixon, J.B., 1987, Quantative determi- nation of clinoptilolite in .soil by a cation exchange capacity. method. Clays and: day Minerals, 35(6): 463 - 468.
- Minato, H. and Nishlmura, T., 1994, X - Ray Powder Diffractometry with Heat Treatment.. Natural zeolites .and Its utilization. Edited by No. 1.11, Committee, JSPS.
- Öner., F., 1993, Neojen yaşlı gösel volkano - sediman- ter Gördes, ve. Demirci. Basenleri'nde Sedimantasyon - Mine- rallzasyon ilişkileri, Menderes Masifi Maden Aramaları Pro- jesi Brifing ve Seminerler - 2, MTA, Ankara (yayınlanma- mış).
- Özkan, I., Ataman, Y., Ünver, L, Çaycı., G. ve Öztürk, 1992, Bigadiç klinoptiloliti tüflerinin .zirai amaçlı kullanım olanaklarının belirlenmesi (Zeolit Değerlendirme Etüdü), ETİBANK, Ankara.
- Rivero - Gonzales LA. and Rodriguez - Fuentes, 1988, Cuban experience with the use of natural, zeolite substrates In soilless culture» Proc. Intern. Congress on Soilless. Culture, ISSC, 405 - 416, Wageningen, Netherlands..
- Smith, J., Douglas, C.L. and Le Baron, M.J., 1973, Inf- luence of straw application rate plowing dates .and nitrogen applications on yield and chemical composition of sugar beets. Agron., 165:797-800.
- Şiray, A., " 1968, Ankara şartlarında, solar şeker- pancarı ziraatında kullanılacak ticaret, gübrelerinin çeşit ve mik.ta.rlan. üzerine bir araştırma T.Ş.F.A.Ş.. yayınlan: 163.
- U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954,, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali, soils. USD A, Handbook,, 60,160 p.

# Doğal salamura sularda mineral çökeltim ve çözünümü için termodinamik değerlendirimi için bilgisayar programı

M. Zeki Çamur

ODTÜ, Jeoloji Müh. Bol., Ankara

*Çalışma nehir, göl, deniz ve yeraltı salamura sularından alınmış kimyasal verilerin yorumlanmasına katkıda bulunmak amacıyla yazılmış bilgisayar programı ve kullanımını açıklamaktadır. Bayie bir programın gerekliliğinin arkasında yatan sebeplerden biri,, su kimyası analizlerinin minerallerin termodinamik durumlarına (doygunluk durumlarına) ilişkin bilgiyi doğrudan yansıtmamasıdır. Buna ek olarak, standart kimyasal analizlerde suda mevcut her bir serbest iyona ait konsantrasyonların yerine genelde iyonların toplam konsantrasyonları ölçülmektedir. Dolayısıyla,, bir su örneği içinde mevcut bütün kimyasal bileşiklere ait konsantrasyonların belirlenebilmesi ve suyun minerallere göre doygunluğunun testi için yoğun sayısal hesaplamaları kolaylaştıracak bir bilgisayar programına gereksinim vardır. Bu çalışma yer bilimlerinin pek çok disiplininde (jeokimya, sedimantoloji, mineraloji, maden y atakları, hidroloji) geniş uygulama alanlarına sahip bu konudaki boşluğu doldurmak amacıyla yapılmıştır. Çalışmada önce<sup>1</sup> teorik bilgilerle ilgili denklemlerle anlatılmış ve daha sonra serbest iyon konsantrasyonu, iyon aktivite katsayısı, aktivite ve 51 mineralin doygunluk durumunu hesaplayan program listelenmiştir.*

## Giriş

Mineral çökeltim ve çözünümünün doğal sularda değişik konsantrasyon, sıcaklık ve basınç koşulları altında belirlenmesine yönelik çalışmalar uzun yıllardır jeokimyacıların ana araştırma alanlarından birini oluşturmaktadır (özet için Helgeson ve diğ., 1974, 1976,

1978, 1981 ve Whitfield, 1979\*a bakınız). Çözeltilerin termodinamik metodlarla mineral doygunluğunu belirleyebilmek için çözelti içindeki iyon ve minerallerin Gibbs serbest enerjilerinin ve serbest - iyon aktivite katsayılarının bilinmesi gerektiğinden, araştırmalar daha çok bu konularda yürütülmektedir.

Sulu çözeltilerde herhangi bir bileşiğin aktivite katsayısı içinde bulunduğu çözeltinin toplam konsantrasyon yükü ile yakından ilişkilidir. Çok seyreltik çözeltilerde aktivite katsayıları Debye - Hückel denklemi ile kolayca hesaplanabilir (Debye ve Hückel, 1923). iyon konsantrasyonu yüksek, sulu çözeltilerde (doğal salamura sularda) aktivite katsayılarını laboratuvar metodları ile doğrudan belirleyebilmek mümkün olmadığından, kono teorik bazda, ele alınmış ve çeşitli denklemler geliştirilmiştir (özet için Whitfield, 1979\*3 bakınız). Bunlardan Pitzer (1973, 1979)'in "iyonlar - iyon etkileşim" denklemleri, 25°C ve bir atm, de serbest - iyon aktivite katsayılarının doğal salamura, sularda hesaplanması ve dolayısıyla, minerallerin bu ortamlardaki doygunluklarının belirlenmesi amacıyla Na - K - Mg - Ca - H - Cl - SO<sub>4</sub> - OH: - HCO<sub>3</sub> - CO<sub>3</sub> - CO<sub>2</sub> - H<sub>2</sub>O sisteminde modellenmiş, bir başka ifade ile denklemlerde mevcut değişkenlerin, katsayıları deneysel veriler kullanılarak kalibre edilmiştir (Harvie ve diğ., 1984; Weare, 1987). Değişik, doğal, koşullara uygulanarak bu modelin mineral çökeltim ve çözünüm, belirleme kapasitesi test edilmiş, ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Guèddari ve diğ., 1983; Harvie ve diğ., 1984; Nordstrom ve Munoz, 1986; Weare, 1987; Çamur ve Mutlu, 1995,1996)...

Uygulanabilirliği gösterilmiş tek fakat karmaşık denklemler<sup>1</sup> grubundan oluşan Pitzer- aktivite katsayısı formülasyonunun mineral çökeltim ve çözünümü belirlemede kullanılabilmesi ancak bir bilgisayar programı yardımı ile mümkündür. Doygunluk hesaplamalarına yönelik mevcut programlar<sup>2</sup> daha çok seyreltik sulara ilişkindir (Truesdell and Jones, 1974; Plummer ve diğ., 1976; Wiggley, 1977)... Bu programlardan bazılarının sadece sodyumca zengin doğal salamura sulara da uygula-

nabileceği gösterilmiştir (Çamur ve Mutlu» 1995). Ancak her tür doğal salamura, sulara uygulanabilir herkesin kullanımına açık kapsamlı bir bilgisayar programı çalışması yoktur. Doğal salamura sulara yönelik He ve Morse (1993)'un programı., ise sadece, halit, jips ve anhidrit doygunluk, hesaplamalarını kapsamaktadır. Bu çalışmanın amacı, doğal salamura sularındaki mineral çökelim ve çözünümünün 25°C ve 1 atm. de belirlenebilmesi için, Pitzer aktivite katsayısı formülasyonunu esas alan. bir bilgisayar programı geliştirmektir.

## Mineral doygunluğu hesaplamalarında kullanılan termodinamik ve kütle korunum denklemleri

Denge (de) halindeki herhangi bir kimyasal tepkimenin (t) standart durum Gibbs serbest enerjisi ( $AG^{\circ}$ ) ile tepkimeye giren bileşiklerin konsantrasyonları arasındaki ilişki termodinamik olarak şöyle ifade edilebilir;

$$(1) \quad -A O R T I B K \wedge$$

Denklemden; R, gaz sabiti (0.0011987 kel / mol), T, sıcaklık (Kelvin cinsinden)' ve  $K_{\text{g}}$ , tepkimenin, denge sabitidir., Denge sabiti ile tepkimedeki, bileşiklerin, konsantrasyonları arasındaki ilişki:

$$(2) \quad K^{\wedge} F L a / n a$$

denklemleri tanımlanmıştır., Denklemden, g tepkimeye giren ve ç de tepkimedeki çıkan bileşiklerin tamamını temsil etmektedir, a^ tepkimedeki "T" bileşiğinin aktivitesidir (etkili konsantrasyonudur) ve şöyle tanımlanır:

$$(3) \quad \wedge = j m$$

Denklemden;  $j_b$  tepkimedeki "i" bileşiğinin aktivite katsayısı ve  $m_j$  de molalitesidir. Denklemler (2) ve (3) denklem (1) de yerine konulduğunda, herhangi bir tepkimedeki enerji, ve konsantrasyonlar arasındaki ilişki:

$$(4) \quad -A G^{\circ} / R T = \ln \left( \prod Y_m / \prod F_{i,m} \right)$$

denklemleri ifade edilebilir.

Tepkimeye giren ve çıkan bileşiklerin termodinamik denge halinde olması durumunda denklem (4) ün tier iki taraflı birbirine eşittir. Denge halinin değişmesi durumunda ise, tepkimeye giren veya çıkan bileşiklerin lehinde veya aleyhinde tepkime bir yöne doğru hareket edecek ve denklem (4) deki eşitlik bozulacaktır. İşte, mineral doygunluğu hesaplamalarının temelinde yatan ilke bu yönün bulunmasıdır. Bu yönün bulunması amacıyla yukarıda ifade edilen termodinamik denklemlere

bağlı olarak, doygunluk indeksi (Dİ) kavramı geliştirilmiştir.

$$(5) \quad D_i = \ln \left( \frac{\prod Y_{j,n} / E J M}{(-A G^{\circ}_i / R T)} \right),$$

Tepkimedeki mineral tepkimeye giren bileşik olarak yazıldığında (tepkime ifadesinin solunda)'» Di kavramına göre;;

Eğer  $\log (D_i) = 0$  Su mineral ile denge halindedir (denge - doygunluğu),.

Eğer  $\log (D_i) > 0$  Su minerale aşırı doymuştur (doygunluk. - üstü durum),.

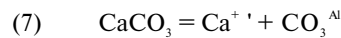
Eğer  $\log (D_i) < 0$  Su minerale doymamıştır (doygunluk - altı durum).

Denklemler (5) de. tepkimenin standart durum Gibbs serbest; enerjisi;

$$(6) \quad A G^{\circ} E G^{\circ} - Z G^{\circ} i$$

formüllerini kullanılarak deneysel olarak belirlenmiş kaynaklarda çizelgeler halinde üsteli (örneğin Helgeson ve diğ., 1978; Harvie ve diğ., 1984; Johnson ve diğ., 1991), tepkimedeki bileşiklerin (mineral ve iyonların) standart durum Gibbs serbest, enerjilerinden (G) hesaplanabilir. Bu yayında diğer verilerle uyumluluğu esas alınarak, Harvie ve diğ. (1984) tarafından belirlenmiş 25°C ve 1 atm. standard. Gibbs serbest enerjisi değerleri kullanılmıştır. (Çizelge 1). Katı saf maddelerin (minerallerin) aktiviteleri. benimsenecek, standart, durum tanımlanır. göre bire- eşitlenebilir (ayrıntılı, bilgi için Helgeson ve diğ.» 1978; Nordstorm ve Munoz, 1986'ya bakınız),. Böylece, soyun kimyasının bilinmesi durumunda,, denklem. (5) de bilinmeyen değişkenler tepkimedeki iyonların aktivite katsayılarına indirgenir.

Örnek olarak kalsit, doygunluk hesabını ele alırsak: Kalsit minerali ile içinde bulunduğu suyun iyonları, arasındaki muhtemel tepkime.:



şeklinde yazılabilir, bu tepkimenin denklem (5) deki ifadesi;

$$\ln \left( \frac{\prod Y_{j,n} / E J M}{(-A G^{\circ}_i / R T)} \right) \text{dir...}$$

Tepkime (7) nin 25°C ve 1 atm. deki standart durum Gibbs serbest: enerjisi denklem (6) ya göre;

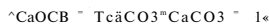
$$(9) \quad A G^{\circ}_i = (G^{\circ} a + G^{\circ} \text{CO}_3 - 2) - (G^{\circ} \text{CaCO}_3)$$

$$G^{\circ} \text{CaCO}_3 = -132.3, G^{\circ} \text{CO}_3 - 2 = -126.17 \text{ ve } G^{\circ} \text{CaCO}_3 = -$$

**Çizelge 1. Bilgisayar programında kullanılan iyon ve minerallerin 25°C ve 1 atm. deki Gibbs serbest enerjisi değerleri (kcaVmol). Harvie ve diğ., 1984'den hesaplanmıştır.**

İYON/MİNERAL	KİMYASAL FORMÜL	- G <sup>0</sup>
Su	H <sub>2</sub> O	56.679
Sodyum iyonu	Na <sup>+</sup>	62.596
Potasyum iyonu	K <sup>+</sup>	67.518
Kalsiyum iyonu	Ca <sup>2+</sup>	132.301
Magnezyum iyonu	Mg <sup>2+</sup>	108.702
Magnezyum hidroksit iyonu	MgOH <sup>+</sup>	149.270
Hidrojen iyonu	H <sup>+</sup>	0.0
Klorit iyonu	Cl <sup>-</sup>	31.375
Sülfat iyonu	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	177.974
Bisülfat iyonu	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	180.673
Hidroksit iyonu	OH <sup>-</sup>	37.584
Bikarbonat iyonu	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	140.271
Karbonat iyonu	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	126.166
Kalsiyumkarbonat iyonu	CaCO <sub>3</sub> <sup>0</sup>	262.767
Magnezyumkarbonat iyonu	MgCO <sub>3</sub> <sup>0</sup>	238.863
Carbondiyoksit iyonu	CO <sub>2</sub> <sup>0</sup>	92.238
Anhidrit	CaSO <sub>4</sub>	316.226
Apitait	NaK <sub>3</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	626.285
Antarkit	CaCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	529.473
Aragonit	CaCO <sub>3</sub>	269.681
Arkanit	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	313.432
Bisikovit	MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	505.448
Bloedit	Na <sub>2</sub> Mg(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	819.760
Brusit	Mg(OH) <sub>2</sub>	198.719
Burkelt	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	858.746
Kalsit	CaCO <sub>3</sub>	269.936
Kalsiyum Klorit Tetrahidrat	CaCl <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	413.968
Kalsiyum Oksi Klorit A	Ca <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub> .13H <sub>2</sub> O	1575.088
Kalsiyum Oksi Klorit B	Ca <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O	461.195
Karnalit	KMgCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	604.511
Dolomit	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	516.640
Epsomit	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	685.995
Gayusit	CaNa <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .5H <sub>2</sub> O	806.074
Glauberit	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	620.597
Jips	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	429.882
Halit	NaCl	91.829
Heizahidrat	MgSO <sub>4</sub> .6H <sub>2</sub> O	628.981
Kainit	KMgClSO <sub>4</sub> .3H <sub>2</sub> O	555.868
Kalsinit	KHCO <sub>3</sub>	207.405
Kiyesit	MgSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	343.522
Labil Tuz	Na <sub>4</sub> Ca(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .2H <sub>2</sub> O	1037.706
Leonit	K <sub>2</sub> Mg(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	831.829
Maryesit	MgCO <sub>3</sub>	245.555
Magnezyum Oksi Klorit	Mg <sub>2</sub> Cl(OH) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	610.021
Merkanit	KHSO <sub>4</sub>	247.403
Mirabilit	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .10H <sub>2</sub> O	871.632
Misenit	K <sub>2</sub> Hg(SO <sub>4</sub> ) <sub>7</sub>	1800.700
Nahkolit	NaHCO <sub>3</sub>	203.417
Natron	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .10H <sub>2</sub> O	819.275
Neskuhonit	MgCO <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O	411.954
Pikromerit	K <sub>2</sub> Mg(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	945.663
Pitsonit	Na <sub>2</sub> Ca(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	635.794
Polihalit	K <sub>2</sub> MgCa <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	1352.344
Portlandit	Ca(OH) <sub>2</sub>	214.550
Potasyum Karbonat	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .3/2H <sub>2</sub> O	342.082
Potasyum Seskuikarbonat	K <sub>2</sub> Hg(CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O	1514.033
Potasyum Sodyum Karbonat	KNaCO <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	596.513
Potasyum Trona	K <sub>2</sub> NaH(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	575.740
Seskuipotasyum Sülfat	K <sub>3</sub> H(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	563.333
Seskuisodyum Sülfat	Na <sub>3</sub> H(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	544.948
Sodyum Karbonat Hefhidrat	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .7H <sub>2</sub> O	648.740
Silit	KCl	97.665
Silenit	K <sub>2</sub> Ca(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O	690.125
Talkhidrat	Mg <sub>2</sub> CaCl <sub>2</sub> .12H <sub>2</sub> O	1194.388
Tenandit	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	303.559
Termonatrit	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	307.381
Trona	Na <sub>3</sub> H(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	569.010

269,9kcal/mol değerleri, kullanıldığında:  $AG_{\text{v}} = IIA3$  kcal/moldiff. Saf minerallerin aktiviteleri bire eşittir, standart durumunu benimsediğimizde, kalsitle .aktives! bire eşittir:



]Bo değerleri denklem. (8) de yerine koyarsak ve kalsitin doyunluğunu 25°C (298.15°K)de hesaplırsak;

$$(10) \quad Dt = \ln (7c_{\text{Ca}}2m_{\text{Ca}}2Tc_{\text{CO}_3}...2m_{\text{CO}_3-2}) / (-19.29).$$

Kalsit doyunluğu belirlenecek suyun kimyasal kompozisyonu bilindiğinde, denklemde bilinmeyen iyonların aktivite-katsayıları da hesaplanarak doyunluk indeksi belirlenebilir.

Salamura suların iyon aktivitelerini belirlemek için Pitzer deoklemleri ile ifade edilen osmotik katsayı (<math>\langle\langle\rangle\rangle</math>), kation,, anyon ve yüksüz bileşiklerin aktivite katsayıları (Oy), kullanılmıştır (Çizelge, 2 ve 3), Pitzer (1973, 1979, 1987) konsantre elektrolit çözeltilerde gözlenen kararsızlığı ifade etmek için istatistiksel - mekanik bir yaklaşım kullanmıştır. Bu formülasyon, iyonlar - .arası etkileşimleri gözönüne alan denklem, çeşitlendirmelerine dayanmaktadır. Pitzer denklemlerinin ilke ve gelişimleri ayrıntılı olarak Pitzer (1979,, 1987), Harvie ve (fig. (1984) ve Weare (1987)'de verilmiştir.,

Serbest iyon konsantrasyonlarını toplam konsantrasyondan hesaplama, tepkimeye giren ve çıkan bileşikler arasında, daha. önce ifade edilen, termodinamik denge kavramı ve kütle (konsantrasyon) korunumu prensiplerine dayanır. Bu çalışmadaki, serbest iyon bileşiklerin. sayısı aktivite katsayılarına ait parametreleri belirlenmiş bileşiklerle (Çizelge 1) sınırlanmıştır. Bu: bileşikler arasındaki konsantrasyon dağılımını belirleyen termodinamik ifadelerin tepkimeleri ve her bir toplam (T) konsantrasyonu esas. alan kütle korunumuna dayalı denklemler Çizelge 4'de verilmiştir.,

Doğal salamura, sulardaki mineral çökeltim ve çözünümünü belirleyebilmek için verilen denklemleri esas alan PITDI kodlu bir bilgisayar programı yazılmıştır. Programda denklemler Weare (1987) 'in iyonlar - .arası, etkileşim verileri ve Havle ve 'dig. (1984)'nin standart Gibbs serbest, enerjisi verileri ile birleştirilerek devamlı .fraksiyon, (continued fraction) sayısal metodu kullanılmak suretiyle iterasyon yöntemi ile- bir set halinde hesaplanmakta, ve sonuçta konsantrasyon dağılımları, aktivite katsayıları,, aktiviteler ve doyunluk indeksleri belirlenmektedir. Aktivite katsayıları denklem setinde mevcut elektrostatik simetri dışı karışım, denidemlerindeki Integraller' Chebyshev polinomial yaklaşımları kollarılarak çözülmektedir (Pitzer,, 1987).

## Uygulamalar

Programın sonuçlarını göstermek amacıyla Çamur ve Mutlu (1995) 'tarafından rapor edilen Tuz Gölü'nün ana. bölgesine ait. ortalama mayıs, ayı analizinin (mg/l): • K (944), Na (101980), Ca (925), Mg (2860), HCO<sub>3</sub>. (173), SO<sub>4</sub> (7371.), Cl (167438),, pH (7.34), TC (25) ve p(1.15; gr/l) hesaplamaları yapılmış ve sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir.

Çıktıda, ilk satır problemin başlığını, ikinci satır sonuçları elde- edebilmek için gereken iterasyon. sayısını,



Çizelge 2. Pitzer denklemlerine göre osmotik katsayı ( $\phi$ ), katyon aktivite katsayısı ( $\gamma_M$ ), anyon aktivite katsayısı ( $\gamma_X$ ), ve yüksüz iyon aktivite katsayılarının (%) tanımı. Denklemlerdeki M, c ve c' katyonları, X, a veya a' anyonları ve N ve o. yüksüz bileşikler temsil etmektedir, m ve z sırasıyla belirtilen bileşiklere ait molalite ve yük değerlikleridir. I, molal ölçekte iyonik güç ( $I=0.5\sum m_i z_i^2$ ) ve  $A^* \approx 25^\circ\text{C}$  deki Debye - Hückel parametresidir ( $=0.39$ ).  $B^* = B^* M^* B^* M^* \% 4f^* V^* Q^* < , \Psi^* \text{ ve } \lambda^* \text{ i değişken, katsayıları olup Pitzer'in iyonlar - arası etkileşim parametrelerinin fonksiyonudur (Çizelge 3'e bak).$

**Aktivite Katsayılarının Salamura Sularında Belirlenmesine İlişkin Pitzer Denklemleri**

$$m_i(\phi-1) = 2 \left( -A^* \phi^{1/2} / (1+1.2I^{1/2}) + \sum_{c=1}^{N_c} \sum_{a=1}^{N_a} m_c m_a (B_{ca}^* + ZC_{ca}) \right. \\ \left. + \sum_{c=1}^{N_c} \sum_{c'=1}^{N_c} m_c m_{c'} (\Phi_{cc'}^* + \sum_{a=1}^{N_a} m_a \Psi_{cc'a}^*) + \sum_{a=1}^{N_a} \sum_{a'=1}^{N_a} m_a m_{a'} (\Phi_{aa'}^* + \sum_{c=1}^{N_c} m_c \Psi_{aa'c}^*) \right. \\ \left. + \sum_{a=1}^{N_a} \sum_{a'=1}^{N_a} m_a m_{a'} \lambda_{aa'}^* + \sum_{c=1}^{N_c} \sum_{c'=1}^{N_c} m_c m_{c'} \lambda_{cc'}^* \right)$$

Suyun aktivitesi:  $\ln(a_{H_2O}) = (-18.016/1000) (\sum m_i) \phi$

$$\ln \gamma_M = z^2 M^* F + \sum_{a=1}^{N_a} m_a (2B_{Ma}^* + ZC_{Ma}^*) + \sum_{c=1}^{N_c} m_c (2\Phi_{Mc}^* + \sum_{a=1}^{N_a} m_a \Psi_{Mca}^*) \\ + \sum_{a=1}^{N_a} \sum_{a'=1}^{N_a} m_a m_{a'} \Psi_{aa'M}^* + k_M \left( \sum_{c=1}^{N_c} m_c m_a C_{ca} + \sum_{n=1}^{N_n} m_n (2\lambda_{nM}) \right)$$

$$\ln \gamma_X = z^2 X^* F + \sum_{c=1}^{N_c} m_c (2B_{cX}^* + ZC_{cX}^*) + \sum_{a=1}^{N_a} m_a (2\Phi_{Xa}^* + \sum_{c=1}^{N_c} m_c \Psi_{Xac}^*) \\ + \sum_{c=1}^{N_c} \sum_{c'=1}^{N_c} m_c m_{c'} \Psi_{cc'X}^* + k_X \left( \sum_{a=1}^{N_a} m_a \sum_{c=1}^{N_c} m_c m_a C_{ca} + \sum_{n=1}^{N_n} m_n (2\lambda_{nX}) \right)$$

$$\ln \gamma_N = \sum_{c=1}^{N_c} m_c (2\lambda_{nc}) + \sum_{a=1}^{N_a} m_a (2\lambda_{na})$$

F ve Z nin tanımı:

$$F = -A^* \phi^{1/2} / (1 + 1.2I^{1/2}) + (2/1.2) \ln(1 + 1.2I^{1/2}) + \sum_{c=1}^{N_c} \sum_{a=1}^{N_a} m_c m_a B_{ca}^* \\ + \sum_{c=1}^{N_c} \sum_{c'=1}^{N_c} m_c m_{c'} \Phi_{cc'}^* + \sum_{a=1}^{N_a} \sum_{a'=1}^{N_a} m_a m_{a'} \Phi_{aa'}^*$$

$$Z = \sum k_j m_j$$

üçüncü satır soyun iyonik gücünü ( $I = 0.5 \sum m_i z_i^2$ ) ve dördüncü, satır da yüzde yük dengesi hatasını göstermektedir. Yük dengesi hatasını hesaplamada kullanılan formül şöyledir:

$$\text{Yük dengesi hatası} = 10Q^* \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^a \sum_{l=1}^k \sum_{m=1}^a \frac{m_i m_j m_l m_m}{V_i^{1/2} V_j^{1/2} V_l^{1/2} V_m^{1/2}}$$

Formülde k ve a sırasıyla toplam katyon ve anyon, sayılarıdır.  $m_i$  ve  $z_i$  sırasıyla bu iyonların molalite ve mutlak yük değerliklerini temsil etmektedir. Suyun pH değeri ve  $\text{CO}_2$  gazının logaritmik kısmî, basıncından sonra,, hesaplanan serbest iyon molalite (MOLALİTE S), serbest, iyon aktivite katsayıları (GAMA S) ve serbest iyon aktiviteleri listelenmektedir. Bu değerlerden sonra son olarak da minerallerin, suya göre logaritmik doygunluk indeksleri sıralanmıştır.

Hesaplanan, indekser daha sonra çok değişik şekillerde amaca yönelik olarak değerlendirilebilir. Örneğin,, Tuz Gölü'ne ait be. ve diğer analizlere ait program çıktılan daha. sonra. Çamur ve Mutlu (1995) tarafından şe~

Çizelge 3. Pitzer denklemlerindeki  $B_{ij}^*$ ,  $B_{ij}^*$ ,  $B_{ij}^*$ ,  $c_j^*$ ,  $\Phi_{ij}^*$ ,  $\Psi_{ij}^*$  değişken katsayılarının tanımı, Katsayılarla ilişkin  $B^* M^* B^* W^* B^* B^* \% C \setminus IX, *$  Yükl ve K, değerleri Çizelge 1. 2 de listelenmiştir.

**TEK ELEKTROTTLAR İÇİN İKİNCİL DEĞİŞKEN KATSAYILAR**

$$B_{MX}^* = \beta^0 X + \beta^1_{MX} \exp(-\alpha_{MX} I^{1/2}) + \beta^2_{MX} \exp(-12 I^{1/2})$$

$$B_{MX} = \beta^0 X + \beta^1_{MX} \exp(-\alpha_{MX} I^{1/2}) + \beta^2_{MX} \exp(-12 I^{1/2})$$

$$B^1_{MX} = \beta^1_{MX} \exp(-\alpha_{MX} I^{1/2}) / I + \beta^2_{MX} \exp(-12 I^{1/2}) / I$$

g ve g' fonksiyonları aşağıda verilen denklemlerle çözülmüştür:

$$g(x) = 2(1-(1+x)e^{-x}) / x^2$$

$$g'(x) = -2(1-(1+x+5x^2)e^{-x}) / x^2$$

Fonksiyonlarda,  $x = \alpha_{MX} I^{1/2}$  veya  $12 I^{1/2}$  şeklindedir. Tek yüküü elektrotlar için,  $\alpha_{MX}$  2 ye, daha yüksek yüküü çiftler için ise 1.4 e eşittir.

**KARŞIK ELEKTROTTLAR İÇİN İKİNCİL DEĞİŞKEN KATSAYILAR:**

$$\Phi_{ij} = \theta_{ij} + E_{ij}(I) + E'_{ij}(I)$$

$$\Phi_{ij} = \theta_{ij} + E_{ij}(I)$$

$$\Phi_{ij} = E'_{ij}(I)$$

i ve j katyon ve anyon çiftlerine karşılık gelmektedir. Elektrostatik simetri dışı karışım terimleri,  $E_{ij}(I)$  ve  $E'_{ij}(I)$ , aşağıdaki şekildedir:

$$E_{ij}(I) = (z_i z_j / 4^* I) (J(x_{ij}) - 0.5^* J(x_{ij}) - 5^* J(x_{ij}))$$

$$E'_{ij}(I) = (z_i z_j / 8^* I^2) (X_{ij} J(x_{ij}) - 0.5^* J(x_{ij}) - 5^* J(x_{ij})) - (E_{ij}(I) / I)$$

Denklemlerde,

$$J(x) = (x/4) - 1 + (1/x) \int_0^x (1 - \exp(-xy)) e^{-y} y^2 dy$$

$$J(x) = 0.25 - (1/x^2) \int_0^x (1 - (1+xy)e^{-y}) \exp(-xy) e^{-y} y^2 dy$$

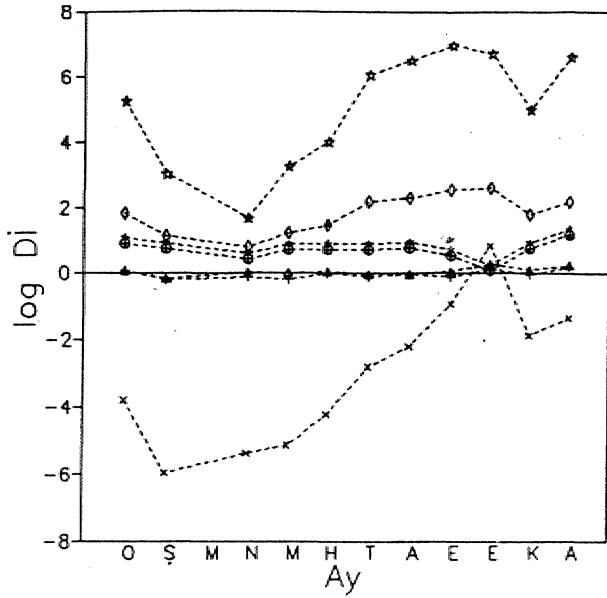
$$x_{ij} = 6 z_i z_j A^* \phi^{1/2}$$

**ÜÇÜNCÜL DEĞİŞKEN KATSAYI:**

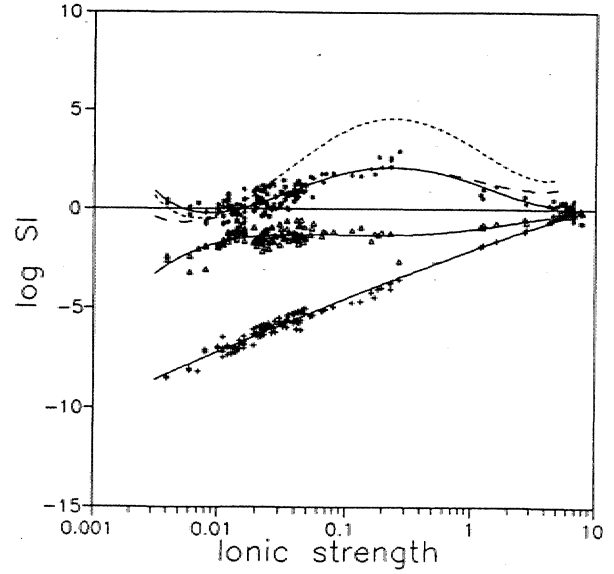
$$C_{MX} = C^0_{MX} / 2 k_M^* X^{1/2}$$

kilere' aktarılarak,, Tuz Gölü suyunun değişik mioerallene göre her aya, ait doygunluğu ortaya konmuş (Şekil 1) ve sonuçların gölden alınan çökel ömekleri ile pozitif korelasyon gösterdiği rapor<sup>1</sup> edilmiştir. Sonuçlar nihai olarak göl çökellerinde bulunan minerallerin kökenini araştırmada değerlendirilmiştir. Göl basenindeki bütün yüzey suları esas alan çalışmalarında ise, Çamur ve Mutlu (1996) göl suları Eio basenindeki sularla ilişkisini mineralojik açıdan ortaya koymak amacıyla yine doygunluk indeksi hesaplamaları sonuçlarını kullanmışlardır (Şekil 2), Program sonuçlarında verilen aktivite değerleri çözelti ortamındaki mineraller arası tepkimelerin değerlendirilmesi amacıyla da kullanılabilir. Bu ve benzeri uygulamalar konu ile ilgili çok çok makale ve kitap yayınlarında bulunabilir (örneğin; Noidstorm ve Munoz, 1986; Plummer ve diğ., 1994),,

Uygulamalarda PITDI programı sonuçlarının  $25^\circ\text{C}$  ve bir atmosfer termodinamik, denge durumunu esas aldığı unutulmamalıdır. PITDI sonuçlarının değerlendirilmesinden önce Mdrojeokimyasal sistemdeki denge durumunun geçerliliği, araştırılmalı ve sonuçlar ona göre yorumlanmalıdır.



Şekil 1. 7tfz Göl'ün yüzey sularının 25 V ve 1 atm. de halâ (ar-n), jips (üçgen), kalsit (altı - köşeli yıldız), haniit (beş - köşeli yıldız), polihalit (çarpım), aragonit (daire içi artı) ve manyezit (baklava dilimi) doygunluk indeksleri (Çamur ve Mutlu, 1995)



Şekil 2. Tuz Gölü basenindeki yüzey suların 25 °C ve 1 atm. de halâ (ar-n), jips (üçgen), kalsit (altı - köşeli yıldız), dolomit (kısa kesik çizgiler) ve manyezit (uzun kesik çizgiler) doygunluk indeksleri (Çamur ve Mutlu, 1996).

Çizelge 4. Serbest iyon konsantrasyon hesaplamalarında kullanılan tepkime ve kütle korunum denklemleri. Denklemlerde K..... harfi ile başlayan değişkenler, o bileşiğe ait tepkimenin  $\exp(-\Delta G^{\circ}_i / RT)$  değeridir.

Serbest bileşikler arasındaki konsantrasyon dağılımını belirleyen termodinamik ifadelerin tepkimeleeri:	
$H_2O = OH^- + H^+$	$Mg^{2+} + OH^- = MgOH^+$
$H^+ + SO_4^{2-} = HSO_4^-$	$Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3^0$
$Mg^{2+} + CO_3^{2-} = MgCO_3^0$	$CO_2^0 + H_2O = CO_3^{2-} + 2H^+$
$CO_3^{2-} + H^+ = HCO_3^-$	

Her bir toplam (T) konsantrasyonu esas alan kütle korunumuna dayalı denklemler:

$$m_{T,Ca}^T = m_{Ca^{2+}} + m_{CaCO_3^0}$$

$$m_{T,Mg}^T = m_{Mg^{2+}} + m_{MgOH^+} + m_{MgCO_3^0}$$

$$m_{T,Na}^T = m_{Na^+}$$

$$m_{T,K}^T = m_{K^+}$$

$$m_{T,SO_4}^T = m_{SO_4^{2-}} + m_{HSO_4^-}$$

$$m_{T,Cl}^T = m_{Cl^-}$$

$$Alkalinite = 2m_{CO_3^{2-}} + m_{HCO_3^-} + 2m_{CaCO_3^0} + 2m_{MgCO_3^0} + m_{OH^-} + m_{MgOH^+} - m_{H^+} - m_{HSO_4^-}$$

Tepkimeleerin termodinamik ifadesi ve kütle korunum denklemleri sayısal bir çözüm için yeniden düzenlendiğinde:

$$m_{Na^+} = m_{Na}^T$$

$$m_{K^+} = m_{K}^T$$

$$m_{Cl^-} = m_{Cl}^T$$

$$m_{H^+} = a_{H^+} / \gamma_{H^+}$$

$$m_{OH^-} = (KH_2O \cdot a_{H_2O}) / (a_{H^+} \cdot \gamma_{OH^-})$$

$$m_{SO_4^{2-}} = m_{SO_4}^T / (1 + (KHSO_4 \cdot a_{H^+} \cdot \gamma_{SO_4^{2-}}) / (\gamma_{HSO_4^-}))$$

$$m_{HSO_4^-} = (KHSO_4 \cdot a_{H^+} \cdot \gamma_{SO_4^{2-}} \cdot \gamma_{SO_4^{2-}}) / (\gamma_{HSO_4^-})$$

$$m_{CO_3^{2-}} = (Alkalinite - 2m_{CaCO_3^0} - 2m_{MgCO_3^0} + m_{OH^-} + m_{MgOH^+} - m_{H^+} - m_{HSO_4^-}) / (2 + (KHCO_3 \cdot a_{H^+} \cdot \gamma_{CO_3^{2-}}) / (\gamma_{HCO_3^-}))$$

$$m_{HCO_3^-} = (KHCO_3 \cdot m_{CO_3^{2-}} \cdot \gamma_{CO_3^{2-}} \cdot a_{H^+}) / (\gamma_{HCO_3^-})$$

$$m_{Ca^{2+}} = m_{Ca}^T / (1 + (KCaCO_3 \cdot \gamma_{Ca^{2+}} \cdot m_{CO_3^{2-}} \cdot \gamma_{CO_3^{2-}}) / (\gamma_{CaCO_3^0}))$$

$$m_{Mg^{2+}} = m_{Mg}^T / (1 + ((KMgCO_3 \cdot \gamma_{Mg^{2+}} \cdot m_{CO_3^{2-}} \cdot \gamma_{CO_3^{2-}}) / (\gamma_{MgCO_3^0})) + ((KMgCO_3 \cdot \gamma_{Mg^{2+}} \cdot m_{CO_3^{2-}} \cdot \gamma_{CO_3^{2-}}) / (\gamma_{MgCO_3^0})))$$

$$m_{MgOH^+} = (KMgOH \cdot m_{Mg^{2+}} \cdot \gamma_{Mg^{2+}} \cdot m_{OH^-} \cdot \gamma_{OH^-}) / (\gamma_{MgOH^+})$$

$$m_{CO_2^0} = (m_{CO_3^{2-}} \cdot \gamma_{CO_3^{2-}} \cdot a_{H^+}^2) / (KCO_2 \cdot a_{H_2O} \cdot \gamma_{CO_2^0})$$

$$m_{CaCO_3^0} = (KCaCO_3 \cdot m_{Ca^{2+}} \cdot \gamma_{Ca^{2+}} \cdot m_{CO_3^{2-}} \cdot \gamma_{CO_3^{2-}}) / (\gamma_{CaCO_3^0})$$

$$m_{MgCO_3^0} = (KMgCO_3 \cdot m_{Mg^{2+}} \cdot \gamma_{Mg^{2+}} \cdot m_{CO_3^{2-}} \cdot \gamma_{CO_3^{2-}}) / (\gamma_{MgCO_3^0})$$

Çizelge 5. Programın ekrana yansıyan çıktısı.

Tuz Gölü Mayıs İTERASYON 9					
İyonik güc= 5.790204					
Yük dengesi= 1.434361					
Suyun aktivitesi = .7845429					
pH= 7.34					
log pCO <sub>2</sub> =-2.405316					
	MOLALİTE S	GAMA S	AKTİVİTE		
Na+	5.108929	.9051347	4.624269		
K+	2.780982E-02	.4841076	1.346295E-02		
Ca++	2.654263E-02	.909281	2.413471E-02		
Mg++	.1353137	1.473225	.1993474		
MgOH+	1.202175E-05	.4387932	5.275061E-06		
H+	1.275607E-08	3.583298	4.57088E-08		
Cl-	5.439828	.966167	5.255783		
SO4-	8.836965E-02	2.017942E-02	1.783248E-03		
HSO4-	1.251992E-08	.6188855	7.748396E-09		
OH-	3.579113E-07	.4795583	1.716393E-07		
HCO3-	2.717661E-03	.3903254	1.060772E-03		
CO3--	5.184486E-05	2.050796E-02	1.063232E-06		
CO2o	4.725977E-05	2.847972	1.345945E-04		
CaCO3o	3.633041E-05	1	3.633041E-05		
MgCO3o	1.795721E-04	1	1.795721E-04		
DEVAM ETMEK İÇİN HERHANGİ BİR TUSA BASINIZ					
Log doygunluk indeksi					
ANHİDRİT	-4.096011E-03	APTİTALİT	-6.642399	ANTARKTİKİ	-4.951973
ARAGONİT	.6287317	ARKANİT	-4.714232	BİSKOVİT	-4.346849
BLOEDİT	-2.942482	BRİLSİTE	-3.346873	BURKEİTE	-203.616
KALSİT	.8154754	CACİTETHİD	-6.314663	CaOKSİCİ A	-31.74477
CaOKSİCİ B	-211.1582	KARNALİT	-5.371991	DOLOMİT	2.818042
EPSOMİT	-2.305722	GAYLUSİT	-3.339996	GLAUBERİT	-5403192
JİPS	3.596465E-03	HALİT	-1.847271	HEKZAHİDRA	-2.446359
KAINİT	-4.722929	KALİSİNİT	-39.87804	KİYESERİT	-3.431872
LABİL TUZ	-1.742001	LEONİT	-6.382211	MANYEZİT	1.160047
MgOKSİCİ	-5.437513	MERKALİT	-4.415664	MİRABİLİT	-1.24476
MİSENİT	-67.44225	NAHKOLİT	-1.906319	NATRON	-4.872373
NESKLİHONİT-1	8.22896	PIKROMERİT	-6.244236	PIRSONİT	-3.201704
POLİHALİT	-5.138606	PORTLANDİT	-9.95831	K CO3	-12.90596
KESKİKİCO3	-46.13517	K Na CO3	-7.695533	K TRONA	-13.47138
SESKİKİSO4	-14.90761	SESKİNaSO4	-10.02814	NaCO3HEPİHİ	-4.92085
SİLVİT	-2.050083	SİNJENİT	-3.513638	TAKHİDRAT	-17.34284
TENARİT	-1.131204	TERMONATRİ	-5.230524	TRONA	-6.118652

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Çamnr, M.Z. ve Mutlu, H., 1995., Tuz Gölü'ndeki mine rai çökeliiminin ternodinamik değeriendüümü: Türkiye Jeoloji Bülteni, 38,67-73.
- Çamur, MZ ve Mutlu, H., 1996. Major ion geochemistry and mineralogy of the Salt Lake (Tuz Gölü) Basin, Turkey: Chemical Geology, (basımda).
- Debye, P. ve Hückel, E., 1923» On the theory of electrolytes: Physik. Z., 24, 185 - 208.
- Gu.edd.ri, M., Monnin, C, Perret, D., Frilz, B., and Tardy, Y., 1983» Geochemistry of brines of the Chott el. lend In southern Tunisia - Application of Pitzer's equations: Chemical Geology, 39» 165-178.
- Harvie, CE» Möller, N, and Weaie, JLL, 1984, The prediction, of mineral sotafoilit.les in natural waters: The Na - K - Mg - Ca - H - Cl - SO<sub>4</sub> - OH - HCQj - CÖ3 - CO<sub>2</sub> - H2O system to high ionic strength.» at 25°C: Geochim. Cosmochim. Acta, 48, 723 - 751.
- He, S. and Morse., J.W., 1993., Prediction of halite, gypsum and anhydrite solubility In natural brines under subsurface conditions.: Computers. .and Geoscl» 19, 1 - 22.
- Heigeson, H.C, and David, H.K., 1974a., Therotical prediction of the- thermodynamic behaviour of aqueous, electrolytes at high pressures and temperatures: I. Summary of the thermodynamic / electrostatic properties of the solvent: Amer., Jour. Sei., 274,1089 - 1198.
- Heigeson, H.C. and David., H.K., 1974b, Therotical prediction of the thermodynamic behaviour of aqueous electrolytes at high, pressures and. temperatures: II. Debye - Huckel parameters for activity coefficients and relative partial molal properties: Amer. Jour. Sei., 274, 1199 -1261.
- Heigeson, H.C. aed David, H.K., 1976., Therotical prediction, of the tfaermodynamic behaviour of aqueous electrolytes, at high press.su.res and. temperatures: III. Equation of state for aqueous species at. infinite: dilution.: Amer. Jour» Sei.» 276., 97 - 240.
- Heigeson, H.C, Delany, J.M., Nesbitt, H.W. and Dennis, K.B., 1978, Summary and. critique of the thermodynamic \*properties of rock. - forming minerals: Amer., Jour. Sei., 278 - A., 1-119.
- Heigeson., H.C., Kirkham, D.H. aed Flowers., G.C., 1981, Therotical prediction of the thermodynamic behaviour of aqueous, electrolytes at high pressures and temperatures.: IV. Calculation of activity coefficients, osmotic coefficients.» and apparent molal .and standard, and relative partial molal properties to 600°C and. 5 kb: Amer., Jour. Sei., 281, 1249 - 1516.
- Johnson, I.W., Oelkers, E.H., and Heigeson, H.C.» 1991, SUPCRT 92: A. software package for' calculating the standard molal thermodynamic properties of minerals, gases, .aqueous species, and reactions from 1 to 5000 bars and 0° to 1000°C: Geological Society of America Short Course Manual, 50 s.
- Nordstorni» D.K. and Munoz, J.L., 1986, Geoch.enii.cal Thermodynamics: Blackwell Sei. Pub., 477 s.
- Pitzer, K.S.» 1973, Thermodynamics of Electrolytes: L 'Theoretical, basis, and general equations.: Jour. Phys. Chem., 77., 268-277.
- Pitzer, K.S., 1979, Theory: Ion Interaction, approach; R.D. Pytkowitcz (ed).. Activity coefficients, in electrolyte solutions, CRC Press»-» 157 - 208.
- Pitzer., K.S., 1987, Thermodynamic model for aqueous, solutions of liquid - like density: I. S.E.. Carmichael and H.P. Engster (eels)» Tliernodynamic modelling of geological materials: Minerals, fluids and melts: Reviews in Mineralogy» 17, 97 - 142.
- Pitzer, K.S. and Moyarga, G., 1974., Thennodynamics of electrolytes.. III. Activity and osmotic coefficients for 2:2 ekuuciytes: J. Solution. Chem., 3,539 - 546.,
- Pitzer, K.S. and Kim, J.J., 1974, Thennodynamics of electrolytes.. IV. Activity and. osmotic coefficients for mixed electrolytes: J. Am. Chem. Soc., v. 96,5701 - 5707.
- .Plummer» L.M., Jones, B.F. and Troesdell, A.H., 1976» WATEQF - A FORTRAN IV version of WATEQ a computer program, for calculating chemical equilibria, of natural aters: U.S.G.S. Water - .Resources Investigations Report, 76 - 13.
- Plummer., L.N.. Prestemon, E.G. and Farkhrst, D.L., 1994» An inlcractice code (NETPATH) for modeling net geochemical reactions along a flow path: U.S.G.S. Water - Resources Investigations Report, 91 - 4078»
- Tmesdell, A.H., and Jones, B.F., 1974., WATEQ: A computer program for calculating chemical, equilibria of natural waters: Journal of Research U.S.G.S., 2» 23.3 - 248.
- Weare, I.H., 1987, Models of mineral solubility in concentrated brines with application to field observations: I. S.E. Cam.Ich.ael and. H.P. Eugster (eds), Thermodynamic modeling; of geological materials: Minerals., Quids and melts.: Reviews in Mineralogy, 17, 42 - 97.
- Whitfield, M., 1979, Activity coefficients In natural waters: In. R.D, Pytkowitcz (ed): Activiy coefficients In electrolyte solutions., 2, 154 - 299.
- Wigley, T.M.L., 1977, WATSPEC: A computer program for determining the equilibrium, speciation of aqaoeous solutions.; Brit. Geomorph. Res. Group Tech. Bull., 20., 3 - 39.

## EKLER

## EK-I Program Hafckmda Bilgiler

Program QUICK BASIC'n microsoft versiyonu kullanılarak yazılmış hir -ana onüç alt-programdan olmaktadır. Ana program termodinamik veriler ve model parametrelerini sırasıyla TERMODAT (Çizelge L1) ve PIT.DAT (Çizelge L2) dış ASCII dosyalarından okur. Dosyaların okunması komutunda dosyaların \*A\*\* sürücüsünde olduğu esas alınmıştır. Başka sürücüler için bu komutta ilgili değişiklikler yapılmalıdır. Toplam konsantrasyon değerleri Na, K, Ca, Mg, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, COS .sırasıyla ana programda, ekrana nıg/l veya mola-lite biriminden yazılmaktadır., Yazılan konsantrasyonların toplam değilde serbest iyon konsantrasyonları temsil ettiği düşünülüyorsa "Serbest iyon hesaplaması istiyormusunuz?" sorusuna "TT"veya "h" cevabını veriniz. Aksi takdirde "E" veya "e" yazınız.. Ana program ayrıca alt - programların ve iteras-yonların kontrolünü de yapmaktadır. Alt - programlar<sup>1</sup> ve iş-levleri şöyledir:

ANYON; Anyonların aktif itelerini hesaplar.

ÇIKTI; Hesaplanan değerleri, belirli bir format içerisinde ekrana yansıtır.

Dİ: Doygunluk indeksini hesaplar.

FE: Elektrostatik simetri dışı karışım terimlerindeki "j"<sup>m</sup> fonks.ionla.nını hesaplar.

FFÜN: F fonksiyonunu hesaplar.

FLAP: Karışık anyonlar için .ikincil, değişken katsayılarını hesaplar.

FICP: Karışık, katyonlar için ikincil değişken katsayılarını hesaplar.

GFUN: Tek elektrotlar için ikincil değişken katsayılarla mevcut "g" fonksiyonlarını hesaplar.,

INTEG: Elektrostatik simetri dışı karışım, denklemlerindeki integralen Chebyshev polinomial yaklaşımları kullanılarak çözer.

KATYON: Katyonların aktivitelelerini hesaplar.

ÖSMD: Osmotik katsayı ve suyun, aklivitesini hesaplar.,

NÖTR: Yüksüz iyonların, aktivitelelerini hesaplar.

ZFE: Elektrostatik, simetri dışı kaosun terimlerini hesaplar.,

Program çalışırken her bir iterasyon sonucuna ait bilgiler ekrana yansır, Bir önceki iterasyon sonuçları ile takip eden iterasyon. sonuçları arasındaki farkların toplamı tolerans- değerinden (TOLER = 1E-08) az ise istenilen değerler hesaplanmıştır, nihai sonuçlar ekranda gözükür. Ekrana yansıyan sonuçlar uygulama, bölümünde açıklanmıştır. Eğer iterasyon sayısı ITMAX da belirtilen limiti geçerse ".iterasyon sayısı ITMAX ı geçti, çözüm yok" yazısı ekrana gelecektir. ÇIKTI alt-programındaki PRINT komutlarının başına L harfi eklenmek suretiyle (IPRJNT) çıktılar bir yazıcıya aktarılabilir. Eğer arzu edilirse sonuçları bir dosyaya, aktarmak için; ÇIKTI alt-programının başına OPEN "A:PITDLOUT" FOR OUTPUT ACCESS WRITE AS #3 Ye sonuna CLOSE #3 yazarak bu alt-programdaki her bir PRINT komutunun önüne #3, (PRINT #3) eklemek yeterlidir., Bu durumda PRINT "DEVAM ETMEK İÇİN HERHANGİ BİR TUŞA BASINIZ" ve DO LOOP WHILE INKEY\$="" komutlarını, iptal ediniz.. Daha sonra. "A" sürücüsünde oluşturulan, çıktı dosyası(PITDI.OUT) herhangi bir yazılım programı ile ekrana yansıtılabilir veya yazıcıya, aktarılabilir.

Çizelge 1.1. PITDI programı tarafından kullanılan TERMO.DAT dis dosyası.

```
*a\TW4-,"HSO4-","OH-","HC03-","HX>3-"  
*co^;oco3o";rw@a33o"  
10S.6S 1,113.957,2233.183,468,25 ! .94,0  
ã2.9553Q0.306.,3Q4.942,63.435,236.75 ! .2t 2.944  
! 55.63.443;5.403;155  
"/MmKr/AFmALr/AMTARKT^ ARAGONIT,"ARKANIT,"BISKOVIT"  
* BLOEDr3RII5IE**BUiUCE*re**ICALSr,CaaIETH10**CaOKSlaA","CaOKS5Q B*  
"KaiwALrrrDOLoiVrrEPSQMr."CANiustCwVIBERr,iLp*THA  
14EKZAHIDI"ICAINn\I(A)JSINnr/  
"MAiWzrr;"%OKSra"MirKALr,"MIRABILn","MISENr,TSIAMK^ IT,"NATRON"  
"NESKyHONr,TiKiewEiOT","TisoNrr,"poLiHAir;roiATANDr,ittco3"  
"KSESKUCO3","K Na CO3"R TRDNA","SES;CUIKS04","SESKyNaS04","NaCO3HEPHr  
ILVr/Sr"ENr.TAKHIDRAr.TiNARDn".TERMONATRr.TRDNA"  
533.73.1057.05.893.65^455.17.53239.853; i; 1383.6.335.4;1449.4.455.6  
698.7.2658.45.778.4! .1020.3.871.99,1157.83.1360.5,1047.45.725.56,154.99  
ICl61.6.938.2.350.06.579.8.1751.45.1403.97.414.45.1029.6.417.57.147*.15  
3039.24.343.33.1382.78.095.3;1596.1,1073.1.2282.5;362.S2.577.37,2555.4  
1006.8.971.74^950.6.919.6.1094.95.164.84.1164.8.2015^9.312.35.518.8.9^60.38
```

Çizelge 1.2. PITDI programı tarafından kullanılan PITDAT dış dosyası.

```
*ETEÁ VERILER*  
01.925154014S14667.0628023320530852  
1.,-.0.0600764777531,19,0462762985338493  
2.-OJ029779077456514.O150044637187895  
3.-0.007299499690937,-0.028796057604906  
4.0.0C103B8a6f16a6404,-0XB655Z7459103f1  
5.0000636874599598^0001668087945272  
6.0.000036583601,823, 0006519840398744  
7.-O.00004503697S2O4.0.00I! 130378079086  
8^00000453789571 0,-0.000687171310131  
9,0.000002937706971,-0.000242107641309  
10.O.OQCXM0396566462,OJ00Q87294451594  
tI^00000202099617,OJ0000346BZ12275!  
12.-QJ00QCI0I0I2SM7764H1-000004583768938  
13O.O000001.3S22ãlO,-O.O0000354884306  
14.0.00000001 229405.^000000250453080 !  
15.-0.00000000821969,0.000000216991779  
16.^00000000030847,O0000000B0779570  
17.0.00000000046333,0X00000004558555  
1B.0^0000000001943^000000006944757  
19.-000Q0Q0a00O)02563^J0Q0a000028492S7  
20.^100000000010991,0J000000000237S16  
TKL ELEmOLII COEIT PARAM. DEGER"  
0J0765^2644AO00127  
0L0195B,1.113AA00497  
0.0454.0.398v0  
0J0664J0.2S3,0A0044  
  
0.0399,1.389,0.0.0044  
0.04835J0^112.0,-0^00084  
0.8499510.770310^  
-0.0003,0.1735,0,0  
0L1298j032j0j0.0041  
0.02.96,-0.01.3,0,-0.00e  
Q.1488.1>43A-O^0015  
0.3159,1.614A-O.00034  
Q.EJL1973^54.24b0  
0.2145.2J53A10  
-0.1747,-0.2303,-5.72,0  
0.4.2.977,0,0  
0J0AO  
0J6235..1.6815,0.,0.00519^  
0.221.3343,-37.23,0.025  
0.4746,t.729,0,0  
00QJO  
0J29.J0.6072AO  
a.o.0^  
-0.10J1.85a.,0;0  
0.0,00  
0.0,0,0  
0A0J0  
0J0J0J0  
0.0,0,0  
0.1775,0.2945,0.0.0008  
0.02.98.,0,0;0438  
0.2065,0J556J0g0  
0J0J0  
0.0,0,0  
0.0,0,0  
-KATK3N-NON KK ELEKTROIT PARAM. DEGER"  
-0.012,-0.a01,-0.Q1,0,0,-0^003^O.O03  
0.07,-0.007,-0.055,0,0,0  
0.07,-0.012,-0.015,0,0,0  
0;0,0,-0,0,0  
0.036,-0.004,0,-0^129.OA0  
0.032,-0.025,0,0,-0,0  
0,-0.022,-0.O48.OA0,0  
0,0,0,0,0,0  
0.O0Sv-0:€!1,0.,197.-0.0265,0,0,  
0.007,-0.012,0.024,0,0,0  
0;a0,0,0,0i  
0.092v0.01 S.OA0,0,0  
0.D.028,0v0A0  
0.1;0.-0.0/A-0.0178,0,,0,0  
0.O.O.O.O.O  
ANVOIHVON iki ELEKTROLIT PARAM. DEGER!  
0.02.0.00J4A-0.018>-Q;004,0,0  
-0.00á,-0.006,0A0.O.O<0.13  
-0.05,-0.006,-0j0a6,-€:025A0,0  
0.03,-a01 5.0v0,-0.096,0  
-O.OXO.O085:0;004.a.6,0y0  
0./0.094,-0.0617,-Q.-0M25 AO  
j.0.013,-0.009,-0.05AO,0,0  
0.01,-O.O05,0,0,-0.06Sj0j0  
0.02.,-0v05,-0.009,0,0,0  
0.€;0,0,0,0,0  
0,0,0,0,0,0  
0A0J0.OJ0  
0J0J0J0J0J0  
0.10.-0.017,-0J0 10AO,0  
j-O.a4.,0.002,0,0-2.Q^0,0  
"N0mKATYDnN PAMMETRE DEGERLER!"  
0.1,0.051 Aia3Aia3,0^0  
0J0J0J0J0  
0.,0A0,0,0  
"NDIR-ANYON PARAMETRE DEGERLER!"  
-0.005,0.097,-0.003,0,0,0  
0,0,0,0,0,0  
0.O.OAQJ0
```

**EK-İL Pimi İlgisiz Prcgpm!**

```

DIM BEHX6, 6), BETİ (6, 6), BET2{6, 6}, C0(6, 6)
. DIM THECCFC6, 6), HX1{6, 6, 6), İHEAAPfē» 6), FIM{6, 6, 6)
DIM NOTC(3, 6>. NOTA{3, 6). AMI (21), AM2(21), KK{21)
DIM MAT(6), MCn6), MA(6), MC{6), MN(3), ZW6), ZX(6). WM(6), WX{6)
DIM, CATK6). ANSC6), NOTS{3}» «23). W23). TEMA{6), TEMC{6)
DIM AMF(6), AXFC6), GMF(6)» OCF(6), ANF{3), GNF(3), NG{3)
DIM SK51), MINS{51). MG{6}» XG(6), MINGfSI), DGR(51). LOGK{51)
DIM .IAPf51) AS DOUBLE
SVA * 6: NC - 6: IW » 3: MM « Si
PRINT —●—●—●—●—
PRINF -          FİTDİ
PRIOT *•
TONT ** Dr. ML Zdkl Camur          Mayb. 1995
PRINT *• M.T.A. Gen. AAnd» Ankara
PRINT ●●—«●●.....●—●—●—●—●—««««●—««««●—«««*—
' PIT DAT clW verileri oku
OPEN "A:PT.,Dar FOR INPUT ACCESS READ AS # İ
INPUT #1,DUMMYS
FORj«ftO21
    INPUT #1, KK@, AMI g), ,AM2f)
NEXT
INPUT ft. DUMMYS
FORC» 1 TONC
    FORA=1TONA
        INPUT #1, İETOFC, A), BETfFC, A), BET2fC, A), C0{C, A)
    NEXT
NEXT
INPUr#I,DJMMYS
FORC» 1TONC- 1
    FORCP-C+ İTO'NC
        INPUT # 1. THECCPC, CP)
        FORX»1TONC
            INPOT #1,. FDCKCCP.X)
    NEXT
NEXT
NEXT
INPUTfI.DUMMYS
FORA«1TONA- 1
    FOR AP « A + 1 TO MA
        INPUT # İ, TOEAAPCA, AP)
        FORM»1TONC
            INPUT #1,fIM(A,AP.M)
    NEXT
NEXT
NEXT
INPUT #1, DOMMYI
FORN»1TONN
    ,FORC=1TO'NC
        INPUT' #!,NOİC{RC)
    NOCT
NEXT
INPUT ft. DUMMV$
FORN- 1 .TO İW
    FORA« 1TONC
        INPUT fI. NOTA.(H.A)
    :NEXF
NEXT
CLC^E#1
' TERMO.DAT clW verileri o to
OPEN *A:İEIMO...DAT' FOR INPUT .ACCESS READ .AS #2
FORC» 1TONC
NEXT
FORA» İ TO MA
    INPUT #2. ANSCA)

```

```

NEXT
FORM« 1TONN
  INPUT *2,N0T$(N)
NEXT
JFORC- 1 TÖNC
  INPUT n, MGCQ
NEXT
FORA- I TONA,
  INPUT #2, XGCA) •
NEXT
FORN« 1TDNN
  INPUT#2,NG(N)
NEXT
FOR1« İ TO.MIN
  INPUT #2. MINS{D}
NEXT
FOR!«! TO MW
  INPUT #2» MIMÜÖ)
NEXT
CLOSE #2
FORC-» J.TONC
  :READZM<:Q,/WM{Q
NEXT
DATA 1,22.98851 » 1,39d9304J^40.Ce016.2,24.30724,l*4t 3 Î 42,1,1.OOB
FORA« f TONA
  İEAD* ZX(A). WXF A)
NEXT
DATA -135,4*23^2,96,0614,-1 SISMa Å 7.008,-1,61 -012&-2,60.024
PRINT : INPUT Tinten \*&&â 3»Wx ~>», ITHEI
PP-0
FRİNF: İNPOT *mg/l tçp CD veyarımtiüe Uı ß)yttinfe->»; PP
FORC- 1TONC-2
  FEİNT
  PRINT CATSfQ: * :konsatÄasycm»y: ,glıttıfçf; "«->»: INPUT ; MCT(Q:
NEXT
FORA« 1TONA
  il A o 3 AND A <> 4 THEN
  PRINT
  PRINT ANKA); " kansantaayonmuu ^rinte"; "=>": İWOT ; MAT(A)İ
  END IF
NEXT
IF PP = 1 THEN:
  PRINT İ INPUT "5disyonun yogpuralngü {gfac veya kg/l) =>="; DENS
  IF DEMS: <- 0 THEN DENS '-1
  GMSOL - 1000 * DEİNS
  TDS « 0
  FORJ-tTONC
    TDS - İDS •+ CMÇİC) / 1000): TOS - TOS + CMATQ) / 1000)
  NEXT
  GMH2O « GMSOL -TOS
  FORJ-1T0NC
    MCİC) « MOT© / WMff / GMH2O
    MAİffı * MAT@ / WXC) / OVtmO;
  NEXT
END IF
PRINT : INPUT "pH »<>"; PH; OLS
PRINT : INPUT "Serfaest fyon 'lesaplaması; isâyomiusunuz? (E/H)«>"; DUMAS
IF DUMAS « •£' OR DUMAS « V İKEM DUMAS - "E"
IF DUMAS « "H" OR DUMAS * V THEN DUMAS « W
UMAX * 25; TOLER » 1E-0B
BGİ * 1.2: AG • .391: AH: « 10 ^ (-PH)
KW * 1E-14: KMGOH - 1S4.1700S«: KHS^O4 - 95.0605: JCHCO3 - 2.1.B27E+10
.KCACO3 * 141S..7938#: XMG003 « 847.22741*: ICCO3 » Z.1Q37E-17
Sayısai metod idn ilk tahminler
FORJ- İTO.NC
  GXFQ)* 1:<3MF(9* 1

```

```

NEXT
FORN * I TO MM
  GNKN > « İ
NEXT
FORJ » ! TO NC
  MAC « MAT@: MC(J) « M O ! )
NEXT
ACWAT « 1
TCAR - MAT{5} + 2 * MAT{6} 'alkaHnfte
FOR IHR « İTOTIJWVX
  PKINT "mMSYOU; İTER
  IF DUMAS «'H* THEN
    MQ{t} « MCT{f}: MC{2} » MGT{2}: MC{3} « MCT{3}: MQ4 » MO{y}Qa MC{5} * 0
    MC{6} » AH / GMF{6}: MA{1} » MAT{1}: MAB « MAT«: ,MA{3} « 0
    MA{4} « KW * ACWAT / AH / GXF{4}:MA{6} » TCAR - MA{4} + MC{6}
    MA{6} « MA{6} / (2 + {&HCÖ3 * GXFC6} * AH / GKF{5}))
    MA{5} » KHCO3 * MA{6} * GXF{6} * AH / OCRS)
    MN{1} - MA{6} * GXF{6} * AH * AH / KCO3 / ACWAT / GNF{1}: MN{2} = 0: MN{3} « 0
  ELSEIF DUMAS « "E" THEN
    MC{t} » MCT{1}: MQ2 - MCT{2}:MC{6} * AH / CMF{6}: MA{!} « MAT{f}
    MAC2 - MATC2 / (I + (İCHSO4 * AH * QGR2) / GXR3»)
    MAB « KHSO4 * AH " MA{2} » GXF{2} / GXF{3}:MA{4} « KW * ACWAI / AH / GXf (4)
    MA{6} * TCAR - 2 * MN{2} - 2 * MN{3} - MA{4} - MC{5} + MQ6) + MA{3}
    MA{6} m MA{6} / {2 + «KHCO3 * GXF{6} * AH / GXF{5}»)
    MA{5} » KHCO3 * MA{6} * GXF{6} * AH / GXF{5}
    MC{3} « MCK3 / {I + (KCACO3 * GMF{3} * MA{6} * QCFC6) / GNF{f}»
    MC{4} « İ + (KMGOH * GMF{4} * MA{4} * GXF{4} / GMF{5})
    MC{4} - N1Q4) + (KMGCO3 * GMF{4} * MA{6} * OCF{6} / C3NF0»: MQ4 « MCT{4} / MQ4J
    MCC5) » KMGOH * MC{4} * GİWC4 * MAC4 * QCR4 / GMF{S}
    MN{1} « MA{6} * GXF{6} * AH * AH / KCO3 / ACWKT / CNF1)
    MN{2} - KCACO3 * MC{3} * GMF{3} * MA{6} * Q0F{6} / GNF{2}
    MN{3} - KMQCO3 * MC{4} * GMF{4} * MA{6} * GXF{6} / GNF{3}
  END IF
SUMDIF - 0
FORJ « 1 TO 6
  DIFA » ABS(1EMA(J) - MA{f}): DIFC - ABSdEMCQ) » MCCJ): SIIMDIF « S'OMDIF + DIFA + DIFC
NEXT
PRINT "İterasyon toplam Farkı: SUMDf
SUM » 0
FORJ « İTONC
  d I - MC{f} * (ZM{J} ^ 2) 'I besapla
  Q2 « MAO) * (ZX{D} ^ » SUM « SUM + a t + C12
NEXT
I - .5 * SUM: SQİ « SQR{f}
PEINT *lyofilkgiic=";I
TOİ = 0; TO2 * 0 *yuk dengesini hesapla
FORJ « 1TONC
  fit = MC{f} * ABCSZMP: TOI - TOI t BI : B2 « MA«) * ABSfZX{f}); TO2 » TO2 + B2
NEXT
CBE » CABS{f}TOI - TO2) / (TOt + TO2J) * 100
PRINT "Yuk dengesi"; CBE
GOSOBFFUN
GOSUB OSMO
.. IF DUMAS » "H" THEN
  PRINT ; TAB{20}; " GAMA T; TAB{35}; 'MOLALİİET
ELSEIF DUMAS « "E" THEN
  PRINT ; TAB{20}; " GAMA S"; TAB{35}; "MOLALİTE S"
END IF
GOSOB KATYON
GOSUB Am'ON
GOSUB NOTR
IF SUMDIF < TOLER THEN 'GOSUB DI
IF SUMDİF < TOLER THEN GOSUB CIKTİ
FORJ -1 TO 6
  TEMACJ) = MA{f}: TEMC{J} * MC{J}
NEXT

```

```

NEXT
IF ITER>* UMAX THEN PRINT "Maximum terasın sayısl.geçi cazum yok*
END

FFUN:
PRINT T fonksiyonunu hesapByor..."
"Z denfctemi
SUMZ « 0
FOR)* 1 TO 6
  Zİ * JVSC0) * ABS(ZM(D) + MA© * ABSfZX(J): SUMZ. « SUMZ + ZI
NEXT
Z « SUMZ
'D-H
y = SQ1 / (1 + BG * SQ1):DD « (2 / BG) * LOGJI + EG # SQ1):FF « -AG * (y + DD)
T
FSUM1 = 0
FORC= I TO MC
  FORA= ITONA.
  KAT - C; ANİ « A
  GOSUB GFUN
  BCAP « CBETICC A) * GP1 / D + CBEXZCC, A) * GP2 / D)
  F5UM1 » FSUMf + (MA(A) * MCFQ • BCAP)
NEXT
NEXT
NEXT
FSUM2 « 0
FORC » ITONC - 1
  FORCP = C * ITONC
  ZFE1 « ZM(Q): ZFE2 « IM(CP)
  GOSUB ZFE
  ETHEPR « MC(Q) * MQCP) * EIHEFR:FSUM2 - FSUM2 + ETHEPR
NEXT
NEXT
FSOWB « 0
FOR A « I TO NA - 1
  FORAP « A+- ITONA
  ZFEt « ZXCÁ): ZFE2 « ZX(AP)
  GOSUB ZFE
  ETHEPR » JVSA(A) * MAfAF) * ETHEPR:FSIIM3 = FSUM3 + ETHEPR
NEXT
NEXT
F » FF + FSUM1 • ¥ F5UM2 + FSUM3
:RETU:RN
END

OSMO:
PRINT "Suyun aklMteslnl hesapılıyor ...,*
OS1 - »AG / (1 + TC • SQ1)::OS1 « OS1 * IA {3 / 2):CE2 « 0
FORC= ITONC
  FORA- ITONA
  ALPH* 1.4'SQİ
  IF ABSZMQ) « İ ORABS(ZX(A)) » t THEN ALPU « 2 • SQİ
'BOCA = BETÖCC A) + BETKC A) * EXPt-ALPH) + BETZtC. A) * EXPC-12 * SQf)
  COCA * CÖCC, A) / (2 * SQR(ABS(ZM(Q * ZX(A))»
  OS2 - OS2 + .MACA) * MCCQ * (BOCA + (Z * COCA))
NEXT
NEXT
OS3 « 0
FORC » ITONC - 1.
  FORCP = C • ! TO MC
  ZFE1 - ZMCC): ZFE2 * ZMfCP)
  GOSUB ZFE
  DUM « C: JS - C: C « CPO531 * 0
  FORA « ITONA
  GOSUB HCP
  OS3! « OS31. +T3İ
NEXT

```



```

      IKAPO « THECC + ÖHE • I * EIHEİR
      C « DUM: OS3 « OS3 • MC « * MQCF) • {FICAP0 + QS3İ}
    NEXT
  NEXI
  ÖS4 = 0
  FORA« t TONA- t
    FORAP - A + 17ONA
    ZFE1 « ZX(A); ZFE2 « ZX(AP)
    GOSİBZFE
    DUM « A: X « A; A » AP: OS4İ « 0
    IORC - İTONC
    GOSUB İİAP
    OS4İ « OS4İ * T3!
    NEXT
    SCAFO - THEAA + EIHE + I * EIHEİR: A » DIM
    054 * OS4 + MA(A) * MA(AF) * (HCÄPO + OS4İ)
  NEXT
NEXT
055 « 0
FORN~tTONN
  FORC - İTONC
  055 « OS5 + MNKN) * MQCI * NOTQM, Q
  NEXT
ÄXT
056 « 0
FORN - İTONN
  FORA* İTONÄ
  056 « OS6 + MN(N) * MACA) * NOT AIM, A)
  NEXI
NEXT
OSSUM = 0
FORC» İTONC
  O55UM « OSSUM + MC(Q + MA(Q)
NEXT
OSMO - (2 / OSSUM) * (OS1 + OS2 + OS3 •+ OS4 • OS5 + OS6)
OSMO » I + OSMO; LNWAT * -OSMO * 18.0152 * O5SUM / 1000
ACWAT - EXP(LNWAT)
PRINT "Suyun akövitesî «» ACWAT
RETURN
END

KATYON:
FORM« İTONC
  IF DUMAS- « *WAM) M « 5 THEN 43
  SUM1 » 0
  FORA«* İTONA
    KAT » M: ANI * A
    GOSUB GRIN
    BMA - BOO(M, A) * BEİİ CM, A) * G1 + BEİ2(M, A) • G2
    CMA - CÖCM, A) / (2 * SQRIABSCZMCM) * ZX(A)»}
    T21 = MA(A) * (2 * BMA + (Z * CMA))
    SUM! - SUM1 + 121
  NEXT
  SUMS « 0
  FORC» İTONC
    SUM2 « 0
    FORA» İTONA
      ^GOSUB FKP
      SUM! « SUM2 + 131
    NEXİ
  : ZFE1 « ZMCM); ZFE2 « ZMİQ
  GOSUBZFE
  FICAPİ « MİHCİG + EİHEİ132 - MİQQ * B * HCAP + SÖM2):: SUM3 » SUM3 + T32
:NEXT
SUM4 - 0
FORA- İTONA- İ

```

```

FORAP* A + İTO-MA
14 İ » MA{A} • MA(AP) * FIMfA» AP, M):SÜM4 - SUM4 + T4I
NEXT
NEXT
SUMS « 0
FORC* HO MC.
FORA- İTO MA
CCA » aXC, A) / <2 * SCP{ABS{ZM{Q * ZX(A)}})
T5İ « MC(Q * MA(A) * CCA: SUIV3 - SUMS + T5İ
NEXT
.NEXT
SUM6 « 0
FORMAI TONN
SUM6 - SUM6 • MN(N) • 2 • MOIQN, M)
NEXT
LIMACC « C2MM)^ 2 • F) + SUM1 • SUM3 + SIM4 + CABSIZMOVI) * SUMS) + SUM6
GMF(M) - EXP&NACQ: AMFİM) * GMF{MJ+ MQM>
PRINT ; CATSCM; TAB(20); GMFFİM; IAB(35); MCCM)
•43 NEXT
RETÖIN
END

hmoH:
FGRX * İTÖ NC
İF DUMIAS - "H* AND X » 3 THEM .44
SUMf « 0
FORC* İIONC
KAT » C: AM « X
GÖSUB- C3FÜN
BXC « BEKXC X) + BETKC, X» * G1 + K12fC. X) * G2
OCC « a X C X) / £2 • SQİHAKCİXCX»- • ZM{Q»
T21 « M Q Q * (2 * BXC + • (1 * CXC)]; SUM1 « SUM1 + T2İ
NEXT
SUM3 « 0
FORA* 1 TONA
SUM2. = 0
FORC« 1 TONC
GOSUB FIAP
SUM2 »SUM2 t! 3 1
NEXT
ZFE1 » İXQih » E 2 « ZX.fA)
GOSUB ZFE
FICAP « TH;EAA + EİHE; T32 * MA(A) * (2 * FICAP + SUM2)
SUM3 - SUMS + 132
WOO"
SUM4 « Ü
FORC« 1 TONC - !
FORCP:«C+ 1 TONC
T41 » MC{Q * JVS.QCP) * FIXİfQ CP, X)
SÜM4 - SUM4 +141
NEXT
NEXT
SUMS » 0
FORC« 11 ONC
FORA« t TONA
CAC - O X e A) / (2 • SQKCASSCZXCA) • ZM(Q»)
T51 * MA(A) * MCCC) * CAC: SUMS « SUMS + 151
NEXT
NEXT
SUJVS6*0
FORN« 1 TONN
5UM6 - SUM6 + Pmm * 2 * NOTAK, X)
NEXT
LNACC = (ZXCX1 ^ 2 * F) + SÜM1 + SUIV3 + SUM4 + {ABSİZX(X)} * SUMS) ^ SUM6
GXFCX) « £XP(LNACQ : AXFQQ « GXFTO * MAPQ
PRINT ; AN$PC); TAB(20); GXF(X); TAB<3S)s MA(X)

```

```
44 NEXT
RETURN
END
```

NOIR:

```
FORM« tiONN
  IF PUMAS « Tf .AND' N o İ THEN RETURN
  SUM1 - 0
  FORC« 1TONC
    SUM! « SUM* + MCfQ • 2 * NÖTC« Q
  NEXT
  SÜVİ2 - 0
  FORA.« 1İÖNA
    SUM2 « SUMZ + MAf A) * 2 * NOTA(N. A)
  NEXT
  GNfM) - eceCSUMt + SUM2): ANF(N) - MN(M) • GNfM)
  PRINT ; NOTS(İS); TAB(2Q); GNfCW; TABC3S); MN(N)
NEXT
RETURN
END
```

ZFE:

```
XJ| = 6 • ZFE1 • ZFE2 * AG • SQI : XX = XJ: GOSIIB FE: FÜ - FE: FÜPR « FEPR
XII = 6 * (ZFE1 ^ 2) * AG * SQI : XX « XM: GÜ5UB FE: Fi « FE: FIFR » FEPR
X| « 6 * (ZFE2 ^ 2) * AG * SQI : XX - XJ: GOSUB FE: If * IE: FIPR - FEPR
EIHE » (ZFE1 * ZFE2 / (4 * Q) * (FI| - .5 • HI - .5 * FI)
ETHEP1 - XII * HJPR - .5 * XII " FIPR - .5 * XJ| * EUPR
ETHEPR - f ETHE / 1) + (ZFE1 * ZFE2 / {8 * I* i} * EIHEPt
KETIIRN
.END
```

FE:

```
IF XX < 1 • THEN
  ZF - 4 * (XX * (1 / 5) - 2 : DZ « (4 / 5) * (XX ^ (-4 / 5)»
  COS«! 1NİİG
  FE * (XX / 4) - İ t .5 * « 1) - BOB 'JX
  FEPR - ,25 + .5 * DZ * « 1) « D«3» 'JXP
E.NDİF
JFXX>« 11HEN
  ZF - (4a/9) * (XX ^ C-1 / 10) - C22 / 9) : DZ « (-40 / 90) * (XX ^ (-1 / 10)»
  GÖSUB İMEG
  FE » (XX / 4) - 1 ÷ .5 • (B{t) - E{3} : FEPR - .25 + .5 • DZ * (D(t) - D(3)»
END IF
RETURN
END
```

İNİ1,G:

```
BC22 « 0: BC23) - 0: D(22) « 0; 0(23) « 0
FOR K* 23 TO 3 STEP -1
  IF XX < İ THEN
    İCK - 2) » ZF * BİC - 1) - BİC) + AMI « - 2): D(K - 2) - B{K - 1) + • ZF * D(K - 1) - D{K)
  END IF
  IFXX>»11HEN
    BCK - 2) » ZF * B(K - t) - BOO +.ÄM2CK - 2);DİK - 2) » B(R - 1) + ZF * DJK - İ) - D{K)
  END IF
NEXT
RETURN
END
```

GFUN;

```
XI « 1.4 * SQ!
IF ABSCZMOKAT) » İ OR ABSCZxfAM)) » 11HEN XI « 2 • SQI
X2 « 12 • SQJ:G1 » 2 • (İ - (1 + XI) * EXP(-XI)) / XI / XI
G2 « 2 * (1 - (İ + X2) * EXPC-X2) / X2 / X2
GP! » -2 * (1 - (1 + XI + • (XI * XI / 2) * EXPfXI)) / XI / XI
GP2 » -2 * (1 - (1 + X2 + GC2 * X2 / 2)) * EXP(-X2)) / X2 / X2
```

REIHEN  
END

IF M » t THEN  
T31 - MA{A} • FIXUM, C, A) : THECC « THEOdHM. Q  
RETURN

END IF

IFM»2THEN11 \*  
IF N<sub>i</sub> \* 3 THEN 12  
IFM-4THEN13  
IFM-5THEN14  
IFM = 6THEN15

11 IFC« 1THEN  
T31 - MAIA) • FDCK1. 2, A): THECC « IHECOY1. 2}  
RETURN  
ENDIF  
131 « MACA) • FIXUM. C, A): TKEOC = THECCF(M. C)  
RETURN  
12 IFC<31HEN  
T31 \* MACA) \* FIX t CC M» A): THECC - THECCP(C, M)  
RETURN  
EMDIF  
T31 « MACA) • FDCKM, C A): THECC « THEGGP(M, C)  
RETURN  
13 IFC<4THEN  
T31 » MACA) • FIXifC,, M. A): THECC « THECCP(C. M)  
RETURN  
ENDIF  
T31 « MACA) \* FIX 1: CM, C A): THECC « THECCW1 Q  
RETURN  
14 IFC<5THEN  
T31 - MA(A) • HXtCC M, A): THECC - THECCP(C M)  
RETURN  
ENDIF  
T31 « MACA) \* FIX! «M» C A): THECC « THEGCP(M, Q  
RETURN  
15 IFC<6THEN  
T31 \* MACA) \* FIF (C M, A): THECC - THECCP(C, M)  
RETURN  
ENDIF  
T31 « MACA) \* FDCtCM, C, A): THECC \* IHEGCP(M\* Q  
RETURN  
END

FIAP:

IFX» 1THEN  
T31 - MC(C) \* FIM(X, A. Q : THEAA « IHEAAP(X\* A)  
ICtIJRN

ENDIF

IFX-2THEN21  
IFX<31HEN22  
IFX = 4THEN23  
IFX-51HEN24  
IFX-6THEN2S

21 IF A- 1 THEN  
T31 » MQQ<sup>m</sup> HM(1. 2» C): THEAA - IHEAAPd. 2)  
RETURN  
ENDIF  
T31 \* MCCC) \* FIMPC» A, O: THEAA. « THEAAPCX, A)  
RETURN  
22 IFA<3THEN  
T31 « MCCC) \* FIMfA» X, C): THEAA - THEAAP{A, X)  
RETURN  
ENDIF  
T31 - MQC) \* FMCX, A, Q: TOEAA. »THEAAPQC. A)

```

RETURN
23 IFA<4THEN
  131 « MCCQ * HM(A, X, C); THEAA « THEAAPfA» X)
  RETURN
  END If
  131 - MOQ * FIM(X, A, C): ÎHEAA « THEAAPOC, A)
  RETURN
24 IFA<51H£N
  131: * MCCQ • HM(A, X, C): IHEAA, « THEAAP(A, X)
  RETURN
  END IF
  131 « MCCQ * FMCK. A. Q: TOEAA « IHEAAItX. A)
  REIUIN
25 IFA<61HEN
  T3I - MC(Q * İMIK X, Q: THEAA » IHEAAFfA, X)
  RETURN
  END IF
  İ3! = MC(Q * FIM{X, A, Q; IHEAA - THEAAPpC A)
  METURM
  END'

```

.Di:

WAT » 95,6635

```

DGR(1) « MG{3} + XG{2} - MING(1): DGi|2) « MG(1) + 3 * MCK2) + 2 • XG{2} - MiNG{2)
DGR(3) - MGC3) + 2 * XG{!} + 6 * WAT - MEMG(3):DGR£4) = Mû(3) + XGf{6} - MING{4)
DGEI5) « 2 * MG{2} + XG(2) - MING{5):DG&{6} - MG(4) + 2 • XGf f) + 6 * WAT - MING(6)
DGR(7) « 2 * MG(1) * MG{4} + 2 * XG(2) + 4 * WAT - MIWG{7)
DGR(8) - MGC4) + 2 * XG{4} - MINGC8):DGR(9) « 6 * MG(t) + 3 * XGC6) + • 2 * XQ(2) - MING(9)
DGİİ10) * MG(3) + XGC6) - MSNG|IO):DGR(11 ) « MG(3) + 2 * XG{J) * 4 * WAT - MIWGfi 1)
DGRİ12) - 4 • MGC3) + 2 • XG{İ} + 6 * XG(4) + 13 • WAT - MING(12)
DGR(13) = 4 * MG(3) + 2 * XG(1) + 2 * XG{4) + WAT - MING«3)
DGEI14) « MG(2) + MQ4) + 3 * XG(1) + 6 * WAT - MİMG{14)
DGR(15) - MG(3) + MGC4) + 2 * XQ6) - MINGtl5):DGfi16) « MG{4) • XG(2) + 7 * WAT - MINQI6)
DGK17) « MG(3) + 2 * MG(1) + 2 * XG{6} + 5 ' WAT - MNG{17)
DGRC18) » 2 * MG(1) + MG<3) + 2 * XGf2) - I»İG{18>
DGK19) - MQ3) + XGC2) + 2 * WAT - MENG{19):DQR(2(n - MQ1) + XG(1) - MJNG{20)
DGR(2İ) = MG{4) + XG{2) + 6 * WAT - MING(2İ)
DGR(22) - MG(2) + MG{4) + XG(t) + XG(2) + 3 * WAT - MNG{22)
DGW23) » MQ2) + XG(3) - MING(23):DGRC24) = MG{4) 4 XG{2) + WAT - MING(24)
DGR(25) « 4 * Mat) + MG{3) + 3 * XG(2) + 2 * WAT - MING{25)
DGR(26) - 2 * MG{2) + MG{4) + 2 * XG{2) + 4 * WAT - JVUNG(26):DGR£27) » MG(4) + XG{6) - MINGC27)
DGİI28) - 2 • MG{4} + XG{1) + 3£ XG(4) + 4 * WAT - JWWGC28)
DGRİ29) - MG(1) + XG{3) - MINQ(29):DGR(30) - 2 * MG(1) 4- XG{2) * 10' * WAT « MING(30)
DGR(31) - 8 • MGC2) + 6 ' MG{6) + 7 * XG(2) - İWİMG(31):DGR£32) « MG(1) + XG{5) - MNG(32)
SXiR33) - 2 * MG(1) + XG(6) + 10 * WAT - MINGC33):DGE£34) » MG(4) + • XG(6) + 3 ^ WAT - MIMGC34)
DGR(3S) « 2 * MG{2) + MG{4) + 2 * XGR) + 6 * WAT - MING{3S)
DGW36) - 2 * MGCl) + MG{3) + 2 * XG(6) + 2 * WAT - MNa36)
DGKİ37) « 2 * MGC2) + MQ4) + 2 * MG«3) + 4 * XQ2) + 2 * WAT - MJNG{37)
DGR(38) « MQ3) + 2 * XG(4) - JvİWG38):DGRB9) « 2 * MG(2) + XGC6) + 1.5 * WAT - MING{39)
DGRİ40) - 8 * JSGC2) + 4 * MG(6) + 6 * XG{6) + 3 ^ WAT - MİNG(40)
DGR(41) = MQ2) + MG(1) + XG(6) + 6" WAT - MING(41 )
DGRİ42) - 2 * MGC2) + MG{1) + MQf6) + 2 * XG{6) + 2 * WAT - MINGC42)
DGK(43) « 3 • MG{2) + MQ6) + 2 * XG{2) - MINa43):DGR44) « 3 * MG(1) + MG(6) + 2 * XGC2) -
MINGI44)
DGRC45) « 2 • JMGCl) + XG{6) + 7 * WAT - MING(45):DC»(46) » MG(2) + XG(1) - .MİNG(«)
DG:R47) « 2 * MG{2) + MG(3) + 2 ^ XG(2) + WAT-MINGC47)
DGR(4B) - 2 * MG(4) + MG(3) • 6 * XCKD + 12 * WAT- MING(4Q)
DGR(49) » 2 * MG{1} + XG(2) - MtNGf49)::DGR50) « 2 * MG{1) + XG(6) + WAT - İVUMG(5Q)
• DGRW51) » 3 * JVSai] • Mû(6) + 2 • XG(6) • + 2 * WAT - MING£5İJ
FORJ » !1İOMIN
LOG:K© » DGRİJ) / LOG(10)
NEXT
İAPC1) = AMFP) * AXF(2):İAP(2)- » AMF(1) * AMF{2) ^ 3 * AXF{2) ^ 2
İAP0) « AMFC3) * AXRt) ^ 2 * ACW.AT ^ 6:İAP(4) « AMFC3) * AXF(6)
İAPC5) * AMF(2) ^ 2 * ÄXF{2):İAF(6) « AAAF{4) * AXF{İ) ^ 2 * ACWAT ^ 6
İAP{?) - AMF(1) ^ 2 * AMF(4) * AXF(2) ^ 2 * ACWAT ^ 4:İAPC8) - AMF(4) * AXF<4) ^ 2

```

```

IAP(9) • AMF(1) ^ 6 • AXF(6) ^ 3 • AXF(2) ^ 2 : IAP(10J) « AMF(3) * AXF(6)
IAP(t 1) » AMF(3) • AXR1 ^ 2 * ACWAT ^ 4 : IAP(1Z) « AMF(0) ^ 4 * AXF(1) ^ 2 * AXF(4) ^ 6 * ACWAT
^ 13
-IAP(13) « AMF(3) ^ 4 * AXF(t) ^ 2 * AXF(4) ^ 2 * ACWAT
IAPC141 » AMF(2) * AMF(4) ' AXF(1) ^ 3 * ACWAT ^ 6 : IAPf5) « AMF(3) * AMF(4) ' AXF(6) ^ 2
IAP(16) « AMF(4) * AXF(2) * ACWAT ^ 7 : IAPfT) « AMF(3) * AMF(1) ^ 2 * AXF(6) ^ 2 * ACWAT ^ 5
IAPff8) » AMF(1) ^ 2 * AMF(3) * AXF(2) ^ 2 : IAPf9) « AMF(3) * AXF(2) * ACWAT ^ 2
IAP(2G) « AMF(1) • AXF(1) : IAP(21) = AMF(4) • AXR2İ * ACWAT ^ 6
İAP(22) - AMF(2) • AMf(4) * AXF(1) * AXF(2) * ACWAT ^ 3 : IAP(23) « AMF(2) * AXF(3)
IAP(24) « AMF(4) * AXF(2) * ACWAT : MK25) - AMRt) ^ 4 * AJVS(3) * AXF(2) ^ 3 * ACWAT ^ 2
IAP(26) = AMF(2) ^ 2 * AMF(4) * AXF(2) ^ 2 * ACWAT ^ 4 : IAP(27) = AMF(4) * AXF(6)
IAPC28) » AMF(4) ^ 2 * AXF(1) ' AXF(4) ^ 3 * ACWAT ^ 4 : IAP(29) - AMF(1) * AXF(3)
IAP00) » AMFCi, ^ 2 * AXF12) * ACWAT ^ 10 : IAP(31) « AMF(2) ^ 8 * AMF(6) ^ 6 • AXF(2) ^ 7
IAP(32) » AMR1) * AXfC5) : IAP(33) « AMF(1) ^ 2 * AXF(6) * ACWAT ^ 10
IAP(34) « AMF(4) * AXFC6) • ACWAT ^ 3 : WF(35) - AMF(2) ^ 2 • AMF(4) * AXF(2) ^ 2 * ACWAT ^ 6
IAF(36) » AMF(!) ^ 2 * AMR3) * AXFC6) ^ 2 * ACWAT ^ 2
IAP07) « AMF(2) ^ 2 * AMF(4) * AMF(3) ^ 2 * AXR2) ^ 4 * ACWAT ^ 2
MPC38) m AMF(3) * AXF(4) ^ 2 : IAP(39) = • AMF(2) ^ 2 • AXR6) # ACWAT ^ 1.5
IAFC4Ö) m AMF(2) ^ 8 * AMF(6) ^ 4 * AXF(6) ^ 6 * ACWAT ^ 3
IAP(41) - AMF(2) • AMF(1) * AXF(6) * ACWAT ^ 6
:IAP(42) « AMF(2) ^ 2 * AMF(1) * AMF(6) * AXF(6) ^ 2 * ACWAT ^ 2
IAPC43) m AMF(2) ^ 3 * AMF(6) * AXF(2) ^ 2 : IAP(44) « AiW(1) ^ 3 • AMF(0) • AXF(2) ^ 2
IAP(45) « AMF(1) ^ 2 * AXF(6) * ACWAT ^ 7 : IAP(46) » AMF(2) • AXF(1)
IAP(47) « AMF(2) ^ 2 • AMF(3) * AXF(2) ^ 2 • ACWAT
IAP(48) = AMF(4) ^ 2 • AMF(3) # AXF(1) ^ 6 • ACWAT ^ 12 : IAP(49) » AMF(f) ^ 2 * AXF(2)
IAP(50) = AMF(1) ^ 2 * AXF(6) * ACWAT : IAPfSI) « AMF(1) ^ 3 * AMF(6) * AXF(6) ^ 2 * ACWAT ^ 2
TORJ» 1 TO MOM

```

```

iAP(P « LOGOAPI) / LQGC1Ö) : SI(J) » IAPQ) - LOGKQ)

```

```

NEXJ
RETURN
END

```

CIKH:

'Sonudaii ekrana aktar

PCO2 = LOG(MN(1) \* GNF(1) / .0,34225) / LOQIOJ^iINT THIL\$

PMNT TCRASYON\*; fTER:PMNT "İyonik gpc="; I

PUNT "Yük dengesi^"; CBE:PfINT "Suyun akEMted-"; ACWAT

PRINT "pH<"; PH;PRIMI log pCO2<; PCO2

IF DUMAS • "E" THEN

PRINT ; TAB(7); •MOLALTIE S"; TAB(22); "GAMA S"; TAB(36); "AKTMIF

ELSöf DUMAS = "H" İHEN

PMNT ; TAB(7); \*MOLALTI& T; TAB(22); "GAMATs TAB(36); "AKIMIE"

END IF

FORM » 1TDNC

IF DUMAS « "H" .AND M » 5 THEN 33

PRİMT ; CATKM); TAB(7>); MC(M); TABf.22); CMF(Mk TAB<3e>; AMKM)

33 NEXT

FORX\* 1TONA

If DUMAS- «= "H" AND X = 3 THEN 34

PMNT ; AMSCX); TAB(7); ,MA(X); TAB(22); GXF(X); TAB(36); AXF(X)

,34 .recr

FORN- 1TONN

IF DUMAS \* "H" AND N <> 1 THEN 35

PRINT ; MOTS<; TAE(7); MN(N); TAB(22); CMFOT; TAB(36); ANF(N)

35 NEXT

PRINT "DEVAM ETMEK İON HERHANGİ BJRTUSA BASINIZ"

DO: LOOP WHILE INKEYS - ^CLS

PUNT "Log doygunluk IndeksT

RDRI-1TOMDM

PİİMT MOMSO); TAB» I); SI(I); TABOO); MIMSİ + 1); TAB(36); SI(I + 1);

PRINT TAB(49); MINSd + 2); TAB(60); SI(I + 2); I « İ + 2

NEXT

END

# Şevlerde hareketlerin izlenmesi için İnclinometre aletinin kullanım ve bir örnek uygulama

**Engin Ertürk H.Ü. Jeoloji. Müh. Böl., Beytepe, Ankara**

*Bu çalışmada şev hareketlerinin izlenmesinde kullanılan ve hassas ölçüm olanağı sağlayan inclinometre aletinin tanıtımı yapılmış, diğer aletlerle karşılaştırılarak, kullanımı bir örnek uygulamayla sunulmuştur.*

*Örnek çalışma olarak Gerece - Ankara Otoyolunun inşası sırasında 43 + 729 km'sinde açılmış olan bir kuyuda iki değişik tarihte ölçüm yapılmış ve hareketler izlenmiştir. Bu ölçümler sonucunda kuyunun 16,5 metresinde, beklenen NE - SW yönünde 1159 mm'lik hareket belirlenmiş ve killi, doğal bir yatmada gerçekleşen bu kayma hareketinin önlenmesi için alınacak tedbirler yapıma firma tarafından değerlendirilmiştir.*

## Giriş

Mühendislik yapılarının inşası sırasında ve sonrasında ortamda oluşabilecek deformasyonların ve hareketlerin, gözle veya aletlerle izlenmesi, taşınımın önemli bir bölümünü oluşturur. Kaya ve zemin kütlelerinin veya bu kütleler üzerinde ya da içinde inşaa edilen mühendislik yapılarının izlenmesi amacıyla geliştirilmiş aletler genellikle; şev hareketlerinin izlenmesinde kullanılan aletler, yeraltı suyu basınçlarının ve yeraltı suyu seviyesindeki değişimlerin ölçülmesinde kullanılan aletler, kaya ve toprak basınçlarının ölçülmesinde kullanılan aletler ve zemindeki titreşimlerin izlenmesinde kullanılan aletler olmak üzere dört ana grupta toplanmaktadır (Franklin, 1977). Şevlerde, kayma yüzeyinin derinliğinin, konumunun ve şeklinin belirlenmesi, kayan kütle içinde yatay ve düşey yönde gelişen hareketlerin saptanması ve durumsızlığın sınırların tespit edilebilmesi için yüzeyde (geleneksel, topoğrafik ölçümler,

elektronik mesafe ölçerler, fotogrametrik yöntemler, yüzeye yerleştirilen ekstansometreler) ve yeraltıda (sondaj kuyularına yerleştirilen ekstansometreler ve eğim ölçen inclinometreler) kullanılan cihazlar geliştirilmiştir (Ulusay, 1995). Bu çalışmada, heyelanlar, geçici, kazılar, toprak ve kaya veya dolgu barajlar, maden galerileri, şevler ve tünellerdeki yatay ve düşey hareketlerin izlenmesi, hareket, yüzeyinin saptanması amacıyla Wilson tarafından, 1952 yılında geliştirilmiş olan (Wilson ve Mikkelsen, 1977) ve yüzeyde kullanılan diğer yöntemlere göre daha yüksek hassasiyette ölçümleri yapabilen inclinometre: cihazının kullanımının açıklanması ve bir örnek uygulamanın yorumu amaçlanmıştır.

Yüzeyden itibaren belirli derinliklerde oluşabilecek yatay ve düşey hareketlerin izlenmesinde güvenilir bir yöntem olarak kabul edilen inclinometre ölçümleri, yatay ve düşey olarak açılmış sondaj kuyularına yerleştirilecek 3 m boyunda, sıcağa karşı dayanıklı ve yüksek sıkışma, dayanımına sahip plastik, veya alüminyum boruların ilksel konumlarından olan sapmaların inclinometre cihazı aracılığıyla belirlenmesi esasına dayanır.

## inclinometre aleti

### inclinometrenin genel özellikleri

Yerleştirildikleri sondaj deliğinin eksenine dik yönde oluşan hareketlerin ölçülmesinde kullanılan inclinometreler yardımıyla düşey doğrultudaki deliğin iki tarafında 10 - 20°'lik sapmalar ölçülebilmekte, hareketin yeri, büyüklüğü ve yönü saptanabilmektedir. Uygulaması, sondaj kuyularının, yerleştirilen ekstansometrelerden daha basit olan bu yöntem ile hareketlerin üçüncü boyutta da izlenmesi mümkündür. Bir tek inclinometre cihazı kullanılarak çok sayıda sondaj deliğinden ölçüm alınabilmekte ve ölçüm hassasiyetinin diğer yöntemlerden daha yüksek olması sebebiyle kaya kütlelerinde ve zeminde gelişebilecek çok yavaş hareketler de kaydedilebilmektedir. Ölçüm sırasında oluşabilecek önemli bir yer değiştirme sonucu aletin kuyu içinde kalabileceği bir risk ola-

rak değerlendirilmeli ve ioinometre borularının iç yüzeylerinde bulunan olukların pürüzlü olmasına ve alüminyum borularda sıkça rastlanan korozyon olayına bağlı olarak hatalı sonuçların ortaya çıkabileceği düşünülmelidir (Hanna, 1985).

Şekil 1'de ayrıntılan verilmiş olan inklinometre aleti, algılayıcı (prob), kayıt cihazı ve banlar arasındaki bağlantıyı sağlayan kablodan oluşur. Gövdesi, paslanmaz çelikten, yapılmış olan algılayıcıların 2 değişik, tipi bulunmaktadır. Yanal yöndeki hareketlerin izlenmesinde kullanılan düşey inklinometre algılayıcıları (bkz., Şekil 1), bir tekerleklerin bulunduğu düzlemde diğeri ise bu eksene 90° dik durumda bulunan iki adet eksene sahiptir. Bu sayede boruda hem kuzey - güney hem de doğu - batı yönlerindeki sapmalar hesaplanabilir. Algılayıcıların çap ve boyları değişken olup, bu çalışmada 500 mm boyunda, ve 25.4 mm çapında düşey inklinometre algılayıcısı kullanılmıştır. Algılayıcıdan alınan voltaj değerleri, algılayıcının uzun ekseninin düşeyden olan sapması sonucu oluşan açıyla doğru orantılıdır (Şekil 2). Yatay inklinometre algılayıcıları ise düşey yönde meydana gelecek şişme ve oturma miktarlarının saptanmasında, kullanılmakta olup, çap ve boylan yine değişebilmektedir- (Gordon ve Mikkelsen, 1988'),

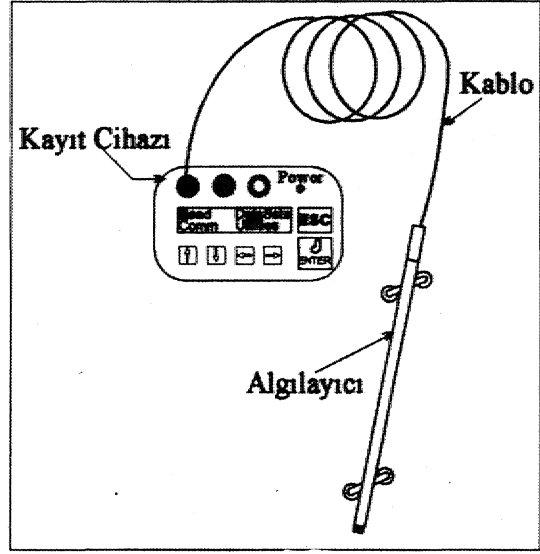
Kayıt cihazı, algılayıcı kullanılarak kuyunun değişik derinliklerinden alınan verilerin saklanması amacıyla kullanılır (bkz. Şekil 1). İnklinometre sisteminde, algılayıcı ile kayıt cihazı birbirlerine, çelik bir kılıf ile çevrilmiş, esnek ve suya karşı oldukça dayanıklı, metrik ve İngiliz sistemine göre bölümlenmiş kablo ile bağlanmaktadır (bkz. Şekil 1).

#### İnklinometre aletinin kullanımı

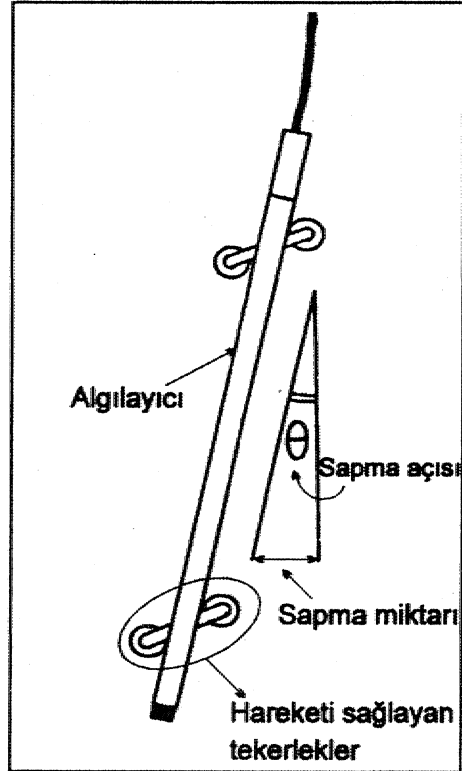
Yanal veya düşey yöndeki defarmasyonların ölçülebilmesi için ilk olarak, hareketin beklendiği yerlere minimum. İTO mm çapında, sondaj kuyularının açılması gerekir. Açılan kuyuların deformasyona uğramasını ve inklinometre borularının kendi eksenleri etrafında

hareket etmesini engellemek için, bentonit çamura, ile doldurulması gerekir.

Açılmış sondaj kuyularına, inklinometre borularının yerleştirilmesi sırasında, Şekil 3'de gösterildiği gibi boruların iç yüzeylerinde bulunan ve birbirleriyle 90° açı yapan oluk çiftlerinden birisi. A+, A- oluk çifti, diğeri ise B+, B- oluk çifti olarak kabul edilir. Algılayıcının daha kolay hareket etmesini ve yanal veya düşey yöndeki defarmasyonların daha yüksek, bir hassasiyet ve doğrulukta ölçülmesini, sağlayan oluklardan A+, A- oluk çifti, A+ oluşu muhtemel hareketin referans yönü olacak şekilde, beklenen hareket yönü ile aynı doğrultuya getirilir. Bu kurala uygun olarak yerleştirilen 3 m boyundaki, inklinometre boruları birbirlerine: özel bağ-



Şekil 1. İnklinometre aleti.

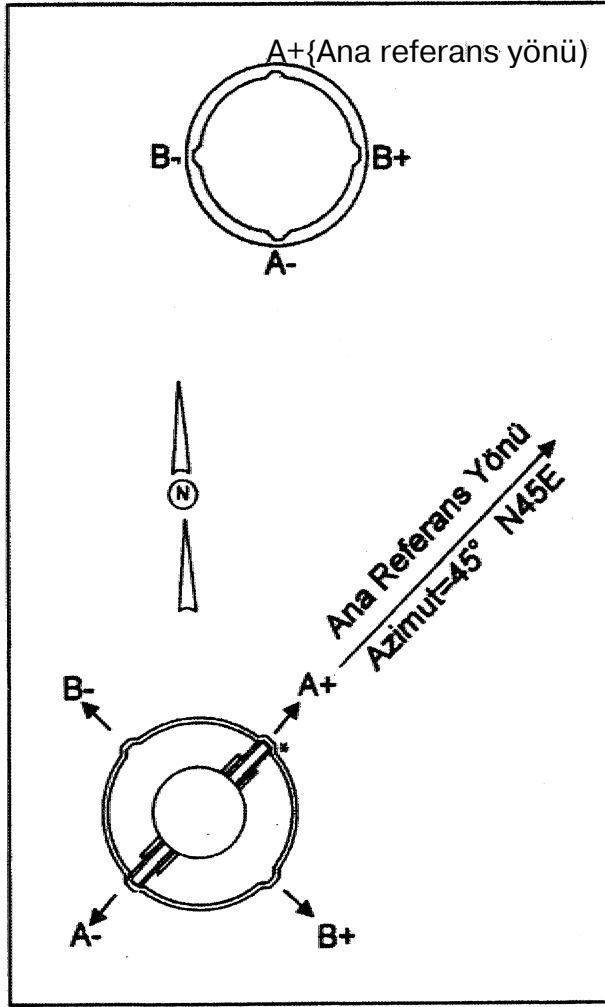


Şekil 2. Algılayıcının (prob) düşeyden sapması (Graham, 1939),

lantlarla eklenerek, kuyu içine kuyunun derinliği kadar boru indirilir (Şekil 4) (Gordon ve Mikkelsen, 1989)..

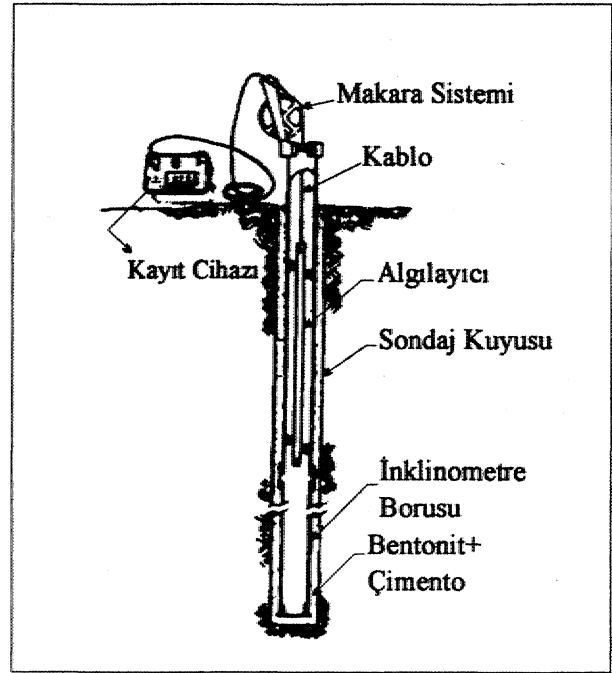
İnklinometre borularının yerleştirilmesi tamamlandığında kuyu inklinometre ölçümlerine hazır hale gelmiştir. Birinci grup ölçümlerin alınabilmesi için aigıla-



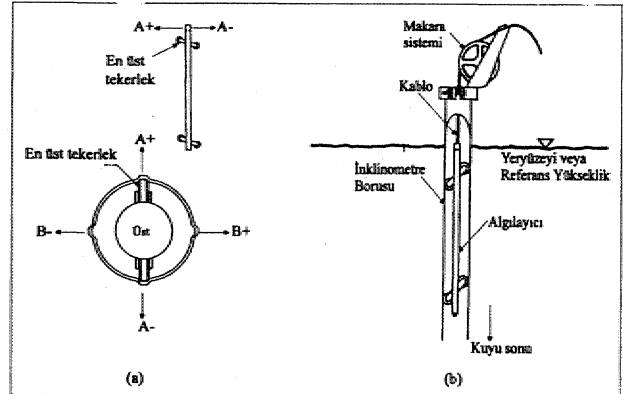


Şekil 3« İnklinometre borusunun detayları (Graham,, 1989).

yıcının en üst tekerleği ana referans yönüne (A+ oluğuna) getirilmeli ve kayıt cihazı ile bağlantısı sağlanarak kuyu tabanına kadar yavaş ve dikkatli bir şekilde indirilmelidir (Şekil. 5a ve b), Ölçümlerin hatasız alınabilmesi için algılayıcının kuyu tabanına temas etmesi, gerekir. Kuyu tabanına indirilen algılayıcı, daha önceden karar verilen ve kayıt, cihazına, kaydedilen okuma aralığı kadar kablo ile yukarı çekilir ve kısaç yardımıyla sabitlenir. Okuma aralıkları, ölçümlerin daha hassas yapılabilmesi için genellikle algılayıcının uzunluğu kadar alınır (500 mm.). Kayıt cihazının ekranında, görülen ölçüm değerleri alete kaydedilir. Bu işlem kuyu başına kadar 0.5 m aralıklarla devam ettirilir ve A+, B+ ölçümleri kaydedilir, tnkliometre borularının düzensizliğinden veya aletin sürüklenmesinden dolayı oluşabilecek hatalı ölçümlerin giderilmesi veya. en aza indirilebilmesi ve her derinlik için alınan ölçümlerin doğruluğunun kontrol edilebilmesi için, algılayıcı, yüzeye çıktığında. 180° çevrilerek tekrar<sup>1</sup> kuyu tabanına indirilir ve ilk grup ölçümlerin alınması sırasında yapılan, işlemler tekrarlanarak A-, B- ölçümleri kayıt cihazına, yüklenir. Algıla-



Şekil 4. İnklinometre borularının yerleştirilmesi ve inklinometre aletinin genel özellikleri (Gordon ve Mikkelsen, 1988).



Şekil 5. İnklinometre aletinin kullanılması (Graham,, 1989).

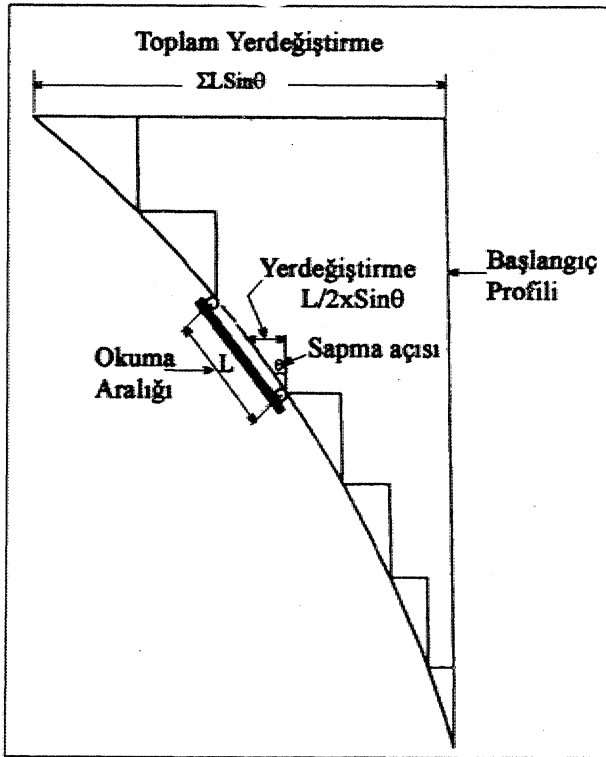
yıcının 180° çevrilmesine bağlı olarak, aynı derinliklerden alınan A+, A- ve B+, B- değerleri birbirleriyle eşit büyüklükte fakat zıt işaretli, olmalıdır. Ölçüm değerlerinin birbirlerinden farklılaşması, ölçüm hatasının arttığını gösterir.

İnklinometre. ölçümlerinin ilki, sondaj kuyusunun eğri olarak, açılmış olabileceği ve kayma hareketinin hızlı bir şekilde gelişebileceği olasılıkları göz önünde bulundurularak, kuyu açıldıktan ve içine, inklinometre boruları yerleştirildikten, hemen, sonra yapılmalıdır. Kuyu herhangi bir<sup>1</sup> harekete maruz kalmadan, alınan, bu ölçümden elde edilen veriler daha. sonra yapılacak ölçümlerde- referans olarak kullanılacaktır. Ölçüm aralığı,, sondaj verilerinden yararlanılarak, beklenen kayma hareketinin hızına göre seçilmelidir. Hızlı bir hareketin

beklendiği, sorunlu bölgelerde açılan kuyularda ölçüm axial.iklan daha. kısa seçilirken, daha yavaş bir kayma hareketinin beklediği bölgelerde açılan kuyularda ise ölçüm aralıkları daha. uzun seçilebilir,

İnclinometre ölçüm e! erine ait hesaplamalar

Muhtemel kayma yönü olarak, kabj! edilen A+ yönünde meydana gelebilecek yanal hareketlerin yeri ve büyüklüğü, farklı derinliklerdeki farklı sapma, açılarının algılayıcı yardımıyla hesaplanması sonucu saptanabilmektedir (ASTM D4622 - 86). Koyu tabanından itibaren her 0.5 m'de bir yıkari çekilen algılayıcı yardımıyla alınan ölçüm, değerleri., gerçekte algılayıcının bulunduğu derinliklerde, algılayıcının uzun ekseninin,, dolayısıyla inclinometre borusunun düşeyle yaptığı sapma miktarlarını gösterir' (Şekil 6),.



Şekil 6. İncinometre prensibi ve hesaplamalar (Wilson ve Miktelsen, 1977),.

İki adet eksene- sahip olan düşey inclinometre proban ile ilk. ölçümler sonucu A+ ve B+, 180° çevrilmesiyle yapılan ikinci aşama ölçümlerde ise A- ve B- değerleri elde edilir. Kuyunun tabanından yüzeye, doğru her 0.5 m'de bir kaydedilen A+, A-, B+, B- değerleri;

$$RDG (mm.) = \pm (L/2) \times \sin\theta \quad (1)$$

ilişkisiyle saptanmaktadır,

Burada;

RDG = Sapma miktarı

± = Harekelin yönü

L/2 = .Algılayıcı (Prob) uzunluğunun yansı (metrik algılayıcılarda. 2.50 mm'dir)

B = Algılayıcının uzun ekseninin düşeyle yapmış olduğu sapma açısıdır... (bkz. Şekil 3 ve 6).

Ölçüm değeri (sapma miktarı), sapma, açısının sinüsü ile doğru orantılıdır. Diğer deyişle hareket, beklenen A+ yönünde giderek, artıyorsa, 0 açısı artacak bu da ölçüm, değerinin, artmasına neden, olacaktır. 1 numaralı eşitlikle hesaplanan sapma miktarları,, sapma açılarının küçük olmasına bağlı olarak çok küçük değerler olarak bulunacaktır. Kayıt, işlemlerinin daha basite- indirgenmesi ve^ birçok gereksiz sıfır rakamıyla işlem, yapılmasını ortadan kaldırmak için. 1 numaralı eşitlikten, bulunan sapma miktarları 100 ile çarpılır.,

$$RDG (10^{-2} mm) = (250 \times \sin\theta) \times 100 \quad (2)$$

Algılayıcının en üst tekerleği A+ oluşunda :iken kuyunun, her 0.5 metresindeki sapma, miktarları 2 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanır. Bu sapma, miktarları algılayıcının orta noktasının bölündüğü derinliğe aittir,, Algılayıcının, alt tekerleğinin, bulunduğu derinliklerdeki sapma, miktarları ise, birinci grup ve algılayıcı.nın. 1.80° çevrilmesiyle yapılan ikinci, grup ölçümler sonucu kuyunun aynı derinliklerde hesaplanan, eşit büyüklükte fakat zıt işaretli sapma, miktarlarının farkı alınarak bulunur.

Yukarıda anlatılan hesaplamaları basitleştirebilme ve hesapları grafikler halinde gösterebilmek için Graham (1989) ve Sinco (1990) tarafından, bilgisayar programları da. hazırlanmıştır.

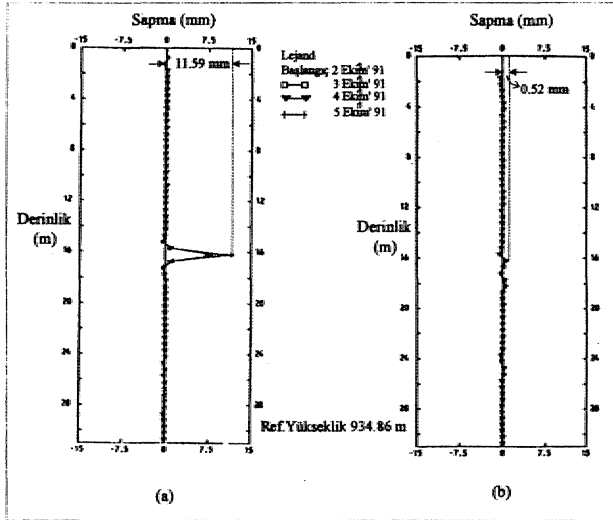
#### Grafiklerin çizdirilme»

Arazide kayıt cihazına depolanmış ölçüm değerleri mevcut hazır programlar aracılığıyla bilgisayara yüklenir. Önce kuyunun her 0.5 metresinde bulunan sapma, miktarları bir tablo şeklinde hesaplatılır. Bu işlemler belirlenen aralıklarda, aynı kuyudan alınan, ölçümler için de tekrarlanır. Bilgisayarın bu hesaplamalar sırasında, yaptığı işlem,, ilk ve ikinci ölçüm sonucu kuyunun aynı derinliklerinde hesaplanan sapma miktarlarını karşılaştırıp,, bu. ölçüm aralıkları süresince ortaya çıkabilecek hareketleri grafiksel olarak, göstermektedir. Kuyudaki mevcut hareketleri üç değişik tipteki grafikte görmek mümkündür.

Artan yerdeğistirme grafiği:

Bu grafik,, her 0.5 m derinlikte meydana gelebilecek, gerçek değişimleri gösterir., Yüzeyden itibaren kuyu kadar her 0.5 m derinlikteki değişim miktarlarının derinliğe bağlı olarak .işaretlenmesi sonucu çizilen bir grafik-

tır, Bu grafik, sayesinde kuyunun her metresindeki değişim, miktarları gözlenebilirken, maksimum hareketin gerçekleştiği derinlikler de kolaylıkla, belirlenir (Şekil 7),.



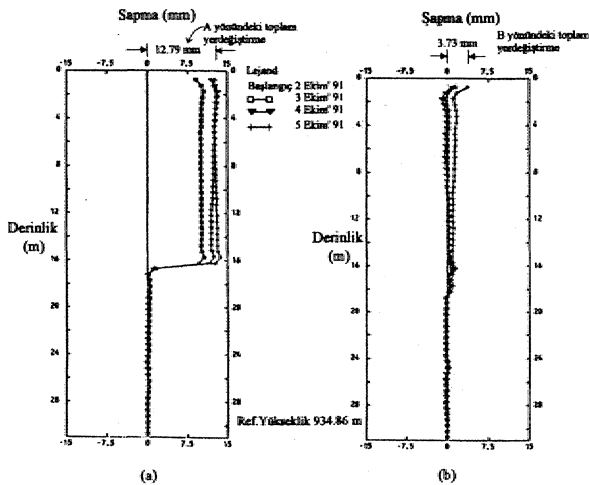
Şekil 7. İki yönde yerdeğiştirme grafiği, a) A yönünde, b) B yönünde.,

Eklenererek artan değişim grafiği:

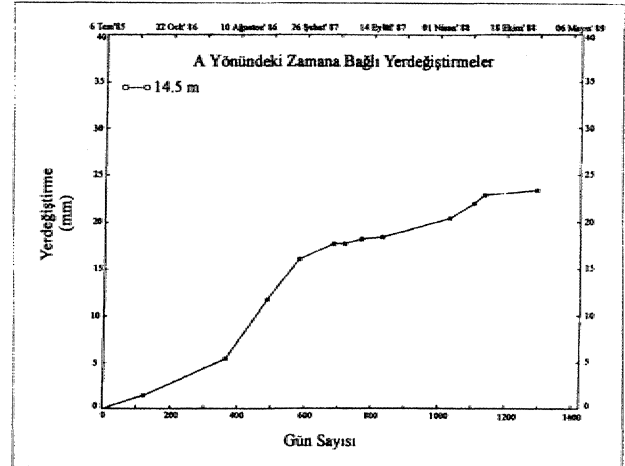
İlk grup ölçümlerden, bu yana, kuyuda meydana gelebilecek değişimin toplam, miktarı, ve en büyük değişimin gerçekleştiği derinliğin tespit, edilmesinde kullanılan grafik türüdür. Kuyu tabanından başlamak üzere yüzeye doğru her 0.5 m derinlikteki değişim miktarlarının toplanması ve derinliğe bağlı olarak işaretlenmesi ile çizilir (Şekil 8).

"Yerdeğiştirme - zaman" grafiği:

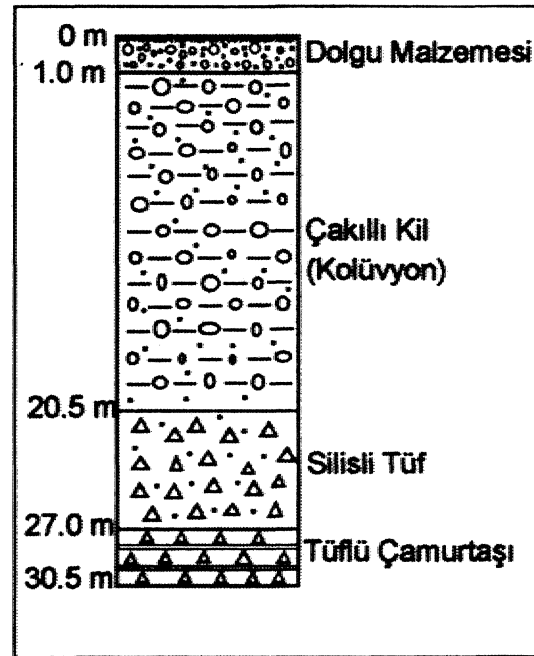
Bu grafik türü ise seçilmiş herhangi bir derinlikte zamana bağlı, olarak artan, hareket değişim miktarları-



Şekil 8. Eklenererek artan değişim grafiği, a) A yönünde, b) B yönünde.,



Şekil 9. Yerdeğiştirme - zaman grafiği (Graham, 1989).



Şekil 10.43 + 729 km, kuyu litolojisi.

nın izlenmesine yardımcı olur\* "Yerdeğiştirme - zaman" grafiğinde,, en büyük hareketin beklendiği derinlikteki değişim, miktarının zamana bağlı olarak artışı- nı görmek, mümkündür (Şekil 9).

## Örnek uygulama

Gerede - Ankara Otoyolunun yapımı, sırasında 43 + 729 km'de açılmış ve Şekil 10'da kesiti verilmiş olan kuyuda 2 ve 5 Ekim. 1991 tarihlerinde iki adet ölçüm yapılmıştır. (Çizelge 1 ve 2)

Sonuç olarak, 2 - 5 Ekim tarihleri arasındaki sürede A+ yönündeki (beklenen hareket yönü) sapma, miktarı

Çizelge 1. 2 Ekim 1991 tarihinde alınmış ölçüm değerleri.

Birinci Grup Ölçümleri (Algılayıcının en üst tekerleği A+ olduğunda)		İkinci Grup Ölçümleri (Algılayıcının en üst tekerleği A- olduğunda)		Fark A	Fark B
A+	B+	A-	B-	(A+) - (A-)	(B+) - (B-)
+1789	-596	-1799	+622	+3588	-1218

35.88 mm'den 47.47 mm'ye çıkarken, B yönündeki sapma miktarı başlangıçta. B- yönünde ve 12.18 mm iken ikinci ölçümde 11.66 mm'ye inmiştir. Buna göre;

Ä yönündeki değişim,

Yerdeğiştirme<sub>A</sub> = (+47.47) - (+35.88) = +11.59 mm  
(bkz. Şekil 8 ve 9)

B yönündeki değişim ise,

Yerdeğiştirme<sub>B</sub> = (-11.66) - (+12.18) = +0.52 mm  
olarak hesaplanmıştır (bkz. Şekil 8 ve 9).

"Yer/değiştirme" büyüklüğünün işareti, kaymanın hangi yönde gerçekleştiğini gösterir. Yerdeğiştirmenin işareti "+" ise bu hareketin beklenen yönde, "-" ise beklenen yönün tersinde geliştiğini gösterir.

Yukarıda verilen, örnek uygulamada inMinometre borusunun 16.5 metresinde A+ yönünde 11.59 mm., B+ yönünde ise 0.52 mm Jik bir yerdeğiştirmenin olduğu görülmektedir., Sonuç olarak, killi, doğal bir- yarmada gerçekleşen bu. kayma hareketi oldukça hızlı bir hareket olarak nitelendirilmiş ve sonuçlar, alınabilecek, tedbirlerin değerlendirilmesi için yapımcı firmaya gönderilmiştir.

## Sonuçlar ve tartışma

İnclinometre Metinin kullanımının sunulduğu ve örnek bir uygulamaya ait sonuçların değerlendirildiği, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir,

a) Önemli mühendislik, yapılarında mm boyutunda dahi oluşacak hareketlerin izlenmesinde kullanılacak aletlerden biri de inclinometredir. Yerleştirildikleri sondaj deliğinin eksenine dik yönde oluşan hareketlerin izlenmesinde kullanılan inclinometreler yardımıyla, hareketin yeri, büyüklüğü ve yönü saptanabilmektedir.

b) Bir tek inclinometre: cihazı kullanılarak, çok sayıda sondaj deliğinden ve değişik, derinliklerden ölçüm alınabiliyor ve ölçüm hassasiyetinin yüksek olması sebebiyle kaya kütlelerinde ve zeminde gelişebilecek çok yavaş hareketler de kaydedilebilmektedir.

Çizelge 2. 5 Ekim 1991 tarihinde alınmış ölçüm değerleri.

Birinci Grup Ölçümleri (Algılayıcının en üst tekerleği A+ olduğunda)		İkinci Grup Ölçümleri (Algılayıcının en üst tekerleği A- olduğunda)		Fark A	Fark B
A+	B+	A-	B-	(A+) - (A-)	(B+) - (B-)
+2380	-564	-2367	+602	+4747	-1166

c) Yüksek hassasiyette ölçümler alabilen inclinometre aleti oldukça pahalı olup, ölçüm, sırasında oluşabilecek önemli bir yerdeğiştirme sonucu aletin kuyu içinde kalabileceği önemli bir risk. olarak değerlendirilmelidir.

d) Yapılan örnek uygulamada kuyunun 16.5. metresinde beklenen yönde 11.59 mm'lik bir kayma hareketi belirlenmiş ve hareketin önlenmesi için alınabilecek tedbirler yapımcı firma, tarafında, değerlendirilmiştir.,

## KATKI BELİRTME

Arazi çalışmaları ve hesaplamalar sırasındaki yardımlarından dolayı Jeoloji Mühendisi Biroi Kuncinoğlu'na ve görüşlerinden yararlandığım Doç. Dr. Reşat Ulsay ve Jeoloji Yüksek Mühendisi Candan Gökçeoğlu'na teşekkür ederim.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- A.S.T.M., 1991, Standart Test Method for Rock Mass Using, Inclinometers., D 4622 - 86 A.S.T.M. Subcommittee D 18- 12 on Rock Mechanics.
- Franklin J.Ä., 1977., Time monitoring of structures in rock. Rock Mechanics Review, Int. J. Rock Mech. Min. Sei. & Geomech. Abstr., Vol. 14, Great Britain, p., 163 -192.,
- Gordon, E.G. and Mikkelsen, P.E., 1988, Deformation measurements with inclinometers., Transportation Research Record 1169, Transportation. Research Board., National Research Council, Washington, 15 p.
- Gordon, E.G. and Mikkelsen, P.E., 1989, Measurements of ground, movement -with inclinometers. Proceeding of the 4th.. International Geotechnical Seminar, Field. Instrumentation and Insitui, Nanyang Technical Institute, Singapore, p. 235 - 246.
- Graham, P.J., 1989, GTILT Inclinometer data reduction computer program, Mitre Software Corporation, 9636 - 13 Ave. 200 Alberta, Canada, 53 p.
- Hanna, T, H., 1985., Field, instrumentation in geotechnical engineering, Trans. Tech... Publ., 843 p.
- Sinco, 1990, Data Mate Manager Software, Albion Piece N. Seattle, U.S.A. 1.10 p.
- Ulusay, R., 1995, Şev stabüfesinde hareket izleme çalışmalarının önemi, yeri. ve uygulamadan örnekler, M.T.A. Genel Müd. Konferans Notlan, Ankara, 46 s.
- Wilson, S.D. and Mikkelsen, P.E., 1977, Foundation instrumentation: Inclinometers Report FHWA. TS - 77 - 219, U.S. Department of Transportation., 96 p,

# 17 Ocak 1995 Hyogo Ken Nan Int depreminde (Japonya) gözlenen faylanmalar ve oluşan deprem dalgalarının özellikleri

Ömer Aydan

Tokai Üniversitesi, Shimizu, Japonya

17 Haziran 1995, saat 05A6'da Hyogo Prefecture'nin güney kesimlerinde **Rihter** ölçeğine göre 72 büyüklüğünde **bir** deprem meydana geldi. Deprem, 5550 den fazla can kaybına neden oldu ve binalar, köprüler, yüksek otoyollar ve demir yollar büyük hasara uğradı. Bu depremin **episanın** 34.6° kuzey olarak saptanmıştır ve odak derinliği 143 km. dir.,

Depremin sağ yanal doğrultu **aiümlü** olarak **oluşturduğunu** işaret eden sismik dalgalar, dünyanın çevresindeki değişik yörelerden kaydedildi. Bununla birlikte detaylı dalga analizi, **Yokohoma** şehir üniversitesinden Prof. Dr. **Kikuchi** tarafından yapılacak istifi içinde 3 aktif fay saptanmıştır. 'Bunlar **Nojima, Rokko ve Maya** fay sistemleridir. Maksimum yanal ve düşey hareket **Nojima** fay sistemindedir, sağ yönlü doğrultu **atımlı** fayın yanal **atımı 180 cm, düşey atımı 135 em.** ölçülmüştür. Diğer /aylardaki hareket; temel kayanın granit olması, yoğun kentleşme bölgesinde bulunmaları ve kalın alüvyon örtü nedeniyle **tanımlanamamıştır.** Rokko fay **zonuna** dahil olan **Ocsuki** fayı boyunca **olan 15 cm lik** hareketin tek bulgusu **Sakurai** ve diğ. (1995) 'ne aittir. Yazarların makalesindeki hareketlere ilişkin örnekler, Rokko fay sistemi içinde yer alan **Takarazuka, Nishtnomiya** ve Kobe şehirlerine aittir, bundan başka deprem dalgalarının sismik **karakterleri** sunulmuş ve fay mekanizması ile olan ilişkileri tartışılmıştır\* Sonuçta Sakurai ve diğ. (1995) zemindeki kalıcı **deformasyonu, yapısal dizayndan kaynaklandığını vurgulamışlardır.** Deprem, off - **shore** depremlerinden olup, kıta içinde dalgalar halinde **şiddetlenmekte** ve yayılmaktadır.

## Giriş

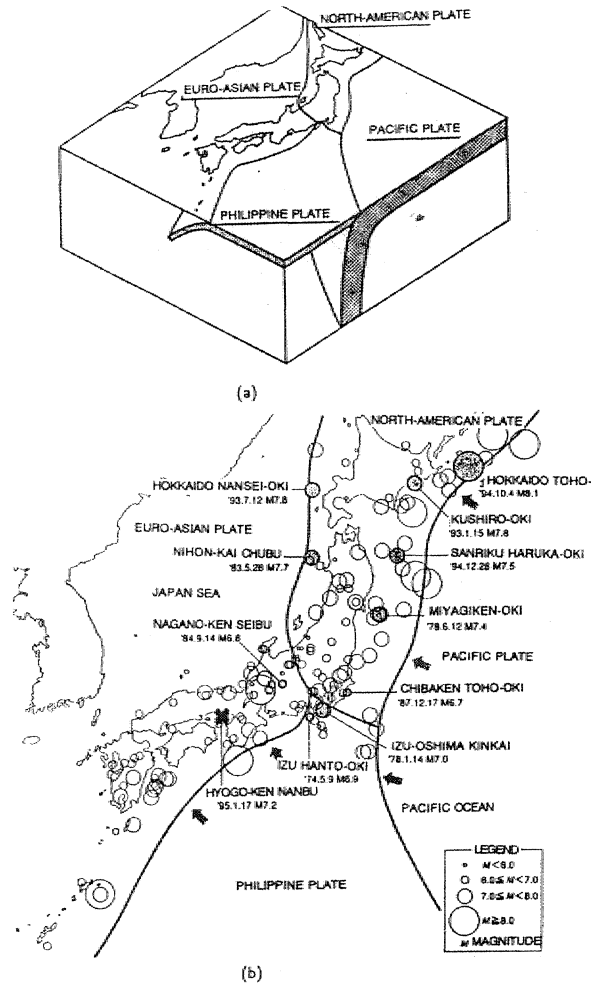
17 Ocak 1995'te Japonya'nın Hyogo Eyaletinin güneyinde Awaji Adası ile vilayet merkezi Kobe şehrinin bulunduğu Honshu Adası arasındaki Akashi Boğazında 7.2 büyüklükte bir deprem oluştu. Bu deprem yaklaşık 5500 kişinin ölümüne, çok sayıda bina, özellikle yükseltilmiş karayolları ile demiryollarında büyük, hasarlara neden oldu. Bunun yarasıra, Dünyada örneği görülmemiş ölçüde sıvılaşma bütün deprem, bölgesinde izlendi\*

Bu çalışmada, ilk önce Japonya'nın bulunduğu bölgenin genel tektonik yapısı kısaca verilmektedir. Sonra depremin olduğu bölgenin jeolojisi ve tektonik yapısı anlatılmaktadır. Daha sonra, arazide gözlenmiş faylanmalar ve özellikleri verilmektedir. En sonunda, faylanma mekanizmasına bağlı olarak oluşan deprem dalgaları ve özellikleri anlatılıp tartışılmaktadır.

## Japonya'nın genel tektonik yapısı

Japonya dört büyük ada üzerine kurulu bir ülke olup, bu adalar kuzeyde Hokkaido, ortada Honshu, güneyde Kyushu ve güneydoğuda Shikoku olarak adlandırılmaktadır. Japonya'nın genel tektonik yapısı Şekil - la'da gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere Japonya Kuzey Amerika Levhası ile Avrasya Levhası üzerinde olup, doğuda Pasifik ile güneyde Filipin Levhaları tarafından batıya doğru itilmekte ve depremlerin bu levhalar arasındaki çarpışmalardan kaynaklandığı varsayılmaktadır.

Şekil-1b'de son 20 yılda oluşan depremlerin yerleri ve büyüklükleri gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere depremlerin büyük bir çoğunluğu levhaların çarpıştıkları ara yüzeylerde veya ara yüzeylere yakın üstteki levhada oluşmaktadır. Depremlerin şiddetleri büyükde olsa. Japon adalarından uzak yerlerde oluşması, deprem dalgaları adalara ulaştıklarında yer kabuğunun viskoz özelliği nedeniyle şiddetleri azalmaktadır. Karasal dep-



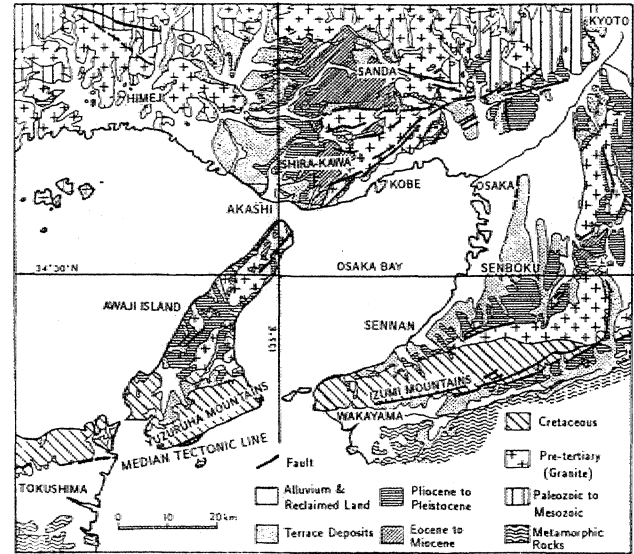
Şekil 1. (a) Japonya'nın tektonik yapısı (b) Son 20 yılda oluşan depremlerin yerleri ve büyüklüğü.

remlerin sayısı az olmakla beraber,, Türkiye'de olduğu gibi, çok büyük can kaybı ile yapılarda hasarlara neden olmaktadır,

## Deprem bölgesinin jeolojisi ve tektonik yapısı

Deprem olduğu bölge Kinki Bölgesi olarak adlandırılmaktadır... Levha la NASA tarafından 1972 yılında alınmış Kinki Bölgesinin uydu görüntüsünü ve Levha 1b ise depremden 3 gün sonra CNES tarafından alınmış Kobe şehri ve çevresinin uydu görüntüsünü göstermektedir. Levha-la'daki görüntüye karşılık gelen jeolojik yapı ise Şekil-2'de verilmiştir. Kinki bölgesinin güneyinde Orta Tektonik Hat (Media Tectonic Line) olarak adlandırılan ters atımlı verev bir fay bulunmaktadır. Bu fay boyunca çok uzun bir süre herhangi bir deprem oluşmadığı için tektonik açıdan aktif olmadığı düşünülmektedir.

Orta Tektonik Hattın güneyindeki kısmında Orta Tektonik Hattı paralel olarak dinamik metamorfizmaya



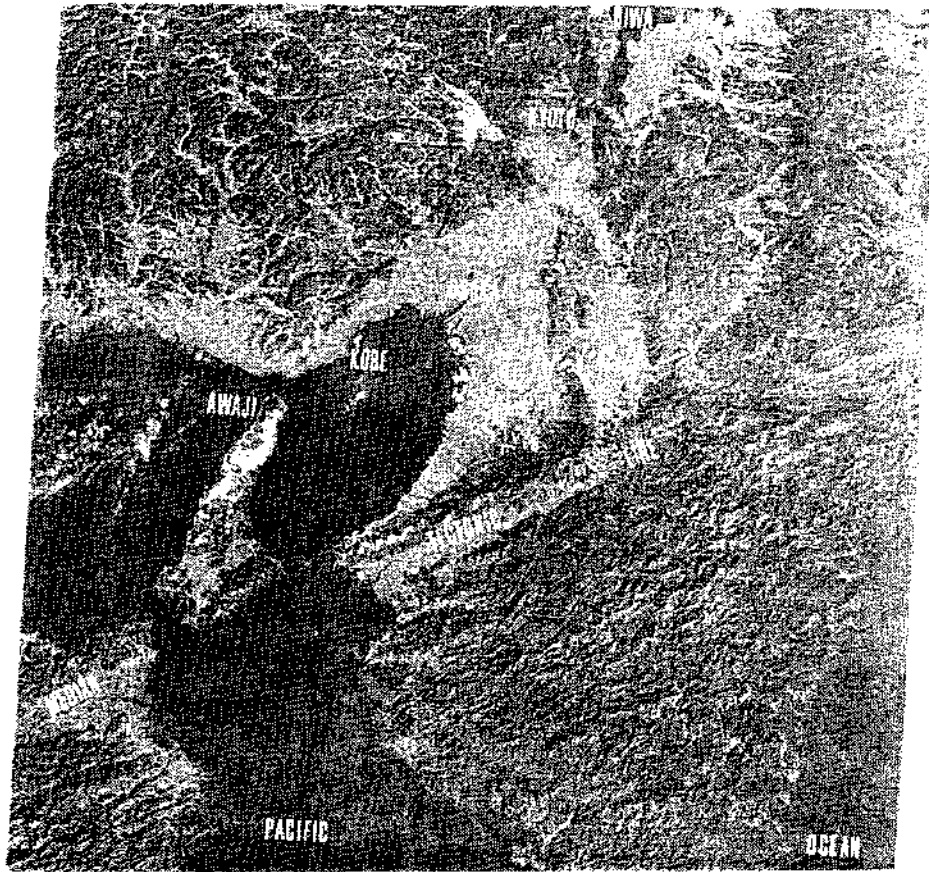
Şekil 2. Kinki bölgesinin jeolojisi.

uğramış yeşil şistler yer almaktadır. Orta Tektonik Hattın kuzeyindeki kısmında granitik kütleler temeli oluşturmakta ve bunların üzerinde tortul kökenli ardışık kumlası ve kilaşı bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, Japon, adalarını aktif volkanizması nedeniyle yer yer tüf kütleleri görülmektedir., İrmakların aktığı ve denize ulaştığı bölgelerde- alüvyonlar granitik veya tortul kitleleri örtmektedir.. Osaka körfezinin kıyılarında yapay dolgu oldukça yaygın olup, üç tane yapay dolgu ada bulunmaktadır. Booiar Kobe şehrinde Port Adası ve Rokko Adası ve Osaka şehrinde Uluslararası yeni, Kansai Havaalanı adası olarak adlandırılmaktadır.

Awaji adası, uzun eksenine paralel iki sağ yanallı atımlı faylar ile sınırlanmaktadır. Adanın batısındaki fay Nojima fayı olarak adlandırılmaktadır. Bu fayların doğrultusuna yakın olarak Honshu Adasında Rokko fay sistemi bulunmakta ve bu fay sistemi parçalı olarak çek - ayır sonucu oluşan Biwa gölü üzerinden Japon Denizi'ne ulaşmaktadır. Rokko fayı ile Awaji adası fayları arasında sağ basamaklı (right step) ve ters atımlı verev bir fay sistemi bulunmaktadır. Kobe şehri, ve yakın çevresindeki faylar Sekilide gösterilmiştir. Şekil-2'de Rokko dağı ile Ashiya ve Nishinomiya şehirlerinin kıyılarındaki kapsayan jeolojik bir kesit verilmiştir. Her iki şekilden de görüleceği üzere Kobe şehri ve çevresinde yoğun bir faylanma olup şehirleşmenin yaygın olduğu yerler alüvyonlar ile örtülmüş durumdadır., Ayrıca yumuşak tortul kütleler dağlara doğru giderek incelmekte kama gibi bir yapıya sahiptir.

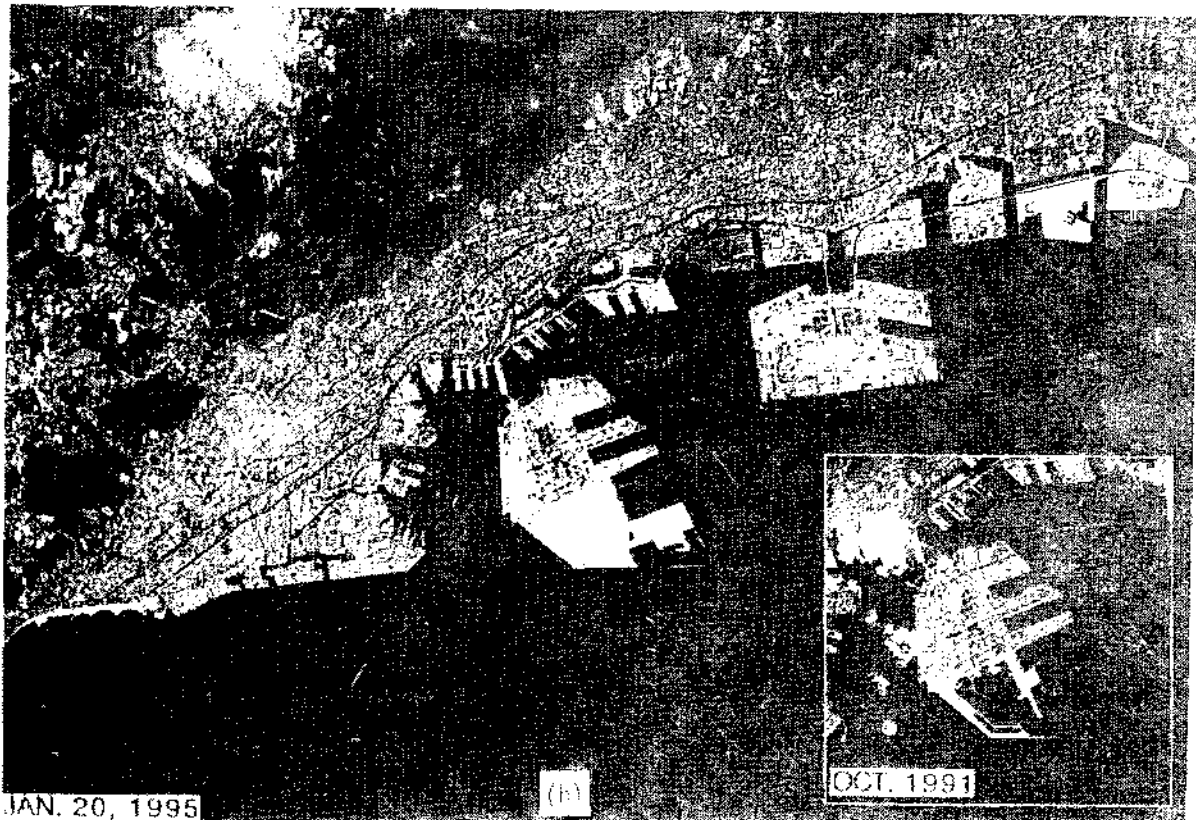
## Faylanma

17 Ocak Depreminde arazide en belirgin kırılma Nojima fayı boyunca gözlemlendi. Yapılan arazi incelemelerinde: bu fayın sağ yanallı atımı yaklaşık olarak 180 cm ve düşey atımı 135 cm olarak ölçülmüştür (Lin ve



120° 00' 00" E 34° 00' 00" N 120° 00' 00" E 34° 00' 00" N

(a)

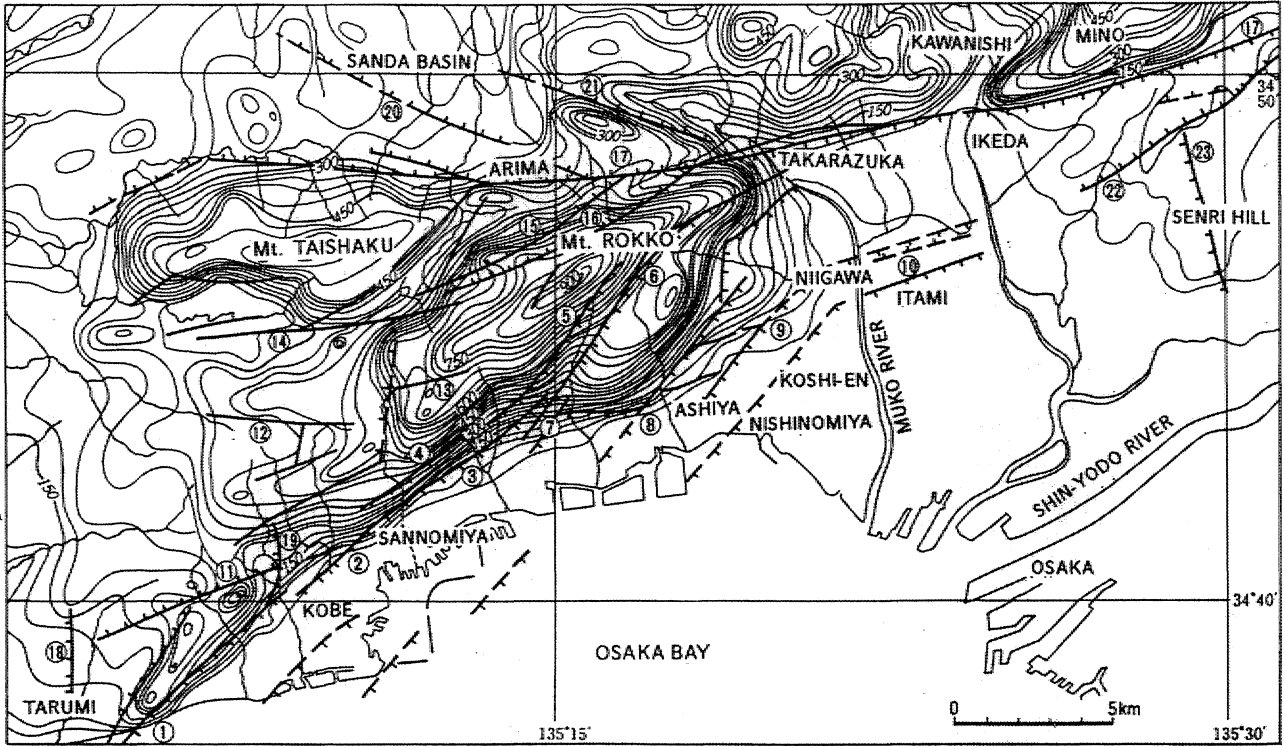


JAN. 20, 1995

(b)

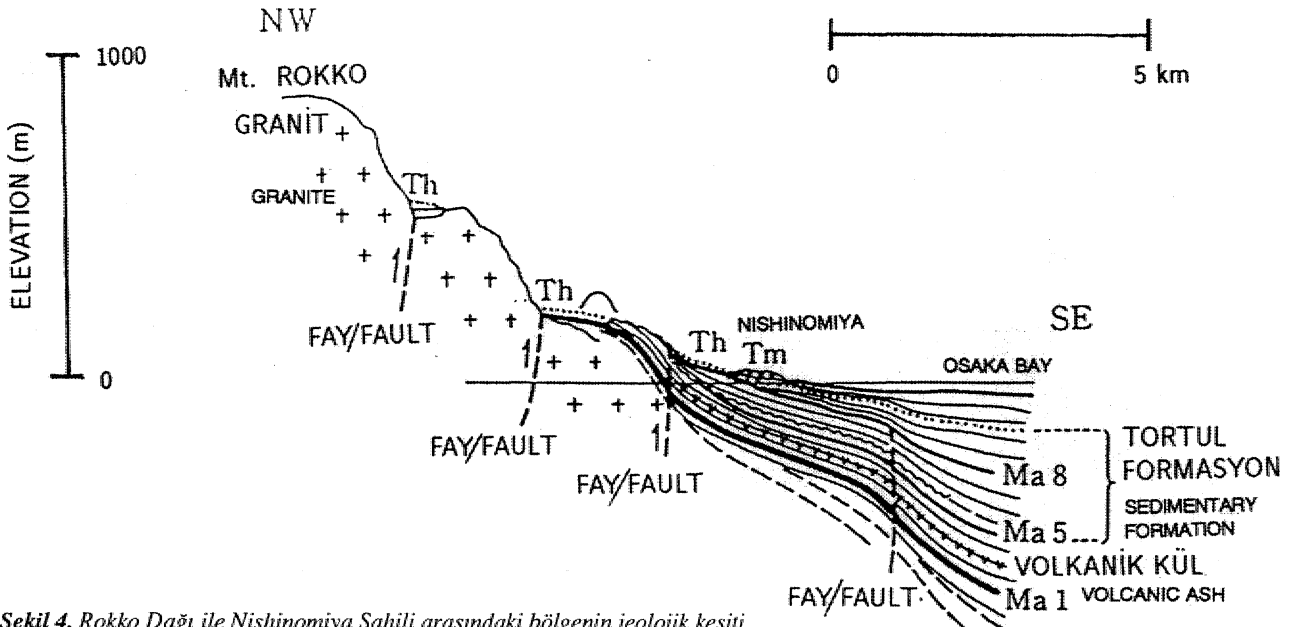
OCT. 1997

Levha 1. (a) Kinki bölgesinin uydu görüntüsü. (b) Kobe Şehrinin depremden 3 yıl sonraki uydu görüntüsü.



- (1) Suma (2) Egeyama (3) Suwayama (4) Nunobiki (5) Otsuki (6) Gosukebashi (7) Uzugamori (8) Ashiya (9) Koyo (10) Itami (11) Takatori-yama (12) Manpukuji (13) Kita-maya (14) Yamada (15) Ibayama (16) Yuokedani (17) Rokko (18) Takazuka-yama (19) Maruyama (20) Suzuran-dai (21) Najio (22) Onohara (23) Butsunen-ji

Şekil 3. Kobe şehri ve çevresindeki faylar.

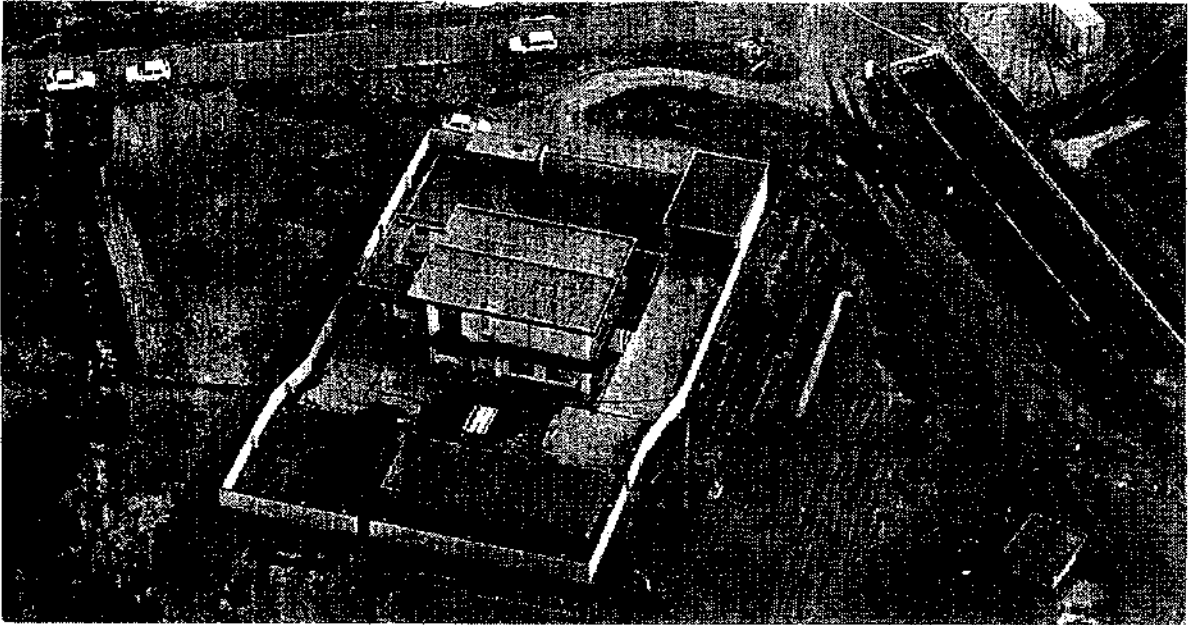
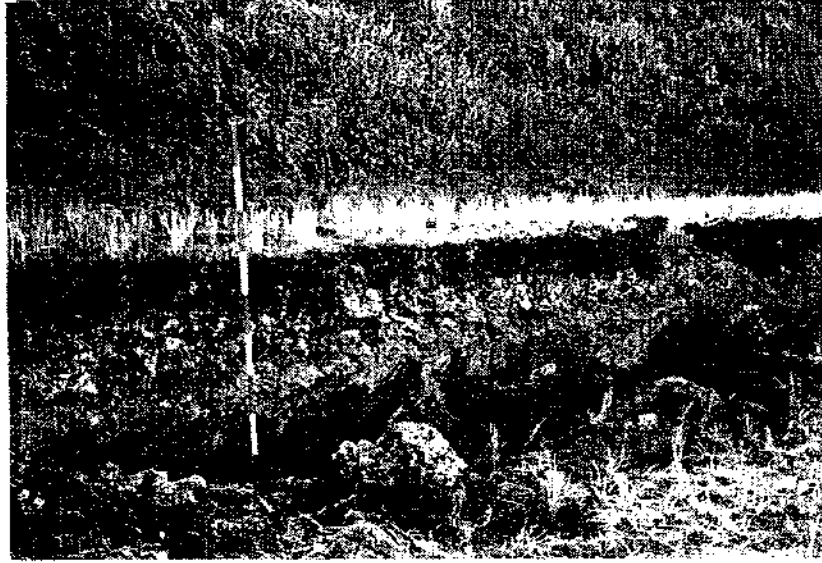


Şekil 4. Rokko Dağı ile Nishinomiya Sahili arasındaki bölgenin jeolojik kesiti.

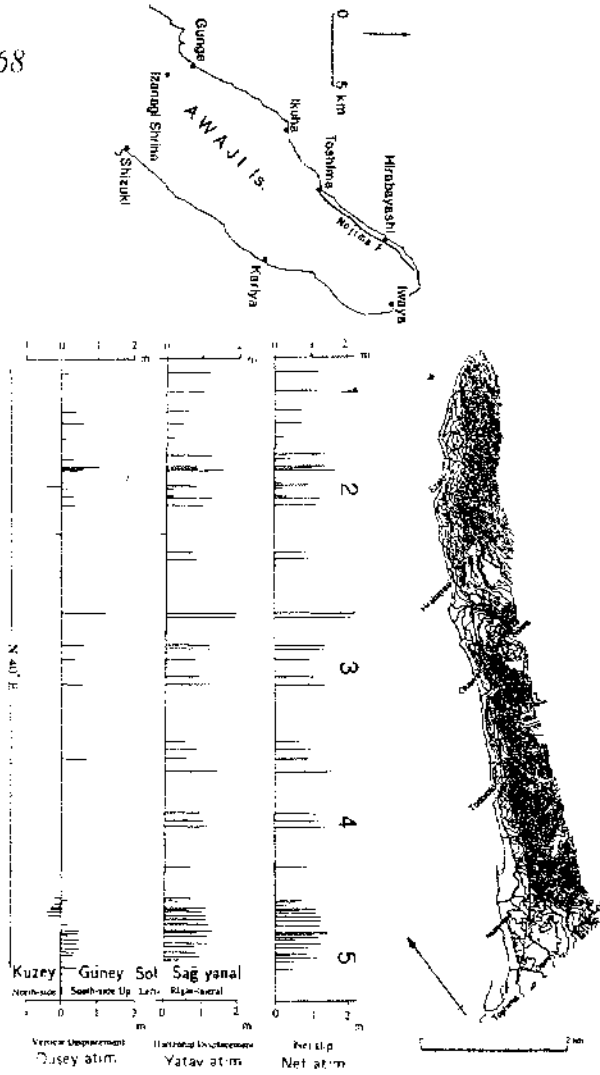
diğ., 1995). Şekil-5 Awaji Adasında Nojima fayı boyunca yapılan ölçümleri göstermektedir. Bu fay boyunca oluşan yer değiştirmelerle ilgili birkaç görüntü Levha-2'de gösterilmiştir.

Nojima fayı depremin oluşumunu başlattığı ve diğer fayların hareketlenmesine neden olduğu yer fiziği uzmanlarınca ileri sürülmekle birlikte Kobe şehrinin bulunduğu Honshu adasındaki faylarda Nojima fayındaki gibi büyüklükte yer değiştirmeler gözlenmemiştir.





*Levha 2. Nojima fayında oluşan alımlar ile ilgili görüntüler.*



Şekil 5. Nojima fayında gözlenen atımlar.

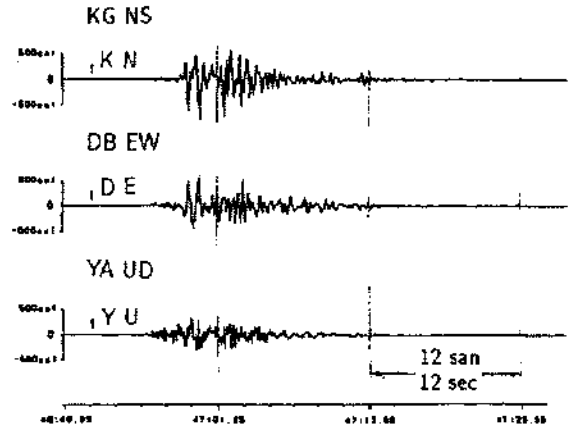


Levha 3. Otsuki fayını üzerindeki Bantaki Tünelinin kaplamasında oluşan atım.

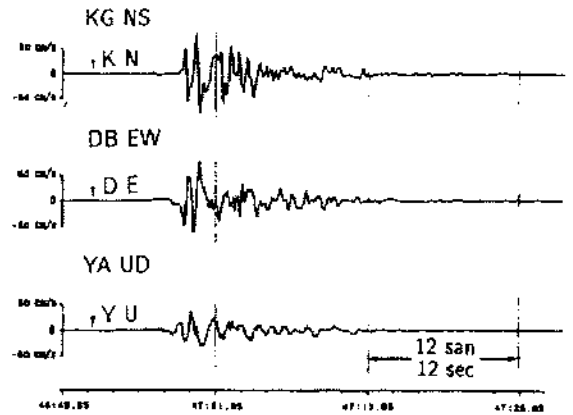
Buna neden olarak fayların, kalınlığı 1000 metreye kadar ulaşan alüvyonlarla örtülmüş olması (Şekil-4) ve yaygın bir şehirleşme fayların atımını izlemeyi engellediği düşünülmektedir.

Şu ana kadar yapılan yerinde incelemelerde Rokko fay sistemine dahil olan Otsuki fayını kesen Bantaki tüneline yanıl olarak 15 cm'lik bir atımın olduğu Kobe

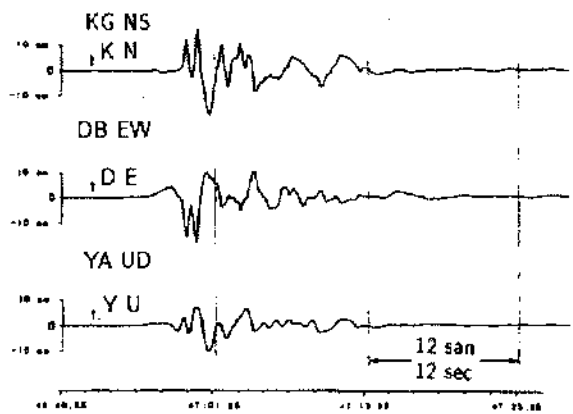
#### İVME/ACCELERATION



#### HIZ/VELOCITY

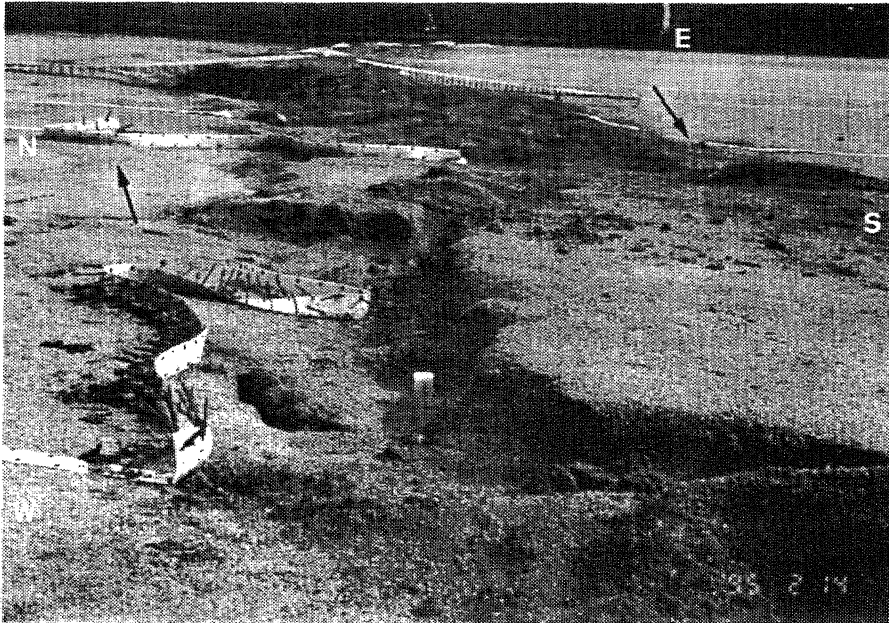
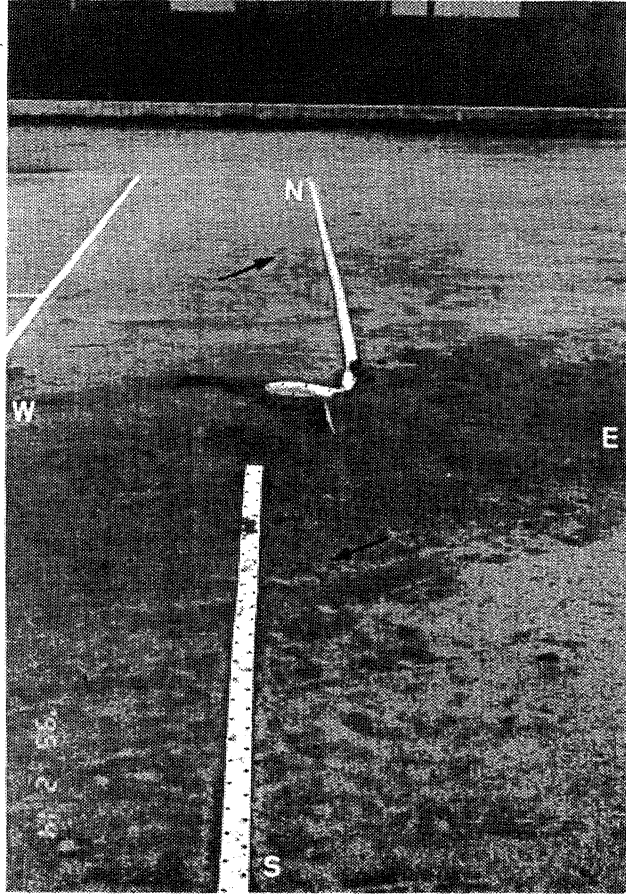


#### YER DEĞİŞTİRME/DISPLACEMENT

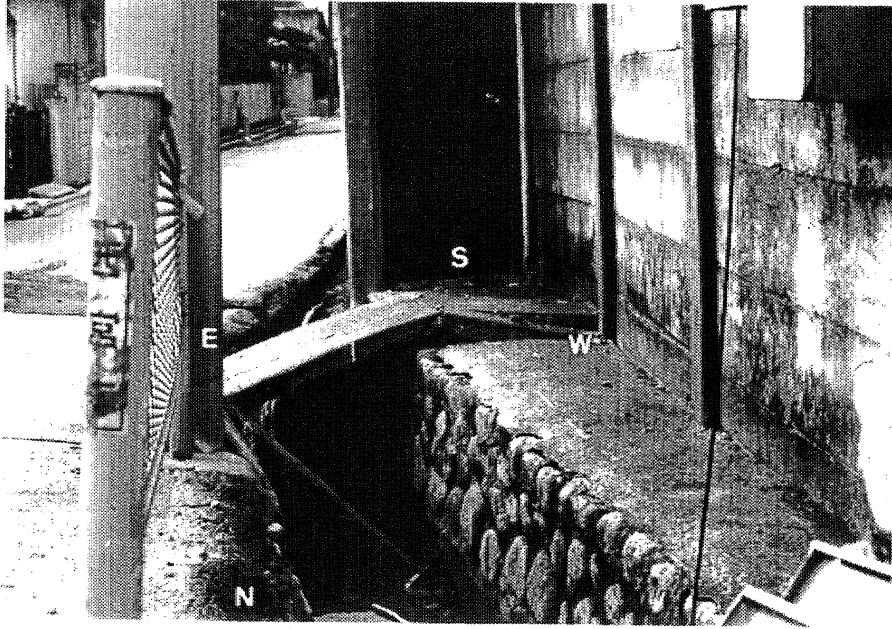
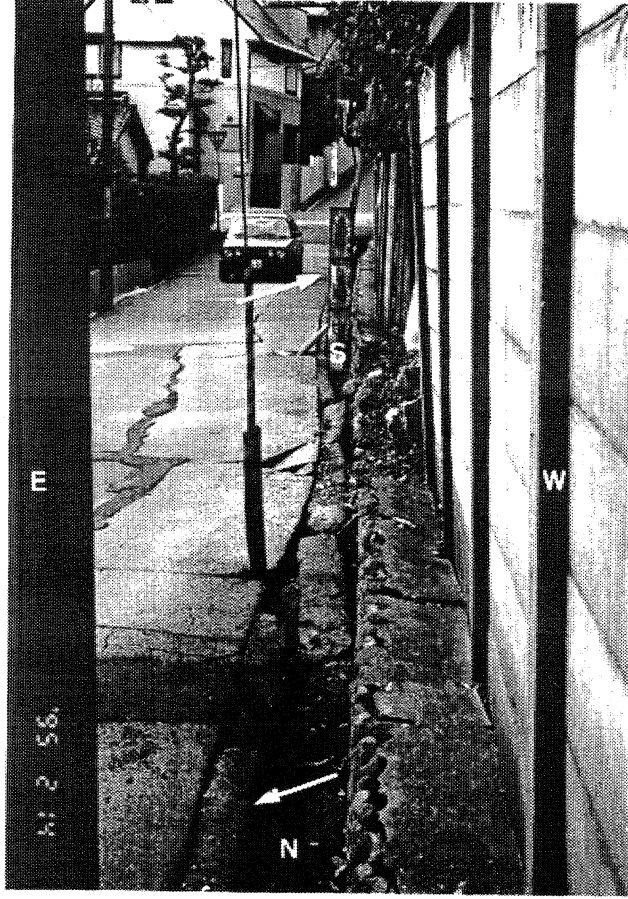


Şekil 6. Kobe Denizcilik Meteoroloji Kurumundaki ivme, hız ve yer değiştirme kayıtları.

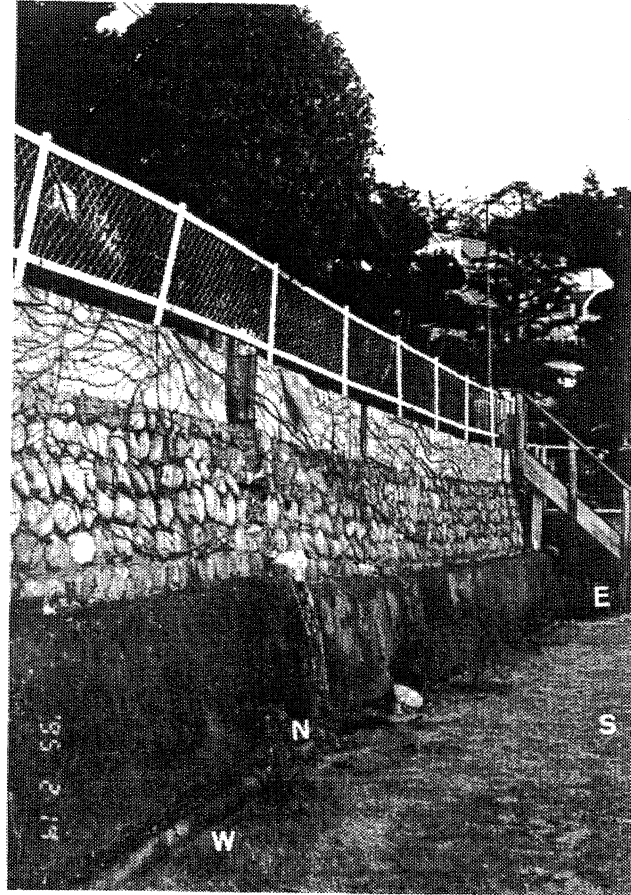
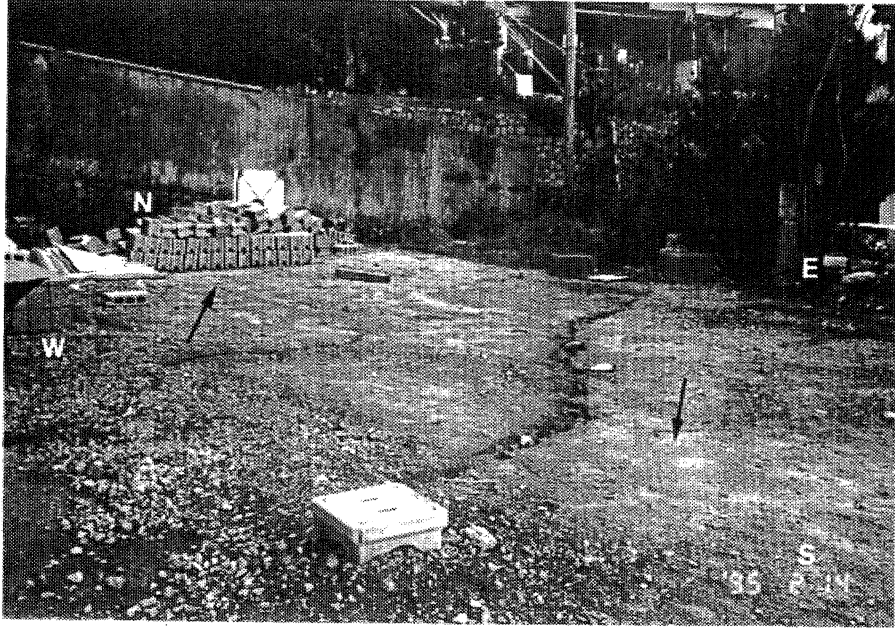
Üniversitesi araştırma ekibi tarafından bildirilmektedir (Sakurai ve diğ., 1995). Levha-3, tüneline kaplamasında olan hasarı ve göreceli yer değiştirmeyi göstermektedir. Bunun yanı sıra, Hirano ve Fujita (1995) Rokko fay sistemine dahil olan Ashiya fayında 10 - 20 cm ve Goku-



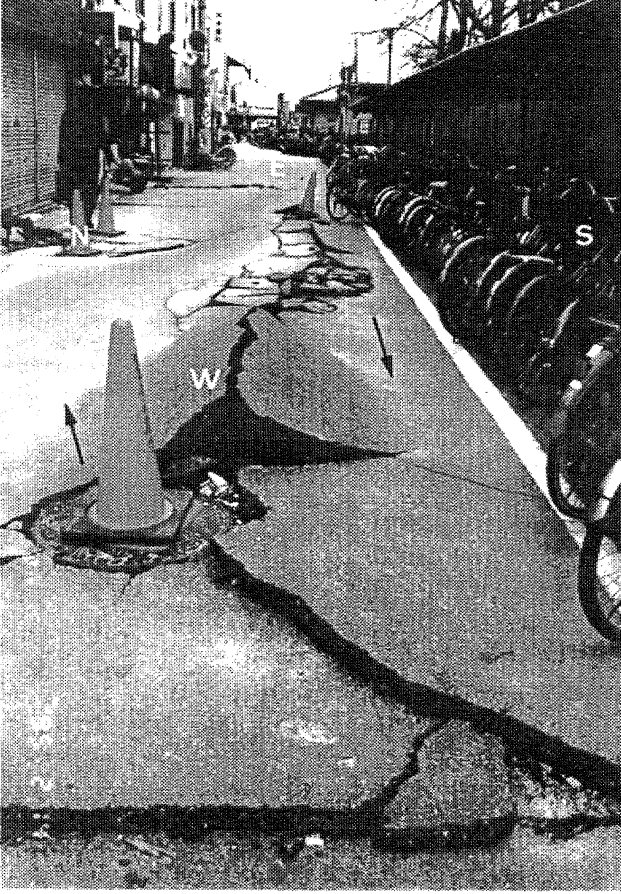
*Levha 4<sub>m</sub> Koyo fayında oluşan atımlar ile ilgili görüntüler (Takarazuka Şehri Niigawa - takadai).*



Levha 5. Koyo fayında oluşan aluşanlar ile ilgili görüntüler (Nishinomiya Şehri Niigawa semti),.



Levha 6. Koyo fayında oluşan atımlar ile ilgili görüntüler (Nishinomiya - Şehri Koto - en semii).



Levha 7, Koski - en fayının atımlarından dolayı oluşan sıkışma ve açılma olguları ile ilgili görüntü (Nishinomiya - Şehri Koski - en istasyonu)..



Levha 8. Stewayama /ayırar atımları/uladı dolay, oluşan sıkışma, ve açılma olguları ile ilgili görünüş (Kobe - Şehri Kitano semti).

sebashı fayında 5 - 30 cınlık yanal atımların olduğunu bildirmektedir.

Yukanda sözü edilen gözlemlerin yanısıra, yazar, şehir içerisinde yaptığı arazi incelemelerinde değişik yörelerde faylanmaların olduğunu gözlemiş, bu gözlemler' aşağıda özetlenmiştir,

Levha-4'de, Takarazuka şehrinin Ni.iga.wa - Takada.i semtinde (yer için Şekil-3'e bak) bir tenis sahasında gözlenen sağ yanal atımlı bir fayın iki değişik görüntüsü verilmiştir. Yanal atım yaklaşık, olarak 35 cm. olup güneydeki blokta 6 - 7 cm'lik ters düşey bir atım, gözlenmiştir. Bu fay Rokko fay takımına dahil olan Koyo fayının yüzeydeki bir belirtisi olarak düşünülmektedir.

Lev.ha-5'de Nishio.om.ıya şehrinin Niigawa semtinde (yer için Şekil-3'e bak) bir sokakta sağ yanal, atımlı-bir fayın oluşturduğu yer değiştirme ile küçük, bir köprüdeki bükülmenin görüntüsü, verilmiştir. Yaklaşık olarak 15 cm'lik yanal bir atım gözlenmiştir. Bu fay Rokko fay takımına dahil olan Koyo fayının yüzeydeki bir belirtisi olarak düşünülmektedir.

Levha-6 Nishinomiya şehrinin Koto - en. semtinde Shinkansen Rokko Tünelinin girişine yakın (yer için

Şekil-3'e bak) bir alanda gözlenen Koyo fayının iki değişik sağ yanal (aylanmalarını görüntülemektedir. Yanal atımlar yaklaşık olarak 5 - 15 cm. olup 1 - 2 cm'lik ters düşey atımlar gözlenmiştir;. Bu fay Rokko Tünelinin kaplamasında hasarlara neden, olmuştur\*

Levha-7, Nishinomiya şehrinin Koshien semtinde Koshien iren istasyonuna yakın bir alanda gözlenen değişik sağ yanal atımlı faylanmadan dolayı oluşan sıkışma ve açılma olgularını, görüntülemektedir. Bu fay Rokko fay takımına dahil olan itam i fayının bir devamı olarak düşünülen. Koshien fayının, yüzeysel bir belirlisi-olarak düşünülmektedir.

Levba-8, Kobe şehrinin Kitano semtinde Shin - Kobe: Shinkansen istasyonuna yakın bir yolda gözlenen değişik sağ yanal atımlı faylanmadan dolayı oluşan sıkışma ve açılma olgularını görüntülemektedir. Bu fay Rokko fay sistemine dahil olan Suwayama fayının yüzeysel bir belirtisi olarak düşünülmektedir..

Levha-9 ve 10, Kobe şehrinin. Sannomiya ve Moto - machi semtlerinde caddelerde gözlenen değişik sağ yanal atımlı faylanmadan dolayı oluşan sıkışma ve açıl-



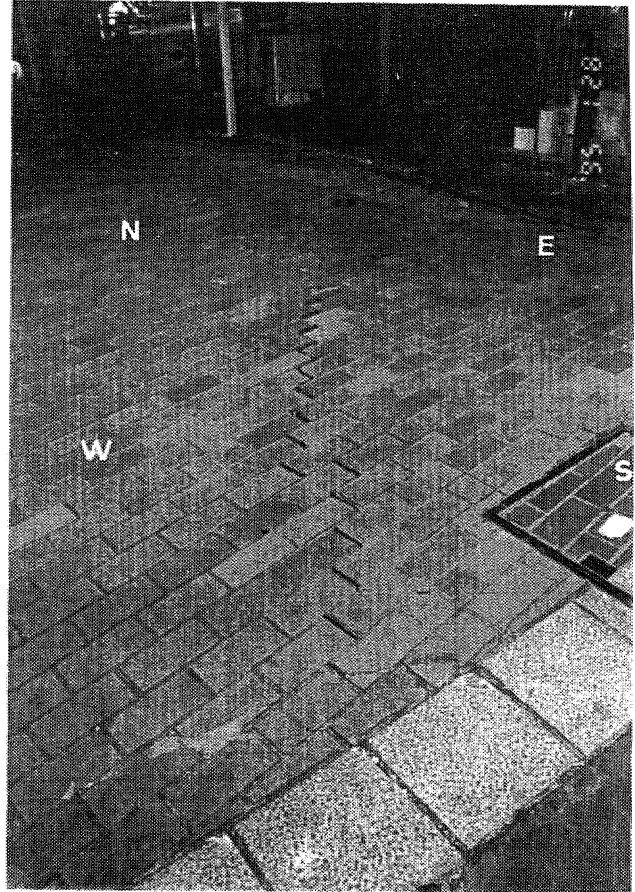
Levha 9. Suwayama ve Nunobiki faylarının atımlarından dolayı oluşan sıkışma ve açılma olguları ile ilgili görünümü (Kobe Şehrinin Sannomiya semti).

ma olgularını görüntülemektedir. Yanal atımlar<sup>1</sup> yaklaşık olarak 1 - 5 cm olarak gözlenmiştir. Bu olgular Rokko fay takımına dahil olan Nunobiki ve Suwayama faylarının, yüzeysel belirtileri olarak düşünülmektedir.

Levha-11, Kobe şehrinin Daikai metro istasyonunun üzerinde gözlenen değişik sağ yanal alımlı faylanmayı görüntülemektedir. Bu yeraltı, istasyonun orta direkleri bu faylanmadan dolayı burkulma nedeniyle kırılarak istasyonun göçmesine neden olmuştur.

## Paylanmaya bağlı olarak oluşan deprem dalgalarının özellikleri

Şekil-6, Kobe'deki Denizcilik Meteoroloji İstasyonunda (Kobe Marine Meteorology Observatory - KMMO) alınan ivme, hız ve yer değiştirme kayıtlarını göstermektedir. Şekillerden görüldüğü üzere depremin süresi 15 saniye içerisinde sona ermekle; ve deprem dalgaları üç aoa dalgadan oluşmaktadır. Yokohama Şehir Üniversitesi Profesörü Kikuchi'ye göre bu üç dalganın

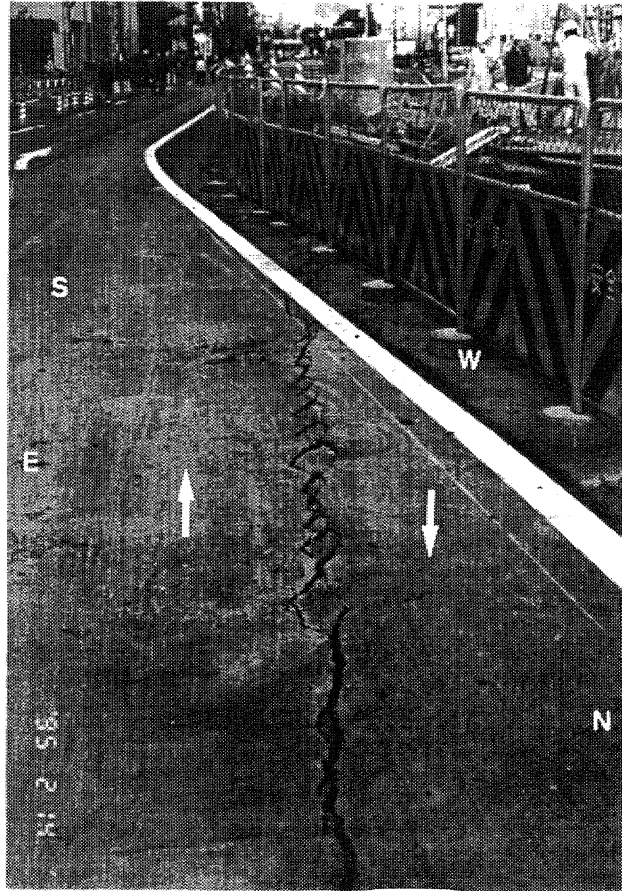
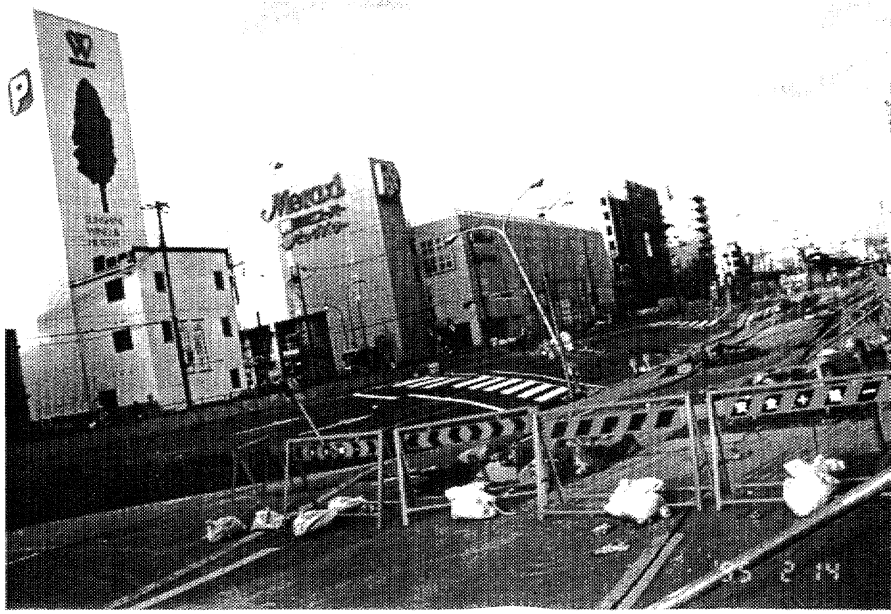


Levha 10. Suwayama ve Nunobiki faylarının alımlarından dolayı oluşan sıkışma ve açılma olguları ile ilgili görüntü (Kobe Şehri Molo - machi semti).

ilki sağ yanal alımlı Nojima fayının kaymasına, ikincisi sağ basamaklı ve ters atımlı verev bir fay sisteminin kaymasına ve üçüncüsü ise Rokko fay sisteminin kaymasına karşılık geldiğini ve her iki faylanma için Şekil-1'de gösterilen çözümleri önermektedir (Kikuchi, 1995). Amerika Jeoloji Kurumu (USGS) ve Japonya Meteoroloji Kurumu bu deprem, için Şekil-8'de gösterilen çözümleri önermektedir. Bu çözümleri Prof. Kikuchi'nin toplam çözümü ile hemen hemen aynı olmakla beraber depremin merkezinin derinliği hususunda farklı olmaktadır.

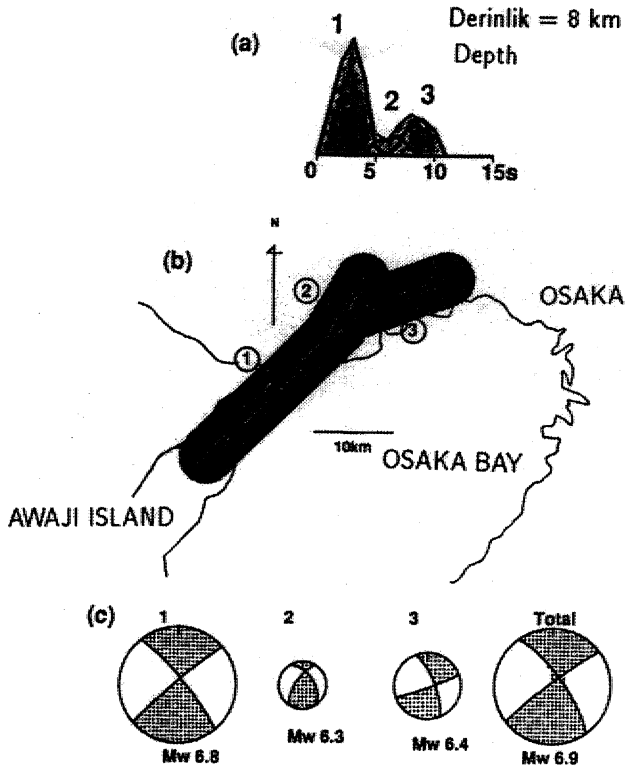
Deprem dalgasının en büyük yatay bileşenin yönü, fayın hareket yönüne hemen hemen dik olup bu yön yapıların yıkılma veya hasar gördüğü yönle hemen hemen çakışmaktadır (Şekil-9). Bu gözlem depremden sonra yapılan sayısal elastik analiz sonuçları ile de uyum içersindedir.

Şekil-10 ana deprem ile artçı depremlerin oluşum merkezlerinin uzaysal ve zamana bağlı olarak dağılımını göstermektedir. Artçı deprem merkezlerini dağılımı



Levha 11\*. Egeyama fayının atımlarından dolayı oluşan sıkışma ve açılma olguları ile ilgili görüntüler (Kobe Şehri Daikai metro istasyonu)..





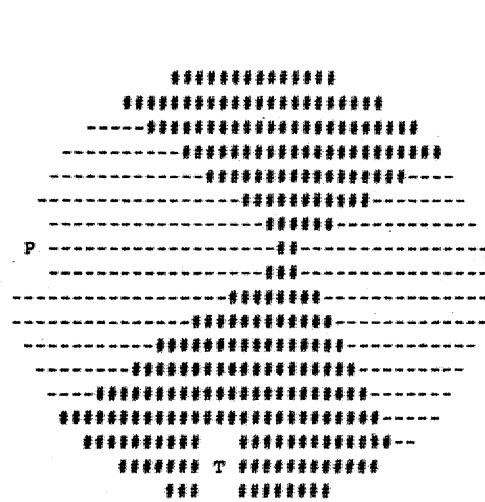
Şekil 7. Deprem oluşum mekanizması ve fayın kayma yönü ile ilgili çözümler.

mından yaklaşık 80 km'lik uzunlukta bir faylanmanın olduğu düşünülmektedir. Ana depremden sonra artçı depremlerin büyük bir çoğunluğu fayın uçlarında yoğunlaşmakta olup, bu olgu kuramsal yaklaşımlarla da uyum içersindedir.

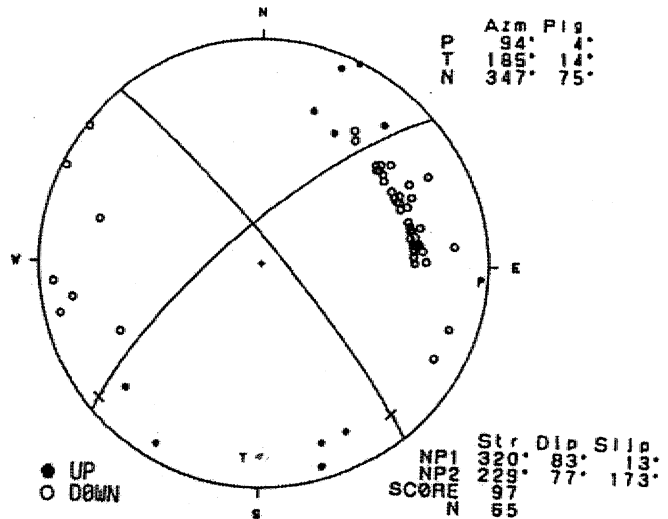
## Sonuçlar

Bu çalışmada 17 Ocak 1995'de Japonya'nın Hyogo Eyaletinde olan depremden görülen faylanma ve oluşan deprem dalgaları ile olan ilişkisi sunulmuştur. Deprem karasal bir özelliğe sahip olup şehirleşmenin çok yaygın olduğu bu yörede büyük hasarlara neden olmuştur. Türkiye'de oluşan depremlerin Myük bir kısmının kara içerisinde olması nedeniyle, bu depremden elde edilen bulgular Türkiye için oldukça önem taşımaktadır.

Deprem, mühendisliğinde yapıların tasannu, oluşan ivme dalgalatma göre yapılmaktadır. Böyle bir yaklaşım yapıların temelinin oluşturduğu, kitlede (kaya, zemin veya her ikisi) kalıcı bir yer değiştirme olmadığı bir durum için geçerlidir... Temeli oluşturduğu zeminde kalıcı bir yer değiştirme varsa, yapı tasarımında bu olgu gözönüne alınmak zorundadır. Bu depremden görülen hasarları sadece zemin büyütmesine, yüksek ivmeye veya tasarım ve yapım kusurlarına bağlamak yanlış olacaktır... Karada oluşan depremleri deniz açıklarında olan depremlerden ayırtan özellik temel oluşturduğu kütledeki kalıcı yer değiştirme olgusudur. Örneğin, bu yer değiştirme kendisini yanal atımlı fayın üzerinde yapıların kolonlarının bir kısmında birbirlerine yaklaşmaya ve diğer bir kısmında da birbirlerinden uzaklaşmaya neden olacaktır. Özellikle bu yer değiştirmeler kritik değerlere ulaştığında, yapılar büyük hasarlarla sonuçlanacaktır. Örneğin, Erzincan ve Kobe'de olduğu gibi, Bu nedenle faylanmanın şekli ve kalıcı yer değiştirmenin

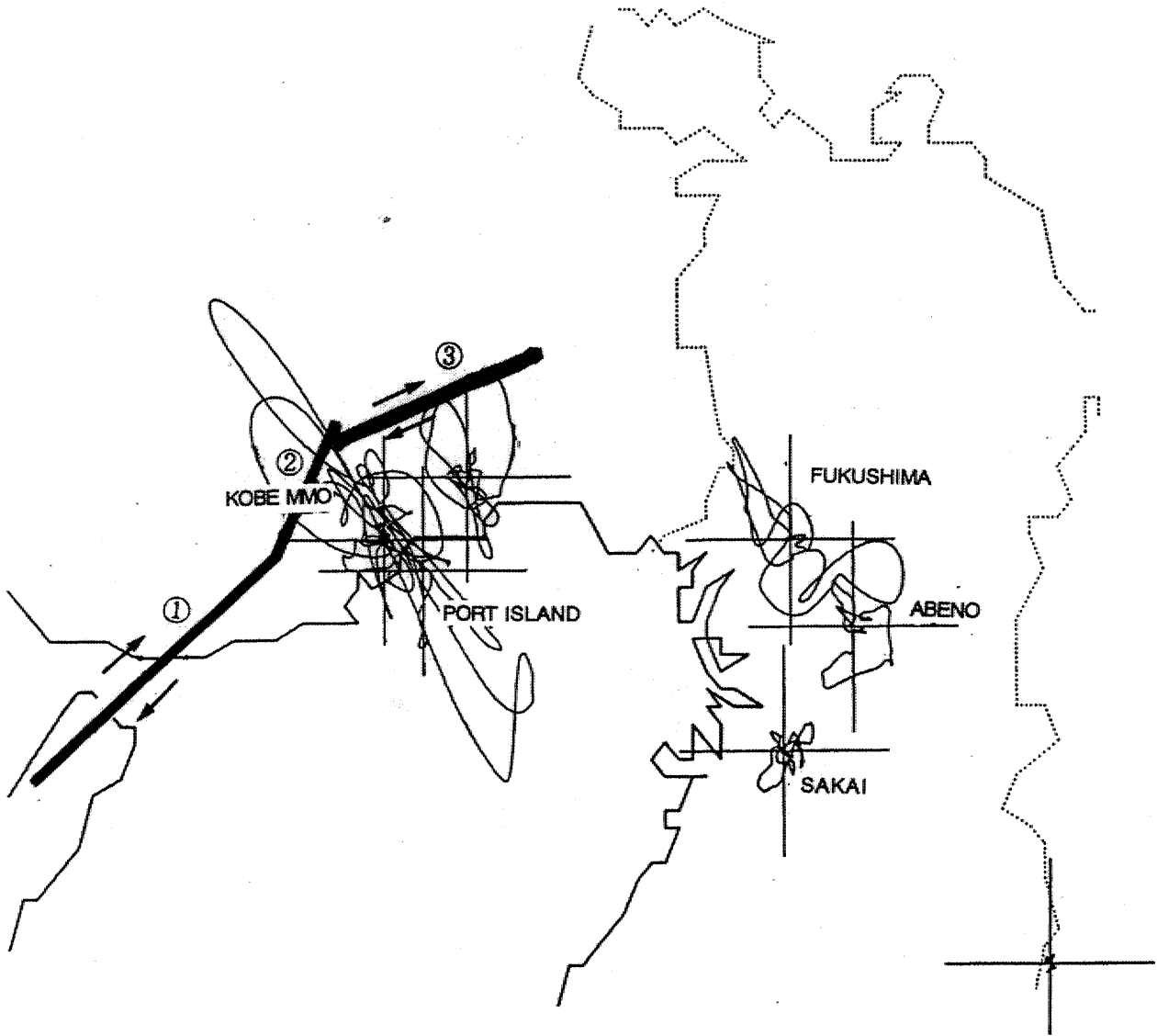


Amerika Jeoloji Kurumu  
USGS



Japonya Meteoroloji Kurumu  
Japan Meteorology Institute

Şekil 8. Amerika Jeoloji Kurumu ile Japonya Meteoroloji Kurumunun fayın kayma yönü ile ilgili çözümleri.



Şekil 9. Deprem esnasında değişik yerlerdeki noktaların hareketlerinin yatay düzlemdeki izdüşümleri\*

büyüklüğü, karasal depremlerde ivmelerin yanısıra yapıların **tasarımında gözönüne alınması** zorunlu kılmaktadır.

#### KATKI BELİRTME

Yazar, bu yayımda sunulan, bilgi ve verilerin elde edilmesinde büyük yardım ve ilgi gördüğü aşağıda isimleri, verilen kişilere teşekkür etmek ister.

Prof. Dr. T. Kawamoto» Aichi Institute of Technology, Toyota - Prof. Dr. S. Sakurai, Dr. S. Akutagawa, Kobe university, Kobe - "Assoc. Prof. Dr. A. Yashima, Gifu University,, Gifu - M. Yamagata,, Honshu - Shikoku Bridge Authority, Kobe - Y. Uchita, Kansai Electric Power Co., Osaka K. Kamemura, N. Takeda Taisei Corporation - T. Okono, Shimizu Corporation, Tokyo - Y. Iwasaki, Geo - Reserach Institute, Osaka - Y. Nishigaki, Kiso - Jiban Consultant Co., Nara.

#### DEĞİNİLEN BELCELER.

Hirano, M., Fejila, T., 1995, Geological hazards from

the from the 1995 Hyogo - ken Nanbu Earthquake with reference to the slip landfomn along the active faults (Japonca). Earth Science (Chikyu. Kagaku), 49 (2), 77 - 84.

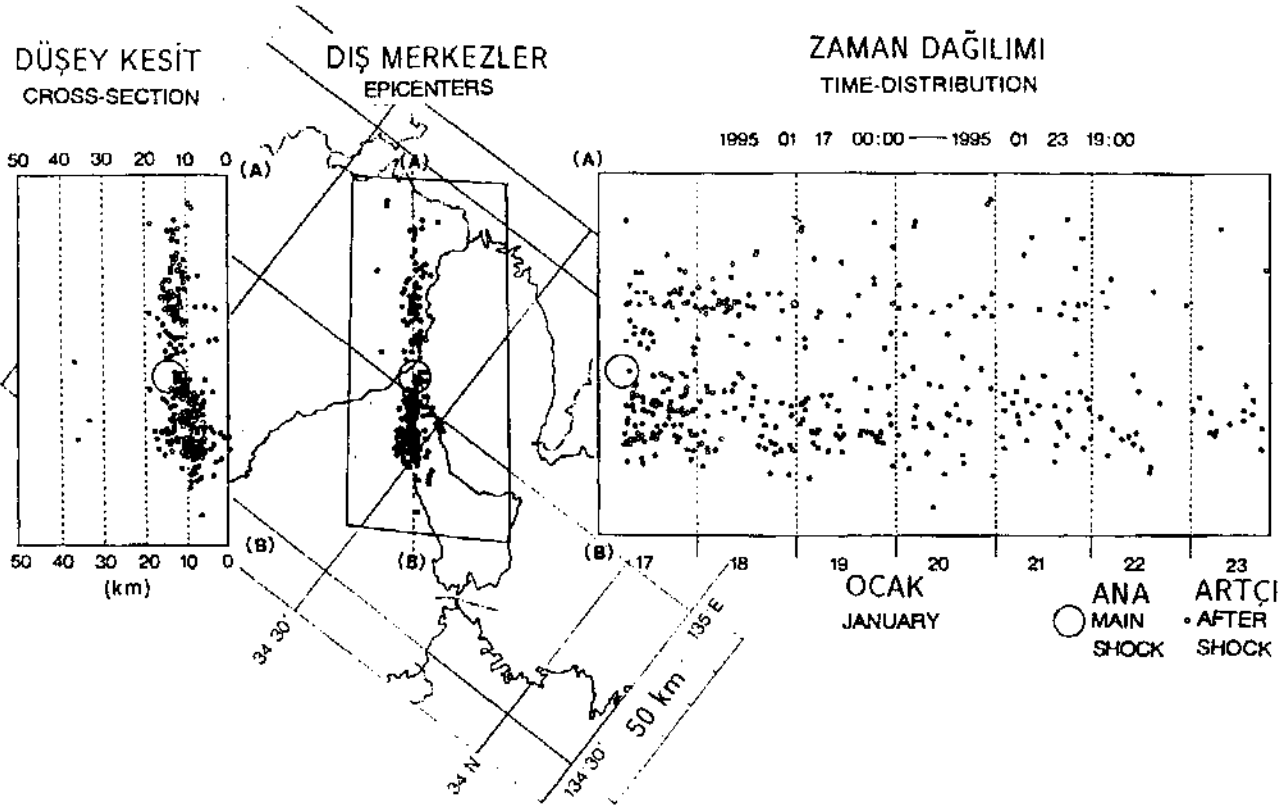
Kikuchi, S., 1995., Source process of the Kobe Earthquake of January 17, 1995 (Japonca). Chishitsu News, 486., 12 - 15.

Lin, A., Imiya, H., Uda, S., Linuma, K., Misawa, T., Yoshida, T., Abematsu, Y., Wada, T. and Kawai, K., 1995, Investigation of the Nojima Earthquake Fault occurred on Awaji Island, in the Southern Hyogo' Prefecture- Earthquake (Japonca). J. Geography (Chigaku Zasslii), 104 (1), 113 - 126.

Okanioto, A., 1995., Rokko - Awaji Island' fault system and Hyogo - ken Nanbu Earthquake (Japonca).. Chili, 40 (4), 86-97..

Sakurai, S., 1995., Hyogo - ken Nanbu Depreminde oluşan hasarlarla ilgili araştırına rapora (Rapor !). Kobe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayını (Japonca).

Şekil 10. Ana ve artçı depremlerin oluşum mekanizmasının uzamsal ve zamana bağlı olarak dağılımı.



# Schmidt sertlik çekici kullanılarak tahmin edilen tek eksenli sıkışma dayanımı verilerinin güvenilirliği üzerine bir değerlendirme

Camdan-Gökçeoğlu

RÜ. Jeoloji Müh. Böl. Beytepe, Ankara

*Bu çalışmada, TKJ. - G.E.L.İ. Müessesesi-ne bağlı Yatağan - Eskihisar Açık İşletmesinde kömürün tavan kayna olan marnlar üzerinde Schmidt sertlik çekici ve fek eksenli sıkışma dayanımı testleri gerçekleştirilmiştir. Çok zayıf kayaç sınıfında yer alan çalışma konusu marnların Schmidt sertlik çekici fesi sonuçları kullanılarak, önceki araştırmacıların önerdikleri ilişkilerle dolaylı yoldan tayin edilen fek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinin laboratuvarında tayin edilen tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerini yansıtmadığı anlaşılmıştır. Ancak, dolaylı yoldan ve doğrudan tayin edilen tek eksenli sıkışmada dayanımı değerleri arasında çok yakın istatistiksel ilişkiler elde edilmiştir. Bu nedenle, Schmidt çekici ile dolaylı yoldan tayin edilen tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinin, ancak çalışılan kayaçlar için geliştirilmiş ilişkilerle belirlenmesinin daha gerçekçi olabileceği sonucuna varılmıştır,*

## Giriş

Kayaçların dayanım ve defarmabüite özellikleri hakkında dolaylı yoldan bilgi sahibi olmak amacıyla yerinde ve laboratuvarında uygulanmak üzere değişik indeks testler önerilmiştir. Bunlardan birisi de aslında, beton sertliğinin ölçülmesi amacıyla üretilen Schmidt sertlik çekicidir.

Schmidt, sertlik çekici, 1960ların başından bu yana giderek artan bir yaygınlıkla kayaçların dayanım ve de-

formabilite özelliklerinin hızlı bir şekilde tahmin etmek amacıyla kullanılmaktadır, Ancak» her indeks testte olduğu gibi. Schmidt sertlik çekici, testinde de bazı sınırlamalar mevcuttur, İndeks testler için sınırlamalara neden olan genel faktörler Grasso ve diğ. (1992) tarafından aşağıdaki gibi suçlanmıştır

- i. İndeks testlerden elde edilen verilerin normal dağılım, gösterdikleri, kabul edilir,
- ii. Kayaçların içsel özellikleri (örneğin doku) ihmal edilir,
- iii. Genellikle istatistiksel değerlendirmeler için gerekli veri sayısına ulaşamaz,
- iv. Örnek boyut etkisi ihmal edilir,
- v. Farklı litolojik birimlerin verileri bir arada değerlendirilir.

Dolayısıyla.» indeks test sonuçları esas alınarak ve ampirik ilişkiler yardımıyla, tahmin edilen mekanik parametreler<sup>1</sup> her zaman sağlıklı olmayabilir ve doğrudan tasarım amacıyla kullanılması koşulunda, duraylılığın göstergesi olan güvenlik katsayısında gereksiz artışlara neden olabilmektedir (Grasso ve diğ., 1992). Ancak» yukarıda sözü edilen sınırlamalara rağmen, indeks testlerin sonuçları mühendislik deneyimine dayalı yorumlamalarla birleştirildiği, zaman, tasarım, ve fizibilite, çalışmaları için ucuz ve pratik bir şekilde ön veriler sağlayabilir' (Boole ve Farmer, 1980; Shorey ve diğ., 1984; Sachpazis, 1990; Xu ve diğ., 1990; Grasso ve diğ., 1992).

Bugüne değin yapılan çalışmalarda Schmidt, sertlik; değeri ile kayaçların elastik ve mekanik parametreleri (tek eksenli sıkışma dayanımı, çekilme dayanımı ve elastisite modülü gibi) arasında değişik- araştırmacılar tarafından önerilen ilişkilerin çok farklı olduğu görülmüştür {Çizelge-1). Bu nedenle, önerilen, ilişkilerin han-

**Çizelge 1.** Schmidt sertlik değeri (R) ile tek eksenli sıkışma (<math>\sigma\_c</math>) dayanımı, çekilme dayanımı (<math>\sigma\_t</math>) ve elastisite modülü arasındaki korelasyonlar (Grosso ve diğ., 1992'den alınmıştır).

Kaynak	İlişki	r	Çalışılan kayaç tipi	Açıklama
Deere ve Mäller, 1966	$\sigma_c = 10^{(0.00014\gamma R + 3.16)}$ $E = 6.95\gamma^2 R - 1.14 \cdot 10^6$	0.94 0.88	28 litolojik birim, 3 ana kayaç tipi	Tüm testler 54 mm çaplı karotlar üzerinde yapılmıştır.
Aufimuth, 1973	$\sigma_c = 6.9 \cdot 10^{(1.348 \log(\gamma R) + 3.16)}$ $E = 6.9 \cdot 10^{(1.061 \log(\gamma R) + 1.86)}$		25 litolojik birim	Tüm testler karotlar üzerinde yapılmıştır.
Beverly ve diğ., 1979	$\sigma_c = 1.274 \exp(0.185\gamma R)$ $E = 192 (R \cdot \gamma^2) - 12710$		20 litolojik birim	Haramy ve DeMarco, 1985'ten
Kidybinski, 1980	$\sigma_c = 0.447 \exp\{0.045(R + 3.5) \cdot \gamma\}$		Çeşitli kayaçlar ve kömür	Haramy ve DeMarco, 1985'ten
Singh ve diğ., 1983	$\sigma_c = 2R$ $\sigma_t = 0.23R - 0.81$	0.72 0.72	30 sedimanter birim ve çamurtaşları	Çeşitli kaynaklardan toplanan veriler
Shorey ve diğ., 1984	$\sigma_c = 0.4R - 3.6$	0.94	20 litolojik birim	R ve $\sigma_c$ testleri yerinde yapılmıştır.
Haramy ve DeMarco, 1985	$\sigma_c = 0.994R - 0.383$ $\sigma_c = 0.287R^{1.3252}$	0.70 0.85	10 litolojik birim	R bloklardan, $\sigma_c$ karotlardan elde edilmiştir.
Ghose ve Chakraborty, 1986	$\sigma_c = 0.88R - 12.11$ $\sigma_t = 0.06R - 0.92$	0.87 0.81	kömürler	R testler yerinde, diğerleri ise 50 mm çaplı karotlardan elde edilmiştir.
O'Rourke, 1989	$\sigma_c = 702R - 11040$ (psi)	0.77	kumtaşı, silttaşı, kireçtaşı ve anhidrit	Ayrıntıları bilinmiyor.
Sachpazis, 1990	$R = 0.239\sigma_c + 15.7244$ $R = 0.5155E + 17.488$	0.96 0.88	33 farklı karbonat kayacı	R'ler bloklardan $\sigma_c$ 'ler ise NX karotlardan elde edilmiştir.
Xu ve diğ., 1990	$\sigma_c = \exp(aR + b)$ $E = \exp(cR + d)$ a, b, c, d kayaç tipine bağlı sabitler.	0.88' den 0.96' ya kadar	mika-ist, prasinit, serpantinlit, gabro, çamurtaşı	Tüm testler 80 mm çaplı karotlardan elde edilmiş, ancak düzeltmeler sadece $\sigma_c$ ler için uygulanmıştır.

gilerinin zayıf kayaç koşulunda hangi ilişkinin daha gerçekçi sonuçlar venliğinin incelenmesi ve Schmidt çekicinin bu tür kay. açlarda uygulanabilirliğinin araştırılması amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

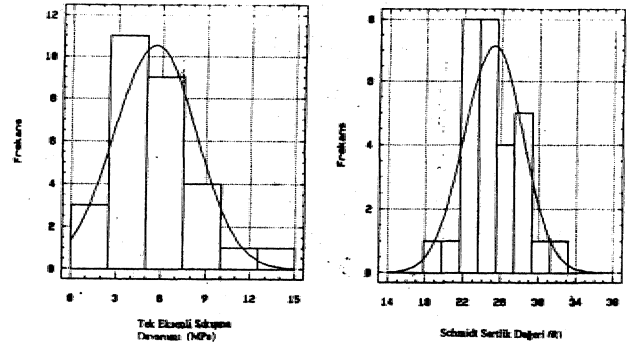
Bu amaçla T.K.İ. - G.E.L.L Müessesesine bağlı Ya-tağan - Eskihisar Açık İşletmesinde, kömürün tavan kayacı olan marnlarda Schmidt sertlik çekici testi uygulanmış ve testlerin yapıldığı noktalardan alınan örnekler üzerinde de tek. eksenli sıkışma dayanımı testleri gerçekleştirilerek,, sonuçlar diğer araştırmacıların elde ettiği sonuçlarla karşılaştırılmış ve tartışılmıştır.

## Schmidt sertlik çekici ve- tek eksenli sıkışma dayanımı testleri

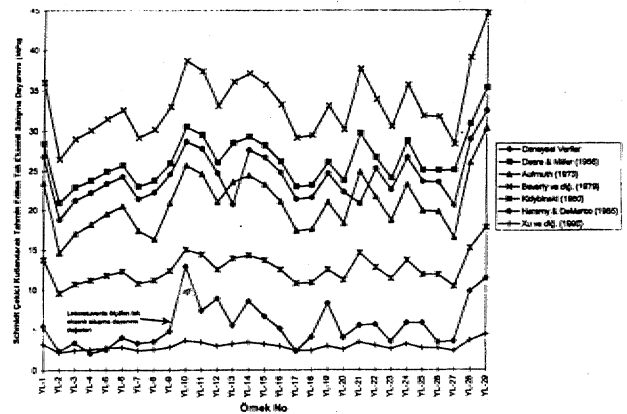
Çalışma konusu olan marnlar, önemli miktarlarda aragonit, kalsit,, dolomit ve kil, az miktarda da kuvars ve feldispat içermektedir (Ulusay ve Yoleri, 1990). Marnların birim ağırlığı 12 - 19 kN/in<sup>3</sup>, tek eksenli sıkışma dayanımı 2.4 - 12,9 MPa ve Schmidt sertlik değeri ise 19.3 - 33.1 arasında değişmektedir.

Hencher ve Martin (1982) Schmidt sertlik çekici, testfelinin karotlar üzerinde uygulanmamasını önermiş-

lerdir (Geological Society Engineering; Group Working Party Report, 1995'den). Bu nedenle, Schmidt sertlik çekici testleri, yaklaşık 25 x 25 x 25 cm: boyutlarındaki bloklar üzerinde 0.74 Nm çarpma enerjisine sahip L - tipi çekiç kullanılarak, ISRM (1981) tarafından önerilen test yöntemine uygun olarak, gerçekleştirilmiştir. Daha sonra test yapılan 29 blok karot almak için laboratuvara getirilerek karot örnekleri hazırlanmıştır. Çalışılan, kayaçların önemli ölçüde anizotropi göstermesi nedeniyle, çekiç ve karot. yöneliminin yaklaşık olarak, paralel olmasına özen gösterilmiştir. Bloklardan alınan karot örnekleri elektronik kontrollü, 10 ton yüklem kapasiteli MTS 810 model pres kullanılarak, ISRM (1981) test standartlarına uygun olarak kırılmıştır., Sahada yapılan. Schmidt sertlik çekici ve- laboratuvarında yapılan tek eksenli sıkışma dayanımı testlerine ait sonuçların frekans dağılımları Şekil-1a ve b'de verilmiştir.,



**Şekil 1.** a. Tek eksenli sıkışma dayanımı verilerinin frekans dağılımı, b. Schmidt sertlik çekici verilerinin frekans dağılımı.



**Şekil 2.** Schmidt sertlik çekici verileri kullanılarak çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen ilişkilerle tahmin edilen ve laboratuvarında belirlenen tek eksenli sıkışma dayanımı verilerinin karşılaştırmalı olarak gösterimi.

Blok örneklerde yapılan Schmidt sertlik çekici test sonuçları kullanılarak Deere ve Miller (1966), Beverly ve diğ. (1979) (Giasso ve diğ., 1992'den alınmıştır), Aufmuth (1973), Kidybinski (1981), Haramy ve De-Marco (1985) ile Xu ve diğ. (1990) tarafından önerilen ilişkilerle, tek eksenli sıkışma, dayanımı dolaylı yoldan tayin edilmeye çalışılmıştır. Schmidt sertlik çekici, testi sonuçlarından dolayı yöntemle belirlenen tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri ile karat örneklerinin yüklem presinde yenilmesi sonucunda tayin edilen tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri karşılaştırmalı olarak. Şekil-2'de verilmiştir, Şekil-2'de görüldüğü gibi, örneklerin laboratuvarında tek eksenli sıkışma testi yapılarak, tayin edilen ve yukarıda belirtilen araştırmacılar tarafından önerilen ilişkiler kullanılarak (bkz. Çizelge-1) tahmin edilen tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri, arasında önemli, ölçüde sapmaların olduğu ortaya çıkmıştır»

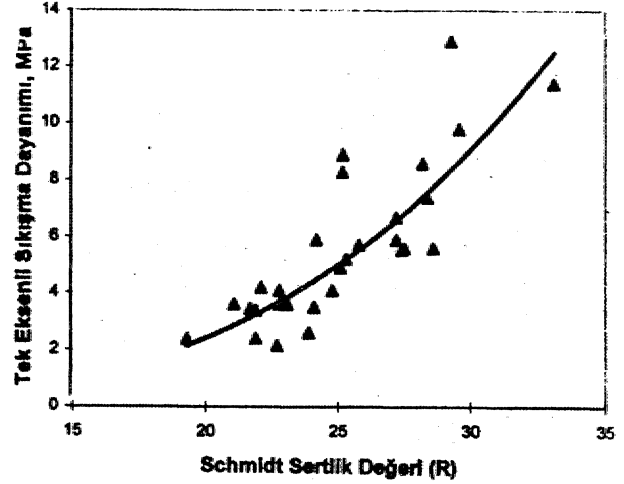
## Marnlar için tek eksenli sıkışma dayanımı ve Schmidt sertlik değeri arasındaki korelasyonlar

Tek eksenli sıkışma dayanımının Schmidt çekici kullanılarak dolaylı yoldan belirlenmesi, için önerilen eşitlikler, laboratuvarında tayin edilen tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinden oldukça yüksek değerler vermiştir. Ancak, Xu ve diğ. (1990) tarafından zayıf kayalar için önerilen ilişki özellikle 5 MPa'dan daha düşük tek eksenli sıkışma dayanımına sahip örneklerde gerçeğe yakın sonuçlar vermiştir (bkz., Şekil-2),

Sadece çalışılan marnlar için tek eksenli sıkışma dayanımı - Schmidt sertlik değeri, arasındaki ilişkinin, istatistiksel anlamda belirlenmesi amacıyla yapılan korelasyon analizlerinde doğrusal, logaritmik, güç ve üssel fonksiyonlar kullanılmıştır. Bunlar arasında 0.84'lük bir korelasyon katsayısıyla güç fonksiyona, araştırılan ilişkiyi en iyi ifade eden fonksiyon olarak belirlenmiştir (Şekil-3 ve Çizelge-2),

## Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada örnek olarak seçilen marnların tek eksenli sıkışma dayanımı ile Schmidt sertlik değerinden dolaylı olarak tahmin edilen tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri arasında yüksek bir korelasyon katsayısına sahip ilişki elde edilmiş, ancak bu ilişki önceki araştırmacılar tarafından önerilen ilişkilere benzemektedir. Dolayısıyla, tek eksenli sıkışma dayanımı ile Schmidt sertlik değeri arasındaki ilişkinin, özellikle çok zayıf kayalarda ( $\sigma_c < 5$  MPa), sadece üzerinde çalışılan kayacı yansıtabileceği sonucunu doğurmaktadır.



Şekil 3. Eksihisar Açık İşletmesindeki marnların tek eksenli sıkışma dayanımı - Schmidt sertlik değeri arasındaki ilişki.

Çizelge 2. Schmidt sertlik değeri ile tek eksenli sıkışma dayanımı arasındaki fonksiyonlar ve korelasyon katsayıları (r).

Fonksiyon	Korelasyon Katsayısı (r)
$\sigma_c = 0.7291R - 12.774$	0.82
$\sigma_c = 18.294 \ln R - 53.301$	0.81
$\sigma_c = 0.0001R^{3.2658}$	0.84
$\sigma_c = 0.1969e^{0.1285R}$	0.83

Schmidt sertlik çekicinden elde edilen verilerle orta - yüksek dayanım kayalarda belli fak hata payıyla, da olsa gerçekçi tek eksenli sıkışma dayanımı tahminlerinde bulunulabilmektedir. Ancak, tek eksenli sıkışma dayanımı ile Schmidt sertlik değeri arasındaki ilişkileri genellemek oldukça kaba veya yanıltıcı sonuçların doğmasına neden olmaktadır.

Yukarıda belirtilen tüm bu nedenlerden dolayı Schmidt sertlik değeri kullanılarak tek eksenli sıkışma dayanımını dolaylı yöntemle elde etmek yerine, çekici kullanılarak kolaylıkla belirlenebilen sertlik değeri kayacın, bir parametresi olarak doğrudan değerlendirilmesi daha gerçekçi bir yaklaşımı ifade edebilecektir.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Aufmuth, R.E., 1973, A systematic determination of engineering criteria criteria for rock. Bull Assoc. Engineering Geologists., 111, 235 -245..
- Geological Society Engineering Group' Working Party Report., 1995., The description and classification of weathered rocks for engineering purposes» Q. J. Engng. Geol., No. 28, pp., 207-242.
- Giasso, P., Xu, S and Mahtab, A., 1992, Problems and

- promises of index testing, of rocks. Rock Mechanics., Tiler-son -and Wawerelk (Eds.)» Balkona. Rotterdam, pp. 879 - 888..
- Haramy, K.Y. and DeMarco, M.I., 1985, Use of Schmidt hammer for rock and coal testing.. Proc. 26th U.S. Symp. on. Rock Meek, Rotterdam., Balkema» 549 - 555..
- L.S.R.M., 1981, Rock Characterization Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods, E.T. Brown (Ed.), Pergamon Press, Oxford., 211 p.
- Kidybiieski,, A., 1981, Bursting liability indices of coal. Ini. l Rock. Mech. Min. Sei & Geomech. Abstr., 18,295 - 304.
- Boole, R.W. aid, Farmer, LW,, 1980, Consistency and repeatability of Schmidt hammer rebound data during field testing (Technical Note). Lit. J. Rock Mech., Min, Sei. & Geomech.. Abstr., 17, 167 - 171.
- Sachpazis, C.L, 1990., Correlating Schmidt hardness with compressive strength and Young's modulus of carbonate rock». Bui. of Int. Assoc Engng. Geol, 42, 75 - 83.
- Sheorey, P.R., Barat. D., Das, MN,, Mukherjee, K.P., and Singh, EL, 1984, Schmidt hammer rebound data for estimation of large scale in situ coal strength (Technical Note). Int. l. Rock Mech. Min. Sei. & Geomech. Abstr., 21, 39 -42.
- Ulusay, R. ve Yoleri, M.F., 1990,, T.K.L - G.E.LJ. Yatağan (Mogla) - Eskihişar Açık İşletmesi Şev Stabilitesi Etüdü. Raporu., M.T.A., Ankara. 318s (yayımlanmamış).
- Xu, S., Grasso. P. and Mahtab. A., 1990, Use of Schmidt hammer for estimating mechanical properties of weak rock.. 6th Int. IAEG Congress, Balkema, Rotterdam» 511. - 519.

# Jeoteknik çalışmalarda doğru adlandırmanın önemi

İlyas Yılmaz - Spekra Jeotek A.Ş., Kumkapı Sok., 20/1-2,, Çankaya, Ankara

*Yazar, ülkemizde özellikle son 15 yılda gerçekleştirilen otoyol ve benzeri mühendislik projelerindeki yanlış jeolojik adlandırmanın, zaman ve para- kaybının yanısıra doğal çevre kırımına da yol açtığını gözlemiştir. Bu tur yanlış adlandırmalardan güncel olanlarının başında:*

- tektonotortul (otistostrom) ileflişin,
- kalişin sertgeni ile kireçtaşının,
- palogonit ve tufpalogonit ile silis daman ve tüfün,
- dayk ile lav akıntısının,
- otobreş ile aglomeranın,
- tortul breş ile yamaç molozunun,
- gayzerit ve traverten ile gnays ve gnaysla eşyaşlı kireçtaştım,
- şeyi ve çamurtaşı ile kayraktaşı ve iri - dokulu şistin,
- yamaç molozu ile kolüvyonun,
- fosil kayma kütlesi ile ayrışmış veya gunlenmiş kayanın,
- fonolit vefonolitik voikanotortuUar ile Eosen flišinin ve
- bataklık zemin ile ıslak taneli zeminin

*birbirlerinin yerine kullanılması gelmektedir,. Bu takımların ilkleri doğru olanlarıdır.*

*Yukarıdaki, ikilem içerisinde verilen jeolojik birimlerin oluşum, şekilleri, dolayısıyla mühendislik özellikleri büyük farklılıklar sunmaktadır... Bu tur yanlış yaklaşımların da istenmeyen sonuçlar doğurması kaçınılmaz olmaktadır...*

## Giriş

Jeolojik birimlerin, adının doğru- kullanılmasının mühendislik çalışmalarındaki önemini vurgulamak için güncel projelerden tipik örnekler sunarak başlamak yararlı olacaktır.

İzmir çevre otoyolunun Balçova tünelleri. (Km 202+800 - 207+000) kesiminde,. 1990 öncesi yapılan mühendislik jeolojisi çalışmalarında temel kayayı oluşturan tektonotortul birim için "Kretase fliši" tanımı kullanılmıştır (Konuk, 1977' ve burada sunulan kaynakça), Spekra (1990) tektonotortul terimini kullanarak sondajlarda kesilen ve yapraklanma gösteren düşük derecede başkalaşım, geçirmiş kil içeren kayaların içerisinde bulunan kireçtaşı, radyolarit, spil.it vb. ortam dışı (exotic) blokların bulunmasına açıklık kazandırmıştır. Normal katmanlı birimlerde tünel kazısı eğim yönünde önerilirken (Bieniawski 1989) melanaj ve benzeri moloz (blok in matrix) kayalarda tersi, durum geçirlidir. Konu, Yılmaz (1994)'te ve aşağıda, ayrıntılı, olarak verilmeye çalışılmıştır.

İzmir çevre otoyolunun 212+000 - 212+600 km leri arasında, gözlenen, kalişin sertgeni kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Böylece,, alta yumuşakgeninin bulunacağı ve sertgenin oluşabilmesi için daha alttaki birimin aşın zayıf, killi ve kılcal su yüksekliğinin açık hava. basıncını aşabileceği (Yılmaz 1993) gerçekleri gözden kaçırılmıştır. Defalarca, kayan bu ve benzeri geçirimsiz ( $K < 10^{-7}$  m/s) alanlarda, yamaç dışı eğimli akaçlama borularının. (inclined drainage pipe) konması yanlışların devamı olarak göze çarpmaktadır. Benzer şekilde, Tarsus - Adana - Gaziantep (TAG) otoyolunun 141+200 km'sindeki sertgenler traverten diye adlandırılmıştır. Borada tasarılan 25 m yüksekliğindeki yarmanın kazısı sırasında yaklaşık 5°'lik bir kayma yüzeyi (yunuşakgen içerisinde) üzerinde 3.5 milyon  $0^3$ lük kalış külesinin gelişi, yazar tarafından beklenmekteydi,, Yılmaz (1991), kaymanın oluşundan yaklaşık üç ay önce, bu bölgeyi örnek, göstererek kalişin yumuşakgeni-



ein mühendislik özelliği gereği 5<sup>0</sup>'lık düzlemlerde bir milyon, m<sup>3</sup>'ten fazla bir kütlelenin kayabileceğini vurgulamıştır. Yolun yarma kızıışı sürdürülürken kayan, bu 3.5 milyon m<sup>3</sup>'lük kütle kaldırılıp başka yere atılmıştır. Konunun, bilimsel yönü Yılmaz (1993)'te verilmiştir. Bilimsel verilerin gözardı edilmesinin sonucu olarak: yalnız bu örnekte maliyet,, zaman ve çevre açısından kabul edilebilir sınırlarını ötesine geçmiştir.

Yılmaz (1991) otobreş / aglomera tortul breş / yamaç molozu, palagonit - tuf palagonit / silis daman - tuffe rin. nasıl ayırt edilebileceklerini ve otoyol projelerindeki önemini Ankara - Gere de: ve: Ankara çevre yolunu, örnek göstererek belirtmiştir. Benzer birimler, Spektra. (1.991) tarafından Karşıyaka tünelleri kesiminde ayırtlanmış ve jeoteknik tasarımda gözönünde bulundurulmasının gereği vurgulanmıştır. Ankara. - Gere de otoyolunun 57' nci km'sinde day ile lav .akıntısının karıştırılması 8 m'den daha yüksek dolgu ve yarmalardan oluşan %6 eğimli bir otoyol yapılmasını zorunlu kılmıştır, Oysa, tünel için. elverişli olan. bu daykın oluşturduğu 600 m genişliğindeki sırt .kısa bir tünelle geçilebilirdi. Be öneri sunulduğunda, otoyol kazısına henüz başlanmamıştı. Yüksek yarma ve dolgunun yanısıra otoyol standardları dışında bir geometriyi de içeren bugünkü yol, kullanıcıları rahatsız etmekte: ve etmede devam edecektir (Yılmaz, 1995).

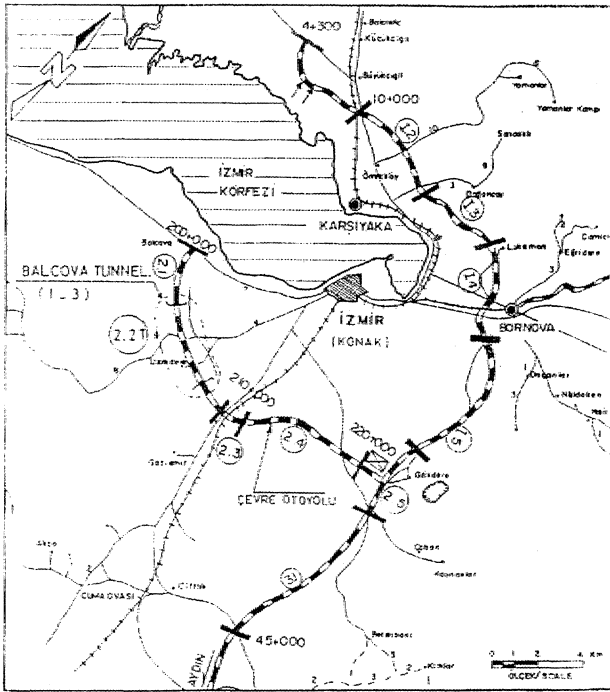
TAG otoyolunun 206. km'sindeki 12 milyon. m<sup>3</sup>'ten fazla. olan. kayma, kütlelerinin, 1990 öncesi yapılan araştırmalarda (Tylin, 1989 ve burada sunulan kaynakça) zayıf kaya. diye tanımlanması ve 1/1 («,=4.5°) eğimli sandık yarma yamaçlarının önerilmesi oldukça düşündürücüdür (Durgunoğlu, 1989). Yılmaz (1.990) harita ve kesitlerde kaymayı modellemiş ve doğru adı "kayma kütleli" terimini kullanmıştır. 1990 yılında sunulan ilgili jeolojik ve jeoteknik modellerin önemi ancak, kaymaların başladığı 1992 yılından sonra anlaşılmıştır. Böylece, tasarımda değişikliğin gerekçeleri aranmaya başlanmıştır.

TAG otoyolunun 204+000 - 220+000 arası,, Nudağını (Orta Amanos dağlarını) aşan kesimdir. Yaklaşık 7' km. uzunluğunda ve %Ö,4 eğimli tek bir tünelle Bahçe ovası Kömürler ovasına bağlanabilecekken 4 tünel, birisi Avrupa'nın ikinci yüksek köprüsü olmak üzere 9 köprü, çok sayıda dolgu. - yarma, altgeçit - üstgeçit vb, yapılar içeren bir geçit (route) seçilmiştir;. Tünel ve köprülerdeki "%2'den düşük, eğim standardı" gözardı edilerek %4'lük eğimle tırmanılmaktadır. Bu duruma, toplam uzunluğu 6 km. olan, ve bir asırdır giriş - çıkışları dışında kaplamasız olarak duraylılığını .koruyan demiryolu tüneli de gözardı edilerek kayraktaşı, meta-kuarsit, iridokulu şist ve diğer başkalaşım kayalarından oluşan, birime şeyi - çamurtaşı ağdalanması tanımlamalarının kullanılması yolaçmıştır (Yılmaz, 1991; Ü. Sündal ve A. Bowz, 1990, sözlü görüşme).

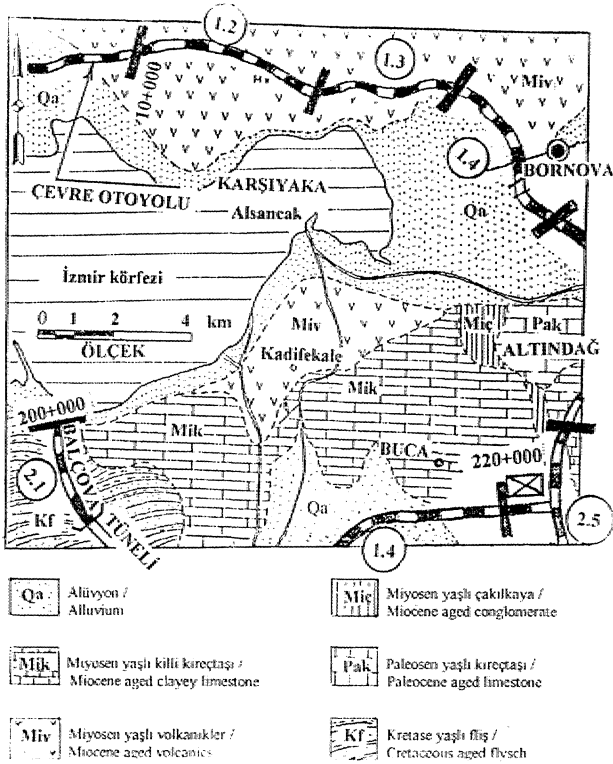
Bergama - Dikili grabeninin sıcak, su olanakları de-ğişik, kurumlarca uzun yıllar araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarının olumsuz çıkışının ana nedeni jeolojik ve hidrojeolojik modeller üzerinde gösterilen litolojik adlandırmanın yanlışlığı, dolayısıyla beslenme - ısınma - çıkış işlemleri arasındaki organik bağın kurulamamasıdır.. Yazar ve çalışma ekibi tarafından yeni çalışmalar başlatılmış olup sürdürülmektedir. İlk aşamada olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Yılmaz ve Çongar\* 1993).. Manisa ili Demirci ilçesinin batısında yer alan Ilıca deresinde Üst Tersiyer birimlerin altında yüzlek veren Fliyo - Kuvaterner yaşlı gayzeri! - traverten kayaçları. Pre-kambriyen yaşlı temelmaya olarak gösterilmiştir (.Akdeniz ve Konak, 1979). Bu .alanda, ilgili bir kamu kuruluşu tarafından, yapılan sondajda 40 m kireçtaşı içerisinde, ilerlendikten sonra, gnaysa girildiği sanılarak araştırma durdurulmuştur (Demirci Belediyesi, ve M. Hacı, 1.993, sözlü, görüşme). Aynı noktada kireçtaşı olarak yanlış adlandırılan gayzerinin kalınlığının 150 m olduğu ileri sürülerek başlatılan ilk sondajda basan sağlanmıştır (Yılmaz ve Çongar, 1993).. Bu yanlış adlandırmanın doğal sonucu olarak durdurulan sıcak su olanaklarının araştırılması çalışmaları tekrar başlatılmıştır.

## Güncel Örnekler

İzmir çevre otoyolu geçkisi boyunca (Şekil 1) ayırtlanan birimler Şekil 2'de gösterilmiştir.. Burada, özellikle üzerinde durulmak, istenen konu, Kretase fliş olarak gösterilen birimdir. Yılmaz ve diğerleri (1977) ve Yağmurlu (1980)'de belirtildiği gibi İzmir - Aydın otoyolu için yapılan çalışmalarda fliş sözcüğünün, kullanılması sürdürülmüştür. Şekil. 2'de sunulan harita, daha önceki çalışmaların bir özeti olarak. Aklan ve diğ. (1992)'den alınmıştır. Fİ iş olan. adlandırılan bu birim düzenli tabakalı değildir. Ayrıca, tektonotortul bir birini olmasının gereği, ortamdışı (exotic)' blokları (tektaşlan) içermektedir. Blok - blok ve blok - tane ilişkisi, yaygın ve 'belirgin olarak gözlenmektedir. Yapraklanma gösteren ince -taneli tabakalar (bağlayıcı kayac) içerisinde kristalize kireçtaşı,, sipilit, radyolarit ve kırıntılı kayac blokları belirgin şekilde, gözlenebilmektedir. Bu bağlamda, daha. önce yapılan otoyol araştırma raporları ve buralarda sunulan kaynakçada vahşi fliş (wild fliş) deyiimi ele kullanılmıştır. Bilindiği gibi, bu terim Kaufmann (1886) tarafından Al.plerdeki tortul melanj için kullanılmıştır. Oysa, Marchetti (1956), Hsü (1968) ve Hoedemaeker (1973) gibi araştırmacıları tektonik, tektonotortul ve tortul birimlerin oluşumlarını ayrıntılı araştırmışlardır. Oluşum, şekillerindeki değişiklikler mühendislik özelliklerine de doğrudan yansımaktadır (Şekil 3). Bir olistostiomal birimde eğim yönünde tünel kazısının sürdürülmesi favanda

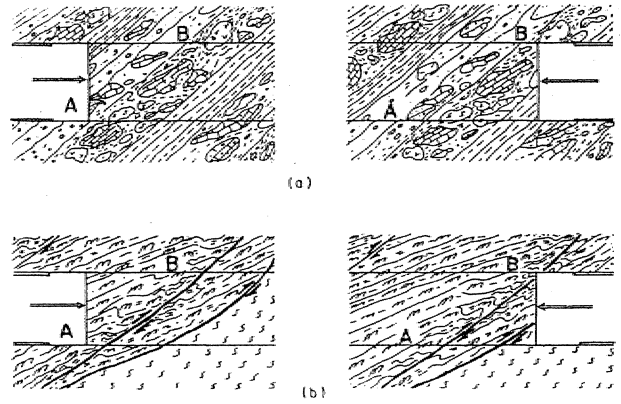


Şekil 1. İzmir çevre otoyolunu gösteren yerleşke.



Şekil 2. İzmir ve çevresinin jeolojisi (Aklan ve diğ., 1992'den).

beklenmedik jeoteknik ve hidrojeolojik sorunların çıkmasına neden olmaktadır. Buna karşın eğim tersi yönünde ilerleme yapılması koşuluyla "B" noktasında karşılaşılabilecek sorunlar hakkında gerekli gözlem "A" noktasındayken tabanda veya aynanın taban bölümünde



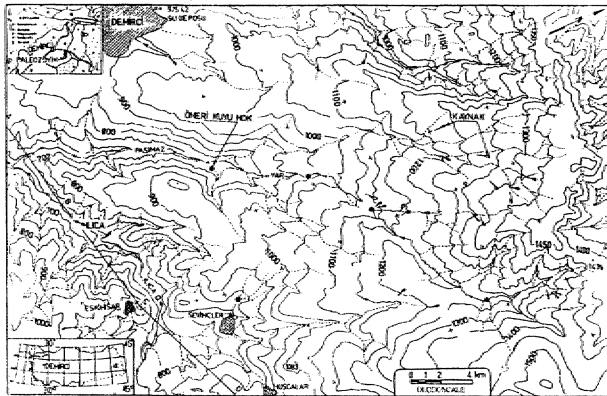
Şekil 3-. Tektonotortu (a) ve tektonik (b) iki ayrı birimde tünel açılış yönleri.

bire - bir' ilişkili olarak alınır (Şekil 3a.) Böylece, so. boşalması ve göçüklerle, ayna yerine favanda karşılaşılmamasının büyük boyutta iyileştirme çalışmalarını zorunlu kılacağı açıktır. Tektonotortul olan bir birim içerisinde büyük ölçekli ve katmanlı kireçtaşı iktlaşları (olistotleri), birimin yerleşimi sonrası, etkisi altına girdiği orojenik olaylarla kazandığı tabakalanma konumuna uygunluk kazanmıştır.

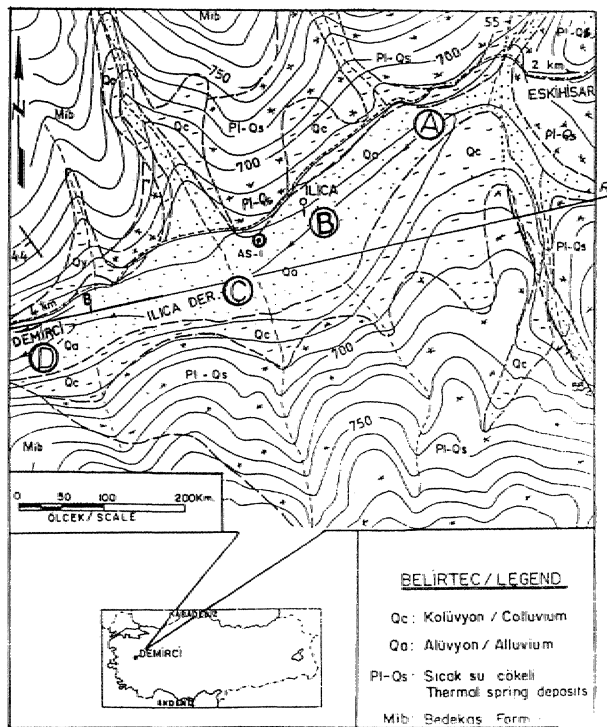
Balçova tünelleri, geçişin ilk yansında bağlayıcı kayalarındaki tabakalanma ve yassı özellik taşıyan tectonların konumu 52/028, 53/070 ve 46/356 (eğim / eğim. yönü) dolaylarında yoğunlaşmaktadır. Son bölümlerine doğru 52/076,, 13/2,18, 43/242 ve 46/328 ölçümleri yoğunluk göstermektedir. Eklem (sıkıştırma, eşlenik ve gerilim) sistemlerinde de benzerlik gözlenmektedir; tik yarısında 76/330, 48/112 - 53/2,14 ve 80/098 ve ikinci yarısında 80/340, 37/104 - 72/202 ve 73/104 konumlu süreksizlik sistemleri egemendir.

Şekil 4 ve 5'te plan ve Şekil 6'da kesitleri verilen Demirci ilçesi Ilıca mevkiinde jeolojik birimlerin birbirleriyle olan yakın ilişkileri genel anlamda gösterilmiştir. 1993'ün Ağustos ayında Ilıca deresi boyunca yapılan gözlemlerde "A" noktasında akış 3 l/s - sıcaklık 19°C, "B" noktasında 8 l/s - 22°C, "E" noktasında 15 l/s - 24°C ve "D" noktasında 20 l/s - 25°C olduğu gözlenmiştir (Şekil 5).

Demirci'nin 3 km doğusundaki bu sıcak su kaynakları kuzey yamaçlardaki Tersiyer yaşlı birimlerden süzülen yeraltularıyla beslenmektedir. Gnayslar (granit, ekaylanması sonucu, oluşmuş gözlü doku içeren bir birim (?)) içerisindeki ana faylarca çok aşağılara iletilen yağış suları, granit sokulumları tarafından egemen kılınan, yüksek, yer ısısına, bağlı olarak ısınır. Böylece, yaratılan buhar basıncı etkisiyle yükselen buhar ve sıcak su, Miyosen yaşlı geçirimsiz birimin altında, ilerleyerek deresinde yüzeye çıkmaktadır. Şekil 6'da görüleceği gibi, Hisar tepesi yükselen blok üzerindeki Miyosen yaşlı Bedektaş formasyonu (Mib)'nin al-



Şekil 4. Kesit yerleri ve ILICA'yı gösteren yerleşke.



Şekil 5. Ilıca ve çevresinin jeolojisi,

tında hareket halinde olan sıcak soyla oluşmuştur. Şekil 6'da sol üst köşe dışında Mib tamamen aşınıp taşınmış ve sıcak su çökeli (Pl - Qs) yüzeylenmiştir. Mib'nin 45°'ye yaklaşan eğiminin, tektonik hareketlerden çok Pl - Qs oluşumuyla ilgili olduğu, gözlenmiştir. Şekil 6a'nın sağ köşesinde Pl - Qs nin kalınlaşması Mib altında hareket eden sıcak suyun taşıdığı maddelerin., sıcaklığın ve basıncın düşmesi sonucu, çökmesiyle sürmektedir. Jeolojik ve hidrojeolojik modelin, birimlerin adlandırılmasıyla birlikte gerçeğe yakın olması, araştırmaların sonuçlarını olumlu yönde etkilemiştir.

## Sonuçlar

Jeolojik birimlerin adlarının doğru kullanılması, jeolojik ve jeoteknik modellerin hazırlanmasında ve ilgili

tasarımların üretilmesinde yadsınılamaz önem taşımaktadır. Ayrıca, birlikte çalışmalarının zorunlu, ve gerekli olduğu jeoloji, inşaat, maden, jeofizik ve jeomorfoloji gibi meslek grupları arasındaki 'bilimsel iletişimde de kolaylık sağlamaktadır... Bu birlikteliğin, doğal sonucu olarak, hem projeler olumlu yönde gelişecektir, hemde ilgili meslek dallarında bilimsel gelişmelere küçümsemeyecek katkılar sağlanmış olacaktır.

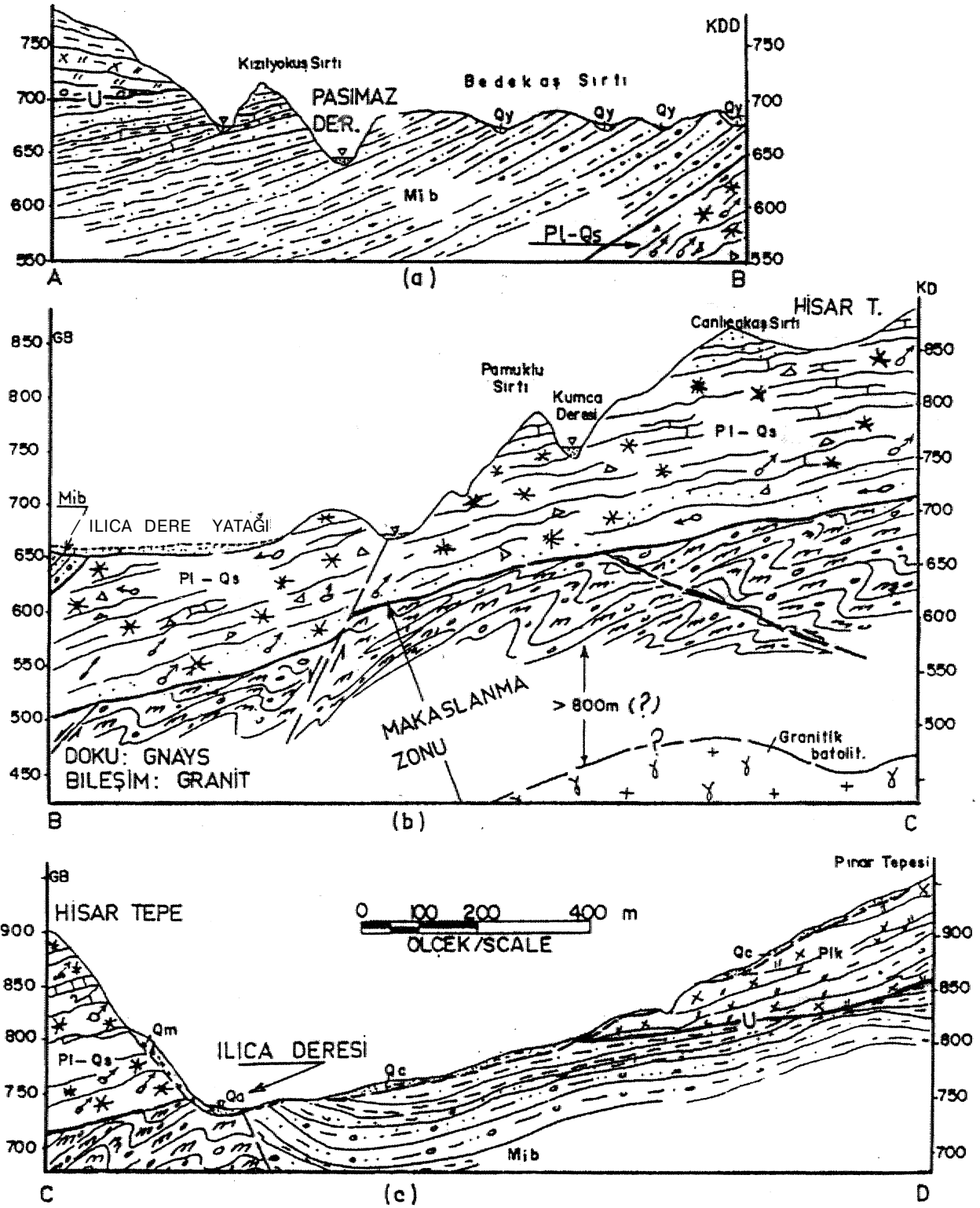
Son 15 yılda yapılan ve yazarın bire - bir tanık olduğu mühendislik projelerindeki istenmeyen sonuçlar, bilimsel anlamda tartışma yapılamamasından kaynaklanmıştır. Ayrıca, ilgili meslek dallarının temsilcileri birlikteliğe ve eşgüdümüne gereken önemi yeterince vermemişlerdir, özellikle büyük ölçekli, (otoyol, baraj vb.) projelerde işveren ve yüklenici kuruluşlar, eski bir gelenek gereği, ilgili kamuoyunun görüşlerine kapalı olmayı yeğlemişlerdir.

## KATKI BELİRTME

Yazar, konu içerisinde verilen örnek çalışmalarda bilmeyerek yapılan yanlışlıkların, insan olmanın bir özelliği saymakta olup» bu bağlamda, eleştirisi - özleştirisi mekanizmasının hayata geçirilmesi konusunda uğraş verenlere: teşekkür eder.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akdeniz, N. ve Konak, N., 1979, Simav - Emel - Tavşanlı - Duruncunbey - Demirci yörelerinin jeolojisi, MTA rapor no: 6547., 108 s.
- Aktan, E., Ahdulaziz, A., Koca, M.Y. ve Tümk, N., 1992, İzmir Çevre otoyolunun mühendislik, jeolojisi, etüdüleri. 3. Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, 21 - 23 Mayıs 1992, Şe sunulmuştur. Uluslararası. Mühendislik. Jeolojisi Türk Millî Komitesi ve Çukurova Üniv. Müh. - MİM. Fak., Adana.
- Bianiawski, Z.T., 1989., Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering., Wiley., New York, 273 pp.
- Durgunöglü, T., 1989, Km 206 yarması, TAG otoyolu geoteknik raporu., TAG otoyolu raporları (yayınlanmamış). Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara, 215 s.
- Hoedenmekker, Ph. J., 1973, Olistostromes and other delapstional deposits and their occurrence in the region of moratali (prov. of Murcia, Spain): Scripta. Geol., 19., 1 - 207.
- Hsü, K.J., 1968, Principles of melange and their bearing on the Fransiscan - Knoxville paradox.: Bulletin Geol. Soc. Amer., 79., 1063 - 1074.
- Kaufmann, F.J., 1886, Emmen - und Schlierengegenden nebst Umgebungen bis zur Brünigstrasse und Linie Lengern - Grafenort geologisch aufgenommen und dargestellt» Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, 24, 608 p. pl. 1. with atlas of 30 plates.
- Konuk, T., 1977, Bornova flışinin yaşı hakkında. E.Ü.FJF. Derg., B.1.65 - 74.
- Marchit L M.P., 1956, The occurrence of slide and flowage materials (olistostromes) in the Tertiary series of Sicily: Proc. of Int. Geol. Congr., Mexico.
- Spektra Jeotek., 1990., Geological mapping report, on Balçova tunnels., İzmir - Aydın otoyolu, raporları (yayınlanmamış), Karayolları Genel Müdürlüğü, 45 s.
- Spektra Jeotek., 1991, Engineering geological mapping



Şekil 6. Çalışma alanının yeraltı jeolojik durumu.

- report on 'the Karşıyaka tunnel site. İzmir - Aydın otoyolu raporu (An Mayınlanmamış), Karayollar Gen. Müdürlüğü,, 40 s.
- Tyın, 1989, Geotecnical reports of the TAG motorway: sections II - IV, (unpublished), Karayollar Genel Müdürlüğü, Ankara, 605 s.'
- Yağmurlu, F., 1980» Bornova (İzmir) güneyi fişi topluluklarının jeolojisi... Türkiye Jeol. Kur. Bolt.» 23/2, 1^1 - 152.
- Yılmaz, L., 1990, Geotechnical reports of the Tarsus, - Adana - Gaziantep Otoyolu, Km 190+00 - 208+000., Geotechnical reports of the TAG motorway (unpublished). General Directorate of Highways, Ankara., 256 s.
- Yılmaz, L., 1991, Geiede - Ankara ve Ankara çevre otoyoluna genel ve jeoteknik açıdan bakış. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 38, 43 - 50.
- Yılmaz, I., 1993., Engineering geological, properties of 'caliche consisting of softpan and hardpan levels (Adana region, Turkey). In: Geotechnical Engineering of Harf Soils. - Soft Rocks (Symposium Volume), Balkema, Rotterdam 319 - 323., (eds): Anagnostopoulos, A., Schlosser, F., Kalteziotis, N. & Frank., R.
- Yılmaz, L., 1994, General 'engineering geological aspects of melanges as evident, in some landslides. Bulletin of the Geological Congress of Turkey, No. 9, 41, 3 - 420.,
- Yılmaz, L., 1995, General aed geotechnical aspects of the Tuzluca motorway. Presented orally and will be published in the Proceedings of the Danube - European Conference on soil mechanics and foundation engineering, MAM AI A, Constanta - Romania\* 12 -15 September 1995.
- Yılmaz, L ve Cougar, 1993, Manisa Demirci, ilçesinin yeraltı suyu olanakları,, yayınlanmamış rapor,, SİAL ve Demirci Belediyesi, 25 s.
- Yılmaz, S., Şimşek, Ş. ve Gümüş, H., 1977, Urla, - L17b3, İzmir - LIS al - a4 paftalarının jeotermal araştırma sahasına ilişkin jeoloji harita ve kesitleri, MTA rapor no: 33345., iki. pafta ve kesitleri..

# Sağlığa zararlı mineral tozlanılın genel özellikleri ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri

*Mine' Şenoğlu*

H.Ü. Jeoloji Müh. Böl., Beytepe, Ankara

*Jeoloji biliminin yeni ilgi alanlarından birisi olan "çevre" ile ilgili pek çok problem, henüz çözülmeyi bekleyen başlangıç safhasındadır. Doğal çevreyi oluşturan kayaç ve mineral tozlarının insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri bilinmektedir. Örneğin bazı mineral tozlarının özellikle akciğer hastalıklarına sebep olduğu, bunun yamsıra çeşitli mineral tozlarının da nüde, böbrek, pankreas, ovaryum kanserlerine yol açtığı konusunda şüpheler vardır.*

*Hastalığa sebep olan bu minerallerden en bilineni asbest formu mineralleridir (Krizotil = serpantin asbest ve kro/ddolit = ribekitin lifsi çeşitidir). Ancak bazı silis polimorfları, zeolitler, killer üzerinde yapılan çalışmalarda, çeşitli risklerin varlığı ortaya çıkmıştır. Yine bazı titan mineralleri, hematit ve manyetit bunlardan sayılır, Lişi zeolit olan erionit de en fazla hastalık yapan mineral olarak güncel ilgiyi toplamaktadır.*

Mineral tozlarının, insanların solunum, sistemi üzerindeki zararlı etkileri., toz parçacıklarının yalnız fiziksel şekline bağlıdır., diye düşünülebilir« Değişik durumlarda tane şekli sadece çok az önem taşır,.. Tozlarda partikül bo.yu.tu. kadar' mineralojik yapı ve kimyasal bileşim de önemlidir. Günümüzde çoğu araştırmacı, hastalıkların mineral toz parçacıkları ile etkileşimi sonucu ortaya, çıktığını vurgulamıştır., Bu durumda hastalığa sebep olan. ajan, yani mineral toz parçacıkları biyolojik sistemden geçerek etkileşir... Hastalık oluşturabilecek mineral, toz partikülle.rin.iii. yüzey, kimyasal ve elektrik, özellikleri; mekanik özellikleri kadar önem taşır.

Jeolojik çevrim, içerisinde akışkan (gaz veya sıvı olabilir) ile temas halinde olan mineral yüzeylerinin do-

ğasında,, zamanla değişimler gözlenir. Zaman içerisinde mineral yüzeyleri, ile akışkan arasında, kimyasal reaksiyonlar' gelişir., Mineral - sıvı ara yüzeyleri hastalıkları oluşturabilecek potansiyel yüzeylerdir.

Biyolojik sistem içindeki mineral yüzeylerinin statik veya hareketsiz olmayıp; .aksine dinamik ve çevresiyle etkileşim, halinde olduğu vurgulanmalıdır.

Mineral yüzeyleri atom. yapısı, bileşimi,, yüzey yükü ve reaktivitesi ile karmaşık bir yapıdadır. Bu kompleks durum minerallerin doğal kirlenmesi olarak adlandırılabilir, alterasyonu sonucudur.

Alterasyon, jeolojik anlamda değişik .faktörlere bağlı olarak kayaç ve minerallerin primer haldeki yapısında meydana gelen değişimlerdir., Bu değişimler atomik yapıda meydana gelen, değişimlerdir. Alterasyonda suyun etkisi önemli bir yer tutar. Özellikle anyon ve katyon bakımından zengin sular kayaç ve / veya minerallerin alterasyonunda katalizör rolü oynar. Minerallerdeki ve/veya kayaçlardaki alterasyon. iki şekilde ortaya çıkar.

(1) Birinci aşamada atomik yapıda yer alan atom veya iyonlar .arasındaki bağ zayıflamakta,, yük dengesinin sağlanması için özellikle- su bünyeye girmektedir. Bileşime hidroksil (OH) iyonu dışında yeni iyonlar katılmasına rağmen kristalografik yapı yine de bozulmaktadır.

(2) İkinci aşamada ise bozulma daha fazla, ilerleyerek mineral, bünyesindeki iyonlarda değişim görülmektedir. Mineralin bünyesine yeni. iyonlar- girebildiği, gibi bazı iyonların uzaklaştığı, gözlenir. Bu durumda hem kristalografik yapı, hem. de kimyasal bileşim değişmektedir.

Ancak, mineral yüzeylerindeki, kirlenmeleri yani alterasyonun mineral üst yüzeylerinde sadece birkaç mono - katman kalınlığında, ve nispeten: hafif elementlerden, oluştuğu araştırmalardan çıkardan sonuçlardır. Mineral yüzeyi ve yüzey yakınında meydana gelen iyon değiştirme, reaksiyonlarında mineral yüzeylerindeki atomlar' da etkilenmektedir.

Mineral yüzeylerinde meydana gelen reaksiyonlar hem yüzeyin elektronik yapısına hem de üst yüzeyin tepkimesine bağlıdır.

Mineral loz parçacıklarının yüzeyleri insan sağlığı üzerinde zararlı etkiler yaratılmasında aktif rol oynar. Bu etki özellikle mineral yüzey bileşimi, atom yapısı, yüzey yükü ile ilişkilidir.,

Bu genel bilgilerden sonra, örnek olarak üzerinde en çok çalışılan ve sağlığa zararlı -tozlar içeren genel adı ile asbest olarak anılan krizotil (yaygın serpantin minerali) ve krokidolit (ribekitin lifsi çeşidi) üzerinde yapılan, deneylerden çıkarılan çarpıcı sonuçlardan birkaçı aşağıda verilmiştir:

Akciğer dokusundaki krizotil topluluğu ilk başla, artmakta ve daha, sonra sabit kalmakta, iken; akciğer dokusundaki krokidolit topluluğunun zamanla arttığı gözlenmiştir.,

1 mikron çaplı krizotil lifinin, insan akciğerinde 9 (±4.5) ayda tamamen eridiği., buna karşın krokidolitin krizotile göre biyolojik olarak daha dayanıklı olduğu saptanmıştır.

Jeolojik ortamlarda, genellikle amfiboller- tabakalı silikatlardan daha, hızlı çözünür. Bu durumda krokidolit, bir fiilo - silikat (tabaka veya yaprak silikat) minerali olan krizotilden daha hızlı çözünmelidir. Ancak, amfibollerin doğasına., tabakalı silikatlara ve çözücü ortama bağlı olarak çözünme hızı ters orantılı olabilir., Yapılan çalışmalarda akciğer dokusu, içindeki krokidoliflerin tahmini ömrü, krizotil ile mukayese edilerek saptandığı vurgulanmalıdır.,

Krizotil endüstrisinde çalışan işçilerin üzerinde yapılan çalışmalarda işçilerin akciğerlerinde krizotile: göre beklenenin çok üzerinde amfibol liflerinin yoğunluğu gözlenmiştir. Çalışma sahasında, nispeten az amfibol açığa, çıkmasına karşın, amfibol iğnelerinin biyolojik dayanıklılığının krizotilden daha yüksek, olup, akciğerlerde zararlı etkiler gösterdiği gözlenmiştir.

Asbest tozları akciğer dokularında kemirici, olarak, ortaya, çıkar. Fibrajenez ve bronşlarda kanserlere yol açan reaksiyonları başlatır.,

ABD Madenlerde Güvenlik ve Sağlık Teşkilatı havanın 1 cm<sup>3</sup>'de en çok 0.2 ile 2 asbest lifinin bulunabileceğini bunun üzerindeki miktarın tehlikeli olduğunu duymuştur.

Ancak herşeyden önce şunu bilmek gerekir ki; asbestin yol açtığı hastalıklar solunabilir asbest, liflerinin akciğerlere alınması ile sınırlıdır. Sindirim yoluyla alınan liflerin kolayca vücuttan atıldıkları ve hastalığa sebep olmadığı bilinmektedir.

Solunum sırasında hava; borun ve ağız yolu ile alınmakta, oradan akciğerlere ulaşmaktadır. Akciğerlerde kullanıldıktan sonra, da, aynı yollardan geçerek dışarı çıkmaktadır. Solunum yollarının dış yüzeyi tüylü epit-hel hücreleri ve mukoza denilen sıvı madde ile kaplıdır, Bu sayede solunan havada bulunan toz parçacıklarının bir-kısmı tüyeikler tarafından tutularak öksürme ve hapşırma ile vücuttan, kolayca atılırlar. Akciğerlere ulaşan daha küçük tozlar ise buradaki makrofaj (savunma.) hücreleri tarafından yok edilirler,

Bu tabii korumalara rağmen gözle görülmeyecek kadar küçük olan, lifler akciğerlere girip yerleşir ve orada akciğer kanseri, mesetelioma. ve asbestosis hastalıklarına yol açar.,

Akciğerlerde, herhangi bir hastalığa yol açan tozların terminel. bronşların ilerisindeki akciğer havalandırma alanlarına sokulabilecek, uygun büyüklükte partiküller olduğu düşünülmektedir. Çapları 0.5 mikro metreden. küçük ve 5 mikro metreden büyük olan isometrik kütleler ile çapları 3 mikro metreden, küçük, ve uzunluktan 50 mikro metreden büyük çubuksu partiküller' akciğerlerin havalandırma alanlarına, sokulabilmektedir. Bu sınırların dışında kalan tozlar solunum yollarından dışarı atılmaktadır., Üzücü olan akciğerlerin mineral tozlarının büyük bir kısmını kabullenmeleridir.

Elmes (1980) isometrik biçimli mineral tozlarının radyoaktif maddelere ve kimyasal kanserojenlere bulaşmadıkça kansere neden olmadığını ileri sürmektedir.,

Mineral tozlarıyla karşı karşıya kalıp onları soluyan insanların akciğerlerinde herhangi bir hastalığın meydana gelip gelmemesi;

- (a) bu tozlarla karşı karşıya kalma suresine,
- (b) solunan tozun akciğerlerde alıkonulan kısmının miktarına,
- (c) solunan tozun fizikoşirnik niteliğine.,
- (d) kişisel faktörlere bağlıdır.,

Akciğerlerde örneğin kömür işçisinde l0ö g. veya daha fazla; fillit çıkararak işçide 10 - 15 g. ve saf kuvars için 5 g. toz birikmeden hastalığın oluşmadığı Elmes (1980) tarafından ifade edilmiştir.

Mineral tozlarının niteliği, bakımından önemli özellikleri.; taneleüif büyüklüğü., kanser için tanelerin biçimi ve tanelerin mineralojik bileşimi ile ilişkilidir.

İnsan metabolizması sulu. zayıf asitik karakterde bir ortamdır., Örneğin solunan havada askı halde bulunan toz boyutunda volkanik cam, kuvars, feküspar vb, mineral tanecikler akciğerlerin az asitik ve sulu dokusu üzerinde CO<sub>2</sub> kısmi basıncının etkin olduğu, bir ortamda altere olmakta ve zeolit, tremolit vb., yük. dengesi ortama

göre değişen ikincil, minerallere dönüşmekte veya primer olarak doğrudan doğruya alınan mineral tanecikleri ara reaksiyonlarına neden olmakta ve sonuçta insan sağlığını tehdit etmektedir,

Kırsal kesimden gelen hastalarda akciğer kanserlerinde (pleural mesatelioma) hastalığa yol açan faktörlerin yalnızca asbest, olmadığı Banş, (İŞ81) tarafından yapılan, çalışmalarda vurgulanmıştır. Dokulardaki mineral araştırması çalışmalarında bolluk sırasına göre amfibol, krizotil astest,, talk, jips ve kaolini! olduğu saptanmıştır.

Göğüs hastalıklarına neden olan. minerallerin hepsinin silikat, bileşimli oldukları (rutil hariç) ve katyonların ise Mg ve Fe olduğu ve yapılarında OH bulunduğu belirlenmiştir Aydın, (1989).

Göğüs hastalıklarına neden olan antofillit, tremolit, aktinolit, krizolit ve lifeel .zeolitlerin en önemli ortak özelliklerinin alterasyon mineraller olması ve bu tür alterasyon mineralleri, kendi, elektrik, yük dengelerini buldukları ortama göre ayarlayabilmekte ve katalizör rolü oynadığı Barış, (1987) ve Aydın, (1989) tarafından vurgulanmıştır.

Özellikle akciğer hastalıklarına yol açan bu mineraller doğada oldukça yaygındır. Dünyada akciğer hastalıklarına yol açan bu minerallerin üretiminin artmış olduğu ve yapısına bu minerallerin .katıldığı malzemelerin kullanım, alanlarının oldukça fazla olduğu belirtilmelidir.

Yukarıdaki tünr bu açıklamalardan çıkarılan, sonuçlar şu şekilde maddeler<sup>1</sup> halinde özetlenebilir:

1. Mineral yüzeyleri statik değil, dinamikdir. Çevreyle etkileşim halindedir.
2. Mineral yüzeyleri, kompleks ve: heterojendir...
3. Mineral tozlarının zararları ve hastalığa, sebep olması:
  - (a) mekanik / boyu.ts.al. özelliklerinin bileşimine,,
  - (b) kimyasal özelliklerine,
  - (c) yüzey özelliklerine bağlıdır.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Aydın, N., 1989, Mineraloji - petrografi - jeokimya ve insan sağlığı arasındaki bağıntılar: Jeoloji Mühendisliği, 34 - 35,18 -27.,
- Barış, I., 1987,, Asbestos and. ehonite related chest diseases: Hacettepe Üniversitesi Göğüs Hastalıkları Birimi, 174 s., Ankara.
- Elrnes, P.C.» 1980, Fibrous minerals and health. J. geol. Soc London, Vol. 137, 525.
- Erkan, Y., 1993,. Doğal Bir Mineral; Asbest, .kullanım ve sağlığımız: M.T.A. Doğa Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 2, 5 - 6, s. 6.
- Hochella, M., 1993, Surface chemistry,, structure and reactivity of hazardous mineral dust: Healt effect of mineral dust., Rewiews in Mineralogy Volume: 28, George D. Guthrie Jr, Brooke T. Mossman Editors., s. 581..



# Niçin Poster?

*Selim Imam* \_ C.Ü. Jeoloji Müh. Böl., Kampus,-Sivas

Son yıllarda, ülkemizde jeoloji eğitimi veren üniversitelerin sayısında oldukça hızlı bir artış kaydedildiği hepimizce yakinen bilinen bir gerçektir. Bu artışa bağlı olarak ta, her yıl yüzlerce jeoloji mühendisi, çeşitli üniversitelerden mezun olarak, kamu ve özel kuruluşlar ile değişik üniversitelerde araştırma görevlisi olarak çalışma hayatına başlamaktadır. Aralık 1995 ayı itibarıyla Jeoloji Mühendisleri Odasına, kayıtlı mühendis, sayısı 5941 olup, kayıt dışı mezunlar da (odaya kayıt yaptırmayanlar) bu sayıya dahil edilirse 7000 rakamına, ulaşılmaktadır»

Bu oldukça yüksek, rakamlarda seyreden jeoloji mühendisleri,, çeşitli kamu ve özel kuruluşlar ile üniversitelerde yapmış oldukları araştırmalarını ve sonuçlarını diğer yer bilimcilere sözlü ya da yazılı olarak aktarmaktadırlar. Yazılı aktarmaların bir kısmı çeşitli raporlar şeklinde büyük bir kısmı ise ülkemizde ve yurtdışında yayınlanan dergilerde makaleler şeklinde gerçekleşmektedir. Sözlü aktarmalar ise yine ülkemizde ve yurtdışında, düzenlenen ulusal ve uluslararası sempozyum, kongre, konferans, workshop ve seminerlerde bildiri ve poster şeklinde sunulmaktadır.

Bildiri, bir kitle önünde genellikle 15-20 dakikalık bir süre için slayt, tepegöz vb. aletler yardımıyla araştırmaların sözlü olarak sunumu anlamına gelmektedir. Her bildirinin bitiminde maksimum 5 dakikalık bir tartışma bölümü yer alır.

Bu yazının konusunu oluşturan ve sözlüklerde duvar ilanı veya afiş olarak tanımlanan poster ise, çeşitli toplantıların (kongre, sempozyum, seminer vb.) belirli günlerinde minimum 3 saatlik (maksimum 1 gün) bir süre içerisinde uygun boyutlardaki (ortalama 1-2 m) levhalarda araştırma-sonuçlarının yazılım ve çizim yoluyla belgelenmesi ve tartışılmasıdır.

Bildiri ve poster sunumlarının avantaj ve dezavantajları karşılaştırıldığında İlginc sonuçların ortaya çıktığı görülmektedir. Örneğin;

1- Bir bildiri sunumunda, başarılı olunabilmesi için, sunan kişi çok iyi hitap veya anlatım gücüne sahip olmalıdır. Sunum yapan kişinin, sürekli olarak dinleyicilerin ilgisini taze tutması, dikkatlerini çekmesi gerekmektedir., Oysa poster sunumunda, zaten tüm dokümanlar ve çizimler pano üzerinde asılı olduğundan böyle bir hitap gücüne sahip olunması zorunlu değildir. Ayrıca poster, dilin getireceği, olumsuzluklardan sıyrılmada bir avantaj olduğu kadar,, dinleyicinin merakını dinç tutma anlamında da sözlü sunumdan yararlıdır.

2- Bildiri sunumunda, bilgilerin, aktarılmasında seçilen yolların ve metodun çok iyi ayarlanması gerekir. Giriş ve diğer bölümlerde sunulacak bilgiler ilişkisiz, ve birbirinden, kopuk olmamalıdır. Bu şekilde sunulan bir bildiri,, dinleyicilerin konuya hakimiyetinde zorluklar çıkarır. Yine poster sunumunda herşey pano üzerinde ve belirli bir sıra dahilinde aktarıldığından böyle bir zorunluluğa, gerek kalmayabilir. Anlaşılmayan ve eksik kalan, bölümler tekrar okunarak, veya posterini sunan kişi ile tartışılarak ortadan kaldırılabılır.

3- Bildiri sunumunda» anlatımda yardımcı olacak-seçilen, tabloların ve fotoğrafların ne zaman slayt, ve tepegöz de kullanılacağına belirlenmesi ve sırasının kaçınılmaması son derece önemlidir,, Hiçbir zaman atlanmaması ve belli bir sıra dahilinde birbirini izlemesi gereklidir,

4- Sözü. sunumun diğer bir dezavantajı da zamanın çok kısa. olmasıdır. Sunum yapan kişinin 1.5-20 dakikalık, bir süre içinde, tüm bilgileri .aktarması zorunludur,, Oysa çoğu kez zamanın kısa olması ned.ıyla, sunum yapan kişiler bulgularını tam anlamıyla aktarmadan ve çoğu kesimini atlayarak geçiştirmek zorunda kalmaktadırlar. Bildirilerin, bir amacı da çeşitli kişilerle- bilgi alışverişinde bulunmak olduğu için, tartışma, bölümlerinin (5-10 dakika) çok kısa olması nedeniyle, bu amaç çoğunlukla gerçekleşemez. Poster sunumunda böyle bir zorunluluk yoktur. Sunum yapan kişi ile 'dinleyiciler daha fazla ve ayrıntılı bir biçimde fikir alışverişinde bulunabilir ve tartışma yapabilirler.

5- Sözlü sunumda, sunumu yapacak olan' kişinin kıyafet ve kıyafeti de önemli bir etken, olabilir, Giyim tarzındaki önemli bir farklılık, dinleyicilerin dikkatlerinin o noktaya çekilmesini sağlayacağından başarılı bir sunum gerçekleşmeyebilir., Poster için böyle bir zorunluluk yoktur.,

6- Son olarak bildiri sunumunun karanlık bir salonda gerçekleştirildiği düşünülürse, kişilerin dikkatlerinin dağılmasına ve gevşemesine neden olunabilir.

Yukarıda ö^ştlenmeye çalışılan posterin bo kadar avantajlarına karşın,, ülkemizde- yapılan çeşitli, -ulusal ve uluslararası sempozyum, kongre, workshoplarda sunulan poster ve bildiri sayıları, arasında çok büyük farklılıkların olduğu görülmektedir.

Örneğin Tablo 1, 1978-1996 yılları arasında yapılan Türkiye: Jeoloji Kurultaylarında sunulan bildiri ve poster sayılarını göstermektedir. Tablodan görüleceği üzere,, bu zaman dilimi içinde (19 yıl) sunulan toplam bildiri sayı-

si 1267, poster sayısı ise sadece 12'dir. Poster sunumları bildirilerin oran olarak %0.9'u kadar olup bu da son üç yıl içinde gerçekleşmiştir.

Tablo 1. Türkiye Jeoloji Kurultayları'nda 1978-1996 yılları arasında sunulan bildiri ve poster sayıları.

YIL	BİLDİRİ	POSTER
1978	41	-
1979	30	-
1980	44	-
1981	36	-
1982	60	-
1983	77	-
1984	60	-
1985	83	-
1986	69	-
1987	74	-
1988	65	-
1989	39	-
1990	68	-
1991	62	-
1992	73	-
1993	127	-
1994	154	1
1995	52	3
1996	53	8
<b>Toplam</b>	<b>1267</b>	<b>12</b>

Tablo 2'de ise yine ülkemizde yapılan çeşitli üniversite ve kamu kuruluşları tarafından gerçekleştirilen ulusal ve uluslararası sempozyum ve kongrelerde sunulan bildiri ve poster sayıları verilmiştir. Tablo 2'de gösterilen toplam 9 kongre ve sempozyumda sunulan bildiri sayısı 533 (%90.2) poster sayısı ise 60 (9.8)'dir. Posterlerin biraz daha fazla olması,, yapılan toplantıların uluslararası olma özelliğinden kaynaklanmaktadır. Yine de oldukça düşük bir oran göstermektedir.

Tablo 2. Ülkemizde yapılan ulusal ve uluslararası sempozyum, works-hop ve kongrelerde sunulan bildiri ve poster sayılarına örnekler.

Tarih ve Yer	Toplantı Adı	Bildiri Sayısı	Poster Sayısı
1-6 Ekim 1990 İzmir	International Earth Sciences Congress on Aegean Region	122	22
2-5 Eylül 1991 Ankara	Suat ERK Jeoloji Sempozyumu	75	---
9-11 Eylül 1992 Ankara	International Symposium on the Geology of the Black Sea Region	104	17
13-16 Ekim 1992 Adana	International Symposium on Eastern Mediterranean Geology	60	6

15-17 Kasım 1993 Ankara	Hacettepe Üniv. Yerbilimleri 25. Yılı Sempozyumu	54	---
27-30 Eylül 1995 Ankara	VII. Ulusal Kil Sempozyumu	42	---
16-20 Ekim 1995 Trabzon	K.T.Ü. Jeoloji Müh. Böl. 30. Yıl Sempozyumu	114	---
15-17 Nisan 1996 Ankara	Türkiye 11. Petrol Kongresi	98	---
6-8 Eylül 1995 Sivas	Second International Turkish Geology Workshop	64	15
	<b>Toplam</b>	<b>533</b>	<b>60</b>

Buna karşın Avrupa ve dünya ölçeğinde yapılan kongrelerdeki bildiri ve poster sayılarının birbirine çok yakın değerler gösterdiği, hatta poster sayısının daha fazla olduğu Tablo 3'de açıkça görülmektedir. Tablo 3'de son dört toplantıda toplam olarak 8030 (%48.4) bildiri, 8580 adet de (51.4) poster sunulduğu ortaya çıkmaktadır.

Tablo 3. Dünya ve Avrupa Jeoloji Kongreleri'nde sunulan bildiri ve poster sayıları.

Tarih ve Yer	Toplantı Adı	Bildiri	Poster
4-8 Nisan 1993 Strasbourg/France	EUG VII Avrupa Jeoloji Kongresi	1200	1200
9-13 Nisan 1995 Strasbourg/France	EUG VIII Avrupa Jeoloji Kongresi	1320	1300
24 Ağus-3 Eylül 1992 Kyoto/Japan	29th International Geological Congress	2710	3030
4-14 Ağus 1996 Beijing/China	30th International Geological Congress	~2800	~3050
	<b>Toplam</b>	<b>8030</b>	<b>8580</b>

Her üç tablo da incelendiği, taktirde ülkemizde yapılan ulusal ve uluslararası toplantılardaki poster- sayısının çok düşük seviyelerde- yer aldığı açıkça görülür. Buna karşın poster sunumunun daha önceki paragraflarda anlatılan avantajları dikkate- alındığında, sayının bu kadar düşük olmasının nedenlerini anlamak oldukça güçtür. Kanımızca bu nedenlerin başında geleneksel toplum yapımızdan kaynaklanan tutuculuk gelmektedir. Her yetişen yeni neslin bir öncekini kopye etmekte ve yeni bir arayışın içinde olmadığı bo olguyu kuvvetlendirmektedir. İkinci olarak çoğu yerbiliminin düşüncesinde yer alan fikir,, poster sunumunun bildiri kadar dikkati çekmediği gibi bir görüştür. Bunun yanlış olduğu, yapılan Dünya ve Avrupa kongrelerindeki poster sayıları açıkça kanıtlanmaktadır. Üçüncü neden ise poster hazırlanmasının zaman aldığı gibi bir düşünce yapısı olabilir. Dör-

**düncü neden** ise yurt dışında yapılan, çeşitli bilimsel aktivitelere katılım **oranındaki düşüklükten kaynaklanabilir**. En son olarak da, ülkemizde kongre ve **sempozyumları düzenleyen kuruluşların** postere gereken önemi vermemesi, yeterli, **ve uygun zaman** ayırmaması bir neden olarak karşımıza çıkabilir,

Tüm bunlara karşın ülkemizdeki jeoloji **eğitim ve araştırmaların** düzeyini Avrupa düzeyine **ulaştırmak** için bildiri **kadar poster sayıanında artırılması** gerekmektedir. Poster **sayılarının arttırılabilmesi için bazı önlemlerin alınması ve acil olarak uygulamaya geçilmesi** gerekir. Bu önlem, ve öneriler' aşağıda maddeler **halinde sıralanmıştır**.

**1- Üniversitelerdeki öğretim üye ve yardımcıları ile .araştırma, görevlilerinin, poster- yapımında ve hazırlanmasında öncülük etmeleri**

**2- Yurtiçinde düzenlenecek** olao kongre ve sempozyumlarda **özel poster<sup>1</sup>** programlarının .hazırlanması ve

poster **sunumu** sırasında herhangi **bir bildirinin** veya **oturumun** yapılmaması

3- Özellikle Türkiye Jeoloji. Mühendisleri Odası bazında, her **yıl** düzenlenen Türkiye Jeoloji **Kurultaylarında**, en güzel, poster seçiminin yapılması ve gerektiğinde teşvik edici, ödüller verilmesi

4- Poster .sunumu için toplantılarda **özel salonların hazırlanması**

**5- Bildiri sunumlarında** bir oturum, başkanı ve yardımcısı oluyorsa., aynı şekilde poster **sunumları için** de, poster **sunumlarının** ciddi, bir biçimde yapılması ve kontrolü amacıyla, poster **oturumu** başkanı ve yardımcısı seçilmelidir,.

6- Düzenleyici **kuruluşların** özellikle genç meslektaşlarımızın **hevesini** kırmamak ve **deneyimlerini arttırmak** amacıyla gerektiğinde bildiri başvurularım reddetmek yerine poster olarak **kabul** etmeleri **yararlı olacaktır**.

# Jeoloji Panorama

**Hazırlayan: Sefer Örcen** MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdları Dairesi, Ankara

"Jeoloji Panorama"da dünya jeoloji periyodiklerinden özellikle lakemizin jeolojisini ilgilendiren yada ilginç olabilecek,, seçilmiş makalelerin bibliyografyası "Dünya Periyodiklerinden Makaleler" başlığı altında "Jeoloji Mühendisliği" okurlarına sunulacaktır.

Türkiye jeolojisi üzerine yazılmış seçilmiş makalelere ait "Özler / Abstracts" bölümü özgün şekilleri de kapsar biçimde "Jeoloji Panorama" da yer alacaktır.

Yapılacak yada yapılmış olan sempozyum, seminer, konferans vb., ye ait duyuru ve haberler de "Sempozyum, Seminer, Konferans" başlığı altında okurlara sunulacaktır.

Diğer yandan jeoloji mühendislerinin mesleki gelişimlerine katkı sağlayacağı düşüncesiyle güncelliğini de on planda tutarak "Yeni Yayınlar" in tamamına- da "Jeoloji Panorama" da yer verilecektir:

Her zaman olduğu gibi "Jeoloji Takvimi", çeşitli dünya ülkelerinde yapılacak olan jeoloji etkinliklerinin bir ay-nası olarak okurlara yansıtılacaktır.

Çizilen çerçeve içinde "Jeoloji Panorama" 'yer bilimcilerin çeşitli jeoloji disiplinlerine ai\$ üretimlerinin sergi-lendiği bir platform olarak nitelendirilebilir.

"Jeoloji Mühendisliği" okurları da, "Jeoloji Panom-ma"ya yakardaki konulara- ilişkin hazırlayacakları ha-ber ve tanıtım yazılan ile katkı da bulunabilirler.

## Dünya Periyodiklerinden. Makaleler

• "Geological Magazine" 1995,, cilt, 132, no. 1 -5

5 sayı içinde özellikle ülkemizin jeolojisini ilgilendiren yada ilginç olan makaleler:

132/1, Ocak; 1995:

Fortey, R.A., Harper, D.A.T., Ingham, J.K., Owen, A.W. and Rusitoo, A.W.A., 1995, A revision of Ordovician series and stages from the historical type arex Geological Magazine, 132,1,15 - 30.

132/2, Mart 1995:

Oliver, G.J.H., Johnson, M.J.R.W. and Fallick, A.E., 1995, Age of metamorphism in the Lesser Himalaya and

the Main Central Thrust zone, Caarhwal India: results of Hüte crystallinity, <sup>40</sup>Ar-<sup>30</sup>Ar fusion and K-Ar studies: Geological Magazine, 132,2,, 139 -149.

132/3,, Mayıs, 1995:

Bozkurt, E., Winchester, J.A. and Park, R.G., 1995, Geochemistry and tectonic significance of augen gneisses from the Southern Menderes Massif (West Turkey); Geological Magazine, 132,, 3,, 287 - 301.

Griand, B., Bouchardon, J.L., Ouali, H., Kboüle, M., and Capter, P., 1995,, Geochemistry of bimodal and Mbo-liic -felsic gneiss complexes from eastern Massif central, France: Geological Magazine, 132,, 3,321 - 337.,

132/4, Temmuz, 1995:

Hamdi, B., Rozanov, A.Yo. and Zhiirawlev, A. Ye., 1995, Latest Middle Cambrian mefazoan reef from northern Iran: Geological Magazine,, 132,4,367 - 373.,

Segev, A., Hali.cz, L., Steinitz, G. and Gang,, B., 1995, Post - depositional processes on a buried Cambrian sequence in southern israil,, north Arabian Massif: evidence from - new K-Ar dating of Mn-noduies: Geological Magazine, 132,4, 375 - 385. '

132/5, Eylül 1995:

Kimbell, G.J. and Stone, P., 1995, Crustal magnetization variations across the lapetus suture zone: Geological Magazine, 132,5,599-609.

"Tectonophysics" 1995

241/no., 1-2:

Pedcock, D.C.P. and Sanderson, D.i., Pull - apatts, shear fractures and pressure solution , 1 - 14.

Guilot, S., Le Fort, A., Pécher, A., Barman, M.R. and Aprahamian, L, Contact metamorphism and dept of emplacement of the Munaslu granite (Central Nopal). Implications for Himalayan orogenesis, 99 -120.

24 I/no. 3-4:

Berberian, M., Master 'blind'\* thrusts faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics; .193 - 224.

243/ no. 3-4:

Genç, Ş.C. and Yılmaz, Y., Evolution of the Triassic continental margin northwest Anatolia, 193 - 207..

Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Yiğitbaş, E., Bozcu, M., and Yılmaz, K., *Geological evolution of the late Mesozoic continental margin of Northwestern Anatolia*» 155 - 171,

244/no. 1 - 3:

Special. Issue: *Heat flow and thermal regimes of continental lithosphere.*

Cennak, V., and Bodri, L., *Three -dimensional deep temperature modelling along the European geotraverse*, 1-12.

Cermak, V., *A geothermml model of the Central segment of the European Geotraverse*, 51 - 56.

Hella Vedova, B., Lucuzcau, F., Pascuale, V., Pelin, G. and Verdoya, M., *Heat flow in the tectonic provinces crossed by the southern segment of the European Geotraverse*, 57 - 74..

Hurtig, E., *Temperature and heat -flow density along European transcontinental profiles*, 75 - 84..

Vasseur, G., Brigand, F. and Demongodin, L., *Thermal conductivity estimation in sedimentary basins.*, 167 - 174.

tıkışık, Ö.M., *Regional heat flow in western Anatolian using silica temperature estimates from thermal springs*, 175 -184..

244/no, 4:

Wong, İLK., Ludmann, T., Uluğ, A. and Görür, N., *The sea of Marmara: a plate boundary sea in an escape tectonic regime.*, 231 - 250.

Tatar, O., Piper, J.D.A., Park, R.G. and Gürsoy, H., *Palaeomagnetic study of block rotations., in the Nizak overlap region of the North Anatolian Fault Zone, central Turkey*, 251 - 266.

249/DO. 1 - 2:

Kafile, H.G., Müller, M.V., Geiger, A., Danuser, G., Mueller, S., Vds., G., BiHns, H. and Pradissis, D., *The stain field in northwestern Greece and the Ionian islands: results inferred from GPS measurements*, 41 - 52.

250/no. 1 - 3:

Akıncı, A., Ibanez, X.M., del Pezzo, E. and Morales,, I., *Geometrical spreading and attenuation of Lg waves: a comparison between western Anatolia. (Turkey) and southern Spain*, 47 - 60.,

"Geology" Vol. 23.» 1994» 1.995

22/no. 3,1994

Okay, A.I., Şengör, A.M.C. and Görür, N., *Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding regions*, 267' - 270.

23/no, 2,1.995

Christopher, A., McRoberts, Cathryn R. Newton., *Selective extinction among end - Triassic Eorupian bivalves.*, 102 -1.04.

23/00. 3

John B. Ritter., Jerry R. Miller., Yehouda Enzel, Stephen G. Wells., *Reconciling the wies of tectonism and climate in Quaternary alluvial fan evolution*, 245 - 248.

C.,J, Macleod, B J. Morton., *On the sense of slip of the southern Troodos transform fault zone, Cyprus*, 257 - 260.

23/no. 4

Bruce P. Luyendyk, *Hypothesis for Cretaceous rifting of east Gondwana caused by subducted slab capture*, 373 - 376.

23/no. 5

•SA., Schurnm, David K, Rea, *Sediment yield front disturbed earth systems.*, 391 - 394.

23/110..5

Ralf Hetzet, Cees W. Passclüon, Uwe Riogs Özcan O. Dora, *B iver gent extension in orogenic belts: The Menderes massif (southwestern Turkey)*, 455 - 458. •

Scambelluri, M., Munteieir, O., Hermann, J., Piccardo,, G.B., Trommsdorff, V., *Subduction of water into the mantle: History of an Alpine peridotite.*, 459 - 462.

23/00. 6

Reiners, P.W., Nelson., R.K., GMorso, M.S., *Assimilation of felsic crust by basaltic magma: Thermal limity and extents of crustal contamination of mantle - desived magmas*, 563 - 566.

23/noJ

Beaton, M.J., Simins, MJ., *Testing the marine and continental fossil records*, 601 - 604,

23/m 8

McClay, K., Dooley, T., *Analogue models of pull - apart basins*, 711 - 714..

23/no. 11

Storti., F., McClay, K., *Influence of syntectonic sedimentation on t hurst wedges in analogue models*, 999 - 1002.

Gonzales-Gonorrino, G., Eyles, N., *Inverse relation between ice extent and the late Paleozoic glacial record of Gondwana*, 1015 -1018.

"Natni-e", dit 377,1995

377/28 September 1995

Storey., B.C., *The role of mantle plumes in continental breakup: case histories from Gondwana Land*, 301 - 308. ~

"Bulletin of Volcanology", Vol. 56,1995

56/no. 8

Sdiuamaeher, R., Schminche, H.U., *Models for the origin of 'accretinonary lapilli*, 626 - 639.

## Özler / Abstracts

Anna Farinacci, 1993, *Argolide (Grecia) e Bey Daglari (Turchia): un pretesto per l'utilizzazione delle fadec nella compressione delta teonica sinsedimentaria: Paleogeologia* 3,47 - 58, Roma. \*

*Argolid (Greece) and Bey Daglari (Turkey): a testing of fades in the understanding of synsedimentary tectonics»*

This paper<sup>1</sup> deals with the link between, sedimentary fades and subsidence in the Cretaceous limestones of the western and eastern ends of the Aegean Arc (Akros in Argolid and Bey Daglari in the Western Taurus). By means of a model of extensional tectonics, it has been possible to recognize the reason why the buildup of carbonate platforms was so active in these areas, since they were the products of sedimentation which subsided gradually in an unstable area. On the other hand, in the stable plateaux, active carbonate sedimentation was inhibited by negative subsidence, resulting from compressional tectonics in a strike-slip system. Consequently, there, the space necessary for deposition was not created by the weight of the sediments and sedimentary gaps were very frequent. On the non subsident plateaux, with little platform, benthos and with no carbonate buildup, only pelagic organisms were able to fix the carbonate portion of the sediment; here there is an increased clay: carbonate ratio, since the amount of carbonate being deposited was low. Because of the differentiation of a subsiding platform and of a stable plateau, which were in lateral contact, or which alternated; vertically, a deep-seated tectonics is believed to be responsible for the differing responses of subsidence to the sediment load. Moreover along, strike-slip faults and margins of half-grabens, materials from, carbonate platforms could have been, transported, to the stable plateaux, subsiding a little by drag from the subsiding area, where the carbonate platform was being built. Because of the biological progradation of the carbonate shelf towards the fore-reef and outer rim, that is along active marginal faults, unconsolidated shelf margin sediments collapsed due to tectonic pulses, and were thus moved to the transitional margin between the subsiding areas and the stable, plateaux, which, were subsiding only a little through drag, and whose marginal areas appeared to be more unstable than the internal ones. The trend of the tectonics can change a subsiding area to a stable one; after the Cenomanian active buildup, subsidence stopped at the beginning of the Turanian, and the carbonate platform of the Aegean Arc was subject to subaerial exposure. After karstification, of the surface, sedimentation began again in the "scaglia" facies with globotruncanids during the

Turanian or later, into the Coniacian and Saitonian (thus the drawing was gradual and lasted between 2. and 6 million years, the sedimentary sequences having, moreover, many gaps and limited thickness). The succeeding Late Campanian - Maastrichtian succession, (that is, after about 15 million years from the cessation, of the carbonate buildup) happened, almost contemporaneously everywhere in the Aegean Arc in the "scaglia" facies with globotruncanids. This situation is common to Akros and Bey Daglari; except in the Susuz Dag succession (the south-western part, of the Bey Daglari), where, after sedimentation of the limestones in "scaglia" facies, the shelf buildup began again in the Maastrichtian, with transitional facies, along the main fault\*

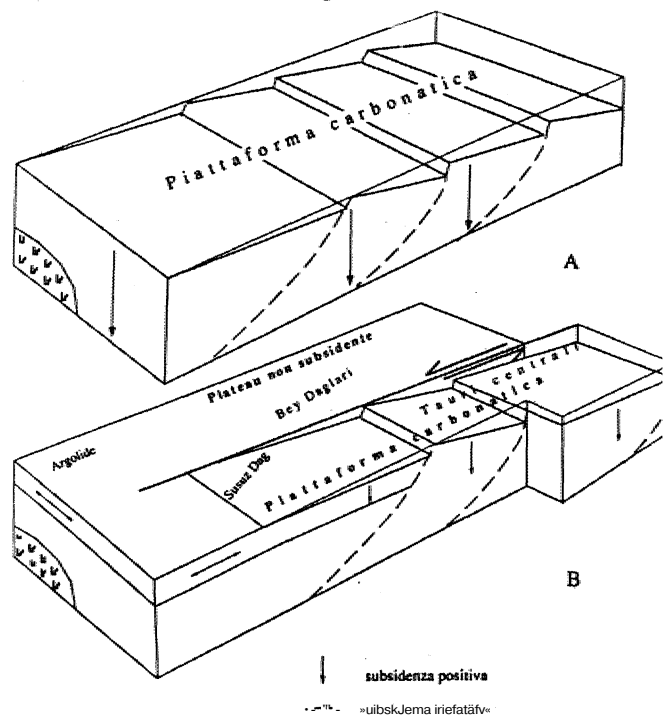


Fig. 3, A) Situazione tettonica con subsidenza positiva graduale durante il buildup carbonatico del Cenomaniano, estesa a tutte le unità geografiche dell'Arco Egeo, B) Situazione tettonica durante la transgressione tardo campaniano - maastrichtiano con le unità geografiche ubicate secondo le facies, e la subsidenza differenziata (vedi il testo).

AJL, Okay, A.M.C, Şengör, M, Görür, 1994, *Jö'ne-ümüc history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding regions: Geology*, v. 22., p. 267 - 270, March 1994.

The Black Sea consists of two oceanic basins separated by the mid-Black Sea ridge. The east-west-oriented west Black Sea basin opened as a back-arc rift in the Cretaceous by tearing a Hercynian continental sliver, the Istanbul Zone, from the present-day Odessa shelf. The Istanbul zone, which was initially contiguous with the Moesian platform in the west, moved south during

the Late Cretaceous - Paleocene with respect to the Odessa shelf along two transform faults: the dextral west Black Sea and the sinistral west Crimean faults. It collided, in the early Eocene with a Cimmeride zone in the south,, there by ending the extension in the western Black Sea and deactivating both the west Black Sea and the west Crimean faults as strike - slip faults. The east Black Sea basin opened as a result of the counterclockwise rotation of an east. Black Sea block around a rotation pole located north, of the Crimea,. This block, was bounded by the west Crimean fault, the southern margin of the eastern Black. Sea,, and the southern frontal thrusts of the Greater Caucasus,. The rotation of the east Black Sea, and the southern frontal thrusts of the Greater Caucasus,.. The rotation of the east Black Sea block, was contemporaneous with the rifting of the west: Black Sea basin but lasted until the Miocene, resulting in continuous compression along the Greater Caucasus.

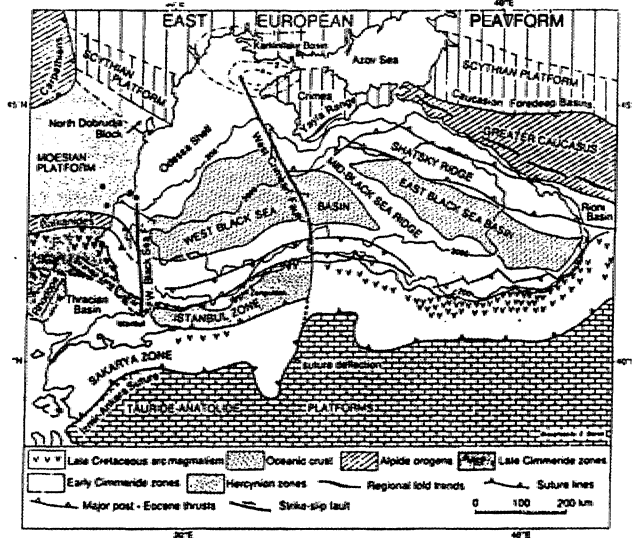


Fig. 1. Tectonic map of Black Sea region (Şengör u.d Yilmaz, 1981, tugolesov et al, 1985; Finetti et al., 1988; Okay,-1989). Bars across west. Black Sea and west Crimean faults indicate locations of seismic sections in Daebev et al. (1988) and Finetti et al. (1988), respectively, which delineate: these faults. Ckcles in southern part of Moesian platform indicate location of boreholes used for stratigraphy of Moesian platform (cf. Fig. 2). Contours north of Crimea give Upper Cretaceous - Lower Miocene sediments thicknesses in karhins sky basin (Vinogradou, 1966,, 1968). Depth contours in metres.

Ş.,C, Genç, Y., Yılmaz, 1995, *Evolution of the Triassic continental margin, northwest Anatolia; Tectonophysics*, 243,193 - 207

The northwest Anatolian basement consists, of two distinctly different metamorphic assemblages which were juxtaposed prior to the deposition of Liassic cover sediments\* These include the lower and the upper associations,. The lower association is mainly represented by Tri

assic metavolcanic and associated metasedimentary units, together with a slice of ophiolite. The upper association rests on the lower association with a low - angle thrust, fault and is composed of Paleozoic or older schists, gneisses and phyllites. A transgressive succession begin, above the basement with Permo - Carboniferous neritic limestones. These platform type carbonates were disrupted by rifting during the early Triassic. At the initial phase of rifting, coarse elastics and associated rift type lavas were formed. The rift then, evolved into an' ocean basin,, which closed, at the end of the Triassic. The continental margin of the Triassic basin underwent regional, metamorphism, initially high T/low P, it was followed, later by a high P/low T metamorphic phase. During the metamorphism, the continental margin units were- multiply deformed by north - directed compressive stress. Later on, unmetamorphosed Triassic successions of the continental margin were thrust northward onto the metamorphosed part of the same continental margin,. Thus the Triassic assemblages of northwest Anatolia, collectively display the: dynamics and various structural affects of the deformation recorded, in the continental margin and adjacent oceanic unit.,

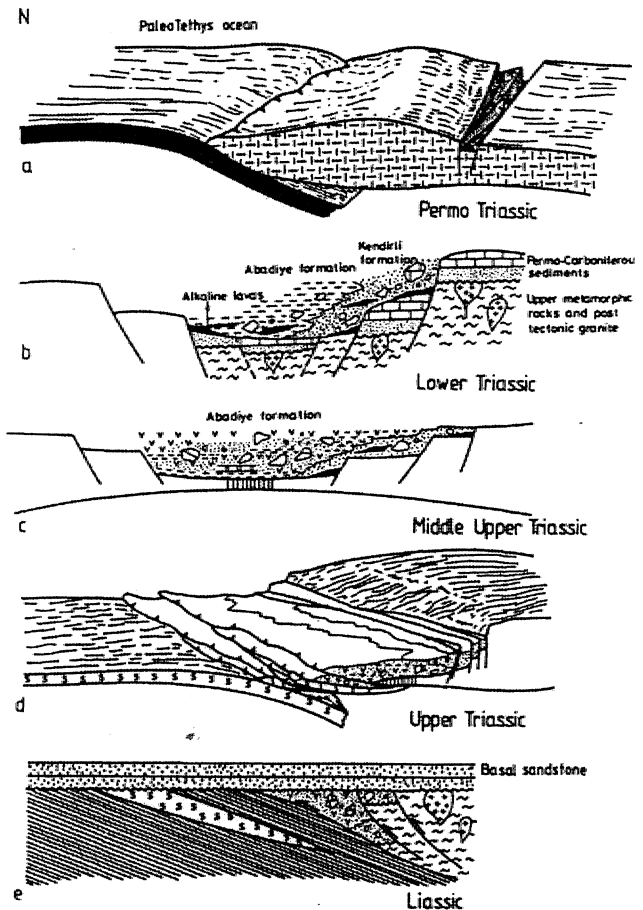


Fig. 11. Diagram showing consecutive stages of development of the Triassic basin in northwest Anatolia.

Y., Yılmaz, Ş.C., Genç, E., Yiğitbaş, M., Bozca, K., Yılmaz, 1995, *Geological evolution of the late Mesozoic continental margin of Northwestern Anatolia: Tectonophysics*, 243» 155 - 171.

The Armutlu peninsula is a composite tectonic entity made up of sections, of the Sakarya continent, the Rhodope - Pontide fragment and an ophiolite. These are assembled following a continental collision between Gondwanaland and Laurasia during the Late Cretaceous. The northern margin of the Sakarya continent underwent progressively increasing deformation prior to and during the advancing collision, due to continued convergence between the two continents. Initially, the leading edge of the continent, subsided under the load of an approaching ophiolitic slab. Following this, a north - directed thrusting and folding occurred during the Turanian. Progressive elimination and eventual closure of the ocean preceded the thrusting of northerly situated, collision - induced, nappe packages, over the leading, edge - of - the - Sakarya continent. The nappe - laden edge of the continental margin then collapsed and steadily subsided under the heavy load of the ophiolitic slab and the northern continental fragment. Consequently,, the nappe packages and the ophiolite were collectively metamorphosed during the Coniacian - Santonian interval. During the Subsidence the main body of the Sakarya continent partially detached from its collapsed, edge along a fault zone - and thus suffered an independent but less severe deformation,, which lasted, until the uplift of the collapsed edge in the Campanian. From the late Campanian onward throughout later orogenic stages, the metamorphic and non - metamorphic units amalgamated into a single tectonic entity, forming a basement for younger cover rocks (Fig.. 9).

Aral, L, Okay, Helfried, Mostler, 1994, *Carboniferous and Permian Radiolarite Blocks from the Karakaya Complex in Northwest Turkey*; Tr. J. of Earth Sciences 3,23 - 28» TÜBİTAK..

The Karakaya Complex, is a strongly deformed, partially metamorphosed, heterogeneous assemblage of Permian - Triassic clastic, volcanoclastic, and basic volcanic rocks with wide outcrops in the Sakarya Zone of the Pontides. Here, we report for the first time, Upper Paleozoic pelagic sediments found as exotic blocks in the Karakaya Complex in the Biga Peninsula of northwestern Turkey. One - such, block occurs in the sandstones of the Hodul Unit of the Karakaya Complex northeast of Balya. It is a two - meter - large block made - up of intercalated, thinly bedded red limestone and radiolarian chert. A sample from the limestone has yielded Bashkirian (Middle Carboniferous) conodonts. Blocks of radiolarian chert, also occur in the siliceous shales of the Çal Unit of the Karakaya Complex southeast of Çan., A

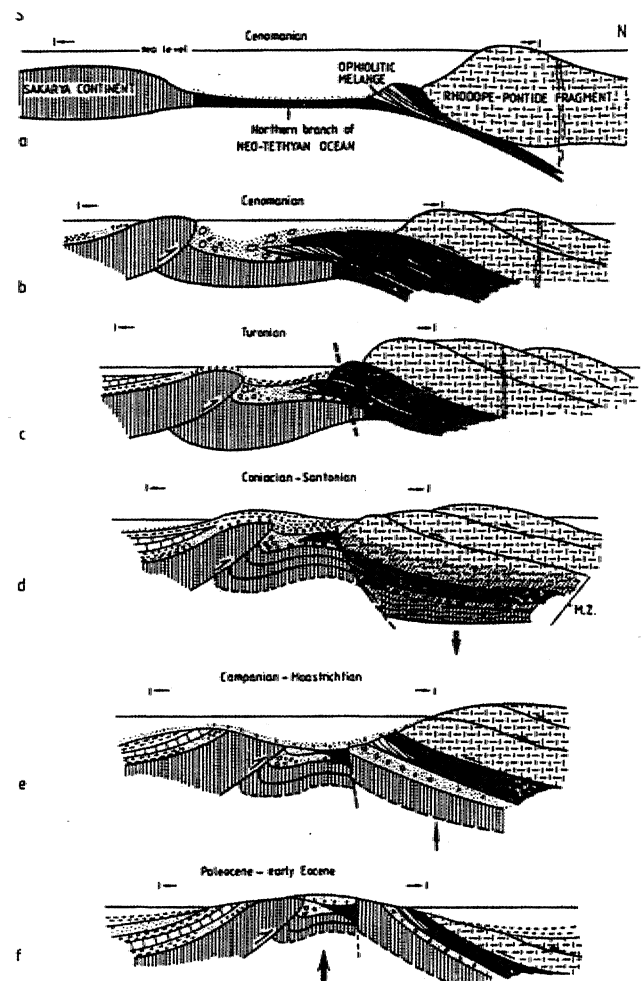


Fig. 9. Plate tectonic model displaying subsequent stages of the evolution and foreland deformation of the region during the Late Cretaceous and early Tertiary. The horizontal arrows indicate the limits of the region corresponding to the study area. (a) The north - facing continental margin formed during the Mesozoic and persisted until the Late Cretaceous. The northern continent, which at present corresponds to the western Pontides (the Rhodope - Pontide fragment), comprised the southern part of Laurasia. The southern continent (the Sakarya continent) represented a fragment of Gondwanaland. The ocean that separated the two continents is known as the northern branch of the Neo-Tethyan ocean. The ocean floor began to be consumed, possibly by northward subduction under the Rhodope-Pontide fragment, (b) An ophiolitic slab detached from its root and began to move southwards toward the Sakarya continent, possibly during the Cenomanian. In front of the ophiolitic slab a foredeep and an accompanying thrust-induced forebulge formed on the edge of the Sakarya continent. The forebulge reached above sea level and was deeply eroded. Materials derived from the elevated region were then transported into adjacent structural lows as debris flows and blocks. This may have coincided with the initial phase of continental collision, as a result of elimination of the ocean floor which left behind a remnant sea. After the Cenomanian no more abyssal plain sediments were formed. Intense simultaneous tectonic activity is recorded on both continents as thrusting and tight folding, (c) Progressive stacking of the nappes transported southwards created a heavy burden on the edge of the foreland of the Sakarya continent. As a result of the increasing load, the edge of the continent is assumed to have collapsed and subsided. The broken line indicates a hypothetical fault along which the loaded edge of the continent began to subside.



(d) The collapsed edge of the Sakarya continent, the overlying slab of the ophiolite and the Rhodope - Pontide fragment were collectively buried and metamorphosed. M.Z. = the metamorphosed zone; thick arrow = subsidence; (e) The metamorphosed nappe stack rose rapidly before the late Campanian. Broken line = a hypothetical, fault zone, which facilitated the uplift of the collapsed and metamorphosed units; arrow = the uplift. Following the uplift, the southern, central and the northern zones were collectively covered, for the first time under a common sea where a wide range of coeval sedimentary rocks were deposited. From the north to the south, transitions from fluvial to shallow marine environments passing into a deeper marine flysch basin are recorded in the Upper Campanian - Maastrichtian successions (see FL 8) (f) As a result of continued convergence the flysch basin was gradually elevated and finally rose above the sea. However, in the interior of both continents the sea realms remained, until the end of the early Eocene. The arrow indicates thickening, shortening and consequent uplift of the central sector due to north - south compression.

sample from the **ladiolarian** chert has yielded Sakmarian to Artioskian (Lower Permian) radiolaria. The discovery of Upper Paleozoic pelagic sediments in the Karakaya Complex indicates that the Karakaya Complex does not represent Triassic rift deposits as generally believed, but probably represents active margin units of Permian - Triassic age and includes possible oceanic accretionary material as old as Carboniferous.

M., Görür, A.L. Okay., (X, Tüysüz, E\*, Yiğitbaş, R., Akkök, 1995, *İstanbul - Zonguldak Permian ve Mesozoik istifinin paleoçöğrümik ve tektonik konumu: Zonguldak Havzası Amşınım. Kuyuları -1: Kozlu - K20/G.* M.N. Yalçın, ve G. Gürdal (Der.) TÜBİTAK, MAM, Özel Yayımı, 27 - 43, 1995.

Batı Pontidlerde, İstanbul ve Zonguldak arasındaki Karbonifer kayaları, İstanbul Zonu olarak bilinen Hersiniyen kıta parçası üzerinde yer alır. Batıda, İstanbul ve dolayında, Karbonifer istifinin tabanında Üst Devoniyen yaşlı çörtlü ve nodüler kireçtaşları bulunur. Bunlar üste doğru Vizeen yaşlı, fosfat yumrulu, şeyi arakalmanii, radyolaryalı çörtlere geçer. Derin: denizel nitelikli bu kesimin üzerine de grovak, siltaşı ve şeyi aradlanmasından oluşan kalın bir türbidit istifi gelir. İstif Triyas yaşlı kırmızı kaba kırıntılılar tarafından, açıl diskordansla örtülür. Zonguldak, dolayında ise Karbonifer istifi. Üst Devoniyen resifal kireçtaşlarının üzerinde yer alan şeyi arakatmanlı Vizeen kireçtaşları ile başlar. Vizeen kireçtaşları üzerine yaygın kömür yatakları içeren kırıntılı. Namuriyen - Vestfaliyen istifi, gelir. İstanbul - Zonguldak arasındaki alanda Karbonifer kayaları, Ordovisiyen - Karbonifer döneminde gelişmiş, kalın bir pasif kıta kenarı istifi içinde yer alır. Bu birlik kendisine komşu olan diğer tektonik birliklerde yer alan Paleozoik yaşlı istiflerden, belirgin, farklılıklar sunar. Buna karşılık Moesya platformu ile yakın benzerlikleri vardır. Karadeniz ve çevreleyen alanlardan elde edilen jeoloji, jeofizik, ve jeomorfolojik veriler, İstanbul Zonu'nun Karbonifer döneminde Odesa şelfi boyunca Moesya Platformu ve Kırım arasında yer aldığını gös-

termektedir. İstanbul Zonu, bugünkü konumunu Albinyen - erken Eosen döneminde Balı Karadeniz havzasının gelişimi esnasında iki ana transform fayla kazanmıştır (Okay vd., 1994).

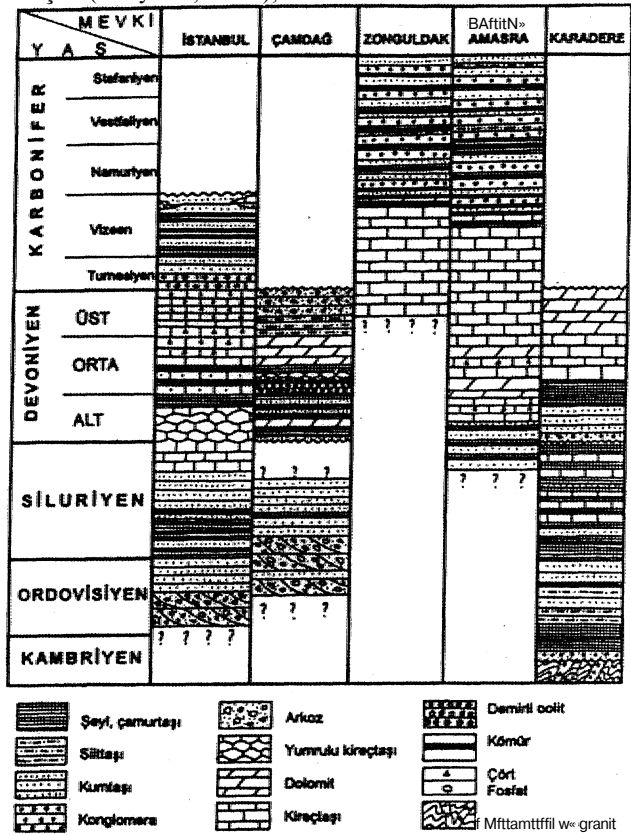


Fig. 3. Kuzey Anadolu'daki Paleozoik istiflerine ait stratigrafik kesitleri.

E. Bozkurt, J.A. Winchester and R.G. Fark, 1995, *Geochemistry and tectonic significance of augen gneisses from the Southern Menderes Massif (West Turkey)*; *Geological Magazine*, 132, 3, 287 - 301.

The protoliths of mylonitized augen gneisses exposed in the southern sector of the Menderes Massif (West Turkey) are calc-alkaline, peraluminous, S-type, late- to post-tectonic tourmaline- and garnet-bearing, two-mica leucogranites. They cut and post-date the fabrics of the "main Menderes metamorphism" which took place between the early Eocene and early Oligocene and intrude metamorphic basement rocks comprising the so-called Palaeozoic: schist envelope' of the massif. They are themselves cut by an extensive network of tourmaline-rich dykes. Chemical, mineralogical, isotopic and field relations suggest that the granitic protolith crystallized from a boron-rich, water-saturated melt, derived from partial melting of metagreywacke in the lower crust during peak Barrovian-type metamorphism. The protolith was probably emplaced during late-orogenic extensional collapse of the thickened crust, in west Turkey during late Oligocene time.

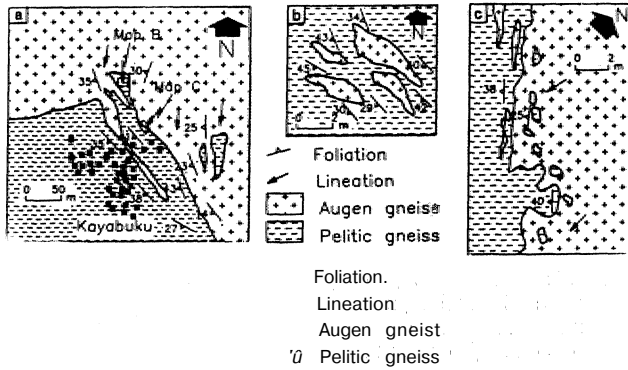


Fig. 10. (a) Large-scale detailed geological map at Kayabükü village showing the cross-cutting relationships between the augen gneisses and the fine-grained pelitic gneisses. Note the sill-like intrusion of granitic rocks into the host rocks. Locations of Figure 3b and c are indicated; (b) detailed sketch map illustrating small scale deformed granite veins within the pelitic gneisses; (c) detailed view of the boundary between the augen gneisses and the fine-grained pelitic gneisses. Both the granitic veins and the enclaves of schist are concentrated around the boundary (from Bozkurt, Park & Winchester, 1993).

OJM. tikişik, 1995» Regional heat flow in western Anatolia using silica temperature estimates from thermal springs; *Tectonophysics*, 244,1-3» 175 -184.

Regional trends of variation of heat flow in western Anatolia have been outlined, using the silica temperature estimator on thermal springs. Silica heat-flow values from 187 springs have been calculated. The data are corrected for local long-term mean annual surface temperature. A mean value of heat flow for the western part of Anatolia of  $107 \pm 45 \text{ mWm}^{-2}$  has been obtained, which is about 60% above the world average.

The silica heat-flow data are compared with available conventional heat-flow values for this region. A general agreement is observed, and new patterns are recognized. A close association exists between areas of high silica heat-flow values (above  $100 \text{ mWm}^{-2}$ ), and areas of Tertiary and younger volcanism. High heat flow is also ob-

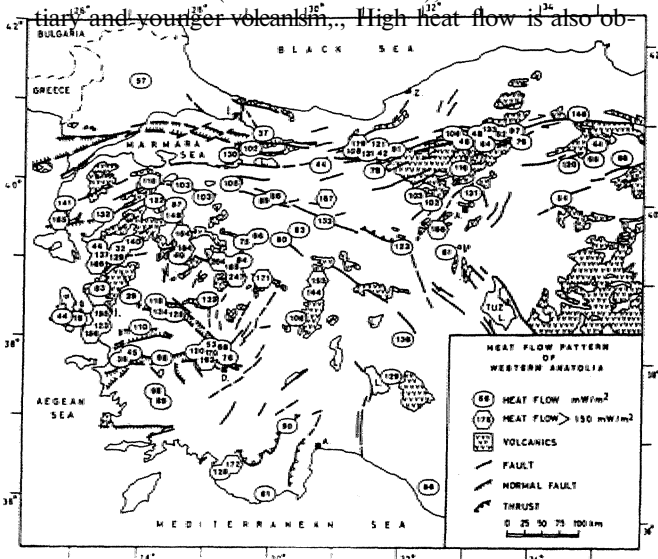


Fig. 2. Heat flow in western Anatolia from silica geotemperatures.

served in Palaeozoic, units of the Menderes Massif which is under tensional stress. The highest heat-flow estimate of  $247 \text{ mWm}^{-2}$  is obtained near Gediz ( $38^{\circ}57' \text{ N}$ ,  $29^{\circ}13.2' \text{ E}$ ). This area is part of a seismically active region and is located, near a Middle Eocene subduction zone which is an area, of later collision, tectonics.

The new heat-flow data from western Anatolia improve our knowledge of the thermal conditions within the crust. This information is important for the analysis of various geophysical and geological phenomena including seismically.

O. Tatar, J.D.A. Piper, R.G. Park and H. Gürsoy, 1995, *Palaeomagnetic study of block rotations in the Niksar overlap region of the North Anatolian Fault Zone. Central Turkey; Tectonophysics*, 244, 4, 251 - 266.

This palaeomagnetic study investigates crystal deformation within, and adjacent to, the Niksar overlap area of the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) in central-east Turkey. The studied rock formations comprise: (1) red limestones, of Late Cretaceous age (3 sites); (2) mafic lavas of Eocene age on the north side (13 sites) and south side (9 sites) of the NAFZ; and (3) volcanic rocks of Pliocene - Quaternary age from the Niksar pull-apart basin within the NAFZ (8 sites). Comparisons with reference palaeofield directions computed from apparent polar wander paths of the Eurasian and Afro - Arabian plates identify two scales, of regional and local tectonic rotation:

(1) A pre-tilting remanence in the Eocene volcanic rocks south of the NAFZ ( $D/I = 144.1 / -47.5\%$   $\alpha_k = 7.6^\circ$ ) is interpreted to reflect counterclockwise rotation by  $30-40^\circ$  from the reference palaeofields. Contemporaneous volcanic rocks from the north side of the NAFZ have the same reverse polarity recorded in pre-tilting magnetisations. The remanence is also rotated counterclockwise ( $D/I = 152.4 / -42.5\%$   $\alpha_k = 11.3^\circ$ ), but by about  $8^\circ$  less than the volcanics on the south side of the NAFZ. Hence similar amounts of rotation are observed, on both sides of the NAFZ and are interpreted to reflect motions during the pre-Middle Miocene collisional history in this sector of the Pontides. No distributed clockwise rotation is observed from subsequent dextral motion along the NAFZ intracontinental transform. The slightly larger anticlockwise rotation found on the south side of the NAFZ probably records relative rotation of en-echelon wedges by continental escape during post-Middle Miocene strike slip along the transform.

(2) Within the narrow zone of intense deformation along the NAFZ, Cretaceous limestones appear to be rotated clockwise by dextral strike-slip motion whilst Pliocene - Quaternary lavas within a fault-bounded block in the overlap region associated with the Niksar pull-apart basin, have magnetisations consistently directed  $240 - 270^\circ \text{ E}$ . Magnetic inclinations are not diagnostic of polarity but both polarity solutions identify rapid, clockwise rotation at rates in excess of  $50^\circ/\text{m.y.}$  A normal polarity solution is favoured and implies that a block (ca. 5 km. across) has undergone a strike-slip displacement of

around 12. km. with the NAFZ during the last polarity chron. Cretaceous - Eocene palaeolatitudes are closer<sup>1</sup> to those predicted from Eurasia than Afro - Arabia, but a study of older rocks is required to resolve affinities of this, sector of the Anatolian block...

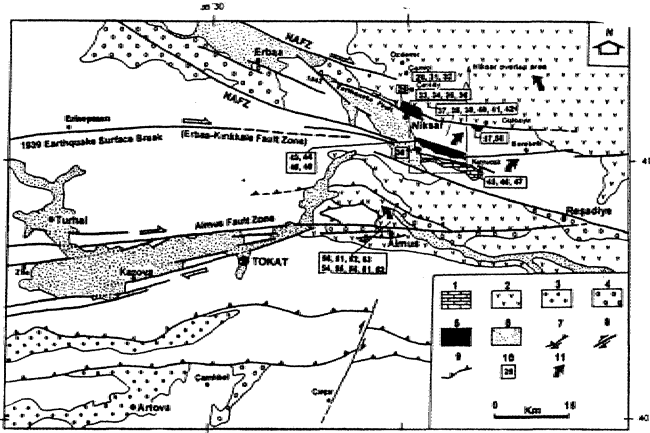


Fig. 2. Simplified geological map of the study area, showing sampling localities. The regional location is shown in Fig. 1. The inset legend: 1 = Upper Cretaceous red limestones; 2 = Eocene volcano - sedimentary units; 3 = Miocene - Pliocene deposits; 4 = Plk - Quaternary deposits; 5 = Plio - Quaternary volcanics; 6 = Quaternary deposits; 7 = transpressional fault with reverse component; 8 = strike - slip fault; 9 = thrust; 10 = sampling locations and numbers of site; 11 = sense of rotation.

## Sempozyum, Seminer, Konferans

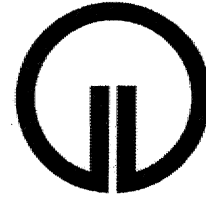
### KARADENİZ' TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK - MİMARLIK FAKÜLTESİ JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ İÖLÜMÜNÜN 30. YIL SEMPOZYUMU

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik - Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünün (1965 - 1995) 30. yıl sempozyumu 16 - 20 Ekim 1995 tarihleri arasında Trabzon'da üniversite kampüsünde Jeoloji Mühendisliği Bölümü, tarafından gerçekleştirildi.

Sempozyumda Mineraloji - Petrografi, Maden. Yatakları - Jeokimya, Yapısal Jeoloji. - Tektonik, Mühendislik Jeolojisi, Paleontoloji, Hidrojeoloji, Sedimentoloji, Stratigrafi» Petrol Jeolojisi, Kömür Jeolojisi olmak 10 bölüm altında toplam 114 bildiri sunulmuştur., Syuulao bu bildirilere ait makaleler, düzenleme komitesi tarafından sempozyum bildiri kitabında yayınlanacaktır. Sempozyum bildiri özlere kitabında, yeralan bildirilerin başlıkları ve yazarları aşağıda, verilmiştir.

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ, Sayı48

### KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ



### JEOLOJİ MÜH. BÖLÜMÜ (1965-1995)

## 30. YIL SEMPOZYUMU

### BİLDİRİ ÖZLERİ

16-20 Ekim 1995

TRABZON

### İÇİNDEKİLER/Contents

#### MİNERALOJİ-PETROGRAFI / Mineralogy-Petrography

DERELİ BARİT YATAĞININ JEOLÖK VE PETROGRAFIK İNCELENMESİ Geologic and Petrographic Investigation of the Dereli Barite Deposit Mustafa ASLANER ve Özcan YİĞİT.....	2
İSCEHİSAR (AFYON) MERMERLERİNİN PETROGRAFIK VE BİOMEKANİK ÖZELLİKLERİ Petrographical and Geomechanical Properties of İscehisar (Afyon) Marbles Mesut AMİL, Alastin KILIÇ ve Sair KAHRAMAN.....	3
DOĞU PONTİDLERİNDE ÇARPIŞMA SONRASI OLUŞAN SENOZOYİK YAŞLI PLÜTONİK VE VOLKANİK TOPLULUK The Post Collisional Cenozoic Plutonic and Volcanic Association of the Eastern Pontides Ali YILMAZ ve Nuri TERZİOĞLU.....	4
BEKİLLİ (DENİZLİ) - KARAHALLI (UŞAK) YÖRESİNDE YÜZEYLENEN BAŞKALAŞIM KAYAÇLARININ PETROGRAFIK ÖZELLİKLERİ Petrographical Features of the Metamorphic Rocks in the Bekilli (Denizli) Karahalli (Uşak) of the Surrounding Area Ali BİLGİN ve Yaşar KIBICI.....	5
ÖZDİL (YOMRA) GRANTİTOİD VE BUNA BAĞLI OLUŞAN DOKANAK METAMORFİZMASI Özül (Yomra) Granitoid and Related to Contact Metamorphism Zafer ASLAN ve M. Burhan SADIKLAR.....	6
DOĞU PONTİD METAMORFİK TABANINA İLİŞKİN YAŞ VE FASİYES VERİLERİNİN KİYASLANMASI. MAÇKA-ARSIN-ÇAYKARA (TRABZON) GÜNEYİ, KD TÜRKİYE The Comparison of Age and Facies Evidences Relating to the Eastern Pontide Metamorphic Basement, South of Maçka-Arsin-Çaykara (Trabzon), NE Türkiye. Salim GENÇ ve Balant YALÇINALP.....	7
TRABZON YÖRESİ LÖSİTLERİNİN PETROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ Petrochemical Features of Leucites from the Trabzon Area Ali VAN, Cüneyt ŞEN, Bilent YALÇINALP ve Gültekin TOPUZ.....	8
ERMENEK (KONYA) NEOJEN HAVZASININ KİL MİNERALOGİSİ Clay Mineralogy of Neogene Basin of Ermenek (Konya) Necati KARAKAYA, Mustafa ÇELİK ve M. Tahir HALBANTÇILAR.....	9
SEYDİŞEHR-ARSEKI YÖRESİ BOKSİTLERİNİN MİNERALOJİK-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ Mineralogic-Chemical Properties of Seydişehir-Arselik Bauxites A. Nurgün ERKAN ve Mustafa ÇELİK.....	10
KONYA BATI-GÜNEYBATISINDA KİL VE KİLDİŞİ MİNERALLEŞMELERİN ÖZELLİKLERİ Properties of Clay and Nooclay Mineralizations in West and Southwest of Konya Mustafa ÇELİK, Abdül TEMEL, ve Cemal TUNOĞLU.....	11
KARADAĞ-SIZMA (KONYA) YÖRESİNDEKİ MAFİSİT METAMORFİZMASININ KÖKENİ Origin of Bifasciated Metamorphism in the Karadağ-Sızma (Konya) Region Yüksel AYDIN.....	12
AKDAĞMADENİ (YOZGAT) METAMORFİTLERİNDE YERALAN ORTAKÖY GRANTİTOİDİNDEKİ KSENOLİTLERİN MİNERALOJİK VE PETROGRAFIK ÖZELLİKLERİ Mineralogical and Petrographical Features of Xenoliths of Orthopy Granitoid from Akdağmadeni (Yozgat) Metamorphites Mustafa YILDIZ ve Yusuf Kağan KADIOĞLU.....	13



S^H6YM<AJJI\*.....M

Umm<IMMM> SUAMASI İLETİM TİMİMLİ MÜHENDİSLİK JEOUTSİ İNCELEMESİ

mmm<mmmm> mmm.msRSEym İTYCULAMALARI

SHTYm MU\*E, Ü E M COR\*, \*\* H^EO AŞİT.....S7

itiHiOMAMIICDEF<^>İNDE GÖZLENEN ZEMİN SIVELANMASI VE

AMmäawySlii^fertilLffettM^ OBSERVED IN SOME EARTHQUAKES IN TURKEY

FALEONTOLOĞ^Paıwn,tol(ı)

İSTANBULootieiötci^Ämİ^İARA DENİZİ-KARADENİZ BAĞLANTISININ İZMİT KÖRFEZİ

TOVVA-DÜZKÖY (OB-TMMKBON) TÜRESİDE GEÇ KRETASE-EPİCEN FALEQSEX FLANKTE

MONA rcmESummsssijfMwm mM^mmmm/TXMMLWüwmw-

İSTANBUL... &Ş^\* MERIC.....JO

İSTANBUL... 9ft YEM CMS; \*MİOÜBİNN\*

İSTANBUL... 73.

im m KUŞAO İ Mİ YOSCN ÇÖKELLERİ HAMCTİK nİAMWiR VE

GÖRÜM ÖBYAS) YÖRESİ DCCCSrJRIXJ FOHMA5OVUO HANNÖV-NKTON

FMJiomaijüre bn>.nsnx AWAÜZ ycwTEM^tN ÖNEMİ VE ÜR-ÜRNEK

M Ü Uİt> KAVKU^JUNDA %:IZ0rem<IMI<^W^MEİCMJ!U ÇAVAKKALE

cm)om\MrmA2tmnâMLmmMÄK MJ YA^AHÜ-J^\* T

DCX^\*5MİEY-SEYWSEÖ (ÇI. KOHYA) YÜRESJ ME0JEN KTHHN OSTRAKODA

CWTA TONOÖLU.. MunKtt ÇÜLÖC w Attı TOCEL.....H

3ATI KAİLAİO^Z 3ÖGCE5I JWJL-KRETASE YAŞO 3ERİMLERİN RAOYOLARYA

MANAVGAT MITOSEM >VZaSWW BİTOSTİAİGARAFISI

Oİwİwİmf^i^i^\*ew>\*t Mmm Bmm

m^XBKM KUZYFİNDE SA YINDÖLP. KASTEI VE KAL^IXTİ FÖAM,İ5 YON^ARJHN

S^tpiBU^NİMAKCMvtKNyaEirna.....m

WMİDJR^TN ÜST:0ET+E; :E0S0I FO<AMWFERİE<Ü##-PALEOBBVOOÖÜtyFİASİ W.

İİİ ORO JEOLOJİ Tsyrogeology

İEMH \*R İMCXW (OOLBAFMİUİUİ) GÖİJUERİ\* Kİ KLEN\* NEDBİLERİ

AVKAD İ(GI (ÇOfUM) VT CEVİRSİTİWKARST İÜ>SOJCCİG.fİ

İİ İARA VADİSİ VE DOLAYMİKİSİCAK WMINORMXİ W KaWAİCALJUN^N

OBAlÜLVE VKESESİCİTHAM) KİVA-rBENES ÜA2ALTLM>W PEr.OGRAFIK VE

BAOBAB.KORULUKM (HADİM-HONYAJ AASDWWÜO OTÖKİW VE ALİOICTON BSRÁCERİN

TRABZON KİT BÜOUESİNN İRATİORAHŞİ

A. LOWER CRÉTAC@OU-SFCM W UK PKOWVA AREA BERÖİGA

Y ZİYA >URİWCİ, Ramm KOC<nd to tMJCUR.....>I<

MMMTIUr VB teOmTOÖLPIC^m^CİötsaİftjSIC^ VE MINERMU SUIAJUM

Seyi^ KanMA(KB9Eİ||R) << VAKİ<<MXt(f)iaERSUKAVİ>yajUUMH

WOHSAL^fc<ett&AF.ŞİN..... Z.ZI..... \..... A.....:İ^

PSLİFUYL-VLAADA SUMÖLAMADA KAMSLâ^JIM KaGİTI PfÜUaiLEİEİ (Sİ-AS ÖRBÜT)

M<teEİ DBOHİMENÄL Fİfe< KAÇMUÜUİ <iÖriiMİCĞİT.....>

SEDİMA>TOLOJİ^Saiim<Jtc4o,y^

İXXİU?OfmDLERJE. KRİTA3E SOREOS^eÜ PLATTOİK İAMAÇ İ. HAVZA FAŞİYESLERİ,

PARIN AYAZ> S-det<. mmMAZ mCem\ YUMUL.....> J&

ASİT FTKİSİ SONUCU TOPSAK VE KAYAÇ KİMYASINDA DEĞİŞİKLİKLER

AHÖREL..... fi

İdİwmeİc EwoMmt of Toc<r Mocr^ LMOMSUC<

COMOJOVA (ADAPAZAİÜ DOĞUSU) YÖRESİNDEKİ PALEOJEK YAŞU

MALTİS^ (CAYDURT) YÜRESJ EOSEN KUMİAŞURMN SEEKMANTEK

FOCRİ FORMASYONUNUN (OST MYÇÄES^Lİ PLYÖSEN;

OST İÇEİTASE YAŞU ASMAPOÇAZI FORAWSYC^INT> (ŞEREHJKÜÇJUSAR- AXSAP^Y)

OST İÇEİTASE YAŞU ASMAPOÇAZI FORAWSYC^INT> (ŞEREHJKÜÇJUSAR- AXSAP^Y)

STRATİGRAFI/SL-augraphy

THE OEOLJÜaiC DEVELOPMENT OF THE EASTERN POWİDES

TARDİSEL BİR GERÇEK: NUİ TUFANI

ILOP^ARAYONÖ İCON VA) GWCWİNDE BOZİAARİ M A S ) \*\*

AUKONAK (AİFwmpSACM :B^AATA İARASMM SULTANİMÖLARI

BAOBAB.KORULUKM (HADİM-HONYAJ AASDWWÜO OTÖKİW VE ALİOICTON BSRÁCERİN

TRABZON KİT BÜOUESİNN İRATİORAHŞİ

A. LOWER CRÉTAC@OU-SFCM W UK PKOWVA AREA BERÖİGA

r'ETRÜL JEOLÖJİSİ/Pçtroium Geology

ASKAJE. «ASİMJa tİ ÜKASAN YÖTESİNİN SHMTİGİMFİSİ» JEOKİMYASI VE JİOFİZİK  
ÜFAFİLENDÜM&Sİ  
:Straü#H% G Mdtmfeİ\* NEMfaipial itowpüüİH «rfAltak/\*kkwA %Umm %e\$\*»  
M:.\*r«AVUN. -Ümm ŞAJ ÜKTÜWC: Cİsd İMBAY, fewnai «S U,  
Atama ©İİJEK \*e it İwaİH İXEEJL..... HI

ÜZÖMÜEKE (AKSEKİAMİLYA) ANTIKLİK İN E YAWWL İO UOL KAFAMI ÜUWAK  
YEW KİR YAKLASJM  
A İNew Affradk İ» Swrtwi Trap ai Ümmku Midem, MarİfrArtrİw  
İdhNiabAİJM VİAK. MMrtteSONBUAİMMACMavaiWwAVTIU..... III

İAGU ANADOLU UAVZALAKMN sır^ncRAFtsi JEGKİMYASİ  
W. İPROCAR&OI\* POTANSİYÜXA:

Atıml\*«AJBMİQpy. Mİnfrİfr\*YPIN\*«H İ'fwİttt^İK.....HI\*

İSRK - YUSU rİm CRTUM GÖLJ ARAZİKD, Kİ ZAHANIN KİZFT-CSÜMEY STRATİCFJUİK  
F. \*KİUKLAFİJVE İ BDROKAĞON OLAHAXXAJ

Su\*İtp.pK\* V\* \*«xw SeWCCT Qe İmm to ÜK Nar'İ İHİİ Soutİ bpw-Ywufİ-To\*rn İİe md. İkn  
OMİHd6MS. .... III

İfrmOfİÖİK YCİrreMLEALE KİL ANWJZJ  
Ctar AİHlyw İf Pymkma UeSmh  
Ay««(OB(İ(BİrrDKUmU «r HMOİaSONEL..... 416

PASWİER-TEKMAN m WAAAT HATOHAINDA OLAÄU İCAYNAKAY A BİRİMLERİMİN  
JEOKİMYASAL DEÜERLEİTİRMESİ:

KoelçİfİK\*İ B««İKn of İS P os ^ Se«re« Rode m ^e Pwrte-TİrmM «nd Mürrt B\*İKU  
İLJ. HUEZ. T TEİdH. İ\* İTOW. Ö. AİW«ORİLP. A. ÜÖUR, R AOU. C SOYLU.  
İ BAU KL ERTOÖ. ai SAVU m. A. HARPUT..... 117

DOG J KARACEKİZ 3ÖLGEİ: 00MOSHANE-BAYBURT4SPİR C-VADİ) TURA, Kİ-ETASE VE  
TERTİTCE Q. Q. JERİ. İ KAYMAK KAYA DGEALH-İDRİCE3  
Som\* Rode E-İHİİKİM of Öw İiwte, CİrtMİMo« and İmttaty Umü, GonAjh«n\* B««Kİfİ-bİn: Reş«m.

TawseİTEİCİM. Yİf UclZTANwOİW^ Hyİİ\*rrt^..... HI

RİZE PETROL SİNTBİNTİN (OFFSHORE) JEOKİMYASAL DEÜERLEİHDİMESİ  
CİrJ\*İbM\*«Char«etenCJOİofRwOİS«TİOfİSİTOİTİ)  
Y. H«İ\* SrrAN..... İ»

#### KÖMÜR JEOLÖJİSİ/Coal Geobgy

HATİ KARAOÖWZ 'BAOFİSİN«İD İCOTULARB\* KORELASYONU VE TASKÜMORO ARAMA  
M JVNLAİ İÇİH OWERİİİR

Bİsek Sc\* Rejim  
ÜmeİŞAlİİİfrRK. MwaAAVONwİMrOfİCAVDİN..... III

SOMA HAVZASI ( D B A YÖİBİT- AİT' VE «İST ÜOTİT İOAMAÄURÖW RAOVOAKUVİİİ:  
İCHSİÖİ İLE PAİEÜOÖİAFYA (ÜŞKİSİ  
İrdroekİ. İ y CoBİnu HE] Meaeofİ«İİk; Reİ\*İ wİİİp «İl»wer KMI Um» Lİgnİt Smm. İn

Y«mT«JOÖNAY., «İw MAKCWA\*«9«İk ÜİMEZ..... 22

KÖPÜKLERDE YAMSCİMA VE ELEKTROUH. YAUFX\KİK\*İV U M U ÖİNDEN YAMKİİNİN  
UmJİLEWİCSİHDİKJYEMİ  
«Spontaneous Combustion of Coals

OİSBMte mSoaMveİİTriteHAUHT^ LALİ..... 12J

DOO u İromİtoLEtroE m«A YAŞU: İcİMİMERİM O R O ^ İK JEKİMYASAL VE PİTRC-G RAHK.  
WMİM İJFM  
Ofİtİc Kocİem wy İİ S İ«ro\* r'İc İmm» of İİ İmİsİc Coab İn U « CÄÜCTİ İW İw  
İMİ«İt« K«KMAX. WİİA HAHH. Mİd İ HERİİLE «a MEOMaaİADİE..... İW

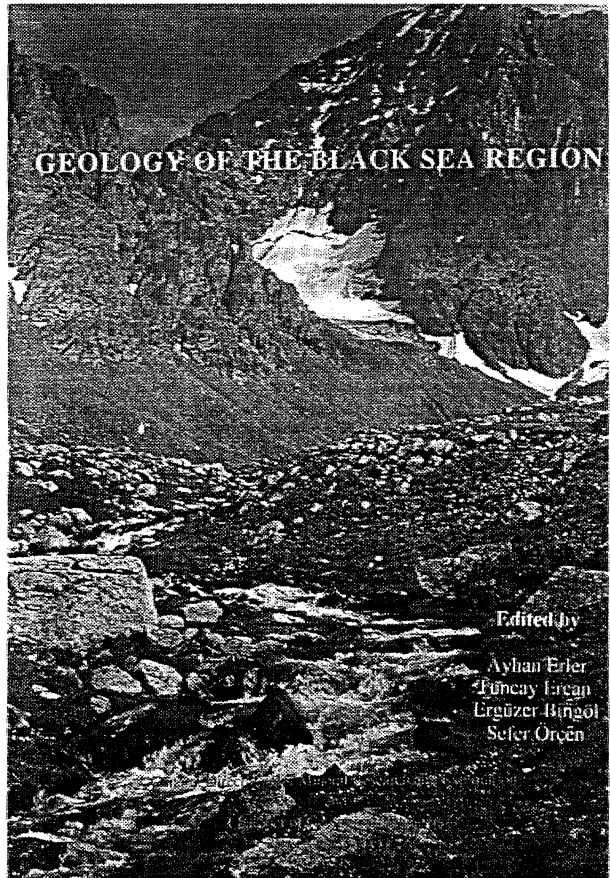
## Yeni Yayınlar

### GEOLOGY OF THE BLACK SEA REGION (Karadeniz Bökesinin Jeolojisi)

Editörler: A. Erler (ODTÜ), T. Ercan. (MTA), E. Bingöl  
(Ç.Ü.) ve S. Örcen (MTA)

7 - 11. Eylül 1992 tarihinde Ankara'da gerçekleştirilen uluslararası sempozyumun temasını oluşturan "Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi" kapsamında sunulmuş olan 100 kadar bildirinin 44'ünü kapsayan makalelerin yer aldığı bu kitap, Karadeniz'i, çevreleyen ülkelerin yeraltı kaynakların araştırılması konusunda gelecekte yapılacak incelemeler için bir kaynak: kitap olabilecek niteliktedir.

MTA Genel Müdürlüğü ve TMMOB Jeoloji Mühendisliği Odası'nın organizasyonu ile gerçekleştirilen sempozyuma yayınlanması için gönderilen makalelerin titiz bir inceleme ile basıma hazır hale getirilmesi, özellikle yurt dışından gelen 12 makalenin incelenmesi aşamasında ortaya çıkan bazı olasılıklar nedeniyle yaklaşık 2 yıla yakın bir zamanı almıştır... Basımı sempozyum düzenlenen iki kuruluş tarafından gerçekleştirilen kitabın dili. İngilizce olup 9 konu başlığında, toplam 44 makaleden oluşmuştur.



## "Geology of the Black Sea Region" kitabında yer alan makaleler ve yazarlar<sup>1</sup> aşağıda verilmiştir.

### CONTENTS

#### 1. GEOLOGICAL EVOLUTION

Pan - African orotraces along the South European suture zone Ivan Baydoutov	3
The Karfıkaya Complex, NW Turkey: A Palaeoethyan accretionary complex E.A. Rickett, A.H.F. Robertson and I.E. Dixon	11
Preliminary report on the presence of a Pte - Lale: Jurassic metacarbonate in Northwest Turkey (Almacıldag Bolu) Orhan. Kaya and Muharrem -Satir	19
Palaeoethyan tectonic evolution of the North TeÜyan liargin in the Central Ponides. ML Turkey Timur Ustaömer and Alastair H. F. Robertson	24
A geological revision of the Devrekani, Ajlpa and Kitre -areas: New observations in Palaeoethyan - Reoteays sedimentary successions Maslafa Aydın., Osman. Demir, Yakup Özçelik, Nuri Terzioğlu and Mafcarfe - Safer	33
Stratigraphic features of the Efekdağ opolite Central Ponides, Turkey Menin Şengim	39
Tectonic evolution of the Dewekani basin (Kastamonu) Central Tunaolu and Baysal Batman	45
Post - liassic orogenic wedge of the Ponides and its implications on the evolution of the Black Sea Metin Şen gün	54
Stratigraphy of the Eastern Pontides, NE Turkey Sadettin Korkmaz., Necati Öyflz, Murat Er, Ahmet Musaopri md İsmail Keskin	59
Structural correlation and tectonic evolution of the Caucasus - Eastern Pontides Shota Adamia, Salih Bayraktutan and Manama. Lordkipanidze	69
Geology and tectonic implications of the Kaakkaya area, Kağızman: Kars. (NE - Turkey) Necati Tüysüz and Ayhan. Erler	76
Geology of the Erzincan region and petrology of Quaternary volcanic rocks - H. Tahsin Akimur., M. Emin Yurdakul, Metin Sanaslaia- Gülsen Mutlu., Mustafa Keçer, Talat Yıldırım, an -dibrahim Akkus	82

#### 2. STRATIGRAPHY - SEDIMENTOLOGY - PALEONTOLOGY

The first palynological age, sedimentological and stratigraphic data for Çakraz Group (Triassic), Western Black Sea Cengiz Alişan and A. Sani Derman	93
Mikmetpaşa Formation: A new palynological age and stratigraphic significance A. Sami Perman, Cengiz Alişan and Yakup Özçelik	99
İnattı Formation: A new unit for regional geology A. Sani. Derman and Alaattin Sayıl	104
The importance of the <i>Laffixema</i> (Focamiifema) genus at the Cretaceous - Tertiary transition. Nardan İhan	109
Late stage development of the Porto - Caspian Ak. A. Alizaie and E. Aliéna	119
Plio - Quaternary evolution of the Yeşilirmak delta, Northern Turkey Tendik Ertal	123

#### 3. MARINE GEOLOGY

Neogene - Quaternary sedimentation in the Black Sea basin. L. B. Meener, A. S. Gorahkov and D. A. Tagolsov	131
Geochemical effects of the Black Sea geocological monitoring (Northeastern shelf) Alexander V. Konarov and Alexander M. Ignatov	137
Peculiarities of seasonal delivery and accumulation of pollutants over the North Black Sea: Ecological consequences Alexander V. Konarov and Kazimeras M. Shimkus	148
Sea - floor gas escape - features and their distribution in the Black Sea, Northern Turkey Teoman N. Norman and M. Ender Atabay	154

#### 4. PETROLOGY

Magmatic and tectonic evolution of the Pontide segment of the Nantide Tethys subduction Sijsem, Seçuk Tokel	163
Petrological and geodynamic significance of the Tertiary magmatism of the Kars - Manisa, NW - Turkey Petef Birkle and Muharrem. Sate	171
The provenance of Trojan bronze - age pottery: Petrographic, chemical and Sr - Nd - Pb isotopic evidence Onno Knacke - Loy, W. C. Van der Meer and Ernst Peroicka	181
Alaskan - Appinitic type ultramafic and mafic complexes as the orogenic zone of the Eastern, Pontide magmatic arc, NE Turkey Osman Bektaş, andil. Hakkı Güveni	187
Noble gas isotope compositions in gas and water samples from Anatolia Tuncay Bean, İrfan İcici Matsuda, Keisuke Nagao and Itsuro Kita	197

#### 5. METALLOGENY

General features of the Pontide metallogenic belt M. Taşkın, Ali Van and B. Uent Yağmalp	209
Wall rock alteration and trace element content at Ağıköy - Küre massifs Sulfide deposit, Kastamonu, Turkey Ayhan. Erler	214
Mineralogical study of the vein type lead and zinc deposits at the north-west of Şebinkarahisar (Giresun) Zeynep Ayan and O. Ozean Doğan	219
Geology and mineralization of the Gökçeada - Erzurum Mo occurrence, Trabzon, NE Turkey Murat Er, Kemal Üdoğan and Necati Tüysüz	226
Occurrences of Fe - Mn nodules, as a product of terrestrial - hydrothermal processes in the Trabzon area (NE - Turkey) M. Burhan Sadıklar	232

#### 6. ENERGY RESOURCES

New techniques in Black Sea oil exploration: The cruise of the R/V Gelen.dz, 1992 S. MacGregor, R. L. F. Wiles, A. M. Ignatov, Çetin Mumcuoğlu and Ali Yikhael	239
Investigation of the origin of gas condensate in the Akkalkoca - 1 well, Western Black Sea Selahattin Belin and İbrahim Coşkun	244
Tectono - sedimentary evolution and hydrocarbon potential of the Sinop - Boyabat İtasin, North Turkey Mustafa Aydın Osman Demir, Hüseyin Sebat Serdar, Soner Üzaydutan Bülent Hapsal	254
Maturity and organic matter study in Tertiary sediments - at Turkish Black Sea coast Tanse (Göker) Tetin	264
Statistical and geochemical evaluation of proximate chemical analyses of coal seams at Asma Mine, Üzümler, Zonguldak, Turkey Kadir Dirik, Aylan. Brier and Nurkan Karahanoğlu	269
Jurassic coal, occurrences and depositional environments in the Eastern Pontides, NE Turkey Sadettin. Korkmaz	275

#### 7. RECENT TECTONICS

A geometrical approach relating to the movement of the North Anatolian Fault Zone Mural Nırmal, Baysal Batman, Jean Chocowi, and M. Ali Genç	283
The main tectonic structures of the Kelkit (Görmeli) region and their relationship with the regional tectonic structures, NE Turkey Hail Ginoy	292
The main features of the seismotectonics of Georgia Shota Adamia, Victor Alana. Simon Kuloahvili and Curam Shangelaia	300

Abyssal structure of Azerbaijan and its seismic activity E. Şenkinsky, A. Alwmdov, A. Bentwgen, S. Muradonov, O. Veremeyenko and L. Yakovleva	308
---	-----

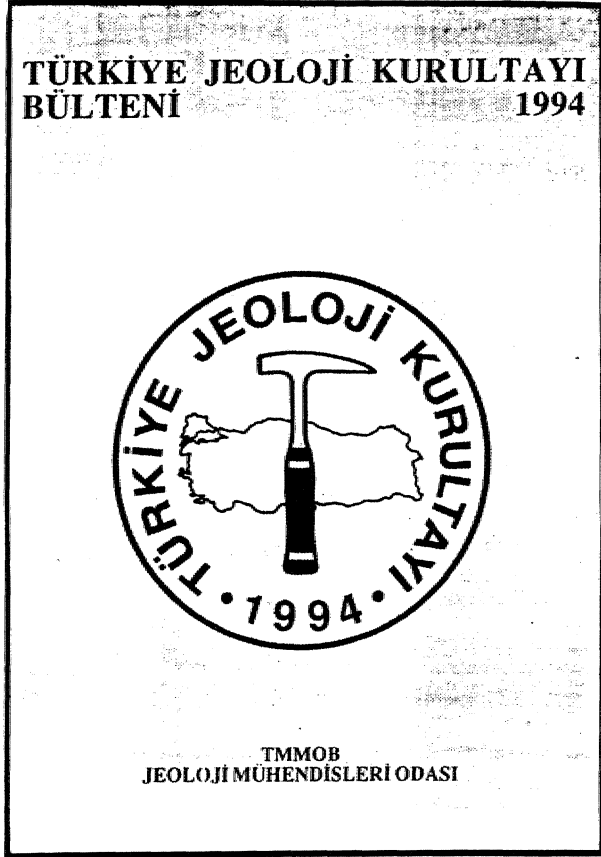
#### 8. ENGINEERING GEOLOGY

Of - Solaklı aqueduct - tunnel system: A case - study from the Eastern Black Sea area, ME Turkey Veat Doyu Biliç, Vedat Toprak, Taner Topal, E. Boira. İroşay and Erdin. Bozlar	319
Land use potential of the Erzincan plain and adjacent areas H. Tahsin. Afimur., M. Emin. Yurdakul., Serafettin Aief, Mustafa Keçer Saadet Potöğlu., Muzaffer Sönmez., Vedat Üzirtark., M. Ender Tekiri md Ki, Şener Teoman	328

TÜRKİYE JEOLojİ KURULTAYI BÜLTENİ -  
1994, SAYI. 9

Editörler: S. Örçen (MTA), H. Yağcı (MTA), K. Karakuş (A.Ü.)

Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, 495 sayfa., 375 şekil, 12 Levha.



47.. Türkiye Jeoloji Kurultayı'nda sunulmuş olan bildirilerden. Kurultayı. Teknik Kurul tarafından incelenmiş ve kabul edilen 12 konu başlığında toplam. 53 makale yer almaktadır. İngilizce öz ve şekil,, çizelge, levha altı yazılan içermektedir. Bülteinde yer alan makaleler ve yazarlar aşağıda verilmiştir.

İÇİNDEKİLER  
Contents

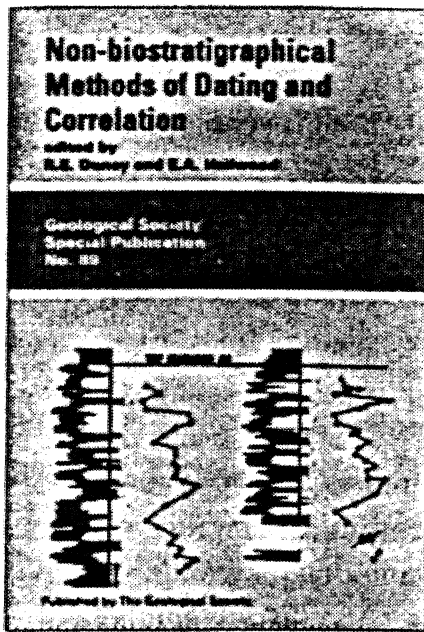
<b>MİNERALojİ-PETROGRAFI-VOLKANİZMA-MAGMATİZMA OTURUMU</b>	
SÖĞÜT WMM The <i>Söğüt</i> WMM Yılmaz K. KADIOĞLU, Ondor KAYIDIR, Doğan AYDAL	1
SARIKATA GÜNEŞİ PEOMATOİDİNDEKİ M-3TİZASTON The <i>Sarıkatı</i> M-3Tizaston Ismail BİLGEN	11
AKRIHİSAR-GÜNEYZÜ ÇESMESELİ GRANİTİK PEGHUUHLBİ The <i>Süvrihisar-aymızı</i> (Bakışlı) granitic pegmatites Nuxan OAO, Yaşar Ktbtd. İsmet ÖZGEMÇ	18
ORTA SAKARTA HAVZASI (ESKİŞEHİR-BİLECİK) PEAMATİLERİ ÖN MİMBHAIJOJİHİ VE JEOKİMYASI The <i>mineralogy and geochemistry of Central Sakarta region.</i> (Eskişehir-Bilecik) pegmatites Nuxan OAO, Yaşar Ktbtd. İsmet ÖZGEMÇ	24
İÇJUMDGU) GÜNEYİNDEKİ TERSİ-ER-KUVARTZNER TOLKAHTAKK Tertiary-Quaternary metamorphism in aomthem. inner Anatolm Omit ULU, Hüseyin ÖCAL, A. Kadir BÖLBUK, Mustafa KARMUŞ, Ali ARBAS, Levent SAÇLI, M. Adı TOŞKIRAN, Erkan EKMEKÇİ, Mustafa. ADR. Stuart SÜZERİ, Mustafa KARABİKOĞLU	33
TENDİSZK (DOĞU AK-LDOLU) JEOTERMAL JULANMIDİ YÖYADIN. ZİLİN, CALDIKAMI VOLKANOLOJİSİ VB JEOTERMAL ENERJİ MİMLAİLİM Walcamatogy and geothermal energy possibilities of the Ten&twck area Diyadin, Zilan, Caldıran), eastern Anataea (Turkey) Enloğan ÜLMEZ, İtancaj ERCAN, Talat İLDIRİU	48
DOĞU KOMİDİ MAGMATİK AKTÖN KUZİY ZOHUKDAKİ KALKAL T KRET ASE KARBONAT PLATFORMUNA AIT YÜZEYLER MİHLER Outcrops of the Upper Jurassic-early Cretaceous carbonate platform in the northern zone of the Eastern Pontids magmatic arc (NE Turkey) Kemal TOSU, Ösmaja BECTAŞ, CeraÜ. YILMAZ	54
TEKTONİK OTURUMU KUZİY ANADOLU FAY ZONU TL74 BATI KESİNİNDE TAŞKESTİ- ÇAYK&Y (EÇİU-ADAPAZIU) ARASINDA TRENCH (HENDEK) ÇALIŞMALARI Trench Studies on Ae western part of the South Anatolian Fault zone between Taşkesti-Çaykay (Bakış-Adapazarı) Raftızae, DEMİR AS	62
13 MART İLE ERZİNCAN DEPREMİNİN YZSİY RİKİFAR ART CI SAHSLVTLARI VE 17 SKİM 1969 LOSL< PRIETA DEPREMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI Comprison of the <i>swiftness cracks of ihm Erzintzan earthquake of March 13, 1992 and ks' aftershocks with Jlonm Jweto caruhquake of October 17, 1399</i> İbraazan DeMIHTAŞ, Barçham YILMAZ, Ham BERÇEÖCR. Bodo BAİEBİ	72
TEKİRDAĞ'IN TARİHSEL VE ALETSEL DÖNEM DEPREMİELLİĞİ Earthquake activity of Tekirdağ throughout historical <i>and</i> Instrumental periods FadıJ Unet YOKSSL	91
<b>PALEONTOLOJİ OTURUMU</b>	
YUKARISAZCAGİZ YÖRESİ (GÜKÜH KB. SİVA) LÜTESİEİTHİMİ BİYOSTRATİ GRAFİK OLAMLARI VE PALEOSKOLOJİSİ The <i>biostraty and paleoecology of Lutetium of Yukansazcağız anu mürm NW Sivas.</i> Sefer ÜRÇEN, Ayş eçÜJ YEİDİZ, Vedia TOKER	97
FAZAROE. (KAHRAMANMARAŞ) VE DARZİNDE (MALAYIA) HEKİMİHAN (K3 İHALATTA) YÖRELERİNİZKJ OKBİ-OİDES' PARAMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI Comparison of the <i>Orbitaides</i> parameters <i>arammıd</i> <i>Paznank (Kahrarrtenmara) and Oume-ile (W. Malatya) Jwethm</i> (NW Malatya) areas Mutülün GÖRMÜŞ, Engin MERİÇ, Mijrad AVŞAR	109
ESKİRSELER KÖYÜ PALEOSBH YAŞLI KARİAL FORMASYONU İÇİNDE YERALAN İZ FOSİLLERİN ORTAJUSAI ANAULİZİ POLATLI GÜNEYİ-ANKARA The <i>environmental analysis vffnsis included in the Paltocene Kar toj formation of EskiKâscler tillage aSouth Polatu-ANJLULAJ</i> Hulye DEMİRCAN	126
<b>SEDİMENTOLOJİ ÖNİRÜMU</b>	
[UMAN EMŞAK İSKELETÜ KARBONAT BİRİKİMLİRLİNE BİR ÖRNEK: KOP KTRÇTAŞI (MİS'OSENİ). KOP DAĞLARI. DOĞL ANADOLU The <i>example of temperate skeletal carbonate sediments; Kop Ürnes tone, @Elnaem &gt;eS, Kop Mountains, Eastern AnatoUa Cani YILMAZ, Hasan KOLAYLI</i>	135
SİVAS KAVZASDOA KARACAÖREN AMRALE-DİSTAŞ PİVRİĞİ: ARDINDAKİ TERŞİYEY YAŞIA ÇOKELLSRİN ORQANİK FASİYES ÖZELLİKLERİ Organic <i>facies characteristics' between Kanacaören Omranü)- Diktaş (Divriği Tertiary s&lt;zđiments in Rtms bmsin</i> Mehmet ALTÖNSOY, Orhan ÜZÇELİK	141
CIHANHETİSİ-KARAPINAR YÖRESİ GEÇ SENOZOYİK ÇÖKELKE SİSTEMİ: TEHTONİK VE İKLİB&EL ÖNEBÜ Late Cenozoic depositional system of the Cihanbeyli-Karapınar region, southern Inner AnaLoUatectanic mad (MmaEk: implications Omit ULU, Hüseyin ÖCAL, A. Kadir BULDUK, Mustafa KARATİŞ, Ali ARBAS, Levent SAÇLI, M. MM TAŞMİRAN, Erhan EKMEKÇİ, Mostafe ADIR, Şİnası SÜZERİ, Mustafa KARABİYOĞLU	149
<b>GENEL JEOLojİ OTURUMU</b>	
MARMARA DENİZİ ÇEVRESİNDE GEÇ KOVATERNER DEKİ İNSAN YAŞAMI İZLERİNİN DÜŞÜNÜRDÜKLERİ Some thoughts on traces of <i>humana tife around these of Marmara during late Quaternary</i> Emim İMERİÇ	1M



GÜTEBATI İÇ AMDGUTNGM MESOZOYİK-ERKEN TERSİYER STRATİGRAFİSİ 'VB YAPISAL EVHİMİ <i>Mesozoic-early Tertiary/stratigraphy and structural evolution of southern Inner Anatolia</i> Unit ULU, İliçtaç OÇAL, A-Kadir BULDUK, Mustafa KARATAŞ, İLİRBAS, Leraüt; SAÇU, M. Adil TAŞBDMN, Erhan EKMEKÇİ, Mustafa AMR, Şfasi SÖKERL, Mnstth. KARAFİMÖĞİLİ.....	171
BOLU ESAS> GABROYA KAYALARINDA MLKROFAERİK <i>MICTofabric study ofgabbroic rocks from the Bolu Massif</i> Hayrettin KORAL, Süleyman DALGIÇ, AB. Malik. CÖZÜBÖL.....	183
PUXLUR MA6Ö1 UEHRÖZÜL-BAYBURT) ©ÖHEYBAI KESİMİNİN STRATİGRAFİSİ) VH METAMORFİZMASI <i>Stratigraphy and metamorphism of this southwestern part ofthePukur massifCDemirozü-Bayburti</i> GÖHeldn. TOPUZ* M. Burina SADIKLAR.....	188
HOYRAN TERSİYER PWOJEU HAVZASININ OTATI-ÉFİSİ VB EKONOMİK POTANÖYSİLİ <i>Sınıtıknaplı amut economic potential of the Heryma Tertiary (Hofffiane) basin</i> Mete: HANÇER, M. Erkan RMMMA.....	201
ÇAYKARA (TRABZON) YÖRESİNDE METAMORFİZ BİR TEMEL VE BUNUN OLUŞU BUNANEDEN OLAN BİLGİMLERİ METAMORFİZ KAYA <i>A metamorphic basement in the area around Çaykara flnataMt</i> Salim GENÇ, Lütfi ALTINKAYNAK.....	209
DORTYOL-PAYAS İN TAKTAJ KİLİ OVASINDA TARİHİ ÇAĞLARDAKİ JEOMORFOLOJİK DEĞİŞİKLİKLERİ <i>Geomorphologic changes during historical time** in DörtYol-Payas (Antakya; plain)</i> F. Sancar ÖZAKER.....	317
DOĞAL KAYNAKLARIN UZAKTAN AKÜLANMASI: MEVCUT DURUMU, YENİ EĞİLMİLER VE MTA UZAKTAN ALGILAMA <i>Remote sensing of matured resources: Current status, new trends and MTA Remote Sensing Center</i> Hayan KOTONCU.....	226
MeMM YATAKLARI OTURUMU KONİMLERDE İBUNLEHİŞ DÖNÜŞÜMLİKRE DİR ÖRNEK: EYMLR YÖRESİ ÇSANOAL-ŞIVAS) DEREÖCAK KROM CBVBHBLİŞİMİ <i>Sivas)</i> Osman KOFTAGSL.....	233
ESKİHÖY (LXAS-ŞIVAS) KROM YÖRESİNDE C MAGMATİK EVRE KROMİT OLUŞUMU: İ 3Tİ ÇÖZÜMLEME <i>Young mafic/mafic chromite occurrence in EskiHöy dioritic area (Ulos-Şiv-Gs): A statistical analysis</i> Osman KOFTAGSL, AU UÇURUM, James J. SJOBERG.....	244
BİLEÇİK-SÖĞÜM ALTIN ALİNERALİZASYONUNUN İNCELENMESİ <i>The investigation of Bilecik-Söğüt gold mineralization</i> Önder KAYADIL, Dığaa AYDAL, Yanıl Kağan. KAHIOGLU.....	252
EMİRLİ (ÖDEÜŞ-İZMİR) ANTIMON CEVRELERİNE İLİŞKİN OLUŞUM MODELİ <i>The formation model ofEmirli Antimony mineralizations</i> Nevta KARAOĞLU.....	260
SAYSAKÖY (MİLAĞ MUĞLA) BOKSİT YATAĞININ PARAJENEZ VE OLUŞUMU <i>The paragenesis and origin ofSaysaköy (SP.IasMuğla) bauxite deposit</i> Allan GÜMÜŞ, Neta KARAOĞLU.....	274
ENDÜSTRİYEL İMMABDELER, OTURUMU ESKİŞEHİR-ŞIVAS) ÇEVRESİNDEKİ SEDİMİNTER SEPİYOLİT OLUŞUMLARININ ORTAMAL YORUMU <i>Facial interpretation of the sedimentary sepiolite occurrences around Eskişehir-Sivas</i> Hakan GAOĞLU, Teer İRHEÇ.....	28
MIHALGAZI İSKİŞİHTRİ 3ENTOMTİNİN KİNEROLOJİK ÜZELLİKLERİ VE OLUŞUMU <i>Mineralogical characteristics and origin of Mihalgazi (Eskişehir) benmite</i> Faali ÇOBAN.....	297
KONYA-KARAFMAR-SULTA-NIYS OVA, QKAB0E VE ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ VE TUZLU BU SEVİYELERİNİN İNCELENMESİ <i>Konya-Karapınar-Sultana-Niys Ova, QKAB0E and surroundings (the point of Mağla)</i> Abduhab Mide, ÜZGÖVER, Mostaf. BOYKOTEMİZ.....	304
BEYPAZARI LANKARA) DOĞAL SODA (TRONA) BAHAŞLMI NİNERALJİ ZONLANMASI <i>Mineralogical zonation at the NaS-ural soda (trona) field. Beypazarı (Ankara)</i> Femla ÜKER.....	21
SUNGURLU BÖLGESİNDEKİ ORTA EÖSEN SEDİMANTER FORMASYONUNDAKİ MONTMORİLLONİT OLUŞUMLARI <i>Montmorillonite occurrence in the Middle Eocene sedimentary formation at the Sungurlu (Çorum) basin</i> Ş. Ali SAVIN.....	330
FOSFAT VE TETİSİDS KRETASE-SENOZOYİK ZAMANINDA FOSFORİT ÇÖKELİMİ <i>Phosphate and phosphorite deposition in the Tethyan during Cretaceous-Cenozoic time</i> Amalı Mete ÖZGÖNER.....	351
KARŞIVAKA BARAJ YERİNDEKİ KATA KÜTLELERİNİN Jeoteknik özellikleri <i>Geotechnical properties of rock masses at the Karsiyaka dam site</i> Aydn ÖZSAM.....	361
İSTANBUL KİÇÜK ÇEKMECE-FIRUZKOY-ATAKÖY <i>Clean technology study of Istanbul Küçükçekmece-Firuzkoy-MaKŞif sewerage treatment routes</i> Sdattıta KOÇAK, Zafar YÜCEL, Texer YAIW, Oktay ALTAY, Serdar KOÇ, Beğül BULUTU Emd ÇÖVROÜLLİ, Nur ÇİÇEK, km İTÇEN, LAİTĞÜE.....	367
LZMİR ALIĞA KARAĞAÇ KOYUMLIN JEOTEKNİK ETÜDÜ <i>Geotechnical investigation of Izmir Aliğa bay</i> MColet TURK., Mehmet Yağın KOCA, Faruk ÇALARE, ULU.....	373
AYRIŞMANIN ANDEZİTLERİN PETROGRAİK. KİMYASAL VE JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ <i>Effects of the weathering process on the petrographic chemical and engineering properties of the andesites</i> Mehmet Yağın KOCA Neodet TOMİS.....	382
ANADOLU OTOYOLU BOLU DAĞI GEÇİŞİNİN MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMI <i>The engineering geology of the Anatolia Motorway</i> Sülyman DALGIÇ.....	393
İBEÇİK (OOLDSAR-BURDURJ KALKARENİTİN MİNEROLOJİSİ. FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ. İNŞAAT BEAZEMESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ <i>The mineralogy of Endik İbicişar-Murdurif calcarenite physical and mechanical features and, the stability of using it as a construction material</i> Rüstan EEHLIVAN, t. Halil ZARIF.....	398
YÜZET MODELLEME VE BİLGİSAYAR PROGRAMLAMA SİSTEMLERİNİN UÇ BOYUTLU ŞEKLİSTABİLİTESİ <i>The importance of surface modelling and computer programming systems in three-dimensional stability assessment of slopes</i> Mali KİMSAR.....	407
GENERAL ENGINEERING GEOLOGICAL ASPECTS OF MELANGES AS EVIDENT IN SOME LANDSLIDES <i>Metajma mbazıcağmaln a gnhBmem genel meSkemMstik</i> Ihan YILMAZER.....	413
HİDROJEOLJİ OTURUMU atöELTURT OVASI PEZUEY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ YERALTI YU KAYNAKLARININ OPTİMUM İŞLETİMİ <i>Optimum management of the groundwater resources of Güzelyurt Basin (Turkish Republic of Northern Cyprus)</i> Hüseyin ÇAÇKÜŞ, Vedat DOVULUBR.....	421
İSTANBUL-TERKOS HAVZASININ HİDROJEOLJİSİ <i>The hydrogeology of the Terkos basin</i> H. Murat ÖZLER.....	429
KADİFEKALE (İZMİR) ÇEVRESİNDE HİDROJEOLJİK DENGE BOZUKLUKLARI <i>Disturbance of the hydrogeological balance in Kadifekale (Izmir)</i> Şekel İLİZ, Gütekin TAÇIŞI.....	430
KARSTİK DÖNÜŞÜMLERDE TERALAN OLUŞUMU, ÖL HACMİ İLE SU KATKILARININ ARASINDAKİ İLİŞKİMİN KÖYADA ÖLÜ ÖRNEĞİNDEKİ İSTATİSTİKSEL İNCELENMESİ <i>Statistical examination of relationship between take volume and spring discharges in the lakes located at karstic areas: The example of the Kaada laSee</i> Serdar OKAN.....	448
KOROZİF YERALTI SUTLARI VE DİĞER ORTAMLARDA FÜC ÇÖZÜMLÜ SXORÜ) İLE TEÇHİZİN ÖNEMİ VB YURT EKONOMİSİNE KATKILARI <i>The benefits an. national economy from the importation of steel in corrosive environment</i> M. Yitarra KİFER.....	453
JEOTERMAL ENERJİ OTURUMU BİR JEOTERMAL ALANDA TERMAL PROFİLDEN YARARLANARAK GİCAK SUYUN DÜŞEY HIZININ TAHSİMİ <i>Estimation of vertical velocity of thermal water by use of thermal profile in a geothermal field</i> Orhan DPMLÜ., İl Tolga YALÇIN.....	460
POROZ, BİR ORTAMDA TSK VB KJ FAZLI İSİ TRANSFERİNİN FİNİTİFİERSSE TEKNİK İLE MODELLENMESİ VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ <i>Finite-difference method of two dimensional, single and two phase heat transfer in a porous medium and some application examples</i> Zejnol A. DEİREL.....	465
KÖMÜR JEOLJİSİ OTURUMU TÜRKİYE İRDAHAN-POŞ-Şİ-GMREŞTAN (AHİSKA-VALE) SINIRINDAKİ KÖMÜR OLUŞUMUNUN DOĞU ANADOLU'DA THER KÖMÜR İMKANLARI İLE İLİŞKİSİ <i>Relation of coal occurrence in Turkish-Oergian border with new coal possibilities in Eastern Anatolia</i> İbrahim İktan ÇAKMAK, Öner ÜNVER.....	474
ÇEVRE JEOLJİSİ: OTURUMU GEDİZ HAVZASI YERALTI SUTLARININ DAKİ BOR KİRLİLMESİ <i>Boron contaminations of the groundwater in Gediz Basin</i> Şeyki İRİZ, QOUelard İRCAN, Ufuk İHMAK.....	483
RADYOAKTİF ATIKLARIN DEDEM OLDUĞU KİRLİNMENİN ÖNLENMESİNDE MINERALERİN KULLANILMASI QOşar GÖYMEN, Haydar İLKER Meral HOŞCAN.....	492

**NON - BIOSTRATIGRAPHICAL  
METHODS OF DATING AND  
CORRELATION  
(YAŞLANDIRMA VE KORELASYONUN  
BİYOSTRATİGRAFİK OLMAYAN  
METODLARI)**

Editörler: R.E. Dunay (Mobil North Sea Ltd, İngiltere)  
ve E.A. Hailwood (Core Magnetics, İngiltere).



Kitapta denizel olmayan oluşumların egemen olduğu periyodlar için stratigrafide önemli sorunların ortaya konulduğu, sekans stratigrafisi korelasyonu ve yaşlandırma için kullanılan biyostatigrafik olmayan yöntemler anlatılmaktadır.

Bu yöntemler, genel olarak minerolojik, kimyasal, izotopik, luminesans ve dönemsellik analizleri kapsamında gruplandırılarak, çeşitli disiplin ve tekniklerle geniş bir silsile içinde verilmiştir.

Kitap, özellikle hidrokarbon araştıran ve üreten jeologlar için, özgün korelasyon problemlerinin çözümünde oldukça yararlı olacaktır.

Dili İngilizce olan kitabın önemli yazarları ve içindekiler:

**Principal Authors**

R. Dunay (Mobil North Sea Ltd, UK)  
E. Hailwood (Core Magnetics, UK)  
A. Carter (Birkbeck College and University College London, UK)  
A. Dalland (Statol, Norway)  
C.V. Jaars (Cambridge University, UK)  
M.A. Marge-Rajczyk (Oxford University, UK)  
A.C. Morton (British Geological Survey, UK)  
T.J. Pearce (Chemostrat Consultants, UK)  
I. Jarvis (Kingston University, UK)  
A. Racey (Consultant, UK)  
H.M. Rendell (University of Sussex, UK)  
J. Roberts (University of New South Wales, Australia)  
J. Russell (Shell Research, The Netherlands)  
C.S. Yang (International Geo Consultants (IGC) BV, The Netherlands)

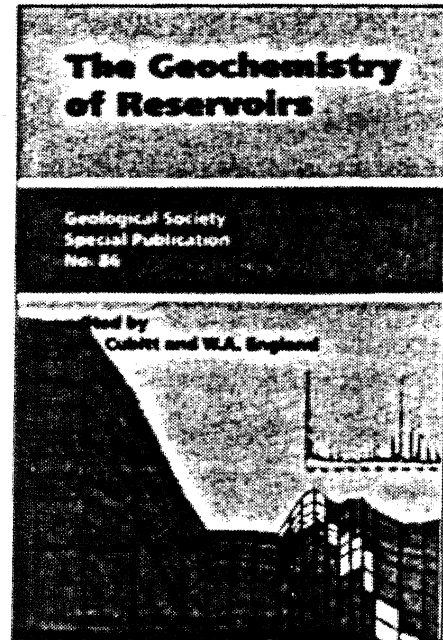
**Contents**

Non-biostratigraphical methods of dating and correlation: an introduction • Correlation of sandstones using heavy minerals: an example from the Stratford Formation of the Snorre Field, northern North Sea • Subdivision and correlation of monotonous sandstone sequences using high resolution heavy mineral analysis, a case study: the Triassic of the Central Graben • Clay mineral stratigraphy in Palaeozoic & Mesozoic red bed facies, onshore and offshore UK • The application of fission track analysis to the dating of barren sequences: examples from red beds in Scotland and Thailand • The use of chemical element analysis in the study of biostratigraphically barren sequences: an example from the Triassic of the central North Sea (UKCS) • High-resolution chemostratigraphy of Quaternary distal turbidites: a case study of new methods for the analysis and correlation of barren sequences • SHRIMP zircon age control of Gondwanan sequence in Late Carboniferous and Early Permian Australia • Direct Pb/Pb dating of Silurian microfossils from Gotland, Sweden • The application of Barium/Strontium-Neodymium (Sm-Nd) Provenance Ages to correlation of biostratigraphically barren strata: a case study of the Stratford Formation in the Gullfaks Oil Field, Norwegian North Sea • Luminescence dating of Quaternary sediments • Wireline log-cyclicity analysis as a tool for dating and correlating barren strata: an example from the Upper Rotliegend of The Netherlands

Geological Society Special Publication: No: 89, 266 sayfa, 150 şekil, ISBN 1-897799-30-6 Mayıs 1995 Ederi: 60 sterlin / 100 dolar.

**THE GEOCHEMISTRY OF RESERVOIRS  
(REZERVUARLARIN JEOKİMYASI)**

Editörler: J.M. Cubitt (Geochem Group, İngiltere) ve  
W.A. England (BP - Statoil Alliance - Norveç, İngiltere).



Rezervuarların jeokimyası, rezervuarın içindeki su ve minerallerin, petrolerin kökenini ve yayılımını ortaya koymak konusunda yardımcı olmayı amaçlamıştır.

Rezervuar jeokimyası, petrol aramalarında pratik uygulamalarda oldukça önemlidir. Ayrıca daha da önemlisi özel bir kuyu yada horizonun farklı bölgelerle arasında

ilişkilerinin ortaya konulmasında oldukça önemli katkılar sağlamaktadır.

The Geochemistry of Reservoirs", problemlerin incelendiği ve de sonuçlarının irdelendiği makaleler, uygulanan tekniklerin tartışmaları ve genel değerlendirmeleri bölümlerinden oluşmaktadır.

Dili İngilizce olan kitabın başlıca yazarları ve içindekiler:

#### Principal Authors

S.R. Larter (University of Newcastle, UK)  
K. Bjorlykke (University of Oslo, Norway)  
P.C. Smalley (BP Exploration, UK)  
L. Anisimov (Saratov State University, Russia)  
R.P. Philp (University of Oklahoma, USA)  
A. Wilhelm (University of Oslo, Norway)  
S. McNeil (University of Tsukuba, Japan)  
N.H. Odoby (BP Exploration Operating Co Ltd, UK)  
W.A. England (BP-StatOil Alliance, Norway)  
D.A. Karlson (University of Oslo, Norway)  
D.P. Strobel (Universität zu Köln, Germany)  
P.C. Mason (Fina Exploration Ltd, UK)  
A.C. Apin (University of Newcastle, UK)

#### Contents

Geochemistry of reservoirs: an introduction • Reservoir geochemistry: methods, applications and opportunities • Geochemical constraints from formation water analyses from the North Sea and Gulf Coast Basins on quartz, feldspar and illite precipitation in reservoir rocks • Geochemical criteria for reservoir characterization • Compositional heterogeneities in oilfield formation waters: identifying them, using them • Characterization of high molecular weight hydrocarbons (>C<sub>30</sub>) in oils and reservoir rocks • Overview of the geochemistry of some tar mats from the North Sea and USA: implications for tar-mat origin • Fractionation of pyrolic nitrogen compounds in petroleum during migration: derivation of migration-related geochemical parameters • Diagenesis of the Rotliegendes Sandstones in the V-Fields, southern North Sea: a fluid inclusion study • The filling and emptying of the Utsa Oilfield: fluid inclusion constraints • Migration of hydrocarbons in the Tampen Spur area, Norwegian North Sea: a reservoir geochemical evaluation • Modelling density-driven mixing rates in petroleum reservoirs on geological timescales, with application to detection of barriers in the Forties Field (UKCS) • Petroleum geochemistry of the Haltenbanken, Norwegian Continental Shelf • The reservoir geochemistry of the Ekofisk Field, Norwegian North Sea • The reservoir geochemistry and petroleum charging histories of Paleogene-reservoired fields in the Ostar Witch Ground Graben • Sour gas and water chemistry of the Bridport Sands reservoir, Wytch Farm, UK

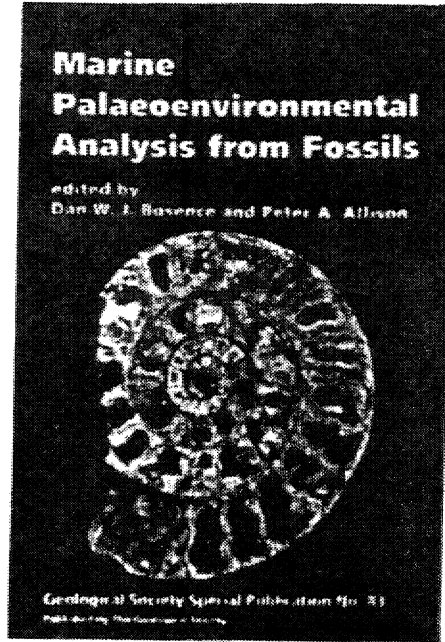
Geological Society Special Publication: No: 86, 328 sayfa, 216 şekil, ISBN 1 - 897799 - 26 - 8 Mayıs 1995. Ederi: 65 sterlin / 108 dolar.

### MARINE PALAEOENVIRONMENTAL ANALYSIS FROM FOSSILS (FOSİLLERLE DENİZEL PALEOORTAMSAL ANALİZLER)

Editörler: D.W.J. Borence (Royal Holloway, University of London, İngiltere) ve P.A. Allison (PRIS, University of Reading, İngiltere)

Makaleler, gelişmiş jeokimyasal izotopik analizlerle daha güncel, taksonomik uygulamasıyla paleontolojik, paleoekolojik ve jeokimyasal yöntemlerin belirleyici çizgisinde çok disiplinli olarak hazırlanmıştır.

Kitabın yaklaşımı, tekniklerin üzerine yoğunlaşmış ve taksonomik olmaktan çok, daha analitiktir.



Kitap, aynı zamanda sedimantologlar, stratigraflar ve paleontologlara son derece gerekli eski iklimler, sekans stratigrafisi, fasiyes modelleri ve çökeltme ortamlarının paleoortamsal yorumlamalarında önemli olabilecek fosiller ve onların izleri ile elde edilmiş verilere odaklanmıştır. Dili İngilizce olan kitabın başlıca yazarları ve içindekiler:

#### Principal Authors

D.W.J. Borence (Royal Holloway, University of London, UK)  
D.J. Botjer (University of South California, Los Angeles, USA)  
R.M. Corfield (Oxford University, UK)  
J.W. De Leeuw (Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ), The Netherlands)  
J.-C. Flézel (Université de Paris-Sud, France)  
P.A. Allison (PRIS, University of Reading, UK)  
M.D. Brasier (Oxford University, UK)  
R. Goldring (PRIS, University of Reading, UK)  
C. Perrin (Royal Holloway, University of London, UK)  
A.M. Smith (University of Otago, New Zealand)  
J.W. Murray (University of Southampton, UK)

#### Contents

A review of marine palaeoenvironmental analysis from fossils • Palaeoecological models, non-uniformitarianism and tracking the changing ecology of the past • An introduction to the techniques, limitations and landmarks of carbonate oxygen isotope palaeothermometry • Organic carbon as a palaeoenvironmental indicator in the marine realm • Modern and fossil mangroves and mangals: their climatic and biogeographic variability • Palaeo-oxygenation: effects and recognition • Fossil indicators of nutrient levels. I: Eutrophication and climate change; II: Evolution and extinction in relation to oligotrophy • Organisms and the substrate: response and effect • Quantitative approaches to palaeozonation and palaeobathymetry of corals and coralline algae in Cenozoic reefs • Palaeoenvironmental interpretation using bryozoans: a review • Microfossil indicators of ocean water masses, circulation and climate

Geological Society Special Publication No: 83, İngilizce 272, sayfa, 175 şekil, ISBN 1-897799-21-7, Şubat 1995.

Ederi: E/60/US\$ 100

# Jeoloji Takvimi

## (Geochronique no. 58, 1996)

1996

16-18 mai 1996  
Cramcsfăx, Franco  
F^ti^i cka StenoB« öä te lêm » et  
de *mmm* hosimes sur S» thém « :  
wiptgpf« «tans te totip».  
— J@vt-*fM*» Mliommo, F^ivai d«S  
Sdim m, Hötis da » BP 3S, 74402:  
Chsmoix C«oi«x, Franco, Tél.  
3300 S3 38 24. #m 33A0 S3 » 81.

\* 1^24 mal 1996  
Comihe. Géoc  
lull » Earmquak'ste; th\* Geologie^  
ræord.  
— Jisstp H«n«t«kovie, Euroiptan;  
Science Foundation, 1, quaj Uley -  
Marnes;a, 67030 Strasbourg CeCex.  
franc. Tél. 33/88 76 71 35.  
Ffx 33/83 36 6@ 87. E-miir : tu\*  
roacoOesJ.org. ; wwwserverjit : tvtp :  
/Awww.ösi.org.

19-22 mai 1996  
San CKego. Californe. USA  
Gtootal «xpimTatk-n^nd ©ot^chno-  
to», Aaf-G, MUMMäl-«Mting.  
— jyyG^Cowwrtp D«i^, Box 979,  
TWsa, OKT 4101» USA. Tél.  
1/918 560:26 79. Fnx 1^918 560 26 64.

2QKE2tra19»  
Rom^M@  
Mnd Symposium Pfiogeo^it «m^-  
émähä symposium erit th« con^k«ve-  
Hon «f our t^okH^c«i«Kit»ö« : g@o-  
top« cw^«f»«tkM.  
— Sacneta^f in^ symposium. Zar-  
br^a fimom. EN6VCRE-CASAC-  
CIA, S.P. 105, Via Anfittiar^s... 301»  
00060 flame Itaii^ Tel.  
06^30 43 47 Q2,, Fax 0G.00 48 30 55 -  
0&-30 4B 39 47, E-mail ; zaridnca^c-  
s^ccia.\*n^«rt.

21-22 mai 1996  
Lyon, Franco  
Journée\* Claud^ Batoto : actuaiKe^  
Fm^eonto4oflkuea.  
~ P.R. PachfrbCöuf, URA 11.,  
Sd^nces do 11 T^rri^, Univ. CluCe  
Bwnard. Lfm 1. 27-43 &d. cu 11 nov.  
1:910, 69622 VU«urütne C^dex,  
Francs Tél. 33/72 44 84 15.  
F<. 33/72 44 84 36.

\* 21-24 mai 1996:  
Sa^nt-P@rirsbo^Jrs, Russes  
nfQNrñEiöftM «klimbfoffHttKJ^AympOli-  
slum : mln^rai r^\*»otrics of CIS  
countries fCommo^ww^th of In-le-  
JKmçnt St^t^s).  
— MIIRfi «96 ; Orgar^ir-ç *Crrrvttm*,  
P.O. Etax 215. -Mineräta\*. 199004^SL  
Pßtersöurg. Russia /M- 7M/ 23 55 79 S2  
Fax 7/81 22 13 S« 2€., €-mail :  
fgs0 50^vam&u/sov^u.a.com ; ou  
rod^rosteç..ä5pa.su.

22-24 mai 1996  
Cora, ItaL@  
1st International Conf«iwK@ : Tr#  
lnS«&t of MyäshY m *wmmäwmm*  
ritttGMuscrrf  
— Storm. 1\* Comwgnö Intamadonä.  
vyia Erba, 22012 C@moböto» Como,  
Italic Fax 31/340 \$40.

27-29 mai 1996  
Win^psg, Manuölm, Cmsäm  
@mfc^Oaä «mmaätäm of Caffatfa &  
Mk%»o^l m\$&<Mactfi of C&tacté

— O.S. Clark» Depi geaiogicls  
Sctomn, Univ. of Wannabe, Winni-  
peg, fvtmtooa R3T 2M2, Canada. Tél.  
1/204 474 ^S7. Fax 1/204 281 7581.

\*27m@i^2Ju\$996  
iratroy AHamsgrw  
PEAT, 10th ifilertttttllü^É Cof^mss.  
Im^S«. ~ 4.D. Becivr - Ratän, OeutschNä GÖ-  
saisstaf^ für Mcw und Tori^und<. PO  
BOK 510 153, D - 30631, Hanowt, Al-  
lemagne. Tél. 49/51 16 43 24 95.  
Fsx 49^51 16 43 2304.

jum1996  
Polopwe^ Rmmniam^  
Mmdmkm tkm Béätöym^\* \* Sué^  
Oim f (AGSOI, ^«curtiöö dan^!«\*  
C&rpatres nord orientais, «te Ora^  
cövk à Oui, «fi Pötogn^ wt Roums-  
nik». in n^ 56.  
— M. Hiavottet, 57, av. ÜB Beauxint.  
64000 Pay, Franct. Tél.  
33^59 27 54 4&

3Njn1996  
PaA^Ffano@  
SociéSé néülöšk|ii# et« Franco, a-  
semotä^ bef^\*ftti@ et ccwffénmoi.  
— SG? 77, om Qmxi^Bimmé, 75005  
Parie, Franc\*. Tél. 33/1 43 31 77 3<.  
Fax 33/1 45 35 79 10.

3-7 jy« 1996  
Amsternarr, Pays-Bas  
Eufo^an Association öt ümmcäm^\*  
tmU ä Sr^im^rB [EAÖÉ SSh C o n ^  
retne<).  
— EAGÉ ÉH. aomtrorp^ iPO Box, 29S,  
NL 3700 AG, Zalsl, Pays^Bat. Tél.  
31:30 69 12 655.. Fax 31 m 62 14Ü.

\* 3-7 Juki 1996  
Québec, Canada  
Vliir Coftrés <» l^AA^oelatkin çu4-  
bécobe pour rétiid-e du Qu«t@M^if.  
— Marie-Françoise AmSté, Oèpana-  
m^m et« Géogmphte, Univoratè dft U-  
moges, 39E ru^ Camille Guerin,  
87036 ilmofo«» Ceöax, Fr,iti#.  
Fix 55 43 56-03.

9-12Mn1996  
Wisntnçton, USA  
Hm Am^dc«n Pal^ontolofic^ Vth  
Convention,  
— rMPC-VK c/o D«pi Pai^ofcokçy.  
Maä Stop 121, National lluseum of Na-  
turaJ, Washington DC 20560. USA, Tel  
1/202 377 1814. Fax 1/202 786 2132.

S-12juin1996  
WMU#on, DG, gJSA  
Biotki rwoofcrt« from ifitaa^ Extmc-  
ikwm, K3CP Project.33S.  
— Douglas H. Erwin, Dept. Pateobto-  
logy, NHB - 121., Smin^of-Han Instity-  
t.on, Washington OC USA 20560.  
Tél.. 1/202 357 2053,  
Fax; 1/202 780 28 32.. E-mail ;  
nnhpbO28-c^an.s.&ci-.

9-13 Hin 1996  
Budapest. Honpi@  
3rd kstfmñstionä Confartnç « on Iffil-  
nra\$#@y @nd Mustum Tradition.mé

— M & M 3 sacraiaijat, ce Hungarian  
g^oicçcaai Soaeiy. Budapest Pf: 433,  
H-1372, Horigr^c. Ym 36/1 258 7952.

\* 10-12^11996  
Nantis, Francs  
QEORAYÄH^S E Ip#etrouiêlr1@  
Plamati @pp&c^uê@mmSci^tfic\$S é@  
*mmmm*,  
— David C. Smitfi, Lab. da Mnèraio-  
gkJ. Muséum NatfonaI c^Hi^otre Natu-  
rell^, 61 ruo Buff on, 75CD5 Pari^,  
France. Tél. 33/t 40 79 38 27.  
Fax 33/1 40 W 35 24.

10-12Ji^11996  
Batwm  
P«T@T@dtB@ : MddlIt Edwt S^Wnf  
smi F^lmchemIC6l< C««ftt#«ne< ä  
— Si^p^en Ksy, Arabian exhibition  
nanagemani WLL» PO Box 20 200,  
Manama, Bahfan. T éd. 973/55 W33.  
F< 973/55 32 S3.

10-12|irin1996  
Sw D«go Caifcmi<, USA  
3rd im^ärtationöi symposium on en-  
vkomr^nt«i g^otfrchnoö^y.  
— E. f^otl^ar, Fritz Engineering La-  
boratory^ lemgh Unr^ersity, Bethteem.  
PA18015, USA. Tê«. 1/610 75S 3520.  
Fax 1/STÜ 758 4522. E-mail : mmm&-  
high.edu.

12juin 1996  
Paris, Fram^  
Histoire «tèptetemoioö^ é» ta Üé-  
logiäa - Réunion comun^ SGF -  
COFHIKSEÖ In n^ 56.  
— Jean Qaudant, sucréirai^ du CO^  
FRHIGEO, 17,, ru# çtu Or Magnan,  
75013 Paria, Franca ou Eric Butafataut,  
SocHté géotogiquo da *fmnem, 77» ru^  
Claude Bernard, 7500ä Parte, Franc\*.  
Tél. 33/1 43 31 77 35. Fax  
33/14535 7910.*

\* 12-19 |irin 1996  
Bucarest. Roumanie  
IGFT90, fiOtö ämmmmry ü\$ tit< Gec-  
logicalsl Intitut^ of Romanla. |pr^  
snd post »Kcuratons)  
— Afioneta Saghedi, Kitutui O«otog-  
ic al Rcmaniei, &tr. Caranaebes 1,  
7S344 Bu cure a il 32, Rou mania.  
Tél. 40/16 35 75 30. Fax  
40/13 12 84 44. E-mail :  
**möbimgem.**

17-21 Juin 1996  
TrondTröim, Norvége  
im M. tympwitMTI m iafwMda.  
— Kiare S«m^sat, Ötppi Gauctectini^  
cal Engineering. Hmw&Qum iraffiut^ of  
Technotocy, N-7034 Trondh^im, Nor^  
way. Tél. 47/73 59 4» 02.  
FAX 47/73 59 46 09. E-mail :  
kaara-Aenn^sel«9ot^K,uraLrw,

19-21 Mu 1996  
Jtommai, Oué^c, Canada  
2nd North American Hock M^cHa<  
rite^ Symposlym (NAflMS^96). Too^a  
arid T^c^mu« ^ Rock Nt^chanic^.  
— Norma Procysnyn, Dap^ of Mining  
& MetaJlurgical Enginewin^), Me Gil  
Unvarsity, 20 20 Unhf&fisty Str^et,  
Box 102. MontraI OC Camda H3A  
2A5. Til. 514/396 43 83.  
Fax 514/393 B3 79. E-mail :  
nofTnaOrnin-mei.mççifl lan.Ca-  
^2-29jdn1996  
Houston.. fixas< USA  
9th Int^fnation<! PalynologicaE

— Y«J9tm M.Bryant, 0«&t anthro-  
pology, Texas, #L & M.U.W. Coi^g< sta-  
tion. TX 77043, USA, Tél.  
1/409 \$45 S3 42. Fax 1/409 B45 4070.  
E-mail : glwrenn ou vbryantflttam.  
adu.iswm.sncc.isu.ed^

24-27 juin 1996  
San Francisco, Ca. USA  
Second Inl#matJcmal Airborne ft^\*  
mot< Srttang Ccm1^rmei wmä Bxh-  
ävön.  
— EWWArton< Ccrt^r^naI^ PO Box  
134001. Am Arter, M 43113 - 4001.

USA. Tél. 1/313 994 1200.  
Fax 1/313 994 51 23. E-mail : wall<

° 21 juin 1996

*Jwmé@ mmaOkm cl^ l^* AÜP iA&^o-  
eMfo^ eu< Qèoktçwm eu Parafen^ |

— «31» J.P. D@otç% BRGM DOTäIG, BP  
6009., 45080 Ort^am Cedex 2, France..  
Tél. 38 64 3834. Fax 38 64 23 51.

\*27-2^BJw^i1S@e

— The tkmfefwne^ Offica, Fio^ Inatitu-  
tion of Wining and Matafargy, 44 Port-  
land, Pl^., Londes WIN 4SR, G.-B.  
Tél. 44/17 15 @ 0 38 02.  
Fax 44/17 14 3@ 53 88.

\* 29 Mn - 2 jukef 1996  
Budapest. Hwçr^s  
4m workshop Eurapwai^ Palaontoto^

iaS@tÄjipÄStHfKl HoffwSOTö «WOIUtöN^  
— LGfavog^-Sternm^bstijjideGöo-  
logia, 1, M Btesstç, 67064 Strasbourg  
C^Ktoç. Franc\*. Tél. 33/83 55 85 70.  
Fax 33/88 3@ 72 33.

7-13 Ju M W^  
WJadtson, Wc. USA  
2nd totanwlilonal symposium on aut-  
tant m^l «festi Cliaraphytaa.  
— Ctarçpçyç^ symposujm, Lab. Paèso  
botamfwe, €P m2, DmmméStmKm,  
Pi. S.Bataillon, 34095. Montpellier  
Cacé» S, Fiffnce. Fax 33/67 04 20 32.  
E-mail : paidooçrHicnturF^a-monip^fr-

8-11 ML 1996  
Ramas. Franco  
Cofioqu « bitareattkuia^ dTtydroiet^  
^t «» gssDan d t\* *mmm*, Br^agn<^98.  
— Alain Jigoret, fMSA d^ B^rwm, Dé-  
pait de Géni^cM. Lab. de rotolératö-  
ç» « géotechnqç« 20» avana de^  
Bull^@! d# Coramaa, 35043 P.ennas  
C^Ktoç, Freme<. Tél. 33/99 28 65 3&  
Fax 39J9^63 7 05. E-mad : atoMLjgo-  
raffina^mfinasJir.

\* 8-11 jutaf 1996  
Biaiv^Paria, Franca  
3^ Congrè» Européen d^s Ottrao-  
d«é@«i^s : Öttracöodökifilii «évéf\*\*  
titsfihMla^ i# # so.  
— S.O.S-Şu^ Unrws^ P. & W. Curie,  
lato, da Mkrpaféontotögsä, Tour 15-25,  
4E, Cl^a 1Ü4, 4 pi. *Juamx* 75252 Pana  
Cedex 05^ Fmtoa Tat 33fl 44:27 90 37.  
Fax 33/1 44 27 38 31. E-m^il : cms-  
quJH^acorJJaeweurf.

\* 9^12 juiüft 1906  
Acem, Ghana  
WAIWM Tb» 2nd W«st AMofi^ In-  
t^rn^tion^l Mining EihibUlon A

— Sort< Ithomaon, Exfoitöton M ng i-  
mni Sarvetai^tlyÜ, K) BÖ « 6S0çÖ2,  
B^nmof< 2010, JoKannesbc^g, Soufto  
Alria. Tél. 27/(0)11 783 7250/1/3/9.  
Fax 27/p>1 1733 7269.

\* 11-17 füllert 199@  
France  
EKCÜfsloti «fOTWè< d< («AGP^ : Je<  
Alp<< 4u nord (Ql^aficonn^i^; Va^

— AGP J.F. Owwi, BRGM DFVGIQ, BP  
6Ü09^ 45060 Ovléara OKS^X 2, France.  
Tél. 3a 64 3S 34. Fax m 64 3361.

19-17 jutt. 1996  
Gronikto., Espagru  
Cephatopod « Pnt<<nt <>d pa%î - IV  
lot#m^uonaö ymçK^akiru  
— Ffwdwico Ötörk Säax ou Francisco  
J. Floridgeje; - Tovaf, Opi. Eitraikjrafa  
y Pa^komöÖ#» UNV. Granat. Avd-  
fuent^ Nuov< aM. 18002 Gronwfts; Es-  
pa-jva. Fax 34-8S-24 33 4S. E-mail : Ir-  
tovarOçouat.Ltgr.es.

15-1ÜJU, 1996  
Exeiäf, G-B  
ErohMön «net »wim^nt ytoId : glot^af  
«nd naçwwM p«p<^; tv^s» Interna-

— 0. WaiJög, D«pt Ooaaaphy, Ufif- vortory of Beat», Rennes Wv\*r, Exater EX4 4RJ, G.-e. Tél. 44/13 92 M 33 4S. Fax 44/13 92 26 33 4Z

21-20 lui. 1996  
m\*â\$, Yatkmntm, GJ9.  
Fourth iniamttffctfciaí symposium on

— Sacral Dšpartm\*nt of Continuing Education. L«\*ds University. Leads LS2 9JT, OB. TA 44/11 32 333 241. Fa\* 44/11 32333 240.

Goose Bay (Labrador), Canada  
Prateeroxic evolution in III«

— CF. Gaum, N«wfcxindl«KI Department of Natural Resources, P.O. BOM, 8700, St John's, Newfoundland, MB 45©. Canada. Tél. 703/729 2118. Fax 708/729 3493. E-mail : cfff@20ppo.geosurv.50v.nf.ca

4-9 août 1996  
Rochester, M« USA  
Th«s Säurten system, Sana Intemattonal ympoium. Jh rr\*5ff«  
— MaficfclsJcfffíOfi« Depaftn\*Bnt of puo togy, Williams CoNege, Williamstown, MA 01267, USA. Tél. 413/597 23 29. Fax 413/S97 41 18, E-rmal :

\* 4-9 août 1996  
Stockholm., SueMå  
Sixm Stokhoím Water Symposóm.  
— Stockholm Water Symposium 1986., Stocknoém Water Company., S ~ 10636, Stockholm. Suède. Fax 46/87 36 2€22.

4-14 août 1996

303h International Geological Coogress. in n\* 51  
— Preparatcy Commission for the 30th §GC. Barwanhuang Road, 26 Fu-cMnp\*Hwwai, PO BOK 823, Beijing 100 037, R.P. ùm Chin«. Tél. SS/1 832 77 72. Fax 86/1 332 89 2B. T«ta« 22 2721 CAOS CM.

5-10 août 1996  
la Hay«, Pays-Bas  
MO Çnpnaåium ; Land - S\*» inter- Çtikms and natural hazards.  
— Dfarteil« Bamcn» Gaographwches bm\* #Mft. Untvitåitåt Hatdtbfert, Im Neuen- lielnw Feld 348» O 6S120 Hafdetoeig 1, Atonagn«. Fax 19 49 62 21 56 49 96.

\* 12-17 août 1996  
Rtnotniki:»Gk\*òboc, Canada:  
tnt\*gret\*d m&neg\*m&nt and sustan- nMå» development li« coastal zorwss fWomna\*iofal lterence!  
— II. B-Safah. GREC, UnJvemHi du Oweto©c, 310 aUe« d©s UrsuNnea, Ri- rnoùski, Québec, Cartada, G5L 3A1. Tél. 418 724 1701. Fax 416 724 1842. E-meff: ^^o\* a\*rr>8<>tsaò»uqar,lX\*»e- beC.Ce.

18-24 août 199©  
RKl Ctaro. Sfésil  
fWtt Symposium cm. Cretac\*oua of BrwvSL SmMa&om and M trip.  
— Omas Dias-Bntc. Dept d Sedimen- tary Geology, Inatitufu d« Qaoçiën\* ciasAJNESP, Rio Ctaro - SP. 13506- 230, Brésil. Tél. 55/D 185 34 0327. Fax 55/0 195 242 445 or 340 327. E-mail : dfma@\*lújóúúú juasp.ansp.br.

\*2S août-1««apt. 1996  
Aoumaras. Es; Carpatrw  
Jofctt CEV & CVS Worfoehoe) on Vol- canécttåta attcpimc\*« afouml arate-  
— Alex Siakacs and/or Ioan Seghaci, tawituid Geological FlomonW\* Sir, Ca- raraotæ« 1, 76344 Bucureåii 32, Rou- manie. Tél. 40/16 65 75 30. Fax 40/13 12 84 44. E-mail : sza- kacdio/.ra. ou tiéåi : s\*»h\*idOíOí/fo.

2-4 sept 1996  
Nancy., Franc»  
IntamatkmaJ Conférence cm Csthod QutmIn§zc&ncâ end R#ist\*d Tech- nicpwB S«M Giñhosclifices end Geotra- teHåi3. Jb nm\*56.

— y. Pag^, CREGU, SP 23, 54501 WwtåmmAm-M&w&f osdax, Franc«. Tél. 3\*53 44 1B 00, F« 33m 44 00 29. £-maa : pâQe\*«cr\*»u-crr-&n\*cy.£-.

\* 2-4 Mot 1998  
NantB«, Ffi&no-  
ColloQU© d s Géophysioos »ppli\*

— R. jagabrWl», Laboratoir© Oeniral ces Ponts et Chaussées., -44390 Bou- guenais. Franca.

\* 2-8 8«JL 1996  
If Santwii» Grtc»  
Expkmm volcsnic «nspioits.  
— J.S. Ottwt S H.M. Madv, Envÿron- mifitå Science Division, Lancaster UnivÉrs:ty. Uncatter LAI 4YQ. Tél. 015/24 59 30 22. E-mail : J.S.Gil- bert\*«lancaster.ac.uk.

3-8 sept. 1996\*  
Turin, Italto  
Eurock'96 : prediction end p\*rfom- maoc« Sn rock rvachanic© @nd im k ^ngin«@ring. IntlmatioiPMii nympo-

— Ckganizing Committe« Eyrock'96, COAss no Ceote«ntca Italians AGI vm Bormida 2. 0019« Rom®, Iiai«. Fax 39/6 6042265

\* 3-6 sept. 19%  
Prague. Tc«coslo/aqu«  
Minorais, m«««« ardt th© ©nvïron- mmi, & inlemmtkm&l etmfmmmm.  
—\* Contowico CStifóor, SnôAutón of fe/lffing ami Mrta«»9y. 44 Portland Raca, London WIN 48R G.8. Ta 44/171 580 38 02. Fax 44\*171 43B S3 88.

\* 3-7 sept 1996  
Pittsbcurgh. F\*rmsftvarÉ», USA  
13III «nñual Irsternateonal PíUs-

— Adnan Di Héfoe, P\|Süöurgb Coal Confwence Office«, Uniw&ty úf Pitts- bourgh. 1140 Bttrmlyni Hai. Pitts« fco\*jr, PA 15260. Tél. 412 624 7440. Fax 1412 624 1480. E-mail : ótnaróc\*Bngriç.c\*.pfit.edu.

7-9s«pl. 1991  
Toiøø, Espagne  
Qi.aCOPH'90 : Gk>bßl Continentals! PÅle\*ahydroöoßy, S«cond tni\*rti«- tttonal Syn\*oskmi. foim\*57.  
— Gerardo Benito. GLOCOPH'Qð. CSJ© \* Cent'o d« Cienctas ftdocioñoi- bifmtatos. Såttrara 115 ópðo, 28006 hÅadm, Espagne. Fa» 34/15 64 OS 00. E-mat! : ;b«nio#aioic.«s.

8-11 sept 199©  
Caracas. Vamzylla  
i ÅÁPümm, Mmm\*tmåi Cmvfgmm m%G »smmm : mpmAm om ùsir- mmm» herim».  
~m\*Gommtikx\B30L Box579.Tutea. OK 74101, USA. Tél. 1/918 560 26 79. F« 1A16 Se02fi84.

3-12 &ep11996  
Portsmouth G.-B.  
Cünisminst@d tond mné groumJwa- ter. Futura dw\*ctliortil (32mj Annual Conference of the Ençm&&trta Group of the G«oiøgh\* Societi. JoMMy with th« Hydmgæotogteal Groujal.  
— D.M. Lsrnr, O@pt of C«y& Env'ronv- pwital Engir\*raT« University of Srad- loitd. Bradford BD7 1DP. O.\*B. Tél. 01274 3854 70. Fa« 01705 84 22 44.

" 9-12»«pt. 19S6  
PtMém« France  
Vmmw »outerrisirr© »n région @gri- eeta. Coiocm« irtwviiim ^  
— ESRA'96. Uiiivársité d\* Pürters, Lab. d'hydrogéæoógi», 9åi Sciences natiff«iåS, 40, sv. du ftocleur Pteau. 96022 Powers Ceöx. France. Tél. 33/49 45 3© 81. FQK 33/49 45 40 17. E-mail : esia'hyaVogec.ijww->it«\*s.- S«eond«rf sdsptattoo to flf« In wit « ; at In\*matkmal mudkåiscJ'i\* «\*ryeengrvw.  
— J.-M. Mazi ki at P. Vigrywd', Btochro- nok>gte et Pa\*fcHctogte hurraAo, Un- nmúé 06 Pchflers. 40 Av. du Aactufw P\*au. 86022 P04m C«dex, Franca.

\* 8\*15 mH 1996  
Mannte, France  
« Owm\*« kmmmwå mxrkmn\* tÉüm Smm anewntonQ. kt r« Å«

mrrmtto^a^iåmtdm^ Faculté um Scmmm St-Cnsnes. Cm 67, 13331 «ylar»eü0Ced«mO3.Ta33/9t 1C63&5- Fñ 33\*164 99 64.

10-13 sept 1996  
Parme, Itåle  
Iltñilsri PÅ5l©ontologicaí Society, XIIIIti Ckmpwså.  
— Paola Morte'ittl, IratMuM ci S««to- gia, V\*åi# d@lI# Scienze 78, 43100 Parm©, ItåH©. Tel, 39/0521 SO 53 87. Fax 38/90 53 05.

\* 12-14 sept 1996  
Aix-la-ChsDe«, AHVnagrw  
11\* colloque afimi@! öw Üimjp« d« Séfm««itel«»||i@ d'js-La-Cha^f© : «mEroVHMteffitå d» dépót smtea@t récents @ntr« is M«r du Ihörd #t i# lac@© Cofststari!»»,  
— A. UuHer, FWTB, Aix-la-Qiap«©» Ållamagne. Tél. 49/02 41 10 5? 26. Fax 49/02 41 80 88 151. E-mail : A\*My«aw#\*WTW-A«\*w.DE,

\*13-18 Mot. 1996  
Gfe's, France  
Aiuvtei bawiffi ; cpatititefe# mikt- Hou r>f S4Cümet åtpplf, «ccctmod-

— FJF. Friand iCåfrtwidgoí c/o. VaSéñ ÅÅacac\* European Staffínce Fo&iidaion, 1 quai UBoy-Mamésii, 67080 Stras- bourg C«cteM, Franc«. Tél. 33/ 18 76 71 35. Fax 33/88 36 69 87. E-fraii : @yrasco#«sf.onj; W#W#server :

15-20 Mpl 1996  
AsJtomar, Ctfantai, USA  
£\*9p awlsmk pmiffiing oi ttw corvlt- RåffitÅ. Ttli End\*nrñilíoofKsI syinikSséum.,  
— S. Kl@fflp@rs, O@O. ol Qftophysics, Miltm BulWkig, Stanft\*rsl Unvttmty. Stanford. CA 94305-2215. USA. Tél. 1415 723\*8214. fm HIS) 725- 7344. E-mail : kl\*mp4lpangsa.ttan- ford.ody.

\* 15-28 mpt 1998  
Madrid, Espa@n«  
Sosnteh iamtelkto« fm d trip.  
— iCFL Spate. LandsMes &6 ; J. Ctia- ooii. Opt. Cwå &ghr«@«ni9, Faculty of Sciences. Unrv. of Granad« c'Severo Genoa s/n 13071, Gr&ftåd\*, EspåQn«. Tél. Jfm 34 56 243 367. E-mai : jcha-

16-1í Mpl. 1988  
Üttftpt. 'f#oIO4oail GlspoiKsi of mSo»  
— K. Mytiffii, AECL So\*\*arri. I9åiåwa, Manitoba, BOE 1L0, Canada. Tel. 1004 753 2311. F« 1/204 753 2455. Ennai : woror-sa\*uri.wi.òed.cs.

ie-34 aépt 119©  
Fr@tb@ç. Saxe. Atanagn«  
Si h Itit\*matlofiAl CraAc#o«ift Sym- p«um »fid IGCP 312 Åmiwl AS- MKImy.  
2nd Worl\*hop <m \*noc\*«r@mlds-  
— Sike Vc\*t. TU Bwg\*adsmte Frå- b@rg, Institut fur G«ologie. Bamháft-vcm-Coíta-Sir. 2, O-O9SOA Fmbm-Alerragm.Tu. 4@3731 333293, F«K 49 3731 303599. E\*malí :

17-10 MPI 1906  
Si-Malo. FrSt«e  
iSAG&å, Trolilè«« sympofJum In\* i\* msöø^i mw ts Géodyramkiuw. m «\*»  
— 0. 0a#a«. ISAOm, Uéoactanc«» Raiw#ft, Urümåité de Bmwmm 1. Campy- da Beaurieu, 3SO42 Reunms C@dmm, Franc©. Fax 33/ 93 28 67 80. E-maa : isag980sath.iaiiw-rwirMMI.fr.

\* 18-20 sept 1996  
Paris, France  
24» [mirf'és v« d« rHydraulku«i d« III \$©eEété hydrot\*chnkru« «ES Frene« i

L'«aii« J'Homm© «f la nature. L«» «tofic«! hydfoi\*chnigues au a#r> Ylc# öu dév«fpepp«m,imt duobåka.  
— S.H.F. 199, rue G&òwrtik. JS007 Par«. Franc«. TåJ. 33/1 47 05 13 37. Fax 33/1 45 56 97 46.

\* 18-20 Mpt 1996  
Boníaaux, Franc«  
M«ta««CNfttoif'9S : T Symposium m- ^mationöi @nvM-onrtsmeni af nm- msåm Uc&MüK«Om : prcut\*etlofi d©s Mis. prtvwntMMi«<tdep«Hution.  
— M#12ttachn@©m SCS - OEVBJMM Cor»ei. FåWcs cte, Congre», 33300 Bor- timux Lac Fiww@. Tel 331« 11 88 88. Fm 33«. 4317 76.

22-24 VBCI, 19W  
54H© Turque  
2nd Symposium on itid Petrolüm Otology & Hydrocart«on potential of

— Sami Oarmai, TPAÖ, Turkey, Tü. 9CV312»90 40. Fax 90/312 286 90 49. ou Lst IÅiÖF , Bsoxs««TStåffis, PO Box 152. 12 » P@fy-G«wva, Sivsse. Tél. 41Å2 721 17 45. Fax 41/22 721 17 47.

22-2Ssept.1S96  
Sudtwy, Ontariö, Cana«te  
Ååoc^tioi of EarH Sctonc© Edi- tors, 30tt Annual Mating, interna- ikmmiGmftwmm\*  
— PüMtschon S«tvc@s Sect ion. 933 Rsmssy Lak© fíbad, Svcbuty, Ontano, Canada P3E 98S. Tél. 1/705 @D S765, Fw t/705 870 5770.

22-27 Mpi 1996  
WÅ«ongong, Austral«  
Fifftt ^} «rñafion^ gtoifslstics oodgmss.  
— &n©tt aååÉ. GÉOSTAT'96, Oapi. of

of Woiongwp. Wotongong, NSW 2522, Áusiråie. #m 61/42 21 32 38. E-mai : geosiat9©yow@dy.au.

\* 22-27 »apt. 1996  
Tantiercti Uzetoööyan  
Enytromm&niml hydrology and hy- tir@§@«sfi« Srd USA/CIS joint cofife-  
— Third USA/CIS Conter@nc«. ÅiH, 3416 University Av. S.E., Mmmaöolis, MN. USA

23-27 s«p. 1993  
Athènes. Grecs  
itl Congres^ åf Sattsam Geophysical  
— Erasmus Horizon Ltd., 34 Vaas Gaörgiou B Str««t 116 35 Alhèn&s, ÇE©©.

\* 23-29 sept. 1996  
Sctwa«, Tírd. Atriche  
— Miü Ftttm Institut fur Mirwalogla l PotroqrBotm. Unmwmm Innsiuck, Iprnain 52, Å-6020 Innsbruck, Au- trtch». Tél. 43/51 25 07 55 01. Fm 43/31 25 07 29 26.

24-26 MPL 1996  
KusåsdaJ. Turque  
%åfti Int«m\$liofial rñn«raí procès-  
— M\*Vü? Kmnaå, Méåm Mürwnci:sigi BiliÚPå., Dokuz Eyo Umarstesi. 35100 Bornova lanir. Turql«. Tél. 9CW32 388 7B m F« 90/232 37 » ZBL

m 24-27 «apt. 1993  
Gökten. Colorado.. USA  
Jñi©maJoi-v« confersnc« an csUbra- tion @nd r^iåbittiy in grundwaler  
— Confngrencia Secretariat Wocel CARE '96 : Infnsttorat Oround Waí@ MocMng Canfor, Colorado School of mmm, CoSden, Cdonsdo 80401 USA. T«s +1-303-273-3100. Fax \*1-303-304-203?. E-mñl : igwiriffcmEim.edu

24-27 «pl.19S6.  
Sìrgapow  
OSEÅ#e . Otffshor© Soulti East Asia C&nIMnc«» né «shibition.  
— WH Martin. Ghmaas «xnUtón se\*- vtéås Ud. 11M©nc«ester Squaw, Landon,

WIM » 8. &ÖL TA 44/171 4« 19 51 Ym 44/171 413 82 12. E-mail : aaNbfntmonfnatcam ; lffccümtt : http /fwmmmmw/QQM ou Bote Goh, Soppo » «N tütöi 'semc&i Pm L\*W Hsr% watfit # 15-0a Catfay ASw> Sir> >äa\*\*öf» W22\* Tél. 65/338 47 47. Fax mm@ M si. sum : M U M I -

25-29 w|M. 1996

Chwrnoklta and granuHla lac Jaa «ete» tatofswrtewi Spnpsstuf^ — V, mm Mdhrrn, DapL of Qwioqi, Univaratty of Madras» A.C. Colteg@ Campus. Madras. imi@ PW 800025. Tél. 91/44 235 11 37. Fa\* §1/44 235 28 70.

\*30aapt-3oeL 1996 Santfal. Jggw\* Gwypag panafnrling radaf. — M. S-to, Opt. of Rs>smiro@s Engin<<rtfio, Tohoku UnNäfsUy, S>#>läif 980-77. Japon.

7-110011906 Canari, liafe FwrUs internallonai rymposium 011 «nwrcmwMltsBt Issu«& and wanE# mmm/mmm In «natoy v@é mtrnarJ

— R. Cfcyoy, DipartinwTto di GacÉw-gnwü »|i@cmjfüš ta AmbtantaJi (OM-GITAI. U r n e n dagfi SteA di Ca#w, Ptecos tf Arnd. >3 123 C r i a i t halte. TA «39 70 200Q317/2U0OTWOTQ322. Fax 9/70 27 20 31.

ft-11 od 1986 imm, Estonia IWrtt Baltic Sirstigr&pfllcaí Conta-raneaí — CNhim Kalpa Institut« of Geology, Estonian Academy of scenes, 7 Estons Av.». €E0 100 Tallinn, Esionte. Tél. 7/37 22 45 46 S3. Fa» 7/3? 26 31 m 74 E-puš .ka9>apzgeol.gi.aa.

\* 8-11 od 1996 St PittsrstMWirg, fusw@ tatarrational aymppoaUim : larg« amf @6Lr &-&ig- &-& (unkljM) «topasúa of rar« uta pratoti m#tstl« (ganafic s spaces nitcg da-vlopmn-nt prob-kH-m»). — Y.B. Marin, St Pittsarsboura. Stal\* Stukkg Intitut« fTi«lkwaK Untuarsty) 21th U.M., 2 V.O., Si Patorabourg, 199 020 Russk. Ta (812) 31 SB 247. Fa\* (812) 21 32 613 ; í312J 21 85 463. E-mail : maffnftmi-

9-12 od 1991 Mngaiofk Jamafciaja Usturd Huttlü antif Oteaatarara. — S. Carby, D<pt. of Gaotogy, UW. yor», Kingston. JamaQua. E-mrril :

9\*13 act. 1996 öwflta, Qfec@ G>«&g>ca SowsB<« oi Ámaffea\* P#ftr-os« Conf\*»rnc!S. Exhumation Pm\* cs«e& : Normal FauJtmg, DuctSI# ftow» isnd E-trskm. — Lois J. cims, Wi-Stam Exp-sn\*cs.

GSA, 48S1 &MW19 Sun Lira» Catalda SprintS. Co 80917. USA. Tél. 1/719 »7 9201. F« 1/719 591 4B52.

\*10oct9@i PWIS\*FRWOI féSédéftscfci« M §é§ito#tu ?''é»

— P. PtmmU, LCPC, «bd. Lsftotou». 75732 Paris C@dt5 15, Franc«. F« ai \$@ 43 54 W.

\* 13-ia@d. 1996 Bywmas Mus, Ar>@ctint HIS &r>§@niin& góoofgtcsl csmff@» snd 111 hydóocsrbon ^Kplof&iïion

— \$@«>ta?Y, Xlfi CQA, Máftu S4S, piso 3, 1006 Buenos Aires, A-genim-s. Tél. (541) 322 3SS2/3244, 325 BD66, 333 SW. F« P4tj 325 M » .

\*1S-20oct 1996 Ctkim

laUofi of oplflollta« mmé «oleatile arcs k%H@ciresiwi. «>nrltem mskvu — Utoatt, Dias ti@ Va\*\*\*\* mat G@> logta y Piteortlo^a, Wa Bte^ca y Car-rstén Cwitm, Ciüüad 0« te w n n ; CP11000 Cuba. Fax 637 336 345. — Gramrite Draper» Dept of Gtoteqy; Fl 3319@. F» 300 346 3077. E-Nfl :

\* 20-23 oct. ta « Hoy«ton,USA

— Oabbi Boonstm» MPG Edycaiton D@pt., Po 80sc §79, Tulsa OK 74101-0979. USA.

\* 21-24 od. 1 » 8 Cl»mi>é>» Franc@ totoctoie« Français «ta TmwtoE an Souterrain (AFTCS) ; joumé&g tf éteA>«fen«isnwtioi«te«; X11JWS«P «@n souterrain : d#« l^chftltqu«s #1 dos wowwww » — S#crétartat AFTES/ei>F, Bureau 4/71, 22-30. Av. d« Wapwil, 75005 Paris. Tél. 33/1 47 64 84 7? Fax 33/pi 47 S4 7S ».

\*21»oet. 1996 Nioa, Francs 121\* eonfféft pattonal ém sacUté« ttoSOtkiig&& >i ^ckmiosis!s. — CTHS. 121- congrès» 1 nm Bm\* cartes» 75005 Pariá, Franca. Tu. 1641)46 34 4763.

\* 21-26 oct 96 SmsidHAsif. Franc@ Dapeyatama ol pirospstrit@ end r^liitod mulMl^m%lc minrsia. Pro-o>sf#s., palhwafi «tnd products. WO\* 325, fSýntar» Anala. — L«I.J. Lucas. Insirtut om Scmo» de te Terre, 1 rue Blass ig, 07M4 Stras-burg Caca«. F« í331 Sl 36 72 35.

24 oct. 1996 Rafinas, Francs Toctoulsrm, «uSt&iï&m# et enr^g%-

— F. Guilloch«au. Geosciances Plemm, kmt\* QécO>-& eamptif Beau-liau. a# du Géneral Lecterc 35042 Rann OS Codes., Franc«. Tél. 33/93 23 §1 23. Fax 3S/9S 26 67 80.

28-31 oct. 1996 D m r , Co, USA GSA : annual mafftfeng. — J. Kirmey, GSA Hjadquarters, Box 3140, 3300 Panros@ Placá, aeuidar Co. 80301. USA. Tel. 1/303 44? 2D20.

nw. 19«

Réunion es Geophyskju@ iipp§eSýée. — J.M. Qiie^ardel. UFG, 79. rui O@«kí Bamard, 75005 Paris. Franc«. T«. 33/1 47 0? 91 95.

\*4-5H0». 1996 Paris, Franc@ P1CU\* P^Uclp&tion frimc@lm. Siten\* Pwifwcitw#

— J. Ray. lab. dö Strstigrâ^hi@ se-«POTIMiê it mkropaléorEoiofle. tet! lui d@s Soancea é» la Tr^rrt., Unww-s>lè Paul Sabâtiyr. 30, allées Jutes«Gutsdfi, 31002 imEoum Cedax, FrancT. Tél. 33/61 53 02 35. f « 33A? 2@ 71 40.

4-? nov. 19@ LA@ Suera Vista. Ftodd@. USA EGO\*NF0RMA^&3 - Global Uwt~mmk@ for Eiwiftmrrus-ia! inlonini~ll<ifi : Bridging th« <U@p #lw«<<n — Pkmt mtgts% ERW, BOK 134001. Am Arbor MI 48113 - 4001 USA. Tél. V313994 1200.fiax 1/313SW 51 23»

En Europ@ : Olio Hutzingar. Tél. 49/ 921 552 245 ay 155. Fa«4»S2t\$4S25.

^ r & ov. WW — Müwrs#>i Petroleum SociétF» PO Bm 1@97 WiSkH Ol24 Otso>Mwig#. Tél. 47/22 43 00 50. Fax 47/22554130.

\*@-14W. 19S6 Btomey. <rtanda

elw ti^ lu ímfif dlm@nsJonÄ : @v- (j^io@ of s<i4mil «üd lisfiktd #nvi-rofom<nt<el ch@iis#t @t th^

— RX Oi^oy (Cört\*, oto. VSÉto AJis-pach. Iwopsar« Sciww« Foundation. 1 quai Liíay-Marnésia» @70>0 Stfisiourra Cid#K, Francis Tel 33/8B 78 71 35. FÓK 33/SB 3€ B9 87. E-mai« : #u-r@M#>sf.w9 ; WWWswver : lirtp :

11-14 nov. 1906 UCaíra.EaypM» >ú>ol^wíteal aumaya artd s>lai^i«W« d^AWpm^nt ; Otote@k>Í Swwy of Bifp] €««««%tái. ^n n^ 53, (daí«a mocEIMI — M. EL Whrawi» Oootogteal Swwy of ígvpt, 3 Saiaf Ssiwi Rd» A M » aiya, L@ Calm., Egypt@. Tél. 2íWa 1025. fax « 002 | ft» »20128.

15-16 nov. 1996 Ana», Francs L@ Cm K objat péoloioif«@, ré«@r-vai?, mseérasu »| papniQ«\* — N. Dwnpo@. Se^ófté @e\$0«U9 du Word Univ. Sei, #1 Techn. d# Lilin. Sci«C@« Tírm, SSeSS Vienow@ d^Mcq Cedw, FwriAí fix 33^20 43 49 95 ou

\*1S-20iw. 1866 Hystertibid, mS@

— tesociaSion of éxptratton Gaophy-meiste, cm Buéding, USfrania Urnw-focty. Hydsrabsd 500 007, India. Tél. @/140 701 90 01, 17 13 13. Fax 91/443 701 90 01. E-mail : a\*farnccs.unaí.in.

17-22 nov. 1996 'Kin^sÍOilit JaraÉwess MfctelGW ^ il« Humki Tropto «nv^ ranman, Inaamllonal Bj>jipOTluni. — Saçihí Humrill Trcp^cs @nviron@rrt 93, A. Ivan Johnson, 7474 Upham Court., Arvads, CO 60003 USA. Fax 1/303 425 SS 10.

\* 20-21 iw. 199@

lrrt@maü@n@l »amirair on pié»om«\*

— ITC - PA^MAGS. Geoscisnce Là-borsloy, Gacogical Surv<v of Pakift-toi» PO. BOA 1461, S^&hzad Town. Isl-lambad, 44000 Pakistan. Tét. §2/51 24 04 23. Fax 92/51 24 02 23. E-mail : per-fnscps 9ft ij^soisböscleipk. uffMlp. ofQ.

22 fm. 19€6 Pstrls^Fratiw La @e@k@# ém %f@nô& awfR@&m äa détint riy XCT ilécto : i te mémok« du PTOIMSMW!».\*E^ tévèqu@. — P. Bfoqwl. Ficytté um Sömcn. Lsé. dö Geol. Structuré al Appi^ Qués. 1. pi. iLudanc 25000 Bô&artc^, fímtm. Tél. 33 Sl 86 S7 13.

\* 2-3 dae. 1996 Parts, Franc LA@ Li i » Créte@c4-->«tHzk@ : mp «cl« btotogkp» et ^eoi&giQU@s. m n^ m — E. BuKetaJ st N. Búrdet» Lab. Pa-iÉOntoloC^â « Verléttéffs, 4 pi. Jus-smj, Cm@ tm. 752S2 Part» C&úéx 05. FrancT. Tél. 33/1 44 27 35 14. Fax 33/1 44 27 4@92.

\* 3-5 dec. 1996 Londras. Q-B. PÉTSXA^6, P^Sfoi&um ExplorBliion Confis&mcoc« smé Exhibition.

— 3DC Évšfits, Busi«<ss Ossiqn e@rttf^ Ltd. IT113 Dov<r Street Lon-don WIX 3 PB. O-B. Tél. 44/171 495 5S 00. Fa\* 44/171 496 78 08.

\* 6\*11 déc 1996

— K.V. Ragnaraclottlr «Brist«^ . e/b. J. HemWosvic^ Europeán Seltne« Fouty dáiiion, 1 quai Lazay^Marnésia, 670^ Strasbourg C&âQx, France. Tél. 33m8 76 71 35. Fax 33/83 36 69 87. E-ma^! : @urssco^eaf.org ; WWWsar-<mr : Htp : ffomw.mf.mQJwmwscx>

11 st12dèc 1996 Parts, Frano Séotm@ntioi>šk3 éi< ta matièrè org^ niqW. — F. Baycin, Lab. Straligrapiii«, tour 19-11,4 pi. Jusstau, 73252! Paris; Codex 05. Franc@. Tél. 33/1 44 27 4@ 57. F«x 33/144 27 36 31.

• 12dèc 1906 Pwm, fwrOO Infomiatkp« @t §écito##. — J.-L. Durvil^l« WPC, 56 8 d. L<-Wws. F75733 Paris C<«dK 15. Franc«, faxil) 40 43 54 95.

1997

Íarw>f 1997 >Xi;guL ttté@ Drought, greundwaför polhjtion wné

— Managing director, Tamibnadu waler supply and drainage board, TWAD House. Chapauk, Madras 600 00S. irkte.

\*1i-24|@wtor1@97 Puerto VaBam M^XK^U@ ÍÁ VCE1, g^mirsl m b íf. — Qiga^zmg Cömr-&íteé, imiJiuio d« Cc&otmca, UNAM Ckcuito eKterior, Ciudad Univers H ariá. C.P 04 510. y^tqua. D-F. Fax 5/550 24 36.

\*2f-29|amw9f 1997 Osjo, Norwég

Íeév Tmds In G@osct@nc« Compti-

— Korw«óte^ Pwtrölmim Soctoy, Pó Bos 1S37 Wa, H 0124 Oslo, t^orvé«e. Tél. 4 7 « 43 00 50. Fax 47/22 Á 48:30.

\* &-Smir\$1§9? túndmt, a^Bí. T ^MSWS^S^C^W^JUSÍ . fiwí 1|TBÍ^IOMWQNIHAI TRIN»GMCaw

— Bob Hofdsworth, Oept «l^ G^oJogi-cil Ciencias, Unjveraiy of Uornam, Durham DH1 3LE, G-B. Fai 44/ 01 191 374 2510. E-mail : fl.E.Hold-wüfth#diifn@fiac.íA.

Yaoynd« Csmafou 3^ Coltoqu« Iit stratigraphie el dá paieöogögíAphU ó& l^ÁttanUqu« mi4 13^ Coiciqv« «Mcaln cK micro-p^ttéEñll#logi« ít Conférence sn-m^k^ Ó@riGCP n^ 381. — Societé n^1 tonale des hydrocaf-byrts. Comité d'organisa t or, des Cd-toqim» UP ISS. Yaounde, Carnorom Té«.«237J SO 32 S3. Fax (237) 20 46 51/ 20 SB it.

\* 20-22 mar» 1997 Sèvm^ Eapagna GetaXJ» Ílspamj-frafvcóls : mlíteus c^rt>onaté sctmsmtaüic — J.-L. Gu«T&ibi. CNRS, Centra Aixota cî@ Gàogrspri@ Physique. 29., Av. R-Schuman. F 13621 Aix-en-Provence C<«d«% 1. Tél. 42 95 38 70, Ym 42 95 OM 20, — F. Etez O@i Omo. Dspl. OeogrspM« c/Morica c« Padila «/n. 41002 Sévite, Espagn». Tél. 34/54 55 13 06, fm 34/54 SS 13 51.

\*24-27 mars 1997  
Braga, Portugal  
Ihm Atti> ai f'ortuL-u<fr< Lan g u@ s@  
Counirts G\*och<micAl Cwiftim>  
<laiiIiOihftotittf'ratattatfe\* <^<^<  
ISMI WWWK  
—@mcfufa Dlw, Opt Otoydu> d< Twm

Brags CodtCr Portugal. T\*\_\*\_ 3S1 /  
53 60 43 OS. fmx 351/53 00 43 04.  
E-irwl : gaoqijmlca<@!.uminho.pt ;  
URLhttp : /Hal<eLumaiho.plW>\*Vho-

\*@-11 avriMOT  
yon<, Ba^iqw  
Q4o\*o@k Re9ionote du Sud-8fBbant  
aux eoMm^d< l'Artote,  
— p. ù or m ù et M. Hamabart, Ser-  
vice de Geòtagi\* fmuamma@ et Ap-  
pliqué\*, faculté Polytechnique de  
Morts, rue êe Houcaïn, S - 7000 fctans,  
Belgique. Tél. 32/(0) 65 3? 46 08.  
Fax 32/(0) 65 3? 46 10. E-mail :  
cainOtoms.fipms.ac.be.  
\* 13 avril - 3 mai 1997  
Rabat fmf6 oc

Symposiums <t af<€<f Karst hydro-  
— IABS SAS-97 Orga/Wing Commr-  
tee. Ckractkm générale d< ntyttaui-  
liqt>, Rabat-Ch<ilah, Maroc.  
Tél. 212/7 7@ 90 08/77 87 42.  
Fax 212/7 77 S6 96.

\* 14-1? <vriM 997  
IMptfitt> France  
Congrés international : teochrom<\*-  
'QW Wrt&tfWtiOl<rfpF> Cûil O&fiO3M)SCLiil@ &fi  
Eiiorp< #! domam>tt r<M&s.  
— J.-P. Aguitar ou S. Legendra. Lab.  
'da Pajèontoiog< - CCS4, Uoiv. Mont-  
pellier II. .34095 fUkmpatfaff Ceox 5,  
Franc<. Tél. 33/3? 14 32 51/54.  
Fax 33/67 14 36 10. E-mail : bio-  
chrom<isorm.urMv.mof<p2 lr.

\*23awrtl<-3mai1997  
Rabat W&roc  
ABt8? • 5' assemblé< scientt&kjus  
d< rAssociation lni<nratationu<v des

— IASH'97 Or<€<raî^ Comitéta. Di-  
rocbon Général de iHydnuIk|U<, Ca-  
si<f Rabat-Crieña< -Maroc- Tél. 212/  
|7| 77 90 m /77 B7 42. Fax 212/  
|7|77&6 96,

1W11 mai 1997  
Ottawa, Canada  
Ottawa '97, Réunion Afiftwst# de

eoefation minérwioffli<!\*>\* <y Ca-  
m^a ct\*c< 757, 601 ni\* Boolh, Ot-  
2A CISA M\* > Kt A O&B. Tél.  
&<miL : Ott>w\*Ö7<<w.Gâ.

25\*30 mai 1997  
Jémsalw> Uraü  
itti) ffit>fittta>ag Q\*och<rnrc<< <x<  
pJorsrtion Symposium [AEG].  
— IGesStvnlrM. PO BmSÜOO. Td-  
AvTv.61500istaéJ.Fax97Z'3 514 0C77.

20-30 mai 1987  
Genève. Suts&ö  
Europ<<n Aa\*oc of ütstosdafrtista &  
Enginar@ (EAO&), Strh C@nf<f'ftoe.  
— EAGÉ EH. Bomkamp. PO Box 298,  
NL 3700 AG Z&isi. Pay-Bas. Tél.  
31/3061 62 6SS. Fax 3 1 0 > 62 640.

23-27 M " > ?  
Athènes, G'èce  
SpytM&CidWhitwfl iittwTWPNiAI sw la {fwo\*  
kâct& de 3Jng<nmur ü d> f&v\*ron-  
n<mr&rt  
— IABJ. "Afh<w 97". P.O. Bon 10 140  
GR. 117 10 Athènes. Grèce Fax  
301/924 25 70.

1"-9juMeU9e7  
Metoume. Austral  
1997 Joint &ss<Mf<ées of th< IM<f\*  
fotiwiujp Associa i&n of iW#AOffo<O3y  
and Atmospheric Sciences & Mm >  
f&tkM&f Association for Physical  
S&memi o! the Ocean,  
— 1MIAS - IAPSO secretariat,  
Convention Mitwork> 224 Rouse  
strett, Port Me-:t>ourm Victoria 3207  
Australia. Tél. 61/3 96 48 41 22.  
Fax mm 96 46 77 37. E-mœ : mscar-  
t&tfupagi<jcwg.

10-12 J&it&t 1997  
Vienne, Autr<he  
Emrop<afi Paj<onioSog&AJ âasod<^  
'tiort, 2\* Congrès #uropé<n d\* Pa-  
Hontoiotia : cûmates, past, prnsant,  
fûtur@.  
— L G'üvovd-Stanvri, instit<t öö Gé-  
otogl<, 1., aie Btos< 67084 Strasbourg  
Coda\*, Franc<. Tél. 33/86 35 IS 70.  
Fax 3 3 < 38 72 35.

\* 10-t'>aoü<1997  
La Chaux-de-Fonds ;N<uchâ;el),  
Summ  
iT Congrès in tentation al dtt fpé-  
t&ioif< at @\* Coltoot cHydroJogte  
<n paies cslc<lr< #1 <fi mfJku f&is-

— Sublim<, Cast@ postal< 4093,  
CH-23CM La Cnaux<cte-fonds, Sutsse.  
E-mail : oono<f^y<jaf?4toh|^4jiim<h.  
I\* Colloflii< d%fâratogi< «n j?>ys  
eatealw <t <ci ms&su «<<<f\*, »o <x-  
ajr>éomf1S-17>oûtJ., o'5a  
— F. Zwak&a Contre tti&c&po@éoto\*  
e' 11, rut &fHte-Argand, Ctm postato 2.  
CH 2QQ7, Ititricnit<!, Sumae.  
T<. 41/38 23 26 00. Fax 41/38 23 26 01.

Irûmat : Mtp : :AwW<.urm>.ck<iia97/.  
16-29 août 1887  
ThtMaioniqu<, Grée@  
> i l ütftK>m A\*aéffio% @f öw totar.  
it<tbc&i< Astociatiitm off s'ï&moioy  
and pliyiéof th& ESMIC@ M&h<ess>  
— 2Sill IASPB perwAi >ss<mwY geo-  
physics! ^aîraioy. University. GR -  
54006.TlMNMMitoniJ. Orées<. Tél. 30/  
31 998 926. Fax 30/31 998 526.  
E-mail : ^spe<otymp.ccf.sûth.gr.

\* 28 août - 3 sept. 1997  
00100<< Raut  
âIO Ivfti Intsmatlonai Conférence  
on G&cnorp>>ok>gy.  
~ P&m Fofti, F&rnling Coogressi. via  
Crociali 2. 1-40136 Sologn<. Italie.  
fax ia 38 < 1 ^ 45 22.

1\*5 tapi 1997  
iitantoui TufcM<  
Symposium lii&M<ntional on Oaio<  
togy and aiwiw&wi\* >> n\* 5ill  
— GEOEW97, MumaticMiai sym-  
poskjm 9008C<nca. PK 4&4 Yen,seh<,  
06444 Ankara, Turquie. Tél.  
00/312 434 36 01. Fax  
90/312 434 23 88. E-mail ;

\* 2-4 s#pt 1997  
Londres, G-8  
Ttmf&wing m (Conf<renc< and <xhh

— Wcanferonc@ Office, Th< hstitu-  
lîim of Mining ami Metaf&rgy. 44 Port-  
laüd Place. Londres WIN 4B.R. G.-3.  
Tél. 44/17 15 80 38 02.  
Fax 44/17 14 36 S3 66.

7-10 Bf&pt. 1997  
Vtem, friche  
ÂAPG - International Conf<r<fic<  
and<Kftto^oön.  
— AWP&G. CoW&rtion Oapt. BOK §79,  
Tuisa, O<< 7410t. OSA. Tél.  
1/918 5 > 26 79, Fax 1/918 560 26 64.

21-3? sept 1997  
Nottingham. G.-B.  
Qroundw&xM >n tha Urten Environ-  
mm% XXVJth Congrawa of IAH

— SMphtn Fottar, Co<ïfwno8 Nottaw  
# a m , 30@ Ha<<<<< Rotd, l\*tt< MW  
msiAZ. a. a. m.44 / 1159556545.  
Fax 44/11 S3 85 6615.

\* 26-2? oet 1997  
Londret. G.-B.  
fNhtotwuiift polfi<f of YW SL&Tq<-  
— CASIL, 4 Cavendish Squ<f<,&br/>Londr<€, WIM OBX, G.-S  
Tél. 44/17 14 99 09 00.  
Fan 44/1716 29 32 33.

### 1998

\*@-12Juli19&8  
Leipzig, Mwiügm  
Ei\*mp&afi A\*O& of G'o<ch&nUats  
ft Enginar> (EAGE), 60th! Confe-  
rence.  
— EAGE, EH. Bomkamp, PC Box 298.  
W 3700 A0 Zaist, Pay-Baa.  
T&f 31/3080 62 8S5. fm 31/3069 62 640.

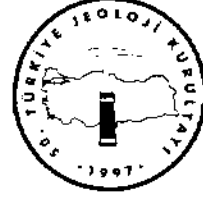
29 K>n-18 MI. 1993  
Johannôsixxrg, Afrique c&i Sixi  
8th int<maMortal plsiinum sym-  
sium (UGOO/CODMUH).  
— CA Im> PO BOX 68103, Bryampton>  
South Africa, TIL, 27/11 3F3 25 80.  
Fax 27/11836 03 71.

9-15 août 1996  
Toronto, Canada  
kntomaiuimi Mtnrelctgtoal As<ocia-  
lioft ; lüA&A  
— A.J. Nalcirefi. Oopt G&otogy. Univ-  
<rsity of Toronto, Camda lui SS 3B1.  
Tél. : 1/410 978 30 30.  
fan 1/416 978 39 38. E-mail :  
f&fTiaSe<ouartz.geology'.uiChrontoDa.

20-26 août 1998  
MontpöHw, France  
18< Congrès mondliiri &m Bcimmem<  
duaol. i<n\*57.  
— CME&fC, 1@ Corn<éa momm d<  
SCH&TC< du toi. Av. <f Agrap@)>, B.P-  
50 98. Afropoila 34 394 Montp&itor  
(Xiex, Franc<. Tél. 33/67 04 75 34.  
Fix 33/67 04 75 49. E-mail :  
Iss&öagropoiliJr. S<rveyrwww :  
http://www.cirad.-f./isas.html.

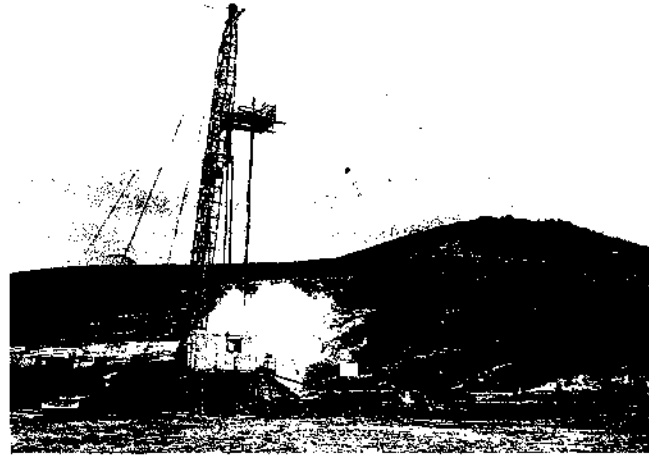
\* oel - nov. 1998  
PhysJcei, cbemlc&at and biological  
asph&sta of \*qt'tf&v>tr<nm s'd&nm<nt  
Inhwr&totiOf&a, aiüi. IAH Cono<r<<<.  
— J. Ro&öochem, USGS MS 414, Na-  
tional Centar, f&st-Dn Va 22092, USA.  
Fax 1/703 646 57 22.

**TMMOB  
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**



**TÜRKİYE JEOLOJİ KURULTAYI'NIN  
50. YILI ETKİNLİKLERİ**

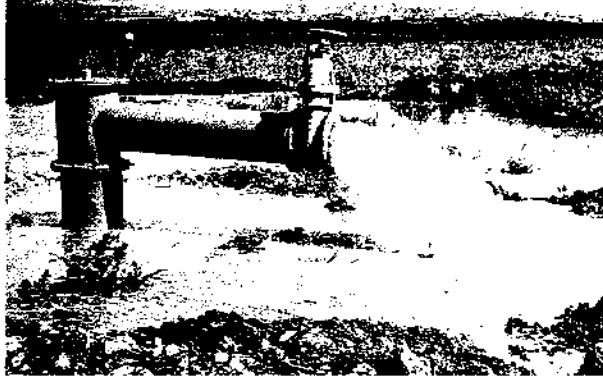
**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ VE  
SONDAJ UYGULAMALARI  
SEMPOZYUMU**



**DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
KONFERANS SALONU  
17 - 19 ŞUBAT 1997**



# YERALTISULARI SEMPOZYUMU



2 - 4 NİSAN 1997

50. TÜRKİYE JEOLJİ KURULTAYI  
ETKİNLİKLERİ



TMMOB  
JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
KONFERANS SALONU





# JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını

Kasım 1996 Sayı 49

ISSN 1016-9172

## İÇİNDEKİLER

- 1 Diyajenez - Metamorfizme geçişinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler  
**ÖmerBOZKAYA, Hüseyin YALÇIN**
- 23 Veledler Sırtı / Kurtşeyh (Sivrihisar - Eskişehir) sepyolit cevherleşmesinin rezerv - tenör' değerlendirilmesi  
**Cem SARAÇ, Taner İRKEÇ, Hakan GENÇOĞLU, AErhan TERCAN,**
- 35 Parnukkale (Hierapolis) de arkeologlar tarafından yanlış yorumlanan Jeolojik yapılar: Kendi liğinden oluşan kanal travertenler ve sırt tipi travertenler  
**Erhan ALTUNEL**
- 41 Yerbilimlerinde mikroanalitik yöntemler  
**A. Doğan PAKTUŒ**
- 49 Hidrokarbon aramalarında zeolitli kullanılmasına bir örnek: (İmranlı güneyi - Sivas)  
**Orhan ÖZÇELİK**
- 55 Dünya altın madenciliği ve Türkiye'nin altın potansiyeli  
**Vedat OYGÜR**
- 63 Anaıas mineralinin X-ışınları difraktometresi ile nicel analizi için bir yöntem  
**Hulusi KARGI**
- 67 Çayır han (Nallıhan - Ankara) termik santral» baca gazı arıtma kireçtaşı  
**AydoğanAKBULUT**
- 76 Başkalaşım kayalarındaki ana süreksizliklerin kaynak oluşumuna etkisi  
**İfyas YILMAZER**
- 81 Kuzuluk (Akyazı) termomineral kaynağı çevresinin ayrıntılı jeolojisi ve ilişkili hidrotermal anomalileri  
**Rüstern PEHLİVAN**
- 90 Kömür kökenli doğal gaz  
**İlkerŞENGÜLER**
- 95 EYS kuralı ile enjeksiyon projelendirmesi ve kontrolü  
**G. LOMBARDI, D.U. DEERE'**  
**Çeviren AdilÖKTEM**
- 107 Jeoloji Panorama  
**Engin SÜMER, Mine SÜMER, Sefer ÖRÇEN**

Kapak Fotoğrafı  
Karsantı- Adana krom cevherleşmesinin jeostatistiksel rezerv-tenör değerlendirilmesi (cevherleşmenin yalnız bir katı gösterilmiştir).  
**CEM SARAÇ**

teknik hazırlık  
nitelik reklam (312) 419 35 46



## 50. Yılı Kutlarken

Türkiye'de Jeoloji Mühendisliği disiplininin gelişmesine paralel olarak JMÖ •mesleki örgütlülüğünün 50.. yılını kutlamaktadır. Odamız,, mesleki yaşam kesitinde Jeoloji Mühendisliği ile ilgili konularda meslek amaçları doğrultusunda çeşitli etkinlikler göstermiştir.. Bunların kuşkusuz en önemlileri Odamız öncülüğünde gerçekleştirilmiş bulunan Türkiye Jeoloji Kurultaylarıdır.. Bugüne kadar da 50 Kurultay aralıksız olarak yaşama geçirilmiştir. Gelenekselleşen içeriği ile jeoloji topluluğunun, özveri ve gururu olan bu kurultayların 50. yıl anısına İstanbul'da 1-5 Eylül 1997 de gerçekleştirilecek olan JEOLojİ ve ÇEVRE Uluslararası toplantısının son hazırlıkları bitmek üzeredir.

50. yılımızdaki amacımız; kendi uğraşı alanında daha iyiye,, daha güzele erişmektir,. Bu amaçtan yola çıkarak yayın hayatına başlayan Jeoloji Mühendisliği Dergisi elinizdeki bu sayı ile bir kez, daha sizlerle beraberdir,. Bu sayı ile biraz daha güçlenen dergimizin büyümesi de sizlerin katkıları ile olmuş ve olacaktır.

Dünya ve Türkiye Ekonomilerindeki iniş ve çıkışlar bütün mühendislik uygulamalarını etkilemiş bulunmaktadır. Ancak, Jeoloji Mühendislerinin mesleklerine olan sevgi ve bağlılıkları çeşitli zorlukların aşılmasında her zaman en güçlü destek olmuştur. Bu desteklerdir ki JMÖ, kısıtlı olanaklarla ve özveri ile yürütülen ağır görevleri .50 yıl boyunca üstlenen meslektaşlarımızın çabalarıyla bu günlere ulaştığını bilmiştir;. Meslek örgütlenmesinde ellinci yılına dek bu çatı altında görev almış, çeşitli konularda katkılarda bulunan meslektaşlarımızı içtenlikle kutluyoruz. Elli yıldır süregelen çeşitli etkinliklerde Odamıza maddi ve manevi destek sağlayan kişi ve kuruluşlara JMO adına teşekkür ediyoruz.

Nice Elli Yıllara....

Jeoloji Mühendisleri Odası  
Yönetim Kumlu



# Diyajenez - Metamorfizma geçişinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler

Ömer Bozkaya, Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü» Sivas  
Hüseyin Yalçın-, Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,, Sivas

*Kırıntılı sedimanter kayaların diyajenez ve çok düşük dereceli metamorfizma geçişinin ve/veya evriminin belirlenmesinde çeşitli ölçütler kullanılmaktadır. Bunlar; kayacın dokusal özellikleri,, mineralojik bileşimi (indeks mineraller ve/veya mineral fasiyesleri), fillosilikatların kristalografik - yapısal değişimleri ("histalinite", kristalli büyüklüğü, poli tipi), organik madde (vitriini!) yansımaları,, grafitleşme derecesi, sıvı kapanım, jeotermometre ve jeobarometredir. Bu parametrelerden özellikle "kristalinite" ölçümleri diğerlerine göre çok daha yaygın ve kullanışlıdır.. Bu çalışmada, diyajenez ve çok düşük dereceli metamorfizma kullanılan terminolojilerin denestirilmemesinin yanısıra, analitik yöntem ve parametreler ile özellikle "kristalinite" ölçüm ler inde dikkat edilmesi gereken önemli noktaların açıklanması amaçlanmıştır.*

## Giriş

Çok düşük, dereceli metamorfizma, minerallerin ve organik maddenin litosmik basıncın etkisine göre yaklaşık 150 - 200 ile 350 - 400°C arasındaki dönüşümlerini kapsamaktadır.

Diyajenez - metamorfizma geçişinin tanımlanmasında litolojik farklılıklar ve faz dönüşümlerinin başladığı evrelerinin belirsizliğinin yanısıra, araştırmacılar tarafından kullanılan farklı terminolojiler de zorluklar çıkarmaktadır. Örneğin, evaporit, amorf ve/veya camı malzeme ve organik maddenini dönüşümü çoğu silikat **minerallerinkinden** daha düşük sıcaklıklarda meydana gelebilmektedir., Diğer taraftan, çoğu sedimanter kayalardaki faz dönüşümleri sedimantasyondan kısa bir süre sonra da başlayabilmekte ve «an gömülmeyle birlikte devam edebilmektedir., Daha da önemlisi değişik disip-

linlerdeki araştırmacılar dönüşümün derecesini, belirtmek ve adlandırmak için farklı terminolojiler kullanmışlardır\*

## Tanım ve terminoloji

Diyajenez ve çok düşük dereceli metamorfizma incelemelerinde kullanılan terimler aşağıdaki gibidir:

**Diyajenez:** Dar anlamda erken diyajenez sedimanın çökeltme ve bütünüyle taşlaşması veya çimentolanması sırasında meydana gelen değişimleri, geniş anlamda diyajenez ise taşlaşmanın bitiminden sonraki değişimleri de kapsamaktadır. Diyajenezin ileri evrelerinde sleyt klivajı da gözlenebilir- ve metamorfizmanın düşük dereceli kesimiyle çakışabilir. Bu da geniş anlamda "geç diyajenez", "epijenetik diyajenez", "gömülme diyajenez", "derin diyajenez" ve "katajenez" terimlerine karşılık gelmekte, bunlarda yazarlarca "gömülme metamorfizması ile eş anlamlı olarak, değerlendirilmektedir (Frey ve Kisch, 1987).

**Ankimetamorfizma** veya **Ankizon:** Yalnızca il El "kristalinite" verileri temel, alınarak tanımlanmaktadır.. Kühler (1967a, 1968) ankizon veya. ankimetamorfik zon kavramını geç diyajenez ve epizon arasında değerlendirmiştir.

**Epimetamorfizma** veya **Epizon:** Ankizon gibi yalnızca illit "kristalinite" verileri ile belirlenmekte ve ankizon dan sonraki bir üst metamorfik. dereceyi temsil etmektedir.

**Katajenez, Epijenenez** ve **Metajenez:** Katajenez ve metajenez, hidrokarbon kökenli kayalardaki evreleri tanımlamak için kullanılmıştır. Katajenez, Fersman (1922: Frey ve Kisch, 1987) tarafından örtü tabakaları etkisiyle çökeltme ortamı koşullarından farklı basınç ve sıcaklıklarda sedimanter kayalarda meydana gelen değişimler için kullanılmıştır. Katajenez terimi Rus jeologlanca kullanılan epijenenez ile hemen hemen eş anlamlıdır (Bates ve Jackson, 1980), Metajenez -ise

epijenez ile eşanlımlı **olup**, geniş anlamda hem. epijenez, hem de "protometamorfizma" terimlerini kapsar (Frey ve Kisch, 1987). Dar .ajılam.da metajenez ise epijenez (veya katajenez) ve metamorfizma arasındaki evreyi temsil eden başlangıç metamorfizması karşılık gelmektedir (Kossovskaya ve diğerleri, 1957; Kossovskaya ve Shutov, 1963).

**Çok Düşük Dereceli Metamorfizma:** Metamorfizmanın en düşük derecesi için kullanılmaktadır. Coombs (1961) ve Turne (1931) göre yeşilşist fasiyesinin, Winkler'e (1979) göre ise düşük dereceli metamorfizma başlangıcı olarak kabul edilmektedir, Çok düşük dereceli metamorfizma terimi "geç diyajenez" + "gömülme diyajenezi / metamorfizması" evrelerine karşılık gelmekte ve "katajenez" \ "epijenez", "metajenez" ve "epijenetik diyajenez" terimlerini de kapsamaktadır.

**Gömülme Diyajenezi / Metamorfizması ve Başlangıç Bölgesel Metamorfizma:** Bu terimler çok düşük dereceli metamorfizmanın alt bölümlerini oluşturmaktadırlar. Gömülme metamorfizması (veya gömülme diyajenezi) kalio sedimanter serilerdeki mineralojik ve eser miktardaki dokusal değişimler için kullanılmıştır. (Coombs, 1961). Winkler'e (1979) göre bölgesel gömülme metamorfizmasının çok düşük dereceleri için şistozite gelişmemektedir, Turner (1981), bölgesel, gömülme metamorfizması dinamotermal metamorfizmadan ayırt edilmesinde foliyasyon / şistozitenin bir ölçüt olmayacağını belirtmektedir. Kish (1983) ankimetamorfizmayı karakterize eden mineral modifikasyonlarına sahip ileri evre için genel bir terim olarak "başlangıç metamorfizması" nı kullanmaktadır. Sleyt klivajının gözlenmesi ve oiojenezle kökensel bir ilişkiye sahip olması durumunda ise "başlangıç bölgesel metamorfizma" d.ala uygun genel bir terim olabilmektedir. Başlangıç bölgesel metamorfizma. geol olarak prehnit pumpelüyit, pumpelliyit - aktinolit ve glokofan - lavsonit gibi mineral fasiyelerinin yanı sıra, ankizon ve antrasitik kömürleşme evrelerini de kapsamaktadır. Frey ve Kisch'e (1937) göre ise şistozite / foliyasyonun tipik olarak, gözlenmemesi ile bölgesel gömülme metamorfizması bölgesel dinamotermal metamorfizmasından ayrılmaktadır.

## inceleme yöntemleri

örnekleme

Şeyi ve sleyt/arduvaz türü litolojiler "kristalinite" indisi, ve politipi belirlemede, silttaşlan. ve kumtaşlan ise daha ziyade- dokusal incelemelerde yaygın olarak kullanılmaktadır, toce **taneli** metakla.sfikleo.ii el örneği düzeyinde tamamlanmasındaki zorluk, mineral içeriğinin an-

cak laboratuvar incelemelerinden sonra, saptanabilmesidir. Diyajenetik / metamorfik dönüşümler **ile** ilgili çalışmalarda derin sondaj koyularından alınan örnekler kesin, veriler sunmakla, birlikte, eoioe kesitlerden itibaren alınan yüzey örneklerinden de ayrıntılı bilgiler elde edilmektedir. Sondaj koyulan, doğrudan sıcaklık ve sıvı faz verileri, sağlamakla, bononla birlikte farklı litolojilerin sık sık tekrarlanması durumunda değerlendirmeler zorlaşmaktadır. Yüzeysel örneklemelerde aynı formasyon diyajenetik kesimlerden çok düşük dereceli metamorfik içi kesimlere kadar doğrudan izlenebilmektedir. Ancak, bu tip örneklemelerde yüzlekler sürekli olmayabilir ve örnekler aberasyona da uğramış olabilirler.

İnce - kesit, petrografisi

- Çok düşük dereceli metamorfik kayalarda ince kesit, incelemeleri çok sık kullanılması gereken, bir yöntem, olmalı, ve yanlgan sleytlerin bile gerekirse tutkal ile yapıştırılarak ince kesitinin yapılmasına çalışılmalıdır.. İnce- tane- boyuna sahip olmaları nedeniyle matris minerallerinin mikroskopta incelenmesi mümkün olmaktadır. Kristalinite indisi ve politipi incelemeleri için detritik mikanın tanımlanması önemlidir. Ayrıca, organik madde içeren örneklerin parlatma bloklarından itibaren gerçekleştirilen organik, madde yansıması ölçümleri de diyajenez - metamorfizma. geçişinin belirlenmesinde kullanılan önemli bir optik mikroskopik yöntemdir..

### X-ışını kunnımı

Çok düşük dereceli metaklastitlerin mineralojik, tanımlamaları için kullanılan en **hızlı** yöntemdir.. Litolojiye bağlı olarak, tüm kayaç, çeşitli tane boyuna sahip **non** - karbonat ve kil fraksiyonları kullanılabilir. Fillosilicatların tanımlamaları genellikle X-ışınlar difraktometresi ile yapılmakta,, ancak, buna ek olarak Guinier kamera tekniği de önerilmektedir. **Kil** plaketi sedimentasyon, yöntemi, ile hazırlanmakta\* normal, glikolla,, fırınlı ve gerektiğinde hidrazinli olarak çekimi yapılmaktadır. Mineralojik bileşim, "kristalinite"<sup>11</sup>, Mstal.it büyüklüğü ve politipinin yanısıra, organik maddenin grafitleşme derecesinin belirlenmesinde de X-ışınlarından yararlanılmaktadır.

### Elektron mikroskop

Ayrıntılı görüntüsü optik mikroskoptan daha kaliteli veya daha fazla, olan taramalı elektron mikroskop (SEM) •yöntemi, şeyi ve sleytlerdeki dokusal incelemelerde önemli olmaktadır., Bu çalışmaların çoğu ikincil elektron, modları **ile** yapılmış, ancak son yıllarda geri saçınımlı görüntülerin daha yararlı olduğu bilinmektedir. Geri saçınımlı taramalı elektron mikroskop kullanımı ile parlatılmış ince kesitlerde her bir minerali **kont-**



rastları ve farklı sertlik ve rölyfleri yardımıyla tanımlamak mümkündür. Ayrıca, çok bileşenli kayaçlarda her bir mineralin ayrı ayrı analizi SENfe eklenen enerji ve/veya dalga boyu .saçınımlı. spektrometreler (WDS ve EDS) kullanılarak .mineral kimyası ile ilgili nicel bilgiler sağlanabilmektedir..

Geçirimli elektron mikroskop (TEM) yöntemi, örneklerdeki tabaka silikatlarının A. seviyesindeki karakteristiklerinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu yöntem ile her bir iülosiikat: partikülünün yapısal tanımlamasının yanı sıra., ayrıntılı dokusal verileri de elde edilmektedir.

Elektron mikroprop metamorfik. petrolojide önemli bir kullanım alanı bulmakla birlikte, çok düşük - dereceli metaklastitlerde mineral kimyasal analizleri için daha az başvurulmaktadır. Bunun nedeni, özellikle 5 [im dan .küçük tane boyuna sahip bileşenlerde veya klorit - mika porfiroblastları / istiflerinde çoğu kez çok fazla analizler elde edilmesidir (Bozkaya, 1995).

#### Kimyasal analiz

Çok düşük dereceli metamorfizma ve kayaç ve/veya mineral kimyası arasındaki ilişkileri incelemek için yaş kim.yas.al. analiz yöntemlerinin. (FAAS,, GFAA, UV-VB, ICP, v.b.) yanısıra, kum yöntemler (XRF gibi) de kullanılmaktadır. Bu yöntemler doğrudan .ana .kayaç veya saf kil fraksiyonu içeren örneklerinde uygulanabilmektedir.

## Parametreler

#### Dokusal zonlar

Çok düşük dereceli metamorfizma ile ilişkili ilk dokusal zon tanımlamaları Ros yazarıarca (Kosovs.ka.ya, 1961; Kosov&kaya ve Shutov, 1958, 1970) yapılmış ve sonra özellikle Frey (1970, 1987) ve Kisch (1983) tarafından geliştirilmiştir.. Yazarıarca laii.iiBla.oaii dokusal zonlann mikroskopik karakteristikleri aşağıda • verilmiştir:

(1) Ältäre olmamış kil matriks zona: Bu zonda bazı d'uraysız detritik mineraller<sup>1</sup> (piroksen, amfibol, or-taç ve kalsik plajiyoklaz) tedrici olarak yok. olmakla, birlikte, ilksel sedimanler doku genel olarak korunmuştur. Detritik kuvarslar ile kil matriks arasındaki kesin, tane sınırları bu iki mineral arasında herhangi bir reaksiyonun olmadığına işaret, etmektedir. Bu zondaki kay aç-lara, bilinen epiklastik kayaç adl.ama.lan (kumtaşı, sultası vb.) verilmektedir...

(2) Altere kii matriks zonu: Bu zonda kil mineral-lerinin hidromika (=illit) ve klorite tedrici dönüşümleri ince taneli matr'iksi oluşturmaktadır. Matrikste otijenik kuvars oluşumuna da neden, olan basınç çözünmesi sü-

reçleri ile detritik kuvars ta.ii.e.leri çok ince testere dışı şeklinde görülürler.

(3) Ku.varsi.tlk. yapı ve hidromika - klorit matriks zona: Artan basınç çözünmesi kumtaşlarında kuvarsi-tik bir\* doku geliştirir. İlksel kil matriks hidromika, klo-rit ve kuvarsa dönüşmüş ve fillosilikatlar stress boyun-ca yönlennüşlerdir. ikinci ve üçüncü zondaki kayaçlar klastik dokularını halen korumalarından dolayı epiklas-tik sedimanler kayacın adının önüne <sup>n</sup>meta-<sup>n</sup> takısı geti-rilerek adlandırılabilir (meta-kumtaşı, meta-sütlaşı gi-bi),.. Ancak, meta-sedimanter kayaçlar hem. ankizonu hem de epizonu temsil ettiklerinden, illit kristalinite ve-rileri kullanıldığında oluştukları zonasyonlar da belir-tilmelidir (ankimetamorfik kumlası» epimetamorfik sil-ta-şığı gibi). Benzer yaklaşımlar kimyasal - biyokimyasal sedimanter kayaçlar için de uygulanabilir (metakireçta-şığı, ankimetamorfik dolomit, gibi).

(4) İğnemesi yapı ve muskovit - klorit matriks zo-na: Bu zonun tipik özelliği yaygın basınç çözünmesinin bir sonucu olarak siltaşlarında iğnemesi veya dikensi yapıların gözlenmesidir. Fillosilikatlar üçüncü zonda-Kinden daha iri tanelidir ve ilksel klastik. dokusunu bütü-nüyle kaybetmiş, dolayısıyla metamorfik bir doku ka-zanmış olduğundan pelitik kayaçlar<sup>1</sup> sleyt ve fillitler ile (emsil edilir.

Yukarıdaki dört dokusal. zon. bölgesel epijenez ve .metajenez evrelerine (Kosovskaya ve Shutov, 1958, 1.963, 1970); birinci (erken epijenez), ikinci ve üçüncü dokusal zonun (geç epijenez) zeolit fasiyesine, dördün-cü dokusal zonun (erken metajenez) ise prêtaıt - puni-pelliyit zonuna karşılık gelmektedir (Kisch., 1983; Frey, 1.987),.

Kullanılan analitik yöntemin kolaylığına rağmen,, çok düşük dereceli, metaklastitlerde dokusal zonların belirlenmesi zondadaki tedrici, değişimler' ve litolojik .farklılık nedeniyle zor olabilmektedir.

#### İndeks mineral birlikleri

Çok düşük dereceli metaklastitler bazaltik bileşimi!, meta - volkanik veya meta. - volkanoklastik kayaçlarda-ki gibi tipik mineral fasiyesleri (zeolit. - höylendit ve lö-montit, prehn.it. - plimpelliyit, prehn.it - aktinolit, pum-pelliyit - aktinolit., yeşilşist) ve indeks mineral birlikleri oluşturmamakla birlikte, özellikle- pelitik kayaçlann çok düşük dereceli, metamorfizması sonucu rektorit (düzenli karışık katmanlı I - S), paragonit / muskovit, paragon.it, pirofillit, lavsonit, stilpnomelan ve Mg - Fe - karpolit gibi indeks sayılabilecek bazı mineraller veya mineral birlikleri içerebilirler (Frey, 1987; Liou ve di-ğerleri, 1987),.

#### Kil mineralleri

Kırıntılı sedimanter kayaçların önemli bir bileşeni, olan kil mineralleri diyajenezden metamorfizma evresine kadar önemli mineralojik dönüşümlere uğrarlar.

Temel yapı ve bileşim, bakımından kil minerallerinden isadece iki grup metamorfik eşdeğerlerine benzemektedir (Velde, 1992). Bunlardan birincisi illitin egemen olduğu pofasik mika benzeri minerallerdir. İkincisi kloritler olup,, metamorfik kayaçlardaki yüksek sıcaklık fazlan ile sınır oluştururlar. Diğer kil. minerallerinin ise mel.amo.rfik mineral gruplarında eşdeğeri bulunmamaktadır.

Smektit miktarı gömülmeyle birlikte azalır ve K, Na ve Mg gibi egemen katyonlara göre sırasıyla Smektit -> I-S -> Paragonit, Smektit -> Klorit/smektit (C-S) -> Klorit, Smektit -> Vermikülit -> Klorit / vermikülit (C-V) -> Klorit biçiminde evrim gösterirler,

Kaolinil mineralleri smektitlerde olduğu gibi,, anki-metamorfizma zonunda tümüyle yok olmakta, veya dikil polimorfuna dönüşmektedir (Yalçın ve Bozkaya, 1996),.

Di- ve trioktahedral vermikülitler (DV ve TV), yüzeysel bozunma ve/veya diyajenelik koşulların ürünleri olup, gömülme diyajenezinde TV •» Hidrobiyotit (B-V) -> Biyotit,, TV -> C-V -> Klorit, DV •-> I-DV -> Illit (beyaz mika) veya başlangıç fazının, di- ve trioktahedral smektit (DS ve TS) olması durumunda DS -\* V-D ~> Vermikülit -> I-V -> illit (beyaz mika), DS -> TV -> C-V •» Klorit, TS -> TS-TV -> V -) B-V -> Biyotit, biçiminde bir evrim gösterirler (Millot, 1970),.

Lifi / iğnemi sepiyolit - paügoriskitler / atapuljitler ise sadece diyajenez ortamlarında gözlenirler (Yalçın ve Bozkaya, 1995 ve bu çalışmadaki ilgili referanslar),. Diğer fillosilikatlerden talk. ve serpantin grubu mineralleri yüzeysel bozunma ve diyajenez ortamında oluşabildiği gibi, yeterli magnezyumun bulunduğu ıllrabazik kayaçların retrograd hidrotermal alterasyonu gibi daha yüksek sıcaklıklarda, ayrıca talk silisli dolomitlerin kontakt ve bölgesel metamorfizması ile de oluşabilmektedir (Deer ve diğ., 1992),.

İleri diyajenez ve çok düşük dereceli metamorfizmada önemli bir kavram olan "kristalimle", genellikle herhangi bir maddedeki, kristalin metaryalin miktarını belirtir (Frey,, 1987),. Kubier (1967a) kristal initeyi, kristal .kafesdeki düzenlenme derecesi olarak tanımlamış, ancak düzenin ne anlama geldiğini kesin olarak belirtmemektedir, "Kristalimle" terimi genellikle illit için uygulansa da, klorit,, kaolinit veya profilli! gibi diğer fillosilikatlarında da be.lirlenebilmektedir.

Kubier (1984) "illit kristalinite\*" terimi yerine Scherrer eşitliği (Schemer, 1918; Klug ve Alexander, 1974; Brindley, 1980; .Altai ve Tortu 1983) ile tanımlanan "Scheuer genişliği" terimini önermiştir., Schemer eşitliği,  $B = A^{29} = (K \cdot X) / N \cdot d$  , Cos 9 biçiminde olup, burada. B = 26 radyanında maksimum şiddetin yarı yüksekliğindeki açısal genişlik farkı., K= yaklaşık l'e eşit (0.89 v 0.94) sabit değer (Klug ve Alexander, .1974),, k= dalga boyu, d= atom düzlemleri arasındaki mesafe, N= düzlem, sayısı,, N.d= egemen kırınımın büyüklüğü, 8= yansımanın Bragg açısını ifade etmektedir.. Kübler tarafından, "illit kristalinite" yerine "Scherrer genişliği" teriminin önerilmesi illitin kristalografik açıdan sıkı bir yapıda olmaması ve kristalinitenin ölçülen B değeri için uygun bir terim, olmamasından kaynaklanmaktadır. Günümüz yazarları illit kristalinite tanımının biraz problemlili olduğu konusunda görüş birliğinde olmakla birlikte, literatürde yerleşmiş bir terim olması, nedeniyle aynı şekilde kullanılması tercih edilmiş, ancak Kisch'in (1983) önerisiyle tırnak içinde yazılması uygun bulunmuştur (Frey,, 1987).

İllit "kristalinite" indeksleri

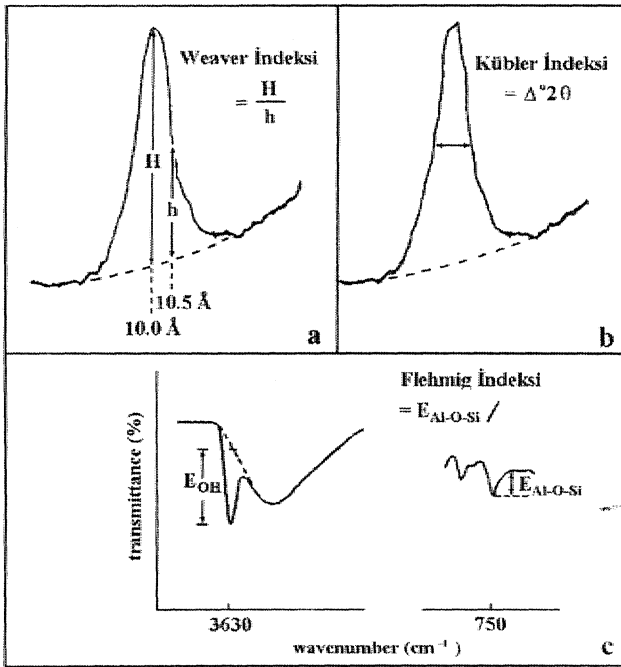
Literatürde birçok illit "kristalinite" ölçümü bulunmakta olup, bonlar aşağıda açıklanmış ve tartışılmıştır:

1. Weaver indeksi: Weaver (1960) ilk olarak illitin 10Å pikinin keskinliği ile şeyllerin metamorfizma derecesi arasındaki ilişkiyi araştırmış ve keskinlik oranı ile ifade edilen Weaver indeksini ( $WI = H(10.0\text{Å}) / h(10.5\text{Å})$ ) önermiştir (Şekil 1). Keskinlik, oranının sayısal değeri "kristalinite" nin .artmasıyla birlikte artmakla, diğer bir ifade ile 2.3 den küçük değerler diyajeneük zonu, 2.3 den 12.1 e kadar ki değerler ankizonu ve 12.1 den büyük değerler ise epizonu işaret, etmektedir.

2. Kübler İndeksi: Bu indeks birinci illit yansımasının, yan yüksekliğindeki genişliği olarak tanımlanır (Şekil 1).. Bu ölçüm yöntemi ilk önce Kübler (1964) tarafından, önerilmiş ve Kübler (1967a; 1968) ve Du.noyer de Segonzac ve diğerleri (1968) tarafından geliştirilmiştir.

Kubier indeksinin sayısal değeri "kristalinite" nin .artmasıyla azalmaktadır. Önceki çalışmalarda yarı. yükseklikteki pik genişliği değeri mm şeklinde ifade edilmiş, ancak şimdi, genellikle- A2\*8 olarak verilmektedir (Kisch, 1983 ve 1990; Kübler, 1984),. Kübler'e (1984) göne. ankizonun düşük ve yüksek derece limit, değerleri 0.42 ve 0.25° A2°eCuKa<sup>f</sup>dır.

Kübler (1968), Weaver<sup>1</sup> ve Kübler indekleriyle tanımlanan illit "kristalinite" değerleri için doğrusal, olma-



Şekil 1.1 Hit "kristalinite" indeksleri '.

yan bir korelasyon elde etmiştir. Weaver tarafından önerilen yöntemin metamorfizmaya uğramamış sedimanlarda daha iyi uygulanabileceği vurgulanmıştır.. Weaver indeksinde hata oranı daha düşük "kristalinite" değerlerine (diyajenetik), Kübler indeksinde ise daha yüksek "kristalinite" değerlerine (epizon) doğru azalmaktadır.

3. Weber indeksi: Weberin (1972a) tekniği illitin yarı yükseklikteki piki genişliği  $\{Hb I_{001} = \text{Kübler indeksi}\}$  ile kuvarsın (100) pikinin yarı yükseklikteki genişliğine  $(Hb Q100)$  oranım  $(Hbrel = (Hb I_m / Hb Q_{100} \cdot 100))$  ifade etmektedir.

Weber'e (1972a) göre, bu ölçüm yalnızca. Hb (100) kuvars piki standart olarak kullanıldığında geçerlidir.. Weber indeksi genellikle Alman araştırmacılar tarafından kullanılmıştır..

4. Flehmig indeksi: Hehming (1973), illit "kristalinite" tayini için infrared, yöntemi önermiştir.  $750 \text{ cm}^{-1}$  (EAl - O - Si) ve  $3630 \text{ cm}^{-1}$  (EOH) olmak üzere seçilen iki absorpsiyon bandının başlangıç - bitim oranlarının hesaplanmasıyla ilgilidir (Şekil 1). İyi kristalin muskovitin oranı  $(EAl - O - Si / EOH) = 10$  olarak, elde edilir. Flehmig indeksi 0 - 10 arasında değişmektedir, infrared, yönteminin avantajı X-ışınları yönteminde sadece c- yönündeki, bu. yöntemde ise tüm kristalografik yönlendeki düzensizlikler kullanılabilir.

Hunziker ve diğerleri (1986) Kübler ve Flehmig indeksleri arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğunu be-

lirtmektedir. Pahalı olması, nedeniyle bu yöntem fazla tercih edilmemektedir.

5. Weber - Dunoyer de Segonzac - Econoinou indeksi: Schemer eşitliğinde kullanıldığı gibi,,  $hu$  indeksi illitin  $10 \text{ \AA}$  pikinin yarı yüksekliğindeki genişliğinin ölçülmesinden elde edilen egemen kırınımların büyüklüğü ile hesaplanmaktadır. Bu yöntemin ayrıntıları Weber ve diğerleri (1976) tarafından verilmiş olup,, az sayıdaki makalede görülmüştür.

İllit "kristalinite" değerlerinin kalibrasyonu

Gerek alelsel koşullar ve gerekse örnek hazırlama yöntemlerinden ileri gelen faktörlere bağlı olarak illit "kristalinite" değerlerini» her araştırmacıya göre farklılık sunması kaçınılmazdır. Bu açmazın, önüne geçebilmek için standart örnekler kullanılmaktadır..

C.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji - Petrografi ve Jeokimya Araştırma Laboratuvarları (MİP-JAL) X-ışınları difraktometresinde gerçekleştirilen "kristalinite indeksi standartları (CIS)" kullanılmaktadır. Şimdiye kadar tanımlanan en son standartlar özelliğın taşıyan örnekler (S W - 1, SW - 2, S W - 4, 5W-6) İngiltere'nin güneybatısındaki Variscan çok düşük dereceli metamorfik kuşağından alınmıştır. Yazarlarca petrografik ve mineralojik özellikleri ayrıntılı olarak tanımlanan standart örneklerden diyajenetik bölgeye düşen SW-1 ve SW-2'oin normal çekimdeki (N) illit "kristalinite" (İÇ) değerleri (yan yükseklikteki maksimum genişlik = FWHM) sırasıyla  $0.63$  ve  $0.47 \cdot A29$ ; glikollü çekimde (G) ise  $0.57$  ve  $0.44 \cdot A29$  dir. SW-2 diyajenez - ankizon sınırı  $0.42 \cdot A28$ ; Kübler, 1984) yakın değerdedir. SW-4 (IC=  $0.38 \cdot A28$ ) ankizon'da, SW-6 (IC=  $0.25 \cdot A20$ ) ise ankizon - epizon sınırında, kristalli büyüklüğü ölçümleri için standart, olarak kullanılan muskovit kristalinin (MFC) IC değeri ise  $0.1 \cdot A28$  olup, epizon bölgesinde yer almaktadır. Yukarıda belirtilen CIS örneklerinin FWHM değerleri ile MİP-JAL da ölçüleni FWHM' değerleri Çizelge 1 de verilmiştir. Çizelge de verilen değerler x-y diyagramlarına yerleştirilmiş olup (Şekil 2: ve 3),  $y=ax+b$  regresyon doğrusu ve korelasyon katsayıları hesaplanmıştır.

İllit "kristaliniteyi:" etkileyen faktörler

İllit "kristalinite" gerek kayacın oluşumuyla ilgili jeolojik (sıcaklık, sıvı basıncı., stress, zaman, litoloji, illit kimyası ve bazal yansımaların karışımı) ve gerekse deneysel ve örnek hazırlama koşullarına (kil ayırma, eşitleme, plaket hazırlama, tane boyu, kalyon doygunluğu, ve etilen glikol) bağlıdır (Kisch ve Frey, 1987),

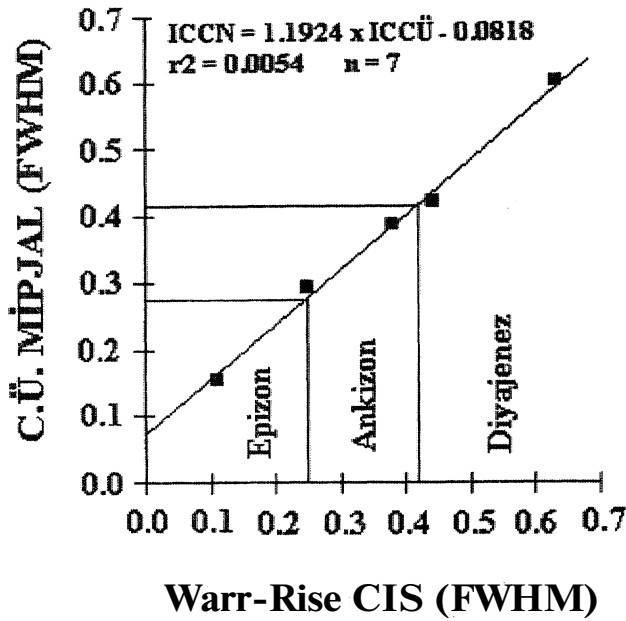
!.. Jeolojik koşullar: Sıcaklığın illit "kristalinitesi-ne" etki eden en önemli faktör olduğuna inanılmaktadır

**Çizelge 1.** (CIS) illit "kristalinite" standartlarının C.Ü. MİPJAL değerleri ile regresyon ilişkileri

Standart	İLLİT						KLORİT		
	NORMAL ÇEKİM (N)			GLİKOLLÜ ÇEKİM (G)			NORMAL ÇEKİM (N)		
	CIS	CÜ	St.Sp.	CIS	CÜ	St.Sp.	CIS	CÜ	St.Sp.
SW-1	0.63	0.601	(0.049)	0.57	0.552	(0.018)	0.34	0.342	(0.027)
SW-2	0.44	0.423	(0.025)	0.44	0.454	(0.007)			
SW-4	0.38	0.387	(0.023)	0.38	0.397	(0.001)	0.32	0.318	(0.022)
SW-6	0.25	0.294	(0.037)	0.25	0.298	(0.025)	0.25	0.277	(0.032)
MFC	0.11	0.156							

Doğrusal regresyon eşitlikleri ve r<sup>2</sup> değerleri:

Regresyon türü	Regresyon eşitliği	r <sup>2</sup>
Doğrusal	IC <sub>CN</sub> = 1.1924 x IC <sub>CU</sub> - 0.0818	r <sup>2</sup> = 0.9954
Doğrusal	IC <sub>CG</sub> = 1.2499 x IC <sub>CU</sub> - 0.1215	r <sup>2</sup> = 0.9987
Doğrusal	ChC <sub>CN</sub> = 1.4193 x ChC <sub>CG</sub> - 0.1400	r <sup>2</sup> = 0.9744

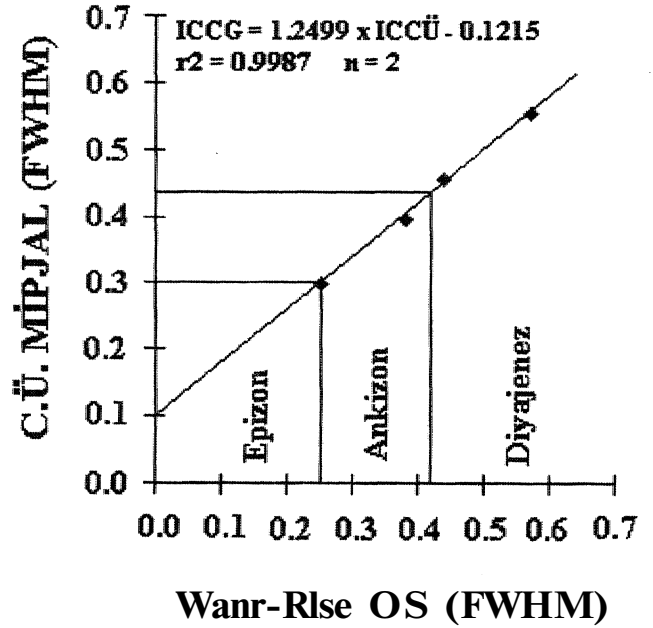


**Şekil 2.** CIS standartlarının yönlendirilmiş normal plakette- rinden itibaren hesaplanan düzeltilmiş ve düzeltilmemiş 10Å "kristalinite" değerleri (Kübler indisi;  $\lambda$ 208

(Kübler, 1967a,b, 1968). Bu etki kontakt melamorfik halelerde çuk iyi gözlenmektedir (Schaer ve Persoz, 1976). Ayrıca az sayıdaki hidrotermal deneyler ile de desteklenmiştir (Smykatz - Kloss ve Althaus, 1974; Knimm, 19:84).

Sıvı basıncı genellikle önemsiz, sayılabilecek, bir etkiye sahip olmakla birlikte, doğrudan etkisi bilinmemektedir (Frey; 1987).

Stressin etkisi tartışmalı olup, (Kübler, 1967b) bunun fakedilir bk etkisi olmadığını belirtmiş, buna karşın Kübler (1967a), Frey ve diğerleri (1973) ile Aldahan ve Morad (1986) ise bazı tektonik makaslama zonlarında artış gösteren illit "kristalinite" değerleri ölçülmüştür. Birçok yazar (Flehmig ve Langheinrich, 1974; Teichmiiller ve diğ., 1979; Nyk, 1985), Kübler indeksi kullanıldığında mostro ölçeğindeki bir kıvrımda



**Şekil 3.** CIS standartlarının yönlendirilmiş glükolla plakette- rinden itibaren ölçülen düzeltilmiş ve düzeltilmemiş 10Å "kristalinite" değerleri (Kübler indisi;  $\lambda$ 26)

deformasyon ve illit kristalinite arasında pozitif bir ilişki bulunmazken, Flehmig indeksi kullanıldığında ise tektonik gerilmenin artmasıyla illit "kristalinite" nin arttığı belirlenmiştir. Diğer taraftan, Roberts ve Meniman (1985) Mr antiklinalin menteşe zonunda artan Kübler indeksi illit "kristalinite" değerleri, saptamışlar ve illit "kristalinite" ile bölgesel gerilme doğrudan bir ilişki ortaya koymuşlardır.

Zamanın illit "kristalinite" değerlerine etkisinin olması, olduğu vurgulanmaktadır (Essene, 1982). İllit sabit sıcaklıkla ne kadar uzun kalırsa daha iyi kristalleşecektir. Bununla birlikte- günümüzde laboratuvar ve arazi verileri bu hipotezi destekler' görünmemektedir.

İllit "kristalinite" belirlenmesinde litoloji önemli bir rol oynamaktadır, taneli klastik sedimanlar, ince tanelilerden, iyi kristalin, flütleri içermeye daha elverişlidir. Bunun nedeni, detritik illit veya muskovitin "kristalinite" değerlerinin yüksek olması, ve iri taneli sedimanların yüksek gözeneklilik, ve geçirgenliğe sahip olmasıdır ki, bu da illitin agradasyonuna neden olan gözenek suyunun sirkülasyonuna daha uygundur. Örneğin, kemşan şeyllerden daha iyi kristalin illüeri içermektedir (Dunoyer de Segonzac, 1970; Bozkaya, 1995; Yalçın ve Bozkaya, 1996).

Metakarbonatlarda illitin agradasyonunu, potasyum yetersizliği nedeniyle "normal" metaklastiüere göre geciktirmektedir. Bazı özel jeolojik ortamlarda smektitler epizonda dahi korunabilmektedir (Wilson, ve Bain, 1970; Dunoyer de Segonzac ve Abbas, 1976; Schaer ve Persoz, 1976; Zingg ve diğ., 1976). Benzer biçimde illit

agradasyonundaki gecikme yüksek organik madde içerebilen sedimanlarda da gözlemlenmektedir (Kübler, 1968; Weber, 1972b). Bu durumda illit kristalleri hidrofobik organik materyalle örtülmesi sonucu iyonik çözeltilerin sirkülasyonundan, korunmuştur. Diğer yandan, evaporitlerde yüksek potasyum olması, illit "kristalinitesi" ni arttıracaktır (Rumeau ve Kilbicky, 1966; Kübler, 1968). Kübler (1968; 1984) ve Dunoyer de Segonzac'a göre (1970), illit "kristalinitesine" litolojinin etkisi diyajenez veya metamorfizma derecesinin-artmasıyla birlikte azalmakta ve ankizonun başlangıcında ise önemsiz olmaktadır. Bununla birlikte, farklı kayaç türlerinde ankizonun yüksek sıcaklık kesiminde bile illit "kristalinite" değerlerinde sistematik farklılıklar saptanmıştır (Arkaı ve diğ., 1981).

flütteki potasyum içeriğinin artması daha iyi illit "kristalinitesi"ne neden olmaktadır (Weaver ve Beck, 1971; Hunziker ve diğ., 1986), Gerekli potasyum detritik K-feldispat» muskovit veya biyotitin bozunmasından sağlanabilmektedir. Mitte Al içeriğinin "kristaliniteye" etkisi tartışmalıdır. Esqoevin (1969) yalnızca alüminyumlu illitlerin "kristalinite" değerlerinin metamorfizma derecesini belirlemede kullanılabileceğini, magnezyumlu illitlerin uygun olmadığını belirtmektedir.

Ankizon veya epizonda 10 Å'a yafan bazal yansımalı diğer fillosilikatların varlığı illitin (001) pikinin genişlemesine neden olmaktadır (Frey, 1987; Yalçın ve Bozkaya, 1996). Bu tür mineraller pirofillit (9.2 Å), karşılık - tabakalı paragonit / muskovit (9.8 Å), margarit (9.6 Å) ve biyotit (10.0Å) olup, bu fazların bulunması durumunda gerçek illit "kristalinite" değerleri elde edilememektedir.

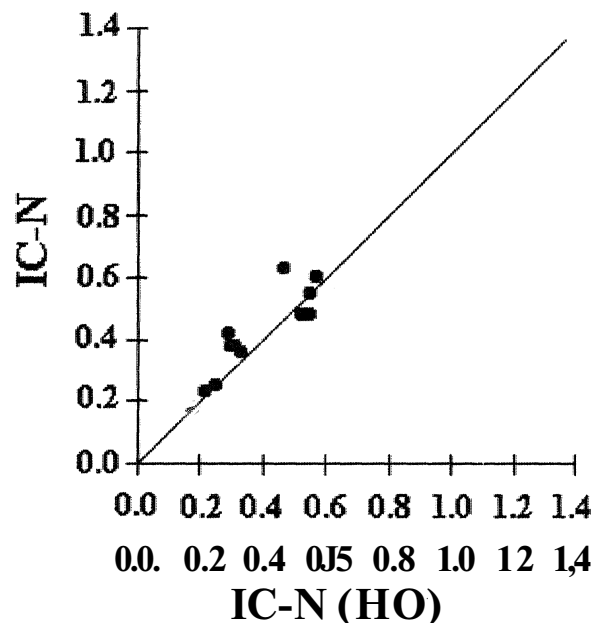
## 2. Deneysel ve örnek hazırlama ile ilgili koşullar:

Bazı yazarlar (Foscolos ve Kodana» 1974; Merriman ve Roberts., 1935; Kemp ve diğ., 1985; Robinson ve Bevins, 1986) kil fraksiyonu ayırımı için öğütme işleminin sonra çeşitli aşamalarda ultrasonik ayırıcı kullanmışlardır. Weber (1972a) kısa süreli bir öğütmeden sonra (tane boyu yaklaşık 1 mm) kil ayırımı yapılmasını önermiştir. Toselli ve Weber (1982) ultrasonik ayırıcının amonyum çözeltilisiyle ayırma işlemine göre- "kristalinite" değerlerinde bir artmaya neden olduğunu göstermiştir. Diğer yandan Kisch ve Frey (1987), düşük, dereceli, ankizonun 0.1 - 2 jım fraksiyonundaki bir illitin. 30 dakikayı aşan bir ultrasonik etkilemeden sonra bile "kristalinite" değerlerinde herhangi bir değişim, gözlenmediğine dikkat çekmiştir. Santrifüjleme yöntemi ile katyonlardan arındırılarak detloküle edilen süspansiyon, halindeki, örneklerden 3 saat 40 dakikalık sedimentasyondan sonra kil fraksiyonunun elde edilmesi

"kristalinite" incelemelerinde daha uygun gözükmektedir (Gündoğdu ve Yılmaz, 1983; Bozkaya, 1995),

Karbonatlı, sedimanlarda illitin zenginleştirilmesi için uygulanan asitleme "kristalinite" iod.eksin.de artmaya, neden olmaktadır., Bu artma, özellikle genişleyebilen yapraklar içeren, diyajenetik illitler için çok. daha geçerlidir (Kübler, 1984; Krumm, 1984), Bununla birlikte, sülfatlı sedimanlarda NaCl, organik maddeli örneklerde H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, amorf silisli olanlarında ise. HF'in "kristaliniteye" olan etkisine ilişkin veriler' literatürde bulunamamıştır.. Asitleme (%10HCl) işleminin, illit "kristalinite" derecesinde artmaya neden olduğu Bozkay (1995) tarafından da gözlenmiştir. Yazar, aynı seviyeye ait. karbonat içermeyen, diğer bir deyişle asiümeden geçirilmeyen örnekler için diyajenetik "kristalinite"\* asitleme işlemi yapılan karbonatlı örnekler' için ise ankizon. değerleri bulmuştur., Bu. değerlendirmeye litolojik farklılıkların neden olup olmadığını araştırılması amacıyla, karbonat, içermeyen on örnek üzerinde hem asitleme yapılmadan hem de asitleme yapıldıktan sonra "kristalinite" ölçümleri, yapılmıştır., Sonuçta, asitleme yapılan örneklerin pik genişliklerinin azaldığı, diğer bir ifadeyle "kristalinite" derecelerinin arttığı ortaya konulmuştur (Şekil 4), Bu nedenle "kristalinite"\* ölçümlerinde çok. az veya hiç. karbonat içermeyen kayaç örnekleri seçilmelidir.

Plaket hazırlamada en yaygın yöntem cam yarıklar / oluklar' üzerine pipette kil süspansiyonunun dökülmesidir (Dunoyer ve Segonzac, 1969; Kisch, 1980a, b). Weber (1972a) kalın sedimentasyonlu örneklerdeki pik ge-



Şekil 4. Asitlenmemiş (IC-N) ve asiüenmiş (IC-N-HCl) örneklerin illit "kristalinite" değerleri arasındaki ilişki.

nişlemesini belirlemiş ve bunu sedimantasyon sırasındaki dikey tane boyu ayırılmasına bağlamıştır. Brime (1980), üç farklı yöntemle hazırlanan plaketlerden ölçtüğü pik genişliklerini karşılaştırmış ve sıvama ile hazırlanan lamların sedimante şiltlerden biraz daha geniş pikler gösterdiğini saptamıştır. Daha kalın olmalarından dolayı sıvama lamlar pipetlenmiş lamlardan daha yüksek  $I_{002}/I_{001}$  şiddet oranları da göstermektedir (Brime, 1980; Robinson ve Bevins, 1986), Warr ve Rice (1993) kalın, orta., ince ve çok ince sedimantasyonlu kil plaketerinde kalınlığın genelde kristaliniteyi azalttığı ve pik şiddetini ise artırdığını saptamıştır. Diğer bir ifadeyle, örnek kalınlığı arttıkça pik genişliği, de artmaktadır. Süspansiyon yöntemiyle dikey tane boylanması Elit "kristaliniteyi" etkileyeceği dikkate alınarak ve cam plakete üzerine ince kil çamuru homojen olacak biçimde sıvanarak korumaya bırakıldıktan sonra çekim yapılması çok daha uygun gözükmektedir (Giin-doğdu ve Yılmaz., 1983; Bozkaya, 1995).

İlli t "kristalinite" örneğinin iane boyuna da bağlıdır (Weber, 1972a; Teichmüller ve diğ., 1979; Weaver, 1984; Bozkaya, 1995). Çoğu çalışmada 2 jmm dan küçük kil boyu fraksiyon kullanılmış olup, çok daha küçük tane boy (0.1 µm) piklerde genişlemeye neden olmaktadır (Brindley, 1980). Bu nedenle Weber (1972a), 2 - 6 jmm fraksiyonları çalışmayı önermiştir. Bununla birlikte, daha kaba tane boyu fraksiyonunun iyi kristalin detritik illitleri daha fazla içermesi nedeniyle dezavantajı da bulunmaktadır. Bu nedenle Weber milimeirik boşluklu filtreler yardımıyla <0.1 (im fraksiyonun uzaklaştırılması sonucu ö. 1 - 2; jmm boyutlu fraksiyonu zenginleştirmiştir.

Kemp ve diğ. (1985), diyajenez - ankimetamorfizma geçişi için <2, \un fraksiyonlarında. 2 - 6 jmm fraksiyonlarının göre %20 ye ulaşan daha yüksek  $Hb_{rel}$  değerleri belirtmişler., ancak orta. - ankizonda aynı değerler söz konusudur. Arkai (1983; Arkai ve diğ., 1981), tüm kayaç ve çözünmüş kalıntı örnekleri ( $A_{20} = 0.34^\circ$  veya  $Hb_w = 150 - 155$ ), <2 jmm fraksiyonlardakine ( $A_{26} = 0.38^\circ$  ve  $Hb_{rel} = 160$ ) göre daha geniş pik genişlikleriyle temsil edilen, bir metamorfizma. derecesine (lömontit - prètaüt - kuvars fasiyesi ve pompelliyl - prehnit - kuvars fasiyesi arasındaki sınır) yerleştirmiştir.

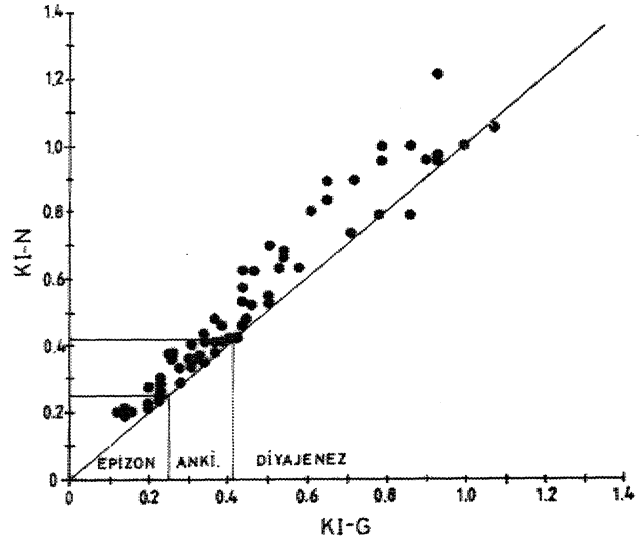
Birçok yazar, örnekleri K ve Mg iyonlarıyla doyurduktan sonra karşılaştırmıştır. Örneğin, Van Biljon ve Bensch (1970) ve Kisch (1980 a,b) tarafulandan K ile doygun örneklerde Mg ile doygun olanlardan daha dar pikler elde edilmiştir.

Diyajenetik ve dişlik - dereceli ankimetamorfik zonu illitlerinin.  $10\text{\AA}$  pikleri: genellikle bir tarafı düşük açılı (geniş aralıklı) olacak şekilde asimetriktir (Kisch, 1980a., b; Ivanova, ve diğ., 1979; Arkai ve Toth, 1983). etilen glikolün bu piklerin daraltması, geoşleyebilen. tabakaların şişerek, ayrılması sonucu piklerin simetrisindeki artmayla ilişkilidir (Triplehorn, 1970; Kisch, 1980a, b, 1981).

Etilen glikol etkisi sonucu daralma yüzdesi., diyajenetik bölgenin, yüksek dereceli kesiminde (Brime ve Perez, - Estaun, 1980; Roh.de, 1980) veya biraz, daha ileri evresinde (Teichmüller ve diğ., 1979; Kisch, 1980a., b) bile %30 a. kadar ulaşabilmektedir. Ancak, diyajenez - ankimetamorfizma geçişinde ender olarak %20'yi aşmakta (Kisch., 1980b; Teichmüller ve diğ., 1979), anki-zonda ise genellikle %10'dan daha. az olmaktadır (Kisch, 1930b; Brime ve Perez - Estaun, 1980; Rrey ve diğ., 1980; Dandois, 1981; Ahrendt ve diğ., 1977; Toselli ve Toselli, 1982; Warr ve Rice, 1993,1994).

Bozkaya (1995) normal ve glikollü çekimlerde "kristalinite" ölçümü yapmış., ancak zonların ayırımında normal çekimlerden elde edilen veriler kullanmıştır. Bunun nedeni glikollü çekimlerde pik genişlikleri normal çekimlerde ölçülen "kristalinite" değerlerine göre belirgin, bir artma göstermesidir (Şekil 5).

Geniş ve yeterli bir örnekleme yapıldıysa "kristalinite" değerlerinin harita üzerinde eşkristalinite eğrileri, olarak çizilmesi de mümkündür (Roberts ve Meniman, 1985). İllit "kristalinite" yöntemi jeotermometrik amaçlar için kullanılmamıştır, illit "kristalinite" yukarıda, özetlenen uygulamalardan daha farklı, amaçlar, örneğin

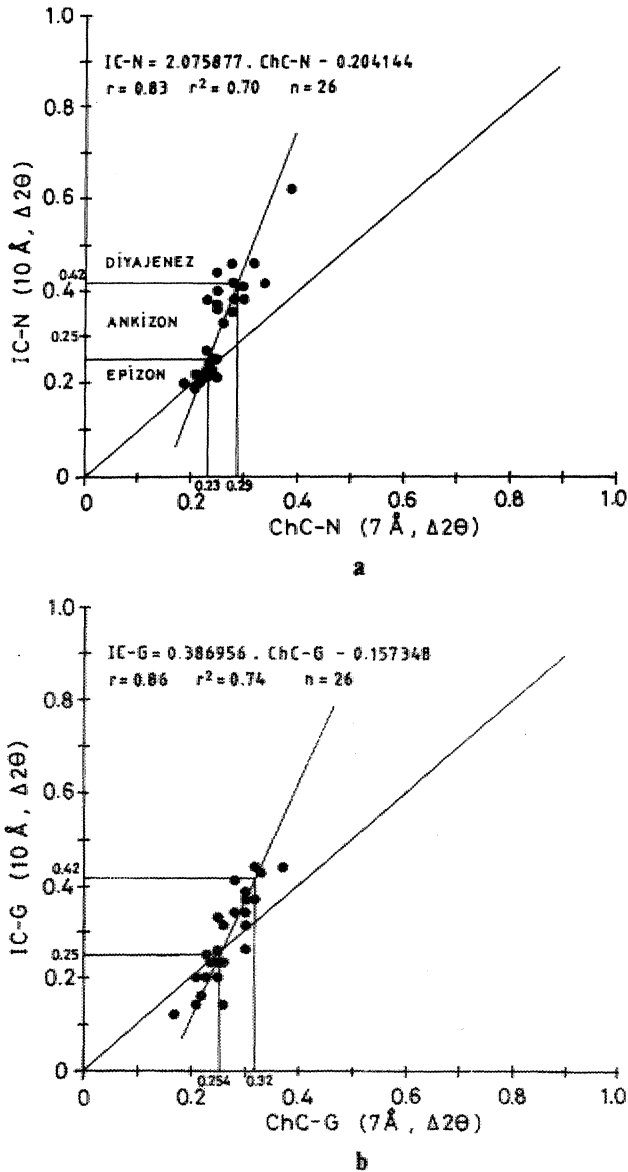


Şekil 5. Normal ve glikollü çekimlerden elde edilen illit "kristalinite" değerleri arasındaki ilişki.

düşük sıcaklık statik ve dinamik retrograd metamorfizması ile bozunma + gömülme diyajenezi arasındaki ayırım için de kullanılmıştır (Arkai, 1993).

### Klorit "kristalinite" ölçümleri

Klorit 7 Å pik genişliği birçok, araştırmacı tarafından incelenmiştir (Le-Corre., 1975; Schaefer ve Persoz, 1976; Deuffloff ve diğ., 1980; Dandois, 1981; Diba ve Williams - Jones, 1983; Altai, 1991). Genelde klorit "kristalinitesi" ile illit "kristalinitesi" arasında doğrusal bir ilişki olduğu gözlenmiştir (Bozkaya, 1995; Şekil 6). Her ikisinin mutlak değerleri, genellikle aynıdır (Duba ve William - Jones, 1983)... Ancak diğer bazı çalışmalarda kloritin aynı örnekteki ilikten daha iyi kristaliniteye sahip olduğu belirtilmiştir (Schaer ve Persoz., 1976;

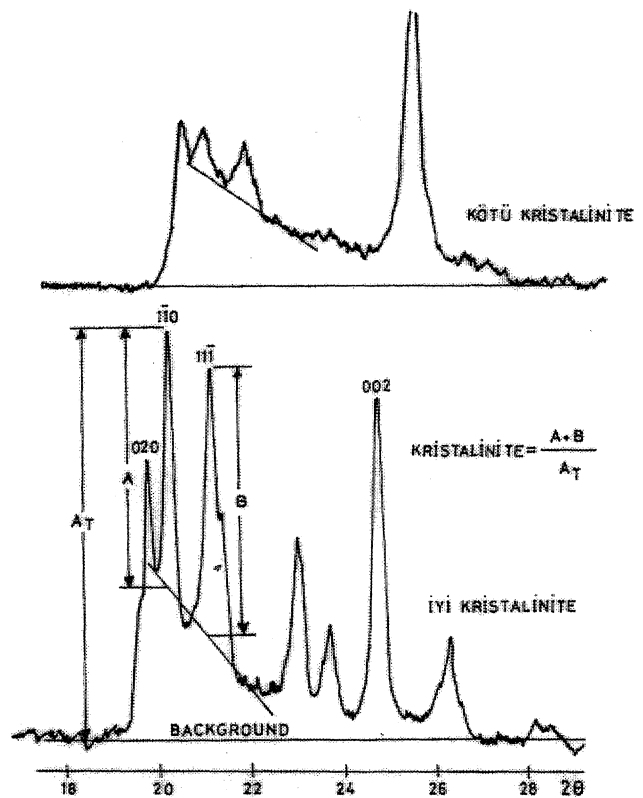


Şekil 6. (a) normal ve (b) glikollü çekimlerden elde edilen illit ve klorit "kristalinite" değerleri arasındaki ilişki.

Dandois, 1981; Arkai, 1991; Bozkaya, 1995). Metamorfik derecenin artmasıyla kloritin "kristalinitesinin" düzelmesinin nedeni bilinmemektedir. Klorit "kristalinite"\* kristal kafesinin yapışma düzlemlerinin boyutunun artmasından ve tekdüze kimyasal bileşiminden, ileri gelebilir. Kimyasal açıdan farklı kloritler pik genişlemesine neden olan bazal boşluktan çok az farklılık sunarlar. Arkai (1991), Merilerin normal ve etilen glikollü çekimlerden itibaren 14Å ve 7Å piklerini ölçmüş (A\*26) ve illit "kristalinitesi" (A\*29) değerleriyle karşılaştırmış, kloritlerin 14Å piklerinin "kristalinitesinin" genellikle daha düşük, buna karşın 7Å piklerinin "kristalinitesinin" daha yüksek olduğunu belirlemiştir,

### Kaolini! "kristalinite" ölçümleri

Kaolinit "kristalinitesi" ya yönlendirilmemiş çekimlerdeki bazal olmayan bazı yansımaların şiddet oranları (Hinckley, 1963; Şekil. 7), ya da yönlendirilmiş çekimlerdeki 7Å pik genişliği (Brauckmann ve Füchtbauer, 1983) yardımıyla elde edilmektedir. Ancak diyajenetik ve çok düşük dereceli metamorfik kayalarda çalışılabilir kaolinit "kristalinitesi" (Hinckley indeksi), kloritin bulunması durumunda güvenilir olmayacaktır. Kaolinit - kömür tonştaynlarında kömürleşme derecesinin artmasıyla, birlikte kaolini! "kristalinitesi" değerinde bir artış gözlenmiştir (Eckhardt, 1965). Stadler (1971), 200°C nin üzerindeki sıcaklıklara karşılık gelen yüksek kömürleşme derecelerinde değişen kaolinit "kristalinit-



Şekil 7. Kaolinitin yönlendirilmemiş çekimlerinde Hinckley kristalinite indeksi (Hinckley, 1963).

led" elde etmiştir. Brauckmann ve Fütchbauer (1983), silttaşlarındaki kaolinit "kristalinitesi" değerlerinde bazaltik dayk kontağına doğru artış gözlemişlerdir. Hinekley "kristalinite" değerlerinin düzenli hegzagonal kaolinitlerde yüksek, iyi gelişmemiş kristallerde ise düşük olduğu belirtilmiştir (Sayın» 1987),

#### Pirofillit "kristalinite" ölçümleri

Pirofillit "kristalinitesi" için Ianovici ve diğerleri (1981) tarafından altı indeks önerilmiştir. Bunlardan beş tanesi X-ışınları bazal yansımaları, biri de Infrared spektroskopisi özelliklerine dayandırılmıştır. Yüksek dereceli anklzon pirofillitleri, diyajenez - ankizon geçişi yakınındaki pirofillitlerden daha iyi "kristaliniteye" sahip olduğu belirtilmiştir (Frey, 1987).

#### PoEimorfi ve Politipi

Diyajenez - çok düşük dereceli metamorfizmada polimorfizma ve bunun özel bir şekli olan politipi, aşağıda açıklanacağı gibi birçok fillosilikat minerali için kullanılmaktadır.

#### İllit / .mika politipleri

Mika mineralleri için polimorfizma ilk defa Hendle ve Jefferson (1939; Bailey, 1988) tarafından tanımlanmıştır. Mikalarda altı adet standart politip olduğu belirtilmiştir (Smith ve Yoder, 1956). Bunlar vektöriyel özelliklerine göre A ve B olmak üzere iki gruba ayrılmış olup, A grubu mikalar' İM, 2M1 ve 3T politiplerini, B grubu mikalar ise 2Or, 2M2 ve 6H politiplerini kapsamaktadır (Bailey, 1980,1984, 1988).

A grubu politipleri (özellikle bir ve iki tabakalı monoklinik formlar) B grubu politiplerinden daha bol bulunmaktadır (Bailey, .1984). Elite bir tabakalı monoklinik düzensiz politipi (İMd) ve iki tabakalı monoklinik politipi (2M1) yaygındır. Üç tabakalı trigonal (3T) ve 2M2 yapısal formları enderdir (Yoder ve Engster, 1955; Dunoyer de Segonzae, 1970). Levinson'a göre (1955) ince taneli illit iri moskovit: kristalleri gibi aynı politip göstermektedir..

İleri diyajenez veya çok düşük, dereceli, metamorfizmada illitin İMd den 2M1 e doğru evrimi birçok yazar tarafından belirtilmiş ve 2M1 / (2M1 + İMd) oranını da metamorfik derecenin önemli bir ölçüğü olarak kullanmışlardır (Maxwell ve Hower, 1967; Dunoyer de Segonzac, 1970; Frey,, 1970; Gavish ve Reynolds, 1970; Foscolos ve Kodama, 1974; Fbscolos ve diğerleri,, 1976; Weaver ve Broekstra, 1984; Meiriman ve Roberts, 1985; Hunziker ve diğ.,, 1986). Bununla birlikte, Ktibler

(1967a, b) tarafından vurgulandığı gibi detritik 2M1 illitinln bulunması bo ilişkiyi çelişkili hale getirebilmektedir., Bu yüzden metamorfizma başlamadan önce yalnızca İMd polimorfunun olduğunun kanıtlanması gerekmektedir.

2M1 / (2M1 + İMd) illit politip oranının belirlenmesi gelişigüzel yönlendirilmiş örneklerdeki (hkl) yansımalarına ait piklerin ölçümüyle belirlenmektedir., 2M1 illit. politipi oranı  $I(3.74\text{\AA}) / I(2.58\text{\AA})$  (Velde ve Hower,, 1963),,  $I(3.00\text{\AA}) / I(2.58\text{\AA})$  (Reynolds,, 1963) ve  $I(2.80\text{\AA}) / I(2.58\text{\AA})$  (Maxwell ve Hower,, 1967) pik şiddetleri, oranlarından elde edilmektedir. Buradaki 3.74,, 3.00 ve 2.80Å yansımaları yalnızca 2M1 mikaya özgü .iken. 2.58Å yansıması her iki politipte de bulunmaktadır. Bu yöntemin hassasiyetinin düşmesinin nedeni; pik oranlarını etkileyen tane boyutları (Velde ve Hower, 1963),, başka minerallerden gelebilecek karışıklıklar ve gelişigüzel yönlendirilmiş örneklerin, yeniden hazırlanmasındaki güçlüklerdir. Maxwell ve .Hower (1967) tarafından önerilen yöntem, başka, minerallerden gelebilecek karışıklıklar açısından, diğerlerine göre daha çok kullanılmıştır., Bunların dışında Pique ve Wybrecht (1987) %2M miktarı için  $\%2M = I(2.98\text{\AA}) \times 100 / I(2.98\text{\AA}) + I(3.07\text{\AA})$  formülünü önermiştir.,

Başlangıç materyallerde tüm sıcaklıklarda birincil faz olarak İMd yapısının gözlenmesi, bo polimorfun yarı - duraylı; İMd den sonra. İM düzeninin gelmesi (İMd -> İM) ve düşük sıcaklıklarda da devanı etmesi İM muskovitinin duraylı bir- form olduğuna işaret etmektedir (Yoder ve Eugster, 1955; Velde,, 1965; Mukhamet - Galejev ve diğerleri, 1986). Uzun süreli işlemler temel, alınarak İM -> 2M geçişi. ~2 kbar so. basıncı ve 200 - 350°C sıcaklıklar arasında olup, yüksek sıcaklıklarda en. duraylı form 2M yapısıdır.

illit politipinin gelişimini etkileyen faktörlere başlıca sıcaklık, sıvı. basıncı (Velde,, 1965; Cloos, 1983),, stress, zaman (Voder ve Eugster, 1955; Velde,, 1965), litoloji (Kisch, 1983), illit kimyasıdır (Radoslovich ve Norrish, 1962),

Sonuç olarak; başlangıç in.etamorfizma.asi incelemelerinde illit İMd -> 2M politip dönüşümü illit "kristalinitesi" yönteminden daha az uygulanmıştır. Bunun nedeni, 2M1 / (2M1 + İMd) oranının belirlenmesinin uzun zaman alması ve görel olarak hatalı olmasıdır. Eğer bir çalışmada zaman ve kimyasal bileşimin önemli faktörler' olduğu ortay konulursa, metamorfizma derecesi için İMd -> 2M1 geçişinin uygulanmasında çok daha dikkatli olunmalıdır (Frey, 1987).



### Klorit polimorf ve politipikri

Trioktahedral kloritin 7Å → 14Å polimorf ve Ib → lib (her ikisi de 14Å) politipi değişimleri bulunmaktadır. 7Å → 14Å polimorf değişiminin metamorfik indikatör olarak kullanımı iki faktör tarafından engellenmektedir, Birincisi, 14Å kloritin de olması durumunda pik çakışması nedeniyle 7Å kloritin (aynı zamanda 7Å şamozit, bertiyerin veya septaklorit) belirlenmesindeki güçlük, ikincisi ise örnekteki 14Å kloritlerin bütünüyle 7Å kloritten türemiş olmamasıdır... Nitekim,, doğal örneklerden elde edilen optik ve XRD (Schoen, 1964; Delaloye, 1966; Frey, 1970) ile TEM / STEM verilerine {Lee ve diğ., 1984; Ahn ve Peacor, 1985} göre aynı örnekte hem 7Å hem de 14Å klorit gözlenmiştir... 7Å polimorto 14Å fazının muhtemelen yarı - kararlı bir öncüsü (Schoen, 1964; Ahn ve Peacor, 1985; Cho ve Fawcett, 1986) olup, birlikte bulunduğu **14A** polimorfu ile kimyasal bileşim açısından, hemen hemen aynıdır... 7Å → 14Å polimorfu geçişindeki sıcaklık verilerine (Delaloye,, 1966; Karpova,, 1969; Frey, 1970; Velde, 1985) göre 7Å → 14Å polimorf dönüşümü zeolit fasiyesinde meydana gelmekle birlikte,, 7Å polimorfu sıcaklık aralığının yaklaşık 200 - 300°C olduğu ankizooda da gözlenebilmektedir.

Bailey ve Brown (1962) kloritlerdeki tabakaların yarı - düzeni istiflenmesinde, ya da düzenli tabakalı kloritlede teorik, olarak altı tabaka - tabakalararası birleşme veya 14Å yapısal, birimi olduğunu belirtmiştir. Altı farklı yapısal, grup; Iaa, Ibb, Ilaa, Ilbb, Iba (=Iab) ve IIab (=IIba) olarak tanımlanmışlardır. Buradaki I veya II numaraları tabakalararası yaprağın oryantasyonunu (I oryantasyonu 2: 1 tabakası içindeki oktahedral yaprak için önerilmiştir), a harfi tabakalararası yaprağı alttaki 2: 1, b harfi ise üstteki 2:1 tabakasına göre olan konumlarının ifade etmektedir;. Eğer<sup>1</sup> tabakalararası yaprak alttaki ve üstteki, tabakalara göre- simetrik koomda ise {aa veya bb) sembolde yalnızca, bir harf kullanılması yeterlidir (Ia, lib' gibi). Asimetrik, tabakalararası konumlar (ab veya ba) β açısında farklı olmasıyla belirlenebilir (Örneğin,, Ibb için β = 90°; Iba, (veya Ib için ise β = 97\***dir**). Kloritlerin yapısal birim hücre şekilleri, ise- ortorombik, monoklinik veya triklinik olabilmektedir..

Bailey ve Brown (1962)=, Ilaa ve- Ilab yapısal formlarının doğada, gözlenmediğini ve diğer politiplerin ise bolluk sırasına, göre; Ilbb (veya lib; β = 97°), Ibb (veya Ib; β = 90°), Iba (veya Ib; β = 97°) ve Iaa (veya Ia; β = 97°) olduğunu belirtmişdir. Hayes (1970) bu dört politipe ek olarak. İbd düzensiz klorit tanımlamıştır ki, bu da 2.4-2.5Å. bölgesindeki.  $h_m$  difraksiyon bandının eksikliğiyle karakteristiktir.

X-ışınları toz difraksiyon patemleinde kloritlerin

altı mümkün grubu tanımlanabilmektedir. Öğütme herhangi istiflenme düzenini bozabilir<sup>1</sup> ve hatta tabaka - tabakalararası tipi değiştirebilir {Ibb → Iba -> Iaa; Shi-rozu, 1963}, Ibb' ve Ilab yapıları için d - değerleri diğer dördünden daha farklıdır (Bailey, 1980;. 1988). Çünkü bo ikisi β = 90° olan ortogonal birim hücre şeklinde olup, diğer dördü, için 'β = 97° olan monoklinik şekilli birim hücre esas alınmıştır.,"

Geç diyajenez ve başlangıç metamorfizması sırasında 14Å trioktahedral klorit. politiplerinde değişilin gözlenmiştir. Hayes (1970), I tipi klorit yapılarının yalnızca diyajenetik. süreçlerle oluştuğu sonucuna varmıştır. Sıcaklığın artması ile meydana gelen diyajenetik kristalizasyon, kristalografik veriler ve. öğütme deneyleri baz alınarak doraylılık sıralaması, İbd (d= düzensiz) → Ib (β = 97°) → Ib (β = 90°) olarak önerilmiştir. Başlangıç metamorfizması koşulları sonuçla Ib (β = 90°) → lib politip dönüşümüne neden, olmaktadır. Bu yüzden metamorfizma geçilmemiş sedimanlardaki lib kloritler büyük bir olasılıkla detritik kökenlidirler.,

Hayes'e göre (1970) kloritlerin kimyasal bileşimi, yapısal duraylılığa çok az etki etmektedir., Bununla birlikte kimyasal bileşimin, çok. önemli etkileri olduğu da belirtilmiştir. Örneğin, Karpova (1969), Mitsui (1975) ve Shirozu (1978), lib politipinin lib politipli metamorfik kloritlerin Ib politipine sahip sedimanter kloritlerden daha fazla tetrahedral Al ve daha. fazla oktahedral Mg içerdiğini savunmuşlardır.

Ib → lib politipi. dönüşümü ile ilgili sıcaklık verileri oldukça sınırlıdır.. Hayes'e göre (1970), bu dönüşüm metamorfizmanın en düşük derecesinde (yaklaşık 150 - 200°C) oluşmaktadır... Karpova. (1969), politip dönüşümlerinin başlangıç: ve derin katajenez (=epijenez) evreleri arasındaki geçişte olduğunu, bunun, da zeolit: fasiyesine karşılık geldiğini ve- yukarıda belirtilen sıcaklık aralığında geliştiğini gözlemiştir. Mitsui (1975), yaklaşık 200 - 300°C lik sıcaklarda Ib ve lib klorit politiplerinin birlikte bulunduğunu belirtmiştir,

### Kaolin.it politipleri

Bazı bazal olmayan, yansımalar<sup>1</sup> yardımıyla ayrılabilen üç kaolinit politipi (kaolinit, dicit ve nakrit) vardır (Bailey, 1980, 1988). Kaolinit minerallerinin asıl bileşen olarak oluştuğu, yerlerde (örneğin kuvars - kaolinit: kumtaşları, tonştayn veya damarlar) politipler kolaylıkla saptanabilmektedir. Bununla birlikte, kaolinit. şeyi ve sleytlerde daha çok minör bileşen olarak bulunur ve politiplerinin belirlenmesi ler zaman mümkün değildir. Bu nedenle kaolinit politiplerinin dağılımı ile ilgili bilgiler sınırlıdır ve muhtemelen literatürde kaolinli olarak, tanımlananların çoğu, gerçekte dicit veya nakrit olabilir..

Dikit, sondaj kuyusundaki 100°C (Ferrera ve Kübler, 1964) ve 8CTC (Dunoyer de Segonzac, 1969) sıcaklığında, ankizonun çok: düşük dereceli kesiminde (Clauer ve Lucas, 1970), ve erken geç epijenetik evrede (Rodionova ve KovaTskeya, 1974) belirlenmiştir. Kosovskaya ve Shutov (1963, 1970) tarafından kuvars - dikit fasiyesinin derin epijenez evresindeki kuvars - kaolini! kayaçları için karakteristiktir. Literatürde sınırlı ve farklı sonuçlar elde edilmesi, dicitin indeks mineral olarak kullanılmasını güçleştirmekle birlikte, pirofillit ve paragonit / muskovit ve paragonitün bulunduğu tektonik gömülme ile ilişkili metasedimanter serilerde ankizonda, olasılıkla, düşük epizonda bile korunabilmektedir (Yalçın ve Bozkaya, 1996).

#### Pirofillit polimorfları

Pirofillitin bir triklitik ve bir de monoklinik olmak üzere iki polimorfi ayırtlanmış (Brindley ve Wardle, 1970) olup, her ikisi de doğada gözlenmektedir (Frey, 1978; Ivanovic ve diğ., 1981; Frey ve diğ., 1988). Pirofillit polimorfi ve metamorfik derece arasındaki ilişki ile ilgili çalışmalar literatürde yeterince bulunmamakla birlikte, Ebert (1979; Frey, 1987) hidrotermal deney verilerine göre, çoğu silikat polimorflarının tersine monoklinik pirofillitin düşük - sıcaklık formu olduğunu belirtmiştir.

#### Kristalit büyüklüğü

Özellikle mika minerallerinde ölçülen kristalit büyüklüğü (kristalit yüzölçümü veya X-ışınlanma tarafından ölçülen düzlem sayıları) Kübler indisi değerlerinin (B) pik genişliği değerlerine dönüştürülmesi ile elde edilmektedir. Merriman ve diğerleri (1990) tarafından Kübler indisi ( $B = A \cdot 28$ ) ile pik genişliği (p) arasında  $\beta = 1.038949 \cdot B - 0.08250323$  şeklinde doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Daha sonra bulunan  $\beta$  değerinden itibaren  $N \approx 8.05 / \beta$  formülüyle kristalit büyüklüğü elde edilir (Merriman ve diğ., 1990). Yazarlar diyajenez - ankizon ve ankizon - epizon geçişlerine ait Kübler indisi değerlerinin sırasıyla  $B = 0.43$  ve  $0.25$ ,  $A = 28$  kristalit büyüklüklerini de  $N_{0.01} = 22$  ve  $47$  hesaplamış ve pik genişliği ( $\beta$ ) ile efektif beyaz mika kristalit büyüklüğü (NQM) ilişkisini ortaya koymuşlardır. Benzer bir ilişki Warren - Averbach (W - A) yöntemini (Warren ve Averbach, 1950) kullanan Warr ve Rice'm çalışmalarda da saptanmıştır (Warr ve Rice, 1994).

Scherrer eşitliğinde de görülebileceği gibi kristalit büyüklüğü ve pik genişliği arasında ters bir ilişki söz konusudur. Gerçekte de kristalografik olarak kristalit

büyükülüğü ve kafes düzeni veya düzensizliği polikristalin homojen bir fazın difraksiyon piklerini temsil etmektedir (Klug ve Alexander, 1974), Küçük kristalitler pik genişliğine neden olurlar. Brindley (1980) tarafından da vurgulandığı kristalit büyüklüğü 10 dan daha küçük ise ( $< 100 \text{ \AA}$ ) X-ışınlanma kırınımı genişler ve hatta, farkedilir derecede yer değiştirebilir. Diğer bir ifade ile kristalit büyüklüğü arttıkça pik genişliği azalacak, ve kristalinite artacaktır. Merriman ve Roberts'e (1985) göre;  $N > 20$  ise XRD pikleri keskin ve şiddetli olmakta,  $N < 15$  ise önemli, derecede genişlemekte ve:  $N = 1$  olduğunda ise Bragg yansıması gerçekleşmemektedir.

Nadeau ve diğerleri (1984, 1985) ile Merriman ve diğerleri (1990) kristalit büyüklüğünü XRD ile hesaplamının yanı sıra, TEM ile de incelemişler ve sonuçta TEM ile belirlenen kristalit büyüklüğü değerlerinin yönlendirilmiş XRD değerlerinden daha küçük olduğunu belirlemişlerdir. Bazı yazarlar (Ebert ve Srodon, 1988; Ebert ve diğ., 1990; Warr ve Rice, 1993, 1994) kristalit büyüklüğü ölçümünde Warren - Averbach yöntemini (Warren ve Averbach, 1950) kullanmıştır. Ayrıca Ebert ve Velde (1989) gridlerinden itibaren kristalit büyüklüğü hesaplandığı da bilinmektedir.

#### Organik madde yansıması ve grafitleşme derecesi

Vitrinit, liptinit ve inertinit şeklinde gruplandırılan organik madde (maseral) yansımalarından (özellikle vitrinit) itibaren belirlenen kömürleşme derecesi kayacın diyajenez veya metamorfizma derecesinin tahmininde önemli bir rol oynamaktadır (Teichmüller, 1987). Kömürleşme mineral dönüşümlerinin aksine, dönüşüm olmayan bir süreç olup, iyon konsantrasyonu, pH, Eh ve kısmi su basıncı, gibi faktörlere bağlı değildir.

Kömürleşme sırasındaki kimyasal ve fiziko - kimyasal değişimler tekdüze olmayıp farklı rank evrelerine göre değişiklik sunarlar. Rank parametreleri organik maddenin hidrojen ve karbon içeriği ile vitritlerin uçucu madde, nem içeriği ve kalorilik değeri gibi kimyasal parametreler olduğu gibi (Pattisky ve Teichmüller, 1960, Teichmüller, 1987), vitrinit liptinit, inertinit, eksofren: maserallerinin yansımaları (Teichmüller, 1987) ile özellikle liptinitlerin floresans şiddeti ve spektral floresans (Jacop, 1964, Teichmüller ve Ottenjan, 1977, Hutton ve diğerleri, 1980) gibi optik parametreleri de kapsamaktadır. Bunun yanı sıra spor - polen (Grayson, 1975, Harpu 1987) ve termal alterasyon renk indisleri (Staplin, 1969) de önemli sonuçlar verebilmektedir. Rank evreleri ve parametreleri ile ilgili veriler Çizelge 2 de verilmiştir.

Diyajenez - ankizon ve antrizon - epizon sınırlarına ait değişik araştırmacılarca belirlenen ortalama random organik madde yansıma değerleri (%Rm) sırasıyla 2.3 - 3.5 ile 4.0 - 5.5 % Rro arasında değişmektedir (Çizelge 3). Buna göre diyajenez evresi Kuzey Amerikan. (ASTM) sınıflama.sı.öa göre torba evresinden, antrasit evresine kadarla rank değerlerini kapsamaktadır. Aekizon evresi, yaklaşık olarak antrasit, epizon ise meta - antrasit evresine' karşılık gelmektedir.

Organik maddenin, toz XRD karakteristikleri ve elektron difraksiyonu meta, - antrasit - grafit, aralığındaki çok düşük dereceli metamorfizmanın ileri derecesi-

oin indikatörü olarak kullanılmıştır (Landis, 1971, ita-ya, 1931, Tagiri, 1981, Pesquera ve Velasco, 1988, Barranechea ve diğ.,, 1992). Tagiri (1981) tarafından önerildiği gib X-ışınlan toz difraksiyonu verilerinden itibaren ölçülen grafitleşme derecesi  $GD = Kd_{002} \cdot 3,70; / \log (/1000)] \cdot 100$  ( $L_{002} = 91 / \beta$ ,  $\beta =$  Grafitin 002 pikinin yarı yükseklikteki genişliği) formülü ile ifade edilmektedir.,

Pesquera ve Velasco (1988) ve Barranechea ve diğ., (1992)  $d_{002}$  ve  $L_{002}$  değerleri yardımıyla ankizon. klorit - biyotit. + muskovit ve biyotit. • + andaluzit + granat zoolannın ayırımını yapmıştır.

Çizelge 2. Alman (DIN) ve Kuzey Amerikan (ASTM) sınıflamalarına göre kömürleşme evreleri, fiziksel ve kimyasal rant parametreleri (Teichmüller, 1987)

Rank		Yanma Rm <sub>01</sub>	Uçucu Madde %	Karbon (kuru, kilitiz) Vitril	Nem	Kalorifik Değer Btu/lb (kcal/kg)	Çeşitli Rank Parametrelerinin Uygulanabilirliği	
Alman	USA						nem içeriği (kilitiz)	kalorifik değer (nemli, kilitiz)
Turf	Peat	0.2	68					
			64	ca.60	ca.75			
Weich-	Lignite	0.3	60			7200 (4000)		
			56	ca.35				
Matt-	Sub-Bitum. C	0.4	52			9900 (5500)		
	Coal B		48	ca.71	ca.25			
Glanz-	Coal A	0.5	44			12600 (7000)		
	C	0.6	44	ca.77	ca.8-10			
Flamm-	B	0.7	40					
Gasflamm-	A	0.8	36					
Gas-	High volatile bit. coal	1.0	32					
	Medium Volatile Bitumin. Coal	1.2	28	ca.87		15500 (8650)		
Fett-	Coal	1.4	24					
	Low Volatile Bitumin. Coal	1.6	20					
Ess-	Coal	1.8	16					
Mager-	Semi-Anthracite	2.0	12					
Anthrazit	Anthracite	3.0	8	ca.91		15500 (8650)		
Meta-Anthrazit	Meta-Ant.	4.0	4					

Çizelge J. Diyajenez - Ankizon ve Ankizon - Epizon sınırlarında belirlenen Rm (%) değerleri..

Referans	Diyajenez-Ankizon	Ankizon-Epizon
Kisch, 1974	-2.25	-4.00
Kähler vd., 1979	2.6-2.8	4.00
Heroux vd., 1979	2.5-3.0	
Teichmüller vd., 1979	3.5*	5.0*
Frey vd., 1980	2.65-3.1	5-5.5

\* Ankizon ve epizon değerleri Kähler'in (1984) değerlerine göre daha yüksektir.

\* Ämtern <wsepfion steğerki KÄtert> (1984)değerlerine göre <faityriksdtok.

### Jeotermometre ve jeobarometre

Çok düşük dereceli metaklastiller için birçok, güvenilir jeotermometre ve jeobarometre bulunmaktadır. Tabaka silikatlarındaki politipi ve polimorfları "krista-ütiteleri" ve dağılımlarıyla Ugil verileri nicel sıcaklık tahminleri için kullanılmamıştır. P-T koşullarının açıklanması için, dehidrasyon ve kaolinit üçüncü reaksiyonların kullanılması durumunda ise sıvı bileşiminin bilinmesi gerekmektedir. Aşağıda kısaca belirtilenlerin dışında diğer kullanışlı jeolojik termometreler kömürleşme derecesi, ve radyojenik izotop verilerinden çıkarılabilmektedir.

1. Kalsit - dolomit **jeotermometresi**:  $\text{CaCO}_3$  -  $\text{MgCO}_3$  sisteminde dolomitte dengedeki kalsitteki  $\text{MgCO}_3$  miktarına göre sıcaklık tahmini yapılabilmektedir (Turner, 1981). Sıcaklık tahminlerine basıncın etkisi küçüktür. Doğal karbonatların çoğu  $\text{MgCO}_3$  yanı sıra,  $\text{FeCO}_3$  ve  $\text{MnCO}_3$  gibi bileşikler, de içerdiklerinden kalsit - dolomit jeotermometresi için demir düzeltmesi de gerekmektedir (Bickle ve Powell, 1977). Bu yazarlar tarafından kalsit - dolomit termometresi 300 - 450°C sıcaklık aralığında ve 3 ile 5 kbar basınç altında  $\text{CaCO}_3$  -  $\text{MgCO}_3$  -  $\text{FeCO}_3$  sisteminde deneysel, olarak çalışılmasıyla daha da kullanışlı hale getirilmiş ve Powell ve diğerlerinin (1984) teorik çözümlemeleriyle birleştirilmiştir. McDowell ve Paces (1985), jeotermal bir sistemde 200°C ye yakın sıcaklıklarda kalsitin dolomit ve ankerit ile birlikte dengede olduğunu saptamışlardır.

2. Faz dengeleri **jeotermometresi**: Pirofillit, paragonit, lavsonit ve Mg - Fe - karpolit içeren bazı mineral birliklerinin duraylılık ilişkileri çok düşük - dereceli metaklastitler için P - T tahminleri, sağlayabilmektedir (Frey; 1987). Bununla birlikte organik maddenin varlığı su akü vitesini sınırlamaktadır. Böylesi durumlarda petrojenetik gridlerin doğrudan uygulanmasında su aktivitesi göz önüne alınmalıdır.

### 3. Kil mineralleri jeotermometresi

a. İlit / smektit **jeotermometresi**: Pollastro (1990, 1993; Eslinger ve Glasniann, 1993), sıcaklığın illitleşme faktörü için egemen bir faktör olduğunu, ancak zaman gibi ikincil denetleme mekanizmalarının da bulunduğunu belirtmiştir. Bu nedenle zaman faktörünü.

gözönüne alan iki model önermiştir. Birincisi, ısınmanın ana kökeninin (bölgesel) jeotermal gradyan olduğunu ozon süreli gömülme diyajenezine uygulanabilen "Hoffman ve Hower" modeli, ikincisi ise, 3 Ma dan daha az sürede kritik sıcaklık etkisinde kalmış bölgeler için uygulanabilen "kısa - ömürlü jeotermal" modelidir. Yazar, sadece şeyi ve çamurtaşlarında, değil, keza çeşitli kayalarındaki kil mineral birliklerinden de I/S mineralojisi bazında, sıcaklık verileri elde edilebileceğini belirtmiştir. Price ve McDowell (1993), I/S jeotermometresini maksimum gömülme sıcaklıkları, fosil jeotermal gradyanı ve maksimum gömülme derinliğini hesaplamak için kullanmışlardır. Derinlikle birlikte I/S deki genişleyebilirliğin %80 den % 0 a doğru değişimine ek olarak bazı kuyularda, kaolinitten klorite dönüşüm de belirtilmiştir.

b. **Klorit jeotermometresi**: Bu jeotermometre için bir yapısal değerleri de bileşimsel olmak üzere dört yöntem bulunmaktadır. Birincisi politipi olup, kısmen sıcaklıkla ilişkili olarak. İdoritlerde gözlenen yapısal değişimleri esas alan daha ziyade nitel bir yöntemdir (Hayes, 1970), Walker (1993) I-tipi kloritlerin II-tipi kloritlere geçişinin Hayes (1970) tarafından önerildiği gibi daima 200°C sıcaklıkta olmadığını, II-tipi kloritlerin 135°C kadar düşük sıcaklıklarda da oluşabileceğini ifade etmiştir.

ikincisi (frahedral Al yöntemi) jeotermal sistemlerde ölçülen sıcaklıklarla kloritlerde tetrahedral Al miktarı arasındaki ilişkiyi esas alan ampirik bir kalibrasyon yöntemidir (Cathelineau ve Nieva, 1985; Cathelineau, 1983),

Üçüncüsü altı - bileşimli klorit katı çözelti yöntemi (Walshe, 1936), sonuncusu teorik klorit - karbonat reaksiyonları ve  $\text{CO}_2$  -  $\text{H}_2\text{O}$  karışmazlığı yöntemi (Hutchinson, 1990) olup, yaygın kullanılmamaktadır.

Caritat ve diğerleri (1993), doğal koşullardaki tüm olayları kapsayacak tek bir klorit jeotermometresi olmadığını ve jeotermometre verilerinin çok dikkatli ve yalnızca paleosıcaklık belirlemelerinde diğer alternatif yöntemlerle birlikte kullanılması gerektiğini ileri sürmüşlerdir.

c. **Muskovit b<sub>0</sub> - jeobarometresi**: Sassi (1972) ve Sassi ve Scolari (1974) tarafından, yeşilist fasiyesi me-lapelitleri için kullanılmıştır. Daha sonra Fadan ve diğerleri (1982), Robinson ve Bevins (1986) yüksek - dereceli ankizonun şeyi ve sleytleri için bu yöntemi, daha da geliştirmişlerdir.

Muskovit b<sub>0</sub> parametresinin jeotermobarometre olarak kullanılmasında iki faktöre dayandırılmıştır, Birincisi; bazı özel mineral birliklerindeki potasik beyaz mikanın

seladonit içeriğinin, sıcaklık sabit, olduğunda basınçla birlikte artmasıdır, Guidotti ve Sassi (1976) çok yaygın oluşmaları nedeniyle muskovit + albit + kuvars ± karbonatlar ± grafit birliklerinin kullanımını önermişlerdir.. Mu-Pa-Py-Qz, Mu-Pa-Ab-Qz veya Mu-Ab-KMJz birlikleri diğer birçok Mu-Ab-Qz birliklerine göre tercih edilmiştir. İkincisi ise;  $b_0$  parametresi ile seladonit içeriği arasio.da. pozitif bir korelasyonun olmasıdır (Guidotti, 1984).. Ancak 2M1 muskovitinin (060) yansıması ile kuvarsin (331) yansımasının çakışmamasına dikkat, edilmelidir (Frey ve diğ., 1983). Bu problem foliyasyona dik olarak kesilen ince kayaç dilimleri üzerinde çalışılarak. (Sassi ve Scolari, 1974) veya Guinier kamera tekniği kullanımıyla büyük, ölçüde azaltılmıştır. Diğer önemli bir problem de, çok düşük dereceli metaklastiklerin, geniş bir Mm.ya.sal bileşim aralığına sahip detritik ve otijenik potasik beyaz mika. içemeleridir (Huuziker ve diğ., 1986). Bu da herhangi bir maksimum pik. vermeksizin çok geniş. (060) yansımalarına neden, olabilir;. Ayrıca, çok sayıdaki örneğin  $b_0$  aralıkları belirlenmeli, veriler kümülatif eğriler şeklinde sunulmalı ve grubun standart, sapması  $0^*01 \text{ \AA}$  dan küçük olmalıdır\* Fasiyes seriler (Miyashiro, 1961),  $b_0 < 9.000 \text{ \AA}$ . (Düşük basınç),  $9,000 < b_0 < 9.040 \text{ \AA}$  (Orta basınç),  $b_0 > 9.040 \text{ \AA}$  (Yüksek basınç) gibi ayırtlanabilir (Sassi ve diğ., 1976; Guidotti ve Sassi, 1936),..

Guidotti ve Sassi'ye (1986) göre  $b_0$  verilerinin çoğunun yalnızca düşük sıcaklık aralığı için geçerli olması nedeniyle bu uygulama. kalimif olarak ele alınmalıdır., Ayrıca muskovitteki  $b_0$  değerini etkileyen seladonit içeriğini denetleyen mineral dengesinin sıvı fazdaki suyun aktivitesine bağlı dehidrasyon reaksiyonları ile ilişkisi belirlenmelidir. Bu nedenle organik madde içeren çok düşük dereceli metapelitler için. daha yüksek.  $b_0$  değerleri beklenilmiştir.

d. Sıvı **kapanım** jeotermobarometresi: Çok düşük dereceli metamorfik kayalarda yer alan bazı minerallerdeki, (özellikle kuvars) sıvı kapanımlar, kapanlanmadan günümüze kadar<sup>1</sup> hemen hemen sabit bileşimli ve sabit, hacimli kapalı, sistemler olarak; değerlendirilebilir (Mollis,, 1987).. Sıvıların deneysel verileri ilgili jeolojik P - T koşulları için geçerli olduğu durumlarda, jeotermometrik ve jeobarometrik bilgiler elde edilebilir...

Çok düşük dereceli metamorfizma ile ilgili sıvı kapanım, çalışmalarının en kapsamlı çalışmaların gerçekleştirildiği. Alp'lerden elde edilen verilere göre (Frey ve diğerleri, 1980) sıvı kapanımlar diyajenetik bölgede yüksek hidrokarbon,, deşik dereceli aokizonda  $\text{CH}_4$ , yüksek dereceli epizonda ise  $\text{H}_2\text{O}$  büşimindedir.

Diyajenez - ankizon ve ankizon - epizon geçişleri için. değişik araştırmacılara,, sıvı kapanımlardan itibaren

**Çizelge 4.** Diyajenez - Ankizon ve Ankizon - Epizon sınırlarında belirlenen sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) değerleri.

Referans	Diyajenez-Ankizon	Ankizon-Epizon
Durney, 1974	240	
Barlier vd., 1974	200	
Frey, 1980; Frey vd., 1980	200	300
Dube & William-Jones, 1983		300
Robinson vd., 1980	150-200	
Brauckmann, 1984	145-155*	
Niedermayr vd., 1984	180-200	300-350

\* Sıcaklık değerleri kuvars-illit oksijen izotop verilerinden tübaren ölçülmüştür.

\* Sıcaklık değerleri kuvars-illit oksijen izotop verilerinden itibaren

ilde edilen sıcaklık değerleri Çizelge 4 de verilmiştir. Buna göre diyajenez - ankizon. geçişi için 150 - 240  $^{\circ}\text{C}$ , ankizon - epizon geçişi için ise 300 - 550  $^{\circ}\text{C}$  sıcaklık değerleri önerilmektedir. Basınç değeri ise Frey ve diğerlerinin (1980) sıvı kapanım, çalışmalarından elde ettikleri, verilere: göre- diyajenez - ankizon sınırı için. 1200 bar,, düşük dereceli ankizon ( $\text{CH}_4$  zone) ile yüksek, dereceli, epizon ( $\text{H}_2\text{O}$  zonu) sınırın, ise 1.700 bar'dır.

## Sonuçlar ve öneriler

Kırıntılı seéimanter kayaların diyajenez - çok düşük dereceli metamorfizma geçişinin belirlenmesinde kullanılan çeşitli parametreler Çizelge 5'de verilmiştir. Araştırmacılar kullandıkları yöntemlere göre farklı ölçütleri temel almış ve diyajenez - metamorfizma evreleri için farklı tanımlamalar yapmışlardır.

illit "kristalinite" verilerine göre (Kübler, 1984), diyajenez ( $>0.42 \text{ A}^{\circ}26$ ), ankizon ( $0.42 - 0.25 \text{ A}^{\circ}29$ ) ve epizon ( $<0.25 \text{ A}^{\circ}20$ ) bölgeleri ayrıtmıştır.

özellikle- bazik volkanik - volkanoklastik sedimenter kayalarda yaygın olan indeks metamorfik mineraller yardımıyla zeolit, prehnit. - pumpellyit,, pumpellyit - aktinolit ve yeşilist fasiyesleri ayırtlanmıştır (Winkler, 1979; Lion ve diğerleri,, 1987).. Kfiblerin (1984) diyajenetik sonuna karşılık gelen zeolit fasiyesi höylandit ve lömontit alt fasiyeslerine ayrılmaktadır\* Prehnit - pumpellyit ankizona, pumpellyit - aktinolit ve yeşilist. fasiyesleri ise epizona. karşılık gelmektedir..

Hidrokarbon amaçlı çalışmalarda kullanılan epijenez ve- metajenez terimleri. (Kossovskaya ve Shutov, 1970) deneştirme açısından uygun olmayıp. Kus araştırmacılar dışında kullanım alanı bulamamıştır. Erken ve geç epijenez Küblerin (1984) diyajenetik bölgesinde yer almakta ve olasılıkla, höylandit. ve lömontit. fasiyeslerine karşılık, gelmektedir. Metajenez daha geniş bir terim olup, erken, metajenez ankizon'a ve prehnit - pumpellyit fasiyesine, geç metajenez ise epizona ve prehnit: - aktinolit fasiyesine karşılık; gelmektedir (Kisch, 1987).. Katajenez terimi ise epijenez ve metajenez de içeren daha üst. bir terimdir..

Genel terminoloji açısından çok düşük dereceli metamorfizma (Frey ve Kisch, 1987) Kubiern (1984) di-

Çizelge 5. Diyajenez - çok düşük dereceli metamorfizmanın ayırt edilmesinde kullanılan parametrelerin dengeştirilmesi.

İLLİT KRİSTALİNİTE	METAMORFİK FASİYES	HİDROKARBON	GENEL TERİMOLOJİ	KAYAC ADI		SICAKLIK T (°C)	SEVİ KAPANIM	KÖMÜR RANKI	TADAKA SİLİKATLARI										
				PETROGRAFI	İLLİT KRİSTALİNİTE				Ka	S	I	S	I	M	C	F-M	P	Pr	
Kühler (1984) $\Delta$ 20	Winkler (1979)	Kuznetsov & Sholov (1970)	Kisch (1983, 1987) Frey & Kisch (1987)	Çakıltası, Kumtaşı, Silttaşı, Camurtaşı Kiltası, Şeyl Kireçtaşı, Dolomit	Frey vd. (1980), Frey (1986)	200 °C 1200 bar	Yüksek hidrokarbon zonu (IHIC)	Bitümlü kömür											
0.42	ZEOLİT Höylendit Lömونتit	Erken Epijenez Geç Epijenez	Erken Diyajenez Geç Diyajenez (derin, ileri, yüksek veya epijenetik diyajenez)	Klasik dokulu ise : Meta-KAYAC (Meta-silttaşı vb.) Metamorfik dokulu ise : Ardıvaz / Sileyl ve Fililit	Ankimetamorfik KAYAC (Ankimetamorfik silttaşı vb.) Epimetamorfik KAYAC (Epimetamorfik silttaşı vb.)	200 °C 1200 bar	Metan zonu (CH <sub>4</sub> )	Antrakit											
0.25	Prehüti-Pumpellyit Pumpellyit-Aktinolit Yeşilist	Erken Metajenez Geç Metajenez	Gömlüme diyajenez / metamorfizması	Klasik dokulu ise : Meta-KAYAC (Meta-silttaşı vb.) Metamorfik dokulu ise : Ardıvaz / Sileyl ve Fililit	Epimetamorfik KAYAC (Epimetamorfik silttaşı vb.)	170 °C 1700 bar	Su zonu (H <sub>2</sub> O)	Meta-antrakit											
		DÜŞÜK DERECELİ METAMORFİZMA		S I S T				Grafit											

yajenetik zonunun alt kesimlerinden (lömونتит fasiyesi) epizonun üst kesimlerini (purnPELLİYİT - aktinolit fasiyesi) de kapsayan, geniş bir alanı temsil etmektedir.

Petrografik, adlandırılmalarda öncelikle dokusal ilişkiler göz önüne alınmalıdır. Diyajenelik bölgede yer alan ve metamorfik etkinin, gözlenmediği kayalara doğrudan sedimanter kayaç adlamaları verilmektedir (kumtaşı, silttaşı v.b.). Çok düşük dereceli metamorfizma bölgesinde yer alao ve ilksel klastik dokunun korunduğu, ancak metamorfik dokunun da gözlenebildiği kayaçlar meta-öntakısı getirilerek adlandırılır (meta-kumtaşı, meta-silttaşı v.b.). Kayaç tümüyle metamorfik dokulu ise arduvaz / sleyt ve fillit isimleri verilir. Metakayaç adlaması hem ankizonu hem de epizonu temsil edebilir. Bu nedenle kayacın temsil ettiği "kristalinite" zoolarının da verilmesi daha uygun olabilmektedir (ankimetamorfik silttaşı gibi).

Diyajenez - ankizon ve ankizoo - epizon geçişleri için değişik araştırmacılar sırasıyla 15Ö - 24Ö°C ve 300 - 350°C arasında değişen sıcaklıklar<sup>1</sup> elde edilmekle birlikte, diyajenez - ankizon sınır için 200°C, ankizon - epizon sınırı için ise 300°C sıcaklık değerleri kullanılabilir gözükmektedir (Frey ve diğerleri, 1980; Frey, 1986),

Sıvı kapanım verilerine; göre (Frey ve diğerleri, 1980) diyajenetik bölgede yüksek hidrokarbon, düşük dereceli ankizonda CH<sub>4</sub>, yüksek dereceli epizonda ise H<sub>2</sub>O bileşimine sahip kapanımlar yer almaktadır. Sıvı kapanımlardan elde edileo sıcaklık ve basınç değerleri, ise diyajenez - ankizon sınır için 200°C ve 1200 bar, düşük dereceli ankizon (CH<sub>4</sub> zonu) ile yüksek dereceli epizon (H<sub>2</sub>O zonu) sınırı ise 270°C ve HOObarth.

Organik, madde yansımalarından itibaren elde edilen kömür rankı velilerine göre diyajenez: bölgesi semi - antrasit, bitümlü kömür ve daha düşük rankh organik maddeleri kapsamaktadır. Diyajenez - ankizon sınırı 2.65 - 3.1% Rm değerlerine karşılık gelmekte, ankizon yaklaşık olarak antrasit evresini kapsamaktadır. Anki- zon - epizon sınırı ise yaklaşık olarak, antrasit - meta - aetrsit geçişine karşılık gelen 5.0 - 5.5 % Rm değerleri sunmaktadır.

Paragonit / muskovit, paragonit ve pirofilit dışında kalan fillosilikatların mineralojik, dönüşümleri zonlan belirlemede kesin ölçüt oluşturmamaktadır. Bononla birlikte, kaolin.it, smektit, sepiyolit, paligorskit ve karışık tabakalı kil minerallerinin yok oluşu ve illitlerin 2M1, kloritlerin lib politiplerinin yaygınlaşması metamorfizmaya geçildiğini işaret etmektedir.

Sonuçta diyajenez ve çok düşük dereceli metamorfizma ile ilgili incelemelerde bir ölçütten ziyade, müm-

kün olduğunca fazla ölçüt göz önüne alınarak zonlar tanımlanmalı ve özellikle de terminoloji dikkatlice kullanılmalıdır.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Ahu, J., Peacor, B.R., 1985, Transmission electron microscopic study of diagenetic chlorite in Gulf Coast argillaceous sediments. *Clays and Clay Minerals*, 33, 228 - 236.
- Ahcendt, H., Hunziker, J.C., Weber, K., 1977., Age and degree of metamorphism and time- of nappe emplacement along, the southern margin of the Damara, orogen Namibia (SW - Africa). *GeoLRctsch.* 67,719-74:2..
- Aldahan, A.A., Morad, S., 1986, Mineralogy and chemistry of diagenetic clay minerals in. Proterozoic sandstones from Sweden. *Amer. J. Sei.* 286 (1), 29 - 30.
- Arkai, P., 1983, Very low - and low - grade Alpine' regional metamorphism of the Paleozoic and Mesozoic formations of the Bükkium, NE - Hungary. *Acte. Geol. Hung.* 26(1-2), 83 - 101.
- Arkai, P., 1991, Chlorite crystallinity: an empirical approach and correlation with illite crystallinity, coal rank and mineral grades as exemplified by Paleozoic and Mesozoic rocks of northeast Hungary. *J. Metamorphic Geol.*, 9, 723 - 734.
- Arkai, P., 1993, The distinction between low-T fetrograde 'metamorphism and weathering + burial diagenesis of the gneiss and mica schist basement complex, Great Plain, Hungary: A novel use of illite "crystallinity". *N. Jb. Miner. Mil.*, 8.337 -351.
- Altai i\, Oorvath, Z.A., Tom, M.N., 1981, Transitional very low- and low-grade regional metamorphism of the Paleozoic formations, Uppony Mountains, NE-Hungary: mineral assemblages, illite crystallinity.» bo and vitrinite reflectance data. *Acta Geol. Acad. Sei. Hung.* 24, 265 -294.
- Arkai, P., Totti, M.N., 1983, Illite crystallinity: combined effects of domain size and lattice distortion.. *Acta Geol. Hung.* 26(3-4), 341-358.
- Bailey, S.W., 1930; Structures of layer silicates., In *Crystal Structures of Clay Minerals and their X-ray Identifications*, eds. Brindley, G.W. and Brown/G., *Min. Soc London*, 2 - 123.
- Bailey, S.W., 1984, Classification and structures of the micaLS. In *Micas*, ed., Bailey, S.W., *Rev. Mineral. 13*, Mineralogical Society of America, 1 -12.
- Bailey, S.W., 198-8, X-ray diffraction identification of the polytypes of mica, serpentine, and chlorite.. *Clays and Clay Minerals*, 36,3,193 - 213.
- Bailey, S.W., Blown, B.E., 1962, Chlorite polytypism: I. Regular and semirandom one- - layer structures. *Amer. Mineral.* 47, 819 - 850.
- Bariier, I., Ragot, J.-P., Touray, J.-C., 1974, L'évolution des Terres Noires subalpines méridionales d'après l'analyse mineralogique des argiles et la reflectometric des particules carbonées, *B1111.R.R.G.Ä.* (2me ser.), sect 11(6), 533 - 548.
- Barrenechea, J.F., Rodas, M., Arche, A., 1992, Relation between graphitization of organic matter and clay mineralogy, Silurian black shales in Central Spain. *Mineralogical Magazine*, 56,477 - 485.
- Bates, R.L., Jackson, J.A., eds., 1980, *Glossary of Geology*. 2nd edn., Amer. Geol. InsL, Falls Church, Virginia.
- Bickle, M., Powell, R., 1977, Calcite - dolomite geothermometry for iron - bearing carbonates. *Contrib. Miner. Petrol.* 59, 281 - 292.

- Bozkaya, Ö., 1995, Doğa Toroslardaki (Sanz - Tufanbeyli - Saimbeyli yöreleri) sedimanter ve çok değişik dereceli metasedimanter kayaçların mineralojisi ve jeokimyası... Doktora. Tezi, C.Ü. Fen Bil. Enst., 334 s {yayınlanmamış}.
- Brauckmann, F.J. 1984, Hochdiagenese im Muschelkalk der Massive von B ramsche und Vlotho. Boch'umer Geol. Geotech. Arb. 14.
- Brauckmann, F.J., Füchtbauer, H., 1983, Aerations of Cretaceous siltstones and sandstones near basalt contacts (Nügsuaq, Greenland). *Sediment. Geol.* 35, 193 - 213.
- Brime, C., 1980, Influencia del modo de preparation de las muestras en le relacion 1(002)/1(001) de las ilitas. *Brcviora Geol. Asturica* 24(3-4), 24-2&.
- Brime, C., Perez, - Estaun, A., 1980, La transicion diagenesis. - metamorfismo en la region, del Cabo Penas. *Oiademos do Lab. Xeoloxto de Laxe* 1, 85 - 97.
- Brindley, G.W., 1980, Order - disorder clay mineral structures: in. *Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification*, G.W. Brindley and G. Brown, eds., Mineralogical Society, London, 125 - 195.
- Brindley, G.W., Wanfie, R., 1970, Monoclinic and triclinic forms of pyrophyllite and prophyllite anhydride. *Amer. Miner.* 55, 1259 - 1272.
- Caritat, P. de., Hutcheon, I., Walshe, J.L., 1993, Chlorite geodimetry: A review. *Clays and Clay Minerals*, 41, 2, 219-239..
- Cathelineau, M., 1988, Cation site occupancy im chlorites and. Diles as a function of temperature. *day Minerals*, 23, 471 - 485.
- Cathelineau, M., Nieva, D., 1985, A. chlorite solid solution geothermometer. The. Los Azofres geothermal system (Mexico). *Contrib. Mineral. Pet.*, 91, 235 - 244.
- Ctto., M., Fawoett, J.J., 1986, A. kinetic study of clinoclore and its high - temperature- equivalent forsterite - cordierite - spinel at 2. kbar water pressure.. *Amer. Miner.* 71, 68 - 77. •
- Claaer, N., Lucas, J., 1970, Mineralogie de la fraction fineses schistes de Steige - Vosges, septentrionales. *Bull. Groupe Fr. Argiles* 22, 223 - 235.
- Cloos, M., 1983, Comparative study of melange matrix and metabales from the Franciscan subduction complex with the basal Great Valley sequence, California. *J. Geol.* 91, 291 - 306.
- Coombs, D.S., 1961, Some recent work on the lower grades of metamorphism. *Austr. J. Sci.*, 24, 203 - 215.
- Curtis, C.B., Hughes, C.R., Wmteman, J.A., Whittle, C.K., 1985, Compositional variations within some sedimentary chlorites and some comments on their origin.. *Miner. Mag.*, 49, 375 - 386.
- Dandois, Ph., 1981, Diagenese et metamorphisme des domaines calédonien et hercynien de la vallée de la Meuse entre Charleville - Mezieres et Namur (Ardennes franco - belges). *Bull. Soc. Belg. Geol.* 90, 299 - 316.
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zesman, J., 1992, *Rock Forming Minerals II: Sheet Silicates*. Longman, London,
- Delaloye, M.F., 1966, Contribution a l'etude des silicates de fer sedimentaires., IJS gisement de Chamson (Valais). *Beitr. Geol. Schweiz. Geotechn. Serie* 13/9,
- Deetioff, O., Teichmüller, M., Telchmüller, R., Wolfy, M., 1980, Inkohlungs - Untersuchungen im Mesozoikum des Massivs von Vlotho (Niedersächsisches Tektonen). *Neues Jh. Geol. Paläont. Mh.* 1980, 321 - 341.
- Duba, D., Williams - Jones, A.E., 1983, The application of iUite crystallinity, organic matter reflectance., and isotopic techniques to mineral exploration: a case study in southwestern Gaspe, Quebec. *Eicon. Geol.* 78, 1350 - 1363..
- Dunoyer de Segonzac, G., 1969, Les minéraux argileux dans la diagenese - passage au metamorphisme., *Mem. Serv. Carte Geol. Alsace Lorraine* 29.
- Dunoyer de Segonzac, G., 1970, The transformation of clay minerals during diagenesis and low-grade metamorphism: a review. *Sedimentology*, 15, 281 - 346..
- Dunoyer de Segonzac, G., Abbas, M., 1976, Métamorphisme des argiles dans le: Rhetien des Alpes sud-occidentales» *Sei. Geol. Bull.* 29, 3 - 20.
- Dunoyer de Segonzac, G., Ferrero, J., Köhler, B., 1968, Sur la cristallinité de Tillite dans la diagenese et rancimelamorphisme. *Sediment.*, 10, 137 - 143.
- Dumey, D., 1974, Relations entre les températures d'homogénéisation, d'inclusions fluides et les minéraux métamorphiques dans les nappes helvétiques du Valais. *Bull. Soc. Geol. Fr.*, (7) 16, 269 - 272.
- Ebert, D.D., Srodon, J., 1988, Orswald ripening and in terparticle - diffraction effects for illite crystals. *American Mineralogist.* 73, 1335 - 1345.
- Eberl, D.D., Vetde, B., 1989, Beyond the Kubier index., *Clay Minerals*, 24, 571 - 577.
- Eberl, D.D., Srodon, J., Kralik, M., Taylor, B.E., Peterman, Z.E., 1990, Ostwald ripening of clays and metamorphic minerals. *Science*, 248 474 - 477.
- Eckhardt, F.-J., 1965, lieber den Einfluss der Temperature auf den kristallographischen Ordnungsgrad von Kaolinit. *Proc. Int. Clay Conf., Stockholm*, 1963., 2., 137 - 145.
- Eslinger, E., Glasmann, J.R., 1993, Geothermometry and Geochronology using clay minerals - An Introduction. *Clays and Clay Minerals*, 41, 2, 117 - 118,
- Esquevin, J., 1969, Influence de la composition chimique des illites sur leur cristallinité. *Bull. Centre Rech. Pau - SNPA* 3, 147 - 153.
- Essaie, E.J., 1982, Geologie thermometry and barometry. In *Characterization of Metamorphism through Mineral Equilibria*, ed. Ferry, J.M. *Reviews in Mineralogy* 10, Mineralogical Society of America, 153 - 206.
- Ferrera, J., Kubler, B., 1964, Presence de dickite et de kaolinite dans les gres Cambriens d'Hassi Messaoud. *Bull. Serv. Carte Geol. Alsace Lorraine*, 17/4, 247 - 261.
- Fehming, W., 1973, Kristallinität und Infrarotspektroskopie natürlicher dioktaedrischer illite. *Neues Jb. Miner. Mh.* 351 - 361.
- Hebmg, W., Langheinrich, G., 1974, Beziehung zwischen tektonischer Deformation und illite - Kristallinität. *Neues Jb. Geol. Paläontol. Abh.* 146, 325 - 326.,
- Foscolos, A.E., Kodama, H., 1974, Diagenesis of clay minerals from Lower Cretaceous shales of north - eastern British Columbia. *Clays and Clay Minerals*. 22, 319 - 335.
- Foscolos, A.E., Powell, T.G., Günther, R.R., 1976, The use of clay minerals and organic geochemical indicators for evaluating the degree of diagenesis and oil generating potential of shales. *Geochim. Cosmochim. Acta* 40, 953 - 966.
- Frey, M., 1970, The step from diagenesis to metamorphism in pelitic rocks, during Alpine orogenesis. *Sedimentology*, 15, 261 - 279.



- Frey, M., 1978, Progressive low - grade metamorphism of a Kack shale formation, Central Swiss Alps, with special reference to phyllite and mandate bearing assemblages. *J. Petrol.* 19, 95 - 135.
- Frey, M., 1986, Very low- grade metamorphism of the Alps:- An introduction.. *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.* 66., 13-27.
- Frey, M., 1987, Very low - grade metamorphism of clastic sedimentary rocks. In *Low Temperature Metamorphism*. Ed. M. Frey, Blackie and Son., Glasgow., 9 - 58.,
- Frey, M., Hunziker, J.C., Jager, E., Stem, W.B., 1983, Regional distribution of white K-mica polymorphs and their phengite content in the Central Alps. *Contrib. Miner. Petrol.* 83., 185 -197.
- Frey, M., Hunziker, J.C., Roggwiler, P., Schindler, C., 1973, Progressive niedriggradige Metamorphose glaukonitführender Horizonte in den helvetischen Alpen der Ostschweiz. *Contrib. Miner. Petrol.* 39, 155 - 218.,
- Frey, M., Kisch, H.J., 1987, Scope of subect (very low - grade metamorphism). In *Low Temperature Metamorphism*, Ed. Frey, M., Blackie and Son., Glasgow., 1 - 8.,
- Frey, M., Saunders, J., Schwander, H., 1988, The mineralogy and metamorphic geology of low - grade metasediments, Northern Range, Trinidad. *I. Geol. Soc. London*, 145, 563 - 575..
- Frey, M., Teichmüller, M., Teichwiler, R., Mullis, I., Künzi, B., Breitschmid, A., Grüner, U., Schwizer, B., 1980, Very low - grade metamorphism in external parts of the Central Alps: Illite crystallinity, coal rank and fluid inclusion data. *Eol. geol. Helv.* 73., 173 - 203.
- Gavish, E., Reynolds, R.C., 1970, Structural changes and isomorphic substitution in illites from limestones of variable degrees of metamorphism. *Israel J. Chem.* 8, 477 - 485.
- Grayson, I.F., 1975, Relationship of polymorphism transiency to carbon and hydrocarbons in clastic rocks., In *Pétrographie organique et potentiel pétrolier*, ed. Alpern, B., Centre National de la Recherche Scientifique, Paris., 261 - 273,
- Guidotti, C.V., 1984, Micas in metamorphic rocks. In *Micas*, ed. Bailey, S.W., *Reviews in Mineralogy* 13, Mineralogical Society of America, 357 - 467.
- Guidotti, C.V., Sa&si, F.P., 1976, Muscovite as a petrogenetic indicator mineral in pelitic schists. *Neues Jb. Miner. Abh.* 127, 97 -142.,
- Guidotti, C.V., Sassi, F.P., 1986, Classification and correlation of metamorphic facies series by means of muscovite data from low - grade metapelites. *Neues Jb. Miner. Abh.* 153., 363 - 380.
- Gündoğdu, M.N., Yılmaz, O., 1983, Kil mineralojisi yöntemleri, *L Ulusal Kil Sempozyumu, Çukurova Üniversitesi, Adana* Bildiriler Kitabı, s. 319-330.
- Harpur, O.B., 1987, Güneydoğu Anadolu'daki dört petrol kuyusunda organik ve inorganik diyajenezin incelenmesi, H.Ü. Fen Bilimleri Ens., Yük. Lis. Tezi, S9 s. (yayınlanmamış).
- Hayes, J.B., 1970, Polytypism of chlorite in sedimentary rocks. *Clays and Clay Minerals* 18, 285 - 306.
- Heroux, Y., Changnon, A., Bertrand, R., 1979, Compilation and correlation of major thermal maturation indicators. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.* 63, 2128 -2144.
- Hinckley, D.N., 1963, Variability in "crystallinity" values among the kaolin deposits of the coastal plain of Georgia and South Carolina, *Clays and Clay Minerals* 11, 229 - 235.
- Hunziker, J.C., Frey, M., Claes, N., Dalmeyer, R.D., Friedrichsen, H., Hehmig, W., Hochstrasser, K., Roggwiler, P., Schwander, H., 1986, The evolution of alite to muscovite: mineralogical and isotopic data from the Glarus Alps, Switzerland. *Contrib. Mineral. Petrol.* 92., 157 - 180.,
- Hutcheon, J., 1990, clay - carbonate reactions in the Venture area, Scotia Shelf, Nova Scotia, Canada. In *Reid - Mineral. Interactions: A Tribute to H.P. Engster*. Eds. R.J. Spencer and M. Chou, The Geochemical Society Special Publication 2, 199-212.,
- Hutton, A.C., Kanişler, A.J., Cook, A.C., McKirdy, D.M., 1980, organic matter in oil shales. *I. Austral. Petrol. Explor. Assoc.* 20, 44-68.
- Ianovici, V., Neacsu, G., Neacsu, V., 1981, Pyrophyllite occurrences, and their genetic relations with the kaolin minerals in Romania. *Bull. Mineral.* 104, 768 - 775.,
- Itaya, T., 1981, Carbonaceous material. In *pelitic schists of the Sanbagawa metamorphic belt in central Shikoku, Japan*. Lithos 14, 215-224.
- Ivanova, N.V., Volkova, A.M., Rekhinskaya, L.G., Konycheva, R.A., 1979, Pyroclastic material in coal measures of the Donets Basin and its diagnosis. *Litol. Polezn. Iskop.* 1979 (6), 71 - 80 (transl. in *Lithol. Miner. Resour.* 1979 (6), 709- 718.
- Jacob, H., 1964, Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Lumineszenzmikroskopie fossiler Brennstoffe. *Fortschr. Geol. Rheinl. Westf.* 12, 569 - 588.,
- Karpova, G.V., 1969, Clay mineral post - sedimentary ranks in terrigenous rocks. *Sedimentology* 13, 5 - 20.
- Kemp, A.B.S., Oliver, G.I.H., Baldwin, J.R., 1985, Low - grade metamorphism and accretion tectonics: Southern Uplands terrain, Scotland. *Mineral Mag.* 49, 335 - 344.
- Kisch, H.J., 1974, Anthracite and meta - anthracite: coal ranks associated with "ancient metamorphism" and Very - low - stage" metamorphism, I, II, III. *K. Ned. Akad. Wet., Amsterdam, Proc. Ser. B* 77 (2X81-118).
- Kisch, H.J., 1980a, Incipient, metamorphism of Gamhro - Silurian clastic rocks from the Janitland Supergroup, central Scandinavian Caledonides, western Sweden: illite crystallinity and Vitrinite reflectance. *J. Geol. Soc. London* 137, 271 - 288.
- Kisch, H.J., 1980b, Illite crystallinity and coal rank associated, with lowest - grade metamorphism of the Tavayanne grey wacke in the Helvetic zone of the Swiss Alps. *Edogae Geol. Helv.* 73., 753 - 777.,
- Kisch, H.J., 1981, Coal rank and illite crystallinity associated with the zeolite facies of Southland and the pumpellyite - bearing facies of Otago, southern New Zealand. *N.Z.J., Geol. Geophys.* 24, 349-360.
- Kisch, H.J., 1983, Mineralogy and petrology of burial diagenesis (burial metamorphism) in clastic rocks. In *Diagenesis in Sediments and Sedimentary Rocks*, 2, eds. Larsen, G. and Chiungar, G.V., Elsevier, Amsterdam, 289 - 493 and 513 - 541 (Appendix B- literature: published since-1976).
- Kisli, H.J., 1987, Correlation between indicators of very low - grade metamorphism. In *Low Temperature Metamorphism*. Ed. Frey, M., Blackie, Glasgow and London, 227 - 300.,
- Kisch, H.J., 1990, Calibration of the anchizone: a critical comparison of illite "crystallinity" scales and for definition. *Journal of Metamorphic Geology* 8, 31 ~ 46.
- Kisch, H.J., Frey, M., 1987, Appendix: Effect of sample preparation on the measured 10A peak width of illite (Illite "crystallinity"). In *Low Temperature Metamorphism*. Ed. Frey, M., Blackie, Glasgow and London, 301 - 304.
- Klug, H.P., Alexander, L.E., 1974, *X-ray Diffraction Procedures*. 2nd edn., Wiley, New York.

- Kossovskaya, A.G., 1961, Specific nature of epigenetic alteration of terrigenous rocks in platform and géosynclinal regions. Doklady Acad. Sci. USSR., Earth Sei. Seel. 130,123 -125.
- Kossovskaya, A.G., Logvinenko, N.V., Shutov, V.D., 1957, Stages of formation and alteration in terrigenous rocks (in Russian). Dokl Akad. Nauk SSSR, 116,2,293 - 296.
- Kossovskaya, A.G., Shutov, V.D., 1958, Zonality in the structure of terrigenous deposits in platform and géosynclinal regions. Eclogae Geol. Helv., 51, 656 - 666. '\* \*'
- Kossovskaya, A.G., Shutov, V.D., 1963, Facies of regional epigenesis and metagenesis (in Russian). Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Geol 1963 (7), 3 48 (transl. in Int. Geol. Rev., 7(1965), 1157-1167),
- Kossovskaya, A.G., Shutov, V.D., 1970, Main aspects of the epigenesis problem. Sedimentology, 15,11 -40.
- Krumm, H., 1984, Anchimetamorphose im Anis und Ladin (Trias) der Nördlichen Kalkalpen zwischen Arlberg und Kaisergebirge - ihre Verbreitung und deren baugeschichtliche Bedeutung. Geol. Rdsch., 73,223 - 257.
- Kühler\* B., 1964\* Les argiles, indicateurs, de metamorphism. Rev. Inst. Franc. Petrol., 19,1093 -1.11.2.
- Kubier, E.L., 1967a, La cristallinité de lillite et les zones tout à fait supérieures du métamorphisme. In Etages tectoniques. Colloque de Neuchâtel 1966, A la Baconnière. Neuchâtel, Suisse, 105-121.
- Kubier, E.L., 1967b, Anchimetamorphose und Schistosité. Bull. Centre Rech. Pau - SNPA 1,259 - 278,
- Kubier, E.L., 1968, Evaluation quantitative du métamorphisme par la cristallinité de lillite. Bull. Centre Rech. Pau -SNPA 2,385 - 397.,
- Kühler\* B., 1984, 'Les indicateurs, des transformations physiques et chimiques dans la diagenèse, température et calorimétrie. In Thermométrie et barométrie géologiques' éd. M. Lagache, Soc. Franc. Miner., Cost., Paris, 489 - 596.,
- Kubier, E.L., Pittion, J.-L., Heroux, Y., Charollais, J., Weidmann, M., 1979, Sur le pouvoir réflecteur de la vitrine dans quelques roches du Jura, de la Molasse et des Nappes préalpines, helvétiques et penniques. Eclogae Geol. Helv. 72,347 - 373.
- Landis, C.A., 1971, Graphitization of dispersed carbonaceous material in metamorphic rocks. Contrib. Mineral. Petrol. 30, 34 - 45.
- Le Cone, C., 1975, Analyse comparée, de la cristallinité dans le Brioverien et le Paléozoïque centre - armoricain: zéonographie et structure d'un domaine épizonal. Bull. Soc. Geol. France 17,547 - 553.,
- Lee, J.H., Peacor, D.R., Lewis, D.D., Winisch, R.P., 1984, Chlorite - illite / muscovite interlayered and interstratified crystals: a TEM / STEM study. Contrib. Mineral. Petrol. 88, 372-385,
- Levinson, A.A., 1955, Studies in the mica group: polymorphism among illites and hydrous micas. Amer. Miner. 40, 41-49.
- Liou, J.G., Maruyama, S., Cho, M., 1987, Very low grade metamorphism of volcanic and volcanoclastic rocks - mineral assemblages and mineral fades. In Low Temperature Metamorphism. Ed. Frey, M., Blackie, Glasgow and London, 59 - 113.
- Maxwell, D.T., Hower, J., 1967, High - grade diagenesis and low - grade metamorphism of illite in the Precambrian Belt Series. Amer. Miner. 52, 843 - 857.
- McDowell, S.D., Paces, J.B., 1985, Carbonate alteration minerals in the Salton Sea geothermal system, California. Amer. Miner., 68,1146-1159.
- Merriman, R.J., Roberts, B., 1985, A survey of white mica crystallinity and polytypes in pelitic rocks of Snowdonia and Ilyni, North Wales, Mineral Mag. 49(3), 305 - 319.
- Merriman, R.J., Roberts, B., Peacor, D.R., 1990, A transmission electron microscope study of white mica crystallite size distribution in a mudstone to slate transitional sequence, North Wales, UK. Contr. Mineral. Petrol., 106,27 - 44.
- Miilot, G., 1970, Geology of Clays, (trans. W.R. Farrand and H. Paquet). Springer Verlag, New York, Berlin, 429 pp.
- Mitsui, K., 1975, Diagenetic alteration, of some minerals in argillaceous sediments in western Hokkaido, Japan, Sei. Rep. Tohoku Univ. 13, 13 - 65.
- Miyashiro, A., 1961, Evolution of metamorphic belts. I. Petrol., 2,277-311.
- Mukhamet - Galeev, A.P., Zotov, A.V., Pokrovskiy, V.A., Kotova, Z.Y., 1986, Stability of the 1M and 2M1 polytypic modifications of muscovite as determined from solubility at 300°C at saturation steam pressure. Dokl Acad. Sci. USSR., Earth Sei. Sect. 278,140 -143.
- Mullis, J., 1987, Fluid inclusion studies during very low - grade metamorphism. In Low Temperature Metamorphism, ed. Frey, M., Blackie, Glasgow and London, 162 - 199.
- Nadeau, P.H., Wilson, M.J., McHardy, W.J., Tait, J.M., 1984, Interstratified clays, as fundamental particles. Science 225, 923 - 925.
- Madean, P.H., Wilson, M.I., McHardy, W.J., Tait, J.M., 1985, The conversion of smectite to illite during diagenesis: evidence from some illitic clays from bentonites and sandstones. Mineral. Mag. 49(3), 393 - 400.
- Niedenmayr, G., Mullis, J., Niedermayr, E., Schramm J.-M., 1984, Zur Anchimetamorphose im Westlichen Drauzug, Kaniten - Osttirol (Österreich). Geol. Rundsch. 73(1), 207 - 221.
- Nyk, R., 1985, Illite crystallinity in Devonian slates of the Meggen mine (Rhenish Massif). Neues Jb. Miner., Mh. 6, 268 - 276.,
- Padan, A., Kisch, H.J., Shaganra, R., 1982, Use of the lattice parameter of dioctahedral illite / muscovite for the characterization of P/T gradients of incipient metamorphism. Contrib. Mineral. Petrol. 79, 85 - 95.,
- Patteisky, K., Teichmüller, M., 1960, Inkohlung - Verlauf, Inkohlung - Massstab und Klassifikation der Kohlen auf Grund von Virrit - Analysen. Brennstoff - Chemie 41, 79 - 84; 97 -104; 133 -137.
- Pesquera, A., Velasco, F., 1988, Metamorphism of the Palaeozoic Cinco Villas massif (Basque Pyrenees); illite crystallinity and graphitization degree. Mineralogical Magazine, 52, 615 - 625. .
- Pique, A., Wybrecht, E., 1987, Origine des chlorites et Tepizone Heritage et cristallisation synschisteuse Exemple des grauwackes cambriennes du Maroc occidental. Bull. Mineral., 110,665-682.
- Pollastro, R.M., 1990, The illite / smectite geothermometer - Concepts, methodology, and application to basin, history and hydrocarbon generation. In Application of Thermal Maturity Studies to Energy Exploration. Eds. V.F. Nuccio and C.E. Barker. Soc. Econ. Paleontol. Mineral., 1 -18.
- Powell, R., Condillfe, D.M., Condillfe, E., 1984, Calcite - dolomite geothermometry in the system CaCO<sub>3</sub> - MgCO<sub>3</sub> - FeCO<sub>3</sub>; an experimental study. J. Metamorphic Geol. 2, 33 - 41.
- Price, K.L., McDowell, D., 1993, Illite / smectite geothermometry of the Proterozoic Oronto Group, mid-continent rift system. Clays and Clay Minerals, 41,2, 134 - 147.

- Radaslovich, E.W., Norrish, K., 1962, The cell dimensions, and symmetry of layer - lattice silicates.. L Some structural considerations\* Amer. Miner. 47., 599 - 616.
- Reynolds,, R.C., 1963, Potassium - rubidium ratio, and polymorphs in illites and microlines from the clay size fractions of Proterozoic carbonate rocks., *Geochim. Cosmochim. Acta* 27, 1097 - 1112.,
- Roberts, B., Merriman, R.J., 1985, The distinction between Caledonian and Variscan metamorphism in metapelites from North Wales: an analysis, of isocryst patterns, I. *Geol. Soc. London* 142(4), 615 - 624.
- Robinson» D. Bevens. R.E., 1986, Incipient metamorphism in the Lower Palaeozoic marginal basin of Wales.. *J. Metamorphic Geol* 4, 101 -113.
- Robinson, B., Micholls, R.A., Thomas, L.J., 1980, Clay mineral evidence- for low - grade Caledonian and Variscan metamorphism in south - western Dyfed, south Wales. *Mineral. Mag.* 43, 857 - 863.,
- Rodionova, A.E., Koval'skaya, M.S., 1974, Dickite distribution in coal - bearing formations of the Donets Basin.. *Litologiya i Poleznye Iskopaemye* 6, 132 -137.
- Rohde, A., 1980, Clay minerals and illite crystallinity of the Almesakra Group. *Geol. Foren., Stockh. Fork* 102,26,
- Rumeau, J.J., Kalbicky, G., 1966., Evolution des minéraux argileux dans les dolomies et 'Calcaires, poreux de Crétacé supérieur de la plateforme d'Aquitaine. *Proc. Int. Clay Conf., Jerusalem*, 2, 103-117.
- Sassi» F.P., 1972., The petrological and geological significance of the low values of potassic white micas in low - grade metamorphic rocks. An application to the Eastern Alps. *Tschermak's Mineral. Petrogr. Mitt.* 18,10,5-113.
- Sassi, F.P., Scolari» A., 1974, The low value of the potassic white micas as a barometric indicator in low - grade metamorphism of pelitic schists. *Contrib. Miner., Petrol.* 45,1,43 -152.
- Sassi, F.P., Krautner, H.G., Zirpoli, G., 1976, Recognition of the pressure character in greenschist facies metamorphism. *Schweiz., Miner. Petrogr. Mitt.* 56., 427 - 434.
- Saym, S.A., 1987, Türkiye'nin farklı bölgelerine ait kaolinli derelerde kristalleşme derecesi., III. Ulusal Kil Sempozyumu, Ed. Türmenoğlu, A.G. ve Akıman, G., 21 - 27 Eylül 1987, Bildiriler, 57-72..
- Schaer, J.-P., Persoz, F., 1976, Aspects structuraux et pétrographiques du Haut Atlas calcaire de Midelt (Maroc). *Bull. Soc. Geol. France* 1S, 1239, 1250.
- Scheuer» P., 1915, Bestimmung der Grosse und der inneren Struktur von Kolloidteilchen mittels Röntgenstrahlen. *Göttinger Nachr. Math. Phys.* 2,98 -100.
- Sehnen, R., 1964, Clay minerals of the Silurian Clinton ironstones, New York State. *J. Sediment. Petrol.* 34, 855 - 863.
- Shirozu, H., 1963, Structural changes, of some chlorites by grinding.. *Mineral. (Japan)* 4, 1-11.
- Shirozu, B.L., 1978, Chlorite minerals, In *Clays and Clay Minerals of Japan*, eds. Sudo, T. and Shimoda, S., Elsevier, Amsterdam, 243-264..
- Smith, J.V., Yoder, H.S., 1956., Experimental and theoretical studies of the mica polymorphous. *Mineral. Mag.* 31, 209 - 235..
- Smykatz - Boss, W., Althaus, E., 1974, Experimental investigation of the temperature dependence of the "crystallinity" of illites and glauconites. *Bull. Groupe Franc. Argiles* 26, 319 - 325.
- Stadler\* G., 1971, Die Kaolin - kohlensteinen aus dem Westfal C und B der Untertagebohrung 150 der Steinkohleenergiewerke Ibbenbüren. und, ihre Bedeutung für die Karbonatitgraptit Nordwest - Deutschlands. *Fortschr. Geol. Rheinl. Westf.* 18, 79 - 100.
- Staplin, F.L., 1969. Sedimentary organic matter, organic metamorphism, and oil and gas occurrences. *Bull. Can. Petrol. Geol.* 17. 47-66.
- Tagtri, M., 1981, A measurement of the graphitizing - degree by the X-ray powder diffractometer. *Journal of the Japanese Association of Mineralogy, Petrology and Economic Geology* 76, 345 - 352.
- Teichmüller, H.M., 1987, Organic material and very low - grade metamorphism. In *Low Temperature Metamorphism*, Ed. M.Frey, 114- 161.
- Teichmüller, M., Ottenjann, K., 1977, Art und Diagenese von Liptiniten und lipoiden Stoffen in einem Erdölmuttergestein auf Grand fluoreszenzmikroskopischer Untersuchungen. *Erdöl und Kohle* 30, 387 - 398.
- Teichmüller, M., Teichmüller, R., Weber, K., 1979, Inkohlung und Illit - Kristallinität. - Vergleichende Untersuchungen im Mesozoikum und Paläozoikum von Westfalen. *Fortschr. Geol. Rheinl., Westf.* 27,201 -276.
- Toselli, A., I., Toselli, I.R., Rossi de., 1982., Metamorfismo de la Formación Puncoviscana en las provincias de Salta, Tucumán, Argentina.. 5th Cong. Latinoam. Geol., Argentina, 1982, Actas II, 37 - 52.
- Toselli, A.L., Weber, K., 1982., Anquimetamorfismo en rocas del Paleozoico inferior en el noroeste de Argentina - Valor de la cristallinitad de la illita como indice. *Acta Geol. Lilloana (Argentina)* 14,1,87 - 200,
- Triplehorn, D.M., 1970, Clay mineral diagenesis in Atoka (Pennsylvanian) sandstones, Crawford County., Arkansas. *J. Sediment Petrol.* 40, 838 - 847.,
- Turner, F.J., 1981, *Metamorphic Petrology - Mineralogical, Field, And Tectonic Aspects*, 2nd edn., McGraw - Hill, New York.,
- Van Biljon, W.J., Bensch, J.J., 1970, The "crystallinity" of illite as a measure of contact metamorphism in mudstone of the Karroo System., South Africa.. In *Second Gondwana Symposium, Proceedings and Paper*, CSIR, Pretoria., South Africa, 451 - 453.
- Velde, B., 1965, Experimental determination of moscovite, polymorphic stabilities. *Amer. Miner.*, 50., 436 - 449.
- Velde, B., 1985., *Clay Minerals.. A Physico - Chemical Explanation of their Occurrence*. Elsevier, Amsterdam, Dev. in Sediment., 40,427 pp.
- Velde, B., 1992, *Introduction to Clay Minerals.. Chemistry, Origins, Uses and Environmental Significance*. Chapman and Hall., 198 p.,
- Velde, B., Hower, J., 1963, Petrological significance of illite polymorphs in Paleozoic sedimentary rocks.. *Amer. Miner.* 48,1239 "12.54;
- Walker, J.R., 1993, Chlorite polytype geothermometry. *Clays and Clay Minerals*, 41, 2, 260' - 267.
- Walshe, J.L., 1986, A six - component chlorite solid solution model and the conditions of chlorite formation in hydrothermal and geothermal systems. *Econ. Geol.*, 81., 681 - 703.
- Wan, L.N., Rice, A.H.N., 1993, Crystallinity Index Standard. Unpublished report (Version 1 ), Geologisch - Paläontologisches Institut Ruprecht - Karls Universität. 45 p.

- Warr, L.N., Rice, A.H.N., 1994, Interlaboratory standardization and calibration of clay mineral, crystallinity and crystallite size data. *J. Metamorphic. Geol.* 12, 141 - 152,
- Wamn, B., Averbach, B.L., 1950, The effect of cold - work distortion on X-ray patterns. *Journal of Applied Physics*, 21, 595-599.
- Weaver, C.E., 1960» Possible uses of clay minerals in search for oil. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.* 44,4,505 -1518.
- Weaver, C.E., 1984, Shale - Slate Metamorphism In Southern Appalachians, eds. Weaver, C.E., et al., *Developments In Petrology* 10, Elsevier, Amsterdam.
- Weaver, C.E., Beck, K.C., 1971, day water diagenesis during burial: How mod. becomes gneiss. *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.* 134.
- Weaver, C.E., Broekstra, B.R., 1984, Illite - mica. In *Shale - Slate Metamorphism in Southern Appalachians*, eds. Weaver, C.E. et al. *Developments in Petrology* 10, Elsevier, Amsterdam» 67-97.
- Weber, K., 1972a, Notes, on the determination of illite crystallinity. *Neues Jb, Mineral Mh.* 1972,267 - 276,
- Weber, K., 1972b., Kristallinität des Illits in Tonschiefer und andere Kriterien schwacher Metamorphose im nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirge. *Neues Jb., Paläont. Abh.* 141,333 -363..
- Weber, K., Dunoyer de Segonzac, G., Economou, C., 1976, Une nouvelle expression, de la "crystallinité" de l'illite et des micas, Notion d'épaisseur apparente des cristallites. *C.R. Somm. Soc. Geol. Fr.* 5,225 - 227,
- Wilson, M.J., Bain, D.C., 1970, The clay mineralogy of the Scottish Dalradian meta - limestone. *Contrib. Miner. Petrol.* 26, 285 - 295.
- Winkler, H.G.F., 1979, *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. 5th edn., Springer Verlag» New York.
- Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 1995, Sepiolite - palygoskite from the Hekimhan region (Turkey). *Clays and day Minerals*, 43, 6, 705-717.
- Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 1996, Kangal - Alacahan yöresi Ost Paleozoik yaşlı metasedimanter kayaların mineralojisi: Bindirme tektoniği ile ilişkili çok düşük dereceli metamorfizma. (hazırlanmakta).
- Yoder, H.S., Eogster, H.P., 1955., Synthetic -and natural muscovites. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 8, 225 -280.
- Zingg, A., Hmziker, J.C., Frey, M., Ahrendt, H., 1976., Age and degree of metamorphism of the Canavese Zone and sedimentary cover of the Sesia Zone. *Schweiz. Mineral. Petrog. Mitt.* 56,361-375.

# Veledler Sırtı / Kırtşeyh (Sivrihisar - Eskişehir) sepiyolit cevherleşmesinin rezerv - tenor değerlendirilmesi

**Cem Saraç»** Hacettepe Üniversitesi,, Jeoloji Müh. Böl, Beytepe, Ankara  
**Tamer İrkeç,** Anadolu Endüstriyel Madencilik (AEM), Ankara  
**Haham Gençoğlu,** Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara  
**A. Erhan Tercan,** Hacettepe Üniversitesi, Maden Müh. Böl, Beytepe, Ankara

*Bu çalışmada Eskişehir - Sivrihisar - Kurtşeyh Köyü - Veledler Sırtı sepiyolit cevherleşmesinin görünür rezervi kesit yöntemi ile, mümkün rezervi de jeostatistiksel yöntemlerle kestirilmiştir. Kesit yönteminde sondajların ve yarma gruplarının etki alanları yine jeostatistiksel olarak belirlenmiştir, Cevherleşmede görünür rezerv 604783' m\ mümkün rezerv ise 13996000 m<sup>3</sup>olarak saptanılmış ve maden işletme planlarına temel oluşturacak rezerv - tenör dağılımı hesaplanmıştır.*

## Giriş

Jeostatistik, bölgesel değişkenler kavramının cevherleşmelerin değerlendirilmesine uygulanması şeklinde tanımlanabilir (Matheron, 1971)., Bölgesel değişken matematiksel açıdan» üç. boyutlu bir uzayın her noktasında belirli bir değer alan fonksiyondur. Bu fonksiyonun değişimi som derece düzensiz olduğu için matematiksel açıdan direkt olarak incelemek mümkün değildir ve raslantı fonksiyonları ile değerlendirilmesi gerekir (Journal and Hujjbrechts, 1978). Genellikle bütün cevherleşmelerde lokal olarak "zengin ve düşük tenörlü zonlar ayırt etmek mümkündür. Zengin zondan alınan örnekler yüksek bir tenör değeri gösterirken, fakir bir zondan alınan örnekler-düşük tenör' verecektir., Boradan da görüldüğü gibi bölgesel değişkenin değeri, uzamsal konuma bağlı olacaktır. Jeostatistik ile klasik maden yatakları değerlendirme yöntemleri, bu noktada birbirinden ayrılırlar., Jeostatistiksel yöntemlerde: örneğin, alındığı yer, konum, etki alanı, cevherleşmenin sürekliliği, homojenliği ve anizotropisi gibi uzaklığa bağlı

özellikler hesaplamalarda kullanılırken, klasik yöntemlerde cevherleşmenin, uzaklığa bağlı dağılımı dikkate alınmamaktadır. Bu çalışma kapsamında jeoi.stati.stik; görünür rezev hesaplamalarında, sondajların ve yarma gruplarının etki uzaklıklarını belirlemede ve mümkün rezervin saptanmasında kullanılmıştır.

## Jeoloji

Cevherleşme alanı iç Anadolu Neojen Baseninin Yürükanı Sakarya Kesiminde bulunmaktadır (Şekil 1). Buradaki, istif Üst. Miyosen yaşlı Ilyaspaşa formasyonu ve Pliyosen, yaşa Sakarya formasyonlarından, oluşmaktadır (İrkeç ve Gençoğlu, 1994),..

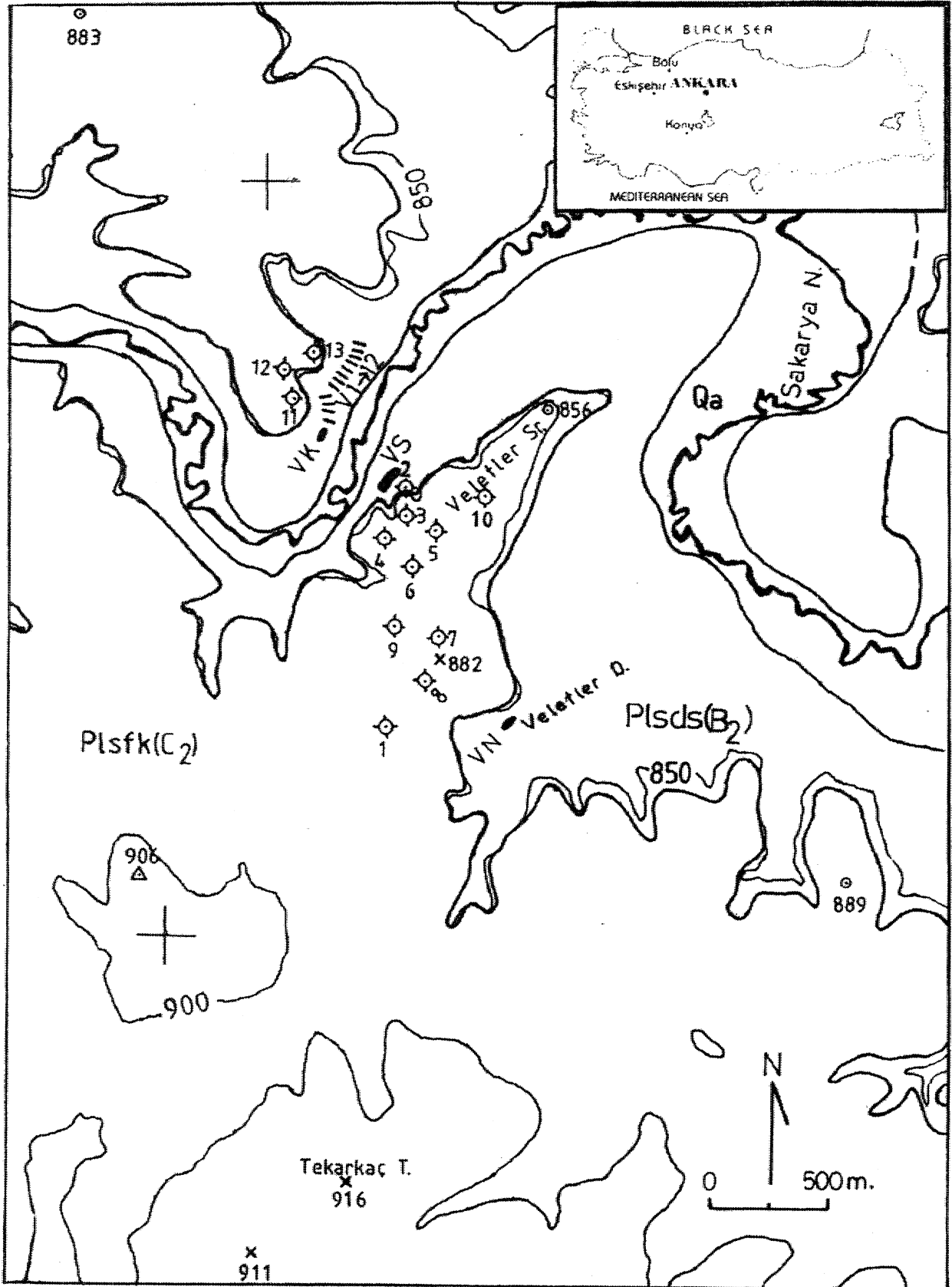
Evaporitik ağırlıklı fluyiyatil - göl kompleksinden oluşan Sakarya formasyonu iki. sekans olarak ayrılmıştır. Her bir sekans "jipsli yeşil kil", "dolomit - sepiyolit" ve "fosilli kireçtaşı" birim, çekellerinden oluşmaktadır.

	Birim çökeli	Kod.
2, Sekans	fosilli kireçtaşı	Plsfk-C <sub>2</sub>
	dolomitik. - sepiyolit	Plsds - B <sub>2</sub>
	jipsli. yeşil kil	Plsfk - A <sub>2</sub>
LSekans	fosilli kireçtaşı	Plsfk-Q
	dolomit - sepiyolit	Plsds - B <sub>j</sub>
	jipsli yeşil kil	Plsfk - A <sub>1</sub>

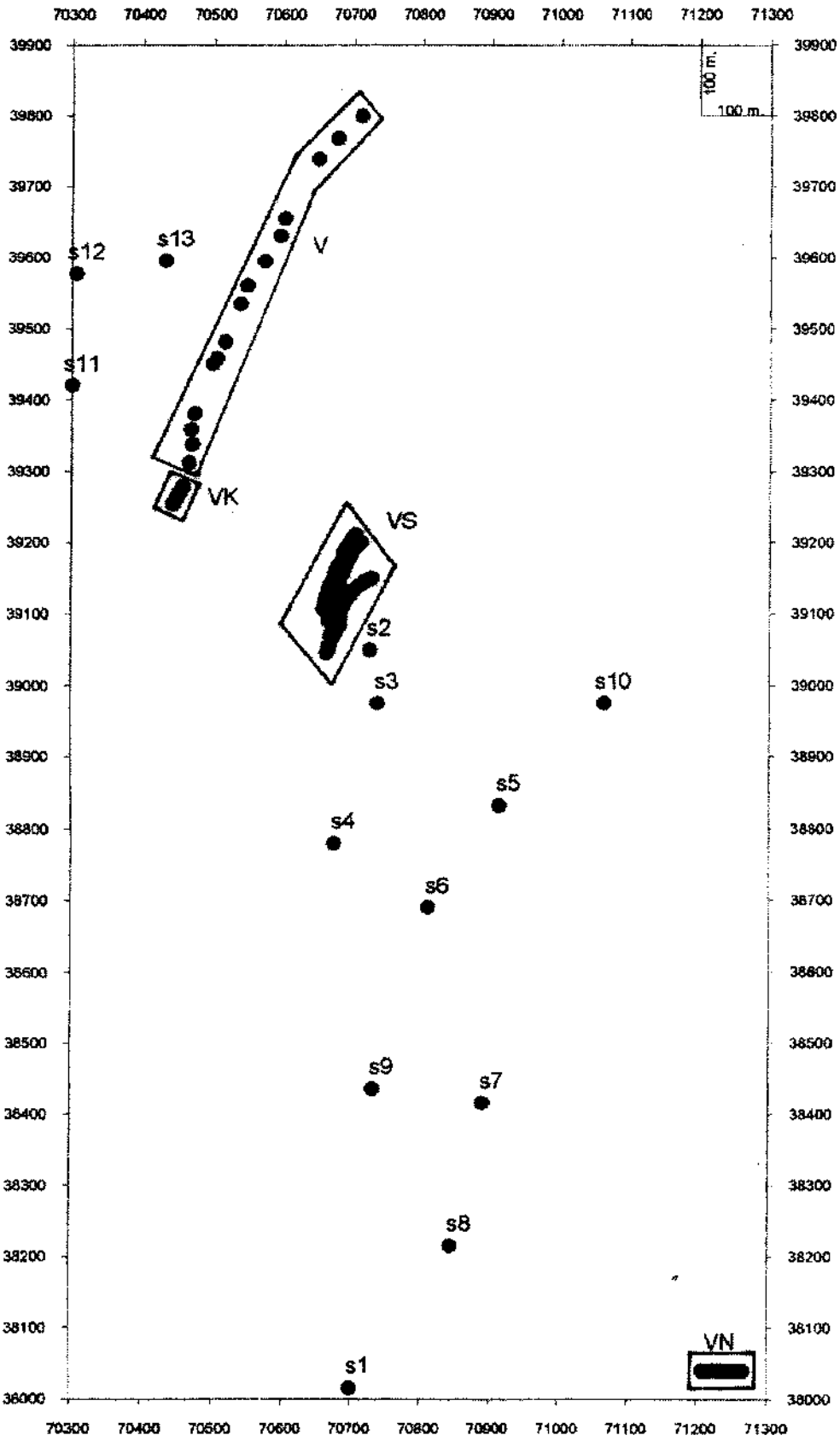
Yöredeki ekonomik sepiyolit oluşumları, 2. sekansa ait dolomit - sepiyolit. birim çökeli içerisinde merccekler şeklinde bulunmaktadır.

## Veri analizi

Rezerv 'belirleme çalışmalarında, ayrıntılı mineralo-



Şekil 1. Yer bulduru haritası



Şekil 2. İnceleme alanındaki sondaj ve yarımlar.

jik açılımları İrfec ve Gençoğlu 1994'de bulunan 13 sondaj ve 4 yarma grubu değerlendirilmiştir. Seldi 2'de sondaj Ye yarma gruplarının topoğrafik izdüşümleri görülmektedir. Burada V, VK,, VS ve VN simgeleri ile yarma grupları,, S simgesi ile de sondajlar gösterilmiştir. Bunlardan VK, VS ve VN' yarmalan yanal, V yarmalan dikey yönde açılmış dozer yarmalarıdır.

Bu çalışmada sondajlardan 97 ailet, yarma, gruplarından. 337 adet örneğin % sepiyolit içerikleri değerlendirilmiştir. Sepiyolit içeriği. % 50 üzerine olan cevherleşmeler hesaplamalarda, kullanılmıştır. Ayrıca .kalınlıkları 0.2 m'den daha ince olan oluşumlar dikkate alınmamıştır. Sondaj ve dikey yarmalarda,, tier<sup>1</sup> bir cevherli seviyenin, başlangıç / biliş kotları, yanal yarmalarda ise örnek alınan kesimdeki. (1-4 m aralıkla) cevherleşme kalınlıkları ile başlangıç / bitiş kotları değerlendirilmiştir... Burada mercek başlangıç ve bitiş noktalarında, kalınlık - tenör sıfır kabul edilmiştir.

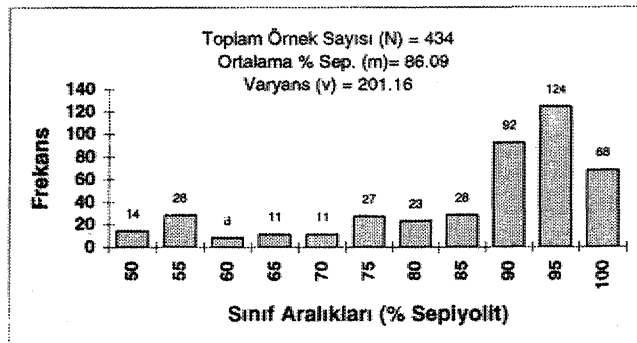
Toplam 434- örneğin göstermiş olduğu histogram: Şekil. 3'de verilmektedir. Sol yönlü (negatif) bir dağılım gösteren örneklerin ortalaması %86.09, varyansı da %20L16 olarak saptanmıştır. Örnekler 0.20 metre ortalama eş uzunlukta, kompozit edilerek,, jeostatistiksel olarak kullanıma hazırlanmıştır.

## Yariogram analizi

Variogramlar jeostatistiksel rezerv hesabının ilk. ve en önemli adımını oluştururlar. Cevherin sürekliliği,, homojenliği, anizotropisi, örneklerin etki alanı, konumu ve birbiriyle ilişkisi, gibi bütün parametreleri nicel olarak variogramlarda görmek mümkündür (David, 1977) ve matematiksel olarak

$$g(\vec{h}) = \frac{1}{2n(\vec{h})} \sum_{i=1}^{n(\vec{h})} [Z(x_i) - Z(x_i + \vec{h})]^2$$

eşitliği ile gösterilirler. Eşitlikte



Şekil 3. Örneklerin histogramı

$n(h)$ : birbirinden  $h$  kadar uzaklıkta yeralan iki nokta arasındaki, örnek çifti, sayısını,

$Z$ : veri değerlerini,

$M$ : lokasyonu,

$g(h)$ : uzaklığa bağlı olarak variogram değerini göstermektedir.

Sivrihisar sepiyolit: cevherleşmesinde variogramlar, cevherleşmenin x, y ve z yönleri boyunca hesaplanarak, Şekil 4'de sunulmaktadır.

Variogramlar genelde orijinde bir süreksizlik göstermemektedir. Bununla birlikte- geometrik ve zonal anizotropiler söz konusudur. X yönündeki 40 - 45 metrelik, etki. uzaklığı ve y yönündeki 10 - 15 metre arasındaki etki uzaklığı yatay olarak geometrik, bir anizotropinin varlığını işaret, etmektedir.., Düşey yöndeki variogram 1 metrelik daha. küçük bir etki uzaklığına sahiptir. Ayrıca y yönündeki variogram 20 - 25lik tepe değeri (si.ll) ile bir zonlanma. göstermektedir.

Variogramlar,, Journal aod Huijbregts (1978)'e göre aşağıda formülü verilen, küresel anizotropik variogram. ile modellenmiştir (Şekil 4).

$$\chi(h) = C_0 + C \left( \frac{3}{2} \frac{h}{a} - \frac{1}{2} \frac{h^3}{a^3} \right) \quad \forall h \in [0, a]$$

$$\chi(h) = C_0 + C \quad \forall h \geq a$$

$$\chi(h) = 0 \quad h = 0$$

Model parametreleri: nugget varyansı  $C_0 = 0.0$ , yapılanmış varyans  $C = 85.0$  ve  $a(x) = 40$  m,  $a(y) = 10$  m,  $a(z) = 1$  m olarak belirlenmiştir.,

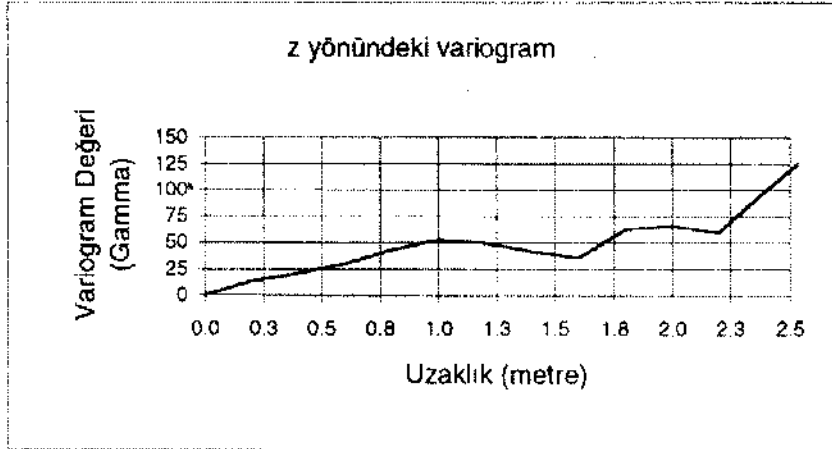
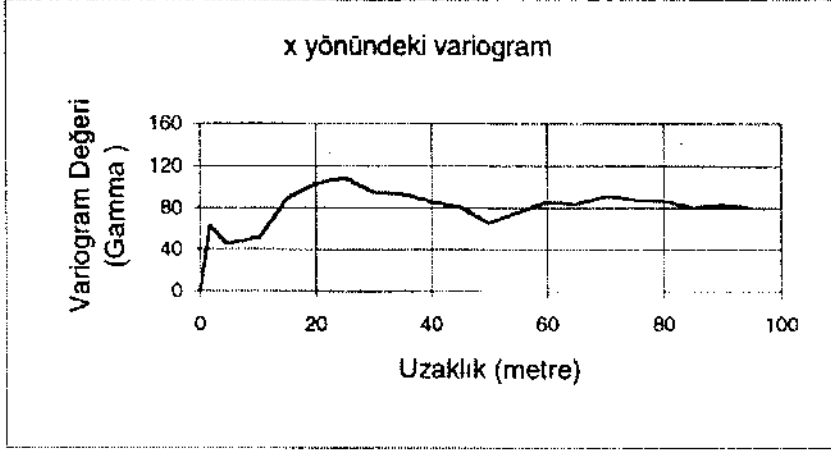
Elde edilen model parametreleri geri kestirim (back, kriging) yöntemiyle,, modelin geçerliliğini ispatlamak için kontrol edilmiştir... Örneklerden herbiri sırası "üç veri setinden uzaklaştırılmış ve geri kalan örnekler- kullanılarak uyarlanan model aracılığı ile bu örneklerin değeri yeniden kestirilmiştir, Geçerli bir model de; kestirim. varyansı ile hataların kareler ortalamaları birbirine yakın, ve- gerçek değerlerin kestirilen değerler üzerindeki. regresyonu da, l'e yakın olmalıdır (Saraç ve Tercan, 1992). Yokanda parametreleri gösterilen, sepiyolit cevherleşmesine uyarlanan model de geri kestirim. yöntemi ile incelenerek,, geçerliliği belirlenmiştir..,

## Görünür rezerv

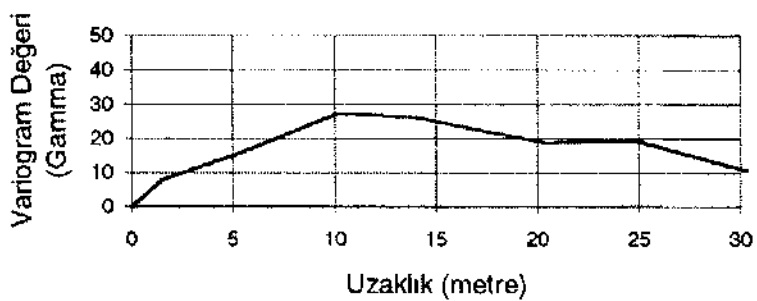
Görünür rezerv çalışmasında,, International Atomic Energy Agency (1985)'e göre kesit, yöntemi kullanılır.



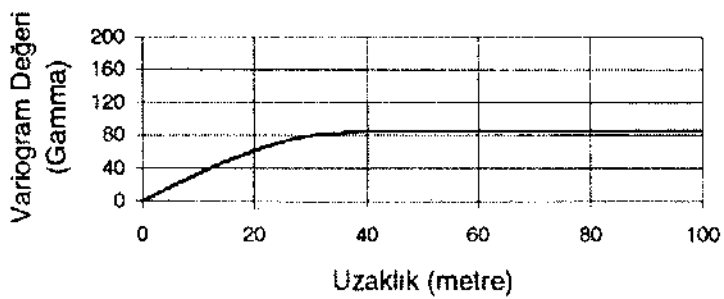
Şekil 4. Çevirteğmenin X,Y,z yönlerindeki variogramlar ve uyarılan model variogram.

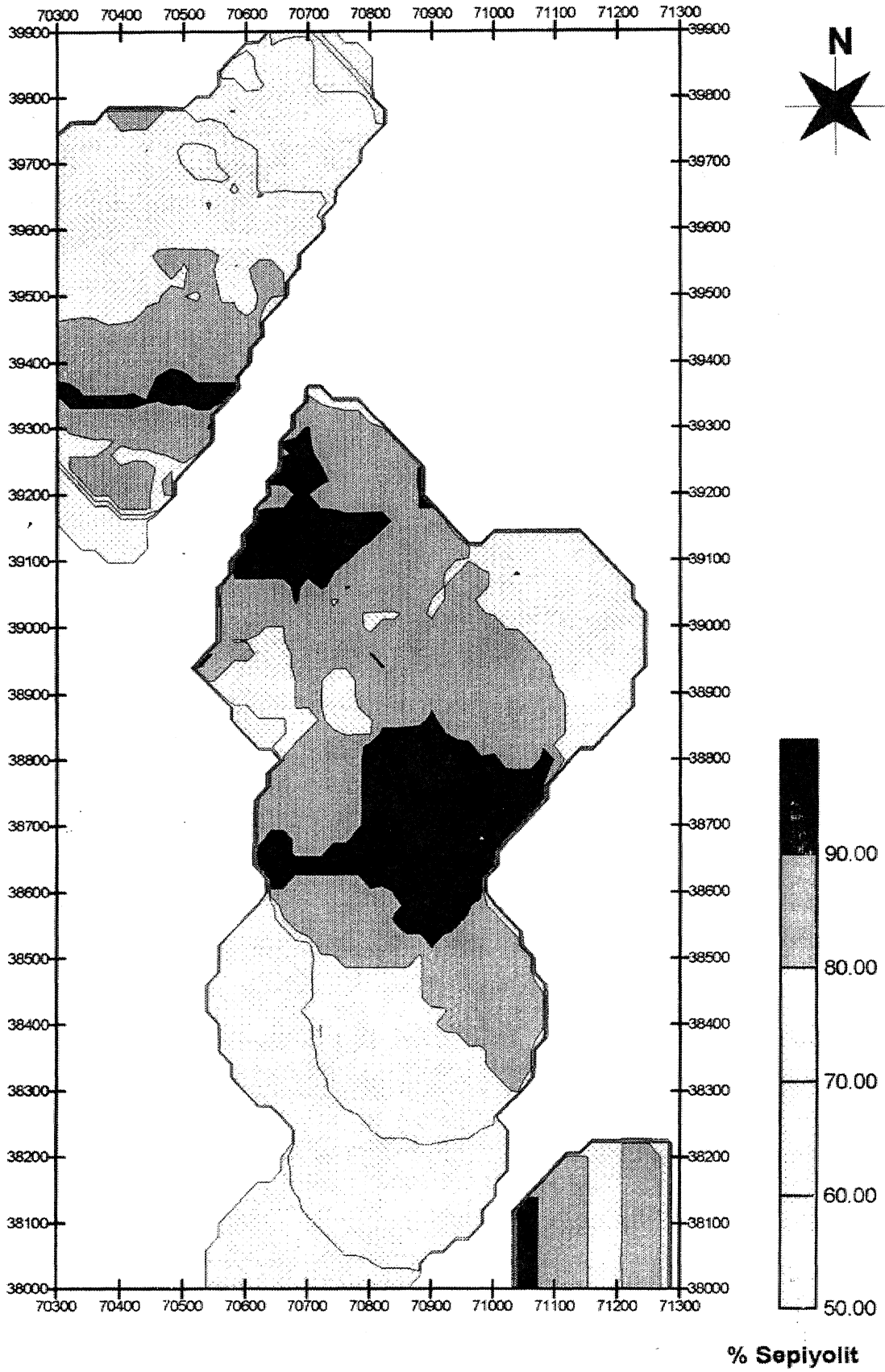


y yönündeki variogram

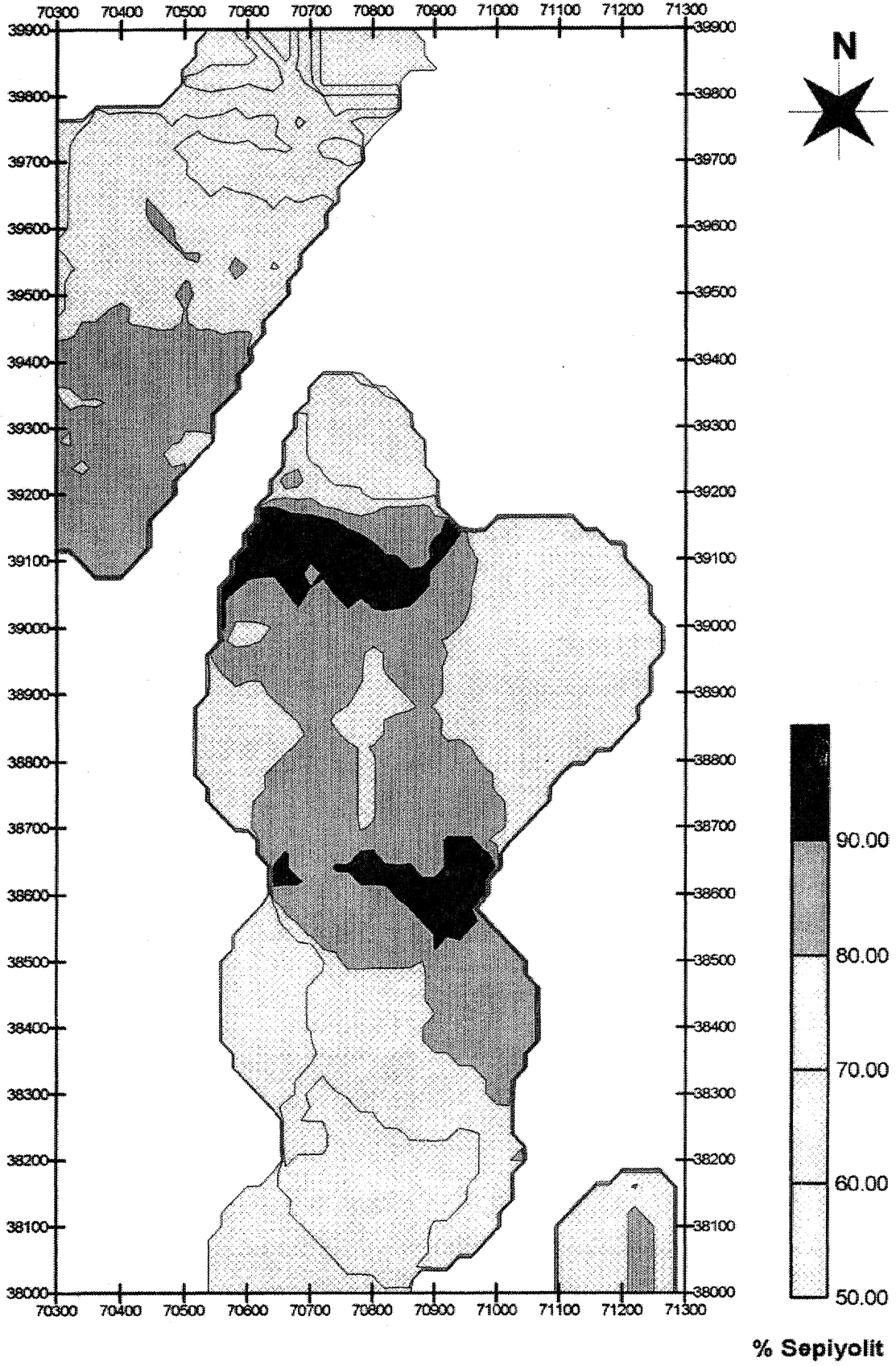


Uyarlanan Model Variogram

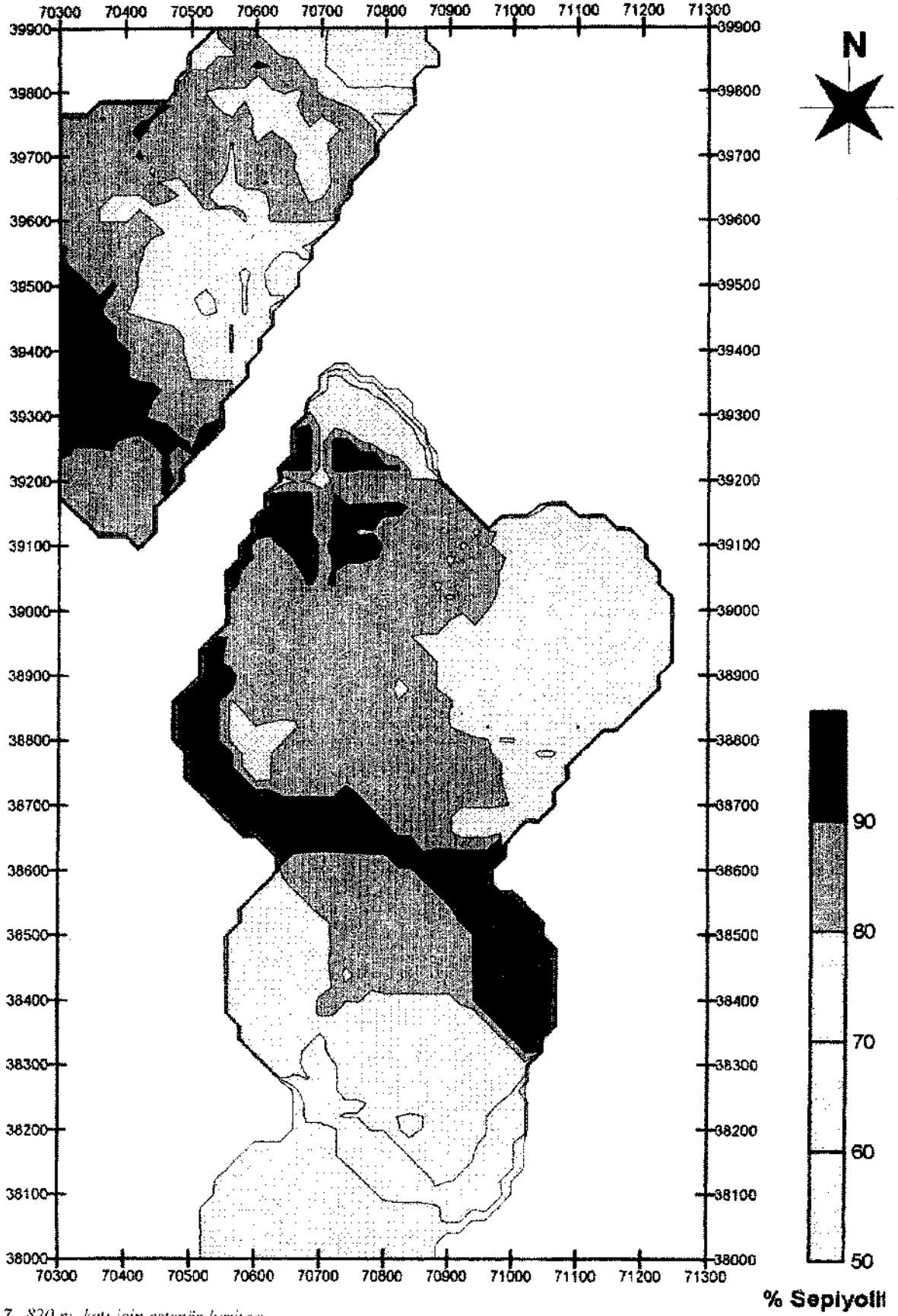




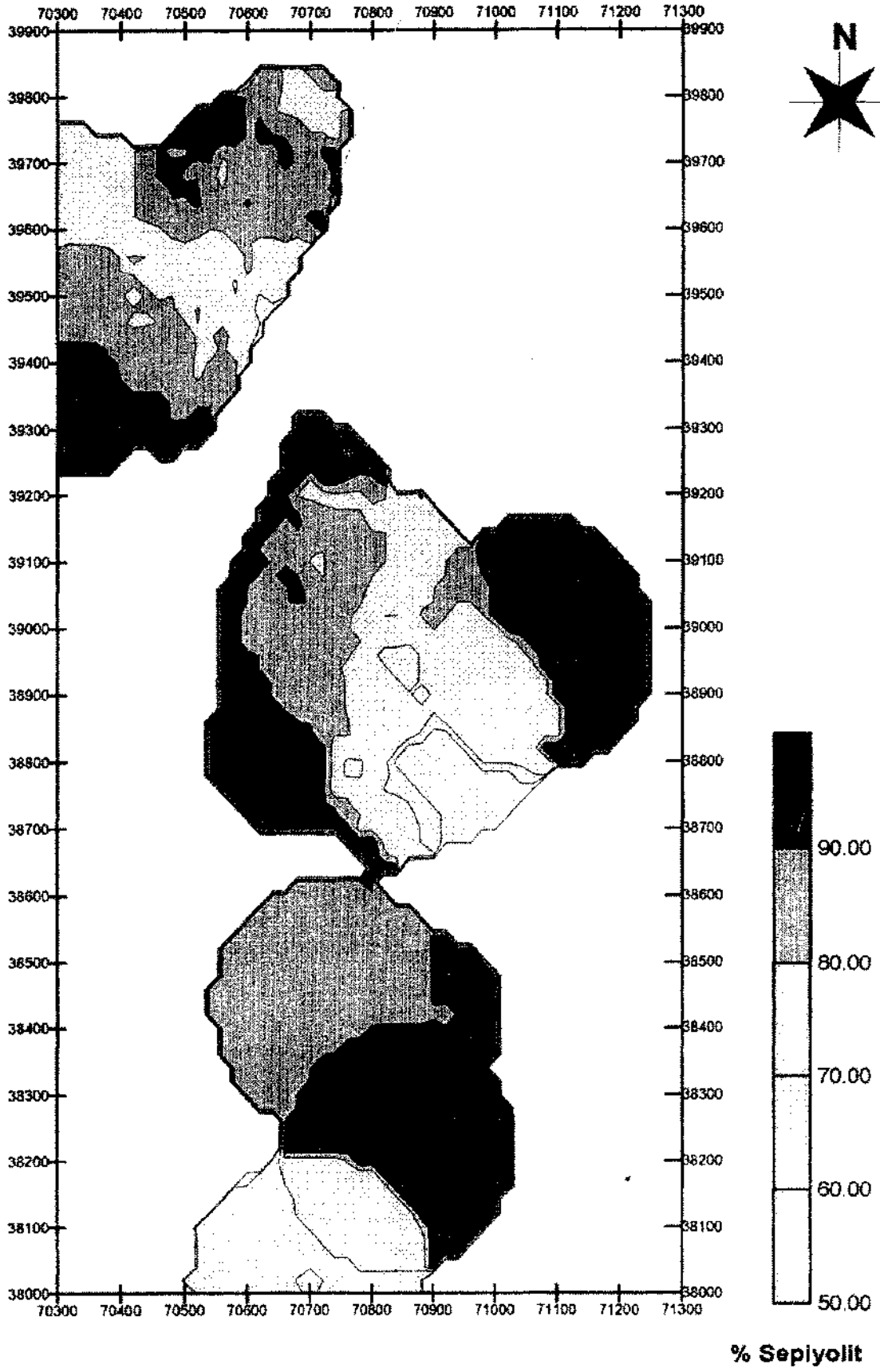
Şekil 5. 830 m. katı için eştenör haritası.



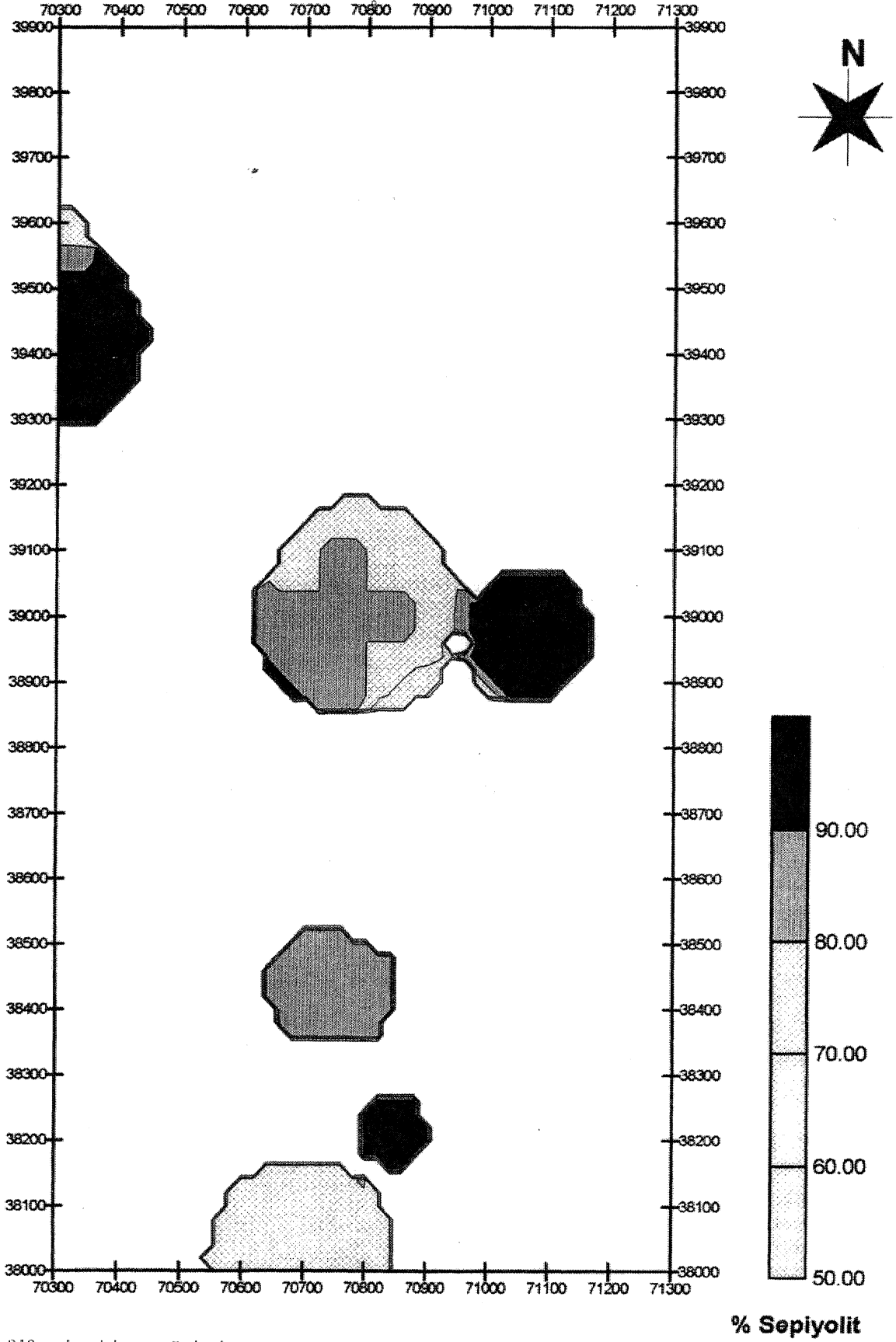
Şekil 6. 825 ni, katı için eştenör haritası.



Şekil 7. 820 m. katı için eşenör haritası.



Şekil 8. 815 m. katı için eştenör haritası.



Şekil 9. 810 m. katı için eştenör haritası,

m ıştır. 6 adet kesit kullanılarak yürütülen hesaplamalarda etki uzaklığı olarak, variogram analizi kısmında model variogramda 40 metre olarak bulunan etki uzaklığı alınmıştır. Sondaj verileri ve yarma verileri, kullanılarak yapılan değerlendirmede, sondaj sonuçlarına dayanarak 263820 m<sup>3</sup> ve yarma sonuçlarından giderek 340963 m<sup>3</sup>, toplam 604783 m<sup>3</sup> (ortalama sepiyolit içeriği %81.28) görünür rezerv saptanmıştır. Çalışmada kesitler arasındaki rezerv miktarı ve ortalama tenör, International Atomic Agency (1985)'e göre hesaplanmıştır., Bölgedeki sepiyolitlerin yoğunluğu 0.80 ile 1,20 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Ortalama olarak yoğunluk LOG gr/cm<sup>3</sup> alındığında, metreküp cinsinden verilen rezervler ton olarak geçerli olacaktır.

## Mümkün rezerv

Cevherleşmenin mümkün rezerv değerlendirmesi, kriging tekniği ile yürütülmüştür. Jeostatistiğin en önemli unsurlarından bir olan kriging, bir bloğun gerçek değerini mevcut bütün örneklerden yararlanarak belirleyen jeostatistiksel bir tekniktir. Kriging kestirimi

$$z^*(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot z(x_i)$$

eşitliği ile verilir (Journel, 1989)-. Formülde  $X$  simgesi ile gösterilen kriging ağırlıkları, hataların ortalaması, sıfır ve varyansı da minimum olacak şekilde belirlenmiştir. Eşitlikte  $z^*(x)$ ,  $x$  noktasındaki, bloğun kriging ile kestirilen değeri;  $z(x_j)$ ,  $x_j$  noktalarındaki data, değeridir.

Yukarıdaki algoritma kullanılarak sepiyolit cevherleşmesinde  $x$  eksenini boyunca. 20 metrelilik: 50 blok,  $y$  eksenini boyunca 20 metrelik 96 blok ve  $z$  ekseninde de 5 metrelik 6 kat için blokların kriging ile kestirimi yapılmıştır. 830 m, 825 m, 820 m, 815 m ve 810 m katlarında gerçekleştirilen, kriging işleminde her bir katta 4800 blok bulunmaktadır, Tek bir bloğun hacmi 20 m ( $x$  eks.) x 20 m ( $y$  eks.) x 5 m (kat kalınlığı  $z$  eks.) = 2000 m<sup>3</sup> dür. 830 metre ve 810 metre katları arasında yapılan değerlendirme de elde edilen sonuçlar, blok tenor sonuçları ve eştenör haritaları şeklinde hazırlanarak, her bir kat için Şekil 5-9'de sunulmaktadır.

## Rezerv - tenor dağılımı

Gerçek, blok değerlerinin dağılım varyansı, kestirilen değerlerin varyansından büyük olduğu için. 20 x 25 x 5 m. blokların krigingie elde edilen sonuçlarının rezerv - tenör eğrileri, aşağıdaki eşitlik kullanılarak düzeltilmiştir.

Rezerv - tenör belirlenmesinde kullanılan eşitlik:

$$z(v_j D) = z(v^* / D) + of - 2/1$$

şeklinde verilebilir. Eşitlikte:

$Z^2(V/D)$ : Gerçek, blok değerlerinin cevherleşme içindeki dağılım varyansı

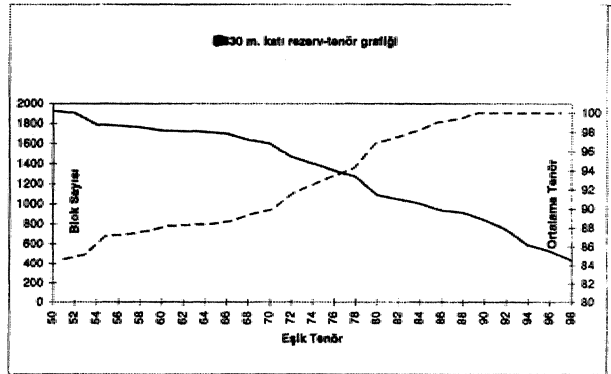
$Z^2(V^*/D)$ : Kestirilen blok değerlerinin cevherleşme içindeki dağılım varyansı

$O^2k$ : Kriging varyanslarının ortalaması

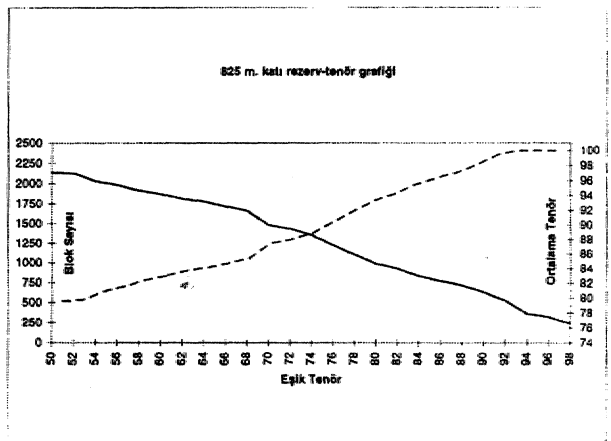
$f_i$ : Lagrange çarpanlarının ortalaması

Maden işletme planlarının yapılmasında temel oluşturacak rezerv - tenör grafikleri ve yukarıda verilen eşitliğe göre hesaplanan rezerv - tenor dağılımı her bir kat için sırası ile Şekil 10-14'de verilmektedir.

Rezerv - tenör dağılımından elde edilen bilgilere göre katlara göre hazırlanan mümkün rezerv ve ortalama tenör değerleri Tablo 1'de topluca gösterilmiştir.

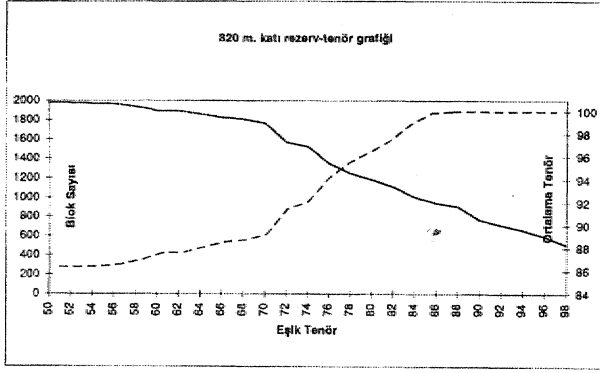


Şekil 10. 830 m. katı rezerv-tenör grafiği.

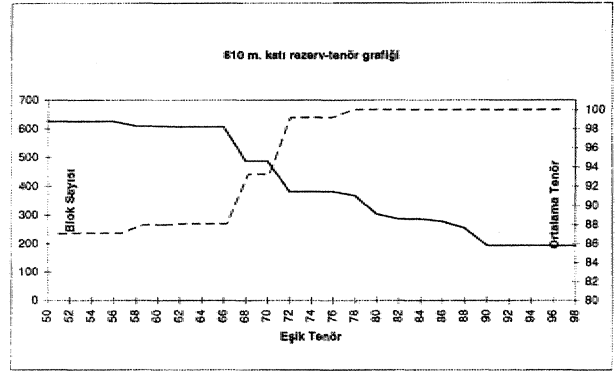


Şekil 11. 825 m. katı rezerv-tenör grafiği.

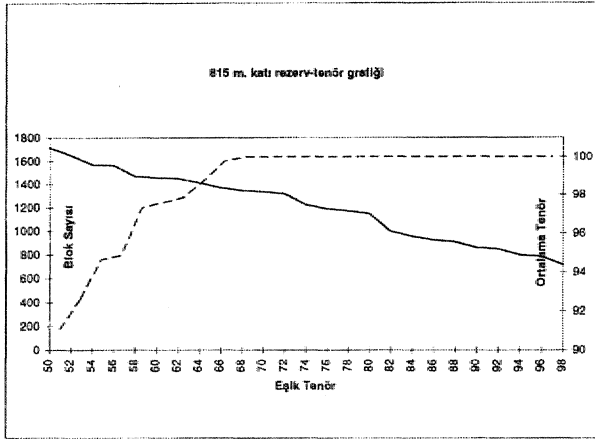




Şekil 12. 820m. katı rezerv-tenör grafiği.



Şekil 14. 810 m. katı rezerv-tenör grafiği.



Şekil 13. 815m. katı rezerv-tenör grafiği.

## Sonuçlar

Veledler Sırtı / Kurtşeyh (Sivrihisar) sepiyolit cevherleşmesinin, rezerv - tenör değerlendirilmesi jeostatistiksel yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Araştırmada görünür rezerv kesit yöntemi ile, mümkün rezerv ise kriging tekniği kullanarak belirlenmiştir. Maden işletme planlarının yapılmasında ve rezerv - tenör eğrilerinin belirlenmesinde kullanılacak veriler sunulmaktadır, incelemede sonuç olarak toplam. 604733 m<sup>3</sup> görünür rezerv ve mümkün rezerv olarak da %50'den yüksek sepiyolit içeren 9498 blok. (toplam 1.8996000 m<sup>3</sup>) ve bu blokların ortalama sepiyolit içeriği, de % 85.43 olarak belirlenmiştir. İstenilen % sepiyolit içeriğine göre mümkün rezerv miktarı ve ortalama tenör içeriği grafiklerle ve ayrıca tablo halinde verilmektedir.

Tablo 1. İnceleme alanındaki mümkün rezerv-tenör dağılımı

Sepiyolit içeriği	830 m katı			825 m katı			820 m katı		
	ortalama tenör	Blok sayısı	Rezerv (m <sup>3</sup> )	ortalama tenör	Blok sayısı	Rezerv (m <sup>3</sup> )	ortalama tenör	Blok sayısı	Rezerv (m <sup>3</sup> )
> % 50	84.68	1928	3856000	79.56	2139	4278000	86.34	1977	3954000
> % 60	88.21	1728	3458000	83.73	1870	3740000	87.60	1893	3786000
> % 70	89.91	1601	3202000	87.44	1481	2962000	89.21	1762	3524000
> % 80	96.80	1090	2180000	93.32	867	1974000	96.44	1180	2360000
> % 90	100.00	837	1674000	98.05	631	1262000	100.00	765	1530000

Sepiyolit içeriği	815 m katı			810 m katı			TOPLAM		
	ortalama tenör	Blok sayısı	Rezerv (m <sup>3</sup> )	ortalama tenör	Blok sayısı	Rezerv (m <sup>3</sup> )	ortalama tenör	Blok sayısı	Rezerv (m <sup>3</sup> )
> % 50	91.06	1715	3430000	87.08	627	1254000	85.74	8386	16772000
> % 60	97.59	1457	2914000	87.96	609	1218000	89.02	7558	15116000
> % 70	100.00	1333	2668000	93.24	487	974000	91.96	6664	13328000
> % 80	100.00	1147	2294000	100.00	304	608000	97.31	4708	8416000
> % 90	100.00	857	1714000	100.00	193	386000	99.61	3283	6568000

## DEĞİNİLEN BELGELER

- David, M., 1977, Geostatistical Ore Reserve Estimation, Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
- International Atomic Energy Agency, 1985., Methods for the Estimation of Uranium Ore Reserves» An Instruction Manual, Technical Reports Series. No: 255, Vienna.
- Joiimel, Â.G., 1989., Fundamentals of Geostatistics in Five Lessons, Volume 8 Short Course: in Geology, American Geophysical Union, Washington, B.C.
- Jourieci, A.G. and Huijbregts, Ch. I., 1978, Mining Geostatistics, Academic Press, London,.
- Malheron., G., 1971, The Theory of Regionalized Variables and its Application, Centre de Morphologie Mathématique, Fontainebleau.
- Saraç, C ve Tercan, E., 1992, A geostatistical Case Study of the Kalyüksek - Yataardıç Chromium Orebody, Geosund, no, 20, pp 219 - 229.
- Irkeç, T. ve Gençoğlu, H. 1994, Eskişehir - Sivrihisar - Sığircık/ Kurtşeyh Köyleri ÖİR 5342 Nolu sepiyolit sahasına ait maden jeolojisi rapora: MTA Gn. Md. Derleme 31 İs,

# Pamukkale (Hierapolis) de arkeologlar tarafından yanlış yorumlanan jeolojik yapılar: Kendiliğinden oluşan kanal travertenler ve sırt tipi travertenler

Erhan AUunel, Osmangazi Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

*Pamukkale (Hierapolis) bölgesi sıcak ve şifalı sular ve aktif olarak oluşan kar beyazı rengindeki travertenleri ile uzun yıllardan bu yana önemli bir yerleşim yeri olmuştur,.. Bölge deki antik kent Hierapolis'in tarihini gün ışığına çıkarmak için Türk - İtalyan işbirliği ile yapılan arkeolojik çalışmalar 1957 yılından bu yana devam etmektedir. Bu ekibin 1957 - 1987 yılları arasında elde ettikleri sonuçlar Hierapolis Di Frigia 1957 - 1937 adlı kitapta toplanmıştır Hierapolis ve yakın çevresinde yer alan sırt tipi travertenler ve insan yardımıyla "doğar olarak kendiliğinden oluşan bazı kanat travertenler yukarıda adı geçen kitapta arkeologlar tarafından yanlış yorumlanmıştır. Bu çalışmanın amacı, bu 'doğal' jeolojik yapıları tanımlamak ve oluşumlarını tartışmaktır.*

## Giriş

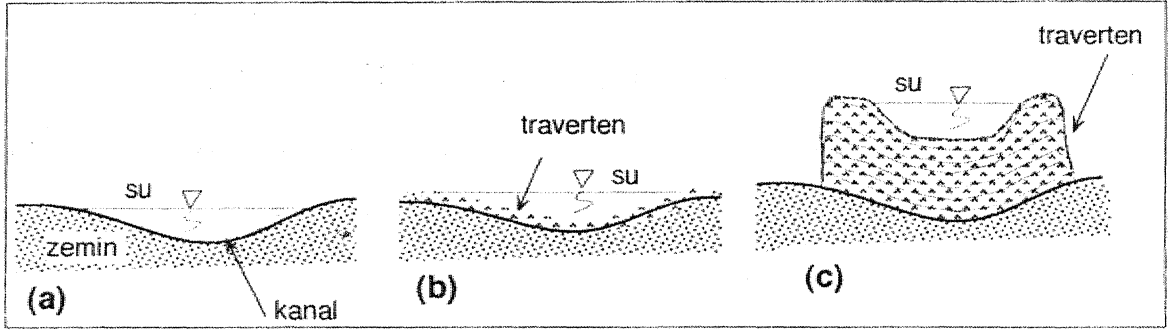
Bu çalışmanın amacı. Pamukkale (Hierapolis) ve yakın. çevresinde' gözlenen bazı 'doğal' jeolojik yapıları tanımlamak ve oluşumlarını tartışmaktır. Bu nedenle» bölgenin tarifli hakkında burada ayrıntıya girilmemiştir. Pamukkale 'bölgesi, sıcak, ve şifalı sular ve aktif olarak oluşan beyaz renkli travertenleri ile insanların dikkatini çok ericen tarihlerden bu yana çekmektedir. Bölgede ilk olarak kimlerin yerleştiği kesin olarak bilinmemekle birlikte, Ritti (1987) ve McDoutagii (1989)'a göre ilk yedekim Seleocidler tarafından kurulmuş ve bölge 'daha sonra M.Ö. 190 yılında Ättalld'ler tarafın-

dan ele geçirilmiştir,. 'Kutsal Şehir" anlamına gelen Hierapolis, M..Ö, .129 yılında Roma tımparatorluğu'na bağlanmıştır. Antik şehir merkezinde günümüzde görülen kalıntıların çoğu Roma. dönemindeki yapılaşmaya aittir<sup>1</sup> (Bean, 1971). Şehir<sup>1</sup> M.S. 12. yy da. şimdiki sahibi Türklerin eline geçmeden önce Bizans, Arap, Türkmen ve Selçuklu hakimiyetinde .kalmış ve muhtemelen M.S. 12., yy'dan sonra çevre şehirlerdeki insanların Denizli'ye göç etmeleri sonucu, Hierapolis'te terk edilmiştir (McDonagh, 1989)..,

Pamukkale bölgesindeki sıcak, sular çatlaklar ve fay sığmenden boyunca yüzeye çıkarlar. Kalsiyum karbonatça zengin olan bu sular, akış ve yüzey koşullarına göre değişik -morfolojilerde travertenler biriktirirler. Altunel ve Hancock (1993) bölgedeki travertenler morfolojik özelliklerine göre 5 grupta sınıflandırmıştır. Boulai<sup>1</sup>: (1) teras tipi. travertenler, (2) sırt tipi travertenler, (3) kendiliğinden oluşan kanal travertenler, (4) fay önü travertenleri ve (5) aşınmış traverten tabakaları.

Teras tipi •travertenler, kaynaklardan, çıkan sıcak suların yamaç aşağı akması sonucu oluşurlar. Sırt tipi teaverteoler, çatlaklar-boyunca yüzeye çıkan sıcak suların çatlağın her iki tarafında akmaları sonucu oluşurlar. Sıcak suların kanallar içinde akmaları sırasında kanalın içinde ve ken.arlan.nda traverten. birikir ve kanal zamanla yükselir bu tür travertenler kendiliğinden oluşan kanal. ' travertenler olarak tanımlanmıştır. Fay önü travertenler, normal faylar boyunca yüzeye çıkan suların fayın önünde tavan blok üzerinde oluştuğu travertenlerdir. Aşınmış traverten tabakaları, kenarları aşınmış ve diğer traverten kütleleri ile bağlantılı olmayan örtüş şeklinde travertenlerdiL

Bu çalışmada önce, çalışmanın konusu olan ve arkeologlar tarafından, yanlış yorumlanan sırt tip ve kendiliğ-



Şekil 1. Kendiliğinden oluşan kanal travertenlerin oluşumunu gösteren şematik kesit. a. kanalın ilk seviyesi, h, kanalın tabanında ve kenarlarında traverten çökelişi ve etabında ve kenarlarda traverten çökelişinin devam etmesi sonucu kanal ilk seviyesinden yukarıya yükselmiştir.

ğinden oluşan kanal travertenlerin oluşumları anlatılacaktır. Daha sonra, bu yapıların oluşum mekanizmaları ve detaylı saha gözlemleri ışığı altında arkeologların yorumladıkları yapılar olmadıkları tartışılacaktır.

## insan yardımıyla oluşan "doğal" yapılar

Pamukkale'de traverten terasları oluşturan sıcak sular, şehir merkezinde kuzeybatı - güneydoğu uzanımlı bir lank zonu boyunca yüzeye çıkarlar. Yüzeye çıkan kalsiyum karbonatça zengin suların kanalları içinde akmaları sonucu, kanalların tabanında, ve kenarlarında traverten çökeltmektedir. Bu şekilde suyun kanalları içinde uzun süre akmasıyla kanalların tabanlarında biriken travertenler kanalların başlangıçtaki yüzey seviyelerinden yükselmelerine neden olmaktadır (Şekil 1 ve 2). Duvar şeklinde bir görünüm sunan travertenler Altunel ve Hancock (1993) tarafından kendiliğinden oluşan kanal travertenler (self - built channel travertines) diye adlandırılmıştır. Kendiliğinden oluşan kanal travertenlerin oluşumunu sağlayan kanallar, teraslardan boşalan suların aktığı doğal kanallar ve insanların sulama amaçlı inşa ettikleri kanallar üzerinde gelişmişlerdir. Teraslardan boşalan, suların oluşturduğu doğal kanal travertenler daha az sayıda, ve genellikle traverten teraslarının ait kısımlarında, gözlenmektedirler. Sıcak, suların sulamada kullanılmaları nedeniyle oluşan kanal travertenlerin oluştuğu kanalların çoğu başlangıçta insanlar tarafından, yönlendirilmişlerdir., Kanallar başlangıçta, insanlar tarafından yapılmış ancak daha sonra suyun akmasıyla doğal olarak, kendiliğinden, oluşmaya devam ettikleri için. bu tür yapıları tanımlamak amacıyla insan, yardımıyla, oluşan "doğal" yapılar terimi kullanılmıştır.

## Doğal jeolojik yapılar

Aktif bir açılma tektoniğinin sonucunda oluşan Denizli Havzası (Westaway, 1993) ve bu havzada yer alan

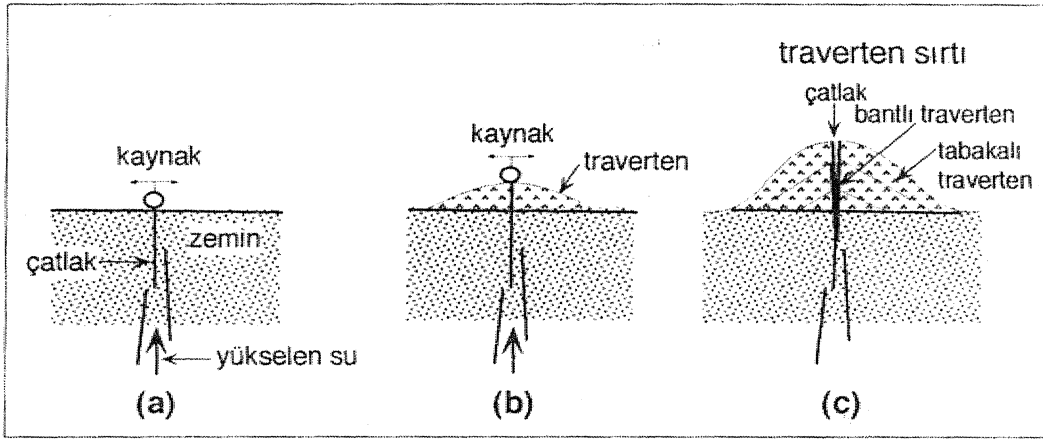
Pamukkale bölgesinde çok sayıda, açılma çatlakları gelişmiştir (Altunel, 1994). Bu bölgede görülen sıcak sular, bu çatlaklar boyunca yüzeye çıkarlar. Çatlaklar boyunca yüzeye çıkan sıcak sular çatlakların her iki tarafında akarlar (Şekil 3a. ve b) ve zamanla çatlak, boyunca traverten sırtı (fissure - ridge travertine) oluştururlar (Şekil 3c ve Şekil 4).

Sıcak su çatlak içinde yukarıya doğru yükselirken, çatlakın, duvarlarında traverten biriktirir. Beyazdan - kırmızımsı beyaza değişen renklerde bantlar şeklinde olan bu travertenler çatlak duvarlarına paraleldirler (Şekil 3c). Bantlı travertenler sert ve sıkı dokulu. Çatlaktan boşalan, su, çatlakın her iki tarafına akar ve tabakalı travertenler oluşur, Traverten tabakalarının eğimleri sırtın ekseninden uzağa doğrudur. Yani, sırt tipi travertenler bir nevi çatı şeklindedir (Şekil 3c),

Tabakalı travertenler genellikle sert, gözenekli olup yapı taşı olarak işlenmektedirler., Hierapolis'teki yapılarda kullanılan taşların büyük çoğunluğu çevredeki, sırt tipi travertenlerden elde edilmiştir.. Çatlaklarda oluşan bantlı travertenler ise tabakalı travertenlere oranla daha sıkı ve sert olup süs taşı olarak işlenmektedirler.,



Şekil 2. Yaklaşık 10 m yüksekliğinde kendiliğinden oluşan kanal traverten.



Şekil 3. Sırt tipi travertenin oluşumunu gösteren şematik kesit. a. çatlakın ilk oluştuğu durum, b. traverten sırtının oluşumu ve c. traverten sırtının bugünkü durumu.

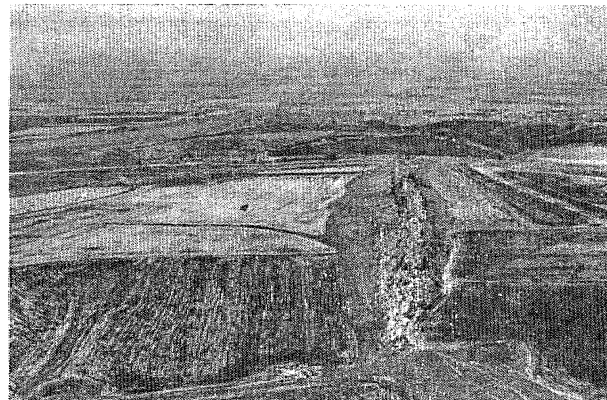
## Tartışma ve sonuç

Hierapolis, Denizli havzasını kuzeydoğuda sınırlayan kuzeybatı - güneydoğu uzanımlı Pamukkale normal fayının düşen bloğu üzerinde yer almaktadır (Şekil 5). Dolayısıyla, şehrin kuzeyi ve doğusu yükseklikler ile sınırlıdır. Bu yüksekliklerden süzülerek toplanan yüzey sulan küçük dereler şeklinde Denizli havzasının uzun eksenine dik bir şekilde ulaşırlar (Şekil 5). Bunlardan Çaltılı Dere Hierapolis'in kuzeyinde,, Kadı Deresi de şehrin güneyinde yer alır (Şekil 5)..

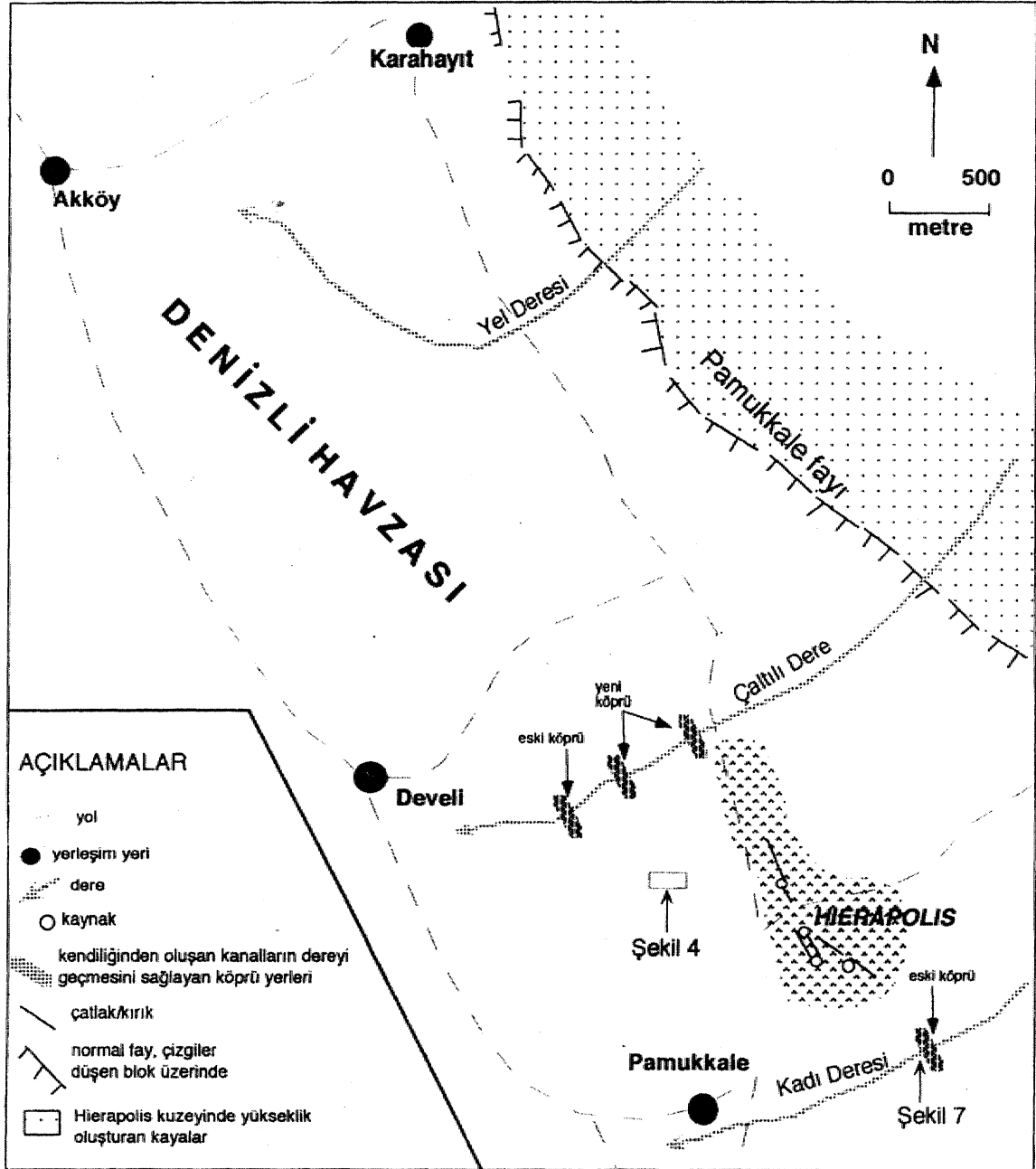
Pamukkale'deki traverten teraslarını oluşturan sıcak su kaynakları antik şehir merkezinde yer alırlar (Şekil 5).. Bu suların bir kısmı günümüzde olduğu gibi tarihsel devirlerde de yakın bölgelerdeki tarım alanlarını sulamak için kullanılmışlardır. Şehir merkezindeki kaynaklardan çıkan, suyu şehrin, dışında yer alan tarım alanlarına taşıyabilmek için, suyun Çaltılı ve Kadı derelerini karşıdan karşıya geçmesi gerekir. Örneğin, günümüzde Çaltılı Dereyi karşıdan karşıya geçen iki tane kendiliğinden oluşan, kanal mevcuttur (Şekil 5). Su, ağaçtan yapılmış oluklar aracılığıyla dereyi geçmiştir, ancak suyun çökelttiği traverten zamanla, altta bulunan ağaçları kaplamıştır. Bugün bu oluşum duvar şeklindeki kanalların dereyi geçtiği görünümü vermektedirler (Şekil 6).

Aynı şekilde, tarihsel devirlerde de sulama suları bu dereleri kemer veya köprü, aracılığıyla geçmişlerdir.. Örneğin,, Hierapolis'in güneyindeki Kadı Dere üzerinde bulunan, ancak, günümüzde yıkık olan kemer aracılığıyla dereyi geçen bir kanal mevcuttur- (Şekil 5 ve 7). Ancak be kemer Ferrera (1987) tarafından Colossai ve Laodicea'ya giden yol olarak yorumlanmıştır (Şekil 8). Genişliği 1 m den. daha az olan bu yapının Romalılar zamanında yol olarak kullanılması mümkün görülmektedir. Ayrıca, derenin her iki tarafında birbirinin devamı niteliğinde yaklaşık. 5 m yüksekliğinde kendili-

ğinden oluşan kanal travertenler mevcuttur (Şekil 7). Dolayısıyla bu yapı sulama suyu taşıyan bir kanalın dereyi karşıdan, karşıya geçmesini sağlayan bir kemerdir.. "Bir su. kanalının dereyi, karşıdan karşıya geçebilmesi için bu kadar güzel görünümlü bir yapıya neden gerek duyulsun?" gibi bir soru sorulabilir. Bu yapı Hierapolis sefirinin güney giriş kapısına çok yakındır.. Dolayısıyla, şehire gelen yabancılar veya ziyaretçilerin ilk karşılaşacağı bu yapı olacağından muhtemelen göze hoş görünmesi dikkate alınmıştır. Ayrıca Çaltılı Dere üzerinde de derenin her iki tarafında birbirinin devamı niteliğinde kanal, travertenleri görülmektedir (Şekil 5). Ancak burada kanalın dereyi geçmesini, sağlayan yapıya ait kalıntılar aşınarak yok olmuştur. Sırt tipi travertenler Hierapolis antik kentinin kuzeybatısında yaygın olarak gelişmişlerdir. Yukarıda da. açıklandığı, gibi, çatlaklar boyunca yükselen sıcak: suların çökelen travertenler çatlak boyunca traverten sırtı oluştururlar. Bu traverten sırtlarının uzunlukları birkaç metre ile 1 km arasında,, taban genişlikleri 1 m. ile birkaç on metre ve yüzeyden yükseklikleri yaklaşık 0.5 m ile birkaç:



Şekil 4. Doğu - batı uzanımlı çatlak sırtı traverten. Sırtın batı ucuna doğru (muhtemelen Roma dönemine ait) bir taş ocağı mevcuttur. Lokasyon için Şekil 5'e bakınız.



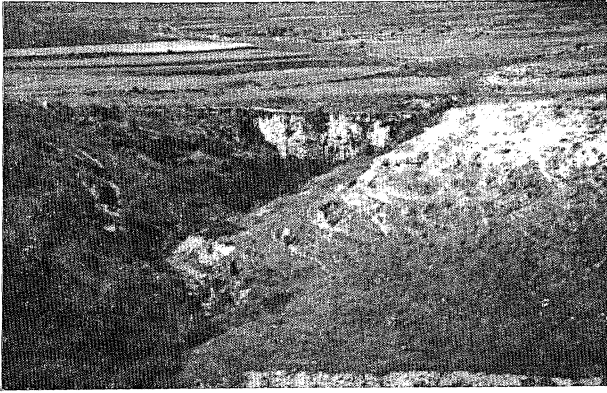
Şekil 5» Hierapolis ve yakın çevresinin basitleştirilmiş haritası. Oklar ile işaret edilen Şekil 4 ve Şekil 7, fotoğrafların yerlerini göstermektedir.

metre arasında değişmektedir. Hierapolis'in yaklaşık 300 m batısında yer alan yaklaşık 400 m uzunluğunda, 10 m yüksekliğinde ve 20 m genişliğindeki bir traverteo sırtı (Şekil 4 ve 5) D'Adria. (1987) tarafından imm. alanlarını birbirinde ayıran kanal olarak yorumlanmıştır (Şekil 9)»

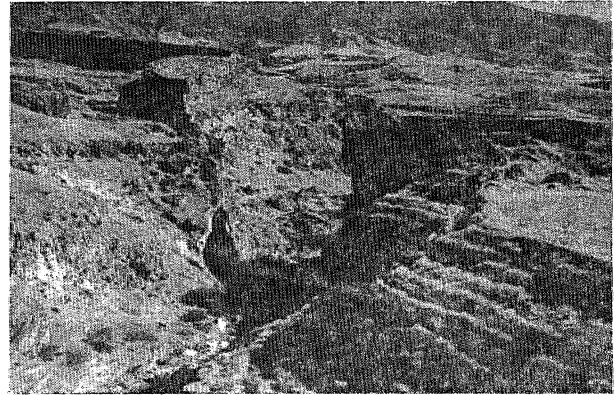
Hierapolis'i bulduğunda yerden bakıldığında-kanal gibi görülen bu traverteo sırtı yakından incelendiğinde, sırtın uzun eksenini boyunca travertenleri oluşturan soyun yüzeye çıkmasını sağlayan merkezi çatlaklar mevcuttur. Çatlakların içinde çatlak duvarlarına paralel

bantlı travertenler gelişmiştir. Be bantlı travertenler, suyun çatlak içinde yukarıya doğru yükselmesi sırasında çökelen travertenlerdir. Sırtın kanatlarını oluşturan travertenler tabakalıdır ve tabakaların eğimleri sut ekseninden dışa doğudur, yani çatı şeklindedir. Bu traverten sırtının batı kısmı (muhtemelen Romalılar döneminde) taş ocağı olarak işletilmiştir (Şekil 4). Bu gözlemler bu yapının doğal olarak oluşmuş bir yapı yani jeolojik bir yapı olduğunu açıkça ortaya koymaktadırlar.

Sonuç olarak, Pamukkale bölgesini uzun yıllardan



Şekil 6. Çaltılı Dereyi karşıdan karşıya geçen kendiliğinden oluşmuş kana! traverten. Günümüzde su kanal içinde akmaya devam etmektedir.



Şekil 7. Kadi Deresini bir kemer He karşıdart katşrya geçen yaklaşık 5 m yüksekliğinde kendiliğinden oluşan kanal traverten. Kemer günümüzde yıkılmıştır ancak keme\*-e ait kcdmttlar derenin her iki tarafında mevcuttur (fotoğrafta farkedilmiyor). Lokasyon için Seki! 5'e bakını:.



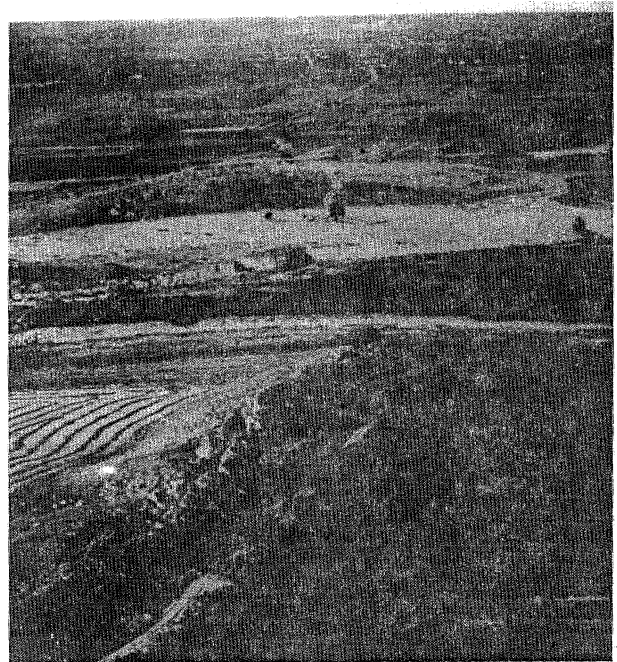
bu İ ponte rorrwnoftd arca ht unica p#<vu~ VÜ la slrüâu per Laodkea e Cohssai.

Colossai ve Lûuâüea'ya yol, RowahUira mt hiok köprüden geçirdi.

The road ht Laodkeia and Colossal trused the romnn bridge, built of stone blocks.

Şeaii S. Şekil 7'deki kemerin olduğu yerin Hierapoiis Di Frigia'daki fotoğrafı ve Ferrero (198?) nun sekile ak açıklaması. Bu şekilde de derenin her iki tarafında kendiliğinden oluşan kanal travertender görülmektedir. (Hierapoiis Di Frigia, s., 22 den alınmıştır)..

bu yana önemli bir yerleşim yeri. kılan sıcak ve şifalı solardan çökelen kalsiyum karbonat., >akş koşulları ve çökeltme ortamlarına bağlı olarak değişik, şekillerde çökelir. Yukarıda ayrıntılı açıklandığı üzere, bu sular kanalları içinde aktıklarında duvar şeklinde traverten yapılan oluştururken, yüzeye çıktıkları çatlakların hemen ağızlarında traverten sırtlan oluştururlar. Bu yapıların oluşum mekanizmaları ve detaylı saha gözlemleri işi-



Şekil 9. Şekil 4'deki ifavertcn sırtının Hierapoiis Di Frigia'daki fotoğrafı ve D'Adria (1987) mm sekile ait açıklaması. ^Traverten sırtı fotoğrafın soi uli köşesinden başlayıp ortasına doğru uzanıyor. Sırt eksenini boyuncu merkezi çatlak şeklinde farkedil'kbiüyör, (Hierapoiis Di Frigia, s. 20'dtm alınmıştır).

ğında Hierapoiis Di Frigia 1957 - 1987 adlı kitapta yol olarak yorumlanan yapının (Şekil 8) kendiliğinden oluşan kanal travertenin dereyi karşıdan karşıya geçtiği bir kemer, tarım alanlarını birbirinden ayıran kanal ola-

rak yorumlanan yapının ise (Şekil 9) sırt ipi traverten olduğu sonucuna varılmıştır.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Allnne, E., 1994, Active Tectonics, and the Evolution of Quaternary Travertines at Fammkkak, Western Turkey. Ph. D. Tezi, yayınlanmamış, Bristol Üniversitesi, Bristol, UK.
- Altunel, E and Hancock, P.L., 1993» Morphological features and tectonic setting of Quaternary travertines at Fammkkale, western Turkey, Geol. J., 28, 335 - 346,
- Bean, G., 1971, Turkey Beyond the Maeander. Ernest Benn., London, 267pp,
- D'Adria, R., 1987., Hierapolis bölgesinin coğrafik ve topoğrafik durumu In: Hierapolis Di Frigia 1957 - 1987. Fabri, Turin, 15-20.
- Denizli, D.D., 1987, Yolcular, far: Hierapolis Di Frigia 1957 - 1987., Fabri, Turin, 21-26.
- McDonagh, B., 1989, Turkey: The Aegean and Mediterranean Coasts, A and C Black, London, 597 p.
- Rht, T., 1987; Hierapolis tarihi. In: Hierapolis Di Frigia 1957 - 1987. Fabri, Turin,, 27 -30..
- Westaway, R., 1993, Neogene evolution of the Denizli region, of western Turkey. Journal of Structural Geology 15, 37 ~ 53.

# Yerbilimlerinde mikroanalitik yöntemler

A. Boğam Paktunç, CANMET, Min., and Mineral Sei» Lab. 55.5 Boo. Str. Ottawa

Mikroanaliz, mineral ve materyallerin bir ile birkaç yüz mikron küp arasında değişen kısımlarının elementsel veya izotopik analizi olarak tanımlanabilir. Yerbilimlerinde' ve rnetallurjide kayaç ve cevher örnekleri içerisindeki minerallerin mikroanalizleri için kullanılan aletler şöyle sıralanabilir: elektron mikroprob (EPMA), enerji yayılımı spektrometre donanımlı taramalı elektron mikroskop (SEM - EDXA), proton mikroprob {micro - FIXE), iyon mikroprob (SIMS)» lazer mikroprobları, akselaratör kütle spektrometresi, X-ışınları floresans mikroprobu (XRMF) ve sinkrotron X-ışınları flor esansı (SXRF). Elektron mikroprob, minerallerin birkaç mikron büyüklüğündeki yerlerinin major ve minör element değerlerinin kantitatif' olarak saptanmasında kullanılırken, taramalı elektron mikroskop'a bağlı enerji • yayılımı x-ışını mikroanalizi (SEM - EDXA) ise esas olarak major ve minör elementlerin yan kantitatif ve kalitatif analizlerinde kullanılmaktadır.. Oksijen, karbon ve bunun gibi atom numarası 11'den küçük hafif elementlerin duraytt ve hassas bir şekilde kantitatif analizleri bu tekniklerle yapılamamaktadır., Proton ışınlatınca oluşturulan X-ışınları emisyonu prensibine ( $\beta$ PIXE) bağlı proton mikroprob, minerallerin iz element miktarlarının kantitatif olarak saptanması amacıyla geliştirilmiş bir teknik olup, en düşük saptama derecesi 1 ile 10 ppm arasında değişmektedir. İyon mikroprob, bir ilksel iyon ışın'demetinin örneğe çarpması ile oluşturulan ikincil iyonların kütle spektrometresinde analizi prensibine (SIMS) dayanan bir alet olup, minerallerin iz element analizlerinde, hafif elementlerin (atom numarası<10) kantitatif analizleri ve izotop oranlarının saptanmasında- kullanılmaktadır. Analitik duraylılıkları % 5 ile 10 arasında değişen bu tekniğin en düşük saptama değerleri

elemente ve mineral cinsine bağlı olarak birkaç yüz ppb'den yaklaşık 1 ppm'e kadar değişmektedir, Lazer mikroprobları ise lazer ışınlanca örneklenen materyallerin değişik kütle spektrometrelerce analizi prensibine dayanmaktadır. Lazer mikroproblarının kullanım alanları kullanılan kütle spektrometresinin cinsine bağlı olarak iz elementlerin kantitatif analizlerhiden duraylı ve radyojenik izotop oranlarının saptanmasına kadar değişebilmektedir., İyon mikroprob ve lazer mikroproblarının kantitatif analizlerde etkin ve yaygın bir kullanım alanı bulmaları, aletlerin gerekli hassasiyette kalibrasyonlarının yapılmasına ve uygun standartların bulunmasına bağlı olmaktadır.

## Giriş

Mikroanaliz, bir ile bir kaç yüz mikron küp hacmindeki yerlerin mikroışınlar aracılığı ile analizi olarak tanımlanabilir. Yerbilimleri, materyal bilimleri, metallurji, elektronik, çevre bilimleri, biyoloji, ve tıp alanlarında geniş bir kullanım alanı bulan mikroanalitik teknikler küçük yerlerin analizlerinin yanısıra mibroskopik bölgelerin karakterize edilmesi ve yapısal özelliklerinin incelenmesi gibi amaçlarla da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Minerallerin ve materyallerin mikrometre- ve daha düşük seviyelerde özelliklerinin incelenmesi ve tanımlanabilme gereksinimleri mikroanaliz konusundaki gelişmeleri zorunlu kılmıştır. Mikroanaliz ilk olarak 1940 larda elektron ışını ve optik, mikroskop kullanımıyla gerçekleştirilmiştir.^, ilk elektron mikroprob 1949'da Castaing ve Guilder tarafından imal edilmiştir,.. Ticari amaçlı ilk. elektron mikroprob ve 'taramalı elektron mikroskop yerbilimleri., metalürji, ve materyal bilimlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Teknolojik ilerlemeler ve aletlerin kullanım alanlarındaki gelişmelere paralel. olarak mikroanalitik yöntemler bu süre içinde hızlı bir gelişme kaydetmiştir. Mikroanaliz amacıyla kullanılan teknikler şöyle sıralanabilir: elektron mikroprob» mikro-



analitik, taramalı elektron mikroskop, iyon mikroprob, proton mikroprob, lazer mikroproblar, akselaratör mikroprob, X-ışınlan mikrofiyosansu ve sinkroton X-ışınlan floresansu.

Bu yazının, amacı mikroanalitik yöntemler' ve aletler konusunda öz bir bilgi vermek, aletlerin kullanım alanları, avantaj ve dezavantajlarını tartışmak ve bu konudaki son gelişmeleri incelemek ileriye yönelik yapılan araştırmalar konusunda bilgi sağlamaktır...

## Elektron Mikroprob (EPMA)

Elektron mikroprob veya elektron prob mikroanalizi, mikroışın teknikleri arasında, en güçlü, yerleşmiş ve en yaygın olarak kullanılan bir teknik olarak değerlendirilebilir. Enerji yayılımı spektrometresi ile donanmış taramalı elektron mikroskoplar da (SEM - EDXA) elektron mikroprob kadar uygun olarak, kullanılmaktadır,

Bu tekniğin esas kullandım alanı minerallerin ve katı materyallerin ana ve minör element, miktarlarının kantitatif olarak belirlenmesidir. EPMA ve SEM: - ED~XA'io rezolüsyonlan yaklaşık 1  $\mu$ m civarında olup analitik doğrulukları element: miktarlarının %1. ile %2'si arasında değişmektedir. En düşük saptama limitleri kullanılan detektör tipine, analiz koşullarına ve element cinsine bağlı olarak değişmektedir. Optimum, analiz koşullarında en düşük saptama limiti yaklaşık 200 ppm olarak belirlenebilir.

Bir elektron mikroprob esas olarak bir elektron kolonu, bir ikinci elektron (SE) detektörü, bir geri dağılımlı elektron (BSE) detektörü, bir ile dört adet arasında değişen dalgabpyu yayılımı spektrometreleri, bir enerji yayılımı spektrometresi. ve bir analizciden oluşmaktadır. Yaygın olarak kullanılan elektron ışın kaynakları tungsten veya LaB<sub>6</sub> filamentlerinden oluşmaktadır. Elektron ışın demeti vakum altında mercekle ve kolimatörlerden geçirilerek foizlandırılmakta,, ineltilmekte ve örnek üzerine odaklanılmaktadır\*. Örneğe çarpan ışın demeti yaklaşık 1  $\mu$ m çapında olmakta ve bu büyüklük analiz ve örnek cinsine bağlı olarak ayarlanabilmektedir. örneğin, Na gibi uçucu nitelikte elementlerin yaygın olduğu örnek analizlerinde, ışın çapının yüksek tutulması gerekmektedir.

Elektron ışın demeti örneğe çarpınca» Auger elektronlar,, ikincil elektronlar ve geri dağılımlı elektronlar oluşmakta ve X-ışınlan şeklinde elektromanyetik radyasyon ortaya çıkmaktadır. Bunlardan ikincil elektronlar, geri dağılımlı elektronlar ve X-ışınlan, EPMA ve SEM-EDXA tekniklerinin esasını oluşturmaktadırlar.

İkincil elektronlar örneğin bombardımanı sonucunda, örnek içerisindeki atomlardan fırlatılan elektronlar

olup çok düşük enerjiye sahiptirler. Bundan dolayı,, sadece örnek yüzeyine yakın yerlerden üretilen elektronların saptanabilme şansları olmakta. Ayrıca bu düşük enerjili ikincil elektronların örneğin röliyefi yüksek yerlerinden saptanabilme şansları daha yüksek olmakta. Çukor yerlerden itibaren oluşan ikincil elektron elektronlar örnek yüzeyine çıkamadan örnek, içerisinde enerjilerini yitirebilmektedir. Mer, Bu özelliklerinden dolayı, ikincil elektronlar, SEMde örneklerin yüzeysel özelliklerini gösteren imaj oluşturulmasında kullanılmakta. ikincil elektron imajlarında, parlak olarak beliren yerler örneğin yüksek röliyefe sahip yerlerini göstermekte, karanlık olarak beliren yerler ise örneklerin çukur kısımlarını temsil etmektedir..

Örneğe pénétre eden ilksel elektronların büyük bir kısmı (yaklaşık %30 kadarı) sonuçta, örnekten geri dağılımla kaçabilmektedir. Bu geri dağılılan elektronların miktarı örneğin averaj atomik numarasına bağlı olarak, değişmektedir. Yüksek atomik numaralı, element içeren örnekler minerallerin elektronlarca penetrasyonu daha zor olduğu için, geri dağılımlı elektronların büyük bir kısmı geri kaçabilmektedir. Bu özelliklerinden dolayı,, geri dağılımlı elektronlar örneklerin bileşimsel imajlarının oluşturulmasında kullanılmaktadır.

Elektron çarpması örnekteki atomların iç yörüngelerindeki elektronların, fırlamasına, yol açmaktadır, iç yörüngede oluşan elektron boşluklar daha yüksek enerjili yörüogelerdeki elektronlarca doldurulmaktadır. Böylece,, daha düşük enerjili bir konuma düşen elektronlar« enerji farklarını elektromanyetik radyasyon şeklinde ortaya çıkarmaktadır. Bu şekilde oluşan elektromanyetik radyasyonun miktarları elektronik, seviyeler arasındaki enerji faikına eşdeğer olduğu için, kaynak, atomun tanımlanması olasıdır. X-ışınlan şeklinde ortaya çıkan elektromanyetik radyasyonlar<sup>1</sup> dalgaboyu yayılımı ve enerji yayılımı spektrometrelerce saptanmakta ve analizi yapılmaktadır.

Dalgaboyu yayılımı ve enerji yayılımı prensiplerine dayanañ iki tip X-ışın detektöre vardır. Bunlardan dalgaboyu yayılımı spektrometresi (WDS) bir kaç elektron volt ve daha yüksek enerji rezolüsyonuna sahip olup, enerji yayılımı sepktrometresi (EDS) ise 150 eV ve daha yüksek enerji rezolüsyonuna sahiptir. Bundan dolayı,, kompleks spektrumlardaki birbirine yakın çizgiler ve özellikle kuvvetli çizgiler yanında yeralan zayıf çizgilerin duyarlı bir şekilde birbirinden ayrılabilmesi WDS ile daha kolay olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bazı elementlerin güvenilir kantitatif analizleri EDS ile gerçekleştirilememektedir. Buna ek olarak, dalgaboyu yayılımı spektrometreleri daha iyi sinyal - taban oranına sahip oldukları için, minör ve iz elementlerin analiz-

terinde en düşük saptama seviyeleri EDS'e kıyasla çok daha düşük olmaktadır.. Analitik doğruluk derecesi dalgabıyü yayılımı spektrometrelerinde enerji yayılımı spektrometrelerine kıyasla daha büyüktür. Bu iki tip detektörler arasındaki diğer bir fark ise hafif elementlerin analizlerinde olmaktadır. Atom numarası 4 (Be) ve daha, yüksek elementlerin kantitatif analizi WDS ile yapılabilmektedir, EDS ile atom numarası 11 (Na) ve daha yüksek elementlerin kantitatif analizleri gerçekleştirilebilmektedir. WDS ile bir anda sadece bir element analizi yapılabilmektedir. EDS ise tüm enerji spektrumu elde edildiği için aynı anda hemen hemen tüm elementlerin analizleri olası olmaktadır. Analiz süresi WDS'te genellikle 10 ile 40 saniye arasında değişirken EDS analizi için yaklaşık 200 saniye kadar- bir süre gerekmektedir.

Tipik, bir elektron mikroprobu 3' ile 4 Masında. WDS içerdiği, için aynı anda spektrometre sayısı kadar elementin analizi yapılabilmektedir... Her bir WDS birden fazla kristal içerebilmekte ve bu. nedenle de kristal pozisyonları değiştirilerek arka arkaya aynı noktaların analizi, yapılabilmektedir.

Geleneksel EBSlerin Be pencereleri Na'dan daha hafif elementlerden gelen radyasyonları absorbe ettiği için hafif elementlerin. EDS ite analizleri olası değildir. EDS tekniğindeki son gelişmeler penceresiz veya X-ışınlaena karşı geçirgen, olan pencereden oluşan EDS detektörlerinin, yapılmasını gerçekleştirir., Bu nedenle karbon dahil hafif elementlerin kantitatif veya yarı kantitatif analizlerini olası kılmıştır.

WDS'tedeki yeni teknolojik gelişmeler sayım. hızını arttırmış ve ağır elementlerden doğan, karışımları azaltmıştır... Her ne kadar tabakalı sentetik kristal mikro yapıları hafif elementlerin WDS ile analizlerini daha duyarlı bir hale getirmiş olsa. da., sodyum.'dan hafif elementlerin, güvenilir olarak kantitatif analizleri henüz gerçekleştirilmiş değildir.

SEM: konusundaki son gelişmeler örneklerin düşük vakumlarda veya normal atmosferik basınç koşullarında incelenmesini, sağlayıcı yönde- olmakta., Çevresel SEM (Environmental. SEM)' ve değişken basınçlı SEM: (variable pressure SEM) olarak tanımlanan bu tip SENfler özellikle su içeren materyallerin ve örneklerin doğal hallerinde, parlatılmadan ve karbon kaplanmadan incelenmesini sağlamaktadır.

## Proton Mikroprob / Mikro - PIXE

- PIXE {Proton. Induced. X-ray Emission / proton kaynaklı X-ışınlan emisyonu) veya. nükleer mikroprob olarak tanınan bu teknikte, örneklerin mifaro-analizleri 2 ile 4 MeV gücündeki bir elektrostatik akse-

laratörde üretilen proton ışınlan ile yapılmaktadır. Elektron prob mikroanalizinin proton eşdeğeri olarak tanımlanabilecek bu teknikte,, proton ışın demeti örnek içerisine pénétre etmekte, ve örnekteki atomların iç yö-rüngelerinden elektronların fırlamasına yol açmaktadır. Elektron mikroprob kısmında bahsedildiği gibi, bombardıman sonucu oluşan elektron kaybı X-ışınlanın oluşmasına yol açmaktadır. X-ışınlanın bir detektör-ce algılanarak sayılması ile de örnekerin mikroanalizleri gerçekleştirilmektedir. Bu teknikle atom. numarası 11'den büyük elementlerin .analizleri yapılabilmektedir.

Proton ışınları vakum altında, örnek üzerinde- 5 ile 15 jmm<sup>2</sup> büyüklüğünde bir<sup>1</sup> yere odaklaştırılmaktadır. Proton ışının çapı 5 jum'a kadar küçültülebilmekte, yalnız analiz süresi proton ışınının büyüklüğü De ters orantılı olduğundan, dolayı, 15 jumlek ışın kullanımı ile bir optimizasyon. sağlanmaktadır. Bu koşullar altında, analiz süresi 5 ile 15 dakika arasında değişmektedir., Her ne kadar proton ışınlarının, örnek 'üzerinde daha küçük yerlere (ör.. i fim) odaklaştırılması olası, olsa bile,, 1 *IMB* büyüklüğündeki yerlerden oluşturulan X-ışınlan normal koşullarda kantitatif analiz için yeterli olmamaktadır\* Son gelişmeler ve değişik özellikle aletlerin kullanımı ve bazı çalışma koşulları altında,, proton ışın demetinin çapı 1 pm'a kadar küçültülebilmektedir (ör., Roberts ve dig., 1995., Zhoo ve dig., 1995). Proton ışını yoğunluğundan dolayı örnek içerisinde yaklaşık 40 ile 50 pm. derinliğe kadar' pénétre edilmektedir. Bu derinlik, örneğin cinsine ve algılanan elemente göre değişmekte, Örneğin 3 MeV.uk proton ışını, fcramit mineralleri içerisinde 12 (im kadar<sup>1</sup> bir derinliği etkileyerek Ni analizini olası kılmaktadır. Bu derinlik kuvars mineralinde 40 jum'a kadar çıkmakta ve bu nedenle, parlatılmış ince- kesitlerin en az 50 pm kadar bir kalınlıkta olması, gerekmektedir.

Mikro - PIXE, analiz tekniği özellikle iz elementlerin analizi için geliştirilmiştir. Elektron ışını yerine- proton ışını kullanılması ışın. - örnek temasından dolayı orta-ya çıkan sürekli veya. temel radyasyonunun (biemstrahlung) enerji, spektrumu üzerindeki, etkisini azaltmaktadır. Sürekli radyasyonun şiddeti parça kütlelerinin .karesi, ile ters orantılı olduğundan dolayı, elektronlara göre oldukça ağır olan protonlar, çok daha düşük, sürekli radyasyon, oluşturmaktadır. Sürekli, radyasyonun azlığı, iz elementlerin analizlerinde önemli bir rol. oynayan pik -taban farkını arttırmakta ve dolayısı ile proton ışını ile daha düşük saptama •limitleri elde edilmesini sağlamaktadır.

Jeolojik uygulamalarda minerallerin, iz element analizlerinin yaraşıra,, sıvı kapananlarının analizlerinde denenmiş olan bu teknikle başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Ryan ve dig., 1995).

Mikro - PIXE tekniği ile en düşük saptama limitleri elementin, cinsine bağlı olarak 1 ile 20 ppm arasında değişmektedir. Örneğin bu seviye Campbell ve diğ. (1990) atom numarası 30 ile 40 arasındaki elementler için yaklaşık 1 ppm civarında olarak belirlenmiştir. Bu miktar pentlanditin Pd, Rh ve Ru analizinde 3 ile 4 ppm arasında değişmektedir (Paktunç ve diğ., 1990). Benzer olarak değişik silikat ve oksit minerallerinin Ni, Zn, Ga, Zr ve Y analizleri 2 ile 10 ppm'in üzerindeki, seviyeler için yapılabilmektedir (Paktunç ve Cabri, 1995-, yayımlanmamış). Riyolitik, bazaltik ve sentetik cam örneklerinden itibaren saptanmış en düşük analiz seviyeleri 2 ile 22 ppm arasında değişmektedir (Czamanske ve diğ., 1993, Mosbah ve diğ., 1995). Analiz doğruluk derecesi ise iz elementler için %10'un altında bulunmaktadır.

Mikro - PIXE tekniği ile iz elementlerin örnek içerisindeki dağılımları da incelenebilmektedir (ör. Campbell ve diğ., 1995, Malmqvist, 1995, Przybylowi.cz ve diğ., 1995),.. Taramalı elektron mikroskopuna benzer şekilde, mikro - PIXE tekniğinde de örneğe pénétre eden protonların, bir kısmı örnekten geri saçılmakta ve bu geri dağılan protonlar örneklerin bileşimleri konusunda bilgi verebilmektedir.

Mikro - PIXE'nin yanı sıra, mikro - PIGE (Proton. Induced Gamma - ray Emission) olarak tanımlanan, proton kaynaklı gamma - ışını emisyonunun algılanması prensibine dayanan, bir teknik vardır. X-ışınları materyallerdeki atomlarla proton bombardımanı ile elektron yapısının etkilenmesi sonucunda ortaya çıkarken, gamma - ışınları çekirdeğin etkilenmesinden dolayı oluşmaktadır. Bu teknikte, X-ışını detektörü yerine Ge (Li) veya NaI (Tl) gibi gamma - ışını detektörleri kullanılmakta ve atom numarası 14'den küçük elementlerin duyarlı analizleri, gerçekleştirilebilmektedir.

## İkincil İyon Kütle Spektrometresi (SIMS)

İkincil iyon kütle spektrometresi (SIMS) tekniği, örneklerin ilksel iyon ışınları ile bombardımanı sonucu oluşumdan ikincil iyonların, kütle spektrometresi ile analizleri prensibine dayanmaktadır. İlksel iyon olarak genellikle Cs<sup>+</sup> ve O<sup>-</sup> iyonları kullanılmaktadır, ilksel iyon ışın demetinin çapı 10 ile 60 (µm) arasında değişmekte ve iyonların, örneğe penetrasyonları sadece 2 µm kadar olmaktadır. İkincil iyonlar örnek yüzeyine yakın yerlerden oluşturulduğu için, SIMS esas olarak bir yüzey analiz tekniği olarak değerlendirilmektedir. Yüzey analizi özelliğinden dolayı da yarı iletken endüstrisinde, mikro - devrelerin ve materyallerin incelenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. SIMS'in yer bilimlerdeki uygulama alanları şöyle sıralanabilir:

- iz elementlerin kantitatif analizleri,
- hafif elementlerin kantitatif analizleri,
- izotop oranlarının saptanması,
- yüksek çözünürlüklü izotop dağılım haritası imajlarının oluşturulması,
- derinlik profili oluşturulması.

Bu teknikte, iz elementlerin milyarda bir (ppb) seviyesindeki analizleri mümkün olabilmektedir. Örneğin, silikat mineralleri, içerisindeki nadir toprak elementlerinin (REE) ve diğer iz elementlerin analizleri ve sülfat mineralleri içerisinde Au, Ag, Pt ve Pd analizleri başarıyla yapılabilmektedir. Bunların yanı sıra, elektron mikroskopla kantitatif analizleri mümkün olmayan Li, Be, B v.b. atom numarası düşük elementlerin analizleri SIMS ile yapılabilmektedir. SIMS'in diğer bir yaygın kullanım alanı minerallerin izotop oranlarının saptanması olarak verilebilir. Örneğin bu teknikte, <sup>11</sup>B/<sup>12</sup>B, <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C, <sup>18</sup>O/<sup>16</sup>O, <sup>32</sup>S/<sup>34</sup>S, <sup>187</sup>Gs/<sup>186</sup>CX, <sup>235</sup>U/<sup>238</sup>U, <sup>208</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb ve <sup>238</sup>U/<sup>235</sup>U oranları saptanabilmektedir.

Bu tekniğin dezavantajlarından birisi diğer tekniklere kıyasla kullanımının güç olmasıdır. Buna ilaveten, kantitatif analizler standart yetersizliği nedeniyle kolay ve güvenilir bir şekilde elde edilememektedir, iz element standartlarının yetersizliği bu konuda en büyük sorunu oluşturmaktadır. Bu tekniğin doğruluk derecesi 1 ppm seviyesindeki nadir toprak elementleri için yaklaşık % 10 kadar olmakla, Li, Be ve B gibi hafif elementlerin, düşük ppm seviyelerindeki analizleri için, analitik belirsizlik miktarı % 20'nin altında olmaktadır.

Kullanılan, kalibrasyon yöntemlerinden bir diğeri ise örneğe iyon yerleştirimi tekniğidir (ion implantation technique).. Bu teknikte, bilinen miktarda bir element, analizi yapılacak örnek üzerine yaklaşık, 1 µm kalınlığında yerleştirilmektedir. Sürekli olarak aynı noktanın ışınlanması sonucunda yüzeydeki sferik yitirimini takiben örneğin analizi gerçekleştirilmektedir. Standart ile örnekten gelen ikincil iyon sinyallerinin, ayırımı sinyal piklerinin karakteristik gaussian şeklinden itibaren, yapılarak, aynı koşullar altında aletin kalibrasyonu ve kantitatif analiz hassas olarak gerçekleştirilebilmektedir.

İyon yerleştirimi SIMS'in ilksel iyon kaynağı ile gerçekleştirilebilmektedir. Yalnız standart SIMS'lerin ilksel iyon kaynağının düşük enerjili oluşu, kantitatif analiz için gerekli hassasiyette iyon yerleştirimini olanaklı kılmamaktadır.. Bu nedenle, iyon yerleştirimi genellikle yüksek enerjili iyon akseleratörlerde yapılmaktadır.

Bu kalibrasyon tekniği, ay örneklerinin ve değişik sülfür minerallerinin iz element, analizlerinde başarılı olarak, kullanılmıştır. Sülfür minerallerinin Au analizi için <sup>197</sup>Au izotopu örnek üzerine yerleştirilmekte ve 200 ppb seviyesinde Au analizleri yapılabilmektedir. Örneğin Au için en düşük saptama limitleri pirit minerallerinde 400 ppb, arsenopiritte 200 ppb ve demir oksitlerde ise 500 ppb olarak hesaplanmıştır. Cabri ve McMahon (1995)'a göre Au için en düşük saptama limitleri piritte 223 ppb, pirotinde 65 ppb<sup>1</sup> ve kalkopiritte 130 ppb olup bu değerler Pt için piritte 26 ppb, pirotinde 20 ppb<sup>1</sup> ve kalkopiritte ise 13 ppb'dir. Bu tekniğin doğruluk derecesi 1 ppm konsantrasyonu için %15 tir, Diğer bir deyişle doğruluk derecesi 1 ppm konsantrasyonu için  $\pm 150$  ppb kadar olmaktadır. Analizlerin kesinlik derecesi (precision) ise % 2'nin altındadır. Bu kalibrasyon tekniğinin en büyük dezavantajı zaman alıcı ve pahalı olmasıdır.

Hervig ve diğ. (1992) silikat minerallerinin oksijen izotoplarının, analizlerini, SIMS tekniği ile  $\pm 2\%$ 'lik bir hata ile gerçekleştirmiştir,

SIMS'in izotop analizlerdeki duyarlılık dereceleri, jeokronolojik yaş tayini için yeterli olmamaktadır. Bu nedenle U - Pb tekniğiyle zirkon minerallerinin mikro analitik yaş tayini için SHRIMP olarak adlandırılan, duyarlı ve yüksek rezolüsyonlu iyon mikroprob kullanılmaktadır. Bu teknik zirkon v.b. minerallerin kayaktan ayırma, temizleme ve zenginleştirme işlerini ortadan kaldırarak minerallerin direkt olarak kayaç içerisinde izotop oranlarının saptanmasını olası kılmaktadır. Radyojenik izotopların yayısına, duraylı izotop analizlerinde de (Eldridge ve diğ., 1988) başarıyla kullanılan SHRIMP tekniğinde negatif şarpli oksijen ilksel ışını ile örnek bombardımanı yapılmakta, ve bombardıman sonucu örnek üzerinde 25  $\mu\text{m}$  büyüklüğünde ve 5  $\mu\text{m}$  derinliğinde bir krater oluşmaktadır. Bu çarpma sonucu oluşan ikincil, iyonların kütle spektrometresinde analizi yapılarak, sonuçlar elde edilmektedir.

## Lazer Mikroproblar

Lazer ışınlarının örnek üzerinde bir yerde odaklaştırılması sonucunda oluşturulan termal enerji birikimi örnekten katı, sıvı ve gaz halinde küçük parçacıkların kopmasına neden olmakta ve koparılan parçacıkların bir argon gaz akımı altında kütle spektrometresine aktarılması sonucunda da örneklerin mikroanalizleri gerçekleştirilmektedir. Kullanılan lazer ışınının cinsine ve kütle spektrometresine bağlı olarak çeşitli kombinasyonlu ve değişik amaçlı, lazer mikroprobları bulunmaktadır. Bunlar arasında en yaygın kullanım alanı bulan teknik, lazer koparıcı ICP kütle spektrometresidir. Bu

teknik literatürde LA-ICP-MS, LAM-ICP-MS veya LP-ICPMS gibi değişik kısaltmalarla tanımlanmaktadır.

Bu teknikte, lazer ışınlarının örnek üzerinde odaklaştırılması sonucunda, örnekten katı, eriyik ve gaz halinde materyaller koparılmakta ve bu materyaller bir argon gaz akımı yardımıyla ICP kütle spektrometresine gönderilmektedir. Kütle spektrometresi girişinde, bu materyaller 6000°C sıcaklıkta volatilize olmakta ve iyonlaşmaktadır. Yaygın olarak kullanılan lazer cinsine Nd:YAG kısa adı ile bilinen Neodymium - Yttrium Aluminum Garnet'tir. 1.064  $\mu\text{m}$ 'lik dalga boylu Nd:YAG lazer ışınının çapı 6 mm olup, örnek üzerinde 10  $\mu\text{m}$  büyüklüğünde bir yere odaklaştırılması sonucunda oluşturulan kraterin büyüklüğü yaklaşık 50  $\mu\text{m}$  civarında olmaktadır. Kraterin derinliği örneğin cinsine bağlı olarak değişmektedir. Daha düşük dalga boylu, lazer ışınları kullanımı ile ışın çapı küçültülebilmekte, fakat koparılan parçacıkların miktarı hassas analizler için yeterli olamamaktadır. Bu teknikteki, son gelişmelere göre, 266 nm dalga boyundaki Nd:YAG UV lazer ışınları ve çok duyarlı kütle spektrometre kullanımı ile 10 - 15  $\mu\text{m}$  büyüklüğündeki yerlerin analizleri konusunda olumlu gelişmeler kaydedilmiştir.

Yer bilimlerindeki uygulama, alanları, iz elementlerin kantitatif analizleri, silikat minerallerinde nadir toprak elementlerinin analizleri, duraylı ve radyojenik izotop oranlarının saptanması ve sıvı kapanımlarının analizleri, olarak sıralanabilir. Birden fazla elementin veya izotopun analizi kuadropul kütle analizörü kullanımıyla ve iyon şiddetlerinin arka arkaya ayarlanmasıyla gerçekleştirilebilmektedir. Analiz süresi element başına yaklaşık 1 saniye kadar olmaktadır.

**Jeokronolojik** yaş tayinlerinde <sup>238</sup>U/<sup>235</sup>U ve <sup>147</sup>Sm/<sup>144</sup>Nd izotop oranlarının bu teknikte duyarlı olarak belirlenebilmesi potansiyeli, bu tekniğin en önemli özelliklerinden, birisi olarak sayılabilir, örneğin Hirata ve Mesbit! (1995), LA - ICP - MS tekniği ile zirkon minerallerinin U - Pb yaş tayinlerinde oldukça başarılı sonuçlar elde etmiştir. <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb oranlarının kesinliği % 0.6 ile % 5 arasında olup, Pb/U oranındaki, hata payı ise % 3 ile % 20 arasında değişmektedir.

Değişik tipte lazer mikroprobları, çeşitli minerallerin H, C, N, O ve S izotop bileşimlerinin mikroanalizlerinin de denenmiş olup bu konuda değişik teknikler geliştirilmiştir. Crowe ve diğ. (1990) göre, Nd:YAG lazeri kullanımıyla gerçekleştirilen sülfür izotop analizlerinin kesinlik dereceleri % 0.3 ile % 0.9 arasında değişmektedir. C<sub>2</sub> lazeri karbonat minerallerinde aynı şekilde absorbe edildiğinden dolayı, karbonat minerallerinin izotop analizlerinde daha duyarlı sonuçlar vermiştir (Kyser, 1995).

Sıvı kapanımlarının analizlerinde de oldukça başarılı gelişmeler kaydedilmiştir, örneğin. Shepherd ve Chenery (1995) florit, kuvars ve halit kristalleri içerisinde 60 Jim'a kadar- derinliklerdeki ve 10 ile 100  $\mu\text{m}$  büyüklüğündeki sıvı kapanımlarının analizlerini Nd - YAG ultraviyole lazer ışınları kullanarak, gerçekleştirmişlerdir.

•• \*

Araştırmalar,, lazer ışınlarıyla oluşturulan termal enerjinin öroek tarafından diferansiyel olarak absorbe edildiğini göstermektedir. Oluşturulan kraterlerin SEM fotomikrografları, krater civarının dereceli bir şekilde etkilendiğini göstermektedir., Bu dereceli etkilenme, izotopsal ve kimyasal bir farklılaşma olarak, değerlendirilmekte ve bundan dolayı analiz sonuçlarının doğruluğu konusunda bazı soru işaretleri oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, analizi yapılan yerlerin büyüklüğü ve etkilenen derinlik, örnek içerisinde olabilecek küçük kapanımlarında dikkate alınması gerekliliğini ortaya, koymaktadır.,

**Lazer iyonlaşması kitle: spektrometresi (TOF - LIMS) tekniği**

TOF - LIMS (Time - of - Flight Laser Ionization Mass Spectrometer) tekniğinde diğer lazer mikroproblardan farklı olarak bir yerine iki ayrı lazer ünitesi kullanılmaktadır. Kullanılan lazerler 266 nm. dalga, boyulu Nd:YAG lazerleridir. Bu teknikte, örnek 2 - 5 Jim çapındaki bir lazer ışını ile 4 - 10 nanosaniye kadar bir süreyle bombardımana tabi tutulmakta ve sonuçta, örnekten, itibaren genellikle nötral parçacıklar içeren bir plazma bulutu oluşturulmaktadır. Bu nötral parçacıklar, örnek, yüzeyine paralel olarak, yönlendirilmiş ikinci bir lazer ışını etkisiyle iyonlaştırılmaktadırlar. Bunun sonucunda nötral parçacıklar dış yörüngelerinden bir elektrom kaybederek katyonlar oluşturmaktadır. Oluşturulan iyonik, parçacıkların, kütle spektrometresinde analizleri yapılarak mikroanaliz gerçekleştirilmektedir. Toplam analiz süresi, yaklaşık 2 dakika kadar olmaktadır.

İkinci, lazer etkisi ile katyon oluşturulduğu için, bu teknik metalik iyonların analizleri için daha uygun olmaktadır. Be teknikte lazer ışınlarının belli aralıklarla aynı nokta üzerine gönderilmesi sonucunda derinlik, profilleri oluşturulabilmektedir. SIMS'e benzer<sup>1</sup> şekilde bir yüzey mikroanaliz tekniği olarak değerlendirilen TOF - LIMS tekniği, mineral tanelerinin yüzeysel, özellikleri konusunda -bilgi verdiği için, cevher hazırlama çalışmalarında ve özellikle flotasyon devrelerinin denetiminde kullanılmaya potansiyeli yüksek, olan, bir tekniktir.

## Akselaratör Kütle Spektrometresi

Akselaratör kütle spektrometre tekniği, megaelektron voltunda yüksek enerjili bir SIMS olarak, nitelenebilir.

Bu teknikte 200 ile 1000 Jim çapındaki ilksel iyon ışınları kullanımı ile örnekten itibaren ikincil iyonlar oluşturulmakta ve bu ikincil iyonların analizleri bir kütle spektrometresinde yapılmaktadır. SIMS'e benzer<sup>1</sup> şekilde,, öroek üzerinde analizin yapıldığı yerde bir .krater oluşmaktadır,. Analiz süresi ve element sayısına, bağlı olarak değişen krater büyüklüğü tipik, olarak 1 mm. civarındadır.

Bu teknik <sup>10</sup>Be, <sup>14</sup>C ve <sup>129</sup>I gibi uzun ömürlü radyoizotopların analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, sülfür minerallerinin Au,, Pt, Pd, Ir, Os, Rh, Ru v.b. gibi iz elementlerinin kantitatif olarak analizlerinde denenmiş olup iyi sonuçlar alınmıştır (Rucklidge ve diğ., 1992, Wilson ve diğ., 1995). Bu teknik ayrıca, preslenmiş kayalık tozlarının çok düşük seviyelerdeki iz element analizlerinde de kullanılmıştır. Örneklerin iletkenlik gereksinimi, kayalık örneklerine %50 miktarda grafit tozu karıştırılması ile sağlanmaktadır.

Bu tekniğin en önemli, avantajları, çok düşük saptama limitleri (küçük ppb seviyeleri) ve analiz süresinin kısa olması (element başına. 100 ile 500 saniye) olarak belirlenebilir. Analiz yerinin büyüklüğü ve mevcut akselaratör kütle spektrometre laboratuvarlarının azlığı bu tekniğin dezavantajları arasında sayılabilir.

## X-Işınları Mikrofloresansı (XRMF)

Kayalık analizlerinde, yaygın olarak kullanılan, X-ışınları floresansı (XRF) analiz tekniği, örneklerin X-ışınları bombardımanı sonucunda oluşan, örneğe özgün floresans X-ışınlarının ölçümüne dayanan bir tekniktir,. Standart .XRF tekniğinde,, X-ışınları demetinin çapı 200 mm kadardır, Teknolojik gelişmelerle, X-ışınlarının daha küçük bölgelere odaklanabilmesi ve bu bölgelerden, oluşturulan, sinyallerin, daha hassas bir şekilde algılanabilmesi, gerçekleştirilmiş ve sonuçta bu tekniğin,, bir mikroanaliz tekniği olarak potansiyeli belirlenmiştir. Işın çapı 50  $\mu\text{m}$ 'a. kadar küçültülmüş ve yaklaşık 100  $\mu\text{m}$  kadar yerlerin, bu teknikte analizleri mümkün olmaktadır (ör, Lu. ve diğ., 1995). Bu teknik,, örnekleri tahrip etmediği için özellikle mücevher ve diğer kıymetli materyallerin analizlerinde kullanım alanı, bulmaktadır.

## Sinkrotron X-ışınları Floresansı (SXRF)

Elektron sinkrotron. kaynağı, XRF analizlerinde kullanılan standart X-ışınları tüplerine kıyasla çok daha yüksek enerjili X-ışınları üretebilmektedir,. Be teknik örnek üzerinde 20  $\mu\text{m}$  çapındaki bir yerden, kantitatif analiz için yeterli, enerji sağlayabilmekte ve bu özelliğinden.

Tablo 1. Mikroanalitik yöntemler ve ana özellikleri

Mikroanalitik yöntem	ana kullanım alanları	ışın çapı/ etki alanı	en düşük saptama limiti
EPMA	kantitatif majör ve minör element analizi	1-2 $\mu\text{m}$	100 ppm
SEM-EDXA	kalitatif majör element analizi ve imajlama	0.1 $\mu\text{m}$	400 ppm
$\mu\text{PIXE}$	kantitatif iz element ( $z>13$ ) analizi	1-15 $\mu\text{m}$	1-10 ppm
SIMS	sıvı kapanım analizi kantitatif iz element analizi, hafif element analizleri, duraylı ve radyojenik izotop analizleri	scanning 25-60 $\mu\text{m}$	>50 ppm 0.02-1 ppm
LA-ICP-MS	kantitatif iz element analizi, duraylı ve radyojenik izotop analizleri sıvı kapanım analizi	15-50 $\mu\text{m}$	0.01-0.1
TOF-LIMS	kalitatif iz element analizi, yüzey özellikleri ve derinlik profili	2-5 $\mu\text{m}$	
AMS	kantitatif iz element analizi	200-1000 $\mu\text{m}$	<<1 ppb
XRMF	kantitatif majör, minör ve iz element analizleri ( $z > 10$ )	100 $\mu\text{m}$	düşük ppm
SXRF	kantitatif iz element ( $z > 10$ ) analizleri, sıvı kapanım analizi	20 $\mu\text{m}$	0.1-4 ppm 2000 ppm

## E: atom numarası

dolayı, da mikroprob olarak kıldamlabilmektedir. Oluşturulan X-ışınları, Standard Si(Li) detektörlerince algılanmakta ve örneklerin kantitatif iz element analizleri yaklaşık 1 ppm. seviyesinde mümkün olmaktadır. Kantitatif analiz için gerekli kalibrasyon, miktarı başka tekniklerde belirlenmiş bir majör elemente karşı yapılabilmektedir. Örneğin., bu tekniğe feldispatların Mn, Fe, Cu, Zn, Ga, Ge, Rb and Sr konsantrasyonları (Lu ve diğ., 1989) ve granatlarda Y, Zr, Zr, Ga, Ge, Rb, Sr, Pb ve Nb konsantrasyonları (Lauziotti, 1995) hassas bir şekilde belirlenmiştir. Genel olarak en düşük saptama limitleri 0.1 ve 1 ppm. arasında değişen bu tekniğin hafif element. ( $z<10$ ) analizlerindeki hassasiyetleri limitlidir, örneğin., Mosbah ve diğ. (1995)'ne göre sentetik cam örnekleri üzerinde, 300 saniyelik bir analiz süresiyle saptanan en düşük, saptama limitleri Ni için 1.6 ppm., Ga için 1.1 ppm ve As için ise 3.6 ppm olarak belirlenmiştir.

X-ışınlarının örnekler hasar vermemesi, analiz sürelerinin azlığı (yaklaşık 1 dakika), tekniğin, basitliği, ve örnek, hazırlama işlemlerinin diğer tekniklere kıyasla kolaylığı, bu tekniğin önemli avantajları arasındadır,

SXRF tekniği, elementel analizlerin yavaş, sıvı kapanımların kantitatif analizlerinde de denenmiş ve başarılı gelişmeler elde edilmiştir. Örneğin Mavrogeoes ve diğ., (1995), bu teknikle 5 ile 10  $\mu\text{m}$  kadar derin-

deki sıvı kapanımdan içerisinde»  $\mu\text{m}$ 'un en düşük saptama derecesini yaklaşık 2000 ppm olarak belirlemiştir.

## Değerlendirme

Mikroanalitik tekniklerin ana kullanım alanları, ışın çapları ve en düşük saptama, limitleri karşılaştırmalı olarak Tablo 1'de verilmektedir... Bu tablodan da görüldüğü gibi değişik, tekniğe kullanılan ışın demetlerinin çapları ve dolayısıyla örneklerde etkileme hacimleri oldukça farklıdır. Bu durum bazı tekniklerin yerbilimlerinde mikroanaliz amacıyla kullanımlarında önemli bir engel oluşturmaktadır. Örneklerin kesit üzerindeki yüklerinin yavaş, örnek kalınlığı konusunda da bazı kısıtlamalar bulunmaktadır. Örneğin., proton mikroprob analizlerinde kalın örnekler kullanılmalıdır. Gözönünde bulundurulması gerek diğer bir konuda, yüzeye yakın yerlerde olabilecek inklüzyonların varlığıdır. Bu teknikler örnek üzerinde yapılan hasar konusunda da değerlendirilebilirler. SEMS ve lazer teknikleri analizi yapılan örnekler en çok hasar veren teknikler olup, X-ışın floresansına dayalı tekniklerde hasar söz konusu değildir. Diğer mikroanalitik tekniklere kıyasla, LA-ICP-MS aletsel ve donanım olarak daha basit bir yapıya sahip olup fiyat olarak da daha ucuzdur. Bunun yanı sıra, analiz yöntemlerinin basitliği, sürati ve gelişme potansiyeli bu tekniğin önemli avantajları arasında sayılabilir.

## .KATKI BELİRTME

Bu yazı TÜBİTAK - ÜNİSTAR'm TOKTEN programı çerçevesinde Hacettepe Üniversitesi, Yer Bilimleri bölümünde 1995 Ekim ayında gerçekleştirilen danışmanlık görevini takiben hazırlanmıştır. Yazar TÜBİTAK ve Hacettepe Üniversitesi Yer Bilimleri yöneticilerine ve özellikle Hacettepe Üniversitesi, öğretim üyesi sayın Prof. Dr. Yavuz Erkan'a davetlerinden ve görev süresince gösterdikleri ilgidin dolayı teşekkür eder.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Cabri, L.J. and McMahon, G., 1995, SIMS analysis of sulfide minerals for Pt and Au: Methodology and relative sensitivity factors (RSF). *Canadian Mineralogist* 33., 349 - 359.
- Campbell, XL., Teesdale, W.J., and Halden, N.M., 1995, Theory, practice and application of micro - PIXE analysis and element - distribution maps. *Canadian Mineralogist* 33, 279 - 292.
- Caniphell, J.L., Maxwell, J.Ä., Teesdale, W.I., Wang, J.-X. and Cabri, L.J., 1990, Micro - PIXE as a complement to electron probe microanalysis in mineralogy. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 44, 347 - 356.
- Crowe, D.E., Valley, J.W., and Baker, K.L., 1990, Micro - analysis of sulfur - isotope ratios, and zonation by laser microprobe; *Geochimica et Cosmochimica Acta* 54, 2075 - 2092.,
- Czamanske, G.K., Sisson, T.W., Campbell, I.L., and Teesdale, W.J., 1993, Micro - PIXE analysis, of silicate reference standards: *American Mineralogist* 78, 893 - 903.
- Hinila, T. and Nesbitt, R.W., 1995, U - Pb isotope geochronology of zircon: Evaluation of the laser probe - inductively coupled plasma mass spectrometry technique; *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 2491 - 2500.
- Kyser, T.K., 1995, Micro - analytical techniques in stable - isotope geochemistry; *Canadian Mineralogist* 33, 261 - 278..
- Lanzirotti, A., 1995, Yttrium zoning in metamorphic garnets; *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59, 4105 - 4110..
- Lu, F-Q, Smith, J.V., Sulton, &R., Rivers, M.L. and Davis, A.M., 1989, Synchrotron X-ray fluorescence analysis of rock - forming minerals: 1. Comparison with other techniques, 2. White - beam energy - dispersive procedure for feldspars. *Chemical Geology*, 75., 123 - 143.
- Lu, R., Le, A., Gu, Y., Wo, G. and Zhu, J., 1995, Precious metals assay by means of microbeam XRF technology. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 104, 595-601.
- Malmqvist, K.G., 1995, Analytical techniques in nuclear microprobes. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 104, 138 - 151.
- Mosbah, M., Ciochiatti, R., Michaud, V., Piccot, B., Chevalier, P., Legrand, F., Milsen, G.A., and Griibel, G., 1995, Micro PIXE and micro SXRF: comparison of the two methods and application to glass inclusions from Vulcano (Eolian Island - Italy); *Nuclear Instruments and Methods, in Physics Research B* 104, 481 - 488.
- Paktunç, A.D., Hulbert, L.J. and Hams, B.C., 1990, Partitioning of the platinum - group and other trace elements in sulfides from the Bushveld Complex, and Canadian occurrences of nickel - copper sulfides. *Canadian Mineralogist* 28, 475-488..
- Paktunç, A.D. ve Cabri, L.J., 1995, A proton - and electron - microprobe study of gallium, nickel and zinc distribution in chromite - spinel. *Lithos*, 35, 261 - 282.
- Roberts, M., Bench, G.S., Heikkinen, D.W., Morse, D.H., Bach, P.R. and Pontau, A.E. (1995) The new nuclear microprobe at Livermore; *Nuclear Instruments and Methods* in *Physics Research B* 104, 13 - 18.
- Rocklidge, J.C., Wilson, G.C., Kilius, L.R. and Cabri, L.J., 1992, Trace element analysis of sulfide concentrates from Sudbury by accelerator mass spectrometry, *Canadian Mineralogist* 30, 1023 - 1032.
- Ryan, C.G., Heinrich, C.A., Van Ackerbergh, E., Ballhaus, C. and Memagh, T.F., 1995, Microanalysis of ore - forming fluids using scanning proton microprobe. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 104, 182 - 190.
- Wilson, G.C., Rocklidge, J.C. and Kilius, L.R., 1995, Ultrasensitive trace - element analysis with accelerator mass spectrometry: The current state of the art. *Canadian Mineralogist*, 33., 237 - 242.,
- Zhou, S., Ren, C., Tang, J. and Yang, F., 1995, SPM study on the distribution of Carlin - type gold mineral deposit in China; *Nuclear Instruments and Methods, in Physics Research B* 104, 437 - 444.

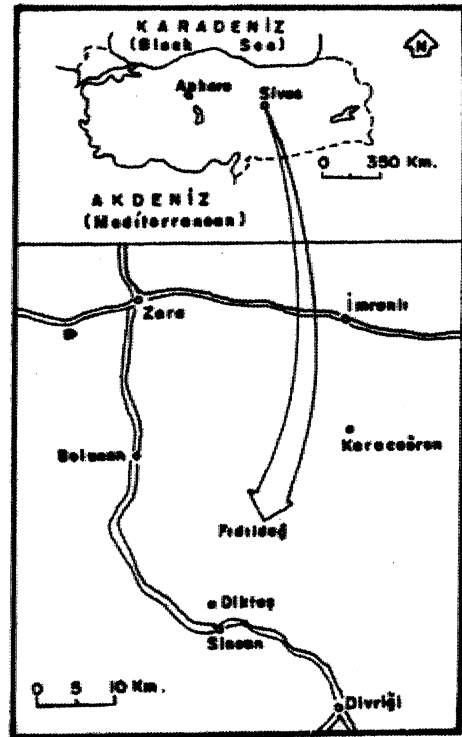
# Hidrokarbon aramalarında zeolitin kullanılmasına bir örnek: (İmranlı güneyi - Sivas)

Orhan Özçüük, Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,, Sivas

*Hidrokarbon aramalarında bir olgunlaşma parametresi olarak zeolit mineralleri kullanılabilir. Gömülme diyajenezi sırasında ısıya bağlı olarak denizel istifte beraber silisli vitrik volkanoklastik kayalarda zeolit zonları oluşur. Bunlardan alkali zeolit reaksiyon ürünleri bir jeotermometre olarak petrol araştırmalarına uygulanabilmektedir. Bu amaçla İmranlı (Sivas) güneyinde yüzeyleyen Lütesiyen yaşlı Bozbel formasyonunun Fıdıldağ üyesinde yer alan volkanoklastikler incelenmiş ve zeolit mineralleri belirlenmiştir. Elde edilen analsim ve albit minerallerinin zeolit mineral zonlanmasındaki karşılık geldiği ısı 91 - 150 V arasındadır. Organik madde içeren örneklerden vitrinit elde edilebilenlerde ortalama yansıma (Roj % 0.57 olarak ölçülmüştür. Isıya bağlı olarak gelişen zeolit zonları ile vitrinit yansıma değerleri karşılaştırılarak hidrokarbon olgunlaşma zonları ortaya çıkarılabilir. Fıdıldağ üyesini oluşturan sedimantat ve onların içerdiği organik maddeler olgunlaşmış zona (petrol zonu) işaret ederler.*

## Giriş

inceleme alanı Sivas Tersiyer Havzasının doğu bölümünde yer alır (Şekli). Lütesiyen yaşlı Bozbel formasyonuna ait Fıdıldağ üyesi volkanosedimantat birimleri de içermektedir (Şekil 2). Bu sedimanlar içinde zeolit mineralleri elde edilmiş ve hidrokarbon olgunluğu açısından değerlendirilmiştir. Bu yöntem yeni olup ilkimizde ilk kez bu çalışmayla denenmiştir. Zeolit minerallerinin tanımı X ışınları difraksiyonu tüm kayalar için yapılmış olup çekimler Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.



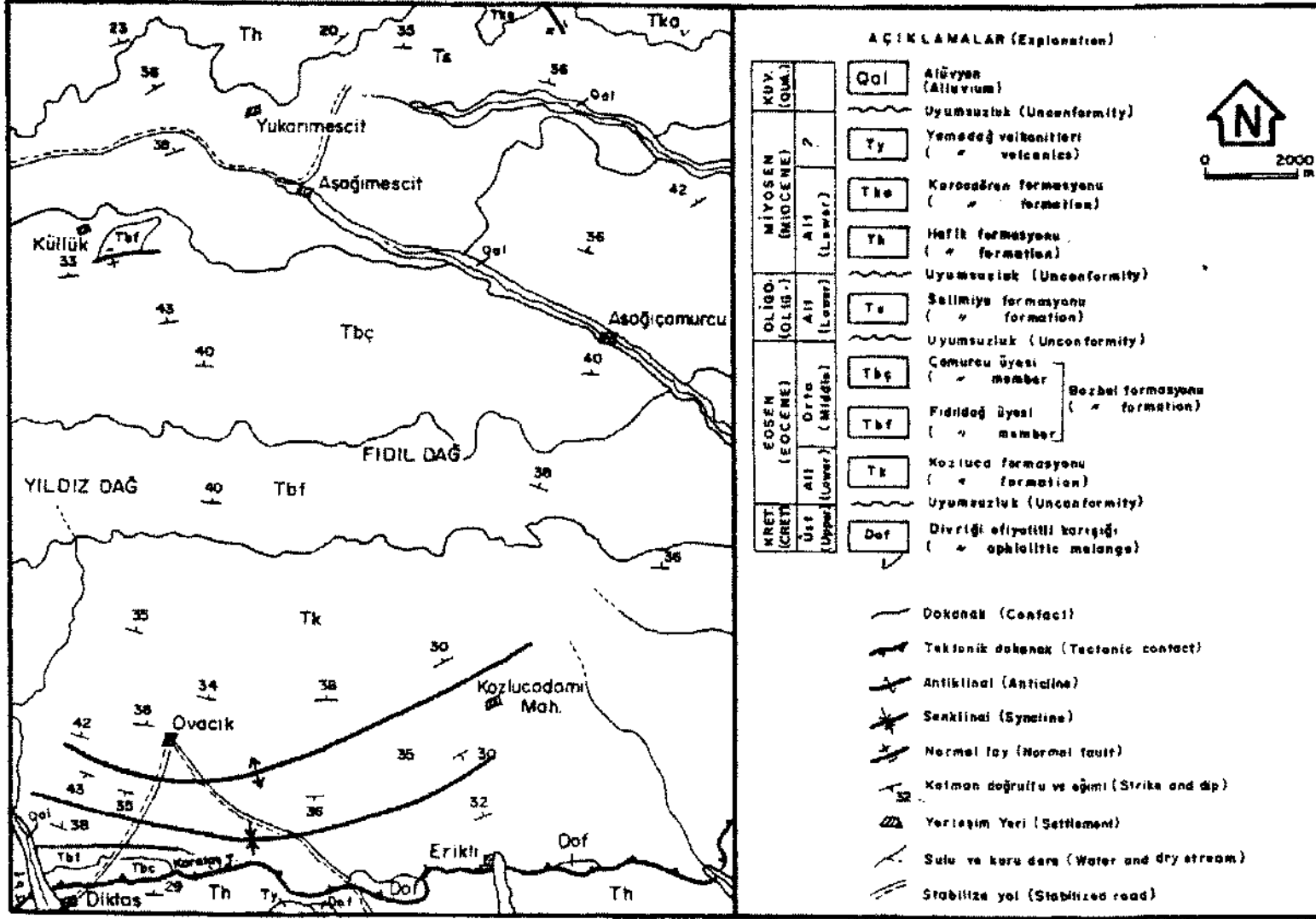
Şekil 1. İnceleme alanının yer buldu haritası.

Çalışılan alan ve yakın çevresinde değişik jeolojik amaçlar doğrultusunda bir çok çalışma yapılmıştır. Bunlardan bazıları şu şekilde sıralanabilir. Kurtman (1973), Sungurlu Ye Soytürk (1970), Artan ve Sestini (1971), Meşher ve Aziz (1980), Gökçen (1981 ve 1982), Gökçen ve Kelling (1985), Aral (1986), Aktimur ve diğ., (1990), Koşantaz, (1990), Özçellik ve Altunsoy (1991), Tunç ve diğ. (1991), Temiz ve diğ. (1992), han ve diğ., (1993) ve Altunsoy (1993) dır.

Bu çalışmayla; inceleme alanında yer alan volkanoklastik birimlerdeki ısıya bağlı zeolit minerallerinin hidrokarbon oluşum zonlarının belirlenmesinde bir parametre olarak kullanılabilmesinin ortaya konması amaçlanmıştır.



Sekil 2. İnceleme alanının jeolojî haritası.



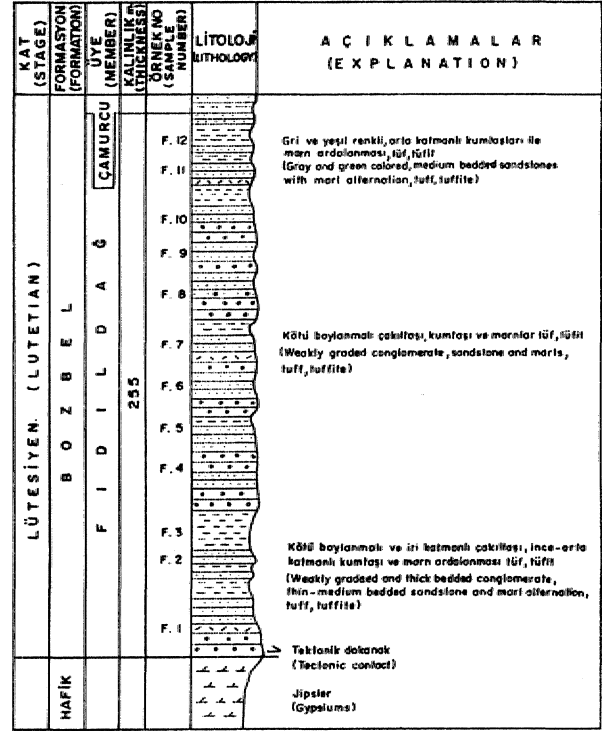
## Stratigrafi

İnceleme alanının temelinde Divriği ofiyolitli karışığı (Üs! Kretase) yer alır. Bölgede geniş yayılımları bulunmasına karşın çalışma alanında küçük yüzlekler şeklindedir ve seipantinitlerde oluşur (Şekil 2). Divriği ofiyolitli karışığını uyumsuzlukla Kozluca formasyonu (İpresiyen) üstler. Çakıltaşı, kıymtaşı, siltaşı, marn ve kireçtaşıdan oluşan bu formasyon sığ şelften derin denize kadar değişen bir ortamda çökelmiştir. Bu formasyon üzerine uyumlu olarak Bozbel formasyonu (Lütesiyeo) gelir. Altta Fıdıldağ üyesinden., üstte ise Çamurcu üyesinden meydana gelmiştir. Fıdıldağ, üyesi genellikle volkanoklastik birimlerden; Çamurcu üyesi ise kumlası, siltaşı, mam ve kireçtaşlarından oluşur. Bozbel formasyonunu uyumsuzlukla Selimiye formasyonu (Alt Oligosen) takip eder. Kumtaşı, siltaşı, marn, kireçtaşı ve jipslerle temsil edilen bu formasyonu uyumsuzlukla Miyosen yaşlı iki formasyon izler. Bunlardan altta bulunan Hafik formasyonu karasal ortamda çökelmiş olup bol miktarda evaporitik çökelimler içermektedir. Üstte bulunan Karacaören formasyonu ise denizel ortam ürünü olup çakıltaşı, kerataşı, siltaşı, marn ve kireçtaşlarının yarışıra kömür oluşumları da bulundurmaktadır. Tüm bu birimlerin üzerine bazalt ve andezitik bazaltlarla temsil edilen Yamadağ volkanitleri ile alüvyonlar gelir.,

İncelemenin asıl konusunu oluşturan Fıdıldağ üyesi tabanda, koyu yeşil ve gri renkli çakıltaşı, tıf, tüfit ve kumtaşları ile başlamakta, mam ve ince - orta katmanlı kumtaşları ile devam etmektedir. Fıdıldağ ve Yıldızdağ çevresinde birimin üst düzeylerinde gri ve sarımsı renkli, kıvrımlı kireçtaşları da görülmektedir. Çakıltaşları iri katmanlı ve kötü boyanmalı olup çakıllar genellikle iyi yuvarlaklanmıştır (Şekil 3). Üye içindeki diğer birimlerle ara katkılı olarak bulunan tüfler orta ve ist düzeylerde yer alırlar. Bunların mikroskopik incelemelerinde bileşenlerden %50'siyoio kuvars kristallerinin oluşturduğu bir kristal tuf olduğu görülmüştür. Yeşil, koyu ve açık gri renkli olan kumtaşları Fıdıldağ üyesinin en bol bulunan bileşenidir. Alt düzeylerde iri - orta, üst düzeylerde de ince katmanlı olup kil ile bağlanmışlardır. Marnlar ise tüm düzeylerde ve değişik kalınlıklarda gözlenirler.

## Zeoit mineral analizi

Zeolitler alkali ve toprak alkali silüminosilikatlardır. Bunların en önemli özelliklerinden biri suly mineraller olmaları ve ısıtma sırasında bu suyu düzenli bir şekilde kaybetmeleridir. Zeolitler çeşitli sedimanter kayalarda ana mineral olarak göze çarpar. Zeolitlemiş silisli vitrik volkanoklastik sedimanlar Japonya'da. Nijgata petrol alanında olduğu gibi yeryüzünün birçok ye-



Şekil 3» Bozbel formasyonu Fıdıldağ üyesi Karataş Tepe tipi keski.

rindeki petrol ve gaz alanlarında denizel birimlerle ara katmanlıdır. Volkanoklastik sedimentlerdeki zeolitlerin birçoğu gömülme diyajenezi sunasında dikey zonal bir dağılım gösterirler (Şekil 4). Mineral zonlanmasındaki zeolitlerin reaksiyon serisi ürünleri ısıya bağlıdır (Tablo i). Isıya bağlı zeolit zonlan petrol araştırmalarına uygulanabilir (Şekil 4),

Iijima (1988) çalışmalarında zeolit reaksiyon serilerini şu şekilde sıralamıştır,

1- Alkali reaksiyon serileri, Volkanik cam + Su (I) « -> Kliooptilolit + Mordenit + - Kristobalit (II) -> Analsim + Kuvars + Su (III) -> Albit + Su (IV)

2- Kalsik reaksiyon serileri,

Klinoptfolit + Ca<sup>++</sup> (II) -> Heulandit (fla) -> Lomontit + Kuvars + Su (IIIb ve IVa).

Alkali reaksiyon serileri ile kalsik reaksiyon serileri çoğunlukla uyumaktadır. Zeolit gömülme diyajenezi çalışmaları 1971 yılından beri yapılmaktadır. Japonya'da 10 kuyuda yapılan araştırmalarda her bir zoon üstündeki saplanan ısılar düzenli bir artış göstermiştir (Iijima, 1988). II/III ve III/IV sınırlanındaki çok dar ısı aralığı ile karşılaştırılarak alkali zeolit reaksiyon serilerinin doğası ısıya bağlılığa açıkça işaret eder. Bu sonuçlar deneysel ve teorik çalışmalarla doğrulanmıştır ve analsim - albit dengesi 2 fcb'dan daha düşük su basıncında ısıya bağlıdır.,

Tablo 1. Iijima (1985)\*ya göre gömülme diyajenez zonları.

Sodik	Kalsik
I Altere cam	I Altere cam
	41-55 C
II Klinoptilolit-Mordenit	II Klinoptilolit (Daha çok kalsik)
	81-91 C
III Analsim	III Hölandit
	120-124 C
IV Albit	IV Lomontit

Zon	I	II	III	IV
Mineral Özel.			a	b
Silisk cam	---			
Alkali klinoptilolit		---		
Klinoptilolit-CA		---		
Alkali mordenit		---		
Mordenit-CA		---		
Analsim			---	
Hölandit			---	
Lomontit				---
K-Feldispat				---
Albit				---

Şekil 4. Zeolitlerin zonal dağılımını gösteren şematik diyagram, (Iijima, 1978).

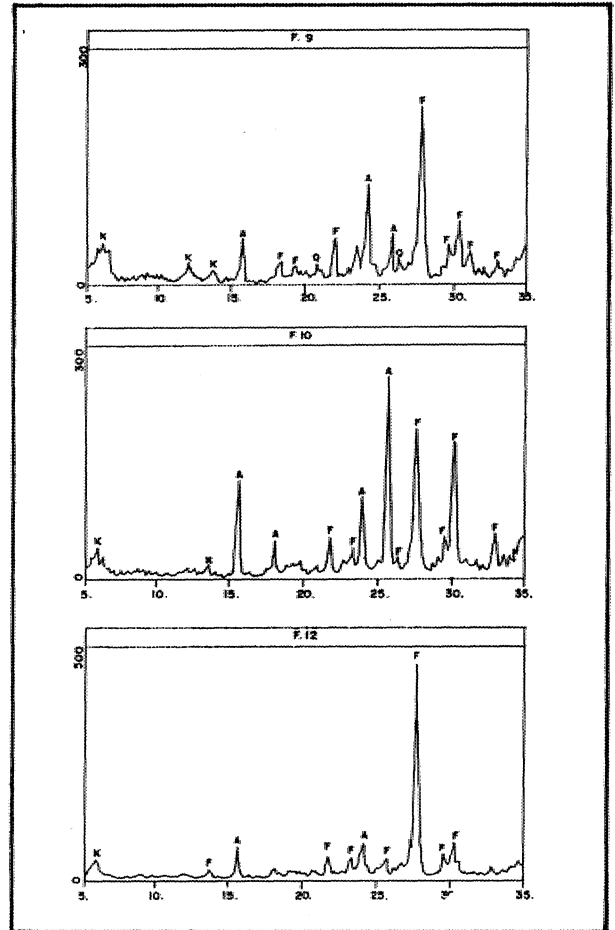
Zeolit zonlanmasının gösterdiği ısı ve derinlikler Iijima (1988) tarafından çalışılmıştır. Zonlanma sonucundaki denge; toplam, çözünmüş materyal konsantrasyonu» pH ve silis: aktivitesi ile gözenek suyunun kimyasından etkilenmektedir (Iijima ve Hay, 1968). Gömülme diyajenezine bağlı olarak gelişen zeolit minerallerinde kristal sınırları genellikle geçişli olup bina karşın diğer zeolit oluşumlarında daha keskin sınırlıdır (Hay, 1978).

İnceleme alanında Bozbel formasyonu (Orta Eosen.) Fıdıldağ iyesi volkanoklastik • sedimanlanndan Diktaş yerleşim yeri yakınlarındaki Kanıtaş Tepe dikme keşitiyle (Şekil 3) alınan örneklerden X-ışınları toplam kayış çözömlenmeleriyle elde edilen sonuçlara göre üç örnekte (F9, F10, F12) %10 - 21 arasında analsim ve %7 - 6Ö arasında da albitin bulunduğu görölmüşür (Şekil 5).. Bu hesaplama minerallerin difrak.to.gramlard.aki pik şiddetleri, esas alınarak kütleli absorpsiyon katsayılına

göre yapılmıştır. (Gündoğdu, 1982). Bu örnekler Karaş Tepe dikme kesitinin, orta. ve üst düzeylerine karşılık gelmektedir. Elde edilen albit mineralinin, gömülme diyajenezine bağlı olarak analsimden dönüştüğu düşünölmektedir. Buna veri olarak mikroskopik gözlemler ve incelenen düzeye karşılık gelen alan dışındaki, kömür oluşumları ile Fıdıldağ: üyesinden alınan örneklere elde edilen vitrinite yansıma değerleri gösterilebilir. Mikroskopik incelemelere göre albit kristallerinin: sınırları keskin hatlı olmayıp az belirgindir. Bu belirteç Hay (1978)'in tanımlamalarına uymaktadır.

## Yorumlama

Örnekler içinde belirlenen analsim Iijima (1988)'ün zeolit mineral zonlanmasında III zon içerisinde yer alırken, albitte IV zonun alt yarısında, bulunmaktadır. Analsim ve albitio zeolit mineral zonlanmasında karşılık geldiği ısı aralığı ise 90 - 150°C arasındadır. Bu durumdaki bir aralık sedimanların dolayısıyla da içinde bul-



Şekil 5. Bozbel formasyonu Fıdıldağ üyesi F.9, F.10 ve F.12 örneğlerinin tüm kayış difraktogramları (K: Kuars, F: Feldispat, A: Analsim)

nan organik maddelerin ısısal açıdan olgunlaştığı onlanma gelmektedir.

Gömülme diyajenezi sırasında, alkali, zeolit reaksiyonlarının alkali göl çökelelerinde yavaş olduğu düşünülmektedir. Gömülme tarihi diyagramı kullanarak, sıg ve derin zonlardaki zeolitlerin birlikte bulunduğu durumlarda reaksiyon oranları geçiş zonunun kalınlığından tahmin edilebilir.

Tuzlu alkali göl çökelelerinde analsim - albit reaksiyonu 55 - 65°C de oluşmuştur. Klinoptilolitlerin transformasyonu ve mordenit - analsim, yüzey ısısında oluşmuştur (Iijima, 1988).

Alkali zeolit reaksiyon serilerinin ısıya bağlı yapısı gömülme diyajenezi ile şekillenmiştir. Gözeneklerde bulunan suyun hareketi çok yavaş olduğu için gözenek suyu kimyası kalın sedimentlerde önemli değildir. Gömülme diyajenezi sırasında bitümlü köken kayalar içindeki hidrokarbonların farklı durumları; sıg derinliklerde metan oluşumu (olgunlaşmamış safha), orta derinliklerde petrol (olgun safha) ve daha fazla, derinliklerde termal parçalanmalarla oluşmuş kondense ürünler ve ıslak gaz (aşın olgunlaşma) yer alır. Sonuç olarak hidrokarbonların olgunluğunun bilinmesi köken kaya oluşumu için çok önemlidir. Japonya'daki Tersiyer yaşlı petrol alanlarında da hidrokarbon oluşum zonları yukarıda anlatılan özellikleri içermektedir.

Isıya bağlı olarak gelişen zeolit zonları ile vitrinit yansıması değerleri karşılaştırılarak olgunlaşma, değerleri ortaya çıkarılmıştır (Iijima, 1988). Buna göre olgunlaşmamış zonda ( $Ro > 0.5$ ) II zonun üst yarısı ve I zon; Olgunlaşmış zonda ( $Ro = 0.5 - 1.2$ ) II zonun alt yarısı, III zon ve IV zonun üst yarısına karşılık gelmektedir. Zeolit zonları kömür rankları ile karşılaştırılırsa; linyitler ve alt bitümlü kömürler II zeolit zonuna, bitümlü kömürler III zona karşılık gelmektedir (Shimoyama ve Iijima 1978). Fıdıldağ üyesinin değişik bölümlerinden alınan örneklerde organik madde yoğunlaştırılmış ve parlatılmış kalıplar hazırlanmıştır. Bunlardan 7 tanesinde, vitrinit maseraüeri bulunarak; yansıma değeri ölçülmüş ve ortalama 0.57 değeri elde edilmiştir. Bu değerler zeolit minerali zonlarıyla karşılaştırıldığında III ve IV., zona karşılık gelmekte, bu da hidrokarbonlar için olgun zona (petrol zonuna) işaret etmektedir.

Zeolit zonları oluşurken, jeotermal gradyanda gelişmiş olur. Yani, katmanlar maksimum derinliğe gömül-

düğünde zon II nin ve daha doğru, olarak zon IH'ün kalınlığından, değerler elde edilebilmektedir. Şekil 6'daki I/II, II/III ve III/IV'ün sınırlarındaki ortalama, sıcaklık derecelerine göre ta değerleri, görmek mümkündür.

## Sonuçlar

- Sivas Tersiyer Havzasının İmranlı güneyi bölümlerinde Lütseyen yaşlı vofanoklastiklerde zeolit mineralleri bulunmuştur. Bunlar analsim ve albitten ibarettir.

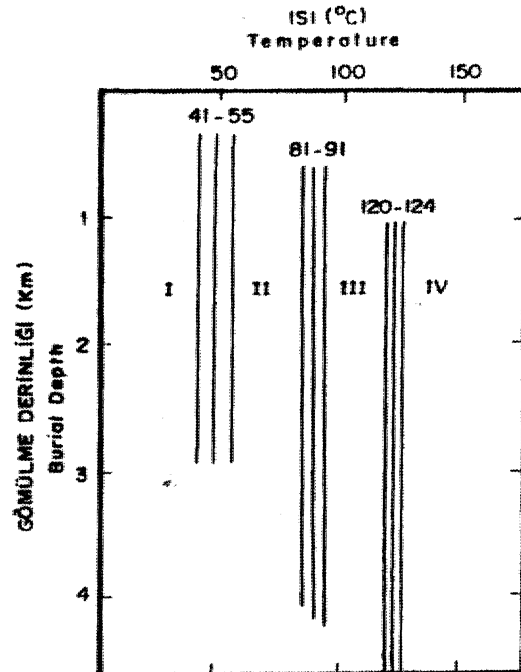
- Analsim %10 - 21 arasında, albit ise % 7 - 60 arasında bulunmaktadır.

- Albit ve analsim'in zeolit mineral zonu arasında karşılık geldiği ısı 91 - 150°C arasındadır.

- 7 adet örnekte vitrinit maserali belirlenmiş ve ortalama, yansıma değeri ( $Ro$ ) 960.57 olarak ölçülmüştür.

- Zeolit mineral, zonlanmasının karşılık geldiği ısı aralığı ile vitrinit yansıması değerleri birlikte değerlendirildiğinde bunların, aynı oluşum zonunda olduğu görülmüştür.

- Fıdıldağ üyesini oluşturan sediraaanlar ve onların içerdiği organik maddeler hidrokarbon açısından olgunlaşmış zona (petrol zone) işaret ederler.



Şekil 6. Zeolit zonlarının ısı ve gömülme derinliği arasındaki ilişki (Iijima, 1938).

## KATKI BELİRTME

Katkılara nedeniyle Doç. Dr. Hüseyin Yalçın (C.Ü.), Yrd. Doç. Dr., Mehmet Altunsoy (C.Ü.) Yrd. Doç. Dr., Orhan Tatar (C.Ü.) ve Teknik Ressam Veli Kayaoğlu (C.Ü)na teşekkür ederim.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Aktinuf, T.H., Tekiri, M.E. ve Yüdaknl, M.E., 1990, Sivas - Erzincan Tersiyer Havzası» jeolojisi: MTA Derg., 111., 25 - 37.
- Altonsoy» M., 1993,, Karacaören. (İmranlı) -Diktaş (Divriği) yöresi. Tersiyer çökellerinin sedimanter petroloji\* petrol ana kayası ve organik fasiyes özelliklerinin incelenmesi: C.Ü. Fen Bilimleri Ens.» Doktora Tezi» 279 s (Yayınlanmamış).
- Aral, R., 1986» Çayözü - Çakmada (Divriği) yöresinin jeolojisi: C.Ü. Fen Bilimleri Ens., Yük. Lisans Tezi» 69s (Yayınlanmamış).,
- Artan, ti ve Seslini, G., 1971» Sivas - Zara - Beypınan Bölgesinin jeolojisi: MTA Berg.» 76., 80 - 97.
- Gökçen, S.L., 1981, Zara - Hafik güneyindeki Paleojen istifinin sedimantolojisi ve paleocoğrafik evrimi; Yerbilimleri, 8, 1 - 25.
- Gökçen, S.L.» 1982, Zara - Hafik (SE Sivas) ve Refahiye (SW Erzincan.) bölgeleri Eosen fiğinin sedimanter petrolojik karşılasdnlması: 9, 141 - 147..
- Gökçen,, S.L. ve KeHing, G.,, 1985, Oligocène deposits of the Zara - Hafik region (Sivas - Central Turkey). Evolution .from Storni - influenced shelf to evaporitie basin: Geologische Rundschau 74/1,139 - 153.
- GSndogdu, N., 1982, Neojen yaşlı. Bigadiç sedimanter Baseninin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelemesi: H.Ü. Fen Bilimleri Ens.» Doktora Tezi» 386s (Yayınlanmamış).
- Hay» R., 1978, Geologic occurrence of zeolites. In: Natural zeolites» occurrence, properties, use: L.B. Sand and F.A. Mumpton (Eds.), PergamoB press,, Oxford.» pp. 135 - 143.
- Ijinra, A. ve Hay,, R.L., 1968, Analcime composition in tuffs of the Green River formation of Wyoming; American Mineralogist, 53,184 - 200.
- Iijima» A., 1978-, Geological occurrences of zeolite in marine environments: In.: Natural zeolites occurrence, properties, use (Eds. L.B. Sand, and Mumpton), p. 175 - 198.
- Iijhna, A., 1985, Applications of zeolites to petroleum exploration:: Prac. Budapest Meeting, on Nat oral Zeolites»
- Iijfana, A.» 1988» Application of zeolites to petroleum exploration. (Kallo, D. ve Sherry, H.S.,, Edit.), Occurrence, properties and utilization of natural zeolites, 29 ~ 37, Aka.dem.iai. Kiado, Budapest.
- man. S., öztürk, A., ve Gürsoy,, H., 1993, Ulaş - Sincan (Sivas) yöresinin stratigrafisi: Etoğa, - Türk Yerbilimleri Derg., 2,1 - 15.
- Korkmaz, S., 1990, Sivas Havzasında ana kaya fasiyesi. ve petrol oluşumunun jeokimyasal yöntemlerle araştırıoknası: Jeoloji. Muh. Derg.,, 37,61 - 68.
- Kurtman, F., 1973., Sivas. - Hafik - Zara ve imranlı, bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı: MTA Derg-, 80., 1 - 32.,
- Meşhur, M. ve Aziz» A.» 1980» Sivas, baseni jeolojisi ve hidrokarbon olanaklara: TPAO Rap. No: 15.30 (Yayınlanmamış>
- Özçelik., O. ve Abunsoy, M-, 1991, Solucan (Zara - Sivas) yöresinde Selimiye, formasyonunun (oligosen.)<sup>1</sup> organik, fasiyes özellikleri: A.Ü. İsparta Müh. Fak. Derg., 6. 145 - 152.
- Shimoyama, T. ve Iijima, A.,, 1978:, Influence of temperature on coalification of Tertiary coal in Japan: Mem. GeoL Soc.. Japan,, 15,205 - 222.,
- Sungurlu, O., ve Soytürk, N.» 1970, Sivas Havzası ve civannın jeoloji etidi: TPAO Rap. No: 570 (Yayınlanmamış).,
- Temiz» EL, Guezou,, J.C., Poisson. A., ve Tutkun, S.Z., 1992,, Sivas Havzası doğusunun tektoeostratigrafisi ve kinematığı: C.Ü. Mâh. Fak. Derg., Yerbilimleri, 9/1,27 - 34
- Tunç, M., Özçelik, O., Tulken, S.Z. ve Gökçe,, A.» 1991, Divriği. - Yakupiu - iliç - Ham.0<sup>1</sup> (Sivas) yöresinin temel jeolojik özellikleri: Doğa, 15,225-245.

# Dünya altın madenciliği ve Türkiye'nin altın potansiyeli

*Vedat Oy gür, MTA Genel Müdürlüğü, Maden. Etüt ve Arama Dairesi, Ankara*

*1970'li yıllardan itibaren, altın fiyatlarının hızla yükselmesiyle' birlikte\* altınlı cevherin işlenmesi teknolojisindeki yeni gelişmelerin de etkisiyle Dünya altın madenciliği dikkati çeken bir büyüme süreci içine girmiştir. Böylece, yeni bir "Altına Hücum" dönemi yaşanmaya başlamıştır. Dünya, madenciliğini egemenliği altına alan bu gelişim ülkemizi de etkilemekte gecikmemiş ve özellikle Batı Anadolu ve Doğu Karadeniz 'de yoğun aranın çalışmalarına başlamıştır: Ancak, bulunan yatakların üretime açılabilmesi için, altın madenciliğinin çevreyi nasıl etkileyeceği konusundaki tartışmaların çözümlenmesi gerekmektedir. Açılma tektoniğinin egemen olduğu, jeotermal sistemler bakımından zengin ve epitermal altın cevherleşmelerinin parmak izi olarak kabul edilen Hg-As-Sb cevherleşmelerinin fazlaca görüldüğü Batı Anadolu ile altın cevherleşmeleri açısından önem taşıyan masif sülfid ve porfiri tip maden yataklarının bol bulunduğu Doğu Karadeniz altın cevherleşmeleri için jeolojik ve metalojenik açılardan Türkiye'nin potansiyel bölgeleridir. Günümüzde işletilebilirliği söz konusu altın yataklarının rezervi 76.5 ton, potansiyel yataklarınla 165 ton ve altının yan ürün olduğu baz metal yataklarındaki altın rezervi 42 ton olmak üzere bilinen toplam altın rezervi 135 tondur.*

## **Altın madenciliğinin yakın geçmişi**

Dünya altın madenciliği 1970'lerin sonlarından, itibaren baş döndürücü bir gelişim yaşamaya başlamıştır. Bir çok sanayileşmiş ilke de,, altın cevheri üretimi hızla artmaya başlamıştır (Çizelge 1). Bu olağan dışı

gelişim sonucunda, G.,Afrika ve Rusya gibi geleneksel altın üreticisi ülkelerin dünya altın üretimindeki payları düşerken, diğerlerinininki hızla, atmıştır.

Kuşkusuz, bu gelişmeyi bir rastlantısal olay olarak görmemiz doğru değildir. 1960'lı yıllara gelindiğinde,, altın fiyatlarının maliyetlerin altında kalması nedeniyle altın madenleri kapanmaya, başlamıştır. BU000 üzerine 1968"de altın fiyatları serbest bırakılarak bir serbest piyasa konu.mo.ou almıştır. Daha. sonra., 1975 yılında önce ABD, .ardından İsviçre hükümetleri kendi, vatandaşları üzerindeki külçe altın satın alma. yasağını kaldırdılar. Böylece ilk çağdaş altın madeninin işletmeye açıldığı. 1820'lerden beri neredeyse durayh kalmış olan altın kurları çok hızla yükselmiştir (Şekil 1).

Kurlardaki bu yükselme., cevhere, olan talebi, de 'beraberinde getirmiştir. Bu olumlu koşullar, altın madenciliğinde yeni bir çağın açılmasına, neden. oklu. Düşük tenörün, buna karşın yüksek rezervli cevherlerin işletilmesine olanak veren siyanürleme yöntemi uygulanmaya başlandı. 1867'de patenti alınan yöntem., 1891'de G, Afrika'da uygulandıktan sonra yüksek, maliyeti nedeniyle bir- kenara bırakıldı, Son yıllarda, sanayideki iki gelişme sonuconcla,, madencilik teknolojisinde devrim yaratan bu teknik yaygın biçimde kullanılmaya başlandı:

1- Geçirimsizliği sağlamak için havuz ve yığınların tabanına yayılan plastik, örtüler (geomembrane) artık çok ucuza ve kolayca temin edilebilmektedir.

2- Klasik çitütle ile çökertme yöntemi, yerine, metalin çözüldüğü ucuza ve .kısa zamanda alınmasını sağlayan aktif karbon absorpsiyonu tekniği günümüzde mükemmelleşmiştir.

Günümüzdeki üretim, maliyeti ile altın, kurları arasındaki son derece olumlu ilişki sorduğu müddetçe, altın madenciliğinin büyümeye devam, edeceği tahmin edilmektedir.

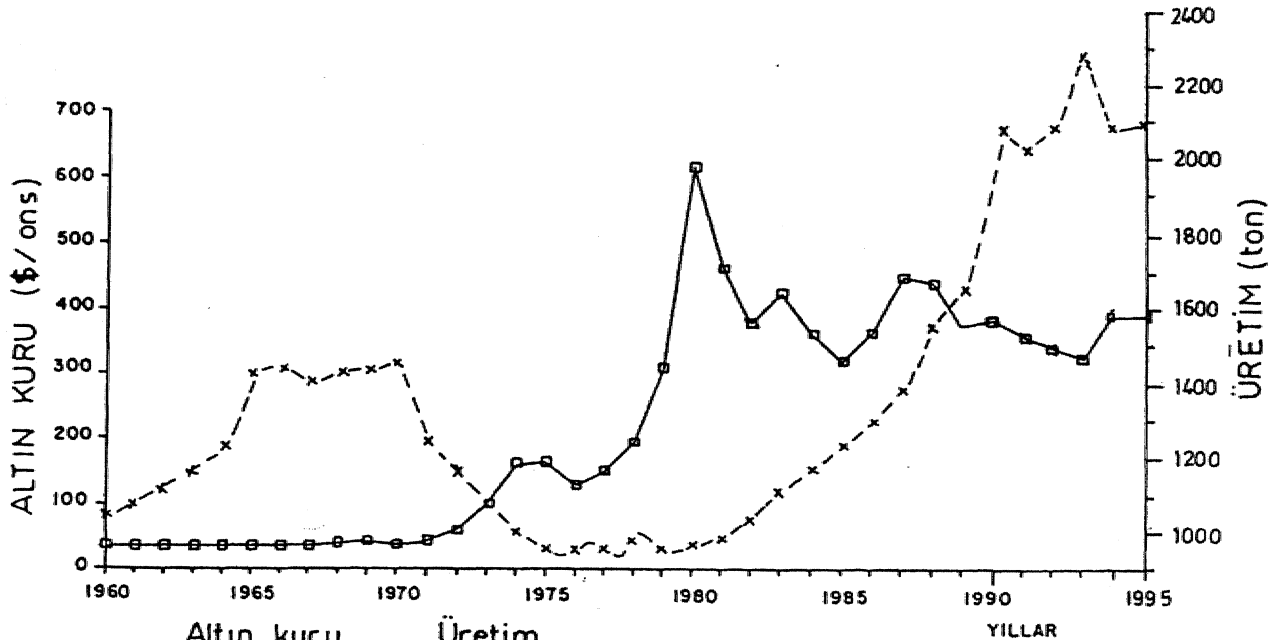
## Siyanürleme yöntemi

Güçümüzdeki teknolojik ve ekonomik koşullar çerçevesinde siyanürleme, altının cevherden, kazanılmasında uygulanan tek yöntemdir. Uygulanan teknik, diştik tenförlü ve çok ince taneli alto. içere» cevherin kütleli olarak işletilmesine olanak tanımaktadır. Böylece işlet-

Çizelge 1. Dünya altın üretimi (ton)

	1975	1980	1985	1990	1995
Güney Afrika Cumhuriyeti	713	675	673	601	522
ABD	32	28	79	294	312
Avustralya	16	17	57	257	253
SSCB	408	245	270	302	-
Rusya Federasyonu	-	-	-	-	129
BDT	-	-	-	-	241
Çin	-	-	73	100	160
Kanada	51	49	86	169	150
Brezilya	12	35	63	102	77
Papua Yeni Gine	18	14	33	32	52
Avrupa	11.6	11.9	16.4	27.3	23.4
Finlandiya	0.7	1.3	0.6	2.8	2.1
Fransa	1.5	1.1	2.1	5.4	4.8
İspanya	3.4	3.0	4.7	6.3	6.0
İsveç	1.9	2.2	4.3	4.2	6.5
Portekiz	0.3	0.3	0.2	0.4	-
Yugoslavya	3.8	4.0	4.5	8.2	4.0
<b>DÜNYA</b>	<b>1189</b>	<b>1187</b>	<b>1482</b>	<b>2086</b>	<b>2090</b>

Kaynak: Baché, 1987; World Metal Statistics, June 1996.



Kaynak : World Metal Statistics.

Şekil 1. Altın kurları ve üretimin gelişimi (Oygür, 1990'dan değiştirilmiştir).

me rezervi son derece büyükken, işletme tenöri de düş-tüğünden bu yöntem bütün Dttnya'da başarıyla uygu-lanmaktadır.

Siyanürleme yönteminde cevher,, seyreltilmiş bir al-kalen siyanür çözeltisiyle (genelde Na'CN) işleme soku-lur. Proses,, altının CN- iyonu ile ao.yo.oik bileşik yapı-rak sıvı faza özetlenmesi (iiçi) esasına dayanmaktadır. Altının tane boyuna, cevherin tenörüne ve mineralojik özelliklerine göre siyanürleme ya yığın özetleme, ya da tank içinde kaşbrmah özütleme biçiminde uygulan-maktadır.

Siyanürleme yöntemi her cevher türünde başarılı ol-mamaktadır. Olumlu sonuç alınması için cevherin şu özellikleri taşıması gerekmektedir:

- 1- Altın ve gümüşü tutan karbonlu malzeme içermemesi;
- 2- Bakır, arsenik ve animumao sülfürleri gibi. yüksek oranda siyanür tüketen bileşenlere sahip olmaması;
- 3- Kireç tüketimine neden olacak asit yapıcı bileşenlere sahip olmaması;
- 4- Siyanürün etki etmesini engelleyecek killi malzemedir oluşmaması;
- 5- Mekaniksel olarak altın tanelerini örtecek olan demir oksit oluşumuna elverişli malzeme içermemesi.

Avrupa'da siyanürleme yöntemiyle altın üretimi konu-su ilkimizde sık. sık gündeme gelmektedir. Çizelge 2'de 1994 yılı itibariyle Avrupa'da metal alto üretimi

yapılan, tesisler verilmektedir., Baların siyanürleme yöntemindeki olumsuz davranışı nedeniyle kompleks cevherlerde, flotasyon yöntemi, buna karşılık Au - Ag cevherlerinde siyanürleme uygulanmaktadır.

## Diinya altın yatakları

Altın yatakları birçok jeolojik ortamda ve çok çeşitli kaya tiplerinde görülür. Bugüne kadar farklı ölçütlere dayandırılmış çeşitli sınıflandırmalarla altın oluşumları açıklanmıştır. En genel anlamda altın yatakları şu şekilde gruplandırılabilir:

- 1- Makaslama zo.olan.nda yer alan, yüksek sıcaklıkta oluşmuş (mezotermal) altınlı kuvars damarları;
- 2- Jeotermal sistemlerle ilişkili düşük sıcaklıkta oluşmuş, (epitemal) altın yatakları;
- 3- Bünyesinde altın da bulunduran, mağmatik etkiyle doğrudan ilişkili masif silfid porfiri bakır ve skarn yataktan;
- 4- Bu birincil, cevherleşmelerden türemiş, plaserler.

Dünya'da kayda geçmiş yüz, bin kadar altın zuhuru vardır (Şekil 2). Seçilmiş bazı ülkeler için envanteri yapılmış altın rezervleri Çizelge 3'de verilmiştir. Güney Afrika'da devasa Witwatersrand plaser havzası tek başına dünya altın stoğunun yaklaşık yansını oluşturmaktadır. Son yıllardaki araştırmalar sonucunda bulunan rezervlerin ülkelere ve cevher tiplerine göre dağılımı Çizelge 4'de verilmiştir,

Dünya altın yatakları incelendiğinde, ülkemiz açısından vurgulanması gereken önemli bir nokta ortaya çıkmaktadır. Bugün önemli ölçüde altın üretimi yapılan epitermal cevherleşmelerin aranması, siyanürleme yönteminin sanayide uygulanmasından çok önce yapılmıştır. Örneğin, modern anlamda arama çalışmaları ABD Califantfa'daki Cherry Hill'de 1863'de, Fiji Emperor

**Çizelge 2. Avrupa altın işletmeleri (Mining Jour. Res. Ser., 1994).**

Ülke	Maden	Cevher Tipi	Ürün	Proses
FINLANDIYA	Saaitopora	Kuvarsit	Au-Cu	Flotasyon
FRANSA	Salsigne	Kuvars damar	Au-Ag	Flotasyon-Siyanürleme
	"	Atıklar	"	Siyanürleme
	Le Bourmeix	Kuvars damar	"	"
İSPANYA	Filon Sur	Atıklar	"	"
	Rio Tinto	Sülfid	Au-Ag-Cu	Flotasyon-Siyanürleme
İSVEÇ	Aitik	"	"	Flotasyon
	Bjrokdal	"	Au	"
	Boliden	"	Au-Ag-Cu-Pb-Zn	"
	Garpenberg	"	"	"
	Kristineberg	"	"	"
	Enasen	"	"	"
	Viscaria	"	Au-Cu	"

Mine'da 1932'de, Filipinler'deki Exciban'da 1933'de ve Nalesbitan'da (Luzon) 1930'da başlamıştır., Yani" önce cevherleşmeler bulunmuş ve jeolojik, özellikleri ana hatlarıyla belirlenmiş, daha sonraki yıllarda ekonomik ve teknolojik gelişmelerin olumlu, olmasıyla geliştirme çalışmaları, yapılarak bir maden yatağı haline getirilerek işletmeye alınmışlardır.

Son yıllarda altın üretimindeki, olağan üstü artış, epitermal altın yataklarındaki "görülme" (invisible) altının siyanürleme tekniği kullanılarak kazanılması sayesinde olmuştur. Epitermal terimi yüzeye çok yakın, düşük sıcaklıkta (200°Cnin altında) oluşmuş hidrotermal cevherleşmeleri tanımlar. Termal kaynaklarla olan ilişkileri nedeniyle günümüzdeki jeotermal sistemlerin fosil eşdeğerleri olarak kabul edilirler, Epitermal yataklar kuvars damarları, ağsal damarlar veya saçınımlar biçiminde olabilir., Cevher içinde altın taneleri mikroskopla dahi görülemeyecek kadar ince olabilir ve kaya içinde saçınımlar halinde bulunabilir. Bu sayede işletilen cevherin tenörü düşmekte, buna karşılık rezervi çok büyümektedir (örneğin Round Mountain, ABD: 1.2 gr/ton, 195 milyon, ton)...

## Altın cevherleşmeleri açısından Türkiye Jeolojisi

Türkiye'nin jeolojisi ve metalojenisi çok karmaşıktır. Birbirinden farklı jeolojik ortamlarda oluşmuş çok çeşitli kayaçlar görülebilmektedir. Değişik oluşum ve çok sayıda maden yatağının bulunduğu bir metalojenik çeşitlilik de vardır.,

Batı Anadolu'da Meoijen'den beri bir genişleme tektoniği egemendir. Bunun sonucunda bölgede çok sayıda graben oluşmuştur ve bu yöreler, epitermal cevherleşmeler açısından önem taşıyan jeotermal sistemler bakımından da zengindir (Şekil. 3). Bu özellikleriyle Batı Anadolu., ABD'deki en önemli, epitermal altın yataklarının bulunduğu Nevada'daki Basin and Range bölgesiyle büyük bir benzerlik, göstermektedir. Ayrıca, epitermal altın yataklarının iz elementi olarak önem taşıyan Sb ve Hg cevherleşmeleri de Batı Anadolu'da, çok sayıda- dir (Şekil 4).

Doğu Karadeniz bölgesindeyse, altın, yatakları açısından önemli, olan masif sülfid ve porfiri yataklarını oluşturmuş bir yitim zonu mağmatizması etkin olmuştur., Bu bölgemiz,, bugün önemli altın yataklarına sahip Güneydoğu Asya ve Okyanusya ile aynı tektonik kuşaktır ve benzer jeolojik ortamla\* görülmektedir.,

Dünya altın yataklarının önemli bir bölümü K, Amerika, Orta Avrupa, ve Avustralya'da görülen makas-





Şekil 2. Dünya altın yataktan (Bache, 1987'den değiştirilmiştir). Mezotermal, x Epitermal, AMasifsüyü, +Porfiri, mPiaser

Çizelge 3. Seçilmiş ülkelere göre altın rezervleri (metal ton).

	Rezerv	Baz Rezerv	Toplam Rezervdeki Pay (%)
G.Afrika	20 000	20 000	46.5
Rusya	6 220	7 780	14.5
ABD	4 770	5 250	11.0
Kanada	1 780	1 960	4.1
Avustralya	1 400	2 700	3.3
Brezilya	940	1 080	2.2
Diğerleri	7 920	8 710	18.4
<b>DÜNYA</b>	<b>43 000</b>	<b>49 400</b>	<b>100</b>

Kaynak: Materai Commodity Sommes, 1990

lama zonlanndaki mezotermal kuvars damarlarıyla temsil edilmektedir. İç - Batı Anadolu Bölgesi'nde henüz incelememiş olmasına karşın benzer bir jeolojik ortam mevcuttur. Bu bölgede önceki yıllarda yapılmış çalışmalara göre,, özellikle Orta Avrupa'daki Massif Central (Fransa), Bohemya Masifi (Çekoslovakya) ve Doğu Alpleri'ndeki (Avusturya) yataklara benzer bir mineralojik parajenez mevcuttur.

Altın cevherleşmeleri içerebilecek jeolojik özelliklere sahip olmaları bakımından İzmir - Ödemiş, Uşak - Muratdağı, Niğde - Bolkanadağı, Sivas - Uzunyayla, Gümüşhane-Kelkit üzerinde durulması gereken yörelerdir.

Bu jeolojik renklilik ve metalojenik çeşitlilik üzerine, Anadolu madencilik tarihinde önemli bir yeri olan antik altın işletmelerini yerleştirdiğimizde Anadolu altın madenciliği açısından gerçekten çekici bir hale gelmektedir (Şekil 5).

## Türkiye altın yatakları

Mevcut bUgUerimize göre; halen işletme hazırlıkları sürdürülen işletilebilirliği söz konusu yatakların toplam altın rezervi 76.5 tondur (Çizelge 5). Günümüzdeki ekonomik ve teknik koşullara bağlı olarak henüz işletilmeleri gündemde olmayan potansiyel rezerve sahip sahalar ise 16.5 tondur. Bazı bakır - kurşun - çinko maden yataklarındaki altın rezervi 42 tondur. Bu yataklardan Rize - Çayeli, ve Kastamonu. - Kire halen işletilmektedir., Bu verilere göre- bilinen ve envanteri yapılmış toplamı altın rezervimiz 135 tondur.

Günümüzde işletilmesi için hazırlıklar sürdürülen Bergama - Ovacık, Havran - Küçükdere, Gümüşhane - Mastra, Sivrihisar - Kaymaz, epitermal tipte yataklardır. Yine işletilmesi planlanan yataklar arasındaki Artvin - Cerattepe ise bir masif sülfid yatağının oksitlenmiş demir şapkasıdır.

Ayrıca önemli potansiyele sahip altın cevherleşme-

Çizelge 4. Yeni bulunmuş (1988 itibariyle) altın rezervlerinin dağılımı (metal ton).

	TOPLAM	Mezotermal	Epitermal	Magmatik	Plaser	Kompleks	Belirsiz
Okyanusya	1611	-	1006	570	-	-	35
ABD	1370	128	857	30	-	120	235
L.Amerika	1282	642	512	90	-	-	38
Avustralya	1245	440	-	-	670	-	135
G.Afrika	1239	-	-	-	1239	-	-
Kanada	990	363	-	-	-	560	67
Asya	666	56	140	220	-	90	160
Afrika	129	61	-	-	-	-	68
Avrupa	45	45	-	-	-	-	-
<b>TOPLAM</b>	<b>8577</b>	<b>1735</b>	<b>2515</b>	<b>910</b>	<b>1909</b>	<b>770</b>	<b>738</b>
<b>Toplam %</b>		<b>20</b>	<b>29</b>	<b>11</b>	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>9</b>

Kaynak: BaeMJ987; tom».Mning,19«8

terimizden Çanakkale - Madendağı ve Kartaldağı ile Karşıyaka - Arapdağı da epitermal tipte yataklardır.

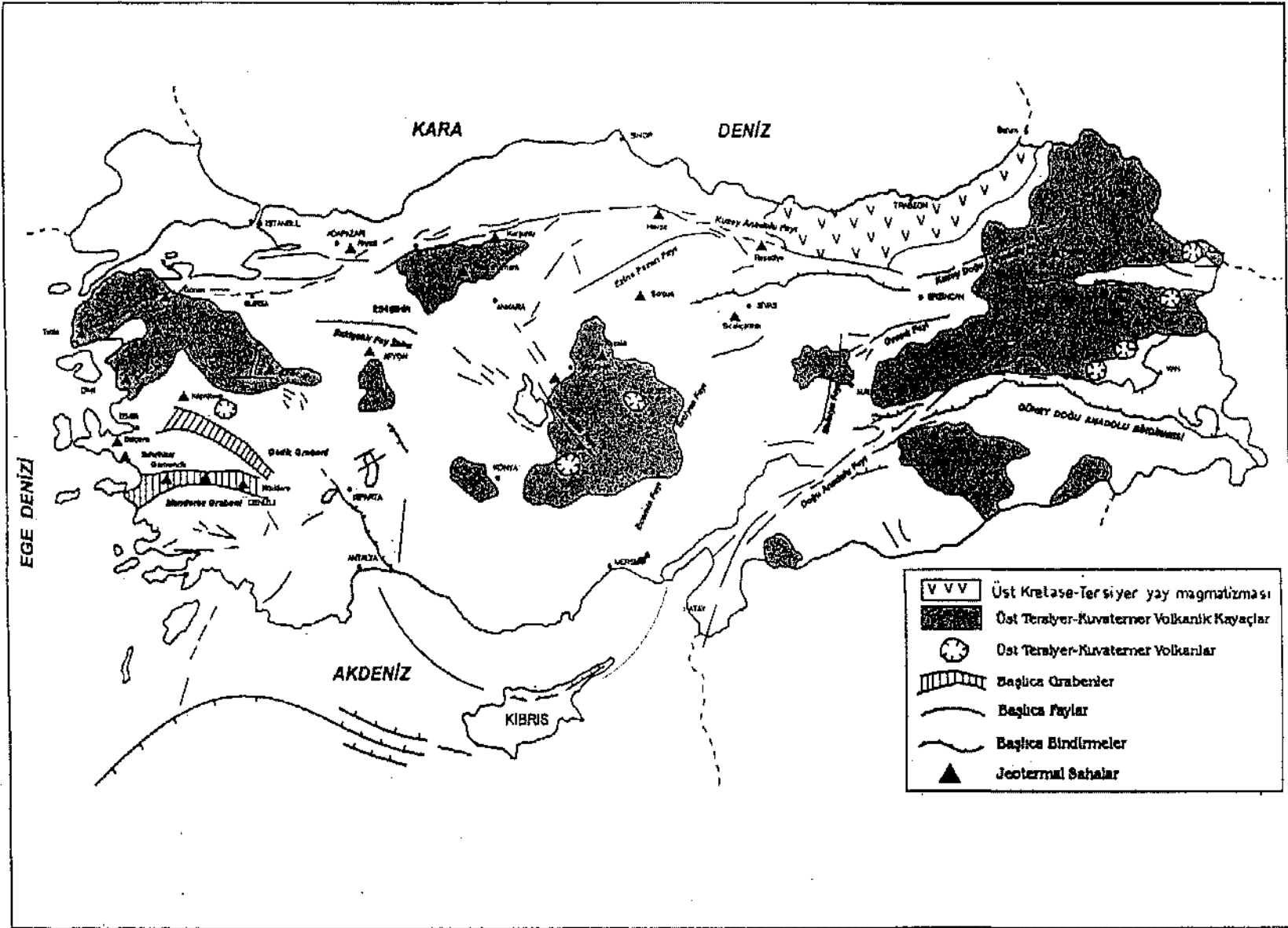
Masif sülfid yataklarımızdan Köre - Aşıköy,, Rize - Çayeli ve Artvin. - Borçka yan ürün olarak önemli altın içeriğine sahiptir.

Ancak,, henüz hiç bir altın yatağının işletilmeye başlamadığını ve Anadolu'nun jeolojik ve metalojenik potansiyelini dikkate alırsak,, ileride yapılacak aramalar ve yatak geliştirme çalışmaları sonucunda bu miktarların kolayca yükselebileceğini öne sürebiliriz.

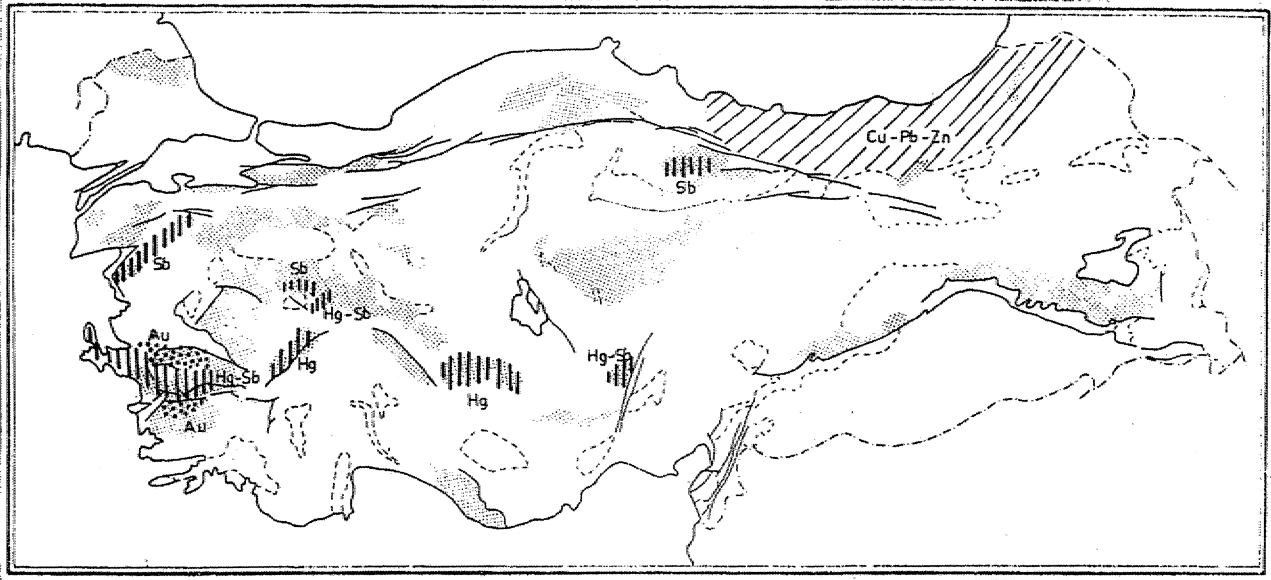
Ülkemizde, altın cevherleşmelerine yönelik, modern maden yatağı modellemelerine dayandırılmış aramalar son on yıldır sürdürülmektedir. Bilgi birikimimizin geliştirilebilmesi ve daha geçerli ve sağlıklı arama ilkelelerinin belirlenebilmesi, bilinen yatakların işletilmesiyle

Çizelge 5. Türkiye altın rezervleri (Karabalık, 1994'den geliştirilmiştir).

a) İşletilebilirliği söz konusu olan sahalar							
Yeri	Tipi	Au(gr/ton)	Ag(gr/ton)	Diğer (%)	Rezerv (t)	Metal (t)	
Bergama-Ovacık	Epitermal	9	11		2 980 000	27.0	
Çanakkale-Madendağı	"	1.25			8 000 000	10.0	
Gümüşhane-Mastra	"	8			1 164 000	9.2	
Artvin-Cerattepe	Oksitli Sülfidli	4.8	200		1 600 000	8.3	
	"	1.8	23.9	Cu 2.1	3 800 000	6.8	
	"	1.3	2.2	Cu 10	1 200 000	1.5	
Havran-Küçükdere	Epitermal	5	11.8		1 500 000	7.5	
Sivrihisar-Kaymaz	"	6.5	5.3		950 000	6.2	
<b>TOPLAM</b>						<b>76.5</b>	
b) Potansiyel rezerve sahip sahalar							
Arapdağı -Çilektepe	Epitermal	1.3			3 120 000	4.0	
Arapdağı-Ahntepe	"	3.38	42.8		688 000	2.4	
Sahilli-Sarı	Plaser	96 mgr/m <sup>3</sup>			20 mil. m <sup>3</sup>	1.9	
Hatay-Kisecikköy	Mezotermal	4			450 000	1.8	
Bolkanadağı	Karstik	8	273	Zn 4,Pb 4	175 000	1.4	
	"	3.12	140	Zn 1,Pb 2	152 000	0.5	
Ordu-Akoluk	Epitermal	1.14	20.8		1 048 000	1.2	
Sahilli-Bozdağı	"	1.38			848 000	1.2	
Kağızman-Darphane	Plaser	<0.1 gr/m <sup>3</sup>			9 mil. m <sup>3</sup>	0.9	
İnegöl-Sülüküköy	Epitermal	0.7-28			25 750	0.4	
Ödemiş-Küre	Mezotermal	1.1-8.0	1-3		96 000	0.4	
Ödemiş-Emirli	Epitermal	4.37			50 000	0.2	
Çanakkale-Karsaldağı	"	5.2			50 000	0.2	
<b>TOPLAM</b>						<b>16.7</b>	
c) Altın yan ürün olduğu bazı metal sahaları							
Küre-Aşıköy	Sülfidli	2.48	10	Cu 1.56	11 230 000	28.0	
Küre-Bakıba	"	1.5	5-20	Cu 3.24	250 000	0.4	
Rize-Çayeli	"	1	68	Cu 4.7, Zn 7	10 600 000	10.6	
Balıkesir-Altınoluk	Skam	5	25	Zn 6.7,Pb 8.2	242 000	1.2	
Borçka-Akarşen	Sülfidli	1.5	28	Cu 3.2	662 000	1.0	
Artvin-Seyitler	"	0.35	36.84	Cu 1.8, Zn 2	1 485 000	0.5	
Keban-Zeytinadağı	"	1.64-2.35	40.1-47.3	Pb 2, Zn 0.7	94 500	0.2	
Baskil-Nazarusağı	"	2.4	4.2	Cu 2	49 000	0.1	
<b>TOPLAM</b>						<b>42.0</b>	
<b>GENEL TOPLAM</b>						<b>135.0</b>	



Şekil 3. Türkiye'nin genel tektonik yapısı, volkanizması ve jeotermal alanlar (Unlutan, 1983'den değiştirilmiştir).



Şekil 4. Türkiye maden provenleri (Gümüş, 1970).



Şekil 5. Türkiye ahin yatakları.

elde edilecek veriler yardımıyla varsayımların doğrulanmasına bağlıdır.

Maden aramacılığı genelde büyük sermaye ve uzun bir hazırlık süresini gerektirmektedir. Bu tür yatırımlarda ayrıca risk faktörünün de yüksek olması nedeniyle yabancı sermayeli şirketler dışında, özel yerli şirketler • bu yatırımı göze alamamaktadır.

Aramaların başarılı sonuçlanması için, aranan maden yatağıyla ilgili bir benzeşim modelinin kurulması

gerekmektedir. Model olarak seçilen ve jeolojik özellikleri bilinen maden, yatakları, arama yapılacak yörelerin jeolojik özellikleriyle karşılaştırılmakta ve saptanan hedef sahalar için arama yöntemleri ve ilkeleri belirlenmektedir. Bu hazırlık döneminde zaman ve para israfının önlenmesi için, MTA'nın metalojenik havzalara yönelik olarak yürüttüğü çalışmalar sonucunda elde ettiği temel jeoloji ve jeokimya verileri, yayımlanmakta ve madenciler ile araştırmacıların kullanımına sunulmaktadır.

## DEĞİNİLEN BELGELER

Bachè, IL, 1987\* World Gold .Deposits, North. Oxford Acedemic, 179s.

Gümüş, A., 1970, Terkiye Metalojenisi, MTA Yayın., Ankara.

International Mining, 1988, Epithemial Gold., Feb., 1988, s. 7' -12,

Karabalık, N., 1994, Türkiye'nin allın potansiyeli, MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bilt,,, Sayı 1, s. 33 - 34.

Mining Journal Research Services, 1994,. The use of cyanide technology in processing gold, ores - European operations and regulations., Rapor (yayımlanmamış).

Oygûr, V., 1990, Allım madencilığının yeniden doğuş«. Jeoloji Mühendisliği, Sayı 37., s. 17 - 22.

Ünalın, G., 1983, Türkiye'nin Enerji! Kaynakları., Jeoloji Müh. Odası Yayın., No 40., 38s.

# Ànatas mineralinin X-ışınları difraktometresi ile nicel analizi için bir yöntem

Hulusi Kargı, Gümüşhane Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane

*X-ışınları difraktometresi ile klasik yöntemlerle nicel mineral analizlerinde genellikle toz halinde örnekler kullanılmakta olup bu örneklerin kalınlığı X-ışınının işleme derinliğine göre sonsuzdur. Kil mineralleri ile ilgili deneysel çalışma ve nitel analizlerde ise çoğunlukla yönlü örnekler kullanılır. Yönlü örneklerde klasik nicel mineral analiz yöntemlerinin uygulaması oldukça sınırlıdır, Bu nedenle, kil örnekleri içerisinde yaygın olarak bulunan anatas mineralinin nicel analizi için yönlü ve sonlu- örnek kalınlığı kullanılarak bir yöntem geliştirilmiştir» Değişik oranlarda anatas içeren smektit örneklerinden süspansiyonlar hazırlanıp, alüminyum slayt üzerinde kurutulmuştur. Örnekler bakır - Ka radyasyonuna tabi tutularak, örnek göreceli kütle soğurma katsayıları ve dolayısıyla anatas piklerinin düzeltilmiş şiddetleri belirlenmiştir. Düzeltilmiş şiddetlerin örnek içerisindeki anatas yüzdesine karşı regresyon analizi ile verilere en iyi uyum eğrinin denklemi bulunmuştur. Bu eğrinin denklemi: %Anatas = 0.0582393 x Anatas pikinin düzeltilmiş pikleri -1.058.*

## Giriş

X-ışınları ile nicel mineral analizi, uzun zamandan beri çalışmacılara, konu olmuştur (Biomberger ve Hayes, 1966; Hubbard ve diğerleri, 1976; Möwe, 1968; Spurr ve Myers, 1957),. Yaygın olarak kullanılan nicel analiz yöntemlerinden birisi içsel standartla mineral analizidir.

İçsel standartla mineral analizi Alexander ve Klug (1943) tarafından ortaya atılmış olup, bu yöntemle ana-

liz için örnek, içerisinde, belli miktarda standart olarak kullanılacak bir mineral eklemek gerekmektedir. Yöntemin, LİF içsel standart, kullanarak rutil için uygulaması, Eren ve Kargı (1995)'da verilmiştir. Klasik içsel standart yönteminden başka, özel durumlar için bazı yazarlar tarafından değişik analiz yöntemleri ortaya, alınmış olup bu yöntemler Alexander ve Klug (1.974) tarafından özetlenmiştir.,

X-ışınları difraktometresi ile mineral analizi yöntemlerinde kullanılan örnekler genellikle toz halinde olup, X-ışınının örneği geçip örnek altındaki metale ulaşamayacak kadar kalın olmaktadır. Bazı çalışmalar için örneklerin hazırlanma şekli, klasik toz örneklemelelerinden farklıdır,. Örneğin, kille ilgili deneysel çalışmalar için, alüminyum veya cam. slayt üzerinde sedimante edilmiş yönlü örnekler kullanılır. Bu yönlü örneklerde, içsel standart yöntemi ise pek tercih edilmez çünkü içsel standart olarak çoğunlukla, kütle soğurma katsayıları düşük olan alkali kristal bileşikler (LİR Ca.F<sub>2</sub> vb.) kullanıldığında, bunlar kil minerallerinde kation değişimi, şişebilirlik özelliğini etkileme gibi islenmeyen etkiler yapabilirler. Alkali kristal bileşikler dışında bazı minerallerde kil analizlerinde içsel standart olarak kullanılabilir ancak bu örneklerin, hazırlanmasında bazı zorluklar vardır ve dolayısıyla analizlerde hata payının artması söz konusudur. Bu içsel standartlar ve neden oldukları zorluklar Moore ve Reynolds (1989) tarafından verilmiştir.

Slayt üzerinde oluşturulan yönlü, örnekler yeteri kadar ince olduğunda, gelen X-ışını örneği geçip slayta kadar ulaşabilmektedir. Dolayısıyla difraktometre kağıdında veya bilgisayarda metal slayta ait piklerde görülebilmektedir. Slayt üzerindeki örneğin miktarı sabitse, bir örnekten diğer örneğe,, metal slayta ait piklerin şiddetlerinin farklı olması nedeniyle, örnek bileşenlerinin fonksiyonu olarak, örneklerin kille soğurma katsayılarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla örnek altındaki metal slayta ait. piklerin şiddetleri, örneğin gö-

reçeli 'kütle soğurma, katsayısını vermektedir. Bu düşünce ile, kil deneyleri yapılırken aynı zamanda, killer içerisinde bulunabilen anatas (TiO<sub>2</sub>) mineralinin miktarını belirlemek amacıyla,» sonlu örnek yöntemi, kullanılarak yönlü örnekler<sup>1</sup> için bir yöntem geliştirilmiştir.

## Yöntem

Değişik miktarlarda anatas ile sm.ektit mineralleri karıştırılarak %2, %10, %20, %30 ve %40 anatas içeren toz örnekler hazırlandı. Hazırlanan bu örneklerin 0.25 gramı 20 ml saf su içeren, şişeler içerisine boşaltılarak süspansiyonlar oluşturuldu. Ultrasonik banyo yardımı ile süspansiyon içerisindeki taneler dağıtıldı. Şişeler el ile sallandıktan hemen sonra, pipetler yardımıyla süspansiyonlardan birer ml alınarak,, alüminyum slaytlar üzerindeki bir inç (yaklaşık 2.54- cm) çaplı bileziklerle sınırlandırılmış alanlara boşaltıldı, ve 24 saat açık havada bekletilerek süspansiyonlar kurutuldu. 24 saat sonra alüminyum slaytlar üzerinde çok ince örnek tabakaları oluştu.

Alim.in.yuro slaytlara, yüklenmiş örnekler ve boş slaytlar,, Philips marka bir- difraktometrede 2° 2θ / dakika tarama hızı kullanılarak, nikel ile filtrelenmiş Cu - Ka radyasyonu ile çekim yapıldı. Boş slaytan ve örnekli slayttan, elde edilen, difraktometre kağıdı üzerindeki, alüminyumun en. büyük pikinin (d=2.34Å) şiddetleri, ve örnekli slaytlardan elde edilen anatasın en büyük pikinin (d=3,52Å) göreceli integrale şiddetleri (mm<sup>2</sup> olarak pik alanı) ölçülüp kaydedildi. Elde- edilen, veriler<sup>1</sup> Grapher 1,21 bilgisayar programıyla değerlendirildi,

## Nicel Anatas analizi

### Teori

Bir X-ışın demeti herhangi, bir madde içerisinden geçtiğinde,, o maddenin özelliği, ve kalınlığının fonksiyonu olarak, geçen X-ışınının şiddetinin (I) gelen X-

$$(D) \quad \frac{I}{I_0} = e^{-\mu x}$$

ışınının şiddetine (I<sub>0</sub>) oranı Beer yasası ile ifade edilir.

μ, doğrusal kütle soğurma katsayısı, t ise X-ışınının madde içerisinde- izlediği yolun uzunluğudur (Ladd ve Polmer, 1985).

Bir alüminyum slayt üzerinde. X-ışınının geçiş alüminyum slayta ulaşacak kadar incelikte bir örnek tabakası oluşturulursa, ve bu. örnek bir difraktometrede X-ışınına tabi tutulursa,, alüminyumun belli bir<sup>1</sup> hkl yansımalarının şiddeti, benzer şekilde,, aşağıdaki denklemle ifade edebilir...

$$(21) \quad V = I \cdot A$$

I<sub>0</sub>, örnekleri slayttaki, alüminyumun hkl yansımalarının, şiddeti; I<sub>b</sub>, 'boş slayttaki alüminyum hkl yansımalarının şiddetidir (Williams, 1959). Gelen ilk X-ışını (I<sub>0</sub>) alüminyum slayta ulaşmaya kadar<sup>1</sup> soğurularak ve alüminyum slaytta difrakte olup tekrar örnek içerisinden geçerken, soğurulacağından, denklemin sağ tarafındaki üssel ifade 2 ile çarpılmıştır.

•Slayt, üzerindeki, örnek, tabakasının kalınlığına x dersek,, 2,, denklemin gelen X-ışınının açısının fonksiyonu olarak, şu şekilde düzenleyebiliriz.

$$(3) \quad I_0 = I_b \cdot e^{-\mu x / \sin \theta}$$

Q<sub>M</sub>, alüminyum hkl düzleminin difraksiyon açısıdır. Denklem doğal lo.aritması alınıp, |i çekilirse.

$$(4) \quad \ln \left( \frac{I_0}{I_b} \right) = \frac{\mu x}{\sin \theta}$$

ifadesi elde edilir,

Alüminyum slayt üzerindeki örnek tabakası içerisinde bulunan anatas mineralinin belli bir hkl yansımalarının şiddetini bulmak, için öncelikle örnek - slayt sınırındaki kalınlığı dx, hacmi dV olan. bir birim hacimden difrakte olan X-ışınını form.tili.ze etmek gerekir. Örnek içerisindeki anatasın hacimsel keski v<sup>^</sup>ve soğurmanın olmadığı varsayılan bir durumda birim hacimden difrakte olan X-ışınının gelen. X-ışına oranı KA» ise, hacimden difrakte olan X-ışınının şiddeti (dI<sub>An</sub>):

$$dI_{An} = V_{An} \cdot \mu_{An} \cdot I_{An} \cdot \sin \theta_{An} \cdot dx$$

8An, anatas hkl sinin difraksiyon açısıdır... Gelen X-ışına dik kesitin alanına A dersek dV hacmi.üi şu şekilde ifade edebiliriz:

$$(6) \quad dV = \frac{A}{\sin \theta_{An}} \cdot dx$$

5. denklem. dx kalınlığının fonksiyonu olarak yazıldığında:

$$(7) \quad dI_{An} = \frac{V_{An} \cdot K_{An} \cdot A_{An}}{\sin \theta_{An}} \cdot e^{-\mu x / \sin \theta_{An}} \cdot dx$$

Bu eşitlik sıfır (0) dan. x kalınlığına kadar integrale edilirse, örnek içerisindeki anatasın x kalınlığı boyunca hkl düzlemlerinden, difrakte olan X-ışınının toplam şiddeti (IAU) bulunur.

$$(8) \quad i_{An} = \frac{1}{L} \cdot \frac{1}{\sin \theta_{An}} \cdot (L \cdot e^{\theta_{An}})$$

3. denklem yeniden düzenlenip,

$$m \quad \left( \frac{ir}{L} - \frac{1}{\sin \theta_{An}} \right)$$

ve 8. denklemde yerine konursa:

$$(10) \quad I_{An} = \frac{V^* \cdot K \cdot I \cdot A}{2 \cdot L \cdot W} \cdot \left[ \frac{1}{\sin \theta_{An}} \cdot \frac{1}{\sin \theta_{An}} \right]$$

eşitliği elde edilir,  $\frac{1}{\sin \theta_{An}}$  yerine de 4. denklemdeki karşılığı konulduğunda denklem aşağıdaki şekle dönüşür.

$$x \cdot V^* \cdot K \cdot T \cdot A \cdot \left[ \frac{1}{\sin \theta_{An}} \right]$$

V,W,WAII sırasıyla; X-isioidemetinin etkin olduğu kısımdaki örneğin hacmi, ağırlığı ve anatasın ağırlığı ve  $W^* \cdot J^* \cdot An$  sırasıyla; örnek içerisindeki anatasın ağırlıkça kesini ve anatasın özgül ağırlığı olarak tanımlanırsa,  $v^*$ yi  $w^*$  dönüştürmek için aşağıdaki denklemler yazılabilir.

$$(12a) \quad V = \frac{1}{\sin \theta_{An}} \cdot X$$

$$(12b) \quad \frac{W}{A} = \frac{1}{\sin \theta_{An}} \cdot X$$

$$(12c) \quad W^* = W^*_{Aj} \cdot W$$

$$(12d) \quad v^* \cdot An^v = \frac{W^* \cdot W}{PAU}$$

$$(12e) \quad v^*_{4} = \frac{W^* \cdot W}{\sin \theta_{An}}$$

$$(12f) \quad \frac{y}{An} = \frac{1}{\sin \theta_{An}}$$

12f denklemdeki eşitliğin sağ tarafındaki ifade 11. denklemde yerine konup yeniden düzenlendiğinde

$$(13) \quad I_{An} = -4a \cdot \frac{1}{L} \cdot \frac{1}{\sin \theta_{An}} \cdot \left[ \frac{1}{\sin \theta_{An}} \right]$$

ve 13. denklemden  $w^*$  çekildiğinde-

$$(14) \quad W = \frac{1}{W \cdot K \cdot J_0} \cdot \frac{1}{y} \cdot \frac{1}{\sin \theta_{An}} \cdot \left[ \frac{1}{\sin \theta_{An}} \right]$$

eşitliği elde edilir.

Uygulama:

14. denklem, sadece alüminyum slayt üzerindeki örnek tabakası içerisinde bulunan anatasın miktarını belirlemek için kullanılabilir ancak gerekli terimler değiştirildiğinde bütün minerallere ve slaytlara da uygulanabilir.

Denklemdeki PAH / WKAJO ifadesinde PAH ve KM genel sabitlerdir. L herhangi bir difraktometre için sabit, W ise örnekler hazırlanırken aynı miktarlarca örnek kullanıldığı için bu çalışma için sabittir. Dolayısıyla bütün bu sabitler tek bir sabit altında toplanabilir (=b). Kullanılan alüminyum ve anatas piklerinin K açıları  $19.25^\circ$  ve  $12.65^\circ$  olduğundan  $\frac{1}{\sin \theta_{An}} / \frac{1}{\sin \theta_{An}}$  nin değeri 1.505 dir. Deneysel çalışmalarda her zaman hata bekleneceğinden, denkleme C sabiti eklenip yeniden düzenlirse aşağıdaki ifade oluşur.

$$(15) \quad W^*_{4An} = b \cdot \left[ \frac{1}{\sin \theta_{An}} \cdot \frac{1}{\sin \theta_{An}} \right] + C$$

Bu eşitliğin sağ tarafındaki parantez içerisinde kalan kısım., anatas pikinin düzeltilmiş şiddeti, olarak düşünülebilir. Açıkça görüldüğü gibi bu dizime, anatas pikinin gözlenen şiddetinin (IA) örneğin göreceli kütle soğurma, katsayısına göre düzeltilmesi şeklindedir.

Analizlerde elde edilen, verilere, 15. denklem kullanılarak en küçük kareler yöntemi ile bir eğri uydurulduğunda aşağıdaki, değerler elde edilmiştir.

$$b: 0.0532393$$

$$C: -1.058$$

$$r^2 \text{ (deneştirme katsayısı): } 0.999212$$



$r^2$  nie değerinden görüldüğü gibi denklem, verileri oldukça iyi karakterize etmektedir... Yöntemin, hassasiyetinin oldukça iyi olduğu Tablo 1'den ve Şekil 1'den görülmektedir. Hesap yoluyla bulunan anatasın ağırlıkça yüzdelерinin, örnek içerisindeki anatasın gerçek yüzdelерinden farklarının ortalama % 0.37 dir.,  $I_x - \bar{x}(100 / x)$  formülü ile bulunmuş, analizlerin hassasiyeti ise ortalama % 6.13 olmasına rağmen, % 2 anatas içeren, örnek, hariç, diğer örnekler için, % 1,66 her iki değerde- X-ışınları difraktometresi ile yapılan analizlerde- istenen hassasiyet sınırları içerisinde yer almaktadır.

## Sonuçlar

Alüminyum, slaytlar üzerinde çok. ince, yönlü tabakaları oluşturularak, bu örnekler içerisindeki anatas mineralinin X-ışınları difraktometresi ile nicel analizi yapılmıştır. Nicel analizlerin direkt yapılmasını engelleyen kütle soğurma katsayısı, örnek altındaki alüminyum slayta ait piklerin şiddetleri ile göreceli olarak bulunarak anatas pikinin düzeltilmiş şiddetleri, belirlenmiştir.

Bu yöntemle hesaplanan örnek içerisindeki yüzde ağırlıkların, gerçek değerlerden, farkı % 0.18 ile % 0.48 arasında değişmektedir. Verilerle denklem arasındaki ilişkiyi veren deneme katsayısı ( $r^2$ ) = 0.999212 dir. Bu bilgiler yöntemin, örnekler içerisindeki anatasın miktarını hassas bir şekilde tahmin edebileceğini açıkça göstermektedir.

### KATKI BELİRTME

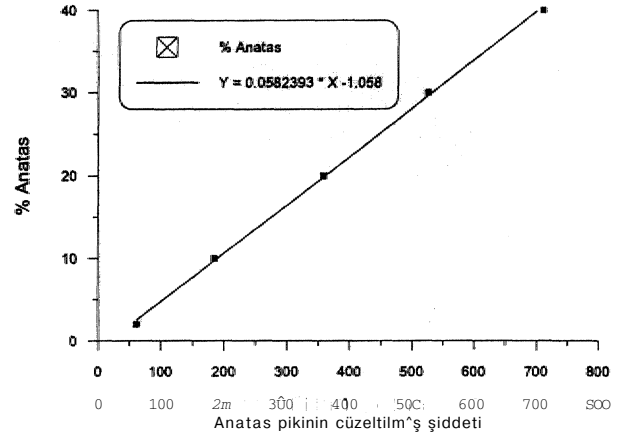
Be çalışma, A.B.D./de Texas Tech. Üniversitesi Jeoloji Bölümü., X-ışınları laboratuvarında örnekler içerisindeki titanyum mineralinin oluşumunu inceleyen yapmış olduğum, bir çalışmadır. Bana bu çalışma imkanını sağlayan, çalışma boyunca, yardımlarını esirgemeyen. Prof. Dr. Necip Geven'e teşekkür ederim.

### DEĞİNİLEN BELGELER

- Alexander, L. and Hug, H.P., 1948. The basic aspects of X-ray absorption in quantitative diffraction analysis of powder mixture. Anal. Chem., 20, 886 - 889.
- Bromberger, I.S. and Hayes, J.B., 1966. Quantitative determination of calcite - dolomite - apatite mixtures by X-ray diffraction. J. Sed. Petrology, 36,2, 358 - 361.

**Çizelge 1. Deneysel ve hesaplanan veriler. Sütun başlıkları için metne bakınız.**

% W <sub>an</sub> <sup>*</sup> (kullanılan)	I <sub>an</sub>	I <sub>b</sub>	I <sub>c</sub>	I <sub>b</sub> / I <sub>c</sub>	ln(I <sub>b</sub> / I <sub>c</sub> )	Anatas pikinin düzeltilmiş şiddeti	% W <sub>an</sub> <sup>*</sup> (hesaplanan)	Fark
2	25	2010	483	0.240	-1.426	60.754	2.48	0.48
10	70	1960	400	0.204	-1.589	184.281	9.67	0.33
20	145	1550	350	0.232	-1.460	358.415	19.82	0.18
30	198	1450	290	0.200	-1.609	526.292	29.60	0.40
40	260	2150	403	0.187	-1.674	712.486	40.44	0.44



**Şekil 1. Anatasın örnek içerisindeki yüzdesi ile anatas pikinin düzeltilmiş şiddeti arasındaki ilişkiyi gösteren grafik.**

- Hubbard, C.R., Evans, E.H., and Smith, D.K., 1976. The reference intensity ratio,  $I_0/I_c$  for computer simulated powder patterns. J. Appl. Cryst., 9, 169 - 174.
- Klug, H.P. and Alexander, L.E., 1974, X-ray diffraction, procedures for polycrystalline and amorphous materials. John Wiley and Sons., New York, 966 pp.
- Ladd, M.F.C. and Palmer, R.A., 1985, Structure determination, by X-ray crystallography, Plenum Press., New York, 502 pp.
- Moore, C.A., 1968, Quantitative analysis of naturally occurring multicomponent mineral systems by X-ray diffraction. Clays and Clay Min., 16, 325 - 336.
- Moore\* D.M. and Reynolds, R-C Jr., 1989, X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals, Oxford University Press., New York, 332 pp.
- Sparr, R.A. and Myers, H., 1957, Quantitative analysis of anatase - rutile mixtures with an X-ray diffractometer. Anal. Chem., 29, 5, 760 - 762.
- Williams, P.P., 1959, Direct quantitative diffractometric analysis. Anal. Chem., 31, 1842 - 1844.

# Çayırhan (Nallıhan - Ankara) termik santrali baca gazı arıtma kireçtaşı

Aydoğın Akbuğut, MTA Genel Müdürlüğü, Maden Etüd Dairesi, Ankara

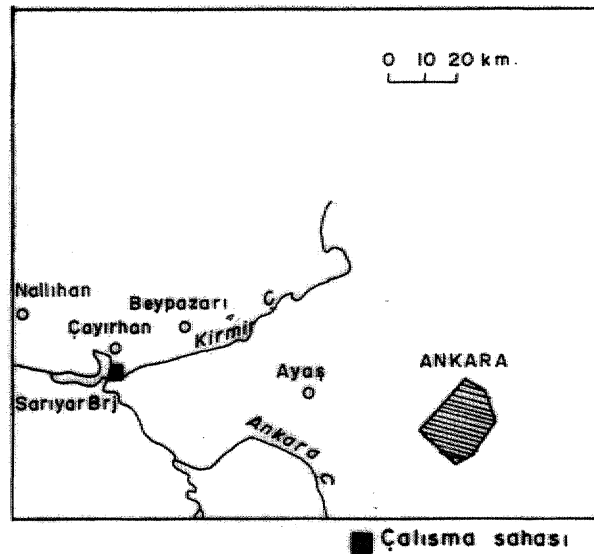
Bu çalışmanın amacı Çayırhan Santrali'nin baca gazı arıtma tesisinde kullanılacak uygun kireçtaşı çevrede olabildiğince yakın Mr yerde ve yeterli miktarda belirlemektir. Uygun nitelik ve miktarda görülen kireçtaşı Santral'in üç kilometre güneyinde çakıltası, kumtaşı, kiştaşı» marn, kireçtaşı cu'dalanmasında oluşan Bozcayır Formasyonunda saptanarak incelenmiştir. Üst Miyosen Bozcayır Formasyonu tabanındaki dolomitik marn ve dolomitik kireçtaşlarının üzerinde 25 - 30 metre kalınlıkta bir karbonat istifine sahiptir. Söz konusu karbonat istifi kendi içinde üstten alta "üst kireçtaşı", "ara seviye" ve "alt kireçtaşı" olmak üzere üç bölüme ayrılabilir. Bu seviyeler kendi aralarında düşey- geçişli olup çökeltme anında veya hemen sonrasında yeşil kil saflılıklarıyla zaman zaman az da olsa karışmıştır. Üst kireçtaşı ortalama 4 metre kalınlıkta ve düşük saflıkta bir kireçtaşı seviyesidir. "Ara seviye" ortalama 7 metre kalınlıkta ve gözenekli, killi, yeryer dolomit - dolomitik kireçtaşı mercekli silisli kireçtaşıdır. "Âit kireçtaşı" ortalama 20 metre kalınlıkta olup orta - yüksek saflıktadır: "Ara seviye" ile karıştırılarak baca gazı arıtması için uygun karışımlar verebilir. Bozcayır Formasyonu kireçtaşı istifinin görünür rezervi " ara seviye" ile birlikte 30 milyon tonun üzerindedir.. Pliyosen kil, marn» çakıl ve jipslerinden oluşan örtünün 10 metre kalınlığa kadar olan kısmının altında kalan kireçtaşı istifi değerlendirmeye alınmıştır. Bu sınıra kadar olan örtü miktarı toplam. 2 120 921 m<sup>3</sup> tür, Kireçtaşı içinde dolomitik ve uygun olmayan kesimler belirtilmiştir. Kullanıma uygun nitelikte ve yeterli miktarda kireçtaşının varlığı ortaya konulmuştur.

## Giriş

Çayırhan Termik Santralının baca gazlarını arıtacak tesiste kullanılmak üzere büyük, miktarda, kireçtaşı gereksinim vardır. Bu kireçtaşının gaz arıtmaya en uygun ve en yakın yCizleklerini belirlemek, uygun olmayan kesimlerinin, ayrırflaması kenarındaki küçük bir yerleşim 'birimidir. Nallıhan'a 2,5 km, Ankara'ya 125 km uzaklıktadır. Çayırhan Termik Santral'nin gereksinimine uygun kireçtaşları Bolu H27 - d3 paftasında, ve Santral'in yaklaşık 3 km güneyinde bulunur (Şekil 1).

Bilediği gibi düşük, kalorili linyitler<sup>1</sup> en çok termik santrallerde kullanılmaktadır. Türkiye'nin enerji sektöründe kullanılan enerji kaynaklarının 1985 te %19.1 inin linyite dayandığı bilinmekte ve 2010 yılında ise bu miktano %15 e düşürülmesi beklenmektedir.

Linyitin yakılmasıyla havaya tozlar, kükürt dioksit ve azot oksitler karışmaktadır. Bu maddeler havadaki nem ile tepkimeye girerek asit yağmurlarına neden ol-



Şekil 1. Yer bulduru haritası.

makta, akarsu ve göller ile toprakta asitleşme olayını meydana getirmektedir. Linyitin kükürt içeriği genelde % 1-2,6 düzeyinde olup çok tehlikeli bir çevre kirleticisidir. Baca gazlarının kükürt dioksitten antüması yaş  $SO_2$  yıkama veya kuru  $SO_2$  yüzeysel tutma yöntemi ile sağlanır. Kura yöntemdeki uygulamalardan, birinde toz halindeki kireçtaşı, nemlendirilmiş bacası gazına, püskürtülür. Yaş yöntemde, kireçtaşı çözeltisi ile yıkanan  $SO_2$  tepkime sonucu  $CaSO_4$  karışımına dönüşür (Durmaz, 1987).

Bu gün çevre sağlığı bakımından, yasal, bir zorunluluk olan baca gazı arıtma sistemleri, içinde şimdilik en yaygın olanı yaş kireçtaşı yöntemidir. Dolayısıyla bu yöntemde büyük miktarlarda, uygun kalitede kireçtaşı gereksinim duyulmaktadır. Örneğin kireçtaşı  $CaCO_3$  en az %85,  $MgO$ 'i en çok %3,  $SiO_2$ 'i en çok %4 ve  $R_2O_3$  ü en çok %4 olmalıdır. Bu araştırma böyle bir kireçtaşı sahası belirleme amacıyla yapılmıştır.

Çayırhan Termik Santral baca gazı arıtma tesisinde yaş kireçtaşı yöntemi kullanıldığı için burada öz olarak yalnızca bu yöntemde değinilecektir. Arıtma tesisi birbirinin aynı iki birimden oluşur. Tam kapasite ile çalıştırıldığında her biri saatte 200 ton kireçtaşı tüketir. Kireçtaşı depodan, besleme hunisine, sarsıntılı eleğe ve sırasıyla kırıcı, yaş bilyalı değirmene, havalı ayırıcılara ve absorban toplama kazanına gelir. Yaş baca tabanındaki kazandan birinci aşama püskürme düzeyine gönderilen kireçtaşı çözeltisi ve ikinci aşama düzeyindeki kireçtaşı çözeltisi baca gazı ile tepkimeye girerek  $CaSO_4$  karışımı halinde arıtma bacası tabanındaki kazanda toplanır. Burada bir taraftan sürekli baca gazı üzerine gönderilirken bir taraftan da toplanma kazanında oksitleyici hava pompalarından gelen hava ile oksitlenerek  $CaSO_4$  haline dönüştürülür.  $CaSO_4$  çamuru kazandan, çekilerek pompalarla jips toplama deposuna gönderilir (Şekil 2).

Yaş kireçtaşı yönteminde  $SO_2$  arıtma verimi kömürün kükürt oranına, bağlıdır. Kükürt oranı % 0.75 - 1 olan kömürlerde yanma sonrası atmosfere dağılan  $SO_2$  miktarı bu yöntemle  $400 \text{ mg/m}^3$  ün altına düşürülebilir. Yine bu yöntemde baca gazı sıcaklığı 50 sanligrad dereceye düştüğünden baca çekişini sağlamak için baca girişinden önce gazın yeniden ısıtılması gerekir.

## Jeoloji

Çayırhan çevresinde temeli oluşturan, en yaşlı birim "Ayırtlanmamış Temel Karmaşığı" (Altın, 1973) olarak, isimlendirilen Paleozoyik metamorfik ve metaültrabazitleridir. Çayırhan'ın yaklaşık 20 km kuzeyinde gö-

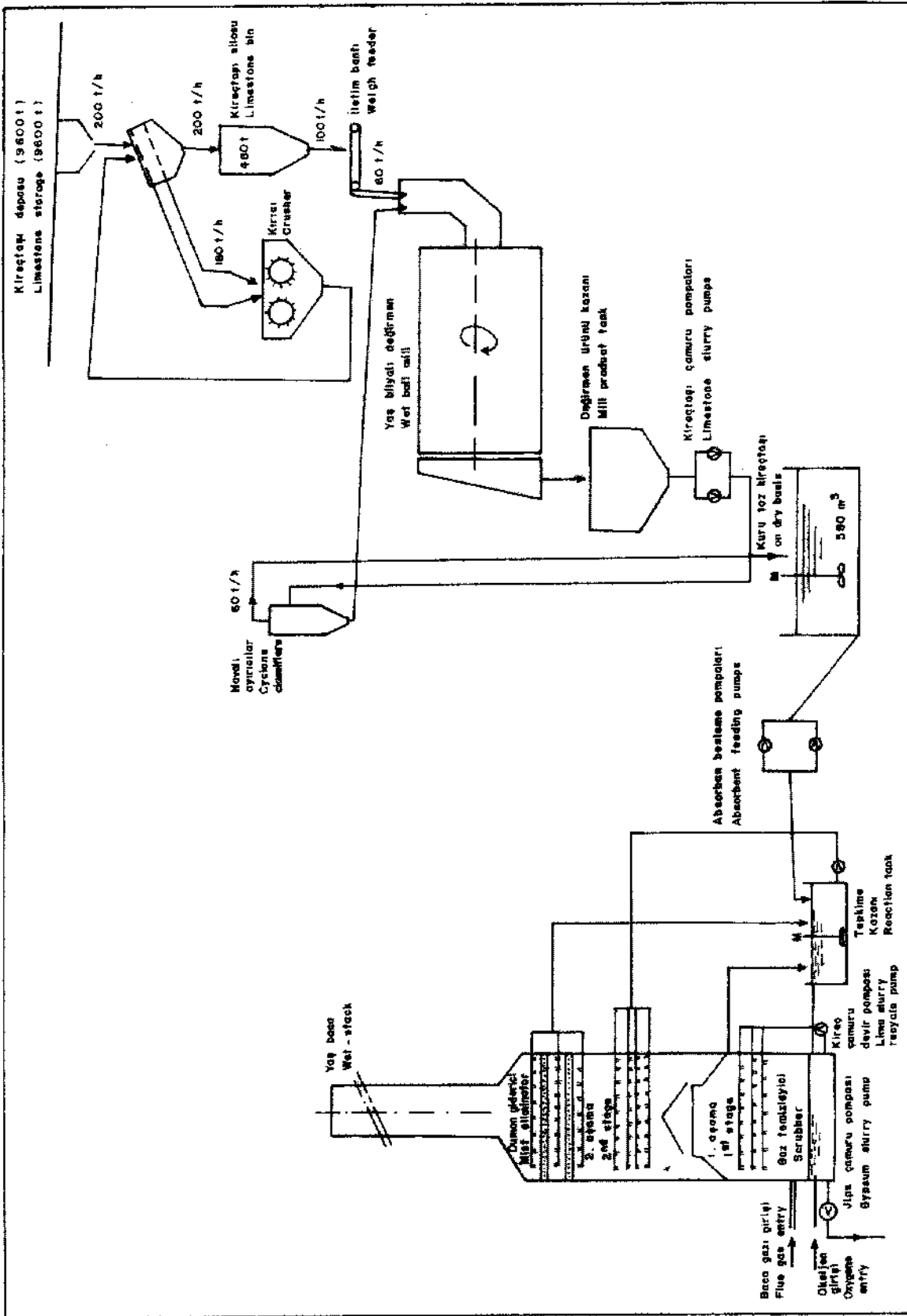
rülen metamorfikler dışında Nallıhan yöresinde temeli Jura, öncesi yaşta granitik sokulum kayaları oluşturur (Saner, 1980). inceleme alanının kuzeyinde metamorfikler üzerinde tektonik dokanakla Soğukçam Formasyonu yer alırken Nallıhan yöresinde granitik temel, üzerinde Bilecik Kireçtaşı ve üste doğru geçişli olarak Soğukçam Formasyonu bulunur. Yörede çeşitli amaçlarla Jensenko (1955), Gökmen (1965), Wedding (1965), Aziz (1976), Işıganer (1976), Narin (1980), Siyako (1983) ve Çelik (1988) çalışmışlardır. Bu çalışmalara göre metamorfik ve granitik sokulum, kayalarının üzerinde çeşitli Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı çökel, volkanoçökel ve volkanik birimler uyumsuz olarak yer alır.

inceleme alanında Tersiyer, Neojen alt sistemi; Neojen de Miyosen ve Pliyosen serileri ile temsil edilir. Miyosen bölgede geniş bir alana, yayılır ve kalınlığı 1000 metreye kadar çıkar. Miyosen birbiri ile uyumlu, alttan üste şu formasyonlardan oluşur: Boyalı Formasyonu (çakıltası, kumlası, kömürlü kiltası-tüfit), Hırka Formasyonu (şeyi, bitümlü şeyl-tüfit, soda "trona"), Karadoruk Formasyonu (çörtlü dolomitik kireçtaşı), Akkum Formasyonu (bentonitik kiltası, mam., tüfit, kireçtaşı) Kızılkum Formasyonu (kırmızı, yeşil, kiltası - tüfit) ile Aase Formasyonu (tüfitik kiltası - marn)'ndan oluşur (Çelik, 1988).

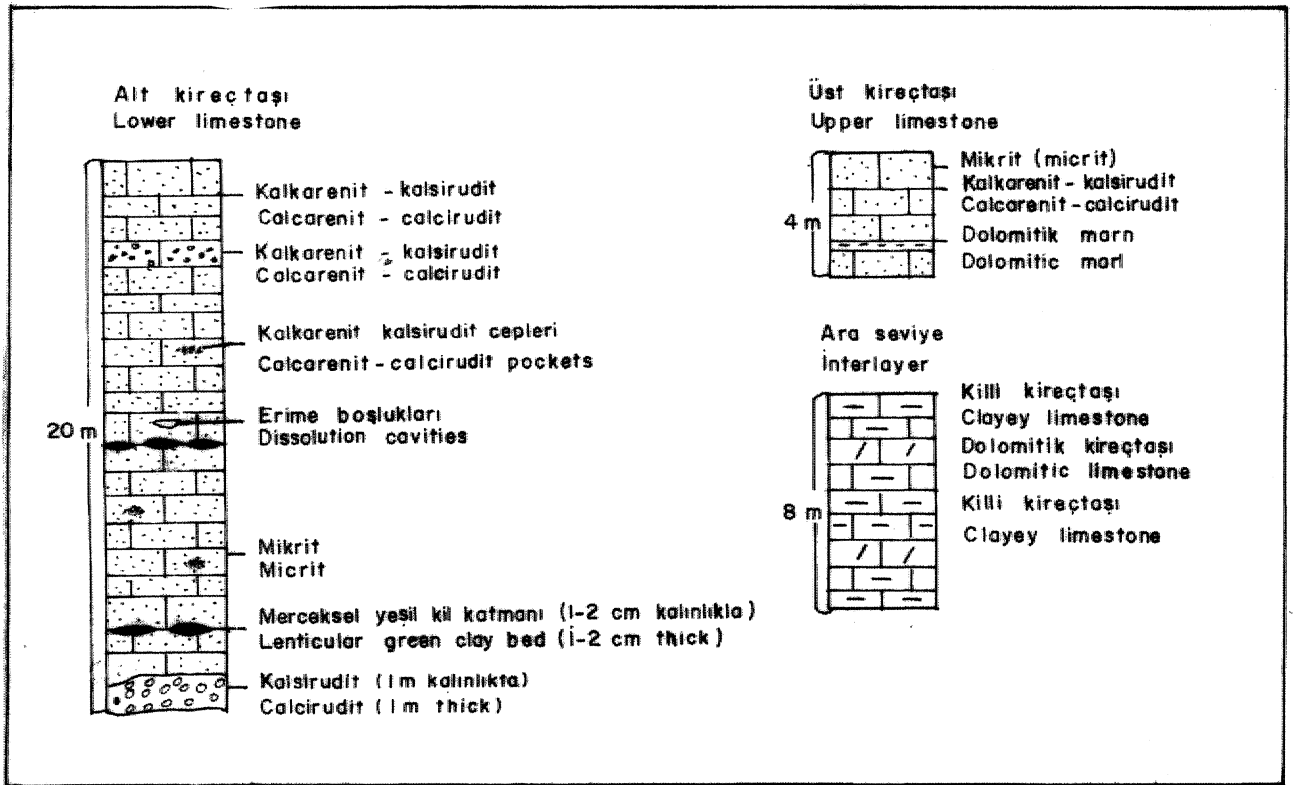
Diğer bir çalışmada Neojen öncesi, metamorfik, ofiyolit, granit, kireçtaşı ve kırıntılı kayalardan oluşan temel üzerinde uyumsuz olarak Orta Miyosen ve Üst Miyosen formasyonları ayrılmıştır (İnci ve diğ., 1988, Tatar ve diğ., 1993'ten).

Bu çalışmada Orta Miyosen yaşlı Çoraklar Formasyonu (linyitli çapraz katmanlı çakıltası, kumlası ve çamurtaşı), Hırka Formasyonu (şeyi, bitümlü şeyi, trona ve tüf), Akpınar Formasyonu (silisleşmiş kiltası, kireçtaşı ve çört), Çayırhan Formasyonu (kiltası, çamurtaşı, ince taneli kumlası) ve Üst Miyosen yaşlı Bozbelen Formasyonu (çakıltası, kumtaşı, süttası, çamurtaşı), Sanyar Kireçtaşı ve Kırmir Formasyonu (Kiltası, çamurtaşı ve jips) tanımlanmıştır.

Bu çalışmada Üst Miyosen yaşlı Sanyar Kireçtaşı Işıganer (1976)'da Bozçayır Formasyonu, içindeki kireçtaşları ile; Çelik (1988)'deki Pliyosen yaşlı Bozalan Formasyonunun en üst seviyesindeki kireçtaşlarının eşleştiği, olmalıdır. Çalışmamızda söz konusu kireçtaşları Bozçayır Formasyonu adı altında tanımlanacaktır. Üstündeki birimler de Pliyosen yaşlı Softa 1 ve Softa 2 formasyonları olarak, anlatılacaktır.



Şekil 2. Çayırhan Termik Santrali baca gazı arıtma tesisi basitleştirilmiş akım şeması ve buldurma haritası.



Şekil J. "AH kireçtaşı", "ara seviye" ve "üst kireçtaşı" seviyeleri.

## Bozçayır Formasyonu.

Bozçayır Formasyonu inceleme alanında altı görülmeyen açık yeşil - beyaz dolomitik marn, kil ve dolomitik killi kireçtaşı arakatmanları içeren bir taban seviyesi **ite** başlar.. Taban seviyesi üzerinde "alt kireçtaşı", onun üzerine marn-kil, killi kireçtaşı "ara seviyesi" ile "üst kireçtaşı" seviyesi, gelir (Şekil 3' ve 4),,

Taban seviyesi; Altındaki marn., killi kireçtaşı, kil ve dolomitik marn litolojileri inceleme alanının batı ve güney kenarlarında, Sarıyer baraj gölünün hemo kıyısındaki yamaçlarda görülür. Yer yer kahverengi sildi kesimlerin dışında, sertçe, beyaz., silisleşmiş mam - kil ile gevşek yapıda açık yeşil maro ve killerden oluşur. Bu seviye içinde yer yer dolomit, dolomitik marn - kireçtaşı ve mercksel kireçtaşı arakatmanlarına rastlanır.

**Alt kireçtaşı;** Sanyar baraj gölü .kıyası boyunca, dik, kalın bir yar halinde uzanır. Az çok dalgalı, yeşilimsi beyaz bir dolomitik kil taban, üzerinde iyi yuvarlak, yumurta biçimli 10 - 20 cm boyunda keodi kireçtaşı çatallarından ibaret, bir kireçtaşı seviyesiyle başlar. Bu çakılların arasında küçük, yeşil kil cepleri bulunur. Üste doğru mikrit ve kalkareo.it - kalsirudit kalın katmanları ardalanarak "ara seviye" ye geçer. Ortalama 20 metre kalınlıktadır.

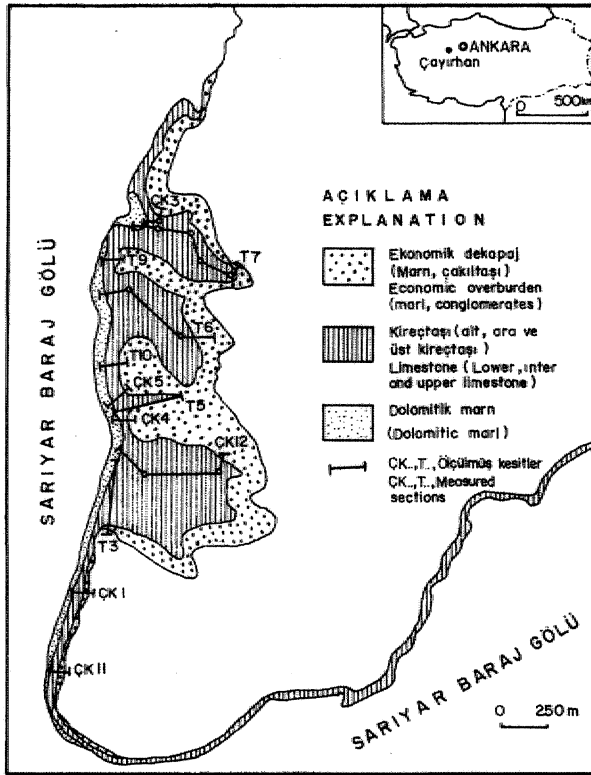
Beyazımsı bej, mikritik. kireçtaşı - kalsirudit - kalkarenit dokudu ardalanmış seviyeler halindeki bu kireçtaşı 15 - 25 metre kalınlıkta ve ara seviye ile altındaki dolomitik fliamlano arasında bulunur. Genelde orta - yüksek saf kireçtaşı kalitesindedir. Bazen ara seviye ve tabandaki dolomitik. marnlarla düşey geçişler yapar.,

İnce kesitte kenarları net olmayan mikritik tanelerden, boşluğa doğru, giderek büyüyen spar kalsit çimento görülür. Bazı boşluk ve tane kenarlarında bakımsız spariük çimento ile mikrit içinde kuş gözü yapılan, gözlenmiştir. Mikritik parça ve tanelerin bazı ostrakod kavkalarıyla çökelme anında veya hemen sonrasında sığ göl tabanının hareketliliği nedeniyle birbirinin içine karıştığı ve hatta zaman zaman suyun azalması ile su yüzüne çıktığı izlenimi algılanmaktadır.

Daha çok tabana yakın kısımlarda yaygın yumrulu kireçtaşı veya kalsirudit fasiyesi, çimentosunda bir mikm yeşil kil ve mikritik kireçtaşı parçalarının bulundurarak inceli kalınlaşmış bir seviye oluşturur. Breşik görümlü bu seviyenin kalınlığı 0.5 - 1.5 metre arasında değişmektedir.

"**Alt kireçtaşı.**"nın üste yakın, kesimlerinde yer yer 0.2 metre kalınlığında 0.5 metre uzunluğunda mercksel dolomitik kireçtaşı seviyesi gözlenir. Bu seviyeler bazen dolomitik marn - mam görümlü yumuşak beyaz dolomitler halindedir.

"**Ara seviye.**" Kendi içinde killi kireçtaşı-marokil-



ŞekB 4. Çayır han Termik Santrali kireçtaşı sahasında, kireçtaşı ve ölçülmüş kesii dağıtımı.

kireçtaşı geçişleri, gösterir. Açık yeşil-beyazımsı renkleri ve düşük, açılı yamaçlar halinde görünüşleriyle tanınır. Bolca gözenekli ve daha az serf yapıdadırlar. Ortalama 6 metre kalınlıktadır. Bu seviye yunurulu, killi kireçtaşı ve merceksel dolomitik. killi kireçtaşıüdao oluşur. Üst kireçtaşTmn altında, düşük yamaç eğimleri ile 3 - 10 metre kalınlıkta bir seviye halinde görülür. Yeşilimsi krem renkli, bolca gözenekli, yumrulu, yüksek silis ve  $R_2O_3$  içeriklidir. Gözenekler birincil ve çoğu da erime soması oluşmuştur. Gözeneklerle önemli bir bölümüne yeşil, kil dolmuştur... Bu yüzden, dayanımlı kireçtaşı yumruları arasında % 25 - 30 kadar yeşil kil kapanlanmıştır. Yeşil **killi**, yumrulu kireçtaşı "ara .seviye" de killi kireçtaşı ile yanal ve düşey geçişlidir.

Kireçtaşı yumrularının ince kesitlerinde mikrit içinde erime ve birincil boşluklar ile çatlaklarında yer yer kuvars kırıntılarının kalmış olduğu görülür. Gerek "üst kireçtaşı" gerekse "ara seviye" kil hamurlu yumrulu kalkarenit ince kesitlerinde ostrakod kavkalarına rastlanmaktadır,

**Üst Kireçtaşı:** Kali.verco.gi. beji renkli,, beyazımsı - beji mikrit ve 'kalkarenit dokulu bir seviyedir. Bu seviye kendi içinde yer yer 0.5 metre kalınlıkta dolomitik marn arakatmam içerir. Bazen erime boşluklu, kalsit dolgulu.,

kaño kalsiradit - kalkarenit katmanları halinde de görünürler. Ortalama, kalınlığı 4 metredir.,

Üst kireçtaşı, dış görünümü yer yer' koyu yeşil kara yosunlarıyla kaplı, kovuldu, 0.5 - 1 cm kadar ayrışma .kabuklu, açık. bej kireçtaşıdır. Ara katman olarak ortalam. 0.5 mette kalınlıkta fakat yer yer 5 - 10 cm ye kadar incelen bir dolomitik .kireçtaşı kuzeyden güneye daima ara seviyenin üzerinde bulunur.

Taze kırılma yüzeyi, beyazımsı çok açık. bej renkli, 0.1 - 1 cm. intraklastlı, birincil ve erime boşluklu "üst kireçtaşı" seviyesi kalkarenit - kalsirudit olarak tanımlanabilir. Üst bölümü bazen mikritik dokulu olabilmekte fakat orta ve alt bölümü hemen daima kalkarenit - kalsirudit dokuludur. Taneler mikritten ibarettir,.. Çatlaklar ince kesitte^ mikrosparit çimento' dolgulu görünür. Olasılıkla erken erime ve yeniden, kristallenme sonucu yer yer oluşmuş bu dağınık çatlak dolgusu, mikrit kökenli bir mikrosparıdır.

Üst kireçtaşı kuzeyden güneye doğru, bazen "düşük saflıkta kireçtaşı", bazen "orta saflıkta kireçtaşı" kalitesinde ve bazen de yalnız, "dolomitik .kireçtaşı" olarak ortalama 4 metre kalınlıkta.bir seviye halinde uzanır.

Denizel, fosil bulunmayışı, sık sık dolomit ve silis oranlanılın değişmesi, su seviyesinin önemli değişimler' göstermesi, son-ıcu ortama kil karışması gibi olaylar,, söz konusu kireç; ıslarının sıg bir göl ortamına ail olabileceğini düştndiTür (Collinson, 1978). Ayrıca, kireçtaşların bolca, irtraklast ve birincil, boşluk içermesi göl tabanının duraksız ve suyun genelde yüksek enerjili öldüğüne gösterir..

## Softa 1 Formasyonu

Boz, yeşilimsi kahverengi çakıltaşı, beyazımsı açık yeşil marn - kil ve yer yer ince kireçtaşı arakatmanlarından oluşur. Çakıltaşı; 0.5 - 30 cm boyunda, yarıyuvarlak - yuvarlak çört,, sokulum ve püskürük kaya çakıllarından oluşmuştur. Çakıllar ortalama 10 cm boyunda olup az çok yassı biçimli, kötü boylanmalıdır. Çimento kumlu kireçli olup çakıllar' sıkıca tutturulmuştur. Ancak, tutturulmuş aaldeki çakıllar' birkaç küçük yizlek dışında genelde dağılmış haldedir.

Marn ve killer yeşilimsi beyaz, gevşek yapıda ve birbiriyle geçişli olup yer yer ince maralı kireçtaşı - kireçtaşı arakatmanları içerir. Söz konusu kireçtaşı kahverengi -bej mikritik dokulu ve en çok yanm metre kalınlıktadır. Softa 1 Formasyonu, inceleme, alanında 120 metre kalınlığa ulaşır.

## Softa 2 Formasyonu

Sarımsı kahverengi - gri, marn ve killerden ibarettir. Jips arakatmanları sayesinde biraz duraylılık kazanırlar. Çoğun kolay aşınıp yamaç aşağı aktıklarından üstlerindeki jips katmanından bloktan da beraberinde sârukleyebUmektedirler.

Bozçayır Formasyonu ile Sofia 1 ve Softa 2 formasyonları arasında çok düşük açılı bir uyumsuzluk vardır. Olasılıkla Miyosen sonu Pliyosen öncesi Genç Alpin Qrojenezinin Rodaniyen fazı Bozçayır Formasyonüiii etkilemiştir. Bozçayır Formasyonunun katmanları 10 derecelik, bir eğimle kuzey dalmaktadır. Kendi içinde yaklaşık doğu - batı yönlü küçük atındı düşey blok hareketleri ve bunlara bağlı çatlakların gelişmiş olduğu görülür.

## Ekonomik Jeoloji

Kireçtaşı, en az %80 CaCO<sub>3</sub> içeren bir çökel kayadır. Sanayide kullanılan başlıca karbonat kayaları kireçtaşı ve dolomittir. Kireçtaşları içerdikleri CaCO<sub>3</sub> oranlarına göre beş saflık grubuna ayrılır (Bridge ve Gozzard, 1981):

CaCO<sub>3</sub> %

- 1) Çok yüksek saflıkta kireçtaşı >98.5
- 2) Yüksek saflıkta kireçtaşı 97 - 98.5
- 3) Orta saflıkta kireçtaşı 93.5 - 97
- 4) Düşük saflıkta kireçtaşı 85 - 93.5
- 5) Saf olmayan kireçtaşı 65 - 85

Kireçtaşı şeker, cam, kağıt, çelik, çimento sanayileri ile baca gazı» anima tesislerinde ve daha birçok alanda kullanılmaktadır.

Baca gazı arıtma tesislerinde kullanılacak kireçtaşı'nın CaCO<sub>3</sub> nın % 85 in üzerinde, MgO tak % 3 ün altında, SiO<sub>2</sub> inin % 4 ün altında olması istenmektedir (TEK ve MTA arasında yapılan teknik sözleşme).

## Yöntem ve örnek alımı

Jeoloji haritası yapıldıktan sonra Bozçayır Formasyonu'nun uygun yerlerinden "alt kireçtaşı", "ara seviye" ve "üst kireçtaşı" nı kapsayan ölçülmüş dikme kesitler yapılmıştır.. Dikme kesitlerden söz konusu seviyelerde her 2 metre kalınlıktan bir oluk örnek derlenmiştir. Toplam 126 örnekte kimyasal analiz yapılarak CaCO<sub>3</sub>, MgO, SiO<sub>2</sub> ve R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarları % cinsinden bulunmuştur. Kimyasal analizler yaş kimyasal ve gravimetrik yöntemlerle yapılmış olup bu analizlerde hata sınırı %2 olarak kabul edilmiştir.

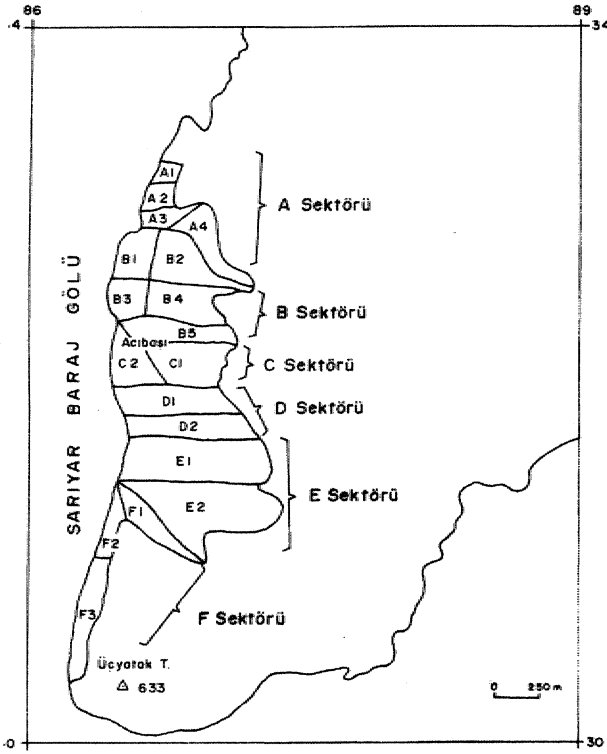
Kireçtaşı olarak değerlendirilebilecek litofasiyelerde 12 den Cazla ölçülmüş dikme kesit yapılmıştır (Şekil 4). Ölçülmüş dikme kesitlerde "Jakob çubuğu" yöntemi uygulanmıştır. Kireçtaşı işletme alanı ekonomik dekapaj oranına uygun sınırlar ile haritalanmış; kendi içinde "çok yüksek saf kireçtaşı", "yüksek saf kireçtaşı", "orta saf kireçtaşı", "düşük saf kireçtaşı", "dolomitik kireçtaşı", "kalsitik dolomit"» "dolomitik marn", "dolomitik ve silisli kireçtaşı", "silisli kireçtaşı" ve "kireç çakıltısı" kalite bölümlerine ayrılmıştır.

Rezerv hesaplan .hem. "kesit" hem de "blok" yöntemine göre yapılmıştır. Kesit yönteminde kuzeyden güney her 100 metre ara ile doğu. - batı yönlü 27 adet harita enine kesitleri hazırlanmış; 45°lik şev açısı dikkate alınarak 10 metrelik örtü kalınlığı sınırı kadar olan bölüm değerlendirilmiştir. Blok. yönteminde de aynı şev açısı ve örtü kalınlığı dikkate alınarak bloklar (sektörler) kendi, içinde panolara ayrılır\* V= h/3 (S<sub>1</sub> + S<sub>2</sub>) + V(S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>) formülünden hacimler bulunmuş; özgül ağırlık 2 g/cm<sup>3</sup> alınarak rezervleri hesaplanmıştır...

## Ölçülmüş dikme kesiflerin irdelenmesi

Üst kireçtaşı %85 - 97 Ca.CO<sub>3</sub> içerikleriyle kullanıma uygun bir kireçtaşı olup arakatmanı ve altındaki "ara seviye" yurnrulu kireçtaşı ile beli oranlarda karıştırılırsa "ara seviye"nin baca gazı anima tesisinin aradığı özelliklere uygun gereç: haline gelmesini kısmen, sağlayabilir.

Ara seviye silisli ve: silisli - dolomitik kireçtaşı, ve marnlarının bütün saha genelinde ortalama CaCO<sub>3</sub> 1 %84; SiO<sub>2</sub> i % 6 ve MgO i. % 2 dolayındadır. Bu seviyenin, değerlendirilebilmesi uygun oranlarda "alt" ve "üst kireçtaşı" ile karıştırılmasına bağlıdır. Bu bağlamda. A sektörünün A1, A2 ve A3 panoları ele alındığında (Şekil 5) "üst kireçtaşı'nın ortalama CaCO<sub>3</sub> 1 % 90.4; MgO i % 1.7; SiO<sub>2</sub> i % 2.7 dir. "Ara seviyenin ortalama CaCO<sub>3</sub> 1 % 87.7; SiO<sub>2</sub> i % 6.9 ve MgO i % 1.2 dir. Üst. Mreçtaşından iç faşım. "ara. seviye"nin bir kısmı ile karıştırılırsa karışımın ortalama bileşimi % 89.7 CaCO<sub>3</sub>, % 1.6 MgO ve % 3.7.5 SiO<sub>2</sub> olacaktır. Üst kireçtaşının 3 metrelik ortalama kalınlığı ile "ara seviye"nin en üst bölümündeki 1 metrelik kısım karıştırılarak uygun karışımlar elde edilebilir. "Ara seviye"nin artakalan 7 metre kalınlıktaki bölümü de "alt kireçtaşının uygun oranlarda karıştırılın asıyla değerlendirilebilir. Çünkü "alt kireçtaşının hem kalınlığı fazla hem de saflığı "üst kireçtaşından daha iyidir.



Şekil 5. Kireçtaşı sakasının sektör ve pano dağılımı.

"Alt kireçtaşı" güney tarafında yersel 2 metre kalınlığındaki düşük saf kireçtaşı seviyesi dışında orta ve yüksek safliktadır (Şekil 6), Kendi içinde yanıl ve düşey kalite geçişlidir.

"Ara seviye"nin değerlendirilmesi bağlamında örneğin A. sektörünün A3 panosu ele alınırsa "alt kireçtaşı"nın 4 - 5 metre kalınlığındaki bölümü bile 7 metre kalınlığındaki, "ara seviye" killi kireçtaşlarından uygun karışım elde edilmesine yetmektedir. Çünkü "ara seviye"nin ortalama % 6.76 olan SiO<sub>2</sub>'ne karşın "alt kireçtaşı"nın ortalama SiO<sub>2</sub> i % 1.13 tür. Yani "ara seviye"nin 1 kısmı, 2 kısım "alt kireçtaşı" ile karıştırılırsa SiO<sub>2</sub> uygun düzeye çekilebilmektedir.

B sektöründe "ara seviye"nin 10 metre kalınlığındaki yeşil kil hamurlu, yumrulu kireçtaşı - killi kireçtaşı fasiyesinin ortalama SiO<sub>2</sub> i % 6.12 dir. "Alt kireçtaşı"nın yumrulu kireçtaşı seviyeleri sıkı dayanımlı ve çok az yeşil kil hamurlu olduğundan, breşik kireçtaşı görünümündedir. Ortalama SiO<sub>2</sub>'i % 1.45 düzeyindedir. Bu nedenle "ara seviye"nin bir kısım killi kireçtaşına 2 kısım "alt kireçtaşı" karıştırılırsa SiO<sub>2</sub> oranı uygun düzeye (% 4) indirilmiş olabilir., Diğer bileşenler bakımından ise herhangi bir sorun bulunmamaktadır.

C sektöründe "ara seviye"nin ortalama SiO<sub>2</sub> i % 1 dir. Yani yaklaşık 3 kısım "alt kireçtaşı" 1 kısım "ara seviye" ile karıştırılırsa uygun bir karışım elde edilebilir. Ancak mercekli dolomitli silisli, yeşil kil hamurlu yumrulu kireçtaşının SiO<sub>2</sub> i % 10 un üzerinde olan 4 metrelik bölümü değerlendirmeye alınmayabilir, atılabilir. "Ara seviye"nin bu aşırı silisli ve dolomitli kısmı ki. 3 - 4 metre uzunlukta, yarım metre kalınlıkta mercekler ve bol yeşil kil hamurlu, yumrulu kireçtaşı - dolomitli kireçtaşı fasiyesi ile dikkati çeker., ayrılacak, olursa geri kalan kısım alt. kireçtaşı ve üst. kireçtaşı ile 1/2 oranında karıştırılarak uygun karışımlar elde edilebilir. Bu yüksek silis olasılıkla yeşil killerde bulunan, bir bileşen, olup kireçtaşının kendi bünyesinde o kadar yüksek değildir.,

D sektöründe "ara seviye"nin ortalama SiO<sub>2</sub> i % 11 dolayında ve kalınlığı 8 metredir... "Alt kireçtaşı"nın orta ve yüksek saf oluşu; ortalama % 1.2 SiO<sub>2</sub> içermesi ve 18 metre kalınlıkta olması karışım için büyük yarar sağlayacaktır. Örneğin 3 kısım "alt kireçtaşı" 1 kısım "ara seviye" ile karıştırılırsa uygun bir karışım elde edilebilir.

E ve F sektörlerinde de benzer durumlar söz konusudur... Ekonomik değerlendirmeler doğrultusunda karışım ve dekapaj işlemleri uygulanabilir.

## Sonuçlar

Baca gazı arıtma tesislerinde kullanılacak kireçtaşı. Çayırban beldesinin yaklaşık 3 kilometre güneyinde belirlenmiştir. Baraj gölünün doğu kenarında yüzlek veren kireçtaşında aşağıdaki ekonomik jeoloji bulguları saptanmıştır:

- TEK Çayırban Termik Santrali baca gazı arıtma tesisi için belirlenen kireçtaşı, silisli ve yer yer mercekli dolomitli "düşük saf", "orta" ve "yüksek saf kalite gruplarıdır.

- "Ara seviye" genel, olarak "alt" ve "üst kireçtaşı" ile 1/2 - 1/3 oranlarında karıştırılarak uygun bileşimi kireçtaşı karışımları elde edilebilir.

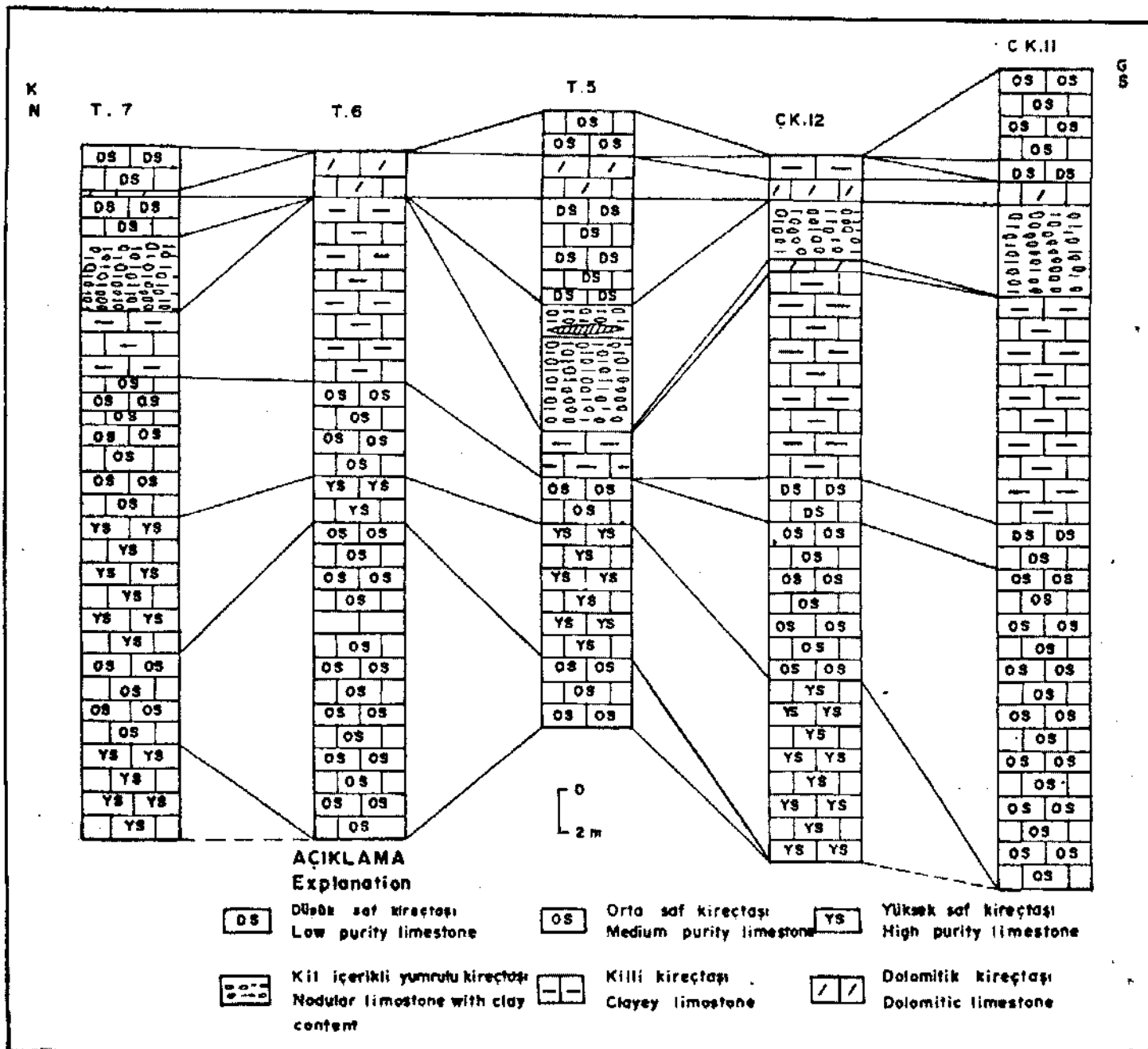
- Kullanıma uygun kireçtaşının "ara seviye" dışındaki görünür rezervi. 26 635 287 ton; "ara seviye"nin görünür rezervi 3 900 000 m<sup>3</sup> tür.

- "Ara seviye"nin belli oranlarda "alt" ve "üst kireçtaşı" ile değerlendirilmesi durumunda işletilebilir kireçtaşı rezervi en azından 30 000 000 tonu bulacaktır.

- Toplam örtü miktarı 2 milyon m<sup>3</sup> olup kil, mam, gevşek ve tutturulmuş çakıltaşı türündedir.



Şekil 6. Çayhan Termik Santral baca gası arıtma tesisi kireçtaşlarında kuzeyden güneye kalite değişimi.



## DEĞİNİLEN BELGELER

- .Altınlı, I.E., 1973, Bilecik Jnrusijp. 50. Yıl Yerbilimleri Koogresi Tebliğleri, 17 -19 Aralık. 1973., MTA - TJK. Ankara, 103 - 111.
- Aziz, A., 1976,, Beypazarı - Yeniçayırhan ve Karaköy arasındaki sahanın jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Gen. Möd. raporu,, 4461 (yayımlanmamış).
- Bridge, McCD. and Gozzard, I.R., 1981, The Limestone and Dolomite Resources of the Country Around. Bakewell,, Derbyshire, insi., Geol. Sel, Min. Ass, Rep., 79,-'66 p. London.
- Collinson, I.D., 1978, Lakes, Reading, H.G., ed. Sedimentaiy Environments and. Facies'de. Blackwell Scientific Publicattons, Oxford, 61 -79.
- Çelik, E., 1988» Çayırfaan doğal sodyum sülfat yatağı maden, jeolojisi rapora: Maden Tetkik ve Arama Gen.. Mid. raporu, 8354 (yayımlanmamış).
- Durmaz,, A., 1987, Türkiye'nin enerji .alt yapısı ve hava kirliliği.. Durmaz A.R. ve Ercan A., ed., Uluslararası Yanmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Sempozyumu, 23 - 25 Eylül, 1987; Ankam, 1 - 74.
- Gökmen, V., 1965«, Nallıhan - Beypazarı civarındaki linyit ihtiva eden Neojen sahasının jeolojisi. Maden. Tetkik, ve Arama Gen. Mod. raporu.,, 3802 (yayımlanmamış).
- Ifiganer, T., 1976» Beypazarı - Mihaliççık dolayındaki kömürü alanın jeolojisi.. İ.O. Muh. tezi (yayımlanmamış)..
- Jesenko, P., 1955,, Nallıhan-Mihaliççık sahalarında harita çalışmalarına ait ihzari mahiyette rapor,, Maden Tetkik ve Arama Gen.. M'id, raporu, 2436 (yayımlanmamış).
- Narin,,R., 19-80,, Orta Anadolu Beypazarı,, Beyşehir linyit ya.ta.klan, Jeol. Muh. Bull. 2» 231 - 2:39.
- Saner, Ş., 1980, Mudurnu - Göynük havzasının Jura, ve sonrası çökelim nitelikleriyle paleocoğrafya yorumlaması. Türkiye Jeoloji Kurumu Bült 1,39 - 52.
- Siyako, F., 1983, Beypazarı (Ankara,) kömürlü Neojen havzası ve çevresinin jeolojisi rapora: Maden Tetkik ve Arama Gen. Müd. raporu. 7431 (yayımlanmamış).
- Tatar» Ç<sup>1</sup>, Köse, H. ve Helvacı,, O.. 1993, Çayırhan kömür havzasında yeni kömür damarlarının jeolojisi, ve uygulanabilecek üretim yöntemi. Cum. Üniv. Müh, Fak. Mad., Bil. ve Tekno. Derg. 1, 11-28.
- Wedding,, H., 1965» Çayırhan Neojen havzası (Nallıhan / Beypazarı - Ankara). Maden Tetkik ve Arama Gen. Mud., rapora: 3924 (yayımlanın anı iş),

# Başkalaşım kayalarındaki ana süreksizliklerin kaynak oluşumuna etkisi

*İlyas Yilmazer*, Spektra. Jeotek., Kumkapı Sok. 20/1-2, 06610 Çankaya, Ankara

Özellikle tortul kayalardaki tabakalar, yeraltısuyunun akışı üzerinde etkilidir. Manisa - Demirci ilçe> merkezinin kuzeyinde GD'ya eğimli 'Tersiyer tortul birimlerinden oluşan dağın GD yamaçlarında kaynaklara ve sızıntılara sık sık rastlanabilirken KB yamaçlarında tersi hidrojeolojik durumlar geçerlidir. Bu örnekte genelletme başkalaşım kayalarında daha farklı duruni göstermektedir., Tortullaşma sonrası, basınç (P) ve/veya sıcaklığın (T) artmasıyla birlikte pekişme başlar ve diyajenez sonrasında da katı - katı etkileşimleri gelişip sürer. Böylece, taneler yerini kristallere bırakır ve yükselen yeni T - P koşullarında daha duraylı minéral grupları oluşur., Basınca bağlı olarak minerallerin yeniden dizilimi ve konumlanması başlar ve gelişir. Böylece, süreksizlikler kaynaşır, boşluklar kaybolur ve geçirimsizlik sıfıra iner, Ancak, daha sonraları başkalaşım koşullarının atmosferik koşullara doğru yaklaşması sırasında, etkisi altına girilen değişik jeolojik olaylar, özellikle tektonik hareketler ve T - P'nin azalması, yeni süreksizliklerin oluşmasına olanak sağlar. Bu süreksizlikler; bileşimsel değişiklik gösteren ve farklı dayanım içeren seviyelerin ayrılması, yapraklanmanın oluşması ve eşlenik - gerilim - sıkışma eklemlerinin oluşması veya eskilerinin belirginleşmesi şeklinde oluşmaktadır. Gelişen süreksizliklerin bir bölümü, bölgesel anlamda yüzey şekillerinin oluşmasında da etkindirler. Bu tür ana süreksizlikler yeraltısuyunu güdüneyebilirler. Istrancalarda Çilingos göl eti güney inde 10 Us debil i bir kaynağın oluşumunu tabakalarımıza, eklem ve faylar belirlerken Nurdağındaki Ayransuyu kaynağı tabakanma, yapraklanma ve sıkışma eklemleri

tarafından yönlendirilmektedir., Bu dağların pek çok bölümünde etkisini gösteren bu süreksizlikler, tek yönlü (homoclinal) yapıları oluştururlar... Bu bağlamda, dağ sırasını bir tarafta kaynaksız ve yeraltısuyu açısından verimsizken, diğer tarafta tant tersi hidrojeolojik koşullar geçerlidir. Bu anlamda hazırlanan bir hidrojeolojik model, yeni kaynakların ortaya çıkarılması ve varolanların geliştirilmesinde etkin teknik kararların bulunup uygulamaya konmasına olanak sağlar. Ayrıca, böyle bir model ilgili mühendislik yapılarının jeoteknik tasarımında da oldukça, gereklidir,

## Giriş

Eğimli tortul istiflerde yeraltısuyunun hareketi, genellikle tabaka.iaji.ma tarafından güdümlenir. Fay zonlan., düzlemsel sokulumlar (sil-dayk) olan; dokanaklar, uyumsuzluk düzlemleri ve gerilim çatlakları, bu anlamda, ikinci derecede önem taşımaktadır. Yilmazer (1990)' kıvrımlar içeren bir sahada, ye.ra.i.tis.uyy.oun hareketine bağlı olarak, otoyol bileşenlerinin jeoteknik tasarımında gözönünde bulundurulması gereken konulara değinmiştir. Aynı araştırmacı (1991) sıradan (conventional), beslenme havzası sının yerine yapısal yöntem, ileri sürerek bu sınırın bitişik havzalar arasında tek yönlü ve yaygın olan süreksizliklerin konumuna göre nasıl belirlenebileceğini ortaya koymaya çalışmıştır, Düşük - orta. derecede başkalaşım kayaçlarını içeren bölgelerde., tortul istifler için. önerilen hidrojeolojik araştırma yöntemleri genel çizgileriyle kullanılabilir.

Başkalaşım kayaçlarından oluşan bir bölgede kaynakların oluşumunda etkili olan süreksizlik, etkenine sunulan iki. örnekten birincisi Istranca masifi içerisinde yer alıp Saray ilçesinin KD'sunda yapılmış, olan Çilingoz barajının KB'sındaki Kaynak' Dere kaynağıdır (SIAL,

1993). Diğeri ise. Paleozoyik yaşı Nurdağı başkalaşım kayalarından (Yılmaz ve diğeri, 1993) beslenen Ayransuyu kaynağıdır\* Kırıntılı başkalaşım, kayaların genel özelliği gereği, her iki kaynaktan da suyun pH'ı 6.5'ten Avrupa Koöseyi ve TS-266'ya göre önerilen ve izin verilebilir üst sınır (Tablo 1) gözönünde bulundurulduğunda doğrudan içilemeyecek kadar asidik özellik taşıdığından anlaşılmaktadır. Bu özelliğinden dolayı içildiğinde acıkma hissi vermektedirler. Ayrıca,, mineral içeriği açısından oldukça, fakirdirler.,

Tablo 1. Avrupa Konseyi ve Türk İçme Suyu(TS-266) Standartları

Değişirge	Birim	Hamsu Kalitesi			
		Avrupa Konseyi (1975)		TS - 266	
		Önerilen	Üst sınır	Önerilen	Alt-üst sınır
Renk	PtCo	5	20	5	50
Bulanıklık	mgSiO <sub>2</sub>	5	10	5	25
Elektriksel iletkenlik	µmhos/cm	-	-	-	-
Klorür	mg/l	≤200	500	≤200	600
pH	-	-	-	7-8.5	6.5-9.2
Deterjan(ABS)	mg/l	-	-	0.5	1
Toplam Sertlik	Fr	-	-	50	-
Kalsiyum	mg/l	100	-	75	200
Magnezyum	mg/l	30	50	50	150
Buharlaşma kal.	mg/l	-	-	500	1500
Sülfat	mg/l	-	250	100	500
Amonyak (NH <sub>3</sub> )	mg/l	-	0.5	200	400
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	50	-	-	45
Florür	mg/l	-	-	0.8-1.7	1.4-2.4
Çözünür demir	mg/l	0.3	-	0.3	1
Mangan	mg/l	0.02	0.05	0.1	0.5
Çinko	mg/l	-	-	5	15
Bakır	mg/l	0.05	-	1	1.5
Kurşun	mg/l	-	0.1	-	0.05
Selenyum	mg/l	-	-	-	0.01
Arsenik	mg/l	0.05	-	-	0.05
Krom	mg/l	-	-	-	0.01
Siyanür	mg/l	0.05	-	-	0.0005
Kadmiyum	mg/l	0.005	-	-	0.05
Günlük	mg/l	-	-	-	-
Koli basili	*KBS/100 ml	-	-	-	-

\* KBS : Koliform bakteri sayısı

## Başkalaşmış kırıntılı birimlerin hidrojeolojik özellikleri

Kiltaş, miltaş, çamurtaş, kumlası, çalalkaya ve kalkerli, kayalar çökelme kayaların %90'ından fazlasını oluşturmaktadır. Başkalaşım kayalarından oluşan dağ kuşakları, bileşenleri açısından incelendiğinde %90'ı yukarıda verilen kırıntılı kayaların başkalaşmasıyla oluşmaktadır. İngilizce adına benzetme yapılarak kısaca metadiritik olarak adlandırılan başkalaşmış kırıntılılarda, tabakalanma yaklaşık ilk. 20 smlik derinliğe kadar belirginliğini koruyabilir. Arlan, derinlikte- kütlelilik kazandığı 'derin vadi tabanlarında ve tünel kazılarında gözlenebilmektedir (Duman, 1993)..,

Kırıntılı kayalar pekişmeleri sonrasında artan, sıcaklık (T) ve/veya basınçla. (P) başkalaşma, uğrarlar. Başkalaşım sırasında katı •- katı tepkimeleri başlar.

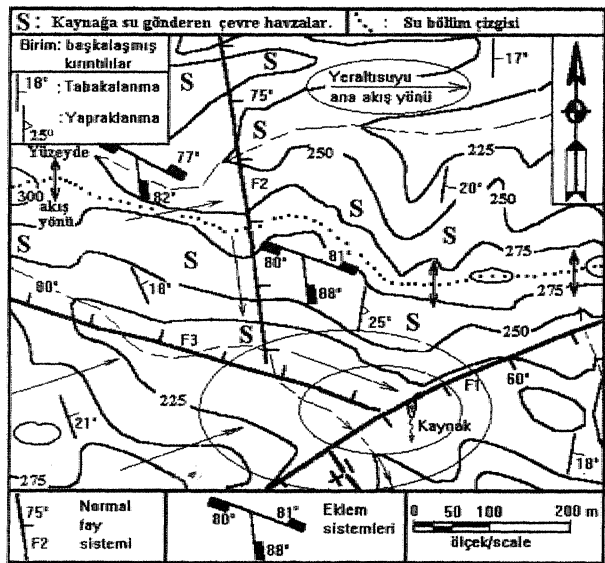
Böylece:

- Kil mineralleri daha duraylı olan mika, klorit, kloritoid, profillit ve paragonit minerallerine dönüşür,
- Tabakalar kaynaşarak birim kütlelilik kazanır.
- Gözenekler kaybolduğundan geçirimsizliğe sifıra yaklaşır..

Ancak dağ oluşturan olaylar sonucu düşük - orta derecede başkalaşmış kayalar yüzeylenirken kaynaşma, yüzeylerinde ve- bileşimsel değişiklik gösteren eski süreksizlikler yüzeyince ayrılmalara başlar., Bu durumda, özellikle üst bölümlerine doğru geçirimsizlik artar. Bileşimsel. özellikleri gereği her- tabakanın hidrojeolojik karakteri değişik olacaktır. Metakuvarit içerisindeki süreksizlikler genellikle- geçirimsizlikten fillatlar içerisindeki geçirimsiz veya. az, geçirimsiz nitelik taşımaktadır. Bu durum, aşağıda sunulan iki örnek üzerinde somutlaştırılmaya çalışılmıştır.;

## Kaynakdere kaynağı

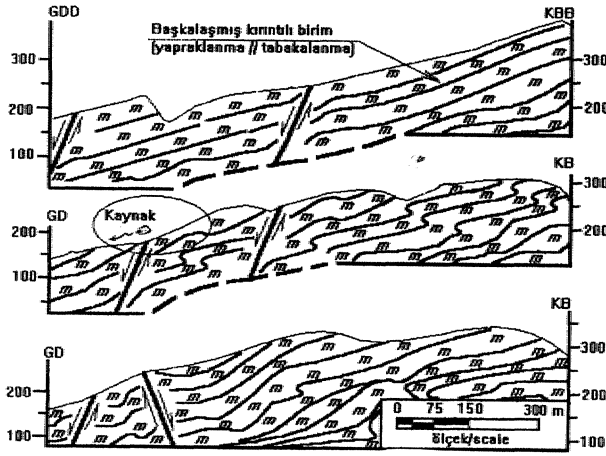
Bu kaynak, fillit, metakuvarit ve mikaşit ardalanmasının çoğunlukta olduğu bir metadiritik. birim, içerisinden çıkmaktadır (Şekil 1). Şeklin K ve KB'sındaki Mlişik havzaların (S ile belirtilen) suyunun önemli bir bölümü süreksizlikler yardımıyla 'bu kaynağa gelmektedir., Kaynağın boşalımı -10 l/s'dir. Oysa, 'bu kaynağın su bölüm çizgisine dayalı belirlenen havzası 400 m<sup>2</sup>'den. daha. azdır. Ancak,, yapısal yöntemle (Yılmaz, 1991) belirlenen beslenme havzası 200 hektarın üzerindedir.,



Şekil I. Çalışma alanının genelleştirilmiş yapısal jeolojisi

- Özel bir iklimsel durum, yoksa denize bakan dağ yamaçlarının yüksek bölümleri daha fazla yağış alır. Ayrıntı, Yılmaz (1993 ve 1994)'de verilmiştir.

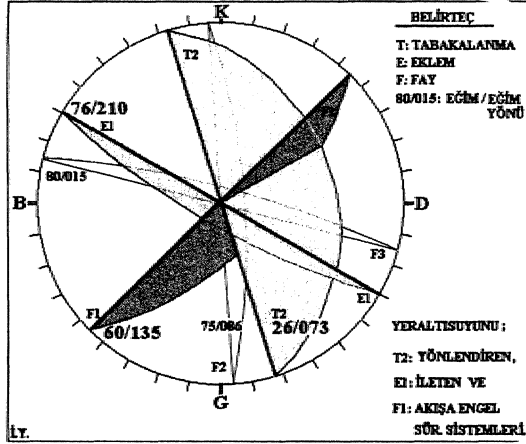
- Tabaka ve şistozitenin birbirine uyumlu (//) olduğu bu birimde (Şekil 2), genel konum  $20^{\circ}/075^{\circ}$ 'dir.



Şekil 2. Çalışma alanının tipik jeolojik kesitleri.

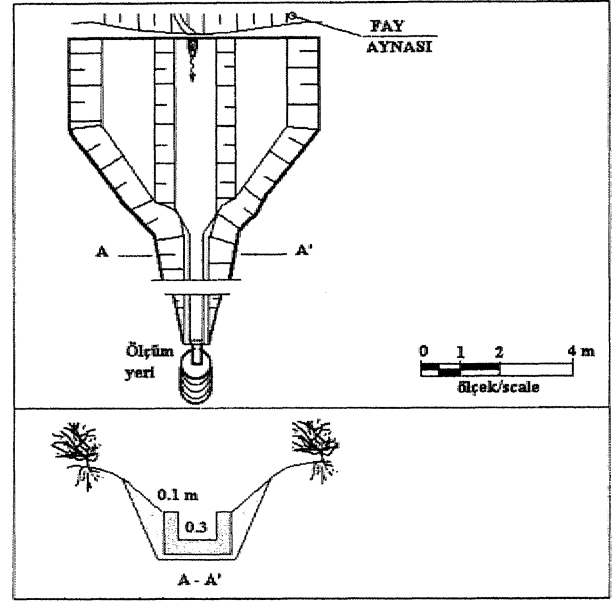
- Kaynağın beslenme havzası sınırı, K ve KB'daki bitişik havzaların tepeyukarısı bölümlerini de içine alır.

Bu nedenlerle, kaynağın geliştirilebilme şansı büyük olup süreksizliklerin ayrıntılı çalışılmasıyla yeni potansiyel kaynak alanlarda belirlenmiştir. Şekil 1 - 3



Şekil 3» Kaynağın oluşumunu etkileyen ana süreksizlik sistemleri..

birlikte incelendiğinde; yapraklanma ve tabakalanmanın yeraltısuyooe D\*ya ve GD'ya yönlendirdiği görülür. 807 015° konumlu fay ve 767210° konumlu eklemle GD'ya yönlendirilen soyun bu yönde hızla iletilmesine olanak sağlamaktadır., İleten, ve yönlendiren sistemler 607136° konumlu fayla kesildiğinden., iletimde süreklilik bu fayda son bulmuştur., Faya kadar ulaşan suyun bir bölümü hidrostatik, basınç altında yükselip kaynağa dönüşmektedir. Böyle bir kaynağın işletmeye alınabilmesi için nitelik ve nicelik açısından en az bir yıl gözlem altına alınması gerekmektedir. Gözlemlerin sağlıklı yapılabilmesi için -Şekil 4te verilen düzeneğin veya bir benzerinin yapılması kaçınılmazdır.



Şekil 4. Tasarımı öncesi güvenilir gözlem için örnek akaçlama sistemi.

## Ayransuyu kaynağı

Bu kaynak,, Nurdağı'mio 1400 m'ye ulaşan yüksek bir bölümünün eteğindeki yamaç molozu ve eski kaya çığından çıkmaktadır. KB'ya eğimli tabaka,, şistozite, bindirme fayları, ve sıkışma eklemeleri tarafından KB'ya yönlendirilen yeraltısuyu kaya, çığı - yamaç molozu içersine boşalmaktadır. Nurdağı, Yılmazzer (1993)'te belirtildiği gibi. Üst Kretase'de KB'dan GD'ya doğru olan sıkıştırma kuvvetlerinin etkisi altına girmiştir. Büyük olasılıkla, kıta yamacında olan metadetritik. istif bu kuvvetlerin etkisinde tek yönlü yapıları (KB'ya eğimli tabaklanma, şistozite,, bindirme ve: ters faylar, sürüklenme ve yatık, kıvrımlar ve sıkışma eklemelerini) kazanırken batı yamaçlarında dolerit dayklannca kesilmiştir. Geçirimsiz olan dayklann çalışma alanının hidrojeolojik özelliklerin belirlenmesinde büyük önem taşır. Ayrıca, ayrıntılı olarak haritalanan dayklann alansal dağılımı otoyol bileşenlerinin tasarımında da etkin bir şekilde kullanılmıştır. Dayklar, çoğu yerele, bitki, örtüsünde ve yüzey şeklinde çizgisellik yaratmıştır. Bu nedenle, izlenmesi oldukça kolaydır.

Aynı birim, KDK - GBG yönünde uzanan Nurdağı'nın balı yamacında ofiyoliüü melanj 'tarafından bindirilmişken doğu tarafında ise ofiyoliüü melanja bu birim bindirmektedir. Dağı karakterize eden KBB'ya eğimli tek yönlü yapılar nedeniyle dağın batı yamacında, sızıntı, kaynak ve akarsular yoğunlaşmıştır. Başkalaşmış kırıntılı kayalardan çıkan bu kaynak suları, mineral yönünden fakir olup genellikle asidik (pH= 6.5) karakteriirler.. Asidik özellikli, sular, içildiğinde acıkma hissi uyandırır. Bu nedenle,, bu suyun çok. iyi nitelikli, olduğu

ve hazmı kolaylaştırdığı kanısı yaygındır, ancak yanlışır. İçme suyunun pH'ı 8 dolaylarında olmalıdır (bkz. Tablo 1).

Çukurova'nın doğusunda, yüksek bir engel olan be dağ sırasının yüksek oranda yağış almasının (Duman, 1993) yanısıra buharlaşmanın az oluşu yemlitsuyu olanaklarını arttırmıştır. Bu durum aşağıda, sunulan denkliklerde yansıtılmaya çalışılmıştır., Bu denklikler, özellikle taşlan .hesaplamalarında ve taşkına yeraltısuyunun katkısının belirlenmesinde yazar tarafından 1988'den bu yana geliştirilerek kullanılmaktadır. Ayrıntılı bilgi, Yılmaz (1991 - 1994), Duman (1993) ve Yılmaz ve diğ, (1994)"te sunulmuştur.

$$P = P_m + S * A_H$$

P: Çalışma .akamda olası ortalama yıllık, yağış (mm)

Pra: En yakın meleroloji istasyonundaki ortalama yıllık, yağış (mm)

S: Yağış-Yükseklik grafiği eğrisinin eğimi (Yılmaz, 1993)

AH: Meteoroloji istasyonu ile çalışma alanı arasındaki kot farkı (m)...

$$F_c = 1 + F(d) + F(p) \text{ Düzeltme katsayısı}$$

$$F(d) = (a/A) \text{ Süreksizlik bileşeni}$$

$$F(p) = F(a) + F(s) \text{ Fiziyoğrafi bileşeni}$$

$$F(a) = S^2 * P/P_m \text{ Kot (yükseklik) bileşeni}$$

$$F(s) = S_{cd} * [(2 - S_{cd}/L) / Y] * a/A \text{ Karörtü bileşeni}$$

a: Yapısal Yöntemle 'belirlenen .alan artışı (+) veya alan. azalması (-), m<sup>2</sup>

A: Alışılalmış (conventional) yöntemle belirlenen su toplama alanı, m<sup>2</sup>

S: Yağış-Yükseklik grafiği eğrisinin eğimi (Yılmaz, 1993)

S<sub>cd</sub>: Çalışılan havzanın orta. yükseldik kuşağında karörtüsünün kalış süresi,, ay

L: Kuramsal olarak bulunan etkin karörtü süresi üst sınırının (10 ay) yarısı (5 ay)

Y: Bir yıldaki ay sayısı .anlamında bir katsayı, 12 ay/yıl

Su bölüm - çizgisine ve en yakın meteoroloji istasyonu verilerine dayalı yöntemle belirlenen kaynak: soyu verimi (Qv) "Fc" ile çarpılarak gerçek verim, belirlenmelidir (Qg = Fc \* Qv).

Ayransuyu kaynağı,, yazar ve çalışma ekibi tarafından ülke genelinde, bu bağlamda sürdürümekte olan araştırmalardan birisidir. Ayransuyu kaynağı suyunun elde edilmesi, kolay olduğu için çevre yerleşim birimleri ve Bahçe Belediyesi tarafı.od.an işletmeye alınmıştır... Benzer nitelikte edilgen yeraltısuyu kaynakları yine batı yamaçta, olmak üzere çok çok noktada gözlenebilmektedir.

## Öneri ve sonuçlar

Yeraltısuyu açısından verimsiz olarak bilinen başkalaşım, kayaçlarda, özellikle başkalaşmış kırıntılılarda, faylar, gerilim eklemleri ve kovarsitik seviyelerde ikincil olarak, kazanılan geçirimsizlik farkedilir derecede yüksektir.

.. Tekyönlü jeolojik yapılarla karakterize olan dağlarda,, eğim yönündeki yamaçlar yeraltısuyu açısından oldukça zengindir. Beslenme havzası sınırlan eğim yönü tersindeki bitişik havzaların, içerisine- uzanır. Bu nedenle, SÜ toplama şansı, alışılalmış, yöntemlerle belirlenen değerlerden daha yüksektir. Benzer sıradağlarda,, dağ sırtları yağış yönünden göreceli, olarak, daha şanslıdır. .Ayrıca,, .kar örtüsünün daha uzun süre kalması, bu kesimlerde yağış suyunun yeraltısuyuna katılmasını artırır. Başkalaşmış kırıntılı kayaçlardan çıkan kaynak solan,, mineral yönünden fakir olup genellikle asidik (pH= 6.5) karakterlidirler.

Başkalaşım kayaçlardan oluşan bölgelerde; yapısal jeolojinin ayrıntılı çalışılması ve yükseklik - yağış - sızma ilişkilerinin gerçeğe yakın kurulması» hidrojeolojik .araştırmanın ilk ve en önemli aşamasıdır. Daha sonra, birimlerin litolojik özelliklerinin ayrıntılı olarak çalışılması da yapılarak yeni kaynakların bulunması veya varolanların geliştirilmesi aşamasına, geçilir,,

## KATKI BELİRTME

Yazar, her türlü bilimsel, araştırma için verilerin toplanmasında ve derlenmesinde anlayış gösteren kurum ve kuruluşlardaki yetkililere teşekkür eder.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Duman, T., 1993, Tfpus. - Adana. - Gaziantep (TAG) otoyolu T2 - T4 tünelleri arasının mühendislik, jeolojisi. Çukurova Üniversitesi., Fen. Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anablim Dalı, Yüksek. Lisans Tezi, 109 s.
- Sial Ltd., 1993» Kaynak Derenin hidrojeolojik özellikleri raporu.. Yayınlanmamış rapor,
- Yılmaz» L, 1990, Geçki belirlenmesi ve: bu seçimde jeolojinin önemi.. Jeol Muh. Dergisi, 36» 37 - 45.

- Yilmazer» 1., 1991, Katmanlı ve eğimli bir jeolojik birimde: yeraftısuyu beslenme havzası sınırının belirlenmesi üzerine Mr yaklaşım.. Yağış. - Sel - Heyelan. Simpozyumu, 20.5-218,
- Yilmazer, i, 1992, Hidrojeolojik araştırmalarda yükseklik ve süreksizlik etkenleri. Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, 14., 110 -122.
- Yilmazer, l., 1993,, Kaynak düşü enerjisinin yeraltısnyu çıkarılmasında kullanılmasına bir yaklaşım. Atatürk Üniversite Reformu, Jeoloji Eğiliminde' 60.. Yıl Kutlama Program!., I.Ü., 6 - 8 Ekim 1993,
- Yilmazer, l., 1994,, Sugüoü ve: doğal çevre ilişkisi, üzerine, Türkiye: 6. Enerji Kongresi, Teknik Oturumlar Tebliği 2, 198 -211, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 17 - 22 Ekim 1994, İzmir.
- Yilmazer î. ve Çongar, B., 1994, Significance of discontinuity survey and physiographical study in engineering works.. Proceedings of the 7th congress of the International Association of Engineering Geology Organising Committee., 5 - 9 September 1994., Lisbon. - Portugal, 110.5 -1111.
- Yilmazer, l., Erhan, F. ve Hoş, T.,, 1993, Yukarı Orta Amaoslamn genel jeolojisi ve bölgenin -mühendislik jeolojisine etkisi. 46. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 8, 30 - 38.
- Yilmazer, l., işler, F. ve Duman., T.,, 1992,, Metamorphism in the Numountain Range and its effect on the engineering, geology of the region. Proceedings and abstracts of the 1st International Symposium, on. Eastern Mediterranean Geology, 67 - 76., Ankara.

# Kuzuluk (Akyazı) termomineral kaynağı çevresinin ayrıntılı jeolojisi ve ilişkili hidrotermal anomalileri

**Rüstern Pehlivan**, İstanbul Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avcılar / İstanbul

*Bu araştırma Kuzuluk (Akyazı) termomineral kaynağıyla ilgili olarak gerçekleştirilmiştir\*. Bu incelemede: 1. Kuzuluk (Akyazı) termomineral kaynağı civarının 1/10.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış, 2. İnceleme alanından toplanan kayaç örneklerinin ana ve iz element, toprak ve güncel birikim örneklerinin iz element ve sıcak suyun majör iyon analiz sonuçları verilmiş, 3. litojeokimyasal verilerle hidrojeokimyasal veriler karşılaştırılarak güncel birikimler, maden yatağı oluşumu bakımından değerlendirilmiştir. Böylelikle, kuzuluk sıcak suyunun etkisiyle çevre kayaçlarda oluşan anomaliler ile güncel birikimlerdeki element zenginleşmelerinin türleri belirlenmiştir.*

## Giriş

İnceleme alanı, Sakarya Di Akyazı İlçesi güneydoğu kesiminde Kuzuluk Köyü dolaylarında bulunur (Şekil 1). Araştırmada yaklaşık 1.5 km<sup>2</sup>lik bir alanın ayrıntılı 1/10.000 ölçekli hidrotermal anomali oluşumları değerlendirilmiştir.

Araştırmada, Kuzuluk Kaplıcası (Adapazarı) dolaylarında önceki yıllarda araştırmalar yapan, Baykal (1955)'in jeoloji, Yılmaz vd. (1987)'nin tektonik, Şentürk ve Demirel (1986, 1987)'in hidrojeoloji Önder (1987)'in sıcak su aramaları ve Pehlivan (1996)'nın ise jeoloji ve hidrojeokimya yöneltik çalışmalarından yararlanılmıştır.

## Materyal ve metod

Kayaç, toprak ve güncel birikim örneklerinin mineralojik bileşimleri XRD, element miktarları ise XEF teknikleri kullanılarak İ.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Jeokimya Laboratuvarında belirlenmiştir. Sistemati olarak araziden, alman kayaç, toprak ve güncel birikim örnekleri, önce kurutulmuş, kırılmış ve Fritsch marka değirmende öğütülmüş tür. Sonra her bir numuneden 5'er gram alınarak 2 gram nişasta ile birlikte agat havanda karıştırılmış, pres aletinde 20 ton yük altında sıkıştırılarak tabletleri, hazırlanmış ve ana oksitler ile Sb, (X Mn, Fe, Cu, Co, Ni, Zn, Pb, As, U ve Cd elementlerinin miktarları (ppm) tesbit edilmiştir., Au elementi analizleri XRAL laboratuvarlarında (İzmir) fire assay yöntemi ile yaptırılmıştır. Diğer taraftan, Nisan. 1995'de araştırma safi.asıdan. alman termomineral suyun kimyasal analizi, ise İÜMF Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeokimya Laboratuvarı ve TÜBİTAK - Gebze Yerbilimleri Bölümü Kimya Laboratuvarlarında atomik, absorpsiyon spektrometre, gravimetrik ve titrimetrik yöntemlerle yapılmıştır.

## Litostratigrafi

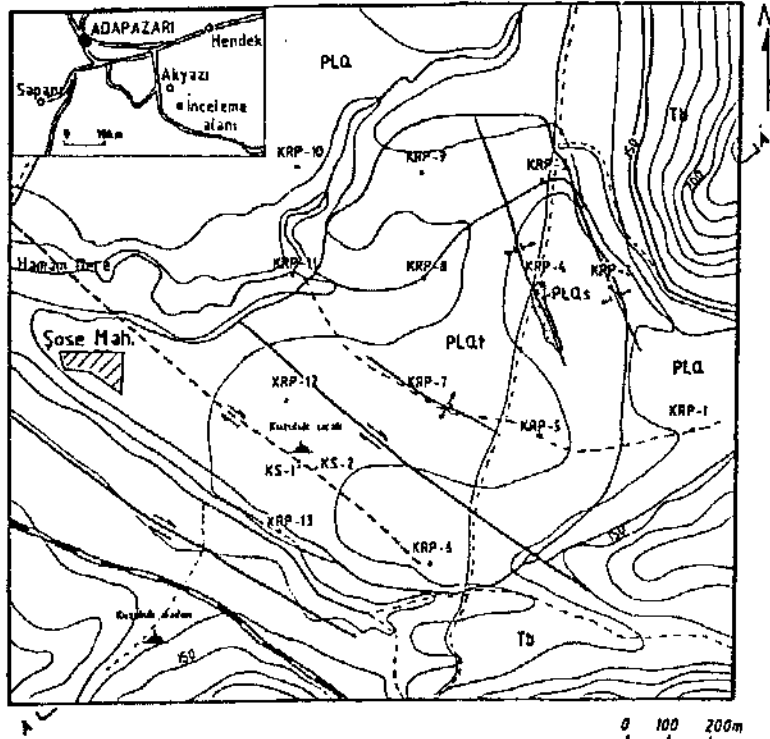
Beydili Volkanitleri: • Siyah, yeşil, kırmızı renkte andezit, bazalt ve liflerden oluşur. Çalışma alanında oldukça geniş bir alan kaplar., Araştırma sahasının doğu, güney ve güneybatı bölümlerinde mostra verir. Yer yer alterasyona uğramışlardır., İnce kesit, değerlendirmelerinde andezitlerin hamuru limoniüleşmiş olup küçük boşlukların zeolit dolgulu olduğu ve amfibol kristallerinin de yer yer karbonata dönüşmüş olduğu, gözlenmiştir,...

Birimin tipik, mostraları ilk kez Abdüsselamoğlu (1959) tarafından, grimsi siyah ve morumsu, renkli andezit ve bazaltlar şeklinde Beydili (Göynük.) dolaylarında tanımlandığı için tarafımızdan, Beydili volkanitleri olarak, adlandırılmıştır. Bu volkanik kayaçlar, Baykal (1955)'in andezitleri, Sentürk ve Demirel (1986)'in volkanik kayaçları ile aynıdır« Volkanitler, Baykal (1955)'in yaptığı çalışmalarına göre Eosen, yaşındadır.

Bölgede, 1987 yılında açılan, iki adet sıcak su sondajında volkanitler, KS-1 sondajı ile 61 m, KS-2 sondajı

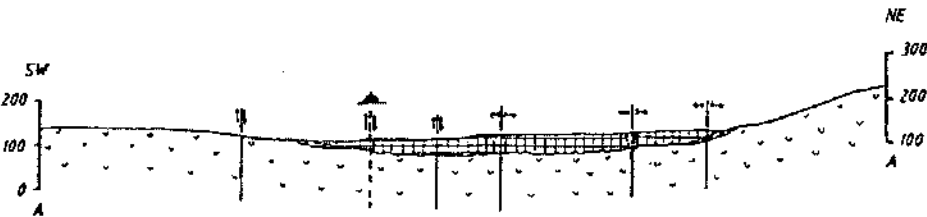


## KUZULUK KAPLICASI (AKYAZI) CİVARININ AYRINTILI JEOLJİ HARİTASI VE JEOLJİ ENİNE KESİTİ



### AÇIKLAMALAR

	Süslüfe zon
	Traverten
	Taraça
	Beydili Volkanitleri
	Karayolu
	Stabilize yol
	Otokanak
	Doğruktu atımı fay
	Açılma çatlığı
	Drenaj
	Termomineral kaynak
	Yürüşim merkezi
	Örnek no
	MTA sondajı
	Kesit yönü
	Mühür



Sekil 1. İnceleme alanının jeolojisi haritası.

ile 87 m olarak kesilmiştir (Şentürk ve Demirci, 1987). Ancak rezistivite etüdü sonuçları kayaçların kalınlıklarınının 150 - 200 metre arasında değiştiğini göstermektedir (Şentürk ve Demirel, 1986).

**Taraça:** Genellikle yuvarlak metamorfik ve volkanik kayaç çakılları., killi, kumlu ve karbonatlı çimento ile gevşek olarak, bağlıdır,.. Bu oluşumlar en çok 70 m kalınlığında ve Pliyo - Kuvaterner yaşlıdır. Çalışma sahasında geniş bir alanda gözlenir..

**Traverten:** Travertenler çalışma alanında Kuzuluk köyü dolayında, mostra verir. Yaklaşık .1 km<sup>2</sup> İlk bir alanı kaplar. Travertenler beyaz, sarı, kırmızı kahverenkli olup boşlöklo. bir yapıya sahiptirler. .Pliyo - Kuvaterner yaşlı, travertenlerin kalınlıkları 0 - 25 m. arasında değişir. Travertenler Kuzuluk'ta daha. önce MTA tarafından açılan K -1 sondajında 25 m. ve K - 2 sondajında ise 8 m. olarak, kesilmiştir (Şentürk ve Demirel, 1987). Travertenler Kuzey Anadolu Fay Zomına bağımlı olarak gelişmiş, olan kırık zonları boyunca yüzeye çıkan bir karbonatlı sıcak suların basınç serbestleşmesi sonucu karbondioksit gazlarını kaybetmeleri ile kalsiyum karbonat çökmesi, sonucunda oluşmuşlardır..

## Mineralojik ve petrografik inceleme

Şekil 1'de görülen lokasyonlardan alınan örneklerin özelliklerin aşağıda belirtildiği gibidir.,

İnceleme alanındaki taraçalarda alınan KRP-1, KRP -11 ve KRP - 13 nolu kayaç örnekleri mikroskopik olarak,, gri ve sarımsı renkli ve gevşek yapılıdır. Kayaç içerisinde bulunan volkanik kayaç: çakılları killi, kumlu ve karbonatlı çimento ile tutturulmuştur. XRD difraktogramına göre örnekler kuvars ve plajiyoklas minerallerinden oluşmaktadır.

Az çok. birbirlerine benzeyen. KRP - 6 ve KRP - 9 nolu örneklerinin gevrek, kırılabilir, ve beyaz, gri ve kahverenkli olduğu ve boşlöklo bir yapı içerdiği tespit edilmiştir. XRD difraktogramına göre KRP-6 nolu kayaç örneği kalsit, kuvars ve opal A. (amorf silis) minerallerinden oluşmaktadır.

Travertenler içerisinde boşalan, sıcak su birikintilerinden alınan KRP-2, KRP-3, KRP-5, KRP-7, KRP-8, KRP-10 ve KRP-12 nolu güncel birikim örneklerinin ise bolluk sıralarıyla, göre kuvars, opal A ve plajiyoklas minerallerinden oluştuğu XRD ile belirlenmiştir.

## Yapısal Jeoloji

İnceleme alanı» özellikle faylar ve açılma çatlakları oluşturan tektonik hareketlerden çok etkilenmiştir.

.Faylar: Sahada çalışma, alanının güneyindeki Kuzey Anadolu. Fay Zonu (KAFZ) ve kuzeyindeki Düzce - Hendek faylarının etkisi ile oluşan bir ihtimalli olmak üzere üç adet GD - KB doğrultulu, doğrultu almı sağ yönlü faylar tespit edilmiştir,

**Açılma çatlakları:** Kuzuluk kaplıcası dolaylarında, travertenlerin olduğu alanda, üç adet. açılma çatlakları belirlenmiştir. Genellikle bu. çatlaklar KD - GB doğrultuludur.

## Hidrojeoloji

Çalışma alanının önemli akarsuyu Hamam. Deresi'dir. .Araştırma sahasının, hemen civarında bulunan birimlerden Akveren formasyonunun Paleosen yaşlı kireçtaşları bol fa.nk.li. çatlaklı, erime boşluklu ve su tutma, özelliklerine sahip oldukları için iyi bir akifer özelliği sunarlar. Rezervuar karakteri gösteren söz konusu birimler' üzerinde bulunan Eosen yaşlı Beydili volkanitleri ile Pliyo - Kuvaterner yaşlı çökellerin killi - süflü seviyeleri, jeotermal akışkan için örtü kayasıdır. Kuzuluk suyunun yüzeydeki sıcaklığı 51°C ve debisi 42 lt/s'dir.

## Hidrojeokimyasal inceleme

Kuzuluk termomineral kaynağından alınan bir adet su örneği analizinde (Çizelge 1) kanyonlarda egemen iyonun r(Na+K) [r(Na+K) > rCa > rMg], anyonlarda ise r(HCO<sub>3</sub>) [r(HCO<sub>3</sub>) > iÇi > rSO<sub>4</sub>] olduğu belirlenmiştir .Dolayısıyla Kuzuluk termomineral kaynağının, kanyon dizilimi literatürde verilen (Şahinci, 1991) volkanik kayaç [r(Na+K) > rCa > rMg., rSO<sub>4</sub> > rCl > r(HCO<sub>3</sub>)] gibi hidrojeolojik birimden gelen suların dizilimleriyle benzerlik gösterirken anyon dizilimlerinde farklıdır. Termomineral sular,, meydana gelmelerine sebep olan değişik türdeki (atmosferik,juvenil ve miks) suların yerin derinliklerine inerken, ikincil ortamda, dolaşırken ve yüzeye doğru hareket ederken geçtikleri ortamların litolojik özellikleri, .tektonik yapısı, fiziksel ve kimyasal özellikleri ve ayrışma dereceleri vb. gibi etkenlerin etkisiyle iyon yüklenirler. Sıcak suların ilk kimyasal, bileşimleri temas halinde oldukları birbirlerinden .farklı litolojik birimler' (kayaç, mineral, cevher) den çözerek, bünyelerine aldıkları iyonlar yüzünden değişebilir. Bu durum, Kuzuluk termomineral kaynağının anyon diziliminde etkilenmiştir.

Çizelge 1'deki veriler' sıcak suyun, yüksek oranda SiO<sub>2</sub> taşıdığı ve silisleşmeyi artırdığını HCO<sub>3</sub>'ca oldukça zengin, olduğunu (kireçtaşları ile temasta bulunduğunu), içme» ısıtma ve banyo amaçlı kullanım halinde: tesisatta kabuklaşma yapabileceğini göstermektedir..

Çizelge 1. Kuzuluk sic aksu kaynağının kimyasal analiz sonucu (ppm).

Katyon	mg/l	Anyon	mg/l
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3.5	Cl <sup>-</sup>	388.1
Li <sup>+</sup>	3.5	Br <sup>-</sup>	-
Na <sup>+</sup>	740	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	58
K <sup>+</sup>	37	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-
Ca <sup>2+</sup>	103	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-
Mg <sup>2+</sup>	19	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1176
Fe <sup>2+</sup>	-	CO <sub>2</sub>	153
Al <sup>3+</sup>	-	SiO <sub>2</sub>	131
As <sup>3+</sup>	0.01	pH	7.4
Sb <sup>3+</sup>	-	T ° C	51
B <sup>3+</sup>	27		

## Hidrotermal alterasyon

Çalışma sahası, aşırı silisleşmiş traverten örtü ile kaplı olduğu için tipik hidrotrenal alterasyon zonları yüzeylenmemektedir. Fakat hidrotrenal alterasyonun bir diğeri belirteci olan silisli siltli ve zoolitli siltli kayalar saptanmıştır.

**Silisli siltli zon:** Araştırma sahasında KRP - 4 nolu aşırı silisleşmiş kayalar örneğinin alındığı lokasyonun batısında bulunan açılma çatlaklarının yaklaşık 200 metrelik kısmında mostra verir (Şekil 1). Oldukça, sert ve grimsi, renklidir. KRP - 4 nolu kayalar örneğinin XRD difraktogramında bolluk sırasına göre kuvars mineralinden ve az miktarda da antimon, nikel ve gümüş tellüridleri ile illit mineralinden, oluştuğu ve jeokimyasal analizi sonucunda ise %89.97 SiO<sub>2</sub> içerdiği belirlenmiştir. Söz konusu silisli siltli zonu bölgedeki hidrotrenal sülasyonların travertenler üzerinde gelişen açılma çatlakları içerisinden geçerek yüzeye kadar ulaşması sonucunda, oluştuğu söylenebilir.

## Litojeokimyasal İnceleme

İnceleme sahasından alınan iki örneğin ana, element analiz, sonuçları (Çizelge- 2) ve diğer bütün örneklerin iz element analiz sonuçları. (Çizelge 3) değerlendirildiğinde, traverten örnekleri, arasından seçilmiş olan KRP-6 nolu kayalar örneğinde ana elementlerin büyük miktarını SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve CaO in oluşturduğu gözlenmiştir. Çökel örneklerinde Cr, Me, Fe, Co, Zn, Pb, U ve Cd, silisli siltli zondan alınmış, örnekte As, taraça örneğinde ise Ni elementlerinin maksimum değerinde olduğu, kayaların tümünde U, çok azında ise- As, elementinin, varlığı belirlenmiştir.

## Güncel hidrotermal anomali oluşunları

Kuzuluk sıcak suyu etkisiyle çevre kayalarla geli-

Çizelge 2. Silis zonu ve traverten örneklerinin ana- elementi analiz sonuçları.

	KRP-4(Silis zonu) (%)	KRP-6(Traverten) (%)
SiO <sub>2</sub>	89.97	87.78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.18	2.65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.19	0.88
MnO	>0.001	0.005
MgO	>0.01	0.09
CaO	0.18	2.4
Na <sub>2</sub> O	0.41	0.2
K <sub>2</sub> O	0.47	0.47
TiO <sub>2</sub>	0.15	0.13
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	0.01
AK	4.47	4.73
<b>Toplam</b>	<b>99.04</b>	<b>99.35</b>

şen güncel hidrotermal anomaliler Şekil 2 ve Şekil 3'le verilmiştir. Haritalarda belirlenmiş olan anomali alanları, traverten içerisindeki elementlerin tarafımızdan belirlenen normal miktarları (aritmetik ortalama + standart sapmaları) baz alındığında:

**Krom anomali:** Cr'un normal değeri traverten.de 140 ppm olduğu için KRP-10 nolu çökel örneğinde görülür.

**Mangan anomali:** Mn'nın normal değeri traverten.de 120 ppm olduğu için KRP-2 ve KRP-5 çökel örneklerinde görülür.

**Demir anomali:** Fe'oin normal değeri travertende 36619 ppm olduğu için KRP-5 nolu çökel örneğinde görülür\*

**Kobalt anomali:** Co'in normal değeri travertende 1.525 ppm olduğu için KRP-8 nolu çökel örneğinde- görülür.

**Nikel anomali:** Ni'in normal değeri travertende 190.2 ppm olduğu için KRP-10 ve KRP-1.1 nolu örneklerde- görülür,,

**Bakır anomali:** Cu'in normal değeri, travertende 25.36 ppm olduğu için KRP-4 ve KRP-5 nolu çökel örneklerinde görülür.

**Çinko anomali:** Zn'nun normal değeri travertende 29,4 ppm olduğu için KRP-5 nolu çökel örneğinde görülür

**Kurşun anomali:** Pb'un' normal değeri travertende 161 ppm olduğu için KRP-5 ve KRP-12 nolu çökel örneklerinde görülür.

**Arsen anomali:** As'in normal değeri travertende

Çizelge 3. Araştırma sahasından alınan örneklerdeki iz element değerleri (ppm) ve örneklerin tanımlaması.

	Kayaç adı	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	As	U	Cd	Sb	Au (ppb)
KRP-1	Taraça örneği	122	84	27545	10	112	8	27	84	-	23	32	-	
KRP-2	Sıcak su çökeli	111	133	27545	9	99	8	19	17	-	7	-	-	
KRP-3	Sıcak su çökeli	56	70	31849	17	125	5	14	17	-	60	-	-	
KRP-4	A.silis.kayaç	111	42	19798	17	144	33	13	71	53	10	18	46	86
KRP-5	Sıcak su çökeli	89	154	42179	3	97	38	57	181	-	41	-	23	
KRP-6	Traverten	89	70	8608	9	152	8	8	64	15	12	28	46	15
KRP-7	Sıcak su çökeli	56	70	25824	14	108	7	15	185	-	12	-	-	
KRP-8	Sıcak su çökeli	111	70	26684	19	123	25	30	68	10	23	-	-	
KRP-9	Traverten	122	63	11190	9	140	16	24	60	-	17	-	69	
KRP-10	Sıcak su çökeli	178	112	31849	5	198	3	26	68	-	10	9	-	
KRP-11	Taraça örneği	144	105	35293	7	245	13	28	81	-	23	9	58	
KRP-12	Sıcak su çökeli	100	70	30988	5	160	2	20	252	-	36	36	-	
KRP-13	Taraça örneği	150	101	31220	5	173	3	22	61	-	9	8	-	
Ortalama		110	88	26967	9.9	144	13	23	93	6	22	11	-	

49.1 ppm olduğu için KRP-4 nolu kayaç örneğinde görülür.

Uranyum anomalisi: U'un normal değeri teaverteo.de 34.35 ppm olduğu için KRP-3, KRP-5 ve KRP-12 nolu çökel örneklerinde görülür.

Kadmiyum anomalisi: Cd'un normal, değeri travertende 29-26 ppm olduğu için KRP-12 nolu çökel örneğinde görülür.

Antimon anomalisi: Sfö'n normal değeri travertende 28.50 ppm olduğu için KRP-4, KRP-6 ve KRP-9 nolu çökel. om.ekleri.nde görülür.

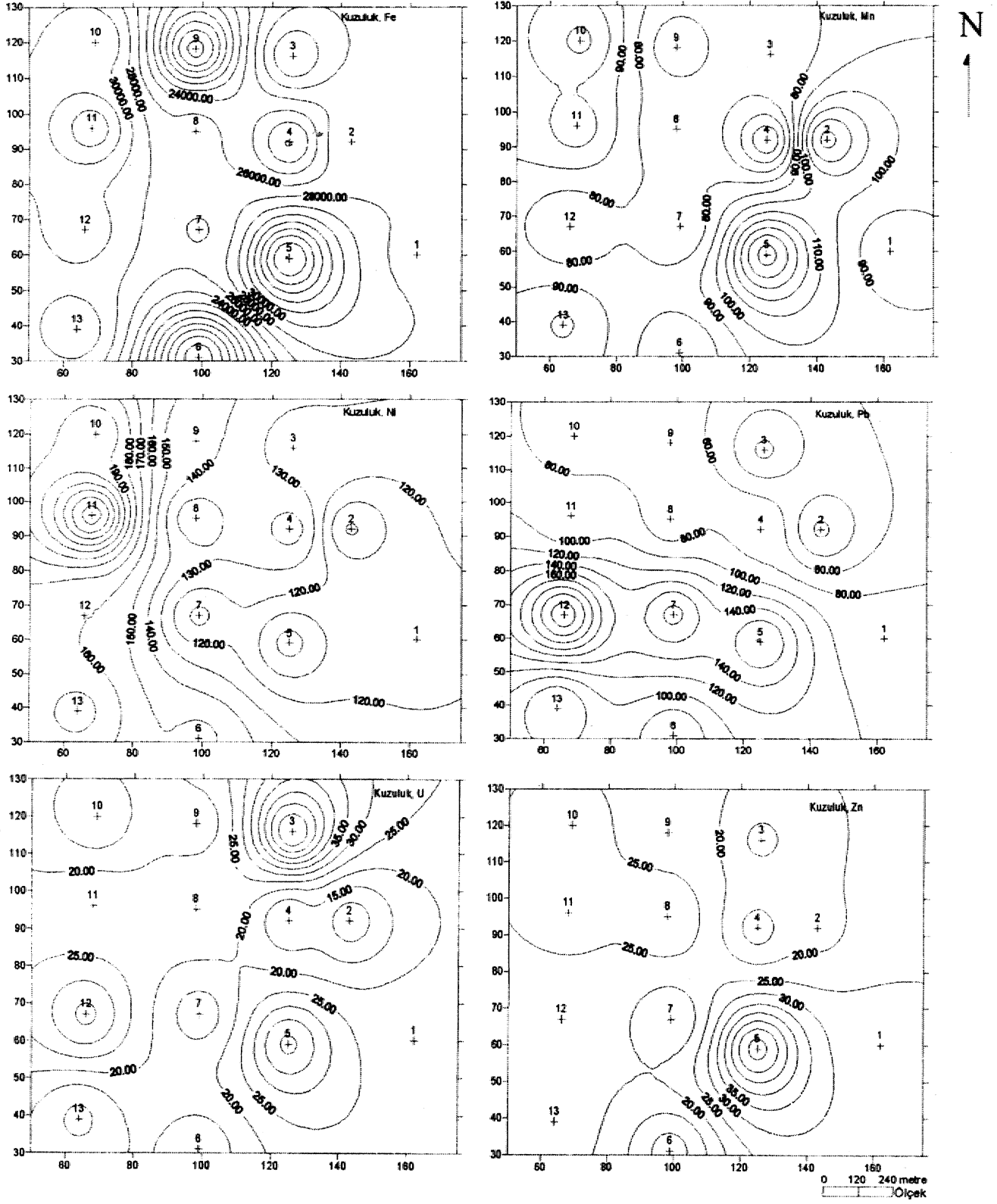
Sonuç olarak, Kuzuluk termomineral kaynağı yakın civarında sıcak solar etkisiyle fayaç ve güocel birikim örneklerinde Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb,, As, U, Cd ve. Sb anomalilerinin varlığı belirlenmiştir. Taraça örneklerinin (KRP-1, KRP-11 ve KRP-13) normal değeri tarafımızdan belirlenemediği için,, anomali sunup sunmadıkları ile az, sayıdaki Au. analizi sonucuna göre- de AB anomalisi konularında bir görüş ileri sürülemez.

## Güncel birirîmlerin maden yatağı açısından irdelenmesi

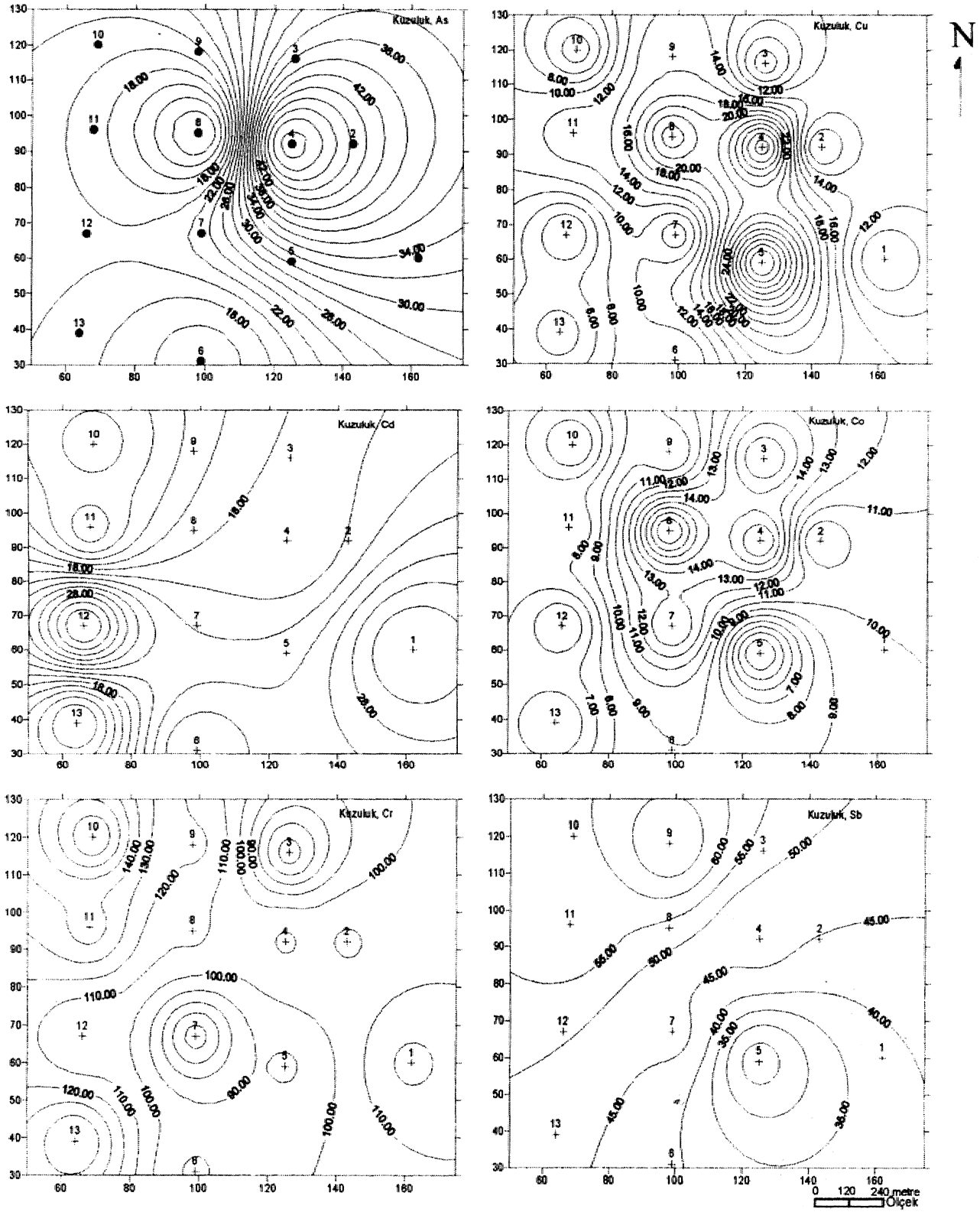
Bu bölümde, Kuzuluk (Akyazı.) sıcak su kaynağı etkisiyle oluşan güncel birikimlerin maden yatağı açısından irdelenmesi yapılacaktır. Analiz sonuçlarını topluca değerlendirebilmek için çalışma sahasında •belirlenen

sonuçların elementlere göre ortalama değerleri Çizelge 4'de sunulmuştur. Karşılaştırma amacıyla aynı tabloda elementlerin yerkabuğu, bazalt ve andezitlerdeki ortalama değerleride verilmiştir. Birada (M) Kuzuluk sahası örneklerinin ortalamasını, (L1) yeikabuğu, (L2) bazalt ve (L3) andezit ortalama değerlerini, (Z1) yerkabuğuna, (Z2) bazalta, (Z3) ise andezite göre zenginleşme katsayılarını gösterir. Örneklerdeki Mn., Fe» Co., Cu, Zn değerleri yeikabuğu, bazalt, ve andezit ortal.amalan.odan küçük, Cr, Ni, Pb, As, U, Cd, Sb ve Au elememelerinin de ise büyüktür. Örneklerdeki en çok zenginleşme Sb, Cd, U ve. Au elemeDtelerin.de gelişmiştir. Bu elementlerin yüksek değerlerini yakın kayaçlara bağlamak olası değildir. Bu nedenle bo dört element sıcak, sularda zenginleşmiş ve sular tarafından, çökeltmiştir.

Sıcak su etkisiyle oluşan, aşın silisli tea verteil örneklerinden KRP-6 nolu kayaç örneğinde 15 ppb Au ve 46 ppm. Sb elementi, silisleşmiş zondan .alınao KRP-4 nolu örnekte ise 86 ppb Au ve 46 ppm Sb elementi (Çizelge 3) tesbit edilmiştir. Kalınlığı 0 - 25 metre arasında değişen traverten örtênin altonda tellüridler şeklindeki Au ve Sb elementleri silisifiye zonlaıdaki dissémine cevherleşmelerden daha fazla olabilir. Kuzuluk sıcak sularında en fazla derişim, gösteren iyonlar Ma, HCO<sub>3</sub> ve Cl'dür. Bu iyonlar antimonun taşınması ve çökmesinde önemli derecede etkin olabilirler (Köksoy ve İleri, 1977). Ancak eldeki verilere göre söz konusu, elementlerin bugün için bir cevher yatağı oluşturabilecek dizeyde olduğu söylenemez...



Şekil 2. Kuzuluk sıcak suyu sahasındaki Fe, Mn,, Ni, Pb, U ve Zn anomalileri\*



Şekil 3. Kuzuluk sıcak suyu sahasındaki As, Cu, Cd, Co, Cr ve Sb anomalileri.

**Çizelge 4.** Kuzuluk sıcak su sahasındaki ortalama metal değerlerinin yerkaşu, bazalt ve andezit ortalamaları ile karşılaştırılması (ppm).

Element	Yerkaşu (L <sub>1</sub> ) (1)	Bazalt (L <sub>2</sub> ) (2)	Andezit (L <sub>3</sub> ) (3)	Kuzuluk sahası ortalama (M)	Zenginleşme katsayısı (Z <sub>1</sub> : M / L <sub>1</sub> )	Zenginleşme katsayısı (Z <sub>2</sub> : M/L <sub>2</sub> )	Zenginleşme katsayısı (Z <sub>3</sub> : M/L <sub>3</sub> )
Cr	100	170	87.4	110	1.10	0.64	1.25
Mn	950	2200	1006	88	0.09	0.04	0.08
Fe	50000	86500	48807	26967	0.53	0.31	0.55
Co	25	48	21.3	9.9	0.40	0.20	0.46
Ni	75	130	34.4	144	1.92	1.10	4.18
Cu	55	72	51.8	13	0.23	0.18	0.25
Zn	70	94	72	23	0.32	0.24	0.31
Pb	13	4	9.9	93	7.15	23.25	9.39
As	1.8	1.5	2.4	6	3.33	4	2.50
U	1.8	0.53	0.5	22	12.22	41.80	44
Cd	0.2	0.2	0.19	11	55.00	55	57.90
Sb	0.2	0.1	0.15	19	95.00	190	126.6
Au	0.004	0.0032	0.0035	0.051	12.75	15.93	14.59

## Sonuç ve öneriler

Kuzuluk (Akyazı) termomineral kaynağının ayrıntılı jeolojisi, çevre kayalarla oluşan anomaliler ve güncel birikimlerin, maden yatağı açısından Melenmesi konularında gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

1. Litojeokimyasal verilerle hidrojeokimyasal veriler karşılaştırıldığında güncel birikim örneklerinin SiO<sub>2</sub>'ce zengin olduğu Kuzuluk (Akyazı) termomineral kaynağında halen 100 ppm'den fazla SiO<sub>2</sub> taşıdığı tesbit edilmiştir. Diğer taraftan, sıcak suyun içerisindeki SiO<sub>2</sub>'in silisleşmeyi arttırdığı, HCO<sub>3</sub>'ca oldukça zengin olması kullanım halinde kabuklaşma yapacağını ve kireçtaşları ile temasta bulunduğunu gösterir...

2. Kuzuluk (Akyazı) termomineral kaynağı etkisiyle oluşan hidrotermal alterasyon zonlarından silisifiye zon tesbit edilmiş olup silisleşmenin gelişimine sebep olan jeotermal akışkan sıcaklığının 100°C'nin altında olduğu söylenebilir\*

3. Araştırma, sahasındaki traverten ve güncel birikim örneklerinde Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, As, U, Cd ve Sb anomalilerinin varlığı belirlenmiştir.

4. Zenginleşme katsayısı değerlerine göre en çok zenginleşme Sb, Cd, U ve Au elementlerinde gelişmiştir. Bu elementlerin yüksek değerlerini yakın kayalara bağlamak olası değildir. Bu nedenle: bu dört elementin sıcak sularda zenginleşmiş ve solar tarafından, çöktürülmüş oldukları düşünülmektedir.

5. Sıcak su etkisiyle oluşan aşırı, silisli traverten örneğinde 15 ppb Au ve 46 ppm. Sb, silisleşmiş zondan

alınan örnekte ise 86 ppb Au ve 46 ppm Sb nin tesbit edilmiş olması, ilerleyen zaman diliminde silisleşmeye bağlı olarak Au getirimimin devam edebileceğini göstermektedir., Kuzuluk sıcak sularında en fazla, derişim, gösteren iyonlar' arasında Ma, HCO<sub>3</sub> ve Cl. iyonlarının bulunması, söz konusu iyonların antimon elementinin taşınması ve çökmesinde etkili olduklarına işaret etmektedir.

### KATKI BELİRTME

Hazırlanmış olduğum makalenin değerlendirilmesi aşamasında öneri, ve dftzeltmeleriyle katkı yapan sayın hakeme içtenlikle' teşekkür ederim.

### DEĞİNİLEN BELGELER

- AkSüselamoğk, M S- 1959, Almacıkdağı ile Mudurnu ve Göynük civarının jeolojisi, I.ÜJFJF. Monografi-leri, Sayı: 14, İstanbul.
- Baykal, R, 1955,, Çamdağ ve civarı» Geyve- - Akyazı dağları» Hendek - Akyazı ovası, Gefaze kuzeyinde ovacık bölgelerinin jeolojik etüdüleri, MTA raporu no 2280, Ankara.
- Ewart,, A., 1982, The mineralogy and petrology of tertiary - recent orogenic volcanic rock. In andésites: Ofogenik andésites and related rocks, R.S.. Thorpe (ed.), p: 26 - WI, Chichester.
- Köksöy, M., teri., S., 1977,, Lükiye antimon oluşum ilkeleri,, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri. Dergisi,, Cilt: 3, No: 1 - 2, Sayfa: 95 - 114, Ankara-
- Mason,, B,, Moore, CB,, 1982, Principle ' of geochemistry, 344 s., ISSN 0196 - 427X, John Wiley and Sons» Inc., New Yoik.
- Önder, L, 1987,, Sakarya - Akyazı Kuzuluk kaplıcası sıcak su aramaları rezistivite etüd rapora,, MTA. rapor no: 8253, Ankara.
- Pehlivan, R, 1996,, Marmara. Bölgesi Termomineral Kaynaklarının Jeolojisi ve Hidrojeokimyasal İncelemesi,, LÜ. Fen Bil., Enst, Doktora, tezi,, 165s., Ekil,, İstanbul (Yayınlanmamış).

- Rose,, A.W., Hawkes, E.H., Webb,, J.S., 1979, Geochemistry in mineral, exploration, Geobchemical characteristics of the elements (Appendix),, p: 549 - 581, Academic: Press Inc.,, 24 - 28 Oval Road 'London.
- Şahinci., A» 1991, Doğal suların jeokimyası, reform matbaası» 546 s., Beyler - izmir..
- Şentnrk, M., Demhrel, E, 1986, Akyazı (Sakarya) Kuzuluk kaplıcası hidrojeoloji incelemesi,, MTA rapor eo: 7085, Ankara.
- Şentirk, N., Demirci, E, 1987, Sakarya - Akyazı - Kuzuluk K-1 ve K-2 sıcaksu sondajlan kuyu bitirme raporu» MTA rapor no: 8296, Ankara.
- Yılmaz, Y<sub>M</sub> Gozûbol, 'Â.ML, Tiysuz, O., Yigitbaş, E., 1981, Abant (Bolu)-Dokurcan. (Sakarya) arasında Kuzey Anadolu, fay zonunun kuzey ve güneyinde kalan tektonik birliklerin, jeolojik evrimi, MTA rapor no: 7085» Ankara..



# Kömür kökenli doğal gaz

*İlker Sengiller*, MTA Eceji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, Ankara

*Kömürleşme ile başlayan metan gazı oluşumu, kömür yatakları için özellikle işletme şifasında büyük tehlike oluşturmaktadır. Ancak bu potansiyelin tehlikesiz duruma getirilmesi ve ekonomiye kazandırılması mümkündür. Biyojenik kökenli doğal gazlar grubu içinde- yeralan kömür kökenli doğal gaz, aynı zamanda çevre dostu olması nedeniyle günümüzde özellikle gelişmiş ülkelerde özel bir ilgi görmektedir., Kömür kökenli doğal gazın rezerv tahminleri ve üretimi, petrol kökenli doğal gaz çalışmalarından farklılıklar gösterdiğinden tüm dünyada bu konuda araştırmalar sürmektedir:*

## Giriş

Kara sevdalı çevreciler ve yeşiller kabul etmemekle beraber,, yapılan enerji projeksiyonları» sanayileşme sürecindeki ülkemizde enerji gereksiniminin iler geçen gün arttığını göstermektedir. Ayrıca enerji metim ve tüketim istatistikleri bu artışın önümüzdeki yıllarda daha da fazla olacağını ortaya koymaktadır.

Jeotermal, güneş, rüzgar, dalga gibi temiz enerji kaynakları günümüzde özellikle gelişmiş ülkelerin dillerinden düşürmedikleri çevre kavramı ile iyi dost olmaları karşın kendine özgü enerji dönüşüm sistemleri ve teknolojiler gerektirdiğinden gereken ilgiyi görememekte dirler., Bunun yanısıra nükleer enerji konusundaki tartışmalar ve özellikle gelişmiş ülkelerde bu enerjiye karşı oluşan tepkiler, henüz bu santralelere sahip olmayan ancak yapımını planlayan, ülkeleri düşündürmektedir. Bu yüzden çevresel etkileri bakımından bazı dezavantajları, bulunmasına rağmen, fosil yakıtlar günümüzde ilgi odağı olmaya devam, etmektedirler.

Kömür, bitümlü şeyi, petrol gibi fosil yakıtlar grubu içinde bulunan doğal gaz, grubunun en temiz yakıtı olması nedeniyle özel bir ilgi görmektedir ve bu yüzden önemi her geçen gün daha da artmaktadır,

Dünyada yaygın olarak enerji üretiminde,, sanayide ve evlerde kulandan petrol kökenli doğal gaz, gibi,, kömür kökenli doğal gazın da ekonomik olarak kullanılabilirliğini araştıran çalışmalar son yıllarda yoğunlaşmıştır. Başta Amerika Birleşik Devletleri olmak üzere Çin, Avustralya, Polonya, İngiltere ve Almanya'da bu konuda önemli çalışmalar yapılmaktadır.

Ülkemizde TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi Yer Bilimleri Bölümü 1991 yılında kömür kökenli doğal gaz (Coalbed Methane) konusunda bir araştırma başlatmıştır., MTA Genel Müdürlüğü ve Türkiye Taşkömürü Korumu işbirliği de sağlanarak Zonguldak Havzasındaki kömür kökenli doğal gazın oluşumu, göçü ve birikmesi araştırılmış ve sonuçta havzada gaz potansiyelinin varlığı ortaya konmuştur (Yalçın, 1993).

## Doğal gazlar

Oluşum koşulları ve bileşimlerine göre doğal gazları üç grupta toplamak mümkündür. Bunlar biyojenik kökenli doğal gazlar<sup>1</sup>, magmatik ve metamorfik kökenli doğal gazlar ile radyoaktif kökenli, doğal gazlardır (Gedik,, 1994).

Biyojenik kökenli doğal gazlar

Biyojenik kökenli doğal gazlar, organik maddenin biyolojik ve fizikokimyasal proseslerle hidrokarbonlara, dönüşmesi sonucu oluşur. Bunlar: bataklik, gazlan, kömür kökenli, gazlar,, petrol kökenli gazlar,, tuz, tabakalarında oluşan gazlar ve çamur volkanı gazları olarak sınıflandırılır...

Bataklik gazları, eski ve yeni batakliklar ile delta ve alüvyonlarda görülür. Ülkemizde buna en güzel örnekler<sup>1</sup> Bafra, Çarşamba ve Adana Ovalarıdır. Kömür kökenli gazlar,, kömürü oluşturan bitkisel maddelerin torbiyelerde depolanarak bozulmasıyla oluşmaya başlar ve kömürleşme derecesi (rank) arttıkça gaz oluşumu artar. Buna en iyi örnek Zonguldak kömür havzasıdır.

Petrol kökenli gazlar, petrol oluşum, prosesleri ile meydana gelir, bileşiminde ağırlıklı olarak bulunan metan yanında, metandan daha ağır hidrokarbonlar da içerir., Ülkemizde Hamitabat ve Çamurlu sahaları petrol kökenli doğal gazlara örnek olarak verilebilir.

Tuz tabakalarında oluşan gazlar azot, metan ve karbondioksit gazları olup ağır hidrokarbon içermezler, Petrol, ve kömür sahalarında oluşan, gazlar basınçtan nedeniyle çatlak boyunca yüzeye çıkarlar. Çıktıkları sırasında basınçlan onanında killi malzemeyi yüzeye taşıyarak, çıktıkları noktada oluşan kraterleri, çevresinde bir koni oluştururlar ve bu koni nedeniyle çamur volkanı olarak adlandırılırlar. Bileşiminde metan, karbondioksit, azot ve hidrojen sülfür bulunan, bu gazın örnek olarak ülkemizde Muş Ovasında ydlardanberî çıkmakta olan gazlar gösterilebilir.

Mağmatik ve metamorfik kökenli doğal gazlar

Magmatik ve metamorfik kökenli doğal gazlar karbondioksit, karbonmonoksit, hidrojen sülfür, azot gibi gazların yanında su buharı ve asal gazları da içerir... Ülke- mizde Orta ve Doğu Anadolu'daki genç volkanlar ile Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayına bağlı değişik, açılı, faylar boyunca karbondioksit çıkışları yaygındır.

Radyoaktif kökenli doğal gazlar

Radyoaktivite nedeniyle oluşan gazlar olup başlıcası Helyumdur. Helyum, iki proton ile iki nötrondan oluşan bir çekirdeğe sahip asal gazdır. Helyum atmosfer, manto<sup>1</sup> ve kabuk kökenli olarak meydana gelebilmekte ve bu köken izotop çalışmaları ile belirlenebilmektedir (Ercan ve diğ., 1994),

## Kömür kökenli doğal gaz

Kömürleşme prosesleri ile oluşan ve kömürün moleküler yapısında adsorbe edilmiş olarak bulunan doğal gazın bileşiminde ağırlıklı olarak, metan, ile karbondioksit, oksijen, nitrojen, metandan daha ağır hidrokarbonlar (etan vb.), hidrojen, helyum bulunur.

Kömürleşme sürecinde vitrinit yansıma, değeri %2 ye ulaşmaya kadar ortalama olarak metan 63 - 157 cm<sup>3</sup>/gr, karbondioksit 63 - 157 cm<sup>3</sup>/gr, nitrojen ise 8 - 16 cm<sup>3</sup>/gr dir (Scott, 1993).

Kömür kökenli doğal gaz (metan) oluşum koşullarına göre ya biyojenik ya da termojenik olmaktadır.. Biyojenik metan gazı, yüzeye çok yakın solum ortamda bitkilerin, bozuşması ile oluşan turba, linyit ve subbitümlü kömürler olarak isimlendirilen, kömürleşme derecesi düşük kömürlerde meydana gelebildiği gibi, esas olarak kömürleşme derecesi yüksek olan bitümlü kömürler ve ant-rasitlerde oluşur. Kömürleşme derecesi yüksek olan kömürlerin oluşturduğu metan gazı ekonomik rezervler sunabilir.

Biyojenik kömür kökenli gaz (metan), oluşum açısından birincil ve ikincil olarak ikiye ayrılır.. Birincil, biyoje-

nik metan nispeten dişlik, sıcaklıklarda ve gömülme derinliklerinde (Rm %0.3) turbalardan oluşur. Bu metan denizel çökellerde gömülmeden kısa süre sonra oluşan biyojenik gaz ile büyük benzerlik, göstermektedir (Rice, • 1992). İkincil biyojenik metan ise meteorik solum kömüre nüfuz etmesi ile ortamda, başlayan metabolik faaliyetler -sonucu oluşur. Bu esnada gömülme ve kömürleşme tamamlanmış olup kömürün vitrinit yansıma değeri % 0.30 - 1.50 arasında bir değere ulaşmış ve hatta. % 1.50 yi bile geçmiştir. Bu yüzden ikincil biyojenik metan ile birincil biyojenik metan oluşum açısından farklıdır (Scott, 1993),..

Termojenik kömür kökenli gaz (metan) oluşumu da iki grupta değerlendirilir. Erken termojenik metan, yüksek uçuculu bitümlü kömürlerden (Rm% 0\*5 - 0.8) oluşur ve etan, propan ile hidrojen, zengin kömürlerden türeyen diğer gaz bileşenlerini içerir (Scott, 1993). Termojenik metan oluşumu, vitrinit yansıma değeri %0.74 olan kömürlerde gerçekleşir (Tang ve diğ., 1991). Kömür kökenli doğal gazın bileşimi, kömürleşme derecesi ile doğrudan, ilgili olmakla beraber havzanın hidrolojisi de bunu kontrol eden ana faktörlerdendir (Scott ve Kaiser, 1991). Gazın bileşimindeki karbondioksit önemli bir bölümü ilk kömürleşme süreci içinde oluşur ve kömürleşme arttıkça gaz oluşumu genellikle azalır (Scott ve diğ., 1994). Avustralya'da Sydney ve Bowen havzalarında Permiyen yaşlı bitümlü kömürlerde yapılan izotop çalışmaları karbondioksitin mikrobiyolojik indirgenmesinin, geleneksel termojenik reaksiyonlardan daha çok, gazın bileşimi ile ilgili olduğunu göstermiştir (Smith, ve Fildasser, 1996)..

Kömürleşme proseslerinin ilk dönemlerinde kömürün üzerini örten tabaka ince ve geçirimsiz olduğundan oluşan gazın çok az bir kısmı depolanır. Kömürleşme proseslerine bağlı olarak; sıcaklık, basınç yanında, üzerindeki ve çevresindeki kayalar da geçirimsizleştiğince gazın büyük bölümü kömürde tutulmaya başlar.. En fazla metan gazı oluşumu orta uçuculu bitümlü kömürlerden, düşük uçuculu kömürlere geçişte gerçekleşir. Bu sırada, ortamın sıcaklığı yaklaşık 150T dir.

Kömürün maseral bileşimi, kömürde adsorbe olacak metan gazı miktarı ile doğrudan ilgili dir.. Vitrinit zengin kömürlerde metan adsorpsiyonu genellikle yüksektir. İnetinit içeriği arttıkça metan adsorpsiyonu azalmaktadır (Lamberson ve Bmstin, 1993).

Kömürleşme- derecesi arttıkça kömürün bünyesinde bulunan su tedrici olarak tabaka dışına atılır. Yüksek uçuculu bitümlü kömürlerde su miktarı % 27 iken, orta uçuculu veya düşük uçuculu bitümlü kömürlerde su miktarı % 12 dir. Sonuç olarak kömürde oluşan metan, gazı miktarının, kömür tabakasının yüzeyden derinliğine, ko-

mürleşme derecesine (rank)' ve diğer jeolojik koşullara bağlı olduğu söylenebilir.

## Rezerv tahmini

Konvansiyonel yöntemlerle üretilmesi planlanmaktadır. gaz rezervi tahmini iki ayrı değerlendirme gerektirmektedir. Bunlar; yerinde gaz miktarı ve üretilebilecek gaz miktarıdır. " \*

Yerinde gaz miktarının belirlenmesi

Yerinde gaz miktarı genellikle hacimsel hesaplamalar ile yapılır, Yerinde gaz miktarının hesaplanmasında iki önemli parametre vardır. Bunlar yerinde kömür miktarı ve metan içeriğidir. Metan içeriği, kömürde too başına bulunan gaz miktarını ifade etmekte olup doğru bir rezerv tahmini yapılabilmesi için çok iyi hesaplanmalıdır. Metan, içeriğini çeşitli yöntemler ile hesaplamak mümkündür (Elhney, 1989).

1) Doğrudan gaz desorpsiyon ölçümleri: Kömür<sup>1</sup> numunesinden açığa, çıkan gaz miktarı olup laboratuvarında ölçülür.

2) Metan emisyon debisi: Kömür ocaklarında, çalışılan damarda açığa çıkan metanın ton başına miktarıdır.

3) Sorpsiyon-izoterm bağıntısı: Deneyimlere dayalı bağıntılar olup belirli sıcaklıklarda değişen basınçlar ile teorik olarak kömürün ton başına tutabileceği maksimum gaz miktarı ilişkisidir. Bu yöntem genellikle doğrudan gaz ölçümlerinin yapılamadığı durumlarda kullanılır., Her tip kömürün kendine özgü sorpsiyon-izoterm bağıntısı vardır. Sorpsiyon-izoterm bağıntısını sağlıklı olarak kullanabilmek için kömürün nem., kül, sabit karbon,» uçucu madde miktarı ile basınç ve sıcaklık gradyanlarının önceden bilinmesi gerekmektedir. Bu parametreler gaz üretim aşamasında da çok önemlidir,

Üretilebilecek gaz miktarının belirlenmesi

Kömür yataklarından metan gazı üretimi, doğal gaz sahalarında yapılan, sondaj ve benzeri çalışmalar ile gerçekleştirilmektedir. Ancak rezervuar üretim prosesleri açısından doğal gaz sahalarından büyük faydalar gösterdiğinden konvansiyonel üretim tahmin yöntemlerini burada kullanmak mümkün olmamaktadır.

Kömürde matriks boyunca difüzyon ile çatlaklardaki serbest gaz akışı üretimin gerçekleşmesinde çok önemli iki faktördür<sup>1</sup> (Şekil 1). Metan gazı kömürde adsorbe olarak, bulunduğu uzun süreli üretimlerde özellikle difüzyonun önemli bir parametre olduğu unutulmamalıdır (Smith ve Williams, 1984)., Bununla beraber geçirimsizlik, statik rezervuar basıncı ve gaz desorpsiyon basıncı üzerine etkili olan diğer üç faktördür.

Kömür damarının kalınlığı ve içerdiği gaz miktarı, kömür kökenli, doğal gaz rezervi açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca geçirimsizlik,, çatlak verimliliği, ve akış kapasitesi diğer önemli faktörleri oluşturmaktadır.

Metan, üretimi, üç evrede olmaktadır. Birinci evrede, basınç düşmesi ile sadece suyun akışı söz konusudur. Tek fazlı akışın, olduğu bu evrede su üretimi gerçekleşir. İkinci evre basınç düşmesine bağlı olarak oluşan desorpsiyon ile başlar\* Bu evrede oluşan gaz kabarcıkları birbirleri ile bağlantılı olmadıklarından benüz akış gerçekleşemez. Yine sadece su hareketlidir ve gaz kabarcıkları su ile taşınmaktadır., Üçüncü yani son. evrede, devam eden basınç düşmesi ile kritik gaz doygunluğuna erişilir, çatlaklardaki gaz serbest kalarak akışa geçer. Bu evrede su ile gazın birlikte akışı söz konusudur yani iki fazlı akış gerçekleşir. M fazlı akışı iyi tanımlayabilmek için geçirimsizliğin iyi bilinmesi gerekmektedir (Remuer,, 1986 ve Gray 1987)..

Özet olarak söylemek gerekirse ekonomik üretimi gerçekleştirmek için yeterli miktarda gaz, bu gazı alabilmek için yeterli, geçirimsizlik,, yeterli basınç, uygun sorpsiyon süresi gerekmektedir. Ayrıca. izoterm karakteristiklerinin de iyi belirlenmesi çok önemlidir (Kuuskraa ve Brandenburg, 1989, Hughes ve Logan, 1990).

## Dünyada kömür kökenli doğal gaz çalışmaları

AB D'de kömür kökenli doğal gaz çalışmaları 1980'li yıllarda, devlet tarafından da desteklenerek yoğun bir şekilde sürdürülmüştür. 1986 yılında sadece 378 metan rezervuarı açılmışken,, bu sayı 1991 yılında 4443 olmuştur (Boyer, 1992). San Juan (New Mexico ve Colorado) ile Black Warrior (Alabama) bölgelerinde sondajlı üretim çalışmaları 1990 ve 1991 yıllarında diğer havzalar da eklenmiştir. AB-D'de de yeni sayılabilecek metan üretimi 1986 yılında  $0.5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  iken, 1991 de  $9 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ 'e ulaşmıştır (Boyer, 1992), Bugün için yıllık gaz tüketiminin sadece % 2-sini oluşturan metan üretiminin, 2000 yılında % 5-6'sını karşılaması planlanmaktadır (Baly, 1992),

ABD'de ispatlanmış metan rezervi  $140 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ , tahmin edilen, üretilebilir metan rezervi  $4,2 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ , jeolojik rezerv ise  $11,3 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ 'dür.

Son tahminlere göre Avrupa'da kömür kökenli doğal gaz rezervi (Bağımsız. Devletler Topluluğu hariç) yaklaşık  $8,5 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$  dür (Boyer, 1992). Avrupa'daki taşkömürü yatakları, tektonizma, derinlik, ve damar özellikleri bakımından ABD'deki yatlardan büyük farklılıklar göstermektedir., Bu nedenle Avrupa ülkelerinde metan, üretimi çalışmalarında ABD'de olduğu gibi ilerleme kaydedilememiştir.



**KıymıQrYÜseyİnle  
Oluşan Desoipsiyöü.**

**Matrİksİn Mikrogözenekleri  
Boyunca Oluşan PlİfOzyon**

**M a f a o g ^nekler(Doğal Çatlak)  
Boyunca .Akış**

**Şekil 1. Üretim mekanizmasının şematik görünümü**

Almanya'da. Saarland kömür sahasında. 1960lı yıllarda başlayan kömür kökenli doğal, gaz çalışmaları., üretimde başarı sağlanamaması nedeniyle devam etmemiştir.

İngiltere'de de benzer çalışmalar BCC (British Coal Corporation) tarafından yapılmıştır (Boyer, 1992).. Daha somaları ara verilen çalışmalara, geliştirilen yeni teknolojiler İte- Avrupa kömür ve çelik topluluğu'nun (European Coal and Steel Community- ECSC) sponsorluğunda araştırma projeleri ile yakın bir gelecekle yeniden başlanacaktır. Topluluğun enerji bölümü içinde yer alan Ticaret ve Sanayi Bölümü (Department of Trade and Industry) özellikle konvansiyonel olmayan bu gaz ve üretimi ile yakından ilgilenmekte ve büyük destek vermektedir.

Fransa'nın bugünkü enerji politikalarında fosil yakıtların önemi oldukça azdır (Daniel ve Jamieson, 1992).. Ülkede kömür kökenli doğal gaz rezervlerine ilişkin resmi veriler bulunmamasına rağmen yaklaşık  $03 \cdot 10^{12} m^3$  olduğu tahmin edilmektedir<sup>1</sup> (Crick, 1992). Terkedilmiş olan Nord-Pas de Calais kömür sahasında HBNPC ve Gaz de France (GdF) arasında bir proje yapılmıştır. Benzer şekilde HBCM şirketi çalışılmamış bir saha olan Cevennes havzasında (South Massif Central) bir proje oluşturulmuştur (Crick, 1992). Burada iki araştırma kuyusu ile yapılan testler sonucunda 1200 m derinlikte  $10^9 m^3$  metan gazı. varlığı tahmin edilmektedir.

Belçika'da, kömür sahalarının kapanmasından, sonra gaz üretimine yönelik projeler gündeme gelmiştir<sup>1</sup> (Daniel ve Jamieson, 1992), Hainaut havzasının Charleroi bölgesinde 1964 yılında kömür sahasının kapatılmasından sonra yaklaşık yılda 7 milyon  $m^3$ , 8300 kcal/ $m^3$  ısı değere sahip metan gazı üretilmiştir. Söz konusu üretim düşük düzeyde gerçekleşmesine rağmen oldukça ekono-

miktir. Eğer üretim aynı seviyede tutulursa bölgedeki, gaz potansiyelinin. 25 yıl daha varlığını sürdüreceği tahmin edilmektedir (Dusar ve Verkaero., 1992). Tim Hainaut havzasının metan potansiyelinin  $10^{12} m^3$  olduğu tahmin edilmektedir. Yine yapılan bir çalışmaya göre açılacak olan 100 üretim kuyusu ile yılda, ancak metan potansiyelinin. % 1'i alınabilecek olup bu da. Belçika'nın yıllık, gaz tüketiminin % 10'unu oluşturacaktır (Dusar ve Verkaeren, 1992).

İspanya'da ise kömür yataklarındaki gazın üretimi ve kullanımı projesi hem. ekonomik nedenlerden hem. de jeolojik nedenlerden dolayı 'büyük destek görmektedir. Oluşturulan konsorsiyumun 'Çalışma planına, göre sondajlar' 2000 m., derinliğe- ulaşarak olup beklenen metan gazı. potansiyeli  $12 m^3/too$ . dur (Roever, 1992),..

Polonya'da taşkömürü en önemli enerji kaynağıdır. Metan potansiyeli  $3 \cdot 10^{12} m^3$  olarak tahmin edilmektedir (Kruger, 1992)... Ülkenin enerji potansiyeli Dünya Bankası ve EPA'nın (U.S. Environment Protection Agency) desteği ile Avrupa Topluluğu çevre standartlarına uygun olarak, değerlendirilme kapsamına alınmıştır. Üst, Şilesiao havzasındaki metan potansiyeli  $1.5 \cdot 10^{12} m^3$  olup, 1500 m. derinlikte gaz içeriği  $20 m^3/too$  dur., Buna karşın Alt Silesian havzasının, gaz içeriği  $10 m^3/$  tori'un altında olduğundan şu anda diğer saha tadar ekonomik görülmemektedir.

Eski Çekoslovakya'nın enerji, üretiminin. % 6'ci yerli \* taşkömüründen ve linyitten gerçekleştirilmektedir. Ost-ravan taşkömürü sahasında 1500 m derinlikteki  $500 \cdot 10^9 m^3$  metan gazını çıkarmak için. Mr proje oluşturulmuştur.

Macaristan'da taşkömürünün gaz içeriği  $15-40 m^3/too$  olup metanın ticari olarak kılınımı konusunda araştır-

malar yapılmaktadır (Somos, 1992)., Tahmin edilen gaz rezervi 1500 m derinlikte  $85 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  dür... (Schneider, 1993). Kanadalı enerji şirketi Fracmaster, Macaristan kömür şirketi Meesekl Szenbanyak ile Mecsek havzasında çalışma planları yapmaktadır.

## Sonuç

ÖoümEzdele yıllarda enerji gereksiniminin artacağı düşünülen ülkemizde, enerji temininde çeşitlilik, ilkesi de gözetildiğinde, fcom.tr' kökenli, doğal gaz yeni bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca be kaynağın, 'daha verimli, olarak işletilmesine yönelik yeni modellerin .arandığı Zonguldak kömür havzasında bulunması ve fosil yakıtlar içinde çevre dostu olarak bilinmesi,, kömür kökenli doğal gazı. ülkemiz enerji gündemine sokmuştur...

Gerçekten, fosil yakıtlar<sup>1</sup> içerisinde en az çevresel etkilere sahip olan metan gazı, •üretilebildiği •taktirde ülkemiz, için çok büyük kazanç olacaktır. Ancak, bu araştırmada sözü edilen gerek: rezerve .gerekse üretime ait tüm parametreler özenle araştırılmalıdır.

Gelişmiş ülkeler için. dahi. oldukça yeni 'bir enerji kaynağı olan kömür kökenli doğal gaz, ülkemiz enerji projeksiyonlarında yer' almalı, başlatılan çalışmalar ve araştırmalar uygulamaya. yönelik projeler ile geliştirilmelidir.

## KATKI BELİRTME

Bu araştırmadaki değerli, katkılarından dolayı Tayfan Umucu'ya, (TPAO) teşekkür ederim.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Baly, M., 1992, Bright future seen for "Feel of Choice". Petroleum Economist 59,2,25-21
- Boyer, C, 1992, Overview and. analysis of coalbed methane. Presented at the. conference on "Coalbed methane in .Europe" on 20.5.1992 in London.
- Crick., J.,1992, Progress towards exploitation of coalbed methane in the Cevennes Basin. Presented at the ""Workshop on the: recovery and end-use, of coalbed methane " in. Katowice from 16-21.3.1992
- Daniel, M. and Jamieson, E., 1992, Coal, production prospects, in the European Community. DEA Goal Research 48, London.
- Dusar, M. and Veikaeica, P\* 1992,, Methane desoition in. closed collieries-examples from Belgium. Presented at the "Workshop on the recovery and. end-use of coalbed 'methane"" in Katowice from 16-21.3.1992.,
- Elhiney, J.E., 1989, Evaluation of coalbed. methane reserves, involve:» different techniques. Oil and Gas Journal, October, 30,63-72.
- Ercan., T., Ölmez, E., Matsuda, .1., Nagao, K., Kıla,!,. 1994., Kuzey ve Batı Anadolu'da sıcak ve mineralize sular ile içerdikleri gazların kimyasal ve izotopik özellikleri., Türkiye Enerji Bülteni c.1,s.2, Ankara.

- Gedik., A., 1994., Türkiye Doğalgazları. MTA Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi eğitim semineri, Ankara.
- Gray., L.,1987., Reservoir Engineering in Coal Seams. Part 1, The Physical Process of Gas storage and movement In coal seams, SPERE, February, 28-34.
- Hughes, B..D. and Logan, T.L, 1990, How to desingn A coalbed, methane well. Petroleum Engineering International» May., 16-20.
- Kruger, D., 1992., Coalbed methane's potential in Poland and CSFR. Presented at the conference on "Coalbed methane In Europe" on 20.5.1992 in London.
- Kuuskräa, V.A. and Brandenburg, C.F., 1989, Coalbed methane sparks a New Energy Industry. Oil and Gas Journal, October 9,49-56.
- Lamberson, MR, ve Beştin, R.M., 1993, Coalbed Methane Characteristics of Gates Formation Coals, Northeastern British Columbia;: Effect of Maoeral Composition. AAPG Bulletin, V. 77., No, 12, P. 2062-2076.,
- Reinner, DJ., 1986, A Parametric study of the effects of coal. Seam, properties, on gas drainage efficiency. SFERE, November., 633-646.
- Rice, D.D., Clayton, J.L., Flores, R.M., Law» B.E...and Stanton, R.W., 1992., Some geological controls on coalbed gas generation., accumulation., and production, 'western United States., U.S. Geological Survey Circular 1074, p." 64.
- Roever, B., 1992., Coalbed Methane in Spain., Presented at the conference on "Coalbed methane in Europe" on 20.5.1992 in London.
- Schneider, TJH.A., 1993, Coal bed methane extraction. IEA coal research (in preparation),, London..
- Scott, RA., and Kaiser, W.R., 1991, Relation, between 'basin hydrology and Fruitland gas composition, San Juan, basin, Colorado and New Mexico Quarterly Review of Methane from Coal Seams, Technology., v. 9, No. 1., p. 10 -18.
- Scott, R.A., 1993, Composition and origin, of coalbed, gases from selected basins in the United, States. The 1993 international coalbed methane symposium proceedings, V. 1., p. 207-216.
- Scott., RA., Kaiser., W JR. and Ayers, W.B., 1994., Thennogenic and Secondary Biogenic Gases» San Juan Basin., Colorado and New Mexico- Implications for coalbed gas producibility. AAPG Biriktin, V. 78, No., 8 (August 1994), P. 11.86-1209.
- Smith, D.M. and Williams, EL., 1984., Diflusalional Effects in tie recovery of methane from coalbeds. Society of Petroleum Engineering Journal, October.
- Smith. W.1, and Palasser R.1, 1996, Mctrobial origin of Australian Coalbed Methane, AAPG Bulletin, V. «0, No., 6 (June 1996), P. 891 - 897.
- Somos., L, 1992., Coalbed methane fuel in Mecsek Mountains. Presented at the- "Workshop on the recovery and end-use of coalbed methane" in Katowice from 16-21.3.1992.
- Tang, Y., Jenden, P.D., and Teeiman, S.C., 1991, Thennogenic methane, formation in low -rank coals - published models and results from laboratory pyrolysis of lignite, in D.A.C. Manning, ed., Organic geochemistry - advances- and applications in the natural environment. Manchester University Press., p. 329 -331,
- Yalçın., M.N., 1993,Kozi-K2Ü/G Kuyusunun Zonguldak Havzasındaki Bilgisayar Destekli ModeUeme Çalışmalarına Katkısı. Kozk-K2Q/G Araştırma Kuyusu, Workshop., Program ve Özler, TÜ-BİTAK., Marmara Araştırma Merkezi, Yer Bitimleri Bölümü S.28,

# EYS kuralı ile enjeksiyon projelendirmesi ve kontrolü

*GXombardi, D.U. Deere*

(Water Power and Dam Construction, June, 1993)

Çeviren : *Adil Öktem* D.,SX Bölge Müdürlüğü, Antalya

*Bu makalede kütlelerinin enjeksiyonunda geliştirilen EYS yöntemi sunulmaktadır. Yöntemin ana unsurları 1- enjeksiyon işleminde ağırlıkça S/Ç oranı 0.67 - 0.81 arasında olan ve karışımın sokulabilirliğini arttırmak için süper akışkanlaştırıcı katılmış tek tip karışım kullanılması; 2- düşükten ortay değişen düzenli pompalama debisi altında belirli bir süre aşılınca karışımın kaya çatlaklarına daha fazla sokulmasını sağlamak için enjeksiyon basıncının göreceli olarak artırılması; 3- PC grafikler aracılığı ile basınç, akış oranı» basılan miktar ve sokulabilirliğin zamana karşı; işlem anındaki eğrilerinin çizilerek gözlenmesi ve 4- enjeksiyon seyrinin; görüntülenen basınç - toplam alış diyagramının sınırlama basıncı, sınırlama hacmi veya enjeksiyon yoğunluk eğrilerinden birisiyle (ki bunlar seçilmiş EYS hiperbolik eğrisi tarafından belirlenmiştir) kesiştiğinde enjeksiyona ara verilmesidir. EYS hiperbolik eğrisi tüketilen enerjinin bir ölçümü olarak sabit bir pxV eğrisidir. Deneyimler bir çok ülkenin büyük hidroelektrik projelerinde kullanılan yöntemin teknik ve ekonomik açıdan etkili olduğunu göstermiştir.*

— —

Kaya kütlelerinin mekanik ve hidrolik, özelliklerinin çimento karışımları kullanılarak iyileştirilmesi inşaat mühendisliği uygulamalarında oldukça iyi gelişim göstermiştir. Bu uygulamalar sık sık dogmatik inançlara - sürüdüense de baş parmak kuralı ve kişisel veya kurumsal deneyiralecece yönlendirilmiştir.

Yazarlar son 25 yıllık dönemde; çeşitli, ülkelerdeki inşaat halindeki büyük hidroelektrik projelerin; projeci-

si., jeoteknik mühendisleri, jeologları ve arazi kontrol mühendisleri ile sık sık bir araya gelerek enjeksiyon işleminin laboratuvar deneyleri,, teori ve arazi araştırmaları ile birlikte daha iyi anlaşılmasına çalışmışlardır. Farklı enjeksiyon karışımlarının kohezyon (Yield, mukavemeti) ve dinamik viskozitesi, akış ve sokulum özellikleri üzerine, yapılan, teorik çalışmalar, enjeksiyon basınçları ve alışları üzerindeki arazi gözlemleri; yazarları bu makalede tartışılacak olan Enjeksiyon Yoğunluk Sayısı (Grouting Intensity Number, EYS) kavramına yöneltmiştir.

Sunulan yorumlar taneli zeminler için. de kullanılabilirse de; bu makale yalnızca, kaya kütlelerinin enjeksiyonu ile ilgilidir. Yeraltı işleri ve konsolidasyon enjeksiyonlarından daha ziyade enjeksiyon perdelerine- önem verilmiştir. Gerçekte EYS yöntemi perde dışındaki işlerde de- bir kaç kez uygulanmıştır.

Bu makale enjeksiyonda gelinen seviyeyi ve son yıllarda yayınlanan kitaplarda belirtilen durumu gözden geçirmeyi amaçlamamaktadır. Bununla birlikte temel teorik bilgi ve EYS yöntemine ulaşmayı, sağlayan teorik ve pratik bilgiler özet olarak, verilmiştir. Kabullerin kanıtlanmış etkinliği,, daha. başarılı sonuçlar, basitlik ve daha. ekonomik enjeksiyona ulaşma; yazarları yöntemi daha geniş kitlelere ulaştırmaya yöneltmiştir.

## Enjeksiyon akışı ve sokulumunun teorik kabullen

Su ve yağ gibi fewtoniyen akışkanlara benzemeyen akışkanların reolojik davranışları yalnızca viskozite parametresi ile belirlenirken, durayh bir enjeksiyon, karışımı akış sırasında viskozite ve kohezyonun (Yield mukavemeti) etkisi altında Bingham akışkanı gibi davranır. Her ikisi de akışa direnç gösteren parametrelerdir, viskozite akış oranını yönlendirirken kohezyon (enjeksiyon uygulamasında belirli bir basınç altında, ve belirli, bir .kaya çatlak açıklığında) hareket uzaklığını yönlendi-

rir. Geliştirilen formüller maksimum hareket uzaklığı- nı, maksimum miktan ve maksimum hidrolik kaldırma kuvvetlerini hesaplamada kullanılmaktadır. (6-11)

Bu ...nuktada maksimum hareket uzaklığı; doğru orantılı olarak uygulanan enjeksiyon basıncına ve çatlak açıklığına bağlı iken. ters orantılı olarak da karışımını kohezyonuna bağlıdır., Bm durumunda; ince kaya çatlaklarında enjeksiyonun- sokulumunu arttırarak için ya basınç arttırılmalıdır veya. kohezyon azaltılmalıdır veyahut her ikisi de yapılmalıdır.

Muhtemelen Bingham akış eşitliğinin en büyük değeri enjeksiyon işlemi, sırasında sağlanmaktadır. Bu değer' faktöre bağlı olarak kaya çatlaklarına enjeksiyon sokulumunu ve enjeksiyon işlemi sırasında yaratılan aynra kuvvetlerini etkiler. Doraylı karışımlar (1 OTO mi silindir numune üzerinde 2 saat sonraki çökmesi %5'den az olan) yaklaşık Bingham akışkanı davranışı gösterirler, bu eşitlikleri duraysız ve sulu. karışımlara uygulamak olanaksızdır. Çimentonun su içinde duraysız olduğu ince karışımlar veya bulamaç süspansiyonlarda; kaya. çatlakları içinde enjeksiyon akışı sırasında aşın çökme» erozyon, yeniden süspansiyona dönüşme ve yeniden çökme davranışlarının görülebileceği beklenebilir. Bu durumları Bingham. akış veya benzeri denklemlerle öngörmek ve karakterize etmek olanaksızdır.

Aşağıda karışımın, seçimine etki. eden diğer etmenler açıklanmıştır.

## Karışımın seçimi

Kalın ve ince karışımlar üzerine tartışmalar daha uzun yıllar sürecektir.. Yazarlar 1985 yılından bu. yana tercihlerini kalın karışımlar yönünde kullanmışlardır (5-11). Çökelmeyi azaltma ve karışımı durayh hale getirme amacıyla karışıma %1-2 oranında bentonit katılması işlemi; akışkanlaştırıcı kafa maddesi eklenmiş yüksek miktarda çimento içeren karışımların kullanılması ile yer değiştirmiştir. Bu tür karışımlar az kohezyon nedeniyle duraylıdır ve daha fazla sokulabilirliği ile katılma sonunda daha fazla, mukavemete ulaşırlar.

Geleneksel olarak kalın karışım savunucuları; kalın karışımların enjeksiyon işlemi ve karışımın katılmasından sonraki kullanım süresi içerisinde birçok avantajları olduğunu belirtmişlerdir.

İnce karışımlarla kıyaslandığında kalın, durayh karışımlar enjeksiyon sırasında aşağıdaki avantajlara, sahiptir:

- düşük akış şartlarında çimento tanecikleri, daha. az çökler

- akış yollarının, dar zonlarında sokulum veya sıkışma şartlarında, az. kanama suyu, (bleeding water) bırakması nedenleriyle daha. az yalancı bloklama olm\*

- zamana ve mesafeye bağlı yüksek duraylılık. (belirlenen kohezyon. ve dinamik, viskozite ile Bingham akışkanı) ve

- karışımın kohezyonunun sonucu olarak enjeksiyon kuyusundan uzakta hızlı basınç düşüm nedeniyle hidrolik ayrılma veya hidrolik kaldırma da denilen hidrolik kırılma ve jeolojik tabakaların altkaldırma riskinin azlığı. Böyle bir durum oluşsa, bile- çatlaklar yüksek kalitedeki, karışımla dolacaktır.

Katılmış enjeksiyonun kullanımı süresince ince karışımlara oranla kalın karışımların -avantajları aşağıda belirtilmiştir.

- katılma sırasındaki az büzülmenin sonucu olarak kaya çatlaklarının duvarları boyunca büyük bükülme (bond) direnci ve bunların yeniden açılma olasılığı, azdır,

- yüksek, çimento' içeriğinin sonucu olarak yüksek, yoğunluk ve yüksek mekanik özellikler göstermesi ve bu nedenle hamlanma ve erozyona, karşı yüksek direnç göstermesi ve

- az boşlukluluk, az geçirimsizlik ve yüksek bükülme kuvvetine bağlı olarak yıkanmaya karşı yüksek, mukavemet ve baraj kullanımı süresince yüksek, duraylılık.

İnce karışımlarla karşılaştırıldığında kohezyonu nedeniyle durayh karışımları aynı uzaklığa ulaştırabilmek, için yüksek, basınç: gerekir. Bununla, birlikte karışım eklenen az miktardaki akışkanlaştırıcı sayesinde karışımın viskozite ve kohezyon parametreleri aşağı iner. -

Mevcut uygulama; arzulanan yoğunluk ve mukavemeti elde etmek için bir çok. büyük projede ağırlıkça S/ Ç oranı olarak 0.67 - 0.81 arasındadır., Ve enjeksiyonun yerleştirilmesi sırasındaki kohezyonunu düşürmek için karışıma az miktarda akışkanlaştırıcı katkı maddesi eklenmiştir. Farklı çimento ve farklı akışkanlaştırıcılar kullanılarak elde edile« karışımların akış, çökme, katılma ve- mukavemet özellikleri laboratuarlarda test edilmiştir.

Kohezyon ve viskozite özellikleri laboratuarda konsantrik (consentrie) silindirik döner viskozimetrelerde saptanabilir (5-6). Bu alet kaçıma daldırılmadan önce ve sonra tartılan 1.5 mm kalınlığında, 100x100 mm boyutlarında çelik bir levhadır,.. Ölçülen ağırlıklar iki yüzeyin toplam alanına bölünür ve değerler arasındaki fark kesme mukavemeti birimi olarak kohezyon para-

metresini verir., Bağlı kobezyon değeri (Cr); kohezyon (C) değerinin,, karışımın birim ağırlığına (g) bölünmesiyle ifade edilebilir ( $Cr = C/g$ ), Genel olarak mm cinsinden: ifade edilir' ve kalın karışımlar için bu değer<sup>1</sup> 0.2 - 0.35 mm arasındadır, Katkı maddesi ile by. değer tavsiye edilen değer- olan 0.08 - 0.15 mm. düzeyine iner. Elde edilen Cr değeri, gerçekte kohezyon levhasının her bir yüzeyine yapışan karışımın kalınlığıdır. Kohezyon levhası; üzerinde kırıntılar tarafından oluşturulan kesişen yivlerden temizlenmelidir. Bu: nedenle çelik yüzey ile enjeksiyon karışımı arasındaki yapışma; levha yüzeyine yapışan enjeksiyon tabakasının yüzeyi ile geride kalan .arasındaki kohezyondan daha büyük, olacaktır... Aksi durumda bütün enjeksiyon kayıp gidecektir.

-Laboratuvarında elde edilen diğer tipik, değerler' özgül ağırlık. 1.59 - 1.67 t/m<sup>3</sup> (99-2 - 104.2 Wft<sup>3</sup>), Mars hunisi akış zamanı 29 - 32 s ve 28 günlük mukavemeti 15 - 20 MPa (2250 - 3000 Ib/in<sup>2</sup>) şeklindedir.

Gözöünde bulundurulması gereken diğer<sup>1</sup> bir husus, yeraltı su tablası üzerinde kuru kay ortamında yapılan enjeksiyon kalınlaşabilir ve bo ise karışımın kohezyonunu (ve içsel sürtünmeyi) artırarak enjeksiyonun basılamayacağı noktaya ulaşmasına neden olur. Bunu önle\* mek için enjeksiyondan önce,, enjeksiyon yapılacak ortama belirli, bir süre so basılarak doygun hale getirmek, ihtiyatlı bir tedbirdir. Ayrıca karışıma su tutucu katkılarda katdabilinir.

İnce çatlaklı kayanın enjeksiyonunda, enjeksiyonun sokuluma karışımın aşırı su ile seyrelmesinden daha ziyade çimento tanelerinin, ve toprakların boyutuna oaglıdır. Bu nedenle yüksek sokulum özelliğini sağlamak için karışımı so. ile inceltmek yerine; akışkanlaştırıcı ve ince çimento ile birlikte yüksek enjeksiyon basıncıları kullanılmalıdır.

Laboraiovarda yapılan, araştırmalar sonucunda arzu-lanan mekanik özellikleri taşıyan karışım belirlendikten sonra, bir projenin, bütün enjeksiyon işlemlerinde aynı. karışım, kullanılmalıdır. Tek tip karışım kullanmanın diğer bir yararı ise enjeksiyon işleminde büyük kolaylıklar sağlamasıdır,

## Enjeksiyon, işlerinin projelendirilmesi

Bir enjeksiyon, perdesinin projelendirmesi aşağıdaki ana hususları içerir. Karışım., koyu, aralığı ve derinlik,, enjeksiyon sırası» hacim ve basınç sınırlaması da dahil enjeksiyon işlemi ve arazideki kontrolün tanımlanması.. Çalışılacak: sahanın jeolojisinin çok iyi bilinmesi bu hususların belirlenmesinde- çok. büyük yararlar- sağlayacaktır. Özellikle; enjekte edilecek, kaya kütlelerinin süreksizliklerinin tip, sıklık, çatlak açıklığı\* pürüzlülük, alte-

raşyon veya dolgululuk ve ozanımı gibi fiziksel özellikleri, önemlidir. Gerilmelerin yerindeki durumu ve yeraltı suyu da gözönünde bulundurulmalıdır.

Mevcut jeolojik ve jeoteknik koşulları yelerince bilinmesine ek. olarak projenin gerilim aşamasındaki değişimler ve hidrolik basınçların zamana bağlı değişimleri (rezervuarda su tutma ve- su. boşaltma aşamaları gibi) hesaba katılmak zorunluluğundadır.

Bu makale bütün bu konularda söylev vermeyecek. yalnızca daha. önemli, olan hususlara değinecektir.,

## EYS yönteminin gelişimi

Açık, geniş çatlakların enjeksiyonu

Uygulamadaki gözlemler ve kuramsal çalışmaların her ikisi de kaya kitlelerindeki geniş ve açık çatlakların enjekte edilmeye .hazır olduklarını göstermektedir. Karışımın yayılım uzaklığı oldukça yüksektir (bir kaç on. metre gibi), tşte bo gibi durumlarda enjekte edilecek karışım miktarını ve yayılım uzaklığını azaltmak; hem uygulama hem de ekonomik açıdan .gereklidir. Bo sınırlama 3 değişik seçenekle yapılabilir. 1- Sokulumu az karışım, (kalın ve yüksek kohezyonlu) kullanmak, 2- enjeksiyon. basıncım ve 3- karışım miktarını sınırlamak.

Sınırlama kriterinin saptanmasından önce kaya kütlelerinde ince çatlakların da olabileceği dikkate alınmalıdır. Geniş ve açık çatlakların dolması aşamasına kadar enjekte edilecek oldukça zordur. Ancak; ilk aşama enjeksiyon, sırasında bu çatlakların bir- kısmını enjekte etmek arzu edilir., Bu nedenle karışım kalınlaştırılmamalı süper akışkanlaştırıcı katkıları ile orta kalınlıkta ve duraylı olmalıdır. Basıncı sınırlama seçeneği ise ince çatlakların enjeksiyonunu azaltacağından cazip değildir. Geriye en. uygun çözüm olarak .miktar sınırlama seçeneği kalmaktadır...

ince çatlakların enjeksiyonu

Geniş veya açık çatlakların enjeksiyonundan sonra veya enjekte edilecek bölgede bu tür çatlakların olması, durumlarında önceliği, ince çatlaklar alır. Böyle bir enjeksiyon, düşük kohezyonlu ie.ee karışım veya yüksek basınç kullanılarak sağlanabilir... Yüksek akışkanlaştırıcı,, orta kalınlık yüksek kaliteli karışım ile 'birlikte basıncı yükseltmek oldukça yaygındır, tice karışımların yayılım. 'uzaklığı azdır. Çünkü enjeksiyon basıncı uygulandığı kuyunun çevresinden uzaklaştıkça .hızlı bir şekilde azalır. Toplam, alt kaldırma basıncı yüksek enjeksiyon'basınçlarında bile bir kural olarak üstteki kütlelerin ağırlığından az olmalıdır. Üstteki 5 - 10 m'lik kısım, hariç kaya çatlaklarında ve tabakalanma düzlemlerinde hidrolik kırılma, nadiren karşılaşılan bir sorundur, Sonuç olarak enjeksiyon alışlarının, az oldu-



ğu durumlarda 30 - 40 bar's kadar olan oldukça, yüksek enjeksiyon basınçları (ki enjeksiyon aralıklarında 3 - 5 Mpa (425 - 570 lb/10<sup>2</sup>) olarak hesaplanmıştır) kabul edilebilir' basınçlardır.

Bu, faktörler gözönünde bulundurulduğunda; alış az olduğunda önerilen enjeksiyon basıncı günlenme, tabakalaoma, zayıf zonlar, gerilmelerini yerindeki durumu ve diğerleri, gibi jeolojik koşullara, gelecekteki su basıncına ve arzulan enjeksiyon yoğunluğuna bağlı olarak 30 - 50 bar (3 - 5 MPa) aralığında önerilmektedir. Böylelikle EYS prensibinle ilk iki ögesi ortay çıkmış olmaktadır. Karışımın düşük basınçlarda kolayca verilebildiği durumlarda miktar sınırlaması ve karışımın güçlüğüle girebildiği durumlarda ise basınç sınırlaması... Geriye ara. oranlar kalmaktadır. Ancak bo ara oranların belirlenmesinden önce diğer enjeksiyon kabullerine kısaca göz atmak yararlı olacaktır. . . •

#### Enjeksiyon kuyularında serî olarak, araya girme

Genel uygulama olarak çevreyi fazla etkilememeleri için birincil kuyular<sup>1</sup> az geniş (10-12m) aralıkla açılarak enjekte edilmektedir. Genellikle diğer birincil kuyulardan, önce araştırma kuyusu olarak, hizmet etmeleri için her üçüncü veya dördüncü birincil kuyuların delinerek enjekte edilmesi belirtilmiştir. Bo kuyular genellikle karotiu olarak, ve toplam derinliklerinin 0.75 x H<sup>1</sup> derinliğine (H= gelecekteki rezervuar yüksekliği.) kadar su tesüi olarak açılırlar. Diğer birincil kuyuların derinlikleri ilksel, araştırma kuyularından elde edilecek sonuçlara bağlı olarak düzenlenebilir\* İkincil kuyular- birincil kuyuların arasına gelecek şekilde açılırlar., Bu kuyular birincil kuyulardan 5 - 6 m uzaklıkta, oldukları için zaman zaman katılmış enjeksiyon karışımları ile özellikle geniş çatlaklarda, karşılaşabilirler. Genel olarak alış miktarları birincil kuyulara nazaran .azdır.. Yeniden 2.5 - 3 m aralıklara girilerek açılan üçüncül kuyular daha az alışlı ve bo kuyulardan 1.25 - 1.5 m uzaklıktaki dördüncü kuyular ise kabul edilebilecek oranda düşük enjeksiyon alışı ile sonuçlanırlar.

Her bir fazdan, sonra; kayanın oldukça geçirimsiz, dununa gelmesi nedeniyle bir sonraki aşamaya enjekte edilememiş ince çatlaklar kalır ve bu durumda etkili bir enjeksiyonu sağlamak, için yüksek basınç uygulamak yararlı olur. Böylece EYS prensibinin üçüncü faktörü şu. şekilde tanımlanabilin aşamalı olarak ince çatlakları enjekte edebilmek ve kayayı sıkılaştırabilmek için aşamalı, yüksek basınç uygulamak..

#### Basınçlı, su deneyleri (Lugeon)

Basınçlı se deneyi (Lugeon deneyi) enjeksiyon karışımını belirlemeye yardımcı olması amacıyla sıkça uygulanır. Deneyimler ve teori Lugeon değerleri ile enjek-

siyon alışları arasında çok zayıf ilişki olduğunu göstermiştir., Lugeon veya. benzeri deneyler İnalda kullanılmaktadır.. İlksel araştırma kuyularında bu deney yardımıyla.; yamaçlar ve baraj temeli bölgelerindeki geçirimsizlikle ilgili genel bilgi sahibi olunur., Geçirimsizlikte yeterli bir azalmanın olup olmadığına göre bilmek için enjeksiyondan sonra açılan kontrol kuyularından edilen değerlerle karşılaştırma, yapılır.

#### EYS yöntemi

##### Tüketilen özgül enerji

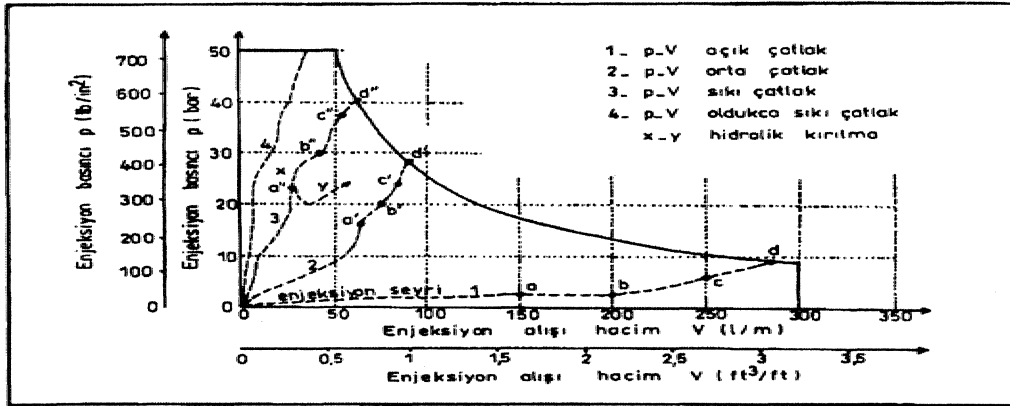
Bir kaya zonunu daha yoğun enjekte edebilmek için daha fazla enerji tüketilmelidir... Bir enjeksiyon aialığındaki tüketilen enerji yaklaşık olarak nihai enjeksiyon basıncı (p) ile enjekte edilen miktarın (V) çarpımının ürünü (pxV) ile doğru orantılıdır. pxV sayısı; Enjeksiyon Yoğunluk Sayısı (EYS) olarak adlandırılır. Alış, kademenin boyu düşünülerek litre / metre (l/in) olarak hirimlendirilir (veya çimento ağırlığı olarak kg/m kullanılır; çünkü, orta kalın karışımlar için sayısal değerler %5- %10 aralığında birbirlerine benzerler),. Her ne kadar diğer birimler uygun dönüştürmeler yapmak için açıklıkla kullanılabilirse de basınç, için genellikle bar birimi kullanıldığından; sonuç olarak EYS'nin veya pxV'iin birimi, bar x l/m'dir,

##### EYS sabiti kullanımının avantajları

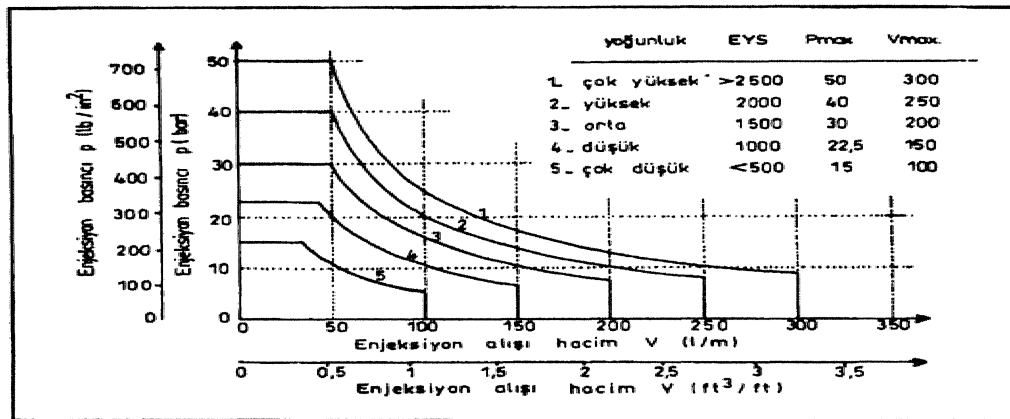
EYS yönteminde öncelikle enjeksiyon yoğunluk seviyesinin seçilmesi gerekir (200 bar x l/m gibi) bu değer; düşük, basınçlarda yüksek alışlar yapan, kolayca enjekte edilebilen çatlaklar ile oldukça yüksek basınçlarda düşük alış yapan ince çatlaklarda kullanılmalıdır. Böylelikle sabit, bir EYS değeri kullanılmış olur.,

Bütün enjeksiyon aşamalarında EYS değerinin- sabit tutulması ile- enjeksiyona sabit bir yaklaşım, sağlanır ve açık ve geniş çatlaklarda miktar otomatik olarak, sınırlanırken, sıla ve az enjeki edilebilir zoularda ise basınç **arttırılır**. Böylelikle büyük, altkaldırma basınçları veya hidrolik ayırma kuvvetlerinin oluşmasını sağlayabilecek yüksek basınç; ve- yüksek alış kombinasyonları elemine edilmiş olunur.. Benzer şekilde ince çatlakların uygun, olmayan koşullarda enjekte edilmesini sağlayabilecek düşük basınç ve düşük alış kombinasyonları da elemine edilir.

Sabit bir EYS değeri; basınca karşılık gelen hacim grafiğine yerleştirildiğinde hiperbolik, eğri oluşur. Enjeksiyon yoğunluğu, veya EYS değerinin yüksekliği; eğrinin merkezden en uzak noktaya ulaşması sonucu verir. Böylelikle- önceki bölümlerde tartışılan, iki limiti birleştiren eksik faktörler tamamlanmış olmaktadır; hacim sınırlama hattı ve basınç sınırlama hattı. Bu üç



Şekil 1. Enjeksiyon seyri eğrilerinden örnekler.



Şekil 2. Enjeksiyon için sınırlama zarfları.

faktörün kombinasyonu enjeksiyon için bileşik sınırlama zarfını verir.

## Farklı enjeksiyon yoğunlukları için birleşik sınırlama zarfı

Şekil 1'de üç tip çatlakın p-V seyri verilmiştir. 1 nolu eğri basınçtaki az yükselmeye karşılık yüksek alışı sonuçlanan bir açık çatlak gösterir; 2 nolu eğri basınç dereceli artımına, karşılık alışı noktada, artan orta çatlak gösterir. Ancak, a noktasından sonra basınç hızlı bir şekilde artarken enjeksiyon sokulumuna karşı direncin artışı arasında ters orantı vardır. 3 nolu eğri enjeksiyon alışının az olduğu ve basınç hızla artmasına neden olan sıkı çatlak temsil etmektedir. Benzer olarak 4 nolu eğri ise çok az alışı ve yüksek refü basıncını gerektiren oldukça sıkı çatlak temsil eder.

Şekil 2 farklı enjeksiyon yoğunlukları için önerilen 5 sınırlama zarfını göstermektedir. Basıncı ve hacimi sınırlayan EYS değeri; gerçekte enjeksiyon için sınırlama zarflarını belirleyen üçten fazla veya az parametredir. Önerilen tanımlamada bu değerler birbirleriyle ilişkili gibi görünseler de gerçekte değildir. En üst zarf

EYS= 2500 bar x l/m; 50 barlık çok yüksek sınırlama basıncı ve 300 l/m'lik çok yüksek sınırlama hacmine karşılık gelen; çok yüksek yoğunluktaki enjeksiyonu temsil etmektedir. En alt zarf ise 500 bar x l/m'lik EYS değeri ile minimum basınç olarak 15 bar ve sınırlama hacmi olarak 100 l/m'lik çok düşük yoğunluklu enjeksiyonu temsil etmektedir. Bir çok durum için yazarlar; EYS= 1500 bar x l/m, sınırlama basıncı olarak 30 bar ve sınırlama hacmi olarakta 200 l/m olan orla yoğunluktaki zarfı önerirler.

Jeolojik olarak kritik olan bölgelerde (yüze yakın veya dik eğimli) çok düşük yoğunluklu eğri (Şekil 2 No. 5) uygulanabilir. Şekil 1 ve 2'nin kombinasyonundan kolaylıkla anlaşılmaktadır ki; enjeksiyon işlemi, seçilen enjeksiyon, zarfına bağlı olarak Farklı noktalarda durdurulacaktır.

Şekil 1'deki 1 nolu eğride enjeksiyon işlemine 150 l/m'lik hacim, sınırlamasına 3 bar basınçta ulaşılan bir noktada ara verilebilir. Bununla birlikte projeci orta yoğunluktaki zarfı seçmiş ise 200 l/m'lik hacme, 3 bar basınçta ulaşılan b noktasına, kadar enjeksiyon sürdürülecektir. 250 l/m'lik sınırlama hacmine 6 bar da ula-

şan c noktasına kadar enjeksiyona devam edilebilmesi için yüksek, yoğunluklu enjeksiyon seçilmelidir. Sonuçta eğer çok yüksek yoğunluk seçilmiş ise enjeksiyon d noktasına kadar devam edecektir. İşlem. EYS= 2500 eğrisini kesmedikçe yalnızca hacim sınırlaması nedeniyle durdurmamalıdır. Eğriyi kestiği d noktasında enjekte edilen miktar 285 l/m. ve nihai Basınç ise 9 bar olacaktır. Tanımlanan EYS'ye göre miktar 150 - 285 l/m arasında değişirken, basınç 3 - 9 bar arasında olacaktır.

Şekil 1'deki 2 nolu egride a noktasındaki miktar 60 l/m ve basınç 13 bar civarında olacaktır. Enjeksiyon 2'ye kadar sürdürülseydi, çok; yüksek yoğunluklu enjeksiyona (px.V= 2500) karşılık gelecekti: ancak, enjeksiyon alışı 90 l/m'ye yükselirken basınç, 28 bar gibi sınırlama basınç değeri. 50 tarttan oldukça az bir noktaya çıkacaktı. Benzer olarak 3 nolu egride seçilmiş EYS kriterine ve basınç 28 bar gibi sınırlama basınç değeri. 50 tarttan oldukça az bir noktaya çıkacaktı.. Benzer olarak 3 nolu. egride seçilmiş. EYS kriterine ve basınç sınırlamasına bağlı olarak enjeksiyon a" ve d" noktaları arasında sürdürülecekti. x-y parçası ise; bir çatlak veya tabakalanma düzleminin bir güçle aniden açılarak; ani basınç düşmesi ve yüksek alışı neden olan. hidrolik kırılma veya hidrolik ayrılmanın sonucudur. Düşük oranlarda ise; seçilmiş EYS eğrisine ulaşıncaya kadar enjeksiyon sürdürülebilir fakat basınç artarsa aynı basınçta veya. çok az üzerinde' hidrolik kırılma. olayı ile karşılaşabilir. Böyle durumlarda enjeksiyona, devam edilip edilmemesi konusunda tereddütler vardır. Bununla birlikte çoğunlukla herhangi büyük bir problemle karşılaşılmaz. Sınırlama, çizgisine ulaşmanın hemen öncesinde veya hemen sonrasında enjeksiyon durdurulmalıdır.

## EYS değerinin seçimi

Baraj projecileri ve projecinin jeoteknik ve enjeksiyon uzmanları., enjeksiyon, perdesi için EYS değerini seçmelidirler. Yazarlar jeolojik koşullar, gelecekte'ki su kayıplarının miktarı ve su tutma, sonrası oluşacak ait kaldırma basınçlarını göz önünde bulundurarak başlangıç olarak 1500 bar x l/m gibi ortalama değeri önerirler. Özel durumlarda projeci ve arazi kontrol mühendislerince; üst. basınç sınırı ve üst miktar sınırı değiştirilebilir. Sınırlama, enjeksiyon zarfım seçmeden önce muhtemelen en iyi yaklaşım bir veya iki enjeksiyon testi yapmak olacaktır.

Rezervuar derinliklerinin farklılığından ötürü, yamaçlardaki basınç sınırlaması vadi tabanına oranla daha az olabilir. Kıymete değer bir amaç olarak sınırlama basıncı rezervuar basıncının en azından iki katı olmalıdır. Fakat bu durumda istenmeyen hidrolik kırılmaları önlemek zor olabilir.

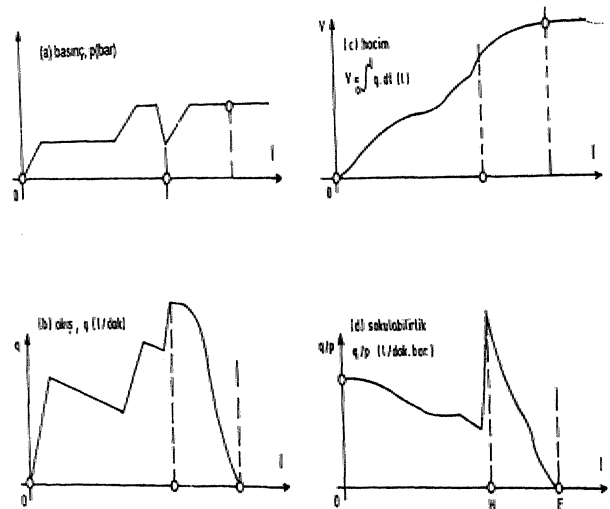
## Bilgisayar kontrollü enjeksiyon

Enjeksiyon sahalarında kişisel bilgisayarların kolayca yerleştirilmesi ve kullanılabilmesi; bilgisayarların enjeksiyon işleminde anında kontrolü (real - time controlling) yapabilmelerini olanaklı kılmıştır.. Bilgisayar tarafından, yalnızca gerçek enjeksiyon basıncı (p) ve akış oranı (q) değerlerinin sürekli okunması gerekir. q değeri birim, uzunluğa enjekte edilen toplam hacim V değerinden yararlanılarak elde edilir. Eğer istenirse toplam, enjekte edilen miktar (V) doğrudan ve akış oranı ise dönüştürülerek ölçülebilir.

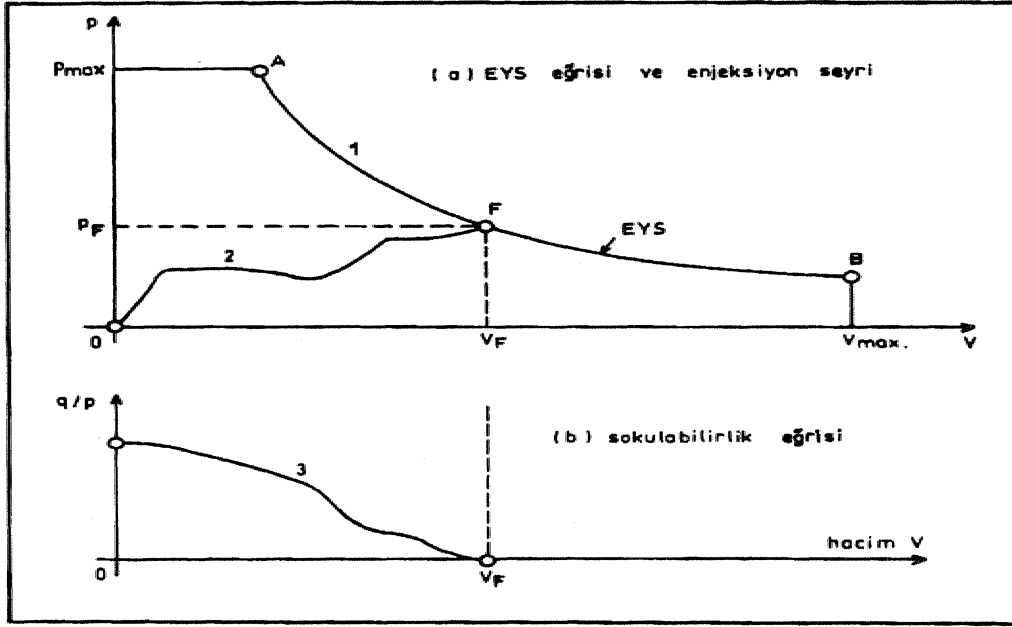
Ölçülen p ve q değerlerinden yararlanarak ekranda bir çok zaman grafiği (basınç., akış oran., toplam, miktar ve sokulabilirliğin zamana, karşı grafikleri gibi) çizdirilir. Şekil 3' bu tür grafiklerden örnekleri göstermektedir. Özgül akışın (q / p) veya sokulabilirliğin (akış oranının basınca bölümü) zaman karşı durumunu gösteren (d) grafiği incelendiğinde; egriden bariz olarak çatlakların enjeksiyonla, doluşu ve çatlaklardaki enjeksiyon direncinin artışı görülür. Bu direnç; enjeksiyon akışının tahrip edici kuvvetinin çatlak, boyunca daha da ilerlemesiyle oluşmaktadır. Grafikteki ani sıçrama ise; hidrolik kırılma veya hidrolik kaldırmaya karşılık, getir..

## Pratik enjeksiyon.' kontrolü olarak EYS ve sokulabilirlik - hacim eğrileri

Şekil 4 bilgisayarın çizebileceği ana kontrol eğrilerini göstermektedir... Bu eğriler enjeksiyon, isteminin kontrolünde kullanılabilir. Şekil 4(a) sınırlama basıncı pmax., birim uzunluktaki sınırlama hacmi Vmax ve seçilmiş EYS hiperbolik eğrisi ile birlikte bir proje veya



Şekil 3. Tek kademenin enjeksiyon işlemi (a) basınç, (b) akış, (c) hacim, ve (d) sokulabilirliğin zamana karşı eğrileri O: başlangıç, H: hidrolik kaldırma, F: enjeksiyon bitişi.



Şekil 4., Tipik bir kademe enjeksiyonu 1: basınca karşılık akış sınırlama eğrisi,, 2: basınca karşılık alışı gösteren enjeksiyon seyri, 3. sokulabilirliğe (q/p) karşılık enjeksiyon alışı, F: enjeksiyon hışı noktası.,  $P_F$  : nihai basınç,  $V_F$  : nihai alışı.

projenin bir bölümü, için seçilen sınırlama enjeksiyon zarfını göstermektedir. Bu zarf bilgisayarın hafızasına yerleştirilir ve istenildiği anda ekrana yansıtılır.. Bu sınırlama, zarf eğrilerine EYS eğrilerine denilir. Şekil 4 (aydaki 2 nolu düzensiz eğri enjeksiyon, işleminin sonucunu (enjeksiyonun seyrini.) göstermektedir. Şekildeki enjeksiyon seyri; birim uzunluktaki toplam enjeksiyon miktarına karşılık; o andaki enjeksiyon basıncı küçük zaman artımlarıyla çizilmiştir. Bu eğri, EYS eğrisi ile F noktasında kesişir. Enjeksiyon F noktasında sıfır akış oranı,  $p_F$  nihai basıncı ve  $V_F$  toplam enjekte edilen miktar' değerleri, ile durdurulur.

Şekil 4(b)'deki ise önemli bir işlem anı (real - time) gözleme eğrisidir. Burada sokulabilirliğe ( $q/p$ ) karşılık, toplam miktar- ( $V$ ) çizilmiştir. Benzer tipte eğriler olmasına karşın zamana karşı çizilen Şekil 3(d)'deki eğriye nazaran, daha çok tercih edilen eğri çeşididir.. Eğri incelendiğinde sokelabilMikteki azalışla birlikte enjeksiyonun etkisinin de azaldığı anlaşılmaktadır. Sabit bir basınçta akış oranı azalmakta veya sabit bir akış oranına ulaşıldığında (hemen hemen sonda) ise enjeksiyon, basıncı yükselmektedir. Hangisi uygulanırsa uygulansın bu kombinasyonlar pompa tipine ve enjeksiyon işleminin detaylarına (boru, valf) bağlıdır.

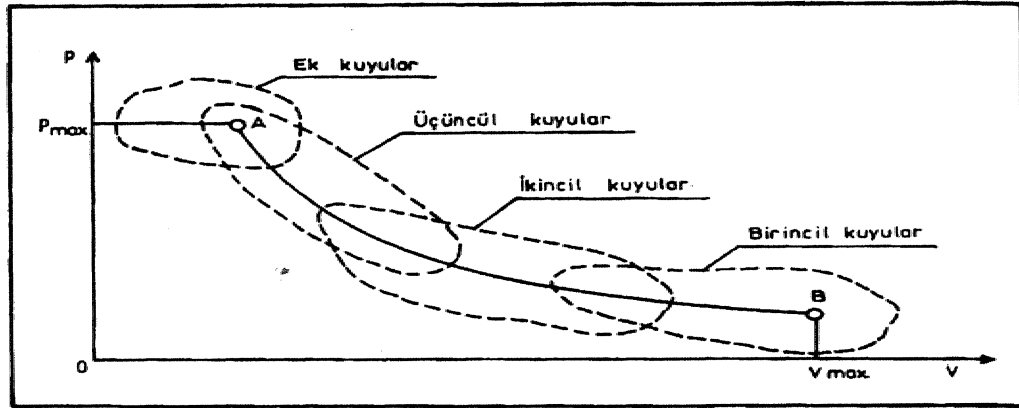
Sokulabilirlik - miktar eğrisindeki bir azalış enjeksiyon işleminin normal olarak ilerlediğini gösterir., Enjeksiyon basıncı sürekli olarak gözlenmeli ve EYS eğrisinin belirlediği sınırlarda durdurulmalıdır.

Önceki bölümlerde belirttiği gibi işlemin sonuç

eğrisi (enjeksiyonun, seyri) kaya çatlak açıklığının bir sonucu olarak EYS eğrisi ile farklı noktalarda, kesişirler.. Örneğin. Şekil 4(a)'da dar çatlaklar A noktası, geniş çatlaklar ise B noktası yakınlarında eğriyle kesişirler. Sonuç eğrisi EYS eğrisine doğru yaklaşırsa; enjeksiyon sokulumu devam etse bile (örneğin 500 l/h gibi) pompalama debisi olabildiğince düşük tutulmalıdır., Deneyimler' enjeksiyon işleminin sürekli ve etkin kontrolünde- bu tür çeşitli çizimlerin, büyük, yararları olduğunu göstermiştir.,

## Yöntemin enjeksiyon perdelerine uygulanması " "

EYS yöntemi öncelikle yukarıda anlatıldığı gibi enjeksiyonun bir aşaması veya bir' kademesinde göz önünde bulundurulacak hususlarla uğraşır. Yöntem aynı zamanda bir koyunun bütün kademelerine ve araya girmeli birincil kuyulara uygulanır., Katı teorik gerekçelerle tek sıralı perdelerde araya, girmen yönteminin etkili olduğu kanıtlanmıştır. Lav akıntılan, bazı kireçtaşı, ve kumtaşları gibi boşlukta veya yüksek geçirimli kaya ortamlarında 3 sıralı perde inşa edilmiştir. Burada öncelikle mansap, seSra memba ve daha sonrada orta sıra kuyuları enjekte edilmektedir. Dış sıralar bir bariyer olarak kabul edilirler ve genellikle bu sıraların birincil ve ikincil kuyuları büyük çatlaklar ve boşlukları kabaca, doldurmak için kullanılır., Daha sonra orta sıra ise tek sıralı perde işleme tutulurlar. Birinciden, üçüncül kuyulara ve hatta gerekirse dördüncül veya beşinci! kuyular da açılırlar.,



Şekil 5. Enjeksiyon perdesinden bütün enjeksiyon aşamalarının nihai durumunu gösteren bir örnek.

Araya, girme yönteminde birincil kuyular eo geniş çatlakları kısmen veya tamamen doldurarak tıkarlar. ikincil kuyular ise birinciller tarafından doldurulamayanlar ile diğerlerini doldururlar. Şekil 5'te birincil, ikincil, üçüncül ve ek kuyuların (dördüncül veya kontrol) olası sonuç, pozisyonları EYS eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Ortalama enjeksiyon basınçları seriden seriye geçerken, azalırken refü basınçları almaktadır,.. Böyle bir durumla EYS yöntemi uygulanırsa otomatik olarak karşılaşılmır.

Birincil kuyu aralığı 10 ile 12 m arasında olursa muhtemelen 2., ve 3. seri kuyulara da gereksinim duyulur. Üçüncül kuyular komşu kuyudan 2.5 - 3 m. uzaklıkta olur. Bu, kuyular jeolojik koşullar ve ikincil, kuyu sonuçlarına, göre dâna 'kısa açılabilir,

Dördüncül kuyular açılabilir veya açılmayabilif. En azından bir kısmı Logeon. testi, yapmak amacıyla açılmalıdır, Böylece enjekte edilen kayada kabul edilebilir bir geçirimsizliğin sağlanıp sağlanmadığı kontrol, edilmiş olunur\* Geçirimsiz bir perde için yapılan su testlerinde, en katı kurallarda. %90'ı 1 veya daha az Lugeon değeri ile sonuçlanmalıdır. Ayrıca 3 Lugeon'dan daha yüksek, değer olmamalıdır.

### İYS ile kuyu. aralığı arasındaki ilişki

İslenilen EYS değeri ile kuyu .aralığı arasında, bir ilişki, olduğu, açıktır. Örneğin birincil kuyuların aralığı çok fazla, EYS değeri çok az, ise- İkincil ve hatta üçüncül kuyularda bile enjeksiyon, alışında birincil kuyulara nazaran belirgin bk azalış olmayacaktır. Bu gibi durumlarda delgi ve: enjeksiyon harcamaları öngörüleni çok aşsa. bile perdede başarılı olunduğu söylenemez,..

Eğer kuyu aralığı az ve- EYS değeri, çok yüksek ise iki, seri. .kuyudan sonra bile alışlar çok azalacak ve- üçüncül kuyular- boşu boşuna açılacaktır. EYS değeri ile kuyu aralığı arasında oluşturulan perdenin kalınlığı nedeniyle ilişki vardır. Çünkü perdenin kalınlığını enjeksiyonun yayılım uzaklığı belirlemektedir.

Baş parmak kuralı kollarılarak EYS değeri, ve kuyu .aralığı seçilir. Böylece bir seriden, diğerine enjekte edilen kademenin her bir metresi için alış miktarı %50 oranında azalır (gerçekte %25 - %75 arasında). Böyle bir sonuç oluşturulan perdede gelişen bir kapanmanın olduğunu gösterebilir. İdeal birincil kuyu aralıklarım ve EYS değerini 'belirlemek için. inşaatın başlangıcında veya proje aşamasında bir veya. daha fazla test sahasında deneme enjeksiyonları yapılmalıdır.

### Kapanış kriteri

Son serideki kuyunun enjeksiyon seyri EYS'nin üst sınırlama basıncına ulaşmamış ise bu kuyunun her iki yanına, ilave kuyular açılmalıdır. Böylece, perdenin bütün parçaları; sınırlama basıncında, göreceli, az enjeksiyon alışına, (örneğin 2,5 kg/m'den az, alış gibi)' karşılık gelen bir miktarla enjekte edilmiş olur. Uygun olmayan kuyu aralığı seçildiğinde,, en azından belli bir kesime kadar amaçlanan enjeksiyon yöntemi kendi, kendini düzenleyen bk işlem olur. Bu durum araya girme yönteminin (EYS' eğrisi) ve son seri kuyularda sınırlama basıncında, az enjeksiyon alış .gerekliğinin doğal bir sonucudur.

Sonuç olarak; yukarıda anlatılan kurallar takip edilirse toplam enjeksiyon miktarının çok az kısmı hariç enjeksiyon perdesi boyunca yayılması sağlanacaktır. İşlem kaya. kitesinin, jeolojik, şartlar nedeniyle oluşan süresizliklerini otomatik, olarak dikkate almaktadır,.. Böylebir uygulama ile enjeksiyon perdesinin yarar - bedel oranı en. üst düzeye çıkarılmış olunur.

### EYS yönteminin ana hususları

EYS'nin enjeksiyon işlemine uygulanmasındaki kabul ve işlemleri oldukça basittir, Be hususlar aşağıda 4 ana başlık altında özetlenmiştir,..

#### 1. Temel kabiller

a. Çökelmeyi azaltarak bloklamayı önlemek ve yo-

ğun, dirençli ve sertleşmiş enjeksiyon elde etmek amacıyla nispeten kalın, duraylı karışımlar kullanılır,

b. Özellikleri bilinen tek bir Bingham akışkanı sağlamak ve enjeksiyon işlemini basilleştirerek etkinliği arttırmak ve yanlışlıkların, önlemek amacıyla işlemin tamamında tek karışım kullanılır.

c. Gereken yerlerde yüksek basınç kullanmak ve yüksek basıncın zararlı olabileceği yerlerde ise azaltmak için. EYS eğrisi kullanılır ve by. eğri işlem sırasında gözlenir,...

d. Basınç ve akış oranını anında takip etmek,, seçilmiş EYS eğrisi üzerinde p-V enjeksiyon seyrini çizmek ve p-V enjeksiyon seyri ve sokulum - hacim eğrilerini kullanarak enjeksiyonun tamamlandığını belirtmek amacıyla enjeksiyon işlemi, arazi bilgisayarları aracılığı ile takip edilir.

## 2. Karışımın, Belirlenmesi

İ- a. Kohezyon ve viskozitesini azaltan akışkılaştırıcı kullanarak enjeksiyonun sokulumu artırılmalı ve b. sıkışma sırasında, so kaybım önleyici, so. tutucu katkı kullanarak arzulanan enjeksiyon özellikleri sağlanmalıdır,...

2- Ağırlıkça oranı 0.7:Tden 1r1'e değişen bir çok enjeksiyon, karışımı özerinde karşılaştırmalı bir seri test yapılmalıdır. Bu karışımlarda a, farklı incelikteki çimentolar' ve b. farklı yüzdelerdeki karışımlar kullanılmalı; yapılan testler ile- birim ağırlık, Marsh ho.ni.si görünür viskozitesi, 2 saat sonraki çökme, kohezyon\* priz başlangıç: ve- bitiş süreleri, karışımın. 7 ve 28 günlük mukavemetleri ve sıkıştırma testi ile su kaybı miktarı, gibi özellikleri, belirlenmelidir.

## 3. KuyruPaterni

1- Birincil kuyulardan, -üçüncül veya dördüncül kuyulara kadar a. askari ünifoarmluğu her alanda sağlamak ve b. enjeksiyon sonuçlarının ve jeolojik koşulların belirlendiği, bölgelerde daha. yakın koyo aralığı sağlayabilmek için normal araya girme yöntemi uygulanmalıdır.

2- Kati proje veya inşaatın başlangıç aşamasında enjeksiyon, testleri yapılmalıdır, a. Bu test sahaları vadi tabanı ve yamaçlar gibi farklı topoğrafik ve jeolojik koşullar içermeli, b, testlerde; enjeksiyon alışında bir sonraki seride %25 veya %75 arasında azalmayı sağlayıcı birlocil kuyo aralıkları, tespit: edilmeli (10 - 12 m aralık gibi) ve e. her bir enjeksiyon aşamasının enjeksiyon seyrini; beklenen enjeksiyon yoğunluğuna veya birinci hatta ikinci hidrolik kırılmaya kadar olan p-V eğrilerini çizen farklı EYS eğrileri test edilmelidir.

## 4. Arazi Kontrolü

1- Test enjeksiyonu sonuçlarına göre EYS eğrilerinin kontrol unsunları özel mühendislik, kaya. mekaniği veya jeolojik kabuller gibi belirlenmelidir. Bu amaçla; a. mevcut jeolojik koşullara bağlı olarak basınç ve hacim sınırlarının gerçekçi, olduğundan emin olunmalı ve b. farklı arazi bölümlerinde kullanılacak farklı EYS değerleri belirtilmelidir.

2- Başlangıçla, test. bölgeleri hariç, her dört birincil kuyudan birisi, a. yeraltı jeolojik koşulları ve yeraltı su şartlarını belirleyebilmek için .gelecekteki rezervuar yüksekliğine eşil derinlikte-, karotlu ve Lugeon testli araştırma kuyusu olarak, b, diğer kuyuların nihai derinliklerini saptamak, için geriye- Akalan birincil kuyular gelecekteki rezervuar derinliğinin 0.5 x h-0.8 x h'i. derinliğinde acılmalıdır ve c, seçilen EYS eğrisinin uygunluğundan emin olunmalıdır.

3- EYS ve sokulabilme eğrileri kullanılarak arazide bilgisayarlar ile enjeksiyon işlemi kontrol edilmelidir. Böylelikle a. enjeksiyon seyrinin, gerçek - zaman, (real time,, anlık) gözleminden ve b. azalan sokulabilme eğrisi ve kontrol EYS eğrisine, p'ye karşılık V enjeksiyon seyrinin yaklaşmasından (EYS eğrisinin hacim ve basınç sınırlamalarını da dikkate alarak) kabul edilebilir bir sonuca ulaşıldığı düşüncesiyle enjeksiyonun tamamlandığına, kara\* verilir.

4- Karışımın ilksel tıkanma, sırasında su kaybetmesini azaltmak amacıyla enjeksiyondan önce su tablasının üstündeki kademelerde su ile yıkama yapılmalıdır.

5- Enjeksiyondan önceki ve sonraki geçirimsizlik değerlerini kıyaslayabilmek amacıyla araştırma ve kontrol kuyularında Lugeon testleri yapılmalıdır.

6- Kaya çatlaklarının, gelişen kaparırlığı ve- kalıcı geçirimsizliğin kabul edilebilir oldukları istatistiksel ve grafiksel yöntemler kullanılarak gösterilmelidir...

## örnek

Geçmiş on. yılda be yöntem. Arjantin, Avusturya, Ekvator, Meksika, isviçre- ve Türkiye'de uygulanmış ve yakın gelecekte de çeşitli ülkelerde- planlanan birçok projede- kullanılacaktır.

Meksika Aquamijpa barajında halen yürütülen enjeksiyon çalışmaları bu yöntemle bir örnek, olarak verilebilir. 180 m yükseklikte ve Comision Federal de Electricidad'a ait. olan beton yüzü kaya. dolgu tipinde dünyanın en yüksek barajı olacaktır. Su tutma işlemine 1993 yılında başlanacaktır.

EYS yöntemi beton yüzey temel eteğinin konsolidasyon ve derin perde enjeksiyonunda kullanılmaktadır.

.Yoğun labaratuvar ve arazi testlerinden sonra "normal" karışım adıyla tek bir karışım seçilmiştir, özellikleri;

Çimento :5 100 cm<sup>2</sup>/g özgül yüzeyli, ince puzzolan ..

S/Ç oranı: 0.9:1 (bazen yüksek. Blain değeriyle daha düşük)

Akışkaolastırıcı: Çimentonun ^ ağırlıkça % 1 .,6'sı oranında Sikament NZ-

Yoğunluk: 1,5 ile 1.55 g/cm<sup>3</sup>

Su bırakma: 2 h sonra. %4

Marsh Hunisi akış: 28 - 32 s

Bağlı kohezyonu (C/y) : 0.08 ile 0.2 mm, 2h sonra 0.2 ile 0.3

Mukavemet: 9-10 MPa 7 gün, 13-17 MPa 28 gün olan. karışım ilk bir saat içerisindeki yüksek sokulum özelliği ve mekanik ve yıkanmaya karşı yüksek dirençlilik özellikleri ile duraylı fakat çok akışkan bir karışımı temsil eder.

Perde enjeksiyonu için aşağıdaki kurallar' uygulanmıştır.

- Kademe boyu 5 m ve enjeksiyon aşağıdan yukarı doğrudur.

- Birincil kuyu aralığı 24 m'dir ve diğer serilerde araya girilmiştir.

- İlave yüksek seri numaralı kuyular alışı 2.5 Vm'yi aşınca açılmıştır.

- YAS üstündeki, koyularda ön yıkama. 2 bar- basınç altında ve 1h süre ile enjeksiyondan hemen önce yapılmıştır.

- Enjeksiyon yoğunluğu 2 500 bar x 1/F'dir. Beton yüzey eleğinde bu değer 1 500 bar' x. 1/m'ye düşürülmüştür.

- .En yüksek basınç: 40 bar'dır ve 20 m'den sonra, uygulanmıştır« Basınç satha yaklaştıkça 10 bar'a düşürülmüştür.

- En yüksek alışı sınırı 400 l/m 'dir. Be miktar 5 mlık kademede 2 000 l/m'ye karşılık gelir. Bazı bölümlerde sınır 300 Vm'ye düşürülmüştür.

- Re.fi .kriteri; refü başmandaki alışı 3 l/m'den az olacaktır.

Yukarıdaki kurallar özellikle tek karışım kullanıldığından arazide kolayca uygulanabilmiştir.

Bir örnek olarak Şekil 6'da beton yüzey eteğindeki koosolidasyoo enjeksiyonundaki enjeksiyon seyri, veril-

miştir. Okumalar, .arazi bilgisayarı yok ise 5 dakika aralıklar ile yapılmıştır. Şekil 6a'da p basıncı ve q akış oranı. V enjeksiyon, alışı hacmine karşılık çizilmiştir; Basınç eğrisi EYS sınırlama, sınırlan ile karşılaştırılmıştır..

Enjeksiyon hedefi 1 500 bar x 1/ta idi ve sınırlama basıncı 300 l/m'yi biraz aşınca 2, 510 bar x 1/ra'lık bir yoğunluğa ulaşıldı.., Bu sonuç enjeksiyon noktası ile pompa operatörü arasındaki iletişim gecikmesinden kaynaklanmıştır., Bu durum işlem anının sürekli gözlenmesi isteğini ve- bir PC aracılığı ile gösterilmesini; 'diğer' yandan kontrol EYS eğrisine ulaşıldığında pompanın otomatik olarak kapatılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Şekil 6b'de sokulabilirlik V alışı hacmine karşılık çizilmiştir,.. İşlemin başlangıcında kaya kütlesi süreksizliklerinin süregelen açılımı nedeniyle sokulabilirlik 0.2 den 0.5 l/dak x m x bar'a yükselmiştir. 200 l/m ilk bir alıştan sonra sokulabilirlik 320 l/m'den düzenli olarak, sifıra düşmüştür. Gerçekte enjeksiyon bu değere ulaşmadan tiemeo önce durdurulmuştur.

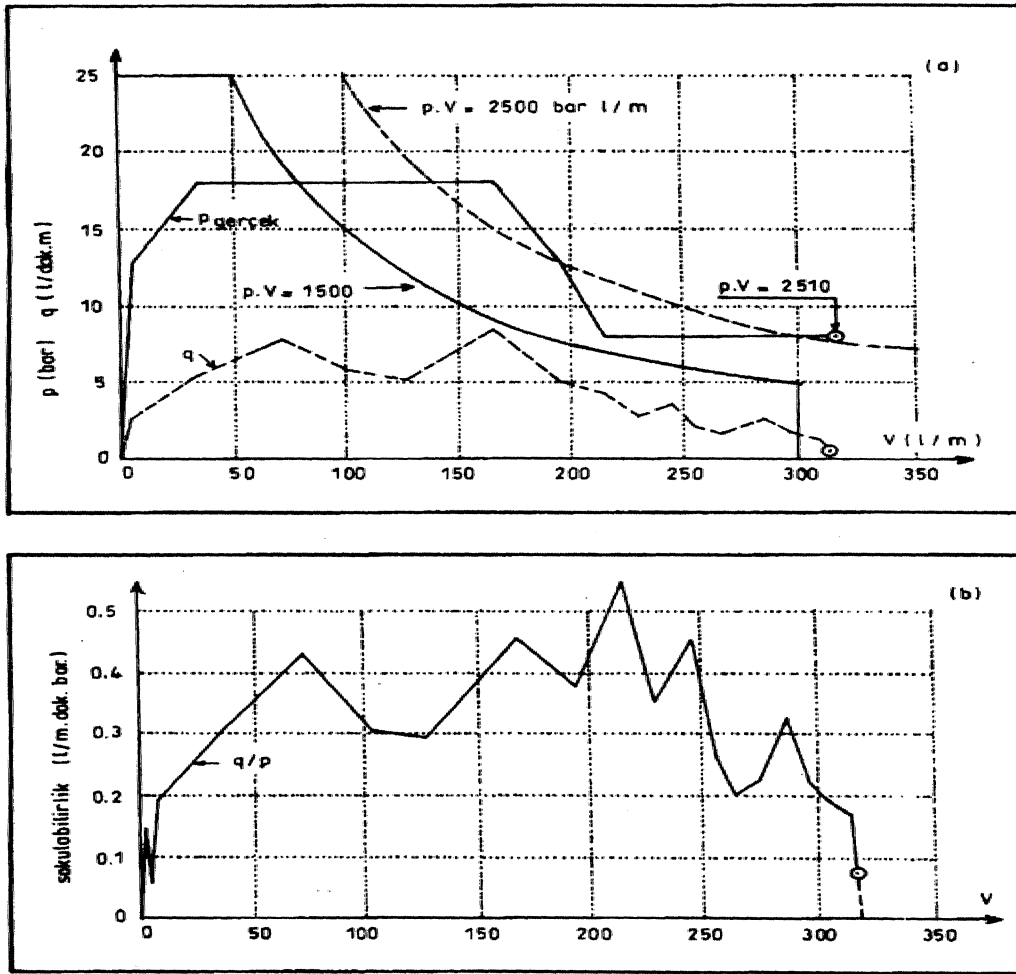
Sokulabilirlik eğrisi üzerindeki bazı düzensizliklerin operatörün bazı okumaları, yinelemesinden olduğu düşünülmüştür. Aynı zamanda bu düzensizlik, okumalar arasında fark edilemeyen iki veya. daha fazla hidrolik kırılma nedeniyle de oluşabilir.

## Normal enjeksiyon işlemiyle karşılaştırma

Alışlagelen, işlem; enjeksiyon basıncı ve oldukça. az S/Ç oranlı farklı karışımların (4:1, 3:1, 2:1, 1:1 ve diğerleri) kullanılmasının belirlenmesinden oluşmaktadır. Karışım değişikliği kuyunun aldığı karışım miktarının-belirli bir hacme ulaşmasından sonra yapılır. Karışımın kohezyonu birinden, diğerine artacak ve bazı noktalarda akışa ve sokulabilirliğe karşı artan, kohezyon direnci enjeksiyonun durmasına neden olacaktır.

EYS yönteminde tek karışımı kullanıldığından kohezyon sabittir, Karışım, çatlaklar boyuca, yayıldığında karışımla çatlak duvarları, .arasındaki yüzey ve akışa karşılık toplam kohezyon direnci de artacaktır. Sonic olarak; akış direncini aşabilmek için daha yüksek pompalama basıncı kullanılacaktır. Bu dorum normaldir ve fiziksel olarak ta beklenen bir olgudur. EYS yöntemi; sınırlama basıncı, sınırlama miktarı veya belirlenen p-V eğrisi ile tanımlanan basınç - hacim kombinasyonları gibi üç sınırlama değerinden bir tanesine ulaşılan kadar göreceli olarak artan enjeksiyon basıncı altında enjeksiyonun sürdürülmesidir.

Alışlagelen, yöntem ile EYS arasındaki mevcut di-



Şekil 6. Āquamilpa barajı, Mexico.. Kuyu No : 674 P, kademe 17-22 m. (a) basınç  $p$  ve akış oranı  $q$ , hacim ve enjeksiyon sınırlama hattına karşılık (b) sokulabilirlik  $\{q/p\}$  hacmine karşılık.

ğer farklılıklar ise sonlardır. EYS yöntemi daima; mukavemet, dayanıklılık, büzülme ve yıkanmaya karşı direnç özellikleri göz, önünde bulundurulduğunda yalnızca en iyi karışımı sürekli kullanır. EYS, ince karışımındaki yüksek miktardaki soyun kayaya enjekte edilmesinden sakınır. Hidrolik kınılına nedeniyle kayanın fazlaca, örselenmesi durayh karışımlar kullanılarak önlenir. İşlem sabit ve hızlı olup uygulama hataları en aza indirilmiştir. Karışım değişikliği nedeniyle oluşabilecek zaman kayıpları önlenir.

## Özet ve sonuçlar

Enjeksiyon işlemi; karışımın düzenli olarak dışık - orta pompalama oranında pompalanmasını ve toya kütlesi içine sokulması sırasında, basıncın yavaş bir şekilde artırılması ile ilgilendir. Bir kademede refli basıncına ulaşılırken belirlenen miktarda karışım kayaya, basılmış ise veya saptanmış enjeksiyon yoğunluğunun önceden seçilen EYS eğrisi gözönünde bulundurulurken sınırlama basıncı ve miktarından daha az bir pozisyona ulaşılırsa enjeksiyon durdurulur.

Eğrinin orijinden uzaklığı tüketilen enerjinin bir fonksiyonudur. Çok azdan çok yükseğe değişen aralıkta farklı enjeksiyon yoğunluklarına karşılık gelen bir grup eğri hazırlanabilir. Bir proje için bir adet. veya vadi tabanında yüksek yoğunluklu; yamaçlarda, sığ derinliklerde veya jeolojik, olarak zayıf zonlarda ise düşük yoğunluklu iki veya daha fazla eğri kullanılabilir.

Böylece komple sınırlama, zarfı; sınırlama basıncı (1.5 -50 bar), sınırlama miktarı (her kademe için 100 - 300 l/m) ve iki sınırlama hattına (500 - 2 500 bar x l/m gibi çok azdan yükseğe değişen seçilmiş EYS değerli) bağlı, olarak seçilmiş EYS eğrisinden oluşur.

EYS yöntemi enjeksiyonun; basınç - zaman, akış oranı - zaman, toplam akış-zaman, dönüştürülmüş sokulabilirlik  $(q/p)$ -zaman gibi PC ile oluşturulan grafikler yardımıyla yakın gözlemine gerektiril\*. Bahsedilen son. eğri refüye yaklaşıldığında veya en azından alışı azaldığında özel öneme sahiptir. EYS yöntemi enjeksiyon projelendirmesi ve kontrolünde yararlı bir araç olduğunu kanıtlamıştır\*. Hidrolik yapılarda enjeksiyonun



kullanılmasının artışı bu yöntemin gelişmesini sağlayacaktır. Yöntem basınç ve miktar sınırlaması ile ulaşılabilecek EYS değerleri hususlarında katı kurallar içermemektedir. Büyük bir olasılıkla, mevcut ve gelecekteki projelerde kullanılmasıyla daha da gelişecektir.

#### DEĞİNİLEN BELCELER

- Houlsby, A.C., 1992, "Construction and design of cement grouting", John Wiley and Sons Inc, New York / Chichester.
- Weaver, K., 1988, "Dam foundation, grouting", American Society of Civil Engineering, New York, USA.
- Nonweüler, E., 1988, "Grouting theory and practice", Elsevier New York, USA.
- Ewert, F.K., 1985, "Rock grouting with emphasis on dam sites", Springer - Verlag, Berlin, Germany.
- Deere, B. and Lombardi, G., 1985, "Grout slurries - Thick, or thin?", Issues, in Dam Grouting, Proceedings of the session sponsored, by the Geotechnical Engineering Division of the American Society of Civil Engineers in conjunction with the ASCE, Convention in Denver, Colorado; April.
- Lombardi, G., 1985, "The role of the cohesion in cement grouting of rock", Q58 R13, 15th ICOLD Congress, Lausanne, Switzerland.

- Lombardi, G., 1987, "Injection des massifs rocheux". Société, Suisse de Mécanique des Sols et des Roches, Journée de printemps. No. 115; May.
- Lombardi, G., "La roca y el macizo rocoso-Leyes constitutivas", Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Buenos Aires, Argentina, Sesiones Científicas, "Ing. Francisco García Olano", La Mecánica de Rocas en la Ingeniería Civil; 12 December 1987, May 1989 edition.
- Lombardi, G., 1990, "La perméabilité et l'incertitude des massifs rocheux fissurés", Revue Française de Géotechnique, No. 51 April.
- Lombardi, G., 1991, "Stoffgesetze für Feldfundationen von Betonsperren", 39 Geomechanik-Kolloquium, Salzburg, Austria, October 1990, Österreichische Gesellschaft für Geomechanik Felsbau, Jahrgang 9, Mo. 2,
- Lombardi, G., 1992, "The FES rock mass model-Part: I", Dam Engineering, Vol. III, Issue 1; February 1992; and, "The FES rock mass model-Part 2", Dam Engineering, Vol. III, Issue 3; August 1992,
- Lombardi, G., 1991, "Kölnbrein dam: An unusual solution for an unusual problem". Water Power and Dam Construction; June 1991.
- Oestereichische Draukraftwerke A.G, Klagenfurt: Carithia / Austria, "Remedial project for Kölnbrein arch dam" Design and Construction; June 1991.

# Jeoloji Panorama

Hazırlayanlar : *Engin Öncü Sümer*<sup>1</sup>, *Mine Sümer*<sup>1</sup> ve *Sefer Örcem*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, **Beytepe-06532** Ankara

<sup>2</sup> MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdüleri Dairesi, Ankara

## Dünya Periyodiklerinden Yeni Makaleler

### <sup>1</sup> • Geologische Rundschau"

Haziran 1996, cilt 85, no.2

Yiğitbaş, E., Yılmaz., Y., 1996, *New evidence and solution to the Maden complex controversy of the southeast Anatolia orogenic belt (Turkey)*'. Geologische Rundschau 85, 2, 250-263.

Sofferi, H.C., Davoudzadeh, M., Rolf, C, Schmidt, S., 1996,, *New paleo-magmatic data from Central Iran and Triassic paleorecon struction*: Geologische: **Rundschau** 85, 2, .293-302.,

De Wever, P., Baudin, F., 1996, *Paleogeography of radiolarite and orogenic-rich deposits in Mesozoic Tethys*: Geologische Rundschau 85, 2, 310-326.,

### <sup>11</sup>Geologische Rundschau<sup>11</sup>

Aralık 1996, cilt 85, no.4

Parlak, O., Delaloye, M., Bingöl, M., 1996, *Mineral Chemistry of Ultramafic and Mafic cumulated as an indicator of the arc-related origin of the Mersin ophiolite (Southern Turkey)*: Geologische Rundschau, 85, 4,, 647-661.,

Görür, N., Okay, A.I., 1996, *A fore-arc origin for the Thrace Basin, NW Turkey*: Geologische Rundschau, 85, 4, 662-668.

Çiner, A., Dleynoux, M., Koşun, E., 1996,, *Cyclicity in the Middle Eocene Yamak turbidite complex of the Haymana basin, Central Anatolia, Turkey*: Geologische Rundschau, 85,, 4, 669-682.

"Geological Magazine"<sup>11</sup> Temmuz 1995, cilt 132, no.4

Hamdi, B., Rozanov, A.Yu and Zhuraviev, A. Yu., 1995', *Latest Middle Cambrian metazoan reef from north Iran*: Geological Magazine, 132,, 4, 367-373.,

Segev, A., Idalicz,, L., Steintz, G and Long, B., 1995, *Post-depositional processes on a buried Cambrian sequence in southern Israel, North Arabian Massif: evidence from- new K-Ar dating of Mn-nodules*: Geological Magazine, 132, 4, 375-385.

Görür,, N., Şengör, A.M.C., Sakmç. M., Tüysüz, O., Akkök, R., Yiğitbaş, E., Eisoy, Ş., Algan, O., Güneysu, C and Aykol, A, 1995, *Rift formation in the Gökova region, southwest Anatolia: Implication for the opening of the Aegean Sea*: Geological Magazine,, 132, 4, 673-650.

"Geological Magazine"<sup>11</sup> Mart 1996, cilt 133, no.2

Danelian, T., Robertson, A.H.F. and Dinütriandis, S., 1996, *Age and significance of radiolaria sediments within basic exrussives of the marginal basin Guevgueli Ophiolite (Northern Greece)*: Geological Magazine, 133,2, 127-136.

**Dastanpour, M.**, 1996', *The Devonian System in Iran: A review*: Geological Magazine,, 133, 2,, 159-170..

"Geological Magazine"<sup>11</sup> Mayıs 1996,, cilt 133, no.3

Katzir, Y., Matthews, A., Garfunhel, Z., Schliested, M. and **Avigad, D.**, 1996, *The tectono-metamorphic evolution of dismembered ophiolite (Tinos, Cyclades, Greece)*: Geological Magazine, 133, 3, .237-254..

Richardson-Bunbmy, J.M., *The Kula Volcanic field, western Turkey: the development of a Holocene alkali basalt province and the adjacent normal-faulting graben*: Geological (Magazine, 133, 3, 275-283.,

Wagreich, M., Paulopolas, A., Faupl, P. and Migiros,, G., 1996, *Age and significance of Upper Cretaceous siliciclastic turbidites in the central Pihdos Mountains, Greece*, Geological Magazine,, 133, 3,, 325-331.

"Geological Magazine" Temmuz 1996, cilt 133, no .4

Hetzet, R. and Reiscfamann., T., 1996, Intrusion age of Pan-African äugen gneiss, in the southern Menderes Massif and. the age of cooling after Alpine ductile extensional metamorphism, Geological Magazine, 133, 4, 565-572,

""Geological Magazine"<sup>11</sup> Kasım 1996., cilt 133, no.6

Mukhin, P., 1996, *The metamorphosed olistostromes and turbidites of Andres Island, Greece and their tectonic significance*: Geological Magazine, 133, 6, 697-711.

## Dünya Periyodiklerinden CD-Tarama GEO-REF (1983-1993)

Hazırlayanlar : *Engin Öncü Sümer ve Mine Sümer*

"Jeoloji Panorama" da bu ve bundan sonraki sayılarda dünya- jeoloji periyodiklerinde belirli konularda yayınlanmış bazı makalelerin bibliyografyası "Jeoloji Mühendisliği" okurlarına sunulacaktır.

Bu amaçla, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kütüphanesinde CD-yayın tarama bölümünde bulunan GEO-REF 1983-1993 CD-disto ve Earth Science CD-disMerinde yer alan çeşitli konulara yönelik anahtar sözcüklerle jeoloji ile ilgili referans taraması yapılmıştır. İlerideki sayılarda da farklı konu ve başlıklar altında yayın taraması sürdürülecektir. Bu bölümle ilgili istek, görüş ve önerilerinizi bekler, bu çalışmanın araştırmalarınıza katkıda bulunmasını dileriz.

*Belgesel Metamorfik Kayaçlarda Ortaya Çıkan Bazı Mimerai ve Mineral Toplulukları : klorit, muskovit, kloritoid, biyotit, stavrolit, kordiyorit, andaluzii, sillimaniit] dışın*

Kısaltmalar

11 = başlık

AU = Tazar(lar)

OS = Yazarların adresleri

SO = Yayımlandığı yer? cilt, sayfa

AB' = Yayımlım özeti

YR = Yayımlandığı yd

LA = Yayımlın yazıldığı dil

DE = Yayımlın anahtar söz/cüMeri

**TI: A petrogenetic grid for the KFMASH system.**,  
AU: Dickenson-M-P; Hess-P-C  
OS: Brown Univ.,, Dep. Geol. Sei, Providence, RI, United-States  
SO: Eos^Tmnsactions^American-Geopfaysical-Union. 62. (17). p. 421 YR: 1981 LA: English '  
DE: data-processing; petrology-; **phase-equilibria**; silicates-; " **FeO-Al2-O3-SiO2-H2-O**; **KFMASH**-; **graphic-display**; shale-; clastic-rocks; chemography-; topology-ialumnosilicates-; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; staurolite-; chloritoid-; biotite-; mica-group; sheet-silicates; chlorite-; chlorite-group; cordierite-; ring-silicates

**TI: Uni- and divariant equilibria between staurolite, chloritoid» garnet, chlorite, biotite and medium pressure meta-acidites from Lorient-Concarneau area (South Brittany, France).**

AU: **Triboulet-C** m

OS: Univ.. P. M. Curie, **lab.** petrol., Paris Cedex 75230, France^

SO: Coirtributicms-to-Mineralogy-and-Petrology. 82., (2-3). p. 195-204.,YR: 1983

DE: France-; petrology-; metamorpMc-rocks; mineral-assemblages; phase-equilibria; metamoipMsm-; P-T-conditions; high-temperature; staurolite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; cMoritoid-; garnet-group; chlorite-group; sheet-silicates; biotite-; mica-group; phengite-; geologic-thermometiy; correlation-; high-pressure; Silurian-; Devonian-; Morbihan-; Finistère-; Western-Europe; Europe-; Lorient-Concarneau

**IT: Local and. regional differences in the: chemical potential of water in amphibolite grade pelitic rocks»**

AU: Dickenson-M-P

OS: Harvard Univ., Dep. Geol. Sei, Cambridge, MA, United-States

SO: The. Geological Society of America., 97th annual meeting. .Ahstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America.. 16.. (6). p. 488 YR: 1984

DE: metamorphic-rocks; geochemistry-; water-of-ciystallization; New-Hampshire; petrology-; Moosilauke-Quadrangleç New-England; Eastern-U, S. ; United-States; pelitic-texture; amphibolite-facies; garnet-group; nesosilicates-; oithosilicates-; silicates-; Gibbs-technique; ' chloritoid-; biotite-; mica-group; sheet-silicates; chlorite-; chlorite-group; staurolite-; andalusite-; iron-; magnesium-; phase-equilibria; chemical-analysis

TI: *Gamet and associated minerals in the southern margin of the Menderes Massif, Southwest Turkey,*

AU: Ashworth-J-R; Evirgnsn-M-M

OS: Univ. Aston, Dep. Geol, Sci., Aston, United-Kingdom; Hacettepe Univ., Turkey

SO: Geological-Magazine.. 121. (4). p., 323-337., YR: 1984

AB: Assemblages with muscovite+quartz show a regular increase in grade from the Chlorite Zone at the base of the Lycian Nappe Complex to the Garnet Zone within the structurally underlying Menderes Massif. Biotite enters before garnet, which precedes, oligoclase. Garnet-bearing assemblages in pelites are compared with those in re-equilibrated, quartzofeldspathic gneisses, where garnet is unusually calcic (in one case approaching Gross50 AhnSO). Garnet zoning, with Mn decreasing outwards, is interpreted as growth zoning; Ca decreases outwards in pelite garnets but shows the reverse effect in the gneisses, Chloritoid is common but rarely coexists, -with biotite» and garnet+chlorite+paragonite is found rather than chloritoid+albite. Garnet-biotite geothermometry, corrected, for the effect, of Ca in garnets with up to 29 mole% grossular, indicates temperatures of 530+ or -50 degrees C near the garnet isograd. Muscovite-paragonite geothermometry gives an anomalous result., Metamorphic pressure is considered in the light of (i) Mn/Fe partition between garnet and biotite, (ii) Ca content of garnet coexisting with plagioclase+muscovite+biotite, (iii) Mn in actinolite coexisting with albite+chlorite+magnetite, and (iv) celadonite content of muscovite which, however, shows variation due to disequilibrium within a specimen and does not provide an accurate geobarometer.. Comparisons with published studies indicate a strong similarity to the Barrovian Dalradian of Scotland and lead to a tentative pressure estimate of approximately 5 kbar.-Modified journal, abstract

DE: Turkey-; petrology-; metamorphic-rocks; metamorphism-; F-T-conditions; isograds-; gneisses-; Middle-East; Asia-; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; mineral-assemblages; southwestern-Turkey; Menderes-Massif; grade-; chlorite-zone; Lycian-Nappe-complex; biotite-; mica-group; sheet-silicates; oligoclase-; plagioclase-; feldspar-group; framework-silicates; shale-; clastic-rocks; quartzofeldspathic-gneisses; zoning-; retrograde-metamorphism; geologic-thermometry; complexes-; chloritoid-; chlorite-; chlorite-group; paragonite-; muscovite-; celadonite-; pressure-; composition-

TI: Uebersicht lieber Geologie und Mineralgchatt in einem Querprofil von Altkristallin . zur

Kafkatpenbasis (Triebenener Tauernpass FHzenschlncht» Fal.teii.tal, Steiermark,, Oesterrekh). Tmdated title: Geology and mineral composition in a cross-section of the old crystalline Limestone • Alps- 'base; Trieben« Tauernpass, FliteenscMiielit, Paltental, Styria, Austria.

AU: Ratschbacher-L; Klima-K

SO: Jahrbuch-der-Geologischen-BundesansMt-Wieii, 128. (1). p. 151-173.. YR: 1985 LA: German LS: English

BE: Austria-; petrology-; metamorphic-rocks; composition-; mineral-composition; absolute-age; dates-; Ordovician-; Silurian-; Alpine-Orogeny; graywacke-; clastic-rocks; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; biotite-; mica-group; sheet-silicates; gamet-; Permian-; Triassic-; metamorphism-; North-Austrian-Alps; Alps-; Central-Austrian-Alps; Styria-; Central-Europe; Europe-; K/Ar-

TI: Reversals in Fe-Mg partitioning between chloritoid and staurolite.

AU: Grambling-J-A

OS: Univ. N.M., Dep. Geol., Albuquerque, MM, United-States:

SO: American-Mineralogist. 68. (3-4). p. 373-388, YR: 1983

AB: Chloritoid and staurolite coexist with Al silicate, chlorite, or gamet + or - biotite in Precambrian quartzite and schist from northern New Mexico, The observed Fe-Mg reversal is not related to variable- P, T, or minor element content, including Fe(3+). However, it could arise from any of three factors: (1) Fe and Mg may occur on several, crystallographic sites in one or both minerals; (2) some Mg may not be exchangeable with Fe in staurolite; or (3) Fe and Mg may mix non-ideally in one or both phases,-Modified journal, abstract,

DE : New-Mexico; petrology-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; phase-equilibria; minerals-; partitioning-; nesosilicates-; chloritoid-; crystal-chemistry; iron-; geochemistry-; magnesium-; Rio-Arriba-County; Mora-County; Southwestern-U.S. ; United-States; Sangre-de-Cristo-Mountains; Trachas-Range; coexisting-minerals; orthosilicates-; silicates-; staurolite-; quartzites-; schists-; textures-; reversals-; aluminosilicates-; electron-probe-data; Precambrian-

TI: Allochemical retrograde metamorphism in shear zones; an example in metapelites, Virginia,, USA,,

AU: Gates-A-E; Speer-J-A

SO: Journal-of-Metamorphic-Geology. 9. (5). p. 581-604. YR: 1991

DE: metamorphic-rocks; metasedimentary-rocks; metapelite-; Virginia-; petrology-; mineral-deposits;

no

genesis-; processes-; syngenesi-; minerals-; sheet-silicates-; **chlorite-group**; occurrence-; nesosilicates-; chloritoid-; stanrolite-; metamorphism-; retrograde-metamorphism-; shear-zones-; Southeastern-U. S. ; Eastern-U. S. ; United-States-; diagenesis-; mineral-deposits-; genesis-; orthosilicates-; silicates-; chlorite-; sheet-silicates-chlorite-group-; chemical-composition

TI: Les faciès a **carpholite-chloritoide** dans la **couverture Briançonnaise** des Alpes Lignes: un témoin de l'histoire **tectono-metamorphique regionale**.

Translated title: Caipholite-chloritoid faciès in the Briançonnais cover of the Ligurian Alps; evidence of regional tectonometamorphic history.

AU: **Goffe-B**

SO: Memorie-della-Societa-Geologica-ItaliaBa. 28. p. 461-479.. YR: 1984 LA: French LS: English

DE: Italy-; stmcto.ral-geol.ogy; tectonics-; metamorphic-rocks-; meftasedimenaiaiy-rocks-; paragenesis-; Ligurian-Alps-; Maritime-Alps-; caipholite-; chain-silicates-; silicates-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; greenscMst-facies-; major-elements-; **dectron-piobe-data**; Alpine-Orogeny-; stmctmal^arialysis; Ligeria-; orogeny-; Southern-Europe-; Europe-; Briançonnais-Zone

TI: Ruck pressures vs. **fluid pressure** as a **controlling** influence on mineral stability; **an** example from New Mexico.

AU: Holdaway-M-J; Goodge-J-W

SO: American-Mineralogist. 75. (9-10). p. 1043-1058, YR: 1990 LA: English

DE: New-Mexico-; petrology-; metamorphism-; P-T-conditions-; pressure-; metamorphic-rocks-; mineral-assemblages-; phase-equilibria-; metasedimentary-rocks-; stability-; minerals-; silicates-; Taos-County-New-Mexico-; Ortega-Group-; Rinconada-Formation-; Southwestern-U.S.-; United-States-; north-central-New-Mexico-; Picuris-Range-; fluid-pressure-; quartzites-; schists-; solid-phase-; Proterozoic-; upper-Precambrian-; Precambrian-; kyanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; sillimanite-; andalusite-; chloritoid-; stanrolite-; geologic-barometry

TI: A **petrogenetic** grid for **metamorphosed aluminous Witwatersrand shales**,

AU: Wallmach-T; Meyer-F-M

OS: South-African-Journal-of-Geology. 93., (1). p. 93-102. YR: 1990 LA: English

DE: South-Africa-; petrology-; metamorphism-; P-T-conditions-; interpretation-; phase-equilibria-; metasedimentary-rocks-; Witwatersrand-System-; shale-;

clastic-rocks-; mineral-assemblages-; Jeppetown-Sh.al.es; Southern-Africa-; Africa-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; migration-of-elements-; pyrophyllite-; sheet-silicates-; genesis-

TI: **Les metapelites a phengite-chloritoide-grenat-staurotite-disthene de la klippe de Najac-Carmaux; nouveaux marqueurs d'un métamorphisme de haute pression varisque en Rouergue** occidental  
Translated title: **Phengite-chloritoid-garnet-stanrolite-kyanite** bearing; **metapetites of the Najac-Carmaux** klippe; new evidence for **Variscan high-pressure metamorphism in western Ronergue**.

AU: Delor-C; Burg-J-P; Gniraud-IVÍ; Leyreloup-A

SO: Sciences-de-la-Terre., 305.. (7). p., 589-595 YR: 1987 LA: French LS: English

DE: France-; petrology-; metamorphism-; P-T-conditions-; high-pressure-; metamorphic-rocks-; metasedimentary-rocks-; metapelite-; phengite\*-; mica-group-; sheet-silicates-; silicates-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; garnet-group-; staurotite-; kyanite-; Caledonian-Orogeny-; Rouergue-; Aveyron-; Tarn-; Western-Europe-; Europe-; Central-Massif-; Najac-Carmaux

TI: **Chloritoid-paragonite^phyrophyllite and stüpnomelanerbearing rocks** near **Blackwater Mountain**, western. Rocky Mountains», **British Columbia**

AU: Ghent-Edward-D; Stout-Mavis-Z; Ferri-Filippo

SO: The-Canadian-Mineralogist 27., (1). p. 59-66. YR: 1989

DE: British-Columbia-; petrology-; metamorphic-rocks-; metasedimentary-rocks-; mineral-assemblages-; metamorphism-; P-T-conditions-; interpretation-; Western-Canada-; Canada-; chloritoid-; nesosilicates-; **orthosilicates**-; silicates-; paragonite-; mica-group-; sheet-silicates-; pyrophyllite-; stüpnomelane-; Blackwater-Mountain-; Canadian-Rocky-Mountains-; Middle-Cambrian-; Cambrian-; Chancellor-Formation-; petrography-; X-ray-diffraction-spectra

TI: **Sudoite**, a **rock-forming** mineral in **Verrucano** of the **Northern Apennines** (Italy) and the: **sudoite-chloritoid-pyrophyllite** assemblage in **pregrade metamorphism**.

AU: Franceschelli-M; Mellini-M; Memmi-I; Ricci-C-A  
SO: Contributions-to-Mineralogy-and-Petrology. 101. (3). p. 274-279.. YR: 1989

DE: minerals-; sheet-silicates-; chlorite-group-; sudoite-; metamorphism-; prograde-metamorphism-; mineral-assemblages-; Italy-; petrology-; sheet-silicates-; chlorite-

group; silicates-; pyrophyllite-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; muscovite-; mica-group; paragonite-; chemical-composition; Tuscany-; Emilia-Romagna; Apennines-; Southern-Europe; Europe-; Verrucano-

**TI: Transmission electron microscopy of chloritoid; intergrowth with sheet silicates and reactions in metapelites.**

AU: Banfield-Jillian-F; Kaiabinos-Paul; Vdalen-David-R

SO: American-Mineralogist 74. (5-6). p. 549-564, YR: 1989

DE: Vermont-; petrology-; metamorphic-rocks; minerals-; nesosilicates-; chloritoid-; contact-growth; metasedimentary-rocks; metapelite-; Rensselaer-County-Vernont; Windham-County-Vermont; TEM-data; intergrowths-; orthosilicates-; silicates-; sheet-silicates; ultrastructure-; natural-materials; Green-Mountains; Taconic-Allochthon; Jamaica-Vermont; Rensselaer-County-Vernont; New-England; Eastern-U.S.; United-States; southern-Vermont

**TI: Chloritoid, staurolite and gedrite of the high-alumina hornfels of the Karakoram Pluton.**

AU: Likhonov-I-I

SO: International-Geology-Review. 30. (8). p. 868-877.-YR: 1988

DE: metamorphic-rocks; hornfels-; mineral-composition; USSR-; petrology-; intrusions-; plutons-; aureoles-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; gedrite-; orthoamphibole-; amphibole-group; chain-silicates; staurolite-; mineral-assemblages; Karatash-Pluton; P-T-conditions; Batani-Ridge; Kuznetsk-Alatau; Russian-Republic; West-Siberia

**TI: A chloritoid-bearing paragneiss in the Macduff Slates of central Buchan.**

AU: Leslie-A-G

SO: Scottish-Journal-of-Geology. 24. (3). p. 223-232. YR: 1988 LA: English

DE: Scotland-; petrology-; metamorphic-rocks; slates-; P-T-conditions; structural-geology; tectonics-; paragenesis-; Great-Britain; United-Kingdom-; Western-Europe; Europe-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; phengitic-muscovite-; muscovite-; mica-group; quartz-; silica-minerals; framework-silicates; opaque-minerals; facies-; Macduff-Slate; Inverclyde-; folds-; overprinting-; Aberdeenshire-; Dalradian-; Kincardineshire-; Buchan-

**TI: Experimental study of carboirite and related phases in the system GeO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO-H<sub>2</sub>O at P upto 2 kbar.**

AU: Mliot-J-Y; Volfinger-M; Robert-J-L

SO: Mineralogy-and-Petrology. 36. (1). p. 51-69. YR: 1987 LA: English LS: French'

DE: minerals-; oxides-; germanates-; crystal-chemistry-; phase-equilibria; GeO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO-H<sub>2</sub>O-; experimental-studies; carboirite-; synthesis-; stability-; X-ray-data; infrared-spectra; solid-solution; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; germanium-; metals-; silicon-; aluminum-; iron-; water-; geochemistry-; P-T-conditions; carboirite-

**TI: The occurrence and chemical composition of chloritoid in the metamorphic rocks of the Coast Range-metamorphic complex near Juneau.**

AU: Himmelberg-Glen-R; Ford-Arthur-B; Brew-David-A

SO: U.S.-Geological-Survey-Circular. p. 99-102, YR: 1986

DE: southeastern-Alaska; Alaska-; petrology-; metamorphic-rocks; facies-; greenschist-facies; minerals-; nesosilicates-; chloritoid-; Western-U.S.; United-States; Coast-Range; chemical-composition; orthosilicates-; silicates-; Coast-Complex; Coast-Mountains; formula-; Juneau-region; mineral-assemblages; regional-metamorphism; metamorphism-; USGS-

**TI: Chloritoid from low-grade pelitic rocks in North Wales.**

AU: Brearley-Adrian-J

SO: Mineralogical-Magazine. 52 (Part. 3). (366). p. 394-396. YR: 1988

DE: Wales-; petrology-; metamorphic-rocks; slates-; mineral-assemblages; Rhydd-ddu; Snowdonia-; Gwynedd-; northern-Wales; Great-Britain; United-Kingdom; Western-Europe; Europe-; Ordovician-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; aluminosilicates-; low-grade-metamorphism; metamorphism-

**TI: Widespread fluid infiltration during metamorphism of the Witwatersrand goldfields; generation of chloritoid and pyrophyllite.**

AU: Phillips-G-N

SO: Journal-of-Metamorphic-Geology. 6. (3). p. 311-332. YR: 1988

DE: South-Africa; petrology-; metamorphism-evolution-; mineral-assemblages; Southern-Africa; Witwatersrand-; genesis-; Archean-Precambrian-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; pyrophyllite-; sheet-silicates

**TI: Garnet-chloritoid** equilibria in eclogitic petrographic rocks from the Sesia Zone (Western Alps); their bearing on phase relations in high pressure metamorphic rocks.

AU: Vuichard-J-P; Ballevre-M

SO: *Journal of Metamorphic Geology*. 6. (2). p. 135-157. YR: 1988

DE: Alps-; **petrology-;** metamorphic-rocks; **metasedimentary-rocks;** metapelite-; Europe-; Western-Alps; Sesia-; phase-equilibria; minerals-; P-T-conditions

**TI: Cr-rich Mg-chloritoid**, a first record in high-pressure metagabbros from Monviso (Cottian Alps), Italy,

AU: Kienast-J-R; Messiga-B

SO: *Mineralogical Magazine*. 51 (Part 5). p. 681-687. YR: 1987

DE: Italy-; mineralogy-; nesosilicates-; minerals-; chloritoid-; Southern-Europe; Europe-; **Cottian-Alps;** Monviso-; metagabbro-; metaigneous-rocks; high-pressure; orthosilicates-; silicates-; metatroctolite-; chromium-; magnesium-

**TI: Chloritoid-hornblende** assemblages in «partite-muscovite-bearing rocks of the Central Metasedimentary Belt, Grenville Province, Canada».

AU: Thompson-P-H; Leclair-A-D

SO: *Journal of Metamorphic Geology*. 5. (3). p. 415-436. YR: 1987

DE: Canadian-Shield; petrology-; metamorphic-rocks; schists-; mineral-assemblages; phase-equilibria; metamorphism-; P-T-conditions; Grenville-Province; North-America; pelitic-texture; Central-Metasedimentary-Belt; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; quartz-; silica-minerals; framework-silicates; muscovite-; mica-group; sheet-silicates; hornblende-; clinopyroxene-; amphibole-group; chain-silicates; petrography-; Flinton-Group; Grenville-Supergroup

**TI: Metamorphism of the Witwatersrand** gold fields; conditions during peak metamorphism.

AU: Phillips-G-Neil

SO: *Journal of Metamorphic Geology*. 5. (3). p. 307-322. YR: 1987

DE: South-Africa-; economic-geology; gold-ores; mineral-deposits; genesis-; metamorphic-processes; Southern-Africa; Africa-; Transvaal-; Witwatersrand-; metal-ores; metamorphism-; greenschist-facies; metapelite-; metasedimentary-rocks; regional-

metamorphism; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; pyrophyllite-; sheet-silicates; mineral-deposits,-genesis; Jeppeshtown-Shale; Booyens-Shale; Precambrian-; P-T-conditions

**TI: Chloritoids; dependence of** the optical properties upon chemical variation and polytypic intergrowths

AU: Cooper-Brian-J

OS: Sam Houston State Univ., Geol. Prog., **Huntsville,** TX, United-States

SO: *Abstracts with Programs Geological Society of America*. 18. (6). p. 571 YR: 1986

DE: chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; optical-properties; polytypism-; intergrowths-

**TI: The tectonic implications of high-pressure metamorphism in the western Alps**

AU: Fyfe-N; Bamicoat-A-C

SO: *Journal of the Geological Society of London*. 144, (4). p. 653-659. YR: 1987

DE: Alps-; petrology-; metamorphism-; P-T-conditions; **high-pressure;** Europe-; 'Western-Alps; tectonics-; kyanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; chloritoid-; eclogite-; lawsonite-; orthopyroxene-; ultramafics-

**TI: Chloritoid-bearing** rocks associated with blueschists and eclogites, northern New Caledonia.

AU: Ghent-Edward-D; Stout-Edward-Z; Black-P-M; **Brothers-R-N**

SO: *Journal of Metamorphic Geology*. 5. (2). p. 239-254. YR: 1987

DE: New-Caledonia; petrology-; metamorphic-rocks; facies-; blueschist-facies; metamorphism-; P-T-conditions; indicators-; northern-New-Caledonia; Melanesia-; eclogite-; mineral-assemblages; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; metasedimentary-rocks; Tertiary-; glaucophane-; clinopyroxene-; amphibole-group; chain-silicates; phases-equilibria; geologic-thermometry; geologic-barometry; garnet-group

**TI: Evidence for a Variscan suture zone in the Vendée, France; a petrological study of blueschist facies rocks from Bois de Cène\***

AU: Gturlaud-M; Buig-J-P; Powell-R

SO: *Journal of Metamorphic Geology*. 5. (2). p. 225-237. YR: 1987

DE: France-; tectonophysics-; plate-tectonics; metamorphic-rocks; facies-; blueschist-facies; metamorphism-; retrograde-metamorphism; high-pressure-; Vendée-; Western-Europe; Europe-; Bois-de-

Cène; suture-zones; glaucophane»; clinoamphibole-; amphibole-group; chain-silicates; silicates-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; schists-; mineral-assemblages; P-T-conditions

TI: Chloritoid-pynqphyllite-rectorite faciès rocks from Brittany, France.

AU: Paradis-S; Velde-B; Nicot-E

SÖ: Contributions to Mineralogy and Petrology, 83. (3-4), p. 342-347, YR: 1983

DE: metamorphic-rocks; faciès-; pseudomorphism-; France-; petrology-; pyrophyllite-; sheet-silicates; silicates-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; rectorite-; clay-minerals; Paleozoic-; low-temperature-; black-shale-; clastic-rocks; chlorite-group; stability-; electron-probe-data; shale-; Armorican-Massif; Finistère-; Brittany-; sedimentary-rocks; Western-Europe; Europe-

TI: Garnet and staurolite producing reactions in a chlorite-chloritoid schist.

AU: Karabinos-Paul

SO: Contributions to Mineralogy and Petrology, 90. (2-3), p. 262-275, YR: 1985

DE: Jamaica-; petrology-; metamorphism-; prograde-metamorphism; phases-equilibria; schists-; reactions-; metamorphic-rocks; chlorite-schist; garnet-; crystal-zoning; staurolite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; textures-; chemical-composition; Greater-Antilles; West-Indies; chemical-reaction

TI: Chloritoid-sillimanite assemblage from North Carolina.

AU: Milton-Daniel-J

SO: American Mineralogist, 71. (7-8), p. 891-894, YR: 1986

DE: North-Carolina; petrology-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; phase-equilibria; aluminosilicates-; stability-; minerals-; Mecklenburg-County; Southeastern-U.S.; Eastern-U.S.; United-States; Piedmont-; Charlotte-Belt; western-North-Carolina; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; sillimanite-; electron-probe-data; experimental-studies; quartzites-; P-T-conditions

TI: Condizioni termobariche dell'evento statico a cloritoid e staurolite in Aspromonte.

Translated title: Pressure-temperature conditions of the static event in chloritoid and staurolite in Aspromonte.

AU: Ioppolo-S; Pezzino-A; Puglisi-G

SO: Rendiconti della Società Geologica Italiana, 6. (Suppl.), p. 3-4, YR: 1983

DE: Italy-; petrology-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; phases-equilibria; metamorphism-; P-T-conditions; mesozonal-metamorphism; paragenesis-; staurolite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; chloritoid-; paragonite-; mica-group; sheet-silicates; electron-probe-data; Hercynian-Orogeny; Calabria-; Apennines-; Southern-Europe; Europe-; orogeny-; structural-geology; South-Apennines; Aspromonte-

TI: Margarite and chloritoid from staurolite-kyanite zone rocks of the Hoosac Formation, SE Vermont

AU: Downie-E-A

SO: Abstracts with Programs Geological Society of America, 15. (3), p. 190, YR: 1983

DE: Vermont-; petrology-; metamorphic-rocks; schists-; composition-; metamorphism-; grade-; indicators-; inclusions-; mineral-inclusions; P-T-conditions; phase-equilibria; interpretation-; Hoosac-Formation; New-England; Eastern-U.S.; United-States; southeastern-Vermont; Chester-gneiss-dome; mineral-assemblages; chemical-composition; prograde-metamorphism; retrograde-metamorphism; textures-; alteration-; coexisting-minerals; reactions-; ion-exchange

TI: II cloritoidi nelle Alpi Apuane; un probabile indicatore dell'esistenza di un metamorfismo pre-alpino.

Translated title: Chloritoid of Apuan Alps; probable indicator of existence of pre-alpine metamorphism.

AU: Rettigieri-M; Tticci-P

SO: Periodico di Mineralogia, 52. (1), p. 83-96,

YR: 1983 LA: Italian LS: English

DE: Italy-; petrology-; metamorphic-rocks; schists-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; major-elements; textures-; metamorphism-; kinematics-; Paleozoic-; Apuan-Alps; Tuscany-; Southern-Europe; Europe-

TI: Local and regional differences in the chemical potential of water in amphibolite grade pelitic rocks.

AU: Dickenson-M-P

SO: Abstracts with Programs Geological Society of America, 16. (6), p. 488, YR: 1984

DE: metamorphic-rocks; geochemistry-; water-of-crystallization; New-Hampshire; petrology-; Moosilauke-Quadrangle; New-England; Eastern-U.S.; United-States; pelitic-texture; amphibolite-facies; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; Gibbs-technique; chloritoid-; Motite-; mica-group; sheet-silicates-; chlorite-; chlorite-group; staurolite-; andalusite-; iron-; magnesium-; phase-equilibria; chemical-analysis



**TI: Metamorphic transformations of an Al-Mg gabbro into a talc + kyanite + garnet + cMoritoid + jadeite-bearing gabbro, Val d'Aosta, Italy.**

AU: Kienast-J

SO: Tena-Cognita. 2. (3). p. 307 YR: 1982

DE: Italy-; petrology-; metamorphic-rocks; feldspar-facies; eclogite-facies; Southern-Europe; Europe-; Valle-d'Aosta; genesis-; gabbro-; gabbros-; ultramafics-; high-pressure; P-T-conditions; pyroxene-group; chain-silicates; silicates»

**TI: High resolution electron microscopy of chloritoid minerals from different: geological, milieu.**

AU: Subbaima-G-N; Anantha-Iyer-G-V

SO: Proceedings-of-the-Indian-Academy-of-Sciences-Chemical-Sciences, 91. (1). p. 47-56. YR: 1982

DE: India-; mineralogy-; sheet-silicates; chlorite-group; minerals-; electron-microscopy-data; sheet-silicates; chlorite-group; Karnataka-; Indian-Peninsula; Asia-; Haute-resolution; Yunker-; Hassan-

**TI: Chloritoid and staurolite stability; implications for metamorphism in the Archaean Yilgarn Block, Western Australia.**

AU: Bickle-M-J

SO: Journal-of-the-Geological-Society 141. (6). p. 1075 YR: 1984

DE: Western-Australia; petrology-; metamorphism-; P-T-conditions; amphibolite-facies; Australia-; Australasia-; Yilgarn-Block; Archaean-; Precambrian-; staurolite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; chloritoid-; quartz-; silica-minerals; framework-silicates; almandine-; garnet-group; cordierite-; ring-silicates; andalusite-; mineral-assemblages; aureoles-; Mg-h.-grade-metamorphism; low-grade-metamorphism.

**TI: Conditions of formation of garnet and staurolite in a chloritoid schist from VT\***

AU: Karabinos-P

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 15. (3). p. 140 YR: 1983 LA: English

DE: Vermont-; petrology-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; genesis-; metamorphism-; evolution-; effects-; phase-equilibria; P-T-conditions; Pimey-Hollow-Foundation; New-England; Eastern-U.S.; United-States; Jamaica-; Greater-Antilles; West-Indies; Taconic-Orogeny; Acadian-Phase; prograde-metamorphism; retrograde-metamorphism; textures-; zoning-; reactions-; stability-

**TI: Chloritoid and staurolite: stability; implications for metamorphism in the Archaean Yilgarn Block, Western Australia\***

AU: Bickle-M-J; Aychibald-M-J

SO: Journal-of-Metamorphic-Geology. 2. (3). p. 179-203. YR: 1984 LA: English

DE: metamorphic-rocks; P-T-conditions; regional-metamorphism; paragenesis-; processes-; Western-Australia; petrology-; metamorphic-rocks; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; staurolite-; crystal-chemistry; phase-equilibria; Archaean-; Precambrian-; Yilgarn-Block; Australia-; Australasia-; geologic-thermometry; geologic-barometry; geothermal-gradient; Pioneer-Dome; Lake-Zot; Kalgoorlie-Norseman-Greenstone; interpretation-; amphibolite-facies; granite-greenstone-terraces; models-; mineral-assemblages

**TI: A unique magmatic chloritoid-bearing, high-pressure assemblage from the Monte Rosa, Western Alps; petrologic and (40)Ar-(39)Ar radiometric study.**

AU: Chopki-C; Monie-P

SO: Contributions-to-Mineralogy-and-Petrology. 87. (4). p. 388-398. YR: 1984 LA: English

DE: Alps-; petrology-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; absolute-age; dates-; Italy-; Switzerland-; Monte-Rosa; Western-Alps; Europe-; Ar/Ar-; phengite-; mica-group; sheet-silicates; silicates-; talc-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; kyanite-; quartz-; silica-minerals; framework-silicates; magnesium-; P-T-conditions; Southern-Europe; Central-Europe

**TI: Electron microprobe analyses of rock-forming minerals from the Sanbagawa metamorphic rocks, Isumoku; Part: HI., Nakatsu-Nanokawa and Yanadani-Mikawa areas\***

AU: Aiba-K; Higashimura-T; Sakai-C; Baimo-S

SO: Science-Reports-of-the-Kanazawa-University. 29. (1). p. 65-90. YR: 1984

DE: Japan-; petrology-; metamorphic-rocks; composition-; chemical-composition; Far-East; Asia-; Sanbagawa-; electron-microprobe-data; Nakatsu-Nanokawa; Yanadani-Mikawa; CMcMbn-Belt; mafic-composition; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; metamorphic-rocks; Shikoku-; actinolite-facies; prehnite-pumpellyite-facies; instruments-; petrography-; mineral-composition

**TI: Moessbauer and infrared spectroscopic studies of Belgian chloritoids.**

AU: DeGrave-E; Vankeberghe-R; Verdonck-L; de-Geyter-G

OS: Rijksuniv. Gent, Ghent, Belgium

SO: Physics-and-Chemistry-of-Minerals. *IL*. (2). p. 85-94. YR: 1984

AB: Chloritoid samples from the Stavelot Massif and the Seipont Massif have been characterized by chemical analyses and differential X-ray diffraction. Moessbauer spectra at temperatures between 78 and 360 K and in external magnetic fields were obtained for a triclinic and for a monoclinic specimen. The spectra show a superposition of a weak Fe(3+) doublet (less than 10%) and an intense Fe(2+) doublet. A decomposition of the ferrous adsorption into two distinct quadrupole doublets leads to smaller deviations between experimental and calculated line shapes, especially at low temperatures. This suggests that Fe(2+) is present in both cis and trans O<sub>2</sub> (QH)<sub>4</sub> octahedral positions in the trioctahedral layer. Structural data, derived from the temperature dependence of isomer shifts and quadrupole splittings, are found to be inconsistent with known crystallographic data. It is therefore concluded that Fe(2+) is present in only one type of lattice site and that the numerically imposed decomposition into two ferrous doublets is merely an artifact due to thickness saturation effects and to the distributive character of the hyperfine parameters. The negative sign of the electric field gradient further confirms the assignment of the Fe(2+) doublet to a cis octahedral configuration. Only minor differences exist between the Moessbauer results, for the triclinic and monoclinic chloritoid. The infrared absorption spectra, of the four samples are almost identical except in the region around 600 cm<sup>-1</sup> at which the monoclinic phase exhibits two absorption bands instead of one band for the triclinic samples. All absorption bands can be well assigned to the different vibrations. Inter-layer hydrogen bonding is evidenced by the occurrence of two ν-OH absorption bands. Modified journal abstract.

DE: crystal-structure; nesosilicates; chloritoid; crystal-chemistry; minerals; Belgium; mineralogy; orthosilicates; Western-Europe; Europe; Moessbauer-spectra; spectroscopy; infrared-spectroscopy; Stavelot-Massif; Seipont-Massif; X-ray-data; chemical-composition; silicates; lattice-

TI: Garnet and associated minerals in the southern margin of the Menderes Massif, Southwest Turkey.

AU: Ashworth-I-R; Evirgen-M-M

SO: Geological-Magazine. 121. (4). p. 323-337. R: 1984

AB: Assemblages with muscovite+quartz show a regular increase in grade from the Chlorite Zone at the base of the Lycian Nappe Complex to the Garnet Zone

within the structurally underlying Menderes Massif. Biotite enters before garnet, which precedes oligoclase. Garnet-bearing assemblages in pelites are compared with those in re-equilibrated, quartzofeldspathic gneisses, where garnet is unusually calcic (in one case approaching GrossSQ AlmSO). Garnet zoning with Mn decreasing outwards, is interpreted as growth zoning; Ca decreases outwards in pelite garnets but shows the reverse effect in the gneisses. Chloritoid is common but rarely coexists with biotite, and garnet+chlorite+paragonite is found rather than chloritoid+albite. Garnet-Motite geothermometry, corrected for the effect of Ca in garnets with up to 29 mole % grossular, indicates temperatures of 530+ or -50 degrees C near the garnet isograd. Muscovite-paragonite geothermometry gives an anomalous result. Metamorphic pressure is considered in the light of (i) Mn/Fe partition between garnet and biotite, (ii) Ca content of garnet coexisting with plagioclase+muscovite+biotite, (iii) Na in actinolite coexisting with albite+chlorite+magnetite, and (iv) celadonite content of muscovite which, however, shows variation due to disequilibrium within a specimen and does not provide an accurate geobarometer. Comparisons with published studies indicate a strong similarity to the Barrovian Dalradian of Scotland and lead to a tentative pressure estimate of approximately 5 kbar.—Modified journal abstract.

DE: Turkey; petrology; metamorphic-rocks; metamorphism; P-T-conditions; isograds; gneisses; Middle-East; Asia; garnet-group; nesosilicates; orthosilicates; silicates; mineral-assemblages; southwestern-Turkey; Menderes-Massif; grade; chlorite-zone; Lycian-Nappe-complex; biotite; mica-group; sheet-silicates; oligoclase; plagioclase; feldspar-group; framework-silicates; shale; clastic-rocks; quartzofeldspathic-gneisses; zoning; retrograde-metamorphism; geologic-thermometry; complexes; chloritoid; chlorite; chlorite-group; paragonite; muscovite; celadonite; pressure; composition-

TI: Mineral parageneses and metamorphic reactions in metasedimentary enclaves from the Archaean Gneiss Complex, of North-west India.

AU: Sharma-R-S; Jvindley-B-F

SO: Mineralogical-Magazine. 48 (Part. 2). (347). p. 195-209.

YR: 1984

AB: Three metasedimentary enclaves. Banded Gneissic Complex (>2580Ma). The Illite-chloritoid-muscovite schist with quartz or corundum, and kyanite-feldspar-corundum+ or -diaspore was metamorphosed under lower amphibolite conditions, and is thus not isofacial with the surrounding schists and gneisses (of the

"basement<sup>11</sup> complex) which reached sillimanite-grade metamorphism in the last orogenic cycle (Aravalli: 1650-950Ma Orogeny) in Rajasthan. A calc-silicate rock occurs as a small lens. The presence of two generations of wollastonite which formed during different metamorphic events in the calcite-quartz grossularite-anorthite-clinopyroxene assemblage indicates polymetamorphism. A metabasic rock, records a complete polymetamorphic history in discontinuous zones in garnet coexisting with hornblende-chlorite-plagioclase-quartz or -epidote. The mineralogy of the calc-silicate and metabasic enclaves gives a recrystallization temperature of c. 700 degrees C and a pressure in the range of 8-3 kbar during the second metamorphism.—Modified journal abstract.

DE: India-; petrology-; metamorphic-rocks; metasedimentary-rocks; metamorphism-; polymetamorphism-; evolution-; paragenesis-; Indian-Peninsula; Asia-; northwestern-India; Archean-; Precambrian-; gneisses-; amphibolite-facies; prograde-metamorphism; retrograde-metamorphism; regional-metamorphism; mineral-assemblages; chemical-composition

TI: Mineral chemistry of regional chloritoid assemblages in the Chlorite Zone» Lytian Nappes, South-west Turkey»

AU: Ashworth-J-R; Evirgen-M-M

OS: Univ. Aston in Birmingham, Dep. Geol. Sci., Birmingham, United-Kingdom; Hacettepe Univ., Ankara, Turkey

SO: Mineralogical-Magazine. 48 (Part 2).. (347), p. 159-165. YR: 1984

AB: Mn and inferred Fe(3+) contents of chloritoid are low. Chloritoid+quartz occur rather than the more hydrous equivalent pyrophyllite+chlorite, Fe/(Fe+Mg) values in chlorite ranging down to 0.27. Calcite and dolomite, which coexist with chloritoid and pyrophyllite, give a temperature estimate of 350 or -30 degrees C, implying moderate to high activities of water for pyrophyllite stability. Intensity of color in chloritoid correlates with inferred Fe(3+) content, which decreases outwards in grains showing prograde growth zoning.—Modified journal abstract

DE: Turkey-; petrology-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; chloritoid-; manganese-; geochemistry-; iron-; minerals-; nesosilicates-; Middle-East; Asia-; southwestern-Turkey; Lycian-Nappes; orthosilicates-; silicates-; paragonite-; mica-group; sheet-silicates; pyrophyllite-; calcite-; carbonates-; dolomite-; hematite-; oxides-

TI: Andalusitic and kyanitic facies series In the central Menderes Massif, Turkey,.

AU: Evirgen-M-M; Ashwoith-J-R

OS: Hacettepe Univ., Ankara, Turkey; Univ. Aston, United-Kingdom

SO: Neues Jahrbuch für Mineralogie, 1984.. (5). p. 219-227. YR: 1984

AB: Coexisting with biotite+imphovite+quartz, both the facies series have chloritoid and staurolite zones, in the one case these are succeeded by andalusite+staurolite, in the other case by kyanite+staurolite with sillimanite at some localities. The kyanite facies series is intermediate in pressure-type between the Barrovian and Stonehavian of Scotland. The andalusitic facies series is intermediate between the Stonehavian and classical lower-pressure sequences with cordierite. The coexistence chloritoid+biotite is a useful indicator of medium pressure in regional metamorphism.—Modified journal abstract.

DE: Turkey-; petrology-; metamorphism-; regional-metamorphism; facies-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; Middle-East; Asia-; Menderes-Massif; andalusite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; kyanite-; Anatolia-; chloritoid-; staurolite-; petrography-

TI: Spectroscopic studies on natural chloritoids.

AU: Haalenius-U; Annersten-H; Langer-K

SO: Physics-and-Chemistry-of-Minerals. 7. (3).. p. 117-123. YR: 1981

DE: minerals-; nesosilicates-; chloritoid-; crystal-chemistry; orthosilicates-; silicates-; absorption-spectroscopy; polarization-; Mossbauer-spectra; iron-; electron-probe-data; X-ray-powder-diffraction; cell-dimensions; geochemistry-

TI: New ways of characterizing layered silicates and their intercalates\*

AU: Thomas-J-M

SO: Moscow Mathematical-Physical

Sciences. 311. (1517). p. 271-285.,

YR: 1984

DE: clay-mineralogy; experimental-studies; methods-; X-ray-analysis; applications-; spectroscopy-; minerals-; sheet-silicates; mineral-data; photoelectron-methods; X-ray-diffraction-analysis; X-ray-spectroscopy; nuclear-magnetic-resonance; silicates-; aluminum-; isotopes-; silicon-; Si-29; Al-27; serpentine-; serpentine-group; smectite-; clay-minerals; kandite-; vermiculite-;

chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; zeolite-group; framework-silicates

**TI:** Contrasted **metamorphic evolutions in Unlisted** cover units: of the Briançonnais Zone (**French Alps**); a model for the conservation of **HP-LT metamorphic** mineral assemblages.

AU: Goffe-B; Velde-B

SO: Earth-and-Planetary-Science-Letters. 68. (2). p. 351-360. YR: 1984

AB: The evolution of organic matter, silicate and fluid phases in cover **units** of the three **structural** zones of the Vanoise area allows one to distinguish different B-T cooling paths. All **units** first underwent a common high pressure, **low-temperature (HP-LT)** metamorphic stage (300 degrees C; 6 kbar) of blueschist type (Fe/Mg carpholite-chloritoid facies). The cover units transported on the external, colder zone (coal measure series metamorphosed in albite-chlorite facies), preserved their HP mineralogy (Fe/Mg carpholite, lawsonite) and organic matter content, (oils, wet gases and kerogen) while the unit, which remained in contact with its more thermally conductive basement. (**polymetamorphic**) now shows extensive greenschist facies overprinting (breakdown of Fe/Mg carpholite and lawsonite, appearance of chlorite, pyrophyllite, chloritoid and clinozoisite; absence of oils, and wet gases).

DE: France-; petrology-; metamorphism-; CTol.uti.on-; mineral-assemblages; Western-Europe; **Europe-; Alps-; French-Alps; Briançonnais-Zone; P-T-conditions; Vanoise-; organic-materials; silicates-; blueschist-; schists-; basement-; greenschist-facies**

**TI:** Metamorphism in chloritoid and staurolite schists of the Hastings **metamorphic low**, southeastern Ontario.

AU: Leclair-A-D

SO: Program-with-Abstracts-Geological-Association-**Qf-Canada**. 8. p. A41 YR: 1983

DE: Ontario-; petrology-; metamorphic-rocks; schists-; phase-equilibria; SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO-MgO-K<sub>2</sub>O-H<sub>2</sub>O; metamorphism-; temperature-; Eastern-Canada; Canada-; southeastern-Ontario; Hastings-metamorphic-low; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; staurolite-; grade-; geologic-thermometry

**TI:** **Chloritoid through sillimanite zone metamorphism** of high-alumina **petites** from the **Hoosac Formation**, western Massachusetts.

AU: Cheney-J-T

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 12. (7). p. 401 YR: 1980

DE: Massachusetts-; petrology-; metamorphism-; polymetamorphism-; isograds-; New-England; Eastern-U.S.; United-States; western-Massachusetts; Hoosac-Formation; schists-; mineral-assemblages; inclusions-; zoning-; muscovite-; mica-group; sheet-silicates; silicates-; Acadian-Phase; Taconic-Orogeny; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; sillimanite-

**TI:** Chloritoid amphibolites from the **Pamur area, Andhra Pradesh, southern India**.

AU: Reddy-D-S; Murly-M-S

SO: Tectonology-Canadian-Mineralogist. 21 (Part 4). p. 661-664. YR: 1983

DE: India-; **petrology-; metamorphic-rocks; amphibolites-; minerals-; nesosilicates-; chloritoid-; Indian-Penninsula; Asia-; Andhra-Pradesh; southern-India; Prakasam-; Pamur-; orthosilicates-; silicates-; greenschist-facies; marl-; clastic-rocks; chemical-composition**

**TI:** **Reversals** in partitioning of Fe and Mg between coexisting staurolite and **chloritoid**.

AU: Grambling-J-A

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 13. (7). p. 463 YR: 1981

DE: New-Mexico; petrology-; phase-equilibria; iron-; geochemistry-; nesosilicates-; magnesium-; minerals-; crystal-chemistry; partitioning-; Southwestern-U.S. ; United-States; northern-New-Mexico; **orthosilicates-; silicates-; staurolite-; chloritoid-; Trachas-Range; Precambrian-; quartzite-; schists-; stability-; regression-analysis; statistical-analysis; P-T-conditions**

**TI:** Notes on petrography and rock-forming mineralogy; (1.2), **Chloritoid-bearing** rocks from the pumpellyite-actinolite facies **region of the Sanbagawa metamorphic belt** in western central Shikoku.

AU: Aiba-K

SO: Ganseki-Kobutsu-Kosho-Gakkaishi, 77. (1). p. 18-22. YR: 1982

DE: *Japon-;* petrology-; metamorphic-rocks; metasedimentary-rocks; metapelite-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; Sambagawa-Belt; Shikoku-; Far-East; Asia-; pumpellyite-actinolite-facies; pumpellyite-facies; actinolite-; clinoamphibole-; amphibole-group; chain-silicates; Chichibu-Zone; Nakatsu-District; Kochi-Prefecture

**TI:** Chloritoid through sillimanite zone metamorphism of high-alumina **petites** from the **Hoosac Formation** western Massachusetts.

AU: Cheney-J-T

- SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America 12. p., 401 YR: 1980  
 DE: Massachusetts; petrology-; metamorphic-rocks; schists-; mineral-composition; metamorphism-; grade-; Mg-grade-metamorphism; Hoosac-Formation; New-England; Eastern-U.S.; United-States; western-Massachusetts; Gassetts-ScMst; Cambrian-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; staurolite-; shale-; clastic-rocks; mineral-assemblages; garnet-group
- TI: Reversals in Fe-Mg partitioning between chloritoid and staurolite.  
 AU: Grambling-J-A  
 SO: American-Mineralogist. 68. (3-4). p. 373-388 YR: 1983  
 AB: Chloritoid and staurolite coexist with Al silicate, chlorite, or garnet + or - biotite in Precambrian quartzite and schist from northern New Mexico. The observed Fe-Mg reversal, is not related to variable P, T, or minor element content, including Fe(3+). However, it could arise from any of three factors: (1) Fe and Mg may occur on several crystallographic sites in one or both minerals; (2) some Mg may not be exchangeable with Fe in staurolite; or (3) Fe and Mg may mix non-ideally in one or both phases.—Modified journal abstract.  
 DE: New-Mexico; petrology-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; phase-equilibria; minerals-; partitioning-; nesosilicates-; chloritoid-; crystal-chemistry; iron-; geochemistry-; magnesium-; Rio-Amba-County; Mora-County; Southwestem-U.S.; United-States; Sangre-de-Cristo-Mountains; Truchas-Range; coexisting-minerals; orthosilicates-; silicates-; staurolite-; quartzites-; schists-; textures-; reversals-; aluminosilicates-; electron-probe-data; Precambrian-
- TI: Monoclinic chloritoid; calculations of unit cell volumes and densities in the pseudo-ternary system Fe-Ctd-Mn-Ctd-Mg-Ctd.  
 AU: Haalenius-U  
 SO: Lithos. 15. (3). p. 249-251... YR: 1982  
 DE: minerals-; nesosilicates-; chloritoid-; crystal-structure; density-; volume-; unit-cell; orthosilicates-; silicates-; regression-analysis; statistical-analysis; monoclinic-system; mineralogy-
- TI: Chloritoid-bearing schists around Adyal, Bhanclara District, Maharashtra.  
 AU: Bhaskar-Rao-B; Ramanathan-R-M  
 SO: Journal-of-the-Geological-Society 22. (7). p. 351-353. YR: 1981
- DE: India-; petrology-; metamorphic-rocks; schists-; P-T-conditions; metamorphism-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; quartzites-; Maharashtra-; major-elements; Indian-Peninsula; Asia-; Adyal-; Bhandara-
- TI: Ferrochlorite and chloritoid-bearing metapelites from the phyllite series, southern Peloponnese, Greece.  
 AU: Kalagas-C  
 SO: Mineralogical-Magazine. 43. (32). p. 975-978. YR: 1980  
 DE: Greece-; petrology-; metamorphic-rocks; metasedimentary-rocks; metapelite-; Southern-Europe-; Peloponnese-; mineral-assemblages; phyllites-; petrography-; chemical-composition; electron-probe-data; coexisting-minerals
- TI: Chloritoid stability in very iron-rich altered pillow lavas.  
 AU: La-Tour-T-E; Kemch-R; Hbde-R-W; Bainett-R-L  
 SO: Contributions-to-Mineralogy-and-Petrology. 74. (2), p. 165-173. YR: 1980  
 DE: isotopes-; oxygen-; (Mg/Fe)-; metasomatism-; processes-; hydrothermal-alteration; Ontario-; petrology-; metasomatic-rocks; geochemistry-; lava-; pillow-structure; Eastern-Canada; Canada-; metavolcanic-rocks; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; Archean-; Precambrian-; Wawa-; Helen-Finnation; stable-isotopes; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; quartz-; silica-minerals; framework-silicates; ilmenite-; oxides-; causes-
- TI: Kyanite and chloritoid phylites from the chlorite zone of the SW Scottish Highlands\*  
 AU: Burgess-J-G; Graham-C-M; Harte-B  
 SO: Journal-of-the-Geological-Society-of-London. 138 (Part 5). p. 634 YR: 1981  
 DE: Scotland-; petrology-; metamorphism-; regional-metamorphism-; low-grade-metamorphism-; metamorphic-rocks; phylites-; mineral-composition-; Great-Britain; United-Kingdom; Western-Europe; Europe-; kyanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; mineral-assemblages; North-East-Highlands; Grampian-Highlands
- TI: Chloritoid.  
 AU: Muehlenberg-P-H  
 SO: Ribbe, P. H. Orthosilicates. Vol. 1, Polytech Inst. State Univ., Dep. Geol., Blacksburg, VA, United-States., Reviews-in-Mineralogy. 5, p. 155-169.

YR: 1980

DE: minerals-; orthosilicates-; cMoritoid-; silicates-; crystal-structure; assemblage-chemistry; nesosilicates-

TI: Lower Paleozoic Moritoid-bearing rocks from South-east Ireland.

AU: Sannon-P-M

SO: *J. Nat. Hist.* (7). p. 222-227. YR: 1978.

DE: Ireland-; petrology-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; • Moritoid-; orthosilicates-; silicates-; slate-; slates-; schist-; schists-; andalusite-; occurrence-; Europe-; Bal. Lyane-S. Hale; Cambrian-; Paleozoic-; Ordovician-; New-Ross; Q. Q. Gate-; Polladanig-Fonnation; River-Slaney, BaUynamuddagh-Gianite; composition-; geochemistry-; tectonics-; minerals-

TI: Chloritoid rock, a possible: metamorphosed aluminous laterite deposit from eastern Taiwan.

AU: Fei-Yuan-Chen; Liou-J-G

SO: Alumina and Aluminum conference. Tiav.-Com.-InL-Etud-Bauxites, rAjiin.-Aliiia (15). p. 223-235.

YR: 1979

DE: Taiwan-; economic-geology; bauxite-; minerals-; orthosilicates-; chloritoid-; metamorphic-rocks; schists-; composition-; Asia-; silicates-; hauztization-; geochemistry-

TI: Chloritoid-forming reaction in the eastern Scottish Dalradian; a possibility.

AU: Baltatzis-E

YR: 1980

DE: Scotland-; petrology-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; cMoritoid-; metamorphic-rocks; grade-; low-grade-metamorphism; Europe-; Stonehaven-; Dalradian-; Precambrian-; Cambrian-; Paleozoic-; retrograde-metamorphism; orthosilicates-; silicates-; kaolinite-; sheet-silicates; pyrophyllite-; chemical-composition; schist-; schists-; Grampian-Highlands

TI: Chloritoid-staurolite assemblages in central Perthshire; discussion.

AU: Harte-B

SO: *Geol. Mag.* 117. (6). p. 615-616. YR: 1980

DE: England-; petrology-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; evolution-; minerals-; orthosilicates-; staurolite-; Europe-; Perthshire-; chloritoid-; silicates-

TI: Microscope-photometric methods for non-destructive Fe(2+)-Fe(3+) determination in chloritoids (Fe(2+), Mn(2+), Mg)2(Al, Fe(3+))4Si2O10(OH)4.

AU: Haelens-U; L'angei-K

SO: *LMios.* 13. (3).. p. 291-294.

YR: 1980

DE: minerals-; orthosilicates-; chloritoid-; crystal-chemistry; mineralogy-; methods-; microscope-methods; crystallography-; spectroscopy-; Mossbauer-spectroscopy; silicates-; mineral-data; natural-materials; iron-; analysis-; Mossbauer-spectra.; electron-probes-data; ferrous-iron; ferric-iron; experimental-studies; electron-probe; photometry-

TI: The structure of triclinic chloritoid and chloritoid polymorphism.

AU: Hanscom-R

SO: *Am. Mineral.* 65. (5-6). p. 534-539. YR: 1980

DE: Quebec-; mineralogy-; orthosilicates-; minerals-; cMoritoid-; crystal-structure; Canada-; Chibougamau-; silicates-; polymorphism-; triclinic-system; refinement-; bonding-; coordination-; natural-materials

TI: Calculated mineral equilibria in the pelitic system, KFMASH (K2O-FeO-MgO-Al2O3-SiO2-H2O).

AU: Powell-Roger; Holland-Tim

SO: *American Mineralogist* 75. (3-4). p. 367-380. YR: 1990

DE; phase-equilibria; theoretical-studies; K2O-FeO-MgO-Al2O3-SiO2-H2O; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; metamorphism-; P-T-conditions; coexisting-minerals; minerals-; silicates-; aluminosilicates-; KFMASH-; thermodynamic-properties; pelitic-texture; metasedimentary-rocks; staurolite-; nesosilicates-; orthosilicates-; chloritoid-; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; biotite-; mica-group; cordierite-; ring-silicates; garnet-group; andalusite-; sillimanite-; kyanite-; muscovite-; quartz-; silica-minerals; framework-silicates

TI: Metamorphic mineral assemblages of slightly calcic pelitic rocks in and around the Taconic Allochthon, southwestern Massachusetts and adjacent Connecticut and New York.

AU: Zen-E-an

SO: *U.S.-Geological-Survey-Professional-Paper.* 128 p. YR: 1981

AB: Slightly calcic pelitic rocks in the Taconic Allochthon of southwestern Massachusetts and adjoining New York and Connecticut were studied mineralogically and chemically. Microprobe as well as wet-chemical analyses of many samples of 12 different minerals provided the basis for a systematic analysis of the observed mineral assemblages. Observed mineralogical isograds were interpreted. Calcium is a significant element in almandine garnet, chlorite, hornblende\* epidote, and plagioclase; its essential role

in garnet, provides, the key to the interpretation of mineral assemblages that contain coexisting garnet, chlorite, chloritoid, biotite, Muscovite, and quartz. Evidence is adduced that a Taconian regional metamorphism preceded the dominant Acadian metamorphism.—from New Publications of the Geological Survey, April 1981.

DE: Massachusetts-; petrology-; metamorphic-rocks; Connecticut-; New-York; mineral-assemblages; phase-equilibria; metamorphism-; polymetamorphism-; interpretation-; Acadian-Phase; allochthons»; calcic-composition; New-England; Eastern-U. S. ; United-States; electron-probe-data; geochemistry-; isograds-; orogeny-; P-T-conditions; pelitic-texture; regional- metamorphism; Taconic-Allochthon; Taconic-Orogeny, USGS-

TI: Andahisite in the metamorphic aureole of the Bushveld Complex,

AU: Hammerbeck-E-C-I

SO: Anhaeossor, C, R., Maske, S. Mineral deposits of Southern Africa, p. 993-1004. YR: 1986

DE: South-Africa; economic-geology; ceramic-materials; Bushveld-Complex; andahisite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; contact- metamorphism; metamorphism-; Pretoria-Group; metamorphic-processes; mineral-deposits,-genesis; cordierite-; ring-silicates; biotite-; mica-group; sheet-silicates; host-rocks; alteration-; soils-; Southern-Africa; Africa-; production-; stratigraphy-; distribution-; chemical-composition; qualitative-analysis; sillimanite-; chloritoid-; Transvaal-

TI: Calculated reaction equilibria in the pelitic System, KFMASH (K<sub>2</sub>O-FeO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O).

AU: Powell-Roger; Holland-Tim

SO: American-Mineralogist 75. (3-4). p., 367-380. YR: 1990

DE: phase-equilibria; theoretical-studies; K<sub>2</sub>O-FeO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O; metamorphic-rocks; -mineral-assemblages; metamorphism-; P-T-conditions; coexisting-minerals; minerals-; silicates-; aluminosilicates-; KFMASH-; thermodynamic-properties; pelitic-texture; metasedimentary-rocks; staurolite-; nesosilicates-; orthosilicates-; chloritoid-; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; biotite-; mica-group; cordierite-; ring-silicates; garnet-group; andalusite-; sillimanite-; kyanite-; muscovite-; quartz-; silica-minerals; framework-silicates

TI: Sudoite, a rock-forming mineral in the Vercano of the Northern Apennines (Italy) and the sudoite-

chloritoid-pyrophyllite assemblage in prograde metamorphism.

AU: Franceschelli-M.; MeDini-M; Memmi-I; Ricci-C-A  
SO: Contributions-to-Mineralogy-and-Petrology.. 101. (3). p. 274-279.

YR: 1989

DE: minerals-; sheet-silicates; chlorite-group; sudoite-; metamorphism-; prograde-metamorphism; mineral-assemblages; Italy-; petrology-; sheet-silicates.-chloritoid-group; silicates-; pyrophyllite-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; muscovite-; mica-group; paragonite-; chemical-composition; Tuscan-; Emilia-Romagna-; Apennines-; Southern-Europe; Europe-; Vercano-

TI: A chloritoid-bearing paragenesis in the Macduff Slates of central Buchan,

AU: Leslie-A-G

SO: Scottish-Journal-of-Geology.. 24. (3).. p., 223-232..

YR: 1988

DE: Scotland-; petrology-; metamorphic-rocks; slates-; P-T-conditions; structural-geology; tectonics-; paragenesis-; Great-Britain; United-Kingdom; Western-Europe; Europe-; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; phengitic-muscovite; muscovite-; mica-group; quartz-; silica-minerals; framework-silicates; opaque-minerals; feldspar-; Macduff-Slate; Inch-; folds-; overprinting-; Aberdeenshire-; Dalradian-; Kincardineshire-; Buchan-

TI: Petrogenetic Implications of chloritoid-hornblende-muscovite pelitic rocks in the Central Metasedimentary Belt, SW Graham Province.

AU: Thompson-P-H; Ledair-Alain-D

SO: Program-with-Abstracts-Geological-Association-of-Canada-Mineralogical-Association-of-Canada-Canadian-Geophysical-Union-Joint-Mineral-Meeting 12. p. 96 YR: 1987

DE: Canadian-Shield-; petrology-; metamorphic-rocks; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; silicates-; hornblende-; clinoamphibole-; amphibole-group; chain-silicates; muscovite-; mica-group; slates-; schists-; Qrenville-Province; Central-Metasedimentary-Belt; chemical-composition; mineral-composition; pelitic-texture; North-America; genesis-

TI: Timing and conditions of deformation and metamorphism of the structural packages east of Harrison Lake, B.C.

AU: Bennett-Jeffrey-D

OS: Western Washington University,, United-States;  
Master's

YR: 1989

AB; Metamorphosed oceanic and arc-related lithologies of the **Stollicum**, **Cogburn** and **Settler packages** crop out to the east of Harrison Lake, B.C., within the southern Coast Plutonic Complex and represent the northern extension of the Cascade orogenic belt. The Cretaceous Spuzzum plutons intruded the packages in late syn- to post-metamorphic time, and several early Tertiary stocks intruded all units after deformation. The Stollicum package is dominated by graphitic to pelitic phyllite, and felsic to mafic arc volcanics intercalated with marble, conglomerate and quartzite. The sediments dominate western exposures, and eastern exposures are mainly volcanics. U-Pb analysis of zircon in a volcanic interbed gives a concordant 146 Ma depositional age for the Stollicum package. The Cogburn package is composed of structurally juxtaposed blocks of graphitic phyllite, mafic metavolcanics, banded, chert and marble. **Seipentinite** is common. The Settler package is dominated by pelitic schist, interlayered with quartzite, amphibolite and conglomerate. Foliations generally strike northwest, dip northeast and are accompanied, by down-dip stretching lineations. Kinematic indicators show orogen-normal reverse-slip. Cleavage in the Stollicum package exhibits a strong influence of pressure solution. Cogburn and Settler packages each show two foliations, one preserved in poikiloblastic minerals and a dominant crenulation cleavage. The Harrison Lake shear zone is a late stage, right-lateral strike-slip shear zone that locally prints across the earlier fabrics after Spuzzum plutonism and prior to the intrusion of the early-Tertiary stocks. Metamorphic grade increases eastward from the chlorite and biotite zones of the greenschist facies in the Stollicum package to the garnet zone of the greenschist facies and the oligoclase/hornblende zone of the amphibolite facies in the Cogburn package through the staurolite zone to the sillimanite zone of the amphibolite facies, in the Settler package. Geothermobarometry indicates pressures of 3 to 4.5 kb in the biotite zone and 5.5 kb in the sillimanite zone. Temperatures in the sillimanite zone range up to approximately 750 degrees C. A poly-metamorphic history is indicated by pseudomorphs of kyanite after andalusite in the Settler package. Lineation-parallel slip on foliation planes, evidenced by augen-shaped and boudinaged metamorphic minerals indicates syn- to post-metamorphic deformation.

DE: British-Columbia; **structural-geology**; structural-analysis; foliation-; petrofabrics-; Western-Canada; Canada-; Harrison-Lake; **Stollicum-Suite**; Settler-

Schist; Cogburn-Suite; deformation-; age-; Coast-Plutonic-Complex

Tİ: **Kyanite paragneisses in the Dragsano Group (Paring Mountains, South Carpathians)**«

AU: Solomon-I

SOiMineralogie-Petrologie-Geochimie.. 70-71. (1).. p. 339-343.,YR: 1983 [1.986]

LA: English LS: French; Romanian

DE: Romania-; petrology-; metamorphic-rocks; metasedimentary-rocks; paragneiss-; metamorphism-; prograde-metamorphism; amphibolite-facies; gneisses-; kyanite-; ~ nesosilicates-; ortho-silicates-; silicates-; **almandine-**; garnet-group; staurolite-; mineral-assemblages; Paring-Mountains; Transylvanian-Alps; facies-; Carpathians-; Europe-; Southern-Europe; **Dragsanu-Group**

TI: **Metamorphic history in the Bergen Arcs, Norway, as determined from amphibole chemistry.**

AU: **Fossen-H**

SO: **Norsk-Geologisk-Tidsskrift**. 68. (4). p. 223-239. YR: 1988

DE: Norway-; petrology-; metamorphism-; evolution-; mineral-assemblages; Scandinavia-; Western-Europe; Europe-; grade-; chemical-composition; kyanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; staurolite-; paragenesis-; fabric-; electron-probe-data; amphibole-group; chain-silicates; garnet-group; Bergen-; Bergen-Arc

TI: **Intersecting isogrades**, a possible way to find out the **polymetamorphism**; an example; the **Somes** series.

AU: Hartopanu-I; Hartopanu-P

SOiMineralogie-Petrologie-Geochimie. 70-71. (1). p., 291-299. YR: 1983 [1986]

LA: English LS: French

DE: Romania-; petrology-; metamorphism-; polymetamorphism-; isograds-; phase-equilibria; silicates-; experimental-studies; mineral-assemblages; biotite-; mica-group; sheet-silicates; chlorite-; chlorite-group; kyanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; staurolite-; almandine-; garnet-group; crystallization-; polyphase-processes; new-methods; Apuseni-Mountains; Southern-Europe; Europe-; Gilau-Mountains; Somes-Series

TI: **Calculated mineral equilibria in the pelitic system, KIMASH (K<sub>2</sub>O-FeO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O).**

AU: Powell-Roger; Holland-Tim

SO: **American-Mineralogist**. 75. (3-4). p. 367-380.

YR: 1990



DE: phase-equilibria; theoretical-studies; K<sub>2</sub>O-FeO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O; metamorphic-racks; mineral-assemblages; metamorphism;- P-T-conditions; coexisting-minerals; minerals-; silicates-; aluminosilicates-; KFMASH-; thermodynamic-properties; pelitic-texture; metasedimentary-rocks; staurolite-; **nesosilicates-; orthosilicates-; chloritoid-; chlorite-;** chlorite-group; sheet-silicates; Motile-; mica-group; cordierite-; ring-silicates; **garnet-group;** andalusite-; sillimanite-; kyanite-; muscovite-; quartz-; silica-minerals; framework-silicates;

TI: Petrology of an andalusite-type regional metamorphism in the Ooda, Kashmir Himalaya, India.

AU: Das-Brijraj-K

OS: Panjab Univ., Cent., Adv., Stud., Geol., Chandigarh., India; Univ. Delhi., Dep. **Geol.**, Delhi, India

SO: Delhi, Dep., **Geol.**, Delhi, India., 12., p., **17-41.**

YR: 1989

DE: India-; petrology-; metamorphism-; regional-metamorphism; P-T-conditions; phase-equilibria; metamorphic-rocks; textures-; pelitic-texture; Himalayas-; Indian-Peninsula; Asia-; andalusite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; Doda-; **Jammu-and-Kashmir;** \* Kashmir-Himalayas; Salkhala-Group; Precambrian-; garnet-group; **staurolite-;** kyanite-; electron-probe-data; zoning-; chemical-composition; interpretation-

TI: A petrogenetic grid for pelitic schists in the system, SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO-MgO-K<sub>2</sub>O-H<sub>2</sub>O.

AU: **Spear-Frank-S;** Cheney-J-T

SO: Contributions-to-Mineralogy-and-Petrology.. 151. (2).. p., 149-164.. YR: 1989

DE: metamorphic-rocks; schists-; phase-equilibria; SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO-MgO-K<sub>2</sub>O-H<sub>2</sub>O; metapelite-; metasedimentary-rocks; silicon-; aluminum-; metals-; iron-; magnesium-; alkaline-earth-metals; potassium-; alkali-metals; oxygen-; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; biotite-; mica-group; cordierite-; ring-silicates; staurolite-; talc-; kyanite-; andalusite-; sillimanite-; pyrophyllite-; quartz-; silica-minerals; framework-silicates; muscovite-; K-feldspar, alkali-feldspar; feldspar-group; thermodynamic-properties; geochemistry-; properties-

TI: An early **Proterozoic P-T(t) path** from, a metapelite. Black Mills, South Dakota.

AU: Teny-M-P; Friberg-L-M

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America, 21. (4). p. 49 YR: 1989

DE: South-Dakota; petrology-; metamorphism-; Harney-Peak-Garnite; Proterozoic-; upper-Precambrian; Precambrian-; P-T-conditions; metapelite-; metasedimentary-rocks; metamorphic-rocks; Midwest-; United-States; Black-Hills; southwestern-South-Dakota; electron-probe-data; inclusions-; zoning-; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; mineral-assemblages; tectonics-; quartz-; silica-minerals; framework-silicates; **staurolite-;** chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; oligoclase-; plagioclase-; feldspar-group; biotite-; mica-group; muscovite-; kyanite-; sillimanite-; inclusions-

TI: Mineral assemblages and compositional **variations, Barrovian metamorphic** sequence, near Jpneau.

AU: fimmelberg-G-R; Ford-A-B; Biew-D-A

SO: U.S.-Geological-Survey-Professional-Paper. p., 80 YR: 1982 [1983]

DE: southeastern-Alaska; Alaska-; petrology-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; interpretation-; Western-U. S.; United-States; Barrovian-metamorphic-zone; biotite-; mica-group; sheet-silicates-; silicates-; Blackerby-Ridge; **cartography-;** garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; isograds-; **Juneau-;** kyanite-; mineralogy-; research-; sillimanite-; staurolite-; USGS-

TI: Experimental studies on **metamorphism** of **crystal** rocks- under mantle **pressures.**

AU: Schreyer-Werner

SO: Mineralogical-Magazine., 52 (Part 1). (364).. p., 1-26. YR: 1988

DE: metamorphic-rocks; metasedimentary-rocks; metapelite-; phase-equilibria; silicates-; MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O; metamorphism-; P-T-conditions; experimental-studies; mineral-assemblages; geologic-thermometry; geologic-thermometry; chlorite-group; sheet-silicates; chloritoid-; nesosilicates-; orthosilicates-; yoderite-; staurolite-; pumpellyite-; sorosilicates-; ellenbergite-; **talc-;** phengite-; mica-group; kyanite-; pyrophyllite-; garnet-group; **carpholite-;** chain-silicates; chlorite-; K-feldspar; alkali-feldspar; feldspar-group-; framework-silicates; **mantle-;** crust-; partial-melting

TI: **The case for retrograde chlorite in staurolite-garnet-tourmaline-mica schist.**

AU: Holdaway-M-J; Geving-R-L; Goodge-J-W; Dickerson-R-P; Dutrow-B-L

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 19. (7). p. 705 YR: 1987

DE; metamorphic-rocks; schists-; mineral-composition; retrograde-metamorphism; metamorphism-; staurolite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; sheet-silicates-; mica-group; orthosilicates-; garnet-group; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; sillimanite-; kyanite-; P-T-conditions; Maine-; New-England; Eastern-U. S. ; United-States; Nevada-; Western-U. S. ; Hampton-Creek; Snake-Range; New-Mexico; Southwestern-US»; Pichn's-Range

TI: Kyanite-staurolite-biotite-garnet in pelitic schists; extra components and implications for buffering of fluid,

AU: Giaramita-M-J; Day-Howard-W

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 19. (7). p. 675 YR: 1987

DE: metamorphic-rocks; schists-; mineral-assemblages; mineral-composition; kyanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; staurolite-; biotite-; mica-group; sheet-silicates; orthosilicates-; garnet-group; isograds-; amphibolite-facies; KFMASH-; data-processing; Fortran-; computer-program; phase-equilibria; trailers-

TI: Evidence from garnet zoning for over-thrusting in the eastern Maryland Piedmont.

AU: Lang-Helen-NF

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 19. (1). p. 24 YR: 1987

DE: Maryland-; petrology-; metamorphic-rocks; Baltimore-Gneiss; Eastern-U. S.; United-States; eastern-Maryland; Piedmont-; Phoenix-Nappe; thrust-faults; faults-; mineral-assemblages; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; Bunt-Valley-Mall; biotite-; mica-group; sheet-silicates; staurolite-; kyanite-; sillimanite-

TI: Pressure\* temperature, and structural evolution of the Orfordville Belt west-central New Hampshire.

AU: Spear-Frank-S; Rumble-Douglas III

SO: Journal-of-Petrology. 27. (5). p. 1071-1093. YR: 1986

DE: New-Hampshire; petrology-; metamorphism-; P-T-conditions; interpretation-; metamorphic-rocks; amphibolites-; mineral-assemblages; phase-equilibria; inclusions-; mineral-inclusions; garnet-group; paragenesis-; Littleton-Formation; Partridge-Formation; Bethlehem-Gneiss; Ammonoosuc-Volcanics; Alber-Formation; Oliverian-Gneiss; Orfordville-Belt; west-central-New-Hampshire; New-England; Eastern-U.S.; United-States; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; kyanite-; staurolite-; cooling-; deformation-; geologic-thermometry; geologic-

baionometry; Monnt-Cube-Quadrangle; Hanover-Quadrangle; Paleozoic-; plagioclase-; feldspar - group; framework - silicates; zoning-; foliation-

TI: Regression modeling of metamorphic reactions in metapelites, Snow Peak, northern Idaho.

AU: Lang-Helen-M; Rice-Jack-M

SO: Journal-of-Petrology. 26. (4). p. 857-887. YR: 1985

DE: Idaho-; petrology-; metamorphism-; regional-metamorphism; P-T-conditions; metamorphic-rocks; metasedimentary-rocks; metapelite-; Clearwater-; Shoshone-; Belt-Sierran; Prichard-Formation; Wallace-Formation; Snow-Peak; northern-Idaho; Idaho-Batholith; Clearwater-County; Shoshone-County; Western-U. S. ; United-States; mineral-assemblages; amphibolite-group; sheet-silicates; silicates-; biotite-; mica-group; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; kyanite-; staurolite-; zoning-; prograde-metamorphism; ilmenite-; oxides-; statistical-analysis; models-; dehydration-; Bathub-Mountain

TI: Metamorphic reactions in the kyanite and sillimanite zones of the Harrobian type area.

AU: McLellan-Eileen

SO: Journal-of-Petrology. 26. (4). p. 789-818. YR: 1985

DE: Scotland-; petrology-; metamorphism-; regional-metamorphism; P-T-conditions; metamorphic-rocks; metasedimentary-rocks; mineral-assemblages; inclusions-; mineral-inclusions; staurolite-; Barrovian-; Tay-Nappe; Dalradian-; Caledonian-Orogeny ; Grampian-Highlands; Great-Britain; United-Kingdom; Western-Europe; Europe-; kyanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; sillimanite-; biotite-; mica-group; sheet-silicates; muscovite-; garnet-group; Ben-Lui-ScMst; PMochry-ScMst; zoning-; dehydration-; ion-exchange; geologic-thermometry; geologic-thermometry

TI: Heat capacities and entropies of sillimanite, fibrolite, andalusite, kyanite, and quartz in the Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> phase diagram.

AU: Hemingway-Bruce-S; Robie-Richard-A; Evans-Howard-T Jr; Kerrick-Derrill-M

SO: American-Mineralogist. 76. (9-10). p. 1597-1613. YR: 1991

DE: geochemistry-; properties-; thermodynamic-properties; phase-equilibria; aluminosilicates-; experimental-studies; minerals-; nesosilicates-; sillimanite-; andalusite-; kyanite-; framework-silicates; silica-minerals; quartz-; crystal-growth; entropy-; heat-capacity; equations-; low-temperature-; mineral-data; silicates-; orthosilicates-; polymorphism-; Montana-

Western-ILS.; United-States; framework-silicat.es,-silica-minerals; natural-materials; crystal-structure^

TI: Precise: **determinations of the equilibria kyanite - sillimanite and kyanite-andahisite and a revised triple point for  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$**  polymorphs»

AU: Boilen-Steven-R; Montana-Art; Kemck-Demll-M  
SO: American-Mineralogist 76.. (3-4). p. 677-680, YR: 1991

DE: minerals-; nesosilicates-; andahisite-; sillimanite-; kyanite-; aluminosilicates-; phase - equilibria; experimental - studies; polymorphism-; silicates-; orthosilicates - ; P-T-conditions; natural-materials

TI: Static. lattice **energy minimization** and lattice: **dynamics calculations on aluminosilicate minerals.**

AU: Winkler-Bjorn; Dove-Martin-T; Leslie-Maurice  
SO: American-Mineralogist.. 76.. (3-4). p. 313-331. YR: 1991

DE: minerals-; aluminosilicates-; crystal-structure; lattice-; crystallography-; theoretical-studies;; silicates-; energy-; crystal-field; thermodynamic-properties; coordination-; order-disorder; polymorphism-; static-lattice-energy; harmonic-lattice-dynamics; numerical-models; models-; andalusite-; nesosilicates-; orthosilicates-; sillimanite-; kyanite-; diopside-; clinopyroxene-; pyroxenes-group; chain-silicates; cordierite-; ring-silicates; garnet-; melilite-group; sorosilicates-;; leucite-; framework-silicates; orthofoisite-; grossular-; garnet-group; pyrope-

TI: Control of material transport and **reaction mechanism** by metastable mineral assemblages; an example **involving kyanite, sillimanite, moscovite** and quartz..

AU: Foster-C-T Jr

OS: Canada. Spedal-PnbUc^cm-Geodielinical-Society. 2. p. 121-132. YR: 1990

DE: geochemistry-; processes-; ion-exchange; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; reactions-; kyanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; sillimanite-; muscovite-; mica-group; sheet-silicates; quartz-; silica-minerals; framework-silicates; thermodynamic-properties; transport-; P-T-conditions; **crystal-growth**; phase-equilibria; MgH-temperature; high-pressure; systems-; equilibrium-; buffers-

TI: Exhumed lower crust: in NW Ireland, **and a model for trustai conductivity.**

AU: Sanders-I-S

SO: Journal-of-the-Geological-Society-of-London. 148 (Parti), p. 131-135. YR: 1991

DE: Ireland-; petrology-; metamorphism-; retrograde-metamorphism; models-; Western-Europe; Europe-; northwestern-Ireland; crust-; gneisses-; granulite-facies; **Ox-Mountains**; imbricate-tectonics; Highland-Boundary-Fault; Clew-Bay; tenanes-; decompression-; sillimanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; kyanite-; cooling-; continental-crust; shear-zones; hydrations amphibolite-facies; saturations halite-; chlorides-; halides-; precipitation-; electrical-conductivity; tectonophysics-; cratonization-; Slighwood-; temperature-

TI: **Rock pressures vs. fluid pressure as a controlling influence on mineral stability**; an example from New Mexico.

AU: Holdaway-M-J; Goodge-J-W

SO: American-Mineralogist., 75. (9-10).. p. 1043-1068.. YR: 1990

DE: New-Mexico; petrology-; metamorphism-; P-T-conditions; pressure-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; phase-equilibria; metasedimentary-rocks; stability-; minerals-; silicates-; Taos-County-New-Mexico; Ortega-Group; Rinconada-Foundation; Southwestem-U.S.; United-States; north-central-New-Mexico; Picuris-Range; fluid-pressure; quartzites-; schists-; solid-phase; Proterozoic-; upper-Precambrian; Precambrians kyanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; sillimanite-; andalusite-; chloritoid-; staurolite-; geologic-barometry

TI: Calculated mineral equilibria in **the pelite system,, KFMASH (K<sub>2</sub>O-FeO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O)-**

AU: Powell-Roger; Holland-Tim

SO: American-Mineralogist. 75.. (3-4).. p. 367-380. YR: 1990

DE: **phase-equilibria**; theoretical-studies; K<sub>2</sub>O-FeO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; metamorphism-; P-T-conditions; coexisting-minerals; minerals-; silicates-; aluminosilicates-; . KFMASH-; thermodynamic-properties; pelitic-texture; metasedimentary-rocks; staurolite-; nesosilicates-; orthosilicates-; chloritoid-; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; biotite-; mica-group; cordierite-; ring-silicates; garnet-group; andalusite-; sillimanite-; kyanite-; muscovite-; quartz-; silica-minerals;; framework-silicates

TI: Large andalusite crystals from Campbell County, Virginia; **their** alteration to kyanite and sillimanite and their other associated minerals..

AU: Mftcheü-Richaid-S; Giannini-Williani-F; Penick-D-AllenJr

SO: Rocks-and-Minerals.. 63., (6).. p. 446-453.. YR: 1988  
DE: Virginia-; mineralogy-; nesosilicates-; minerais-; andalusite-; Campbell-County-Virginia; Southeastern-U. S.; Eastern-U.S. ; United-States; orthosilicates-; silicates-; kyanite-; sillimanite-; crystal-form; Altavista-; Lynch-Station; paramoiph-; alteration-; popular-geology; collecting-; Piedmont-

TI: A petrogenetic grid, for pelitic: **schists** in the system **SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO-MgO-K<sub>2</sub>O-H<sub>2</sub>O**.

AU: Spear-Fiank-S; Cheney-J-T

SO: Contributions-to-Mineralogy-and-Petrology. 101. (2). p. 149-164. Yr: 1989

DE: metamorphic-rocks; schists-; phase-equilibria; SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO-MgO-K<sub>2</sub>O-H<sub>2</sub>O; metapelite-; metasedimentary-rocks; silicon-; aluminum-; metals-; iron-; magnesium-; alkaline-earth-metals; potassium-; alkali-metals; oxygen-; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; biotite-; mica-group; cordierite-; ring-silicates-; staurolite-; talc-; kyanite-; andalusite-; sillimanite-; phlogopite-; quartz-; silica-minerals; framework-silicates; muscovite-; K-feldspar; alkali-feldspar; feldspar-group; thermodynamic-properties; geochemistry-; properties-

TI: Polyphase **metamorphism** and deformation in the eastern Blue Ridge, ME Georgia.

AU: McClellan-Elizabeth-A.

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 21. (3). p. 49 YR: 1989

DE: Georgia-; petrology-; metamorphism-; Corn-Ridge-Formation; Coweeta-Group; Tallulah-Falls-Quartzite; Southeastern-U.S. ; Eastern-U.S. ; United-States; northeastern-Georgia; polymetamorphism-; Blue-Ridge-Mountains; tectonostratigraphic-units; mineral-assemblages; overprinting-; folds-; retrograde-metamorphism; metasomatism-; biotite-; mica-group; sheet-silicates; silicates-; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; chlorite-; chlorite-group; muscovite-; sillimanite-; kyanite-; Swallow-Creek-Fault; Ctankey-Gal-Mountain-Fault; S'hope-Fork-Fault; tectonics-; faults-

TI: An early **Proterozoic P-T(t)** path from, a metapelite, Black Hills, South Dakota.

AU: Teriy-M-P; Friberg-L-M

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 21. (4), p. 49 YR: 1989

DE: South-Dakota; petrology-; metamorphism-; Harney-Peak-Granite; Proterozoic-; upper-Precambrian; Precambrian-; P-T-conditions; metapelite-;

metasedimentary-rocks; metamorphic-rocks; Midwest-; United-States; Black-Hills; southwestern-South-Dakota; electron-probe-data; inclusions-; zoning-; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; mineral-assemblages; tectonics-; quartz-; silica-minerals; framework-silicates; staurolite-; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; oligoclase-; plagioclase-; feldspar-group; biotite-; mica-group; muscovite-; kyanite-; sillimanite-; intrusions-

TI: The case for<sup>1</sup> retrograde chlorite in **staurolite-garnet-two-mica** schist.

AU: Holdaway-M-J; Geving-R-L; Goodge-J-W; Dickerson-R-P; Dutrow-B-L

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 19., (7). p. 705 YR: 1987

DE: metamorphic-rocks; schists-; mineral-composition; retrograde-metamorphism; metamorphism-; staurolite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; sheet-silicates-; mica-group; orthosilicates-; garnet-group; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; sillimanite-; kyanite-; P-T-conditions; Maine-; New-England; Eastern-U.S.; United-States; Nevada-; Western-U.S. ; Hampton-Creek; Snake-Range; New-Mexico; Southwestern-U.S.; Picun's-Range

TI: **Toward a solution of the staurolite enigma.**

AU: Dutrow-Barbara-L; Holdaway-M-J

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 19., (7). p. 649 YR: 1987

DE: minerals-; nesosilicates-; staurolite-; orthosilicates-; silicates-; mineral-assemblages; sillimanite-; kyanite-; phase-equilibria; geologic-thermometry; geologic-barometry; experimental-studies; thermodynamic-properties

TI: **Granulite** metamorphism, fluid buffering and **dehydration** melting in the Madras **charnockites** and metapelites.

AU: Bhattacharya-A; Sen-S-K

SO: Journal-of-Petrology. 27., (5). p. 119-1141. YR: 1986

DE: India-; petrology-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; interpretation-; metamorphism-; grade-; granulite-facies; phase-equilibria; P-T-conditions; Madras-; Indian-Peninsula-; Asia-; facies-; metacharnockite-; metapelite-; metasedimentary-rocks; high-pressure; geologic-thermometry; geologic-barometry; biotite-; mica-group; sheet-silicates; silicates-; phlogopite-; melting-; dehydration-; thermodynamic-properties; kyanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; sillimanite-

**TI: Metamorphic reactions in the kyanite and sillimanite zones of the Harrovian type area**

AU: McLellan-Eileen

SO: Journal-of-Petrology. 26. (4).. p. 789-818, YR: 1985

DE: Scotland-; petrology-; metamorphism-; regional-metamorphism; P-T-conditions; metamorphic-rocks; metasedimentary-rocks; mineral-assemblages; inclusions-; mineral-inclusions; staurolite-; Harrovian-; Tay-Nappe; Dalradian-; Caledonian-Orogeny; Grampian-Highlands; Great-Britain; United-Kingdom; Western-Europe; Europe-; kyanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; sillimanite-; biotite-; mica-group; sheet-silicates; moscovite-; garnet-group; Ben-Lui-Schist; Pitlochry-Schist; zoning-; dehydration-; ion-exchange; geologic-thermometry; geologic-barometry

**TI: Mineral chemistry and metasomatic growth of aluminous enclaves in gedrite-cordierite-gneiss from southwestern New Hampshire, USA**

AU: Schumacher-John-C; Robinson-Peter

SO: Journal-of-Petrology. 28. (6). p. 1033-1073. YR: 1987

DE: New-Hampshire; petrology-; metamorphic-rocks; gneisses-; mineral-assemblages; phase-equilibria; interpretation-; P-T-conditions; metasomatism-; Cheshire-; Ammonoosuc-Volcanics; Cheshire-County; Keene-gneiss-dome; southwestern-New-Hampshire; New-England; Eastern-U.S.; United-States; Middle-Ordovician; Ordovician-; Acadian-Phase-; cordierite-; ring-silicates; silicates-; sillimanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; kyanite-; corundum-; oxides-; staurolite-; sapphirine-; spinel-; gedrite-; orthoamphibole-; amphibole-group; chain-silicates; muscovite-; mica-group; sheet-silicates; textures-; pressure-

**TI: Pressure, temperature and evolution of fluid compositions of Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>-bearing rocks, Mica Creek, B.C., in light of fluid inclusion data and mineral equilibria,**

AU: Stout-M-Z; Crawford-M-L; Ghent-E-D

SO: Contributions-to-Mineralogy-and-Petrology. 92. (2).. p. 236-247, YR: 1986

DE: British-Columbia; petrology-; metamorphic-rocks; metasedimentary-rocks; fluid-inclusions; P-T-conditions; interpretation-; metapelite-; sillimanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; kyanite-; andalusite-; quartz-; silica-minerals; framework-silicates; phase-equilibria; uplifts-; Western-Canada;

Canada-; tectonics-; structural-geology; Mica-Creek; mineral-composition

**TI: A contribution to the geology of the Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt; Part. 2, Mineralogy of the Upper Cretaceous elastics,**

AU: Ismail-M-M; El-Nozahy-F-A; Sadeek-K-N

SO: Geology. 19. (2).. p., 221-229. YR: 1989

DE: Egypt-; sedimentary-petrology; sedimentary-rocks; clastic-rocks; mineral-composition; North-Africa; Africa-; Western-Desert; Bahariya-Oasis; Cretaceous-; Upper-Cretaceous; zircon-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; tourmaline-; ring-silicates; rutile-; oxides-; staurolite-; kyanite-; sandstone-; siltstone-; claystone-

**TI: Mg- and Cr-rich staurolite and Cr-rich kyanite in high-pressure ultrabasic rocks (Cabo Ortegal, northwestern Spain)**

AU: Gil-ibarguchi-Jose-I; Mendia-MITen; Girardeau-Jaques

SO: American-Mineralogist 76. (3-4).. p. 501-511, YR: 1991

DE: Spain-; geochemistry-; trace-elements; minerals-; nesosilicates-; staurolite-; kyanite-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; phase-equilibria; crystal-chemistry; rare-earth-; metamorphism-; temperature-; high-pressure; P-T-conditions; chromium-; Iberian-Peninsula; Southern-Europe; Europe-; northwestern-Spain; La-Comnna-Province; Cabo-Ortegal; orthosilicates-; silicates-; magnesium-; alkaline-earth-metals; metals-; substitution-; eclogite-; granulites-; major-elements; ultramafic-composition

**TI: Effect of fluid pressure vs\* fluid pressure as a controlling influence on mineral stability; an example from New Mexico.**

AU: Holdaway-M-J; Goodge-J-W

SO: American-Mineralogist 75. (9-10).. p. 1043-1058., YR: 1990

DE: New-Mexico; petrology-; metamorphism-; P-T-conditions; pressure-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; phase-equilibria; metasedimentary-rocks; stability-; minerals-; silicates-; Taos-County-New-Mexico; Ortega-Group; Rinconada-Formation; Southern-U.S.; United-States; north-central-New-Mexico; Picuris-Range; fluid-pressure; quartzites-; schists-; solid-phase; Proterozoic-; upper-Precambrian; Precambrian-; kyanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; sillimanite-; andalusite-; corundum-; staurolite-; geologic-barometry

**Tl: Metamorphism in Alabama; a review\***

AU: Moore-W\*B; Steltenp-M-M-G

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 19. (7), p. 777 YR: 1987

DE: Alabama-; petrology-; metamorphism-; Southern-U.S.; United-States; Appalachians-; North-America; Piedmont-; Talladega-Front; Blue-Ridge-Province; Pine-Mountain-Window; Uchee-Belt; isograds-; grade-; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; silicates-; sillimanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; staurolite-; kyanite-; mineral-assemblages; Brevard-Fault; Towaliga-Fault; Goat-Rock-Fault; Georgia-; Southeastern-U.S.; Eastern-U.S.; Allegheny-Orogeny; Acadian-Phase; South-Carolina; Silurian-; Devonian-; Carboniferous-

**Tl: A petrogenetic grid, for pelitic schists: in the system SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO-MgO-K<sub>2</sub>O-H<sub>2</sub>O,**

AU: Spear-Frank-S; Cheney-J-T

SO: Contributions-to-Mineralogy-and-Petrology. 101. (2). p. 149-164. YR: 1989

DE: metamorphic-rocks; schists-; phase-equilibria; SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO-MgO-K<sub>2</sub>O-H<sub>2</sub>O; metapelite-; metasedimentary-rocks; silicon-; aluminum-; metals-; iron-; magnesium-; alkaline-earth-metals; potassium-; alkali-metals; oxygen-; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; biotite-; mica-group; cordierite-; ring-silicates; staurolite-; talc-; kyanite-; andalusite-; sillimanite-; pyrophyllite-; quartz-; silica-minerals; framework-silicates; muscovite-; K-feldspar; alkali-feldspar; feldspar-group; thermodynamic-properties; geochemistry-; properties-**Xl: Tectono-thermal evolution of the SW North Carolina. Blue Ridge in the Noland Creek-Wayah amphibolite/granulite transition.**

AU: Eckert-James-Q Jr

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America, 21. (3). p. 13-14 YR: 1989

DE: North-Carolina; petrology-; metamorphism-; Southeastern-U.S.; Eastern-U.S.; United-States; Blue-Ridge-Province; Franklin-North-Carolina; Macon-County-North-Carolina; southwestern-North-Carolina; Noland-Creek-Wayah-Transition; granulite-facies; amphibolite-facies; P-T-conditions; burial-metamorphism; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; zoning-; kyanite-; grade-; staurolite-; hornblende-; clin amphibole-; amphibole-group; chain-silicates; Taconic-Orogeny; pelitic-texture; geothermal-gradient; tectonics-; regional metamorphism

**Tt: An early Proterozoic P-T(t) path from a metapelite, Black Hills, South Dakota,**

AU: Teny-M-P; Friberg-L-M

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 21. (4). p. 49 YR: 1989

DE: South-Dakota; petrology-; metamorphism-; Harney-Peak-Gneiss; Proterozoic-; upper-Precambrian; Precambrian-; P-T-conditions; metapelite-; metasedimentary-rocks; metamorphic-rocks; Midwest-; United-States; Black-Hills; southwestern-South-Dakota; electron-probe-data; inclusions-; zoning-; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; mineral-assemblages; tectonics-; quartz-; silica-minerals; framework-silicates; staurolite-; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; oligoclase-; plagioclase-; feldspar-group; biotite-; mica-group; muscovite-; kyanite-; sillimanite-; intrusions-

**Tl: Variation in metamorphic temperature and pressure within the Baltimore gneiss terrane, Maryland\***

AU: Lang-Helen-M

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 20. (1). p. 31 YR: 1988

DE: Maryland-; petrology-; metamorphism-; Baltimore-Gneiss; terranes-; Eastern-U.S.; United-States; metamorphic-rocks-; mineral-assemblages; P-T-conditions; staurolite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; kyanite-; sillimanite-; zoning-; nappes-; geologic-thermometry; geologic-barometry; metapelite-; metasedimentary-rocks

**Tt: Experimental studies on metamorphism of crustal rocks under mantle pressures.**

AU: Schieyer-Werner

SO: Mineralogical-Magazine., 52 (Part 1). (364). p. 1-26. YR: 1988

DE: metamorphic-rocks; metasedimentary-rocks; metapelite-; phase-equilibria; silicates-; MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O; metamorphism-; P-T-conditions; experimental-studies; mineral-assemblages; geologic-thermometry; geologic-barometry; sudoite-; chlorite-group; sheet-silicates; cordierite-; nesosilicates-; orthosilicates-; yoderite-; staurolite-; purapellyite-; sorosilicates-; orthopyroxene-; talc-; phengite-; mica-group; kyanite-; pyrope-; garnet-group; carpholite-; chain-silicates; chlorite-; K-feldspar; alkali-feldspar; feldspar-group; framework-silicates; mantle-; crust-; partial-melting**Tl: The case for retrograde chlorite: in staurolite-garnet-two-mica schist,**

AU: Holdaway-M-J; Geving-R-L; Goodge-J-W; Dickerson-R-P; Dutrow-B-L

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 19. (7). p. 705 YR: 1987

DE: metamorphic-rocks; schists-; mineral-composition; retrograde-metamorphism; staurolite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; sheet-silicates, mica-group; orthosilicates-garnet-group; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; sillimanite-; kyanite-; P-T-conditions; 'Maine-; New-England; Eastern-U.S.; United-States; Nevada-; Western-U. S. ; Hampton-Creek; Snake-Range; New-Mexico; Southwestern-U.S.; Picun's-Range

**TI: Kyanite-staurolite-biotite-garnet in pelitic schists; extra components and implications for buffering of fluid,**

AU: Giaramita-M-J; Day-Howard-W

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 19. (7). p. 675 YR: 1987

DE: metamorphic-rocks; schists-; mineral-assemblages; mineral-composition; kyanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; staurolite-; biotite-; mica-group; sheet-silicates; orthosilicates, -garnet-group; isograd-; amphibolite-facies. KFMASH-; data-processing; Fortran-; computer-programs; phase-equilibria; buffers-

**TI: Alleghanian strain partitioning in the: Southern Appalachians, Virginia.**

AU: Gates-A

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 20. (4). p. 266 YR: 1988

DE: Virginia-; structural-geology; deformation-; Allegheny-Mountains; strain-; Appalachians-; North-America; Southeastern-U.S.; Eastern-U.S.; United-States-; shear-; faults-; staurolite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; kyanite-; greenschist-; schists-; Bowens-Creek; Carboniferous-; Permian-; Paleozoic-

**TI: Conditions in the metamorphic transition from the staurolite-kyanite zone to the hornblende granulite facies core near Franklin, North Carolina; petrologic evidence for a continuous Paleozoic progression.**

AU: Eckert-J; Mohr-D

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 20. (4). p. 262 YR: 1988

DE: North-Carolina; petrology-; metamorphism-; metamorphic-processes; staurolite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; minerals-; kyanite-; hornblende-; clin amphibole-; amphibole-group; chain-silicates; granulites-; Franklin-; Southwestern-U. S. ; Eastern-U. S. ; United-States; Paleozoic-; mineral-

Composition; transition-zone; plate-tectonics; Hayesville-fault; faults-; P-T-conditions

**TI: Evidence from, garnet zoning for<sup>1</sup> over-thrusting in the eastern Maryland Piedmont**

AU: Lang-Helen-M

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 19. (1). p. 24 YR: 1987

DE: Maryland-; petrology-; metamorphic-rocks; Baltimore-Gneiss; Eastern-U. S.; United-States; eastern-Maryland; Piedmont-; Phoenix-Nappe; thrust-faults; faults-; mineral-assemblages; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; Hunt-Valley-Mall; biotite-; mica-group; sheet-silicates; staurolite-; kyanite-; sillimanite-

**TI: Pressure, temperature, and structural evolution of the Orfordville Belt, west-central New Hampshire.**

AU: Spear-Frank-S; Rumble-Douglas III

SO: Journal-of-Petrology. 27. (5). p. 1071-1093. YR: 1986

DE: New-Hampshire; petrology-; metamorphism-; P-T-conditions; interpretation-; metamorphic-rocks; amphibolites-; mineral-assemblages; phase-equilibria; inclusions-; mineral-inclusions; garnet-group; paragenesis-; Littleton-Formation; Partridge-Formation; Bethlehem-Gneiss; Ammonoosuc-Volcanics; Alber-Formation; Oliveian-Gneiss; Orfordville-Belt; west-central-New-Hampshire; New-England; Eastern-U. S. ; United-States; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; kyanite-; staurolite-; cooling-; deformation-; geologic-thermometry; geologic-barometry; Mount-Cube-Quadrangle; Hanover-Quadrangle; Paleozoic-; plagioclase-; feldspar-group; framework-silicates; zoning-; foliation-

**TI: Regression modelling of metamorphic reactions in metapelites, Snow Peak, northern Idaho**

AU: Lang-Helen-M; Rice-Jack-M

SO: Journal-of-Petrology. 26. (4). p. 857-887. YR: 1985

DE: Idaho-; petrology-; metamorphism-; regional-metamorphism; P-T-conditions; metamorphic-rocks; metasedimentary-rocks; metapelite-; Quaternary; Shoshone-; Belt-Superfgroup; Prichard-Formation; Wallace-Formation; Snow-Peak; northern-Idaho; Idaho-Batholith; Clearwater-County; Shoshone-County; Western-U.S. ; United-States; mineral-assemblages; chlorite-group; sheet-silicates; silicates-; biotite-; mica-group; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; kyanite-; staurolite-; zoning-; prograde-metamorphism;

ilmeneite-; oxides-; statistical-analysis; models-; dehydration-; Bathstob-Mountain

TI: Metamorphic reactions in the kyanite and sillimanite zones of the Harrobian type area.

AU: McLellan-Eileen

SO: Journal-of-Petrology., 26., (4). p. 789-818, YR: 1985

BE: Scotland-; petrology-; metamorphism-; regional-metamorphism-; P-T-conditions; metamorphic-rocks; metasedimentary-rocks; mineral-assemblages; inclusions-; mineral-inclusions; staurolite-; Barrovian-; Tay-Nappe; Dalradian-; Caledonian-Orogeny; Grampian-Highlands; Great-Britain; United-Kingdom; Western-Europe; Europe-; kyanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; sillimanite-; Motite-; mica-group; sheet-silicates; muscovite-; garnet-group; Ben-Lui-Schist; Piöochry-Schist; zoning-; dehydration-; ion-exchange; geologic-thermometry; geologic-barometry

TI: Mineral chemistry and metasomatic growth of aluminous enclaves in gedrite-cordierite-gneiss from southwestern New Hampshire, USA.

AU: Schumacher-Jokfi-C; Robinson-Peter

SO: Journal-of-Petrology., 28., (6). p. 1033-1073. YR: 1987

DE: New-Hampshire; petrology-; metamorphic-rocks; gneisses-; mineral-assemblages; phase-equilibria; interpretation-; P-T-conditions; metasomatism-; Cheshire-; Ammonoosac-Volcanics; Cheshire-County; Keene-gneiss-dome; southwestern-New-Hampshire; New-England; Eastern-U.S.; United-States; Middle-Ordovician; Ordovician-; Acadian-Phase; cordierite-; ring-silicates; silicates-; sillimanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; kyanite-; corundum-; oxides-; staurolite-; sapphirine-; spinel-; gedrite-; orthoamphibole-; amphibole-group; chain-silicates; muscovite-; mica-group; sheet-silicates; textures-; pressure-

TI: Petrology of a Georgia Blue Ridge amphibolite limit: with hornblende + gedrite + kyanite + staurolite.

AU: Helms-Thomas-S; McSween-Hany-Y Jr; Låbotka-Theodore-C; Jarosewich-Eugene

SO: American-Mineralogist. 72., (11-12). p. 1086-1100. YR: 1987

DE: phase-equilibrium; amphibolites-; P-T-conditions; metamorphism-; amphibolite-facies; metamorphic-rocks; facies-; Georgia-; petrology-; Rabiin-; Laurel-Creek-Complex; Southeastern-U. S. ; Eastern-U.S. ; United-States; northeastern-Georgia; Blue-Ridge-

Moiutains; RabEn-County; Southern-Appalachians; Appalachians-; stability-; electron-probe-data; grade-; mineral-assemblages

TI: Heat capacities and entropies, of sillimanite, fibrolite, andalusite, kyanite, and quartz and the  $Al_2SiO_5$  phase diagram,

AU: Hemingway-Brace-S; Robie-Richard-A; Evans-Howard-T Jr; Kerrick-Denill-M

SO: American-Mineralogist. 76. (9-10). p., 1597-1613, YR: 1991

DE: geochemistry-; properties-; thermodynamic-properties; phase-equilibria; aluminosilicates-; experimental-studies; minerals-; nesosilicates-; sillimanite-; andalusite-; kyanite-; framework-silicates; silica-minerals; quartz-; crystal-growth; entropy-; heat-capacity; equations-; low-temperature; mineral-data; silicates-; orthosilicates-; polymorphism-; Montana; Western-U. S. ; United-States; framework-silicates-; silica-minerals-; natural-materials; crystal-structure

TI: Static lattice energy minimization, and lattice dynamics calculations on aluminosilicate minerals.

AU: Winkler-Bjorn; Dove-Martin-T; Leslie-Maurice

SO: American-Mineralogist. 76. (3-4). p. 313-331. YR: 1991

DE: minerals-; aluminosilicates-; crystal-structure; lattice-; crystallography-; theoretical-studies; silicates-; energy-; crystal-field; thermodynamic-properties; coordination-; order-disorder; polymorphism-; static-lattice-energy; harmonic-lattice-dynamics; numerical-models; models-; andalusite-; nesosilicates-; orthosilicates-; sillimanite-; kyanite-; diopside-; clinopyroxene-; pyroxene-group; chain-silicates; cordierite-; ring-silicates; gehlenite-; melilite-group; silicates-; leucite-; framework-silicates; orthofoisite-; grossular-; garnet-group; pyrope-

TI: Exhumed lower crust in NW Ireland, and a model for crustal conductivity.

AU: Sanders-I-S

SO: Journal-of-the-Geological-Society-of-London. 148 (Part 1), p. 131-135. YR: 1991

DE: Ireland-; petrology-; metamorphism-; retrograde-metamorphism; models-; Western-Europe; Europe-; northwestern-Ireland; crust-; gneisses-; granulite-facies; Ox-Mountains; imbricate-tectonics; Highland-Boundary-Fault; Clew-Bay; terranes-; decompression-; sillimanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; kyanite-; cooling-; continental-crust; shear-zones; hydration-; amphibolite-facies; saturation-; halite-; chlorides-; halides-; precipitation-; electrical-conductivity-; tectonophysics-; cratonization-; Slieve-; temperature-



**TI: Rock pressures vs, fluid pressure as a controlling influence on mineral, stability; an example from New Mexico.**

AU: HoWaway-M-J; Goodge-J-W ,,

SO: American-Mineralogist 75.. (9-10). p. 1043-1058.  
YR: 1990

DE: New-Mexico; petrology-; metamorphism-; P-T-conditions; pressure-; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; phase-equilibria; metasedimentary-rocks; stability-; minerals-; silicates-; Taos-County-New-Mexico; Ortega-Group; Rinconada-Formation; Southwestern-U.S.; United-States; north-central-New-Mexico; Picuris-Range; fluid-pressure; quartzites-; schists-; solid-phase; Proterozoic-; upper-Frecambrian; Precambrian-; kyanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; sillimanite-; andalusite-; chloritoid-; staurolite-; geologic-barometry

**TI: Alumino-silicate minerals; refractories: steel the show«**

AU: McMichael-Bruce

SO: Industrial-Minerals. 277. p. 27, 29-30, 32, 35, 37-38, 41, 43 YR: 1990

DE ; ceramic-materials; production-; refractory-materials; aluminosilicates-; silicates-; andalusite-; nesosilicates-; orthosilicates-; South-Africa; Southern-Africa; Africa-; France-; Western-Europe; Europe-; kyanite-; mullite-; markets-; sillimanite-; synthetic-materials; India-; Indian-Peninsula; Asia-; China-; Far-East; Virginia-; Southeastern-U. S. ; Eastern-U. S.; United-States; Australia-; Australasia-; Brazil-; South-America-; Sweden-; Scandinavia-

**TI: Metabasites; an indicator of late Archean geologic history in the Tobacco Root Mountains, Madison County,, Montana«**

AU: Hess-David-F; Vitaliano-Charles-J

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 22. (5).. p. 13 YR: 1990

DE: Montana-; petrology-; metamorphic-rocks; metaigneous-rocks; metabasite-; Madison-County-Montana; Tobacco-Root-Mountains; Western-U.S. ; United-States-; Archean-; Precambrian-; environmental-analysis; nappes-; ultramafic-; arcuate-faults; faults-; clinopyroxene-; pyroxene-group; chain-silicates; silicates-; kyanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; sillimanite-; garnet-group-; hornblende-; clin amphibole-; amphibole-group; plagioclase-; feldspar-group; framework-silicates; quartz-; silica-minerals; P-T-conditions; aluminosilicates-; mafic-composition; southwestern-Montana

**TI: Calculated mineral equilibria in the pelite system, KfMASH (K<sub>2</sub>O-FeO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O).**

AU: Powell-Roger; Holland-Tim.

SO: American-Mineralogist 75. (3-4). p. 367-380. YR: 1990

BE: phase-equilibria; theoretical-studies; K<sub>2</sub>O-FeO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O; metamorphic-rocks; mineral-assemblages; metamorphism-; P-T-conditions; coexisting-minerals; minerals-; silicates-; aluminosilicates-; KFMASH-; thermodynamic-properties; pelitic-texture; metasedimentary-rocks; staurolite-; nesosilicates-; orthosilicates-; chloritoid-; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; biotite-; mica-group; cordierite-; ring-silicates; garnet-group; andalusite-; sillimanite-; kyanite-; muscovite-; quartz-; silica-minerals; framework-silicates

**TI: Large andalusite crystals from Campbell County,, Virginia; their alteration to kyanite and sillimanite and their associated minerals..**

AU: Mitchell-Richard-S; Giannini-William-F; Penick-D-Allen Jr

SO: Rocks-and-Minerals. 63. (6). p. 446-453. YR: 1988  
DE: Virginia-; mineralogy-; nesosilicates-; minerals-; andalusite-; Campbell-Coraity-Virginia; Southeastern-U. S. ; Eastern-U. S. ; United-States; orthosilicates-; silicates-; kyanite-; sillimanite-; crystal-form; Altavista-; Lynch-Station; paramorphism-; alteration-; popular-geology; collecting-; Piedmont-

**Tİ: A. petrogenetic grid for pelitic schists in the system SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO-MgO-K<sub>2</sub>O-H<sub>2</sub>O.**

AU: Spear-Frank-S; Cheney-J-T

SO: Contributions-to-Mineralogy-and-Petrology. 101. (2). p. 149-164.. YR: 1989

DE: metamorphic-rocks; schists-; phase-equilibria; SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO-MgO-K<sub>2</sub>O-H<sub>2</sub>O; metapelite-; metasedimentary-rocks; silicon-; aluminum-; metals-; iron-; magnesium-; alkaline-earth-metals; potassium-; alkali-metals; oxygen-; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; chlorite-; chlorite-group; sheet-silicates; biotite-; mica-group; cordierite-; ring-silicates; staurolite-; talc-; kyanite-; andalusite-; sillimanite-; pyrophyllite-; quartz-; silica-minerals; framework-silicates; muscovite-; K-feldspar; alkali-feldspar; feldspar-group; thermodynamic-properties; geochemistry-; properties-

**TI: Polyphase metamorphism and deformation in the eastern Blue Ridge, NE Georgia,**

AU: McOellan-Elizafoeth-A

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America, 21. (3). p. 49

YR: 1989

DE: Georgia-; petrology-; metamorphism-; Corn-Mdge-Fomation; Goweeta-Gronp; Tallulafa-Falls-Quaiizite; Souftheastem-U. S. ; Eastern-U.S. ; United-States; northeastern-Georgia; polymetamorphism-; Blue-Ridge-Mountains; tectonostatigrapMc-uMts; mi.ner.al-assembla.ges; overprinting-; folds-; retrograde-metamoiPmsni; metasomatism-; biotite-; mica-group; sheet-silicates; silicates-; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicates-; chlorite-; chlorite-group; muscovite-; sillimanite-; kyanite-; Swallow-Creek-Fault; Chiinky-Gai-Mountain-Fault; Shope-Fork-Fault; tectonics-; faults-

TI: UV to MIR. spectra, **of silicate minerals obtained by microscope spectrometry** and their **use m** mineral thermodynamics **and** kinetics»

All: Langer-K

SO: Mathematical-and-Physical-Sciences., .225. p. 639-685.. YR: 1987

DE: geophysics-; experimental-studies; kinetics-; spectra^silicatessthermodynamic-properties;; crystals-; equations-; entropy-; garnet-group; nesosilicates-; orthosilicat.es-; enthalpy-; kyanite-; sillimanite-; andalusite-

TT: The case: **for retrograde chlorite in stauroHte-gamet-two-mica schist.**

AU: Holdaway-M-J; Geving-R-L; Goodge-J-W; Dickerson-R-P; **Dutrow-B-L**

SO: Abstracts-with-Programs-Geolo.gical-Socie^ty-of-America. 19.. (7). p. 705 YR: 1987

DE: metamorphic-rocks; schists-; mineral-composition; retrograde-metamorphism; metamorpMsm.-; staurolite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; sheet-silicates, -mica-group; ort-hosilicates^gamet-group; chlorite-; chlorite-gioup; sheet-silicates; sillimanite-; .kyanite-; P-T-oonditions; Maine-; New-England; Eastern-U. S. ; United-States; Nevada-; Westem-U. S. ; Hampton-Creek; Snake-Range; New-Mexico; Southwestern-ILS.; Picun's-Range

TI: **Pressure-temperature and. evolution of fluid compositions of Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> -bearing rocks». Mica Creek» British Columbia, in light of fluid inclusion data and mineral equilibria.**

AU: Stout-M-Z; Crawford-M-L; Ghent-E-D

SO: Mathematical-and-Physical-Sciences. 218. p. 758 YR: 1987

BE: British-Columbia; petrology-; fluid-inclusions; P-T-conditions; schists-; Western-Canada; Canada-;

evolution-; Mica-Creek; pelitic-texture; sillimanite-; nesosilicates-; orthosilicates-; silicates-; kyanite-; fibrolite-; andaaisite-; quartz-; silica-minerals; :framework-silicates; mineral-composition; density-; composition-; gases-; caxbon-dioxide; "methane-; hydrocarbons-; organic-materials

TI: Mineral chemistry and. **metasomatic** growth of **almnmoos** enclaves in **g^drite-cordierite-gneiss** from. **southwestern** New Hampshire., USA.

AU: Schumacher-John-C; Robinson-Peter

SO: Journal-of-Petrology. 28.. (6). p, 1033-1073. YR: 1987

DE: New-Hampshire; petrology-; metamorphic-rocks; gneisses-; mineral-assemblages; phase-equilibria; interpretation-; P-T-conditions; metasomatism-; Cheshire-; Ammonoosuc-Volcanics; Cheshire-County; Keene-gneiss-dome; southwestern-New-Hampshire; New-England.; Eastern-U.. S. ; United-States; Middle-Ordovi.ci.an; Ordovician-; Acadian-Phase; eordierite-; ring-silicates; silicates-; sillimanite-; nesosilicates-; orthpsdicates-; kyanite-; corundum-; oxides-; staurolite-; sapphirine-; spinel-; gedrite-; orthoamphibole-; amphibole-gronp; chain-silicates; muscovite-; mica-gronp; sheet-silicates; textures-; pressure-

TI: Kyanite: in **the** mainland **Lewisian** complex\*

AU: Barnicoat-A-C; Cartwright-I; O'-Hara-M-J

SO: Scottish-Journal-of-Geology. 23 (Part 2). p.. **209-213.** YR: 1987

DE: Scotland-; petrology-; metamorphism-; P-T-conditions; kyanite-; minerals-; nesosilicates-; Great-Britain; United-Kingdom; Western-Europe; Europe-; Lewisian-; Precambrian-; orthosilicates-; silicates-; Badcallian-; northwestern-Scotland; sillimanite-; AcMltifouie-. Drumbeg-; Soourie-; Saint-Stoer; Badcall-

TI: **Aragnaia-Tocantins** fold, **belt»** Brazil; a **BrasiGano-Panafrican** cycle (**600Ma**) reactivated **geosuture.**

AU: Hasui-Y; Heiz-N; Matta-M-A

SO: Abstracts-with-Programs-Geological-Society-of-America. 18. (6). p. 630-631 YR: 1986

DE: Brazil-; petrology-; .metamorpMsm-; Araquaia-Tocantins-Fold-bek; fold-belts; South-America; suture-zones; Paleozoic-;"" Parnaiba-Basin; Brazilian-Cycle; grade-; cratons-; "Amazonian-Craton; Jequeie-Cycle; Transamazonian-Cycle; granites-; Goias-; Baixo-Araquaia-Supergroup; amphibolites-; schists-; phyllites-; metalimestone-; metasedimentaiy-rocks; Colmeia-Complex; .kyanite-; nesosilicates-; oithosilicates-; silicates-; sillimanite-

## Özler / Abstracts

J.D.A. Piper., Joanna M. Moore, O. Tatar., BL Gnrsoy and IL G. Park, 1996, *Pakomagmatic study of crustal deformation- across an intracontinental transform: the North Anatolian Fault Zone in North Turkey: GeoL SocL Special PtobL*, 105,299-310.

*Abstract;* Eocene volcanic rocks spanning the North Anatolian Fault Zone in north central Turkey have a common reversed polarity and appear to record a short term -volcanic episode useful for identifying subsequent tectonic rotations., Aithouh regional differences are present, no distrubuted clockwise rotation caused by dexrtal motion across the fault zone since: mid-Miocene times are found.. Instead variable anticlockwise block rotartion demonstrated that this fault system does not obey theoretical models for crustal behaviour across continental transforms., Deformation is found to be highly inhomogeneous with, a narrow zone of intense clockwise rotation recognised within blocks bounded by strike-sip fault above, and parallel to, the fundamental lineament. Further from the lineament no systematic rotations with respect to the major bounding plates are detected. A zone of c, 30° anticlokewise rotation in the east may be either a consequence of emplacement of the Pontides or- an ongoing' consequence of continental collesion. Slightly larger rotation south of the fault probably record block rotation south, into Anatolian as this region is being extruded westwards by continuing impingement of .Afro-Arabia, into the Eurasian Plate.,

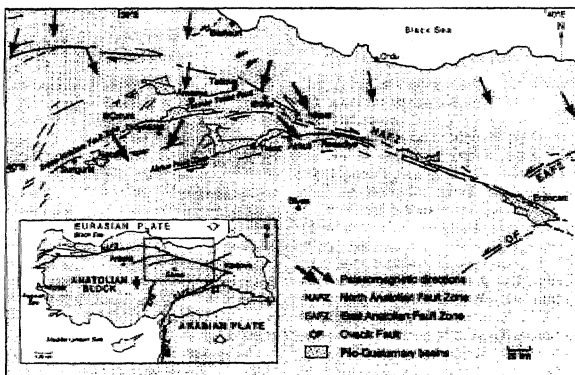


Fig., 1, The major tectonic divisions and. Ästribution of major lineaments in. Anatolia, -and adjacent regions.. The large open arrows show relative motions of the plates and the smaller half arrows are directions of movement on major strike-slip faults,

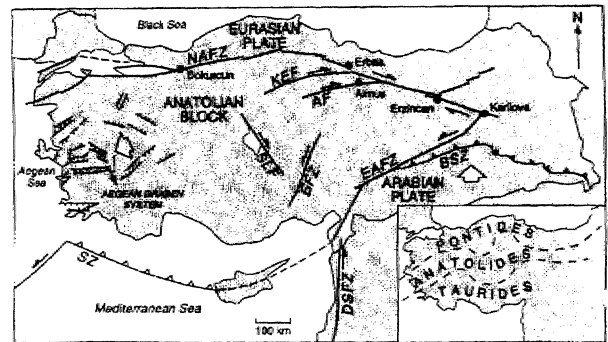


Fig., .2. Distribution of paleomagnetic sampling sites of this study in the central part of the North. Anatolian. Fault Zone; the distribution of major faults in this region is also shown.. The locations of previous paleomagnetic studies shown by the stars are referred to in the text.. The inset shows the regional location within the tectonic framework, of the Eastern. Mediterreanean.

Bora, **Rojay**, 1995, *Port-Itiassic Evolution Of Central Pontides: Evidence from Amasya Region, Northern Anatolia: Geologica Romana*, 31,329-350.

*Abstract,* The central Pontides is an orogenic belt evolved since Triassic by the progressive closure of Paleo- and. Neo-Tethys ocean, which is bounded, by the Izmir-AnkMa-Erzincan Suture (Northern Neötethyan Suture) from, the south.

The post-Triassic Neo-Tethyan evolution in Amasya region, started with. Liassic transgression on the rifted •pre-Liassic basement rocks. Later, the initial, rifting failed and the platform was uplifted. The Uplifted platform turned into an open-marine depositional realm, as recorded by the deposition of Callovian Ammonitico Rosso faciès. The open-marine to deep sea, deposition period was followed by a regressive platform carbonate deposition during Cenomanian deep-sea pelagies; and. turbidites. The passive margin was already destructed and turned into an active continental margin as a, result of northward subduction of northern branch of the Neo-Tethyan oceanic crust during post-Cenomanian - pre-Gampanian interval. Thermal doming beneath the future magmatic arc to the north and tectonic transportation of mobile accretionary prism towards south, resulted in the development of constructive forearc basin during mid .Campanian-Maestrichtian. Ongoing emergence in the Amasya region and the cumulative amalgamation, of the accretionaiy prism, were followed by a newly arising extensional regime during Lutetian. The retrochariage of accreted melange onto Lutetian peripheral passive rift basin units from

south to north, was followed by the dacitic intrusion which, were probably the result of thickening of continental crust in the region. The entire region emerged under the control of a N-S directed compressional contractional regime until the initiation of compressional-extensional tectonic regime (North Anatolian Fault System),

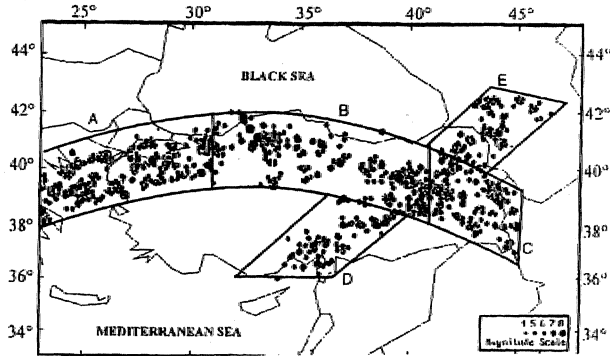


Fig. 2. Simplified tectonostratigraphic columnar section of the Amasya Region. NAOM. North Anatolian Ophiolitic Melange, DC. Devedicdag ' Complex (Modified from Rajoy, 1993),..

Ali Osman Öncel, Ian Main, Ömer Alptekin, Patience Cowie, 1996,, *Spatial variations of the fractal properties of seismicity in the Anatolian fault zones: Tectonophysics*, 257,189-202.

**Abstract:** The Anatolian, fault zones are seismically active strike-slip fault zones transcending the Anatolian plate in E-W and N-S directions.. We investigate the spatial variations of seismicity along these zones in an attempt " to investigate fault complexity along strike, quantified by the Gutenberg» Richter b-value and the fractal (correlation) dimension of earthquake epicentres, using the maximum likelihood method and the correlation integral, respectively. The investigation covers instrumentally recorded earthquakes of magnitude:  $M > 4.5$  occurring between 1900 and 1992.. We find systematic spatial variations which may be related to structural, or mechanical variability along strike., In particular the large change in strike at the northern, apex of the North Anatolian Fault Zone is associated with the highest correlation dimension and lowest b-value for seismicity this century., The correlation dimension, and b-value show a negative correlation with respect, to each other, similar to results reported in other regional studies of Japan and southern California. This statistical correlation is: stronger when, more objective seismic zoning is carried out (based on number of events) rather

• than more subjective seismotectonic zoning in common use in seismic hazard, analysis.

AGE	THICKNESS (m)	LITHOLOGY	DESCRIPTION	UNIT (GROUP)
Plio.-Quaternary	160	Unc.	Molasse	SALVOMIA
Pre-Miocene		Unc.	Ophiolitic Mélange	NAOM
Eocene	240	TB	Molasse to Flysch Sequence	DEVEDIC
		Unc.		DC
Companion-Miocene	1600		Fore-arc flysch sequence	KARATEPE KISILCIK
			Rudistic Build-ups	
		Unc.		
Pre-Companion			Ophiolitic Mélange	NORTH ANATOLIAN OPHIOLITIC MELANGE
Companion		TB (Overthrust)		
Apt.-Cret.	331	Unc.	Pelagic carbonates	
Collevian-Valanginian	2100		Platform carbonates	AMASYA
			Ammonitico Rosso	
Liassic	30	Unc.	Marine clastics	
Palaeozoic	3310	Unconformity	Basement (Green schists)	TRK47

Fig. 2. Map showing the epicentre distribution of earthquakes which occurred between 1900 and 1992 in Turkey. The data are split into five seismotectonic zones, labelled A-E. Justification for this structural zoning are given in the main text, section 3.

## Sempozyum, Seminer, Konferans

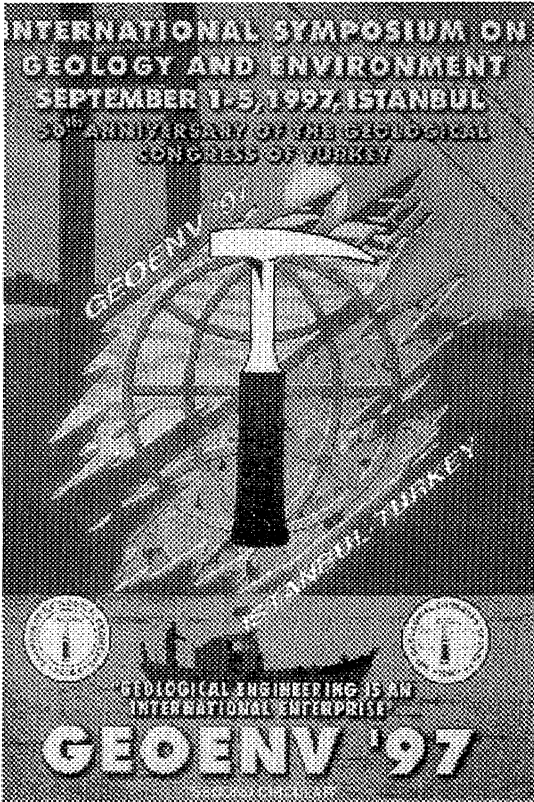
### GEOENV'97 ULUSLARARASI JEOLojİ VE ÇEVRE. SEMPOZYUMU 1-5 EYLÜL 1997, İSTANBUL

Türkiye Mühendislik ve Mimarlık Odaları Birliği Jeoloji Mühendisliği Odası, 50. Jeoloji Kongresi 'ni 1-5 Eylül 1997 tarihleri arasında İstanbul 'da 'Uluslararası Jeoloji ve Çevre Sempozyumu kapsamında yapacaktır. Sempozyum Cumhurbaşkanı Sayın Süleyman Demirel tarafından başlatılacaktır.

İkinci Duyuru sempozyum programı, sosyal aktiviteler, teknik geziler ve sempozyum soması kısa seyahatleri kapsayan bilgileri içermektedir.

Sempozyum etkinlikleri ile ilgili detay bilgiler Sempozyum Sekreterleri Yılmaz ve C. Saraç'tan temin edilebilir.

*İ. Yılmaz ve G.Saraç Sempozyum Sekreterleri*  
Bayındır Sok. 7/1 Yenişehir 06410, Ankara  
Tel : 435 07 17 Fax : 434 23 88  
e-mail: tmmobj-o@semis2.net.tr



Sempozyumun resmi dili İNGİLİZCE "dir.

Sempozyum bildiri ve poster sunumu şeklinde organize edilecektir. Sempozyuma katılmak isteyenler ana-başlıklar altında verilen adreslere bildiri özlerini ve özgeçmişlerini gönderebilirler. Kabul edilen bildirimler tüm metin halinde özel beş. ayrı sette yayınlanacak ve Science Citation Index 'de bildiri, özleri .olarak yer alacaktır.

Sempozyumda ele alınacak ana-başlıklar ve içerikleri aşağıda verilmektedir.,

## İ., ÇEVRESEL JEOLJİ, JEOFİZİK VE JEOKİMYA

### 1.1. Çevresel Jeoloji

**R.L. Brenner**

Department of Geology, The University of Iowa, Iowa City, Iowa, 52242, USA

Tel : 1-319-355-1818 Fax : 1-319-355-1821

İnsanoğfairanı varlığı doğal, kaymaklara bağlıdır.' Deprem, sel, fırtına,. volkanik etkiler ve yer kaymaları gibi jeolojik süreçler doğal felaketlerdir. Felakete yol açan jeolojik süreçlerinin etkilerinin hafifletilmesi ve doğal kaynakların araştırılması, üretimi, taşınması ve doğal kaynakların tüketimi konularında görüşlere yer verilecektir.,

### 1.2. Çevresel Jeofizik

**M.Meju**

Department of Geology, University of Leicester, Leicester LE1 7RH, UK, ""

Tel : 44-116-252-3628 Fax : 44-116-252-3918

Yüzey, kuyu ve jeofizik tekniklerinin uygulamaları ile çevresel problemler üzerinde yoğunlaşmıştır. Doğal kirlilikler ve atık depolama alanlarının araştırılması ve yeraltı suyu kaynakları ve akiferlerin tesbiti, yeraltı suyunun haritalanması gibi alt konu başlıklarını içermektedir.

### 1.3. Çevresel Jeokimya

**A.KÜİHÇ**

Department, of Geology, University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio, 45221-0013, USA "

Tel: 1-513-556-3732 Fax: 1-513-556-6931

Çevresel, jeokimya geniş bir yelpaze içinde kimyasal, süreçlerin, etkilendiği çevre ile ilgilenmektedir.. Jeokimyasal modelleme, izotop jeokimyası, jeomikrobiyoloji, volkanik gazın çevre etkisinin, jeokimyasal, ve organik jeokimya ve paleoçevre konuları yer alınmaktadır. Bununla, birlikte, iki yeni başlık ise, "21. yüzyılda çevresel jeokimya eğitimi" ve "Çevresel, düzenlemesinde jeokimyasal boyutlar" konularındaki görüşler çevresel jeokimya bölümüne ilave edilmiştir.,

### 1,4 Su-Kayaç Etkileşimi

**U.Itogan**

Department of Geological Engineering, Ankara University, 06100, Ankara, TURKEY or Department of Geology,, The University of Iowa, Iowa. City, Iowa,, 52242, USA " •

Tel: 90-312-235-2979 fax: 90-312-235-2979 1-319-335-1821

Su-kayaç eüdieşimi oldukça düşük sıcaklıklardaki sularda, sıvı - ve mineral etkileşimi şeklindedir. Jeologlar, organik ve inorganik jeokimyacılar,, kimyacılar, hidrojeologlar, toprak, bilimciler, kil mineralojistleri, elektron, mikroskop çalışanlar' ve diğer bilim dallarıyla ilgilenenler karmaşık ve birçok bileşenli reaksiyonlarda kitle . transferi, reaksiyon kinetiği, katı çözelti arayüzey kimyası, Mdrotermal akış reaksiyonu, diyajenetik reaksiyonlar ve su-kayaç veya

sıvı mineral etkileşimi konularında görüşler belirtecektir.

### 1.5. Uzaktan Algılama ve Çevre

#### A. SesSren

İstanbul Mühendislik Ltd. 2. Arş. Apt, 7/35, Akatlar 80630, İstanbul, TURKEY.

Tel: 90-212-275-5549 Fax: 90-212-257-1369

Uç ana konu başlığı sunulacaktır.

#### 1. Haritalama

- deniz kıyısı, sahil, göl, akarsu, gölet alanları,
- orman, otlak, çalılık gibi yeşil bitki, örtüsü,
- ekilebilir- alanlar, dağlık bölgeler, bataklıklar,
- endüstriyel bölgeler' ve
- diğerleri

#### 2. Çevresel sorunların belirlenmesi,

- deniz, göl, akarsu, hava. kirliliği
- erozyon, sel,, toprak kaymaları gibi doğal afetler,
- kanuna aykırı inşaatların belirlenmesi,

#### 3. Çevresel zenginliklerin devamlı kontrolü

çevresel zenginliklerin devamlı kontrol. gerekmeden, korunamaması,

- Yer yüzü doğası ve insanlar tarafından **oluşturulan** yapılar hakkında bilgi **sağlamak** amacı ile sürekli kontrollerin uzaktan algılama yöntemi ile elde edilmesi.

## 2. ÇEVRESEL BİLİM VE TEKNOLOJİ

### 2.1. Mühendislik Jeolojisi ve Çevre

E, Yüzer

Department of Geological. Engineering, Mining Faculty, İstanbul Tecnicl University Ayazağa, İstanbul, 80626, TURKEY

Tel: 90-212-285-6146 Fax: 90-212-285-6146

"Çevre Mühendisliği"<sup>11</sup> terimi 1970 Ti yılların başında ortaya çıkmış ve: mühendislik eğitim programında son yıllarda yer almıştır. "Mühendislik ve Çevre" yerkabuğundan, tıp bilimine kadar birçok alanla, ilişkilidir. Mühendislik planlan, kavranılan,, dizaynı ve uygulamalı konularda çalışanlar bu alt başlıkta, değerlendirilecektir.. Konular şu başlıklarda yoğunlaşmaktadır.

- Çeşitli metod ve uygulamalar,
- Mühendislik ve çevre konularında, öneriler,
- Mühendislik ve çevre uygulamalarında ilerlemenin sağlanması,
- Bilini adamları, teknikerler ve endüstride çalışanlar arasında ilişkilerin sağlanması.

### 2.2.. Kent Jeolojisi ve Çevre Planlaması

#### P.Marinis

Faculty of Civil Engineering, Geotechnical Department, National Tecnicl University of Athens, 106 82 Athens, GREECE

Tel: 30-1-3813-900 Fax: 30-1-3813-900

Jeoloji, kent planlaması ve dizaynında, önemli rol oynamaktadır. Yerleşim yerlerine duyulan ihtiyacın, artması, yerleşim yeri seçiminde farklı " alanların kullanılması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Erozyon, yer<sup>1</sup> kayması, heyelan,, sel baskını ve deprem gibi doğal yer hareketleri, yerleşim, **yerleri** seçiminde göz **önüne** alınması gereken durumlardır,. Problem kentleşmenin gelişimi ile Eskilidir. Kentleşmenin gelişimi için detay haritalamalar ve özel teknikler gerekmektedir. Yeraltı, suyunun yerleşim, yerleri üzerinde: ve şehirlerin yeraltı suyu, üzerindeki etkisi değişkendir. Bugün, yapılan çalışmalarla şehirlerin ve çevresinin haritalanması jeologlar tarafından yapmakta ve çevre: plancılığına katkıda bulunmaktadır..

### 2.X Doğal Enerji ve Çevre

#### M\* Hayashi

Kyushu Sangyo University, 1-2-3 Matsugadai, Fukuoka 813, JAPAN

Tel: 81-92-673-5883 Fax: «1-92-673-5899

Bu bölüm doğal enerji kaynaklanma ve çevrenin incelenmesi, gelişini ve üretimi ile ilgilidir. Ana tema, jeotermal enerjinin bilimsel ve teknolojik problemleri üzerinde^ yoğunlaşmaktadır. Ancak fosil yakıtlar, rüzgar etkisi, gel-git gücü, dalga-enerjisi,, okyanus-termal enerjisi, güneş enerjisi, su gücü konulan da bu bölüm altında ele alınacaktır.

### 2.4 Madencilik ve Çevre

#### A.D. Paktanç

Mineral Science Laboratories, Canada Centre for Mineral and. Energy Tecnology, 555 Booth Street, Ottawa K1 A 0G1, CANADA

Tel: 1-613-947-7061 Fax: 1-613-996-9673

Bm konu, başlığı altında, madencilik ve çevredeki yeni gelişmeler<sup>1</sup> üzerinde durulacaktır. Madencilikte pasa ve atık. kayaların saha ve laboratavar çalışmaları, asit kayaçların üzerinde .kimyasal ve matematiksel metodlar. Çevrenin madencilik faaliyetleri ile **kirlenmesinin** önlenmesi ve kirlilik, kontrolü, üzerindeki yeni teknoloji ve uygulamaların bu soranlar gündeme getirilecektir.

### 2.5., Jeolojik ve Tarihi Eserlerim. Korunması

#### L. Lazzarini.

Laboratories di .Anaiisi Del Materiali Antictii, Diparümento di Storia deli<sup>11</sup> ArcMt.ett.ura (I.U..A.V..) S, Polo 2554-1-30125 Venezia, ITALY..

Tel: 39-41-719-153 Fax: 39-41-715-449

Sosyoloji, politika ve ekonomi ile ilgili, ülkeler için önemli tarihi ve: kültürel mirasın korunması konu alınmıştır.

Geçmişte yapı malzemesi kaya veya biriket ve kil, kireçtaşı ve jips gibi doğal ürünlerden sağlanmaktaydı.

Jeoloji ve ilişkili bilimlerin bu materyallerin bilinmesi için temel katkıda bulunmaktadır.

Bu konu başlığı altında, eskiden kullanılan materyaller ve bunların kaynaklarının saptanması, bozulma nedenleri ve mekanizmaları ve eserlerin korunması için materyal ve metodların geliştirilmesi için jeoloji bilimi (jeoloji, mühendislik jeolojisi, petrografi, jeokimya, vb) katkı sağlayacaktır.

## 2.6. Minerallerin Mıyoskvi

NLKjıncak

Water<sup>1</sup> and. Earth Science Associates Ltd.,, Box 43Ö, **Carp, Ontario, KOA 1L0, CANADA**

Tel: 1-613-839-3053 Fax; 1-613-839-5376

Gönümüzde çevre ve ekonomik ihtiyaçlar, irin ve geri dönümlü mineral, ve atıklar<sup>1</sup> yeni tekniklerin ve mineral endüstrisinin, doğmasına neden olmuştur. Mineralleri filtreleme ve fosil yakıt bölgelerindeki biyoteknoloji ticari duruma ulaştırılmıştır. Ticari tecrübe ve bilgi akımı, biyo-işlevlerin uygulanma risklerini aza indirmektedir.

## 3. ÇEVRE KİRLİLİĞİ

### 3.1. Hava Kirliliği

**K. Curi**

Department of Civil Engineering, Boğaziçi University, İstanbul, TURKEY

Tel: 90-212-263-1500 Fax: **90-212-265-8488**

Hava kirliliği gelişmiş bazı ülkelerde çok önemli sağlık problemlerine yol açmaktadır. Bununla birlikte, çevre kirliliğine de yol açmaktadır. Bu problemler farklı başlıklar altında ele alınacaktır. Esas olarak kirliliğin yayılması ve önlenmesine yönelik çalışmalara yer verilecektir.

### 3.2. YüzeY Suyu Kirliliği

**H. Hoetzl**

Department, of Applied Geology, Karlsruhe University, Kaisers<sup>\*</sup>, 12, D-76128, Karlsruhe, GERMANY

Tel: 49-721-608-3096 Fax:49-721-606-279

Yaşadığımız ekosistem içindeki yüzeY •• suyu (göller, nehirler<sup>1</sup> vb.,) birçok tehlikelere maraz kalmaktadır., Su kalitesi biyolojik etkilerce ve kanalizasyonlarla değişir., Kirlenmenin esas kaynağı endüstri ve yerel yönetim, kanalizasyon, sistemlerinde işlemde geçirilmiş ve geçirilmemiş atıklardır., Doğal, sistemdeki kirlilik limitlerinin göstergesi, olan atıldan mümkün olduğunca, saflaştırmak gereklidir. YüzeY suyu kirliliği, ekosistemin (yeraltı suyu, sedimanları) diğer bölümlerine de etki eder. Nehir ve göllerdeki sedimanlar kirlenmiş çökeller için yeni riskler ve gelecekteki kirlenmeler için kaynak oluşturmaktadır.

### 3.3. Yenriüsuyu Mrliliği.

**A. Pekdeğer**

Freie Universität. **Berlin**» FRR **Rosttroff** ve Umweltgeologie<sup>^</sup>, **Malters<sup>\*</sup>**, 74-100, D-12249, Germany

**Tek** 49-30-779-2612 **Eax:** 49-30-776-1779

Bu bölümde yeraltı suyunun kirliliğine değinilecektir. Organik ve inorganik kirlenmelerin, taşınabilmesi ve yerdeğiştirmesi ve kirlilik taşınma modellenmesi incelenecektir., Doygun ve doymayan, zonlarda kirlenme taşınmasının en önemli faktörüdür. Yeraltı suyunun korunmasında ve öneminde teorik ve pratik bilgiler<sup>1</sup> önemli olacaktır.

### 3.4. Denizel Kirlenme

**V. Yamto**

Institute for Mature Conservation Research, Faculty of Life Science,, Tel Aviv University, Tel Aviv 69978, ISRAEL

**Tel:** 97.2-3-640-7772 **Fax:** 972-3-640-7304

Bu bölüm endüstriyel ve yerel atıklar toafından deniz ortamının kirlenmesi üzerine odaklanmıştır. Denizel ortamın jeokimyasal, biyokimyasal, fiziksel, oşinografik, mineralojik, sedimentolojik ve biyolojik özellikleri., kirlilik dağılımı (örneğin, ağır metal, PAH (s), bakteriler, atık kelleri, hampetrol., deterjan, ve gübreler) özellikle kirliliğe neden olmaktadır., BB başlık altında tartışılacak konular<sup>1</sup> aşağıda verilmektedir.

- Denizel sulardaki kirlilik birikiminin kimyasal süreçleri
- Foto- ve zooplanktonlarla kirlilik birikimi
- Foto- ve zooplanktonların uzaktan algılama metoduyla kontrolü ve kirlilik yayılımı
- Su çevrimi ve sedimanların taşınması ve kirliliği
- Minerallerin, **totoca** özellikleri •
- **Sedimanlardaki** kirlilik sorunları, kirlenmenin jeokronolojisi
- Kirlilik izlenmesinin anlamı ve yeni metodlar.

### 3.5. Tamu ve Toprak. Kirlenmesi

**R» Rajagopal**

Department of 'Geography, The. University of Iowa,, **Lowa City, Iowa, 52242, USA**

**Tel:** 1.-319-335-0160 **Fax:** 1-319-335-2725

Tanmsial etkinlikler- sonucunda çevresel kirlenmenin çeşitli yönleri tartışılacaktır.. Tarımsal etkinlikten doğan, toprak erozyonu gibi fiziksel kirlenmeler, gübreleme ile meydana gelen kimyasal, hayvansal atıklarla oluşan biyolojik kirlenmeler gibi konular kapsayan araştırmalar, özellikle kirlilik izlenmesi ve tayini, **modelleme**, önlenme yolları, kontrollü bir şekilde yasal uygulamaları kapsamaktadır.

### 3.6, Radyoaktif Atıkların Depolanması

N. Chapman

QuantiSci Ltd/University of Sheffield, Melton Mowbray, Leicestershire LE13 1AF, UK

Tel: 44-1664-411-445 Fax: 44-1664-411-402

Bu bölüm uzun zamanlar radyoaktif atık olarak kullanılan jeolojik oluşumlar üzerine odaklanmıştır, özellikle, yer seçimindeki karakteristik teknikler, yeraltı araştırma laboratuvarları ve kayaç karakteristiği tesisleri, yeraltı suyu modellemesi ve farklı jeolojik oluşumlarda kirliliğin taşınması, zamana bağlı iklim etkilerinin hesaplanması ve yeraltı sularındaki jeolojik oluşumlar ve kayaç gerilim, sistemleri, Madrokiyusal tanımlamalar ve paleohidroloji ve jeolojik verilerin radyolojik güvenliği, konulan tartışılacaktır .

### 4. ÇEVRE, SAĞLIĞI, YÖNETİMİ, POLİTİKASI VE KANUNLAR.

#### 4.1. Çevre ve Sağlık

**RWaDace**

Preventive Medicine and Internal Medicine, Cancer Center, University of Iowa, Iowa City, Iowa 5.224.2-1009, USA

Bu bölümde, fiziksel çevrenin insanlarda görülen kanser hastalıklarının bir nedeni olduğu dikkat çekilmektedir.. Özellikle jeolojik yapılar üzerinde yürütülen çalışmalarda bu hastalıklara maruz kalan kişilerde kanser düşüm riskleri anlatılacaktır. Bununla birlikte, hem yeni araştırma programları hem de kanserin önlenmesinde yeni metodlardan bahsedilecektir. Solunum ile bünyeye alınan, mineraller ve kanser risklerinin hangi jeolojik formasyonlarla ilişkili olduğu, tartışılacaktır.

#### 4.2\* İlaç Sanayii ve Çevre

M. Çelik

Department of Pharmaceutics, College of Pharmacy, The State University of New Jersey RUTGERS, Piscataway, New Jersey, 08855-0789, USA.

Tel: 1-908-445-2669 Fax: 1-908-874-7236

Son 30 senedir düşünülen, ilerleme, ilaç üretiminin gelişimi ve imalini çevreye etkilerinin anlaşılmasına harcanmıştır.. Çevreyi kirleten bazı kirlilik faktörleri vardır.. "İlaç sanayi, ve çevre" başlığı altında bu kritik faktörlerden, bazıları (kaplama, paketleme maddeleri ve kimyasal materyalin rolü gibi) tartışılacaktır.

#### 4.3. Çevre Yönetimi

**A. Robertson**

Robertson Geoscientists Inc., Suite 902, 580 Hornby Street, Vancouver, R C , V6C 3B6 CANADA.

Tel: 1-604-684-8072 Fax: 1-604-681-4166

Çevresel faktörler ve sorumluluklar, mineral kaynaklarının araştırılmasındaki en büyük ilgi ve harcamaları oluşturmaktadır. Harcamalar sadece doğrudan çevre koruması, temizliği, ve düzenlenmesi ile ilgili değildir.. Bunların yanı sıra potansiyel çevre etkilerinin araştırılması, ruhsat verilmesi, düzen kontrolü, izleme ve araştırıcı ilişkileri ve finans sektörü ile bağların kurulması önemlidir. Risk yönetimi, mineral ve maden araştırma projeleriyle aynı zamanda başlatılmıştır. Gelecekte, çevresel etki yaratan projeler elenerek, düzenlemeler getirilecektir.. Böylece "Kapama dizaynı" adında bir kavram, doğmuştur.. Bu bölüm çevre yönetimi, riskleri, ve sorumlulukları kapsamaktadır..

#### 44.. Çevresel Politika ve Kanunlar

**AJL Johnson**

AU Inc., Water and Soil Engineering Consulting, 7474 Upham Court, Arvada, Colorado 80003 USA

Tel: 1-303-425-5610 Fax: 1-303-425-5610

"Çevre Politikası ve Kanunlar" sempozyum programının önemli bölümlerinden biri olacaktır. Günümüzde ve gelecekteki düzenlemeler ve kanunlara bağlı düşüncelerin, katı düzenlemeleri ve konuların geliştirilmesi ve su, toprak, tarım ve insan ile diğer yaşayan canlıların çevresel yönünün ülke ekonomisine sağladığı endüstriyel gelişimin önemi belirtilecektir.

#### 4.5, Su Kaynaklarının Korunması.

**W,F, Balderer**

Engineering Geology, Geological Institute, Federal Institute of Technology, ETH-Zurich/Honggerberg, CH 8093, Zurich, SWITZERLAND

Tel: 41-1-633-2743 Fax: 41-1-633-1108

Yeraltı suyu yönetiminin kantitatif yönü, deniz suyu girişi, hidrolik boşlukların azaltılması ile iletilebilmektedir. Yeraltı suyunun kirlenmesi,, su çevrimi ile sağlanmaktadır.

- atmosferik emisyonun kontrolü

- yeraltı su kaynaklarının korunması, konman alanların yönetimi, ve kirlilik risklerinin kontrolü

- içine suyu sağlanması, sulama ve jeotermal enerjinin üretilmesi gibi diğer aktiviteler su kaynaklarının işletilmesi, için önemlidir.. Gelecekte yürütülecek çalışmalar yeraltı su kalitesinin ve miktarının için teknik modellemeleri getirecektir.

#### 46.. Çevresel-Simülasyon

**M.M. Aral**

School of Civil and Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, 30332 USA

Tel: 1 -404-894-2243 Fax: 1 -404-894-5111

İnsanları yaşadığı çevre, çevresel, jeokimyasal, biyolojik çevrenin değişik süreçlerinin anlaşılması hakkındaki temel sorularla, karşılaşmaktadır.. Toksik



maddeler, yukarıda isimleri açıklanan ortamlarda, yaygındır. Bununla birlikte, bilimadamları çevrenin bir bütün olarak düşünülmesini ve bilim ve düzenleyici uygulamaların, multimedya ve intemiedya. yolları arasındaki karmaşık etkileşimin beraber olası gülüşünü benimsemişlerdir.. Çevrede açığa çıkan kirlilik, karmaşık fiziksel,, kimyasal ve biyolojik süreçler' sonucu olarak hava, su, toprak, biUrulendirme gibi bazı çevresel ortamlarda, dağılmış olduğunu ve böylece çevresel kirliliğin mutimedya problemi birlikte vergi kapsamına alınması gerekmektedir. Ortamdaki kirliliğin taşınması ve biriktirilmesi çok dikkatli olarak düşünülmeli ve değerlendirilmelidir., Bu bölümde bu karmaşık karakteristik problemler<sup>1</sup> simülasyon tekniği ile açıklanmaya çalışılacaktır.

## 5. YÜZEY yi YÜZEYİ Y AMIN BİLİMLER VE TEKNOLOJİLERİ

### 5.1. Yüzey mikroskopisi ve mikroanaliz

BL Avcı

Department of Physics, Montana State University, Bozeman, Montana. 59717-03550 USA

Tel: 1-406-994-4199 Fax: 1-406-994-6165

Materyallerin -yüzeyleri, .kütlesi, fiziksel özellikleri, ve kimyasal reaksiyonlarla meydana gelecek durumları farklıdır. Birçok kimyasal reaksiyon, yüzeyin en üst tabakasında. (0-50Å) moleküler veya atomlar tarafından kuşatılmaktadır. Materyalin toplam, kütesinden türeyerek meydana gelen korezyon gibi tüm kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar materyalin yüzeyinde başlamaktadır.

Bu toplantı süresince hassas yüzey analizleri ihtiyaç duyulan birçok, konu, tartışılacaktır.. **Biyofilm** ve bunların yüzeyle olan etkileşimleri, kayaç iz element analizleri, toprak ve bitkiler konusundaki problemlerle ilgili araştırmacılara, çağrıda bulunmaktadır. Esas konu, hassas yüzey analizlerinin ve bunların çevresel ve jeoloji ile olan ilgileri, hakkındaki problemlere uygulamalı çözümler getirmektir.. Bu konu, ile ilgili teknikler (belli bir sınırlama yoktur) küçük-spot-x-ışınlan, fotoelektron spektroskopi, taramalı Auger elektron spektroskopi, imaging , tim.e-to-fl.ghgt secondary ion mas spektroskopi ve atomik force mioskopi analizlerine yer verilecektir;

### 5.2. Taramalı Elektron Mikroskop! ve Mikroanaliz

D. Joy

Department of Biochemistry and Cellular and Molecular Biology, College of Arts and Sciences, Division of Biology, The University of Tennessee, Knoxville, Tennessee 37996-0830 USA

Tel: 1-423-974-5158 Fax: 1-423-974-6306

Taramalı elektron mikroskop! ve mikroanalizle; çevre-biliminde özel. bir konuma sahiptir. Sempozyumda bu 'başlık, altında sunulacak konular

- çevresel taramalı mikroskopisi
- düşük vakumlu sistemlerde mikroanaliz
- düşük voltajlı taramalı mikroskopisi ve mikroanaliz,
- araştırma ve öğrenme amaçlı bilgisayar kontrollü SEM «ler
- elektron. ışınli aletlerin, kullanımı, pratik uygulamalar ve problemlere çözüm bulmak amaçlanmaktadır.

### 5.3. Transmission .Elektron. Mikroskopisi ve Mikroanalizler

S.Seraphin

Department of materials of Science and Engineering, The University of Arizona, Tucson, Arizona 85721. USA

Tel: 1-520-621-607.5 Fax: 1-520-621-8059

Konular, transmission ve scanning-transmission elektron mikroskopisi, convergent-beam electron diffraction,,, selected-area, elektron difraksiyon, x-ışınlan. spektroskopi ve elektron energy loss spektroskopisinin jeoloji ve çevre bilimlerinde uygulanabilirliğidir. Materyallerin yapısal ve kompozisyona! parametrelerinin mikroanaliz teknikleri ile uygulanabilirliği bu bölümün genel konusunu teşkil etmektedir..

### 5.4. Materyaller ve Laser Confocal Light Microscopi ile Biyomedikal Uygulamalar

K.G Moore

Central. Microscopy Research Facility,, The- University of Iowa, Iowa city, Iowa 5.2242-1101 USA.

Tel: 1-319-335-8142 Fax: 1-319-335-8049

Araştırmacıların sunacağı konular, Laser' Scanning ve Disc Scanning Confocal Microscopy yöntemleri, tarihsel, perspektif ve teorilerle birlikte genel bilgileri kapsayacaktır. Bu yeni teknolojilerin, yaygın, olarak uygulama alanı Lazerli Taramalı Confocal Mikroskopisi (LSCM) ve bunların biyoloji ve: eczacılığa uygulanmasıdır. Bununla birlikte, LSCM 'nin kullanılmasının daha. iyi anlaşılması için günümüz jeolojik materyalleri kapsayan materyal bilimciler tarafından artan kullanım alanları konu alınmaktadır., Disc: Scanning Confocal Microscopi (DSCM) yaklaşık 20 yıldan beri LSCM olarak, materyaller için uygulanmaktadır.,

### 5.5. İmaj Analizleri

J.K. Beddow

Department of Chemical and Biochemical Engineering The University of Iowa, Iowa City, Iowa 52242 USA.

Tel: 1 -319-337-2474 Fax: 1-319-337-2474  
 Konular, optik veya. elektron imaj veya. bu konularla ilgili kullanılan veya gelişmiş imaj analiz **metodları** hakkındadır., hıralar aşağıdaki kapsam içindedir;  
 - Ölçülebilir imaj özelliklerinin teorik, **göünftnüeri**,  
 - Sedimanter çokellerin davranışları,  
 - Jeolojik, kesitlerim hazırlanmasında mikro-yapısal analizler,  
 - Fotograf veya dijital imajlardaki özelliklerin imaj analizleriyle, uzay veya yüksek bölgelerden alınması.

## PANELLER

Gelecekteki Çevre:

### G.Teutsch

Geologisches Instate, Universtaet Tuebingen, Sigwarstr, 10, Tubingen, 72076, GERMANY

Tel: 49-7071 -296-468 Fax: 49-7071 -5059

Panel konulan, çevrenin korunması ve çevre kirliliğinin önlenmesi, üzerine yapılacak olan **sunumları** ve yerbilimleri açısından tartışılan kapsayacaktır, Sunumlar aşağıdaki başlıklar altında, yapılacaktır..

- İnsanoğlunun yarattığı **kirliliklerin** tanzim edilmesi, riskleri ve teknolojileri
- toprak ve yeraltı suyunun korunması, sınırlandırılması ve perspektifi
- su. ve .hava kirliliği, izlenmesi ve anlaşılması,
- çevresel standartlar

### 2000 Ti Yıllarda Yerbilimlerinde Eğitim

M, Boğan.

Depatrmnt og Geological Engineering, Hacettepe university, Ankara, TÜRKİYE

Tel: 90-312-235-2979 Fax: 90-312-235-2979

Panel, "üniversitelerin 2000 Ti yıllardaki jeoloji eğitimi ile ilgili yerbilimleri, yaşam Minileri, **mühendislik**; hukuk, ve politika gibi. birbiriyle ilişkili dallarda. bilimsel konular birlikte -ve çevre bilimleri gibi yeni programlan kapsamaktadır.

### Yuvarlak Masa. Toplantısı

İMversiie-Endüstri Etkileşimi

K.C. Moore

Central Microscopy Research Facility, The University of Iowa, Iowa city, Iowa 52242-1101 USA..

Tel: 1-319-335-8142 Fax: 1-319-335-8049

## IOSA KURSLAR

### S-1.. Asit-Maden Drenajı

N.Kuyucak

Water and Earth. Science Associates Ltd., Box: 430, Carp, Ontario, K0AIL0, CANADA

Tel: 1-613-839-3053 Fax: 1-613-839-5376

Madencilğin çevreye olan etkileri, asit madencilği,, **drenajı (AMD)**, sffit mineral artıklarının oksidasyonu,, madencilik endüstrisi konulan işlecekür.

### S-2. Toprak Kaymaları ve Çevre tie Bişkisi M.J.L Popescu

Department of Soil Mechanics and Foundation Engineering, University of Civil Engineering, P.O. Box: 2-45, 78172, Bucharest 2, ROMANIA

Tel: 40-1 -657-2375 Fax: 40-1 -312-2720

Toprak kaymaları doğal veya suni\* materyallerin aşağılara doğru kayma, ve yerdeğiştirmesi ile ilgili işlevler olarak .kullanılır.. Düşme, akma ve kayma, gibi üç esas mekanizma, vardır.

Toprak, kaymaları maddi ve manevi kayıplara neden olmakta ve şehir gelişimi ve bölgesel kullanımlarda değişiklik yaratan bir problemdir.

Bunların etkilerinin ölçülmesi, aşağıda detaylıca verilen jeomorfolojik, Mdrojeolojik ve jeoteknik özelliklerin planlanarak, esas mekanizmalan ve neden olduğu, faktörlere 'bağlıdır.

Kurs kapsamında, mühendislik jeolojisi, jeoloji, jeoteknik. mühendisliği ve jeomorfoloji konularında çalışanlara yeni. veya oluştuğu bilinen özellikler hakkında bilgi verilecek,, toprak kaymalanmn kontrolü ve önlenmesi tartışılacaktır.

### S-3. Çevre Bilimleri ve: Teknolojisindeki Elektrom Mikroskobu teknikleri

D. Joy\*, KC Moore» U. Doğara and S. Séraphin

•Department, of Biochemistry and Cellular and Molecular Biology, College of Arts and Sciences, Division of Biology, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee 37996-830 USA..

Tel: 1-423-974-5158 Fax: 1-423-974-6306

Kurs kapsamındaki konular;

- Elektron mikroskobunun temel teorisi
- SEM ve TEM "in pratik kullanımı
- dijital görüntüleme, görünü analizi ve teknolojsi
- SEM ve TEM "deki mikro^analizlerdir (EDS ve WDS).

### S-4. imaj Analizlerinde Yeni Strateji ve Taktikler

J.K.Beddow

Department of Chemical and Biochemical Engineering, The university of Iowa, Iowa City, Iowa. 52242, USA.

Tel: 1-319-337-2474 Fax: 1-319-337-2474

Ticari imaj .analizleri rutin, işlerde kullanılır.. Bu kurs kapsamındaki 1-imaj analiz, teorisi., 2-profiller, flaksler ve fiberler, 3-boyut, doku., mikroyapı ve yüzey .hakkında bilgiler verilecektir:.

### S-5. Elektrik ve Elektro-manyetik Metodların Çevreye olan etkilere Uygulanması

M.Meju

Department of Geology, University of Leicester,  
Leicester, LE1 TRh UK

Tel: 44-116-252-3628 Fax: 44-116-252-3918

Yeraltı hakkındaki bilgiler jeofizik ölçümler ile anlaşılacaktır. Bununla birlikte, elektrik, ve elektromanyetik 'yeraltı resistivite metotları, jeolojik ve çevresel araştırmalarda oldukça kullanılan bir metottur., Kursta, elektrik ve elektro-manyetik. metodlarındaki yeni gelişmeler ve jeoloji ve antropolojik saptamalarda 'resistivite karakterleri, optimum, yüzey planlaması, GEM ölçümlerinde uzaysal-zaman ilişkileri ve arazi verilerinin aynmsal karakteri konulan ele alınacaktır,

S-6 İnternette Madencilik» Yerbilimleri ve Çevre Mühendisliği

A. MacG. Robertson

Robertson Info-Data Inc., Creators of the INFO-MINE,  
#902 - 580 Hornby St., Vaancouver, B.C., V6C 3B6  
CANADA

Tel: 1-604-684-6072 > Fax: 1-604-681-4166

Kursla İlgili konular şu şekilde verilebilmektedir;

- Profesyonel iletişim
- İnternette uzaklık ve işbirliği.
- teknoloji, servis ve yer seçimi
- maden, yerbilimleri ve çevresel yayınlar ve bilgi kaynakları
- maden, yerbilimleri, ve çevresel bilgilerin internete geçirilmesi
- madencilik şirketleri veya çevre servislerinin organizasyonu vb.,

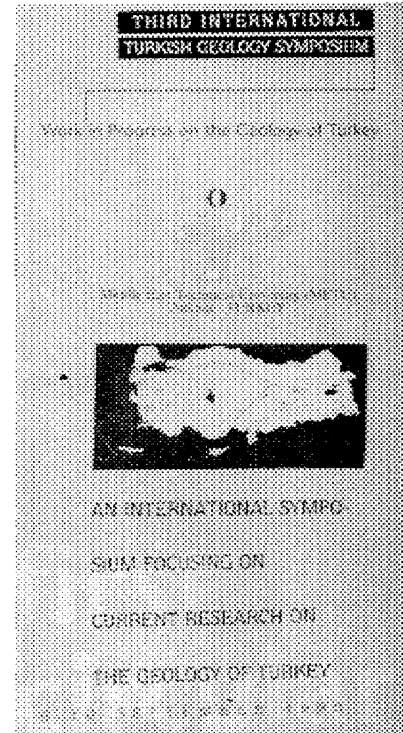
### THIRD INTERNATIONAL TURKISH GEOLOGY SYMPOSIUM:

*Middle.Emsi Tecnical University (METÜ) -Ankara*

*Konular:*

- Paleo-tektonik (Geç: Paieozoyik-Mesozoyik olaylar, şutor zonlar, Karakaya Problemi, rifUer, basen. oluşumu)
- Neotektonik (Türkiye 'nin ve komşu bölgeleriB. sismolojisi. Kuzey Anadolu. Fay Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu, Batı Anadolu sıkışma, rejtimi, Ege Bölgesi,, Kuvaterner Jeolojisi, Basen dinamiği).
- Stratigrafi ve Paleontoloji (Karbonat platformu 'nun evrimi., Geç Paleozoyik, Tersiyer Evrimi, Stratigrafi birimleri, Uygulamalı paleontoloji. Deniz paleontolojisi).
- Sedimantoloji (mikrofasiyeler, diyajenez, sedimanter yapılar, paleoakurtı analizleri)
- Magmatizma (dalma-batma, çarpışma, gerilme ile ilişkili magmatizma. ve ofiyolitler)

- Piroklastikler (yerdeğiştirme, tefrakatoloji)
- Çevre\* jeolojisi ve mühendislik uygulamaları (çevre kirliliğinin kimyasal boyutları., kaist ve boşluklar, çevre jeolojisinin ilgi alanları, müliene&slık jeolojisi, hidrojeoloji, şehir jeolojisi)
- Metamorfizma ve metamorfik kuşaklar (tektonik •yerleşim, yeryüzüne yükselimi)
- 'Mineral ve enerji kaynakları, (metalik ve endüstriyel yataklar, kömür, petrol and, jeotermal enerji)



- Uygulamalı mineraloji ve: deneysel petroloji
- Uzaktan, algılama ve jeolojide GIS< •uygulamaları
- Deniz jeolojisi
- Jeoarkoloji

**Kongreler**

*Bilimsel,*

- Ankara, melanji.
- Ankara, bölgesinde yay-öni sekanslar
- Ankara, melanjmda Rosso AmmoMticQ fasi^sler
- Galatean volkanikler
- Ankara melanjmda bentonit yalıkların jeolojisi
- Boludağ tüneli: gezi yolu, ikili tap ötoğ^hı 'tüneli

*Sosyal,*

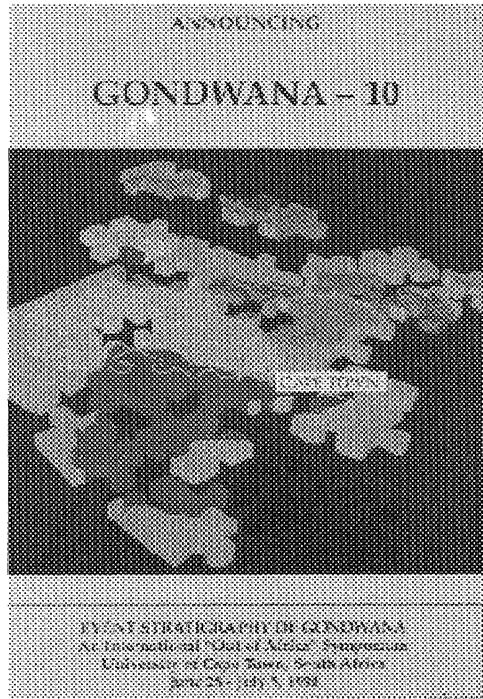
- Hattaş (Hititlerin Başkenti)
- Gordiyon (Eski. Firi.gya kenti)

*Kongre Sonrası,,*

- Kuzey Anadolu Fay Zonu
- Kapadokya jeolojisi

- Karakaya kayaç toplulukları  
 Adres: Dr.Eidin Bozkurt  
 Organizing Secretary  
 Third International Turkish Geology  
 Symposium  
 Department of Geological Engineering  
 Middle East Technical University  
 06531.Ankara, Türkiye  
 Sempozyum, tarihi : 6-10 Eylül 1998

-Paleozoyik foizullanması ve bulgular,  
 - Son superkta "nın parçalanması ve Kinimerit / alkali  
 kompleksin kökeni, karasal bazaltların kaynağı.  
 Adres : Department of Geological Sciences  
 University of Cape Town  
 Private Bag Rondebosch, 7700  
 South Africa.  
 Kongre tarihi : 28-Haziran/ 5-Temmuz-1998

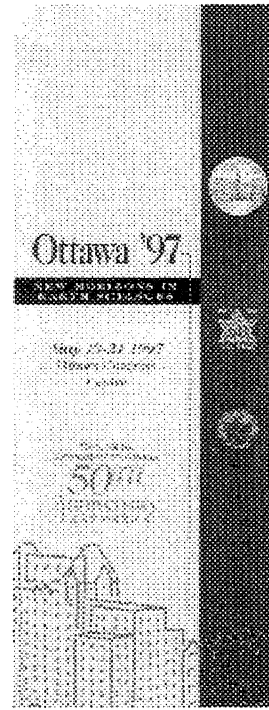


## GONDWANA. -10 EVENT STRATIGRAPHY OF GONDWANA

### Konular:

- Gondwana 'nın oluşumu ve- Neo-Proterozoyik-Cambriyen 'deki olaylar
- Gondwana 'daki iklim değişiklikleri
- Gondwana karalannın gruplaşması
- Feimo-Triyas stinndaki global olaylar, global iklim değişiklikleri, superkita "nın özellikleri,.
- Kretase-Tersiyer 'deki olaylar
- Go'ndwana 'mn iç bölümleri ve dış çizgisi, etrafında gelişen magmatik, tektonotermal ve mineralleşme olayları
- Gondwana "nın parçalanma ve fragmanlara ayrılma süreci, epirojenez, morfolojik ve paleo-öşinografik değişimler'
- Gondwana 'da dağ faşaklarının metamorfik çekirdeklerindeki mineral büyümeleri,
- Pan-Gondwana orojenik kuşaklar ve Prekambriyen-Cambriyen sınırı

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ, Sayı 49



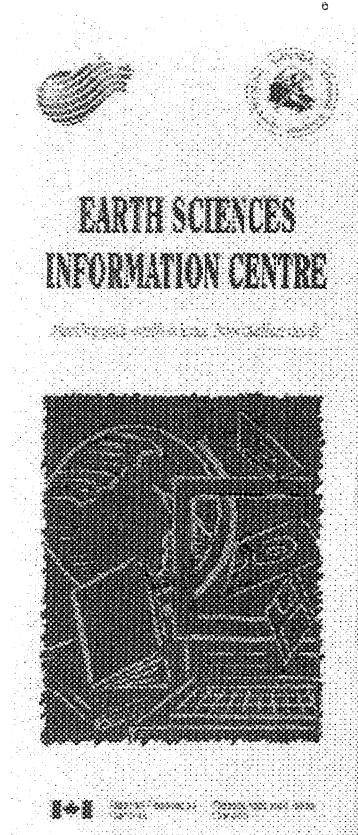
## OTTAWA' 97 50<sup>A</sup> ANNIVERSARY CELEBRATION

### Konular:

- Metamorfik petrolojide mineral-ölçekleri
- Kanada Jeolojisi
- Bugünkü ve eski. şevlerin jeolojisi
- Kıtasal yay-arkası riftlerinin tektonik, magmatik ve Mdrotermal ^e\ñimi
- Batı Maritimes baseninin kökeni ve evrimi
- » NATMAP kalkanı projesi
- Radar uzaktan algıfema ve RAD ARS AT
- Jeolojik, data yöntemi ve GIS
- Kuvaterner sedimanlarındaki akifer hidrolojisi ve bölgesel Jeoloji
- Maden yatakları ve jeolojisi
- Batı superior LITHOPROBE ve NATMAP<sup>5</sup> projesi
- Metamorfik harita alma
- Gtnümüz ve geçmişteki dokümanlarla çevresel değişim

- Grenvile orojenezintnin günümüzdeki etkileri •  
Adres : Ottawa '97

Geological Survey of Canada  
601 Booth Street,  
Ottawa, Ontario,, Canada K1 A OES  
Bând duyuru tarihî : Mart-1997  
Kongre tarihi : 19-21 Mayıs-1997



### EARTH SCIENCE INFORMATION CENTRE, CANADA

*Konular:*

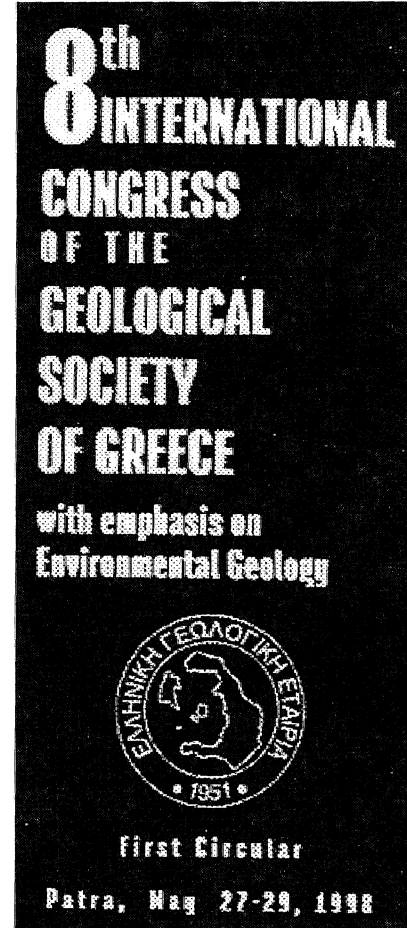
-Jeoloji, jeokimya, jeokronoloji, jeofizik, mineral kaynakları, mineraloji, paleantoloji, petreoloji, tektonik,  
Adres: 601 Booth Street.

Ottawa, Ontario CANADA K1 A OES  
Tel: 613-996-3919 Fax: 613-943-8742  
internet: Library@gsc.nrcan.gc.ca.

8th International Congress of the Geological Society of Greece

*Konular:*

Yunanistan ve Akdeniz Bölgesi 'nin jeolojisi ve çevre jeolojisi, Yapısal jeoloji, stratigrafi, paleontoloji, mineraloji-petrografi, maden yatakları, endüstriyel mineral ve kayaçlar, jeokimya, jeofizik, sismoloji,.



neotektonik, jeotermik,, mineral, ve enerji kaynakları, jeokimya, hidrojeoloji, mühendislik jeolojisi, deniz jeolojisi, fiziksel coğrafya, uzaktan algılama, jeolojide bilgisayar' uygulamaları,, çevre jeolojisi

Adres: 'Mrs. D. Soldatou

University of Patra.-Department of Geology  
P.O. Box 1421-261 10 Patra-Greece

*Bildirilen son gönderme tarihi :* 31. Ocak 1998

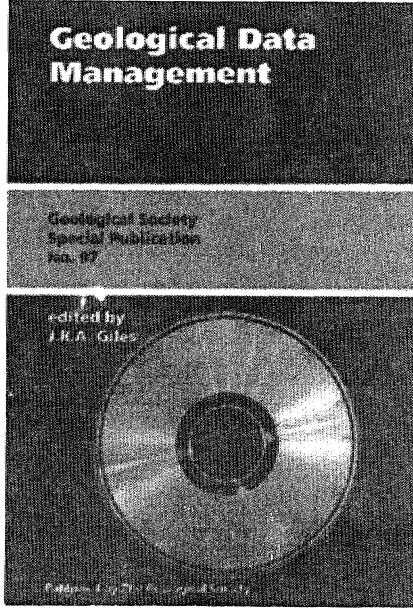
*Sempozyum tarihi :* 27-29, Mart 1998

### Yeni Yayınlar / Kitaplar

GEOLOGICAL DATA MANAGEMENT  
(JEOLÖJİK VERİ YÖNETİMİ)

JLRA. Gilles, K. Rasmussen, KX Chew, J.S., Coast»

Bu kitap yaratıcılık, yöneticilik ve jeolojik veri tabanı kullanımı, jeolojik veri tabanı dizaynı ve yönetimindeki prensip ve pratik uygulamaları kapsamaktadır.



*İçindekiler:* Jeolojik veri yönetimi, veri tabanı, veri tabanı analizleri ve jeolojik sistemin oluşturulması, petrol jeolojisi, veri tabanının genel modellenmesi, jeokimyasal veri tabanı dizaynı, BGS deneyleri, jeolojik harita verileri, jeolojik verilerin değerlendirilmesi., endüstri için veri modelleri, paleantoloji veri tabanının yaratılması, kaya mekaniği ve jeoteknik veri tabanı, veri yönetimi., jeolojik veri yönetimi., NERC deniz bilimlerinde uygulama ve araştırmaya yönelik veri tabanı, jeolojik veri değerleri ve petrol endüstrisinde •yöneticilik, İngiltere ve Galler "deki yeraltı seviyesi, Honduras 'daki hidrojeolojik veri tabanı, CD-ROM ve petrol, endüstrisindeki uygulamaları.

Geological Society Special Publication No. 97, 192 sayfa, ISBN 1-897799-39-X, ederi:55 sterlin, 91 dolar.,

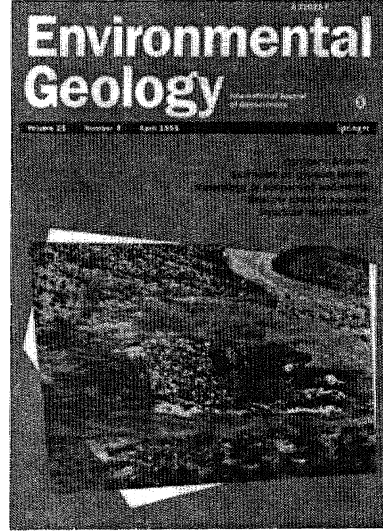
## ENVIRONMENTAL- GEOLOGY (ÇEVREJEOLJİSİ)

Editörler: P.E. LaMoreaux (Tuscaloosa-Almanya); A. McCarley (Tuscaloosa - Almanya); G. Dörhöfer (Hannover - Almanya.)

- Endüstriyel aktivitelerle ortaya, çıkan su ve toprak kirliliği
- Taşınma ile ilişkili çevre problemleri
- Jeolojik işlevler ve biyosistem ve insan
- İnsan ürünü, veya jeolojik kirlenme

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ, Sayı 49

- Dünyadaki materyallerin yarattığı çevre problemleri



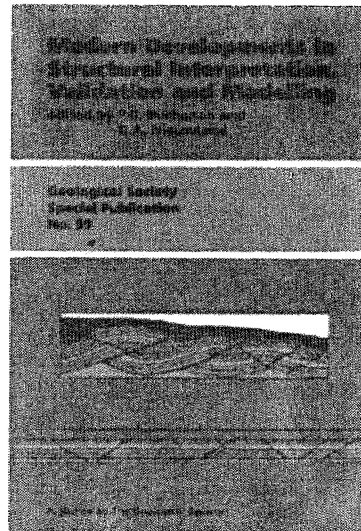
- Petrol, gaz, su ve enerji gibi endüstriyel mineral, kömür, madenlerin aktiviteleri sonuca ortaya çıkan çevre: problemleri

- » Kirliliğin yarattığı çevre etkileri
- Sosyo-politik bölge yöneticiliği
- Data-bank ve bilgi sistemleri ile çevre yöneticiliği

## EARLY PRECAMBRIAN PROCESSES (ERKEN PREKAMBRİYEN İŞLEVLER)

M.F. Coward, R.W. Neshitt, M.X. de Wit, P. Choukrome, R.G. Park, T.J. Wynn,

Bu kitap Prof. Jota Sütüm hin çalışmalarına itaf edilmiştir.. Erken Prekambriyen döneme ait jeolojik problemler ve tarihsel jeolojisini kapsamaktadır.



**icindekiler:** Miosfer ve okyanusal kabuk, arasındaki geçişler,, ilk kıtasal kabuk, kabuk, gelişimi, yüzey ve atmosferin evrimi, eski ekoloji, bakterilerim evrimine kanıtlar,, büyük, ölçekte biyosfer, greenstones kuşaklarının tektoniği, Arkean gelinimi, Zimbabve "de Arkean deformasyonuna örnekler, Zimbabve kratonunda Arkean felsik sekansının zirkon jeokronolojisi, Arkean super' kıta oluşumu, Yilgam kratonuna kanıtlar, Yilgam kratonundaki altın

yatakları, Arkean 'daM hidrotermal sistemler, Kuzey • Atlantik, ve Baltık. faatonundaki Erken. Protorezoik dayidar, Paleoproterozoyik Lawentia-Baltica ilişkisi, alt. kıtasal kabuğun defonnasyonu Geological Society Special Publication No.95, 308 sayfa, 149 şekil, ISBN 1-897799-36-5,, 1995, ederi: 68 sterlin, 112 dolar.,

## Jeoloji Takvimi

1997

Janvar 1997  
OnSg/, inde  
Draught, graindwiir p' lutan and manage-meot  
— Managing duraçlar:, Tamionady water- stipoly and .finaimage board, TWAD House, Clepauk Madras ISKJ 006, Me.

\* 19-24 janvier 1997  
Puerto Vallarta, Marique  
AVCE, general asserbly.  
— O'galmir-eq Commuee,, fasioito 'de Geofisica, UNAM Circuito exterior, Ciudad 'Uruicwariata, C.P. 04 510 Miique. O.-F. Fax 5/550 24.86.

\*28-29Janver 1997  
Oslo, Norvege  
New Tracids in Geoscience Computing.  
— Norwegian IPetrole im Society; PO BOK 1897 Via, N 012- 07\*, Norvege, TS. 47/22 43 DD. SO. Tax 47/22 S\* 8.30.

\* 54 mars 1997  
LomirRS, G.-B.  
Transpr#ss#oinaj and Tran sien slanal Tectorica  
— Bob HdUcworih, Dept. of ütölogi- cal Scencs, IMwreity at Durham, Durham DH1 3LE. G.-H. Fax 44/ 01 191 374 25.10. E-mail ; RE.HoW- swwUJ r@wriamiac.ul

\* 8-13 mars 19W  
Yaounde, Cameroun.  
3' Colloquè d' straHigrafiè el. d' Paléoge' O'graphiè d' l'Atlantique Mid, 13' Colloquè africain de tnlcro- paleontoloigi' ut Conférence an- nueUs de l'ISGCP m' 381.  
— Société naitioraite des. liydrocar- bures., Gornicè etagarwaatiot des Col- hoqas, BP -955, Ya w dé, Cameroun. Tél. (237) 20 32 33. 'ax (23/, 2046 51/209801.

\* 20-22 mars 1997  
Seville, Espagr  
Colloque hispagio-framcate : milieux carbonates cortinentaux.  
— JL-L Cuenoww CNRS, Contra Mxm> da Géographie Physique, 26. Av. R-Scauman, F 13021 Aix-am-Provence Cedex t., Tel., 42 95 38 70. Fax 12 90 04 20.  
— F. Qlaz Del On>. Dept. Géographie Physique, Université de Seville, oMaría, de IPadilla s/n, 41002 Seville, Espagne, Tél. 34/54 55 13. 66. Fax 34/5/ 5S 13.51.,

\* 24-27 mars; 1997  
Braga, Portugal  
Thft 4th Ai Portuguese Language Countries Oeochemical Cong i «a 3 sind lte IDUil Partugu-s» 'G-ochemical week  
— Graciel- Bias, ppt CAmim da Terra, Unl. Minho, 'Campas de Guakw 4709 Braga Cc46-, Portugal. Tél. 351/ 53 60 4S OS. Fax 351/53 60 43 04. E-nias ; gB'yuiintitaoci.ufndho.plt ; 'URuhttp : ffcfc'ta.djuniniiiia;f'fcut3ortho- 'inapagf'hlm.

\*9-11-rt11S97  
Morts. l.Betique  
Oéologie Régionale à Sud-E'tahan: aux col Snea de l'Artois.  
— P. Donraus ei M. Hemabwt, Ser- 'ce d' Gte oglt Fondianenyla et Ap- piqijèe, Faculté Polytechnique de Meas, rue de Houdain, 9 - 7000 Moins, Baillioje. Tél 32/(6) 85 37 46 0 1. Fax 32/(0) 85 37 4U 10. F-ma il : cab@fpmS.Jpms.ac.be.

\*3.avril-3ima1:987  
FUM.MVOC  
5' Aasómblé- acientirique d' l'AISH : SynproBlums. «4. at' l'br Karvt ' cro- hilt'.

\* IAHS SAS-S7' Organising Cammie- lee, Dirscton général- d' Thydrau- lique. iFabet-Cheialah, Maroc. Tél. 212./7 78 90 QBITT 17 42, fix2.2.777B8tt>

\* 144T-wiil"997  
Mortpeier, France:  
Congrès "nta.Tafoival : Wochramdo- g- mamfancne du Cenozoique en Europe et aomaine raliés.  
— J.-P. Aguiar ou S. Legendne, Lab. de Raikuttotogpe - OOW, Univ. Mort- celier - 3406S Mc-tp&l er Cedex 5, Francs. Tél. 33/67 14 32 51/54. Fax. 33/87 14 36 10. E-naid : bio- dhiham@sem.univ.,l'nonip2.fr.

\* 23 avril - 3 niai 19S7  
Rabat, Maroc  
AISf'87 ' \* 5' asaembèe' se enli-icue de l'Associatioo Interna ti »nal 4ms Sciences Uydrologiques.  
— IASMS7 Orgmizing CammieHee, H- recior, Général d' Thydrauque, Cas- ter RaMt-CriAlahj'Maroc. TSI. 212/ (7) 77 30 -08 /77 87 42. Fax 212/ /m 77 86 S6.

19-21 «5 1997  
Ottawa, Canadt  
OTUwa 97, Réunion, annuelle' d' l'ASsocioation gidllafatqpv «t e- VA%>

S'Odiflors. ninérM'D'giqu« du Ca- nada.  
— Commis-on géologique du Ca- rada, p-ée f&7, '601 rLG Booth, Ot- tawa, Canada Qatar© KIA OC8- Tél. 1/313 947 784ft. F= t/B 1X947 76 50. E-mail : iottawed@18amrr.,Ca.

25-aOntaiiBr  
Jérusalem, Israël  
ieth imamational GeedwaicÉl Ek- pirationl 'Sympoaiun'UBG].  
— IGES Seaeialad, PO B-K 50006, Tel- Aviv, 61600 lstaal.Fax. 972'3 514 00 77.

26-30 imai «97  
Genève, Suisse  
European AEBOC, of G-o-sei- rt lsta à. B'gineira l'Étice], S'Qth Conferenca  
— EAGE, E.H. Bamtamp, PO lBo' 296, ML 3700. AG Zslsi, Pay-Bas, Tôt 31/3069 B2 B5S. Fax 31x3069 E-0.

33-77 join 1997  
Athères, Grèce  
Syrpiostun itfnisnaoanal wr la g'o- lingll' d', l'Ingenieur at de l'enyirtm-  
\*EL-Nanmvr. P.O.Box t« 140 GR 117 W Athènes., Gfée. Fax 3-1/aC4 2S 70.

r-9juiaiaay  
Fielwurr.«:Ajsitraie  
60W Joint assemblies D) the lrtar- naitonal Association of Midoro : « anc ADM'phéte Sciences & Inier- naitonal Aseaciatto' for Physical Sduclnts of the OeTM.  
— HAWAS - IAPSO secretarial, Convention Network, 224 Howse street, Port Metoume Victoria 3207 Ajalraire. T«: 61/3 90 4U 41 22. Fax tEO 96 46 77 37. E-mail : ruscar- liett@eg.8pc.org.

\*10.11 juile. 1997  
European IPalja.oortological AtKocla- ll'«., T Congrès européen d' l'Pa- jéanologie : climates, past, pr&s.eni, 'Uurtf'.  
— L'Grailwogd- l'StBmm, Institut èle Geo- logie; 1, rue Blessig, 67084. Srasboütg C'Idex France. Tél., 33A8 35 85 70. F= 3 3 = 38 72 35.  
\* 10-17 août 1997  
La Clwux-dte-Fonds (NeachâtelJ, Simsa  
Mr Conprè' internjouanal de 'pé- liologie et « CoHoqu« d'hi'oloffin' en pays calcaire- et i en mlleti fis- 'stre.

— Subillre,, Casa pcBiaite 4093,, CH-ZMW La QwM-deHFonds. Suisse. E-irral : cor>gress.yis&7@ch/njunine.ch. ©" CoUoojM dttdrofofi» m pa»> «AaAo el'en mlieui iastirè» aweo «- « s a n s l t t - 17 a o u ' J A i « \* S t .  
— F. Zwakien, Cer'e dmydragàdDg», 11, rue brmis-Argand, Case postale 2. CH 2007, .Neuchitel, Suisse. T=, 41m 23 21 00. F= 41 A> 23 26 01. E-mai : cow@-ssjK597-30C@viniimie.ch. iinterw' : http : //www.wmiM.cm>S7/;

1&-2SaoEU. 997  
«nvssaitoniqu», Grèce  
2Ml Sweirol AssemBk of Uio Intar- raiton&l iAssociation. of saismctlogy and iphplca offi«\* Eutl'a WHer.  
— éti. IASPB general asaerttly gm- phtsioâ laharalofi, UnifftAity, GB - SWM.ThseaakJrtW, Grec., Tél., 30/ 31 93« -5lS. iFax 30/31 998 528. E-maJ : iias.pei@olymp..ealaiht.g'l.

\* 2B août - 3 sept 1997  
Bologna, Itallt  
AIG. Wn. iBm-t.Liof-a« Conferenca' om OéomorphOKlogor..  
— RBof. Fofit, Planning Carfiesall., via Crociali 2, Il - 40136 Bologn., atalle. FBK19 3W5135 45 22.

1-6 «pt. 1907  
Istanbul, Turquie  
Symposi-unr lntal''a'oi'afi. Éfi fânu- logy awi «ircMimiint ln n'58.  
— GEDENV'98, Interniint 01 symposi- um gic'o'sciertce, PX 464 Ytniseh ir. 06444 Ankam.. Turquie., Tél. ad/312 \*34 36. 01.. Fax 9C/312 434 23 88. E-mail : i'dogan.9]oo'hun.edu.ir.

\* 2-4 sept 19>  
Londres, G.-EL  
Tunneling 87 rCnie-enca atuH e<hi- blian).  
— Trin Confererct' Offices, The Insttu- ion of Mining and M-ia lurgy, 74 Port- land Place, Londres WIN 4BUH' G.-B. Tél. 44/17 15 SO 38 02. Fax 44/17 14 95 S3 B8.

7-10 sept 1997  
Vieme, Autriche  
AAPCS «- International Canclorence and àihibUam.  
— AAPG. Convention Dept.» Bø' 9JS, TuSitt, OK T4101., USA. Tél. 1/910560 2S 79, Fax 1/918.S0 26 84.

21-27 sepi 1997  
Naitragham, Q.-B.  
Graucnwater ta tic U'IM Emriran- ment XXMWHitOnrtgress o IAH.

— Stephen Foster, Corferwos Mwlin- gham, 309 Haydel Road, Wontingiam MGS - AZ, G.-B. Tél.44/1159 85 SS -4S. Fax4471159858B.15.

\* 26-«> cet. 1997  
Londres, 'GL-8.  
Pütroteum'patogtrf o NW Europe.. — CASIL, 4 Cavendish Square, Lotdres: W1M 0BW, G.-i. T&- 44/17 14 99 OS UC. Fax 44/17 16 29 32 33.

1998

\* 8-12 fühl we  
Lnpzfif, Alemagrtè  
Etyiopean Assoc. of OeosciantisCs & Engineers (IAEGE), '60th C-:(-e- 'd. 318m> 6Ee6S. Fax, 31/3069 -S tHO.

— «GE. EH. Bankama PO Bos 298, Ni 37CJ AG Zeitt. Pay-Bas. 'd. 318m> 6Ee6S. Fax, 31/3069 -S tHO.

29 juin -ia] uil. 1998  
Jihannesciag, Afrique eu Sud  
Sili international plvthum sympo- shtm- IAGOLL' CCDMURI  
— CA -m. PO EkatiBI 06, Ebyanston. South Atlea., Tél. 27/1' 373 25 80. Fax 27/111 836 03 7 1.

9-15 acûM 998  
T'OAko Canada  
Internai: n&l Mineralogicsl Associa- tkm; MA'BB.  
— A.J. Naldrat. Oepl. Geolog., m - vcrsity of Toronto. Canada M SS 38". Tél. 1/41R B7B 3D 30. Fax 1/41S 978 39 38. E-mail ; imaO&pa«iz.geot@gy.jucoronie. ca.

20-23 août 1988  
l'orcaellier, Franco  
16' Congrès mondial des Sciences. d&? Bol. m rf 57.  
— CNIEWC. li' Congrès moadiat 'de Scetfice An sol. Av. «d'Agropolis, DP. 50 «a, Agropolis 34 394 hlonipsllHr Cedex., France. Tél 33/57 0' 75 38. FM 33/67 04 75 49.. E-mail : lssS@agropolis. l'. Seoour'ww : htp-llvww.cw&d'lrsvssitmi  
\* Oct. - r>v. 1996  
Physical, chemical and biologica aspects od aquiter-steiam sediment nterTeja'icrs, 237. IAH C :igrs'3  
— J. Rosenchein, USOS MS 414, Na- tional Center, Beste Va 22C82. USA. Fax 1/703 648 57'22.